Aktualisierung der Bodenschätzung unter Berücksichtigung klimatischer Bedingungen

Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Fakultät für Agrarwissenschaften
der Georg-August-Universität Göttingen

vorgelegt von
Insa Rust
geboren in Nienburg/Weser

Göttingen, im Februar 2006

D 7
1. Referent: Prof. Dr. E. Bahrs
2. Korreferent: Prof. Dr. L. Theuvsen
Tag der mündlichen Prüfung: 24. Januar 2006

Vorwort

Die vorliegende Arbeit wurde am Institut für Agrarökonomie der Georg-August-Universität Göttingen angefertigt. Sie entstand auf Initiative des Bundesministeriums der Finanzen und wurde von dort finanziell gefördert. Für diese Unterstützung und den offenen Dialog möchte ich mich recht herzlich bedanken.

Zum Gelingen der Arbeit hat eine Vielzahl weiterer Personen beigetragen, denen ich ebenfalls von ganzem Herzen danken möchte. Allen voran Herrn Prof. Dr. E. Bahrs für die Überlassung des Themas, für die wissenschaftliche Betreuung und für das große Vertrauen, das er mir entgegen brachte. Herrn Prof. Dr. L. Theuvsen danke ich für die Übernahme des Korreferats. Mein ganz besonderer Dank gilt den Kolleginnen und Kollegen des Instituts für Agrarökonomie. Ihre ständige Hilfsbereitschaft, die fachlichen und privaten Gespräche sowie das freundliche und motivierende Arbeitsklima haben einen großen Beitrag zum Gelingen dieser Arbeit geleistet. Die thematische Vielfalt der Arbeit erforderte die Diskussions- und Auskunftsbereitschaft einer Vielzahl von Personen. Bei diesen möchte ich mich an dieser Stelle, ohne die einzelnen Namen zu nennen, herzlich bedanken.

Abschließend möchte ich meiner Familie und meinen Freunden danken, die mir so viel Verständnis entgegen brachten und mir den Rückhalt in jeder Phase der Arbeit gaben. Mein größter Dank gilt meinem Freund Marc Nietfeld für die nicht endende Geduld und seine Begleitung in dieser unvergesslichen Zeit.

Göttingen, im Februar 2006 Insa Rust

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung ... 1

1.1 Problemstellung und Zielsetzung ... 1

1.2 Vorgehensweise ... 2

2 Ansatzpunkte und Notwendigkeit für eine Aktualisierung der Bodenschätzung ... 5

2.1 Das Verfahren der Bodenschätzung ... 5

2.2 Anforderungen an eine Aktualisierung der Bodenschätzungsergebnisse und Ansatzpunkte ... 8

2.3 Notwendigkeit für eine Aktualisierung der Berücksichtigung klimatischer Bedingungen ... 10

2.3.1 Entwicklung der Naturalerträge ... 10

2.3.2 Entwicklung der klimatischen Bedingungen ... 15

2.3.3 Reinerträge in der Landwirtschaft ... 19

2.3.4 Derzeitige Bewertung der Musterstücke im Kontext des Klimaeinflusses ... 24

2.4 Bisherige Überprüfungen der Bodenschätzungsergebnisse ... 34

2.5 Schlussfolgerungen für eine Aktualisierung der Berücksichtigung klimatischer Bedingungen in der Bodenschätzung ... 38

2.5.1 Über den Naturalertrag zum Reinertrag ... 38

2.5.2 Unterscheidung zwischen Witterung, (Regional)Klima und Lokalklima ... 41

2.5.3 Auswahl der Fruchtarten ... 42

3 Grundlagen für die Analyse der Wirkung des Klimas auf den Reinertrag ... 44

3.1 Vorgehensweise bei der Entwicklung der Bodenschätzung ... 44

3.2 Aktualisierung der österreichischen Bodenschätzung ... 47

3.3 Komponenten für die Bewertung der Ertragsfähigkeit eines Standortes ... 54

3.3.1 Einfluss des Klimas auf die Ertragsfähigkeit ... 55

3.3.2 Eigenschaften der Böden ... 59

3.3.3 Ansprüche der Früchte an die natürlichen Standortbedingungen ... 63

3.4 Ertragsmodelle und Pflanzenwachstumsmodelle ... 72

3.4.1 Simulationsmodelle ... 73

3.4.2 Empirische Modelle ... 75

4 Modellentwicklung zur Analyse der klimatisch bedingten Reinertragsunterschiede im Rahmen der Bodenschätzung ... 79

4.1 Anforderungen an das Modell und Entwicklung von zwei Modellansätzen ... 79

4.2 Datenauswahl und –verarbeitung ... 84

4.3 Multivariate Analysemethoden ... 89

5 Modellansatz für die Naturalertragsschätzung in Abhängigkeit der natürlichen Standortbedingungen 94

5.1 Datengrundlage und deren Einbindung in ein Geoinformationssystem 94

5.1.1 Naturalerträge auf Landkreisebene 94

5.1.2 Ermittlung von Klimawerten für die Landkreise und Auswahl der relevanten Klimaparameter ... 98

5.1.3 Anteile der Bodenarten am Ackerland 108

5.1.4 Musterstücke der Bodenschätzung 112

5.2 Überprüfung der Naturalertragsschätzung für verschiedene Fruchtarten 115

5.2.1 Regressionsanalyse für verschiedene Fruchtarten auf Landkreisebene 115

5.2.1.1 Ausgewählte methodische Aspekte 116

5.2.1.1.1 Gewichtung von Fällen 116

5.2.1.1.2 Verwendung von Dummy-Variablen für die Bodenarten 117

5.2.1.1.3 Berücksichtigung der räumlichen Autokorrelation 121

5.2.1.2 Regressionsmodelle und Ergebnisse 123

5.2.2 Schlussfolgerungen für die Schätzung der Naturalerträge der Musterstücke und für den Modellansatz 132

5.3 Verbesserung der Datengrundlage für die Anwendung des Regressionsmodells auf die Musterstücke 133

6 Isolierung klimatisch bedingter Reinertragsunterschiede auf Landkreisebene und Übertragung auf die Musterstücke als Anpassung an die verfügbare Datengrundlage 135

6.1 Erweiterung der Datengrundlage für die Ermittlung von Reinerträgen 135

6.1.1 Deckungsbeiträge in Abhängigkeit vom Naturalertrag 136

6.1.2 Fest- und Gemeinkosten 143

6.1.3 Arbeitszeitbedarf und Lohnansatz 144

6.1.4 Betriebsprämie 146

6.1.5 Ermittlung der Leitfrüchte und Anbauverhältnisse bei unterschiedlicher Bodenbeschaffenheit . 147

6.1.6 Ermittlung der Klimaregion mit dem Standardklima des Ackerschätzungsrahmens in der aktuellen Klimaperiode 151

6.2 Vergleich der Reinerträge in Landkreisen mit ähnlichen Bodenartenverhältnissen . 155

6.2.1 Bildung von Landkreisgruppen mit ähnlichen Bodenartenverhältnissen 156

6.2.2 Untersuchung der Zusammenhänge zwischen Klimaparametern und den Deckungsbeiträgen bzw. Reinerträgen bei ähnlichen Bodenartenverhältnissen in den Landkreisen 160

6.2.3 Ermittlung der Wertzahlendifferenzen bei ähnlichen Bodenartenverhältnissen in den Landkreisen 169

6.3 Aktualisierung der Bewertung der Klimabedingungen der Musterstücke 178

6.3.1 Übertragung der regionalen Reinertragsunterschiede auf die Bewertung der Musterstücke unter aktuellen klimatischen Bedingungen 178

6.3.2 Aufstellen von Klimatabellen und –kurven für ausgewählte Bodengruppen 191

7 Einbindung der Aktualisierung der Bewertung der klimatischen Bedingungen in die Bodenschätzung 198

7.1 Übertragungsmöglichkeiten der Ergebnisse auf die Flächenschätzung 198

7.2 Einbindung in das rechtliche Verfahren 200

7.3 Administrative Umsetzung 203

8 Zusammenfassung 206

9 Quellenverzeichnis 213

10 Anhang 227

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2.1: Zuordnung der Bodenzahlen des Ackerschätzungsrahmens zu den Bodenarten für 3 Zustandsstufen 7

Abbildung 2.2: Entwicklung der Naturalerträge ausgewählter Fruchtarten in Deutschland seit 1946 11

Abbildung 2.3: Entwicklung der Winterweizenerträge in drei Landkreisen in Deutschland seit 1976 12

Abbildung 2.4: Gesamt-, Stroh- und Kornertrag sowie Ernteindex bei Winterweizen 14

Abbildung 2.5: Durchschnitt der Reinerträge landwirtschaftlicher Haupterwerbsbetriebe in Deutschland 20

Abbildung 2.6: Entwicklung der Anbauverhältnisse der Blatt-, Öl- und Hülsenfrüchte in Deutschland 21

Abbildung 2.7: Entwicklung der Anbauverhältnisse der Getreidearten in Deutschland 22

Abbildung 2.8: Streudiagramm der Jahresniederschlagssumme der Periode 1881-1930 und den Klimazu- und –abrechnungen für die Musterstücke mit der Bodenart Lehm 28

Abbildung 2.9: Zu- und Abrechnungen bei der Bodenart Sand nach der Klimatabelle der Oberfinanzdirektion Chemnitz 31

Abbildung 2.10: Zu- und Abrechnungen bei der Bodenart Lehm nach der Klimatabelle der Oberfinanzdirektion Chemnitz 31

Abbildung 3.1: Die österreichischen Bodenklimakurven der verschiedenen Klimaperioden für die Bodenart Sand 50

Abbildung 3.2: Die österreichischen Bodenklimakurven der verschiedenen Klimaperioden für die Bodenart Lehm 51

Abbildung 4.1: Möglicher Modellaufbau für die Ermittlung der Zu- und Abrechnungen aufgrund der klimatischen Bedingungen eines Musterstücks 81

Abbildung 4.2: Vorgehensweise für die Isolierung klimatisch bedingter Reinertragsunterschiede auf Landkreisebene sowie die Übertragung dieser Unterschiede auf die Musterstücke 84

Abbildung 5.1: Anbauperiode (Bestellung bis Ernte) verschiedener Fruchtarten 104

Abbildung 5.2: Graphische Darstellung der Verschiebung der Regressionsgerade bei Verwendung von Dummy-Variablen 118
Abbildung 5.3: Fruchtartspezifische Ermittlung der Dummy-Variablen für die Berücksichtigung unterschiedlicher Bodenarten auf Landkreisebene als Gruppierungskriterium in der Regressionsanalyse 119
Abbildung 6.1: Filterprozess für die Auswahl der Landkreise für die Clusteranalyse 156
Abbildung 6.2: Auswahl der Musterstücke für die Übertragung der regionalen Reinertragsunterschiede 179
Abbildung 6.3: Schematische Darstellung verschiedener Kurvenverläufe zwischen Naturalertrag und Reinertrag 181
Abbildung 6.4: Vorgehensweise für die Übertragung der Wertzahlendifferenzen der Landkreise auf die Musterstücke und Ermittlung der prozentualen Zu- und Abrechnungen von der Bodenzahl aufgrund aktueller Klimawerte (Periode 1961-1990) 183
Abbildung 6.5: Klimakurven für die Bodengruppen lS 3 und lS 4 bei verschiedenen Jahresniederschlagssummen 193
Abbildung 6.6: Klimakurven der Bodengruppen SL 3 und SL 4 bei verschiedenen Jahresniederschlagssummen 193
Abbildung 6.7: Klimakurven der Bodengruppen SL 4, lS 4 und S 4 bei 500 mm und 600 mm Jahresniederschlagssumme 196

Kartenverzeichnis

Karte 2.1: Differenz der Jahresdurchschnittstemperatur ($T_{1961-1990} - T_{Bodenschätzung}$) zwischen den Werten der Periode 1961-1990 ($T_{1961-1990}$) und den derzeit gültigen Werten in der Bodenschätzung ($T_{Bodenschätzung}$) am Beispiel der Musterstücke (n = 3.082) 17
Karte 2.2: Differenz der Jahresniederschlagsmenge ($N_{1961-1990} - N_{Bodenschätzung}$) zwischen den Werten der Periode 1961-1990 ($N_{1961-1990}$) und den derzeit gültigen Werten in der Bodenschätzung ($N_{Bodenschätzung}$) am Beispiel der Musterstücke (n = 3.082) 18
Karte 2.3: Räumliche Verteilung der derzeitigen Klimazu- und –abrechungen an der Bodenzahl am Beispiel der Musterstücke (n = 3.082) 26
Karte 3.1: Anteil der Niederschlagsmenge von April bis August am Jahresniederschlag in Deutschland (1961-1990) 49
Karte 5.1: Variabilität der Winterweizenerträge und der mittlere Winterweizenertrag von 1997-2002 in den Landkreisen 96
Karte 5.2: Mittelwerte des Jahresniederschlags für die Periode 1961-1990 als Rasterdaten (1x1 km) 101
Karte 5.3: Mittelwerte des Jahresniederschlags für die Periode 1961-1990 in den als Ackerland klassifizierten Rasterzellen (1x1 km) 101

Karte 5.4: Mittelwerte des Jahresniederschlags für die Periode 1961-1990 als Mittelwerte der als Ackerland klassifizierten Rasterzellen für die Landkreise 102
Karte 5.5: Anteil der Bodenart Lehm am Ackerland in den Landkreisen mit Bodendaten ... 111
Karte 6.1: Regionen bzw. Rasterzellen für die Bestimmung des Standardklimas des Ackerschätzungsrahmens 153
Karte 6.2: Räumliche Verteilung der Landkreise in ausgewählten Clustern 159
Karte 6.3: Kennzeichnung trockener Gebiete durch den Trockenindex der Monate Mai bis August (Periode 1961-1990) 186
Karte 6.4: Räumliche Verteilung der neu bewerteten Musterstücke und deren Klimazu- und ... –abrechnungen 190

Tabellenverzeichnis

Tabelle 2.1: Korrelationskoeffizienten nach *Bravais/Pearson* zwischen den derzeitigen, prozentualen Klimazu- und –abrechnungen von den Bodenzahlen der Musterstücke und der Jahresdurchschnittstemperatur (T_{1-12}) sowie der Jahresniederschlagsmenge (N_{1-12}) für verschiedene Klimaperioden (Gruppierung nach der Bodenart der Musterstücke) 27
Tabelle 2.2: Anbaufläche und Anbauanteile der wichtigsten Ackerfrüchte in Deutschland (Durchschnitt der Jahre 1997-2002) 42
Tabelle 3.1: Anteil des Porenvolumens und der Porengrößenbereiche am Gesamtvolumen von Mineralböden (C-Gehalt bis 2 %) und organischen Böden 60
Tabelle 3.2: Effektiver Wurzelraum und pflanzenverfügbare Bodenwassermenge (W_{pfl}) in Abhängigkeit von der Bodenart (mittlerer Lagerungsdichte) 61
Tabelle 3.3: Wasserverbrauch und Ertragsleistung von Fruchtarten in verschiedenen Klimalagen 70
Tabelle 5.1: Deskriptive Kennzahlen der Hektarerträge auf Landkreisebene ausgewählter Fruchtarten in Deutschland (Durchschnitt der Jahre 1997-2002) 95
Tabelle 5.2: Umfang der Bewässerung landwirtschaftlicher Kulturen in den Bundesländern 97
Tabelle 5.3: Ladungsmuster der Hauptkomponenten 105
Tabelle 5.4: Deskriptive Kennzahlen der mittleren Werte der Klimaparameter auf Landkreisebene (nur Daten der Rasterzellen mit Ackernutzung, Periode 1961-1990) .. 107
Tabelle 5.5: Gegenüberstellung der Bodenartenanteile am Ackerland im Ohrekreis nach aktuellen Daten des Landesamts für Umweltschutz Sachsen-Anhalt (LAU) und der GEMDAT 110
Tabelle 5.6: Verteilung der Musterstücke auf die Bodenarten und Zustandsstufen (Anzahl der Musterstücke) 114
Tabelle 5.7: Verteilung der Musterstücke, die in Landkreisen mit Bodendaten liegen, auf die Bodenarten und Zustandsstufen (Anzahl der Musterstücke) 115
Tabelle 5.8: Rangfolge für die Zuordnung der Früchte zu den Bodenarten mit Angabe des Rangkorrelationskoeffizienten nach *Spearman* 120

Tabelle 5.9: Ergebnisse des Moran's I Tests und der robusten Lagrange-Multiplikator-Tests 123
Tabelle 5.10: Ergebnisse der Regressionsanalysen für die untersuchten Fruchtarten 126
Tabelle 6.1: Erzeugerpreise der Früchte 138
Tabelle 6.2: Anbauanteile von Qualitätsweizen in % des Winterweizens in den Bundesländern (Durchschnitt 1998-2003) 138
Tabelle 6.3: Anteile von Speise- und Industriekartoffeln in % an den mittelfrühen und späten Kartoffeln in den Bundesländern (1997-2003) 139
Tabelle 6.4: Gegenüberstellung des Ertrages, bei dem der um den ertragsabhängigen Lohnansatz erweiterte Deckungsbeitrag 0 Euro beträgt, und des Minimums der durchschnittlichen Naturalerträgen auf Landkreisebene in Deutschland 143
Tabelle 6.5: Berechnung des ertragsabhängigen Arbeitszeitbedarfs für ausgewählte Fruchtarten am Beispiel angenommener Naturalerträge 145
Tabelle 6.6: Lohnansatz für einen Betriebsleiter in den letzten Wirtschaftsjahren 146
Tabelle 6.7: Klimawerte der Regionen bzw. Rasterzellen für die Bestimmung des Standardklimas des Ackerschätzungsrahmens 153
Tabelle 6.8: Bodenartenanteile ausgewählter Cluster der Clusteranalyse der Landkreise 158
Tabelle 6.9: Korrelationskoeffizienten nach *Bravais/Pearson* zwischen den erweiterten Deckungsbeiträgen für ausgewählte Fruchtarten bzw. Reinerträgen bestimmter Anbaukombinationen und Klimaparametern (Periode 1961-1990) in den Landkreisen (Cluster 1) 162
Tabelle 6.10: Korrelationskoeffizienten nach *Bravais/Pearson* zwischen den erweiterten Deckungsbeiträgen für ausgewählte Fruchtarten bzw. Reinerträgen bestimmter Anbaukombinationen und Klimaparametern (Periode 1961-1990) in den Landkreisen (Cluster 2) 164
Tabelle 6.11: Korrelationskoeffizienten nach *Bravais/Pearson* zwischen den erweiterten Deckungsbeiträgen für ausgewählte Fruchtarten bzw. Reinerträgen bestimmter Anbaukombinationen und Klimaparametern (Periode 1961-1990) in den Landkreisen (Cluster 3) 165
Tabelle 6.12: Korrelationskoeffizienten nach *Bravais/Pearson* zwischen den erweiterten Deckungsbeiträgen für ausgewählte Fruchtarten bzw. Reinerträgen bestimmter Anbaukombinationen und Klimaparametern (Periode 1961-1990) in den Landkreisen (Cluster 15) 166
Tabelle 6.13: Korrelationskoeffizienten nach *Bravais/Pearson* zwischen den erweiterten Deckungsbeiträgen für ausgewählte Fruchtarten bzw. Reinerträgen bestimmter Anbaukombinationen und Klimaparametern (Periode 1961-1990) in den Landkreisen (Cluster 19) 167
Tabelle 6.14: Korrelationskoeffizienten nach *Bravais/Pearson* zwischen den erweiterten Deckungsbeiträgen für ausgewählte Fruchtarten bzw. Reinerträgen bestimmter

Anbaukombinationen und Klimaparametern (Periode 1961-1990) in den Landkreisen (Cluster 24) 168
Tabelle 6.15: Reinerträge ausgewählter Anbaukombinationen (in Euro/ha) und deren Differenz zum Referenzlandkreis in Wertzahlen (Cluster 1) 172
Tabelle 6.16: Reinerträge ausgewählter Anbaukombinationen (in Euro/ha) und deren Differenz zum Referenzlandkreis in Wertzahlen (Cluster 2) 173
Tabelle 6.17: Reinerträge ausgewählter Anbaukombinationen (in Euro/ha) und deren Differenz zum Referenzlandkreis in Wertzahlen (Cluster 3) 174
Tabelle 6.18: Reinerträge ausgewählter Anbaukombinationen (in Euro/ha) und deren Differenz zum Referenzlandkreis in Wertzahlen (Cluster 15) 175
Tabelle 6.19: Reinerträge ausgewählter Anbaukombinationen (in Euro/ha) und deren Differenz zum Referenzlandkreis in Wertzahlen (Cluster 19) 176
Tabelle 6.20: Reinerträge ausgewählter Anbaukombinationen (in Euro/ha) und deren Differenz zum Referenzlandkreis in Wertzahlen (Cluster 24) 176
Tabelle 6.21: Verteilung der Musterstücke, die in den Landkreisen der ausgewählten Cluster liegen, auf die Bodenarten und Zustandsstufen (Anzahl der Musterstücke) 180
Tabelle 6.22: Korrelationskoeffizienten der prozentualen Zu- und Abrechnungen von der Bodenzahl ausgewählter Musterstücke mit den Klimawerten des Landkreises, in dem das Musterstück liegt 185
Tabelle 6.23: Koeffizienten und Bestimmtheitsmaße der Regressionsgleichungen zur Vorhersage der Zu- und Abrechnungen aufgrund der Jahresniederschlagssumme und der Jahresdurchschnittstemperatur für verschiedene Bodenbeschaffenheiten 188
Tabelle 6.24: Klimatabelle mit prozentualen Zu- und Abrechnungen von der Bodenzahl für die Bodengruppe mit der Bodenart S und der Zustandsstufe 4 192

Übersichtenverzeichnis

Übersicht 1.1: Vorgehensweise im Rahmen der Untersuchung 3
Übersicht 2.1: Schematischer Aufriss der Ackerschätzung landwirtschaftlich genutzter Flächen 6
Übersicht 2.2: Vergleich der Naturalerträge in ausgewählten Landkreisen 13
Übersicht 2.3: Beobachtete Temperatur- (bodennah) und Niederschlagstrends in Deutschland 15
Übersicht 2.4: Ableitung des Reinertrages aus dem Gewinn 19
Übersicht 2.5: Bestand an Musterstücken in Deutschland 25
Übersicht 2.6: Beispiele für die Berücksichtigung des Klimas bei den Musterstücken 29
Übersicht 2.7: Hilfsmittel für die Ermittlung der Klimazu- und -abrechnungen in den Oberfinanzdirektionen 30
Übersicht 2.8: Ableitung des Reinertrages über die Deckungsbeitragsrechnung 39
Übersicht 3.1: Ertragsbildende Faktoren 54

Übersicht 3.2: Zusammenstellung von Auswirkungen einer Temperaturerhöhung auf Pflanzen 56
Übersicht 3.3: Ertragsänderung bei Weizen (% des langjährigen Mittels) in Folge einer Temperatur- und Niederschlagsveränderung in der Volgograder Region 56
Übersicht 3.4: Ansprüche der Fruchtarten an die natürlichen Standortbedingungen 65
Übersicht 3.5: Reihung der Fruchtarten nach ihren Ansprüchen an die Bodengüte 71
Übersicht 4.1: Erforderliche Daten für den jeweiligen Modellabschnitt 85
Übersicht 4.2: Verwendete Daten im Geoinformationssystem 89
Übersicht 5.1: Datengrundlage und Vorgehensweise für die Schätzung klimatisch bedingter Naturalertragsunterschiede 116
Übersicht 6.1: Tendenz der Änderung der variablen Kosten mit zunehmendem Naturalertrag 141
Übersicht 6.2: Maximaler Anteil einer Fruchtart in der Fruchtfolge 148
Übersicht 6.3: Ansprüche der Fruchtarten an Bodenart und Bodentyp 149
Übersicht 6.4: Wachstumseignung der Fruchtarten in flachgründigen Böden 149
Übersicht 6.5: Allgemeine Anbauwürdigkeit von landwirtschaftlichen Fruchtarten in Brandenburg (ca. 550 mm Niederschlag) in Abhängigkeit von der Ackerzahl (AZ) 150
Übersicht 6.6: Zuordnung von Anbaukombinationen zu einer Bodenzahlenspanne 150
Übersicht 6.7: Überblick zum Vergleich der Reinerträge in Landkreisen mit ähnlichen Bodenartenverhältnissen 155
Übersicht 6.8: Schema für die Berechnung des erweiterten Deckungsbeitrages am Beispiel Winterweizen im Landkreis Gießen 160
Übersicht 6.9: Schema für die Berechnung des Reinertrages am Beispiel der Anbaukombination Zuckerrüben, Winterweizen und Wintergerste im Landkreis Gießen 161
Übersicht 6.10: Berechnung der Reinerträge für einen Boden mit der Bodenzahl 100 und der Bodenzahl 7 170
Übersicht 7.1: Aspekte der rechtliche Umsetzung einer Aktualisierung der Bodenschätzungsergebnisse, nach Grund und Ansatzpunkt der Aktualisierung gegliedert 200

Anhangsverzeichnis

Anhang 1: Schematischer Aufriss der Einheitsbewertung eines land- und forstwirtschaftlichen Betriebes mit besonderer Berücksichtigung der Bewertung der landwirtschaftlichen Nutzung 227
Anhang 2: Ackerschätzungsrahmen 228
Anhang 3: Stellung der Musterstücke im hierarchischem Aufbau der Bodenschätzung 228
Anhang 4: Unterlagen für die Beurteilung des Klimas nach ROTHKEGEL 1950 229

Anhang 5: Bodenartenanteile in % des Ackerlands in den Land- und Stadtkreisen, für die Bodendaten vorliegen 230
Anhang 6: Naturalerträge verschiedener Fruchtarten in dt/ha in den Land- und Stadtkreis, für die Bodendaten vorliegen (Durchschnitt der Jahre 1997-2002) 237
Anhang 7: Anbaufläche verschiedener Fruchtarten und Ackerland in ha in den Land- und Stadtkreis, für die Bodendaten vorliegen (Durchschnitt der Jahre 1995 und 1999) 244
Anhang 8: Klimadaten der Land- und Stadtkreise, für die Bodendaten vorliegen (Mittelwerte der Rasterzellen mit Ackernutzung nach Corine Landcover 2000, Periode 1961-1990) 251
Anhang 9: Erläuterungen zum Raumbezugssystem 258
Anhang 10: Berechnungsgrundlagen für die variablen Kosten beim Anbau verschiedener Früchte 259
Anhang 11: Daten zu den Landkreisen im Cluster 1 260
Anhang 12: Daten zu den Landkreisen im Cluster 2 262
Anhang 13: Daten zu den ausgewählten Landkreisen im Cluster 3 263
Anhang 14: Daten zu den Landkreisen im Cluster 15 265
Anhang 15: Daten zu den Landkreisen im Cluster 19 267
Anhang 16: Daten zu den Landkreisen im Cluster 24 269
Anhang 17: Klimawerte und deren Bewertung von 126 ausgewählten Musterstücken 271
Anhang 18: Klimatabellen mit prozentualen Zu- und Abrechnungen von der Bodenzahl für die untersuchten Bodengruppen 278

Abkürzungen

ABl	Amtsblatt der Europäischen Union
AIC	Akaike Information Criterion
AKh	Arbeitskraftstunde
Al	Alluvial
ALK	Automatisiertes Liegenschaftskataster
ATKIS	Amtliches Topographisch-Kartographisches Informationssystem
BB	Brandenburg
BEE	Besondere Ernte- und Qualitätsermittlung
BewÄndG	Bewertungsänderungsgesetz
BewG	Bewertungsgesetz
BewRL	Bewertungsrichtlinien
BMF	Bundesministerium der Finanzen
BML	Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten
BMVEL	Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft

BodSchätzDB	Durchführungsbestimmungen zum Bodenschätzungsgesetz
BodSchätzG	Bodenschätzungsgesetz
BodSchätzTechnAnw	Anweisung für die technische Durchführung der Bodenschätzung
BStBl	Bundessteuerblatt
CO_2	Kohlenstoffdioxid
D	Diluvial
DDR	Deutsche Demokratische Republik (1949-1990)
DFD	Deutsches Fernerkundungsdatenzentrum
Diff.	Reinertragsdifferenz zum Referenzlandkreis in Wertzahlen
DLG	Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft
DLR	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.
DSSAT	Decision Support System for Agrotechnology Transfer
DVWK	Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V.
DWD	Deutscher Wetterdienst
ESRI	Environmental Systems Research Institute
FA	Finanzamt
FM	Finanzministerium
FortschrRL	Fortschreibungs-Richtlinien
GEMDAT	Gemeindebezogener Datenspeicher Boden
GIS	Geoinformationssystem
H	Hessen
i.V.m.	in Verbindung mit
k.A.	keine Angabe
KTBL	Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft
L	Lehm
LAU	Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt
LF	landwirtschaftlich genutzte Fläche
LK	Landkreis
LKVK	Landesamt für Kataster-, Vermessungs- und Kartenwesen
LM-Test	Lagrange-Multiplikator-Test
Lö	Löss
LP DAAC	Land Processes Distributed Active Archive Center
lS	lehmiger Sand
LT	lehmiger Ton
LWK	Landwirtschaftskammer
Max.	Maximum
Min.	Minimum
MMK	Mittelmaßstäbige Landwirtschaftliche Standortkartierung
Mo	Moor

nFK	nutzbare Feldkapazität
nFKdB	nutzbare Feldkapazität im durchwurzelbaren Bodenraum
NI	Niedersachsen
NN	Normal-Null
NRW	Nordrhein-Westfalen
N_x	Niederschlagssumme im Monat x
OFD	Oberfinanzdirektion
pF-Wert	Logarithmus der Wassersäule in Zentimetern
pH-Wert	Negativer dekadischer Logarithmus der Wasserstoffionen-Konzentration
proKl	prozentuale Klimazu- und –abrechnung von der Bodenzahl
R^2	Bestimmtheitsmaß
RLM_{ERR}	Robuster Lagrange-Multiplikator-Test für spatial error models
RLM_{LAG}	Robuster Lagrange-Multiplikator-Test für spatial lag models
ROG	Roggen
$r_{x,y}$	Korrelationskoeffizient
S	Sand
SK	Stadtkreis
Sl	anlehmiger Sand
sL	sandiger Lehm
SL	stark sandiger Lehm
SM	Silomais
ST	Sachsen-Anhalt
StdErr	Standardfehler
S_x	Sonnenscheindauer im Monat x
T	Ton
TI_x	Trockenindex im Monat x
T_x	mittlere Lufttemperatur im Monat x
UStG	Umsatzsteuergesetz
V	Verwitterung
WG	Wintergerste
WMO	Weltmeteorologische Organisation
WR	Winterraps
WW	Winterweizen
W_x	Klimatische Wasserbilanz im Monat x
ZALF	Zentrum für Agrarlandschafts- und Landnutzungsforschung
ZMP	Zentrale Markt- und Preisberichtstelle
ZR	Zuckerrüben

1 Einleitung

1.1 Problemstellung und Zielsetzung

Die Reichsbodenschätzung[1] ist eine Synthese aus naturwissenschaftlicher Klassifizierung nach bodenkundlichen Merkmalen und ökonomischer Bewertung nach der Ertragsfähigkeit der Böden (FREUND 2001, 7). Bei der Bewertung der Böden handelt es sich um ein vergleichendes Verfahren, bei dem die Ertragsunterschiede, die auf natürliche Bedingungen zurückzuführen sind, anhand der Reinertragsverhältnisse zu dem ertragsfähigsten Boden festgestellt werden. Zur bundesweit einheitlichen Bewertung werden so genannte Musterstücke als Vergleichsstücke angelegt. Die gesetzliche Grundlage bildet das Bodenschätzungsgesetz (BodSchätzG) vom 16. Oktober 1934.

Die Beschreibung der natürlichen Bedingungen und die Bewertung mit einer Reinertragsverhältniszahl sollten die Ergebnisse der Bodenschätzung unabhängig von der Geldwertentwicklung über lange Zeiträume gültig und vergleichbar machen (ebenda, 7). Die getrennte Ausweisung der bodenkundlichen Klassifizierung und der ökonomischen Bewertung wurde bewusst vorgenommen, um eine Anpassung an sich ändernde Rahmenbedingungen relativ einfach zu ermöglichen. § 13 BodSchätzG sieht eine regelmäßige Überprüfung der Ergebnisse vor, um den Wert der Bodenschätzung zu erhalten.

Seit der Entwicklung der Bodenschätzung in den 1920er und 1930er Jahren haben sich die Rahmenbedingungen für die Ertragsfähigkeit der Böden in Deutschland wesentlich geändert. Besondere Bedeutung ist der Berücksichtigung klimatischer Bedingungen im Zusammenhang mit dem allgemeinen sowie dem zwischen einzelnen landwirtschaftlichen Kulturen disproportionalen Anstieg der Naturalerträge beizumessen. Die Naturalerträge haben neben den Produktpreisen und Produktionskosten einen bedeutenden Einfluss auf den Reinertrag und somit auf die Bewertung der Ertragsfähigkeit im Rahmen der Bodenschätzung.

Ein weiterer Grund für die Notwendigkeit einer Aktualisierung der Bodenschätzungsergebnisse liegt in der Verwendung von Klimadaten aus den Zeiträumen 1881-1930 bzw. 1891-1930 (vgl. REICHEL 1938). Die klimatischen Bedingungen in einzelnen Regionen Deutschlands haben sich seither verändert und das Messnetz konnte ausgedehnt sowie die Messtechnik präzisiert werden, so dass die bei der Bodenschätzung unterstellten Klimawerte teilweise nicht mehr zutreffen. Die Verfügbarkeit aktueller Klimawerte sowie die steigende Bedeutung des Klimas für die Naturalerträge und damit für die Reinertragsverhältnisse erfordern die An-

[1] Die Reichsbodenschätzung wird im weiteren Verlauf als Bodenschätzung bezeichnet.

passung der Berücksichtigung klimatischer Bedingungen in der Bodenschätzung. Die Forschungsarbeit beschränkt sich daher auf die Untersuchung der klimatischen Ertragsbedingungen und deren Bewertung beim Ackerland. Das Grünland wird nicht betrachtet, da zum einen die Ertragsfähigkeit des Grünlands stark von der Verwertung in der Tierhaltung abhängt und zum anderen die Bedeutung des Ackerlands in Deutschland höher ist.

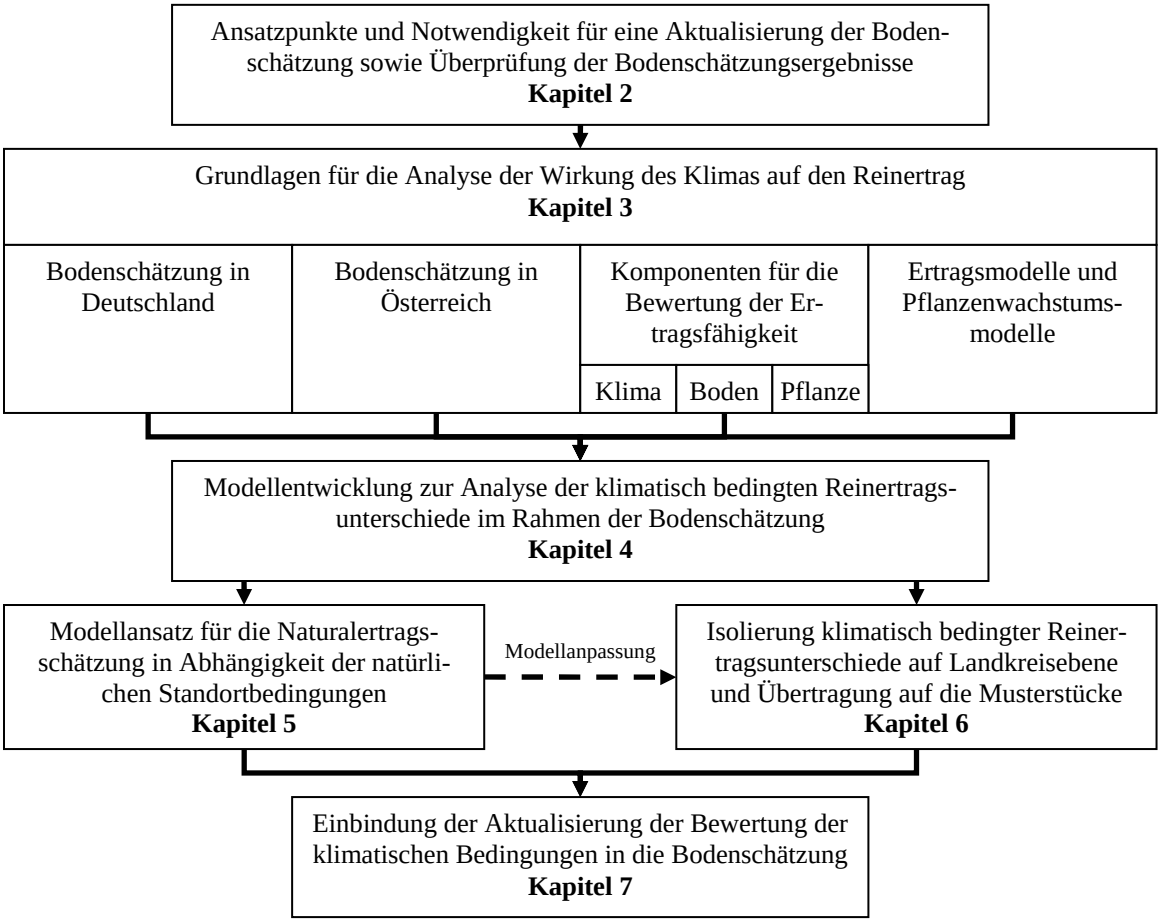
Die Ergebnisse der Bodenschätzung, die zum Teil seit der Erstbewertung nicht mehr nachgeschätzt wurden, finden trotz der veralteten Grundlagen immer noch in vielen steuerlichen (z.B. für die Grundsteuer, Erbschaftsteuer und Einkommensteuer) und außersteuerlichen Bereichen (z.B. als Beitragsmaßstab für die landwirtschaftlichen Sozialversicherungen) Anwendung. Seit dem 1. Januar 1974 bildet die Bodenschätzung bis heute die Grundlage für die Einheitsbewertung, so dass durch die Anwendungsbereiche des Einheitswertes und seiner Derivate die Bedeutung der Bodenschätzung weiterhin sehr hoch ist.

Das Ziel der Arbeit ist die Anpassung der Bodenschätzungsergebnisse an die veränderten klimatischen Bedingungen und deren Auswirkungen auf die Reinertragsverhältnisse des Ackerlands unter einheitlichen wirtschaftlichen Bedingungen in Deutschland. Die große Bedeutung der Bodenschätzung im steuerlichen und außersteuerlichen Bereich kann durch eine Aktualisierung der Ergebnisse auch in Zukunft erhalten bleiben und damit die administrativen und finanziellen Aufwendungen für die Erhaltung und Pflege des Datenbestands gerechtfertigt werden.

1.2 Vorgehensweise

Die Vorgehensweise für die Aktualisierung der Bodenschätzung ist in der Übersicht 1.1 graphisch dargestellt. Im *Kapitel 2* wird zunächst das Verfahren der Bodenschätzung vorgestellt, um darauf aufbauend die Ansatzpunkte und Anforderungen an eine Aktualisierung der Bodenschätzung festzulegen. Die Notwendigkeit der Aktualisierung soll anhand der derzeitigen Bewertungsgrundlagen und den bisher in der Literatur veröffentlichten Überprüfungen der Bodenschätzungsergebnisse aufgezeigt werden. Somit setzt das Kapitel 2 einen Rahmen für die weiteren Untersuchungen, die sich auf die Bewertung der klimatischen Bedingungen in der Bodenschätzung konzentrieren.

Übersicht 1.1: Vorgehensweise im Rahmen der Untersuchung



Quelle: Eigene Darstellung

Die Bewertung der klimatischen Bedingungen erfordert eine Analyse der Wirkung des Klimas auf den Reinertrag. Das *Kapitel 3* legt für diese Analyse und die Modellentwicklung zunächst die Grundlagen. Zum einen werden die Vorgehensweisen im Rahmen der deutschen und österreichischen Bodenschätzung sowie die Komponenten für die Bewertung der Ertragsfähigkeit betrachtet. Zum anderen werden bestehende Ertrags- und Pflanzenwachstumsmodelle für die Modellkonzeption herangezogen.

Diese Vorüberlegungen ermöglichen in *Kapitel 4* die Bestimmung der Anforderungen an ein Modell zur Analyse der klimatisch bedingten Reinertragsunterschiede und die Entwicklung verschiedener Modellansätze. Der erste Modellansatz, der in *Kapitel 5* vorgestellt wird, sieht die Ermittlung von Reinertragsverhältniszahlen über den Weg der Naturalertragsschätzung für verschieden Fruchtarten vor. Die Naturalerträge stehen zunächst im Zentrum der Betrachtung, da die unterschiedlichen Ansprüche der bei der Reinertragsberechnung berücksichtigten Früchte die Wirkung einzelner Klimaparameter verzerren und somit eine Isolierung des Einflusses klimatischer Ertragsbedingungen erschwert wird. Für die Umsetzung des entwickelten Modellansatzes wird die Möglichkeit untersucht, mit Hilfe von Klima- und Bodenvariablen

Naturalerträge verschiedener Fruchtarten zu schätzen, um darauf aufbauend Reinerträge unter einheitlichen wirtschaftlichen Bedingungen zu berechnen. Für die Untersuchung stehen Daten auf Landkreisebene zur Verfügung. Der Zusammenhang zwischen den Naturalerträgen und ausgewählten Klimaparametern wird auf regionaler Ebene mit Hilfe fruchtartspezifischer Regressionsmodelle erklärt und quantifiziert. Allerdings ist für die Anwendung auf die Musterstücke eine schlagspezifische Datengrundlage notwendig, so dass in Kapitel 6 eine Modellanpassung an die für die Untersuchung verfügbare Datengrundlage auf Landkreisebene vorgenommen werden muss. Anregungen für die Verbesserung der Datengrundlage werden am Ende des Kapitels 5 gegeben.

Der zweite Modellansatz, der in *Kapitel 6* umgesetzt wird, ermöglicht die Isolierung klimatisch bedingter Reinertragsunterschiede auf der Landkreisebene. Dazu werden ausgehend von den Naturalerträgen für verschiedene Landkreise in Deutschland Reinerträge ermittelt. Die Reinerträge sind Schätzwerte, da einheitliche wirtschaftliche Bedingungen angenommen werden. Diese Annahme der Bodenschätzung verhindert, dass Reinertragsunterschiede zwischen den Böden aus wirtschaftlichen Bedingungen resultieren. Die Wirkung natürlicher, nichtklimatischer Einflussfaktoren kann durch die Zusammenfassung der Reinerträge zu Gruppen, in denen diese Einflussfaktoren möglichst homogen sind, reduziert werden. Die Reinertragsunterschiede innerhalb einer Gruppe und bei gleicher Anbaukombination der Früchte werden durch bestehende klimatische Unterschiede erklärt. Die regionalen Reinertragsverhältnisse werden anschließend auf ausgewählte Musterstücke übertragen. Zur Veranschaulichung der Ergebnisse werden mit Hilfe der aktualisierten Musterstücke Klimatabellen und –kurven erstellt.

Abschließend müssen in *Kapitel 7* die festgestellten Ergebnisse für die Musterstücke zur Aktualisierung der Bodenschätzung zum einen auf die Flächenschätzung übertragen und zum anderen in das rechtliche Verfahren eingebunden werden. Die administrative Umsetzung ist dabei aufgrund der derzeitigen Lage der öffentlichen Haushalte zu beachten.

2 Ansatzpunkte und Notwendigkeit für eine Aktualisierung der Bodenschätzung

2.1 Das Verfahren der Bodenschätzung

Die Bodenschätzung wurde durch das Bodenschätzungsgesetz (BodSchätzG) vom 16. Oktober 1934 in Deutschland eingeführt und dient der einheitlichen Bonitierung, Klassifizierung und Bewertung der landwirtschaftlich nutzbaren Böden. Gemäß § 2 des BodSchätzG ist der Boden nach seiner Beschaffenheit zu kennzeichnen und die Ertragsfähigkeit des Bodens festzustellen. Dabei sind jedoch lediglich die Ertragsunterschiede, die auf natürliche Bedingungen zurückzuführen sind, zu berücksichtigen. Dies sind insbesondere die Bodenbeschaffenheit, die Geländegestaltung und die klimatischen Verhältnisse. Die daraus resultierende Ertragsfähigkeit der Böden wird durch Wertzahlen ausgedrückt, die den nachhaltig erzielbaren Reinertrag eines landwirtschaftlichen Betriebes mit diesem Boden im Verhältnis zu einem Betrieb mit dem ertragsfähigsten Boden kennzeichnen (vgl. § 4 BodSchätzDB). Die Bewertung bei der Bodenschätzung ist somit ein vergleichendes Verfahren, bei dem der Spitzenbetrieb mit dem ertragsfähigsten Boden die Wertzahl 100 erhält. Die Ertragsunterschiede aufgrund abweichender wirtschaftlicher Bedingungen wie z.B. innere und äußere Verkehrslage sowie die Preis- und Absatzverhältnisse bleiben bei der Bodenschätzung außer Betracht. Sie werden erst bei der an die Bodenschätzung anschließenden Feststellung des Einheitswertes der landwirtschaftlichen Betriebe nach den Vorschriften des Bewertungsgesetzes berücksichtigt (vgl. KÖHNE/WESCHE 1995, 95 ff.)[2].

Je nach Kulturart (Ackerland oder Grünland)[3] werden die Wertzahlen anhand der Merkmale des Acker- oder Grünlandschätzungsrahmens ermittelt. Bei der Ackerschätzung bringt die Bodenzahl die durch die Verschiedenheit der Bodenbeschaffenheit im Zusammenhang mit den Grundwasserverhältnissen bedingten Ertragsunterschiede zum Ausdruck, wobei bundesweit Einheitlichkeit der klimatischen Verhältnisse, der Geländegestaltung und der wirtschaft-

[2] Die Erläuterung des vollständigen Ablaufs der Einheitsbewertung soll unterbleiben, da das Bodenschätzungsgesetz und die Betrachtung der natürlichen Ertragsbedingungen im Vordergrund stehen. Einen Überblick zu den Zusammenhängen zwischen der Bodenschätzung und der Einheitsbewertung gibt die Übersicht im Anhang 1. Die Bodenschätzung bildet die Grundlage für die Einheitsbewertung eines land- und forstwirtschaftlichen Betriebes, so dass sich Änderungen bei der Bodenschätzung letztlich auf die Einheitswerte und die Bereiche, in denen diese angewendet werden, auswirken würden.

[3] Nach den Vorschriften für die Bodenschätzung können auch Mischformen wie Acker-Grünland und Grünland-Acker auftreten (vgl. § 2 III BodSchätzDB). Gekennzeichnet werden dadurch Flächen, auf denen zwischen der Acker- und Grünlandnutzung zeitlich immer wieder gewechselt wird oder aufgrund der natürlichen Verhältnisse beide Kulturarten räumlich nebeneinander vorzufinden sind (SOMMERFELDT 1994, 3). Die Bestimmung der Kulturart erfolgt nicht immer aufgrund der tatsächlichen Gegebenheiten, ausschlaggebend sind die natürlichen Verhältnisse. So wird bei der Nutzung eines Ackerstandortes als Grünland die Fläche als Ackerland geschätzt und vice versa.

lichen Ertragsbedingungen unterstellt wird. Für die Festlegung der Bodenzahlen werden folgende Annahmen festgelegt:

a) Für das Klima mittlere Verhältnisse, wie sie in großen Teilen von Deutschland häufig vorkommen, nämlich 8 °C Jahreswärme und 600 mm Jahresniederschläge,
b) für die Geländegestaltung eine ebene bis schwach geneigte Lage,
c) für die wirtschaftlichen Ertragsbedingungen, insbesondere für die Verkehrs- und Absatzlage, die Verhältnisse des mittleren Teiles der Provinz Sachsen (Anhang zu BewRL 1967 (BStBl I 1967, 431 f.)).

Ertragsunterschiede aufgrund davon abweichender klimatischer Verhältnisse werden durch Zu- und Abrechnungen von der Bodenzahl in der Ackerzahl berücksichtigt. Weiteren natürlichen Bedingungen wie z.B. der Geländegestaltung oder lokalen Besonderheiten des Klimas (Früh- und Spätfröste, Nebel, Waldschatten u.a.), die sich auf den Ertrag auswirken, wird ebenfalls in der Ackerzahl Rechnung getragen. Diese Vorgehensweise ermöglicht die vollständige horizontale und vertikale Vergleichbarkeit der Ergebnisse in Deutschland.

Übersicht 2.1: Schematischer Aufriss der Ackerschätzung landwirtschaftlich genutzter Flächen

Bodenart, Entstehung, Zustandstufe
Ackerschätzungsrahmen
= Bodenzahl
Zu- oder Abrechungen für klimatische Besonderheiten, Geländeneigung u.ä.
= Ackerzahl
x Fläche in ar = Ertragsmesszahl Acker
: 100
= ha-bezogene Ertragsmesszahl Acker

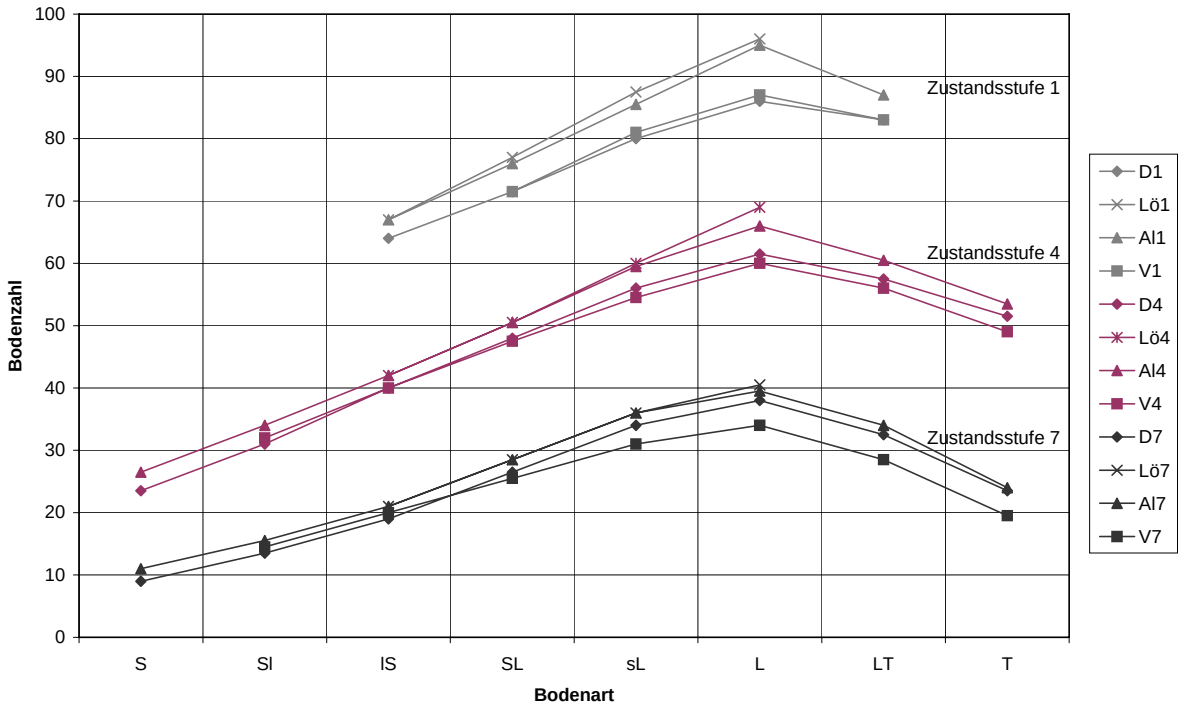
Quelle: BewRL 1967 (BStBl I 1967, 406)

Die Bodenbeschaffenheit wird beim Ackerland durch die Bodenart, die Entstehung und die Zustandsstufe gekennzeichnet. Je nach Korngrößenzusammensetzung und insbesondere dem Anteil abschlämmbarer Bestandteile werden acht mineralische Bodenarten und der Moorboden als organische Bodenart unterschieden. Die Art der Entstehung eines Bodens richtet sich danach, wie und in welcher Zeit er geologisch entstanden und dementsprechend geprägt worden ist. Unterschieden werden Diluvial-, Löss-, Alluvial-, Verwitterungs- und Gesteinsböden. Das dritte Kriterium, nach dem das Ackerland eingeteilt wird, ist die Zustandsstufe. Sie richtet sich nach dem Entwicklungsgrad des Rohbodens über eine Stufe höchster Leistungsfähigkeit bis zur Ausbildung eines Podsols. Von Bedeutung sind dabei insbesondere die Tiefe des Wurzelraums und der Ackerkrume (SCHEFFER/SCHACHTSCHNABEL 1998, 473). Das Stadium höchster Leistungsfähigkeit wird durch die Zustandsstufe 1 gekennzeichnet, die Stufe 7 steht für eine ungünstige Entwicklung des Bodens.

Die Wertabstufungen zwischen den Merkmalen des Ackerschätzungsrahmens in Form von Bodenzahlen sind in der folgenden Abbildung 2.1 dargestellt. Für eine Merkmalskombination (Bodenklasse) wurde der Mittelwert der Bodenzahlen verwendet, da der Ackerschätzungsrahmen für jede Bodenklasse eine Spanne von Bodenzahlen vorsieht, um den Schätzern einen

gewissen Entscheidungsspielraum zu geben (vgl. Ackerschätzungsrahmen, Anhang 2). Die Kurvenverläufe zeigen, dass die Bodenart Lehm, die niedrigste Zustandsstufe und die Entstehung aus Löss mit jeweils höheren Wertzahlen als die anderen Merkmalsausprägungen bewertet werden und damit der Boden der Klasse L 1 Lö am ertragsfähigsten eingeschätzt wird.

Abbildung 2.1: Zuordnung der Bodenzahlen des Ackerschätzungsrahmens zu den Bodenarten für 3 Zustandsstufen



Quelle: Eigene Darstellung nach Anhang zu BewRL 1967 (BStBl I 1967, 431)

Zur Schätzung des Ackerlandes gehört neben der dargestellten Kennzeichnung nach den Merkmalen des Schätzungsrahmens eine Beschreibung der Bodenklasse. Dazu werden Profilgruben ausgehoben und die Bodenschichten von oben nach unten bis zu einer Tiefe von 1 m beschrieben. Die Eintragung dieser Grablochbeschreibungen erfolgt bei den örtlichen Arbeiten in die Feldschätzungsbücher. Für die Digitalisierung der Daten sind die Bodenschätzer teilweise bereits mit elektronischen Feldschätzungsbüchern ausgestattet.

Nach der Offenlegung der Schätzungsergebnisse werden sie in das Liegenschaftskataster der Vermessungs- und Katasterverwaltung übernommen. Dort werden die Ergebnisse mit der Flächengröße und dem Eigentümer in Verbindung gebracht und es entsteht die Liegenschaftskarte sowie das Liegenschaftsbuch. Im Liegenschaftsbuch werden neben den Kulturarten, den Bodenklassen und den Wertzahlen die Ertragsmesszahlen der Flurstücke ausgewiesen. Die Ertragsmesszahl ist das Produkt aus der Ackerzahl und der Fläche in Ar und bildet die Grundlage für die Einheitsbewertung eines landwirtschaftlichen Betriebes.

Das vorgestellte Verfahren der Bodenschätzung gibt für die weiteren Untersuchungen den Rahmen und die Möglichkeiten einer Aktualisierung vor, denn das Bewertungssystem soll in dieser Form bestehen bleiben.

2.2 Anforderungen an eine Aktualisierung der Bodenschätzungsergebnisse und Ansatzpunkte

Die Bedeutung der Bodenschätzung und die grundlegende Stellung der Bodenschätzung in der landwirtschaftlichen Einheitsbewertung erfordern nach 70 Jahren ohne Aktualisierung bedeutender Bewertungsparameter sowie 40 Jahren ohne neuerliche Hauptfeststellung eine Überprüfung und sachgerechte Aktualisierung der Bodenschätzungsergebnisse. Dabei sollen wesentliche *Anforderungen* erfüllt werden:

1. Die Aktualisierung ist im System der Bodenschätzung vorzunehmen. Damit bleiben die Aufgaben der Bodenschätzung und die Annahmen, unter denen die Böden bewertet werden, erhalten. Folglich ist eine objektive und bundeseinheitliche Bewertung der Ertragsunterschiede aufgrund natürlicher Bedingungen unter der Annahme einer ordnungsmäßigen Bewirtschaftung vorzunehmen.
2. Das Referenzsystem in Form der Musterstücke ist zu erhalten. Sie werden vom Bewertungsbeirat[4] (§ 63 III BewG i.V.m. § 5 II BodSchätzG) bundesweit angelegt und bilden gemäß § 4 III BodSchätzG die Hauptstützpunkte der Bodenschätzung. An ihnen orientiert sich die Schätzung aller anderen Flächen (vgl. Anhang 3). Darüber hinaus liegen für die Musterstücke umfangreiche digitale Daten vor, die eine Implementierung in ein Geoinformationssystem erlauben.
3. Die Budgetrestriktionen der Finanzverwaltung führen zu der Vorgabe, die administrativen Kosten auf ein Minimum zu reduzieren.

Vor dem Hintergrund dieses Anforderungsprofils müssen die zwei *Ansatzpunkte* einer Aktualisierung der Bodenschätzung diskutiert werden:

1. Die Beschreibung und Klassifizierung der Böden nach bodenkundlichen Merkmalen und
2. die ökonomische Bewertung nach der Ertragsfähigkeit aufgrund natürlicher Bedingungen.

[4] Die Mitglieder des Bewertungsbeirats werden auf Vorschlag der obersten Finanzbehörden der Länder durch das Bundesministerium der Finanzen im Einvernehmen mit dem Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft berufen (§ 64 III BewG).

Die Beschreibung und Klassifizierung der Böden bildet die Grundlage für die weitere Bewertung der Bodenbeschaffenheit. Eine Änderung der Kriterien für die Kennzeichnung der Böden lässt den bestehenden Ackerschätzungsrahmen ungültig werden und zöge eine flächendeckende Neuaufnahme der Böden nach sich. Dies ist jedoch aufgrund der damit verbundenen Transaktionskosten für die Finanzverwaltung nicht umsetzbar. 5 - 6 Millionen landwirtschaftlich genutzte Grundstücke müssten vor Ort neu erhoben werden. Die Ergebnisse der Kennzeichnung anhand der Kriterien Bodenart, Zustandstufe und Entstehung sollten in den wesentlichen Teilen auch für die Zukunft verwendbar sein, um eine erneute flächendeckende Bodenuntersuchung zu vermeiden (ROTHKEGEL 1950, 74). Eine Berichtigung der Kennzeichnung in Einzelfällen ist in § 12 BodSchätzG vorgesehen und wird von der Finanzverwaltung im Rahmen von Nachschätzungen vorgenommen.

Die ökonomische Bewertung nach der Ertragsfähigkeit aufgrund der natürlichen Bedingungen hat nicht denselben Anspruch auf dauernde Zuverlässigkeit wie die Kennzeichnung der Böden. Die Ertragsunterschiede sind unter den Voraussetzungen einer bestimmten Wirtschaftstechnik ermittelt worden (ROTHKEGEL/HERZOG 1935, 45). Ferner müssen auch die Preisrelationen in den Wertzahlen berücksichtigt werden. Die Entwicklung der Naturalerträge seit dem Beginn der Bodenschätzung und die Veränderungen bei den für die Ertragsfähigkeit heranzuziehenden Klimadaten verdeutlichen die Notwendigkeit einer Anpassung im Bereich der Bewertung der Ertragsunterschiede aufgrund der klimatischen Bedingungen (vgl. BAHRS et al., 2003 und Kapitel 2.3). Eine Aktualisierung dieser Bewertung ist im Gegensatz zur Neuaufnahme der Flächen mit geringeren Kosten für die Finanzverwaltung z.B. durch die Änderung der Zu- und Abrechnungen von der Bodenzahl zur Ackerzahl zu leisten.

Mit Blick auf die bereits eingetretenen und in Zukunft zu erwartenden Klimaänderungen (vgl. SCHÖNWIESE 2003b) sowie die Bedeutung der klimatischen Bedingungen für die Naturalerträge soll eine Methode entwickelt werden, die auch zukünftig eine Anpassung an derartige Veränderungen durch die Finanzverwaltung bzw. bei den praktischen Schätzungsarbeiten vor Ort ermöglicht.

Aufgrund der in den nächsten Jahren abzuschließenden Digitalisierung der Bodenschätzungsdaten und der bereits vorliegenden, umfangreichen Datenbasis des Deutschen Wetterdienstes ist die Aktualisierung anhand der Musterstücke mit verhältnismäßig geringen Kosten möglich. Dabei können regionsspezifische Daten mit Geoinformationssystemen simultan analysiert.

2.3 Notwendigkeit für eine Aktualisierung der Berücksichtigung klimatischer Bedingungen

Die Ertragsfähigkeit der Böden wird im Bodenschätzungsgesetz i.V.m. § 36 BewG am nachhaltig erzielbaren Reinertrag bei ordnungsmäßiger Bewirtschaftung festgemacht. Bei einheitlichen wirtschaftlichen Bedingungen, wie sie für die Bewertung unterstellt werden, korreliert der Reinertrag bei vergleichbarem Anbauverhältnis stark mit dem Naturalertrag. Daher werden in diesem Kapitel zunächst die Entwicklung der Naturalerträge in Deutschland und deren Einflussfaktoren untersucht. Besondere Aufmerksamkeit wird der Entwicklung der klimatischen Bedingungen seit der Entwicklung der Bodenschätzung geschenkt, denn dieser Einflussfaktor auf den Naturalertrag ist neben dem Boden für regionale Ertragsunterschiede bedeutend.

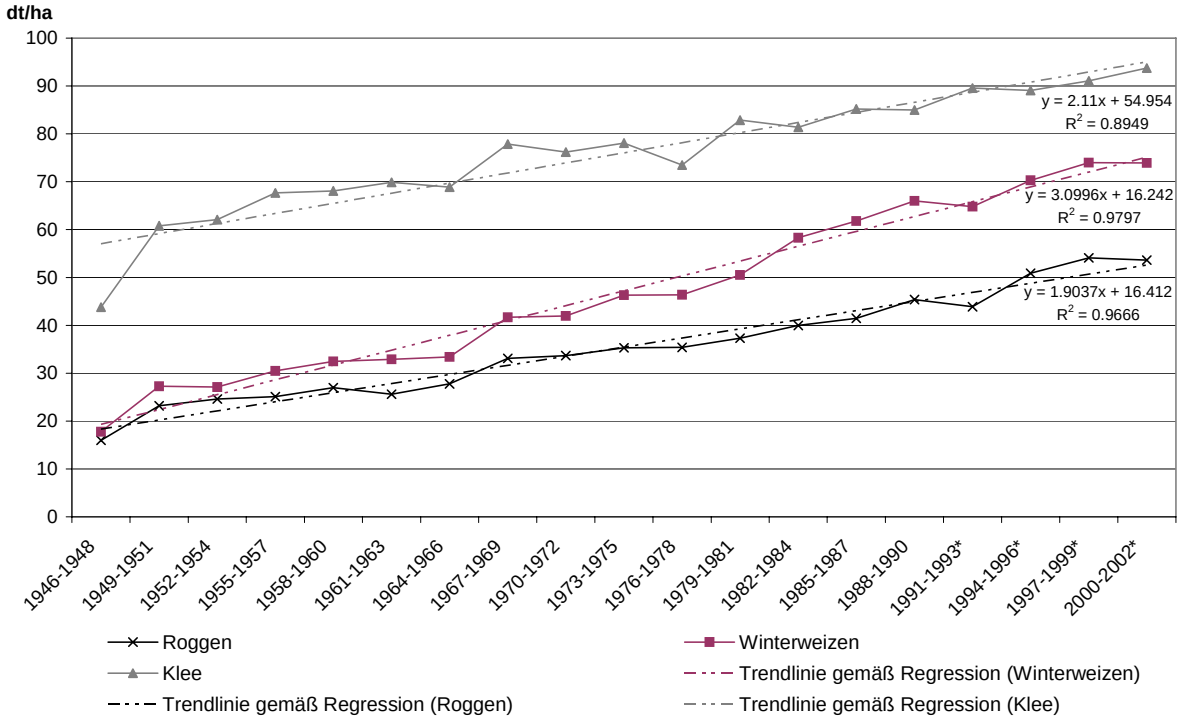
Die Betrachtung der Naturalerträge ist jedoch für die Bodenschätzung nicht ausreichend, denn die Wertzahlen stellen Reinertragsverhältnisse dar. Für die Beurteilung der Ergebnisse der Bodenschätzung müssen daher die aktuellen Reinerträge in der Landwirtschaft betrachtet werden.

Abschließend wird anhand der Musterstücke die derzeitige Bewertungspraxis der klimatischen Bedingungen in der Bodenschätzung untersucht. Die Musterstücke sind repräsentativ für die Ergebnisse der Bodenschätzung und bilden die rechtliche Grundlage für die bundesweite Flächenschätzung. Damit stehen sie im Mittelpunkt der weiteren Untersuchung.

2.3.1 Entwicklung der Naturalerträge

Bei der Bodenschätzung baut die Bewertung der Ertragsfähigkeit auf Naturalerträgen aus den 30er Jahren auf. Während vor 70 Jahren in Deutschland durchschnittlich zwischen 20 bis 25 dt/ha Getreide geerntet wurden, liegen die heutigen Erträge durchschnittlich bei 54 dt Roggen und 74 dt Winterweizen pro ha (BMVEL 2002, 100 f.). Sie sind somit mehr als doppelt so hoch, und ein weiterer Anstieg ist zu erwarten. Die jährlichen Wachstumsraten liegen bei Spätkartoffeln und Zuckerrüben mit 1,2 % und 1,0 % seit 1935 unter der des Winterweizens mit 1,7 %. Die Abbildung 2.2 stellt die Entwicklungen für Roggen, Winterweizen und Klee in den letzten Jahrzehnten dar.

Abbildung 2.2: Entwicklung der Naturalerträge ausgewählter Fruchtarten in Deutschland seit 1946

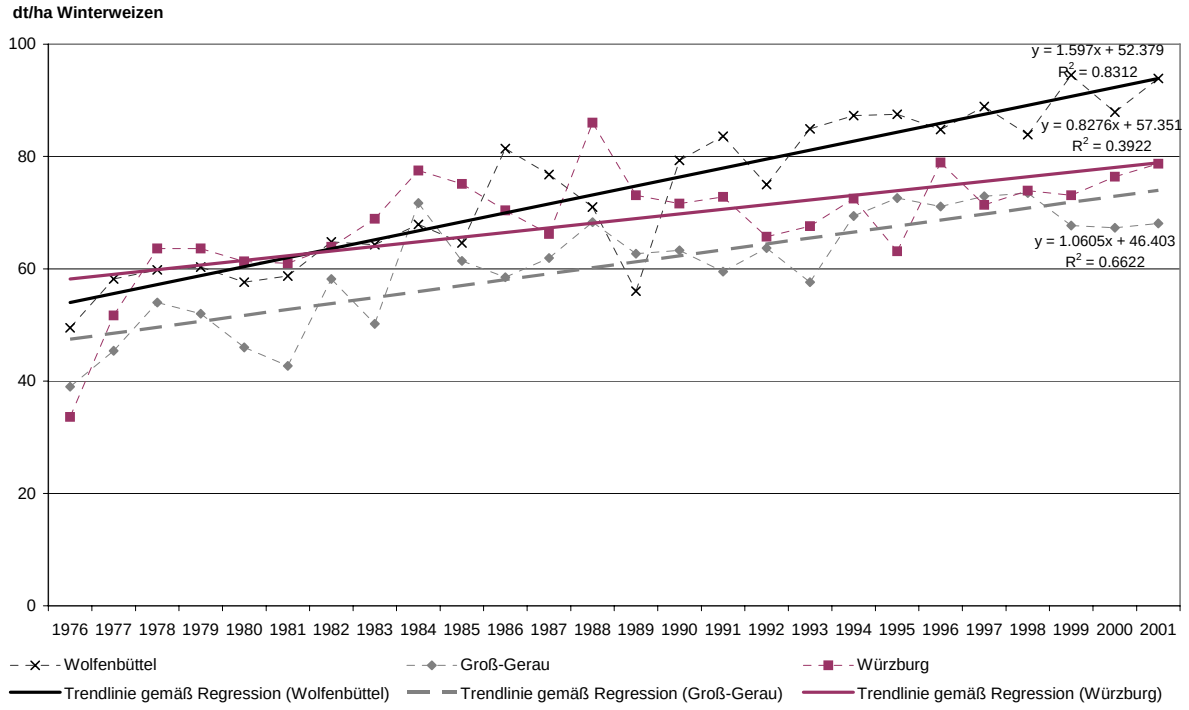


* inkl. Neue Bundesländer

Quelle: BMVEL, verschiedene Jahrgänge

Neben dem allgemeinen Anstieg des Naturalertrages haben sich auch die Ertragsrelationen zwischen den Fruchtarten im bundesweiten Durchschnitt sowie die Ertragsrelationen zwischen den Standorten in Deutschland verändert. Die folgende Abbildung 2.3 zeigt daher die Entwicklung der Winterweizenerträge seit 1976 in drei Landkreisen.

Abbildung 2.3: Entwicklung der Winterweizenerträge in drei Landkreisen in Deutschland seit 1976



Quelle: STATISTISCHES BUNDESAMT 1976-2002

Die jährliche Zuwachsrate seit 1976 ist im Landkreis Wolfenbüttel bei Winterweizen mit 2,0 % gegenüber den anderen beiden Landkreisen am höchsten. Der Ertragsanstieg in Groß-Gerau ist mit 1,6 % am geringsten.[5] Beim Vergleich der Winterroggenerträge in diesen Landkreisen zeigt sich in der Reihenfolge der Zuwachsraten das gleiche Bild. Den höchsten Anstieg bei den Zuckerrübenerträgen weist allerdings Würzburg auf. Je nach Region ist die Entwicklung der Naturalerträge einzelner Früchte unterschiedlich verlaufen. Die Landkreise sind aufgrund ihrer natürlichen Ertragsbedingungen zwar nicht direkt vergleichbar, aber der Verlauf der Trendlinien verdeutlicht, dass neben der Betrachtung der bundesweiten Naturalertragshöhe eine regionsspezifische Untersuchung der heutigen Ertragsrelationen vorzunehmen ist.

Die derzeitigen Unterschiede der Ertragspotentiale in einzelnen Landkreisen werden durch den Vergleich von drei Landkreisen mit höchstertragsfähigen Böden besonders deutlich (vgl. Übersicht 2.2).

[5] Die jährliche Zuwachsrate wird mit der Zinseszins-Formel aus dem 3-jährigen Mittel der Naturalerträge in den Jahren 1976-1978 und 1999-2001 berechnet. Die jährliche Zuwachsrate entspricht daher nicht der Steigung der Trendlinie in der Abbildung 2.3.

Übersicht 2.2: Vergleich der Naturalerträge in ausgewählten Landkreisen

Landkreis	Naturalertrag in dt/ha (1997-2002)				Jahres-durchschnitts-temperatur*	Jahres-niederschlags-summe*
	Winter-weizen	Winter-gerste	Winter-raps	Zucker-rüben		
Aschersleben-Staßfurt (Sachsen-Anhalt)	78,0	78,5	35,6	470,9	8,7 °C	499 mm
Hildesheim (Niedersachsen)	88,5	79,7	33,3	569,4	8,5 °C	726 mm
Ostholstein (Schleswig-Holstein)	98,7	89,0	40,4	527,0	8,3 °C	666 mm

* Mittlere Werte für die Periode 1961-1990
Quelle: STATISTISCHES BUNDESAMT 1997-2002, DWD 1998

Die Landkreise Aschersleben-Staßfurt und Hildesheim befinden sich beide in Bördegebieten mit vergleichbaren Böden gemäß Bodenschätzung. In der Hildesheimer Börde werden jedoch bei den für beide Regionen wichtigen Fruchtarten Winterweizen und Zuckerrüben im Durchschnitt höhere Naturalerträge erzielt. Die Spitzenerträge werden sowohl beim Wintergetreide als auch beim Winterraps im Landkreis Ostholstein geerntet. Die daraus resultierenden heutigen Ertragsrelationen zwischen den Regionen müssen bei der Bodenschätzung angemessen berücksichtigt werden, sofern sie den klimatischen Einflüssen zuzurechnen sind.

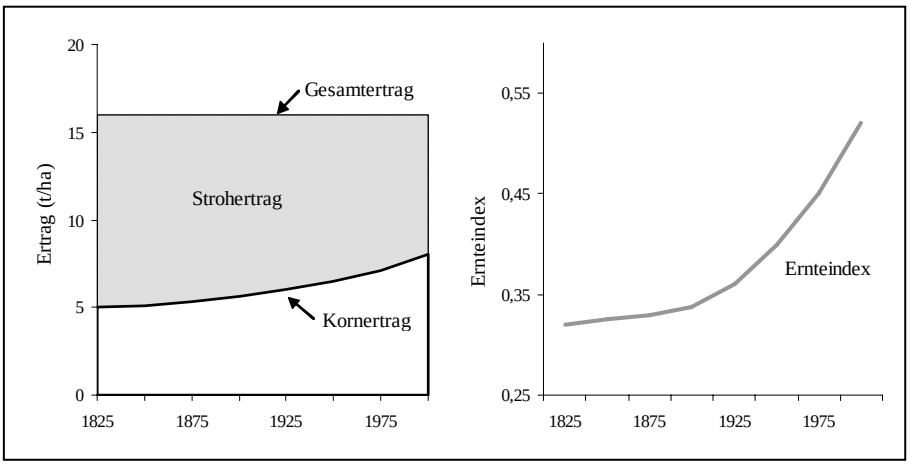
Ein Vergleich der klimatischen Bedingungen der drei Landkreise zeigt, dass Aschersleben-Staßfurt mit 8,7 °C Jahresdurchschnittstemperatur in Verbindung mit knapp 500 mm Jahresniederschlag für das heutige Ertragspotential der Bördegebiete ungünstige Bedingungen aufweist. Mit steigendem Ertragspotential wirkt unter solchen klimatischen Bedingungen das Wasser zunehmend als begrenzender Faktor (vgl. EHLERS 1996). Die jüngsten Dürrejahre unterstreichen diese Bedeutung nachhaltig (vgl. LINDLOFF 2002). Ein Ertragsanstieg bei Winterweizen von 50 dt/ha in den letzten 50 Jahren (siehe Abbildung 2.2) hat einen zusätzlichen jährlichen Wasserverbrauch von ca. 200 mm zur Folge (METZ et al. 2004, 36). Zwar kann mit Frühsaaten, Stressresistenzzüchtung, wasserschonender Bodenbearbeitung und dem Anbau von Winter- statt Sommerkulturen der Einfluss des Wassermangels begrenzt, aber nicht aufgehoben werden. Mit den zu erwartenden höheren Ertragspotentialen bei stagnierender Wasserverfügbarkeit wird dieser Aspekt voraussichtlich noch an Bedeutung zunehmen.

In Bezug auf den Wasserbedarf beim Getreide hat die Pflanzenzüchtung, isoliert betrachtet, weder zu einer Änderung der Vegetationszeit noch des Gesamtbiomasseertrags beigetragen, so dass die kumulative Transpiration und der Transpirationskoeffizient[6] bezogen auf die Gesamtbiomasse durch die Entwicklung neuer Sorten kaum verändert wurden. Allerdings konnte

[6] Der Transpirationskoeffizient gibt den Wasserverbrauch einer Pflanze zur Produktion einer bestimmten Menge Trockenmasse vom oberirdischen Aufwuchs an.

der Ernteindex der modernen Kurzstrohsorten wesentlich gesteigert werden (vgl. Abbildung 2.4), wodurch der Transpirationskoeffizient bezogen auf den Kornertrag verbessert wurde (EHLERS 1996, 204 f.).

Abbildung 2.4: Gesamt-, Stroh- und Kornertrag sowie Ernteindex bei Winterweizen



Quelle: EHLERS 1996, 204 (schematisch)

Die Pflanzenzüchtung konnte außerdem zu einer schnelleren Entwicklung der Sorten vor der Blüte und somit geringeren Wasserverbrauch aus dem Bodenwasservorrat bis zur Blüte beitragen. Damit steht ein größerer Anteil des Bodenwassers für die Kornfüllungsphase nach der Blüte zur Verfügung (ebenda, 206 f.).

Eine Verlängerung der Vegetationszeit wird durch agrotechnische Maßnahmen erreicht, da die grüne Blattfläche länger geschützt wird. Zu diesen Maßnahmen zählen die Stickstoffdüngung, die Fungizidbehandlung der Blätter und des Fruchtstands sowie die Insektenbekämpfung. Die längere Vegetationszeit führt zu einer höheren kumulativen Transpiration, d.h. der Wasserbedarf über die Vegetationsdauer steigt.

Das Klima ist jedoch nicht allein verantwortlich für die disproportionalen Entwicklungen der regionalen Naturalerträge. Neben den natürlichen Bedingungen sind auch viele wirtschaftliche Einflussfaktoren zu nennen, die sich seit den 30er Jahren maßgeblich verändert haben. Der Einsatz von Mineraldünger, chemischen Pflanzenschutzmitteln, modernen Sorten sowie leistungsstarker und standortangepasster Bodenbearbeitungstechnik haben zu verschiedenartigen Entwicklungen auf Böden mit unterschiedlicher Beschaffenheit und klimatischen Bedingungen geführt. Durch den Einsatz von Mineraldünger ist die Bedeutung der natürlichen Nährstoffversorgung zurückgegangen, so dass auf einem nährstoffarmen Sandboden bzw. flachgründigen Boden die Ertragsfähigkeit gesteigert werden konnte. Neben der Nährstoffversorgung hat das Anheben des pH-Wertes durch Kalkung die Ertragsfähigkeit von Böden mit

ursprünglich zu niedrigem pH-Wert ansteigen lassen. Der Einsatz chemischer Pflanzenschutzmittel und resistenter Sorten trägt zur Ertragssicherung bei und ermöglicht den Anbau von Fruchtarten wie Kartoffeln oder Weizen auf Standorten, die wegen hohen Niederschlags und anhaltend hoher Feuchtigkeit in der Luft Schaderregern, wie z.B. Pilzen, günstige Entwicklungsbedingungen bieten. Dadurch ergeben sich erweiterte Möglichkeiten für die Fruchtfolgegestaltung. Durch die standortangepasste Kombination moderner Bewirtschaftungsmaßnahmen konnte die Ertragsfähigkeit eines Standortes mit ungünstigen Bedingungen verbessert werden.

Inwieweit die Naturalertragsentwicklungen Einfluss auf die heutige Bewertung des Klimas für die Ertragsfähigkeit eines Standortes haben, wird in Kapitel 5 und 6 untersucht. Es kann jedoch festgehalten werden, dass eine regional differenzierte Betrachtung der Ertragsverhältnisse notwendig ist und die klimatischen Bedingungen dabei eine besondere Rolle spielen.

2.3.2 Entwicklung der klimatischen Bedingungen

Die Entwicklung der Naturalerträge und die Darstellung der Ertragsunterschiede im Zusammenhang mit den vorherrschenden klimatischen Bedingungen erfordern eine nähere Betrachtung der Entwicklung der klimatischen Bedingungen seit Beginn der Bodenschätzung. Die Bodenschätzung bezieht sich heute noch auf die Klimawerte der Jahre 1881 bis 1930. Die folgende Übersicht 2.3 zeigt, dass sich seither sowohl die Temperatur als auch die Niederschlagsmenge verändert haben. Im Zeitabschnitt 1891-1990 ist eine Zunahme dieser Klimawerte sowohl im Jahresmittel als auch in den einzelnen Jahreszeiten zu beobachten.

Übersicht 2.3: Beobachtete Temperatur- (bodennah) und Niederschlagstrends in Deutschland

Klimaelement	Frühling	Sommer	Herbst	Winter	Jahr
Linearer Temperaturtrend					
1891-1990	+ 0,6 °C	+ 0,7 °C	+ 1,2 °C	+ 0,8 °C	+ 0,8 °C
Linearer Niederschlagstrend [% des Mittelwertes]*					
1891-1990	+ 11 %	~ 0 %	+ 16 %	+ 19 %	+ 9 %

* Die Veränderung des Klimaparameters (z.B. der lineare Trend) während des Untersuchungszeitraums wird in Relation zum Mittelwert des Klimaparameters im selben Zeitraum gesetzt (RAPP 2000, 11 f.).
Quelle: SCHÖNWIESE 2003b, 7 (verändert)

Obwohl sich die Temperaturänderungen nur im Bereich von einigen Zehntel Grad bewegen, bedeuten diese bereits eine deutliche Erwärmung, was z.B. durch die Gletscherschmelze in den Alpen sichtbar wird (SCHÖNWIESE 2003b, 3). Diesem Temperaturanstieg steht im Jahresverlauf eine höhere Niederschlagsmenge entgegen. Nur im Sommer bleiben die Niederschläge in diesen 100 Jahren unverändert. Die Sommer wurden somit heißer bei gleich bleibender Niederschlagsmenge.

Ebenso wie bei der Betrachtung der Naturalerträge spielen regional unterschiedliche Entwicklungen von Klimaparametern für das vergleichende Verfahren der Bodenschätzung eine wichtige Rolle. Somit müssen nicht nur die zeitlichen Strukturen der Klimaänderungen, sondern auch deren räumliche Strukturen für die Begründung einer Aktualisierung der Bodenschätzung herangezogen werden.

Eine Untersuchung von RAPP (2001) zu den regionalen Klimatrends betrachtet den Zeitraum 1896 bis 1995. In dieser Zeit zeigt die Betrachtung der regionalen Jahresniederschlagssummen im Westen Deutschlands eine Zunahme zwischen 50 bis 150 mm. Im Osten sind hingegen kaum Änderungen vorzufinden, lediglich in Sachsen kann eine leichte Niederschlagsabnahme festgestellt werden. Allerdings wird die Ursache dort zum Teil in einer Messgeräteumstellung in den 30er Jahren vermutet (ebenda, 176). Die jahreszeitlich differenzierte Entwicklung der Niederschläge zeigt, dass der Anteil des Winterniederschlags am Gesamtjahresniederschlag im betrachteten Zeitraum bundesweit angestiegen ist. Einer Zunahme der Winterniederschläge steht allerdings häufig eine Abnahme der Sommerniederschläge gegenüber (ebenda, 176 f.).

Die Niederschläge und die Temperatur stehen in Bezug auf das Pflanzenwachstum in einem engen Zusammenhang. Der Humiditätsindex i nach Martonne setzt die Komponenten mittlerer Jahresniederschlagssumme N und Jahresmitteltemperatur T in Beziehung:

$$i = \frac{N[mm]}{T[°C]+10}$$

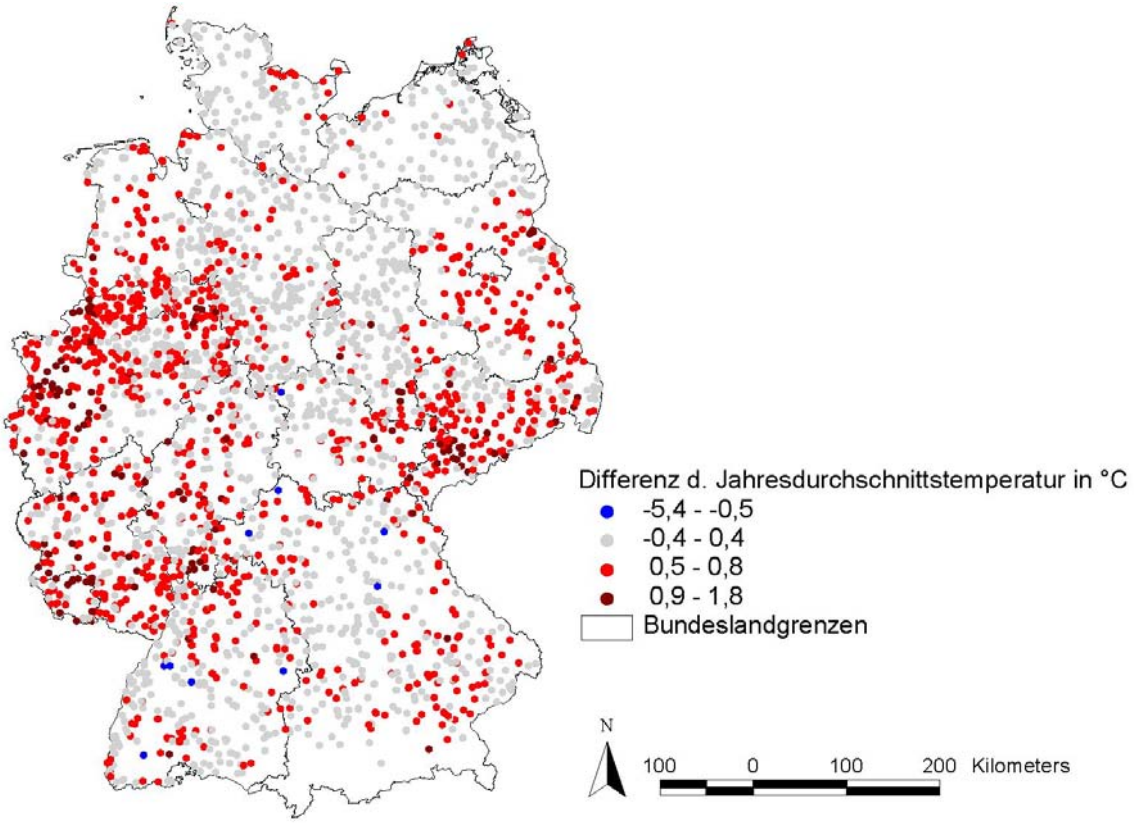
Im Westen Deutschlands ist dieser Index gestiegen, d.h. das Klima ist im Laufe der letzten 100 Jahre humider geworden. Im Osten gibt es allerdings kaum Veränderungen. Reduziert man den Untersuchungszeitraum auf die Jahre 1966-1995, wirkt sich die Tendenz zur Sommertrockenheit und die gleichzeitig ansteigenden Temperaturen auf der Jahresebene als Zunahme der Aridität in ungefähr zwei Dritteln des Bundesgebietes aus (ebenda, 180 f.).

Eine weitere Änderung kann in Bezug auf den Eintritt rein thermisch definierter Jahreszeiten seit 1896 festgestellt werden. Danach tritt der Frühling in Deutschland früher ein und der Beginn des Herbstes verspätet sich gleichzeitig (ebenda, 178 f.). Diese Verschiebung der Jahreszeiten hat Einfluss auf die phänologischen Phasen der Kulturen und die Ertragsentwicklung (vgl. CHMIELEWSKI 2001).

Die in Karte 2.1 und Karte 2.2 dargestellte Gegenüberstellung der derzeit bei den Musterstücken verwendeten Klimawerte, die überwiegend aus den Jahren 1881-1930 stammen, mit ak-

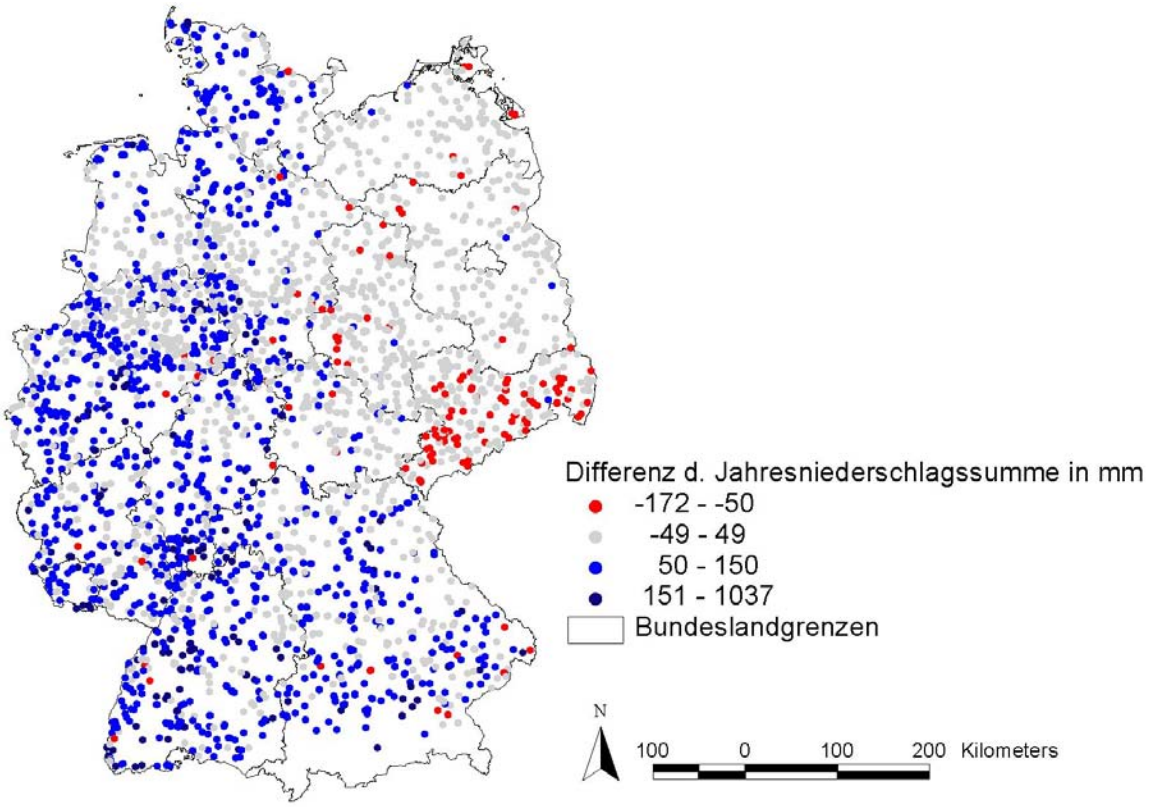
tuellen Mittelwerten der Periode 1961-1990 für diese Standorte bestätigt die Untersuchungsergebnisse von RAPP (2001).

Karte 2.1: Differenz der Jahresdurchschnittstemperatur ($T_{1961-1990} - T_{Bodenschätzung}$) zwischen den Werten der Periode 1961-1990 ($T_{1961-1990}$) und den derzeit gültigen Werten in der Bodenschätzung ($T_{Bodenschätzung}$) am Beispiel der Musterstücke (n = 3.082)



Quelle: Eigene Berechnungen unter Verwendung von DWD 1998 und BMF 2000; ATKIS®VG250, ©Bundesamt für Kartographie und Geodäsie 2003

Karte 2.2: Differenz der Jahresniederschlagsmenge ($N_{1961-1990} - N_{Bodenschätzung}$) zwischen den Werten der Periode 1961-1990 ($N_{1961-1990}$) und den derzeit gültigen Werten in der Bodenschätzung ($N_{Bodenschätzung}$) am Beispiel der Musterstücke (n = 3.082)



Quelle: Eigene Berechnungen unter Verwendung von DWD 1998 und BMF 2000; ATKIS®VG250, ©Bundesamt für Kartographie und Geodäsie 2003

Die extremen Temperatur- und Niederschlagsdifferenzen resultieren in Gebieten mit kleinräumigen Klimaunterschieden durch starke Höhenunterschiede zum Teil aus dem groben Raster von 1x1 km für die Klimadaten und aus der ungenauen Georeferenzierung der Musterstücke[7]. Es wird jedoch deutlich, dass eine Anpassung der für die Bodenschätzung zugrunde gelegten klimatischen Bedingungen erforderlich ist. Vor dem Hintergrund der angesprochenen Naturalertragsentwicklungen ist die Bedeutung des Klimas als Ertragsfaktor unter den heutigen Bedingungen zu untersuchen. Höhere Naturalerträge und Klimaänderungen beeinflussen die Klimawirkung auf die Ertragsfähigkeit eines Standortes. Durch die Verschiebung phänologischer Phasen sowie neue Sorten mit höheren Ertragspotentialen verändern sich die Ansprüche der Fruchtarten an die Menge und den Zeitpunkt der Klimawirkung. Je höher das Ertragspotential ist, desto stärker kann der Einfluss des Klimas sein.

Die Betrachtung der Entwicklung der klimatischen Bedingungen hat gezeigt, dass sich das Klima in den letzten 100 Jahren geändert hat. Für die Vorhersage der zukünftigen Klimaentwicklung werden entsprechende Modelle entwickelt. Die daraus resultierenden Prognosen

[7] Die Gauß-Krüger-Koordinaten werden zum Teil in Kilometern (6-stellige Zahlen) angegeben.

sind mit Unsicherheiten belegt, aber das Risiko globaler Klimaänderungen großen Ausmaßes ist unbestritten (SCHÖNWIESE 2003b, 15). Für die Bodenschätzung bedeutet dies eine turnusmäßige Überprüfung der Bewertung und Anpassung an zukünftige klimatische Bedingungen. Dafür müssen Datengrundlagen und Methoden zur Verfügung stehen, die für eine angemessene und einfache Aktualisierung der Bodenschätzungsergebnisse geeignet sind. Die Ergebnisse dieser Arbeit sollen auch dazu einen Beitrag leisten.

2.3.3 Reinerträge in der Landwirtschaft

Die Wertzahlen der Bodenschätzung spiegeln als Reinertragsverhältniszahlen die Ertragsfähigkeit der Betriebe untereinander wider. Nach § 36 BewG ist die Ertragsfähigkeit durch den bei ordnungsmäßiger und schuldenfreier Bewirtschaftung mit entlohnten fremden Arbeitskräften gemeinhin und nachhaltig erzielbaren Reinertrag gekennzeichnet. Der Reinertrag des Spitzenbetriebes mit dem ertragsfähigsten Boden (Bodenzahl = 100) wurde zum letzten Bewertungsstichtag 1. Januar 1964 mit 207 DM/ha festgesetzt. Bei einem unterstellten Zinssatz von 5,5 % und somit einem Kapitalisierungsfaktor von 18 entspricht dieses einem Hektarwert (kapitalisierter Reinertrag) von 3.726 DM. Für jede Wertzahl lässt sich daher in einem dekadischen System der entsprechende Hektarwert durch Multiplikation mit 37,26 DM ermitteln.

Die Übersicht 2.4 zeigt die Ableitung des Reinertrages aus dem Gewinn. Bei der Ermittlung des Reinertrages wird von einem pacht- und schuldenfreien Betrieb ausgegangen. Die Finanzierungs- und Eigentumsverhältnisse bleiben somit unberücksichtigt. Die bei der Gewinnermittlung abgesetzten Pachtzahlungen und Zinsen für das Fremdkapital werden daher hinzugerechnet. Außerdem wird ein Lohnansatz für den Unternehmer und die noch nicht entlohnten Familienarbeitskräfte abgezogen, da eine Bewirtschaftung mit entlohnten fremden Arbeitskräften unterstellt wird. Der berechnete Reinertrag steht somit der Verzinsung des Besatzkapitals und des Bodens des landwirtschaftlichen Betriebes zur Verfügung.

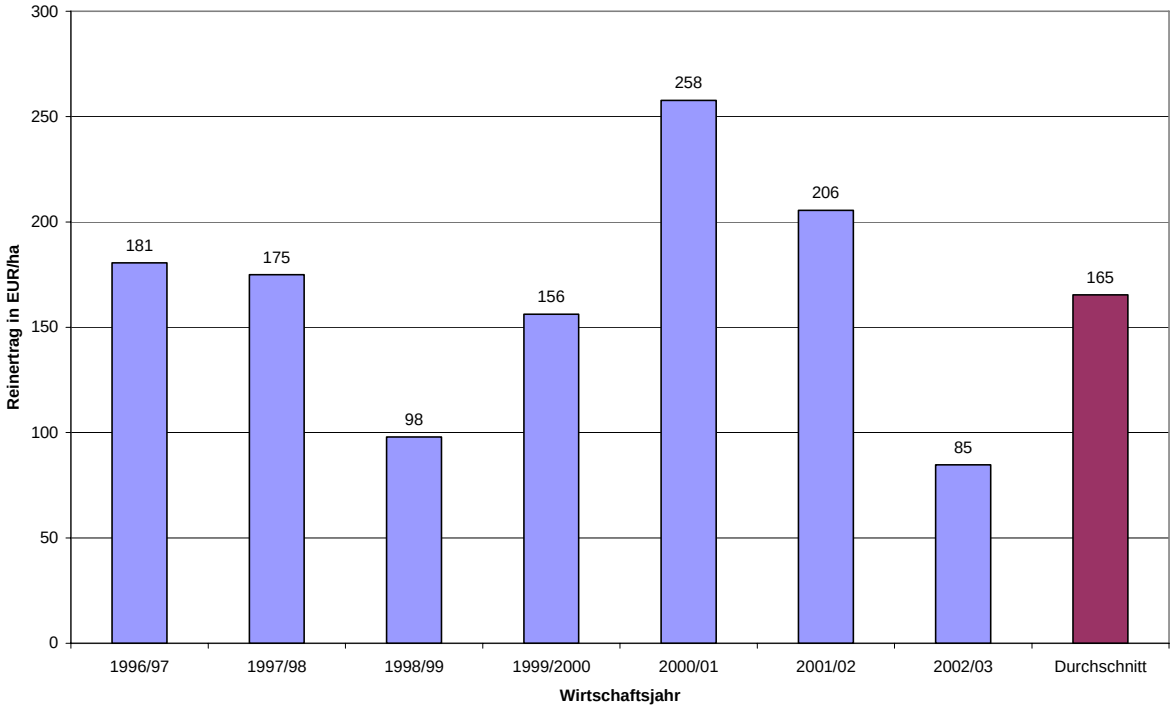
Übersicht 2.4: Ableitung des Reinertrages aus dem Gewinn

Ableitung des Reinertrages	
+	Gewinn/Unternehmen
−	Lohnansatz für den Unternehmer und noch nicht entlohnte Familienarbeitskräfte
+	Pachten
+	Fremdzinsen
=	Reinertrag

Quelle: KÖHNE 2000, 601

Die heute erzielten Reinerträge in der Landwirtschaft in Deutschland liegen im Durchschnitt der letzten Jahre mit 165 Euro/ha bei den landwirtschaftlichen Haupterwerbsbetrieben über dem unterstellten Reinertrag des Spitzenbetriebes der Bodenschätzung.

Abbildung 2.5: Durchschnitt der Reinerträge landwirtschaftlicher Haupterwerbsbetriebe in Deutschland



Quelle: BMVEL 1997-2003

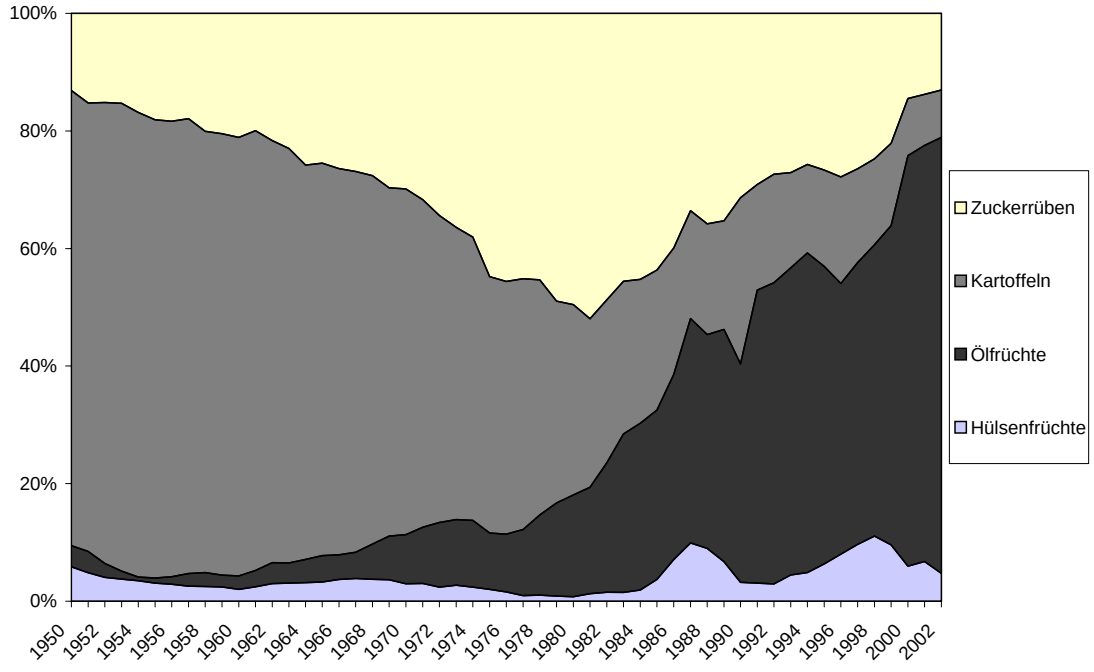
Eine Anpassung des Hektarwertes an das aktuelle Reinertragsniveau würde die Änderung des Bewertungsgesetzes (vgl. § 40 BewG) zur Folge haben. Dies ist aufgrund des vorgegebenen gesetzlichen Rahmens der Bodenschätzung derzeit nicht vorgesehen, obwohl Untersuchungen gezeigt haben, dass nicht nur die Wertrelationen zwischen den Betrieben, sondern auch das Wertniveau unangemessen geschätzt wird (vgl. SCHULZE LAMMERS 1981, JAESCHKE 1989, BAHRS 1999).

Bei der Ermittlung des Reinertrages soll von einer ordnungsmäßigen Bewirtschaftung ausgegangen werden, dies betrifft die Betriebsorganisation, die Produktionstechnik (z.B. Naturalerträge), die Arbeitswirtschaft (z.B. Kosten der Arbeitserledigung) und das Kaufmännische (z.B. Vermarktungsformen, Ein- und Verkaufspreise) (KÖHNE 2000, 648 f.). Für die Festlegung der Wertzahlen bei der Bodenschätzung ist somit zu klären, wie die ordnungsmäßige Bewirtschaftung unter heutigen Gesichtspunkten bei unterschiedlichen natürlichen Ertragsbedingungen zu definieren ist (vgl. Kapitel 6.1).

Weiterhin soll der *nachhaltig* erzielbare Reinertrag ermittelt werden. Darunter ist nach KÖHNE (2000, 649) der Reinertrag zu verstehen, der voraussichtlich längerfristig durchschnittlich jährlich erzielt werden kann. Da die Zukunft nicht vorhergesehen werden kann, muss auf bisher erfasste Daten zurückgegriffen werden. Die durchschnittlich erzielten jährlichen Reinerträge in den letzten Jahren weisen eine Spanne von 173 Euro/ha auf (vgl. Abbildung 2.5). Somit muss den auftretenden Ertrags- und Preisschwankungen durch die Bildung mehrjähriger Durchschnittswerte begegnet werden. Besonderes Augenmerk ist auf die agrarpolitischen Zuwendungen zu legen, die für den Reinertrag eines landwirtschaftlichen Betriebes zunehmend an Bedeutung gewonnen haben. Die zukünftige Entwicklung dieser Zuwendungen ist jedoch ungewiss. Bei der Entwicklung eines Verfahrens zur angemessenen Bewertung der natürlichen Bedingungen muss somit die mögliche Anpassung an sich ändernde Rahmenbedingungen beachtet werden.

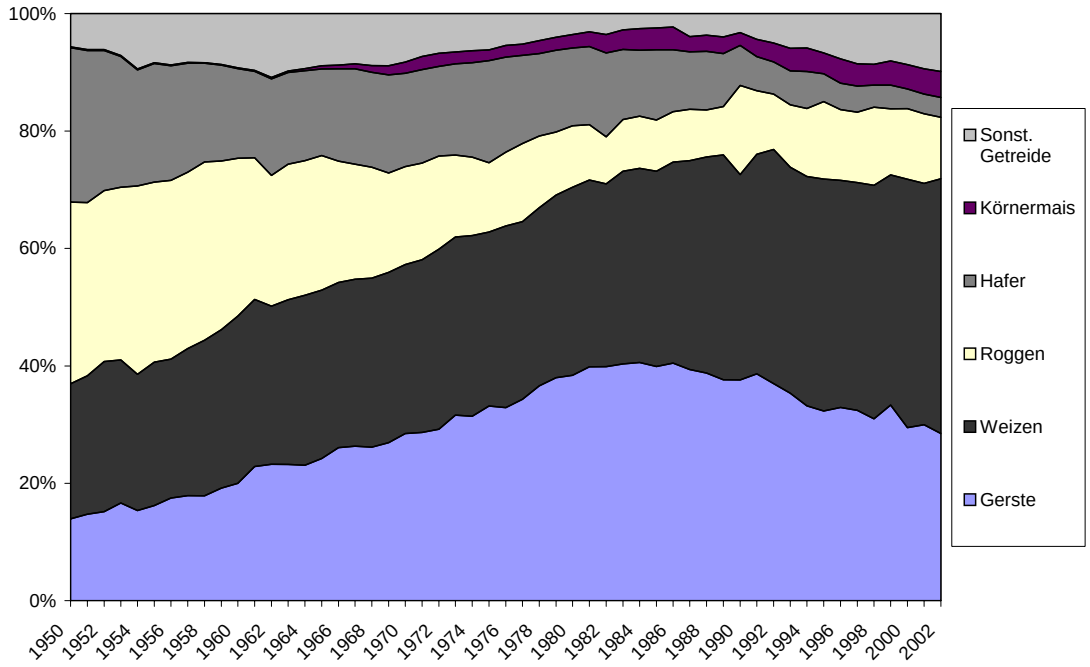
Bei der Ermittlung der Reinerträge für die Bewertung der Ertragsfähigkeit müssen neben dem Naturalertrag auch die Anbauverhältnisse sowie die Betriebsgröße und das Betriebssystem unterstellt werden. Die bei der Entwicklung der Bodenschätzung vorgenommenen Annahmen treffen für die heutige Landwirtschaft allerdings nicht mehr zu. Nicht nur die Naturalerträge einzelner Fruchtarten haben sich verändert, sondern auch die Bedeutung der Fruchtarten im Anbauverhältnis der landwirtschaftlich genutzten Fläche (siehe Abbildung 2.6 und Abbildung 2.7).

Abbildung 2.6: Entwicklung der Anbauverhältnisse der Blatt-, Öl- und Hülsenfrüchte in Deutschland



Quelle: Eigene Darstellung unter Verwendung von BMVEL, verschiedene Jahrgänge

Abbildung 2.7: Entwicklung der Anbauverhältnisse der Getreidearten in Deutschland



Quelle: Eigene Darstellung unter Verwendung von BMVEL, verschiedene Jahrgänge

Die Entwicklung des Anteils einzelner Fruchtarten lässt darauf schließen, dass sich die auf den verschiedenen Standorten angebaute Fruchtfolge geändert hat. Ölfrüchte werden auf einem bedeutenden Anteil der landwirtschaftlichen Nutzfläche angebaut, wohingegen noch in den 50er Jahren diese Fruchtart kaum eine Rolle spielte. Dazu gegenläufig hat sich der Anteil der Kartoffelanbaufläche entwickelt. Bei den Getreidearten hat sich das früher relativ gleichmäßige Anbauverhältnis zwischen den vier bedeutenden Arten auf den Anbau von Weizen und Gerste konzentriert. Der Körnermaisanbau hat erst in den 70er Jahren an Bedeutung gewonnen. Diese Veränderungen der Anbaustruktur lassen sich durch züchterischen und technischen Fortschritt sowie durch Veränderungen der Leistungs-Kosten-Relationen der Produktionsverfahren und Produkte erklären.

In Bezug auf die Betriebsgröße bewirtschaften die Betriebe mit durchschnittlich 43,6 ha im Jahr 2003 wesentlich mehr Fläche als im Jahr 1925 mit 8,7 ha pro Betrieb (BMVEL 1956 und 2004). Dies wirkt sich auf die Berücksichtigung der wirtschaftlichen Bedingungen bei der Bodenschätzung und damit auf den Reinertrag aus.

Neben den natürlichen und wirtschaftlichen Standortbedingungen wirken agrarstrukturelle Bedingungen auf die Gestaltung des Betriebes und damit auf den Reinertrag. Strukturelle Bedingungen beeinflussen z.B. durch die Größe der Teilstücke den Einsatz moderner Maschinen. In der Tierhaltung wird die Dorflage für Bestandsvergrößerungen zunehmend zum Problem. Die agrarstrukturellen Unterschiede haben mit der Wiedervereinigung in Deutschland

zugenommen. Da sie jedoch nicht durch natürliche Gegebenheiten bedingt sind, dürfen sie bei der Bodenschätzung nicht zum Tragen kommen.

In den letzten 70 Jahren haben sich außerdem die bei einem Vergleich von Reinerträgen zu berücksichtigenden Betriebssysteme verändert. Zu Beginn des 20. Jahrhunderts war es durchaus zulässig, von den Bodennutzungssystemen, die bei der Bodenschätzung unterstellt wurden, auf die Betriebssysteme zu schließen. Durch die Änderung der Produktionsverfahren und die Spezialisierung der Betriebe ist dieser Zusammenhang jedoch nicht mehr in gleichem Umfang gegeben. Beispielsweise zeichnen sich Ackerbaubetriebe mit hohem Hackfruchtanteil nicht mehr durch gleichzeitige Milchviehwirtschaft aus, da das Rübenblatt als Futter kaum noch Verwendung findet. Ebenso führt die Spezialisierung im Futterbau dazu, dass Milchviehhaltung, Färsenaufzucht und Rindermast nicht mehr zwangsläufig auf ein und demselben Betrieb stattfinden. Ein stärkerer Spezialisierungsgrad findet sich bei den Veredlungszweigen, die unabhängig von der Bodennutzungsstruktur sind. Es besteht somit keine enge Beziehung mehr zwischen dem Bodennutzungssystem und dem Umfang bzw. der Form der Viehhaltung. Die Spezialisierung der landwirtschaftlichen Betriebe hat dazu geführt, dass die Gemischtbetriebe mit 5,5 % der landwirtschaftlichen Betriebe heute nur noch eine geringe Bedeutung haben (BMVEL 2003, 38).

Die Bodenschätzung als Grundlage für die Einheitsbewertung stellt die Bodenbeschaffenheit als Faktor für die Ertragsfähigkeit eines Betriebes in den Vordergrund. Durch die Fortschritte in der Produktionstechnik, die Spezialisierung der Betriebe und die politischen Rahmenbedingungen hat jedoch die Bodenbeschaffenheit für die Leistungsfähigkeit der Betriebe an Bedeutung verloren. Eine Aktualisierung der Bodenschätzungsergebnisse, die im bestehenden System der Bodenschätzung stattfindet, kann eine Anpassung der Bewertung nur aufgrund der natürlichen Ertragsbedingungen vornehmen. Ertragsunterschiede aufgrund wirtschaftlicher Bedingungen bleiben zwar außer Betracht, aber es müssen Annahmen darüber gemacht werden, unter welchen wirtschaftlichen Bedingungen die derzeit vorzufindenden Reinertragsunterschiede aufgrund natürlicher Bedingungen entstehen. Zu den wirtschaftlichen Ertragsbedingungen gehören die innere Verkehrslage, d.h. die Lage der einzelnen Parzellen zueinander und zum Wirtschaftshof, und die äußere Verkehrslage, d.h. die Lage des einzelnen landwirtschaftlichen Betriebs zum Absatzmarkt mit den dadurch bedingten Preis- und Lohnverhältnissen. Außerdem sind die Zugehörigkeit der Böden zu bestimmten Betrieben (Betriebsgrößen, das Vorhandensein besonderer Einrichtungen (Brennereien, Zuckerfabriken usw.)) und das Verhältnis von Acker- zu Grünland darunter zu subsumieren (ROTHKEGEL/HERZOG 1935, 32).

Ferner müssen Annahmen zur eingesetzten Produktionstechnik getroffen werden. Nach ROTHKEGEL/HERZOG (1935, 59) sollen durch die landwirtschaftliche Technik bedingte Ertragsunterschiede allerdings unberücksichtigt bleiben. Als Beispiele werden das Anbauverhältnis, die Art und die Verwendung der landwirtschaftlichen Betriebsmittel, die Wahl und Nutzung von bestimmten Zug- und Nutztieren, Maschinen, Geräten, Düngemitteln und Pflanzenarten, die Auswahl und die Behandlung des Saatguts, die Art der Bestellung sowie Erntegepflogenheiten genannt.

Die Bodenbearbeitung und die Düngung können im Laufe der Zeit die chemischen, physikalischen und biologischen Eigenschaften und somit die Ertragsfähigkeit des Bodens verändern. Bei der Bodenschätzung können diese Effekte jedoch nicht von der natürlichen Bodenbeschaffenheit getrennt werden, so dass sie in der Bodenzahl zum Ausdruck kommen müssen (ebenda, 59). Eine Anpassung der Bodenzahlen an den heutigen Stand der Bodenbearbeitung und der Düngung kann somit nur vor Ort vorgenommen werden und muss daher bei der weiteren Untersuchung vernachlässigt werden.

2.3.4 Derzeitige Bewertung der Musterstücke im Kontext des Klimaeinflusses

Die wichtigste Aufgabe der Bodenschätzung ist die einheitliche Bewertung der Böden in Deutschland. Um dies zu gewährleisten, werden vom Bewertungsbeirat bundesweit Musterstücke angelegt, an denen sich die Schätzung der anderen Flächen orientieren soll. Die Musterstücke nehmen somit eine zentrale Stellung im Bewertungssystem ein.

Mit der Bekanntgabe der Musterstücke in Form einer Rechtsverordnung werden sie für jedermann rechtsverbindlich. In der Fünften Rechtsverordnung zu § 4 II BodSchätzG vom 20. April 2000 (BStBl I 2000, 495; BGBl I 2000, 642) wurde der Gesamtbestand der geltenden Musterstücke zum 1. Januar 1999 aufgeführt. Danach sind 1999 in den alten Bundesländern 3.030 und in den neuen Bundesländern 1.101 Musterstücke vorhanden. Die Übersicht 2.5 zeigt die Verteilung der Musterstücke auf die einzelnen Bundesländer und die Anteile gemäß Acker- und Grünland-Musterstücke. Es wird deutlich, dass die meisten Musterstücke als Ackerland geschätzt wurden.

Übersicht 2.5: Bestand an Musterstücken in Deutschland

Bundesland	Musterstücke insgesamt	davon Acker-Muster-stücke	davon Grünland--Musterstücke	Acker-Musterstücke in % aller Muster-stücke
a) **Alte Bundesländer**				
Baden-Württemberg	479	328	151	68,5
Bayern	692	424	268	61,3
Bremen	2	-	2	0,0
Hamburg	6	3	3	50,0
Hessen	239	175	64	73,2
Niedersachsen	595	406	189	68,2
Nordrhein-Westfalen	489	388	101	79,3
Rheinland-Pfalz	275	216	59	78,5
Saarland	40	33	7	82,5
Schleswig-Holstein	213	118	95	55,4
Alte Bundesländer	3.030	2.091	939	69,0
b) **Neue Bundesländer**				
Berlin	-	-	-	-
Brandenburg	217	160	57	73,7
Mecklenburg-Vorpommern	241	119	122	49,4
Sachsen	262	214	48	81,7
Sachsen-Anhalt	208	179	29	86,1
Thüringen	173	139	34	80,3
Neue Bundesländer	1.101	811	290	73,7
Deutschland insgesamt	4.131	2.902	1.229	70,2

Quelle: Eigene Berechnungen nach BMF 2000

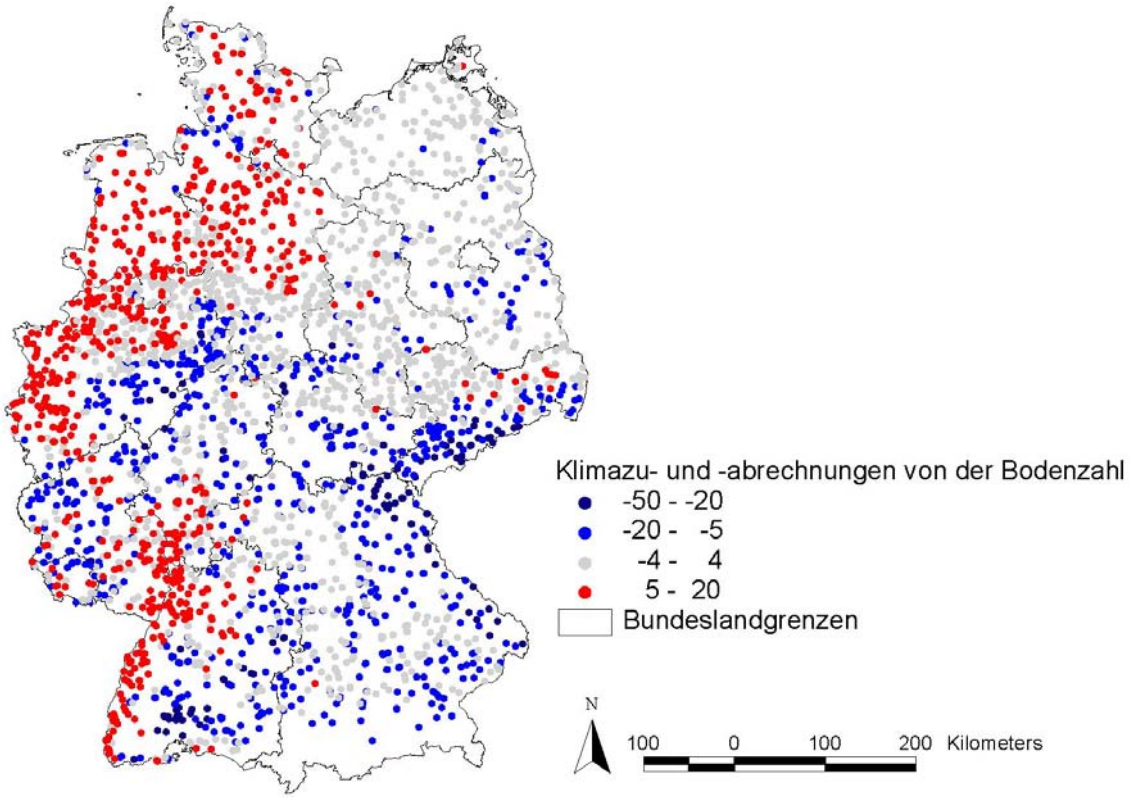
Ursprünglich war die Zahl der Musterstücke höher. In den Jahren von 1934-1945 wurden im gesamten Reichsgebiet ca. 8.000 Musterstücke geschätzt. Durch Inanspruchnahme der Musterstücksflächen für andere Nutzungen (Wohnungsbau, Gewerbe, Industrie, Verkehr u. a.) ist deren Zahl erheblich reduziert worden. Andere Musterstücke sind durch Änderungen in der Ertragsfähigkeit entfallen (FREUND 2001, 30 ff.). Sofern es für die Bewertungsarbeiten in den Oberfinanzdirektionen notwendig wird, legt der Bewertungsbeirat Ersatzmusterstücke an.

Die Musterstücke sollen in allen Teilen des Bundesgebietes derart ausgewählt werden, dass das Einzelne für seine Umgebung repräsentativ ist und die Gesamtheit der Musterstücke einen Querschnitt über die im Bundesgebiet vorhandenen Bodenflächen hinsichtlich ihrer Ertragsfähigkeit darstellt. Um die einheitliche Bewertung trotz der geringen Zahl an Musterstücken auch auf Landesebene zu gewährleisten, werden weitere Stützpunkte angelegt (vgl. Anhang 3). Diese Vergleichsstücke sollen die in den einzelnen Gemarkungen hauptsächlich vorkommenden Bodenarten und –typen repräsentieren und für die praktischen Bewertungsarbeiten zum unmittelbaren Vergleich zur Verfügung stehen.

Für die Beurteilung der derzeitigen Bewertung der Musterstücke im Kontext des Klimaeinflusses werden die prozentualen Klimazu- und –abrechnungen von der Bodenzahl der Musterstücke betrachtet. Die folgende Karte 2.3 stellt diese Zu- und Abrechnungen bei 3.082 Mus-

terstücken[8], die als Ackerland geschätzt wurden, farblich abgestuft dar. Musterstücke mit Abrechnungen werden durch blaue Punkte und Musterstücke mit Zurechnungen durch rote Punkte dargestellt. Eine Spanne von ± 4 um den Nullpunkt ist allerdings grau markiert.

Karte 2.3: Räumliche Verteilung der derzeitigen Klimazu- und –abrechungen an der Bodenzahl am Beispiel der Musterstücke (n = 3.082)



Quelle: Eigene Darstellung nach BMF 2000; ATKIS®VG250, ©Bundesamt für Kartographie und Geodäsie 2003

Durch die Darstellung der räumlichen Verteilung der Klimazu- und –abrechnungen werden die klimatischen Gunst- und Ungunststandorte für den Ackerbau deutlich. Im Folgenden werden daher die Zusammenhänge zwischen der Bewertung des Klimas und den klimatischen Bedingungen an einem Standort untersucht. Für die Musterstücke liegen zum einen die für die Bewertung zugrunde gelegte Jahresdurchschnittstemperatur und Jahresniederschlagssumme der Periode 1881-1930 vor. Zum anderen können den Musterstücken Klimadaten des Deutschen Wetterdienstes der Periode 1961-1990 zugewiesen werden (vgl. Kapitel 5.1.4). In der folgenden Tabelle 2.1 wird der Zusammenhang zwischen der Jahresdurchschnittstemperatur bzw. der Jahresniederschlagssumme der beiden Perioden und den derzeitigen, klimatisch bedingten, prozentualen Zu- und Abrechnungen von der Bodenzahl durch Korrelationskoeffizienten ausgedrückt. Aufgrund der unterschiedlichen Wirkung der klimatischen Bedingungen

[8] Die Integration der Daten zu den Musterstücken in ein Geoinformationssystem und die Auswahl der 3.082 Musterstücke wird in Kapitel 5.1.4 beschrieben.

auf die Ertragsfähigkeit eines Standortes je nach Bodenart, erfolgt die Berechnung der Korrelationskoeffizienten jeweils für eine Gruppe von Musterstücken mit der gleichen Bodenart. Für die Musterstücke mit der Bodenart Moor konnte aufgrund der geringen Anzahl keine Auswertung gemacht werden. Neben den Bodenarten wird keine zusätzliche Gruppierung nach der Zustandsstufe vorgenommen, da nicht in allen Oberfinanzdirektionsbezirken die Zustandsstufe bei der Bestimmung der Klimazu- und –abrechnungen berücksichtigt wird (siehe unten).

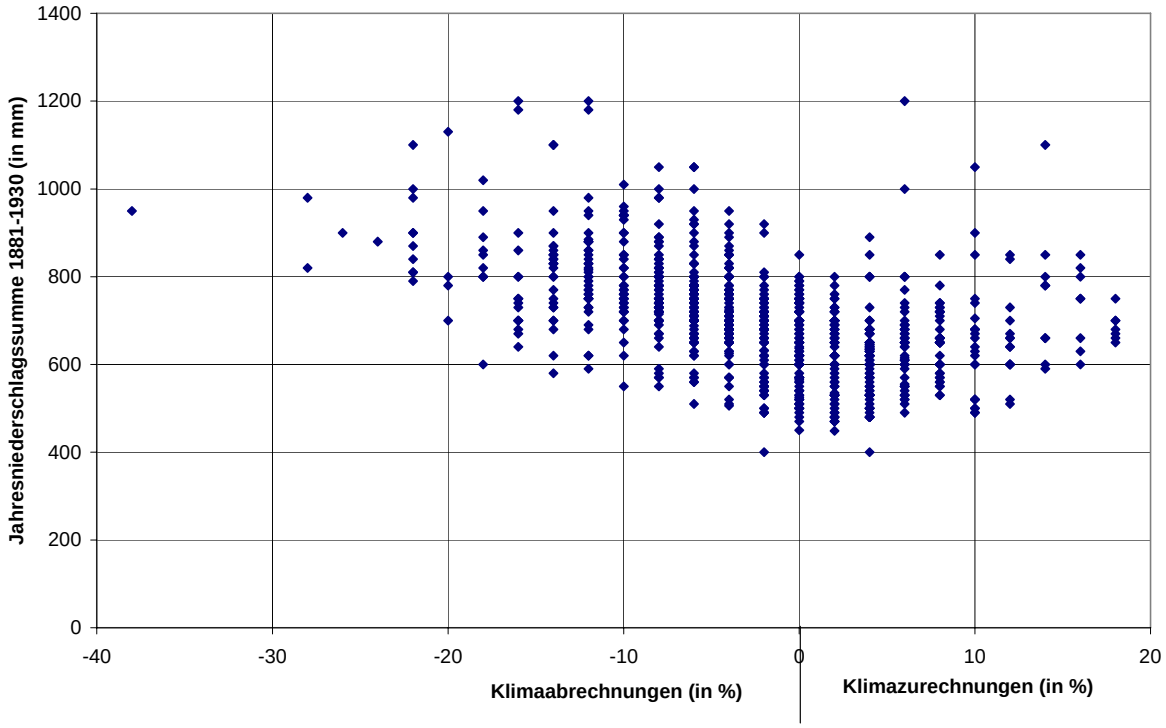
Tabelle 2.1: Korrelationskoeffizienten nach *Bravais/Pearson* zwischen den derzeitigen, prozentualen Klimazu- und –abrechnungen von den Bodenzahlen der Musterstücke und der Jahresdurchschnittstemperatur (T_{1-12}) sowie der Jahresniederschlagsmenge (N_{1-12}) für verschiedene Klimaperioden (Gruppierung nach der Bodenart der Musterstücke)

	Prozentuale Klimazu- und –abrechnung von der Bodenzahl (proKl) gruppiert nach Bodenart der Musterstücke							
	S	Sl	lS	SL	sL	L	LT	T
Klimaperiode 1881-1930								
T_{1-12}	0,369**	0,700**	0,855**	0,879**	0,871**	0,865**	0,868**	0,851**
N_{1-12}	0,805**	0,150*	-0,373**	-0,437**	-0,453**	-0,486**	-0,569**	-0,531**
N_{1-12} für proKl ≥ 0	0,670**	0,222**	0,324**	0,267**	0,181**	0,324**	0,280*	0,137
N_{1-12} für proKl < 0	0,257**	-0,455**	-0,697**	-0,606**	-0,593**	-0,526**	-0,613**	-0,544**
Klimaperiode 1961-1990								
T_{1-12}	0,403**	0,660**	0,806**	0,859**	0,862**	0,849**	0,864**	0,850**
N_{1-12}	0,820**	0,214**	-0,215**	-0,310**	-0,401**	-0,394**	-0,517**	-0,510**
N_{1-12} für proKl ≥ 0	0,680**	0,219**	0,382**	0,312**	0,257**	0,382**	0,386**	0,319
N_{1-12} für proKl < 0	0,222*	-0,306**	-0,571**	-0,491**	-0,517**	-0,455**	-0,588**	-0,536**

** Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 signifikant.
* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 signifikant.
Quelle: Eigene Berechnungen nach BMF 2000 und DWD 1998

Für die Interpretation der Korrelationskoeffizienten muss beachtet werden, dass nur der lineare Zusammenhang zwischen zwei Variablen erfasst wird, so dass nicht-lineare Beziehungen nicht abgebildet werden. Der Zusammenhang zwischen der Jahresdurchschnittstemperatur der Klimaperiode 1881-1930 und den Klimazu- und –abrechungen ist bei allen Bodenartengruppen positiv. Mit zunehmender Temperatur steigen die Zurechnungen bzw. sinken die Abrechnungen. Die Korrelationskoeffizienten für die Jahresniederschlagsmenge der gleichen Klimaperiode sind bei den Sandböden positiv und werden mit zunehmender „Schwere“ der Böden stärker negativ. Da die Betrachtung der Streudiagramme für die Jahresniederschlagssummen der beiden Klimaperioden und den Zu- und Abrechnungen insbesondere bei der Bodenart L (vgl. Abbildung 2.8) einen deutlichen Unterschied des Zusammenhangs zwischen Zurechnungen und Abrechnungen zeigt, werden die Zurechnungen (proKl ≥ 0) und die Abrechnungen (proKl < 0) separat betrachtet.

Abbildung 2.8: Streudiagramm der Jahresniederschlagssumme der Periode 1881-1930 und den Klimazu- und –abrechnungen für die Musterstücke mit der Bodenart Lehm



Quelle: Eigene Darstellung nach BMF 2000

Die Korrelationskoeffizienten der separaten Betrachtung der Zu- und Abrechnungen im Zusammenhang mit der Niederschlagssumme bestätigen, dass bei fast allen Bodenarten diese Unterscheidung notwendig ist. Sowohl die Zurechnungen als auch die Abrechnungen nehmen mit steigender Jahresniederschlagssumme zu. Bei den Musterstücken mit der Bodenart S kann jedoch eine schwache positive Korrelation bei den Abrechnungen festgestellt werden. Über alle Korrelationskoeffizienten der Musterstücke mit dieser Bodenart betrachtet, ist der Niederschlag bei der Bewertung der Ertragsfähigkeit ausschlaggebend. Bei den anderen Bodenarten spiegelt sich stärker die Höhe der Temperatur in den Zu- und Abrechnungen wider.

Insgesamt lässt sich sowohl bei der Verwendung der alten Klimadaten als auch bei der Umstellung auf die Periode 1961-1990 eine stärkere Abhängigkeit der Zu- und Abrechnungen von der Temperatur als von der Niederschlagsmenge erkennen. Der Vergleich der Naturalerträge in den Börderegionen und den Klimawerten (vgl. Übersicht 2.2) hat jedoch gezeigt, wie wichtig der Niederschlag für die Ertragsfähigkeit eines Standortes bei dem heutigen Naturalertragsniveau ist. Eine alleinige Umstellung der Klimawerte auf die Klimaperiode 1961-1990 verbessert nicht die Bewertung des Jahresniederschlags für die Ertragsfähigkeit eines Standortes. Somit sind nicht nur die Klimawerte, sondern auch deren Bewertung zu aktualisieren.

Für eine bundesweit einheitliche Bewertung der klimatischen Bedingungen müssen diese bei gleichen Standortbedingungen auch gleich bewertet werden. Die folgenden Übersicht 2.6 zeigt allerdings, dass bei gleichen Boden- und Klimamerkmalen selbst innerhalb einer Oberfinanzdirektion (OFD) unterschiedliche Zu- und Abrechnungen von der Bodenzahl angesetzt werden.

Übersicht 2.6: Beispiele für die Berücksichtigung des Klimas bei den Musterstücken

Musterstück Nr.	Oberfinanzdirektion	Bodenklasse	Bodenzahl/Ackerzahl	Klimazu- bzw. -abrechnung in % der Bodenzahl	Jahreswärme in °C	Jahresniederschlag in mm	Höhe über NN in m
9204.09	Nürnberg	S 3 D	30/31	+4	9,0	750	150
5130.02	Düsseldorf	S 3 D	28/33	+18	9,0	750	35
2121.03	Kiel	Sl 3 D	43/43	0	8,0	670	9
2333.11	Hannover, StA Hannover	Sl 3 D	36/39	+8	8,0	670	50
9235.13	Nürnberg	Sl 4 D	31/30	-2	8,0	700	408
2315.01	Hannover, StA Hannover	Sl 4 D	28/31	+10	8,0	700	80
3202.07	Chemnitz	lS 4 D	40/42	+4	8,0	750	260
3205.08	Chemnitz	lS 4 D	38/36	-4	8,0	750	270
4154.07	Erfurt	SL 5 Vg	36/29	-20	7,0	820	480
3220.02	Chemnitz	SL 5 Vg	35/34	-4	7,0	820	340
2740.03	Koblenz	sL 4 V	54/50	-8	7,0	670	435
4163.10	Erfurt	sL 4 V	53/43	-18	7,0	670	460

Quelle: Eigene Zusammenstellung nach BMF 2000

Diese Unstimmigkeiten lassen auf eine unterschiedliche und damit in bestimmten Fällen wahrscheinlich nicht zutreffende Berücksichtigung des Klimas schließen. Sollte im Einzelfall eine Abweichung aufgrund der vorgefundenen Gegebenheiten am Standort begründet sein, wäre für die Nachvollziehbarkeit eine entsprechende Kennzeichnung und Dokumentation wünschenswert.

Für die Ermittlung der Klimazu- und –abrechnungen bei den Schätzungen des Ackerlandes nutzen die einzelnen OFDen unterschiedliche Hilfsmittel (vgl. Übersicht 2.7). Etwa die Hälfte der OFDen hat anhand der Beispiele von ROTHKEGEL (1950, 104 f. oder 1952, 102 ff., vgl. Anhang 4) für 28 Regionen in Deutschland und den Musterstücksschätzungen Klimatabellen erstellt, aus denen anhand von verschiedenen Parametern die Zu- und Abrechnungen abgelesen werden. Eine einheitliche Form dieser Tabellen existiert jedoch nicht. Teilweise werden unterschiedliche Parameter (z.B. Zustandstufe, Höhe über NN) neben der Jahresniederschlagssumme und der Jahresdurchschnittstemperatur berücksichtigt oder die Abstufung der Parameter ist unterschiedlich. Die anderen OFDen haben solche Tabellen nicht erstellt und orientieren sich an den Musterstücken und der Altschätzung.

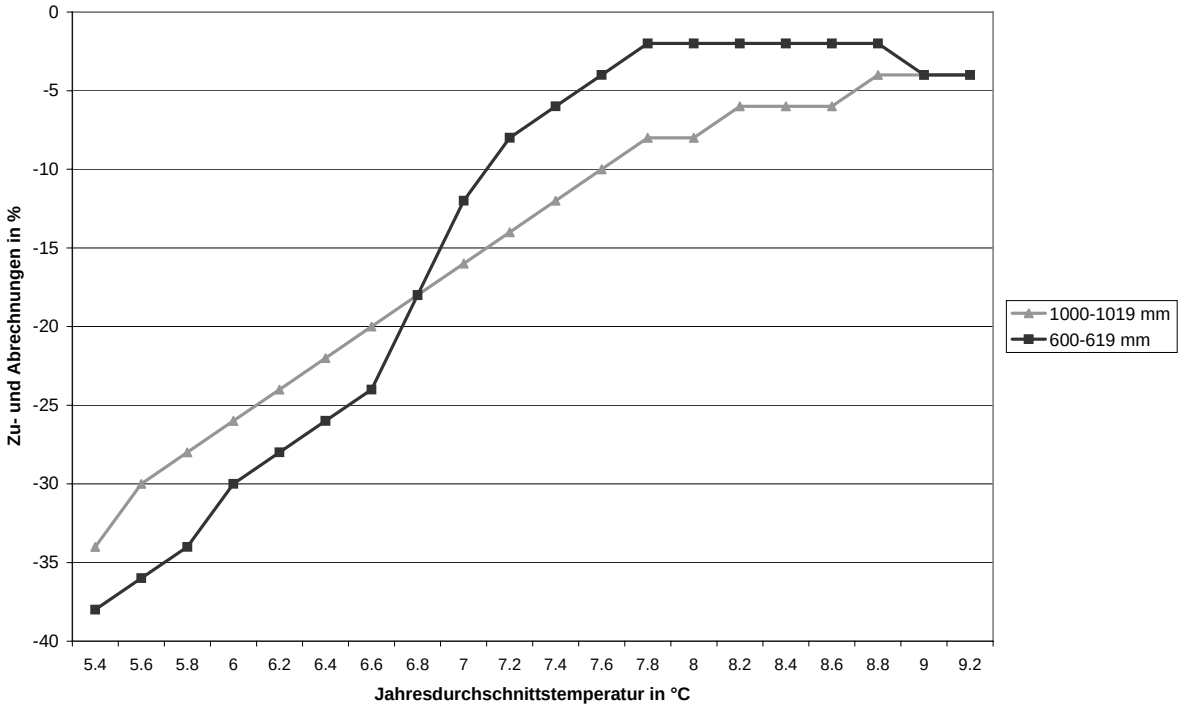
Übersicht 2.7: Hilfsmittel für die Ermittlung der Klimazu- und -abrechnungen in den Oberfinanzdirektionen

Oberfinanzdirektion	Hilfsmittel
Chemnitz	Klimatabelle
Cottbus	Klimatabelle
Erfurt	Klimatabelle
Hannover	Klimatabelle
Koblenz	Klimatabelle
Magdeburg	Klimatabelle
Nürnberg	Klimatabelle
Stuttgart	Klimatabelle
Düsseldorf	Orientierung an Musterstücken
Frankfurt am Main	Orientierung an Musterstücken
Karlsruhe	Orientierung an Musterstücken
München	Orientierung an Musterstücken
Kiel	Orientierung an Altschätzung
Rostock	Orientierung an Altschätzung

Quelle: Eigene Erhebung

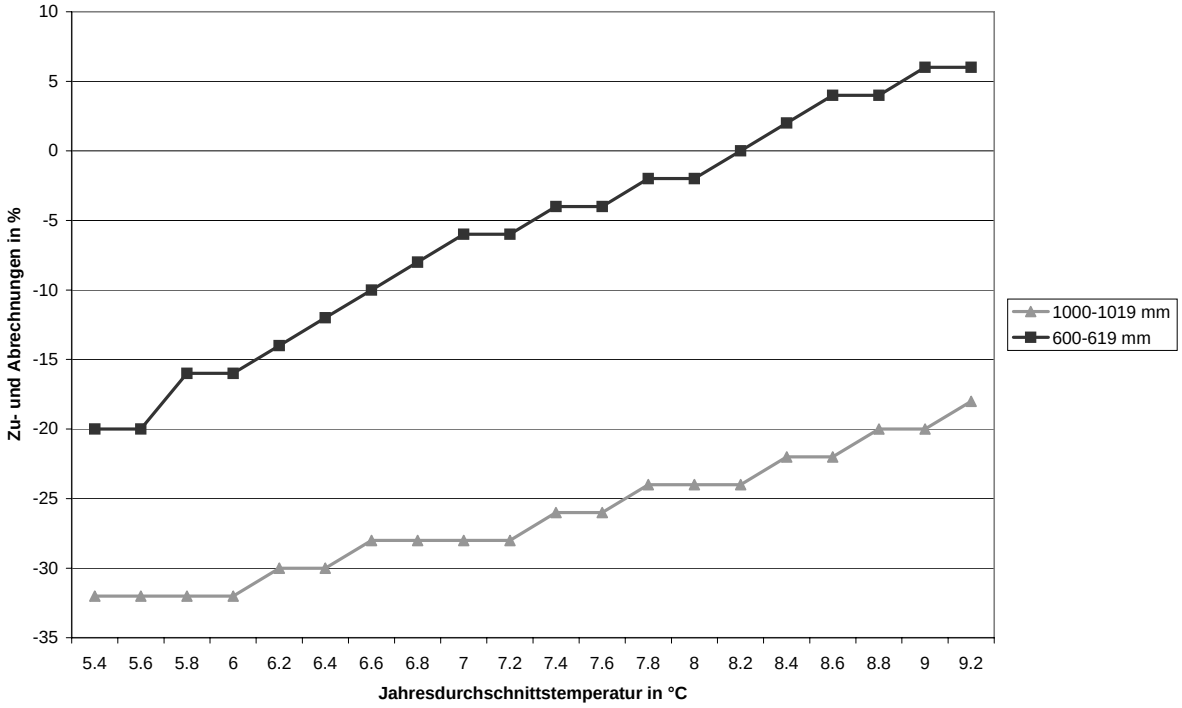
Die OFDen Chemnitz, Magdeburg und Cottbus verwenden die gleichen Klimatabellen. Auffällig ist, dass bei 8 °C Jahresdurchschnittstemperatur und 600 mm Jahresniederschlagssumme bei den Bodenarten S, Sl, lS, SL, LT und T Abrechnungen von der Bodenzahl vorgesehen sind, obwohl diese klimatischen Bedingungen aufgrund der Annahmen für den Ackerschätzungsrahmen weder ertragserhöhend noch ertragsmindernd wirken. Es dürften somit keine Zu- oder Abrechnungen an dieser Stelle der Klimatabellen vorgesehen sein. Die in den Klimatabellen vorgesehenen Zu- oder Abrechnungen bei 8 °C und 600 mm werden damit begründet, dass die bodenartspezifische Reaktion auf diese Klimabedingungen berücksichtigt werden müsse und die Reinerträge daher je noch Bodenart unterschiedlich seien (EICHELBAUM 2005 und KERN 2005). Die Reinertragsunterschiede zwischen den Bodenarten beim Standardklima des Ackerschätzungsrahmens kommen jedoch bereits in den Bodenzahlen zum Ausdruck. Die folgenden Abbildungen 2.9 und 2.10 stellen die Zu- und Abrechnungen der Klimatabelle der OFD Chemnitz am Beispiel der Jahresniederschlagsmenge von 600-619 mm und 1000-1019 mm bei den Bodenarten Sand und Lehm dar.

Abbildung 2.9: Zu- und Abrechnungen bei der Bodenart Sand nach der Klimatabelle der Oberfinanzdirektion Chemnitz



Anmerkung: In dieser Abbildung sind nur Abrechnungen dargestellt, aber die Klimatabellen sehen unter anderen klimatischen Bedingungen auch Zurechnungen vor.
Quelle: Eigene Darstellung nach OFD Chemnitz 2003

Abbildung 2.10: Zu- und Abrechnungen bei der Bodenart Lehm nach der Klimatabelle der Oberfinanzdirektion Chemnitz



Quelle: Eigene Darstellung nach OFD Chemnitz 2003

Eine Voraussetzung für eine einheitliche Bewertung ist die Verwendung einheitlicher Kriterien. Die Klimatabellen der OFDen verwenden jedoch teilweise unterschiedliche Kriterien. Die OFDen Nürnberg, Hannover und Erfurt geben in den Klimatabellen die Seehöhe als Kriterium für die Zu- und Abrechnungen an. Insbesondere in Bezug auf die Verwendung der Zustandsstufe für die Bewertung der klimatischen Bedingungen ist keine einheitliche Vorgehensweise zu finden. Die Klimatabellen der OFDen Chemnitz, Magdeburg und Cottbus beziehen sich auf die Zustandsstufe 5 und sehen eine Kürzung bzw. Erhöhung der Tabellenwerte je nach tatsächlich vorliegender Zustandsstufe vor. Die OFD Erfurt teilt Thüringen in 22 Klimagebiete ein, für die jeweils eine Klimatabelle vorliegt. Alle Klimatabellen beziehen sich auf die Zustandsstufe 5 und es ist ebenfalls eine Änderung der Werte aus den Tabellen je nach Zustandsstufe vorgesehen. Die OFD Stuttgart nimmt für die Klimatabelle eine mittlere Zustandsstufe an, wobei offen bleibt, um welche Zustandsstufe es sich genau handelt.[9] Eine Angabe zur Anpassung der Zu- und Abrechnungen bei Abweichung von der mittleren Zustandsstufe wird nicht gegeben. ROTHKEGEL (1950, 104 f. oder 1952, 102 ff., vgl. Anhang 4) nimmt bei den Beispielen zur Klimaübersicht ebenfalls auf eine mittlere Zustandsstufe (i. d. R. Zustandsstufe 4) Bezug. Die Zu- und Abrechnungen der Klimatabelle der OFD Koblenz beziehen sich auf die Zustandsstufe 4. Eine Angabe zu Anpassungen der Zu- und Abrechnungen bei davon abweichender Zustandsstufe wird nicht gegeben. In Niedersachsen werden keine Angaben zur Zustandsstufe in Verbindung mit den Klimatabellen gemacht. Allerdings werden für Böden mit der Entstehung Al Extrawerte in den Tabellen angegeben.

Die Anpassung der Zu- und Abrechnungen je nach Zustandsstufe erscheint mit der Begründung sinnvoll, dass Böden mit einer guten Zustandsstufe negative Auswirkungen der klimatischen Bedingungen mildern und positive Auswirkungen verstärken. Böden mit schlechter Zustandsstufe verstärken hingegen negative Auswirkungen und mildern positive Auswirkungen klimatischer Bedingungen. Allerdings dürften nach dem System der Bodenschätzung zum einen bei 8 °C und 600 mm unabhängig von der Zustandsstufe keine Zu- und Abrechnungen aufgrund der klimatischen Bedingungen vorgenommen werden, da die Auswirkungen bereits in der Bodenzahl erfasst sind. Außerdem werden durch die Anwendung prozentualer Zurechnungen die positiven Auswirkungen günstiger klimatischer Bedingungen mit steigender Bodenzahl und in der Regel höherer Zustandsstufe bereits verstärkt. Die prozentualen Abrechnungen bewirken allerdings keine Milderung der negativen Auswirkungen ungünstiger Be-

[9] Bei 7 Zustandsstufen kann die Zustandsstufe 4 als mittlere Zustandsstufe angesehen werden. Doch für die Bodenarten S, Sl, T und Mo sieht der Ackerschätzungsrahmen nur die Zustandsstufen 2 bzw. 3 bis 7 vor, so dass eine genaue Definition der mittleren Zustandsstufe notwendig ist.

dingungen bei Böden mit einer guten Zustandsstufe. Bei den Abrechnungen wäre eine Korrektur aufgrund der Zustandsstufe daher nachvollziehbar.

Bei den vorliegenden Klimatabellen wird deutlich, dass diese im Hinblick auf die in der Region maßgeblichen natürlichen Bedingungen ausgestaltet wurden. So decken die Klimatabellen nur den Wertebereich für die Jahresdurchschnittstemperatur und die Jahresniederschlagssumme ab, der in der Region auch vorgefunden wird. Eine bundesweit anwendbare Klimatabelle liegt nicht vor. Dabei wäre dieses ein geeignetes Instrument, die Aufgabe der einheitlichen Bewertung der Böden in Deutschland angemessen zu erfüllen. Die Erstellung einer solchen Tabelle aus den bestehenden Musterstücken ist aufgrund der oben angeführten Unstimmigkeiten und der fehlenden Dokumentation nicht möglich.

Die Klimawerte der Bodenschätzung stammen noch aus der Periode 1881-1930. Eine Aktualisierung dieser Werte ist aufgrund der Entwicklung der klimatischen Bedingungen (vgl. Kapitel 2.3.2) dringend erforderlich. Durch die Georeferenzierung der Musterstücke ist es möglich Klimadaten aus einem Geoinformationssystem den Musterstücken direkt zuzuweisen. Die im Kapitel 2.3.2 in Karte 2.1 und Karte 2.2 dargestellten Änderungen der Klimawerte der Musterstücke sind nicht nur durch Klimaänderungen begründet. Weitere Ursachen liegen in der verbesserten Messtechnik sowie der Ausdehnung des Messnetzes. Für die Ermittlung der klimatischen Bedingungen in Deutschland zu Beginn der Bodenschätzung war nach ROTHKEGEL (1950, 101) die Zahl der Wetterstationen zu gering, um den Ansprüchen der Bodenschätzung zu genügen. Heute lassen sich anhand der Daten der Klimastationen Rasterkarten berechnen, die bundesweit für jeden Quadratkilometer Klimawerte ausweisen. Die Werte einzelner Rasterzellen basieren allerdings nicht auf Messungen vor Ort, sondern werden durch Interpolation der Klimastationswerte berechnet (vgl. MÜLLER-WESTERMEIER 1995). Eine Aktualisierung der Bodenschätzungsergebnisse kann somit auf einer umfangreicheren und flächendeckenden Datengrundlage basieren. Weiterhin können die in der Bodenschätzung verwendeten Parameter Jahresdurchschnittstemperatur und Jahresniederschlagssumme zur besseren Kennzeichnung der klimatischen Ertragsbedingungen ergänzt werden.

Ein Hauptgrundsatz der Bodenschätzung, die vollständige horizontale und vertikale Vergleichbarkeit der Ergebnisse, muss bei der Implementierung aktueller Klimadaten aufrechterhalten bleiben, um die Verwertbarkeit der Ergebnisse nicht zu beeinträchtigen. Die Vergleichbarkeit ist nicht mehr gegeben, wenn die neuen Schätzungsergebnisse nur regional unter Zugrundelegung aktueller Klimadaten festgelegt werden (FREUND 2001, 51). Die Klimadaten müssen also bundesweit angewendet werden und die neuen Zu- und Abrechnungen für die

gesamte landwirtschaftlich genutzte Fläche berechnet werden. Mit der Anwendung aktualisierter Zu- und Abrechnungen aufgrund der klimatischen Bedingungen soll außerdem eine bundesweit einheitliche Bewertung erreicht werden, denn zurzeit liegen selbst innerhalb eines Oberfinanzdirektionsbezirkes unterschiedliche Bewertungen bei ansonsten gleichen Boden- und Klimamerkmalen vor (vgl. Übersicht 2.6).

2.4 Bisherige Überprüfungen der Bodenschätzungsergebnisse

Die Wertzahlen der Bodenschätzung wurden schon häufig auf ihren Zusammenhang mit verschiedenen betriebswirtschaftlichen Kennzahlen untersucht. Dabei wurde insbesondere der Ernteertrag als Bezugsgröße gewählt, obwohl die Wertzahlen in den Schätzungsrahmen als Reinertragsverhältniszahlen definiert sind. Bei älteren Untersuchungen bestand jedoch wegen des Problems der Reinertragsermittlung in den Betrieben keine andere Möglichkeit, die Ergebnisse der Bodenschätzung zu testen, als anhand der Roherträge (SCHULZE LAMMERS 1981, 63).

Eine der ersten Untersuchungen zur Überprüfung der Bodenschätzungsergebnisse wurde 1956 von ROTH veröffentlicht. Er vergleicht die Ernteerträge der Jahre 1934 bis 1939 der Landkreise in den heutigen östlichen Bundesländern mit den durchschnittlichen Ackerzahlen dieser Kreise und stellt bei den Halmfrüchten eine gesicherte Beziehung zwischen den beiden Größen fest. Abweichungen von diesen Zusammenhängen in einzelnen Landkreisen können von ROTH z.B. durch besondere Anbauverhältnisse erklärt werden. Bei Kartoffeln hingegen können solche gesicherten Beziehungen nicht nachgewiesen werden. Um den Ertrag der gesamten pflanzlichen Produktion des Ackerlandes mit den Wertzahlen der Bodenschätzung zu vergleichen, errechnet ROTH anhand der Anbauverhältnisse den Gesamtertrag in Getreideeinheiten. Dafür werden die Ernteerträge der Fruchtarten nach ihrem Gehalt an Stärkeeinheiten im Vergleich zu dem des Getreides umgerechnet, wobei besondere Zuschläge für den Eiweißgehalt gemacht werden. Aufgrund der ermittelten Abhängigkeit von Gesamtertrag und Ackerzahl kommt er zu dem Ergebnis, dass der Ackerschätzungsrahmen die Rohertragsverhältnisse in den betreffenden Jahren zutreffend darstellt (ROTH 1956, 51 f.). Die physischen Maßstäbe, die Ertragsleistungen verschiedener Fruchtarten aggregieren (z.B. Getreideeinheiten), sind jedoch aus ökonomischer Sicht unbefriedigend, weil sie die unterschiedliche Bewertung einzelner Qualitätskomponenten durch den Menschen nicht oder jedenfalls nur unzureichend berücksichtigen können.

Eine weitere Untersuchung wird von SCHÜHLY und SCHWARTZ (1955) anhand der Daten der „Besonderen Ernteermittlungen“ des Jahres 1954 für das Land Schleswig-Holstein durchgeführt. Neben dem Naturalertrag wird auch der Mineraldüngereinsatz auf den Probeflächen erhoben, um den Einfluss der Bewirtschaftung in die Untersuchung einzubeziehen. Im Getreidebau stellen sie wie ROTH (1956) eine Zunahme des Ertrages mit steigender Ackerzahl fest. Im Kartoffelbau hingegen nehmen die Erträge zunächst zu, fallen dann jedoch mit zunehmender Wertzahl ab. Extreme Abweichungen der Erträge von der Trendlinie bei einer Ackerzahl können von SCHÜHLY und SCHWARTZ mit dem unterschiedlichen Mineraldüngereinsatz, insbesondere dem Stickstoffdüngereinsatz, erklärt werden. Sie kommen daher zu dem Schluss, dass die Ertragshöhe weniger durch die natürlichen Ertragsfaktoren als durch die Intensität der Bewirtschaftung bestimmt wird (SCHÜHLY/SCHWARTZ 1955, 261 ff.).

Für das Land Bayern stellt KNICKMANN (1957) die Beziehung der Ernteerträge und der Bodenschätzungsergebnisse anhand der Daten der „Besonderen Ernteermittlungen“ der Jahre 1949 bis 1955 dar. Dieser Untersuchung liegen somit ebenfalls die Ackerzahlen und die gemessenen Ernteerträge des betreffenden Flurstückes zugrunde und nicht die Landkreis- oder Gemeindedurchschnitte. Problematisch ist bei der Betrachtung der Erträge einzelner Flurstücke, dass unterschiedliche Betriebsleiterqualitäten starken Einfluss haben, was auch die niedrigen Korrelationsmaße bestätigen. Allerdings kann von einer geringeren Variation der Böden als innerhalb eines Landkreises oder einer Gemeinde ausgegangen werden, so dass bei einer ausreichenden Datenmenge die Korrelation zunehmen müsste. KNICKMANN (1957, 81 f.) stellt insbesondere fest, dass die Ackerzahl erst in Verbindung mit der Bodenart und den Klimabedingungen ein brauchbarer Rohertragsmaßstab zur Beurteilung der Ertragsfähigkeit eines Standortes ist. Die Untersuchung der Beziehung von Ackerzahl und Ernteertrag wird daher aufschlussreicher je einheitlicher die Klimabedingungen sind. Inwiefern die Ackerzahlen die tatsächlichen Reinertragsverhältnisse widerspiegeln, wird dadurch nicht erkennbar. KNICKMANN betont, dass das Klima und die durch die Betriebsleiter beeinflussten wirtschaftlichen Ertragsfaktoren einen Einfluss auf die Varianz der Ernteerträge und damit auf die Reinerträge haben.

Auch PFINGSTEN (1963) kommt bei einer Untersuchung der Ergebnisse der „Besonderen Ernteermittlungen“ und der durchschnittlichen Handelsdüngergaben für die Jahre 1955 bis 1961 in Niedersachsen zu dem Schluss, dass die Bodenzahlen und Ackerzahlen alleine die naturale Ertragsfähigkeit eines Bodens nicht ausreichend charakterisieren. Er stellt fest, dass die Beziehung zwischen den Ernteerträgen und den Wertzahlen von der Fruchtart und den Witte-

rungsbedingungen in dem Untersuchungsjahr abhängt. Außerdem weist PFINGSTEN darauf hin, dass sich die Ertragsfähigkeit der leichten Böden im Verhältnis zu den schweren Böden verbessert hat und damit die Bewertung nach dem Ackerschätzungsrahmen nicht mehr zutrifft.

Im Gegensatz zu den bisher vorgestellten Arbeiten basieren die Ergebnisse von GALLAND (1958) auf den Daten von Großbetrieben in fünf niedersächsischen Regierungsbezirken. Diese gesamtbetriebliche Betrachtung ermöglicht die Erfassung von Anbauverhältnissen und Ernteerträgen, die auf ihren Zusammenhang mit der Bodengüte (Ertragsmesszahl, Bodenart und Zustandsstufe) untersucht werden. Zunächst werden die Betriebe nach den Ertragsmesszahlen in Gruppen eingeteilt und die Bodenarten- sowie Zustandsstufenzusammensetzung festgestellt. Es lassen sich dann von der Bodengüte abhängige Anbau- und Ertragsverhältnisse sowie Anbaugrenzen für einzelne Fruchtarten erkennen (GALLAND 1958, 323 ff.). Um die enge Beziehung zwischen diesen Faktoren deutlich zu machen, werden Leistungsmesszahlen aus dem Produkt von Anbauprozenten und Ertrag in Getreideeinheiten je Hektar errechnet. Die Gesamtleistungsmesszahl, die sich aus der Summe der Leistungsmesszahlen ergibt, nimmt mit abnehmender Ertragsmesszahl bzw. Bodengüte ab (ebenda, 343 ff.).

In einer weiteren Arbeit untersucht GALLAND (1964) die Entwicklung der Ernteerträge von 1935/39 bis 1953/56 in kleineren Bezirken Niedersachsens. Dabei stellt er fest, dass sich die Erträge der leichten und schweren Böden im Laufe der Zeit angenähert haben, wobei der Ertragszuwachs auf den mittleren und leichten Böden insgesamt größer als auf den schweren war. Zu diesem Schluss ist auch PFINGSTEN (1963) gekommen, der jedoch durch eine Betrachtung der Rohertragskoeffizienten außerdem darauf hinweist, dass dieses auch für das Reinertragsverhältnis der leichten zu den schweren Böden zutrifft. Daher wurde in den Bewertungsrichtlinien zum Bewertungsgesetz 1965 für schwere Böden eine Kürzung der Ertragsmesszahlen vorgenommen (vgl. Abschnitt 2.03 Abs. 3 BewRL 1967, BStBl I 1967, 406).

Die erste Untersuchung, die als Maßstab für die ökonomische Bewertung den Deckungsbeitrag der Getreidearten berücksichtigt, wird von REICHEL (1973) durchgeführt. Allerdings werden auch hier einzelne Früchte betrachtet und nicht der Einfluss des Bodens auf den gesamten Betrieb. Da die Wertzahlen der Bodenschätzung die Reinertragsverhältnisse kennzeichnen sollen, ist die Reaktion des Anbauprogramms und sogar der Viehhaltung auf die natürlichen Standortbedingungen einzubeziehen. Bei den Fixkosten geht REICHEL (1973, 131) davon aus, dass diese von der Ertragshöhe, dem Boden, dem Klima und dem Anbauprogramm

unabhängig sind. Diese Annahme ist in der Praxis nicht haltbar; sie musste allerdings aufgrund der Datenlage vorgenommen werden.

Nachdem KÖHNE (1977) Kritik an der Einheitsbewertung geäußert hat, wurden von ihm folgende Untersuchungen initiiert. SCHULZE LAMMERS (1981) und JAESCHKE (1989) analysierten in zwei Dissertationen dieses Bewertungsverfahren und entwickelten Alternativen dazu. Im Gegensatz zu den bisherigen Arbeiten werden hier die Zusammenhänge zwischen den steuerlich unterstellten und den tatsächlichen Reinerträgen untersucht. SCHULZE LAMMERS kommt zu dem Schluss, dass die Einheitsbewertung allenfalls die Reinertragswirkungen grober Bodenunterschiede in Niedersachsen erfasst. Insbesondere die Viehbesatz- und Betriebsgrößenunterschiede werden in ihrer Wirkung ungenügend berücksichtigt (SCHULZE LAMMERS 1981, 278).

JAESCHKE (1989) stellt zunächst Überlegungen zur erforderlichen Datengrundlage für eine Überprüfung der in den Schätzungsrahmen der Bodenschätzung festgesetzten Reinertragsrelationen an. Dabei kommt er zu dem Ergebnis, dass eine umfassende und korrekte Überprüfung nicht möglich ist, da es Betriebe mit einheitlichen Bodenverhältnissen aller Flächen in einem Betrieb praktisch nicht gibt und alle Betriebe die gleiche Betriebsorganisation haben müssten (JAESCHKE 1989, 61 f.). Bei der Gegenüberstellung der steuerlich unterstellten Reinerträge und der in den Buchführungsbetrieben tatsächlich erzielten Reinerträge bestätigt er das Ergebnis von SCHULZE LAMMERS: Die Einheitsbewertung berücksichtigt die Reinertragswirkungen unterschiedlicher Bodenqualitäten des Ackerlandes; Effekte der Betriebsorganisation und der Betriebsgröße werden jedoch nicht ausreichend nachgezeichnet (JAESCHKE 1989, 79 f.). Im Gegensatz zu den bisherigen Arbeiten werden die Ergebnisse der Grünlandschätzung einbezogen. Dabei stellt sich heraus, dass die tatsächlichen Reinertragskapazitäten des Grünlandes mit der Einheitsbewertung nicht abgebildet werden (ebenda, 289).

In einer Arbeit von KINDLER (1992) werden mit der Mittelmaßstäbigen Landwirtschaftlichen Standortkartierung (MMK) der DDR die Erträge auf verschiedenen Böden, aber unter gleichen klimatischen und wirtschaftlichen Bedingungen, geschätzt. Für Abweichungen von diesen Richtwertbedingungen wird ein System von Zu- und Abrechnungen entwickelt. Damit folgt KINDLER dem Konzept der Bodenschätzung. Beim Vergleich der mit der MMK geschätzten Reinertragsrelationen mit den Ackerzahlen auf Kreisebene kommt KINDLER zu dem Ergebnis, dass die klimabezogenen Zu- und Abrechnungen, die in den Ackerzahlen stecken, die Beziehung zwischen Boden und Klima nicht immer ausreichend erfassen (KINDLER 1992, 81 ff.).

Die vorgestellten Arbeiten zeigen, dass es schwierig ist, die Wertzahlen der Bodenschätzung auf ihren Zusammenhang mit aktuellen Klimabedingungen zu überprüfen. Da die Wertzahlen als Reinertragsverhältnisse definiert sind, ist eine Untersuchung auf Betriebsebene notwendig. Die dafür herangezogenen Betriebe müssten einheitliche Bodenverhältnisse der bewirtschafteten Flächen und untereinander gleiche wirtschaftliche Bedingungen aufweisen. Dafür gibt es jedoch keine ausreichende Datengrundlage. Bei den Untersuchungen auf der Grundlage von Naturalerträgen einzelner Flächen sind die Auswirkungen auf die Betriebsorganisation und damit auf den Reinertrag nicht hinreichend berücksichtigt, um Aussagen über den Zusammenhang von Wertzahlen und tatsächlichen Reinerträgen zu machen.

Ein wichtiges Merkmal der Bodenschätzung ist außerdem die objektive Wertermittlung, so dass der Einfluss einer Bewirtschaftung durch unterschiedliche Betriebsleiter unberücksichtigt bleiben soll. Daher ist der Betriebsleitereinfluss auf den Naturalertrag und Reinertrag durch die Berücksichtigung großer Datenmengen auszuschließen. Hinzu kommt, dass die Betriebsgröße und die Organisation einen Einfluss auf den Reinertrag haben. Die zu erhebenden Daten sind somit durch viele verschiedene Faktoren beeinflusst, die eine Isolierung der Wirkung natürlicher Faktoren auf den Reinertrag erschweren.

2.5 Schlussfolgerungen für eine Aktualisierung der Berücksichtigung klimatischer Bedingungen in der Bodenschätzung

2.5.1 Über den Naturalertrag zum Reinertrag

Der Ausgangspunkt für die Ermittlung von Reinertragsunterschieden aufgrund klimatischer Bedingungen ist der Naturalertrag. Zum einen wird der Naturalertrag wesentlich durch das Klima an einem Standort bestimmt. Zum anderen resultieren die Wertzahlen der Bodenschätzung bei einheitlichen wirtschaftlichen Bedingungen in erster Linie aus Naturalertragsdifferenzen und dem Anbauverhältnis der Fruchtarten.

Für die Aktualisierung der Bodenschätzungsergebnisse sind zunächst die nachhaltig erzielbaren Naturalerträge der für einen Standort wichtigsten Fruchtarten in Abhängigkeit von Boden und Klima zu ermitteln. Die Ableitung des Reinertrages erfolgt über Deckungsbeitragsrechnungen für die angebauten Früchte und deren Gewichtung mit den Anbauumfängen (vgl. Übersicht 2.8).

Übersicht 2.8: Ableitung des Reinertrages über die Deckungsbeitragsrechnung

Deckungsbeitragsrechnung
+ Leistungen
− Direktkosten (Saatgut, Pflanzgut, Dünger, Pflanzenschutz, Versicherung, Bodenuntersuchung, Sonstiges)
= Direktkostenfreie Leistung

− variable Maschinenkosten, Lohnmaschinen
= Deckungsbeitrag

Ableitung des Reinertrages
+ Gesamtdeckungsbeitrag der Produktionsverfahren (ermittelt aus Umfängen mit den jeweiligen Deckungsbeiträgen je Einheit)
+ öffentliche Zuwendungen, soweit bei der Ermittlung des Reinertrages anzusetzen und noch nicht in den Produktionsverfahren berücksichtigt sind
− Gemeinkosten
− Lohnansatz für den Unternehmer und noch nicht entlohnte Familienarbeitskräfte
= Reinertrag

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an KÖHNE (2000, 605)

Die Variation der Leistung richtet sich bei einigen Früchten nicht nur nach der Höhe des Naturalertrages, sondern die Qualität des Produkts beeinflusst ebenfalls den Deckungsbeitrag und damit den Reinertrag. Die Qualitätsunterschiede müssen berücksichtigt werden, sofern sie durch natürliche Standortbedingungen verursacht werden. Für die Berechnung der Deckungsbeiträge richtet sich der Einsatzumfang der Produktionsfaktoren nach dem ermittelten Naturalertrag, wobei eine ordnungsmäßige Bewirtschaftung anzunehmen ist. Die Variation der Deckungsbeiträge sollte somit nur auf den Einfluss der klimatischen Bedingungen zurückzuführen sein. Daher müssen eine Kennzeichnung des Klimas und eine Quantifizierung des Einflusses der Klimaparameter auf den Naturalertrag vorgenommen werden.

Nach ROTH (1956, 43) kann das Zusammenwirken sämtlicher Ertragsfaktoren erst durch die Zusammenfassung aller Fruchtarten des Ackerlandes untersucht werden. Damit ist die Gewichtung der Deckungsbeiträge mit einem Anbauverhältnis oder einer Fruchtfolge für die Ermittlung der Ertragsfähigkeit eines Bodens unerlässlich. Die unter den jeweiligen natürlichen Bedingungen eines Standortes relevanten Früchte müssen daher ermittelt werden.

Nach Abzug der Gemeinkosten und evtl. Fremdlöhne vom Gesamtdeckungsbeitrag wird für den Unternehmer und die noch nicht entlohnten Familienarbeitskräfte ein Lohnansatz abgezogen, da der Reinertrag die Verzinsung des Bodens und des Besatzkapitals beinhaltet. Der Lohnansatz richtet sich nach dem ertrags- und fruchtartabhängigen Arbeitszeitbedarf und dem Zeitbedarf für Betriebsführung und allgemeine Betriebsarbeiten (KTBL 2004, 127).

Die Reinerträge in der deutschen Landwirtschaft werden unter anderem durch die öffentlichen finanziellen Zuwendungen beeinflusst. In der Begründung des Ernährungsausschusses des

Deutschen Bundestages zur Kürzung der im Rahmen der letzten Hauptfeststellung ermittelten Nettoerträge je Hektar um rund die Hälfte wurde darauf hingewiesen, dass „alle diejenigen Subventionen, die nicht mit Gewissheit auf Dauer gewährt werden, bei der Ermittlung der Erträge unberücksichtigt bleiben müssten“ (WISSENSCHAFTLICHER BEIRAT BEIM BMF 1989, 11). Finanzielle Zuwendungen des Ackerbaus, die jedem und jährlich zur Verfügung stehen, sollen in die Reinertragsberechnung aufgenommen werden, da sie bisher die Anbauentscheidungen und die Preis- und Absatzverhältnisse noch beeinflussen. Da ab 2005 stufenweise zu einer einheitlichen Hektarprämie übergegangen wird, soll diese zukünftige Form der Subventionierung in der Reinertragsberechnung berücksichtigt werden (vgl. BMVEL 2004a).

Aufbauend auf den Deckungsbeiträgen sind die Reinerträge zu ermitteln, so dass Berechnungen auf Betriebsebene notwendig sind. Die Betriebe müssen einheitliche Bodenverhältnisse der bewirtschafteten Flächen und untereinander gleiche wirtschaftliche Bedingungen aufweisen. Bei den Reinerträgen handelt es sich um standardisierte Werte, da die Annahmen der einheitlichen Bodenverhältnisse und der wirtschaftlichen Bedingungen in der Praxis nicht erfüllt werden können. Es fehlt somit eine einzelbetriebliche empirische Datengrundlage für die Wertzahlen. Als Datengrundlage dienen Zahlen aus der Agrarstatistik sowie Richt- und Schätzwerte aus Betriebsauswertungen. Dies entspricht einem „allgemeinen, am Bundesdurchschnitt orientierten Reinertrag“ als Maß für die Ertragsfähigkeit nach § 36 BewG (MOENCH et al. 1995, 227).

Der so ermittelte Reinertrag berücksichtigt neben den Wirkungen der natürlichen Standortfaktoren auch die Auswirkungen der sich im Zeitablauf geänderten Produktionstechnik, z.B. die Wirkung der Düngung, der Pflanzenzüchtung, des Pflanzenschutzes, und die Veränderungen in den Preisrelationen der Ackerfrüchte. Eigentlich müssten die wirtschaftlichen Bedingungen zu Beginn der Bodenschätzung unterstellt werden, da die Wertzahlen und damit die Reinertragsverhältnisse im Ackerschätzungsrahmen unter diesen wirtschaftlichen Gegebenheiten geschätzt wurden. Die Anpassung der Zu- und Abrechnungen von der Bodenzahl wird somit auf anderen Annahmen als die Bodenzahlen basieren. Die heutigen Naturalerträge und Ertragsunterschiede aufgrund klimatischer Bedingungen wären jedoch unter den „alten“ wirtschaftlichen Bedingungen nicht realisierbar. Die Ertragsdepressionen in Regionen, in denen die klimatischen Bedingungen bei einem niedrigeren Ertragsniveau noch nicht ertragsbegrenzend wirken würden, kommen nur durch das heutige Ertragsniveau zum Ausdruck.

2.5.2 Unterscheidung zwischen Witterung, (Regional)Klima und Lokalklima

Die Bodenschätzung bewertet die Ertragsfähigkeit der landwirtschaftlich genutzten Flächen aufgrund langfristig wirkender Ertragsbedingungen. Bei der Berücksichtigung der natürlichen Bedingungen muss daher zwischen Witterung und Klima unterschieden werden. Während sich die Witterung auf einen Zeitraum von wenigen Monaten bis wenigen Jahren bezieht, ist für die hinreichend verlässliche Kennzeichnung des Klimas eines Ortes oder einer Region eine Mindestbeobachtungszeit von 30 Jahren notwendig. Die Weltmeteorologische Organisation (WMO, Fachorganisation der Vereinten Nationen, UN, mit Sitz in Genf) legt für die Vergleichbarkeit der Klimawerte einzelner Stationen so genannte Normalperioden fest. Die aktuelle Normalperiode umfasst den Zeitraum von 1961-1990 (SCHÖNWIESE 2003a, 49 f.). Daher liegen für die Periode 1961-1990 beim Deutschen Wetterdienst (DWD) umfangreiche Klimadatensätze für Deutschland vor. Eine genauere Beschreibung dieser Datensätze erfolgt in Kapitel 5.1.2.

Für die Erfassung der klimatischen Verhältnisse ist nicht nur die Definition der zeitlichen Größenordnung erforderlich, sondern die räumliche Größenordnung, auf die sich die Klimawerte beziehen, muss ebenfalls festgelegt werden. Der Bezugsraum kann als lokal, regional oder global bezeichnet werden. Für die Bodenschätzung ist das Regionalklima heranzuziehen, da das allgemeine Klima eines mehr oder weniger großen Gebietes mit den Zu- und Abrechnungen bewertet werden sollen (ROTHKEGEL 1950, 109). Diese Klimawerte werden an den Stationen des DWD für Deutschland erfasst.

Kleinräumige Klimaunterschiede, die innerhalb größerer Gebiete mit einheitlichem Regionalklima vorkommen, beeinflussen die Ertragsfähigkeit einer landwirtschaftlich genutzten Fläche ebenfalls. Sie sind durch lokal wirksame Faktoren, vor allem der Geländeform (Gipfel, Hang oder Mulde), der Stärke und Richtung der Hangneigung (Exposition) sowie der Beschaffenheit der Erdoberfläche (z.B. Stärke und Art des Bewuchses) bestimmt. Diese Besonderheiten werden unter dem Lokalklima zusammengefasst und zeichnen sich durch Wind, Exposition, Frostgefährdung, Nebelhäufigkeit durch benachbarte Gewässer oder Moore, Beschattung durch einen benachbarten Wald und Bergschatten aus. Die für das allgemeine Klima vorzunehmenden Zu- und Abrechnungen von der Bodenzahl erfassen nicht die lokalklimatischen Bedingungen (ebenda, 109). Die Klimamessstellen des DWD messen diese lokalklimatischen Besonderheiten nicht, so dass die Gegebenheiten direkt vor Ort erfasst und Zu- und Abrechnungen aufgrund des Lokalklimas ebenfalls vor Ort festgelegt werden müssen.

Die Bodenschätzung sieht für lokalklimatische Besonderheiten spezielle Abrechnungen vor (ebenda, 109 f.). Im weiteren Verlauf dieser Untersuchung wird auf die Auswirkungen des Lokalklimas nicht eingegangen.

2.5.3 Auswahl der Fruchtarten

Die Beurteilung der Ertragsfähigkeit eines Standortes kann nicht nur an einer Fruchtart festgemacht werden, sondern die Gesamtheit der auf einer Fläche angebauten Fruchtarten bestimmt den Ertragswert dieser Fläche. Die Betrachtung über einen längeren Zeitraum und die Definition des Ertragswertes in Form des Reinertrages erfordern die Betrachtung der Ertragsfähigkeit anhand des Anbauverhältnisses der Früchte. Für die Auswahl der Fruchtarten, die für die Untersuchung der Ertragsfähigkeit herangezogen werden, steht deren Bedeutung in der Landwirtschaft im Vordergrund. Nach den Anbauanteilen am Ackerland sind in Deutschland Weizen (vorwiegend Winterweizen), Gerste, Roggen, Ölfrüchte (vorwiegend Winterraps), Zuckerrüben, Kartoffeln (vorwiegend Spätkartoffeln) und Silomais die wichtigsten Ackerfrüchte und werden insgesamt auf 80 % des Ackerlandes angebaut (siehe Tabelle 2.2). Die Ackerfläche beträgt in Deutschland 11.825.000 ha (Durchschnitt der Jahre 1997-2002).

Tabelle 2.2: Anbaufläche und Anbauanteile der wichtigsten Ackerfrüchte in Deutschland (Durchschnitt der Jahre 1997-2002)

Fruchtart	Anbaufläche in 1.000 ha	Anbauanteil
Weizen	**2.834**	**26,2 %**
Gerste	**2.137**	**19,8 %**
Roggen	**823**	**7,6 %**
Körnermais	282	2,6 %
Hafer	258	2,4 %
sonst. Getreide	616	5,7 %
Ölfrüchte	**1.704**	**15,8 %**
Zuckerrüben	**476**	**4,4 %**
Kartoffeln	**297**	**2,7 %**
Hülsenfrüchte	199	1,8 %
Silomais	**1.190**	**11,0 %**
Insgesamt	**10.816**	**100 %**

Quelle: BMVEL 1997-2002

Die Winterungen des Getreides haben größere Bedeutung als die Sommerungen, weil sie ertragreicher sind und die Winterfeuchte des Bodens besser ausnutzen. Diese Eigenschaft ist in Gebieten mit häufig auftretender Sommertrockenheit besonders wichtig. Für die weitere Untersuchung werden der Winterweizen, die Wintergerste, der Winterroggen, der Winterraps, die Zuckerrüben, die mittelfrühen und späten Kartoffeln sowie der Silomais näher betrachtet. Diese Fruchtarten stellen unterschiedliche Ansprüche an die natürlichen Standortbedingungen. Damit stehen bei der Analyse variierender Klima- und Bodenbedingungen Früchte zur

Auswahl, die insgesamt das Spektrum der Variation natürlicher Standortbedingungen gut abdecken können.

3 Grundlagen für die Analyse der Wirkung des Klimas auf den Reinertrag

3.1 Vorgehensweise bei der Entwicklung der Bodenschätzung

Die Wertzahlen des Ackerschätzungsrahmens sollen die Ertragsunterschiede aufgrund der natürlichen Bedingungen widerspiegeln. Dazu zählt auch das Klima. Damit dem Einfluss des Klimas Rechnung getragen werden konnte, wurde das Ackerland zunächst mit der Annahme eines einheitlichen Klimas von 8 °C Jahreswärme und 600 mm Jahresniederschlag bewertet. Davon abweichende Klimabedingungen mussten somit bei der Bodenschätzung berücksichtigt werden. Nach ROTHKEGEL (1950, 99) wurde die ehemalige Reichsfinanzverwaltung damit vor eine besonders schwere Aufgabe gestellt.

Im Gegensatz zur Beurteilung des Bodens konnten die entsprechenden Daten für die Beurteilung des Klimas nicht durch eigene Feststellungen gewonnen werden. Die Verwaltung war daher auf die Ergebnisse der Wetterbeobachtungen angewiesen, die vom früheren Reichsamt für Wetterdienst für die Bodenschätzung aufbereitet und in Karten dargestellt wurden. Durch die Bearbeitung der mittleren Temperatur- und Niederschlagsbedingungen aus den Zeiträumen 1881-1930 bzw. 1891-1930 konnten Tabellen mit den folgenden Parametern erstellt werden (REICHEL 1938, 72):

1. Mitteltemperaturen für Monate, Jahr und kleine Vegetationsperiode (Mai-Juli),
2. Mittlere monatliche und jährliche Temperaturmaxima und –minima,
3. Mittlerer Beginn, Ende und Andauer einer Temperatur von mindestens 5 °C (10 °C),
4. Anzahl der Eis-, Frost- und Sommertage,
5. Mittleres Datum des ersten und letzten Frostes,
6. Mittlere Dauer der frostfreien Zeit,
7. Frühester Frühfrost und spätester Spätfrost,
8. Trockenheitsindex für Jahr und Vegetationsperiode,
9. Mittlere Niederschlagshöhen für Monate, Jahr und Vegetationsperiode,
10. Mittlere Anzahl der Tage mit Schneedecke.

Der Trockenheitsindex (T) wurde nach folgender von REICHEL (1938, 73) angegebenen Formel berechnet:

$$T = \frac{n \cdot k}{(t \cdot 10) \cdot 120}$$

(n = Niederschlagshöhe, t = Temperatur, k = Zahl der Niederschlagstage > 1,0 mm, 120 = deren mittlere Zahl für das Reichsgebiet).

Der Trockenheitsindex fasst die Temperatur- und Niederschlagsbedingungen zu einem zahlenmäßigen Ausdruck zusammen und wurde daher von der Reichsfinanzverwaltung als sehr nützlich angesehen (ROTHKEGEL 1950, 100).

Weiterhin wurden verschiedene Karten im Maßstab 1 : 1 000 000 erstellt, aus denen die Verteilung der Klimawerte im Reichsgebiet deutlich wurde. Dadurch sollte eine unzweckmäßige Übertragung der Werte einer Station in die Fläche durch das klimatologisch wenig geschulte Personal in der Verwaltung vermieden werden.

Nach ROTHKEGEL (1950, 101) war jedoch die Zahl der Wetterstationen zu gering, um den Ansprüchen der Bodenschätzung zu genügen. Die Ergebnisse konnten keine sicheren Anhaltspunkte für die Beurteilung der klimatischen Bedingungen in allen Teilen Deutschlands geben (ebenda, 101). Eine Erhöhung der Anzahl der Beobachtungsstationen würde somit zur Sicherung der Ergebnisse führen.

Es wurden zwar mehrere Parameter zur Kennzeichnung der Temperatur- und Niederschlagsbedingungen vom Reichsamt für Wetterdienst ermittelt, aber für die praktischen Schätzungsarbeiten war es wichtig, die klimatischen Bedingungen anhand weniger zusammenfassender Parameter zu bestimmen. Man entschied sich für die mittlere Jahrestemperatur und den mittleren Jahresniederschlag, weil sich in diesen Angaben die übrigen Klimabedingungen weitgehend widerspiegeln würden (ebenda, 107). Allerdings wird bei der Verwendung der mittleren Jahrestemperatur nicht deutlich, ob es sich um ein maritimes oder kontinentales Klima handelt, d.h. die Temperaturschwankungen innerhalb des Jahres und insbesondere die Temperaturbedingungen in der Vegetationszeit sind nicht bestimmbar. Ebenso sagen die durchschnittlichen Niederschläge nichts über deren Verteilung innerhalb des Jahres aus.

Schwierigkeiten bei der Anwendung der Klimawerte, insbesondere der Temperaturwerte, für die Bestimmung der Ertragsfähigkeit eines Standortes bereitete nach ROTHKEGEL (1950, 101 f.) deren Messung in einer Höhe von 1,5 bis 2,0 Metern über der Erdoberfläche. Damit werden Daten erfasst, die für die Ableitung von Aussagen zum Wachstum landwirtschaftlicher Kulturpflanzen suboptimal sind. Für die Pflanzen ist das Klima innerhalb des Bestandes, d.h. das Klima, das die Pflanze unmittelbar umgibt, entscheidend (ebenda, 101 f.). Die Messung der Klimawerte in Bodennähe wäre allerdings stark durch lokal wirksame Faktoren wie z.B. die Stärke und Art des Bewuchses beeinflusst (vgl. Kapitel 2.5.2). Damit ist die Verwendung der auch heute noch in 1,5 bis 2,0 Metern gemessenen Klimawerte für die Bestimmung der regionalen Klimabedingungen durchaus geeignet.

Nach der Erfassung der klimatischen Bedingungen in Deutschland mussten diese in Bezug auf die Ertragsfähigkeit eines bestimmten Bodens beurteilt werden, um die Bodenzahlen des Ackerschätzungsrahmens entsprechend den tatsächlichen klimatischen Gegebenheiten des Standortes zu korrigieren. Für die Festlegung der Zu- und Abrechnungen musste die Wirkung des Klimas auf den nachhaltig erzielbaren Reinertrag bekannt sein. Die Zu- und Abrechnungen mussten somit sämtliche Vor- und Nachteile umfassen, die durch das Klima eines Gebietes hervorgerufen wurden. Der Einfluss des Klimas sollte nicht nur in Bezug auf die Erntemenge ermittelt werden, sondern auch im Hinblick auf die Unterschiede in den Bewirtschaftungskosten und dem Anbauverhältnis.

Über den Zusammenhang zwischen Klima und Reinertrag gab es jedoch noch keine Untersuchungen, so dass der damalige Reichsschätzungsbeirat auf Schätzungen zurückgreifen musste (ebenda, 104 f.). Das Ergebnis der Bemühungen war eine Übersicht, in der für 28 Regionen in Deutschland die Klimadaten und die sich daraus ergebenden Zu- und Abrechnungen für die am weitesten verbreiteten Bodenarten aufgeführt sind (vgl. Anhang 4). Dabei wurde eine mittlere Zustandsstufe vorausgesetzt, so dass Abweichungen davon entsprechend berücksichtigt werden müssen. Eine bessere Zustandstufe erhöht die Klimazurechnung und reduziert die Abrechnung. Eine schlechtere Stufe reduziert die Zurechnung und erhöht die Abrechnung (ebenda, 106).

Für die Kennzeichnung der klimatischen Bedingungen standen neben der Jahresdurchschnittstemperatur und der Jahresniederschlagssumme weitere Parameter zur Verfügung. In der von der ehemaligen Reichsfinanzverwaltung ausgearbeiteten Übersicht und den angeführten Beispielen zur Klimazu- und –abrechnung wurden mehrere Parameter herangezogen. Die Erläuterungen zum Ackerschätzungsrahmen beziehen sich allerdings nur auf die Jahresdurchschnittstemperatur und die Jahresniederschlagssumme (BStBl I 1967, 431). Die als Hilfsmittel für die Schätzungsarbeiten in einigen OFDen erstellten Klimatabellen orientieren sich ebenfalls an diesen beiden Klimaparametern (vgl. Kapitel 2.3.4). Eine hinreichende Beurteilung der Wirkung klimatischer Bedingungen auf die Ertragsfähigkeit eines Standortes sollte sich jedoch auf weitere geeignete Klimaparameter stützen.

Die Darstellung der Vorgehensweise bei der Berücksichtigung des Klimas macht deutlich, welche Schwierigkeiten bei der Festlegung der Zu- und Abrechnungen für die Wertzahlen auftraten. Die Schätzungsarbeiten sollten jedoch möglichst schnell beginnen. Vor dem Hintergrund, dass nach § 13 BodSchätzG vom 16. Oktober 1934 die Ergebnisse der Bodenschätzung alle 20 Jahre überprüft werden sollen, konnten diese Unzulänglichkeiten zunächst ak-

zeptiert werden. Da diese regelmäßige Überprüfung jedoch bislang nur bei der Hauptfeststellung zum 1. Januar 1964 stattgefunden hat und keine Korrekturen in Bezug auf die Beurteilung des Klimas vorgenommen wurden, beruhen die Zu- und Abrechnungen heute, nach 70 Jahren, noch auf den damaligen Schätzungen. Die Zu- und Abrechnungen sind seither die gleichen geblieben, und auch die Klimadaten stammen noch aus dem Zeitraum von 1881-1930. Durch die getrennte Ausweisung der Zu- und Abrechnungen für das Klima wurde die Möglichkeit geschaffen, eine Korrektur der Ergebnisse zu einem späteren Zeitpunkt ohne Schwierigkeiten, d.h. ohne Änderung der Schätzungsrahmen, vorzunehmen (REICHEL 1938, 109). Bereits ROTHKEGEL (1950, 91 ff.) wies allerdings auf die unzureichende Datengrundlage hin und forderte zur Absicherung und Überprüfung der Ergebnisse, die überwiegend auf Schätzungen beruhen, die Erhebung von Daten aus den Buchführungsergebnissen landwirtschaftlicher Betriebe. Diese umfangreiche Datengrundlage ist notwendig, um die Effekte einzelner Klimabedingungen auf den Reinertrag ausreichend zu isolieren und zu quantifizieren.

3.2 Aktualisierung der österreichischen Bodenschätzung

Aus den Ursprüngen der Bodenschätzung in den 1920er und 1930er Jahren hat sich nicht nur die deutsche Bodenschätzung entwickelt, sondern Österreich führt ebenfalls eine Bodenschätzung zur Bodenbonitierung und –bewertung durch, die aufgrund des gemeinsamen Ursprungs dem deutschen System entspricht. Im Jahre 1997 wurde für Österreich im Rahmen einer Aktualisierung der Bodenschätzungsergebnisse unter anderem die Bewertung der klimatischen Bedingungen aktualisiert. Trotz der bereits bei der Entwicklung der Bodenschätzung sichtbar gewordenen Schwierigkeiten bei der Bewertung der klimatischen Bedingungen (vgl. Kapitel 3.1) wurde eine Aktualisierung in Österreich umgesetzt. Da einzelne Aspekte, zum Teil allerdings modifiziert, auf die deutsche Bodenschätzung übertragbar sind, werden die Vorgehensweise und die Ergebnisse aus Österreich im Folgenden näher betrachtet.

Im Jahre 1947 wurde nach dem deutschen „Gesetz über die Schätzung des Kulturbodens“ vom 16. Oktober 1934, das aufgrund des Rechtsüberleitungsgesetzes in den österreichischen Rechtsbestand aufgenommen wurde, mit der Ermittlung der natürlichen Ertragsfähigkeit der landwirtschaftlich genutzten Flächen in Österreich begonnnen. Diese Erstschätzung wurde im Jahre 1973 im Wesentlichen abgeschlossen (WAGNER 1998, 257). Mit der Erlassung eines eigenen österreichischen Bodenschätzungsgesetzes am 9. Juli 1970 erhielt die Bodenschätzung eine neue Rechtsgrundlage.

Bereits in der Schätzungsperiode 1946 bis 1974 wurde die Jahresmitteltemperatur durch die durchschnittliche Temperatur um 14 Uhr (14-Uhr-Temperatur) in der Vegetationszeit von April bis August ersetzt (WILFINGER 1990, 8). Allerdings blieb zunächst die Klimaperiode 1881 bzw. 1891 bis 1930 bestehen. Die Umstellung auf die 14-Uhr-Temperatur wurde notwendig, weil die Jahresdurchschnittstemperatur zur Beurteilung der Ertragsbedingungen bei inneralpinen kontinentalen Tal- und Beckenlagen nicht geeignet ist. Die kalten Winter- und Nachttemperaturen, die den Jahresdurchschnitt der Temperatur beeinflussen, hemmen die Assimilation der Pflanzen (Aufbau pflanzlicher Substanz) nicht so stark, wie die warmen Temperaturen am Tag sie fördern. Die Assimilationsleistung ist mit der Tageserwärmung enger korreliert als mit dem Tagesmittel der Temperatur (vgl. ROTHKEGEL 1952, 112; JESSER et al. 1953; HARLFINGER/KNEES 1999, 28; WILFINGER 1990, 8).

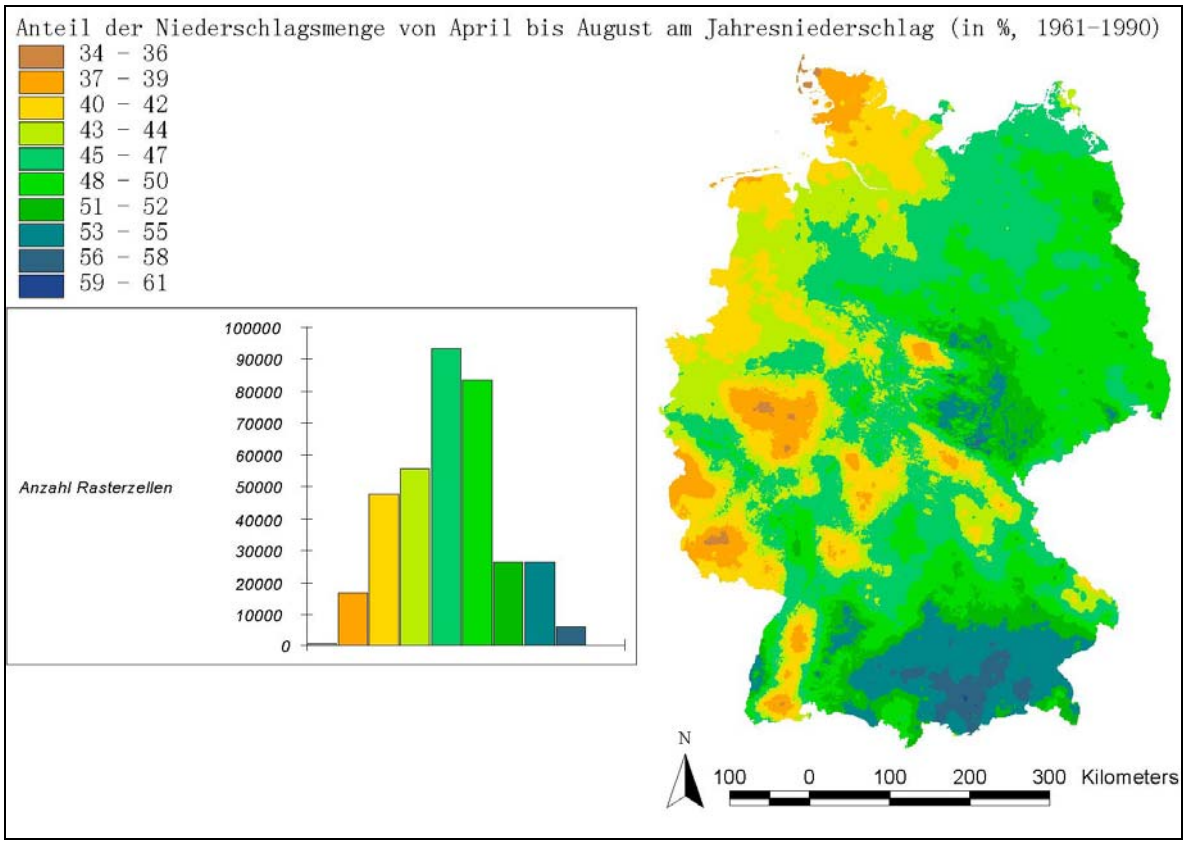
Von 1975 bis 1997 wurden die Erstschätzungsergebnisse gemäß § 2 des österreichischen Bodenschätzungsgesetzes auf der Basis der Musterstücke überprüft. 50 % der Erstschätzungsfläche konnten so einer Überprüfungsschätzung unterzogen werden. In den Jahren 1994 bis 1997 fand dann eine Überprüfung der Bundesmusterstücke auf der Basis der Klimaperiode 1961 bis 1990 statt. Diese Aktualisierung bildet nun die Rechtsgrundlage für die zweite Überprüfungsperiode und wird für eine stärkere Berücksichtigung der klimatischen Einflüsse sowohl in den klimatisch begünstigten Räumen als auch in den Trockengebieten genutzt (PEHAMBERGER 1998, 70).

Für die Berücksichtigung der klimatischen Bedingungen in der zweiten Überprüfungsperiode in Österreich stand der Wärme- und Wasserhaushalt im Vordergrund. Es wurden agrarmeteorologische Kenngrößen sowohl für das Regional- als auch für das Lokalklima abgeleitet und in Bezug auf die Ertragsfähigkeit des Standortes beurteilt. Für das Regionalklima wurden ortsspezifische Klimadaten mit Hilfe eines digitalen Geländemodells (Rastermodell von Österreich mit einer Maschenweite von 500 m) ermittelt (HARLFINGER/KNEES 1999, 11 ff.). Die dadurch erzeugten Rasterdaten wurden anschließend mit den Gemeindegrenzen verschnitten und zusammengefasst. Die Wärme- und Niederschlagsbedingungen auf Gemeindeebene werden durch die 30-jährigen Mittelwerte der Jahrestemperaturen, der 14-Uhr-Temperaturen für die Monate April bis August, der Jahreswärmesummen aus den 14-Uhr-Temperaturen, sofern das tägliche Minimum nicht unter 5 °C und das tägliche Maximum nicht unter 15 °C lag, und der Jahresniederschlagsmengen gekennzeichnet. Die Klimadaten liegen für die Schätzungsarbeiten in Form eines Klimadatenblatts für jede Katastralgemeinde vor. In Gemeinden mit Hö-

hendifferenzen von über 150 m werden die Klimawerte in 50 m Höhenstufen gestaffelt. Andernfalls werden die Werte nur für eine Höhenstufe angegeben.

Die Verwendung der Jahresniederschlagssumme berücksichtigt nicht die für die Wasserversorgung der Pflanzen wichtige Niederschlagsverteilung innerhalb eines Jahres. In der österreichischen Bodenschätzung wurde auf einen Parameter zur Kennzeichnung der Verteilung verzichtet, weil Untersuchungen zeigten, dass die prozentuale, jahreszeitliche Verteilung des Niederschlags in Österreich ziemlich einheitlich ist (WILFINGER 1990, 10). In Deutschland kann nicht von einer einheitlichen Niederschlagsverteilung innerhalb eines Jahres ausgegangen werden, wie die Häufigkeitsverteilung des Anteils der Niederschlagsmenge in der für die Vegetation bedeutenden Zeit von April bis August am Jahresniederschlag in Karte 3.1 veranschaulicht. Aktuelle Untersuchungen der Klimaperiode 1961-1990 für Österreich von HARLFINGER/KNEES (1999, 68) geben allerdings ebenfalls eine Variation des Anteils der Niederschlagsmenge, der in den Monaten April bis August fällt, von 44 bis 62 % an der Jahresniederschlagsmenge an. Trotzdem wird in der aktuellen Überprüfungsperiode der österreichischen Bodenschätzung die Jahresniederschlagssumme weiterhin verwendet.

Karte 3.1: Anteil der Niederschlagsmenge von April bis August am Jahresniederschlag in Deutschland (1961-1990)

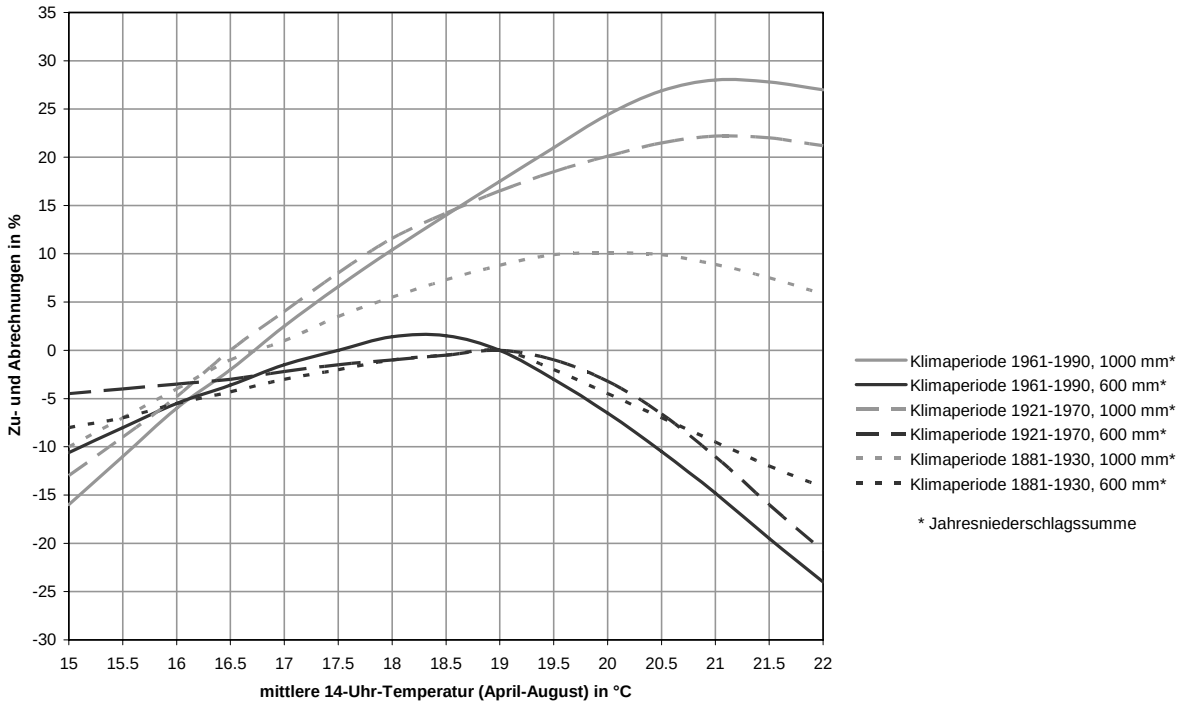


Anmerkung: 1 Rasterzelle entspricht 1 Quadratkilometer
Quelle: Eigene Berechnung nach DWD 1998; ATKIS®VG250, ©Bundesamt für Kartographie und Geodäsie 2003

In Österreich wurde bei der Schätzung des Ackerlandes das Standardklima, bei dem weder ertragsmindernde noch ertragserhöhende Einflüsse auftreten, für alle Bodenarten bei einer Jahreswärmesumme von 3100 °C bzw. einer mittleren 14-Uhr-Temperatur (April-August) von 19 °C und bei einem gleichzeitigen Jahresniederschlag von 600 mm festgelegt (HARLFINGER/KNEES 1999, 120). Die 14-Uhr-Temperatur von 19 °C ergibt sich etwa aus dem deutschen Standardklima, das an der Elbe zwischen Wittenberge und Dömitz ermittelt wurde, da die Grundlagen aus dem „Gesetz über die Schätzung des Kulturbodens“ vom 16. Oktober 1934 in die österreichische Bodenschätzung übernommen wurden. Die prozentualen Zu- und Abrechnungen von der Bodenzahl für die Abweichungen der tatsächlichen Messwerte an einem Standort werden anhand von Bodenklimakurven für die jeweilige Bodenart ermittelt (als Beispiel vgl. Abbildung 3.1 und Abbildung 3.2). Der Verlauf der Bodenklimakurven wird neben der 14-Uhr-Temperatur (April-August) von der Jahreswärmesumme bestimmt. Bei einem mittleren Klima entspricht die 14-Uhr-Temperatur einer bestimmten Wärmesumme. In Gebieten, in denen dieser Zusammenhang nicht zutrifft, werden die Zu- und Abrechnungen für beide Parameter aus den Bodenklimakurven abgelesen und der Mittelwert gebildet.

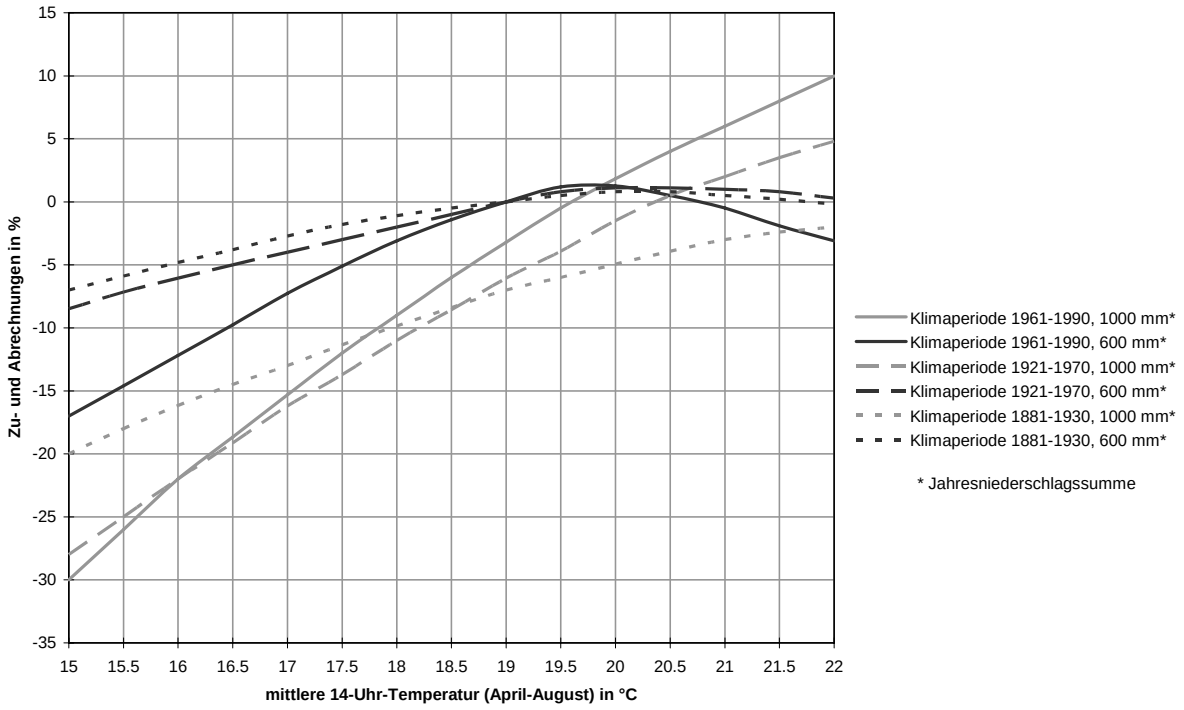
Die folgenden Abbildungen 3.1 und 3.2 zeigen den Verlauf der Bodenklimakurven für die Bodenarten Sand und Lehm für die Klimaperioden 1881-1930, 1921-1970 und 1961-1990.

Abbildung 3.1: Die österreichischen Bodenklimakurven der verschiedenen Klimaperioden für die Bodenart Sand



Quelle: Eigene Zusammenstellung nach WILFINGER 1990, 15; HARLFINGER/KNEES 1999, 141

Abbildung 3.2: Die österreichischen Bodenklimakurven der verschiedenen Klimaperioden für die Bodenart Lehm



Quelle: Eigene Zusammenstellung nach WILFINGER 1990, 16; HARLFINGER/KNEES 1999, 143

Aufgrund fehlender absolut gültiger Gesetzmäßigkeiten zwischen dem Naturalertragsniveau, der Qualität der Ernte, dem Boden und dem Klima wurden diese Klimakurven für bestimmte Wärme- und Wasserhaushaltssituationen anhand von Naturalerträgen und Expertenmeinungen festgelegt. Reinertragsberechnungen liegen den Zu- und Abrechnungen nicht zugrunde (HARLFINGER 2003). Aus den Kurvenverläufen wird deutlich, dass mit zunehmender Wärme die Ertragsfähigkeit eines Standortes positiv beeinflusst wird. Allerdings muss gleichzeitig ausreichend Wasser zur Verfügung stehen, um entsprechende Zurechnungen zur Bodenzahl vornehmen zu können. Fehlt das Wasserangebot sind je nach Bodenart verstärkt Abrechnungen notwendig. Für die Klimaperiode 1961-1990 schwanken die Zu- und Abrechnungen bei der Bodenart Sand mit einer Spanne von -70 bis +35 % am stärksten (HARLFINGER/KNEES 1999, 139 ff.).

Die Zu- und Abrechnungen werden zwar in Abhängigkeit von der Bodenart festgelegt, die Zustandsstufe bleibt allerdings unberücksichtigt. WAGNER (2004) weist darauf hin, dass für die Reaktion des Bodens auf das Klima insbesondere die Bodenart mit ihrer spezifischen nutzbaren Feldkapazität (nFK) bedeutend sei.

Der Verlauf der Bodenklimakurven hat sich in den verschiedenen Klimaperioden verändert, allerdings sind bei 19 °C und 600 mm durchgehend keine Zu- oder Abrechnungen vorgese-

hen. Dieses entspricht unter Beibehaltung des Standardklimas des Ackerschätzungsrahmens den Vorgaben der Bodenschätzung. Liegen die Temperaturen höher, führten sie mit jeder Änderung der Kurven sowohl bei der Bodenart Sand als auch Lehm immer stärker zu Abrechnungen, da bei 600 mm der mit steigenden Temperaturen zunehmende Wasserbedarf der Pflanzen nicht ausreichend gedeckt werden kann. Nur wenn mehr Niederschlag fällt (1000 mm), werden höhere Temperaturen positiv in Bezug auf die Ertragsfähigkeit bewertet. Niedrige Temperaturen in Verbindung mit hohen Niederschlägen wirken sich bei einem Lehmboden stärker negativ aus, weil die Wasserleitfähigkeit gegenüber dem Sandboden geringer ist und es daher zu Staunässe oder verminderter Bodenerwärmung kommen kann (vgl. Kapitel 3.3.2). Der Verlauf der Bodenklimakurven zeigt, dass die Temperatur- und Wasserverhältnisse gleichzeitig betrachtet und die Wechselbeziehungen mit der Bodenart berücksichtigt werden müssen. Dem seit der Entwicklung der Bodenschätzung zunehmenden Wasserbedarf der Kulturpflanzen (vgl. Kapitel 2.3.1) wurde bei den Anpassungen der Kurvenverläufe in den verschiedenen Klimaperioden Rechnung getragen.

Um nähere Angaben über den für das Pflanzenwachstum relevanten Wasserhaushalt in einer Region zu bekommen, werden für die Ackerschätzung in Österreich zusätzlich zwei Indikatoren zur Temperatur-Niederschlags-Relation ermittelt (vgl. HARLFINGER/KNEES 1999, 121 f.):

Der Trockenindex (*TI*) dient der Kennzeichnung trockener Gebiete und wird nach der Gleichung

$$TI = \frac{3T}{N} \qquad (T = \text{Monatsmitteltemperatur}, N = \text{Monatsniederschlag})$$

errechnet. Liegt der TI-Wert über 1,5, so gilt der Monat als trocken. Für die Wasserverhältnisse in der für die Ertragsbildung der Pflanzen wichtigen Vegetationszeit fließen die Monatswerte von April bis September ein. Über die Periode 1961-1990 wurde daraus die Häufigkeit für das Pflanzenwachstum ungünstiger Temperatur-Niederschlags-Relationen in diesen Monaten errechnet und ein entsprechender Abschlag festgelegt. Der Trockenindex bietet die Möglichkeit, mit den an den meisten Stationen leicht messbaren Parametern die Wahrscheinlichkeit trockener Bedingungen und das daraus resultierende Ertragsrisiko in die Bewertung zu integrieren. Für den Trockenindex gilt allerdings nur ein Grenzwert (Werte > 1,5), so dass keine weitere Abstufung der Intensität der trockenen Bedingungen vorgenommen wird. Lediglich die Häufigkeit der Überschreitung dieses Grenzwertes wird in Form eines Abschlags bewertet. Der Abschlag ist außerdem für alle Bodenarten gleich, so dass die Wasserspeicherfähigkeit des Bodens unberücksichtigt bleibt. Die Verwendung des Trockenindex könnte da-

her durch eine Abstufung der Werte oberhalb des Grenzwertes und die Berücksichtigung der Bodenart verbessert werden.

Der zweite Indikator ist der Humiditäts-Ariditätsindex (*KI*), der die Temperatur-Niederschlags-Relation für das gesamte Jahr charakterisiert. Die Berechnung erfolgt nach der von *Celjaninov* entwickelten Formel:

$$KI = \frac{0{,}16 \sum t}{R}$$

($\sum t$ = Wärmesumme (Jahr), R = Jahresniederschlag).

Die zusätzliche Berücksichtigung der Temperatur-Niederschlags-Relationen durch die Indikatoren ermöglicht bei ungünstigen Wasserverhältnissen eine Korrektur der Zu- und Abrechnungen, die aufgrund der mittleren 14-Uhr-Temperatur (April-August) und der Jahresniederschlagssumme aus den Bodenklimakurven abgelesen werden.

Neben den Änderungen bei der Berücksichtigung des Klimas wurde der österreichische Ackerschätzungsrahmen unter Berücksichtigung der Ergebnisse der Bundesmusterstücke weiterentwickelt und entsprechend modifiziert. Z.B. wurden Wertzahlenspannen bei bestimmten Entstehungsarten ergänzt und Änderungen bei Wertzahlenspannen vorgenommen. Diese Änderungen sollen hier jedoch nicht weiter erläutert werden. Nach WAGNER (2004) sind die österreichischen Landwirte mit den Veränderungen durch die Aktualisierung der Bodenschätzungsergebnisse zufrieden. Nach dem österreichischen Bodenschätzungsgesetz sind die Musterstücke der Bodenschätzung in Zeitabschnitten von zwanzig Jahren zu überprüfen (§ 2 I Bodenschätzungsgesetz 1970). Dieser Zeitraum wird jedoch als zu kurz beurteilt, da sich das Klima wahrscheinlich nur wenig ändert und die Aufbereitung der Klimadaten zu zeitaufwendig ist, um diese alle 20 Jahre zu aktualisieren (WAGNER 2004).

Zusammenfassend kann für die weiteren Untersuchungen festgehalten werden, dass die Anwendung flächendeckend gültiger Bodenklimakurven in Österreich zur einheitlichen Bewertung und damit Vergleichbarkeit der Musterstücke beiträgt. Durch die Aktualisierungen der Kurven konnte deren Verlauf entsprechend der Beurteilung der klimatischen Bedingungen in Bezug auf die Ertragsfähigkeit eines Bodens angepasst werden (vgl. Abbildung 3.1 und Abbildung 3.2). Die Kurven basieren allerdings nur auf Naturalerträgen und nicht auf Reinertragsberechnungen. Eine Übertragung der Bodenklimakurven auf Deutschland ist aufgrund der abweichenden klimatischen und geografischen Gegebenheiten nicht möglich. Ein weiterer Unterschied, der die Arbeiten zur Aktualisierung der deutschen Bodenschätzung beeinflusst,

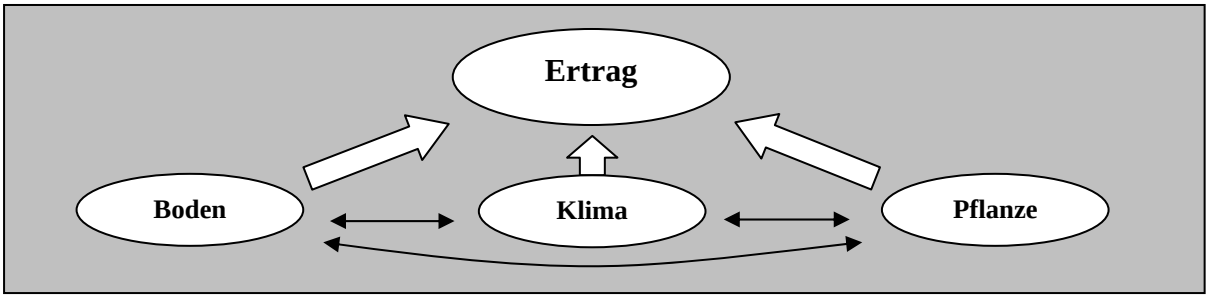
ist der Umfang der Bundesmusterstücke. Im Gegensatz zu Österreich mit 177 Musterstücken existieren in Deutschland 4.131 Musterstücke (Ackerland und Grünland).

Für die Aktualisierung der deutschen Bodenschätzungsergebnisse in Bezug auf die Berücksichtigung der klimatischen Bedingungen sind daher die Entwicklung einer auf die Bedingungen in Deutschland zugeschnittenen Methode und eine daraus resultierende Bewertung notwendig. Die österreichische Bodenschätzung zeigt, dass eine Anpassung der Klimaparameter zur Kennzeichnung der klimatischen Bedingungen und Beurteilung der Ertragsbedingungen an die Ansprüche der Kulturpflanzen (z.B. Einführung der 14-Uhr-Temperatur in Österreich) notwendig ist. Im folgenden Kapitel werden daher das Klima und der Boden sowie die Ansprüche der Pflanzen an diese Standortfaktoren betrachtet. Außerdem wird der Trockenindex, allerdings etwas modifiziert, für die Kennzeichnung trockener Gebiete als Klimaparameter in die weitere Untersuchung einbezogen (vgl. Kapitel 5.1.2). Die Entwicklung bundesweit einheitlicher Hilfsmittel nach dem Vorbild der Bodenklimakurven in Österreich soll für die Aktualisierung der Bodenschätzungsergebnisse in Deutschland angestrebt werden.

3.3 Komponenten für die Bewertung der Ertragsfähigkeit eines Standortes

Für die Bewertung der Ertragsfähigkeit müssen die ertragsbildenden Faktoren näher betrachtet werden. Die Unterschiede in der Ertragsfähigkeit verschiedener Standorte werden bei konstanten wirtschaftlichen Bedingungen durch die Faktoren Klima, Boden und Pflanze bestimmt (siehe Übersicht 3.1). Diese Faktoren setzten sich aus vielen Einzelfaktoren zusammen, die darüber hinaus in komplexen Wechselwirkungen miteinander stehen.

Übersicht 3.1: Ertragsbildende Faktoren



Quelle: verändert nach BOGUSLAWSKI 1981, 13

Im folgenden Abschnitt werden das Klima, der Boden und die Pflanze als Komponenten, die in die Bewertung der Ertragsfähigkeit eines Standortes nach der Bodenschätzung einfließen müssen, einzeln und in Bezug auf ihre Wechselbeziehungen beschrieben.

3.3.1 Einfluss des Klimas auf die Ertragsfähigkeit

Im Laufe der Vegetationsperiode können folgende Faktoren für das Wachstum limitierend wirken: Die photosynthetisch aktive Einstrahlung, die Temperatur, die Wasserversorgung und die Nährstoffversorgung. Die wichtigsten Klimaelemente[19] für das Pflanzenwachstum sind daher die *Temperatur*, der *Niederschlag* und die *Sonnenscheindauer* (als Hilfsgröße für die *Globalstrahlung*[20]). Die Werte dieser Klimaelemente werden an den Klimastationen des Deutschen Wetterdienstes bundesweit über lange Zeiträume gemessen und ausgewertet. Im Folgenden werden zunächst die drei Elemente in Bezug auf ihren Einfluss auf das Pflanzenwachstum beschrieben.

Die *Temperatur* beeinflusst die Reaktionsgeschwindigkeit chemischer Prozesse, so dass ein Anstieg der Temperatur zu mehr Wachstum und Ertrag führt. Hohe Temperaturen wirken allerdings ertragsbegrenzend oder schädigend, wenn sie in Kombination mit einer ungenügenden Wasserversorgung auftreten. Niedrige Temperaturen wirken insbesondere über die Begrenzung der Vegetationsperiode auf Wachstum und Ertrag. Der Tagesgang der Temperaturen ist für hohe Zuckergehalte bei Zuckerrüben und Wein bedeutend, da an warmen Tagen mit kalten Nächten der Substanzverlust durch die Atmung in der Nacht reduziert wird.

Die Auswirkungen einer Temperaturerhöhung auf die Pflanzen wurden in einer Untersuchung zu möglichen zukünftigen Klimaänderungen in der folgenden Übersicht 3.2 zusammengestellt.

[19] „Klimaelemente sind primär meteorologische Größen, die der Messung (z.B. Temperatur), Schätzung (z.B. Sichtweite, sofern nicht gemessen) oder Phänomenbeobachtung (z.B. Gewitter, ohne nähere quantitative Kennzeichnung) in der Atmosphäre der Erde zugänglich sind“ (SCHÖNWIESE 2003a, 66).

[20] Derjenige Anteil der solaren Strahlung, der die Erdoberfläche erreicht, wird als Globalstrahlung bezeichnet. Definitionsgemäß wird damit die Summe des kurzwelligen Strahlungsflusses zwischen 300 und 3000 nm, bezogen auf die horizontale Fläche, verstanden (HARLFINGER et al. 2002, 10).

Übersicht 3.2: Zusammenstellung von Auswirkungen einer Temperaturerhöhung auf Pflanzen

Charakteristikum	pflanzliche Reaktion
Keimung	gleichmäßiger und schneller
Wachstumsbeginn	Nettosubstanzgewinn tritt eher ein
Wachstumsrate	höher
Wachstumsdauer	kürzer
Vegetationsperiode	länger
Zellteilung	der Zellzyklus wird verkürzt und die Zellteilungsrate erhöht
CO_2-Assimilation	Zunahme bei C_4-Pflanzen, bei C_3-Pflanzen nur geringe Zunahme; bei gleichzeitiger Erhöhung der CO_2-Konzentration höhere Zunahme bei beiden Pflanzenarten
Respiration	Zunahme der Respirationsrate
Transpiration	Zunahme, vor allem in Verbindung mit höherer Lichtintensität
Translokation der Assimilate	Zunahme, bei höherer Atmungsintensität abnehmend
Winterfestigkeit	Bedarf an winterfesten Arten und Sorten geht zurück
Hitzetoleranz	ungünstig, Hitzeschäden treten vermehrt auf
Vernalisation	Anpassung der Arten/Kulturpflanzen nimmt ab, je weiter das Temperaturoptimum überschritten wird
Ertrag	Zunahme, wenn das Wasserangebot ausreichend ist. Größere Zunahme bei Kulturen mit hohen Temperaturansprüchen. Wenn keine Änderungen der Strahlung und der Niederschläge auftreten, eher Ertragsreduzierung, da mit einer verstärkten Respiration gerechnet werden muss.

Quelle: HERTSTEIN, U. et al. 1994, 238

Eine Temperaturerhöhung wirkt sich auf die einzelnen Wachstums- und Ertragsbildungsprozesse weitgehend positiv aus. Allerdings dürfen die anderen Klimaelemente Strahlung und Niederschlag nicht als begrenzende Faktoren auftreten. Mit dem Anstieg der Temperatur vom Frühling zum Sommer nehmen das Sättigungsdefizit der Luft und damit der Anspruch der Pflanzen an die Wasserversorgung zu. In Gebieten mit hohem Sättigungsdefizit kann es zu Zeiten von Wassermangel und Wasserstress für die Pflanzen kommen, wenn gleichzeitig geringe Niederschläge den Wasserbedarf nicht decken können. In diesen Gebieten ist das Wasserspeichervermögen der Böden von entscheidender Bedeutung. Im Rahmen einer Untersuchung zu den Folgen einer Klimaänderung für die Landwirtschaft wurden gleichzeitig die Temperatur- und Niederschlagswirkungen auf die Weizenerträge betrachtet. Folgende Abweichungen vom langjährigen Ertragsmittel werden prognostiziert.

Übersicht 3.3: Ertragsänderung bei Weizen (% des langjährigen Mittels) in Folge einer Temperatur- und Niederschlagsveränderung in der Volgograder Region

Niederschlagsabnahme bzw. –zunahme [mm]	Temperaturabnahme bzw. –zunahme [K]				
	- 1,0	- 0,5	0,0	+ 0,5	+ 1,0
- 40	79	79	76	76	76
- 20	92	92	89	89	89
0	104	103	100	100	99
+ 20	115	114	110	109	108
+ 40	125	124	120	118	117

Quelle: PARRY 1990, 45

Diese Werte gelten für die Änderungen der Temperatur und des Niederschlags in der Wachstumsperiode und wurden in der Volgograder Region (Ostukraine) ermittelt. Eine direkte Ü-

bertragung auf die Bodenschätzung ist nicht möglich, allerdings werden im Kontext der bisherigen Darstellungen die Tendenzen deutlich. Negative Wirkungen zeigen sich bei einer Abnahme der Niederschläge. Wobei die gleichzeitige Zunahme der Temperatur keine weitere Ertragsabnahme erkennen lässt. Sinkende Temperaturen können die Wirkung des Wassermangels etwas mildern. Der Niederschlag ist somit der bedeutende ertragsbegrenzende Faktor und die Temperaturvariation wirkt sich nur gering aus. Bei ausreichendem Niederschlagsangebot führt die Variation der Temperatur allerdings zu deutlichen Ertragsunterschieden. Ertragssteigerungen durch Temperaturzunahmen sind nur möglich, sofern die dadurch erhöhte Verdunstung durch vermehrte Niederschläge ausgeglichen wird. Ansonsten sind kühlere Temperaturen positiv für die Weizenerträge (vgl. Übersicht 3.3).

Für das Pflanzenwachstum ist der *Niederschlag* ein wichtiger Faktor, da das pflanzenverfügbare Wasser die Assimilation von CO_2 bei der Photosynthese, den Transport von Nährstoffen und Stoffwechselprodukten in der Pflanze sowie den Wassergehalt innerhalb der Pflanze limitieren kann (BAEUMER 1992, 45 f.). Ist für das Pflanzenwachstum zu wenig Wasser vorhanden, kann es zu Ertragseinbußen bis hin zu Totalausfällen kommen. Dies gilt auch, wenn das Wasser im Überfluss, also in Form von Staunässe oder Überschwemmungen, vorhanden ist (KAHNT 1995, 12).

Die Niederschlagsmenge und –verteilung müssen im Zusammenhang mit den Temperatur- und Bodenverhältnissen gesehen werden. Inwieweit die Ansprüche der Pflanzen an die Wasserversorgung befriedigt werden, hängt entscheidend mit den Vegetationsrythmen der Pflanzen zusammen. Unter den relevanten Einflüssen auf die pflanzliche Entwicklung wie Temperatur, Bodenart, Nährstoffversorgung oder Konstitution der Pflanze stellt gerade der Wasserhaushalt häufig den limitierenden Faktor dar.

Die *Sonnenscheindauer* als drittes Klimaelement bestimmt neben der Lichtintensität, die nur an wenigen Klimastationen gemessen wird, das Lichtangebot eines Standortes. Das Lichtangebot beeinflusst die Stoffbildung, das Wachstum und die Entwicklung der Pflanzen. Im Winterhalbjahr ist in Mitteleuropa die Strahlung ein wichtiger Klimafaktor, der das Wachstum der Pflanzen begrenzt. Die winterannuellen Pflanzen haben sich diesen Bedingungen durch die Entwicklung eines Vernalisationsbedürfnisses angepasst. Für die Einleitung der generativen Entwicklungsphase ist zunächst ein Reiz durch niedrige Temperaturen erforderlich, so dass die Blütenausbildung und die weitere Sprossentwicklung vor dem Winter vermieden werden (EHLERS 1996, 189). Die Wachstumsfaktoren Temperatur und Wasserangebot sind jedoch bei einer Betrachtung der ertragsbegrenzenden Wirkung in Deutschland entscheidender.

Ein weiterer wachstumsbegrenzender Faktor ist die CO_2-Konzentration. Die Erhöhung der Konzentration würde die CO_2-Austauschrate am Blatt und damit die Wachstumsrate der Pflanzen steigern. Dieser Klimafaktor soll im Weiteren jedoch nicht betrachtet werden, zumal unterschiedliche klimatische Ertragsbedingungen in Deutschland im Zentrum der Untersuchung stehen und die CO_2-Konzentration als weitgehend konstant zwischen den Regionen betrachtet werden kann.

Die Wirkung des Klimas auf die Ertragsbildung von Kulturpflanzen ist sowohl direkter als auch häufig indirekter Natur. So wirkt z.B. der Niederschlag über den Boden auf die Pflanze ein. Das Klima beeinflusst aber auch die Wirkung der Bodenbearbeitung und des Düngers, das Wachstum von Unkräutern, den Befall mit Schädlingen und das Auftreten von Krankheiten (FRANKENBERG 1984, 14). Die klimatischen Bedingungen wirken somit auf Produktionsfaktoren, die bei der Ermittlung des Reinertrages berücksichtigt werden müssen.

Neben den Bodenverhältnissen bestimmt das Klima wesentlich das Verhältnis von Acker- zu Grünland, den Anteil des Getreides und des Feldfutters an der Ackerfläche, die Fruchtfolge, also die zeitliche Abfolge des Feldfruchtanbaues, sowie Ertrag und Qualität der Ernteprodukte (BUCHNER et al. 2000, 602).

Die Quantifizierung der Wirkung einzelner Einflussfaktoren ist schwierig, da die Größen nicht nur untereinander in Beziehung stehen, sondern die Einflussgrößen in bestimmten Entwicklungsabschnitten der Pflanzen eine unterschiedliche Wirkung hervorrufen. Die Fähigkeit der Pflanzen, die klimatischen Einflüsse in vorangegangenen Zeitabschnitten teilweise zu kompensieren, fordert eine Betrachtung der zeitlichen Abfolge der klimatischen Bedingungen im Jahr. Der Winterweizen ist z.B. in der Lage, eine im Herbst nicht realisierte Bestockung im Frühjahr in dem Umfang nachzuholen, wie sie für eine hinreichende Bestandsdichteausbildung erforderlich ist (GORNIK 1978, 34). Jeder Abschnitt der Vegetationsperiode kann einen mehr oder weniger starken Einfluss auf den Ertrag nehmen.

Die Verwendung von monatlichen Klimawerten ist nicht vorteilhaft, weil die Entwicklungsabschnitte der Pflanzen sich nicht nach diesen Zeitabschnitten richten. Bei einer bundesweiten Untersuchung werden Zeitabschnitte verglichen, die unterschiedliche Wachstumsperioden darstellen. Phänologisch abgegrenzte Zeitabschnitte würden der Entwicklung und Ertragsbildung der Pflanzen besser entsprechen. Allerdings könnten die entsprechenden Klimawerte in den verschiedenen Regionen in Deutschland nicht einheitlich berechnet werden.

Für die Untersuchung der Wirkung des Klimas auf den Naturalertrag bzw. Reinertrag steht somit eine Vielzahl von Klimaparametern zur Auswahl, die qualitativ als ertragsbildend zu erkennen sind. Auf die Auswahl der Klimaparameter für die Bodenschätzung und deren statistische Untersuchung wird in Kapitel 5.1.2 eingegangen.

3.3.2 Eigenschaften der Böden

Böden zeichnen sich durch verschiedene Eigenschaften aus, die für das Pflanzenwachstum und damit für die Ertragsfähigkeit von entscheidender Bedeutung sind. Der Boden dient der Pflanze als Wasserspeicher, Nährstoffspeicher und gibt ihr die notwendige Standfestigkeit. Im Folgenden werden die thermischen Eigenschaften, die Wasserspeicherfähigkeit sowie die nutzbare Feldkapazität (nFK) verschiedener Böden näher betrachtet.

Die *thermischen Eigenschaften* eines Bodens setzen sich aus dem Absorptionsvermögen, der Wärmekapazität und der Wärmeleitfähigkeit zusammen. Das Absorptionsvermögen ist durch den absorbierten Anteil der Einstrahlung, der sich auf die Bodentemperatur auswirkt, gekennzeichnet. Das Absorptionsvermögen eines Bodens wird durch den Gehalt an organischer Substanz, deren Farbe und die Bodenfeuchte beeinflusst. Bei bewachsenen Flächen hat die Vegetationsdecke ebenfalls einen erheblichen Einfluss. Die Wärmekapazität gibt die Wärmemenge an, die für die Erwärmung einer Volumeneinheit Boden um eine Wärmeeinheit notwendig ist, und ist stark vom Wassergehalt abhängig. Die Wärmeleitfähigkeit ist ebenfalls vom Wassergehalt des Bodens abhängig. Je höher der Wassergehalt eines Bodens ist, desto höher ist sowohl die spezifische Wärmekapazität als auch die Wärmeleitfähigkeit des Bodens (SCHEFFER/SCHACHTSCHABEL 2002, 256 f.). Lockere und trockene Böden leiten Wärme weniger gut und die Pflanzen sind daher auf diesen Standorten frostgefährdet.

Das Bodengefüge im Wurzelraum entscheidet durch seine Porengrößenverteilung über die Wasserversorgung der Pflanzen. Das Wasser wird in dem Porenraum gespeichert und von den Pflanzen zur Deckung ihres Wasserbedarfs aus diesem aufgenommen. Aus bodenphysikalischer Sicht wird die *Wasserspeicherfähigkeit* von der Korngrößenzusammensetzung, den Porengrößenverhältnissen und dem Gehalt an organischer Bodensubstanz bestimmt. Die Wasserspeicherfähigkeit des Bodens wird umso wichtiger, je unregelmäßiger die Niederschläge verteilt sind und je weniger hochanstehendes Grundwasser für die regelmäßige Wasserversorgung der Pflanzen genutzt werden kann. Neben den mittleren Poren für die Wasserversorgung sind für die Durchlüftung und damit die Versorgung der Pflanzen mit Atemluft der Anteil und

die Kontinuität der groben Poren wichtig. Der Anteil feiner Poren, der in Tonböden am höchsten ist, hat für die Wasserversorgung der Pflanzen kaum Bedeutung, denn das in ihnen gespeicherte Wasser ist für die Wurzeln nicht verfügbar (ebenda, 206). Die Tabelle 3.1 stellt die Porengrößenverteilung in verschiedenen Böden zusammen, wobei die Schwankungsbreiten für die Porenanteile angegeben werden.

Tabelle 3.1: Anteil des Porenvolumens und der Porengrößenbereiche am Gesamtvolumen von Mineralböden (C-Gehalt bis 2 %) und organischen Böden

	Porenvolumen (%)		Grobporen (%)		Mittelporen (%)		Feinporen (%)	
Sande	46	± 10	30	± 10	7	± 5	5	± 3
Schluffe	47	± 9	15	± 10	15	± 7	15	± 5
Tone	50	± 15	8	± 5	10	± 5	35	± 10
Anmoore	70	± 10	5	± 3	40	± 10	25	± 10
Hochmoore	85	± 10	25	± 10	40	± 10	25	± 10

Quelle: SCHEFFER/SCHACHTSCHABEL 2002, 166

Die Beurteilung des Bodengefüges für den Pflanzenbau kann nur im Zusammenhang mit der angebauten Fruchtart und der während der Anbaudauer vorzufindenden Wasserversorgungssituation erfolgen. Je häufiger mit hohen Wassergehalten zu rechnen ist, umso wichtiger ist ein hoher Anteil Grobporen für die Belüftung der Wurzeln. Unter trockenen Bedingungen spielt hingegen die Speichergröße für pflanzenverfügbares Wasser eine entscheidende Rolle. Durch die Bodenbearbeitung lässt sich die Infiltration, die Erhaltung und die effektive Ausnutzung des gespeicherten Bodenwassers in begrenztem Maße beeinflussen. Ein Gefüge, das sowohl ausreichend Grobporen für die Belüftung als auch genügend Mittelporen für die Speicherung pflanzenverfügbaren Wassers aufweist, ist häufig in Schwarzerden aus Löss vorzufinden. Sie geben das Wasser gleichmäßig ab und gleichen damit schwankende Niederschläge aus. Aus diesem Grund werden diese Böden mit hohen Bodenzahlen bewertet (ebenda, 206 f.).

Für die Beurteilung des Wasserhaushalts von Böden ist die Wasserspeicherfähigkeit als Kenngröße nicht ausreichend, da das Bodenwasser für die Pflanzen verfügbar sein muss. Die *nutzbare Feldkapazität (nFK)* ist das maximale Speicherungsvermögen des Bodens für pflanzenverfügbares Wasser, das sich etwa 2-3 Tage nach völliger Wassersättigung des Bodens einstellt. Das Bodenwasser, dass mit einer Wasserspannung von pF-Werten[21] > 4,2 in Feinporen gebunden ist, ist nicht pflanzenverfügbar und wird daher nicht zur nFK gezählt. Die nFK gibt somit an, wie groß der Puffer an pflanzenverfügbarem Wasser im Boden ist, um Trockenperioden ohne Niederschlag auszugleichen. Böden mit geringer nFK kommen als Standorte für anspruchsvollere Kulturen nur in Betracht, wenn während der Vegetationsperiode

[21] Die Wasserspannung wird in Zentimeter Wassersäule angegeben; der pF-Wert stellt den Logarithmus der Wassersäule in Zentimetern dar.

Niederschläge in ausreichender Menge und günstiger Verteilung fallen (HANUS 1997b, 108). Einflussgrößen sind die Körnung, das Gefüge und die organische Substanz. Die nFK nimmt daher in der Reihenfolge Sand < Ton < Lehm < Torf zu. Die organische Substanz wirkt sich positiv auf die nFK aus, da diese über eine hohe Wasserspeicherkapazität verfügt. In Sandböden wird die Feldkapazität daher maßgeblich durch den Humusgehalt bestimmt (LÜTKE ENTRUP/OEHMICHEN 2000, 105 f.).

Die pflanzenverfügbare Bodenwassermenge ist der wichtigste bodenhydrologische Kennwert bei der Beurteilung der Ertragsfähigkeit eines Standortes (SCHEFFER/SCHACHTSCHABEL 2002, 240). Für die Ermittlung dieses Kennwertes ist der effektive Wurzelraum der angebauten Kultur einzubeziehen. Bei grundwasserfernen Böden ist die nutzbare Feldkapazität je Bodenschicht mit dem effektiven Wurzelraum zu multiplizieren. Die folgende Tabelle 3.2 zeigt die erheblichen Unterschiede der pflanzenverfügbaren Wassermenge in Abhängigkeit von der Bodenart am Beispiel des Getreides. Nicht nur die nFK, sondern auch der mittlere effektive Wurzelraum ist von der Bodenart abhängig, so dass die Differenz zwischen einem Grobsand und einem lehmigen Schluff bei 190 mm liegt.

Tabelle 3.2: Effektiver Wurzelraum und pflanzenverfügbare Bodenwassermenge (W_{pfl}) in Abhängigkeit von der Bodenart (mittlerer Lagerungsdichte)

Bodenart	mittlerer effektiver Wurzelraum bei Getreide (dm)	pflanzenverfügbare Bodenwassermenge (mm)
Grobsand	5	30
Mittelsand	6	55
Feinsand	7	80
lehmiger Sand	7	115
schluffiger Sand	8	140
lehmiger Schluff	11	220
sandiger Lehm	9	155
schluffiger Lehm	10	190
toniger Lehm	10	165
lehmiger und schluffiger Ton	10	140

Quelle: RENGER/STREBEL 1980,572

In der Bodenschätzung wird die pflanzenverfügbare Bodenwassermenge indirekt über die Bestimmung der Bodenart, der Entstehung und der Zustandsstufe, bei deren Ermittlung die Tiefe des Wurzelraums und der Ackerkrume wichtige Kriterien sind, erfasst. HARRACH et al. (2001) weisen einen logischen Zusammenhang zwischen dem Klassenzeichen der Bodens und der nFK im durchwurzelbaren Bodenraum nach. Ein Zusammenhang zwischen der Bodenzahl und dieser Kenngröße konnte in der Untersuchungsregion ebenfalls nachgewiesen werden (PREIS et al. 2001). Eine bundesweit gültige Zuordnung kann jedoch daraus nicht abgeleitet werden.

Die Bodenarten der Bodenschätzung lassen sich in Sandböden (S, Sl, lS), Lehmböden (SL, sL, L) und Tonböden (LT, T) unterscheiden. Im Folgenden werden für die Pflanzenproduktion wichtige Eigenschaften dieser Böden erläutert.

Sandböden sind durch einen hohen Anteil grober Poren gekennzeichnet und sorgen dadurch für eine gute Belüftung der Wurzeln. Allerdings ist das Speichervermögen für pflanzenverfügbares Wasser gering. Bei hohem Grundwasserstand oder künstlicher Beregnung fallen die Naturalerträge höher aus. Im humiden Klima kommt es durch die hohe Wasserdurchlässigkeit nicht zu einem Wasserstau, jedoch werden mit dem Wasser Nährstoffe ausgewaschen, die den Pflanzen damit nicht mehr zu Verfügung stehen. Die Sandböden zeichnen sich ohnehin durch geringe Nährstoffreserven sowie geringes Nährstoffbindungsvermögen aus. Ein Vorteil der Sandböden ist die leichte Bearbeitbarkeit bei jedem Feuchtezustand. Die geringe Wärmekapazität der Sandböden bewirkt eine rasche Erwärmung des Bodens im Frühjahr.

Tonböden haben den geringsten Anteil an Grobporen und bieten damit eine mäßige bis schlechte Durchlüftung. Ebenfalls ist der Anteil der Mittelporen gering und damit die nutzbare Feldkapazität. Durch dichte Lagerung und geringe Wasserleitfähigkeit sind Tonböden im humiden Klima häufig vernässt. Diese Eigenschaften der Böden bedingen nur eine mäßige Ertragsfähigkeit. Aus dem hohen Tongehalt resultiert ein starker Bearbeitungswiderstand, so dass eine Bearbeitung nur in einem eng begrenzten Feuchtezustand möglich ist. Positiv sind das hohe Nährstoffbindungsvermögen und die Reserven zahlreicher Nährstoffe zu bewerten.

Lehmböden besitzen sowohl eine ausreichende Durchlüftung als auch eine hohe nutzbare Feldkapazität. Ein Lehmboden kann bei sonst gleichen Bedingungen den Wasserbedarf von Kulturpflanzen doppelt so lange decken wie ein Sandboden (LÜTKE ENTRUP/OEHMICHEN 2000, 106 f.). In Verbindung mit den guten Nährstoffreserven gelten sie daher als ertragsreichste Böden.

DABBERT (1994, 30) bezeichnet Böden als für die landwirtschaftliche Nutzung besonders gut geeignet, „wenn sie tiefgründig sind, eine mittlere Textur (Lehm) und ein gutes Krümelgefüge aufweisen, ihre Reaktion im neutralen bis schwach sauren Bereich liegt, ein hoher Gehalt an Nährstoffreserven und an verfügbaren Nährstoffen vorhanden ist, bei Minderalböden der Humusgehalt hoch ist, die Speicherkapazität für Nährstoffe ausreicht, die biologische Aktivität hoch ist, keine schädlichen Stoffe vorhanden sind und der Boden eben ist.“ Er weist jedoch darauf hin, dass für bestimmte Pflanzen durchaus Abweichungen von diesen Bodeneigenschaften vorteilhaft sein könnten.

Die Daten der Bodenschätzung bieten allerdings nur vage Anhaltspunkte über die Bodeneigenschaften, die für die Ertragsfähigkeit entscheidend sind. Für die bessere Abschätzung der Bodenfruchtbarkeit müssten folgende Bodenparameter erfasst werden:

- die effektive Durchwurzelungstiefe,
- das pflanzenverfügbare Bodenwasser,
- die Luftkapazität,
- das Speicherungs- und Nachlieferungsvermögen für Pflanzennährstoffe,
- der Gehalt an organischer Substanz bzw. Humus,
- das Massegewicht für den Zugleistungsanspruch (DLG 1987, 61).

HARRACH (2002) regt die Schätzung der nFK im durchwurzelbaren Bodenraum (nFKdB) bei den praktischen Schätzungsarbeiten vor Ort an, da dieser Kennzahl die größte Bedeutung unter den wertbestimmenden Bodeneigenschaften zukommt. Für die Schätzung werden die nFK der einzelnen Bodenhorizonte und die Durchwurzelbarkeit der Horizonte benötigt. Diese Werte lassen sich am Grabloch mit einer hohen Treffsicherheit und relativ einfach bestimmen (HARRACH 2002).

Die Bedeutung der Bodenqualität für die Ertragsfähigkeit eines Standortes nimmt mit der Ungunst der Witterung zu. Beispielsweise wird die Wirkung von Trockenperioden auf den Ertrag daher auf den leichten Böden in Nordostdeutschland am schnellsten sichtbar (CHMIELEWSKI 2001, 95). Besondere Bedeutung hat der Boden als Puffer zwischen Pflanze und Klima. Das Klima wirkt somit auch indirekt über den Boden.

3.3.3 Ansprüche der Früchte an die natürlichen Standortbedingungen

Die Bodenbeschaffenheit und die klimatischen Bedingungen bestimmen als wesentliche natürliche Standortbedingungen den Kreis der anbaufähigen Fruchtarten. Die Ertragsdifferenzen zwischen den Früchten und damit ihre relative Vorzüglichkeit für den Anbau ändern sich in Abhängigkeit von den Standortbedingungen. Ob eine Frucht anbauwürdig ist, hängt einerseits von den Ertragsrelationen der Fruchtarten untereinander ab und andererseits von den Preisen für die Ernteprodukte sowie den Kosten für den Anbau. In diesem Abschnitt werden zunächst nur die Ansprüche der Fruchtarten in Bezug auf die Ertragshöhe betrachtet.

Die quantitative Abstufung der Böden nach der Bodenschätzung darf nicht vor dem Hintergrund der Ertragsleistungen einzelner Früchte gesehen werden, sondern die Wertzahlen gelten für die Gesamtheit der Früchte, die auf einem Boden angebaut werden. Die Standortansprüche

der Fruchtarten sind allerdings sehr verschieden, so dass zunächst eine Betrachtung ihrer Ansprüche an die Bodeneigenschaften und klimatischen Bedingungen erforderlich ist.

In Bezug auf die klimatischen Bedingungen wirkt sich ein gleichmäßiger Verlauf der meteorologischen Einflussparameter für die Pflanzen überwiegend günstig aus, da sie sich nur relativ langsam anpassen können. Für die Wasserversorgung der Pflanzen ist ein mäßiges Feuchteangebot während des Jugendwachstums (Anregung der Wurzelbildung), eine bis zum Höhepunkt des vegetativen Wachstums gleichmäßig gute Wasserversorgung und trockenere Bedingungen während der Reifezeit günstig (WILAMOWITZ et al. 1980, 26). Diese allgemeinen Angaben lassen sich bei den einzelnen Früchten noch weiter verfeinern. Die folgende Übersicht 3.4 fasst die Unterschiede zwischen den Früchten, die in der Untersuchung betrachtet werden (vgl. Kapitel 2.5.3), in Bezug auf die klimatischen Bedingungen zusammen.

Übersicht 3.4: Ansprüche der Fruchtarten an die natürlichen Standortbedingungen

Fruchtart	Keimtemperatur (Minimum/Optimum in °C)	Wärmeansprüche	Frostempfindlichkeit	Feuchteangebot	Bes. Anbaugrundsätze
Winterweizen	2-4 / 15-30	kühle Witterung im Frühjahr positiv, opt. 20-25 °C zur Blüte, hohe Anpassungsfähigkeit an regionale Ausprägung, vergleichsweise höher als bei anderen Getreidearten	bis -20 °C, geringer als Winterroggen, Kältegefährdung nach der Keimung	hoch bis Juli, gesicherte Wasserversorgung	auch leichtere Böden durch differenzierte Stickstoffversorgung geeignet
Wintergerste	2-4 / 20-25	auswinterungsgefährdet, vor allem durch rasche Temperaturänderungen, 2-3wöchige Abhärtung vor Frosteinbruch erforderlich, kühle Witterung im Frühjahr positiv	bis -12 °C, unter Schnee bis -25 °C	keine Bodennässe im Herbst, tolerant gegen Frühjahrs- und Sommertrockenheit nach ausreichender Winterdurchfeuchtung	schneereiche Anbaulagen durch auffrierende Böden risikoreich, Anwalzen aufgefrorener Böden erforderlich
Winterroggen	1-2 / 25-30	geringer als Weizen und Gerste, verträgt rauheres Klima, zur Blüte warm und sonnig	bis -25 °C	Trockenperioden durch tiefe Wurzeln vertragen, zur Blüte trocken	Niederschläge während der Blüte (Fremdbefruchter) nachteilig für Kornansatz
Mais	8-10 / 32-35 mehr als 10 °C für kräftige Entwicklung im Kurztag (Jugendstadium) zur physiologischen Reife	hoch in vegetativer und generativer Phase, mind. 13,5 °C Mai bis September, 900 Sonnenscheinstunden bis zur physiologischen Reife	Frühjahr -4 °C, Herbst -1 °C	Wasserbedarf vor und nach der Blüte hoch, gesicherte Wasserversorgung notwendig	Erosionsgefahr auf schluffreichen Böden bei hohen Niederschlägen
Zuckerrübe	6-8 / 20-25	Ertragsbildung bei Temperaturen um 20°C günstig, kühle Nächte und höhere Sonneneinstrahlung ab August erhöhen Zuckerertrag	Nachtfröste bis -5 °C im Jugendstadium, Gefahr der Schosserbildung	mäßig trocken und warm während der Keimung, gleichmäßige Wasserversorgung nach Bestandesschluss	Erosionsgefahr auf strukturlabilen Böden bei hohen Niederschlägen
Kartoffeln	8-10 / 19-24	Temperatur und Lichtverhältnisse haben großen Einfluss, ca. 17 °C für Knollenbildung günstig, Temperaturen während der Ernte höher als 10 °C verhindern Beschädigungen	Knolle -1 bis -2 °C, kurzfristig bis -5 °C	gleichmäßige Wasserführung vor allem während des Knollenansatzes, nutzbare Feldkapazität nicht unter 40 %	auf leichteren Standorten beregnungswürdig, vor allem kurz vor und nach der Blüte

Fruchtart	Keimtemperatur (Minimum/Optimum in °C)	Wärmeansprüche	Frostempfindlichkeit	Feuchteangebot	Bes. Anbaugrundsätze
Körnerraps	2-3 / 20-30	vergleichbar Winterweizen, Gefahr von Wurzelrissen durch Auffrieren des Bodens, Frühjahrsentwicklung bis zur Blüte ausgeglichene Temperaturen 15-20 °C, kühle Sommertemperaturen	begrenzt auf etwa -15 °C unter Schnee	sichere Ausnutzung der Winterfeuchtigkeit begünstigt Anbau in niederschlagsarmen Gebieten, hohe relative Luftfeuchtigkeit während der Vegetation	Vorwinterentwicklung bis Rosettenstadium günstig

Quelle: BUCHNER/KÖLLER (1990), 18 ff. (verändert)

Der *Winterweizen* ist eine Getreideart des überwiegend sommerwarmen und strahlungsintensiven Klimas. Eine rasche Erwärmung im Frühjahr wirkt sich positiv auf die Ertragsbildung aus. In der Phase der Kornbildung und des Kornwachstums ist eine trockene Witterung bei guter Wassernachlieferung aus dem Boden optimal. Eine gute Wasserversorgung sollte für die gesamte Vegetationsperiode sichergestellt sein. Die Winterfestigkeit ist zwar bis -20 °C gegeben, doch sind Gebiete mit nur kurzen Frostperioden und nicht zu strengen Wintern besser für seinen Anbau geeignet.

Der *Winterroggen* gehört dank der hohen Winterfestigkeit und der geringen Standortansprüche zu den unempfindlichsten und robustesten Getreidearten. Eine kühle und gleichmäßig feuchte Witterung sind gute Voraussetzungen für den Roggenanbau. Der Flächenanteil von Winterweizen und Roggen bewegt sich häufig aufgrund der unterschiedlichen Ansprüche an die natürlichen Standortbedingungen gegenläufig.

Die Verbreitung der *Wintergerste* wird durch die Witterungsverhältnisse in den Wintermonaten bestimmt. Die Wintergerste ist die frostempfindlichste Getreideart. Schleswig-Holstein bietet durch den längeren Strahlungstag und die gleichmäßige, langsame Abreife für den Wintergersteanbau günstige Bedingungen.

Die *Kartoffel* reagiert im Vergleich zu anderen Nutzpflanzen sehr empfindlich und rasch auf Wassermangel. Die höchsten Erträge lassen sich bei relativ kühlen Temperaturen und genügend Wasser mit ausreichend Licht erzielen. Der Trockensubstanzgehalt korreliert direkt mit der kumulativen Strahlungsnutzung, wenn keine Stresssituationen vorliegen.

Bei der *Zuckerrübe* sind die Ertragsunterschiede vor allem auf das Klima zurückzuführen. Im Osten Deutschlands wirkt in den meisten Fällen der fehlende Niederschlag als begrenzender Faktor. In Süddeutschland liegen mit den fruchtbaren Böden und den warmen Klimaten sehr gute Bedingungen für den Zuckerrübenanbau vor. In Bayern werden daher die höchsten Erträge und Zuckergehalte erzielt. Die frühe Aussaat in Bayern führt zu einer längeren Vegetationszeit, die sich positiv auf die Entwicklung und die Ertragsbildung auswirkt. Der Zuckerertrag wird stark von den Nachttemperaturen beeinflusst. Mit milden Nachttemperaturen steigt das Frischgewicht des Rübenkörpers an, während der Zuckergehalt abnimmt. Das Optimum der Nachttemperatur liegt bei ca. 15 °C.

Der *Winterraps* besitzt ein hohes Regenerationsvermögen, so dass negative Umwelteinflüsse auf die Ertragsbildung in den verschiedenen Entwicklungsphasen z. T. kompensiert werden können. Die Ansprüche an die klimatischen Bedingungen sind wichtiger als an die Bodenbe-

schaffenheit. Insgesamt ist der Raps eine Pflanze des maritimen Klimas. Kühle Temperaturen und hohe relative Luftfeuchten sind günstig zu beurteilen. Die Voraussetzungen müssen vor allem eine ausreichende Vorwinterentwicklung zulassen.

Der Anbau von *Silomais* wird in Deutschland durch die verfügbare Wachstumszeit begrenzt. Dieser als Wärmesumme erfassbare Standortfaktor entscheidet über das Maß der Ausreife und die Ertragsbildung. Insbesondere während der Keimung und der Jugendentwicklung wirken sich kühle Temperaturen negativ auf die Entwicklung aus.

Für die Keimtemperatur und die Frostempfindlichkeit können bestimmte Grenzwerte angegeben werden. Die Schäden bei der Unterschreitung dieser Werte werden an den Pflanzen unmittelbar sichtbar. Wesentlich ungenauer sind hingegen die Angaben zu den Ansprüchen an das Wärme- und Wasserangebot im Laufe der Vegetation in den unterschiedlichen Entwicklungsphasen der Pflanzen. Die Auswirkungen suboptimaler Bedingungen auf das Wachstum können häufig nicht unmittelbar an der Reaktion der Pflanzen abgelesen werden. Besondere Schwierigkeiten bereitet die Vorhersage des Einflusses der klimatischen Bedingungen auf den Ertrag. Durch die komplexen Wechselbeziehungen während der Ertragsbildung und die unterschiedlich ausgeprägte Fähigkeit der Pflanzen, ungünstige Bedingungen im Laufe der Vegetation teilweise zu kompensieren, ist die Festlegung optimaler Bedingungen für einzelne Klimaelemente kaum möglich. Im Folgenden werden der Wasserbedarf und die Wasserausnutzung der Pflanzen in Bezug auf die Trockenmasseproduktion daher im Zusammenspiel verschiedener Klimaelemente und Bodeneigenschaften betrachtet.

Die Trockenmasseproduktion von Pflanzenbeständen und ihr Wasserverbrauch hängen eng zusammen. Zum einen sind sowohl der Prozess der CO_2-Assimilation als auch der H_2O-Transpiration von der Höhe der Strahlung abhängig. Zum anderen werden bei Wassermangel diese Prozesse durch die Stomata-Regelung eingeschränkt (EHLERS 1996, 141). Einflussfaktoren auf den Wasserbedarf sind die pflanzenverfügbare Wassermenge, die Wurzelraumtiefe, das Sättigungsdefizit der Luft, die Fruchtart sowie die Ertragshöhe. Auf Böden mit einer geringen pflanzenverfügbaren Wassermenge wird das zur Verfügung stehende Wasser ungünstiger verwertet (ROTH et al. 1993, 68 f.).

Der Wasserverbrauch der Pflanzen zur Produktion einer bestimmten Menge Trockenmasse vom oberirdischen Aufwuchs wird als Transpirationskoeffizient bezeichnet. In der Literatur werden Transpirationskoeffizienten für verschiedene Kulturarten angegeben. Diese weisen eine große Schwankungsbreite auf. Für Weizen werden beispielsweise Werte zwischen 300

und 600 l/kg Trockenmasse angegeben (BÖSE 2004, 32; EHLERS 1997, 98 ff.; ROTH et al. 1993, 69). Für die Produktion von 70 dt/ha Weizen bedeutet ein Transpirationskoeffizient von 500 l/kg Trockenmasse, dass 6.350.000 l/ha oder 635 mm Wasser benötigt werden[22]. Bezogen auf die Hauptvegetationszeit wird für Winterweizen ein Wasserbedarf von ca. 30-35 mm Wasser je 10 dt/ha Kornertrag angegeben. Dies entspricht bei 70 dt/ha Weizen 210-245 mm (BUCHNER et al. 2000, 432). Der Transpirationskoeffizient ist allerdings stark von der Jahreswitterung abhängig. Die Ergebnisse eines Wägelysimeters[23] in Groß Lüsewitz schwanken für den Evapotranspirationskoeffizienten (Evaporation + Transpiration) zwischen 210 bis 220 l/kg Weizenaufwuchs in einem feuchteren Jahr und 550 bis 610 l/kg in einem Trockenjahr. Damit steigt der Wasserverbrauch mit zunehmender Trockenheit an (BÖSE 2004, 32).

Die Effizienz der Wasserausnutzung für verschiedene Kulturpflanzen wird mit dem sog. k-Wert gekennzeichnet (vgl. EHLERS 1996, 151). Der k-Wert ist eine pflanzenspezifische Größe. Je höher der k-Wert, desto höher ist die Produktivität der Transpiration bei gegebenem Sättigungsdefizit der Luft. Der k-Wert einer Kulturpflanze ist unabhängig vom Sättigungsdefizit der Luft, so dass folgende Reihung der Kulturpflanzen nach der abnehmenden Effizienz der Wasserausnutzung aufgestellt werden kann: Mais, Kartoffeln, Getreide und Körnerleguminosen.

EHLERS (1996, 152 f.) berechnet für drei Orte in Deutschland mit Hilfe der k-Faktoren und des Sättigungsdefizits der Luft (für die Zeit des Strahlungstages, ohne Berücksichtigung der Nacht) den Transpirationskoeffizient und den Wasserverbrauch in der Hauptvegetationsphase der Kulturen für eine bestimmte Ertragserwartung. Die angegebene Ertragsleistung bezieht sich auf die gesamte Trockenmasse.

---

[22] Beispielrechnung für den Wasserbedarf zur Produktion von 70 dt/ha Weizen bei einem Transpirationskoeffizienten von 500 l/kg Trockenmasse:

- 70 dt Korn mit 86 % Trockenmasse entsprechen 60 dt Trockenmasse,
- 66 dt Stroh mit 80 % Trockenmasse entsprechen 53 dt Trockenmasse,
- Ernterückstände von 14 dt Trockenmasse.

Dies ergibt zusammen 127 dt Trockenmasse. 127 dt Trockenmasse multipliziert mit 500 l/kg ergibt 6.350.000 l/ha (BUCHNER et al. 2000, 432).

[23] Lysimeter sind durch feste Gefäßwände und –böden begrenzte Bodenmonolithe, in denen Zu- und Abfluss, bei Wägelysimetern auch Änderungen der Wasserinhalte, direkt gemessen werden können (SCHEFFER/SCHACHTSCHABEL 1998, 207).

Tabelle 3.3: Wasserverbrauch und Ertragsleistung von Fruchtarten in verschiedenen Klimalagen

Fruchtart	Ort	Transpirations-koeffizient [l/kg]	Ertragserwartung [t/ha]	Wasserverbrauch [mm]	Ertrag* für 250 mm [t/ha]
Mais	Heide	101	20	202	24,7
	Göttingen	131	20	263	19,0
	Erfurt	149	20	297	16,8
Kartoffel	Heide	121	16	193	20,7
	Göttingen	157	16	250	15,9
	Erfurt	177	16	284	14,1
Weizen	Heide	169	15	254	14,8
	Göttingen	228	15	342	11,0
	Erfurt	259	15	388	9,7
Erbse	Heide	218	7	152	11,5
	Göttingen	269	7	188	9,3
	Erfurt	297	7	208	8,4
Hafer	Heide	200	12	240	12,5
	Göttingen	263	12	316	9,5
	Erfurt	293	12	351	8,5

* Der Ertrag bezieht sich auf die gesamte Trockenmasse.
Anmerkung: Der angegebene Wasserverbrauch berücksichtigt noch nicht die Bodenverdunstung.
Quelle: EHLERS 1996, 153 (verändert)

Der Transpirationskoeffizient steigt mit zunehmender Kontinentalität des Klimas zwischen Heide an der Westküste Schleswig-Holsteins und Erfurt am Südrand des Thüringer Beckens. Für die gleiche Ertragserwartung steigt somit der Wasserverbrauch. Die Ursache für den zunehmenden Wasserverbrauch liegt in der Änderung des Sättigungsdefizits der Luft.

Für die Standorte Heide und Erfurt liegt die Niederschlagsmenge von April bis August (Periode 1961-1990) in Heide bei ca. 350 mm und in Erfurt bei ca. 280 mm (DWD 1998). Während in Heide also der Niederschlag in den Wachstumsmonaten für die Wasserversorgung der Pflanzen ausreicht, kann in Erfurt besonders für die Produktion von Weizen der Wasserbedarf für die in der Tabelle 3.3 angegebene Ertragserwartung durch den Niederschlag von April bis August nicht gedeckt werden. In Erfurt liegt der Wasserverbrauch in den Wachstumsmonaten für ein Kilogramm Trockenmasse Weizen um 90 Liter höher als in Heide. Damit wird der knappe Faktor Wasser in Erfurt auch noch ungünstiger verwertet. Für die untersuchten Früchte kann die folgende Reihenfolge nach dem abnehmenden Anspruch an die Wasserversorgung während der Vegetationszeit aufgestellt werden:

Zuckerrüben > Winterweizen > Wintergerste > Winterraps > Kartoffeln > Silomais > Winterroggen

(BUCHNER et al. 2000, 597).

Der Verdunstungsanspruch der Atmosphäre, hier als Sättigungsdefizit der Luft berücksichtigt, beeinflusst den Bedarf der Pflanzen an den Wachstumsfaktor Wasser entscheidend. Die Angabe eines bundesweit gültigen Transpirationskoeffizienten für eine Frucht ist daher nicht

sinnvoll. Das Sättigungsdefizit der Luft wird allerdings nur an wenigen Klimastationen erfasst, so dass keine flächendeckenden Daten über einen langen Zeitraum zu Verfügung stehen. Auch für einzelne Standorte ist die Angabe des Transpirationskoeffizienten einer Fruchtart relativ unsicher, weil die korrekte Erfassung der Wasserhaushaltskomponenten, die notwendige Ausschaltung der Evaporation und die Abhängigkeit von der klimatischen Situation schwierig sind (EHLERS 1996, 147). ROTH et al. (1993, 69) fordern zwar bei der Verwendung und Interpretation der veröffentlichten Transpirationskoeffizienten eine Berücksichtigung ihrer standörtlichen und agronomischen Erstellungsbedingungen, aber eine entsprechende Anpassung der Koeffizienten an andere Bedingungen ist nicht möglich. Somit kann für die Bewertung der klimatischen Bedingungen im Rahmen der Bodenschätzung nicht auf Transpirationskoeffizienten zurückgegriffen werden.

Die bisher betrachteten Ansprüche der Fruchtarten bezogen sich auf die klimatischen Ertragsbedingungen. Der andere wichtige Faktor, der das Wachstum und den Ertrag der Pflanzen bestimmt, ist der Boden. In Bezug auf die Bodeneigenschaften wie die Wurzelraumtiefe, die Durchwurzelbarkeit, der Humushaushalt, die Wasser- und Nährstoffspeicherkapazität und –verfügbarkeit stellen die Fruchtarten unterschiedlich hohe Anforderungen. Für die Anbaueignung einer Frucht sind ebenfalls die technologischen Eigenschaften eines Standortes entscheidend, die durch Bodenart, Wurzelraumtiefe, Hangneigung und dem Steingehalt bestimmt werden. Anhand dieser Kriterien kann die folgende Reihung der Fruchtarten vorgenommen werden.

Übersicht 3.5: Reihung der Fruchtarten nach ihren Ansprüchen an die Bodengüte

Fruchtart	Reihung	Ansprüche an die Bodengüte
Zuckerrüben	1	gut bis sehr gut, humos, mild, tiefgründig, keine Verdichtungen, nicht staunass
Winterweizen	2	gut bis sehr gut, tiefgründig, ausgeglichener Wasser- und Lufthaushalt, hohe Feldkapazität
Wintergerste	3	gut, auf leichteren Böden ertragssicherer als Winterweizen, empfindlich gegen Verdichtungen
Winterraps	4	vergleichbar Winterweizen, trockene Sandböden ungeeignet, tiefer Wurzelraum, nicht staunass
Silomais	5	mittelschwer, steinfrei, leichtere Standorte ertragsschwächer, krümelstabil, gut durchlüftet
Kartoffeln	6	vergleichsweise gering, sofern ausgeglichene Nährstoffversorgung, nicht dichtlagernd, gut erwärmbar, nicht verkrustend
Winterroggen	7	leichte bis mittlere Ackerstandorte, empfindlich gegen Staunässe

Quelle: BUCHNER/KÖLLER 1990, 18 ff. (verändert)

Hinsichtlich der Nährstoffaufnahme und damit der Ertragsbildung der Pflanzen können positiv und negativ wirkende Klima- und Bodenbedingungen zusammengefasst werden. Positive Standortbedingungen sind eine hohe Transpiration mit hinreichender Wasserversorgung, gute

Bodenstruktur und O_2-Versorgung der Wurzeln, optimale Humusversorgung, aktives Bodenleben, optimaler pH-Wert, warmer Boden sowie tiefreichende Wurzelausbreitung. Standortbedingungen mit negativer Wirkung auf die Nährstoffaufnahme sind hohe Luftfeuchtigkeit und verminderte Transpiration, Bodenverdichtungen und Pflugsohle, Bodenverschlämmungen, zu niedriger oder zu hoher pH-Wert, Wasserstau, trockener Boden, kalter Boden, CO_2-Anreicherung, O_2-Mangel, gehemmtes Wurzelwachstum sowie phytopathogene Schädigung der Wurzeln und der Leitgefäße (BUCHNER et al. 2000, 664).

Allerdings werden in der Bodenschätzung nicht alle genannten und für die Pflanzen wichtigen Standortmerkmale erfasst. Selbst wenn eine separate Erfassung gewährleistet werden würde, wäre eine Quantifizierung des Einflusses der natürlichen Standortbedingungen auf die Ertragsfähigkeit schwierig.

3.4 Ertragsmodelle und Pflanzenwachstumsmodelle

Im Folgenden werden Modelle, die durch eine abstrahierte und vereinfachte Abbildung der Realität die komplexe Beziehung zwischen Pflanzenwachstum, Naturalertrag und klimatischen bzw. witterungsbedingten Einflüssen analysieren, in Bezug auf die Anwendung im Rahmen der Aktualisierung der Bodenschätzung untersucht. Im Vordergrund steht die Fragestellung, wie sich mit Hilfe von Modellen die Wirkung der Klimaparameter auf den Naturalertrag quantifizieren lässt bzw. Naturalerträge in Abhängigkeit von Klimaparametern geschätzt werden können. Die betrachteten Modelle zeigen, dass zwar geeignete Ansätze bestehen, aber keines direkt auf die Bewertung der klimatischen Bedingungen im Rahmen der Bodenschätzung übertragbar ist. Allerdings geben die Modelle wertvolle Hinweise für die Vorgehensweise bei der Aktualisierung der Bodenschätzung.

Modelle stellen einen Verbund mathematischer Gleichungen dar, die ein physikalisches System (z.B. Boden-Pflanze-Atmosphäre) beschreiben. Anwendung finden Ertrags- oder Pflanzenwachstumsmodelle u. a. bei der Prognose unter veränderten Rahmenbedingungen (z.B. zukünftige Klimaänderungen), wenn dazu keine Experimente am realen System durchgeführt werden können. Ertragsprognosen dienen aber auch der Anpassung der Produktion (z.B. Stickstoffdüngung) an die gegebenen Bedingungen.

Für die Ertragsanalyse unter variierenden Boden- und Klimabedingungen ergeben sich verschiedene Modellansätze, die von einem rein empirischen Vorgehen bis hin zur Simulation der an der Ertragsbildung der Kulturpflanzen beteiligten Prozesse reichen. Für die empiri-

schen Modelle sind umfangreiche Datensätze erforderlich; Simulationsmodelle erfordern hingegen genaue Kenntnisse über die Prozesse und kausalen Zusammenhänge (HANUS 1997a, 67 ff.). Die Modelle sind durch unterschiedliche Abstraktionsstufen gekennzeichnet. Rein empirische Modelle als formale statistische Betrachtung geben das System als „Black Box“ wieder, während Simulationsmodelle versuchen, die kausalen Zusammenhänge durch Betrachtung der pflanzenphysiologischen Prozesse, einschließlich der dabei wirksamen biochemischen und biophysikalischen Gesetze, abzubilden (SCHÖNWIESE 2003a, 265 ff.). Eine umfangreiche Metadatenbank für mathematische Modelle, die im Bereich der Ökologie angewendet werden, bietet z.B. die UNIVERSITÄT KASSEL (2004) im Internet.

3.4.1 Simulationsmodelle

Exemplarisch für die Simulation von Winterweizenerträgen sollen die mechanistischen Modelle AGROSIM-Wheat (vom Zentrum für Agrarlandschafts- und Landnutzungsforschung (ZALF) e.V. in Müncheberg entwickelt) und CERES-Wheat (in Texas/USA entwickelt und integriert im Decision Support System for Agrotechnology Transfer (DSSAT)) betrachtet werden. Beide Modelle sind komplexe, algorithmische, dynamische, pflanzenphysiologisch begründete Simulationsmodelle. MIRSCHEL et al. (1993) haben diese Modelle auf der einheitlichen Datengrundlage von zwei Standorten in Brandenburg miteinander verglichen. Bei der Ertragsprognose für die beiden Standorte stellte sich heraus, dass CERES-Wheat in Jahren mit ausgedehnten Wasserstressperioden sowohl die Gesamtbiomasse als auch die Kornbiomasse unterschätzt, was auf eine Überbewertung des Wasserstresseinflusses durch das Modell zurückzuführen ist. Insbesondere bei den in Ost-Brandenburg vorherrschenden Bedingungen mit wenigen Niederschlägen und sandigen Böden tritt diese Eigenschaft des Modells in den Vordergrund (MIRSCHEL et al. 1993, 34). REINER et al. (1998) stellten ebenfalls fest, dass bei einer Anwendung von CERES-Wheat unter bayerischen Verhältnissen nur mit umfangreichen Änderungen und Ergänzungen zufriedenstellende Ergebnisse zu erzielen sind. Ein Beispiel für Probleme bei der praktischen Anwendung von CERES-Wheat ist das verwendete Bodenmodellkonzept, das auf die US-Bodennomenklatur aufbaut, wodurch Schwierigkeiten bei der Übertragung auf die deutsche Nomenklatur auftreten können (MIRSCHEL et al. 1993, 32). Der Modellvergleich zeigt für das Modell AGROSIM-Wheat, dass der Kornertrag in der Regel sowohl in trockenen als in feuchten Jahren unterschätzt wird, obwohl dieses Modell für den Standort Brandenburg entwickelt wurde.

In einer weiteren Untersuchung von MIRSCHEL et al. (2000) wurden die Möglichkeiten der Ertragsschätzung mit Hilfe der AGROSIM-Modelle für Wintergetreide auf verschiedenen räumlichen Ebenen analysiert. Es werden die Ebene der für die Praxis genutzten Schläge, die Landkreisebene und die Ebene verschiedener europäischer Standorte berücksichtigt. Für die Nutzung der Modelle für die Bodenschätzung sind die Ergebnisse der Ertragsschätzung auf der Praxisschlagebene interessant, da das Ertragspotential für die Musterstücke bestimmt werden muss. Trotz Anpassungen des Modells an das niedrigere Ertragsniveau in der Praxis im Vergleich zu den Feldversuchen mit optimalen Anbaubedingungen liegt die mittlere absolute Abweichung bei 9,8 dt/ha für Wintergerste und Winterroggen. Dies wird mit fehlenden Startwerten und Managementinformationen für die Praxisschläge begründet (MIRSCHEL et al. 2000, 231 f.).

Die Beispiele für die Anwendung von Simulationsmodellen in der Praxis zeigen, dass die Übertragung von Modellen auf einen anderen Standort umfangreiche Anpassungen an die neuen Bedingungen erfordern. Besonderheiten eines Standortes können zu gravierenden Schätzfehlern führen. Die fehlende Möglichkeit der Übertragbarkeit der Modelle und damit der Verknüpfung mit Klima- und Bodendaten in einem Geoinformationssystem für die großflächige Anwendung stellt zurzeit die Grenze für die Ertragssimulationsmodelle dar (HOOGENBOOM 2000, 144). Derzeit liegt kein Ansatz vor, der bundesweit für alle wichtigen landwirtschaftlichen Kulturpflanzen Aussagen zum Einfluss der klimatischen Bedingungen zulässt. Es zeigt sich, dass sich viele prozessbeschreibende Pflanzenwachstumsmodelle nur auf die für die betrachtete Region wichtigsten Kulturarten konzentrieren, auf der Grundlage von Feld- bzw. Klimakammerversuchen parametrisiert und nur in wenigen Fällen auch auf Praxisbedingungen übertragbar sind (MIRSCHEL et al. 2002, 228). Für die breite praktische Anwendung stehen außerdem die für die Simulation notwendigen Parameter oft nicht in ausreichender räumlichen oder zeitlichen Auflösung zur Verfügung. Ein ultimatives Ertragsmodell müsste die physikalischen und physiologischen Beziehungen zwischen den Variablen des Modells erklären und das reale Verhalten wiedergeben. Ein solches Modell kann nicht entwickelt werden, weil das biologische System zu komplex ist und viele Prozesse innerhalb des Systems nicht vollständig untersucht und verstanden sind (JAME/CUTFORTH 1996, 13). Es sind daher nur Annäherungen an das reale System möglich.

3.4.2 Empirische Modelle

Die Gruppe der empirischen Modellansätze zeichnet sich durch die Herleitung eines statistischen Zusammenhangs zwischen Umweltgrößen und dem Ertrag auf der Basis von Korrelations- und Regressionsrechnungen aus. Eine der ersten Anwendungen der multiplen Regression für die Fragestellung nach der Beziehung zwischen Witterung und Ertrag wurde von BAUMANN und WEBER (1966) vorgenommen. Begründet wird diese Methode mit den Ergebnissen früherer Untersuchungen, die zeigten, dass der Ernteertrag von der komplexen Wirkung der Witterung während der ganzen Vegetationsperiode abhängt (BAUMANN/WEBER 1966, 3 f.). BAUMANN und WEBER (1966) verwendeten die Ernteerträge (Hafer) eines Dauerdüngungsversuchs für den Zeitraum 1906-1950 und die dafür aufgezeichneten Werte für Niederschlag und Temperatur. Aufgrund der großen Zahl unabhängiger Variablen (Witterungsgrößen) mussten diese durch ein Eliminierungsverfahren auf die wesentlichen Einflussgrößen reduziert werden. Dabei stellte sich die sachlogische Auswahl gegenüber einer statistischen oder schematischen Auswahl als günstigeres Verfahren heraus, denn damit konnte mit der geringsten Zahl von Einflussgrößen eine gleich hohe multiple Bestimmtheit erreicht werden (BAUMANN/WEBER 1966, 16). Auch HANUS und AIMILLER (1978, 16) betonen die Vorteile der sachlogisch begründeten Reduktion der Witterungsdaten. Daher wird die Auswahl der Klimaparameter für die Aktualisierung der Bodenschätzung durch pflanzenbauliche Erkenntnisse gestützt.

Das von BINDER und ORTNER (1978) entwickelte Modell dient der Ertragsprognose für Österreich und basiert ebenfalls auf multipler Regression. Einzelne statistische Modelle werden zu einem Gesamtmodell zusammengesetzt. Es wird zunächst ein Basisertrag für einzelne Fruchtarten aufgrund des Trends, der Düngung und der Ermittlungsmethode für die vom Statistischen Zentralamt ausgewiesenen Erträge geschätzt. In einem weiteren Modell wird der Einfluss der Witterungswerte der einzelnen Monate bzw. Zeitabschnitte ermittelt. Die Prognosegüte hängt bei BINDER und ORTNER (1978, 125) von der Ermittlungsmethode für die Erträge ab. Die besseren Ergebnisse werden durch die Anwendung der Besonderen Ernteermittlung erzielt. Diesem Erhebungsverfahren liegen auch die heute in Deutschland vom Statistischen Bundesamt ausgewiesenen Erträge zugrunde (vgl. KECKL 2002). Eine Übertragung der ermittelten statistischen Zusammenhänge auf die deutschen klimatischen Bedingungen ist bei den empirischen Modelle nicht möglich, da sie nur für den Bereich gültig sind, für den Messwerte vorhanden sind und sich die deutschen von den österreichischen Klimabedingungen unterscheiden.

Ein Ertragsprognosemodell für Deutschland haben HANUS und AIMILLER (1978) zur gleichen Zeit wie BINDER und ORTNER aufgestellt. Ihr Modell basiert ebenfalls auf Regressionsansätzen und ermöglicht eine Ertragsprognose aufgrund von Witterungsfaktoren und dem Trend der Erträge. Mit der Berücksichtigung des Trends sollen Einflüsse außerhalb des Wettergeschehens erfasst werden (HANUS/AIMILLER 1978, 12). Das Problem der statistischen Methode für die Ertragsprognose liegt in den damit ermittelten Durchschnittsparametern von Verteilungen. Eine Prognose erfordert vielmehr die Bestimmung der genauen Lage eines einzelnen Elements einer Verteilung in einem multivariaten System (ebenda, 5 f.). Für die Aktualisierung der Bodenschätzung sind statistische Methoden geeignet, da genau diese mittleren natürlichen Bedingungen erfasst werden sollen. Die Schwierigkeiten bei der Ertragsvorhersage lagen für HANUS und AIMILLER (1978, 108) jedoch nicht im methodischen Bereich, sondern vor allem in Unzulänglichkeiten des verfügbaren Untersuchungsmaterials. Dieses Problem zeigt sich bei vielen empirischen Ansätzen, da diese Modelle umfangreiche und für die jeweilige Fragestellung geeignete Datensätze erfordern. Die Analysen zeigen, dass durch die Dominanz der Wechselwirkungen und Kompensationsmöglichkeiten bei den Einflüssen der Witterung auf die Erträge nur selten enge Beziehungen zwischen einzelnen Witterungsfaktoren und den Erträgen nachweisbar sind (ebenda, 111).

Keines der beiden Ertragsprognosemodelle berücksichtigt den Boden als separaten Einflussfaktor. Dieses ist für die Anwendung auf große Gebiete und der Ertragsvorhersage aufgrund der veränderten Witterung nicht notwendig, da die Abweichung des Ertrages in einem bestimmten Jahr vom langjährigen Mittel im Vordergrund steht. Für die Aktualisierung der Bodenschätzung muss jedoch der Boden als Parameter einfließen, weil der Einfluss der klimatischen Bedingungen in Zusammenhang mit dem Boden betrachtet werden soll. Außerdem wird bei der Bodenschätzung das Klima und nicht die Witterung in einem Erntejahr bewertet. Beide Ertragsprognosemodelle wurden in den 70er Jahren entwickelt. Inzwischen haben sich die Sorten und die Produktionstechnik und damit die Wirkung des Klimas bzw. der Witterung geändert.

Ein weiteres Modell, das für die Optimierung der Stickstoffdüngung unter Berücksichtigung witterungsbedingter Unterschiede im realisierbaren Ertrag entwickelt wurde, basiert auf den Daten eines seit 1974 laufenden Feldversuchs auf dem Versuchsgut Hohenschulen der Universität Kiel (SCHOOP/HANUS 1989). Durch Ergänzung von Daten aus weiteren Versuchen und Praxisbetrieben aus ganz Deutschland konnte dieses Modell schrittweise an andere Standortverhältnisse und produktionstechnische Bedingungen angepasst werden, da die ur-

sprünglichen Schätzungen aus den Daten des Versuchsguts Hohenschulen nur unter den Rahmenbedingungen gelten, wie sie für diesen Standort typisch sind (SCHOOP 1996). Der Boden wird als Einflussfaktor einbezogen, allerdings ist das Klassifizierungssystem nur bei den ersten Daten des Versuchsguts eindeutig aus der Bodenschätzung übernommen. Insbesondere bei den Daten aus den Praxisbetrieben ist das Klassifizierungssystem nicht immer eindeutig (SCHOOP 2003). Das Modell wurde für die Optimierung der jahresspezifischen Stickstoffdüngung entwickelt, so dass der Einfluss der Witterung und nicht der langfristigen klimatischen Bedingungen im Vordergrund steht. Außerdem werden für die Ertragsprognose monatliche Witterungsdaten von vier Elementen benötigt, was für eine praktische Umsetzung der Ergebnisse in Form von Klimatabellen oder Bodenklimakurven, wie sie in der österreichischen Bodenschätzung verwendet werden (vgl. Kapitel 3.2), eine Reduzierung der Klimaparameter im Modell erforderlich machen würde.

Einen alternativen Ansatz zu den bisher beschriebenen Modellansätzen wählte SCHULZKE (1988) für ein Ertragsprognosemodell, dass ursprünglich für die Vorhersage der Erntemenge in der DDR entwickelt wurde. Das Modell vereinigt den Einfluss des Klimas, des Bodens, der Jahreswitterung und eines definierten Intensivierungsniveaus auf den Naturalertrag über komplexe Maßzahlen. Die wichtigsten Klimaparameter und deren Werte in den für die Ertragsbildung bedeutenden Phasen werden in einer Maßzahl zusammengefasst. Die Grundlage des Modells ist eine naturräumlich definierte Gliederung der DDR in so genannte Boden-Klima-Regionen, für die Ertragspotentiale ermittelt werden können. Mit den Maßzahlen ergibt sich folgender Algorithmus für den ökologischen Basisertrag in einer Boden-Klima-Region:

Ökologischer Basisertrag = $(WW_{C2} \cdot a + WW_{C3} + WW_{c4} \cdot a) \cdot F_{Rg} \cdot F_{Bf} \cdot Vi$

mit	$WW_{C2,3,4}$	=	Witterungswerte der Compartments
	a	=	Korrekturfaktor Niederschlag in einer Zeiteinheit
	F_{Rg}	=	Klimafaktor für die Boden-Klima-Region
	F_{Bf}	=	Bodenleistungsfaktor
	Vi	=	Intensivierungsvariable.

Die Witterungswerte setzten sich für die drei Wachstumsphasen (Saataufgang bis Wintereintritt, Winter und Vegetationsbeginn bis zum Schossen) aus den Witterungsparameter Tagesdurchschnittstemperatur, Sonnenstunden und Niederschlagsmenge zusammen. Der Korrekturfaktor *a* entspricht einer ökologischen Bewertung des Niederschlags in Abhängigkeit von der Menge, der Länge der Wachstumsphase und dem Bodensubstrat. Durch die weiteren Faktoren

wird eine Bewertung der Klimawirkung, der Bodenform und der Intensivierungsstufe (Produktionsniveau, Schaderregerbelastung u. a. m.) vorgenommen (SCHULZKE 1988, 780 ff.). Der Klimafaktor charakterisiert die Boden-Klima-Region durch die Wirksamkeit von Klimaparameter auf die Ertragsbildung. Mit dem Modell können sowohl regionale als auch schlagspezifische Aussagen getroffen werden. SCHULZKE (1988, 783) betont, dass die Quantifizierung der Einflussfaktoren auf die Ertragsbildung nur in diesem Modellansatz gültig ist. Dieser Modellansatz lässt sich mit dem Prinzip der Bodenschätzung vergleichen, da einzelne Einflussfaktoren mit den komplexen Maßzahlen separat in ihrer Wirkung quantifiziert werden. Allerdings basieren die verwendeten Bodeninformationen nicht direkt auf der Bodenschätzung.

Im Rahmen eines EU-Forschungsprojektes (AIR3 CT94 – 1296) wurde dieser Modellansatz auf einige westeuropäische Länder mit großflächigem Winterweizenanbau ausgedehnt (vgl. SCHULZKE/KAULE 2001). Für die alten Bundesländer in Deutschland wurden somit ebenfalls Boden-Klima-Regionen definiert, für die das Ertragspotential des Winterweizens ermittelt werden kann. Eine Erweiterung des Modells um zusätzliche Getreidearten wäre aufgrund der Erfahrungen in den neuen Bundesländern möglich, wo das Modell für Winterweizen, Wintergerste und Winterroggen bereits läuft. Dazu sind Daten zu den Erträgen der Getreidearten auf Landkreisebene und Witterungsdaten für die entsprechenden Jahre notwendig. Inwieweit der Modellansatz auch für die weiteren Früchte anwendbar ist, kann nicht mit Bestimmtheit vorausgesagt werden (SCHULZKE 2003).

Die vorgestellten Ertragsmodelle zeigen, dass die Regressionsanalyse zur Quantifizierung der Beziehung zwischen Klima und Naturalertrag geeignet ist. Allerdings werden die Modelle immer für bestimmte Fragestellungen entwickelt und damit ist eine Übertragbarkeit auf andere Bereiche eingeschränkt. Für die Bodenschätzung muss das Modell bundesweit anwendbar sein und auf Daten basieren, die für die Bodenschätzung vorliegen. Es müssen z.B. die Bodenparameter verwendet werden, die für die Musterstücke erhoben werden. Ebenfalls muss das Modell das Prinzip und die Besonderheiten der Bodenschätzung berücksichtigen (z.B. Annahmen für den Ackerschätzungsrahmen wie z. B. einheitliche wirtschaftliche Bedingungen). Keine der bislang genannten bzw. bekannten Modelle kann diese Ansprüche erfüllen. Aus diesem Grund sind andere Vorgehensweisen für die Aktualisierung der Bodenschätzungsergebnisse im Kontext klimatischer Einflussvariablen notwendig (vgl. Kapitel 0).

4 Modellentwicklung zur Analyse der klimatisch bedingten Reinertragsunterschiede im Rahmen der Bodenschätzung

4.1 Anforderungen an das Modell und Entwicklung von zwei Modellansätzen

Das für die Aktualisierung der Berücksichtigung klimatischer Bedingungen notwendige Modell muss dem Prinzip der Bodenschätzung genügen. Die Klassifizierung der Böden muss also nach den Kriterien der Bodenschätzung erfolgen und die Böden sind anhand nachhaltig erzielbarer Reinertragsunterschiede bei gleich bleibenden wirtschaftlichen Bedingungen zu bewerten. Das Modell muss so gestaltet werden, dass der Einfluss der klimatischen Bedingungen auf die Ertragsfähigkeit eines Standortes isoliert und quantifiziert werden kann. Die nicht-klimatischen Einflussfaktoren auf die Reinertragsunterschiede sind daher in das Modell als Variablen aufzunehmen oder die nicht-klimatische Einflussfaktoren müssen ausgeschaltet werden, d.h. sie sollten weitestgehend vergleichbar sein. Eine Möglichkeit für die Minimierung der nicht-klimatischen Einflussfaktoren besteht in der Aggregation kleinräumiger Unterschiede durch Mittelwertbildung, so dass auf der aggregierten Ebene die Unterschiede geglättet sind. Zu diesen Einflussfaktoren gehören z.B. die individuellen Betriebsleiterfähigkeiten und Bewirtschaftungsmaßnahmen. Für die wirtschaftlichen Ertragsbedingungen sind einheitliche mittlere Verhältnisse anzunehmen, die sich aus dem Durchschnitt der Betriebe ergeben. Diese Annahmen führen dazu, dass eine objektive Wertermittlung anhand der natürlichen Ertragsbedingungen möglich ist.

In der Bodenschätzung sollen die Ertragsunterschiede aufgrund der Bodenbeschaffenheit bei klimatischen Bedingungen von 8 °C Jahresdurchschnittstemperatur und 600 mm Jahresniederschlag ermittelt werden. Als Hilfsmittel dient der Ackerschätzungsrahmen, der ebenfalls unter Annahme dieser klimatischen Bedingungen aufgestellt wurde. Unter diesen klimatischen Bedingungen werden somit aufgrund der unterschiedlichen Bodenbeschaffenheit Reinerträge erzielt, deren Verhältnis zueinander die Wertzahlen des Ackerschätzungsrahmens widerspiegeln. Die Werte des Standardklimas des Ackerschätzungsrahmens sollen bei einer Aktualisierung beibehalten werden, da bei einer Änderung des Standardklimas die Relationen der Wertzahlen neu ermittelt werden müssten und die mit Hilfe des Schätzungsrahmens festgelegten Bodenzahlen keine Gültigkeit mehr hätten. Dieses soll aufgrund des damit verbundenen finanziellen Aufwands vermieden werden. Eine Ergänzung der Klimaparameter Jahresdurchschnittstemperatur und Jahresniederschlagssumme ist unter Beibehaltung der derzei-

tigen Bodenzahlen jedoch möglich. Dieses ist für die Verwendung zusätzlicher Klimaparameter für die Kennzeichnung der klimatischen Ertragsbedingungen wichtig.

Die Klassifizierung der Böden und die Bodenzahlen werden als weiterhin gültig angenommen, da zum einen eine Überprüfung der Klassifizierung und der Bodenzahlen aufgrund der fehlenden Datengrundlage nicht möglich ist. Zum anderen würde eine Änderung der Bewertungskriterien und der Bodenzahlen eine Neuaufnahme der landwirtschaftlich genutzten Flächen in Deutschland erfordern.

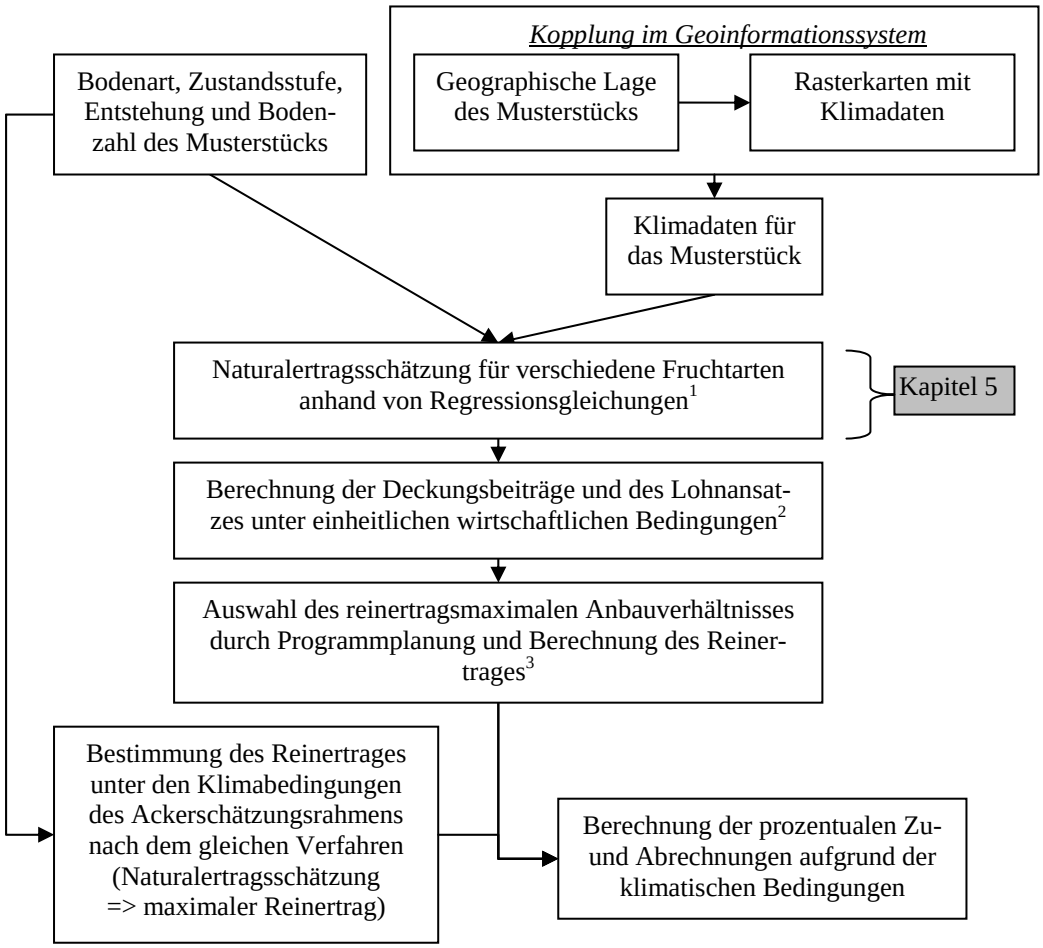
Eine wichtige Anforderung an das Modell ist die praktische Anwendbarkeit. Das Modell sollte daher eine anwenderfreundliche Schnittstelle bieten und die notwendigen Daten sollten zur Verfügung stehen (JAME/CUTFORTH 1996, 14). Die Bewertung muss bei den praktischen Schätzungsarbeiten mit einem begrenzten Zeitaufwand vorgenommen werden. Daraus resultiert, dass die klimatischen Bedingungen schnell und vor Ort bestimmt und bewertet werden müssen. Die Zahl der Klimaparameter und die zur Bewertung notwendigen Informationen dürfen daher nicht zu umfangreich werden. Die Berücksichtigung der klimatischen Bedingungen in den phänologischen Entwicklungsabschnitten der Fruchtarten, die je nach Standort einen unterschiedlichen Zeitabschnitt einnehmen, sowie die Variation der relevanten Klimaparameter je nach angebauter Fruchtart und Bodenbeschaffenheit können daher in dem Umfang, wie es pflanzenbaulich und -physiologisch notwendig wäre, nicht in die Bodenschätzung einfließen. Allerdings muss eine der Bodenschätzung angemessene Bewertung der klimatischen Bedingungen in Bezug auf die Ertragsfähigkeit eines Standortes gewährleistet werden. Hilfsmittel, wie die bereits bei einigen OFDen angewendeten Klimatabellen (vgl. Kapitel 2.3.4) oder die Bodenklimakurven der österreichischen Bodenschätzung (vgl. Kapitel 3.2), bieten eine praktische Lösung für die einheitliche und schnelle Bewertung der klimatischen Bedingungen vor Ort.

Die Verfügbarkeit und die räumliche Auflösung der für ein Modell notwendigen Daten bestimmt das methodische Vorgehen und den Modellaufbau entscheidend. Für die Analyse der Wirkung des Klimas auf den Naturalertrag sind Naturalertrags-, Klima- und Bodendaten notwendig. Die optimale räumliche Auflösung für diese Daten ist die Schlagebene. Außerdem sind zur Bestimmung der nachhaltigen Ertragsfähigkeit eines Standortes mehrere Jahre auszuwerten.

Aus diesen Anforderungen und unter der Annahme, dass schlagspezifische, mehrjährige Daten verfügbar wären, ergäbe sich ein Modellaufbau, wie er in der folgenden Abbildung 4.1

dargestellt ist. Den Ausgangspunkt würde ein Musterstück der Bodenschätzung bilden, dessen Zu- oder Abrechnungen von der Bodenzahl an die aktuelle Ertragsfähigkeit aufgrund der klimatischen Bedingungen angepasst werden soll.

Abbildung 4.1: Möglicher Modellaufbau für die Ermittlung der Zu- und Abrechnungen aufgrund der klimatischen Bedingungen eines Musterstücks



[1] Die Regressionsgleichungen müssen im Vorfeld durch Auswertung von Naturalertrags-, Klima- und Bodendaten aufgestellt werden.
[2] Die Daten für die einzelnen fruchtartspezifischen Positionen der Deckungsbeitragsrechnung und den Lohnansatz müssen hinterlegt sein.
[3] Fruchtfolgerestriktionen müssen berücksichtigt sein.
Quelle: Eigene Darstellung

Zunächst wären die Klassifizierung und die Bodenzahl des zu bewertenden Musterstücks sowie dessen geographische Lage notwendig. Die pflanzenverfügbare Bodenwassermenge wäre zwar für die Beurteilung der Ertragsfähigkeit die wichtigste Bodenkenngröße (vgl. Kapitel 3.3.2), jedoch ginge die Höhe dieser Kenngröße nicht unmittelbar aus den Bodenschätzungsergebnissen hervor. Als Hilfsgröße würden die Bodenart, Zustandsstufe, Entstehung und die Bodenzahl herangezogen werden.

Durch die Kopplung der geographischen Lage, die durch die Gauß-Krüger-Koordinaten der Musterstücke gekennzeichnet wäre, und den Rasterkarten mit Klimadaten ergäben sich die

Klimadaten für das Musterstück. In Bezug auf die Beurteilung des klimatischen Einflusses wäre zu beachten, dass die Bodenschätzung der einheitlichen und gleichmäßigen Beurteilung der nachhaltigen Ertragsfähigkeit der Böden in Deutschland dienen würde. Daher müssten für alle landwirtschaftlich genutzten Flächen dieselben Klimaparameter aus derselben Klimaperiode verwendet werden. Für die Erfassung der nachhaltigen Ertragsbedingungen sollte die Klimaperiode ausreichend lang sein.

Der Ausgangspunkt für die Berechnung des Reinertrages für ein Musterstück wären die Naturalerträge der ausgewählten Fruchtarten[24] (vgl. Kapitel 2.5.1). Die Naturalerträge liegen allerdings nicht für die einzelnen Musterstücke vor, sondern müssten geschätzt werden. Für die Naturalertragsschätzung wäre zunächst eine Regressionsanalyse zur Ermittlung der Zusammenhänge zwischen den klimatischen Bedingungen und dem Naturalertrag der verschiedenen Fruchtarten notwendig. An dieser Stelle wäre die Einbeziehung nicht-klimatischer Einflussfaktoren auf den Naturalertrag bzw. deren Minimierung in der verwendeten Datengrundlage von Bedeutung, um die Wirkung des Klimas zu isolieren. Bei erfolgreicher Aufstellung eines geeigneten Regressionsmodells könnten die Naturalerträge verschiedener Fruchtarten für das Musterstück aufgrund der Bodenbeschaffenheit und der klimatischen Bedingungen geschätzt werden.

Für die einzelnen Fruchtarten könnten dann im nächsten Schritt auf der Basis der geschätzten Naturalerträge Deckungsbeiträge und der Lohnansatz für den Betriebsleiter und die noch nicht entlohnten Familienarbeitskräfte berechnet werden. Die wirtschaftlichen Bedingungen wären dabei konstant zu halten, so dass sich die Variation der Deckungsbeiträge und des Lohnansatzes aufgrund der unterschiedlichen natürlichen Standortbedingungen ergäbe. Das Kapitel 6.1 beschäftigt sich mit der Zusammenstellung der dazu notwendigen Datengrundlage. Die bei einem Musterstück für die Reinertragsberechnung heranzuziehenden Fruchtarten würden sich danach richten, mit welchem Anbauverhältnis der maximale Reinertrag unter Beachtung von Fruchtfolgerestriktionen erzielt werden könnte. Dieses Anbauverhältnis könnte durch Programmplanung ermittelt werden.

Der so berechnete Reinertrag für ein Musterstück müsste in einem letzten Schritt zu dem erzielbaren Reinertrag unter den klimatischen Bedingungen des Ackerschätzungsrahmens ins Verhältnis gesetzt werden, der nach demselben beschriebenen Verfahren über den Weg der Naturalertragsschätzung berechnet werden würde. Somit ergäben sich die Zu- und Abrech-

[24] Zur Auswahl der Fruchtarten vergleiche Kapitel 2.5.3.

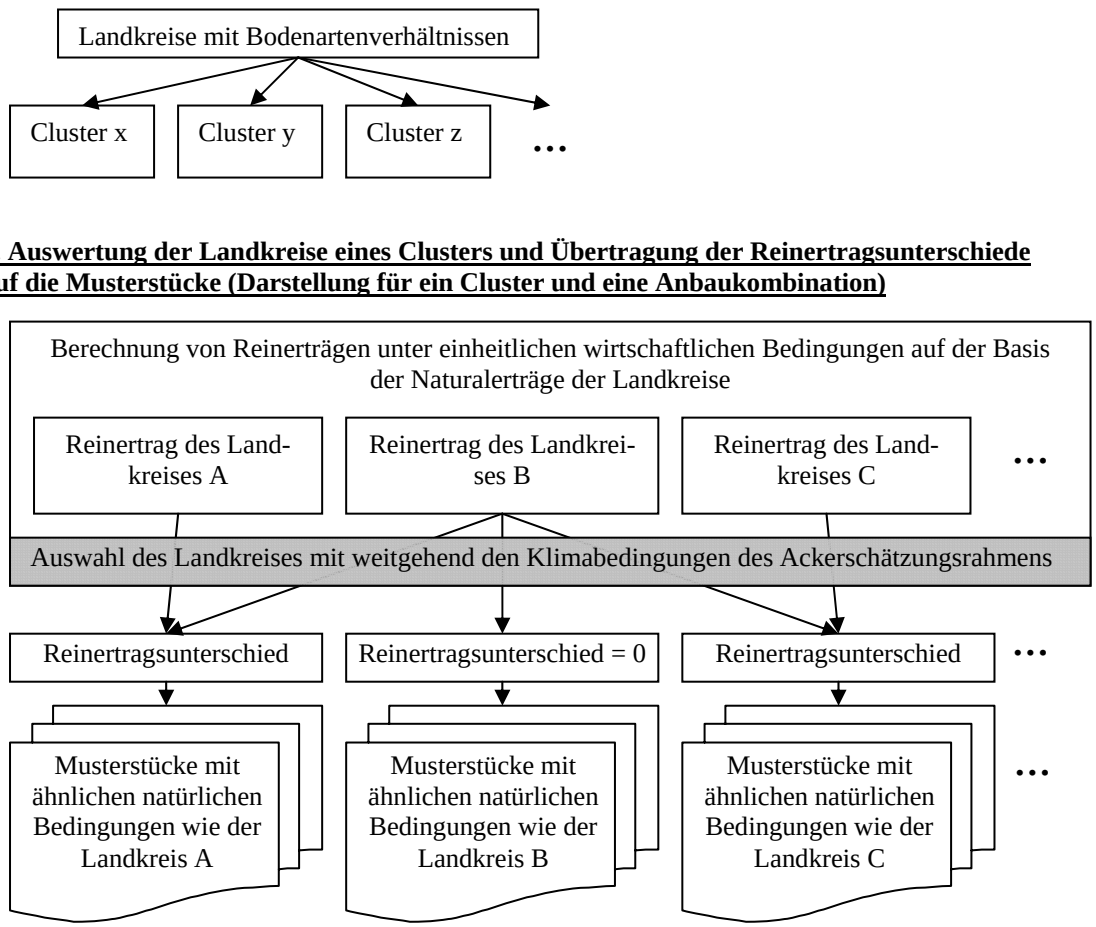
nungen von der Bodenzahl des Musterstücks aus dem Reinertragsunterschied, der aus der Abweichung der tatsächlichen klimatischen Bedingungen von denen des Ackerschätzungsrahmens resultieren würde.

Die größte Schwierigkeit bei diesem Modellaufbau besteht in der Aufstellung der Regressionsgleichungen für die Schätzung der Naturalerträge auf den Musterstücken. Dies würde die Analyse langer und homogener Beobachtungsreihen verschiedener Standorte erfordern. Das dafür notwendige Netz von Beobachtungspunkten liegt in Deutschland jedoch nicht vor. Insbesondere die fehlende Homogenität der Beobachtungsreihen und die fehlende Vergleichbarkeit zwischen den Standorten stellt ein Problem bei der Zusammenstellung der Daten dar. Die Daten müssten außerdem bundesweit verteilt sein und eine einheitliche Datenstruktur aufweisen. Der Aufbau eines entsprechenden Datennetzes wäre für die Überprüfung und Aktualisierung der Bodenschätzungsergebnisse wünschenswert. Im Rahmen dieser Arbeit waren jedoch keine eigenen, langjährigen Erhebungen für die Datengrundlage möglich. Darüber hinaus existieren keine angemessenen bzw. detaillierten Erhebungen, auf die zurückgegriffen werden konnte. Mögliche Ansatzpunkte für eine Verbesserung der Datengrundlage werden in Kapitel 5.3 vorgestellt.

Die Vorgehensweise und methodische Aspekte für die Naturalertragsschätzung anhand von Regressionsgleichungen wird trotz der suboptimalen Datengrundlage in Kapitel 5 vorgestellt, damit die Eignung der Methode für den Zweck der Erklärung klimatisch bedingter Naturalertragsunterschiede und für die Schätzung von Naturalerträgen überprüft wird. Die Auswahl und Verarbeitung der Daten, die für die Naturalertragsschätzung derzeit zur Verfügung stehen, wird im folgenden Kapitel 4.2 geschildert.

Für die Erreichung des Ziels der Aktualisierung der Bodenschätzungsergebnisse mit der verfügbaren Datengrundlage wird in Kapitel 6 eine Anpassung des in Abbildung 4.1 dargestellten Modells vorgenommen. Das angepasste Modell isoliert die klimatisch bedingten Reinertragsunterschiede, indem die nicht-klimatischen Einflussfaktoren vergleichbar gemacht werden. Die auf Landkreisebene festgestellten klimatisch bedingten Reinertragsunterschiede werden auf ausgewählte Musterstücke der Landkreise übertragen. Die folgende Abbildung 4.2 zeigt die Vorgehensweise auf, die in Kapitel 6 konkretisiert wird.

Abbildung 4.2: Vorgehensweise für die Isolierung klimatisch bedingter Reinertragsunterschiede auf Landkreisebene sowie die Übertragung dieser Unterschiede auf die Musterstücke



* Die Beschränkung auf die Bodenartenverhältnisse am Ackerland ist aufgrund der Datenverfügbarkeit notwendig (vgl. Kapitel 5.1.3)
Quelle: Eigene Darstellung

Diese angepasste Vorgehensweise basiert zum einen auf der Datengrundlage, die bereits bei der Überprüfung der Schätzung von Naturalerträgen verschiedener Fruchtarten in Kapitel 5 verwendet wird. Zum anderen wird eine Erweiterung der Datengrundlage für die Berechungen der Reinerträge in Kapitel 6.1 vorgenommen.

4.2 Datenauswahl und –verarbeitung

Das im vorherigen Kapitel in Abbildung 4.1 dargestellte Modell setzt sich aus einzelnen Schritten zusammen, die unterschiedliche Daten als Grundlage erfordern. Den Ausgangspunkt stellen die Musterstücke dar, so dass für diese Flächen die Bodenschätzungsdaten und die geographische Lage vorliegen müssen. Im nächsten Schritt müssen die Naturalerträge verschiedener Früchte geschätzt werden. Für die Naturalertragsschätzung sind raumbezogene

Daten in Form von Naturalerträgen, Klima- und Bodenbedingungen notwendig, die miteinander verschnitten werden müssen. Die Daten für die Reinertragsberechnung sind hingegen ohne räumlichen Bezug. In der folgenden Übersicht 4.1 sind die jeweils notwenigen Daten zusammengestellt.

Übersicht 4.1: Erforderliche Daten für den jeweiligen Modellabschnitt

Modellabschnitt	Erforderliche Daten
Musterstücke der Bodenschätzung	• Klassifizierung des Bodens (Bodenart, Zustandsstufe, Entstehung) • Bewertung des Bodens (Bodenzahl) • geographische Lage
Naturalertragsschätzung	Raumbezogene Daten: • Naturalerträge verschiedener Früchte • Angaben zur Bewässerung der landwirtschaftlichen Früchte • Daten der für die Naturalerträge relevanten Klimaparameter • Angaben zur Klassifizierung des Bodens
Reinertragsberechnung	• Erzeugerpreise für verschiedene Qualitäten einzelner Früchte • variable Produktionskosten • Fest- und Gemeinkosten • Arbeitszeitbedarf und Lohnansatz • Betriebsprämie • Anbauverhältnisse

Quelle: Eigene Zusammenstellung

Das größte Problem stellen die bundesweiten Daten zu den Naturalerträgen der wichtigsten Fruchtarten und der Bodenbeschaffenheit für die Naturalertragsschätzung dar.

Bei der Verwendung raumbezogener Daten ist die räumliche Einheit zu definieren, für die Daten benötigt werden. Für die Untersuchung des Zusammenhangs zwischen Naturalertrag und regional-klimatischen Bedingungen sollte die Erhebungseinheit so klein sein, dass sie durch möglichst homogene Regionalklima- und Bodenbedingungen charakterisiert ist, aber so groß, dass die nicht-regional-klimatischen Einflussgrößen durch eine Mittelung reduziert werden. Mit zunehmender Größe der räumlichen Einheit verlieren lokale Ertragsbedingungen an Bedeutung (z.B. kleinräumige Bodenunterschiede, Lokalklima[25], Besonderheiten der Agrarstruktur). Das Regionalklima hingegen fällt in Bezug auf Naturalertragsdifferenzen stärker ins Gewicht (FRANKENBERG 1984, 4).

Als Erhebungseinheit für die *Naturalerträge* stehen in Deutschland Verwaltungseinheiten in Form von Landkreisen zu Verfügung. Die Landkreise weisen allerdings nicht zwangsläufig ähnliche Klima- und Bodenbedingungen innerhalb einer Einheit auf.[26] Die Ernteerträge der Landkreise werden daher nicht für Flächen ausgewiesen, die in Bezug auf die natürlichen

[25] Für die Unterscheidung zwischen Lokalklima und (Regional)Klima vergleiche Kapitel 2.5.2.
[26] Die Landkreise stellen die kleinste Einheit dar, für die statistisch gesicherte Ernteerträge von den statistischen Landesämtern herausgegeben werden können. Die Ernteerträge für Gemeinden, die durch ihre geringere räumliche Ausdehnung homogenere natürliche Bedingungen aufweisen, stehen daher nicht zur Verfügung.

Standortbedingungen möglichst einheitlich sind. Für die Erhebung von Daten, die durch natürliche Standortbedingungen beeinflusst werden (z. B. Naturalerträge, Anbauverhältnisse), würden sich Naturräume besser eignen, die anhand der natürlichen Bedingungen abgrenzt werden. Die Naturräume müssten eine genau festgelegte räumliche Abgrenzung vorweisen und die für die Fragestellung erforderlichen Daten müssten diesen Naturräumen zugeordnet werden können. Naturräumlich abgegrenzte Dateneinheiten liegen bisher allerdings nicht bundesweit vor.

Der Vorteil der Naturalerträge auf Landkreisebene liegt in der Verfügbarkeit einer Datengrundlage, die eine bundesweite und flächendeckende Analyse für die wichtigsten landwirtschaftlichen Fruchtarten erlaubt. Außerdem sind die Daten im Gegensatz zu schlagspezifischen Erträgen weniger durch die Fähigkeiten einzelner Betriebsleiter beeinflusst, so dass eine objektive Wertermittlung gewährleistet werden kann. Besonders für die Analyse der Beziehung von Klima und Ertrag sind Durchschnittserträge für eine größere räumliche Einheit vorteilhaft, weil die Vielzahl der nicht-klimatischen Einflussgrößen (z.B. individuelle Betriebsleiterfähigkeiten und Bewirtschaftungsmaßnahmen) durch die Mittelung reduziert wird. Allerdings müssen für diese räumliche Einheit auch Angaben zur Bodenbeschaffenheit vorliegen, um den Einfluss des Bodens auf den Naturalertrag zu berücksichtigen.

Von den in Deutschland angebauten Fruchtarten werden die Ernteerträge der Getreidearten Winterweizen, Winterroggen und Wintergerste sowie der mittelfrühen und späten Kartoffeln, der Zuckerrüben, des Winterrapses und des Silomaises für die Untersuchung ausgewählt. Für diese Fruchtarten liegt zum einen ausreichend Datenmaterial über einen Zeitraum von sechs Jahren (1997-2002) vor, so dass bundesweit aktuelle durchschnittliche Hektarerträge ermittelt werden können. Zum anderen prägen diese Fruchtarten in den meisten Regionen in Deutschland das Anbauverhältnis auf dem Ackerland (vgl. Kapitel 2.5.3).

Für die Erfassung von *Klimadaten* betreibt der Deutsche Wetterdienst (DWD) seit Jahrzehnten ein engmaschiges Messnetz mit über 4.000 Stationen (MÜLLER-WESTERMEIER 1996, 5). Aufgrund von Daten einzelner Stationen können jedoch nur Aussagen zu diesen Standorten gemacht werden. Für flächendeckende Untersuchungen über ganz Deutschland sind Rasterdaten erforderlich. Durch Interpolation der Messwerte zwischen den Stationen berechnet der DWD bundesweit Klimadaten im Raster von 1 x 1 km. Die Werte einzelner Rasterzellen sind somit nicht das Ergebnis einer Messung, sondern eines Rechenverfahrens (vgl. MÜLLER-WESTERMEIER 1995). Die im Weiteren verwendeten Klimadaten des DWD der Periode 1961-1990 werden von der OFD Frankfurt am Main für die Untersuchung bereitgestellt.

Die Klimaperiode 1961-1990 deckt nicht den Zeitraum der Ertragserfassung 1997-2002 ab. Für die Beschreibung der klimatischen Bedingungen ist ein Zeitraum von 30 Jahren notwendig. Relativ kleinräumig und bundesweit liegen allerdings keine Ertragsdaten verschiedener Fruchtarten für 30 Jahre vor. Die Klimaperiode 1971-2000 kann für die Untersuchung zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht herangezogen werden, weil die Klimadaten nicht als Rasterdaten flächendeckend aufbereitet wurden. Gegenüber den bisher verwendeten Klimawerten in der Bodenschätzung kennzeichnen die Werte des Zeitraums 1961-1990 die heutigen klimatischen Bedingungen besser und sollen daher als Datengrundlage dienen. Durch die kleinräumige Struktur der Klimawerte können regionale Unterschiede auf verschiedenen Ebenen dargestellt werden. Die Bestimmung der klimatischen Bedingungen an jedem Standort in Deutschland ist für die Übertragung der Ergebnisse auf die Musterstücke und die Flächenschätzung notwendig.

Die Einflussfaktoren auf den Ertrag rufen je nach Entwicklungsabschnitt der Pflanzen unterschiedliche Wirkungen hervor. Daher ist eine zeitliche Unterteilung der Vegetationszeit der Pflanze vorzunehmen. Die Einteilung nach Monaten ist der einfachste und aus klimatologischer Sicht plausibelste Weg. Monatswerte liegen in dem Klimadatensatz für den Zeitraum 1961-1990 aufbereitet vor und können für die Analyse der Beziehungen zwischen den klimatischen Bedingungen im Jahresverlauf und den Ernteerträgen herangezogen werden. Der Nachteil bei der Verwendung von Monatswerten liegt darin, dass die Entwicklungsabschnitte der Pflanzen nicht dieser kalendarischen Einteilung entspricht. Eine Interpretation der Ergebnisse aus ertragsphysiologischer Sicht ist somit nur sehr eingeschränkt möglich. Vor dem Hintergrund der Fragestellung im Rahmen der Aktualisierung der Bodenschätzung stellt allerdings die Interpretation der Ergebnisse aus ertragsphysiologischer Sicht nicht das vorrangige Ziel dar. Daher sollen für die zeitliche Einteilung die Monate verwendet werden.

Die Aggregation auf Landkreisebene fasst Erträge zusammen, die auf *Böden* unterschiedlicher Beschaffenheit erzielt wurden. Dies ist für die Untersuchung nicht optimal, weil die Bodeneigenschaften in enger Beziehung zur Wirkung des Klimas auf den Ertrag stehen. Eine Disaggregation der Erträge nach der Bodenbeschaffenheit kann von den statistischen Landesämtern nicht vorgenommen werden, so dass nur die Beschreibung der Böden für einen Landkreis insgesamt genutzt werden kann. Die Bodendaten müssen der Klassifizierung nach der Bodenschätzung entsprechen, damit die Ergebnisse auf die Musterstücke und die Flächenschätzung übertragbar sind. Die Ermittlung der Bodenartenanteile an der Ackerfläche in einem Landkreis ist in einigen Bundesländern möglich (vgl. Kapitel 5.1.3). Die Bodenart ist von den

Klassifizierungsmerkmalen der Bodenschätzung aufgrund der damit verbundenen Eigenschaften der Böden am besten geeignet, die Wirkung klimatischer Bedingungen auf den Ertrag zu differenzieren (vgl. Kapitel 3.3.2). Die Klimatabellen in Deutschland und die Bodenklimakurven in Österreich sind ebenfalls nach der Bodenart gestaffelt.

Für die Verknüpfung und Bearbeitung der beschriebenen Daten aus unterschiedlichen Quellen wird ein Geoinformationssystem (GIS) verwendet. Ein GIS bietet die Möglichkeit, raumbezogene Daten digital zu erfassen und zu bearbeiten, zu speichern und zu reorganisieren, zu modellieren und zu analysieren sowie alphanumerisch und graphisch zu präsentieren (BILL 1999, 4). Als Software für das GIS werden ArcView 3.1 von ESRI (Environmental Systems Research Institute) und die Erweiterung ArcView Spatial Analyst 1.1 von ESRI gewählt.

Bevor die Daten jedoch miteinander vernetzt werden können, müssen sie räumlich einheitlich aufgelöst werden. Für die Verwendung der Daten in einem GIS bedeutet Datenkompatibilität, dass die Daten georeferenziert werden können und somit eine Verschneidung mit anderen Daten aufgrund der räumlichen Lage möglich ist. Der Raumbezug wird bei den Naturalerträgen und den Bodendaten über die Zuordnung zu den Landkreisen hergestellt. Als räumliches Bezugssystem wird die Gauß-Krüger-Projektion im 3. Meridianstreifen (Mittelmedian 9°) gewählt (vgl. Anhang 9). Für die Musterstücke liegen die Gauß-Krüger-Koordinaten ebenfalls vor, so dass die Verknüpfung der Klimawerte mit den Musterstücken im GIS für die Bewertung möglich ist.

Mit den Angaben zur Flächennutzung über den Datensatz „CORINE Land Cover 2000“ können aus den Klimarasterdaten nur die für das Ackerland relevanten Rasterzellen ausgewählt und weiterverarbeitet werden. Dieses ist vor allem in gebirgigen Regionen entscheidend, in denen aufgrund der Höhenlage und damit verbundenen Klimabedingungen in weiten Teilen kein Ackerbau möglich ist. Die Integration eines Höhenmodells in das GIS ermöglicht Aussagen zur Topographie in den Landkreisen. In der folgenden Übersicht 4.2 sind die im GIS integrierten Daten zusammengestellt und der Datenanbieter sowie eine kurze Datensatzbeschreibung ergänzt.

Übersicht 4.2: Verwendete Daten im Geoinformationssystem

Datensatz	Anbieter	Beschreibung
Hektarnaturalerträge	Statistisches Bundesamt, Fachserie 3, Reihe 3	1997-2002, aggregiert auf Landkreisebene in Deutschland, 7 Fruchtarten
Klimadaten	Deutscher Wetterdienst (DWD)(erhalten von OFD Frankfurt am Main)	monatliche Mittelwerte der Periode 1961-1990, Rasterdaten 1x1 km, 5 Klimaelemente, Bundesrepublik Deutschland, Dateien geändert im Oktober 1998
Bodenbeschaffenheit, Bodenart	Oberfinanzdirektionen, Landesvermessungsämter (Automatisches Liegenschaftsbuch), Zentrum für Agrarlandschafts- und Landnutzungsforschung (ZALF Müncheberg e.V.)	Bodenarten der Bodenschätzung, Anteile am Ackerland eines Landkreises
Flächennutzung, CORINE Land Cover 2000	Umweltbundesamt, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR), Deutsches Fernerkundungsdatenzentrum (DFD)	Stand 2000, Rasterdaten 1x1 km, Landnutzung (37 Klassen), Bundesrepublik Deutschland, Download am 16.02.2005
Verwaltungsgrenzen (Bundesländer, Kreise, Gemeinden)	Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (BKG)	ATKIS®VG250, Stand 31.12.2002, Maßstab 1 : 250 000, Bundesrepublik Deutschland
Höhenmodell	Land Processes Distributed Active Archive Center (LP DAAC)	Rasterdaten 1x1 km, Bundesrepublik Deutschland, URL: http://edcdaac.usgs.gov/gtopo30.html, am 27.11.2003
Musterstücke	Bundesministerium der Finanzen	Daten der Musterstücke aus dem Programm „Must2000“

Quelle: Eigene Zusammenstellung

Für die statistischen Analysen werden die Daten aus dem GIS in die Statistikprogramme SPSS 11.5.1 und R 2.0.0 für Windows übertragen. Das Programm R 2.0.0 wird vor allem für die Analyse räumlicher Zusammenhänge verwendet.

Die Ermittlung der Reinertragsverhältnisse erfordert die Berechnung von Reinerträgen aufgrund der Naturalerträge eines Standortes bei bundesweit einheitlichen wirtschaftlichen Bedingungen. Als Grundlage für die Positionen zur Ermittlung des Reinertrages über den Gesamtdeckungsbeitrag stehen Daten der Zentralen Markt- und Preisberichtstelle (ZMP), der Landwirtschaftskammern Hannover und Weser-Ems, des Kuratoriums für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (KTBL) sowie des Bundesministeriums für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft (BMVEL) zur Verfügung. Eine detaillierte Beschreibung dieser Daten erfolgt in den entsprechenden Abschnitten des Kapitels 5.1.

4.3 Multivariate Analysemethoden

Für die Analyse der erhobenen Daten stehen verschiedene multivariate Methoden zur Verfügung. Multivariate Analysemethoden zeichnen sich dadurch aus, dass Zusammenhänge zwischen mehreren variierenden Größen untersucht werden können (vgl. BACKHAUS 2003 oder

BAHRENBERG et al. 1992). Folgende Methoden sollen an dieser Stelle kurz erläutert werden, da sie in Kapitel 5 und 6 auf die Daten angewendet werden: Korrelationsanalyse, Regressionsanalyse, Faktorenanalyse und Clusteranalyse.

Korrelationsanalyse

Mit der bivariaten Korrelationsanalyse wird der Zusammenhang zwischen zwei Variablen festgestellt. Die Berechnung gründet auf die Bildung von Wertepaaren, die aus einer Stichprobe gebildet werden. Die Stärke des Zusammenhangs wird durch eine Maßzahl, den Korrelationskoeffizienten, angegeben. Dieser Koeffizient liegt zwischen -1 und +1, wobei ein Betrag nahe bei 1 einen starken und ein Betrag nahe bei 0 einen schwachen Zusammenhang angibt. Ein negativer Korrelationskoeffizient bedeutet, dass ein gegenläufiger Zusammenhang besteht: Je größer der Wert der einen Variablen wird, desto kleiner wird der Wert der anderen. Für einen positiven Korrelationskoeffizienten gilt das Gegenteil. Die Signifikanz der Korrelationskoeffizienten gibt die Wahrscheinlichkeit an, mit der kein Zusammenhang zwischen den Variablen besteht und damit der Korrelationskoeffizient null ist. Bei der Interpretation der Koeffizienten ist zu beachten, dass nur die Stärke des linearen Zusammenhangs gemessen wird.

In dieser Untersuchung werden der Korrelationskoeffizient nach *Bravais-Pearson* und der Rangkorrelationskoeffizient nach *Spearman* verwendet. Der Korrelationskoeffizient nach *Bravais-Pearson* ist bei normalverteilten intervallskalierten Variablen anwendbar. Bei nichtnormalverteilten intervallskalierten Variablen ist der Rangkorrelationskoeffizient anzuwenden (vgl. BÜHL/ZÖFEL 2002).

Regressionsanalyse

Für die Betrachtung der Komplexwirkung von verschiedenen ertragsbildenden Faktoren wird häufig das Verfahren der (multiplen) Regression herangezogen (vgl. Kapitel 3.4.2). Die Regressionsanalyse gehört zu den strukturen-prüfenden Verfahren, die eine Überprüfung der Zusammenhänge zwischen Variablen zum Ziel haben. Der Naturalertrag wird von mehreren natürlichen Faktoren beeinflusst. Es wird somit eine abhängige Variable (Naturalertrag) von mehreren unabhängigen Variablen (Klima- und Bodenparametern) beeinflusst, so dass ein multipler Regressionsansatz angewendet werden muss. Die multiple Regressionsanalyse ermöglicht sowohl qualitative als auch quantitative Aussagen. Die resultierende Regressionsgleichung eignet sich darüber hinaus für eine Schätzung der Zielgröße (Naturalertrag) in Abhängigkeit von den Einflussgrößen (Klima- und Bodenparametern). Die Regressionsrechnungen leisten einen Beitrag zur Klärung von Zusammenhängen bzw. geben Hinweise auf mögli-

che ursächliche Zusammenhänge oder grenzen bekannte Zusammenhänge quantitativ genauer ein (SCHÖNWIESE 2000, 167). Die Statistik kann jedoch nie sichere Aussagen liefern, sondern die Aussagen können nur mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit aufgestellt werden.

Einschränkungen der Regressionsanalyse ergeben sich durch die Forderung nach Unabhängigkeit der Einflussgrößen. Sind die Variablen untereinander korreliert und somit nicht orthogonal zueinander, liegt Multikollinearität vor. Die Konsequenz ist eine verminderte Präzision der Schätzwerte bei der Regressionsanalyse (vgl. BACKHAUS 2003, 88 ff. und AUER 2003, 457 ff.). Insbesondere meteorologische Größen sind innerhalb bestimmter Zeiträume oft stark miteinander korreliert (CHMIELEWSKI 1989, 25). Ein Zusammenhang kann auch zwischen einer für verschiedene Zeiträume zusammengefassten Größe auftreten.

Wenn nur für einige Beobachtungen eine lineare Beziehung zwischen den exogenen Variablen besteht, handelt es sich um einen Fall imperfekter Multikollinearität. Imperfekte Multikollinearität bedeutet keine Verletzung der Annahme für ein multiples Regressionsmodell, aber sie beeinträchtigt die Qualität der Schätzung. Es kann passieren, dass die Koeffizienten des Modells nicht mehr mit hinreichender Präzision geschätzt werden können (vgl. AUER 2003, 461 ff.). Je stärker die Korrelation zwischen den Variablen ist, umso schwerer ist der Einfluss der einzelnen unabhängigen Variablen auf die abhängige Variable auseinander zuhalten. Ein Lösungsansatz ist die Variablenreduktion: Von zwei korrelierten Variablen wird nur eine im statistischen Modell verwendet. Der Koeffizient der aufgenommenen Variablen ist allerdings verfälscht, weil er den Einfluss der vernachlässigten Variablen teilweise mitrepräsentiert. Für Prognosezwecke eignet sich dieses Verfahren gut, wenn die lineare Abhängigkeit zwischen den Variablen für die Prognose ebenfalls zutrifft (BINDER/ORTNER 1978, 39). Eine weitere Möglichkeit zur Verminderung der Multikollinearität besteht in der Verwendung von Hauptkomponenten, die mit Hilfe der Faktorenanalyse ermittelt werden. Die Faktorenanalyse wird im Folgenden besprochen.

Faktorenanalyse

Die Faktorenanalyse gehört zu den strukturen-entdeckenden Methoden, da ihr Ziel die Entdeckung von Zusammenhängen zwischen mehreren Variablen ist. Aus einer Menge von Variablen sollen Gruppen (Faktoren) gebildet werden, in denen die Variablen in ähnlicher Weise variieren und somit miteinander hoch korrelieren. Die Variablen beschreiben dadurch den gleichen Sachverhalt. Die Menge der insgesamt untersuchten Variablen wird also reduziert. Für eine anschließende Regressionsanalyse bieten die aus der Analyse resultierenden Faktoren den Vorteil, dass sie nicht oder nur gering miteinander korrelieren, d.h. sie sind weitge-

hend stochastisch unabhängig voneinander und Multikollinearitäten werden eingeschränkt (BAHRENBERG et al. 1992,199). Die Anzahl der durch die Faktorenanalyse ermittelten Faktoren soll möglichst klein sein und hinsichtlich des strukturellen Aufbaus und Zusammenhangs der Faktoren möglichst einfach sein (ÜBERLA 1971, 3). Die Faktorenanalyse gibt also die einfachste Struktur wieder, die die vorliegenden Daten genügend genau reproduziert und erklärt (ebenda, 4).

Die Faktorenanalyse erfolgt in dieser Untersuchung nach der Methode der Hauptkomponentenanalyse. Die Hauptkomponentenanalyse versucht Faktoren zu finden, mit deren Hilfe sich die gesamte Variation der ursprünglichen Datenmatrix reproduzieren lässt. Jede Variable soll sich dabei als Linearkombination dieser Faktoren darstellen lassen (BAHRENBERG et al. 1992, 206). Als Rotationsmethode wird die Varimax-Rotation verwendet. Dabei handelt es sich um eine orthogonale Rotation. Die orthogonale Rotation bietet den Vorteil, dass die Faktoren keine Korrelation untereinander aufweisen (BÜHL/ZÖFEL 2002, 484).

Die Faktorenanalyse wird bei den Klimadaten eingesetzt, um die Anzahl der Größen zur Beschreibung der klimatischen Bedingungen in Deutschland zu reduzieren (vgl. Kapitel 5.1.2). Die Faktorenanalyse bietet den Vorteil, dass die Komplexität des Klimas erhalten bleibt. Interkorrelationen zwischen den meteorologischen Variablen schränken die Untersuchung nicht ein, sondern können bei diesem Verfahren berücksichtigt werden.

Clusteranalyse

Die Clusteranalyse gehört wie die Faktorenanalyse zu den strukturen-entdeckenden Verfahren. Allerdings wird bei der Clusteranalyse nicht eine Bündelung von Variablen, sondern von Objekten vorgenommen. Das Ziel ist somit Objekte anhand ihrer Eigenschaften zu Gruppen (Clustern) zusammenzufassen, wobei die Objekte in einer Gruppe in Bezug auf diese Eigenschaften möglichst ähnlich und die Gruppen untereinander möglichst unähnlich sind (vgl. BACKHAUS 2003). Die Clusteranalyse wird für die Ermittlung von Landkreisen mit ähnlicher Bodenartenverteilung angewendet (vgl. Kapitel 6.2.1).

Die Methoden der Clusterbildung unterscheiden sich durch die Definition der Ähnlichkeit zwischen zwei Clustern, wenn wenigstens ein Cluster aus mehr als einer Raumeinheit (Objekt) besteht. In der Clusteranalyse für die Bildung der Landkreisgruppen mit ähnlichen Bodenverhältnissen wird das Complete-Linkage-Verfahren angewendet. Die Raumeinheiten zweier Cluster werden dabei paarweise anhand des Distanzmaßes miteinander verglichen. Das Distanzmaß des am weitesten entfernten Paares wird als Distanz der beiden Cluster gewählt.

Damit tendiert dieses Verfahren zur Bildung sehr kompakter und in sich homogener Cluster (BAHRENBERG et al. 1992, 284 ff.).

5 Modellansatz für die Naturalertragsschätzung in Abhängigkeit der natürlichen Standortbedingungen

Nachdem im vorherigen Kapitel die Grundlagen für die Analyse der Wirkung des Klimas auf den Reinertrag gelegt wurden, wird im fünften Kapitel der Modellansatz über den Weg der Naturalertragsschätzung, wie er in Abbildung 4.1 dargestellt ist, methodisch überprüft und versucht, diesen umzusetzen. Auf die notwendige Verbesserung der Datengrundlage für die Anwendung der Naturalertragsschätzung auf die Musterstücke wird im letzten Abschnitt dieses Kapitels eingegangen. Zunächst werden die für die Untersuchung zur Verfügung stehende Datengrundlage und deren Einbindung in ein Geoinformationssystem beschrieben.

5.1 Datengrundlage und deren Einbindung in ein Geoinformationssystem

5.1.1 Naturalerträge auf Landkreisebene

Auf Landkreisebene werden vom Statistischen Bundesamt jährlich Ertragsdaten zu den wichtigsten landwirtschaftlichen Fruchtarten veröffentlicht. Dies ist aufgrund des statistischen Erhebungsverfahrens die kleinste räumliche Einheit, für die Daten ausgewiesen werden können. Für eine Untersuchung zum Einfluss der klimatischen Bedingungen auf die Naturalerträge müssen sich die Daten auf eine über die Jahre gleich bleibende Einheit beziehen, z.B. Ertrag pro Hektar, da die Anbaufläche jährlich schwankt und damit Einfluss auf die Erntemenge (Anbaufläche x Hektarertrag = Erntemenge) hat. Die Ermittlung der Hektarerträge basiert auf den Schätzungen der Ernteberichterstatter und den auf Wiegen und Messen beruhenden, objektiven Ergebnissen der Besonderen Ernteermittlung. Trotz einzelner Schwachpunkte und Schwierigkeiten kann das System der Ertragsbestimmung insgesamt als gut und zuverlässig bezeichnet werden (vgl. KECKL 2002, RUß 1985).

In der Erntestatistik ab 1997 werden für 396 Landkreise von den insgesamt 439 Landkreisen in Deutschland Naturalerträge ausgewiesen[35]. Die Anzahl der Landkreise mit Ertragsdaten zu einzelnen Fruchtarten schwankt aufgrund der Anbauanteile an der landwirtschaftlich genutzten Fläche. Die Erträge der Fruchtarten Winterweizen, Wintergerste, Winterroggen, mittelfrühe und späte Kartoffeln, Zuckerrüben, Winterraps und Silomais (einschl. Lieschkolbenschrot) stehen allerdings für die Mehrzahl der Kreise über den Zeitraum 1997-2002 zur Verfügung. Fehlende Naturalertragsdaten in einem Jahr wurden durch den Mittelwert der angrenzenden

[35] Für einige kreisfreie Städte werden keine Naturalerträge ausgewiesen.

Landkreise ergänzt, wenn in den sechs Jahren für einen Landkreis nur eine Angabe pro Frucht fehlt.

Die Einbindung der Naturalerträge in das Geoinformationssystem erfolgt über die Verknüpfung mit den Geometrien der Landkreise, die als Vektordaten vom Bundesamt für Kartographie und Geodäsie vorliegen. In der folgenden Tabelle 5.1 sind deskriptive Kennzahlen und die Anzahl der Kreise, für die Naturalertragsdaten vorliegen, zusammen gestellt.

Tabelle 5.1: Deskriptive Kennzahlen der Hektarerträge auf Landkreisebene ausgewählter Fruchtarten in Deutschland (Durchschnitt der Jahre 1997-2002)

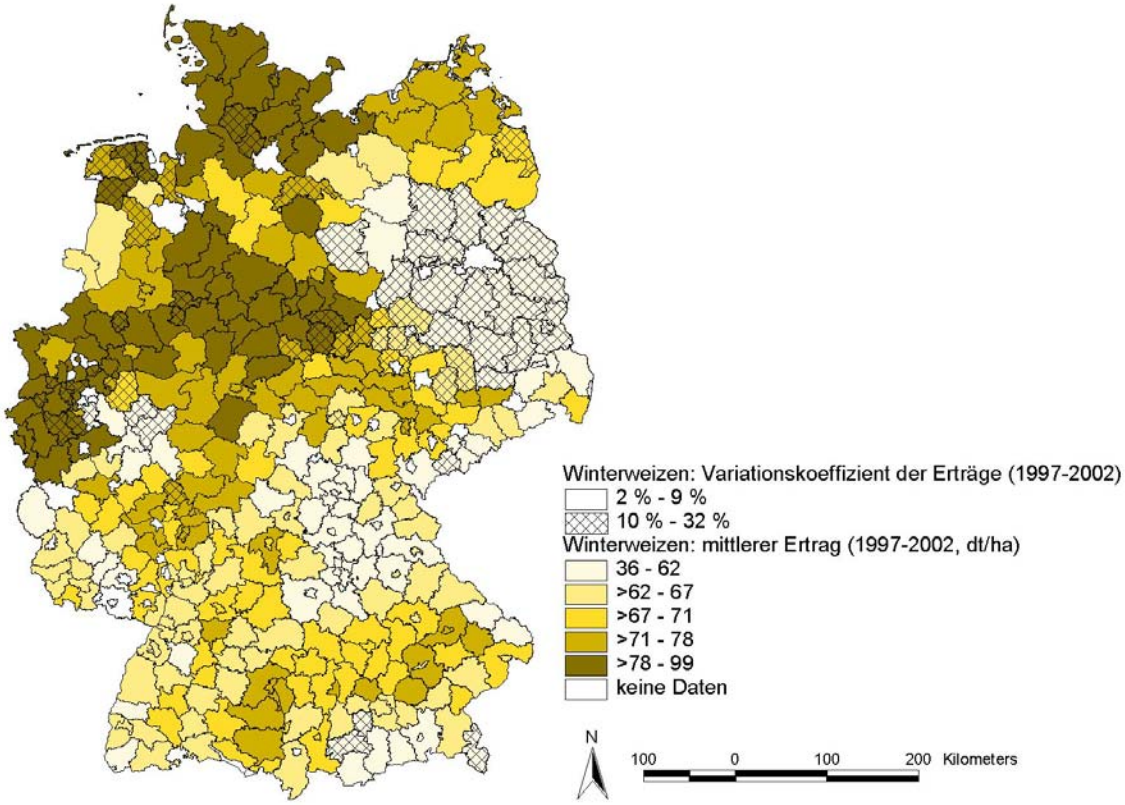
Fruchtart	Mittelwert [dt/ha]	Minimum [dt/ha]	Maximum [dt/ha]	Anzahl der Kreise	Variationsko-effizient [%]
Winterweizen	69,9	35,7	98,7	387	14,1
Winterroggen	57,0	28,5	83,6	372	17,2
Wintergerste	62,1	37,1	89,0	385	13,5
Kartoffeln*	362,5	215,4	508,2	359	13,0
Zuckerrüben	557,0	420,5	717,6	305	10,6
Winterraps	32,6	21,9	40,7	342	9,6
Silomais	452,4	284,0	578,3	373	11,5

* mittelfrühe und späte
Quelle: Eigene Berechnungen nach STATISTISCHES BUNDESAMT 1997-2002

Der prozentuale Variationskoeffizient ergibt sich aus der Standardabweichung bezogen auf den Mittelwert und erlaubt den Vergleich der Variabilität der Hektarerträge verschiedener Früchte zwischen den Landkreisen. Die geringsten Schwankungen innerhalb Deutschlands treten beim Winterraps auf. Die Wintergetreidearten schwanken hingegen am stärksten, wobei der Winterroggen mit 17,2 % die höchste Variabilität zeigt. Die räumliche Variation der Erträge wird durch natürliche Standortbedingungen wie den Boden und das Klima hervorgerufen, da von einer flächendeckenden ordnungsmäßigen Landwirtschaft bzw. angemessenen Faktorausstattung und Produktionstechnik ausgegangen werden kann.

Eine Variation der Naturalerträge lässt sich jedoch nicht nur räumlich zwischen den mittleren Erträgen der einzelnen Landkreise, sondern auch zeitlich darstellen. Die jährlichen Schwankungen auf Landkreisebene werden insbesondere durch die Jahreswitterung hervorgerufen (vgl. FRANKENBERG 1984, HANUS/AIMILLER 1978). Als Beispiel werden der mittlere Ertrag und die Variabilität der jährlichen Erträge des Winterweizens in Deutschland anhand der Karte 5.1 näher betrachtet.

Karte 5.1: Variabilität der Winterweizenerträge und der mittlere Winterweizenertrag von 1997-2002 in den Landkreisen



Quelle: Eigene Berechnungen nach STATISTISCHES BUNDESAMT 1997-2002; ATKIS®VG250, ©Bundesamt für Kartographie und Geodäsie 2003

Beim Winterweizenanbau sind besonders Landkreise in Brandenburg (BB), Sachsen-Anhalt (ST) und Nordrhein-Westfalen (NRW) von jährlichen Ertragsschwankungen betroffen. Die höchsten Variabilitäten mit mehr als 15 % sind in den Landkreisen Oder-Spree (BB), Oberhavel (BB), Wittenberg (ST), Olpe (NRW), Bitterfeld (ST), Teltow-Fläming (BB) und Rheinisch-Bergischer Kreis (NRW) zu finden. Ein geringeres Ertragsrisiko weisen im Allgemeinen Landkreise mit leichten Böden bei gleichzeitig hohem Anteil bewässerter landwirtschaftlicher Fläche auf. Dazu gehören beispielsweise die niedersächsischen Landkreise Uelzen, Lüneburg, Lüchow-Dannenberg, Gifhorn, Peine und Region Hannover. Der bundesweit mittlere Variationskoeffizient in den Landkreisen liegt für den ausgewerteten Zeitraum bei den Winterweizenerträgen mit 7,2 % neben den Silomaiserträgen mit 7,1 % am niedrigsten. Hohe Variabilität und damit Abhängigkeit der Erträge von der jährlichen Witterung ist bei den mittelfrühen und späten Kartoffeln mit 11,7 % zu finden.

Das Ertragsrisiko müsste bei der Bewertung der Böden im Rahmen der Bodenschätzung berücksichtigt werden, da die Vorzüglichkeit eines Standortes mit geringer werdender Ertragssicherheit abnimmt. Die österreichische Bodenschätzung berechnet über den Trockenindex die

Häufigkeit trockener Bedingungen in den Monaten April bis September im Zeitraum 1961-1990 für einen Standort. Standorte mit einem hohen Ertragsrisiko durch trockene Witterung erhalten einen Abschlag. Dieser Trockenindex könnte als Bewertungsmaßstab für das Ertragsrisiko auch in der deutschen Bodenschätzung eingesetzt werden. Für die Berechnung der Variabilität der klimatischen Bedingungen sind allerdings monatliche Klimadaten für die einzelnen Jahre des Zeitraums notwendig, die für diese Untersuchung nicht zur Verfügung stehen. Eine andere Möglichkeit wäre, die Naturalertragsschwankungen als Maßstab für das Ertragsrisiko heranzuziehen. Eine Zeitreihe der Erträge von 6 Jahren ist allerdings zu kurz, um Aussagen über den langfristigen Einfluss des Klimas auf das Ertragsrisiko zu treffen.

Für die weitere Untersuchung werden nur die durchschnittlichen Erträge der Periode 1997-2002 verwendet, da die Erträge einzelner Jahre stark durch die Witterung geprägt sind. Durch die Mittelwertbildung werden Ertragsschwankungen aufgrund der Witterungsverhältnisse ausgeglichen und der langfristig erzielbare Ertragsdurchschnitt ermittelt.

Neben den natürlichen Gegebenheiten wie Klima und Bodenbeschaffenheit muss in einzelnen Landkreisen die künstliche Beregnung der Früchte beachtet werden. Eine statistische Erhebung dieser Größe auf Landkreisebene findet jedoch erst seit 1998 alle 4 Jahre statt. Außerdem ist die Beregungsmenge stark von der jährlichen Witterung beeinflusst und in den Erhebungsjahren 1998 und 2002 herrschten in Deutschland relativ feuchte Bedingungen. Daher eignen sich die Erhebungen lediglich für die Aussage, ob in einem Landkreis eine größere Fläche mit landwirtschaftlichen Kulturen beregnet wird oder nicht (siehe Tabelle 5.2).

Tabelle 5.2: Umfang der Bewässerung landwirtschaftlicher Kulturen in den Bundesländern

Bundesland	Bewässerte landw. Kulturen* (Fläche in ha)		Flächenanteil bewässerter an gesamten landw. Kulturen* (in %)	
	1998	2002	1998	2002
Baden-Württemberg	6.439	5.407	0,8	0,7
Bayern	4.127	3.242	0,2	0,2
Brandenburg	3.936	7.144	0,4	0,7
Hessen	21.582	21.981	**4,4**	**4,7**
Mecklenburg-Vorpommern	3.799	4.003	0,4	0,4
Niedersachsen	116.509	86.377	**6,6**	**4,8**
Nordrhein-Westfalen	8.487	8.091	0,8	0,8
Rheinland-Pfalz	11.266	8.898	**2,9**	**2,3**
Saarland	8	6	0,0	0,0
Sachsen	271	727	0,0	0,1
Sachsen-Anhalt	7.881	26.634	0,8	2,7
Schleswig-Holstein	1.306	1.432	0,2	0,2
Thüringen	1.641	1.424	0,3	0,2
Deutschland	*187.277*	*175.522*	*1,6*	*1,5*

*Landwirtschaftliche Kulturen sind z.B. Getreide, Hackfrüchte, Hülsen- und Ölfrüchte, Futterpflanzen und Textilpflanzen (ohne Dauergrünland).
Quelle: Eigene Berechnungen nach STATISTISCHES BUNDESAMT 1998, 2002 und STATISTISCHES BUNDESAMT 1995,1999

Niedersachsen, Hessen und Rheinland-Pfalz weisen den höchsten Anteil bewässerter Fläche an der landwirtschaftlichen Fläche auf. Landkreisergebnisse liegen von diesen drei Bundesländern allerdings nur für Niedersachsen und Hessen vor (HESSISCHES STATISTISCHES LANDESAMT 1998, 2002; NIEDERSÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR STATISTIK 1998, 2002). Für die weiteren Untersuchungen sollen folgende neun Landkreise aus Niedersachsen (NI) und Hessen (H) nicht berücksichtigt werden, weil dort mehr als 10 % der Fläche mit landwirtschaftlichen Kulturen bewässert werden und der Zusammenhang zwischen den Naturalerträgen und den klimatischen Bedingungen verzerrt wird: Uelzen (NI), Lüneburg (NI), Lüchow-Dannenberg (NI), Gifhorn (NI), Region Hannover (NI), Peine (NI), Groß-Gerau (H), Darmstadt-Dieburg (H) und Bergstraße (H).

5.1.2 Ermittlung von Klimawerten für die Landkreise und Auswahl der relevanten Klimaparameter

Für die Untersuchungen können die bei der OFD Frankfurt am Main vorliegenden Klimadaten des DWD genutzt werden. Der Datenbestand umfasst die monatlichen Mittelwerte der Periode 1961-1990 für die Klimaelemente Lufttemperatur, Niederschlag, Sonnenscheindauer, Verdunstung und klimatische Wasserbilanz. Bevor die Verarbeitung und Auswahl der Daten erläutert wird, werden zunächst die Klimaelemente kurz beschrieben.

Die *Temperatur* der atmosphärischen Luft gilt als primäres Klimaelement und wird neben dem Niederschlag weltweit für viele Klimaklassifikationen (z.B. Köppen-Geiger-Klassifikation) herangezogen (SCHÖNWIESE 2003a, 237 ff). Die Lufttemperatur hängt in erster Linie von der Einstrahlung der Sonne ab und zeigt daher eine Abhängigkeit von der geographischen Breite. Weitere Einflussfaktoren sind die Entfernung zum Meer und die Höhe über dem Meeresspiegel (FUCHS et al. 1997). Die Messung erfolgt zu den so genannten Mannheimer Stunden um 7 Uhr (T_7), 14 Uhr (T_{14}) und 21 Uhr (T_{21}). Die Tagesdurchschnittstemperatur (T_m) wird nach der Formel $T_m = (T_7 + T_{14} + 2 \cdot T_{21}) / 4$ berechnet. Die Monats- und Jahresdurchschnittstemperatur ergibt sich aus dem Mittel der Tageswerte.

Neben der Temperatur ist der *Niederschlag* in der Agrarmeteorologie das wichtigste Klimaelement. Der Niederschlag wird in mm als Summe über eine Zeiteinheit angegeben. Der Messfehler beim Niederschlag ist im Gegensatz zu anderen Klimaelementen schwierig zu bestimmen, denn die Einflussfaktoren wie Wind, Exponiertheit der Messstelle und Schneeanteil variieren räumlich und zeitlich.

Die *Sonnenscheindauer* gehört zu den Standardbeobachtungen vieler Wetter- bzw. Klimamessnetze. Zur Messung dient häufig ein so genannter Sonnenscheinautograph, bei dem die Dauer der Sonneneinstrahlung durch eine Glaskugel, die auf einem Papierstreifen eine Brennspur hinterlässt, aufgezeichnet wird. Damit wird jedoch nur ein Teilaspekt der Sonneneinstrahlung erfasst (SCHÖNWIESE 2003a, 85). Die Sonnenscheindauer ist in der Regel nur eine Hilfsgröße, da die Strahlungsmessungen kompliziert sind und viele Fehler auftreten können. Mit der Ångström-Gleichung kann die Globalstrahlung aus der Sonnenscheindauer geschätzt werden (MÜLLER-WESTERMEIER et al. 2001, 5). Im Gegensatz zum Niederschlag und zur Temperatur zeigt die Sonnenscheindauer keine klare Abhängigkeit zum Relief.

Als *Verdunstung* bezeichnet man den Übergang von Wasser zu Wasserdampf bei Temperaturen unterhalb des Siedepunktes. Die Verdunstung wird wie der Niederschlag in mm angegeben und ist die Wassermenge, die vom unteren Rand der Atmosphäre, den Wasserflächen und der Landoberfläche mit ihrem Bewuchs, durch Evaporation vom Boden oder freier Wasserflächen sowie durch Transpiration der Pflanzen (zusammengefasst als Evapotranspiration bezeichnet) an die Atmosphäre abgegeben wird. Die tatsächliche Verdunstung ist neben den meteorologischen Bedingungen (Temperatur, Strahlung, Wind, Luftfeuchte) abhängig von der Bodenbeschaffenheit, dem Bewuchs und seinem pflanzenphysiologischen Zustand sowie dem verfügbaren Wasservorrat (MÜLLER-WESTERMEIER 1998). Daher wird für die Berechnung der bundesweiten Rasterdaten des DWD die so genannte Grasreferenzverdunstung zugrunde gelegt. Sie gibt als potentielle Verdunstung die Wassermenge je Zeiteinheit an, die von einer standardisierten Grasdecke auf standardisiertem Boden bei optimaler Wasserversorgung verdunstet wird, und entspricht daher nicht der tatsächlichen Verdunstung (vgl. DVWK 1996, 54 ff.).

Die *klimatische Wasserbilanz* errechnet sich aus der Differenz von Niederschlag und Wasserverdunstung, in diesem Datensatz die Grasreferenzverdunstung. Die Wasserbilanz wird wie der Niederschlag und die Verdunstung in mm angegeben. Positive Werte kennzeichnen daher einen Wasserüberschuss, negative einen Wassermangel. Aufgrund der Zunahme des Niederschlags und der Abnahme der Verdunstung mit der Höhe über Normal-Null (NN) zeigt die Wasserbilanz ebenfalls eine Zunahme mit der Höhe über NN.

Für die Beurteilung der Wirkung des Niederschlags auf das Pflanzenwachstum muss die Niederschlagshöhe in Verbindung mit anderen klimatologischen Größen, insbesondere der Temperatur, betrachtet werden. Der Trockenindex der österreichischen Bodenschätzung, der sich aus den Größen Niederschlag und Temperatur ergibt, wird für die Monate April bis Septem-

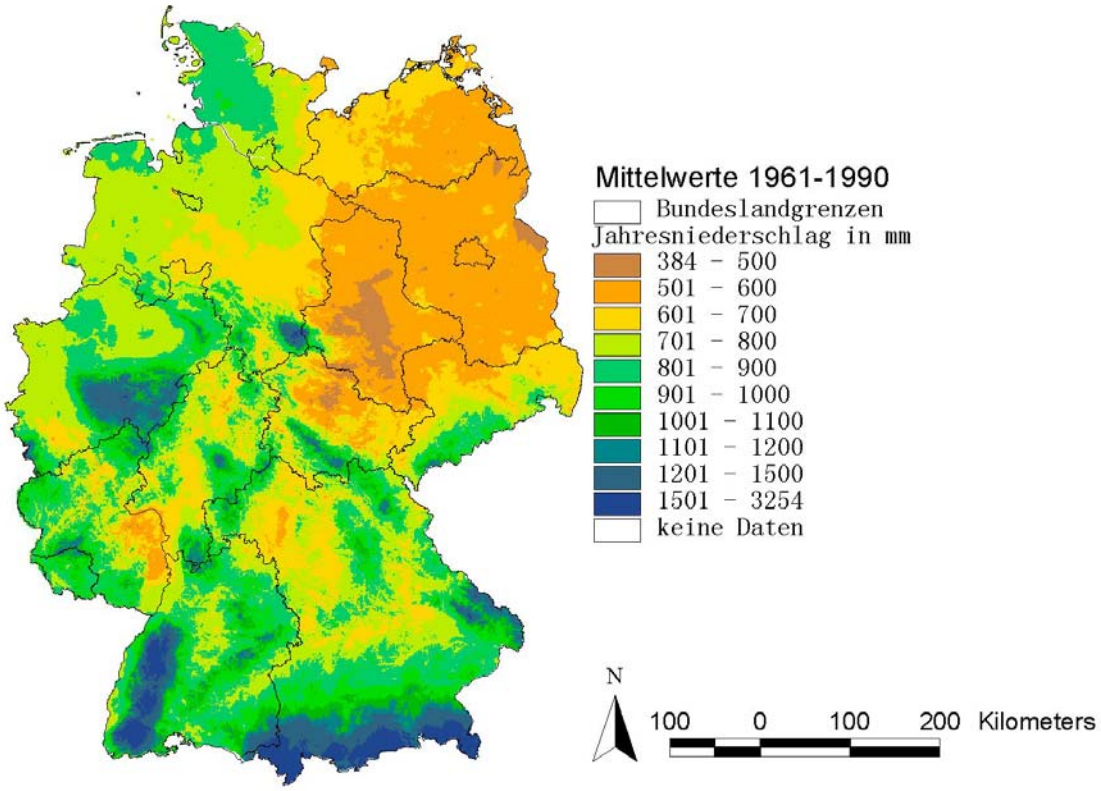
ber für jedes Jahr berechnet, so dass schließlich die Häufigkeit trockener Bedingungen in diesen Monaten über die Jahre 1961-1990 angegeben werden kann (HARLFINGER/KNEES 1999, 121). Mit den für diese Untersuchung vorliegenden Klimadaten lässt sich die Häufigkeit trockener Bedingungen nicht angeben, da als bundesweite Rasterdaten nur mittlere Monatswerte für die Periode 1961-1990 und keine Monatswerte für einzelne Jahre vorliegen. Der Trockenindex kann jedoch als mittlerer Wert über die gesamte Periode berechnet werden und trockene Gebiete kennzeichnen. Die Vorteile dieses Trockenindex liegen in der einfachen Berechnung der Größe und der Verwendung relativ einfach und sicher zu messender Elemente wie Niederschlag und Temperatur. Die Rasterwerte der einzelnen Monate können in einem GIS über mehrere Monate summiert oder Mittelwerte gebildet werden. Für die Berechnung des Trockenindex (*TI*), wie er in der österreichischen Bodenschätzung herangezogen wird, werden die Rasterwerte der Klimaelemente Lufttemperatur und Niederschlag eines Zeitraums nach folgender Formel ins Verhältnis gesetzt:

$$TI = \frac{3T}{N} * 100 \qquad (T = \text{Durchschnittstemperatur}, N = \text{Niederschlagssumme}).$$

Durch Verschneidung der Rasterdaten mit den Landkreisgrenzen in einem GIS werden Mittelwerte für jeden Landkreis ermittelt. Dabei werden in einem Landkreis allerdings nur die Rasterzellen berücksichtigt, die für das Ackerland relevant sind. Die Auswahl erfolgt durch Verschneidung der Klimadaten mit den Rasterzellen der Kategorie Ackerland der CORINE Land Cover 2000.

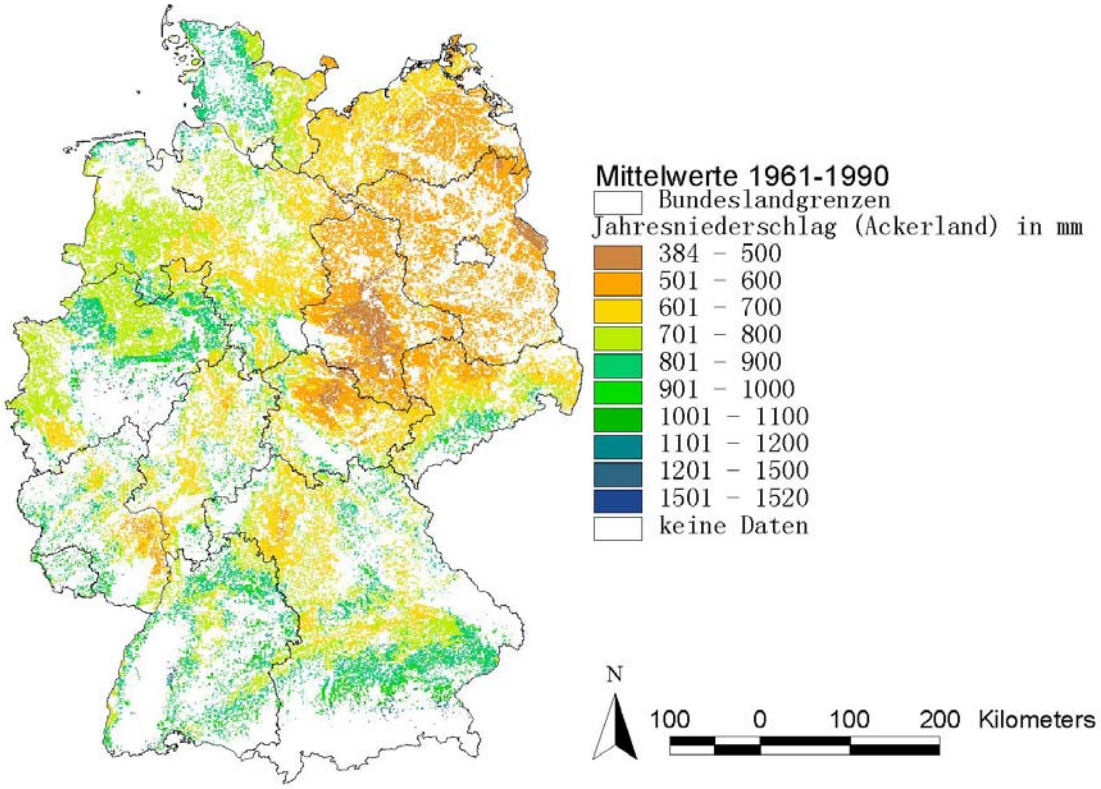
Die folgenden drei Karten stellen die einzelnen Schritte für die Berechnung der Klimawerte auf Landkreisebene am Beispiel der Mittelwerte für den Jahresniederschlag dar. Die erste Karte 5.2 enthält alle Rasterwerte in Deutschland, die zweite Karte 5.3 zeigt nur die Niederschlagswerte für die Rasterzellen, die der Kategorie Ackerland der CORINE Land Cover 2000 zugeordnet werden, und in der dritten Karte 5.4 sind die Durchschnittswerte der Rasterzellen der zweiten Karte für die Landkreise dargestellt.

Karte 5.2: Mittelwerte des Jahresniederschlags für die Periode 1961-1990 als Rasterdaten (1x1 km)



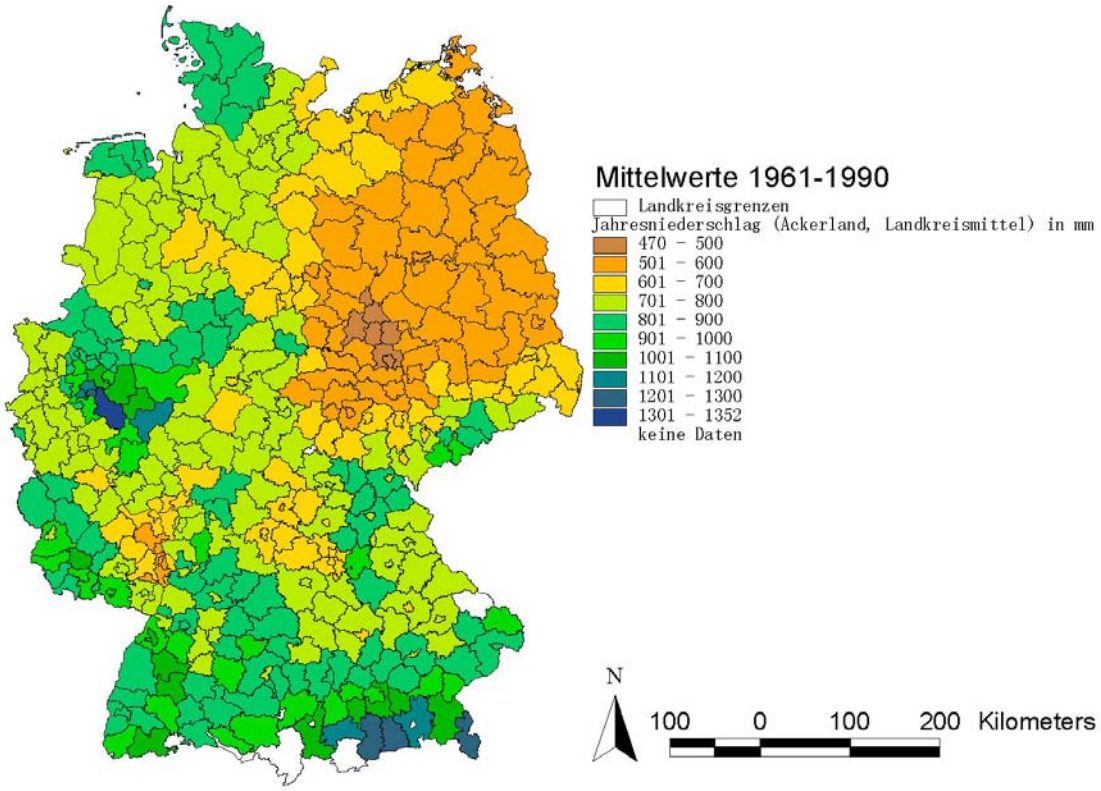
Quelle: Eigene Darstellung nach DWD 1998; ATKIS®VG250, ©Bundesamt für Kartographie und Geodäsie 2003

Karte 5.3: Mittelwerte des Jahresniederschlags für die Periode 1961-1990 in den als Ackerland klassifizierten Rasterzellen (1x1 km)



Quelle: Eigene Darstellung nach DWD 1998 und CORINE Land Cover 2000, Umweltbundesamt, DLR-DFD 2004; ATKIS®VG250, ©Bundesamt für Kartographie und Geodäsie 2003

Karte 5.4: Mittelwerte des Jahresniederschlags für die Periode 1961-1990 als Mittelwerte der als Ackerland klassifizierten Rasterzellen für die Landkreise



Quelle: Eigene Berechnungen nach DWD 1998 und CORINE Land Cover 2000, Umweltbundesamt, DLR-DFD 2004; ATKIS®VG250, ©Bundesamt für Kartographie und Geodäsie 2003

Die Mittelwerte der Klimawerte geben keine Auskunft über die Streuung der Klimawerte innerhalb eines Landkreises. Dieses ist insbesondere bei Landkreisen mit starken Höhenunterschieden des Ackerlandes negativ zu bewerten. Zwar könnte die Standardabweichung der Werte innerhalb eines Landkreises angegeben werden, aber die Ertragsdaten liegen ebenfalls nur als Mittelwert auf Landkreisebene vor. Für die weiteren Untersuchungen werden daher nur die mittleren Klimawerte der Landkreise verwendet.

Für die Aktualisierung der Bodenschätzung müssen Klimaparameter ausgewählt werden, mit denen für alle wichtigen Ackerfrüchte in Deutschland die Ertragsunterschiede erklärt werden können. Eine sorgfältige Auswahl der Klimaparameter für die Regressionsanalyse (vgl. Kapitel 5.2.1) ist notwendig, da die Klimaelemente und die Monatswerte eines Klimaelements zum Teil stark korrelieren. Dieses führt bei der Regressionsanalyse zum Problem der Multikollinearität[36]. Daher müssen die Klimaparameter auf die wesentlichen, den Ertrag bestimmenden Einflussgrößen reduziert werden. Die Auswahl erfolgt zunächst aufgrund sachlogischer Kriterien (vgl. BAUMANN/WEBER 1966, 16), die sich aus den Erfahrungen aus dem

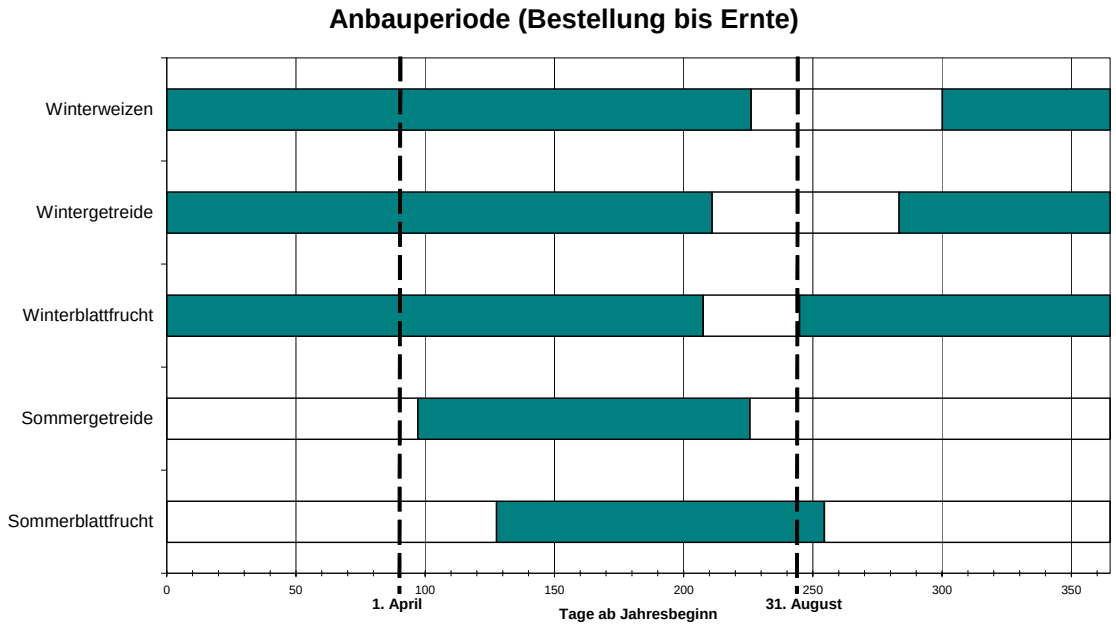
[36] Multikollinearität verursacht eine verminderte Präzision der Schätzwerte bei der Regressionsanalyse (vgl. BACKHAUS 2003 und AUER von 2003).

Pflanzenbau und der Pflanzenphysiologie ergeben. Mit dieser Auswahl werden Parameter ermittelt, die das Klima im Hinblick auf ihre Bedeutung für die Ertragsbildung von Pflanzen am besten beschreiben. Die Auswahl der Ertrag bestimmenden Klimaparameter ist bei den Winterkulturen schwieriger, weil die Vielfalt der möglichen Faktoren durch den Klimaeinfluss im Winter erheblich größer ist als bei Sommerkulturen (PFAU 1964, 23).

Die sachlogische Auswahl der Klimaparameter nach pflanzenbaulichen und pflanzenphysiologischen Gesichtspunkten für die verschiedenen Fruchtarten wird durch die simultane Betrachtung mehrerer Fruchtarten in einem großen Gebiet wie Deutschland erschwert. Zum einen haben die Früchte unterschiedliche Ansprüche an die klimatischen Bedingungen (vgl. Kapitel 3.3.3). Dies betrifft sowohl die Ausprägung der einzelnen Klimaelemente als auch den Zeitpunkt in der Entwicklung der Pflanze, zu dem ein Klimaelement auf die Pflanze wirkt. Zum anderen treten in Deutschland die phänologischen Phasen einer Frucht nicht zur gleichen Zeit im Jahr ein. Bei Verwendung von Klimawerten für einen Monat sind die Fruchtarten in einzelnen Regionen unterschiedlich entwickelt und die Wirkung des Klimas auf den Ertrag ist damit nicht einheitlich.

Die folgende Abbildung 5.1 der mittleren Anbauperiode von der Bestellung bis zur Ernte der Früchte zeigt, dass in dem Zeitraum vom 1. April bis zum 31. August alle betrachteten Fruchtarten grundsätzlich im Anbau sind und daher von den klimatischen Bedingungen beeinflusst werden. Die oben erwähnten Interaktionen und Phasenverschiebungen bzw. regionalen Unterschiede des Klimas bleiben jedoch weiterhin die Analyse erschwerend bestehen.

Abbildung 5.1: Anbauperiode (Bestellung bis Ernte) verschiedener Fruchtarten



Quelle: Eigene Darstellung unter Verwendung von Daten aus ERHARD et al. 2001

Als Ergebnis der sachlogischen Auswahl wurden die Klimaelemente Lufttemperatur, Sonnenscheindauer, klimatische Wasserbilanz und der Trockenindex für die weitere Untersuchung ausgewählt (vgl. Kapitel 3.3). Aufgrund der phänologischen Daten für Deutschland werden einheitlich für alle Früchte die Monatswerte für den Zeitraum April bis August betrachtet. Eine Ausnahme bildet die Lufttemperatur, bei der die Monatswerte für das ganze Jahr einfließen, da die thermische Kontinentalität[37] bedeutend für die Kennzeichnung der klimatischen Bedingungen in Deutschland ist.

Die sachlogische Auswahl der Klimaparameter wird durch statistische Verfahren ergänzt. Zum einen wird eine Faktorenanalyse mit der Methode der Hauptkomponentenanalyse durchgeführt. Sie dient der Bestimmung von Klimaparametern, die nicht stark miteinander korrelieren, um das Problem der Multikollinearität bei der Regressionsanalyse einzuschränken, und der Kennzeichnung der unterschiedlichen klimatischen Bedingungen in Deutschland. Zum anderen findet bei der in Kapitel 5.2.1 anschließenden Regressionsanalyse je nach Fruchtart eine weitere Parameterauswahl statt, da nicht alle Klimaparameter in das Modell aufgenommen werden, sondern nur diejenigen, die aufgrund der Korrelation mit dem Naturalertrag und der Güte des Modells maßgeblich zur Erklärung der Variation der Naturalerträge beitragen.

[37] Eine Maßzahl für Kontinentalität, die auf thermischen Größen basiert, ist die mittlere Jahresschwankung der Temperatur als maximale Differenz der mittleren Lufttemperatur zweier Monate eines Jahres (MÜLLER-WESTERMEIER et al. 2001).

In die Hauptkomponentenanalyse fließen als Variablen die zuvor ausgewählten Monatswerte der Klimaelemente ein. Es können vier Hauptkomponenten extrahiert werden. Die folgende Komponentenmatrix zeigt das Ladungsmuster nach der Rotation. Der Betrag der Faktorladung beschreibt den Zusammenhang zwischen Klimavariable und Hauptkomponente. Hohe Ladungen kennzeichnen einen starken Einfluss der Variablen, d.h. sie können vereinfachend wie Korrelationskoeffizienten (vgl. Kapitel 4.3) interpretiert werden.

Tabelle 5.3: Ladungsmuster der Hauptkomponenten

Klimavariable	Hauptkomponente			
	1	2	3	4
T_1	0,147	0,309	**0,906**	-0,179
T_2	0,053	**0,518**	**0,820**	-0,137
T_3	0,049	**0,769**	**0,595**	-0,139
T_4	0,122	**0,919**	0,334	-0,080
T_5	0,308	**0,895**	0,256	-0,006
T_6	0,383	**0,876**	0,196	0,119
T_7	0,208	**0,960**	0,106	0,121
T_8	0,327	**0,882**	0,270	0,123
T_9	0,197	**0,837**	**0,474**	0,071
T_{10}	0,253	**0,472**	**0,823**	-0,048
T_{11}	0,304	0,305	**0,889**	-0,031
T_{12}	0,259	0,263	**0,917**	-0,117
S_4	0,156	0,032	0,079	**0,931**
S_5	**0,508**	-0,159	0,085	**0,811**
S_6	0,268	-0,051	-0,143	**0,930**
S_7	-0,175	0,348	**-0,521**	**0,707**
S_8	-0,019	0,146	-0,327	**0,911**
TI_4	**0,796**	**0,437**	0,146	0,186
TI_5	**0,918**	0,072	0,212	0,125
TI_6	**0,930**	0,165	0,175	0,135
TI_7	**0,873**	0,351	-0,145	-0,039
TI_8	**0,886**	0,275	0,215	0,037
W_4	**-0,894**	-0,203	-0,142	-0,225
W_5	**-0,940**	0,039	-0,255	-0,117
W_6	**-0,936**	-0,071	-0,226	-0,130
W_7	**-0,886**	-0,327	0,071	-0,039
W_8	**-0,900**	-0,198	-0,234	-0,023

T = Lufttemperatur, S = Sonnenscheindauer, TI = Trockenindex, W = klimatische Wasserbilanz, 1-12 = Monate Januar bis Dezember.
Faktorladungen mit einem Betrag größer 0,4 sind hervorgehoben (**fett**).
Quelle: Eigene Berechnungen

Das Kaiser-Meyer-Olkin-Kriterium liegt für diese Hauptkomponentenanalyse bei 0,888 und zeigt somit an, dass substanzielle Korrelationen vorliegen und diese Analyse gerechtfertigt ist.

Die erste Hauptkomponente lädt den Trockenindex und die klimatische Wasserbilanz der Monate April bis August hoch, so dass diese Hauptkomponente als „Trockenheit im Sommerhalbjahr“ benannt werden könnte. Beide Klimaparameter kennzeichnen die Wechselbeziehung zwischen Niederschlag und Temperatur bzw. Verdunstung. Das unterschiedliche Vorzeichen der Ladungen resultiert aus der Interpretation der Parameter: ein hoher Trocken-

index und eine niedrige Wasserbilanz kennzeichnen trockene Bedingungen. Die hohe Ladung der Sonnenscheindauer auf diese Komponente deutet darauf hin, dass in trockenen Gebieten die Sonnenscheindauer im Mai höher ist.

Die zweite Hauptkomponente kann als „Temperatur im Sommerhalbjahr“ bezeichnet werden. Die mittleren Temperaturen der Monate April bis August weisen besonders hohe Werte auf. Die anderen Monate, deren Ladungen vom Betrag größer als 0,4 sind, können ebenso der dritten Hauptkomponente zugeordnet werden, die von den Temperaturen des Winterhalbjahres bestimmt wird.

Dieser dritten Komponente „Temperatur im Winter“ lassen sich eindeutig die mittleren Temperaturen der Monate November bis Januar zuordnen. Die negative und relativ hohe Ladung der Sonnenscheindauer im Juli lässt auf den Zusammenhang zwischen der Juli- und Januartemperatur bei der Beschreibung der Kontinentalität eines Gebietes schließen. Hohe Januartemperaturen, als Zeichen für milde Winter, treten häufig mit geringer Sonnenscheindauer und entsprechend niedrigen Temperaturen im Juli auf.

Eindeutig ist allerdings der Zusammenhang zwischen der mittleren Sonnenscheindauer in den Monaten April bis August mit der vierten Hauptkomponente. Diese kann somit als „Sonnenscheindauer im Sommerhalbjahr“ bezeichnet werden.

Anhand der Faktorladungen könnten für die vier Hauptkomponenten entsprechende Hauptkomponentenwerte für die einzelnen Landkreise berechnet werden. Diese Hauptkomponentenwerte ergeben sich durch Addition der Produkte aus den Faktorladungen und den entsprechenden Klimawerten eines Landkreises (BAHRENBERG et al. 1992, 226 f.). Die Hauptkomponentenwerte sind lediglich im Vergleich mit den anderen betrachteten Landkreisen aussagekräftig, da es sich um standardisierte Größen handelt, d.h. sie besitzen einen Mittelwert von 0 und eine Varianz von 1. Der Wert für einen Landkreis gibt somit die Standardabweichung vom Mittelwert aller Landkreise an. Außerdem sind für die inhaltliche Interpretation der Hauptkomponentenwerte die Faktorladungen notwendig. Die Hauptkomponentenwerte fließen daher nicht in die anschließende Regression ein.

Die Faktorenanalyse wird in dieser Untersuchung zur Strukturierung und Gruppierung der Klimaparameter sowie zur Ermittlung gering korrelierter Variablen für die Regressionsanalyse verwendet. Die Monatswerte der Klimaparameter in einem Landkreis werden durch Summieren bei den Klimaelementen Niederschlag, Sonnenscheindauer und der klimatischen Wasserbilanz sowie Mittelwertbildung bei der Temperatur in jeweils einem Wert zusammenge-

fasst. Klimaparameter, die nicht eindeutig einer Hauptkomponente zugeordnet werden können, werden dabei nicht berücksichtigt. Eine Ausnahme stellt die Sonnenscheindauer in den Monaten Mai und Juli dar. Der Trockenindex und die klimatische Wasserbilanz werden aufgrund ihrer unterschiedlichen Berechnungsweise nicht zusammengefasst.

Zusätzlich wird die Jahresniederschlagssumme in die weiteren Untersuchungen aufgenommen. Zum einen ist dies ein bedeutender Wachstumsfaktor und wird bereits in der Bodenschätzung als Bewertungskriterium herangezogen. Zum anderen fließen zwar durch die klimatische Wasserbilanz bereits Niederschlagswerte in die Analyse ein, jedoch geschieht dies nur für den Zeitraum April bis August und außerdem wird die darin ebenfalls enthaltene Verdunstung nicht direkt gemessen, sondern aus anderen Werten abgeleitet. Der Niederschlag hingegen wird an den meisten Stationen direkt gemessen. Die Jahresdurchschnittstemperatur, die derzeit ebenfalls in der Bodenschätzung berücksichtigt wird, findet sich in der mittleren Lufttemperatur der Zeiträume November bis Januar und April bis August ausreichend wieder.

Das Ergebnis der sachlogischen und statistischen Auswahl sind folgende sechs Klimaparameter, die in die anschließende Regressionsanalyse für die einzelnen Fruchtarten einfließen:

- Jahresniederschlagssumme (N_{1-12}),
- mittlere Lufttemperatur der Monate November bis Januar (T_{11-1}),
- mittlere Lufttemperatur der Monate April bis August (T_{4-8}),
- Sonnenscheindauer der Monate April bis August (S_{4-8}),
- klimatische Wasserbilanz der Monate April bis August (W_{4-8}),
- Trockenindex der Monate Mai bis August (TI_{5-8}).

Für diese Klimaparameter und 372 Landkreise sind deskriptive Kennzahlen der mittleren Werte auf Landkreisebene im Folgenden angegeben.

Tabelle 5.4: Deskriptive Kennzahlen der mittleren Werte der Klimaparameter auf Landkreisebene (nur Daten der Rasterzellen mit Ackernutzung, Periode 1961-1990)

Klimaparameter [Maßeinheit]	Mittelwert	Minimum	Maximum	Standard-abweichung
N_{1-12} [mm]	758	470	1352	143,1
T_{11-1} [°C]	1,6	-0,8	4,3	1,1
T_{4-8} [°C]	13,9	12,0	16,0	0,8
S_{4-8} [h]	961	842	1174	54,5
W_{4-8} [mm]	-35	-171	376	88,3
TI_{5-8} [°C/mm]	15,5	6,7	23,1	3,2
T_{1-12} [°C]	8,4	6,4	10,4	0,8

N = Niederschlag, T = Lufttemperatur, S = Sonnenscheindauer, W = klimatische Wasserbilanz, TI = Trockenindex, 1-12 = Monate Januar bis Dezember.
Quelle: Eigene Berechnungen unter Verwendung von Daten des DWD 1998 und ATKIS®VG250, ©Bundesamt für Kartographie und Geodäsie 2003

5.1.3 Anteile der Bodenarten am Ackerland

Die Bodenbeschaffenheit wird in der Bodenschätzung durch die Kriterien Bodenart, Zustandsstufe und Entstehung gekennzeichnet. Die Klimatabellen der Oberfinanzdirektionen und die Bodenklimakurven der österreichischen Bodenschätzung unterscheiden die Bewertung der klimatischen Bedingungen je nach Bodenart. In Deutschland wird häufig die Zustandsstufe als zweites Kriterium in den Klimatabellen in Form von Korrekturfaktoren berücksichtigt. Für die Schätzung der Naturalerträge in dieser Arbeit werden die Anteile der Bodenarten am Ackerland der Landkreise verwendet, da zum einen die Bodenart aufgrund der mit ihr verbundenen Eigenschaften in Bezug auf das Pflanzenwachstum für die Bewertung der klimatischen Bedingungen bedeutend ist (vgl. Kapitel 3.3.2). Zum anderen sind weitere Unterteilungen nach der Zustandsstufe oder Entstehung überwiegend nicht verfügbar.

Eine Voraussetzung für eine bundesweite Schätzung der Naturalerträge ist die flächendeckende Verfügbarkeit der notwendigen Daten. Ebenso wie die Naturalerträge und die Klimadaten müssen die Bodendaten auf der Ebene der Landkreise aggregiert werden. Die Klassenzeichen, in denen die Angabe zur Bodenart enthalten ist, und die Flächengröße, die mit einem Klassenzeichen bewertet wurde, sind im Liegenschaftskataster erfasst. Im automatischen Liegenschaftskataster (ALK), in dem Angaben zu den Liegenschaften digital vorliegen, sind allerdings noch nicht in allen Bundesländern die Bodenschätzungsdaten enthalten, so dass die auf Landkreisebene aggregierten Daten nicht bundesweit zur Verfügung gestellt werden können. In manchen Bundesländern ist bisher trotz der digitalisierten Daten der administrative bzw. finanzielle Aufwand für die Auswertung der Bodenschätzungsdaten für bestimmte Fragestellungen zu hoch.

Aus dem Bereich der westlichen Bundesländer konnten die Bodenartenanteile am Ackerland in den Landkreisen von Niedersachsen, Hessen, Rheinland-Pfalz und dem Saarland aus dem ALK bereitgestellt werden. Für Baden-Württemberg liegen die Daten für lediglich einen Landkreis vor. In den östlichen Bundesländern sind die Bodenartenanteile am Ackerland auf Landkreisebene flächendeckend vorhanden, da nicht auf das ALK, sondern auf Daten aus dem Datenspeicher GEMDAT (Gemeindebezogener Datenspeicher Boden) des ZALF Müncheberg e.V. zurückgegriffen werden konnte. Allerdings wurde die statistische Erhebung für die GEMDAT bereits 1975 durchgeführt und die Gemeindegrenzen wurden ebenfalls für dieses Jahr digitalisiert, so dass eine Bearbeitung der Daten im GIS für die Ermittlung der Bodenartenanteile am Ackerland auf Landkreisebene notwendig ist.

In der GEMDAT werden die damalige Gemeindeflächen, die landwirtschaftliche Nutzfläche laut Liegenschaftskataster sowie die Acker- und Grünlandfläche ausgewiesen. Eine weitere Flächenangabe ist aus der Karte der Gemeinden im GIS abzulesen. Die Angabe zur Größe der Polygone stimmt allerdings nicht immer mit der Gemeindefläche in der GEMDAT überein. Neben dieser Ungenauigkeit in den Geometrien der Gemeinden ist bei der Übertragung der GEMDAT auf die heutigen Verhältnisse zu bedenken, dass landwirtschaftliche Flächen, die z.B. durch Bergbau oder Kiesabbau in einer Gemeinde umgewidmet wurden, nur auf alle Bodenklassen umgelegt werden können, da keine Angaben zu der tatsächlichen Bodenklasse vorhanden sind. Trotz dieser Schwächen bzw. Fehler in den Daten sollen diese für die Untersuchung genutzt werden, da dieses die einzige Möglichkeit ist, Informationen über die Bodenartenanteile in allen Landkreisen der östlichen Bundesländer zu erhalten.

Die alten Gemeindeflächen der GEMDAT werden mit den aktuellen Landkreisgrenzen verschnitten. Bei der Verschneidung werden für jeden Landkreis die anteiligen Flächen der Gemeinden ausgegeben, die in diesem Landkreis ganz oder teilweise liegen. Der Anteil der Bodenarten des Ackerlandes in einem Landkreis wird durch das flächengewichtete Mittel der Gemeindeanteile ermittelt. Gemeinden, die offensichtlich durch die Ungenauigkeiten in den Geometrien in mehreren Landkreisen liegen, werden nur einem Landkreis zugeordnet. Bei der Berechnung der Anteile der Bodenarten an der Landkreisfläche wird von einer homogenen Verteilung des Ackerlandes und der Bodenarten in den Gemeinden ausgegangen. D.h. sowohl der Anteil des Ackerlandes an der landwirtschaftlichen Nutzfläche als auch die Anteile der Bodenarten am Ackerland werden als gleichmäßig auf die Gemeindefläche verteilt angenommen.

Am Beispiel des Ohrekreises in Sachsen-Anhalt können die Bodenartenanteile am Ackerland nach aktuellen Daten des Landesamts für Umweltschutz Sachsen-Anhalt und das Ergebnis der beschriebenen Berechnung aus der GEMDAT verglichen werden.

Tabelle 5.5: Gegenüberstellung der Bodenartenanteile am Ackerland im Ohrekreis nach aktuellen Daten des Landesamts für Umweltschutz Sachsen-Anhalt (LAU) und der GEMDAT

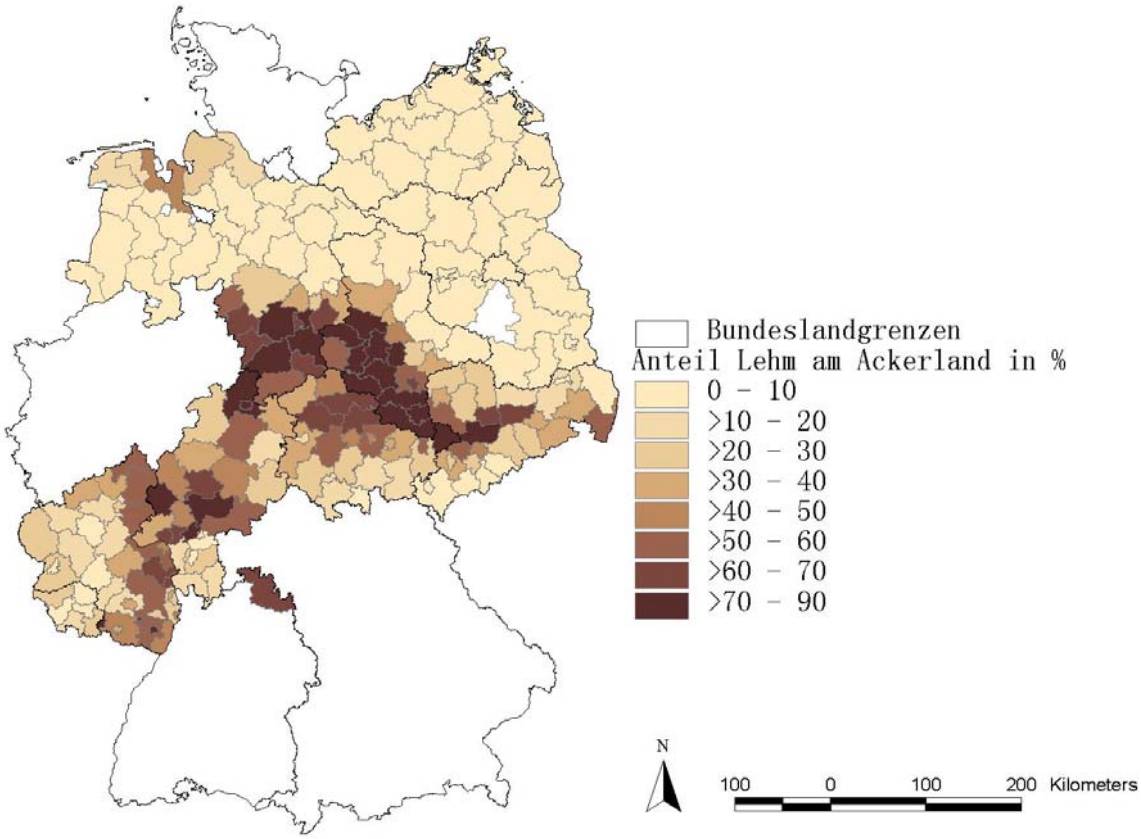
	GEMDAT (1975)	**LAU (2004)**	**Differenz**
Bodenarten	Anteile in %	Anteile in %	in Prozentpunkten
S	13,78	17,75	3,97
Sl	14,22	15,58	1,36
lS	11,84	11,23	-0,61
SL	6,75	6,21	-0,54
sL	9,05	9,37	0,32
L	39,65	35,75	-3,90
LT	3,87	3,51	-0,36
T	0,58	0,70	0,12
Mo	0,27	0,01	-0,26
Ackerfläche	82.529,38 ha	80.066,44 ha	-2.462,94 ha

Quelle: Eigene Berechnungen unter Verwendung von Daten des LAU und der GEMDAT (ZALF Müncheberg e.V.)

Der Vergleich der Bodenartenanteile aus den beiden Datenquellen weist geringfügige Differenzen auf. Diese Differenzen treten zum einen durch die Annahme der gleichmäßigen Verteilung der Bodenarten über die Fläche einer Gemeinde in der GEMDAT auf. Zum anderen hat sich seit der Erstellung der GEMDAT die Flächennutzung in den Landkreisen geändert. Dieses wird im Ohrekreis durch die Reduzierung der Ackerfläche um etwa 3 % deutlich. Der Vergleich kann nicht für weitere Landkreise vorgenommen werden, da keine weiteren aktuellen Daten zu den Bodenartenanteilen auf Landkreisebene in den östlichen Bundesländern zur Verfügung stehen. Für die Untersuchung muss daher davon ausgegangen werden, dass die GEMDAT von der Tendenz her mit der heutigen Verteilung der Bodenarten in den Landkreisen übereinstimmt.

Trotz dieser Unzulänglichkeiten des Ausgangsdatenmaterials liegen bundesweit für insgesamt 222 Land- und Stadtkreise die Bodenartenanteile am Ackerland vor. Die folgende Karte 5.5 zeigt zum einen die Landkreise, für die Angaben zu den Bodenartenanteilen ermittelt werden konnten. Zum anderen ist als Beispiel der Anteil der Bodenart Lehm am Ackerland farblich abgestuft dargestellt.

Karte 5.5: Anteil der Bodenart Lehm am Ackerland in den Landkreisen mit Bodendaten



Quelle: Eigene Berechnungen unter Verwendung von Daten der GEMDAT (ZALF Müncheberg e.V.) und des ALB, ATKIS®VG250, ©Bundesamt für Kartographie und Geodäsie 2003

Die fehlenden Informationen zur Bodenbeschaffenheit in den in Karte 5.5 erkennbaren Gebieten schränken die Untersuchung der Wirkung des Klimas auf die Ertragsfähigkeit erheblich ein. Die Naturalerträge und die Klimadaten liegen weitgehend bundesweit vor. Der Boden als Einflussfaktor auf den Naturalertrag ist allerdings zu bedeutend, um ihn zu vernachlässigen, so dass nur die Landkreise mit Bodendaten in die weitere Untersuchung einbezogen werden können. Eine bundesweite Analyse der Wirkung des Klimas auf den Reinertrag ist somit mit dieser Datengrundlage nicht möglich. Ebenfalls unberücksichtigt bleiben die Landkreise mit hohem Anteil bewässerter landwirtschaftlicher Kulturen (vgl. Kapitel 5.1.1) und Landkreise mit geringem Anteil Ackerland an der Landkreisfläche. Der Anteil des Ackerlandes an der Landkreisfläche wird mit dem Datensatz „CORINE Landcover 2000“ bestimmt. Die Abweichung dieses Anteils von dem Anteil der bei der Bodennutzungshaupterhebung ausgewiesenen Ackerfläche an der Kreisfläche beträgt im Durchschnitt aller Landkreise 5 Prozentpunkte. Daher werden Landkreise mit einem Anteil Ackerland kleiner oder gleich 5 % nicht berücksichtigt. Davon betroffen sind insbesondere Stadtkreise. Die Anzahl der letztendlich bei der anschließenden Regressionsanalysen in Kapitel 5.2.1 verwendeten Landkreise schwankt je

nach betrachteter Fruchtart, weil nicht für jeden Landkreis Hektarerträge für alle Früchte vorliegen.

Im Anhang 5 bis 8 befinden sich für die 222 Land- und Stadtkreise mit Bodendaten die Bodenartenanteile am Ackerland, die Naturalerträge und Anbauflächen der ausgewählten Früchte (vgl. Kapitel 2.5.3) sowie die Mittelwerte der Klimadaten des Ackerlandes in einem Landkreis (vgl. Kapitel 5.1.2). Diese Daten bilden zum einen die Grundlage für die Regressionsanalyse in Kapitel 5.2.1 und zum anderen für den Vergleich der Reinerträge in Kapitel 6.2.

Für eine zukünftige Verbesserung der Bodendatengrundlage ist eine Digitalisierung der Bodenschätzungsdaten aus den Liegenschaftsbüchern und –karten erforderlich. Die Arbeiten dazu haben bereits begonnen und sollen in den nächsten Jahren abgeschlossen werden. Die Basis für die Digitalisierung wurde durch entsprechende Beschlüsse der Finanz-, Innen- und Umweltminister der Länder in den Jahren 1994 und 1995 gelegt. Das automatisierte Liegenschaftskataster (ALK) der Katasterverwaltung wird dadurch die „Folie 42“ enthalten, eine Kartenebene mit den Bodenschätzungsergebnissen (vgl. Pfeiffer et al. 2003, 9). Die Auswertung dieser Karten wird dann bundesweit in einem GIS möglich sein.

5.1.4 Musterstücke der Bodenschätzung

Aufgrund der Anforderungen an eine Aktualisierung der Bodenschätzung soll das Referenzsystem in Form der Musterstücke erhalten bleiben (vgl. Kapitel 2.2), damit eine einheitliche Bewertung über alle landwirtschaftlich genutzten Flächen gewährleistet werden kann. Die vorhandenen Daten zu den Musterstücken müssen daher ebenfalls in das GIS integriert werden. In dem Programm „Must2000“ des Bundesministeriums der Finanzen liegen die Daten von 4.401 Acker- und Grünland-Musterstücken bereits digital vor. Neben den 2.902 derzeit gültigen Acker-Musterstücken sind in diesem Datenbestand Musterstücke enthalten, die zwar in dem Programm „Must2000“ beschrieben sind, aber nicht in der letzten Rechtsverordnung (BStBl I 2000, 495; BStBl I 2000, 642) enthalten und damit ungültig sind. Diese ungültigen Musterstücke werden in die Untersuchung aufgenommen, da sie hauptsächlich aufgrund einer Nutzungsänderung oder Bebauung ungültig wurden; die Bodenart, die bei dieser Untersuchung im Vordergrund steht, hat sich in der Regel nicht verändert. Der Bestand wurde um 46 Acker-Musterstücke ergänzt, die in die letzte Rechtverordnung noch nicht aufgenommen wurden, da sie vom Bewertungsbeirat nachträglich geschätzt wurden. Es stehen somit insgesamt 3.131 Datensätze für Musterstücke mit der Nutzungsart Ackerland zur Verfügung.

Für eine Verwendung und Darstellung der Daten im GIS müssen allerdings das räumliche Bezugssystem[38] und die Koordinatenangabe einheitlich und eindeutig sein. Dies ist nicht bei allen Musterstücken der Fall, so dass Transformationen und Korrekturen vorgenommen werden mussten. Die Bearbeitung der Daten zur räumlichen Lage der Musterstücke wurde insbesondere durch die fehlenden Angaben zum räumlichen Bezugssystem erschwert. Einzelne Musterstücke konnten aufgrund dieser Schwierigkeiten oder fehlender Koordinatenangaben nicht georeferenziert werden. Für eine Datenbank, die aus verschiedenen Quellen erstellt wird, sollten die Angaben einheitlich sein oder die Abweichungen dokumentiert werden. Im Hinblick auf die zunehmende Bedeutung von Geodaten sollte bei einer Überarbeitung der Musterstücks-Datenbank eine entsprechende Anpassung erfolgen, um die Nutzung der Daten zu erleichtern.

Letztlich konnten durch Anpassung und Transformation die Daten von 3.082 Musterstücken mit der Nutzungsart „Ackerland“ ins GIS übernommen werden. Dies ermöglicht die Zuordnung der Klimadaten zu den einzelnen Musterstücken, anhand derer bei der Bodenschätzung die Zu- und Abrechnungen für die klimatischen Bedingungen vorgenommen werden können. Aufgrund des Rasters von 1x1 Kilometern für die Klimadaten wirken sich geringfügige Lageungenauigkeiten, die durch die Transformation des räumlichen Bezugssystems und der Koordinaten auftreten können, in den meisten Fällen nicht auf die Zuordnung der Klimadaten und damit auf die Ergebnisse der Untersuchung aus. Die 3.082 Acker-Musterstücke verteilen sich wie folgt auf die Bodenarten und Zustandsstufen.

[38] Ein räumliches Bezugssystem ist eine Summe von Definitionen (Koordinatensystem, Passpunkte, Blattschnitte), die die Systematik des Lagebezugs räumlicher Objekte in einem Geoinformationssystem ordnen (vgl. Anhang 9).

Tabelle 5.6: Verteilung der Musterstücke auf die Bodenarten und Zustandsstufen (Anzahl der Musterstücke)

Zustandsstufe	Bodenart											
	S	Sl	lS	SL	sL	L	LT	T	Mo	Schicht-profile	∑	% der Gesamtsumme
1			2	6	7	49	4				68	2,2
2	22	20	32	26	44	131	11	3	1		290	9,4
3	94	100	108	91	149	241	34	9			826	26,8
4	155	83	128	116	157	253	72	25	1		990	32,1
5	69	35	48	75	88	167	81	51	1		615	20,0
6	16	2	21	31	30	63	45	18			226	7,3
7			1	2	6	8	5	1			23	0,7
0*	13	4	3	2		7	1			14	44	1,4
∑	369	244	343	349	481	919	253	107	3	14	3.082	100,0
% der Gesamtsumme	12,0	7,9	11,1	11,3	15,6	29,8	8,2	3,5	0,1	0,5	100,0	

* Die Zustandsstufe 0 wird bei Schichtprofilen, Neu- oder Tiefkulturen angegeben.
Quelle: Eigene Darstellung nach BMF 2000

Die Repräsentativität der Musterstücke gilt nicht für einzelne Regionen (z.B. Landkreise) in Deutschland, aber bundesweit spiegeln die Musterstücke die Anteile einzelner Böden und deren Beschaffenheit wider. Die meisten Musterstücke können der Bodenart Lehm und der Zustandsstufe 4 zugeordnet werden. Die Schichtprofile wurden als eine Gruppe behandelt, da eine eindeutige Zuordnung zu einer Bodenart nicht möglich ist. Die Zustandsstufe 0 tritt bei Schichtprofilen, Neu- oder Tiefkulturen auf.

1.706 Musterstücke, die als Ackerland geschätzt wurden, befinden sich in Landkreisen, für die auch Bodendaten im GIS vorliegen (vgl. Kapitel 5.1.3). Diese Musterstücke können in den weiteren Analysen verwendet werden. Die Verteilung dieser Musterstücke auf die Bodenarten und Zustandsstufen entspricht weitgehend der Verteilung der gesamten Acker-Musterstücke (vgl. Tabelle 5.6 und Tabelle 5.7), so dass die Zusammensetzung der Gesamtheit der Acker-Musterstücke repräsentiert wird.

Tabelle 5.7: Verteilung der Musterstücke, die in Landkreisen mit Bodendaten liegen, auf die Bodenarten und Zustandsstufen (Anzahl der Musterstücke)

Zustandsstufe	Bodenart											
	S	Sl	lS	SL	sL	L	LT	T	Mo	Schicht-profile	∑	% der Ge-samtsumme
1			2	5	3	43	3				56	3,3
2	9	11	18	16	23	77	7	3			164	9,6
3	52	61	66	48	75	120	23	6			451	26,4
4	109	52	75	67	75	126	37	12	1		554	32,5
5	53	20	30	39	56	82	26	16	1		323	18,9
6	8	1	11	18	24	28	19	4			113	6,6
7			1	1	3	1	1				7	0,4
0*	13	4	3	2		1	1			14	38	2,2
∑	244	149	206	196	259	478	117	41	2	14	1.706	100,0
% der Ge-samtsumme	14,3	8,7	12,1	11,5	15,2	28,0	6,9	2,4	0,1	0,8	100,0	

* Die Zustandsstufe 0 wird bei Schichtprofilen, Neu- oder Tiefkulturen angegeben.
Quelle: Eigene Darstellung nach BMF 2000

5.2 Überprüfung der Naturalertragsschätzung für verschiedene Fruchtarten

5.2.1 Regressionsanalyse für verschiedene Fruchtarten auf Landkreisebene

Auf der Grundlage der Naturalerträge, der Klimawerte und Bodenartenanteile am Ackerland auf Landkreisebene soll mit Hilfe der Regressionsanalyse der Zusammenhang zwischen dem Naturalertrag einer Frucht und den Klima- und Bodenparametern untersucht werden, um die Möglichkeit der Naturalertragsschätzung für die Musterstücke zu überprüfen. Da die Betrachtung der Ansprüche der Früchte an die natürlichen Standortbedingungen in Kapitel 3.3.3 eine unterschiedliche Wirkung des Klimas auf den Naturalertrag bei den untersuchten Fruchtarten vermuten lässt, werden fruchtartspezifische Regressionsmodelle geschätzt. Die Vorgehensweise für die Schätzung der klimatisch bedingten Naturalertragsunterschiede ist in der folgenden Übersicht 5.1 dargestellt.

Übersicht 5.1: Datengrundlage und Vorgehensweise für die Schätzung klimatisch bedingter Naturalertragsunterschiede

Ziel:	Schätzung klimatisch bedingter Naturalertragsunterschiede
Methode:	Regressionsanalyse
Datengrundlage:	• Hektarerträge auf Landkreisebene • Anteil der bewässerten an den gesamten landwirtschaftlichen Kulturen in den Landkreisen • durchschnittliche Klimawerte für das Ackerland der Landkreise • Bodenartenanteile am Ackerland der Landkreise • Anteil des Ackerlandes an der Landkreisfläche • Auswahl der Landkreise mit Bodendaten, weniger als 10 % bewässerte landwirtschaftliche Kulturen und mehr als 5 % Ackerland an der Kreisfläche
Vorgehensweise:	• Gewichtung der Fälle zur Berücksichtigung der unterschiedlichen Größe der Landkreise • Verwendung von Dummy-Variablen für die Bodenarten in einem Landkreis zur Berücksichtigung der Wechselwirkung zwischen Klima und Bodenbeschaffenheit • Bestimmung der räumlichen Lage der Landkreise zueinander zur Berücksichtigung räumlicher Autokorrelationen • Schätzung der Regressionsmodelle für die einzelnen Fruchtarten • Interpretation der Ergebnisse

Quelle: Eigene Zusammenstellung

5.2.1.1 Ausgewählte methodische Aspekte

5.2.1.1.1 Gewichtung von Fällen

Eine Gewichtung von Fällen wird vorgenommen, wenn die gegebene Stichprobe nicht repräsentativ für die Grundgesamtheit ist, d.h. „die Häufigkeitsverhältnisse bei den für die Repräsentativität relevanten Variablen entsprechen in der Stichprobe nicht denen in der Grundgesamtheit“ (BÜHL/ZÖFEL 2002, 187). Die für die Repräsentativität relevante Variable ist die Anbaufläche einer Frucht in einem Landkreis. Für die Gewichtung wird der Anteil der Anbaufläche einer Frucht in einem Landkreis an der gesamten Anbaufläche dieser Frucht in allen berücksichtigten Landkreisen berechnet. Ein Landkreis mit einem großen Anbauanteil erhält somit ein höheres Gewicht in der Regression. Ohne Gewichtung der Fälle würde davon ausgegangen werden, dass die Anbaufläche einer Frucht in jedem Landkreis gleich groß ist. Die fruchtartspezifischen Gewichtungsfaktoren in den Landkreisen werden nach folgender Formel berechnet:

$$Gewichtungsfaktor_{ij} = \frac{Anbaufläche_{ij}}{\sum_{j=1}^{n_i} Anbaufläche_{ij}} \cdot n_i$$

mit i = Index der i-ten Fruchtart,

j = Index des j-ten Landkreises,

n_i = Anzahl der Landkreise, in denen die i-te Fruchtart angebaut wird.

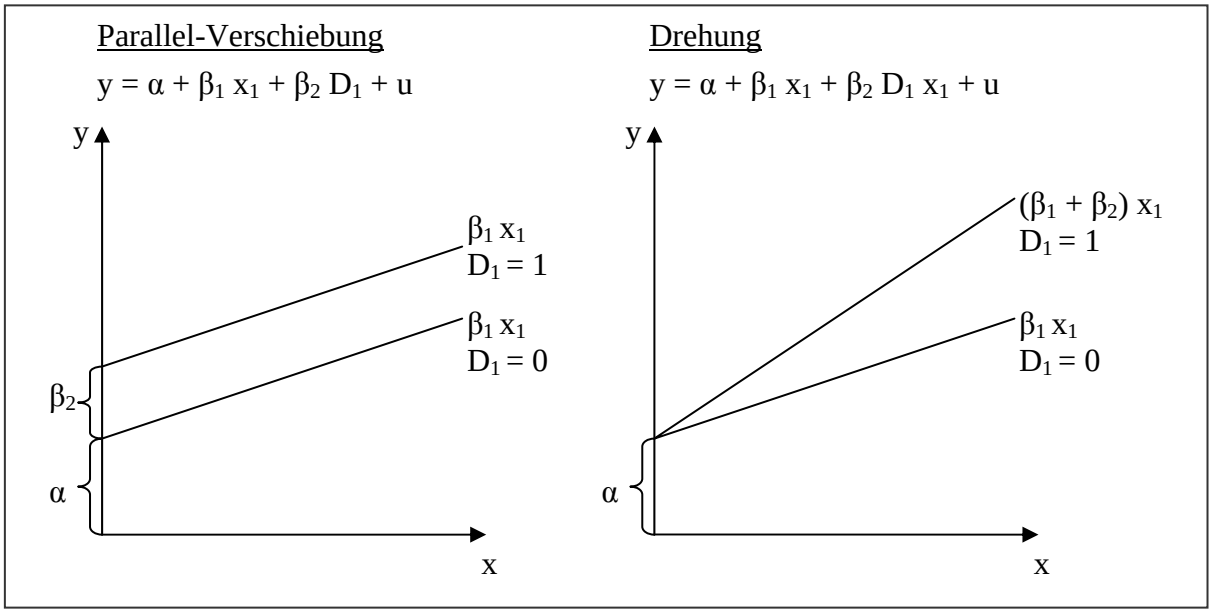
Als Datengrundlage dienen die Anbauflächen der Bodennutzungshaupterhebungen der Jahre 1995 und 1999 (STATISTISCHES BUNDESAMT 1995,1999).

5.2.1.1.2 Verwendung von Dummy-Variablen für die Bodenarten

Durch die unterschiedlichen Eigenschaften der Bodenarten z.B. in Bezug auf die Erwärmung, das Wasser- und Nährstoffspeichervermögen oder die Durchwurzelbarkeit liegt die Vermutung nahe, dass die geschätzten Regressionskoeffizienten der Klimavariablen je nach Bodenart variieren. Durch die Verwendung einer Dummy-Variablen für jede Bodenart kann dieser unterschiedliche Einfluss des Klimas auf den Naturalertrag berücksichtigt werden.

Eine Dummy-Variable ist eine „Stellvertreter"-Variable, die eine Gruppenzugehörigkeit eines Falls kennzeichnen soll. Die Dummy-Variable kann eine Änderung des Verlaufs der Regressionsgeraden bewirken. Zwei Arten der Änderung können durch unterschiedliche Verwendung der Dummy-Variable erreicht werden: Bei einer Parallel-Verschiebung ändert sich je nach Gruppenzugehörigkeit die Konstante der Regressionsgleichung. Eine Drehung der Regressionsgeraden wird durch die Änderung eines Koeffizienten einer Variablen bei einer bestimmten Gruppenzugehörigkeit hervorgerufen. Übertragen auf die Bodenarten bedeutet dieses, dass bei einer Parallel-Verschiebung das Ertragsniveau bei sonst gleichen Bedingungen je nach Bodenart unterschiedlich hoch ist. Bei einer Drehung der Regressionsgeraden ist die Wirkung einer Klimavariablen auf den Naturalertrag je nach Bodenart unterschiedlich. Die Verschiebung der Regressionsgerade durch die Verwendung von Dummy-Variablen veranschaulicht die folgende Abbildung 5.2.

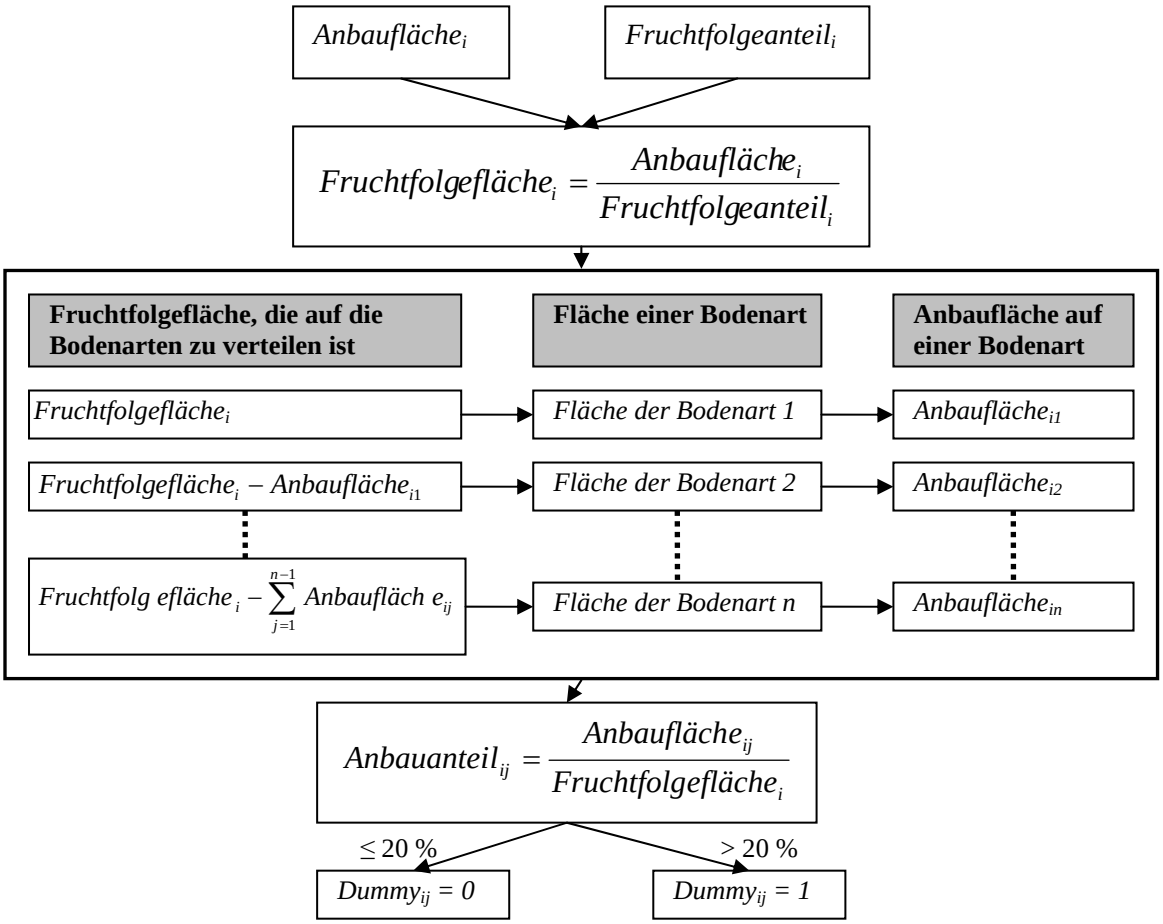
Abbildung 5.2: Graphische Darstellung der Verschiebung der Regressionsgerade bei Verwendung von Dummy-Variablen



Quelle: FRITSCH 2005

Für die Verwendung der Dummy-Variablen für die Bodenarten müssen die Naturalertragsdaten der Landkreise den Bodenarten zugeordnet werden. Durch die Heterogenität der Böden in einem Landkreis muss der Naturalertrag einer Fruchtart mehreren Bodenarten in einem Landkreis zugeordnet werden. Die Zuordnung richtet sich nach dem Anbauanteil der Frucht auf einer Bodenart in dem Landkreis. Die Vorgehensweise für die Ermittlung der Dummy-Variablen ist in der Abbildung 5.3 dargestellt und wird im folgenden Text erläutert.

Abbildung 5.3: Fruchtartspezifische Ermittlung der Dummy-Variablen für die Berücksichtigung unterschiedlicher Bodenarten auf Landkreisebene als Gruppierungskriterium in der Regressionsanalyse



i = Index der *i*-ten Fruchtart, *j* = Index der *j*-ten Bodenart, *n* = Anzahl der Bodenarten
Quelle: Eigene Darstellung

Im ersten Schritt wird die Fruchtfolgefläche berechnet, die für den Anbau einer Frucht bei Berücksichtigung des Fruchtfolgeanteils dieser Frucht in einem Landkreis genutzt wird. Die Fruchtfolgerestriktionen verhindern, dass eine Fläche nur mit einer Frucht in Monokultur bebaut wird. Für eine ausgewogene Humusbilanz, eine Beschränkung des Krankheits- und Schädlingspotentials sowie die Minderung von Bodenverdichtungen wird eine Frucht maximal bis zu einem Anteil von 33 % einer Bodenart zugeordnet. Eine Ausnahme gilt für Silomais, der aufgrund seiner hohen Selbstverträglichkeit bis maximal 50 % angebaut wird (BUCHNER 2000, 365). Auf Standorten, die für eine Frucht günstige Bedingungen bieten, können diese Anteile in der Praxis durchaus höher liegen.[39] Allerdings bleiben für die Verteilung der Anbaufläche einer Frucht auf die Flächen mit einer bestimmten Bodenart weitere

[39] Die Übersicht 6.2 in Kapitel 6.1.5 stellt die Angaben zum maximalen Anteil einer Fruchtart in der Fruchtfolge aus verschiedenen Literaturquellen zusammen, die unter Berücksichtigung der Standortbedingungen angemessen sind. Diese Angaben werden bei der Ermittlung der Reinertragsunterschiede in den Kapiteln 6.2 und 6.3 berücksichtigt.

wichtige Standortbedingungen (z.B. Klima) unberücksichtigt, so dass der maximale Anteil einer Frucht relativ niedrig gewählt wird.

Im zweiten Schritt wird die Fruchtfolgefläche einer Frucht auf die in dem Landkreis zur Verfügung stehenden Flächen mit bestimmten Bodenarten verteilt. Die Bodenarten in der oberen Abbildung 5.3 werden von 1 bis n durchnummeriert, da sich je nach Fruchtart die Rangfolge der Bodenarten für die Verteilung ändert. Die Rangfolge ergibt sich aus dem Rangkorrelationskoeffizienten zwischen dem Anbauanteil einer Frucht am Ackerland und dem Anteil einer Bodenart am Ackerland in den Landkreisen (vgl. Tabelle 5.8). Der Anbauanteil einer Frucht am Ackerland wird aus dem Durchschnitt der Anbaufläche einer Frucht und der Ackerfläche in den Jahren 1995 und 1999 berechnet (STATISTISCHES BUNDESAMT 1995, 1999). Die Anteile der Bodenarten basieren auf den Daten der Bodenschätzung, die nach den Beschreibungen in Kapitel 5.1.3 aufbereitet wurden. Hinter dieser Vorgehensweise steht die Annahme, dass eine Frucht nicht auf allen Böden, sondern nur auf den für den Anbau bevorzugten Böden angebaut wird.

Tabelle 5.8: Rangfolge für die Zuordnung der Früchte zu den Bodenarten mit Angabe des Rangkorrelationskoeffizienten nach *Spearman*

Bodenart	Winter-weizen	Roggen	Winter-gerste	Kartoffeln	Winterraps	Silomais	Zucker-rüben
S	8 -0,503	**2** **0,600**	9 -0,283	**1** **0,446**	9 -0,336	**1** **0,538**	- -0,129
Sl	7 -0,511	**1** **0,734**	7 -0,162	**2** **0,363**	8 -0,180	**2** **0,487**	6 -0,140
lS	6 -0,416	**3** **0,557**	4 0,154	**3** **0,150**	4 0,126	**3** **0,282**	5 -0,143
SL	4 -0,176	5 0,046	**1** **0,307**	6 -0,215	**1** **0,330**	5 -0,017	4 -0,293
sL	**3** **0,228**	8 -0,432	**2** **0,286**	9 -0,352	**2** **0,209**	8 -0,333	**3** **-0,061**
L	**1** **0,773**	9 -0,652	**3** **0,190**	7 -0,256	**3** **0,187**	9 -0,552	**1** **0,497**
LT	**2** **0,467**	7 -0,257	6 -0,054	8 -0,299	6 0,061	7 -0,316	**2** **0,231**
T	**3** **0,228**	6 -0,147	5 0,041	5 -0,156	5 0,085	6 -0,097	- 0,086
Mo	5 -0,301	4 0,382	8 -0,211	4 0,190	7 -0,172	4 0,272	- -0,146

Anmerkungen: Die Rangfolge entspricht bei Winterweizen und Zuckerrüben nicht exakt der Rangfolge der Korrelationskoeffizienten. Die Zahlen ab Rang 3 sind nicht ausreichend statistisch gesichert.
Quelle: Eigene Berechungen nach STATISTISCHES BUNDESAMT 1995, 1999 und Bodenartenanteilen in den Landkreisen (vgl. Kapitel 5.1.3)

Auf günstigen Standorten gedeihen nahezu alle Fruchtarten und können ihr Ertragspotential weitgehend ausschöpfen. Auf diesen Standorten werden die Unterschiede in den Ertragspotentialen in vollem Umfang deutlich. Der Anbau konzentriert sich daher aufgrund wirtschaftlicher und produktionstechnischer Erwägungen auf wenige, sehr leistungsfähige Fruchtarten.

Die Ertragsdifferenzen zwischen den Fruchtarten ändern sich mit abnehmender Standortgüte, denn die Erträge der anspruchsvollen Früchte nehmen stärker ab als die Erträge der weniger anspruchsvollen Fruchtarten, so dass letztere dann ab einem bestimmten Ertrag vorzüglicher sind. Auf sehr ungünstigen Standorten gedeihen nur noch sehr wenige anspruchslose Arten. Die größte Artenvielfalt im Anbau ist auf mittleren Standorten zu finden. Leistungsschwache Fruchtarten schöpfen ihr Ertragspotential noch weitgehend aus, während die leistungsstarken Fruchtarten trotz Ertragseinbußen konkurrenzfähig bleiben (HANUS 1997c, 600).

Im dritten Schritt werden die Anbauanteile der Frucht auf den einzelnen Bodenarten an der Fruchtfolgefläche berechnet. Für die Berücksichtigung einer Bodenart als Dummy-Variable ($Dummy_{ij} = 1$) muss mindestens 20 % der Fruchtfolgefläche der Frucht in einem Landkreis auf dieser Bodenart angebaut werden. Diese Einschränkung wird vorgenommen, da die Datengrundlage und die Disaggregation mit Unsicherheiten behaftet sind, so dass durch diese Vorgehensweise die Wahrscheinlichkeit des tatsächlichen Anbaus einer Frucht auf einer bestimmten Bodenart steigt.

Für die Untersuchung der unterschiedlichen Wirkung des Klimas auf den Ertrag bei den einzelnen Bodenarten wird nur der Trockenindex der Monate Mai bis August aufgenommen. Die Bodenarten unterscheiden sich in Bezug auf ihre Wirkung auf die Ernteerträge insbesondere durch ihre Wasserspeicherung und –leitung. Die im Boden gespeicherte Menge Wasser kann jedoch nur im Zusammenhang mit dem vorherrschenden Temperaturniveau beurteilt werden (HANUS 1997b, 108). Daher wird der Einfluss des Trockenindex im Zusammenhang mit den Bodenarten näher untersucht und gesondert in die Regressionsgleichung aufgenommen. Die Dummy-Variablen für die Bodenarten werden mit der Variable „Trockenindex der Monate Mai bis August“ multipliziert, so dass bei einer je nach Bodenart unterschiedlichen Wirkung des Trockenindex auf den Naturalertrag eine Drehung der Regressionsgeraden (vgl. Abbildung 5.2) auftritt.

5.2.1.1.3 Berücksichtigung der räumlichen Autokorrelation

Räumliche Autokorrelation bedeutet im Rahmen der Schätzung von Naturalerträgen in Abhängigkeit von natürlichen Standortbedingungen, dass die Naturalerträge und/oder die Standortbedingungen benachbarter Regionen nicht unabhängig voneinander sind. Die Folge ist, dass die geschätzten Varianzen verzerrt sind und damit die Signifikanztests nicht mehr zuverlässig sind. In der räumlichen Ökonometrie werden zwei Fälle räumlicher Autokorrelation

unterschieden: Im ersten Fall bestimmen die Merkmalsausprägungen in der Region A die Merkmalsausprägungen in der Region B (räumlicher Spillover). Im zweiten Fall weisen die angrenzenden Regionen Gemeinsamkeiten auf, die nicht hinreichend im Modell berücksichtigt sind. In beiden Fällen können die Einflüsse allerdings im linearen Regressionsmodell berücksichtigt werden. Beim Auftreten von Spillover-Effekten werden Variablen-Werte für die angrenzenden Regionen einbezogen (sog. *spatial lag model*). Weisen die angrenzenden Regionen gemeinsame Variablen wie im zweiten Fall auf, werden die Residuen-Werte (u) für die angrenzenden Regionen in die Schätzung der abhängigen Variablen Y durch die unabhängige Variable X einbezogen. Das so genannte *spatial error model* lautet dann $Y = X\beta + u$ mit $u = \lambda W u + \varepsilon$. Neben dem Korrelationskoeffizienten β wird ein Koeffizient λ für den Einfluss der räumlichen Beziehungen zwischen den Regionen geschätzt. Die räumlichen Beziehungen werden mit Hilfe einer Matrix W beschrieben. ε ist der Fehlerterm des Modells (vgl. ANSELIN/BERA 1998, 246 ff.).

Für die Berücksichtigung der Nachbarschaftsbeziehungen zwischen den Landkreisen wird eine räumlich gewichtete Distanzmatrix W erstellt. Die Distanz zweier Landkreise ergibt sich aus den Koordinaten der Schwerpunkte der Polygone im GIS. Als Nachbarn eines Landkreises werden die vier nächstgelegenen Landkreise verwendet (vgl. ANSELIN 2002, 257 ff.). Es wird also angenommen, dass nur die Residuen in diesen nächstgelegenen Landkreisen voneinander abhängig sind[40]. Für jeden Landkreis (Zeilen der Matrix) wird eine vorliegende Nachbarschaftsbeziehung zu einem anderen Landkreis (Spalten der Matrix) zunächst durch eine 1 gekennzeichnet. Anschließend wird eine Standardisierung der Zeilen vorgenommen, so dass die Zeilensumme 1 ergibt (vgl. CLIFF/ORD 1973, 11 ff., ANSELIN 1988, 16 ff.).

Zur Überprüfung, ob und welche Art der räumlichen Autokorrelation vorliegt, stehen eine Reihe von Tests zur Verfügung. Auf die fruchtartspezifischen, linearen Regressionsmodelle, die alle in Kapitel 5.1.2 ausgewählten Klimavariablen und Modellerweiterungen mit den Dummy-Variablen enthalten und mit der Methode der kleinsten Quadrate geschätzt werden, werden der Moran's I Test auf Residuenkorrelation sowie zwei robuste Lagrange-Multiplikator-Tests (RLM_{ERR}, RLM_{LAG}) angewendet (vgl. ANSELIN/BERA 1998, 265 ff.). Die LM-Tests liefern nähere Informationen über die Art der räumlichen Autokorrelation. Die robusten Varianten dieser Tests werden im Gegensatz zu den einfachen Varianten nicht durch

[40] Die Verwendung einer bestimmten Anzahl nächstgelegenen Nachbarn verhindert bei starken Größenunterschieden der Landkreisfläche (z.B. Landkreise in Mecklenburg-Vorpommern im Vergleich zu Landkreisen in Bayern), dass kleine Landkreise viele Nachbarn und große Landkreise wenige Nachbarn in der Distanzmatrix haben (vgl. ANSELIN 2002, 258).

das gleichzeitige Vorliegen der jeweils anderen Art der räumlichen Autokorrelation beeinträchtigt. Die folgende Tabelle 5.9 gibt die Ergebnisse dieser Tests für die Regressionsmodelle einzelnen Fruchtarten wieder.

Tabelle 5.9: Ergebnisse des Moran's I Tests und der robusten Lagrange-Multiplikator-Tests

Regressionsmodell für …	Moran's I	RLM_{ERR}	RLM_{LAG}
Winterweizen	6,05**	28,06**	13,79**
Winterroggen	4,86**	11,45**	0,79
Wintergerste	8,27**	50,24**	0,88
Kartoffeln	3,55**	6,13*	0,14
Zuckerrüben	5,60**	20,05**	0,01
Winterraps	9,71**	70,61**	0,15
Silomais	2,03*	1,15	0,03

* signifikant auf dem Niveau von 0,05
** signifikant auf dem Niveau von 0,01
Quelle: Eigene Berechnungen

Der Moran's I Test weist bei allen Modellen auf eine räumliche Korrelation der Residuen hin. Welche Art der räumlichen Autokorrelation vorliegt, wird durch die robusten LM-Tests deutlich. Mit Ausnahme des Modells für Silomais sind die Werte für RLM_{ERR} mindestens auf dem Niveau von 0,05 signifikant, damit wird für diese Fruchtarten ein *spatial error model* geschätzt. Für das Modell für Winterweizen lässt sich zwar ebenfalls ein signifikanter Wert für RLM_{LAG} ausweisen, aber der Wert für RLM_{ERR} liegt auf einem höheren Signifikanzniveau. Bei dem Modell für Silomais kann die Art der räumlichen Autokorrelation nicht nachgewiesen werden. Da auch nur eine relativ schwache Residuenkorrelation nach dem Moran's I Test vorliegt, wird für Silomais kein räumliches Modell geschätzt.

5.2.1.2 Regressionsmodelle und Ergebnisse

Die Regressionsanalysen für den Naturalertrag (Y) der einzelnen Fruchtarten erfolgen in zwei Blöcken. Zunächst wird für jede Fruchtart eine multiple lineare Regressionsgleichung mit den in Kapitel 5.1.2 ausgewählten Klimavariablen aufgestellt:

- Jahresniederschlagssumme (N_{1-12}),
- mittlere Lufttemperatur der Monate November bis Januar (T_{11-1}),
- mittlere Lufttemperatur der Monate April bis August (T_{4-8}),
- Sonnenscheindauer der Monate April bis August (S_{4-8}),
- klimatische Wasserbilanz der Monate April bis August (W_{4-8}),
- Trockenindex der Monate Mai bis August (TI_{5-8}).

Die resultierende Gleichung wird als Basismodell bezeichnet und hat die folgende allgemeine Form:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 N_{1\text{-}12} + \beta_2 T_{11\text{-}1} + \beta_3 T_{4\text{-}8} + \beta_4 S_{4\text{-}8} + \beta_5 W_{4\text{-}8} + \beta_6 TI_{5\text{-}8} + \beta_7 (TI_{5\text{-}8})^2 + u$$

Der Zusammenhang zwischen dem Naturalertrag und dem Trockenindex der Monate Mai bis August wird durch eine quadratische Funktion beschrieben. Sowohl für den Zusammenhang zwischen Ertrag und Wasserangebot als auch der Temperatur stellen quadratische Modelle eine geeignete Variante dar (HELWEG 1991, YIN et al. 1995). Für beide Klimaparameter wird ein Optimum erreicht und eine weitere Steigerung der Werte führt zu Ertragsminderungen. Für die Naturalerträge einiger Früchte ergibt sich in Bezug auf den Trockenindex ein signifikanter Zusammenhang mit der Variable $(TI_{5\text{-}8})^2$.

Für die Bodenarten werden anschließend lineare Erweiterungen durch Verwendung von Dummy-Variablen (D_S, D_{Sl}, D_{lS}, D_{SL}, D_{sL}, D_L, D_{LT}, D_T und D_{Mo}) vorgenommen. Dieses Vorgehen ermöglicht die Berücksichtigung abweichender Wirkungen des Trockenindex bei den Bodenarten.

Die Regressionsgleichung mit den Modellerweiterungen lautet:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 N_{1\text{-}12} + \beta_2 T_{11\text{-}1} + \beta_3 T_{4\text{-}8} + \beta_4 S_{4\text{-}8} + \beta_5 W_{4\text{-}8} + \beta_6 TI_{5\text{-}8} + \beta_7 (TI_{5\text{-}8})^2 + \gamma_0 D_S + \gamma_1 D_S TI_{5\text{-}8} + \gamma_2 D_{Sl} + \gamma_3 D_{Sl} TI_{5\text{-}8} + \gamma_4 D_{lS} + \gamma_5 D_{lS} TI_{5\text{-}8} + \gamma_6 D_{SL} + \gamma_7 D_{SL} TI_{5\text{-}8} + \gamma_8 D_{sL} + \gamma_9 D_{sL} TI_{5\text{-}8} + \gamma_{10} D_L + \gamma_{11} D_L TI_{5\text{-}8} + \gamma_{12} D_{LT} + \gamma_{13} D_{LT} TI_{5\text{-}8} + \gamma_{14} D_T + \gamma_{15} D_T TI_{5\text{-}8} + \gamma_{16} D_{Mo} + \gamma_{17} D_{Mo} TI_{5\text{-}8} + u$$

Einige Früchte werden auf bestimmten Bodenarten gar nicht oder nur in wenigen Landkreisen angebaut. Für die Regressionsanalyse bedeutet dies, dass die Dummy-Variablen für diese Bodenarten in diesem Datensatz nicht zur Erklärung der Ertragsunterschiede beitragen und auf Null gesetzt sind. Dies bedeutet nicht, dass dieses Bodenarten und der Ertrag in keinem funktionalen Zusammenhang stehen. Da jedoch das hier verfolgte Regressionsmodell stochastische und keine funktionalen Zusammenhänge beschreibt, werden diese Sonderfälle nicht in die Berechnung aufgenommen.

Für die Schätzung der Koeffizienten wird bei sechs Früchten die Maximum-Likelihood-Methode und beim Silomais die Methode der kleinsten quadratischen Abweichungen angewendet. Die Maximum-Likelihood-Methode ist aufgrund der mit dem Moran's I Test und den LM-Tests nachgewiesenen räumlichen Autokorrelation anzuwenden (ANSELIN 1988, 59 ff., vgl. Tabelle 5.9). Durch die räumliche Abhängigkeit der Residuen trifft die Modellannahme der Unabhängigkeit der Residuen für die Methode der kleinsten quadratischen Abweichungen

nicht zu und die Schätzung wäre ineffizient. Außerdem wird in diesen Regressionsmodellen $u = \lambda W u + \varepsilon$ gesetzt (vgl. Kapitel 5.2.1.1.3).

Zunächst werden die Modelle mit allen relevanten Variablen geschätzt. Variablen, die mit einer Wahrscheinlichkeit von mehr als 5 % nicht zur statistischen Erklärung der Varianz der Erträge beitragen, werden anschließend schrittweise aus dem Modell entfernt. Die so geschätzten Koeffizienten, die Standardfehler der Koeffizienten und der Residuen sowie der Koeffizient λ für den Einfluss der Nachbarschaftsbeziehungen werden in der folgenden Tabelle 5.10 dargestellt. Weiterhin sind jeweils das Minimum und das Maximum der Variablen angegeben. Die räumlichen Regressionsansätze zeichnen sich durch eine verbesserte Anpassungsqualität (vgl. AIC spatial model und AIC linear model, Zeilen 51 und 52) und hoch signifikante räumliche Koeffizienten λ aus.

Tabelle 5.10: Ergebnisse der Regressionsanalysen für die untersuchten Fruchtarten

1		Winterweizen		Winterroggen		Wintergerste		Kartoffeln[1]		Zuckerrüben		Winterraps		Silomais	
2		Koeffizient	StdErr	Koeffizient	StdErr	Koeffizient	StdErr	Koeffizient	StdErr	Koeffizient	StdErr	Koeffizient	StdErr	Koeffizient	StdErr
3	**Basismodell**														
4	Konstante	13,014	55,644	308,420***	31,463	61,640	56,313	878,128***	87,149	-557,885**	182,963	13,211	31,972	1153,249***	113,196
5	N_{1-12} [mm]	-0,061***	0,017	-0,120***	0,022	-0,988***	0,016	-0,709***	0,112			-0,053***	0,009		
6	T_{11-1} [1/10 °C]	1,045***	0,107	0,548***	0,150	0,830***	0,126	6,705***	0,593	1,379°	0,712	0,291***	0,061		
7	T_{4-8} [1/10 °C]	-0,647***	0,133	-0,714***	0,155	-0,612***	0,149			3,447***	0,741	-0,321***	0,075		
8	S_{4-8} [h]	0,035*	0,014	-0,031*	0,013	0,027*	0,013					0,034***	0,007	-0,262***	0,065
9	W_{4-8} [mm]	0,225***	0,066			0,261***	0,069	1,711***	0,218			0,168***	0,036	-1,122***	0,314
10	TI_{5-8} [°C/mm]	15,650***	4,577	-2,791*	1,095	13,380**	4,867			64,044***	17,695	7,640**	2,690	-33,964***	5,275
11	$(TI_{5-8})^2$ [(°C/mm)²]	-0,380***	0,096			-0,319**	0,104			-1,785***	0,461	-0,188**	0,058		
12	**Modellerweiterung für S (D_S=1)**														
13	Konstante			27,418**	9,770										
14	TI_{5-8} [°C/mm]			-1,920***	0,548										
15	**Modellerweiterung für Sl (D_{Sl}=1)**														
16	Konstante					-31,067*	13,250							-144,068*	61,633
17	TI_{5-8} [°C/mm]	-0,151*	0,068			1,580*	0,765					-0,282***	0,078	9,849**	3,642
18	**Modellerweiterung für lS (D_{lS}=1)**														
19	Konstante			3,447**	1,277									-107,765*	44,975
20	TI_{5-8} [°C/mm]													7,587**	2,648
21	**Modellerweiterung für SL (D_{SL}=1)**														
22	Konstante									186,857*	95,036				
23	TI_{5-8} [°C/mm]									-9,451°	5,168			1,349*	0,553
24	**Modellerweiterung für sL (D_{sL}=1)**														
25	Konstante			7,608*	3,754	2,033**	0,714								
26	TI_{5-8} [°C/mm]									-1,736***	0,455	0,087***	0,022	1,988°	1,015
27	**Modellerweiterung für L (D_L=1)**														
28	Konstante	6,227***	1,191			1,996*	0,798			246,181**	81,734				
29	TI_{5-8} [°C/mm]							1,566**	0,520	-12,396**	4,540				
30	**Modellerweiterung für LT (D_{LT}=1)**														
31	Konstante														
32	TI_{5-8} [°C/mm]	-0,201**	0,072											1,608*	0,700
33	**Modellerweiterung für T (D_T=1)**														
34	Konstante														
35	TI_{5-8} [°C/mm]													2,896**	0,910

Fortsetzung siehe nächste Seite

1		**Winterweizen**		**Winterroggen**		**Wintergerste**		**Kartoffeln**[1]		**Zuckerrüben**		**Winterraps**		**Silomais**	
2		Koeffizient	StdErr	Koeffizient	StdErr	Koeffizient	StdErr	Koeffizient	StdErr	Koeffizient	StdErr	Koeffizient	StdErr	Koeffizient	StdErr
36	**Modellerweiterung für Mo (D_{Mo}=1)**														
37	Konstante														
38	TI_{5-8} [°C/mm]														
39		**Winterweizen**		**Winterroggen**		**Wintergerste**		**Kartoffeln**[1]		**Zuckerrüben**		**Winterraps**		**Silomais**	
40	StdErr der Residuen	5,3 %		8,1 %		5,9 %		6,7 %		3,7 %		5,8 %		6,3 %	
41	mittlerer Ertrag	69,2 dt/ha		59,0 dt/ha		62,7 dt/ha		362,7 dt/ha		521,9 dt/ha		32,2 dt/ha		430,8 dt/ha	
42	Ertrag [dt/ha] Min./Max.	35,7/92,2		28,5/83,6		37,1/86,3		215,4/486,5		427,1/611,9		21,9/40,7		284,0/522,2	
43	N_{1-12} [mm] Min./Max.	470/1003		470/1003		470/1003		474/1003		470/952		470/1003		470/1003	
44	T_{11-1} [1/10 °C] Min./Max.	-2/33		-2/33		-2/33		-2/33		-1/31		-2/33		-2/33	
45	T_{4-8} [1/10 °C] Min./Max.	120/158		120/158		120/158		120/158		126/158		120/158		120/158	
46	S_{4-8} [h] Min./Max.	842/1174		842/1174		842/1174		842/1147		858/1174		842/1174		842/1174	
47	W_{4-8} [mm] Min./Max.	-171/106		-171/106		-171/106		-171/106		-171/14		-171/106		-171/106	
48	TI_{5-8} [°C/mm] Min./Max.	11/23		11/23		11/23		11/23		13/23		11/23		11/23	
49	Anzahl Landkreise	177		171		176		156		132		155		167	
50	λ	0,662***		0,456***		0,723***		0,479***		0,568***		0,633***			
51	AIC spatial model	1011,7		1052,6		1011,4		1458,9		1191,9		673,3			
52	AIC linear model	1051,6		1069,9		1076,9		1474,4		1217,8		724,6			
53	Schätzmethode und Modellart	Maximum-Likelihood-Methode, spatial error model		Maximum-Likelihood-Methode, spatial error model		Maximum-Likelihood-Methode, spatial error model		Maximum-Likelihood-Methode, spatial error model		Maximum-Likelihood-Methode, spatial error model		Maximum-Likelihood-Methode, spatial error model		Methode der kleinsten quadratischen Abweichungen, keine räumliche Autokorrelation	

StdErr = Standardfehler
[1] mittelfrühe und späte
Signifikanzniveau aufgrund des z- bzw. t-Werts: ° p = 0,1-0,05; * p = 0,05-0,01; ** p = 0,01-0,001; *** p < 0,001
AIC spatial model = Akaike Information Criterion für das spatial error model
AIC linear model = Akaike Information Criterion für das lineare Modell ohne Berücksichtigung der räumlichen Autokorrelation im Fehlerterm
Variable wurde aufgrund fehlender oder zu weniger Werte nicht in das Modell aufgenommen.
Variable wurde durch Modellreduzierung aus dem Modell genommen.

Die Wirkung einzelner Variablen auf den Naturalertrag ist aufgrund des komplexen Systems der Ertragsbildung im Zusammenhang mit den anderen Variablen zu sehen. Außerdem gelten die statistischen Beziehungen nur für die Wertebereiche der Variablen (siehe Tabelle 5.10 Zeilen 42 – 48), die durch die Stichprobe abgedeckt sind. Eine Übertragung der Ergebnisse auf andere Bedingungen wäre nur möglich, wenn die gefundenen Beziehungen kausale Gesetzmäßigkeiten darstellen würden.

Bei der Besprechung der Ergebnisse aus Tabelle 5.10 für die einzelnen Fruchtarten werden jeweils zunächst die Koeffizienten der Klimavariablen des Basismodells (Zeile 4 - 11) betrachtet. Im Basismodell geht die Bodenart als Komplexgröße ein, erst die Modellerweiterung ermöglicht die Betrachtung von Interaktionen.

Die Modelle für *Winterweizen*, *Wintergerste* und *Winterraps* setzten sich aus den gleichen Variablen und Vorzeichen der Koeffizienten zusammen. Den Ertrag steigernd wirken sich milde Temperaturen im Winter und im Sommer aus, die für maritime Klimabedingungen charakteristisch sind (vgl. SCHÖNWIESE 2003a, 231). Dieses wird durch die positiven Koeffizienten der Variable $T_{11\text{-}1}$ (Zeile 6) und die negativen Koeffizienten der Variable $T_{4\text{-}8}$ (Zeile 7) deutlich. Der gleichzeitig positive Einfluss höherer Sonnenscheindauer (Zeile 8) zeigt, dass die Monate April bis August trotz kühler Temperaturen sonnig sein sollten. In Bezug auf die Wasserversorgung wirken sich hohe Jahresniederschlagsmengen, besonders bei Wintergerste, negativ aus (Zeile 5). In den Monaten April bis August sollte die klimatische Wasserbilanz hingegen für diese drei Früchte ausreichend hoch sein, denn eine höhere Wasserbilanz wirkt sich positiv auf den Naturalertrag aus (Zeile 9). Die Koeffizienten für den Trockenindex lassen den Ertrag mit zunehmender Trockenheit zunächst bis zu einem Optimum ansteigen. Eine weitere Zunahme wirkt sich dann jedoch negativ aus (Zeilen 11).

Bei der Interpretation der Koeffizienten der Modellerweiterungen (vgl. Tabelle 5.10 Zeilen 12 – 38) muss beachtet werden, dass diese im Zusammenhang mit den entsprechenden Koeffizienten des Basismodells (Zeilen 4 – 11) stehen. Ein statistisch signifikanter Koeffizient zeigt eine Besonderheit im Zusammenhang mit der Bodenart an. Bei der Bodenart Sl ändert sich z.B. die Wirkung des Trockenindex auf den Naturalertrag im Vergleich zum Basismodell, denn durch den negativen Koeffizient für $TI_{5\text{-}8}$ (Zeile 17) beim Winterweizen und Winterraps wird der Koeffizient des Basismodells für $TI_{5\text{-}8}$ (Zeile 10) vermindert. Das Maximum der Ertragskurve wird somit bei der „leichten“ Bodenart Sl bei einem geringeren Trockenindex als im Basismodell erreicht und mit weiter ansteigender Trockenheit nimmt der Ertrag ab. Bei der Wintergerste ändert sich nicht nur der Koeffizient des Trockenindex, sondern gleich-

zeitig wird die Konstante vermindert (Zeile 16). Die Tendenz der Ertragswirkung durch die Bodenart Sl gegenüber dem Basismodell lässt sich daher bei Wintergerste nicht direkt aus den Koeffizienten ablesen. Positiven Einfluss auf das Ertragsniveau haben die nach dem Ackerschätzungsrahmen hoch bewerteten Bodenarten sL (Zeile 25) und L (Zeile 28) bei der Wintergerste und die Bodenart L (Zeile 28) beim Winterweizen. Der Winterraps zeigt beim Anbau auf sL-Böden eine etwas größere Trockenheitstoleranz als im Basismodell (Zeile 26).

Das Basismodell für den *Winterroggen* weicht von den Modellen der anderen Wintergetreidearten ab. Zum einen werden die Variablen $W_{4\text{-}8}$ und $(TI_{5\text{-}8})^2$ nicht aufgenommen (Zeilen 9 und 11). Zum anderen wirkt sich eine hohe Sonnenscheindauer negativ auf die Erträge aus (Zeile 8) und die Erträge nehmen mit zunehmender Trockenheit zwar geringfügig, aber stetig ab (Zeile 10). Da Roggen vorwiegend auf leichten und eher trockenen Standorten angebaut wird, ist der Zusammenhang der untersuchten Erträge dieser Getreideart zum Trockenindex ausschließlich negativ und nicht, wie bei den anderen beschriebenen Getreidearten, zunächst bis zu einem Maximum positiv. Die Auswirkungen trockener Bedingungen können in den Modellen für Winterweizen und Wintergerste durch den vermehrten Anbau auf Böden mit einer höheren Wasserspeicherkapazität teilweise kompensiert werden. Die Basismodelle sind daher nicht frei von Bodeneinflüssen auf den Ertrag, da die einzelnen Fruchtarten über alle Landkreise vorwiegend auf bestimmten Bodenarten angebaut werden[42]. Dieses muss bei der Interpretation der Koeffizienten einfließen. Die Modellerweiterungen in dem Modell für Winterroggen zeigen für die Bodenarten lS (Zeile 19) und sL (Zeile 25) eine positive Wirkung dieser Bodenarten auf den Ertrag. Bei Sandböden wird die Konstante ebenfalls erhöht (Zeile 13), aber der negative Einfluss des Trockenindex wird verstärkt (Zeile 14).

Der *Silomais* reagiert wie der Winterroggen ebenfalls mit stetiger Ertragsminderung auf zunehmende Trockenheit (Zeile 10) und Sonnenscheindauer (Zeile 8). Diese Gemeinsamkeit resultiert aus dem Anbau auf leichteren Böden. Die reinen Temperaturvariablen $T_{11\text{-}1}$ und $T_{4\text{-}8}$ tragen zur Erklärung der Varianz der Erträge in der Stichprobe nicht bei (Zeilen 6 und 7). Die Temperatur wirkt allerdings indirekt über die Größen des Wasserhaushalts. Der negative Koeffizient der klimatischen Wasserbilanz (Zeile 9) bestätigt die Abhängigkeit der Erträge vom ausreichenden Wasserangebot. Sämtliche in die Modellerweiterungen aufgenommenen Bodenarten mildern die negative Wirkung des Trockenindex auf den Ertrag (Zeilen 17, 20, 23,

[42] ROTH (1956, 21), der den Zusammenhang zwischen den durchschnittlichen Ackerzahlen und den Naturalerträgen auf Landkreisebene untersuchte, wies darauf hin, dass durch die Heterogenität der Böden in den Landkreisen die ertragsstarken Fruchtarten vermehrt auf den besseren Böden in einem Landkreis angebaut werden, und erklärt damit die Streuung seiner Ergebnisse.

26, 32 und 35). Auffällig ist die große Zahl signifikanter Koeffizienten in der Modellerweiterung gegenüber den andern Früchten. Dies bedeutet, dass der Trockenindex zur Erklärung der Varianz der Erträge auf den verschiedenen Böden beiträgt.

Die Erträge der *mittelfrühen* und *späten Kartoffeln* werden durch hohe Jahresniederschläge negativ beeinflusst (Zeile 5). Allerdings ist in den Monaten April bis August eine gute Wasserversorgung notwendig. Mit zunehmender klimatischer Wasserbilanz in diesen Monaten steigen die Erträge an (Zeile 9). Bei der Kartoffel spielt in der Praxis die Beregnung eine große Rolle. Zwar sind die Landkreise mit hohem Anteil bewässerter landwirtschaftlicher Kulturen nicht in die Berechnungen eingeflossen (vgl. Kapitel 5.1.1), aber die Kartoffel wird aufgrund der hohen Beregnungswürdigkeit auch in Regionen mit weniger Beregnungsfläche häufig beregnet. Die positive Wirkung der milden Wintertemperaturen (Zeile 6) ist zum einen mit der dadurch ermöglichten früheren Aussaat[43] und zum anderen mit den in maritimen Gebieten einhergehenden milden Sommertemperaturen zu begründen.

Die Erträge der *Zuckerrüben* werden durch milde Wintertemperaturen ebenfalls positiv beeinflusst (Zeile 6). Allerdings ist der Zusammenhang statistisch weniger gesichert als bei der Kartoffel. Einen großen Einfluss haben die Temperaturen von April bis August. Hohe Temperaturen erweisen sich als günstig (Zeile 7). In Bezug auf die Wasserversorgung wird Trockenheit wie bei Winterweizen nur bis zu einem gewissen Optimum toleriert. Mit weiter zunehmendem Trockenindex sinken die Erträge ab (Zeilen 10 und 11). Der Einfluss der Trockenheit ändert sich durch den Anbau auf den Lehm-Bodenarten SL (Zeile 23), sL (Zeile 26) und L (Zeile 29). Die Ergebnisse für die Bodenart SL sind jedoch statistisch weniger gesichert. Besonders die Bodenart L führt zu einer Erhöhung des Ertragsniveaus durch Änderung der Konstanten (Zeile 28).

Die Regressionskoeffizienten sind aufgrund der verschiedenen Maßeinheiten der Variablen nicht direkt miteinander zu vergleichen. Durch die Standardisierung der Regressionskoeffizienten werden die unterschiedlichen Dimensionen der Variablen eliminiert, so dass diese standardisierten Koeffizienten als Maß für die Wichtigkeit einer Variablen verwendet werden können. Allerdings kann ihre Aussagekraft durch die Korrelation zwischen den Klimavariablen stark beeinträchtigt werden. Eine Interpretation dieser Werte für einzelne Variablen und für die jeweilige Frucht soll daher nicht vorgenommen werden. Es kann jedoch festgestellt

[43] Der Rangkorrelationskoeffizient nach *Spearman* zwischen der Variablen $T_{11\text{-}1}$ und dem mittleren Zeitpunkt (Tage ab Jahresbeginn) der Saatbettbereitung bei Sommerblattfrüchten in den Landkreisen beträgt -0,461 (Quelle: Eigene Berechnung nach DWD 1998 und ERHARD et al. 2001).

werden, dass die Variablen N_{1-12}, W_{4-8}, TI_{5-8} und $(TI_{5-8})^2$ bei allen Früchten höhere standardisierte Regressionskoeffizienten aufweisen als die Temperaturvariablen und die Sonnenscheindauer.

Der Standardfehler der Residuen (vgl. Tabelle 5.10, Zeile 40) ist ein Gütemaß für die Regressionsfunktionen und gibt an, welcher mittlere Fehler bei der Verwendung der Regressionsfunktion zur Schätzung der Erträge gemacht wird. Der Vergleich der Fehler verschiedener Modelle ist durch die Angabe als prozentuale Abweichung vom Mittelwert möglich. Mit 3,7 % weist die Schätzung für den Zuckerrübenertrag die geringste mittlere Abweichung auf. Die stärkste Abweichung tritt bei der Schätzung der Roggenerträge auf. Der Fehler, der bei der Schätzung der Naturalerträge gemacht wird, ist unter anderem durch die Annahme der Einheitlichkeit natürlicher Standortbedingungen innerhalb eines Landkreises bedingt. Die Heterogenität der natürlichen Bedingungen wird durch die Abgrenzung der Landkreise bestimmt. Eine Abgrenzung nach der Maßgabe der Homogenität der natürlichen Standortbedingungen würde den Fehler zwar reduzieren (KUHLMANN et al. 2002, 364), aber dafür liegen flächendeckend nicht die notwendigen Daten vor.

Bei Änderung der Landkreisgrenzen und damit eine veränderte Aggregation der Daten wird sich der Zusammenhang zwischen Naturalertrag und Klima wahrscheinlich anders darstellen. Die Regressionskoeffizienten sind somit für verschiedene Abgrenzungen der Landkreise möglicherweise nicht stabil.

Die unterschiedlichen Koeffizienten für eine Klimavariable je nach betrachteter Fruchtart bestätigen, dass eine differenzierte Betrachtung der Früchte aufgrund ihrer unterschiedlichen Ansprüche notwendig ist. Die Ansprüche wurden bereits in Kapitel 3.3.3 auf der Grundlage von pflanzenbaulich-bodenkundlichem Wissen generell erläutert und können mit der Regressionsanalyse für die untersuchten Landkreise teilweise bestätigt und quantifiziert werden. Die Höhe der Naturalerträge lässt sich nicht an einzelnen Klimavariablen festmachen. Vielmehr sind verschiedene Klimavariablen, die untereinander in Beziehung stehen, für die Varianz der Naturalerträge verantwortlich.

Die aggregierten Landkreisdaten eignen sich allerdings nicht für die Untersuchung der Erträge auf Böden, die nur einen geringen Anteil am Ackerland eines Landkreises ausmachen und besondere Bedingungen für die Pflanzen wie Ton- oder Moorböden bieten. Der Einfluss der Bodenbeschaffenheit kann durch die unzureichende Differenzierung der Erträge nach den

Bodenarten nicht ausreichend in das Modell aufgenommen werden. Eine Verfeinerung der Datengrundlage wäre notwendig.

Als Ergebnis der Regressionsanalyse für die Aktualisierung der Bodenschätzungsergebnisse kann festgehalten werden, dass diese Methode geeignet ist, den Einfluss des Klimas auf den Naturalertrag zu quantifizieren und Naturalerträge zu schätzen. Die fruchtartspezifischen Regressionsgleichungen erlauben die Berücksichtigung der unterschiedlichen Ansprüche der Fruchtarten an die natürlichen Standortbedingungen. Die Nutzung dieser Gleichungen bzw. des methodischen Vorgehens für den in Kapitel 4.1 beschriebenen Modellansatz über den Weg der Naturalertragsschätzung für einzelne Musterstücke der Bodenschätzung soll allerdings im folgenden Kapitel 5.2.2 besprochen werden.

5.2.2 Schlussfolgerungen für die Schätzung der Naturalerträge der Musterstücke und für den Modellansatz

Die Betrachtung der Regressionsmodelle auf der Landkreisebene gibt Hinweise in Bezug auf die Erklärung von Naturalertragsunterschieden mit Hilfe von Klimavariablen für räumlich aggregierte Daten. Die Übertragung dieser Erkenntnisse auf die Ebene der punktbezogenen Musterstücke ist allerdings nicht möglich. Aus dem Verhalten der aggregierten Daten auf Landkreisebene kann nicht auf das individuelle Verhalten der Daten auf einer niedrigeren Aggregationsebene (z.B. Musterstücke) geschlossen werden. ANSELIN (2002, 261 f.) bezeichnet das Verwenden von aggregierten Daten (z.B. Landkreisdaten) für Rückschlüsse auf disaggregierte Daten (z.B. Musterstücksdaten) als „ecological fallacy problem“ und erklärt diese Vorgehensweise als nicht zulässig. Für die Verwendung der Regressionsgleichungen für die Schätzung der Naturalerträge auf den Musterstücken müssten Informationen über die Einzelwerte der in der Regression verwendeten Variablen in den Landkreisen vorliegen. Bei den Klimavariablen wäre dieses aufgrund der Rasterdaten möglich. Schwierigkeiten bereiten in diesem Zusammenhang die Naturalerträge, die ebenfalls für kleinere Einheiten als die Landkreise vorliegen müssten. Für die Übertragung auf die Musterstücke wären schlagspezifische Daten notwendig. In diesem Modell ist außerdem der Einflussfaktor Boden dafür verantwortlich, dass eine Übertragung auf die Musterstücke zu falschen Ergebnissen führen würde. Das Problem ist, dass ein Landkreis mehreren Bodenarten über die Dummy-Variablen zugeordnet wird und somit zur Erklärung der Naturalertragsvariation zwischen den Landkreisen mehrere Bodenarten gleichzeitig betrachtet werden. Die Musterstücke, für die Naturalerträge geschätzt

werden müssten, weisen allerdings immer nur eine Bodenart auf, so dass der Erklärungsbereich des Regressionsmodells verlassen wird.

Die Ergebnisse der Regressionsanalyse können zwar nicht zur Schätzung der Naturalerträge der Musterstücke herangezogen werden, aber die Regressionsanalyse hat gezeigt, dass die Methode geeignet ist, Naturalertragsunterschiede mit Hilfe der Klimavariablen zu erklären. Die Methodik ist somit bei Verfügbarkeit erweiterter und verfeinerter Daten anzuwenden. Die dabei berücksichtigten methodischen Aspekte der Gewichtung der Fälle, der Berücksichtigung der räumlichen Autokorrelation und der Integration von Dummy-Variablen für die Bodenarten sind bei einer Analyse geringer aggregierter Daten (z.B. Flurstück) ebenfalls relevant. Ebenso wie bei den Naturalerträgen der Landkreise müssten Durchschnittserträge der letzten Jahre gebildet werden, damit der Witterungseinfluss reduziert wird. Das Problem der räumlichen Autokorrelation könnte bei den Daten einzelner Ackerflächen ebenfalls auftreten. Die Heterogenität des Bodens, für den Naturalerträge erfasst werden, beeinflusst auch bei Daten einzelner Schläge den Schätzfehler für einzelne Bodenarten. Insbesondere in Gebieten mit sehr großen Schlägen, wie sie in den östlichen Bundesländern zu finden sind, kann der Ertrag nicht einer bestimmten Bodenart zugeordnet werden.

Der in Abbildung 4.1 (Kapitel 4.1) dargestellte Modellansatz kann somit hinsichtlich der verfügbaren Daten nicht in der dargestellten Form umgesetzt werden.

5.3 Verbesserung der Datengrundlage für die Anwendung des Regressionsmodells auf die Musterstücke

Der optimale Datenbestand für die Aktualisierung der Bodenschätzung wären Naturalerträge und Bewirtschaftungsmaßnahmen von Flächen mit unterschiedlichen Böden in unterschiedlichen Klimaregionen. Bereits heute bestehen Netzwerke, die einen Ansatzpunkt für eine Datengrundlage bieten.

Bundesweit erheben die statistischen Landesämter im Rahmen der Besonderen Ernteermittlung (BEE) Naturalertragsdaten einzelner Flächen. Bei manchen Früchten werden zusätzlich Qualitätsmerkmale zu den Erträgen ermittelt. Zu den Einzeldaten der BEE werden allerdings keine Bodenschätzungsergebnisse erhoben. Durch die Zusammenarbeit der statistischen Landesämter und der Finanzverwaltung könnte diese Datenverknüpfung hergestellt werden. Der Vorteil der BEE liegt in der jährlichen Erhebung der Erträge und der dazugehörigen Qualitäten. Als Nachteil ist der jährliche Wechsel der Probeflächen anzusehen, da keine lückenlosen,

langjährigen Datenreihen für einen Standort entstehen. Allerdings könnten Naturalerträge benachbarter Standorte mit ähnlichen Boden- und Klimabedingungen verrechnet werden.

Die Datenerhebung für einen festen Standort ist für die Ermittlung von Durchschnittserträgen, die die nachhaltige Ertragsfähigkeit ausdrücken, besser geeignet. In Niedersachsen werden für die ackerbaulich genutzten Bodendauerbeobachtungsflächen[44] seit einigen Jahren jährlich Ertragsdaten erhoben. Die Ertragsdaten und ebenso die Bodenschätzungsergebnisse für diese Flächen gehören allerdings nicht in allen Bundesländern zum Erhebungsstandard (vgl. SPATZ 2001). In Hessen werden die Musterstücke seit 1993 in das Programm der Bodendauerbeobachtung eingebunden (PFEIFFER et al. 2003, 43). Es werden aber keine Ertragsdaten dazu erhoben.

Einen weiteren Ansatzpunkt für den Aufbau eines Datennetzes bieten die Musterstücke der Bodenschätzung. Die notwendigen Bodenschätzungsergebnisse mit zusätzlichen Analysedaten liegen bei der Finanzverwaltung vor und der Datenbestand wird dort gepflegt. Zu diesen Flächen müssten allerdings über einen längeren Zeitraum die Ertragsdaten erfasst werden.

Bei allen angesprochenen Datenquellen ist die Erfassung kleinräumiger oder schlagspezifischer Ernteerträge aus datenschutzrechtlicher Sicht problematisch. Die Verwendung der Erträge für die Bodenschätzung müsste mit den Bewirtschaftern der Flächen vereinbart werden.

Die Methode für die Feststellung der Ertragsunterschiede aufgrund klimatischer Bedingungen könnte jedoch durch die Verfügbarkeit einer Vielzahl bundesweiter, kleinräumiger Ernteerträge verbessert werden. Die notwendigen Klimadaten liegen bereits im Raster 1 x 1 km vor. Die Bodenschätzungsdaten liegen zwar kleinräumig vor, allerdings wurden sie bisher nicht in allen Bundesländern digitalisiert. Die fortschreitende Digitalisierung der Daten lässt jedoch einen einfachen Zugriff auf diese Daten in Zukunft erhoffen.

Damit wird deutlich, dass aus gegenwärtiger Perspektive das zuvor beschriebene Regressionsmodell nicht anwendbar ist. Anhand der aufgezeigten Potenziale, die notwendigen Daten zu erhalten, kann das Regressionsmodell jedoch für eine Aktualisierung der Bodenschätzung als geeignet eingestuft werden. Soll eine baldige Aktualisierung umgesetzt werden, ist eine Anpassung des Modellansatzes an die verfügbare Datengrundlage auf Landkreisebene vorzunehmen (vgl. Kapitel 6).

[44] Bodendauerbeobachtungsflächen dienen der Erfassung von Hintergrund- bzw. Grundbelastungen der Böden sowie deren Veränderungen. Die Böden besitzen länderspezifische Repräsentanz (SPATZ 2001, 21).

6 Isolierung klimatisch bedingter Reinertragsunterschiede auf Landkreisebene und Übertragung auf die Musterstücke als Anpassung an die verfügbare Datengrundlage

Ein auf der derzeitigen Datengrundlage umsetzbares Modell muss die Isolierung des Klimaeinflusses auf den Reinertrag ermöglichen. Dieses ist dann erreichbar, wenn die nichtklimatischen Einflussfaktoren vergleichbar sind. Dieses Prinzip macht sich auch die Bodenschätzung zu nutze, in dem die Annahmen, unter denen die Bewertung der Bodenbeschaffenheit mit Hilfe des Ackerschätzungsrahmens vorgenommen wird, für alle Böden einheitlich sind (z.B. 8 °C Jahresdurchschnittstemperatur und 600 mm Jahresniederschlag). Auf der vorhandenen Datengrundlage müssen daher die Reinerträge verglichen werden, deren Unterschied ausschließlich klimatisch bedingt ist. Für den Vergleich der Reinerträge in Deutschland und die Verbindung der Reinertragsunterschiede mit den klimatischen Bedingungen muss zunächst die Datengrundlage für die Berechnung der Reinerträge aus den Naturalerträgen erweitert werden (vgl. Kapitel 6.1). Der Vergleich findet auf der Ebene der Landkreise statt, wobei die Landkreise ähnliche Bodenverhältnisse aufweisen müssen, damit die Reinertragsunterschiede auf die klimatischen Bedingungen zurückgeführt werden können (vgl. Kapitel 6.2). Der Vergleich der Naturalerträge in drei Landkreisen in der Übersicht 2.2 in Kapitel 2.3.1 zeigt, dass dieses Vorgehen für den Vergleich der Ertragsfähigkeit möglich ist.

6.1 Erweiterung der Datengrundlage für die Ermittlung von Reinerträgen

Die Berechnung des Reinertrages erfolgt anhand eines Standardbetriebs, für den die wirtschaftlichen Ertragsbedingungen gleich bleiben und nur die natürlichen Bedingungen variiert werden. Für eine Aktualisierung der Bodenschätzungsergebnisse muss ein solcher Betrieb für die heutigen Rahmenbedingungen konstruiert werden. Die dazu erforderlichen Daten werden aus der Agrarstatistik in Deutschland ermittelt. Aufgrund der unterschiedlichen Historie in den alten und neuen Bundesländern sind die Betriebsstrukturen zwischen diesen Gebieten verschieden. Diese Differenzen sind jedoch nicht in erster Linie durch die natürlichen Standortbedingungen begründet und bleiben daher bei der Konstruktion eines Standardbetriebs ungeachtet.

6.1.1 Deckungsbeiträge in Abhängigkeit vom Naturalertrag

Ausgangspunkt für die Reinertragsberechnung sind die Deckungsbeiträge einzelner Fruchtarten. Die Deckungsbeitragsrechnung ist ein Instrument der Planungsrechnung und dementsprechend mit in Zukunft erwarteten Mengen und Preisen zu unterlegen. Dieses ist im Sinne des *nachhaltig* erzielbaren Reinertrages, der nach § 36 BewG für die Ermittlung des Ertragswerts angesetzt werden soll. Allerdings ist die zukünftige Entwicklung der Mengen und Preise in der Regel ungewiss, so dass bisher erfasste Daten herangezogen werden müssen. Soweit eine Entwicklung der Mengen oder Preise in der Zukunft absehbar ist, wird sie in der Kalkulation der Deckungsbeiträge entsprechend berücksichtigt.

Variationen der Beträge einzelner Positionen der Deckungsbeitragsrechnung (vgl. Übersicht 2.8) dürfen sich nur aufgrund unterschiedlicher natürlicher Bedingungen ergeben. Somit ist eine Staffelung der Deckungsbeiträge nach der Ertragshöhe der betrachteten Fruchtarten notwendig.

Für die Deckungsbeitragsrechnung ist zunächst die Leistung einer Frucht zu ermitteln. Die Leistung ergibt sich aus der Menge des verkaufsfähigen Ernteprodukts und dem Erzeugerpreis. Bei einigen Früchten und insbesondere den Kartoffeln schwanken die Erzeugerpreise stark zwischen den Jahren. Ein Einflussfaktor ist die Erntemenge auf dem Markt, die unter anderem durch die Witterung bestimmt wird. Daher wird der in der Berechnung zu verwendende Preis als Durchschnitt aus mehreren Jahren gebildet. Die Naturalertragsdaten stammen aus den Jahren 1997 bis 2002, so dass für die meisten Früchte (siehe Tabelle 6.1) der gleiche Zeitraum für die Ermittlung der durchschnittlichen Preise herangezogen wird. Es wird davon ausgegangen, dass die Produkte direkt nach der Ernte, d.h. ohne Einlagerung über einen längeren Zeitraum, verkauft werden. Daher ergibt sich der durchschnittliche Erzeugerpreis aus den Monaten August bis Oktober.

Je nach Qualität des Ernteprodukts oder Verwertungsrichtung können für eine Fruchtart unterschiedliche Preise erzielt werden. Daher werden bei einzelnen Früchten in der Tabelle 6.1 verschiedene Erzeugerpreise ausgewiesen. Bei den Erzeugerpreisen für mittelfrühe und späte Kartoffeln sind verschiedene Verwertungsrichtungen zu unterscheiden. Für die Speisekartoffeln wird ein Mischpreis aus mehligkochenden, vorwiegend festkochenden und festkochenden Sorten gebildet. Allerdings können die Verkaufsmengen für die einzelnen Sorten nicht ermittelt werden, so dass kein gewichteter Durchschnittspreis berechnet werden kann. Für die Stärkekartoffeln werden keine Preise aus den vergangenen Jahren verwendet, sondern der ab 2005

geltende Mindestpreis inklusive der gekoppelten Stärkekartoffelprämie. Dabei wird ein einheitlicher Stärkegehalt von 18 % angenommen.

Für die Zuckerrüben werden ebenfalls zukünftige Preise angesetzt, denn die reformierte Zuckermarktordnung der EU wird zu erheblich geringeren Preisen als in den vergangenen Jahren führen. Der Zuckerrübenpreis ist vom Zuckergehalt der Rüben abhängig und wird in dieser Kalkulation mit einheitlichen 16 % angenommen, da zu den Zuckerrübenerträgen keine Zuckergehalte ausgewiesen werden.

Die Erzeugerpreise für Brot- und Futterroggen ergeben sich aus den Marktpreisen der Jahre 1997 bis 2002. Zwar entfällt ab dem Wirtschaftsjahr 2004/2005 die Intervention bei Roggen, aber eine zukünftige Prognose für die Erzeugerpreise ist im Gegensatz zu den Stärkekartoffeln und Zuckerrüben aufgrund der Marktbeeinflussung beim Roggen nicht möglich. Durch Züchtungsfortschritte und Ausbau von Verwertungsrichtungen (Rohstoff für Bioethanol, Futtermittel in der Schweinemast und Rinderkraftfutter) kann der aus dem Wegfall der Intervention resultierende Preisverfall möglicherweise aufgefangen werden (ROGGENFORUM E.V. 2005).

Der Wert für Silomais ergibt sich in einem landwirtschaftlichen Betrieb aus der ökonomischen Verwertung in der Tierproduktion. Soll in einer Deckungsbeitragsrechnung für Silomais die Leistung berücksichtigt werden, muss eigentlich dieser innerbetriebliche Veredlungswert berechnet werden (KÖHNE 2000, 555 f.). Allerdings wird durch die Veredlung des Silomaises in der Tierproduktion ein Mehrwert geschaffen, der mit der Ertragsfähigkeit der Böden nicht in direktem Zusammenhang steht. Die Veredlung der anderen Ackerfrüchte bleibt ebenfalls außer Betracht. Daher wird für den Silomais ein Wiederbeschaffungswert für fertige Silage angesetzt.

Zu den Nettopreisen werden 9 % Umsatzsteuer gerechnet, da die Mehrzahl der landwirtschaftlichen Betriebe die Möglichkeit der Pauschalierung der Umsatzsteuer nach § 24 Umsatzsteuergesetz in Anspruch nimmt (STATISTISCHES BUNDESAMT 2002).

Tabelle 6.1: Erzeugerpreise der Früchte

Produkt	Erzeugerpreis (Euro/dt)
Qualitätsweizen	12,68 [1]
Weichweizen zur Brotherstellung	11,75 [1]
Futterweizen	11,08 [1]
Brotroggen	10,85 [1]
Futterroggen	9,85 [1,2]
Futtergerste	10,78 [1]
Raps (00-Qualität)	21,86 [1]
Speisekartoffeln (mittelfrühe und späte Sorten)	9,78 [1,3]
Stärkekartoffeln (18 % Stärke)	4,69 [4]
Zuckerrüben (A-Rüben/B-Rüben)	3,21/3,14 [5]
Silomais	18,65 Euro/GJ NEL [6]

[1] Durchschnitt der Monate August bis Oktober der Jahre 1997-2002, inkl. 9 % Umsatzsteuer (Pauschalbesteuerung nach § 24 UStG)
[2] Preisnotierungen nur aus den neuen Bundesländern
[3] Mischpreis aus mehligkochenden, vorwiegend festkochenden und festkochenden Sorten
[4] Mindestpreis bei 18 % Stärke inkl. gekoppelte Stärkekartoffelprämie ab 2005
[5] Kalkulierte Preise nach der Reform der Zuckermarktordnung: Absenkung des Zuckerrübenmindestpreises ab 2005 um 25 % und ab 2007 um weitere 12 % (AMELUNG 2005, 20; ANONYM 2005, 9)
[6] Wiederbeschaffungspreis für fertige Silage (Durchschnitt 1998-2004)

Quellen: ZMP, LWK Nordrhein-Westfalen, LWK Hannover, ABl. 2003 L 339

Die Erzeugerpreise beziehen sich auf eine bestimmte Qualität des Ernteprodukts. Für die Naturalerträge, die das Statistische Bundesamt herausgibt, liegen allerdings keine Qualitätsangaben vor. Preisdifferenzierungen aufgrund der Qualität müssen bei der Bodenschätzung berücksichtigt werden, wenn die Qualitätsunterschiede durch natürliche Standortbedingungen verursacht werden. Für Winterweizen können mit Hilfe der Sortenangabe zu den Probeschnitten der Besonderen Ernte- und Qualitätsermittlung (BEE) die Anbauanteile von Qualitätsweizen in den Bundesländern geschätzt werden (BMVEL 1998-2003). Qualitätsangaben auf Landkreisebene stehen nicht zur Verfügung.

Tabelle 6.2: Anbauanteile von Qualitätsweizen in % des Winterweizens in den Bundesländern (Durchschnitt 1998-2003)

Bundesland	E-Weizen [%]	A-Weizen [%]	Qualitätsweizen (E + A) [%]
Nordrhein-Westfalen	0,3	15,0	15,3
Schleswig-Holstein	1,3	15,5	16,8
Niedersachsen	2,0	26,7	28,6
Hessen	5,1	28,5	33,5
Rheinland-Pfalz	11,7	32,5	44,2
Baden-Württemberg	12,4	33,9	46,2
Bayern	9,2	41,2	50,4
Saarland	9,1	47,9	57,0
Mecklenburg-Vorpommern	23,6	39,3	62,9
Brandenburg	24,7	43,1	67,8
Sachsen-Anhalt	27,7	48,0	75,7
Sachsen	21,5	57,5	79,0
Thüringen	41,6	39,7	81,3
Deutschland	14,1	33,5	47,6

Quelle: Eigene Berechnungen nach BMVEL (1998-2003)

Bei den Winterweizenpreisen werden Qualitätsweizen (E- und A-Weizen), Weichweizen zur Brotherstellung und Futterweizen unterschieden. Mit Hilfe der in der oberen Tabelle 6.2 verwendeten Daten können allerdings die Anteile von Weichweizen zur Brotherstellung und Futterweizen nur mit großer Unsicherheit geschätzt werden. Daher kann trotz der Erzeugerpreisdifferenz zwischen Brotweizen und Futterweizen keine Unterteilung vorgenommen werden. Für den Anteil des Winterweizens, der nach der Tabelle 6.2 nicht zum Qualitätsweizen gerechnet wird, wird der Erzeugerpreis für Weichweizen zur Brotherstellung unterstellt (vgl. Tabelle 6.1).

Beim Winterroggen werden die Preise nach Brot- und Futterroggen unterschieden. Eine Unterteilung der Anbauanteile nach Regionen wird jedoch nicht vorgenommen, sondern mit einem pauschalen Brotroggenanteil von 40 % gerechnet (LWK HANNOVER und WESER-EMS 1998-2003).

Die mittelfrühen und späten Kartoffeln werden bei der Deckungsbeitragsrechnung in Speise- und Stärkekartoffeln unterteilt. Daten für Veredlungs- oder Pflanzkartoffeln liegen nicht vor. Die Anteile der Speise- und Industriekartoffeln (für die Herstellung von Stärke, Alkohol und Ernährungsprodukten) werden je nach Bundesland unterschieden und entsprechend bei der Deckungsbeitragsberechnung berücksichtigt.

Tabelle 6.3: Anteile von Speise- und Industriekartoffeln in % an den mittelfrühen und späten Kartoffeln in den Bundesländern (1997-2003)

Bundesland	Anteil Speisekartoffeln [%]	Anteil Industriekartoffeln* [%]
Baden-Württemberg	84,0	15,9
Bayern	42,0	58,0
Brandenburg	25,6	74,4
Hessen	85,8	13,9
Mecklenburg-Vorpommern	16,4	83,6
Niedersachsen	26,9	72,1
Nordrhein-Westfalen	53,8	46,1
Rheinland-Pfalz	91,1	8,9
Saarland	95,2	6,7
Sachsen	72,3	27,8
Sachsen-Anhalt	34,3	65,6
Schleswig-Holstein	57,2	42,5
Thüringen	71,3	28,4
Deutschland	38,2	61,8

* Für die Herstellung von Stärke, Alkohol und Ernährungsprodukten.
Quelle: Eigene Berechnungen nach ZMP 2003, 25 f.

Bis zum Anbaujahr 2004 mussten die öffentlichen Direktzahlungen, die an die Produktion der Früchte gekoppelt war, in die Deckungsbeitragsrechnung einbezogen werden. Mit der Reform der Gemeinsamen Agrarpolitik wurde für das Jahr 2005 die weitgehende Entkopplung der

Direktzahlungen von der Produktion beschlossen. Die öffentlichen Zahlungen müssen daher erst auf der Betriebsebene einkalkuliert werden (vgl. Kapitel 6.1.4).

Von den Leistungen einer Frucht müssen die variablen Kosten der Produktion abgezogen werden. Der Umfang und die Zusammensetzung der variablen Kosten hängen von der Fruchtart, dem Ertragsniveau, den Qualitätsanforderungen an das Ernteprodukt und von den natürlichen Faktoren Boden und Witterung bzw. Klima ab (REISCH et al. 1995, 187). Die Witterung in einzelnen Jahren beeinflusst neben dem Ertragsniveau und der Qualität des Ernteprodukts auch die variablen Kosten (z.B. Kosten für Pflanzenschutzmittel und Trocknung). Daher müssen die mittleren variablen Kosten aus mehreren Jahren berechnet werden. Die Landwirtschaftskammern Hannover und Weser-Ems veröffentlichen gemeinsam jährlich ertragsabhängige Richtwert-Deckungsbeiträge, zu denen die variablen Kosten ausgewiesen werden. Diese Datensammlung eignet sich für die Untersuchung, da die klimatischen Bedingungen in Niedersachsen etwa dem Bundesdurchschnitt entsprechen[45], die durchschnittlich bewirtschaftete landwirtschaftliche Ackerfläche der niedersächsischen Betriebe[46] dem bundesweiten Durchschnitt der Testbetriebe mit der Betriebsform Ackerbau[47] entspricht und der Betriebsmittelaufwand auf allgemeinen Beratungsempfehlungen der Landwirtschaftskammer Hannover basiert, die einer ordnungsgemäßen Bewirtschaftung unter Einhaltung der guten fachlichen Praxis entsprechen (LWK HANNOVER und WESER-EMS 2003, 7). Die Veröffentlichungen der Jahre 1998 bis 2003 werden für die weiteren Berechnungen herangezogen. Der Betriebsmitteleinsatz ist für die einzelnen Früchte in Abhängigkeit vom Naturalertrag ausgewiesen und in den Betriebsmittelpreisen ist die produktspezifische Umsatzsteuer enthalten.

Für die variablen Maschinenkosten wird bei den meisten Früchten eine Arbeitserledigung mit eigenen Maschinen unterstellt. Die Auslastung der Maschinen liegt unterhalb der Abschreibungsschwelle, so dass die Abschreibung der Maschinen nicht zu den variablen Kosten gerechnet wird. Die Maschinenkosten basieren auf den Angaben des Kuratoriums für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (KTBL). Bei den Zuckerrüben und dem Silomais wird für die Erntearbeiten der Einsatz von Lohnmaschinen unterstellt. Die Kosten ergeben sich aus Lohnunternehmer- bzw. Maschinenringsätzen. Für die durchschnittliche Schlaggröße werden

[45] Die Jahresdurchschnittstemperatur und die Jahresniederschlagssumme für die Periode 1961-1990 betragen 8,6 °C und 743 mm in Niedersachsen. In Deutschland beträgt die Jahresdurchschnittstemperatur 8,4 °C und der Jahresniederschlag 745 mm.

[46] Die landwirtschaftlichen Haupterwerbsbetriebe mit der Betriebsform Ackerbau des Testbetriebsnetzes in Niedersachsen bewirtschaften durchschnittlich 108,9 ha landwirtschaftliche Ackerfläche (BMVEL 2004b, 46).

[47] Die landwirtschaftlichen Haupterwerbsbetriebe mit der Betriebsform Ackerbau des Testbetriebsnetzes in Deutschland bewirtschaften durchschnittlich 100,8 ha landwirtschaftliche Ackerfläche (BMVEL 2004b, 17).

5 ha und für die durchschnittliche Hof-Feld-Entfernung 2 km angenommen (LWK HANNOVER UND WESER-EMS 2003, 8).

Ein Zinsanspruch für das durchschnittlich gebundene Kapital wird aufgrund der Definition des Reinertrages nicht berücksichtigt (vgl. Kapitel 2.5.1).

Mit steigendem Naturalertrag nimmt die Leistung in der Deckungsbeitragsrechnung zu. Einen Überblick zur angenommenen Entwicklung der variablen Kosten und des Deckungsbeitrages bei den verschiedenen Früchten und steigendem Naturalertrag gibt die folgende Übersicht 6.1.

Übersicht 6.1: Tendenz der Änderung der variablen Kosten mit zunehmendem Naturalertrag

	Winter-weizen	Winter-gerste	Winter-roggen	Winter-raps	Zucker-rüben	Silomais	Kartoffeln*
Direktkosten							
• Saatgut	→	→	↑	↑	→	→	→
• Düngung	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑
• Pflanzenschutz	↑	↑	↑	→	→	→	→
• Versicherung	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑
• Bodenuntersuchung, Folie, Sonstiges	→	→	→	→	→	↑	→
var. Maschinenkosten	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑
Lohnmaschinen	-	-	-	-	↑	↑	-
Deckungsbeitrag	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑

* mittelfrühe und späte
Quelle: Eigene Darstellung nach LWK HANNOVER UND WESER-EMS 1998-2003

Eine Anpassung der variablen Kosten an unterschiedliche natürliche Standortbedingungen erfolgt ausschließlich über die Naturalertragshöhe. Höhere Erträge werden in der Regel infolge der höheren Anbauintensität mit höheren Kosten erzielt. Kostenunterschiede, die aus Bearbeitungsschwierigkeiten oder zusätzlich notwendigen Aufwendungen oder Investitionen rühren, bleiben außer Acht. Ein Beispiel sind die Kosten für künstliche Bewässerung. Durch die fehlende Berücksichtigung dieser Kosten werden die Kosten bei einem Naturalertrag, der auf einem Standort nur mit Bewässerung realisierbar ist, unterschätzt. Die Kosten für die Bewässerung wären zwar kalkulierbar, aber die Naturalertragsdaten sind nicht entsprechend gekennzeichnet, um eine Zuordnung der Bewässerungskosten zu einem Standort vorzunehmen. Zwar werden die Naturalerträge in Landkreisen mit einem bedeutenden Anteil bewässerter landwirtschaftlicher Kulturen nicht in die Untersuchung einbezogen (vgl. Kapitel 5.1.1), aber insbesondere bei den bewässerungswürdigen Früchten Zuckerrüben und Kartoffeln können die Deckungsbeiträge an Standorten mit Bewässerung durch diese Vorgehensweise verzerrt sein.

Die variablen Kosten der Richtwert-Deckungsbeiträge der Landwirtschaftskammern Hannover und Weser-Ems werden für einzelne, verschieden hohe Naturalerträge angegeben. Die Erträge auf Landkreisebene nehmen jedoch Werte an, die nicht genau diesen angegebenen

Naturalerträgen entsprechen. Daher werden aus den Durchschnittsrichtwerten der Jahre 1998 bis 2003 für jede Position lineare Trendfunktionen oder Treppenfunktionen über die Naturalertragsstufen gebildet. Die Funktionen sind im Anhang 10 angegeben.

Neben den bisher berücksichtigten sieben Früchten wird die Stilllegung der Ackerfläche als alternative Bewirtschaftung aufgenommen. Auf sehr ungünstigen Standorten, auf denen mit anderen Früchten aufgrund geringer Leistungen negative Deckungsbeiträge erzielt werden, kann durch die Stilllegung der Fläche der Verlust eingegrenzt werden. Mit der Reform der gemeinsamen Agrarpolitik müssen ab 2005 die Stilllegungsverpflichtungen nicht mehr von jedem Betrieb individuell erfüllt werden, sondern lediglich auf Regionsebene ist ein bestimmter Prozentsatz der Flächen stillzulegen. Neben der obligatorischen Flächenstilllegung können freiwillig Ackerflächen aus der landwirtschaftlichen Produktion genommen werden. Innerhalb einer Region werden daher wahrscheinlich die ertragsschwachen Standorte vorwiegend stillgelegt bzw. aus der landwirtschaftlichen Produktion genommen. Eine Obergrenze für den Anteil der stillgelegten Fläche am Ackerland gibt es nicht (BMVEL 2004a, 50 f.). Die obligatorisch stillgelegten oder freiwillig aus der Produktion genommenen Ackerflächen müssen in einem guten landwirtschaftlichen und ökologischen Zustand erhalten werden, um staatliche Beihilfe für diese Flächen zu beziehen. Für die Kalkulation des Deckungsbeitrages wird daher eine Selbstbegrünung sowie Zerkleinerung und Verteilung des Aufwuchses durch Mulchen angenommen. Der um den Lohnansatz erweiterte Deckungsbeitrag wird daher mit -38,46 Euro/ha angesetzt[48].

Die folgende Tabelle 6.4 zeigt, ab welcher Naturalertragshöhe die um den fruchtartspezifischen und ertragsabhängigen Lohnansatz erweiterten Deckungsbeiträge (vgl. Kapitel 6.1.3) negative Werte annehmen. Diesen Erträgen ist das Minimum der Erträge auf Landkreisebene gegenübergestellt. Die Gegenüberstellung zeigt, inwieweit mit den unterstellten Leistungen und Kosten in ertragsschwachen Regionen noch positive Deckungsbeträge erzielt werden können. Wobei ein negativer Deckungsbetrag nicht bedeutet, dass andere Leistungen und Kosten unterstellt werden müssen, da einheitliche wirtschaftliche Bedingungen, zu denen vor allem die Preis- und Lohnverhältnisse gehören, bei der Bodenschätzung anzunehmen sind.

[48] Variable Maschinenkosten = 19,48 Euro/ha, Bodenuntersuchung = 8,08 Euro/ha, Arbeitszeitbedarf = 1,13 AKh/ha, Lohnansatz = 10,84 Euro/ha.

Tabelle 6.4: Gegenüberstellung des Ertrages, bei dem der um den ertragsabhängigen Lohnansatz erweiterte Deckungsbeitrag 0 Euro beträgt, und des Minimums der durchschnittlichen Naturalerträgen auf Landkreisebene in Deutschland

Fruchtart	Ertrag, bei dem der erweiterte Deckungsbeitrag 0 Euro beträgt (in dt/ha)	Minimum der durchschnittlichen Naturalerträge auf Landkreisebene (bundesweit, in dt/ha)
Winterweizen	48,8	35,7
Wintergerste	49,9	37,1
Winterroggen	53,8	28,5
Winterraps	26,8	21,9
Zuckerrüben	338,9	420,5
Silomais	286,9	284,0
Speisekartoffeln	203,2	215,4*
Stärkekartoffeln	407,8	215,4*

* mittelfrühe und späte Kartoffeln
Quelle: Eigene Berechungen und STATISTISCHES BUNDESAMT 1997-2002

Das Minimum der Erträge auf Landkreisebene aller bundesweit erhobenen Landkreise liegt nur bei den Zuckerrüben über dem Ertrag, bei dem der erweiterte Deckungsbeitrag negativ wird. Dieses lässt darauf schließen, dass die Deckungsbeiträge nicht in allen und besonders in ertragschwachen Regionen Deutschlands den tatsächlichen Deckungsbeträgen entsprechen, denn langfristig können die Betriebe nicht mit negativen Deckungsbeträgen wirtschaften. Betriebsspezifische Einflüsse führen dann in der Regel zu positiven Deckungsbeiträgen. Diese Einflüsse sind für diese Analyse jedoch nicht zu berücksichtigen.

In der weiteren Berechung führen negative Gesamtdeckungsbeiträge für eine Anbaukombination zu negativen Reinerträgen, so dass manche Landkreise negative Reinerträge aufweisen. Diese negativen Reinerträge werden für die Bestimmung der Klimazu- und –abrechnungen weiterhin verwendet, da die Reinertragsdifferenzen und –verhältnisse entscheidend sind und nicht die absolute Höhe einzelner Reinerträge.

6.1.2 Fest- und Gemeinkosten

Die Fest- und Gemeinkosten sind von der Höhe des Naturalertrages und dem Anbauumfang einer Frucht unabhängig. Einflussfaktoren sind die Betriebsform und die Betriebsgröße. Zu den Fest- und Gemeinkosten zählen die Abschreibung und Unterhaltung der Maschinen, Geräte, baulichen Anlagen und Wirtschaftsgebäude, die Betriebssteuern, die Aufwendungen für Versicherungen und Berufsgenossenschaft sowie noch nicht bei den variablen Kosten berücksichtigte Kosten für Strom, Wasser, Heizstoffe, Reparaturen und Treibstoffe. Ein weiterer Posten beinhaltet pauschal sonstige Betriebsausgaben. Zu den Gemeinkosten zählen unter den Annahmen der Bodenschätzung nicht die Zinsen und Pachten. Die Finanzierungs- und Eigentumsverhältnisse müssen unberücksichtigt bleiben.

Es wird von einem reinen Ackerbaubetrieb ausgegangen. Dieser Ackerbaubetrieb bewirtschaftet gemäß den Durchschnittsverhältnissen für Ackerbaubetriebe in Deutschland eine Fläche von 100 Hektar[49]. Die Höhe der Fest- und Gemeinkosten orientiert sich an Schätzwerten, die auf mehrjährigen Durchschnittswerten aus Buchführungsergebnissen basieren und nach den Betriebsformen der EU-Betriebssystematik sowie der Betriebsgröße gestaffelt sind (KTBL 2004, 129). Insgesamt werden für die Fest- und Gemeinkosten 238 Euro/ha angesetzt. Für den Anbau von Zuckerrüben und Silomais werden die höheren Maschinenkosten durch die bei der Deckungsbeitragsrechnung unterstellten Lohnmaschinenkosten für die Ernte berücksichitgt. Bei der Stilllegung werden die Fest- und Gemeinkosten auf 193 Euro/ha reduziert.

6.1.3 Arbeitszeitbedarf und Lohnansatz

Der Arbeitszeitbedarf setzt sich aus einem naturalertragsabhängigen und fruchtartspezifischen Teil und einem Teil, der für die Betriebsführung und allgemeine Betriebsarbeiten notwendig ist, zusammen.

Bei der Kalkulation des ertragsabhängigen und fruchtartspezifischen Arbeitszeitbedarfs wird die Arbeitszeit für die einzelnen Arbeitsgänge aufsummiert. Auf die Gesamtsumme wird ein Zuschlag von 20 % für Bestandskontrolle und sonstige Arbeiten vorgenommen. Der veranschlagte Wert entspricht also 120 % der Feld- und Transportarbeitszeit (LWK HANNOVER und WESER-EMS 2003, 8). Die folgende Tabelle 6.5 zeigt am Beispiel angenommener Naturalerträge verschiedener Früchte die Berechnung des Arbeitszeitbedarfs und des Lohnansatzes für einen Hektar.

[49] Die landwirtschaftlichen Haupterwerbsbetriebe mit der Betriebsform Ackerbau des Testbetriebsnetzes in Deutschland bewirtschaften durchschnittlich 100,8 ha landwirtschaftliche Ackerfläche (BMVEL 2004b, 17).

Tabelle 6.5: Berechnung des ertragsabhängigen Arbeitszeitbedarfs für ausgewählte Fruchtarten am Beispiel angenommener Naturalerträge

Fruchtart	Berechnung des ertragsabhängigen Arbeitszeitbedarfs [AKh/ha]	Naturalertrag (Beispiel) [dt/ha]	resultierender Arbeitszeitbedarf [AKh/ha]	resultierender Lohnansatz* [Euro/ha]
Winterweizen	y = 6,89 + 0,04 x	70	9,69	92,93
Wintergerste	y = 6,10 + 0,05 x	60	9,10	87,27
Winterroggen	y = 5,73 + 0,06 x	65	9,63	92,35
Winterraps	y = 7,24 + 0,05 x	30	8,74	83,82
Zuckerrüben	y = 8,89 + 0,02 x	500	18,89	181,16
Silomais	y = 5,32 + 0,02 x	450	14,32	137,33
Speisekartoffeln	y = 15,49 + 0,14 x	350	64,49	618,46
Stärkekartoffeln	y = 8,96 + 0,07 x	350	33,46	320,88

y = Arbeitszeitbedarf in AKh/ha
x = Naturalertrag in dt/ha
* Für den durchschnittlichen Stundenlohn der Jahre 1997-2003 werden 9,59 Euro/ha angesetzt (vgl. Tabelle 6.6 oder BMVEL, Ernährungs- und agrarpolitischer Bericht , verschiedene Jahrgänge)
Quelle: Eigene Berechnungen nach LWK HANNOVER und WESER-EMS 1998-2003

Der Arbeitszeitbedarf für die Betriebsführung und allgemeine Betriebsarbeiten umfasst die Planung, Organisation und Kontrolle des Betriebes und der Betriebszweige sowie Lager-, Reinigungs-, Sicherheits-, Unterhaltungs- und Reparaturarbeiten. Die dafür anzusetzende Arbeitszeit richtet sich nach der Betriebsform und der Größe des Betriebes. Für einen Ackerbaubetrieb mit 100 Hektar landwirtschaftlich genutzter Fläche werden 9,91 AKh/ha LF und Jahr[50] angesetzt (KTBL 2004, 127).

Für den anzusetzenden Lohn des Unternehmers und der noch nicht entlohnten Familienarbeitskräfte ist der notwendige Arbeitsbedarf mit einem für fremde Arbeitskräfte zu zahlenden Lohn zu bewerten. Die Bewertung der Arbeitszeit der Familienarbeitskräfte leitet sich aus der Forderung des § 36 Abs. 2 BewG ab, wonach eine Bewirtschaftung mit entlohnten fremden Arbeitskräften angenommen werden muss. Für eine Arbeitskraft werden 2.380 Stunden pro Jahr angesetzt (LWK HANNOVER 2004, 20). Der maßgebliche bundeseinheitliche Richtsatz für den Lohnansatz für die nicht entlohnten Arbeitskräfte wird jährlich vom BMVEL im ernährungs- und agrarpolitischen Bericht ausgewiesen. Da die kalkulierte Arbeitszeit auch die Betriebsführung wie Planung, Organisation und Kontrolle des Betriebes umfasst, wird der Lohnansatz für einen Betriebsleiter kalkuliert. Die folgende Tabelle 6.6 gibt die Entwicklung und den Durchschnitt des anzusetzenden Lohns für einen Betriebsleiter für die letzten Jahren wieder.

[50] Der Arbeitszeitbedarf für Betriebsführung und allgemeine Betriebsarbeiten in Ackerbaubetrieben wird für Betriebsgrößen von 30 bis 90 ha LF ausgewiesen (KTBL 2004,127). Der Arbeitszeitbedarf für 100 ha LF wurde mit Hilfe einer aus den angegebenen Werten abgeleiteten Trendfunktion der Form $y = 37{,}345x^{-0{,}288}$ $(R^2 = 0{,}998)$ berechnet.

Tabelle 6.6: Lohnansatz für einen Betriebsleiter in den letzten Wirtschaftsjahren

Wirtschaftsjahr	Lohnansatz für einen Betriebsleiter [Euro/Jahr]	Stundenlohnansatz für einen Betriebsleiter bei 2.380 Stunden/Jahr [Euro/Stunde]
1997/1998	21.513,00	9,04
1998/1999	22.205,00	9,33
1999/2000	22.783,00	9,57
2000/2001	22.998,00	9,66
2001/2002	23.410,00	9,84
2002/2003	24.030,00	10,10
Durchschnitt 1997-2003	22.823,20	9,59

Quelle: BMVEL, Ernährungs- und agrarpolitischer Bericht, verschiedene Jahrgänge

Für die Betriebsführung und allgemeine Betriebsarbeiten sind bei einem 100 Hektar großen Ackerbaubetrieb, einem Arbeitszeitbedarf von 9,91 AKh/ha (siehe oben) und einem Stundenlohn von 9,59 Euro/ha (vgl. Tabelle 6.6) 9.503,69 Euro als Entlohnung des Betriebsleiters anzusetzen. Der fruchtartspezifische und ertragsabhängige Lohnansatz wird nach den Beispielen in Tabelle 6.5 berechnet und direkt in der Deckungsbeitragsrechung berücksichtigt.

Anhand des folgenden Beispiels soll die Berechnung des gesamten Lohnansatzes für einen Betrieb mit einer Ackerfläche von 100 Hektar verdeutlicht werden. Für das Anbauverhältnis auf der Ackerfläche werden 34 % Winterraps, 33 % Winterweizen und 33 % Wintergerste angenommen. Bei den in der Tabelle 6.5 unterstellten Naturalerträgen ergibt sich ein ertragsabhängiger und mit dem Anbauverhältnis gewichteter Lohnansatz von 87,9624 Euro/ha. Bei einer Anbaufläche von 100 Hektar ergeben sich 8.796,24 Euro als fruchtartspezifischer und ertragsabhängiger Lohnansatz. Zuzüglich der 9.503,69 Euro für Betriebsführung und allgemeine Betriebsarbeiten beträgt der Lohnansatz für diesen Betrieb mit 100 Hektar Ackerfläche insgesamt 18.299,93 Euro.

6.1.4 Betriebsprämie

Mit der Reform der gemeinsamen Agrarpolitik werden die Direktzahlungen von der Produktion entkoppelt. Die Zahlungen sind daher nicht mehr in Abhängigkeit von der angebauten Frucht bei der Deckungsbetragsrechnung zu berücksichtigen, sondern fließen dem Betrieb unabhängig vom Anbauprogramm auf den Flächen zu. Die Entkopplung der Direktzahlungen erfasst allerdings nicht alle Prämienarten. Für diese Untersuchung sind die weiterhin an die Produktion von Stärkekartoffeln gekoppelten Zahlungen wichtig. Dieser gekoppelte Teil der Stärkekartoffelprämie wird in den Erzeugerpreis für Stärkekartoffeln eingerechnet (vgl. Tabelle 6.1).

Die Betriebsprämien setzen sich aus einem flächenbezogenen und einem betriebsindividuellen Betrag zusammen. Der betriebsindividuelle Betrag wird bei der Bewertung der Böden im Rahmen der Bodenschätzung nicht berücksichtigt, da deren Höhe in den Betrieben sehr unterschiedlich ist und nicht direkt von den natürlichen Standortbedingungen im Ackerbau abhängen. In einer so genannten Angleichungsphase zwischen den Jahren 2010 und 2013 fließen die betriebsindividuellen Zahlungen schrittweise in die einheitliche Hektarprämie ein, so dass bei einer Betrachtung der zukünftigen Ertragsfähigkeit nur die einheitliche Hektarprämie anzusetzen ist. Die Prämienhöhe wird allerdings nicht in allen Bundesländern gleich sein. Diese agrarpolitisch bedingten Standortunterschiede sollen nicht in die Bewertung einfließen, daher wird der bundesweite, gewichtete Durchschnitt für Deutschland angesetzt. Diese durchschnittliche Hektarprämie beträgt nach Schätzung des BMVEL (2004a, 123) ab dem Jahr 2013 328 Euro/ha. Dieser Betrag wird auch für stillgelegte Flächen gewährt. Die Schätzwerte hängen vom Umfang der 2005 angemeldeten beihilfefähigen Fläche ab. Bei der Berechnung der Reinerträge wird für jeden Hektar eine Betriebsprämie einkalkuliert. Damit wird angenommen, dass für jeden Hektar entsprechende Zahlungsansprüche aktiviert werden können.

6.1.5 Ermittlung der Leitfrüchte und Anbauverhältnisse bei unterschiedlicher Bodenbeschaffenheit

Das Anbauverhältnis soll bei der Festlegung der Wertzahlen in der Bodenschätzung eigentlich unberücksichtigt bleiben (ROTHKEGEL/HERZOG 1935, 59). Der Reinertrag kann allerdings nicht ohne die Unterstellung eines Anbauverhältnisses ermittelt werden, denn für die Erzielung eines *nachhaltigen* Reinertrages sind Fruchtfolgegrundsätze einzuhalten. Der Anbau nur einer Frucht kann diesen Grundsätzen nicht entsprechen.

Anbauverhältnis und Fruchtfolge bedingen sich wechselseitig. Jede Fruchtfolge kann eindeutig einem Anbauverhältnis zugeordnet werden, umgekehrt ist eine eindeutige Zuordnung nicht möglich, da die zeitliche Abfolge der Früchte bei der Angabe eines Anbauverhältnisses nicht angegeben wird. Daher lassen sich aus dem Anbauverhältnis der Landkreise keine gegendüblichen Fruchtfolgen für einen Standort ableiten. ERHARD et al. (2001, 33) fanden nach einer bundesweit durchgeführten Recherche lediglich für Brandenburg (WECHSUNG et al. 2000) und Bayern (SCHWERTMANN et al. 1987) Hinweise auf typische Fruchtfolgen in Deutschland. Das Anbauverhältnis auf Landkreisebene bietet daher die beste Datengrundlage für die Ermittlung der Leitfrüchte.

Als Leitfrüchte in einem Landkreis sollen die Fruchtarten bezeichnet werden, die im Verhältnis zu anderen Früchten vorwiegend auf dem Ackerland angebaut werden und das Anbauverhältnis auf verschiedenen Standorten wesentlich bestimmen. Allerdings beschränken sich die Fruchtarten auf Winterweizen, Wintergerste, Roggen, mittelfrühe und späte Kartoffeln, Zuckerrüben, Winterraps und Silomais, da für diese die Naturalerträge vorliegen. Als Datengrundlage dienen die Angaben der Bodennutzungshaupterhebungen der Jahre 1995 und 1999 auf Landkreisebene (STATISTISCHES BUNDESAMT 1995, 1999).

Die Gestaltung der Anbauverhältnisse ist durch die berücksichtigten Früchte eingeschränkt. Weitere Fruchtarten wie z.B. Sommergetreide oder Hülsenfrüchte, die eine vielfältigere Fruchtfolgegestaltung zulassen würden, können aufgrund der geringen Verbreitung in Deutschland und daher in der Statistik nicht flächendeckend ausgewiesener Naturalertragsdaten nicht verwendet werden. Vorfruchtwirkungen bleiben unberücksichtigt. Die Kombination der Leitfrüchte an einem Standort kann daher die tatsächlich angebauten Fruchtfolgen nur bedingt wiedergeben. Der maximale Anteil einer Frucht in der Fruchtfolge soll allerdings bei der Gestaltung der Anbauverhältnisse beachtet werden. Die in der folgenden Übersicht 6.2 angegebenen Schwankungsbreiten für den maximalen Anteil einer Frucht in der Fruchtfolge resultieren in erster Linie daraus, welche Standortbedingungen vorherrschen.

Übersicht 6.2: Maximaler Anteil einer Fruchtart in der Fruchtfolge

Fruchtart	Maximaler Anteil in der Fruchtfolge
Winterweizen	25 - 67 %
Winterroggen	33 - 100 %
Wintergerste	33 - 67 %
Winterraps	20 - 33 %
Kartoffeln	20 - 33 %
Silomais	20 - 60 %
Zuckerrüben	20 - 33 %

Quelle: Eigene Zusammenstellung nach BML 1988; BUCHNER 2000; CLEMENS 1988; DEBRUCK 2003; DLG 1987; FREYER 2003; KÄMPF 1987; LÜTKE ENTRUP 1986; MANN 2003; POTHS 1992; WEINMANN 2002

Die Anbaukonzentration einer Fruchtart innerhalb einer Fruchtfolge kann je nach Standortgunst und den Sorteneigenschaften der Frucht variieren. Unter günstigen Standortbedingungen kann der Anteil in der Fruchtfolge etwas höher liegen (FREYER 2003, 42). Weitere Beschränkungen zum Anbauanteil werden bezüglich verschiedener Gruppen von Früchten angegeben. Für den Getreideanteil wird ein maximaler Anteil von 75 - 80 % empfohlen, wobei die Grenze allein für das Wintergetreide mit 67 - 75 % niedriger liegt (BML 1988, BUCHNER 2000, CLEMENS 1988, DEBRUCK 2003, FREYER 2003, LÜTKE ENTRUP 1986). Der Blattfruchtanteil sollte 33 % in der Fruchtfolge nicht überschreiten (BML 1988, BUCHNER 2000, KÄMPF 1987, WEINMANN 2002).

Bei für die Musterstücke geschätzten Naturalerträgen in Abhängigkeit von Klima- und Bodenparametern würden sich die auf dem Musterstück angebauten Früchte aus der Höhe der erzielbaren Deckungsbeiträge unter Einhaltung von Fruchtfolgerestriktionen ergeben (vgl. Abbildung 4.1 in Kapitel 4.1). Mit den Daten auf Landkreisebene kann die Auswahl der Früchte für einen Standort nicht anhand des Deckungsbeitrages vorgenommen werden, weil die Naturalerträge nur als Durchschnittswerte für einen Landkreis vorliegen und Ertragsunterschiede aufgrund variierender natürlicher Standortbedingungen innerhalb eines Landkreises nicht einfließen können. Das Verhältnis der Deckungsbeiträge in einem Landkreis ist somit konstant. Es müssen daher Annahmen zum Anbauverhältnis beim Vorliegen einer bestimmten Kombination natürlicher Standortbedingungen getroffen werden. Z.B. wird der Roggen vorwiegend auf sandigen Böden angebaut, weil dort seine Wettbewerbsfähigkeit gegenüber anderen Getreidearten höher ist. In der folgenden Übersicht 6.3 sind die Fruchtarten nach ihren Bodenansprüchen den Bodenarten der Bodenschätzung und den Bodentypen zugeordnet.

Übersicht 6.3: Ansprüche der Fruchtarten an Bodenart und Bodentyp

Bodenart	Bodentyp	Winter-weizen	Roggen	Winter-gerste	Winter-raps	Kartoffeln	Silomais	Zucker-rüben
S	leicht		+	+		+		
Sl	leicht		+	+		+		
lS	leicht		+	+		+		
SL	mittelschwer	+	+	+	+	(+)	+	+
SL	mittelschwer	+	+	+	+	(+)	+	+
L	mittelschwer	+	+	+	+	(+)	+	+
LT	schwer	+			+		+	(+)
T	schwer	+			+		+	(+)

+ gut geeignet / (+) bedingt geeignet
Quelle: MAILLARD 1991 nach FREYER 2003, 21, verändert und ergänzt

In Bezug auf die Bodeneigenschaften lässt sich eine grobe Einteilung der Früchte auch nach der Eignung des Anbaus auf flachgründigen Böden vornehmen.

Übersicht 6.4: Wachstumseignung der Fruchtarten in flachgründigen Böden

	Winter-weizen	Roggen	Winter-gerste	Winter-raps	Kartoffeln	Silomais	Zucker-rüben
schlecht					x	x	x
mittelmäßig	x			x			
gut		x	x	(x)			

x geeignet / (x) bedingt geeignet
Quelle: MAILLARD 1991 nach FREYER 2003, 21, verändert

Die Bodenart, die Flachgründigkeit der Böden und weitere Kennzeichen für die Bodenbeschaffenheit werden in den Bodenzahlen des Ackerschätzungsrahmens zusammengefasst. Insbesondere für die für das Pflanzenwachstum wichtige Größe der pflanzenverfügbaren Bodenwassermenge kann ein Zusammenhang mit der Bodenzahl festgestellt werden (PREIS et al.

2001). Daher kann die Anbauwürdigkeit einer Frucht an einem Standort anhand der Wertzahlen der Bodenschätzung festgelegt werden. Für Brandenburg wird die Anbauwürdigkeit verschiedener Früchte in Abhängigkeit von der Ackerzahl in der folgenden Übersicht 6.5 dargestellt.

Übersicht 6.5: Allgemeine Anbauwürdigkeit von landwirtschaftlichen Fruchtarten in Brandenburg (ca. 550 mm Niederschlag) in Abhängigkeit von der Ackerzahl (AZ)

Fruchtart	AZ < 20	AZ 20-25	AZ 25-30	AZ 30-35	AZ 35-40	AZ 40-50	AZ > 50
Winterweizen	-	-	-	o	+	+	+
Wintergerste	-	-	o (+)*	+	+	+	+
Winterraps	-	-	o	+	+	+	+
Silomais	(o)	o	+	+	+	+	+
Winterroggen	o	+	+	+	+	+	+

- nicht anbauwürdig / o Grenzstandort / + anbauwürdig
* ab AZ 28 und Blattvorfrucht anbauwürdig (+)
Quelle: MLUR 2003,12

Für die Übertragung der Angaben aus Übersicht 6.5 auf andere Standorte ist zu beachten, dass zum einen die Anbauwürdigkeit der Fruchtarten von den klimatischen Bedingungen, die an dem Standort vorherrschen, abhängig ist und zum anderen die Ackerzahl neben der Bewertung des Bodens bereits eine Bewertung der klimatischen Bedingungen enthält. Die Standortbedingungen in Brandenburg sind durch leichte Böden mit relativ geringem Jahresniederschlag gekennzeichnet (vgl. Übersicht 6.5), so dass die Anbauwürdigkeit der Früchte bei günstigeren klimatischen Bedingungen ebenfalls gegeben ist. Damit stellen die in der Übersicht 6.5 angegebenen Grenzen für günstigere Standorte eine Untergrenze dar.

Unter Berücksichtigung der bisherigen Informationen sollen folgende Fruchtartkombinationen in die Berechnung der Reinerträge einfließen und anhand der Bodenzahl, der Bodenart und der Anbauverhältnisse in den Landkreisen einem Standort zugeordnet werden:

Übersicht 6.6: Zuordnung von Anbaukombinationen zu einer Bodenzahlenspanne

Anbaukombinationen	Bodenzahlenspanne
Zuckerrübenkombinationen	
ZR – WW – WW	ca. 90 – 100
ZR – WW – WW – WG	ca. 80 – 89
ZR – WW – WG	ca. 70 – 79
Winterrapskombinationen	
WR – WW – WW	ca. 60 – 79
WR – WW – WG	ca. 40 – 69
WR – WG – ROG	ca. 30 – 39
Silomaiskombinationen	
SM – WW – WG	ca. 40 – 59
SM – WG – ROG	ca. 30 – 39
Ausschließlich Winterroggen	ca. 20 – 29
Stilllegung	ca. < 20

ZR = Zuckerrüben, WW = Winterweizen, WG = Wintergerste, WR = Winterraps, ROG = Roggen, SM = Silomais
Quelle: Eigene Darstellung

Die Zuordnung einer Anbaukombination zu bestimmten Standortbedingungen ist für die Übertragung der regionalen Reinerträge auf die Musterstücke notwendig (vgl. Kapitel 6.3). Zum einen sind die tatsächlichen Anbauverhältnisse auf den Musterstücken nicht bekannt, zum anderen erfordert eine objektive Wertermittlung die Vernachlässigung von Einflussfaktoren, die nicht zu den natürlichen Standortbedingungen gehören (z.B. Präferenzen des Betriebsleiters, Einschränkungen durch Kontingentierung). Die Zuordnung der Anbaukombinationen über die Bodenzahlen kann allerdings nur einen Anhaltspunkt liefern, weil die Bodenart und die Anbauverhältnisse in einem Landkreis ebenfalls mit einfließen müssen.

6.1.6 Ermittlung der Klimaregion mit dem Standardklima des Ackerschätzungsrahmens in der aktuellen Klimaperiode

Für die Ermittlung der relativen Reinertragsunterschiede müssen die Klimawerte des Standardklimas des Ackerschätzungsrahmens in der Periode 1961-1990 bestimmt werden. Für die Untersuchung der Reinertragsunterschiede aufgrund der klimatischen Bedingungen sind die Klimaparameter gemäß Kapitel 5.1.2 relevant. Allerdings werden in den Erläuterungen zu den Annahmen des Ackerschätzungsrahmens nur Werte für die Jahresdurchschnittstemperatur und die Jahresniederschlagsmenge angegeben (Anhang zu BewRL 1967 (BStBl I 1967, 431)). Zunächst müssen daher die Werte für die folgenden Klimaparameter ermittelt werden:

- mittlere Lufttemperatur der Monate November bis Januar ($T_{11\text{-}1}$),
- mittlere Lufttemperatur der Monate April bis August ($T_{4\text{-}8}$),
- Sonnenscheindauer der Monate April bis August ($S_{4\text{-}8}$),
- klimatische Wasserbilanz der Monate April bis August ($W_{4\text{-}8}$),
- Trockenindex der Monate Mai bis August ($TI_{5\text{-}8}$).

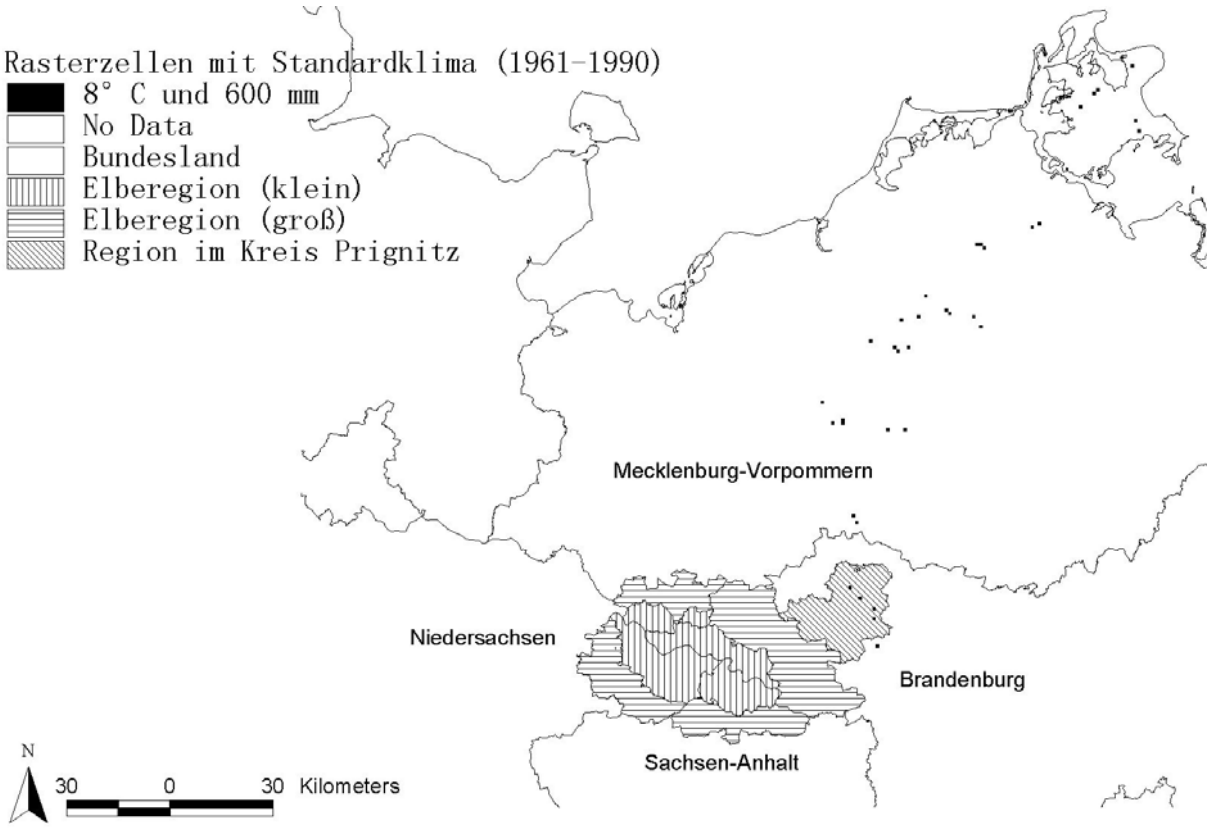
Die Ergänzung der Klimaparameter kann nur über die Festlegung einer Region erfolgen, in der das Standardklima vorherrscht. Laut den Erläuterungen zum Schätzungsrahmen macht sich das Standardklima allerdings nicht an einer bestimmten Region fest. Bei der Ermittlung der Wertzahlen werden für das Klima lediglich „mittlere Verhältnisse, wie sie in großen Teilen von Deutschland häufig vorkommen“ unterstellt (BStBl I 1967, 431). Diese Verhältnisse kennzeichnen sich durch eine Jahresdurchschnittstemperatur von 8 °C und 600 mm Jahresniederschlag. Werte für andere Klimaparameter werden nicht angegeben. ROTHKEGEL (1950, 104) macht weitere Angaben zum Klimagebiet des Ackerschätzungsrahmens und kennzeichnet die unterstellten klimatischen Bedingungen genauer. In den entsprechenden Ausführungen (ROTHKEGEL 1950, 97) wird als Beispiel für ein Gebiet mit diesen „mittleren Verhältnissen“

die Gegend beiderseits der Elbe zwischen Wittenberge und Dömitz angegeben. Dies ist jedoch nur eine relativ grobe Beschreibung der Abgrenzungen der Gegend.

Für die Ergänzung der Klimaparameter sind die Werte der unterstellten Gegend zunächst zu überprüfen. Treffen die Werte für die Jahresdurchschnittstemperatur und die Jahresniederschlagsmenge nicht mehr zu, muss die Gegend, in der 8 °C und 600 mm in der aktuellen Klimaperiode zu finden sind, neu festgelegt werden. Die dort vorherrschenden Werte für weitere Klimaparameter gelten dann auch für das Standardklima. Als weiteren Anhaltspunkt für das Standardklima können die durchschnittlichen Werte für die Temperatur ($T_{5\text{-}7}$) und die Niederschlagsmenge ($N_{5\text{-}7}$) in den Monaten Mai bis Juli herangezogen werden, die von ROTHKEGEL (1952, 102) ergänzend für das Klimagebiet des Ackerschätzungsrahmens angegeben werden.

In der folgenden Karte 6.1 sind die Elberegion zwischen Wittenberge und Dömitz in unterschiedlicher Ausdehnung, eine Region im Kreis Prignitz, die in der Klimaperiode 1961-1990 weitgehend die Werte des Standardklimas aufweist, sowie Rasterzellen (schwarze Punkte in der Karte 6.1), die gleichzeitig eine Jahresdurchschnittstemperatur von 8 °C und eine Jahresniederschlagsmenge von 600 mm aufweisen, dargestellt. In der dazugehörigen Tabelle 6.7 werden für die jeweiligen Regionen bzw. Rasterzellen die Klimawerte der oben genannten Klimaparameter angegeben. Die Elberegion wird mit unterschiedlicher Ausdehnung untersucht, da die Abgrenzung in den Erläuterungen zum Ackerschätzungsrahmen sehr vage ist.

Karte 6.1: Regionen bzw. Rasterzellen für die Bestimmung des Standardklimas des Ackerschätzungsrahmens



Quelle: Eigene Berechnungen nach DWD 1998, ATKIS®VG250, ©Bundesamt für Kartographie und Geodäsie 2003

Tabelle 6.7: Klimawerte der Regionen bzw. Rasterzellen für die Bestimmung des Standardklimas des Ackerschätzungsrahmens

Klima-parameter [Maßeinheit]	Elberegion, klein (1961-1990)	Elberegion, groß (1961-1990)	Region im Kreis Prignitz (1961-1990)	Durchschnitt der Rasterzellen (1961-1990)	Klimagebiet des Acker-schätzungsrahmens (1881-1930 bzw. 1891-1930)
T_{1-12} [°C]	8,4	8,4	8,1	8,0	8,0
N_{1-12} [mm]	574	574	591	600	600
T_{5-7} [°C]	15,2	15,2	14,9	14,6	15,0
N_{5-7} [mm]	176	175	179	183	175
T_{11-1} [°C]	1,7	1,7	1,3	1,5	k. A.
T_{4-8} [°C]	14,0	13,9	13,6	13,4	k. A.
S_{4-8} [h]	1008	1008	1021	1063	k. A.
W_{4-8} [mm]	-138	-139	-134	-123	k. A.
TI_{5-8} [°C/mm]	19,7	19,8	19,2	18	k. A.

k. A. = keine Angabe
Quelle: Eigene Berechnungen nach DWD 1998, ROTHKEGEL 1952, 102

Die Elberegionen mit unterschiedlicher Ausdehnung weisen weitgehend die gleichen klimatischen Bedingungen auf. Im Vergleich zu den Klimawerten des Klimagebiets des Ackerschätzungsrahmens ist es in der Elberegion im Jahrsmittel 0,4 °C wärmer geworden und es fallen 26 mm weniger Niederschlag im Jahr. Die mittlere Temperatur in den Monaten Mai bis Juli

liegt mit 15,2 °C etwas über den Angaben zum Klimagebiet. Die Niederschlagsmenge von Mai bis Juli hat sich hingegen nicht geändert. Für die zu ergänzenden Klimaparameter liegen für das Klimagebiet des Ackerschätzungsrahmens keine Angaben vor, so dass ein Vergleich nicht möglich ist.

Die Region im Kreis Prignitz zeichnet sich durch Vereinigung einer Vielzahl von Rasterzellen aus, die gleichzeitig eine Jahrestemperatur von 8 °C und 600 mm Jahresniederschlag aufweisen. In Bezug auf die Jahresdurchschnittstemperatur und dem Jahresniederschlag entsprechen die Durchschnittswerte der Region etwa den klimatischen Bedingungen des Klimagebiets des Ackerschätzungsrahmens. Die Abweichungen bei der mittleren Temperatur und der Niederschlagsmenge in den Monaten Mai bis Juli sind ebenfalls nur gering. Zu dieser Region gehören die Gemeinden Triglitz, Kümmernitztal, Halenbeck-Rohlsdorf, Gerdshagen, Pritzwalk und Groß Pankow. Im Gegensatz zur vage beschriebenen Abgrenzung der Region des Ackerschätzungsrahmens bietet die Bestimmung einer klar definierten und abgegrenzten Region den Vorteil, dass die Schätzer einen sehr konkreten Anhaltspunkt für die Veranschaulichung dieser klimatischen Bedingungen und deren Auswirkungen nutzen können.

Neben der Aggregation der Klimadaten in einer Region können für die Festlegung der Werte des Standardklimas einzelne Rasterzellen herangezogen werden. Es existiert allerdings nur eine Rasterzelle, die gleichzeitig allen vier Klimawerten des Standardklimas entspricht. Diese Bedingungen sind in der Gemeinde Gumtow (Kreis Prignitz) zu finden. Die Zusammenfassung der in der Karte 6.1 dargestellten Rasterzellen mit Jahreswerten von 8 °C und 600 mm ergibt die in der fünften Spalten der Tabelle 6.7 angegebenen Klimawerte. Im Vergleich zu der Region im Kreis Prignitz kennzeichnet der Durchschnitt der Rasterzellen maritimere und feuchtere Klimabedingungen. Die räumliche Streuung der Rasterzellen zeigt, dass durch die Beschränkung auf zwei Klimaparameter (Jahresdurchschnittstemperatur und Jahresniederschlagsmenge) die klimatischen Bedingungen des Ackerschätzungsrahmens in mehreren Gebieten in Deutschland vorherrschen. Je mehr Parameter für die Beschreibung des Standardklimas herangezogen werden, desto stärker wird die Referenzregion eingeschränkt.

Für die weiteren Untersuchungen und zur Ermittlung der Reinertragsverhältnisse werden die Klimawerte der Region im Kreis Prignitz herangezogen, da sie den klimatischen Bedingungen, unter denen die Wertzahlen des Ackerschätzungsrahmens festgelegt wurden, am besten entsprechen. Damit treffen die Reinertragsverhältnisse und die Bodenzahlen des Ackerschätzungsrahmens nach einer Aktualisierung der Bodenschätzungsergebnisse weiterhin zu.

6.2 Vergleich der Reinerträge in Landkreisen mit ähnlichen Bodenartenverhältnissen

Die Naturalerträge auf Landkreisebene sind geeignet, um die Ertragsunterschiede aufgrund natürlicher Bedingungen zu untersuchen. Die Regressionsanalyse in Kapitel 5.2.1 hat gezeigt, dass es möglich ist, die Naturalerträge verschiedener Früchte durch Klima- und Bodenparameter zu erklären. Eine Übertragung auf die Musterstücke ist allerdings nicht in dem Maße möglich, wie es für die Aktualisierung der Zu- und Abrechnungen in der Bodenschätzung notwendig wäre (vgl. Kapitel 5.2.2). In diesem Abschnitt werden nun die Landkreise in Gruppen mit ähnlichen Bodenartenverhältnissen unterteilt. Dadurch beruhen die Unterschiede in den Naturalerträgen und den Reinerträgen bei gleichen Anbauverhältnissen innerhalb einer Gruppe weitgehend auf den klimatischen Bedingungen. Die folgende Übersicht 6.7 fasst die Vorgehensweise und die damit avisierten Ergebnisse zusammen.

Übersicht 6.7: Überblick zum Vergleich der Reinerträge in Landkreisen mit ähnlichen Bodenartenverhältnissen

Ziel:	Ermittlung klimatisch bedingter Reinertragsunterschiede und Umrechnung in Wertzahlendifferenzen
Methode:	Clusteranalyse und Korrelationsanalyse
Datengrundlage:	• Naturalerträge, Klimadaten und Bodenartenanteile der Landkreise (Kapitel 5.1.1 bis 5.1.3) • ertragsabhängige Deckungsbeiträge, Fest- und Gemeinkosten, Lohnansatz, Betriebsprämie (Kapitel 6.1.1 bis 6.1.4) • Anbauverhältnisse in Abhängigkeit des Standortes (Kapitel 6.1.5) • Klimawerte für die Klimabedingungen des Ackerschätzungsrahmens (Kapitel 6.1.6)
Vorgehensweise:	• Bildung von Landkreisgruppen mit vergleichbaren Bodenartenverhältnissen und ähnlicher Topographie (Clusteranalyse) • Auswahl von Clustern mit Naturalertrags- und Klimaunterschieden sowie mit einer ausreichenden Gruppengröße • Berechnung der Deckungsbeiträge für die betrachteten Früchte und der Reinerträge für verschiedene Anbaukombinationen auf der Basis der Naturalerträge der Landkreise • Untersuchung der Zusammenhänge zwischen den Deckungsbeiträgen sowie den Reinerträgen und den durchschnittlichen Klimawerten des Landkreises (Untersuchung nach Clustern getrennt)* • Auswahl eines Referenzlandkreises in jedem Cluster, der ungefähr die Klimabedingungen des Ackerschätzungsrahmens aufweist • Berechnung der Reinertragsdifferenzen der Landkreise eines Clusters zu dem Referenzlandkreis des Clusters • Umrechnung der Reinertragsdifferenzen in Wertzahlendifferenzen zum Referenzlandkreis
Ergebnisse:	• Ermittlung von Klimaparametern auf der Basis von Reinertragsunterschieden, die bei ansonsten vergleichbaren Einflussfaktoren auf den Ertrag zwischen den Landkreisen feststellbar sind • Wertzahlendifferenzen der Landkreise zum erzielbaren Reinertrag unter Standardklimabedingungen des Ackerschätzungsrahmens

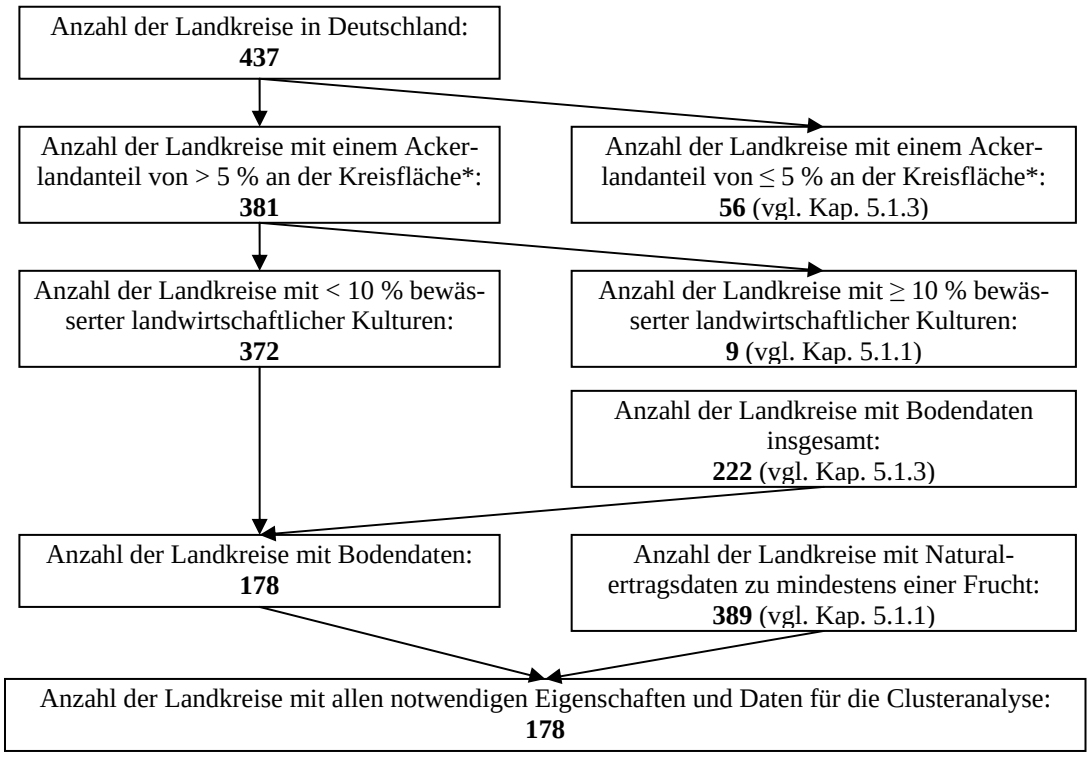
* Die Variation der Reinerträge zwischen den Landkreisen basiert aufgrund der Auswahl der Datengrundlage weitgehend auf den unterschiedlichen klimatischen Bedingungen in den Landkreisen.
Quelle: Eigene Zusammenstellung

Im dritten Unterkapitel 6.2.3 werden die Reinertragsunterschiede zwischen den Landkreisen innerhalb eines Clusters in Wertzahlen transformiert. Die Wertzahlendifferenzen können durch die gezielte Auswahl und Gegenüberstellung der Landkreise als *absolute* Zu- und Abrechnungen aufgrund klimatischer Bedingungen im Sinne der Bodenschätzung betrachtet werden.

6.2.1 Bildung von Landkreisgruppen mit ähnlichen Bodenartenverhältnissen

Für die Bildung der aufgrund der Bodenartenverhältnisse vergleichbaren Landkreisgruppen wird eine Clusteranalyse durchgeführt. Als Gruppierungsvariablen dienen die Bodenartenanteile am Ackerland in den Landkreisen. Damit können nur Landkreise mit Bodendaten (vgl. Kapitel 5.1.3) in die Analyse einbezogen werden. Die folgende Abbildung 6.1 stellt die Auswahl der Landkreise für die Clusteranalyse dar.

Abbildung 6.1: Filterprozess für die Auswahl der Landkreise für die Clusteranalyse



* Ermittlung anhand der Rasterzellen der Kategorie Ackerland im Datensatz „CORINE Land Cover 2000“
Quelle: Eigene Darstellung

Zunächst werden von den Landkreisen in Deutschland die Landkreise mit einen Ackerlandanteil von mehr als 5 % an der Kreisfläche ausgewählt (vgl. Kapitel 5.1.3). Von diesen Landkreisen bleiben allerdings Landkreise mit großen Anteilen bewässerter landwirtschaftlicher Fläche (vgl. Kapitel 5.1.1) aufgrund der verzerrten Naturalerträge außer Betracht. Von den

eigentlich nutzbaren 222 Landkreisen mit Bodenartenanteilen werden nach diesem Filterprozess nur 178 Landkreise in die Clusteranalyse aufgenommen. Die Abbildung 6.1 zeigt auch, dass bei einer höheren Anzahl der Landkreise mit Bodendaten bis zu 372 Landkreise in die Analyse der Reinertragsverhältnisse einfließen könnten.

Die Clusterbildung der 178 ausgewählten Landkreise erfolgt nach dem Complete-Linkage-Verfahren, damit möglichst kompakte und in sich homogene Cluster entstehen (BAHRENBERG et al. 1992, 284 ff.). Insgesamt werden durch diese Methode 30 Cluster gebildet. Darunter sind zwei Cluster mit nur einem Landkreis besetzt. Der größte Cluster fasst 21 Landkreise zusammen. Die Mittelwerte der 30 Cluster weisen signifikante Unterschiede hinsichtlich der Bodenverhältnisse, der Naturalerträge und der Klimaparameter auf.

Die Hälfte der 30 Cluster enthalten weniger als fünf Landkreise. Gruppen mit wenigen Landkreisen sind für die weitere Untersuchung nicht geeignet, da für die Feststellung signifikanter und fundierter Zusammenhänge zwischen Klimaparametern und den Reinerträgen eine ausreichende Gruppengröße vorliegen sollte. Eine weitere Zusammenfassung der Landkreise zu größeren Gruppen, würde jedoch die Heterogenität der Bodenartenzusammensetzung innerhalb der Cluster erhöhen. Die Vergleichbarkeit der nicht-klimatischen Ertragsbedingungen könnte für diese Gruppen nicht mehr angenommen werden und damit die Naturalertrags- bzw. Reinertragsunterschiede nicht auf die klimatischen Unterschiede zurückgeführt werden. Durch eine Erhöhung der Anzahl der Landkreise, die in die Clusteranalyse einfließen, wäre der Anteil kleiner Gruppen wahrscheinlich geringer.

In der folgenden Tabelle 6.8 sind die Ergebnisse der Clusteranalyse für 11 Cluster zusammengefasst, in denen Landkreise aus verschiedenen Regionen und unterschiedlichen klimatischen Bedingungen zusammengefasst werden. Die Tabelle 6.8 gibt für diese Cluster den Mittelwert, das Minimum und das Maximum der Bodenartenanteile sowie die Anzahl der Landkreise in einem Cluster an. Die markierten Cluster werden im Kapitel 6.2.2 näher untersucht.

Tabelle 6.8: Bodenartenanteile ausgewählter Cluster der Clusteranalyse der Landkreise

Cluster		S	Sl	lS	SL	sL	L	LT	T	Mo
1	**Mittelwert**	**0,3**	**0,7**	**2,2**	**4,2**	**15,4**	**70,8**	**5,7**	**0,5**	**0,0**
	Minimum	**0,0**	**0,0**	**0,6**	**1,0**	**8,4**	**67,4**	**0,7**	**0,0**	**0,0**
	Maximum	**3,1**	**6,7**	**8,0**	**8,8**	**23,0**	**76,0**	**11,6**	**3,0**	**0,1**
	Anzahl	**16**	**16**	**16**	**16**	**16**	**16**	**16**	**16**	**16**
2	**Mittelwert**	**0,6**	**0,8**	**1,6**	**3,7**	**9,0**	**80,6**	**3,5**	**0,4**	**0,0**
	Minimum	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**1,0**	**5,0**	**74,4**	**0,1**	**0,0**	**0,0**
	Maximum	**3,0**	**3,7**	**4,5**	**6,5**	**12,9**	**90,0**	**7,0**	**1,2**	**0,0**
	Anzahl	**13**	**13**	**13**	**13**	**13**	**13**	**13**	**13**	**13**
3	**Mittelwert**	**0,5**	**2,0**	**5,1**	**9,6**	**25,2**	**53,7**	**3,7**	**0,1**	**0,0**
	Minimum	**0,0**	**0,0**	**0,5**	**3,0**	**17,8**	**41,2**	**0,1**	**0,0**	**0,0**
	Maximum	**2,2**	**8,4**	**11,0**	**17,1**	**34,7**	**61,1**	**9,6**	**1,0**	**0,1**
	Anzahl	**21**	**21**	**21**	**21**	**21**	**21**	**21**	**21**	**21**
6	Mittelwert	1,1	2,4	5,4	15,9	42,4	31,4	1,1	0,1	0,0
	Minimum	0,0	0,0	0,7	10,3	37,6	26,7	0,2	0,0	0,0
	Maximum	2,9	7,5	11,1	20,7	48,8	41,6	2,1	0,5	0,1
	Anzahl	5	5	5	5	5	5	5	5	5
7	Mittelwert	2,6	5,6	15,8	20,1	26,8	27,4	1,5	0,1	0,0
	Minimum	0,0	3,0	13,6	15,1	21,8	18,1	0,1	0,0	0,0
	Maximum	6,5	11,2	18,1	24,5	34,8	33,8	4,0	0,5	0,1
	Anzahl	6	6	6	6	6	6	6	6	6
10	Mittelwert	0,2	0,9	4,8	35,3	48,1	9,7	1,0	0,0	0,0
	Minimum	0,0	0,0	2,3	31,5	41,7	5,6	0,2	0,0	0,0
	Maximum	0,8	2,7	7,2	41,6	55,9	13,6	2,0	0,1	0,0
	Anzahl	4	4	4	4	4	4	4	4	4
15	**Mittelwert**	**1,3**	**9,4**	**12,2**	**9,9**	**10,4**	**30,2**	**15,3**	**5,7**	**0,0**
	Minimum	**0,1**	**3,4**	**6,4**	**3,6**	**3,4**	**21,7**	**9,5**	**0,9**	**0,0**
	Maximum	**5,0**	**14,3**	**17,1**	**18,7**	**16,3**	**37,0**	**22,2**	**13,3**	**0,0**
	Anzahl	**8**	**8**	**8**	**8**	**8**	**8**	**8**	**8**	**8**
19	**Mittelwert**	**16,5**	**20,1**	**31,7**	**21,2**	**7,0**	**1,8**	**0,9**	**0,6**	**0,1**
	Minimum	**11,0**	**16,2**	**19,7**	**13,6**	**2,8**	**0,1**	**0,0**	**0,0**	**0,0**
	Maximum	**24,7**	**23,8**	**38,7**	**25,7**	**15,9**	**11,2**	**4,0**	**6,0**	**0,6**
	Anzahl	**13**	**13**	**13**	**13**	**13**	**13**	**13**	**13**	**13**
24	**Mittelwert**	**35,2**	**25,4**	**19,7**	**10,2**	**4,3**	**2,4**	**1,6**	**0,4**	**0,5**
	Minimum	**26,7**	**19,1**	**14,3**	**6,0**	**0,0**	**0,2**	**0,0**	**0,0**	**0,0**
	Maximum	**42,7**	**32,5**	**29,0**	**16,8**	**8,0**	**7,0**	**6,0**	**1,9**	**2,0**
	Anzahl	**12**	**12**	**12**	**12**	**12**	**12**	**12**	**12**	**12**
25	Mittelwert	41,8	33,2	13,5	4,3	1,5	3,2	1,0	0,3	1,0
	Minimum	33,0	27,0	6,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Maximum	45,0	40,0	20,0	8,0	5,0	15,0	3,0	1,0	4,8
	Anzahl	8	8	8	8	8	8	8	8	8
29	Mittelwert	53,5	32,0	10,5	2,2	0,5	0,0	0,0	0,0	0,2
	Minimum	48,1	29,0	9,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Maximum	57,0	35,2	12,5	3,4	1,6	0,1	0,0	0,0	0,5
	Anzahl	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Landkreise insgesamt	Mittelwert	13,9	9,4	10,3	12,6	15,9	30,3	4,7	1,0	0,1
	Minimum	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Maximum	86,0	40,0	38,7	52,8	66,3	90,0	31,8	17,1	4,8
	Anzahl	178	178	178	178	178	178	178	178	178

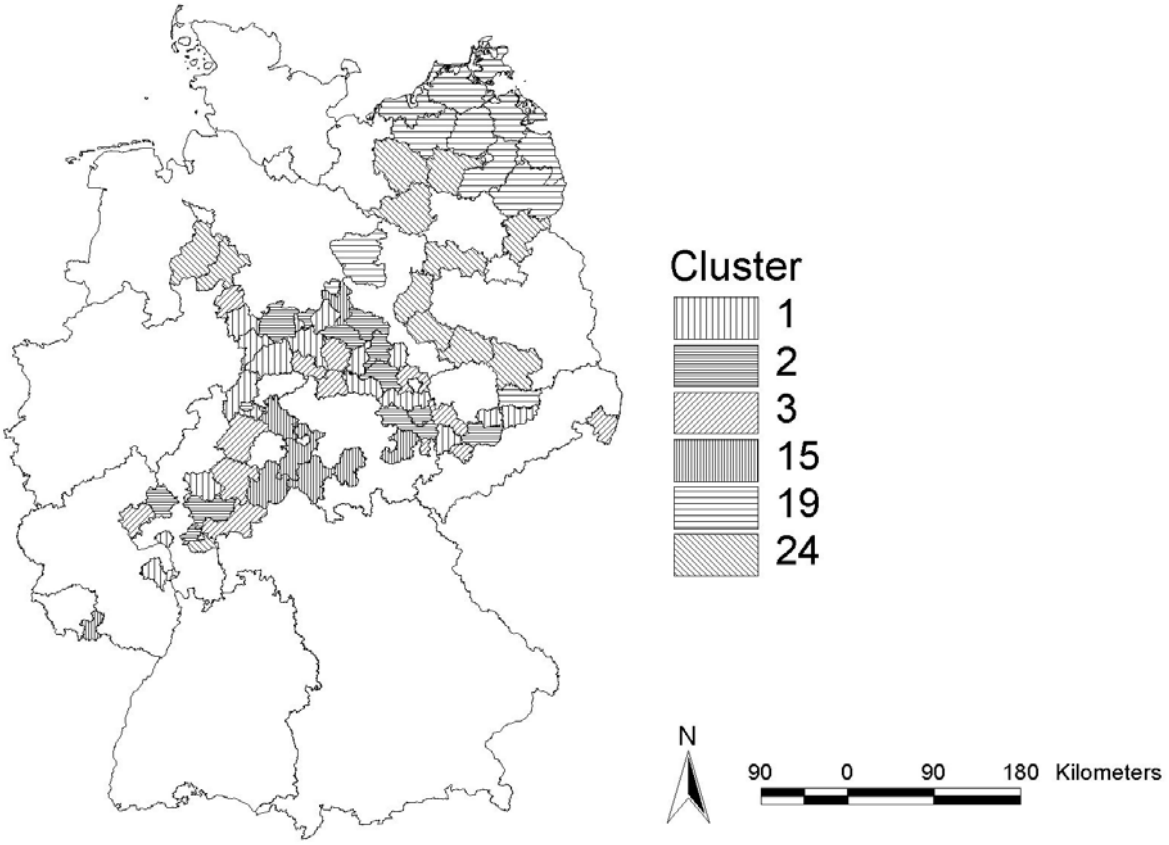
Die markierten Cluster werden im weiteren Verlauf der Untersuchung näher betrachtet (siehe Kapitel 6.2.2)
Quelle: Eigene Berechnungen

Die Angaben zu den Bodenarten in den Clustern zeigen, dass Landkreise mit vergleichbarer Bodenartenverteilung zusammengefasst werden. Die Bodenartenanteile in den Landkreisen sind zwar heterogen, aber die Heterogenität innerhalb eines Clusters ist vergleichbar, so dass die Reinertragsunterschiede zwischen den Landkreisen eines Clusters nicht auf die Heteroge-

nität des Bodens zurückgeführt werden können. Die Cluster 1 und 2 haben im Mittel den größten Anteil Lehmböden. Mit steigender Nummerierung nimmt der Anteil an leichten Böden bis zum Sandboden zu. Eine Landkreisgruppe, die vorwiegend Tonböden aufweist, konnte nicht isoliert werden.

Die Deckungsbeiträge und Reinerträge in den in Tabelle 6.8 markierten Clustern werden im weiteren Verlauf der Untersuchung näher betrachtet. Diese sechs Gruppen zeichnen sich durch unterschiedliche klimatische Bedingungen und Deckungsbeitragsunterschiede innerhalb der Gruppe sowie durch eine überdurchschnittliche Gruppengröße aus. Die Karte 6.2 zeigt die räumliche Verteilung der Landkreise, die diesen Clustern zugeordnet sind. Allerdings werden vom Cluster 3 nur ein Teil der Landkreise dargestellt, da sich nur diese für die Untersuchung der Zusammenhänge eignen (vgl. Kapitel 6.2.2). Die Naturalerträge und Anbauanteile der Früchte, die um den fruchtartspezifischen und ertragsabhängigen Lohnansatz erweiterten Deckungsbeiträge sowie die Klima- und Bodenbedingungen in den einzelnen Landkreisen der ausgewählten Clustern sind im Anhang 10 bis 15 zusammengestellt.

Karte 6.2: Räumliche Verteilung der Landkreise in ausgewählten Clustern



Quelle: Eigene Darstellung, ATKIS®VG250, ©Bundesamt für Kartographie und Geodäsie 2003

6.2.2 Untersuchung der Zusammenhänge zwischen Klimaparametern und den Deckungsbeiträgen bzw. Reinerträgen bei ähnlichen Bodenartenverhältnissen in den Landkreisen

Für die Untersuchung der Zusammenhänge zwischen den klimatischen Bedingungen und den Deckungsbeiträgen bzw. Reinerträgen in den sechs ausgewählten Clustern (vgl. Kapitel 6.2.1) müssen zunächst die Deckungsbeiträge für die einzelnen Fruchtarten und die Reinerträge für bestimmte Anbaukombinationen in den Landkreisen berechnet werden. Die folgenden Übersichten 6.8 und 6.9 zeigen an einem Beispiel die Vorgehensweise bei diesen Berechnungen. Alle dafür notwendigen Daten und Informationen sind in dem Kapitel 6.1 sowie in den Tabellen im Anhang 11 bis 16 zu finden.

Übersicht 6.8: Schema für die Berechnung des erweiterten Deckungsbeitrages am Beispiel Winterweizen im Landkreis Gießen

	Annahmen für Winterweizen	Beispielrechnung
Landkreis		**LK Gießen**
Bundesland		Hessen
Naturalertrag [dt/ha]		**68,6 dt/ha**
Qualitätsunterschiede	Anteil Qualitätsweizen	33,5 %
Erzeugerpreis x Anteil des Naturalertrag mit bestimmter Qualität	Erzeugerpreis für Qualitätsweizen = 12,68 Euro/dt	291,64 Euro/ha
Erzeugerpreis x Anteil des Naturalertrag mit bestimmter Qualität	Erzeugerpreis für Weichweizen zur Brotherstellung = 11,75 Euro/dt	535,80 Euro/ha
Summe Leistung		**827,44 Euro/ha**
Direktkosten		
• Saatgut [Euro/ha]	56,67 Euro	56,67 Euro/ha
• Düngung [Euro/ha]	y = 111,08 + 1,13 x	188,60 Euro/ha
• Pflanzenschutz [Euro/ha]	159,04 Euro (< 70 dt = 122,85 Euro)	122,85 Euro/ha
• Versicherung [Euro/ha]	1 % der Leistung	8,27 Euro/ha
• Bodenuntersuchung [Euro/ha]	8,08 Euro	8,08 Euro/ha
Summe Direktkosten		**384,47 Euro/ha**
var. Maschinenkosten [Euro/ha]	y = 120,66 + 0,43 x	150,16 Euro/ha
Lohnmaschinen [Euro/ha]	-	-
Arbeitszeitbedarf [AKh/ha] (ertragsabhängig)	y = 6,89 + 0,04 x	9,63 AKh/ha
Lohnansatz [Euro/ha] (ertragsabhängig)	AKh/ha * 9,59 Euro/AKh	92,35 Euro/ha
erweiterter Deckungsbeitrag [Euro/ha]		**200,46 Euro/ha**

y = Zielgröße, x = Naturalertrag in dt/ha

Anmerkung: Der erweiterte Deckungsbeitrag in diesem Beispiel entspricht nicht dem erweiterten Deckungsbeitrag von 199,81 Euro/ha, der im Anhang 11 sowie in der folgenden Übersicht 6.9 für den Landkreis Gießen ausgewiesen ist. Die Differenz von 0,65 Euro/ha ist auf die Rundung der Koeffizienten in den Gleichungen für die Berechnung der Kosten für Düngung, der variablen Maschinenkosten und des Arbeitszeitbedarfs sowie die Rundung der Beträge in der Beispielrechnung zurückzuführen.

Quelle: Eigene Berechnungen

Übersicht 6.9: Schema für die Berechnung des Reinertrages am Beispiel der Anbaukombination Zuckerrüben, Winterweizen und Wintergerste im Landkreis Gießen

Landkreis	**LK Gießen**
Anbaukombination	ZR, WW, WG
erweiterter Deckungsbeitrag	
• Zuckerrüben [Euro/ha]	771,13 Euro/ha
• Winterweizen [Euro/ha]	199,81 Euro/ha
• Wintergerste [Euro/ha]	99,30 Euro/ha
erweiterter Deckungsbeitrag aufgrund der Anbauanteile	**353,18 Euro/ha**
Fest- und Gemeinkosten [Euro/ha]	238,00 Euro/ha
Betriebsprämie [Euro/ha]	328,00 Euro/ha
Lohnansatz für Betriebsführung [Euro/ha]	95,07 Euro/ha
Reinertrag [Euro/ha]	**348,11 Euro/ha**

Quelle: Eigene Berechnungen

Im Folgenden werden für jeden der sechs Cluster zunächst die um den ertragsabhängigen Lohnansatz erweiterten Deckungsbeiträge einzelner Früchte in den Landkreisen in Bezug auf den Einfluss der Klimaparameter untersucht, um die fruchtartspezifischen Effekte zu isolieren. In einem weiteren Schritt werden die Reinerträge für Anbaukombinationen verschiedener Früchte, wie sie in Kapitel 6.1.5 zusammengestellt wurden, auf ihren Zusammenhang mit den Klimaparametern untersucht. Die Deckungsbeiträge der Fruchtarten werden für die Reinertragsberechnung mit den jeweiligen Anbauanteilen gewichtet. Über diesen Gesamtdeckungsbeitrag wird der Reinertrag pro Hektar abgeleitet (vgl. Kapitel 2.5.1). Allerdings werden nur Anbaukombinationen betrachtet, die aufgrund der durchschnittlichen Anbauanteile der Früchte in den Jahren 1995 und 1999 (STATISTISCHES BUNDESAMT 1995, 1999) in den Landkreisen eines Clusters wahrscheinlich in größerem Umfang auf den Hauptbodenarten vorkommen.

Für die Bemessung der Stärke des Zusammenhangs zwischen den Deckungsbeiträgen bzw. den Reinerträgen und den Klimaparametern in einer Landkreisgruppe wird der Korrelationskoeffizient nach *Bravais*/*Pearson* berechnet. Damit soll eine weitere Verdichtung von entscheidenden Klimaparametern im Sinne der Zielsetzung unterstützt werden. Die Quantifizierung des Einflusses einzelner Klimaparameter kann nicht vorgenommen werden, weil die Klimaparameter untereinander in Zusammenhang stehen und die Korrelationskoeffizienten nur die Stärke des linearen Zusammenhangs zwischen zwei Variablen kennzeichnen.

Die Korrelationskoeffizienten für die Landkreise des ersten Clusters sind in der folgenden Tabelle 6.9 dargestellt.

Tabelle 6.9: Korrelationskoeffizienten nach *Bravais/Pearson* zwischen den erweiterten Deckungsbeiträgen für ausgewählte Fruchtarten bzw. Reinerträgen bestimmter Anbaukombinationen und Klimaparametern (Periode 1961-1990) in den Landkreisen (Cluster 1)

	T_{1-12}	N_{1-12}	T_{11-1}	T_{4-8}	S_{4-8}	W_{4-8}	TI_{5-8}	Anzahl Landkreise
erweiterter Deckungsbeitrag der Frucht (inkl. ertragsabhängiger Lohnansatz)								
Winterweizen	-0,328	0,389	0,085	-0,437	**-0,575***	**0,560***	-0,474	16
Wintergerste	-0,087	-0,068	0,155	-0,136	-0,223	0,124	-0,038	16
Winterroggen	-0,270	-0,057	-0,154	-0,227	-0,385	0,190	-0,024	16
Winterraps	0,036	-0,037	-0,119	0,129	-0,158	0,086	-0,052	14
Zuckerrüben	0,201	**0,563***	0,247	0,074	0,051	0,343	**-0,537***	16
Kartoffeln	0,294	-0,304	-0,099	0,383	0,557	-0,407	0,281	12
Silomais	-0,127	**0,706****	-0,021	-0,205	-0,217	**0,663****	**-0,769****	14
Reinertrag der Anbaukombination								
ZR, WW, WW	-0,038	**0,668****	0,243	-0,201	-0,301	**0,599***	**-0,698****	16
ZR, WW, WW, WG	-0,050	**0,603***	0,254	-0,209	-0,318	**0,575***	**-0,651****	16
ZR, WW, WG	0,048	**0,606***	0,281	-0,111	-0,197	**0,515***	**-0,636****	16
WR, WW, WW	-0,168	0,279	0,172	-0,266	-0,505	0,447	-0,367	14
WR, WW, WG	-0,113	0,128	0,162	-0,179	-0,412	0,315	-0,228	14

** Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 signifikant.
* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 signifikant.
Signifikante Korrelationskoeffizienten sind markiert (**fett**).
Quelle: Eigene Berechnungen

Die Landkreise des ersten Clusters weisen mit durchschnittlich 71 % Lehmboden (L) und 15 % sandigem Lehmboden (sL) gute Bodenqualitäten auf (vgl. Anhang 11). Dieses spiegelt sich auch in den Anbauanteilen der Früchte wider. Winterweizen wird bis zu einem Anteil von 48 % und Zuckerrüben bis zu einem Anteil von 24 % am Ackerland der Landkreise angebaut. Im Vergleich zum Standardklima des Ackerschätzungsrahmens fallen im Durchschnitt der Landkreise im Jahr mehr Niederschläge und die Jahrestemperatur ist etwas höher. Obwohl die Temperatur von April bis August wärmer ist, wirkt sich dieses durch die höheren Niederschläge kaum auf den Trockenindex aus.

Die Deckungsbeiträge der Zuckerrüben und des Winterweizens weisen Zusammenhänge mit einzelnen Klimaparametern auf. Der Deckungsbeitrag der Zuckerrüben steigt mit zunehmender Jahresniederschlagsmenge an. Gleichzeitig wirkt sich ein hoher Trockenindex im Zeitraum Mai bis August negativ aus. In diesen Landkreisen ist die Wasserversorgung der Zuckerrüben der entscheidende Ertragsfaktor. Der Deckungsbeitrag des Winterweizens wird ebenfalls positiv durch eine ausreichende Wasserversorgung beeinflusst. In diesem Fall liegt eine positive Korrelation mit der klimatischen Wasserbilanz in den Monaten April bis August vor. Eine hohe Sonnenscheindauer im gleichen Zeitraum wirkt sich negativ auf den Deckungsbeitrag des Winterweizens aus. Der Zusammenhang ist weniger durch das Strahlungsangebot als durch die mit zunehmender Sonnenscheindauer höhere Temperatur beeinflusst. Der Deckungsbeitrag des Silomaises verhält sich in Bezug auf den Jahresniederschlag und

den Trockenindex ähnlich wie der Deckungsbeitrag der Zuckerrüben. Mit einem durchschnittlichen Anbauanteil von 3 % in den Landkreisen des Clusters ist diese Frucht für den Vergleich der Ertragsunterschiede zurzeit jedoch nicht entscheidend (STATISTISCHES BUNDESAMT 1995, 1999, vgl. Anhang 11).[51]

Die Korrelationskoeffizienten zwischen den Reinerträgen und den Klimaparametern zeigen, dass die Reinertragsunterschiede auf zuckerrübenfähigen Standorten in den Landkreisen dieses Clusters durch die Jahresniederschlagsmenge, die klimatische Wasserbilanz der Monate April bis August sowie den Trockenindex im Zeitraum Mai bis August hervorgerufen werden. Diese Zusammenhänge resultieren zum einen aus den signifikanten Zusammenhängen des Zuckerrübendeckungsbeitrages mit dem Niederschlag und dem Trockenindex. Zum anderen weist der Deckungsbeitrag des Winterweizens zur klimatischen Wasserbilanz eine signifikante Korrelation auf. Signifikante Korrelationskoeffizienten zwischen dem Reinertrag und einem Klimaparameter treten insbesondere auf, wenn die Zusammenhänge der Deckungsbeiträge der Früchte des beim Reinertrag unterstellten Anbauverhältnisses und dem Klimaparameter gleichgerichtet sind.

Im zweiten Cluster werden Landkreise mit durchschnittlich 81 % Lehmboden (L) zusammengefasst. Die Anteile der anderen Bodenarten liegen im Mittel unter 10 %. Der Stadtkreis Salzgitter führt mit 90 % Lehmboden (L) die Spitze an. Die klimatischen Bedingungen in diesen Landkreisen sind im Gegensatz zum Cluster 1 etwas wärmer und trockener. Im Vergleich zum Standardklima fällt im Jahr fast genauso viel Niederschlag, aber durch die höheren Temperaturen liegt der Trockenindex in den Monaten Mai bis August etwas höher (vgl. Anhang 12).

Die folgende Tabelle 6.10 zeigt die Korrelationskoeffizienten zwischen den erweiterten Deckungsbeiträgen bzw. Reinerträgen und den Klimaparametern im zweiten Cluster. Die Auswertung erfolgt nach dem gleichen Schema wie beim ersten Cluster.

[51] Bei zukünftig zunehmender Bedeutung der Verwertung von Silomais als nachwachsender Rohstoff (z.B. in Biogasanlagen) wird der Anbauanteil dieser Frucht auch in Ackerbauregionen ohne bedeutende Viehhaltung steigen, so dass der Silomais dann durch den höheren Anbauanteil ebenfalls für die Bewertung der Ertragsfähigkeit des Bodens in diesen Regionen herangezogen werden muss.

Tabelle 6.10: Korrelationskoeffizienten nach *Bravais/Pearson* zwischen den erweiterten Deckungsbeiträgen für ausgewählte Fruchtarten bzw. Reinerträgen bestimmter Anbaukombinationen und Klimaparametern (Periode 1961-1990) in den Landkreisen (Cluster 2)

	T_{1-12}	N_{1-12}	T_{11-1}	T_{4-8}	S_{4-8}	W_{4-8}	TI_{5-8}	Anzahl Landkreise
erweiterter Deckungsbeitrag der Frucht (inkl. ertragsabhängiger Lohnansatz)								
Winterweizen	-0,071	-0,221	0,395	-0,263	-0,295	-0,015	0,052	13
Wintergerste	-0,010	-0,361	0,388	-0,158	-0,178	-0,177	0,216	13
Winterroggen	-0,354	**-0,853****	-0,217	-0,285	-0,162	-0,601	**0,681****	11
Winterraps	0,466	-0,341	0,256	**0,591***	0,405	-0,381	0,448	12
Zuckerrüben	**0,726****	**0,592***	**0,717****	**0,560***	0,367	0,306	-0,401	13
Kartoffeln	0,560	**0,671***	0,435	0,498	0,480	0,359	-0,447	11
Silomais	-0,100	0,352	-0,124	-0,113	0,269	0,240	-0,306	12
Reinertrag der Anbaukombination								
ZR, WW, WW	0,449	0,255	**0,763****	0,204	0,050	0,200	-0,239	13
ZR, WW, WW, WG	0,369	0,123	**0,723****	0,131	-0,001	0,121	-0,144	13
ZR, WW, WG	0,496	0,235	**0,782****	0,261	0,104	0,159	-0,202	13
WR, WW, WW	0,089	-0,421	0,355	0,011	-0,131	-0,295	0,361	12
WR, WW, WG	0,126	-0,484	0,348	0,074	-0,061	-0,374	0,439	12

** Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 signifikant.
* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 signifikant.
Signifikante Korrelationskoeffizienten sind markiert (**fett**).
Quelle: Eigene Berechnungen

Der Deckungsbeitrag der Zuckerrüben wird in diesen Landkreisen insbesondere durch die Temperaturparameter (Jahresdurchschnitt und den Zeiträumen November bis Januar sowie April bis August) positiv beeinflusst. Ertrag erhöhend wirken ebenfalls hohe Jahresniederschlagsmengen. Der Zusammenhang zwischen Trockenindex in den Monaten Mai bis August und dem Deckungsbeitrag der Zuckerrüben ist nicht signifikant, da höhere Temperaturen und höhere Niederschläge eine gegenläufige Wirkung auf die Höhe des Trockenindex haben.

Winterraps wird im Cluster 2 vor allem in den Landkreisen in Sachsen-Anhalt und Sachsen angebaut, in denen weniger Zuckerrübenquote als in den niedersächsischen Landkreisen vorhanden ist. Obwohl der Winterraps eigentlich kühle Sommertemperaturen bevorzugt (vgl. Übersicht 3.4 und Tabelle 5.10 Zeile 7), führen die guten Bodenqualität sowie die hohe nutzbare Feldkapazität in diesen Landkreisen trotz der hohen Temperaturen von April bis August zu hohen Deckungsbeiträgen beim Winterraps.

Die Reinerträge der Zuckerrübenfruchtfolgen korrelieren mit der Temperatur in den Monaten November bis Januar, da die Korrelationskoeffizienten der Deckungsbeiträge für Zuckerrüben, Winterweizen und Wintergerste gleichgerichtet sind. Die Koeffizienten der anderen Klimaparameter weisen keinen signifikanten Einfluss auf die Reinerträge aus, da bei den für die Landkreise wichtigen Früchten Zuckerrüben und Winterweizen die Wirkung auf die Deckungsbeiträge entgegengesetzt ist.

Die Landkreise im dritten Cluster können in zwei Gruppen unterteilt werden. Die eine Gruppe kennzeichnet sich durch einen relativ hohen Zuckerrübenanteil und geringen Wintergerste- und Winterrapsanteil am Ackerland. Die Höhe der Anteile in der anderen Gruppe ist bei diesen Früchten genau entgegengesetzt. Die Ertrags- und Klimaunterschiede sind in der ersten Gruppe nicht so groß, da diese Landkreise sich fast ausschließlich in Rheinland-Pfalz befinden. Für die weitere Untersuchung werden daher die Landkreise der zweiten Gruppe näher untersucht.

Das Ackerland dieser zweiten Gruppe besteht zu gut 50 % aus der Bodenart L. Die Bodenart sL macht etwa 20 % und SL 10 % aus. Bedeutende Anbauanteile weisen Winterweizen, Wintergerste und Winterraps auf (vgl. Anhang 13).

Tabelle 6.11: Korrelationskoeffizienten nach *Bravais/Pearson* zwischen den erweiterten Deckungsbeiträgen für ausgewählte Fruchtarten bzw. Reinerträgen bestimmter Anbaukombinationen und Klimaparametern (Periode 1961-1990) in den Landkreisen (Cluster 3)

	T_{1-12}	N_{1-12}	T_{11-1}	T_{4-8}	S_{4-8}	W_{4-8}	TI_{5-8}	Anzahl Landkreise
erweiterter Deckungsbeitrag der Frucht (inkl. ertragsabhängiger Lohnansatz)								
Winterweizen	-0,010	0,006	0,324	-0,220	-0,212	0,039	-0,041	13
Wintergerste	0,118	**-0,598***	0,204	0,108	-0,169	-0,425	0,479	13
Winterroggen	-0,159	-0,071	0,117	-0,267	-0,074	0,070	-0,065	12
Winterraps	-0,136	-0,553	-0,263	0,047	0,411	-0,329	0,328	13
Zuckerrüben	0,335	0,406	0,493	0,103	0,008	0,211	-0,227	11
Kartoffeln	-0,019	-0,004	-0,200	0,067	0,304	0,028	-0,119	11
Silomais	**-0,648***	0,413	-0,566	-0,605	0,367	0,389	-0,497	12
Reinertrag der Anbaukombination								
WR, WW, WW	-0,048	-0,155	0,198	-0,172	-0,061	-0,062	0,060	13
WR, WW, WG	-0,002	-0,410	0,146	-0,045	-0,032	-0,255	0,274	13
SM, WW, WG	-0,503	0,140	-0,285	-0,546	0,176	0,201	-0,272	12

** Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 signifikant.
* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 signifikant.
Signifikante Korrelationskoeffizienten sind markiert (**fett**).
Quelle: Eigene Berechnungen

Aus der Tabelle 6.11 wird deutlich, dass signifikante Korrelationen zwischen dem erweiterten Deckungsbeitrag und einem Klimaparameter nur bei Wintergerste und Silomais feststellbar sind. Mit steigendem Jahresniederschlag sinkt der Deckungsbeitrag der Wintergerste. Dieser Zusammenhang kann aus der Empfindlichkeit der Wintergerste gegenüber Bodennässe resultieren (vgl. Übersicht 3.4). Der Deckungsbeitrag des Silomaises wird durch eine hohe Jahresdurchschnittstemperatur und hohe Temperaturen in den Monaten April bis August negativ beeinflusst. Dieser Zusammenhang lässt sich aus den Ansprüchen der Maispflanze nicht ableiten, denn sie gilt als besonders Wärme liebend (vgl. Übersicht 3.4). Der Silomais wird nur in wenigen Landkreisen dieses Clusters auf einem größeren Teil der Ackerfläche angebaut.

Aufgrund der fehlenden signifikanten Zusammenhänge zwischen den Deckungsbeiträgen des Winterweizens und des Winterrapses mit einzelnen Klimaparametern treten auch bei den Reinerträgen der Anbaukombinationen mit Winterraps keine signifikanten Korrelationskoeffizienten auf. Die Reinerträge der Silomaiskombinationen sind mit der Jahresdurchschnittstemperatur und der Temperatur in den Monaten April bis August negativ korreliert.

Die Landkreise des Clusters 15 sind vor allem in Thüringen zu finden. Die Bodenartanteile sind sehr heterogen. Lehm (L) ist mit etwa 30 % die häufigste Bodenart, aber vom anlehmigen Sand (Sl) bis zum lehmigen Ton (LT) verteilen sich die Anteile relativ gleichmäßig (vgl. Anhang 14). Die Tabelle 6.12 mit den Korrelationskoeffizienten zeigt, dass die erweiterten Deckungsbeiträge der anbaustärksten Früchte Winterweizen, Wintergerste und Winterraps im Zusammenhang mit einzelnen Klimaparametern stehen.

Tabelle 6.12: Korrelationskoeffizienten nach *Bravais/Pearson* zwischen den erweiterten Deckungsbeiträgen für ausgewählte Fruchtarten bzw. Reinerträgen bestimmter Anbaukombinationen und Klimaparametern (Periode 1961-1990) in den Landkreisen (Cluster 15)

	T_{1-12}	N_{1-12}	T_{11-1}	T_{4-8}	S_{4-8}	W_{4-8}	TI_{5-8}	Anzahl Landkreise
erweiterter Deckungsbeitrag der Frucht (inkl. ertragsabhängiger Lohnansatz)								
Winterweizen	0,492	-0,565	0,574	0,471	-0,489	**-0,741***	**0,751***	8
Wintergerste	0,166	-0,645	0,264	0,136	**-0,758***	-0,503	0,532	8
Winterroggen	-0,353	-0,645	-0,310	-0,331	-0,347	-0,416	0,478	8
Winterraps	-0,048	**-0,745***	0,003	-0,022	**-0,809***	-0,442	0,466	8
Zuckerrüben	0,302	0,495	0,475	0,132	**-0,820***	0,239	-0,261	6
Kartoffeln	-0,365	0,561	-0,360	-0,425	0,071	0,791	**-0,817***	6
Silomais	0,287	0,054	0,423	0,176	-0,657	0,120	-0,139	8
Reinertrag der Anbaukombination								
WR, WW, WW	0,357	-0,688	0,437	0,350	-0,653	**-0,717***	**0,733***	8
WR, WW, WG	0,226	-0,705	0,311	0,215	**-0,745***	-0,611	0,634	8
WR, WG, ROG	-0,033	**-0,772***	0,045	-0,031	**-0,771***	-0,524	0,564	8
SM, WW, WG	0,359	-0,359	0,491	0,283	**-0,760***	-0,327	0,330	8

** Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 signifikant.
* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 signifikant.
Signifikante Korrelationskoeffizienten sind markiert (**fett**).
Quelle: Eigene Berechnungen

Der Deckungsbeitrag des Winterweizens nimmt mit zunehmender Trockenheit zu ($r_{\text{Winterweizen, TI5-8}} = 0{,}751$). Dieses resultiert aus dem überdurchschnittlich hohen Jahresniederschlag und dem entsprechend niedrigen Trockenindex in den Monaten Mai bis August in den Landkreisen. Der Deckungsbeitrag des Winterrapses zeigt ebenfalls eine zunehmende Tendenz, wenn der Jahresniederschlag sinkt. Die Regressionsmodelle für Winterweizen und Winterraps zeigten bereits, dass der Ertrag mit steigendem Trockenindex für die Monate Mai bis August zunächst bis zu einem Optimum zunimmt (Tabelle 5.10, Zeile 11). Ein zweiter Parameter, der sowohl den Deckungsbeitrag des Winterrapses als auch der Wintergerste beeinflusst, ist die Sonnenscheindauer in den Monaten April bis August. Je sonniger diese Monate sind, desto

geringer fällt der Deckungsbeitrag dieser Früchte aus. Dieser Zusammenhang lässt sich mit der positiven Korrelation der Sonnenscheindauer mit dem Jahresniederschlag in diesem Cluster erklären ($r_{S4\text{-}8,\ N1\text{-}12} = 0{,}575$).

Die Reinerträge der Anbaukombinationen mit Winterraps hängen bei hohem Winterweizenanteil von dem Trockenindex und der klimatischen Wasserbilanz ab. Mit abnehmendem Winterweizenanteil gewinnen die Sonnenscheindauer in den Monaten April bis August und der Jahresniederschlag an Bedeutung. Der Reinertrag der Silomaiskombination nimmt mit steigender Sonnenscheindauer in den Monaten April bis August zu.

Der Cluster 19 fasst Landkreise zusammen, in denen Böden der Bodenarten S bis SL überwiegen. Auf dem Ackerland wird daher neben Winterweizen, Wintergerste und Winterraps auch vermehrt Roggen angebaut (vgl. Anhang 15).

Tabelle 6.13: Korrelationskoeffizienten nach *Bravais/Pearson* zwischen den erweiterten Deckungsbeiträgen für ausgewählte Fruchtarten bzw. Reinerträgen bestimmter Anbaukombinationen und Klimaparametern (Periode 1961-1990) in den Landkreisen (Cluster 19)

	$T_{1\text{-}12}$	$N_{1\text{-}12}$	$T_{11\text{-}1}$	$T_{4\text{-}8}$	$S_{4\text{-}8}$	$W_{4\text{-}8}$	$TI_{5\text{-}8}$	Anzahl Landkreise
erweiterter Deckungsbeitrag der Frucht (inkl. ertragsabhängiger Lohnansatz)								
Winterweizen	-0,442	0,217	-0,056	**-0,580***	**0,695****	0,224	**-0,709****	13
Wintergerste	-0,480	0,123	-0,183	**-0,560***	**0,615***	0,261	**-0,663***	13
Winterroggen	-0,414	0,121	-0,044	-0,535	0,363	0,377	**-0,591***	13
Winterraps	**-0,627***	-0,010	-0,329	**-0,712****	**0,784****	0,006	**-0,633***	12
Zuckerrüben	**0,620***	0,470	**0,643***	0,353	-0,351	0,477	-0,046	12
Kartoffeln	**0,963****	0,551	**0,755****	**0,944****	-0,597	0,211	0,366	11
Silomais	**0,687****	0,347	0,515	**0,659***	-0,427	0,334	0,280	13
Reinertrag der Anbaukombination								
WR, WW, WW	-0,497	0,116	-0,188	**-0,611***	**0,710****	0,121	**-0,670***	12
WR, WW, WG	-0,521	0,085	-0,232	**-0,618***	**0,699***	0,125	**-0,662***	12
WR, WG, ROG	-0,544	0,059	-0,241	**-0,643***	**0,611***	0,192	**-0,664***	12
SM, WW, WG	0,260	0,381	0,338	0,170	0,067	0,411	-0,202	13
SM, WG, ROG	0,252	0,339	0,329	0,167	-0,038	0,455	-0,168	13

** Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 signifikant.
* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 signifikant.
Signifikante Korrelationskoeffizienten sind markiert (**fett**).
Quelle: Eigene Berechnungen

Die Deckungsbeiträge dieser vier Früchte werden aufgrund der leichten Böden durch den Trockenindex beeinflusst. Je trockener die Monate Mai bis August sind, desto niedriger fällt der Deckungsbeitrag aus. Positiv wirken sich kühle Temperaturen von April bis August in Verbindung mit viel Sonnenschein aus. Diese Kombination der Klimawerte ist vor allem in den Küstengebieten Mecklenburg-Vorpommerns zu finden. Die Reinerträge der Anbaukombinationen mit Winterraps sind daher ebenfalls signifikant von diesen drei Klimaparametern beeinflusst. Die Deckungsbeiträge der Früchte Silomais und Kartoffeln, die in geringerem Umfang angebaut werden, steigen mit zunehmender Jahresdurchschnittstemperatur und mitt-

lerer Temperatur in den Monaten April bis August. Diese Früchte sind besonders Wärme liebend (vgl. Übersicht 3.4). Die für den Winterweizen günstigen klimatischen Bedingungen in den Küstengebieten bewirken, dass der erweiterte Deckungsbeitrag für den Winterweizen trotz der geringeren Bodenqualität mit 273,71 Euro/ha in Nordvorpommern nur knapp unter dem erweiterten Deckungsbeitrag in den Landkreisen der Magdeburger Börde im Cluster 2 liegt (vgl. Anhang 15 und 12). Dieser Vergleich zeigt, dass der Einfluss der Bodeneigenschaften auf die Ertragsleistung umso geringer ist, je günstiger die klimatischen Standortbedingungen für die einzelne Fruchtart sind.

Die Böden des Ackerlandes im Cluster 24 bestehen überwiegenden aus der Bodenart S. Die Hauptanbaufrucht in den Landkreisen ist daher der Winterroggen. Daneben werden Winterweizen, Wintergerste, Winterraps und Silomais angebaut. Im Durchschnitt liegen die Jahrestemperatur und der Trockenindex in den Landkreisen höher als die Standardwerte des Ackerschätzungsrahmens (vgl. Anhang 16).

Tabelle 6.14: Korrelationskoeffizienten nach *Bravais/Pearson* zwischen den erweiterten Deckungsbeiträgen für ausgewählte Fruchtarten bzw. Reinerträgen bestimmter Anbaukombinationen und Klimaparametern (Periode 1961-1990) in den Landkreisen (Cluster 24)

	T_{1-12}	N_{1-12}	T_{11-1}	T_{4-8}	S_{4-8}	W_{4-8}	TI_{5-8}	Anzahl Landkreise
erweiterter Deckungsbeitrag der Frucht (inkl. ertragsabhängiger Lohnansatz)								
Winterweizen	0,132	**0,723***	**0,682***	-0,330	**-0,634***	**0,808****	**-0,697***	12
Wintergerste	-0,153	**0,598***	0,461	-0,547	-0,471	**0,708***	**-0,651***	12
Winterroggen	-0,057	**0,756****	0,522	-0,463	-0,474	**0,803****	**-0,781****	12
Winterraps	-0,253	**0,612***	0,216	-0,518	-0,065	**0,602***	**-0,658***	12
Zuckerrüben	0,476	**0,794****	**0,617***	0,159	-0,376	**0,730****	**-0,694***	12
Kartoffeln	**0,641***	**0,734****	**0,759****	0,274	-0,525	**0,671***	-0,510	12
Silomais	0,348	**0,933****	**0,813****	-0,143	**-0,621***	**0,918****	**-0,845****	12
Reinertrag der Anbaukombination								
WR, WW, WW	0,028	**0,738****	**0,591***	-0,406	-0,511	**0,801****	**-0,732****	12
WR, WW, WG	-0,071	**0,709****	0,514	-0,483	-0,444	**0,775****	**-0,728****	12
WR, WG, ROG	-0,168	**0,710****	0,425	-0,547	-0,352	**0,758****	**-0,754****	12
SM, WW, WG	0,213	**0,874****	0,767	-0,288	**-0,643***	**0,913****	**-0,826****	12
SM, WG, ROG	0,175	**0,905****	**0,742****	-0,320	**-0,611***	**0,930****	**-0,867****	12

** Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 signifikant.
* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 signifikant.
Signifikante Korrelationskoeffizienten sind markiert (**fett**).
Quelle: Eigene Berechnungen

Alle erweiterten Deckungsbeiträge sind in diesem Cluster positiv mit der Jahresniederschlagsmenge und der klimatischen Wasserbilanz in den Monaten April bis August bzw. negativ mit dem Trockenindex in den Monaten Mai bis August korreliert. Auf den leichten Böden ist für alle Früchte somit das Wasser ein entscheidender Ertragsfaktor. In diesem Cluster treten hohe Jahresniederschläge mit milden Temperaturen in den Monaten November bis Januar auf ($r_{N1-12, T11-1} = 0{,}734$). Daher besteht bei einigen Früchten ein positiver Zusammen-

hang mit den Wintertemperaturen. Die gleichgerichteten Korrelationen der Deckungsbeiträge der einzelnen Früchte mit den Klimaparametern bewirkt, dass die Reinerträge ebenfalls stark mit diesen Klimaparametern korreliert sind.

Im Gegensatz zu den Ergebnissen der Regressionsanalyse, bei der alle Landkreise gleichzeitig betrachtet werden, kommen bei der Untersuchung einzelner Landkreisgruppen regionale Besonderheiten zum Ausdruck, die die Beziehung zwischen dem Deckungsbeitrag bzw. Reinertrag und dem Klima beeinflussen. Allerdings ist mit der Korrelationsanalyse eine Quantifizierung der Klimawirkung nicht möglich. Für eine Regressionsanalyse innerhalb einer Landkreisgruppe und für gesicherte Ergebnisse müsste der Stichprobenumfang für die Zahl der Variablen größer sein. Außerdem weisen die Landkreise zwar ähnliche Bodenartenverhältnisse auf, aber es handelt sich immer noch um aggregierte Daten, die in sich heterogen sind.

Die Ergebnisse der Korrelationsanalyse bestätigen weitgehend die theoretischen Überlegungen aus Kapitel 3.3 und der Regressionsanalyse auf Landkreisebene (vgl. Kapitel 5.2.1). Über alle Cluster betrachtet, tragen der Jahresniederschlag, die Jahresdurchschnittstemperatur und der Trockenindex der Monate Mai bis August gut zur Erklärung der Deckungsbeitrags- und Reinertragsunterschiede bei. Daher sollten sich die Zu- und Abrechnungen aufgrund der klimatischen Bedingungen auf diese Klimaparameter stützen. In Kapitel 6.3 stehen diese Klimaparameter im Mittelpunkt bei der Aktualisierung der Bewertung der Musterstücke, die auf den regionalen Ergebnissen für die Landkreise aufbaut.

6.2.3 Ermittlung der Wertzahlendifferenzen bei ähnlichen Bodenartenverhältnissen in den Landkreisen

In diesem Kapitel werden die Reinerträge für eine Anbaukombination zwischen den Landkreisen eines Clusters verglichen. Aufgrund der Vorgehensweise bei der Bildung der Vergleichsgruppen resultieren die Reinertragsdifferenzen zwischen den Landkreisen bei gleicher Anbaukombination weitgehend aus den Unterschieden der klimatischen Ertragsbedingungen. Geringe Verzerrungen entstehen durch nicht-klimatische Einflussfaktoren (Bodenartenanteile und Höhe über NN als Maß für die Topographie). Sie können zwar innerhalb eines Clusters als relativ gleich angesehen werden, aber Schwankungen treten dennoch auf (vgl. Anhang 11 bis 16).

Für die Bodenschätzung sind diese Reinertragsdifferenzen nutzbar, wenn sie in Wertzahlen der Bodenschätzung ausgedrückt werden können. Daher muss der Ertragswert in Form des

Reinertrages ermittelt werden, den *eine* Wertzahl der Bodenschätzung darstellt. Zum einen ist der Reinertrag eines Bodens mit der Bodenzahl 100 unter den Standardklimabedingungen des Ackerschätzungsrahmens zu ermitteln. Zum anderen muss der Reinertrag auf einem Boden mit der niedrigsten Bodenzahl im Ackerschätzungsrahmen, ein S 7 D mit der Bodenzahl 7, bekannt sein. Die Berechnung der entsprechenden Reinerträge ist in der folgenden Übersicht 6.10 zusammengefasst.

Übersicht 6.10: Berechnung der Reinerträge für einen Boden mit der Bodenzahl 100 und der Bodenzahl 7

Bodenzahl	**100**	**7**
Landkreis	LK Hildesheim	-
Anbaukombination	ZR, WW, WW	Stilllegung
erweiterter Deckungsbeitrag		
• Zuckerrüben [Euro/ha]	870,39 Euro/ha	-
• Winterweizen [Euro/ha]	472,70 Euro/ha	-
• Stilllegung [Euro/ha]	-	-38,46 Euro/ha
erweiterter Deckungsbeitrag aufgrund der Anbauanteile	**603,94 Euro/ha**	**-38,46 Euro/ha**
Fest- und Gemeinkosten [Euro/ha]	238,00 Euro/ha	193,00 Euro/ha
Betriebsprämie [Euro/ha]	328,00 Euro/ha	328,00 Euro/ha
Lohnansatz für Betriebsführung [Euro/ha]	95,07 Euro/ha	95,07 Euro/ha
Reinertrag [Euro/ha]	**598,87 Euro/ha**	**1,47 Euro/ha**

Quelle: Eigene Berechnungen

Für die Bodenzahl 100 wird ein Anbauverhältnis von 33 % Zuckerrüben und 67 % Winterweizen angenommen. Für die Hektarerträge werden 630 dt/ha Zuckerrüben und 100 dt/ha Winterweizen, angebaut in der Hildesheimer Börde, angesetzt. Der entsprechende Reinertrag beträgt 598,87 Euro/ha. Die Ertragsbedingungen eines Bodens mit der Bodenzahl 7 sind so ungünstig, dass eine Stilllegung der Fläche den Verlust durch die Bewirtschaftung minimiert. Der Reinertrag für eine stillgelegte Fläche wird mit 1,47 Euro/ha kalkuliert. Die Reinertragsdifferenz zwischen den beiden Böden ergibt 597,40 Euro/ha, so dass bei einer Wertzahlenspanne von 93 pro Wertzahl 6,42 Euro/ha bzw. ein kapitalisierter Wert[52] von 115,63 Euro/ha anzusetzen sind.

Die Reinertragsdifferenz eines Landkreises zu einem Landkreis innerhalb des Clusters kann somit in Wertzahlen ausgedrückt werden. Die Wertzahlendifferenz kann als *absolute* Zu- oder Abrechnung von der Bodenzahl aufgrund der vom Standardklima des Ackerschätzungsrahmens abweichenden klimatischen Bedingungen interpretiert werden, wenn die Differenz des Reinertrages in einem Landkreis zum Reinertrag unter Standardklimabedingungen ermittelt wird. Zu diesem Zweck wird aus jedem Cluster ein Landkreis gewählt, der ungefähr die klimatischen Bedingungen des Ackerschätzungsrahmens aufweist. Als Kriterien wurden in erster Linie die Jahresdurchschnittstemperatur und die Jahresniederschlagsmenge bzw. das Ver-

[52] Bei einem Zinssatz von 5,5 % beträgt der Kapitalisierungsfaktor 18.

hältnis dieser Werte nach der Formel für den Trockenindex[53] herangezogen. Die Wertzahlendifferenzen für verschiedene Anbaukombinationen innerhalb eines Clusters werden im Folgenden für jeden Cluster angegeben und besprochen.

Die Ergebnisse der Korrelationsanalyse der Reinerträge mit den Klimaparametern (vgl. Kapitel 6.2.2) können auf den Zusammenhang zwischen Wertzahlendifferenzen und Klimaparametern exakt übertragen werden, da die Wertzahlendifferenzen lediglich eine Standardisierung der Reinerträge darstellen.

Im ersten Cluster erfüllen die klimatischen Bedingungen des Landkreises Meißen-Radebeul am besten die Kriterien des Standardklimas ($T_{1\text{-}12}$ = 8,7 °C, $N_{1\text{-}12}$ = 639 mm, $TI_{1\text{-}12}$ = 4,1 °C/mm). Allerdings liegen für diesen Landkreis keine Naturalerträge für Winterraps vor. Der Landkreis Wolfenbüttel entspricht ebenfalls ausreichend den Bedingungen des Standardklimas ($T_{1\text{-}12}$ = 8,7 °C, $N_{1\text{-}12}$ = 625 mm, $TI_{1\text{-}12}$ = 4,2 °C/mm) und für diesen Landkreis stehen die notwendigen Naturalerträge zur Verfügung, so dass Wolfenbüttel als Referenzlandkreis für diesen Cluster gewählt wird. Die folgende Tabelle 6.15 enthält zum einen die Reinerträge der für diesen Cluster aufgrund der Anbauverhältnisse (vgl. Anhang 11, STATISTISCHES BUNDESAMT 1995, 1999) ausgewählten Anbaukombinationen und zum anderen die in Wertzahlen umgerechnete Differenz der Reinerträge einer Anbaukombination zum Reinertrag des Referenzlandkreises.

[53] Der Trockenindex (*TI*) nach der Formel

$$TI = \frac{3T}{N} * 100$$

(*T* = Jahresdurchschnittstemperatur, *N* = Jahresniederschlagssumme)
beträgt für 8 °C und 600 mm 4 °C/mm.

Tabelle 6.15: Reinerträge ausgewählter Anbaukombinationen (in Euro/ha) und deren Differenz zum Referenzlandkreis in Wertzahlen (Cluster 1)

lfd. Nr.	Landkreis (LK), Stadtkreis (SK)	ZR, WW, WW	Diff.	ZR, WW, WW, WG	Diff.	ZR, WW, WG	Diff.	WR, WW, WW	Diff.	WR, WW, WG	Diff.
1.1	LK Gießen	383,28	-6	312,44	-10	348,11	-5	157,41	-18	122,25	-18
1.2	LK Kassel	351,00	-11	294,43	-13	320,45	-10	159,40	-18	128,85	-17
1.3	SK Wiesbaden	389,89	-5	328,06	-7	360,57	-3	189,03	-14	159,71	-12
1.4	LK Goslar	424,53	0	371,86	0	385,38	0	260,61	-2	221,46	-2
1.5	LK Hameln-Pyrmont	435,33	2	368,00	-1	384,88	0	246,05	-5	195,60	-6
1.6	LK Holzminden	411,55	-2	347,41	-4	362,94	-3	239,97	-6	191,37	-7
1.7	LK Northeim	418,88	-1	357,80	-3	371,73	-2	255,20	-3	208,06	-4
1.8	***LK Wolfenbüttel***	***423,45***	***0***	***374,94***	***0***	***382,88***	***0***	***275,90***	***0***	***235,33***	***0***
1.9	LK Alzey-Worms	398,04	-4	337,44	-6	375,14	-1	-	-	-	-
1.10	LK Döbeln	387,09	-6	329,06	-7	346,64	-6	240,18	-6	199,73	-6
1.11	LK Meißen-Radebeul	429,11	1	367,99	-1	393,91	-2	-	-	-	-
1.12	*LK Bernburg*	*238,16*	*-29*	*216,90*	*-25*	*217,56*	*-26*	*172,30*	*-16*	*151,69*	*-13*
1.13	*LK Merseburg-Querfurt*	*385,43*	*-6*	*331,86*	*-7*	*350,77*	*-5*	*225,00*	*-8*	*190,33*	*-7*
1.14	LK Quedlinburg	336,21	-14	295,62	-12	309,43	-11	209,16	-10	182,39	-8
1.15	*LK Sangerhausen*	*333,67*	*-14*	*290,64*	*-13*	*300,80*	*-13*	*208,76*	*-10*	*175,89*	*-9*
1.16	LK Altenburger Land	384,83	-6	325,63	-8	345,70	-6	236,81	-6	197,68	-6

Diff. = Reinertragsdifferenz zum Referenzlandkreis in Wertzahlen der Bodenschätzung ausgedrückt, Referenzlandkreis hervorgehoben (**fett**).
Landkreise, in denen Musterstücke in Kapitel 6.3 aktualisiert werden, sind *kursiv* gedruckt.
Quelle: Eigene Berechnungen

Bei den Anbaukombinationen mit Zuckerrüben müssen die höchsten Abrechnungen im Landkreis Bernburg vorgenommen werden. Mit 470 mm Jahresniederschlag und einem Trockenindex von 23,1 °C/mm in den Monaten Mai bis August bietet dieser Landkreis die ungünstigsten Bedingungen für den Zuckerrübenanbau. Die Landkreise Quedlinburg und Sangerhausen, die durch den Regenschatten des Harzes trockene Bedingungen aufweisen, müssen ebenfalls hohe Abrechnungen im Vergleich zum Landkreis Wolfenbüttel erhalten. Bei den Winterrapsanbaukombinationen liegen die Reinerträge der hessischen Landkreise deutlich unter dem Reinertrag bei Standardklima. Allerdings ist hier der Zusammenhang zu den klimatischen Bedingungen nicht so eindeutig wie bei den Landkreisen in Sachsen-Anhalt.

Für die Bestimmung der Wertzahlendifferenzen im zweiten Cluster entsprechen die klimatischen Bedingungen des Stadtkreises Salzgitter dem Standardklima (T_{1-12} = 8,7 °C, N_{1-12} = 650 mm, TI_{1-12} = 4,0 °C/mm). Für diesen Kreis stehen jedoch keine Winterrapserträge zur Verfügung. Daher wird der Landkreis Hildesheim als Referenzkreis für die Ermittlung der Ertragsunterschiede herangezogen (T_{1-12} = 8,7 °C, N_{1-12} = 699 mm, TI_{1-12} = 3,7 °C/mm). Die in der folgenden Tabelle 6.16 betrachteten Anbaukombinationen für den zweiten Cluster entsprechen denen für den ersten Cluster, da ähnliche Bodenartenverhältnisse in den Landkreisen vorherrschen.

Tabelle 6.16: Reinerträge ausgewählter Anbaukombinationen (in Euro/ha) und deren Differenz zum Referenzlandkreis in Wertzahlen (Cluster 2)

lfd. Nr.	Landkreis (LK), Stadtkreis (SK)	ZR, WW, WW	Diff.	ZR, WW, WW, WG	Diff.	ZR, WW, WG	Diff.	WR, WW, WW	Diff.	WR, WW, WG	Diff.
2.1	SK Frankfurt	432,47	-5	366,82	-6	400,51	-2	234,61	-7	202,64	-4
2.2	SK Kassel	360,70	-16	310,25	-14	328,15	-14	197,94	-12	165,39	-10
2.3	LK Limburg-Weilburg	320,54	-22	263,25	-22	288,85	-20	152,42	-19	120,73	-17
2.4	LK Wetteraukreis	404,41	-9	346,06	-9	375,42	-6	216,26	-10	187,27	-7
2.5	***LK Hildesheim***	***462,47***	***0***	***403,05***	***0***	***415,39***	***0***	***277,38***	***0***	***230,30***	***0***
2.6	*SK Salzgitter*	*488,99*	*4*	*437,71*	*5*	*449,01*	*5*	-	-	-	-
2.7	LK Mittweida	309,68	-24	265,03	-21	276,28	-22	201,60	-12	168,20	-10
2.8	*LK Aschersleben-Staßfurt*	*318,23*	*-22*	*291,61*	*-17*	*291,47*	*-19*	*242,67*	*-5*	*215,91*	*-2*
2.9	*LK Bördekreis*	*378,81*	*-13*	*344,38*	*-9*	*347,08*	*-11*	*274,46*	*0*	*242,73*	*2*
2.10	*LK Burgenlandkreis*	*350,07*	*-17*	*300,12*	*-16*	*318,46*	*-15*	*208,72*	*-11*	*177,10*	*-8*
2.11	LK Halberstadt	389,09	-11	350,80	-8	354,86	-9	279,77	0	245,55	2
2.12	LK Mansfelder Land	310,94	-24	270,19	-21	276,56	-22	201,23	-12	166,85	-10
2.13	*LK Weißenfels*	*392,17*	*-11*	*337,67*	*-10*	*363,57*	*-8*	*236,07*	*-6*	*207,47*	*-4*

Diff. = Reinertragsdifferenz zum Referenzlandkreis in Wertzahlen der Bodenschätzung ausgedrückt, Referenzlandkreis hervorgehoben (**fett**).
Landkreise, in denen Musterstücke in Kapitel 6.3 aktualisiert werden, sind *kursiv* gedruckt.
Quelle: Eigene Berechnungen

Die Auswirkungen ungünstiger klimatischer Bedingungen sind bei den Anbaukombinationen mit Zuckerrüben stärker als bei den Winterrapskombinationen, so dass die Abweichungen zum Referenzkreis höher sind. Hohe Abrechnungen sind in den Landkreisen vorzunehmen, in denen das Verhältnis von Jahresniederschlagssumme und Jahresdurchschnittstemperatur besonders hoch (feucht) oder niedrig (trocken) ist. In den Landkreisen in Sachsen-Anhalt liegt die Jahresniederschlagsmenge unter 600 mm. Der Trockenindex in den Monaten Mai bis August macht mit durchschnittlich 20,6 °C/mm das Problem der Trockenheit ebenfalls sehr deutlich (vgl. Anhang 12).

Von den Landkreisen des Clusters 3 sind die Werte des Standardklimas des Ackerschätzungsrahmens ungefähr im Landkreis Wernigerode zu finden (T_{1-12} = 8,1 °C, N_{1-12} = 595 mm, TI_{1-12} = 4,1 °C/mm). Bei Verwendung des Landkreises Wernigerode als Referenz müssen in den anderen Landkreisen der Gruppe bei allen Anbaukombinationen ausschließlich Abrechnungen vorgenommen werden (siehe Tabelle 6.17).

Tabelle 6.17: Reinerträge ausgewählter Anbaukombinationen (in Euro/ha) und deren Differenz zum Referenzlandkreis in Wertzahlen (Cluster 3)

lfd. Nr.	Landkreis (LK), Stadtkreis (SK)	WR, WW, WW	Diff.	WR, WW, WG	Diff.	SM, WW, WG	Diff.
3.1	LK Mainz-Kinzig-Kreis	211,76	-12	164,14	-14	273,64	-10
3.2	LK Schwalm-Eder-Kreis	228,53	-10	184,18	-11	330,27	-1
3.3	LK Vogelsbergkreis	193,76	-15	152,43	-16	296,30	-7
3.4	LK Osterode am Harz	202,22	-14	170,83	-13	269,07	-11
3.5	LK Schaumburg	245,35	-7	195,95	-9	273,38	-10
3.6	LK Rhein-Lahn-Kreis	156,62	-21	124,30	-20	240,88	-15
3.7	LK Chemnitzer Land	196,71	-15	171,74	-13	231,32	-17
3.8	LK Leipziger Land	201,37	-14	177,31	-12	246,09	-15
3.9	LK Löbau-Zittau	206,35	-13	175,40	-12	303,34	-6
3.10	LK Saalkreis	192,95	-15	180,45	-11	226,39	-18
3.11	**LK Wernigerode**	**291,31**	**0**	**252,07**	**0**	**339,58**	**0**
3.12	LK Nordhausen	197,33	-15	167,42	-13	251,58	-14

Diff. = Reinertragsdifferenz zum Referenzlandkreis in Wertzahlen der Bodenschätzung ausgedrückt, Referenzlandkreis hervorgehoben (**fett**).
In diesen Landkreisen können aufgrund der geringen Datengrundlage keine Musterstücke aktualisiert werden (vgl. Kapitel 6.3). Durch eine Erweiterung der Datengrundlage auf weitere Landkreise könnten auch Musterstücke in diesen Landkreisen aktualisiert werden.
Quelle: Eigene Berechnungen

Die Abrechnungen bewegen sich vorwiegend im Bereich zwischen -10 und -20. Die Reinertragsunterschiede zwischen den Landkreisen können in diesem Cluster nicht eindeutig durch klimatische Variationen erklärt werden. Bei der Korrelationsanalyse kann nur ein mittlerer negativer Zusammenhang zwischen den Reinerträgen der Silomaiskombinationen mit der Temperatur im Jahresdurchschnitt und in den Monaten April bis August festgestellt werden (vgl. Tabelle 6.11). Entweder resultieren die Ertragsunterschiede aus Klimaparametern, die nicht erfasst werden, oder aus anderen, nicht-klimatischen Einflussfaktoren. Die Landkreise dieses Clusters sind im Gegensatz zu den anderen näher betrachteten Clustern durch eine höhere Bodenheterogenität und zum Teil durch starke Höhenunterschiede des Ackerlandes gekennzeichnet (vgl. Anhang 13).

Die Landkreise des Clusters 15 zeichnen sich durch relativ hohe Niederschläge aus (vgl. Anhang 14). Daher resultieren die in der Tabelle 6.18 angegebenen Wertzahlendifferenzen zum Referenzlandkreis Saale-Holzland-Kreis (T_{1-12} = 8,3 °C, N_{1-12} = 617 mm, TI_{1-12} = 4,0 °C/mm) insbesondere aus den Temperaturbedingungen.

Tabelle 6.18: Reinerträge ausgewählter Anbaukombinationen (in Euro/ha) und deren Differenz zum Referenzlandkreis in Wertzahlen (Cluster 15)

lfd. Nr.	Landkreis (LK), Stadtkreis (SK)	WR, WW, WW	Diff.	WR, WW, WG	Diff.	WR, WG, ROG	Diff.	SM, WW, WG	Diff.
15.1	LK Fulda	166,20	-2	147,45	-1	99,55	2	255,79	0
15.2	LK Werra-Meißner-Kreis	181,17	1	152,18	0	89,07	0	296,30	7
15.3	LK Helmstedt	241,33	10	198,50	7	122,94	5	289,49	5
15.4	LK Saar-Pfalz-Kreis	112,27	-10	67,19	-13	10,28	-12	185,58	-11
15.5	LK Ilm-Kreis	161,93	-2	135,88	-3	98,05	1	201,16	-8
15.6	**LK Saale-Holzland-Kreis**	**177,67**	**0**	**152,16**	**0**	**89,85**	**0**	**254,31**	**0**
15.7	LK Schmalkalden-Meiningen	112,06	-10	73,29	-12	37,48	-8	149,39	-16
15.8	LK Wartburgkreis	145,24	-5	111,85	-6	64,98	-4	208,25	-7

Diff. = Reinertragsdifferenz zum Referenzlandkreis in Wertzahlen der Bodenschätzung ausgedrückt, Referenzlandkreis hervorgehoben (**fett**).
In diesen Landkreisen können aufgrund der geringen Datengrundlage keine Musterstücke aktualisiert werden (vgl. Kapitel 6.3). Durch eine Erweiterung der Datengrundlage auf weitere Landkreise könnten auch Musterstücke in diesen Landkreisen aktualisiert werden.
Quelle: Eigene Berechnungen

Besonders hoch sind die Abrechnungen im Saar-Pfalz-Kreis und im Landkreis Schmalkalden-Meiningen. Beide Landkreise sind in Bezug auf die klimatischen Bedingungen sehr unterschiedlich. Der Saar-Pfalz-Kreis weist mit 912 mm und 8,9 °C die höchste Jahresniederschlagsmenge und Jahresdurchschnittstemperatur auf. Die hohen Temperaturen im Jahrsdurchschnitt und in den Monaten April bis August scheinen trotz der hohen Niederschlagsmenge für die Winterraps- und Silomaisanbaukombinationen eine negative Wirkung auf die Ertragsfähigkeit zu haben. Die Temperaturbedingungen im Landkreis Schmalkalden-Meiningen sind hingegen mit 7,3 °C im Jahresdurchschnitt als auch mit 12,9 °C in den Monaten April bis August kühler als in den anderen Landkreisen der Vergleichsgruppe. Die niedrigen Reinerträge im Verhältnis zum Saale-Holzland-Kreis können daher auf die kühlen Temperaturen zurückgeführt werden. Die Korrelationsanalyse für diesen Cluster hat ergeben, dass die Reinerträge der Winterraps- und Silomaiskombinationen hoch negativ mit der Sonnenscheindauer in den Monaten April bis August korreliert sind (vgl. Tabelle 6.12). Die Landkreise Saar-Pfalz-Kreis und Schmalkalden-Meiningen weisen die längste Sonnenscheindauer auf.

Am Beispiel des Landkreises Helmstedt im Cluster 15 werden die Verzerrungen, die durch die Beregung der landwirtschaftlichen Kulturen entstehen, deutlich. Obwohl der Trockenindex mit 19,1 °C/mm in den Monaten Mai bis August relativ hoch ist, müssen bei den Anbaukombinationen mit Zuckerrüben und bei Winterraps mit Winterweizen Zurechnungen zwischen 10 bis 12 Wertzahlen gemacht werden. Der Zuckerrübenanbau erreicht in diesem Cluster nur im Landkreis Helmstedt mit 20 % an der Ackerfläche ein bedeutendes Ausmaß. Die Bewässerungsstatistik der Landkreise in Niedersachsen weist für Helmstedt den Anteil

bewässerter an den gesamten landwirtschaftlichen Kulturen in 1998 mit 7,5 % und 2002 mit 3,3 % aus (NIEDERSÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR STATISTIK 1998, 2002).

Die Ergebnisse für die Landkreise der Cluster 19 und 24 werden aufgrund der ähnlichen Bodenartenverhältnisse zusammen besprochen. Die Tabelle 6.19 enthält die Reinerträge und Wertzahlendifferenzen für den Cluster 19 und die Tabelle 6.20 entsprechende Werte für den Cluster 24.

Tabelle 6.19: Reinerträge ausgewählter Anbaukombinationen (in Euro/ha) und deren Differenz zum Referenzlandkreis in Wertzahlen (Cluster 19)

lfd. Nr.	Landkreis (LK), Stadtkreis (SK)	WR, WW, WW	Diff.	WR, WW, WG	Diff.	WR, WG, ROG	Diff.	SM, WW, WG	Diff.	SM, WG, ROG	Diff.
19.1	*LK Uckermark*	*191,62*	*-6*	*158,04*	*-6*	*88,46*	*-6*	*188,77*	*-1*	*119,20*	*-1*
19.2	SK Offenbach	173,14	-9	141,70	-9	70,22	-9	253,59	9	182,11	9
19.3	*LK Bad Doberan*	*255,64*	*4*	*221,13*	*4*	*157,30*	*5*	*216,41*	*3*	*152,58*	*4*
19.4	*LK Demmin*	*247,42*	*3*	*214,08*	*2*	*168,48*	*6*	*259,04*	*10*	*213,44*	*14*
19.5	***LK Güstrow***	***230,02***	***0***	***198,48***	***0***	***127,97***	***0***	***196,98***	***0***	***126,47***	***0***
19.6	*LK Mecklenburg-Strelitz*	*202,34*	*-4*	*180,52*	*-3*	*112,63*	*-2*	*154,63*	*-7*	*86,73*	*-6*
19.7	*LK Nordvorpommern*	*266,38*	*6*	*231,45*	*5*	*172,70*	*7*	*220,29*	*4*	*161,54*	*5*
19.8	*LK Ostvorpommern*	*216,33*	*-2*	*189,89*	*-1*	*125,47*	*0*	*201,59*	*1*	*137,18*	*2*
19.9	*LK Rügen*	*252,27*	*3*	*210,79*	*2*	*130,55*	*0*	*187,77*	*-1*	*107,53*	*-3*
19.10	*LK Uecker-Randow*	*206,67*	*-4*	*180,66*	*-3*	*108,97*	*-3*	*217,43*	*3*	*145,75*	*3*
19.11	*SK Wolfsburg*	*169,62*	*-9*	*144,84*	*-8*	*90,37*	*-6*	*251,72*	*9*	*197,25*	*11*
19.12	*LK Riesa-Großenhain*	-	-	-	-	-	-	*164,98*	*-5*	*99,09*	*-4*
19.13	*LK Altmarkkreis Salzwedel*	*93,80*	*-21*	*69,78*	*-20*	*25,35*	*-16*	*118,14*	*-12*	*73,71*	*-8*

Diff. = Reinertragsdifferenz zum Referenzlandkreis in Wertzahlen der Bodenschätzung ausgedrückt, Referenzlandkreis hervorgehoben (**fett**).
Landkreise, in denen Musterstücke in Kapitel 6.3 aktualisiert werden, sind *kursiv* gedruckt.
Quelle: Eigene Berechnungen

Tabelle 6.20: Reinerträge ausgewählter Anbaukombinationen (in Euro/ha) und deren Differenz zum Referenzlandkreis in Wertzahlen (Cluster 24)

lfd. Nr.	Landkreis (LK), Stadtkreis (SK)	WR, WW, WW	Diff.	WR, WW, WG	Diff.	WR, WG, ROG	Diff.	SM, WW, WG	Diff.	SM, WG, ROG	Diff.
24.1	*LK Barnim*	*21,53*	*-24*	*10,04*	*-21*	*-29,47*	*-15*	*13,44*	*-25*	*-26,07*	*-18*
24.2	*LK Elbe-Elster*	*51,77*	*-19*	*28,27*	*-18*	*-39,57*	*-16*	*84,23*	*-14*	*16,40*	*-12*
24.3	*LK Havelland*	*82,99*	*-14*	*57,01*	*-14*	*0,07*	*-10*	*84,95*	*-13*	*28,01*	*-10*
24.4	*LK Prignitz*	*138,16*	*-6*	*116,17*	*-4*	*66,97*	*0*	*125,74*	*-7*	*76,54*	*-2*
24.5	*LK Offenbach*	*210,94*	*6*	*159,04*	*2*	*86,83*	*3*	*255,08*	*13*	*182,87*	*14*
24.6	*LK Müritz*	*185,38*	*2*	*156,48*	*2*	*97,02*	*5*	*154,50*	*-3*	*95,04*	*1*
24.7	***LK Parchim***	***175,47***	***0***	***144,94***	***0***	***65,01***	***0***	***171,46***	***0***	***91,53***	***0***
24.8	*LK Diepholz*	*220,84*	*7*	*176,54*	*5*	*100,45*	*6*	*275,95*	*16*	*199,86*	*17*
24.9	*LK Nienburg (Weser)*	*228,90*	*8*	*175,56*	*5*	*93,55*	*4*	*278,73*	*17*	*196,73*	*16*
24.10	*LK Anhalt-Zerbst*	*146,29*	*-5*	*102,48*	*-7*	*30,26*	*-5*	*102,68*	*-11*	*30,46*	*-10*
24.11	*LK Jerichower Land*	*99,07*	*-12*	*75,29*	*-11*	*4,46*	*-9*	*86,44*	*-13*	*15,62*	*-12*
24.12	LK Wittenberg	104,03	-11	83,60	-10	2,87	-10	112,81	-9	32,07	-9

Diff. = Reinertragsdifferenz zum Referenzlandkreis in Wertzahlen der Bodenschätzung ausgedrückt, Referenzlandkreis hervorgehoben (**fett**).
Landkreise, in denen Musterstücke in Kapitel 6.3 aktualisiert werden, sind *kursiv* gedruckt.
Quelle: Eigene Berechnungen

Im Cluster 19 wird der Landkreis Güstrow (T_{1-12} = 8,1 °C, N_{1-12} = 599 mm, TI_{1-12} = 4,0 °C/mm) und im Cluster 24 wird der Landkreis Parchim (T_{1-12} = 8,1 °C, N_{1-12} = 606 mm, TI_{1-12} = 4,0 °C/mm) als Referenz herangezogen. Die Wertzahlendifferenzen zwischen den Landkreisen der Cluster 19 und 24, die vorwiegend leichte Böden vorweisen, zeigen sowohl bei den Anbaukombinationen mit Winterraps als auch mit Silomais Abhängigkeiten vom Verhältnis der Temperatur zum Niederschlag. Der Trockenindex der Monate Mai bis August spielt für die Kennzeichnung und Beurteilung der klimatischen Bedingungen auf leichten Standorten eine entscheidende Rolle (vgl. Tabelle 6.13 und Tabelle 6.14). Im Cluster 19 ist die Abhängigkeit von der Trockenheit bei den Winterrapskombinationen deutlicher als beim Anbau von Silomais (vgl. Tabelle 6.13). Das Klima im Landkreis Offenbach, der dem Cluster 24 zugeordnet ist, muss bei den Anbaukombinationen mit Silomais günstiger als bei denen mit Winterraps bewertet werden. Silomais kann die warmen Temperaturen im Jahresdurchschnitt und den Monaten April bis August besser als der Winterraps nutzen (vgl. auch Übersicht 3.4).

Die festgestellten Wertzahlendifferenzen in einem Landkreis können als *absolute* Zu- und Abrechnungen von der Bodenzahl gewertet werden. Die Zu- und Abrechnungen gelten für die entsprechende Anbaukombination und für die in dem Landkreis häufig vorhandenen Bodenarten. Für eine Aktualisierung der Bodenschätzungsergebnisse könnten die Wertzahlendifferenzen für pauschale Bereinigungen der Ertragsmesszahlen verwendet werden. Eine solche Bereinigung der Ertragsmesszahlen wurde bereits zur Hauptfeststellung zum 1. Januar 1964 vorgenommen. Die Bereinigung bezog sich auf bestimmte Bodengruppen (z.B. extrem leichte und schwere Böden). Die Ergebnisse dieser Untersuchung würden eine Bereinigung einzelner Bodenarten in bestimmten Regionen (Landkreise) begründen.

Eine Aktualisierung der Bodenschätzungsergebnisse über die Anpassung der Ackerzahlen der Musterstücke ist nur möglich, wenn die Wertzahlendifferenzen auf die Musterstücke übertragen werden können. Für eine Übertragung auf die Musterstücke in den untersuchten Landkreisen ist die Zuordnung der Anbaukombinationen, für die jeweils Wertzahlendifferenzen berechnet wurden, notwendig. Im folgenden Abschnitt werden daher die Anbaukombinationen den Musterstücken zugeordnet und eine Anpassung der bisherigen Zu- und Abrechnungen vorgenommen. Allerdings müssen dafür bestimmte Annahmen, die dort erläutert werden, zutreffen.

6.3 Aktualisierung der Bewertung der Klimabedingungen der Musterstücke

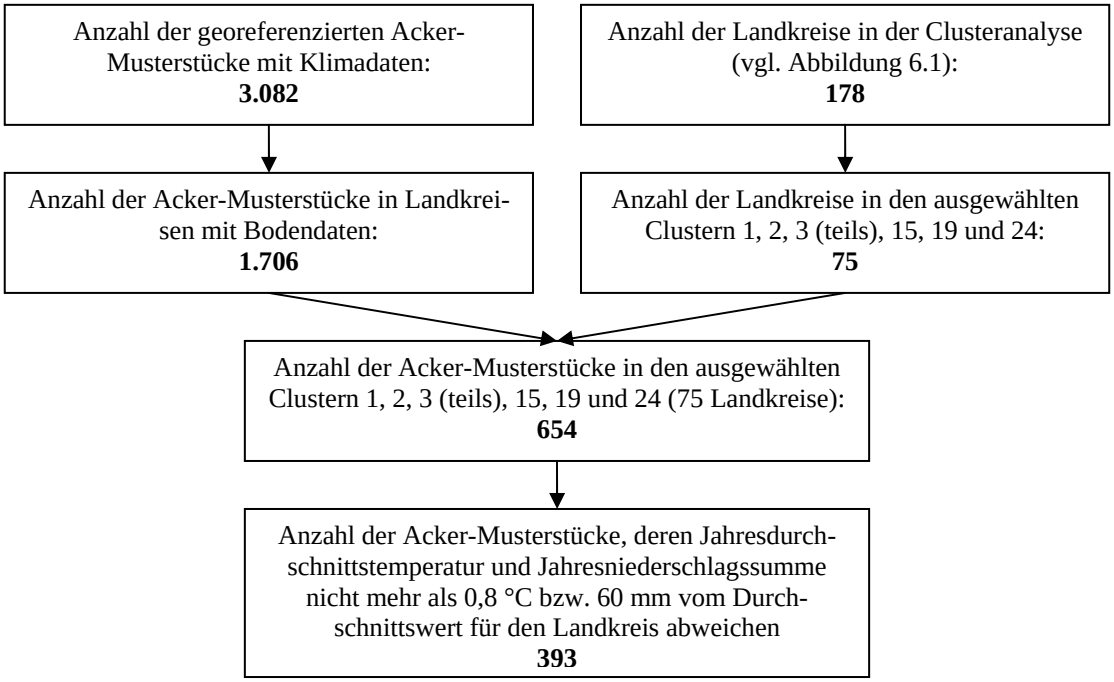
6.3.1 Übertragung der regionalen Reinertragsunterschiede auf die Bewertung der Musterstücke unter aktuellen klimatischen Bedingungen

Die regionalen Reinertragsunterschiede, die für die ausgewählten Landkreise im vorhergehenden Kapitel 6.2.3 ermittelt wurden, sollen auf die Musterstücke in diesen Landkreisen übertragen werden. Das Ziel dieser Übertragung ist die Verknüpfung der Reinertragsunterschiede, die aus den unterschiedlichen klimatischen Bedingungen resultieren, mit bestimmten Bodenbeschaffenheiten. Durch diese Verknüpfung lässt sich eine Differenzierung des Klimaeinflusses auf den Reinertrag je nach Bodenbeschaffenheit vornehmen. Diese Differenzierung ist für die Bewertung der Musterstücke mit unterschiedlicher Bodenbeschaffenheit und die Erstellung von Hilfsmitteln für die Bewertung der klimatischen Bedingungen in Form von Klimatabellen oder –kurven notwendig. Die Verknüpfung der Reinertragsunterschiede mit bestimmten Bodeneigenschaften ist auf Landkreisebene nur bedingt möglich, da die Ergebnisse auf Landkreisebene für mehrere Bodenarten mit unterschiedlichen Anteilen im Landkreis gelten.

Nach der Übertragung der Wertzahlendifferenzen auf ausgewählte Musterstücke werden die *prozentualen* Zu- und Abrechnungen von den Bodenzahlen der Musterstücke berechnet. In einer anschließenden Korrelationsanalyse wird der Zusammenhang zwischen diesen Zu- und Abrechnungen und den Klimabedingungen ermittelt; wobei noch die Klimawerte der Landkreise verwendet werden, da die Wertzahlendifferenzen auf deren Basis berechnet wurden. Die Klimaparameter, die mit denen die Zu- und Abrechnungen korrelieren, werden in einer Regressionsanalyse zur Quantifizierung der Zusammenhänge und Vorhersage der aktualisierten Zu- und Abrechnungen bei den Musterstücken unter den dort vorherrschenden Klimabedingungen der Periode 1961-1990 verwendet.

Zunächst müssen die für die Übertragung in Frage kommenden Musterstücke ausgewählt werden. In die Untersuchung können von den insgesamt 3.082 georeferenzierten Acker-Musterstücken, denen Klimadaten zugeordnet werden konnten, nur diejenigen aufgenommen werden, die in den Landkreisen der ausgewählten Cluster liegen. Für diese Landkreise liegen regionale Reinertragsunterschiede vor. Außerdem sollten die klimatischen Bedingungen des Musterstücks ungefähr den durchschnittlichen klimatischen Bedingungen des Landkreises entsprechen (siehe Erläuterungen im weiteren Text), so dass 393 Acker-Musterstücke für die Übertragung der Ergebnisse verwendet werden (siehe Abbildung 6.2).

Abbildung 6.2: Auswahl der Musterstücke für die Übertragung der regionalen Reinertragsunterschiede



Quelle: Eigene Darstellung

Eine Voraussetzung für die Übertragbarkeit der regionalen Reinertragsunterschiede auf die Musterstücke ist, dass die Naturalertragsdifferenzen zwischen den Musterstücken und dem jeweiligen Landkreisdurchschnitt gleich groß ist. Dieses trifft allerdings nur unter bestimmten Bedingungen weitgehend zu. Zum einen sollte das jeweilige Musterstück eine ähnliche Bodenbeschaffenheit wie große Teile des Landkreises aufweisen. Zum anderen dürfen die klimatischen Bedingungen der Musterstücke keinen Einfluss auf die Naturalertrags- bzw. Reinertragsdifferenz zwischen den Landkreisen und damit zwischen den Musterstücken haben. Damit diese Annahmen annähernd zutreffen, können die Ergebnisse der Landkreise nur auf Musterstücke übertragen werden, die ähnliche natürliche Bedingungen wie der Landkreis im Durchschnitt aufweisen. Die Bodenbeschaffenheit der Musterstücke muss also in dem Landkreis häufig vorkommen. Wobei nur die Bodenart als Kriterium herangezogen werden kann, weil nur darüber Angaben für die Landkreise vorliegen. Die klimatischen Bedingungen der Musterstücke müssten eigentlich genau den Bedingungen des Landkreisdurchschnitts entsprechen. Dieses ist jedoch in der Realität kaum gegeben. Daher werden Musterstücke für die weitere Untersuchung ausgewählt, deren klimatische Bedingungen weitgehend dem Landkreismittel entsprechen. Eine maximale Abweichung von 10 % der Werte des Standardklimas des Ackerschätzungsrahmens soll akzeptiert werden. Dieses entspricht einer Differenz von 0,8 °C und 60 mm. Bei einer geringeren maximalen Abweichung von den Werten des Stan-

dardklimas würden weitaus weniger Musterstücke für die weitere Untersuchung zur Verfügung stehen.

Die ausgewählten 393 Musterstücke verteilen sich wie folgt auf die Bodenarten und Zustandsstufen:

Tabelle 6.21: Verteilung der Musterstücke, die in den Landkreisen der ausgewählten Cluster liegen, auf die Bodenarten und Zustandsstufen (Anzahl der Musterstücke)

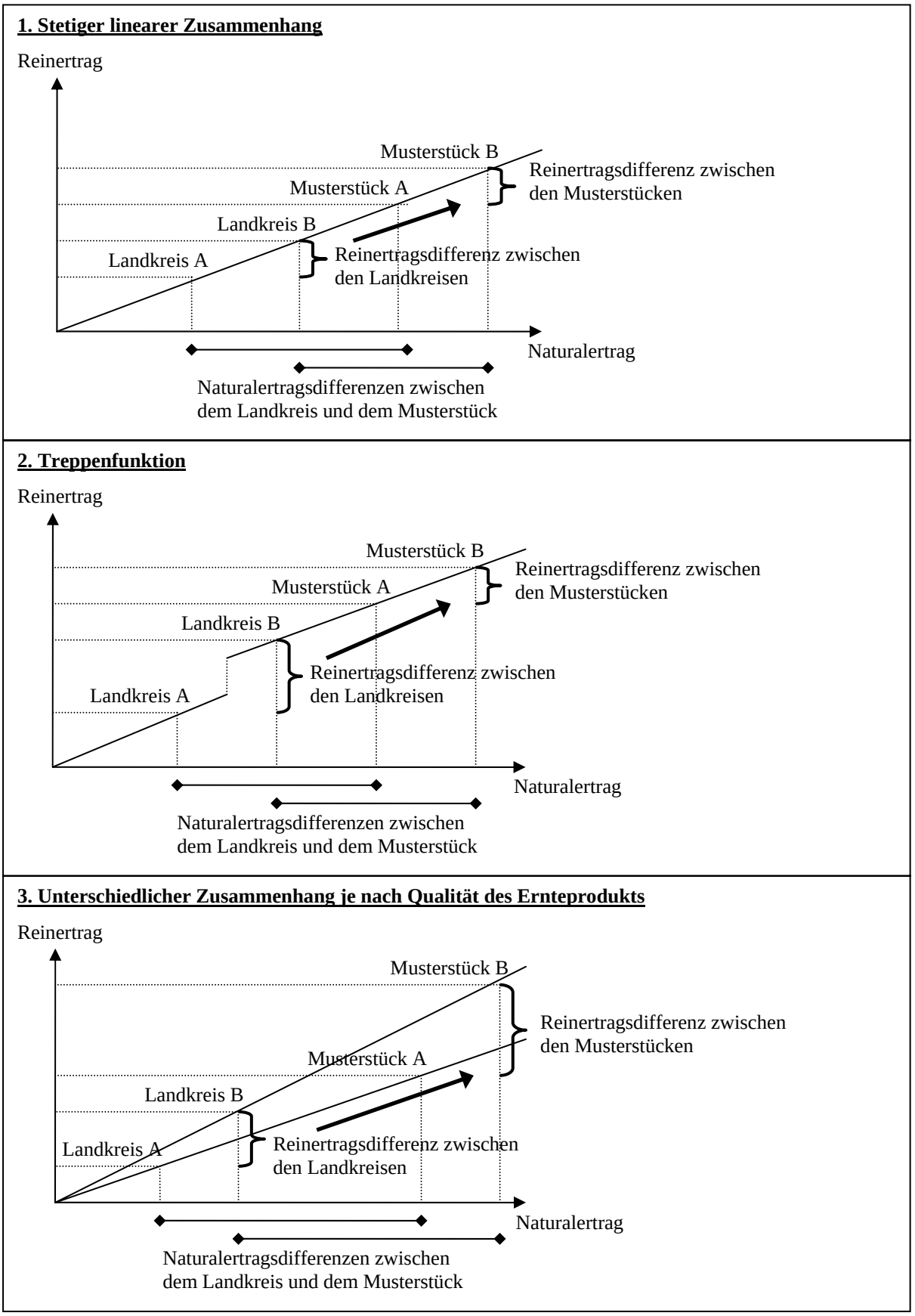
Zustandsstufe	Bodenart										
	S	Sl	lS	SL	sL	L	LT	T	Mo	∑	% der Gesamtsumme
1			2	1	2	19				24	6,1
2	1	1	6	7	7	25	1			48	12,2
3	14	19	28	22	24	28	3	2		140	35,6
4	23	12	17	16	17	27	6	2		120	30,5
5		3	2	4	8	19	2	4		42	10,7
6			1		2	4	6	2		15	3,8
7					1					1	0,3
0*			1	2						3	0,8
∑	38	35	57	52	61	122	18	10	0	393	100,0
% der Gesamtsumme	9,7	8,9	14,5	13,2	15,5	31,0	4,6	2,5	0,0	100,0	

* Die Zustandsstufe 0 wird bei Schichtprofilen, Neu- oder Tiefkulturen angegeben.
Quelle: Eigene Darstellung nach BMF 2000

Diese Verteilung der Musterstücke auf die Bodenarten und Zustandsstufen ähnelt der Verteilung der gesamten Acker-Musterstücke (vgl. Tabelle 5.6). Die maximalen Abweichungen der prozentualen Anteile an der Gesamtsumme betragen 3,6 Prozentpunkte bei der Bodenart LT und 9,3 Prozentpunkte bei der Zustandsstufe 5.

Eine weitere Voraussetzung für die Übertragbarkeit der regionalen Reinertragsunterschiede auf diese Musterstücke muss in Bezug auf den Zusammenhang zwischen Naturalertrag und Reinertrag vorliegen: Bei variierendem Naturalertrag muss sich der Reinertrag aufgrund eines stetig linearen Kurvenverlaufs ergeben. D.h. die Reinertragsdifferenz zwischen zwei Landkreisen muss der Reinertragsdifferenz zweier Musterstücke, die jeweils in einem der Landkreise liegen, entsprechen, wenn der Naturalertrag dieser Musterstücke jeweils die gleiche Differenz zum Landkreisdurchschnitt hat (siehe erste schematische Abbildung 6.3).

Abbildung 6.3: Schematische Darstellung verschiedener Kurvenverläufe zwischen Naturalertrag und Reinertrag

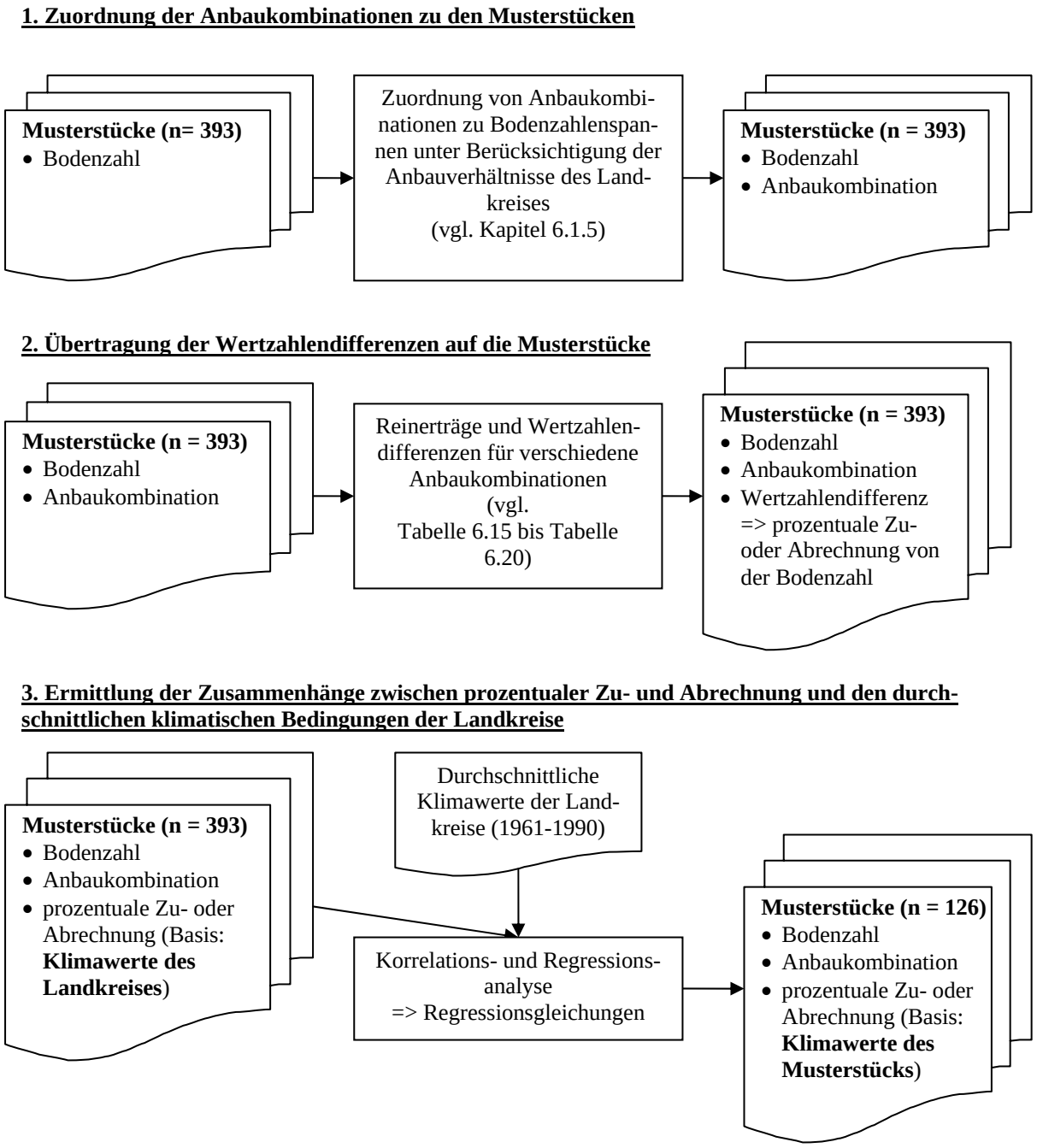


Quelle: Eigene Darstellung

Die Annahme des stetig linearen Zusammenhangs der Reinerträge zu den Naturalerträgen trifft bei einigen Früchten nicht für jedes Naturalertragsniveau zu. Bei den Wintergetreidearten und dem Winterraps werden für die Saatgut- und/oder Pflanzenschutzkosten Treppenfunktionen angenommen (vgl. Anhang 10), so dass sich an dieser Stelle der Reinertrag sprungartig verändert (siehe zweite schematische Abbildung 6.3). Beim Winterweizen kommt hinzu, dass die Kurvenverläufe je nach Bundesland durch die unterschiedlichen Qualitätsanteile und Preisdifferenzierungen variieren und die Kurven nicht parallel verlaufen (siehe dritte schematische Abbildung 6.3). Die Reinertragsdifferenzen zwischen den Landkreisen und zwischen den Musterstücken weichen somit voneinander ab, wenn Winterweizen in der Anbaukombination enthalten ist. Die Annahme von stetig linearen Zusammenhängen für alle Früchte und die Vernachlässigung der klimatische bedingten Qualitätsunterschiede würden allerdings nicht der Realität entsprechen, so dass diese geringfügigen Verzerrungen durch die verschiedenen Kurvenverläufe akzeptiert werden müssen.

Nach der beschriebenen und in Abbildung 6.2 dargestellten Auswahl der Musterstücke werden die Ergebnisse auf Landkreisebene in Form der Wertzahlendifferenzen auf die Musterstücke übertragen. Die Verbindungsstelle für die Übertragung sind die Anbaukombinationen, die den Musterstücken zugeordnet werden müssen. Die folgende Abbildung 6.4 verdeutlicht die Vorgehensweise für die Übertragung der Wertzahlendifferenzen und die Ermittlung der *prozentualen* Zu- und Abrechnungen von der Bodenzahl aufgrund der aktuellen Klimawerte der Musterstücke (Periode 1961-1990).

Abbildung 6.4: Vorgehensweise für die Übertragung der Wertzahlendifferenzen der Landkreise auf die Musterstücke und Ermittlung der prozentualen Zu- und Abrechnungen von der Bodenzahl aufgrund aktueller Klimawerte (Periode 1961-1990)



n = Anzahl der Musterstücke
Quelle: Eigene Darstellung

Zunächst müssen den Musterstücken Anbaukombinationen, für die im vorherigen Kapitel 6.2.3 Reinerträge je Landkreis ermittelt wurden, zugeordnet werden. Diese Zuordnung erfolgt anhand der Bodenzahlen der Musterstücke nach Übersicht 6.6 in Kapitel 6.1.5. Bei mehreren Anbaukombinationsmöglichkeiten nach dieser Übersicht werden die tatsächlichen Anbauverhältnisse nach den Angaben des STATISTISCHEN BUNDESAMTS (1995, 1999) in dem Landkreis, in dem das Musterstück liegt, herangezogen. In einem zweiten Schritt wird die Wert-

zahlendifferenz für die dem Musterstück zugeordnete Anbaukombination von dem Landkreis, in dem das Musterstück liegt, auf das Musterstück übertragen. Da sich diese Wertzahlendifferenzen auf den Reinertragsunterschied unter Standardklimabedingungen und tatsächlich in den Landkreisen herrschenden Klimabedingungen beziehen, wird für die Musterstücke die Wertzahlendifferenz in *prozentuale* Zu- oder Abrechnung von der Bodenzahl umgerechnet. Mit Hilfe einer Korrelations- und Regressionsanalyse werden diese *prozentualen* Zu- und Abrechnungen auf ihren Zusammenhang mit den Klimaparametern bei unterschiedlicher Bodenbeschaffenheit untersucht. Allerdings werden zunächst die durchschnittlichen Klimawerte der Landkreise verwendet, da die Wertzahlendifferenzen für diese Klimawerte ermittelt wurden. Durch die aus der Regressionsanalyse resultierenden Gleichungen können die prozentualen Zu- und Abrechnungen an die Klimawerte der Musterstücke angepasst werden. Allerdings ist dieses aus verschiedenen und im Folgenden zu erläuternden Gründen nur für 126 Musterstücke möglich.

Die Korrelationsanalyse der Zu- und Abrechnungen von der Bodenzahl der Musterstücke auf der Basis der Klimawerte der Landkreise dient zunächst der Ermittlung von Zusammenhängen mit den Klimaparametern je nach Bodenbeschaffenheit. Dieses ist auf der Landkreisebene nicht möglich, da sich die Reinertragsdifferenzen auf Anbaukombinationen beziehen, die auf verschiedenen Böden angebaut werden. Die Korrelationsanalyse der Zu- und Abrechnungen der Musterstücke wird jeweils für eine Bodenart in einem Cluster durchgeführt. Einige Gruppen weisen keine signifikanten Korrelationen zwischen den Zu- und Abrechnungen und den Klimaparametern auf oder die Anzahl der Musterstücke in der Gruppe ist zu gering (weniger als 10 Musterstücke). Die folgende Tabelle 6.22 zeigt für die anderen Bodenarten und Cluster die Ergebnisse der Korrelationsanalyse.

Tabelle 6.22: Korrelationskoeffizienten der prozentualen Zu- und Abrechnungen von der Bodenzahl ausgewählter Musterstücke mit den Klimawerten des Landkreises, in dem das Musterstück liegt

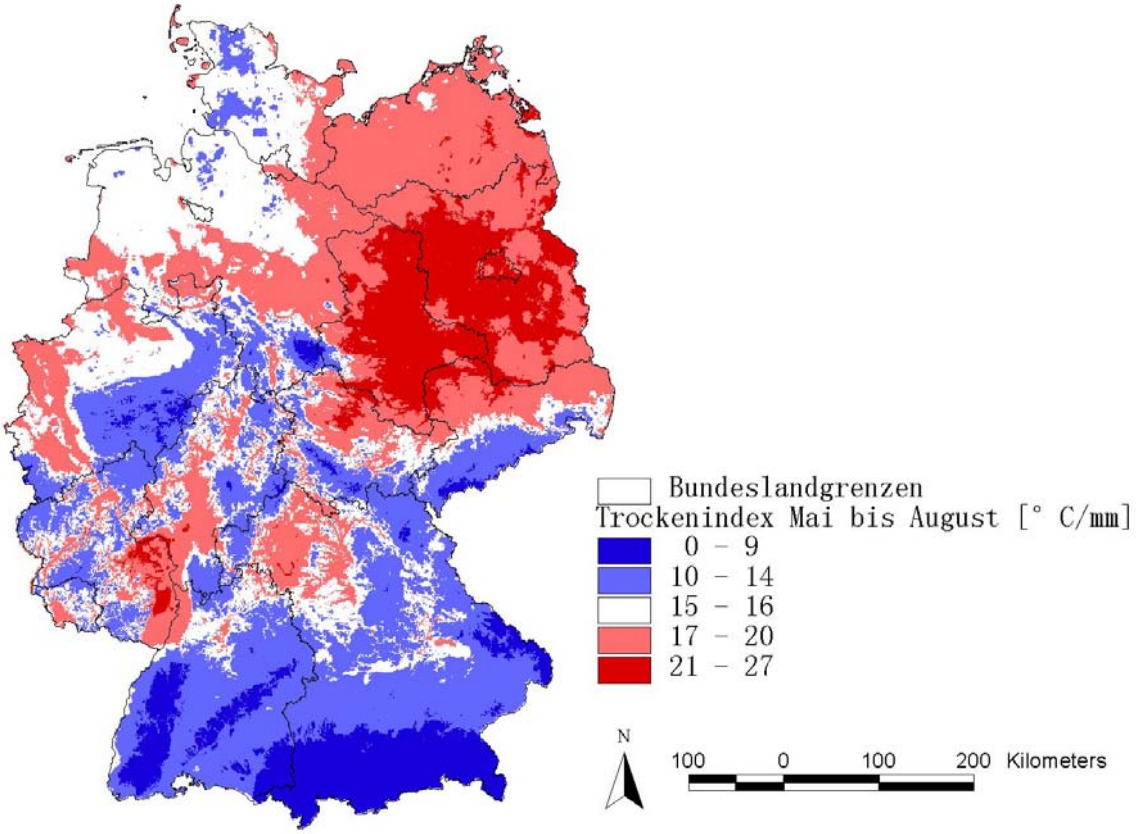
	Klimawerte der Landkreise (Periode 1961-1990)						
	T_{1-12}	**N_{1-12}**	**T_{11-1}**	**T_{4-8}**	**S_{4-8}**	**W_{4-8}**	**TI_{5-8}**
Bodenart S							
Musterstücke im Cluster 19 (n = 15)	-0,253	0,418	0,296	**-0,594***	0,295	**0,515***	**-0,676****
Musterstücke im Cluster 24 (n = 23)	0,000	**0,833****	**0,633****	**-0,640****	**-0,630****	**0,852****	**-0,804****
Bodenart Sl							
Musterstücke im Cluster 24 (n = 22)	-0,163	**0,873****	**0,691****	**-0,793****	**-0,632****	**0,876****	**-0,864****
Bodenart lS							
Musterstücke im Cluster 19 (n = 24)	**-0,824****	0,179	-0,182	**-0,607****	**0,669****	0,214	**-0,503***
Musterstücke im Cluster 24 (n = 24)	0,363	**0,895****	**0,879****	-0,311	**-0,729****	**0,881****	**-0,810****
Bodenart SL							
Musterstücke im Cluster 19 (n = 18)	**-0,616****	**0,590***	0,082	**-0,785****	**0,688****	0,444	**-0,748****
Musterstücke im Cluster 24 (n = 20)	0,053	**0,792****	**0,689****	-0,437	**-0,579****	**0,844****	**-0,774****
Bodenart sL							
Musterstücke im Cluster 19 (n = 21)	**-0,662****	**0,478***	0,212	**-0,784****	**-0,730****	0,367	**-0,645****
Musterstücke im Cluster 24 (n = 13)	-0,045	**0,749****	**0,575***	-0,536	-0,528	**0,785****	**-0,661***
Bodenart L							
Musterstücke im Cluster 1 (n = 38)	0,175	-0,018	**0,356***	0,114	-0,146	0,080	0,001
Musterstücke im Cluster 2 (n = 26)	0,142	0,384	**0,632****	-0,202	-0,341	0,367	**-0,402***

n = Anzahl der Musterstücke
** Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 signifikant.
* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 signifikant.
Signifikante Korrelationskoeffizienten sind markiert (**fett**).
Quelle: Eigene Berechnungen

Die Zu- und Abrechnungen von der Bodenzahl der Musterstücke weisen gleichgerichtete und teilweise signifikante Zusammenhänge über alle Gruppen zu dem Jahresniederschlag, der mittleren Temperatur der Monate November bis Januar sowie dem Trockenindex der Monate Mai bis August auf. Allerdings sind die Jahresniederschlagsmenge und die mittlere Temperatur der Monate November bis Januar in den Gruppen mit hohen Korrelationskoeffizienten beider Parameter auch stark untereinander korreliert. Daher wird bei der anschließenden Regressionsanalyse von diesen Parametern nur der Jahresniederschlag zur Erklärung der Zu- und Abrechnungen herangezogen. Die Untersuchung der um den ertragsabhängigen Lohnansatz erweiterten Deckungsbeiträge und der Reinerträge auf Landkreisebene in den Clustern haben ebenfalls einen engen Zusammenhang mit der Jahresniederschlagesmenge gezeigt (vgl. Kapitel 6.2.2).

Der Trockenindex der Monate Mai bis August korreliert ebenfalls mit der Jahresniederschlagsmenge, jedoch berücksichtigt er die wichtige Wechselwirkung der Temperatur und des Niederschlags. Der Trockenindex kennzeichnet trockene Bedingungen in den für die Pflanzen wichtigen Monaten Mai bis August. Die folgende Karte 6.3 zeigt die Rasterdaten für den Trockenindex in den Monaten Mai bis August in Deutschland. Die besonders trockenen Gebiete in den östlichen Bundesländern und Rheinland-Pfalz werden mit diesem Klimaparameter deutlich gekennzeichnet.

Karte 6.3: Kennzeichnung trockener Gebiete durch den Trockenindex der Monate Mai bis August (Periode 1961-1990)



Quelle: Eigene Berechnungen unter Verwendung der Daten des DWD 1998; ATKIS®VG250, ©Bundesamt für Kartographie und Geodäsie 2003

Bei der Entwicklung der Bodenschätzung wurde in den Gemeindebeschreibungen[54] eine Trockenheitszahl für die Monate Mai bis Juli ausgewiesen, aber bei der heutigen Bewertung der Musterstücke findet diese Trockenheitszahl keine Berücksichtigung. In der österreichischen Bodenschätzung wurde für die derzeitige Überprüfungsperiode ein Trockenindex für die Mo-

[54] Die Gemeindebeschreibung ist nach der Anweisung für die technische Durchführung der Bodenschätzung (BodSchätzTechnAnw vom 3. Mai 1935, Ziff. 2) für jede Gemeinde vor Beginn der Bodenschätzungsarbeiten aufzustellen. Die Gemeindebeschreibung enthält Angaben zum Flurzustand, zum Klima zu Wachstumsbedingungen für Kulturpflanzen, zu Anbau- und Ertragsverhältnissen sowie zur Geologie. Die meisten Beschreibungen wurden allerdings nach der Erstschätzung nicht mehr aktualisiert (PFEIFFER et al. 2003, 11).

nate April bis September eingeführt, der sich dort zur Kennzeichnung und Bewertung von Trockengebieten bewährt hat (vgl. Kapitel 3.2). Bisher wurden in der deutschen Bodenschätzung die Klimaparameter Jahresniederschlagsmenge und Jahresdurchschnittstemperatur in der Bodenschätzung für die Bewertung der klimatischen Bedingungen herangezogen. Der Trockenindex kann zur Erklärung der Ertragsunterschiede aufgrund klimatischer Bedingungen ergänzend zu den bisher verwendeten Klimaparameter beitragen.

Die Jahresdurchschnittstemperatur wird als dritter Klimaparameter neben dem Jahresniederschlag und dem Trockenindex in die Regressionsanalyse aufgenommen. Zum einen treten gleichgerichtete, signifikante Korrelationen zwischen den Zu- und Abrechungen von den Bodenzahlen der Mustertücke mit der Jahresdurchschnittstemperatur auf. Zum anderen hat sich dieser Klimaparameter zur Ermittlung der Zu- und Abrechnungen aufgrund der klimatischen Bedingungen in der Bodenschätzung bewährt.

Die insgesamt 244 Musterstücke aus der Korrelationsanalyse fließen in die Regressionsanalyse ein. Das Ziel der Regressionsanalyse ist die Erklärung der Varianz der Zu- und Abrechnungen mit Hilfe der Klimaparameter und die Quantifizierung der Zusammenhänge. Musterstücke mit der Bodenart L liegen in Landkreisen der Cluster 1 und 2 und mit den Bodenarten sL, SL, lS, Sl und S in Landkreisen der Cluster 19 und 24. Da die Bodenbeschaffenheit in den Clustern 1 und 2 sowie 19 und 24 relativ gleich sind (vgl. Anhang 11, 12, 15 und 16), werden die Musterstücke in der Regressionsanalyse nicht mehr nach den Clustern, sondern nur nach der Bodenbeschaffenheit unterschieden. Für die Kennzeichnung der Bodenbeschaffenheit werden die Bodenart und die Zustandsstufe verwendet. Die Zustandsstufe soll bei der Untersuchung der Zu- und Abrechungen berücksichtigt werden, weil zum einen die angebauten Früchte mit der Zustandsstufe aufgrund der Zuordnung der Anbauverhältnisse über die Bodenzahl variieren und zum anderen die Zustandsstufe die Wirkungen der Klimaparameter beeinflusst.

Zunächst werden nur die Klimaparameter Jahresniederschlagsmenge und Jahresdurchschnittstemperatur in eine multiple lineare Regressionsgleichung für die Bodengruppen einbezogen. In einem zweiten Schritt werden die Gleichungen jeweils um den Trockenindex in den Monaten Mai bis August erweitert. Für folgende Bodengruppen kann damit ein Regressionsmodell aufgestellt werden, dass die Zu- und Abrechnungen von den Bodenzahlen der Musterstücke erklärt: S 4, Sl 3, lS 3, lS 4, SL 3, SL 4, sL 4 und L 1. Zu diesen Bodengruppen gehören insgesamt 126 Musterstücke. Für die anderen Bodengruppen kann entweder kein statistisch ab-

gesichertes Modell aufgestellt werden oder die Anzahl der Musterstücke mit einer bestimmten Bodenbeschaffenheit ist zu gering.

Die Erweiterung der Regressionsgleichung um den Trockenindex in den Monaten Mai bis August führt bei den Musterstücken mit der Bodenbeschaffenheit SL 4 und L 1 zu einem etwas höheren Anteil der erklärten Varianz an der gesamten Varianz der Zu- und Abrechnungen. Damit die Zu- und Abrechnungen mit einheitlichen Klimaparametern in der Bodenschätzung bewertet werden können und nicht unterschiedliche Klimaparameter je nach Bodenbeschaffenheit heranzuziehen sind, werden für die Erklärung der Varianz der Zu- und Abrechnungen bei allen Bodengruppen nur die Parameter Jahresniederschlagsmenge und Jahresdurchschnittstemperatur verwendet. Die Koeffizienten der Konstanten und der Parameter $N_{1\text{-}12}$ und $T_{1\text{-}12}$ sowie das korrigierte Bestimmtheitsmaß sind in der folgenden Tabelle 6.23 angegeben.

Tabelle 6.23: Koeffizienten und Bestimmtheitsmaße der Regressionsgleichungen zur Vorhersage der Zu- und Abrechnungen aufgrund der Jahresniederschlagssumme und der Jahresdurchschnittstemperatur für verschiedene Bodenbeschaffenheiten

Bodenart und Zustandsstufe	Konstante		$N_{1\text{-}12}$ [mm]		$T_{1\text{-}12}$ [1/10 °C]		R^2_{KORR}	Konstante nach Parallelverschiebung
	Koeffizient	StdErr	Koeffizient	StdErr	Koeffizient	StdErr		
S 4	43,007	101,598	0,267**	0,083	-2,279°	1,223	30,1 %	22,12
Sl 3	-119,796	68,289	0,227***	0,036	-0,196	0,768	78,7 %	-120,52
lS 3	80,083°	43,766	0,167***	0,036	-2,181**	0,551	52,2 %	74,28
lS 4	14,835	46,500	0,193**	0,046	-1,445*	0,632	57,2 %	-0,2
SL 3	1,120	12,748	0,155***	0,021	-1,149***	0,190	76,9 %	-1,08
SL 4	-26,166	62,071	0,139*	0,043	-0,718	0,698	44,7 %	-25,96
sL 4	47,401	60,770	0,141*	0,059	-1,603*	0,537	64,8 %	43,64
L 1	-115,336	77,006	0,118**	0,029	0,447	0,820	53,4 %	-106,56

Signifikanzniveau aufgrund des t-Werts: ° p = 0,1-0,05; * p = 0,05-0,01; ** p = 0,01-0,001; *** p < 0,001
StdErr = Standardfehler
R^2_{KORR} = korrigiertes Bestimmtheitsmaß = $R^2 - \frac{J*(1-R^2)}{K-J-1}$
mit R^2 = Bestimmtheitsmaß, K = Zahl der Musterstücke und J = Zahl der Regressoren (BACKHAUS 2003, 67 f.)
Quelle: Eigene Berechnungen

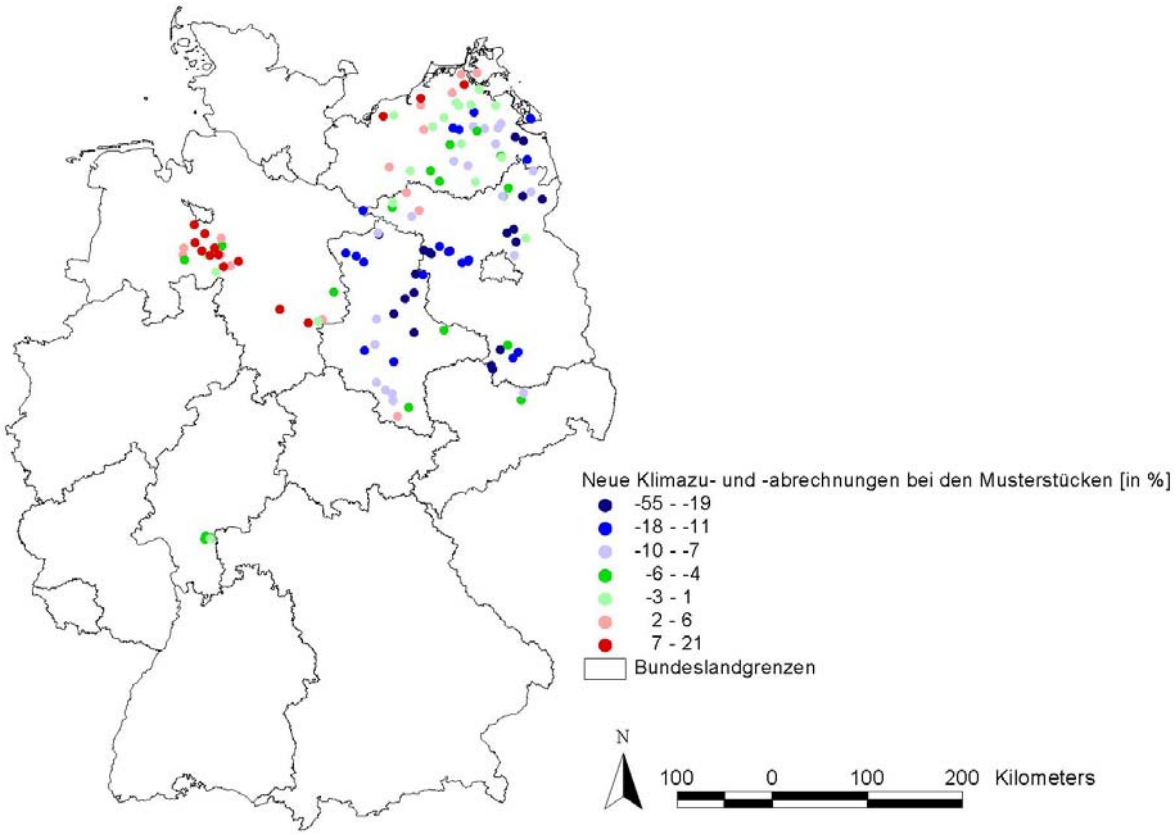
Die Koeffizienten geben an, wie sich die *prozentualen* Zu- oder Abrechnungen innerhalb des von den Musterstücken abgedeckten Temperatur- und Niederschlagsintervalls ändern, wenn sich die Jahresniederschlagsmenge bzw. die Jahresdurchschnittstemperatur um eine Einheit ändert. Eine höhere Jahresniederschlagsmenge erhöht bei allen Bodengruppen die Zurechnung bzw. mindert die Abrechnung. Eine Temperaturzunahme führt hingegen zu einer Minderung der Zurechnung bzw. Erhöhung der Abrechnung. Eine Ausnahme stellen die Musterstücke mit der Bodenart L und der Zustandsstufe 1 dar, denn bei diesen Musterstücken wirkt sich eine Zunahme der Temperatur positiv aus. Das höchste korrigierte Bestimmtheitsmaß,

das den Anteil der durch die Parameter erklärten Varianz an der gesamten Varianz der Zu- und Abrechnungen angibt, weist die Bodengruppe Sl 3 mit 78,7 % auf.

Die Regressionsgleichungen können für die Vorhersage der Zu- und Abrechnungen von der Bodenzahl der Musterstücke für die tatsächlich dort vorherrschenden Klimawerte verwendet werden. Denn zunächst wurden für die Übertragung der Wertzahlendifferenzen der Landkreise auf die Musterstücke und die Aufstellung der Regressionsgleichungen die Klimawerte der Landkreise verwendet, in denen sich die Musterstücke befinden. Allerdings müssen die Zu- und Abrechnungen nach dem System der Bodenschätzung so ausgerichtet sein, dass bei einer Jahresniederschlagssumme von 600 mm und einer Jahresdurchschnittstemperatur von 8 °C weder Zu- noch Abrechnungen vorgenommen werden. Die geschätzten Regressionsgleichungen erfüllen diese Bedingung der Bodenschätzung mit den zunächst berechneten Koeffizienten noch nicht. Daher wird eine Parallelverschiebung der Regressionsgerade durch die Anpassung der Konstanten vorgenommen, so dass sich keine Zu- und Abrechnungen bei den Standardklimawerten des Ackerschätzungsrahmens ergeben. Die geänderten Koeffizienten für die Konstante sind in der letzten Spalte der Tabelle 6.23 angegeben. Die Koeffizienten der Klimaparameter Jahresniederschlag und Jahresdurchschnittstemperatur bleiben unverändert, so dass die Zusammenhänge zwischen den Klimaparametern und den Zu- und Abrechnungen, wie sie oben beschrieben werden, bestehen bleiben.

Die Klimawerte für die Periode 1961-1990 und die aus den Berechnungen resultierende Bewertung der klimatischen Bedingungen der 126 Musterstücke sind im Anhang 17 angegeben. Die Karte 6.4 zeigt die räumliche Verteilung dieser Musterstücke und stellt farblich abgestuft die Klimazu- und –abrechnungen dar.

Karte 6.4: Räumliche Verteilung der neu bewerteten Musterstücke und deren Klimazu- und –abrechnungen



Quelle: Eigene Berechnungen; ATKIS®VG250, ©Bundesamt für Kartographie und Geodäsie 2003

Die Analyse der Neubewertung der Musterstücke in den untersuchten Landkreisen zeigt, dass bisher Musterstücke mit geringen Jahresniederschlägen zu hoch bewertet werden. Die neue Bewertung sieht für trockene Standorte höhere Abrechnungen von der Bodenzahl vor. Bei der Bewertung der Jahresdurchschnittstemperatur sind die Änderungen nicht so eindeutig. Für die meisten Bodengruppen besteht allerdings die Tendenz, dass Musterstücke mit einer hohen Jahresdurchschnittstemperatur nach der bisherigen Bewertung zu hoch bewertet werden. Insgesamt werden durch die aktualisierten Zu- und Abrechnungen Böden in Gebieten mit trockenen klimatischen Bedingungen stärker mit Abrechnungen versehen.

Innerhalb der Bodengruppen sind die größten Änderungen der aktualisierten Ackerzahl gegenüber der alten Ackerzahl bei den Musterstücken der Gruppe L 1 zu finden. Der Unterschied reicht von einer Erhöhung der Ackerzahl um 6 bis zu einer Minderung um 14 Wertzahlen. Die geringsten Änderungen ergeben sich innerhalb der Gruppe Sl 3, wo die Spanne von einer Erhöhung um 5 bis zu eine Minderung um 6 Ackerzahlen reicht. Insgesamt fällt die aktualisierte Ackerzahl bei 75 % der 126 betrachteten Musterstücke niedriger gegenüber der bisher gültigen Ackerzahl aus. Die Spanne der Ackerzahl-Änderungen umfasst insgesamt

einen Bereich von +6 bis -14. Der hohe Anteil niedriger bewerteter Musterstücke hängt damit zusammen, dass die Stichprobe der Musterstücke vorwiegend in trockenen Gebieten liegt und trockene klimatische Bedingungen bei den neuen Zu- und Abrechnungen von den Bodenzahlen stärker negativ bewertet wird. Eine Prognose für die Auswirkungen der Aktualisierung aufgrund dieser Stichprobe für die Gesamtheit der Musterstücke in Deutschland ist aufgrund der fehlenden Repräsentanz nicht möglich.

6.3.2 Aufstellen von Klimatabellen und –kurven für ausgewählte Bodengruppen

Mit Hilfe der Regressionsgleichungen können für die untersuchten Bodengruppen (S 4, Sl 3, lS 3, lS 4, SL 3, SL 4, sL 4 und L 1) Werte für Zu- und Abrechnungen für Klimatabellen berechnet werden, wie sie in verschiedener OFDen bereits existieren. Allerdings decken die Klimabedingungen der Landkreise nur einen Teil der möglichen Variationsbreite der Klimawerte in Deutschland ab. Die beobachteten Zusammenhänge gelten daher nur für den Klimawertebereich, der von der Stichprobe abgedeckt wird. Für Klimawerte außerhalb dieses Bereichs können sich die Zusammenhänge anders darstellen. Die Klimatabellen können daher nur für sehr eingegrenzte Wertebereiche der Jahresdurchschnittstemperatur und der Jahresniederschlagssumme aufgestellt werden. Insbesondere Zu- und Abrechnungen für kühle und feuchte Bedingungen können nicht angegeben werden. Die Werte der Klimatabelle für die Bodengruppe S 4 sind als Beispiel in der folgenden Tabelle 6.24 angegeben. Die Klimatabellen für alle untersuchten Bodengruppen befinden sich im Anhang 18.

Tabelle 6.24: Klimatabelle mit prozentualen Zu- und Abrechnungen von der Bodenzahl für die Bodengruppe mit der Bodenart S und der Zustandsstufe 4

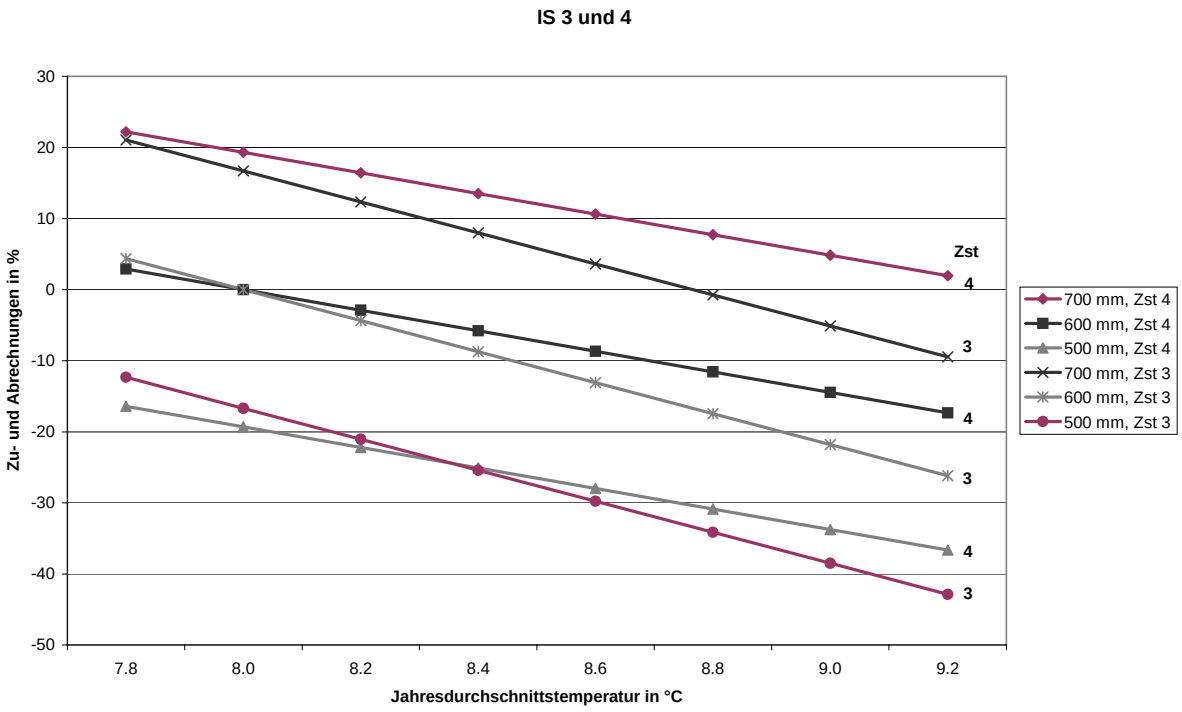
Bodengruppe S 4

N_{1-12}	T_{1-12} [°C]											
[mm]	7,9	8,0	8,1	8,2	8,3	8,4	…	8,7	8,8	8,9	9,0	9,1
480											-55	
490												
500												
510						-33						
520												
530								-35	-37			-44
540			-18									
550									-32	-34		
560		-11				-20						
570		-8		-13								
580	-3	-5										
590	0											
600												
610		3										
620												
630		8										
640				6								
650									-5			
⋮												
690									6			
700								11		6		

N_{1-12} = Jahresniederschlagssumme, T_{1-12} = Jahresdurchschnittstemperatur
Quelle: Eigene Berechnungen

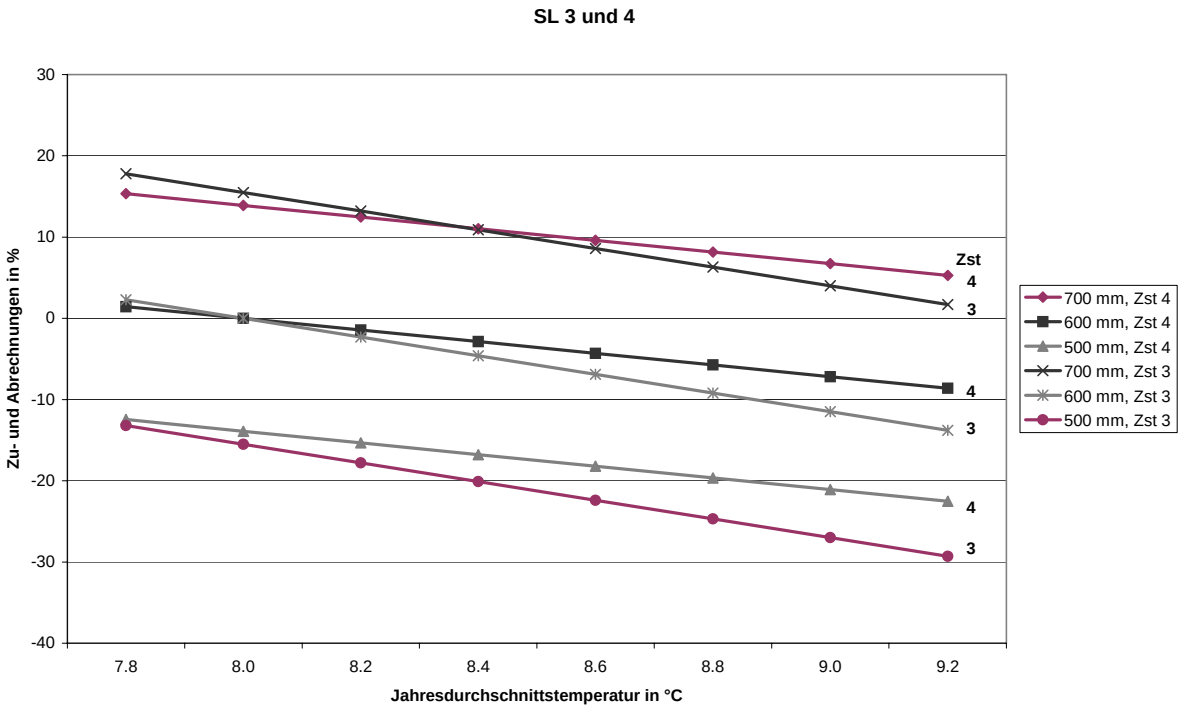
Mit Hilfe der Klimatabellen lassen sich Klimakurven erstellen, die der Darstellungsform der Bodenklimakurven der österreichischen Bodenschätzung entsprechen (vgl. Kapitel 3.2). Anhand der Klimakurven können die Werte der Klimatabellen zwischen den Bodenarten und Zustandsstufen anschaulich verglichen werden. Es ist allerdings zu beachten, dass mit dieser Darstellung Zu- und Abrechnungen für Klimawerte angegeben werden, die von der Stichprobe nicht abgedeckt werden. Für die Bodenarten lS und SL sowie jeweils die Zustandsstufen 3 und 4 sind die Klimakurven im Folgenden abgebildet.

Abbildung 6.5: Klimakurven für die Bodengruppen lS 3 und lS 4 bei verschiedenen Jahresniederschlagssummen



Quelle: Eigene Berechnungen

Abbildung 6.6: Klimakurven der Bodengruppen SL 3 und SL 4 bei verschiedenen Jahresniederschlagssummen



Quelle: Eigene Berechnungen

Der Verlauf der Kurven für die verschiedenen Bodengruppen entspricht in dem dargestellten Klimawertebereich weitestgehend den Bodenklimakurven der österreichischen Bodenschät-

zung (vgl. HARLFINGER/KNEES 1999, 141 ff.). Allerdings verwendet die österreichische Bodenschätzung nicht die Jahresdurchschnittstemperatur, sondern die 14-Uhr-Temperatur der Monate April bis September für die Kennzeichnung der Klimabedingungen. Zusätzlich zu den Zu- und Abrechnungen aus den Bodenklimakurven wird aufgrund des Trockenindex für die Monate April bis September in trockenen Gebieten eine Abrechnung von der Bodenzahl vorgenommen. Der Unterschied zwischen dem österreichischen Trockenindex und dem für Deutschland berechneten Trockenindex besteht darin, dass der Trockenindex in Österreich die Häufigkeit trockener Bedingungen in den Jahren 1961 bis 1990 angibt und nicht wie in Deutschland einen Mittelwert über die 30 Jahre, in dem die Mittelwerte für die Temperatur und den Niederschlag in einer Zahl zusammengefasst werden. Bei der Untersuchung der Musterstücke konnte kein eindeutiger Vorteil für die Verwendung des Trockenindex in der Bodenschätzung herausgestellt werden (vgl. Kapitel 6.3.1).

Die Kurvenverläufe zeigen, dass die Zustandsstufe einen Einfluss auf die Reinertragsverhältnisse und somit auf die Bewertung der klimatischen Bedingungen hat. Nach diesen Ergebnissen sind die Abrechnungen mit besserer Zustandsstufe in der Regel zu verstärken. Mit zunehmender Jahresdurchschnittstemperatur steigt die Differenz zwischen den Kurven für die verschiedenen Zustandsstufen. Die bisherigen Klimatabellen, die eine Berücksichtigung der Zustandsstufe ausweisen, sehen zum einen eine Minderung der Abrechnungen mit einer besseren Zustandsstufe und zum anderen konstante Korrekturwerte in Form von Prozentpunkten vor (vgl. Kapitel 2.3.4). Dieses würde bei der Darstellung der Zu- und Abrechnungen als Klimakurve eine Parallelverschiebung mit variierender Zustandsstufe bedeuten. Bei 8 °C Jahresdurchschnittstemperatur und 600 mm Jahresniederschlagsmenge würden dann Zu- oder Abrechnungen vorzunehmen sein. Dieses ist nach den Annahmen der Bodenschätzung nicht zulässig. Die dargestellten Klimakurven sehen keine Zu- oder Abrechnungen bei den Standardklimabedingungen des Ackerschätzungsrahmens vor. Die österreichischen Bodenschätzer nehmen keine Korrekturen der Zu- und Abrechnungen aus den Bodenklimakurven aufgrund der Zustandsstufe vor.

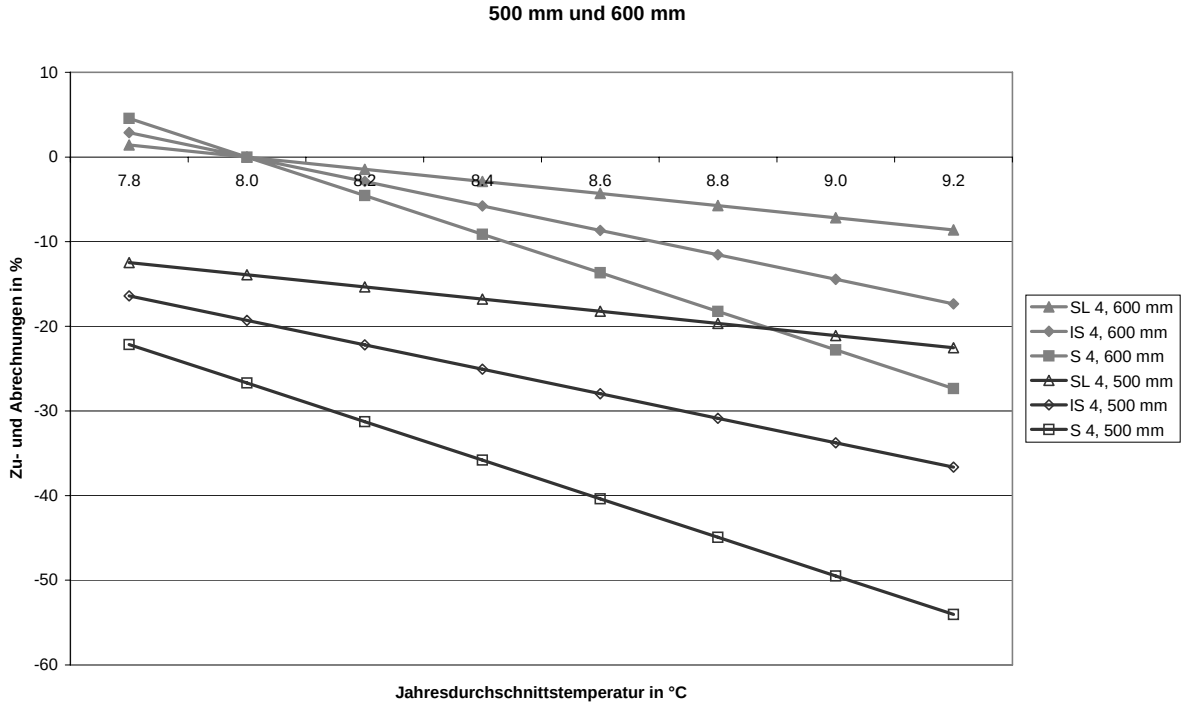
Der unterschiedliche Kurvenverlauf aufgrund der Zustandsstufen lässt auf voneinander abweichende Ansprüche der jeweils angebauten Fruchtarten an die klimatischen Bedingungen schließen. Mit zunehmender Jahresdurchschnittstemperatur und dem damit zunehmenden Trockenindex nimmt der Reinertrag auf den Standorten mit der Zustandsstufe 3 stärker als auf Standorten mit der Zustandsstufe 4 ab. Dieses resultiert unter anderem daraus, dass mit der Änderung der klimatischen Bedingungen bei gleicher Bodenbeschaffenheit keine Anpassung

der Anbaukombination vorgenommen wird. Die Anbaukombination richtet sich ausschließlich nach der Bodenbeschaffenheit und geringfügig nach den Anbauverhältnissen in den Landkreisen, aber nicht direkt nach den klimatischen Bedingungen. Eine Anpassung wäre nur möglich, wenn die Ansprüche der angebauten Fruchtarten und die daraus resultierenden Anbaugrenzen exakt quantifiziert werden könnten.

Die dargestellten Kurvenverläufe für unterschiedliche Zustandsstufen entsprechen nicht der Annahme, dass Böden mit einer guten Zustandsstufe negative Auswirkungen der klimatischen Bedingungen mildern sowie positive Auswirkungen verstärken und dass Böden mit schlechter Zustandsstufe negative Auswirkungen verstärken sowie positive Auswirkungen klimatischer Bedingungen mildern. Die Anwendung der Zu- und Abrechnungen auf die mittlere Bodenzahl, die aus den Musterstücken der Bodengruppen ermittelt wird, zeigt, dass zwar die Abrechnungen für die Böden mit der Zustandsstufe 3 in der Abbildung 6.6 stärker sind, aber durch die höhere Bodenzahl die resultierende Ackerzahl höher ist als die berechnete Ackerzahl bei Böden mit der Zustandsstufe 4 unter gleichen klimatischen Bedingungen. Auf den Musterstücken mit der Zustandsstufe 3 wird somit ein höherer Reinertrag, ausgedrückt in der Ackerzahl, erzielt als auf Musterstücken mit der Zustandsstufe 4 unter sonst gleichen Bedingungen. Mit zunehmender Jahresdurchschnittstemperatur wird die Differenz zwischen den Ackerzahlen allerdings geringer. Welcher Kurvenverlauf bei verschiedenen Zustandsstufen den Reinertragsunterschied und die Wirkung der klimatischen Bedingungen angemessen widerspiegelt, kann nur durch eine Erweiterung der Datengrundlage ermittelt werden.

In der folgenden Abbildung 6.7 werden die Kurven verschiedener Bodenarten und der Zustandsstufe 4 bei einer Jahresniederschlagsmenge von 500 mm und 600 mm dargestellt. Aufgrund des Einflusses der Zustandsstufe auf die Zu- und Abrechnungen können nur Bodengruppen mit gleicher Zustandsstufe miteinander verglichen werden. Die Klimakurve für die Bodenart sL und der Zustandsstufe 4 wird nicht in den Vergleich einbezogen, weil die Musterstücke im Gegensatz zu den Musterstücken der anderen Bodengruppen eine geringe räumliche Verteilung und damit geringe Unterschiede bei den Klimawerten aufweisen.

Abbildung 6.7: Klimakurven der Bodengruppen SL 4, lS 4 und S 4 bei 500 mm und 600 mm Jahresniederschlagssumme



Quelle: Eigene Berechnungen

Sowohl bei den Klimakurven für 600 mm als auch für 500 mm nehmen die Abrechnungen bei gleicher Jahresdurchschnittstemperatur mit steigendem Sandanteil in der Bodenart zu. Hier macht sich die geringere Wasserspeicherkapazität der Sandböden bemerkbar. Bei sehr trockenen Klimabedingungen müssen Abrechnungen bis zu über 50 % von der Bodenzahl vorgenommen werden. Der Kurvenverlauf für geringere Jahresdurchschnittstemperaturen als 7,8 °C kann aufgrund der fehlenden Datengrundlage nicht vorhergesagt werden. Daher können für die Zurechnungen bei 600 mm Niederschlag keine weiterführenden Aussagen zwischen den Bodenarten gemacht werden.

Die Zu- und Abrechnungen in den Klimatabellen können mit der derzeitigen Datengrundlage nicht für alle Bodengruppen und nur für einen eingeschränkten Klimawertebereich bestimmt werden. Dieses reicht nicht aus, um alle bundesweit vorhandenen Musterstücke zu aktualisieren. Die Datengrundlage muss erweitert bzw. verfeinert werden, damit die fehlenden Werte in den Klimatabellen ergänzt und für weitere Bodengruppen Klimatabellen aufgestellt werden können. Grundsätzlich liegen die dafür erforderlichen Daten bei den jeweils zuständigen Institutionen vor (insbesondere die Bodendaten bzw. Bodenartenanteile in verschiedenen Landkreisen einzelner Bundesländer). Sie müssen lediglich durch eine effiziente Abstimmung zwischen den entsprechenden staatlichen Institutionen verfügbar gemacht werden. Für diese Un-

tersuchung konnten sie leider nicht zu Verfügung gestellt werden. Bei einer Erweiterung der Datengrundlage auf weitere Landkreise müsste die Analyse über die Methode der Isolierung der klimatisch bedingten Reinertragsunterschiede auf der Landkreisebene und deren Übertragung auf die Bewertung der Musterstücke erfolgen. Die Betrachtung regionaler Reinerträge kann allerdings keinen vollen Ersatz für die Naturalertragsschätzung der Musterstücke mit Hilfe von Regressionsgleichungen liefern (vgl. Kapitel 5.2.1).

Die bisherige Bewertung der klimatischen Bedingungen in der Bodenschätzung, der Verlauf der Klimakurven der österreichischen Bodenschätzung sowie die pflanzenbaulichen und pflanzenphysiologischen Erkenntnisse zeigen, dass die Wirkung des Klimas und damit die Zu- und Abrechnungen von der Bodenzahl in einigen Bereichen der Kurvenverläufe monoton steigend oder fallend sind. Dadurch können zwar vereinzelt fehlende Werte durch Interpolation zwischen den Werten der Klimatabellen ergänzt werden, aber ein gewisses Grundgerüst an Werten muss bereits vorhanden sein. Die Klimatabellen bieten ein Hilfsmittel für die einheitliche Bewertung der klimatischen Bedingungen und sollen die unterschiedliche Bewertung der Musterstücke, wie sie derzeit vorliegt (vgl. Kapitel 2.3.4), verhindern.

7 Einbindung der Aktualisierung der Bewertung der klimatischen Bedingungen in die Bodenschätzung

Die Ergebnisse und Änderungen bei den Musterstücken müssen in das Verfahren der Bodenschätzung eingebunden werden, um zu einer Aktualisierung der Bewertung zu führen. Zunächst werden dafür die Übertragungsmöglichkeiten auf die gesamte bundesweite Flächenschätzung betrachtet. Die daraus resultierenden rechtlichen und administrativen Folgerungen werden im zweiten Abschnitt separat besprochen.

7.1 Übertragungsmöglichkeiten der Ergebnisse auf die Flächenschätzung

Das Ziel der Untersuchung ist die Klima bedingte Überprüfung und Anpassung der Bewertung der Musterstücke. Für die Übertragung der Ergebnisse auf die Flächenschätzung kommen zwei Möglichkeiten in Frage: Entweder die Bodenschätzungsergebnisse der Musterstücke werden geändert und diese in einer neuen Rechtsverordnung veröffentlicht, so dass sie für die Flächenschätzung rechtsverbindlich sind. Oder die derzeit rechtskräftigen Schätzungsergebnisse der Musterstücke bleiben bestehen und das Bewertungsrecht wird geändert, so dass eine Korrektur bei der bereinigten Ertragsmesszahl vorgenommen werden kann, die sich an den aktuellen Forschungsergebnissen orientiert.

Die Änderung der Bewertung der klimatischen Bedingungen bei den Musterstücken und die Veröffentlichung der angepassten Ackerzahlen in einer neuen Rechtsverordnung hat die Änderung der Ackerzahlen der landwirtschaftlich genutzten Flächen, die als Ackerland geschätzt werden, zur Folge. Die Flächenschätzung orientiert sich an den Bodenschätzungsergebnissen der Musterstücke, da sie die Hauptstützpunkte der Bodenschätzung sind (§ 4 III BodSchätzG). Die Bodenzahlen bleiben unverändert bestehen, da die Bodenklassifizierung und die Annahmen für die Ermittlung der Wertzahlen (Standardklima des Ackerschätzungsrahmens, Geländegestaltung und wirtschaftliche Ertragsbedingungen) beibehalten werden.

Für eine gleichmäßige, bundesweit einheitliche Übertragung der Ergebnisse für die Musterstücke auf die Flächenschätzung wären Klimatabellen oder –kurven besonders geeignet. Für die Erstellung solcher Hilfsmittel wurde das Grundgerüst im Rahmen dieser Forschungsarbeit ermittelt. Es müssen lediglich weitere Daten erhoben und gemäß den methodischen Vorgaben eingebunden werden. Für die praktische Handhabung bei der Bodenschätzung sind allerdings die Klimatabellen besser geeignet, da die Zu- oder Abrechnungen schneller und exakter abge-

lesen werden können. Außerdem besteht bei den Klimakurven die Gefahr, dass durch zu viele Kurven für verschiedene Klimawertebereiche in einer Abbildung die Übersichtlichkeit verloren geht.

Für die Bewertung der klimatischen Bedingungen müssen bundesweit und flächendeckend Klimawerte zur Flächenschätzung vorliegen. Die verwendeten Klimadaten des DWD geben jeweils für einen Quadratkilometer einen Klimawert an. Eine Höhenabstufung der Werte ist nicht notwendig, da dieses bereits bei der Interpolation der Daten zwischen den Klimastationen mit Hilfe eines Höhenmodells vorgenommen wurde (vgl. MÜLLER-WESTERMEIER 1995). Das geographische Bezugssystem ist das Gauß-Krüger-Koordinatensystem im 3. Meridianstreifen. Dieses entspricht in der Regel dem in der Bodenschätzung verwendeten System, so dass die Klimawerte auf die Flächenschätzung übertragen werden können.

Bei der Verwendung der kleinräumigen Rasterdaten kann es zu einer Änderung der Klimawerte innerhalb einer Klassenfläche kommen. Die Differenz zwischen den Werten dürfte allerdings nur gering sein und keine gesonderte Bewertung erfordern. Zumal die Zu- und Abrechnungen in den Klimatabellen für eine Spanne von Klimawerten gültig sein würde und bei geringen Änderungen der Werte keine Anpassung erforderlich wären. Im Gegensatz zu den Rasterdaten würde die Verwendung von regional aggregierten Klimawerten sprungartige Übergänge an den Regionsgrenzen verursachen und eine Höhenabstufung in gebirgigen Lagen wäre notwendig.

Bei der zweiten Übertragungsmöglichkeit über die Bereinigung der Ertragsmesszahlen im Rahmen des Bewertungsrechts werden keine Klimatabellen verwendet, da die Ackerzahlen der landwirtschaftlich genutzten Flächen unverändert bestehen bleiben. Die Bereinigung der Ertragsmesszahlen kann sich an den Ergebnissen auf Landkreisebene orientieren und in Form regionaler Korrekturfaktoren umgesetzt werden. Allerdings werden die alten Zu- und Abrechnungen von der Bodenzahl auf den alten Datengrundlagen und Erkenntnissen beruhen und die neuen Korrekturfaktoren auf aktuellen Klimawerten und Ergebnissen. Das Liegenschaftskataster wird immer noch die alte Bewertung enthalten. Dieses wird sich im steuerlichen Bereich z.B. bei der Bedarfsbewertung des land- und forstwirtschaftlichen Vermögens im Rahmen der Erbschaftsbesteuerung auswirken, denn als Bewertungsgrundlage der landwirtschaftlichen Nutzung wird die Ertragsmesszahl aus dem Kataster verwendet (§ 142 II Nr. 1 Buchstabe a BewG). Auch im nichtsteuerlichen Bereich gibt es zahlreiche Nutzer der Bodenschätzungsergebnisse, die dann keinen unmittelbaren Nutzen aus der Aktualisierung ziehen können. Bereits bei der letzten Berichtigung der Bodenschätzungsergebnisse zur Hauptfeststel-

lung zum 1. Januar 1964 wurden die Ertragsmesszahlen im Liegenschaftskataster nicht angepasst. Der Wert der Bodenschätzung wird bei dieser Übertragung der Ergebnisse für die Nutzer der Ertragsmesszahlen aus dem Liegenschaftskataster weiter sinken, weil sie nicht aktualisiert werden.

7.2 Einbindung in das rechtliche Verfahren

Die Ergebnisse der Untersuchung müssen nicht nur auf die Flächenschätzung übertragen werden, sondern die Umsetzung der Ergebnisse muss in das rechtliche Verfahren der Bodenschätzung und der Einheitsbewertung eingebunden werden. Daher werden im Folgenden die rechtlichen Grundlagen für eine Aktualisierung der Bodenschätzungsergebnisse erläutert und die beiden Übertragungsmöglichkeiten, die im vorherigen Kapitel beschrieben wurden, auf ihre rechtlichen Auswirkungen überprüft. Die folgende Übersicht 7.1 stellt die relevanten Aspekte für die rechtliche Umsetzung der Aktualisierung der Bodenschätzungsergebnisse zusammen. Dabei ist nach dem Grund und dem Ansatzpunkt der Aktualisierung zu unterscheiden.

Übersicht 7.1: Aspekte der rechtliche Umsetzung einer Aktualisierung der Bodenschätzungsergebnisse, nach Grund und Ansatzpunkt der Aktualisierung gegliedert

Ansatzpunkte für die Aktualisierung der Bodenschätzungsergebnisse	**Gründe für die Aktualisierung der Bodenschätzungsergebnisse**	
	Verwendung der aktuellen Klimawerte der Periode 1961-1990 (Änderung der tatsächlichen Verhältnisse, Wertverhältnisse werden beibehalten)	Aktualisierung der Bewertung der klimatischen Ertragsbedingungen (Änderung der Wertverhältnisse)
Änderung der Zu- und Abrechnung von der Bodenzahl und damit Änderung der Ackerzahl	• Änderung der Ertragsbedingungen muss wesentlich sein (§ 12 I BodSchätzG) • Nachschätzung zulässig (§ 12 BodSchätzG) • Fortschreibung der Einheitswerte (§ 22 I BewG) • Kollektivfortschreibung zulässig (BFH-Urteil v. 5.5.1993 – II R 17/90)	• ***keine*** Nachschätzung zulässig (§ 12 BodSchätzG) • ***keine*** Fortschreibung der Einheitswerte zulässig (Abschn. 5 Abs. 3 FortschrRL) • Überprüfung der Bodenschätzung notwendig (§ 13 BodSchätzG) • ***Hauptfeststellung*** notwendig (§ 27 BewG)
Berichtigung der Ertragsmesszahl außerhalb des Liegenschaftskatasters	• Änderung des Bewertungsrechts notwendig (Abschn. 2.03 BewRL) • ***keine*** Hauptfeststellung notwendig, aber Änderung des Bewertungsrechts ohne Hauptfeststellung politisch nicht durchsetzbar • Fortschreibung der Einheitswerte (§ 22 I BewG) • Kollektivforschreibung zulässig (BFH-Urteil v. 5.5.1993 – II R 17/90)	• Änderung des Bewertungsrechts notwendig (Abschn. 2.03 BewRL) • ***Hauptfeststellung*** notwendig (§ 27 BewG)

Quelle: Eigene Zusammenstellung

Zunächst wird die rechtliche Umsetzung bei der Änderung der Zu- und Abrechnung von der Bodenzahl und der damit verbundenen Änderung der Ackerzahl beschrieben. Das Bodenschätzungsgesetz ermöglicht nach § 12 die Nachschätzung einzelner Bodenflächen, wenn Umstände eintreten, die die Ertragsbedingungen dieser Flächen wesentlich verändern. Als Beispiele für solche Umstände wird die Änderung der Kulturart (Nutzungsart), Ent- und Bewässerung sowie Eindeichung genannt (§ 12 I BodSchätzG). Nachschätzungen sind somit bei kurzfristigen, unmittelbar feststellbaren Änderungen der natürlichen Ertragsbedingungen vorzunehmen, die wesentliche Auswirkungen auf die Ertragsfähigkeit haben. Das Ziel der Nachschätzung ist die Anpassung des Liegenschaftskatasters an die tatsächlich vorzufindenden Gegebenheiten auf den Flächen und die Fortführung der Bonitierungsergebnisse (ROTHKEGEL/HERZOG 1935, 43). Für die Ergebnisse der Nachschätzung gilt das gleiche Einspruchverfahren nach § 10 BodSchätzG wie für die Erstschätzung der Flächen. Die rechtskräftig festgestellten Ergebnisse der Nachschätzung sind in das Liegenschaftskataster zu übernehmen (§ 12 II BodSchätzG).

Die Änderung der Klimawerte aufgrund der Berücksichtigung der Periode 1961-1990 könnte im Rahmen einer Nachschätzung einzelner Bodenflächen vorgenommen werden. Die Klimaänderungen müssten allerdings die Ertragsfähigkeit wesentlich beeinflussen, wobei die klimatischen Verhältnisse wie bei der Erstschätzung zu bewerten sind.

Die Änderung der Bewertung der klimatischen Verhältnisse kann nur im Rahmen einer Überprüfung der Bodenschätzung nach § 13 BodSchätzG vorgenommen werden. Eine Überprüfung der Ergebnisse der Bodenschätzung ist bei langfristig feststellbaren Änderungen notwendig, die zu einer Verschiebung der Wertverhältnisse ganzer Bodengruppen führen. Die Feststellung der Verschiebung kann durch Erhebungen und Berechnungen ohne neue örtliche Untersuchungen erfolgen (HAIDER et al. 1954, 482). Wertverschiebungen, die eine Überprüfung der Ergebnisse notwendig machen, können durch Veränderungen der wirtschaftlichen Verhältnisse oder technischen Fortschritt (z.B. durch die Züchtung neuer Pflanzen oder die Erfindung neuer Maschinen) bedingt sein (ROTHKEGEL/HERZOG 1935, 45 f.).

Der § 13 BodSchätzG sah bis zum BewÄndG 1965 eine Überprüfung der Ergebnisse der Bodenschätzung in Zeitabständen von längstens zwanzig Jahren vor. Aufgrund der bei der Überprüfung festgestellten Wertverschiebungen sollten die im Kataster enthaltenen Wertzahlen berichtigt werden (ebenda, 46). Mit der letzten Überprüfung zur Hauptfeststellung der Einheitswerte zum 1. Januar 1964 wurde jedoch deutlich, welcher administrative Aufwand mit einer Berichtigung der Ertragsmesszahlen im Liegenschaftskataster zu leisten ist. Die Berich-

tigung der Ertragsmesszahlen sollte vielmehr im Rahmen des vergleichenden Verfahrens bei jeder Hauptfeststellung der Einheitswerte erfolgen (TASCHENMACHER 1965, 283). Daher sieht der § 13 BodSchätzG seither eine Überprüfung der Ergebnisse der Bodenschätzung zu jeder Hauptfeststellung der Einheitswerte des land- und forstwirtschaftlichen Vermögens vor (§ 13 Satz 1 BodSchätzG).

Die Ergebnisse der Bodenschätzung in Form der Ertragsmesszahlen aus dem Liegenschaftskataster werden nach § 50 I BewG für die Beurteilung der natürlichen Ertragsbedingungen (§ 38 II Nr. 1 Buchstabe a BewG) einer landwirtschaftlichen Nutzung (§ 34 II Nr. 1 Buchstabe a BewG) herangezogen. Zu den natürlichen Ertragsbedingungen gehören u. a. die klimatischen Verhältnisse (§ 38 II Nr. 1 Buchstabe a BewG). Eine Änderung der klimatischen Verhältnisse oder deren Beurteilung führt daher zu einer Änderung der Ertragsmesszahlen. Eine entsprechende Wertfortschreibung der Einheitswerte innerhalb eines Hauptfeststellungszeitraums nach § 22 I BewG ist allerdings nur zulässig bei Änderung der tatsächlichen Verhältnisse, die sich z.B. infolge einer Nachschätzung bei den Ertragsmesszahlen ergeben (Abschn. 5 Abs. 3 und 4 FortschrRL, ergänzend FM Nordrhein-Westfalen v. 15.3.1973). Somit können Änderungen der Ertragsmesszahlen, die aus der Verwendung von Klimawerten der Periode 1961-1990 resultieren, im Rahmen von Wertfortschreibungen der Einheitswerte berücksichtigt werden. Die Fortschreibung einer großen Anzahl von Einheitswerten (sog. Kollektivfortschreibung) ist bei der Änderung der tatsächlichen Verhältnisse zulässig, wenn nicht durch die Fortschreibung einer Änderung der allgemeinen wirtschaftlichen, politischen und Verkehrsverhältnisse, die sich in dem allgemeinen Markt- und Preisniveau niedergeschlagen haben, oder einer anderen Beurteilung dieser allgemeinen Wertverhältnisse Rechnung getragen werden soll (BFH-Urteil vom 5. Mai 1993 – II R 17/90). Bei einer Änderung der Ertragsmesszahlen aufgrund der geänderten Bewertung der klimatischen Verhältnisse ist eine Fortschreibung der Einheitswerte allerdings nicht zulässig, da dieses einer Änderung der Wertverhältnisse innerhalb des Hauptfeststellungszeitraums entspricht. Die Wertverhältnisse sind beim land- und forstwirtschaftlichen Vermögen Ausdruck des Ertrags-Aufwands-Gefüges, dass für die Ermittlung der Ertragswerte auf den 1. Januar 1964 zugrunde gelegt wurde (Abschn. 5 Abs. 2 FortschrRL). Eine Änderung der Bewertung der klimatischen Verhältnisse und damit der Wertverhältnisse kann nur im Rahmen einer neuen Hauptfeststellung vorgenommen werden.

In Bezug auf die Übertragungsmöglichkeiten der Ergebnisse auf die Flächenschätzung bedeuten die beschriebenen rechtlichen Grundlagen, dass eine Änderung der Ackerzahl im Rahmen

einer Nachschätzung aufgrund der Verwendung aktueller Klimawerte der Periode 1961-1990 möglich ist, wenn die Änderungen wesentlich sind. Die Änderung der Ackerzahl aufgrund der Anpassung der Bewertung der klimatischen Verhältnisse ist allerdings nur in Verbindung mit einer neuen Hauptfeststellung zulässig. Für die zweite Übertragungsmöglichkeit über die Berichtigung der Ertragsmesszahlen im Rahmen des Bewertungsrechts ist eine Anpassung der Bewertungsrichtlinien erforderlich. Für die Fortschreibung der Einheitswerte gilt im Prinzip das Gleiche: Die Verwendung neuer Klimawerte ist durch Fortschreibung der Einheitswerte möglich; eine Anpassung der Bewertung der klimatischen Verhältnisse erfordert eine neue Hauptfeststellung.

Die Änderung der Bewertung der Musterstücke durch Anpassung der Ackerzahl erfordert die Bekanntgabe der Ergebnisse für die Musterstücke in einer neuen Rechtsverordnung. Eine neue Rechtsverordnung steht allerdings aufgrund neu angelegter und gestrichener Musterstücke in nächster Zeit ohnehin an. Musterstücke, die nicht mehr in der neuen Rechtsverordnung enthalten sind, werden ungültig.

Der Anhang zu den Bewertungsrichtlinien ist nicht zu ändern, da die Bodenzahlen und das Standardklima des Ackerschätzungsrahmens mit 8 °C Jahreswärme und 600 mm Jahresniederschläge weiterhin gültig sind. Die Änderung des Standardklimas oder die Ergänzung des Standardklimas um neue Klimaparameter würde eine Änderung des Anhangs zu den Bewertungsrichtlinien erfordern.

7.3 Administrative Umsetzung

Die Einbindung der Ergebnisse der Untersuchung in die Bodenschätzung haben je nach Umfang und Ansatzpunkt der Änderungen verschiedene Konsequenzen für die administrative Umsetzung. Im Folgenden werden die Möglichkeiten der Ackerzahlanpassung der Musterstücke und damit der landwirtschaftlichen Flächen sowie der Berichtigung der Ertragsmesszahlen im Rahmen des Bewertungsrechts betrachtet.

Nach ROTHKEGEL (1950, 128) ist eine Anpassung der Wertzahlen (auch der Bodenzahlen) nicht mit einer Neuaufnahme aller Flächen verbunden, wenn die bodenkundliche Klassifizierung gleich bleibt. Für die Anpassung der Ackerzahlen der Musterstücke in Anlehnung an die Forschungsergebnisse müssen die 2.902 Acker-Musterstücke der fünften Verordnung (Anlagenband zum BGBl I Nr. 20 v. 10.05.2000) überprüft und gegebenenfalls berichtigt werden. Hinzu kommen die seit der letzten Rechtsverordnung neu geschätzten Musterstücke. Der ad-

ministrative Aufwand für diese begrenzte Zahl hält sich jedoch in Grenzen. Anders sieht es bei der aus der neuen Rechtsverordnung resultierenden Änderung der Flächenschätzung aus. Die Änderung der Ackerzahl einer Fläche aufgrund einer Nachschätzung bedeutet, dass das zuständige Finanzamt die neue Ackerzahl in die Feldschätzungskarte und das Feldschätzungsbuch eintragen muss und die Änderungen an das Katasteramt weiterleitet, damit das Liegenschaftskataster entsprechend aktualisiert wird. Das Katasteramt berechnet für die Flurstücke, die von den Änderungen betroffen sind, die resultierende Ertragsmesszahl und gibt diese an das Finanzamt. Das Finanzamt hat zunächst zu prüfen, ob eine der Wertgrenzen des § 22 I BewG durch die geänderte Ertragsmesszahl überschritten wird. Im Falle einer Überschreitung der Grenzen wird der neue Einheitswert berechnet und der entsprechende Einheitswertbescheid an den Eigentümer verschickt. Eine Änderung der Ackerzahlen der Musterstücke und damit die Änderung der Ackerzahlen bei den sich daran orientierenden Ackerflächen würde einen Großteil der 5 bis 6 Millionen landwirtschaftlichen Einheiten betreffen und einen entsprechend hohen administrativen Aufwand bedeuten. Besonders in trockenen Gebieten ist eine großflächige Anpassung der Ackerzahlen notwendig.

Die Berichtigung der Ertragsmesszahlen im Rahmen der Bewertungsrichtlinien erfordert keine Änderung der Feldschätzungskarte, des Feldschätzungsbuchs und des Liegenschaftskatasters. Das Katasteramt ist also an dieser Form der Aktualisierung nicht beteiligt. Das Finanzamt nimmt die Berichtigung der Ertragsmesszahlen vor und verschickt gegebenenfalls die geänderten Einheitswertbescheide an die Eigentümer.

ROTHKEGEL (1950, 128 f.) möchte mit der regelmäßigen Überprüfung nach § 13 BodSchätzG und der Berichtigung der im Kataster enthaltenen Wertzahlen erreichen, dass „das deutsche Liegenschaftskataster […] nicht nur die Eigentumsverhältnisse, sondern auch die Ertragsverhältnisse des landwirtschaftlich genutzten Bodens stets dem neusten Stand entsprechend richtig wiedergeben“. Bei der letzten Überprüfung der Bodenschätzungsergebnisse zur Hauptfeststellung der Einheitswerte zum 1. Januar 1964 wurde die erforderliche Berichtigung der Ertragsmesszahlen nicht im Liegenschaftskataster vorgenommen, denn die Änderungen im Liegenschaftskataster hätten „bei dem Mangel an geeignetem Personal sehr lange Zeit in Anspruch“ genommen (TASCHENMACHER 1965, 283). Daher erfolgte die Berichtigung der Ertragsmesszahlen im Wege des vergleichenden Verfahrens bei der Hauptfeststellung der Einheitswerte. Die Einheitswerte und seine Derivate wurden damit zwar geändert, aber das Liegenschaftskataster weist weiterhin die nicht berichtigten Ertragsmesszahlen aus.

Ohne die Aktualisierung des Liegenschaftskatasters verliert die Bodenschätzung an Wert für die Nutzer, so dass der Weg über die Anpassung der Ackerzahlen der bessere für die Zukunft der Bodenschätzung ist. Es darf dabei natürlich nicht verschwiegen werden, dass eine Anforderung an die Aktualisierung der Bodenschätzungsergebnisse die Reduzierung der administrativen Kosten auf ein Minimum ist (vgl. Kapitel 2.2). Die Digitalisierung der Bodenschätzungsergebnisse würde einen einfachen und örtlich unabhängigen Datenzugriff sowie eine unkomplizierte und relativ kostengünstige Änderung der Wertzahlen erlauben. Die bereits begonnenen Arbeiten für eine Digitalisierung der Bücher und Karten sollten vorangetrieben werden und in den nächsten Jahren abgeschlossen werden.

Die Kosten für die Aktualisierung, aber auch die laufende Pflege des Datenbestands durch Nachschätzungen werden im Wesentlichen von der Finanzverwaltung getragen. Aufgrund der zahlreichen Nutzer der Bodenschätzung wäre es sinnvoll, die Kosten der Bodenschätzung auf weitere Nutzer der Bodenschätzungsdaten zu übertragen, z.B. Umweltministerium, Landwirtschaftsministerium. Wer die Daten nutzen möchte, sollte sich auch an den Kosten der Datenerhebung beteiligen.

8 Zusammenfassung

Das Ziel der Arbeit ist die Aktualisierung der Bodenschätzungsergebnisse in Bezug auf die veränderten klimatischen Bedingungen und deren Auswirkungen auf die Reinertragsverhältnisse des Ackerlandes unter einheitlichen wirtschaftlichen Bedingungen in Deutschland.

Das System der Bodenschätzung soll bei einer Aktualisierung erhalten bleiben, so dass zunächst im zweiten Kapitel eine Beschreibung des Verfahrens der Bodenschätzung erfolgt. Die Zu- und Abrechnung von der Bodenzahl stehen dabei im Vordergrund, da sie als Ansatzpunkt für die Berücksichtigung aktueller klimatisch bedingter Reinertragsunterschiede gut geeignet sind. Der Ausgangspunkt für eine Aktualisierung sind die Musterstücke durch ihre zentrale Stellung im Bewertungssystem. Nur mit diesem Grundwissen wird deutlich, wo der Veränderungsbedarf liegt und inwieweit im bestehenden System der Bodenschätzung Veränderungen möglich sind, ohne eine neue Bodenschätzung durchführen zu müssen, die aus finanziell-administrativer Sicht gegenwärtig nicht denkbar ist. Eine Aktualisierung der Bodenschätzung muss daher mit möglichst niedrigem administrativem und finanziellem Aufwand umsetzbar sein und dabei einen größtmöglichen Weiterentwicklungsnutzen aufweisen.

Nachdem dieser beschreibende Teil des zweiten Kapitels abgeschlossen ist, werden die Gründe für den Aktualisierungsbedarf näher untersucht. Eine Aktualisierung der Bodenschätzungsergebnisse ist besonders im Hinblick auf die Berücksichtigung klimatischer Bedingungen notwendig, da sich zum einen die Klimawerte der aktuellen Periode 1961-1990 gegenüber den bisher unterstellten Klimawerten der Periode 1881-1930 regional unterschiedlich verändert haben. Zum anderen wirken sich der allgemeine und regional disproportionale Anstieg der Naturalerträge der Früchte des Ackerlandes auf die klimatisch bedingten Reinertragsunterschiede in Deutschland aus. Die Entwicklung der Naturalerträge in den vergangenen 70 Jahren zeigt eine Ertragssteigerung für Getreide von damals durchschnittlich 25 dt/ha auf gegenwärtig über 70 dt/ha beim Winterweizen. Auch bei anderen Früchten wie den Kartoffeln oder den Zuckerrüben sind Vervielfachungen der Naturalerträge erkennbar. Die Gründe für die erheblichen Ertragssteigerungen sind vielfältig. Das Klima spielt dabei aber eine maßgebliche Rolle. Anhand des Vergleichs von Naturalerträgen zwischen drei Landkreisen wird dieser Einfluss bereits deutlich. So unterscheiden sich die Naturalerträge zwischen zwei Börderegionen mit vergleichbaren Bodenbedingungen aber unterschiedlichen Klimabedingungen signifikant. Dies kann als Hinweis für Klima bedingte Unterschiede aufgefasst werden, die durch die bisherigen Bodenschätzungsergebnisse nicht zum Ausdruck kommen. Am deutlichsten wird der potenzielle Klimaeinfluss jedoch bei der Betrachtung von Landkreisen, die

höchste Naturalerträge bei sehr günstigen Klimaeinflüssen aber durchschnittlichen Bodenbedingungen erreichen. An dieser Stelle zeigt sich der Aktualisierungsbedarf der deutschen Bodenschätzung eindeutig. Der Einsatz von Mineraldünger, chemischen Pflanzenschutzmitteln, modernen Sorten sowie leistungsstarker und standortangepasster Bodenbearbeitungstechnik haben zu verschiedenartigen Entwicklungen auf Böden mit unterschiedlicher Beschaffenheit und klimatischen Bedingungen geführt. Besonders die optimale Verfügbarkeit des Wassers kristallisiert sich als wesentlicher Ertragsfaktor heraus. Obwohl die Pflanzenzüchtung erheblich dazu beigetragen hat, die bestehenden Wasserressourcen für weiter steigende Naturalerträge effizienter nutzbar zu machen, konnte eine optimale Anpassung für alle Klimaregionen nicht gewährleistet werden.

Die Schwierigkeit der Aktualisierung besteht insbesondere darin, die vollständige horizontale und vertikale Vergleichbarkeit der Ergebnisse zu erhalten, um nicht die Bodenbewertungssystematik zu verlassen. Die Betrachtung der Reinerträge in der deutschen Landwirtschaft zeigen, dass sich die Rahmenbedingungen der Produktion erheblich verändert haben. So sind gegenwärtig andere Anbauverhältnisse feststellbar und die Betriebsgrößen mit der dazugehörigen Mechanisierung haben sich massiv verändert, so dass die Reinertragsermittlung mit anderen Durchschnittsannahmen als bei der Einführung der Bodenschätzung vorzunehmen ist.

Ein weiteres Ziel der Aktualisierung wird mit der Untersuchung der derzeitigen Bewertung der Musterstücke sichtbar: Der Grundsatz der bundesweit einheitlichen Bewertung wird in Bezug auf die Bewertung der klimatischen Bedingungen zurzeit nicht erfüllt. In einigen Bezirken der Oberfinanzdirektionen wurden zwar als Hilfsmittel Klimatabellen erstellt, aus denen die Zu- und Abrechnungen von der Bodenzahl abgelesen werden können, aber diese Tabellen sind häufig untereinander nicht vergleichbar. Die einheitliche Bewertung der Klimabedingungen muss bei einer Aktualisierung gewährleistet werden.

Die Herausforderung, mit einer Aktualisierung der Bodenschätzung eine vollständige horizontale und vertikale Vergleichbarkeit zu erhalten, wird auch durch die Darstellungen im dritten Kapitel deutlich. Bei der Entwicklung und mit der Einführung der Bodenschätzung wurde der Einfluss des Klimas auf die Reinertragsfähigkeit der Böden anhand von 28 Regionen geschätzt. Genaue Analysen zum Einfluss des Klimas auf den Reinertrag lagen noch nicht vor. Die Hauptfeststellung aus dem Jahr 1964 hat diese Mängel nicht beseitigt, weil Klimaeinflüsse nicht neu berücksichtigt und weiterhin die Klimadaten der Jahre 1881 bis 1930 unterstellt wurden. Gegenwärtig sind mehr Klimaparameter in einem dichten Netz von Klimamessstationen feststellbar, einzelbetriebliche Reinerträge sind erfassbar bzw. leichter schätzbar und

multivariate Analysemethoden erlauben eine exaktere Analyse des Klimaeinflusses auf den Reinertrag.

Für die Aktualisierung der deutschen Bodenschätzung kann die aktualisierte österreichische Bodenschätzung nur sehr eingeschränkt als Vorlage genutzt werden. Sie basiert auf den gleichen Grundlagen wie die deutsche Bodenschätzung. Auch hier wurde der veränderte Einfluss des Klimas erkannt und durch die Aktualisierung von Bodenklimakurven Rechnung getragen. Die österreichische Bodenschätzung zeigt, dass eine Anpassung der Klimaparameter zur Kennzeichnung der klimatischen Bedingungen und Beurteilung der Ertragsbedingungen an die Ansprüche der Kulturpflanzen (z.B. Einführung der 14-Uhr-Temperatur in Österreich) notwendig ist. Der Trockenindex wird, allerdings etwas modifiziert, für die Kennzeichnung trockener Gebiete als Klimaparameter in die weitere Untersuchung einbezogen. Die Entwicklung bundesweit einheitlicher Hilfsmittel nach dem Vorbild der Bodenklimakurven in Österreich wird für die Aktualisierung der Bodenschätzungsergebnisse in Deutschland angestrebt.

Pflanzenbauliche Untersuchungen der vergangenen Jahrzehnte haben gezeigt, dass insbesondere die Temperatur, der Niederschlag sowie die Sonnenscheindauer die maßgeblichen Klimaelemente für das Pflanzenwachstum und die Ertragsbildung sind. Ihr Einfluss auf den Naturalertrag wird im Kontext mit der Bodenart bzw. –qualität erläutert. Dabei wird deutlich, dass der Einfluss und die Wechselbeziehungen einzelner Klimaparameter sehr komplex und darüber hinaus stark standortindividuell sind. Die unterschiedlichen Ansprüche der in der Arbeit betrachteten Fruchtarten erfordern eine fruchtartspezifische Betrachtung und Quantifizierung der Wirkung des Klimas auf den Naturalertrag.

Eine Vielzahl von Ertrags- und Pflanzenwachstumsmodellen, die möglicherweise für eine Aktualisierung nutzbar wären, wurden in der Vergangenheit entwickelt. Sie haben versucht, die zuvor genannten komplexen Wechselwirkungen über Simulation oder empirisch zu erfassen. Die direkte Anwendung dieser Modelle auf die Fragestellung der Bewertung des Klimas in der Bodenschätzung ist jedoch vielfach durch die strenge Standortgebundenheit bzw. durch fehlende, für die Bodenschätzung jedoch bedeutende Parameter nicht möglich. Eine allgemeine, interregionale Anwendung, wie sie für die Bodenschätzung erforderlich wäre, ist bei keinem der betrachteten Modelle möglich.

Für eine Aktualisierung der Bodenschätzungsergebnisse werden daher im vierten Kapitel zwei Modellansätze vorgestellt, die einen aktualisierten (verbesserten) Aussagewert der Bodenschätzung mit geringem administrativen Aufwand gewährleisten können und gleichzeitig

eine langfristige Fortschreibung ermöglichen. Die regelmäßigen Ernteerhebungen des statistischen Bundesamtes (auf Landkreisebene) sowie die kleinräumig erfassten Klimadaten des Deutschen Wetterdienstes bilden die Ausgangsbasis der weiteren Untersuchung. Die verwendeten Daten werden mit geographischen Informationssystemen verschnitten und mit Hilfe multivariater Methoden analysiert, um statistisch abgesicherte Ergebnisse zu ermitteln. Die Auswertung der bestehenden Ertrags- und Pflanzenwachstumsmodelle hat gezeigt, dass für die Quantifizierung der Einflussfaktoren auf den Naturalertrag die Regressionsanalyse eine häufig verwendete bzw. angemessene Methode ist.

Somit wird im fünften Kapitel in dem ersten Modellansatz zunächst versucht, die Naturalerträge, als Basis zu ermittelnder Reinerträge, anhand von fruchtartspezifischen Regressionsmodellen zu schätzen. Als Datengrundlage stehen allerdings nur durchschnittliche Hektarerträge der wichtigsten Ackerfrüchte auf Landkreisebene zur Verfügung. Die Ergebnisse zeigen, dass die Reaktion der untersuchten Früchte auf die einzelnen Klimaparameter unterschiedlich ist und dass die Bodenbeschaffenheit als erklärende Variable einbezogen werden muss. Über die Gesamtheit der Früchte betrachtet, resultieren die Ertragsunterschiede vor allem aus der Jahresniederschlagsmenge, der klimatischen Wasserbilanz der Monate April bis August und dem Trockenindex der Monate Mai bis August.

Letztlich zeigt sich jedoch, dass die Regressionsgleichungen aufgrund der Verwendung aggregierter Landkreisdaten nicht für die Naturalertragsschätzung der Musterstücke herangezogen werden können. Das methodische Vorgehen bei der Regressionsanalyse wäre zwar geeignet, die Naturalerträge aufgrund der Bodenbeschaffenheit und der klimatischen Bedingungen zu schätzen, so dass darauf basierend Anbauverhältnisse für die Reinertragsberechnung unter Beachtung der ökonomischen Vorzüglichkeit und Fruchtfolgerestriktionen ermittelt werden können. Allerdings ist dafür eine Verbesserung der Datengrundlage notwendig, die im letzten Abschnitt des fünften Kapitels erläutert wird. Die Datengrundlage kann entweder durch eine zukünftige Verfeinerung der aggregierten Daten und Ausdehnung auf weitere Regionen in Deutschland oder durch Erhebung einer Vielzahl schlagspezifischer Ertrags- und Bodendaten verbessert werden.

Aufgrund dieser Erkenntnisse wird im sechsten Kapitel das Vorgehen zur Ermittlung klimatisch bedingter Reinertragsunterschiede an die vorhandene Datengrundlage angepasst. Mit den für die Untersuchung vorhandenen Daten können klimatisch bedingte Reinertragsunterschiede durch den Vergleich von Reinerträgen zwischen Landkreisen mit ähnlichen Bodenartenverhältnissen festgestellt werden. Mittels einer Clusteranalyse werden Gruppen mit Land-

kreisen gebildet, die ähnliche Bodenartenverhältnisse aufweisen und sich hinsichtlich der klimatischen Bedingungen unterscheiden. Aufbauend auf den durchschnittlichen Naturalerträgen der Landkreise werden Reinerträge für bestimmte Anbaukombinationen unter einheitlichen wirtschaftlichen Bedingungen berechnet. Die nicht-klimatischen Einflussfaktoren werden so minimiert und die Wirkung der klimatischen Bedingungen auf den Reinertrag isoliert. Die in diesem Kontext durchgeführte Korrelationsanalyse deckt Zusammenhänge zwischen den Reinerträgen und einzelnen Klimaparametern auf.

Durch den Bezug der klimatisch bedingten Reinertragsunterschiede zwischen den Landkreisen auf den Reinertrag unter Standardklimabedingungen des Ackerschätzungsrahmens können die Reinertragsunterschiede in Wertzahlen der Bodenschätzung umgerechnet werden. Dafür wird für die Landkreisgruppen mit ähnlichen Bodenartenverhältnissen jeweils ein Landkreis festgelegt, der weitgehend die Standardklimabedingungen des Ackerschätzungsrahmens aufweist. Die Wertzahlendifferenzen zwischen den Landkreisen gelten jeweils für eine Anbaukombination, so dass durch unterstellte Anbaukombinationen für die Musterstücke die regionalen Wertzahlendifferenzen unter bestimmten Annahmen auf die Musterstücke übertragen werden können. Mit der Bodenzahl der Musterstücke können diese Wertzahlendifferenzen in prozentuale Zu- und Abrechnungen aufgrund klimatischer Bedingungen umgerechnet werden. Nur durch die Übertragung der regionalen Reinertragsunterschiede in Form der Wertzahlendifferenzen auf die Musterstücke kann der Zusammenhang zwischen den Zu- und Abrechnungen und den klimatischen Bedingungen bei unterschiedlicher Bodenbeschaffenheit (Bodenart, Zustandsstufe) untersucht werden. Auf Landkreisebene ist aufgrund der heterogenen Bodenartenverhältnisse keine klare Zuordnung zu einzelnen Bodenbeschaffenheiten möglich.

Die anschließende Regressionsanalyse zeigt, dass die Variation der Zu- und Abrechnungen von den Bodenzahlen der Musterstücke insbesondere mit der Jahresdurchschnittstemperatur und der Jahresniederschlagsmenge erklärt werden können. Allerdings ist nicht auszuschließen, dass bei einer Erweiterung der Datengrundlage auf andere klimatische Regionen der Trockenindex für die Monate Mai bis August ebenfalls einen bedeutenden Einfluss haben wird. Zunächst ist jedoch eine Änderung oder Ergänzung der Klimaparameter bei der Bodenschätzung nicht notwendig.

Die Analyse der aktualisierten Zu- und Abrechnungen von den Bodenzahlen der Musterstücke zeigt, dass trockene klimatische Bedingungen zu höheren Abrechnungen als bisher führen. Insbesondere geringere Jahresniederschlagsmengen wirken sich negativ auf die Ertrags-

fähigkeit der Standorte aus. Bei der derzeitigen Bewertung der klimatischen Bedingungen steht die Höhe der Jahresdurchschnittstemperatur im Vordergrund. Mit der Aktualisierung wird der Klimaparameter Jahresniederschlagsmenge stärker für die Ermittlung der Zu- und Abrechnungen von der Bodenzahl herangezogen.

Für eine bundesweit einheitliche Bewertung des Klimas in der Bodenschätzung werden mit Hilfe der aktualisierten Musterstücke Klimatabellen erstellt. Die aktualisierten Zu- und Abrechnungen und damit die Wirkung der Klimaparameter Jahresdurchschnittstemperatur sowie Jahresniederschlagsmenge auf die Ertragsfähigkeit eines Standortes werden neben der Bodenart auch von der Zustandsstufe beeinflusst. Die Bodenart und die Zustandsstufe werden daher für die Unterteilung der Klimatabellen nach Bodengruppen als Kriterium herangezogen. Allerdings sind der von diesen Musterstücken abgedeckte Klimawertebereich und die Bodenvariation bisher nicht ausreichend, um die in Deutschland vorzufindenden natürlichen Bedingungen abzudecken.

Mit der Betrachtung der regionalen Reinertragsunterschiede kann nur die Bewertung der klimatischen Bedingungen der Musterstücke aktualisiert werden, die in den untersuchten Landkreisen liegen und ähnliche natürliche Bedingungen wie der Landkreis im Durchschnitt aufweisen. Insbesondere die Reinertragsverhältnisse, die nur auf einem geringen Anteil des Ackerlands eines Landkreises zurückzuführen sind, können nicht mit dieser Methodik untersucht werden. Für diese natürlichen Bedingungen ist die Erfassung der dort erzielten Naturalerträge, z.B. in Form von schlagspezifischen Daten, notwendig. Eine Erweiterung und Verfeinerung der Datengrundlage ist somit auch bei der angepassten Vorgehensweise über die Wertzahlendifferenzen auf Landkreisebene notwendig. Insbesondere die mangelnde Verfügbarkeit der Bodendaten in einzelnen Bundesländern bzw. dazu zählenden Landkreisen schränkt die Ergebnisse ein. Deshalb muss eine weitere Erfassung bereits existierender, aber nicht für die Untersuchung nutzbarer Daten erfolgen. Das methodische Grundgerüst für die Integration dieser Daten wurde mit dieser Arbeit jedoch erstellt.

Das siebte Kapitel zeigt, wie die aktualisierten Bodenschätzungsergebnisse administrativ eingebunden bzw. umgesetzt werden können. Zum einen kann dies über die Veröffentlichung der aktualisierten Bodenschätzungsergebnisse für die Muterstücke in einer neuen Rechtsverordnung vorgenommen werden. Die Bewertung der Musterstücke ist dann rechtsverbindlich für die Flächenschätzung. Zum anderen können Korrekturen an der Ertragsmesszahl im Rahmen des Bewertungsrechts analog zum Vorgehen bei der letzten Hauptfeststellung zum 1. Januar 1964 festgelegt werden. Für die Aufrechterhaltung der Bodenschätzung sollte die erste Mög-

lichkeit gewählt werden und die Aktualisierung der Bodenschätzungsergebnisse durch eine Anpassung der Wertzahlen im Liegenschaftskataster erfolgen. Die Zahlen aus dem Liegenschaftskataster verlieren sonst für die Nutzer erheblich an Wert. Bei der letzten Hauptfeststellung zum 1. Januar 1964 wurden die Wertzahlen auch nicht angepasst, so dass eine Anpassung dringend erforderlich ist. Bereits die Väter der Bodenschätzung ROTHKEGEL und HERZOG (1935, 5 f.) haben darauf verwiesen, dass ein stets aktualisiertes Kataster in einem wesentlichen Zusammenhang mit der Qualität und Akzeptanz der Bodenschätzung steht.

9 Quellenverzeichnis

Literaturquellen:

AMELUNG, C. (2005): Auswirkungen der EU-Agrarreform 2004 auf den Betriebszweig Ackerbau. In: HLBS Report, 1/2005, S. 18-26.

ANONYM (2005): Zuckerreform nach radikaler? In: Sachsen-Anhaltinische Bauernzeitung, 19. Woche, S. 9.

ANSELIN, L. (1988): Spatial Econometrics: Methods and Models. Studies in operational regional science. Kluwer Academic Publishers.

ANSELIN, L. (2002): Under the hood: Issues in the specification and interpretation of spatial regression models. In: Agricultural Economics, 27, S. 247-267.

ANSELIN, L. und BERA, A. K. (1998): Spatial Dependence in Linear Regression Models with an Introduction to Spatial Econometrics. In: ULLAH, A. und GILES, D. E. A. (Hrsg.): Handbook of applied economic statistics. New York u. a., S. 237-289.

AUER, L. von (2003): Ökonometrie. Eine Einführung. 2. Aufl., Berlin, Heidelberg.

BACKHAUS, K. (2003): Multivariate Analysemethoden: eine anwendungsorientierte Einführung. 10., neu bearb. und erw. Aufl., Berlin.

BAEUMER, K. (1992): Allgemeiner Pflanzenbau, 3.Auflage, Stuttgart.

BAHRENBERG, G.; GIESE, E. und NIPPER, J. (1992): Statistische Methoden in der Geographie. Band 2: Multivariate Statistik, 2. Auflage, Stuttgart.

BAHRS, E. (1999): Bewertung landwirtschaftlicher Betriebe für Substanzbesteuerungen. HLBS, Heft 153, St. Augustin.

BAHRS, E.; DOHMS, H. und RUST, I. (2003): Notwendigkeit und Konsequenzen einer aktualisierten Bodenschätzung in der Landwirtschaft als betriebswirtschaftlicher Sicht. In: Schriften der Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaues e.V., Bd. 39, 2004, S. 461-470.

BAUMANN, H. (1962): Die Erträge von Wintergerste, Hafer und Zuckerrüben im Dikopshofer Dauerdüngungsversuch und in der Kölner Bucht in Beziehung zur Witterung. In: Zeitschrift für Acker- und Pflanzenbau 114, S. 281-294.

BAUMANN, H. und WEBER, E. (1966): Versuch einer statistischen Analyse der Beziehung zwischen Witterung und Ertrag mit Hilfe multipler Regressionen. In: Mitteilungen des Deutschen Wetterdienstes, Nr. 37, Bd. 5, Offenbach a. M..

BILL, R. (1999): Grundlagen der Geo-Informationssysteme. Bd. 1, 4., völlig neu bearb. und erw. Aufl., Heidelberg.

BINDER, J. und ORTNER, K. M. (1978): Die Abhängigkeit der Erträge vom Witterungsverlauf. Eine Quantifizierung für Prognosezwecke. Schriftenreihe des Agrarwissenschaftlichen Institutes des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Nr. 28, Wien.

BML (Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten) (1988): Fruchtfolge – Analyse und Ausblick. Schriftenreihe des Bundesministers für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Angewandte Wissenschaft, Heft 361, Münster-Hiltrup.

BMVEL (Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft) (2004a): Meilensteine der Agrarpolitik, Umsetzung der europäischen Agrarreform in Deutschland. Ausgabe 2005.

BOGUSLAWSKI, E. von (1981): Ackerbau: Grundlagen der Pflanzenproduktion, Frankfurt (Main).

BÖSE, S. (2004): Weizenanbau im Klimawandel. Sortenwahl und Produktion. In: Neue Landwirtschaft, Heft 5/2004, S. 32-34.

BUCHNER, W. (2000): Fruchtfolge. In: LÜTKE ENTRUP, N. und OEHMICHEN, J. (Hrsg.): Lehrbuch des Pflanzenbaues, Band 1: Grundlagen. 2. Aufl., Gelsenkirchen.

BUCHNER, W. und KÖLLER K. (1990): Integrierte Bodenbearbeitung. Stuttgart.

BUCHNER, W.; MÜLLER, J. und SOURELL, H. (2000): Grundlagen und Anwendung der Agrarmeteorologie im Pflanzenbau. In: LÜTKE ENTRUP, N. und OEHMICHEN, J. (Hrsg.): Lehrbuch des Pflanzenbaues, Band 1: Grundlagen. 2. Aufl., Gelsenkirchen.

BÜHL, A. und ZÖFEL, P. (2002): SPSS 11, Einführung in die moderne Datenanalyse unter Windows. 8. überarb. und erw. Aufl., München.

CHMIELEWSKI, F.-M. (1989): Die Wirkung von Klimavariationen in der Landwirtschaft - dargestellt am Beispiel des Winterroggens. Diss. A, Humboldt-Univ. Berlin.

CHMIELEWSKI, F.-M. (2001): Sensitivität von Pflanzen gegenüber klimatischen Veränderungen - dargestellt an Ergebnissen des agrarmeteorologischen Ertragsfeldes in Berlin-

Dahlem und an Daten der Internationalen Phänologischen Gärten Europas. Habilitationsschrift, Freie Universität Berlin.

CLEMENS, F.-J. (1988): Der Einfluss der Arbeitswirtschaft auf Anbauverhältnis und Fruchtfolgen in Ackerbaubetrieben unter veränderten Preis-/Kostenverhältnissen. Dissertation, Christian-Albrechts-Universität Kiel.

CLIFF, A. D. und ORD, J. K. (1973): Spatial autocorrelation. London.

DABBERT, S. (1994): Ökonomik der Bodenfruchtbarkeit. Stuttgart.

DEBRUCK, J. (2003): Zwischen Wunsch und Wirklichkeit – Trotz ökonomischer Zwänge sind Fruchtfolgen machbar. In: Neue Landwirtschaft 1/2003, S. 36-39.

DLG (Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft) (Hrsg.) (1987): Pflichtenheft für die Datenverarbeitung in der Pflanzenproduktion. Expertenwissen für Landwirte, Berater und Programmierer. Arbeitsunterlagen der DLG.

DVWK (Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V.) (Hrsg.) (1996): Ermittlung der Verdunstung von Land- und Wasserflächen. DVWK-Merkblätter zur Wasserwirtschaft, H. 238, Bonn.

EHLERS, W. (1996): Wasser in Boden und Pflanze: Dynamik des Wasserhaushaltes als Grundlage von Pflanzenwachstum und Ertrag, Stuttgart.

EHLERS, W. (1997): Zum Transpirationskoeffizienten von Kulturpflanzen unter Feldbedingungen. In: Pflanzenbauwissenschaften, 1 (3), S. 97-108.

ERHARD, M.; EVERINK, C.; JULIUS, Chr.; KREINS, P.; SIETZ, D. und MEYER, J. (2001): Bundesweite Betrachtung der Zusammenhänge zwischen Agrarstatistikdaten und aktuellen Daten zur Bodennutzung. UBA Texte 71/02. Umweltbundesamt, Förderkennzeichen (UFOPLAN) 200 71 247, BA-FB 000341, 125 S.

FRANKENBERG, P. (1984): Ähnlichkeitsstrukturen von Ernteertrag und Witterung in der Bundesrepublik Deutschland. Erdwissenschaftliche Forschung, Bd. 17, Wiesbaden.

FREUND, K. L. (2001): Zur Geschichte und zu ausgewählten Fragen der Bodenschätzung. 2. Aufl., Bonn.

FREYER, B. (2003): Fruchtfolgen. Stuttgart.

FRITSCH, M. (2005): Einführung in die empirische Sozialforschung. Vorlesungsunterlagen WS 2003/04, Aufruf am 19.07.2005, http://www.wiwi.tu-freiberg.de/wipol/lehre/lehrveranstaltungen/Vorlesung_ws0304.pdf

FUCHS, P.; MÜLLER-WESTERMEIER, G. und CZEPLAK, G. (1997): Die mittleren klimatologischen Bedingungen in Deutschland. In: Klimastatusbericht 1997. Deutscher Wetterdienst (Hrsg.), Offenbach/Main.

GALLAND, A. (1958): Die Bodenschätzung in Beziehung zu Bodennutzung und Ernteertrag. In: Agrarwirtschaft, Heft 10 und 11, S. 321 – 327 und S. 343 – 352.

GALLAND, A. (1964): Entwicklung von Getreideernteertrag und Getreidewertleistung unserer Ackerböden. In: Agrarwirtschaft, Heft 9 und 10, S. 289 – 297 und S. 319 – 325.

GORNIK, W. (1978): Untersuchungen zu Beziehungen zwischen der Witterung in der Frühjahrsperiode und dem Ertrag bei Winterweizen und Winterroggen im Hinblick auf eine Ertragsvorhersage für größere Gebiete. Dissertation, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg.

HAIDER, L.; ENGEL, R. und DÜRSCHKE, A. (1954): Bewertungsgesetz und Bodenschätzungsgesetz. Beck'sche Steuerkommentare, Band 3, 3., neubearb. Auflage.

HANUS, H. (1997a): Klima und Witterung als Standortfaktoren. In: KELLER, E. R. et al. (Hrsg.): Handbuch des Pflanzenbaues. Band 1: Grundlagen der landwirtschaftlichen Pflanzenproduktion. Stuttgart, S. 42-69.

HANUS, H. (1997b): Wechselwirkungen zwischen Klima und Boden. In: KELLER, E. R. et al. (Hrsg.): Handbuch des Pflanzenbaues. Band 1: Grundlagen der landwirtschaftlichen Pflanzenproduktion. Stuttgart, S. 104-110.

HANUS, H. (1997c): Produktionssysteme. In: KELLER, E. R. et al. (Hrsg.): Handbuch des Pflanzenbaues. Band 1: Grundlagen der landwirtschaftlichen Pflanzenproduktion. Stuttgart, S. 595-624.

HANUS, H. und AIMILLER, O. (1978): Ertragsvorhersage aus Witterungsdaten. Fortschritte im Acker- und Pflanzenbau, Heft 5.

HARLFINGER, O. und KNEES, G. (1999): Klimahandbuch der Österreichischen Bodenschätzung. Klimatographie, Teil 1. Klimareferat der Österreichischen Bodenschätzung, Innsbruck.

HARRACH, T. (2002): Bodenkundlich-standortkundliche Ansätze zur behutsamen Reform der Bodenschätzung. Vortrag am 1.10.2002 in einem Seminar der Bundesfinanzakademie in Brühl.

HARRACH, T.; SAUER, S.; PREIS, M. und PETER, M. (2001): Ansätze zur Evaluierung des Schätzungsrahmens und zu einer behutsamen Reformierung der Bodenschätzung. In: Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft, 96, S. 505-506.

HELWEG, O. J. (1991): Functions of Crop Yield from Applied Water. In: Agronomy Journal, Vol. 83, S. 769-773.

HERTSTEIN, U.; DÄMMGEN, U.; JÄGER, H.-J.; MIRSCHEL, G.; OBENAUF, S. und ROGASIK, J. (1994): Wirkung eines veränderten Klimas auf die landwirtschaftliche Primärproduktion. In: BRUNNERT, H. und DÄMMGEN, U. (Hrsg.): Klimaveränderungen und Landbewirtschaftung, Teil II, Landbauforschung Völkenrode, Sonderheft 148, 237-286.

HOOGENBOOM, G. (2000): Contribution of Agrometeorology to the simulation of crop production. Agricultural and Forest Meteorology, Heft 103, S. 137-157.

JAESCHKE, J. (1989): Die Landwirtschaftliche Einheitsbewertung. Derzeitiger Stand und Bewertungsalternativen. HLBS, Heft 127, St. Augustin.

JAME, Y.W. und CUTFORTH, H.W. (1996): Crop growth models for decision support systems. In: Can. J. Plant Sci. 76, S. 9-19.

JESSER, E.; DIMITZ, L. und WILFINGER, H. (1953): Die 14-Uhr-Temperatur, ein wichtiger Klimafaktor für das Pflanzenleben. In: Wetter und Leben, Jg. 5, Heft 3-4, S. 57-64.

KAHNT, G. (1995): Minimalbodenbearbeitung, Stuttgart.

KÄMPF, R. (1987): Fruchtfolge aktuell. 6., völlig überarb., erw. u. verb. Aufl., Frankfurt.

KECKL, G. (2002): Die Methoden der Erntestatistik. In: Statistische Monatshefte Niedersachsen 4/2002, S. 220-225.

KINDLER, R. (1992): Ertragsschätzung in den neuen Bundesländern. St. Augustin.

KNICKMANN, H. (1957): Die Ertragslage der Ackerböden Bayerns. Eine Untersuchung über die Beziehungen zwischen den Ergebnissen der „Besonderen Ernteermittlungen“ der Jahre 1949 bis 1955 für die Feldfrüchte Winterweizen, Winterroggen, Spätkartoffel und den von der „Bodenschätzung“ festgestellten natürlichen Ertragsfaktoren. In: Bayerisches Landwirtschaftliches Jahrbuch, 34. Jahrgang, Sonderheft 3/1957, München.

KÖHNE, M. (1977): Überlegungen zu einer Reform der landwirtschaftlichen Einheitsbewertung. Agrarwirtschaft, S. 116 – 124.

KÖHNE, M. (2000): Landwirtschaftliche Taxationslehre. 3. Aufl., Berlin.

KÖHNE, M. und WESCHE, R. (1995): Landwirtschaftliche Steuerlehre. 3. Aufl., Stuttgart.

KUHLMANN, F.; MÖLLER, D. und WEINMANN, B. (2002): Modellierung der Landnutzung – Regionshöfe oder Raster-Landschaft? In: Berichte über Landwirtschaft, Band 80, Heft 1-4, S. 351-392.

LINDLOFF, V. (2002): Konsequenzen aus dem Erntedebakel 2002. In: Neue Landwirtschaft, Heft 11, S. 78-81.

LÜTKE ENTRUP, N. (1986): Fruchtfolge als Grundlage der Pflanzenproduktion. In: OEHMICHEN, J. (Hrsg.): Pflanzenproduktion. Band 2: Produktionstechnik. Berlin, Hamburg.

LÜTKE ENTRUP, N. und OEHMICHEN, J. (Hrsg.) (2000): Lehrbuch des Pflanzenbaues. Band 2: Kulturpflanzen.

MAILLARD, A. (1991): Optimale Fruchtfolge im Ackerbau. In: Landwirtschaft Schweiz, 4 (8).

MANN, K.-H. (2003): Wieviel Weizen geht noch? In: DLG-Mitteilungen 9/2003, S. 26-29.

METZ, R.; CHMIELEWSKI, F.-M.; GÜNTHER, R. und HENTSCHEL, K.-D. (2004): Das große Krabbeln. Wie der Klimawandel die Populationsentwicklung wichtiger Schaderreger beieinflusst. In: Neue Landwirtschaft, Heft 6/2004, S. 36-40.

MIRSCHEL, W.; SCHULTZ, A. und WENKEL, K.-O. (1993): Vergleich der Winterweizenmodelle AGROSIM-Wheat und CERES-Wheat. In: Schulze E. et al. (Hrsg.): Referate der 14. GIL-Jahrestagung in Leipzig 1993. Berichte der GIL, Bd. 5, S. 29-34.

MIRSCHEL, W.; SCHULTZ, A.; WENKEL, K.-O. (2000): Ertragsschätzung bei Wintergetreide auf den Skalen zwischen Schlag und Region. In: WITTMANN, J. et al. (Hrsg.): Simulation in Umwelt- und Geowissenschaften: Workshop Hamburg 2000, Workshop Kölpinsee 1999. Berichte aus der Umweltinformatik, Aachen, S. 227-238.

MIRSCHEL, W.; WIELAND, R.; JOCHHEIM, H.; KERSEBAUM, K.-Chr.; WEGEHENKEL, M.; WENKEL, K.-O. (2002): Einheitliches Pflanzenwachstumsmodell für Ackerkulturen im Modellsystem SOCRATES. In: GNAUCK, A. (Hrsg.): Theorie und Modellierung von Ökosystemen. Workshop Kölpinsee 2000. Berichte aus der Umweltinformatik, Aachen, S. 225-243.

MLUR (Ministerium für Landwirtschaft, Umweltschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg) (Hrsg.) (2003): Leitfaden für die Umstellung auf Systeme der nicht wendenden Bodenbearbeitung. Potsdam.

MOENCH, D.; GLIER, J.; KNOBEL, W. und VISKORF, H.-U. (1995): Bewertungs- und Vermögensteuergesetz, Kommentar. 3. Aufl., NWB-Steuer-Kommentare.

MÜLLER-WESTERMEIER, G. (1995): Numerisches Verfahren zu Erstellung klimatologischer Karten. Berichte des Deutschen Wetterdienstes 193, Offenbach am Main.

MÜLLER-WESTERMEIER, G. (1996): Klimadaten von Deutschland, Zeitraum 1961-1990. Offenbach/Main.

MÜLLER-WESTERMEIER, G. (1998): Die mittleren klimatologischen Bedingungen in Deutschland (Teil II). In: Klimastatusbericht 1998. Deutscher Wetterdienst (Hrsg.), Offenbach/Main.

MÜLLER-WESTERMEIER, G.; KREIS, A.; DITTMANN, E. (2001): Klimaatlas Bundesrepublik Deutschland, Teil 2. Deutscher Wetterdienst, Offenbach/Main.

PARRY, M. (1990): Climate change and world agriculture. London.

PEHAMBERGER, A. (1998): 50 Jahre Österreichische Bodenschätzung. In: Mitteilungen der Österreichischen Bodenkundlichen Gesellschaft, Heft 56, S. 69-78.

PFAU, R. (1964): Ein Beitrag zur Wetterertragsstatistik von Halm- und Hackfrucht. Berichte des Deutschen Wetterdienstes, Nr. 94, Band 13. Selbstverlag des Deutschen Wetterdienstes.

PFEIFFER, E.-M.; SAUER, S. und ENGEL, E. (Hrsg.) (2003): Bodenschätzung und Bodenbewertung - Nutzung und Erhebung von Bodenschätzungsdaten. Wiesbaden.

PFINGSTEN, E. (1963): Die Ernteerträge niedersächsischer Ackerböden und ihre Bewertung nach dem Bodenschätzungsgesetz. In: Agrarwirtschaft, Heft 1, Jg. 12, S. 16-27.

POTHS, S. (1992): Modellansatz zur Entwicklung und Simulation von Fruchtfolgen im Integrierten Pflanzenbau. Dissertation, Universität Hohenheim.

PREIS, M.; SAUER, S.; PETER, M. und HARRACH, T. (2001): Bodenkundliche Aussagekraft von Bodenwertzahlen der Bodenschätzung. In: Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft, 96, S. 545-546.

RAPP, J. (2000): Konzeption, Problematik und Ergebnisse klimatologischer Trendanalysen für Europa und Deutschland. In: Bericht des Deutschen Wetterdienstes, Nr. 212, Offenbach am Main.

RAPP, J. (2001): Regionale Klimatrends in Deutschland im 20. Jahrhundert. In: Klimastatusbericht 2001, Deutscher Wetterdienst, http://www.ksb.dwd.de, S. 175-184 (Stand: 28.09.2002).

REICHEL, E. (1938): Die Klimaunterlagen für die Reichsbodenschätzung und ihre Anwendung. In: Zeitschrift für angewandte Meteorologie, Heft 3 und 4, Jg. 55, S. 69-82 und S. 105-109.

REICHEL, H. (1973): Überprüfung der Ergebnisse der Reichsbodenschätzung auf ihren ökonomischen Aussagewert unter heutigen Produktionsbedingungen. Dissertation, Hohenheim.

REINER, L.; ENGEL, T.; SCHAAF, T.; MAIER, H. und WANG, E. (1998): Anwendung von Simulationsmodellen im Pflanzenbau – Möglichkeiten und Grenzen. In: Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 11, S. 21-26.

REISCH, E.; KNECHT, G. und KONRAD, J. (1995): Betriebslehre. Landwirtschaftliches Lehrbuch. 7. Auflage, Stuttgart.

RENGER, M. und STREBEL, O. (1980): Beregnungsbedarf landwirtschaftlicher Kulturen in Abhängigkeit vom Boden. In: Wasser und Boden, Heft 12, S. 572-575.

ROGGENFORUM E.V. (2005): Roggenmarkt steht vor Stabilisierung. Pressemeldung vom 9. Februar 2005.

ROTH, D.; GÜNTHER, R. und ROTH, R. (1993): Der Einfluss unterschiedlicher Wasserversorgung auf die Wasserausnutzung landwirtschaftlicher Fruchtarten. In: Zeitschrift für Kulturtechnik und Landentwicklung, 34, S. 65-71.

ROTH, H. A. (1956): Untersuchungen über die Beziehungen zwischen den von der Bodenschätzung erfaßten natürlichen Ertragsbedingungen und den Ernteerträgen des Ackerlandes. Deutsche Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin, Wissenschaftliche Abhandlungen Nr. 19, Berlin.

ROTHKEGEL, W. (1950): Geschichtliche Entwicklung der Bodenbonitierungen und Wesen und Bedeutung der deutschen Bodenschätzung. Stuttgart.

ROTHKEGEL, W. (1952): Landwirtschaftliche Schätzungslehre. 2. Aufl., Stuttgart.

ROTHKEGEL, W. und HERZOG, H. (1935): Das Bodenschätzungsgesetz. Kommentar. Berlin.

RUß, E. (1985): Bestimmung der Ernteerträge landwirtschaftlicher Fruchtarten. In: Wirtschaft und Statistik. 1/1985, S. 16-20.

SCHEFFER, F. und SCHACHTSCHNABEL, P. (1998): Lehrbuch der Bodenkunde. 14. Aufl., Stuttgart.

SCHEFFER, F. und SCHACHTSCHNABEL, P. (2002): Lehrbuch der Bodenkunde. 15. Aufl., Stuttgart.

SCHÖNWIESE, Chr.-D. (2000): Praktische Statistik für Meteorologen und Geowissenschaftler. 3. Aufl., Berlin, Stuttgart.

SCHÖNWIESE, Chr.-D. (2003a): Klimatologie. 2., neu bearb. und akt. Aufl., Stuttgart.

SCHÖNWIESE, Chr.-D. (2003b): Mit welchen Klimaänderungen müssen wir rechnen? Eine aktuelle wissenschaftliche Übersicht zum Problem des globalen anthropogenen Klimawandels. Vortrag beim Kolloquium „Elbeflut 2002 – Ein Menetekel?“, Deutsche Gesellschaft Club of Rome, Hamburg, 13.06.2003.

SCHOOP, P. (1996): Vorstellung eines Modells und Forschungskonzeptes zur Quantifizierung und Optimierung der N-Düngung unter Berücksichtigung von ökologischen und produktionstechnischen Einflußfaktoren. In: Landbauforschung Völkenrode, 3/1996, S. 141-149.

SCHOOP, P. und HANUS, H. (1989): Computergestütztes Prognosemodell zu Berücksichtigung der Witterungen, sorten- und schlagspezifischer Parameter bei der Stickstoffdüngung im Getreidebau. In: Agrarinformatik, Bd. 16, S. 185-195.

SCHÜHLY, P. und SCHWARTZ, O. (1955): Zur Abhängigkeit der Erträge von natürlichen Voraussetzungen und Bewirtschaftungseinflüssen und deren gegenseitige Abgrenzung. In: Berichte über Landwirtschaft, Band 33, S. 256 – 267.

SCHULZE LAMMERS, H. (1981): Empirische Analyse der bestehenden Einheitsbewertung des landwirtschaftlichen Vermögens und alternativer Bewertungsverfahren. Agrarwirtschaft, Sonderheft 91, Hannover.

SCHULZKE, D. (1988): Ein Ertragsbildungsmodell für Winterroggen, Wintergerste und Winterweizen auf der Grundlage „komplexer Maßzahlen“. In: Archiv für Acker- u. Pflanzenbau und Bodenkunde, Berlin 32, 12, S. 779-793.

SCHULZKE, D. und KAULE, G. (2001): Agro-ecological classification and spatial demarcation of western europe. In: Archiv für Acker- u. Pflanzenbau und Bodenkunde, Vol. 46, S. 385-407.

SCHWERTMANN, U.; VOGL, W. und KAINZ, M. (1987): Bodenerosion durch Wasser – Vorhersage des Abtrags und Bewertung von Gegenmaßnahmen. 2. Aufl., Stuttgart.

SOMMERFELDT, H. (1994): Die Bodenschätzung der Finanzverwaltung. In: Deutsche Steuer-Zeitung: DStZ, Band 82, Nr. 1-2, S. 2-13.

SPATZ, P. (2001): Möglichkeiten der länderübergreifenden Auswertung an Standorten der Bodendauerbeobachtung – ausgehend von der Zusammenstellung der Metadaten aus den Ländern. UBA Texte 22/01. Umweltbundesamt, Forschungsbericht 299 71 234.

TASCHENMACHER, W. (1965): Die wichtigsten Änderungen der Vorschriften über die Bewertung des land- und forstwirtschaftlichen Vermögens. In: Deutsche Steuer-Zeitung Ausgabe A, Nr. 17/18, 1./15. September 1965, S. 278-285.

ÜBERLA, K. (1971): Faktorenanalyse. Eine systematische Einführung für Psychologen, Mediziner, Wirtschafts- und Sozialwissenschaftler. 2. Auflage, Berlin.

UNIVERSITÄT KASSEL (2004): http://eco.wiz.uni-kassel.de/model_db/ (Stand: 28.01.2004)

WAGNER, J. (1998): Die Bodenschätzung in Österreich. In: Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft, Heft 88, S. 257 – 260.

WECHSUNG, F.; KRYSANOVA, V.; FLECHSIG, M. und SCHAPHOFF, S. (2000): May land use change reduce the water deficiency problem caused by reduced brown coal mining in the state of Brandenburg? In: Landscape and Urban Planning 730, S. 1-13.

WEINMANN, B. (2002): Mathematische Konzeption und Implementierung eines Modells zur Simulation regionaler Landnutzungsprogramme. In: Agrarwirtschaft, Sonderheft 174.

WILFINGER, H. (1990): Berücksichtigung der klimatischen Verhältnisse bei der Österreichischen Bodenschätzung als Beispiel einer angewandten Agrarklimatologie. In: Mitteilungsblatt des hydrographischen Dienstes in Österreich, Wien, Nr. 62, S. 1-19.

WILAMOWITZ, T. V.; KRUMBIEGEL, D. und SCHUMANN, A. (1980): Witterung, Pflanzenproduktion und agrarmeteorologische Beratung. Agrarmeteorologische Beratung. Agrar: Empfehlungen für die Praxis. Landwirtschaftsausstellung der DDR. Markkleeberg.

WISSENSCHAFTLICHER BEIRAT BEIM BMF (1989): Die Einheitsbewertung in der Bundesrepublik Deutschland – Mängel und Alternativen. Schriftenreihe des Bundesministeriums der Finanzen, Heft 41.

YIN, X.; KROPFF, M. J.; MCLAREN, G. und VISPERAS, R. M. (1995): A nonlinear model for crop development as a function of temperature. In: Agricultural and Forest Meteorology, 77, S. 1-16.

Persönliche Mitteilungen:

EICHELBAUM, U. (2005): Persönliche Mitteilung am 14.11.2005, OFD Magdeburg.

HARLFINGER, O. (2003): Persönliche Mitteilung am 5.3.2003, Klimareferent der Österreichischen Bodenschätzung.

KERN, U. (2005): Persönliche Mitteilung am 17.11.2005, OFD Chemnitz.

OFD CHEMNITZ (2003): Schriftliche Mitteilung, Schreiben vom 13.01.2003, Bearbeiter Herr Kern.

SCHOOP, P. (2003): Persönliche Mitteilung vom 12.12.2003, Entwickler des Modells N-PROG®.

SCHULZKE, D. (2003): Persönliche Mitteilung vom 17.12.2003, Entwickler eines Ertragsmodells auf der Grundlage „komplexer Maßzahlen“.

WAGNER, J. (2004): Persönliche Mitteilung vom 7.5.2004, Vorsitzender des Schätzungsausschusses in Österreich.

Rechtsquellen und Urteile:

Anweisung für die technische Durchführung der Bodenschätzung (BodSchätzTechnAnw)

Bewertungsänderungsgesetz (BewÄndG)

Bewertungsgesetz (BewG)

Bewertungsrichtlinien (BewRL)

Bodenschätzungsgesetz (BodSchätzG)

Durchführungsbestimmungen zum Bodenschätzungsgesetz (BodSchätzDB)

Fortschreibungs-Richtlinien (FortschrRL)

Österreichisches Bodenschätzungsgesetz 1970

Umsatzsteuergesetz (UStG)

Fünfte Verordnung zur Durchführung des § 4 Abs. 2 des Bodenschätzungsgesetzes vom 20. April 2000 (BStBl I 2000, 495, BStBl I 2000, 642, Anlagenband zum BGBl I Nr. 20 vom 10. Mai 2000

Verordnung (EG) Nr. 2235/2003 der Kommission vom 23. Dezember 2003 mit gemeinsamen Durchführungsbestimmungen zu den Verordnungen (EG) Nr. 1782/2003 und (EG) Nr. 1868/94 des Rates in Bezug auf Kartoffelstärke, ABl. (Amtblatt der Europäischen Union) L 339 2003.

Erlass des Finanzministers des Landes Nordrhein-Westfalen vom 15. März 1973, S 3106-29-VC1, DStZ/E S. 114

BFH-Urteil vom 5. Mai 1993 – II R 17/90, BStBl II 1993, S. 745

Datenquellen:

BKG (Bundesamt für Kartographie und Geodäsie) (2003): VG250 – Verwaltungsgrenzen (Ebenen) 1 : 250 000, Bundesrepublik Deutschland, Stand 31.12.2002.

BMF (Bundesministerium der Finanzen) (2000): CD-ROM des Bundesministeriums der Finanzen mit den Musterstücken der Bodenschätzung (Programm „Must2000“).

BMVEL (Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft) (verschiedene Jahrgänge): Statistisches Jahrbuch über Ernährung, Landwirtschaft und Forsten der Bundesrepublik Deutschland. Münster-Hiltrup.

BMVEL (Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft) (1997-2003): Ernährungs- und agrarpolitischer Bericht der Bundesregierung.

BMVEL (Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft) (1998-2003): Besondere Ernte- und Qualitätsermittlung (BEE), Reihe: Daten-Analysen.

BMVEL (Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft) (2004b): Buchführungsergebnisse der Testbetriebe zum Ernährungs- und agrarpolitischen Bericht 2004, Reihe: Daten-Analysen.

DWD (Deutscher Wetterdienst) (1998): Monatliche Mittelwerte der Periode 1961-1990, Rasterdaten 1x1 km, 5 Klimaelemente, Bundesrepublik Deutschland. Erhalten von OFD Frankfurt am Main.

HESSISCHES STATISTISCHES LANDESAMT (1998, 2002): Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung in der Landwirtschaft in Hessen.

KTBL (Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft) (2004): Betriebsplanung Landwirtschaft 2004/2005, Datensammlung. Darmstadt.

LANDESVERMESSUNGSAMT BADEN-WÜRTTEMBERG (2005): ALB-Daten WLDGE 3M-Satz Suchkriterium 32-21* für den Landkreis Main-Tauber-Kreis, 15.02.2005.

LAU (Landesamt für Umweltschutz) SACHSEN-ANHALT (2004): Bodenschätzungsdaten für den Landkreis Ohrekreis (Klassenflächen), 27.05.2004.

LKVK (Landesamt für Kataster-, Vermessungs- und Kartenwesen) SAARLAND (2004): Jahresabschluss des Jahres 2003 über die Bodenschätzung im Saarland, Zusammenstellung nach Bodenarten, 22.01.2004.

LP DAAC (Land Processes Distributed Active Archive Center) (2003): Höhenmodell, 1x1 Kilometer, Bundesrepublik Deutschland, URL: http://edcdaac.usgs.gov/gtopo30.html am 27.11.2003.

LWK HANNOVER und WESER-EMS (1998-2003): Richtwert-Deckungsbeiträge der Landwirtschaftskammern Hannover und Weser-Ems.

LWK HANNOVER (2004): Betriebsstatistik. Durchschnittsergebnisse aus dem Wirtschaftsjahr 2002/2003. Hannover.

NIEDERSÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR STATISTIK (1998, 2002): Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung in der Landwirtschaft: Land Niedersachsen.

OBERFINANZDIREKTION FRANKFURT AM MAIN (2005): Hessen_Statistik_Landkreise_Bodenarten.xls, Flächenanteile der einzelnen Bodenarten der Bodenschätzung für die einzelnen Landkreise Hessens ermittelt durch das hessische Landesamt für Umwelt und Geologie (HLUG), 01.03.2005.

OBERFINANZDIREKTION KOBLENZ (2004): BODEKLAS.dat, Auswertung der Bodenklassen der Bodenschätzung, Stand 14.06.2004.

OBERFINANZDIREKTION HANNOVER (2004): Auswertung der Bodenarten der Bodenschätzung auf Kreisebene, 24.05.2004 und 07.06.2004.

STATISTISCHES BUNDESAMT (1976-2002): Landwirtschaftliche Bodennutzung und pflanzliche Erzeugung. Land- und Forstwirtschaft, Fischerei, Fachserie 3, Reihe 3.

STATISTISCHES BUNDESAMT (1995, 1999): Landwirtschaftliche Bodennutzung und pflanzliche Erzeugung, Agrarstrukturerhebung. Land- und Forstwirtschaft, Fischerei, Fachserie 3, Reihe 3.

STATISTISCHES BUNDESAMT (1998, 2002): Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung in Industrie und Landwirtschaft 1998 und 2002, Fachserie 19, Reihe 2.2.

STATISTISCHES BUNDESAMT (2002): Umsatzsteuer, Fachserie 14, Reihe 8.

UMWELTBUNDESAMT, DLR (Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.), DFD (Deutsches Fernerkundungsdatenzentrum) (2004): CORINE Land Cover 2000, Stand 2000, Bundesrepublik Deutschland, Download am 16.02.2005.

ZALF Müncheberg e.V. (Zentrum für Agrarlandschafts- und Landnutzungsforschung) (2004): GEMDAT (Gemeindebezogener Datenspeicher Boden), 07.01.2004.

ZMP (Zentrale Markt- und Preisberichtstelle GmbH) (2003): ZMP-Marktbilanz Kartoffeln 2003, Deutschland, Europäische Union, Weltmarkt. Bonn.

10 Anhang

Anhang 1: Schematischer Aufriss der Einheitsbewertung eines land- und forstwirtschaftlichen Betriebes mit besonderer Berücksichtigung der Bewertung der landwirtschaftlichen Nutzung

Bodenart, Entstehung, Zustandstufe	Bodenart, -stufe, Klima, Wasserverhältnisse
Ackerschätzungsrahmen	**Grünlandschätzungsrahmen**
= Bodenzahl	= Grünlandgrundzahl
Zu- oder Abrechungen für klimatische Besonderheiten, Geländeneigung u.ä.	Zu- oder Abrechnungen für Geländegestaltung u.ä.
= Ackerzahl	= Grünlandzahl
x Fläche in ar = EMZ Acker	x Fläche in ar = EMZ Grünland
: 100	: 100
= ha-bezogene EMZ Acker	= ha-bezogene EMZ Grünland

Berichtigung der Bodenschätzungsergebnisse

(Abrechnungen für Grünland, Fettviehweiden, schwere Böden, extrem leichte Böden, Moorböden, Bodenwechsel,Neukulturen, pflanzliche und tierische Schädlinge, Sturmschäden, Überschwemmungen u.a.)

= bereinigte, ha-bezogene EMZ Acker | bereinigte, ha-bezogene EMZ Grünland

Summe der bereinigten, ha-bezogenen Ertragsmeßzahlen

Zu- oder Abrechnungen für vom "Durchschnitt" abweichende wirtschaftliche Ertragsbedingungen

(Innere und äußere Verkehrslage, Betriebsgröße, Bodennutzung, Viehhaltung, Gebäudeverhältnisse, Schwierigkeiten der Technisierung, Industrieschäden)

= Zwischensumme

Zu- oder Abrechungen für vom "Durchschnitt" abweichende regionale Lohn- und Preisverhältnisse

= Betriebsmeßzahl

: Fläche in ha LN (einschl. Hof- und Gebäudefläche)

= Betriebszahl

Zu- oder Abrechnungen für vom "Durchschnitt" abweichende Grundsteuerbelastung und Entwässerungskosten

= Landwirtschaftliche Vergleichszahl

x 37,26 DM

= Hektarwert

x Fläche in ha LN (einschl. Hof- und Gebäudefläche)

= Vergleichswert der landwirtschaftlichen Nutzung

Vergleichswerte anderer Nutzungen
- forstwirtschaftliche Nutzung
- weinbauliche Nutzung
- gärtnerische Nutzung
- sonstige luf Nutzungen

Zu- oder Abschläge nach § 41 BewG

Einzelertragswerte
- Nebenbetriebe

Wert des Abbaulandes und des Geringstlandes

Wirtschaftswert | **Wohnungswert**

Einheitswert

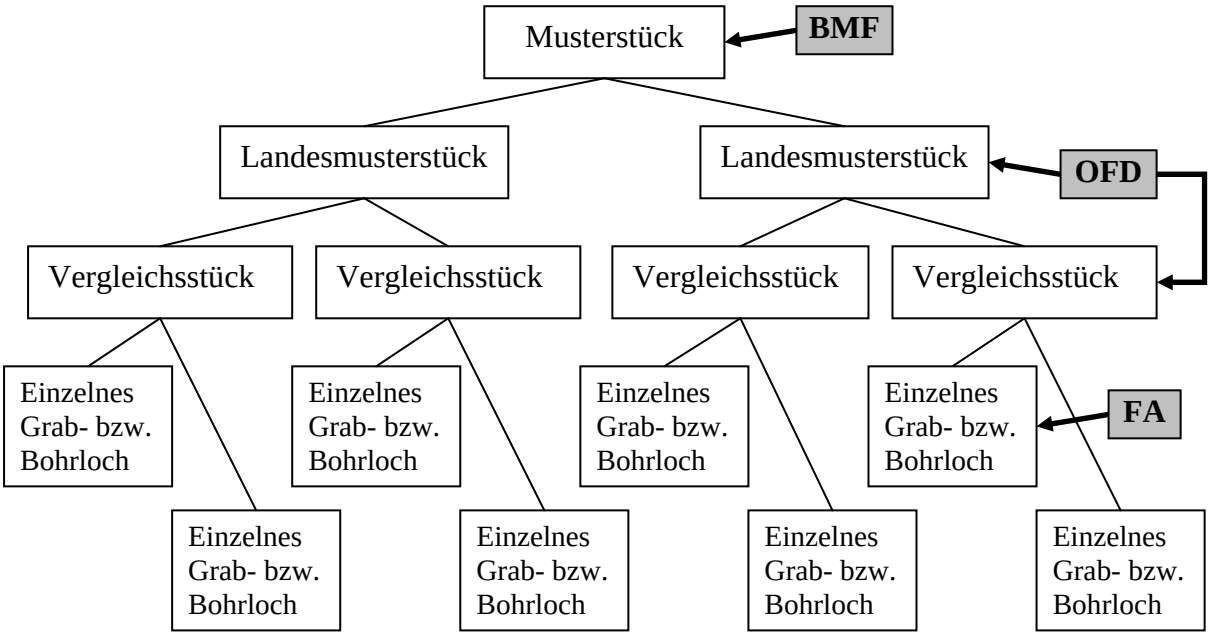
Quelle: KÖHNE/WESCHE 1995, 101

Anhang 2: Ackerschätzungsrahmen

Bodenart	Entstehung	Zustandsstufe						
		1	2	3	4	5	6	7
S Sand	D Al		41-34 44-37	33-27 36-30	26-21 29-24	20-16 23-19	15-12 18-14	11-7 13-9
Sl anlehmiger Sand	D Al V		51-43 53-46 49-43	42-35 45-38 42-36	34-28 37-31 35-29	27-22 30-24 28-23	21-17 23-19 22-18	16-11 18-13 17-12
lS lehmiger Sand	D Lö Al V Vg	68-60 71-63 71-63	59-51 62-54 62-54 57-51	50-44 53-46 53-46 50-44 47-41	43-37 45-39 45-39 43-37 40-34	36-30 38-32 38-32 36-30 33-27	29-23 31-25 31-25 29-24 26-20	22-16 24-18 24-18 23-17 19-12
SL stark sandiger Lehm	D Lö Al V Vg	75-68 81-73 80-72 75-68	67-60 72-64 71-63 67-60	59-52 63-55 62-55 59-52 55-48	51-45 54-47 54-47 51-44 47-40	44-38 46-40 46-40 43-37 39-32	37-31 39-33 39-33 36-30 31-24	30-23 32-25 32-25 29-22 23-16
sL sandiger Lehm	D Lö Al V Vg	84-76 92-83 90-81 85-77	75-68 82-74 80-72 76-68	67-60 73-65 71-64 67-59 64-55	59-53 64-56 63-56 58-51 54-45	52-46 55-48 55-48 50-44 44-36	45-39 47-41 47-41 43-36 35-27	38-30 40-32 40-32 35-27 26-18
L Lehm	D Lö Al V Vg	90-82 100-92 100-90 91-83	81-74 91-83 89-80 82-74	73-66 82-74 79-71 73-65 70-61	65-58 73-65 70-62 64-56 60-51	57-50 64-56 61-54 55-47 50-41	49-43 55-46 53-45 46-39 40-30	42-34 45-36 44-35 38-30 29-19
LT lehmiger Ton	D Al V Vg	87-79 91-83 87-79	78-70 82-74 78-70	69-62 73-65 69-61 67-58	61-54 64-57 60-52 57-48	53-46 56-49 51-43 47-38	45-38 48-40 42-34 37-28	37-28 39-29 33-24 27-17
T Ton	D Al V Vg		71-64 74-66 71-63	63-56 65-58 62-54 59-51	55-48 57-50 53-45 50-42	47-40 49-41 44-36 41-33	39-30 40-31 35-26 32-24	29-18 30-18 25-14 23-14
Mo (Moor)				45-37	36-29	28-22	21-16	15-10

Quelle: ROTHKEGEL 1952, 101

Anhang 3: Stellung der Musterstücke im hierarchischem Aufbau der Bodenschätzung



(BMF = Bundesministerium der Finanzen, OFD = Oberfinanzdirektion, FA = Finanzamt)
Quelle: PFEIFFER et al. 2003, 8

Anhang 4: Unterlagen für die Beurteilung des Klimas nach ROTHKEGEL 1950

Klimagebiet	See-höhe m	Temperatur °C Jahr	Temperatur °C Mai - Juli	Zeitdauer in Tagen über 5° C	Zeitdauer in Tagen über 10° C	Zeitdauer in Tagen frost-frei	Niederschläge in mm Jahr	Niederschläge in mm Mai - Juli	Rel. Luft-feuch-tigkeit Mai - Juli	Trocken-heitszahl Mai - Juli	Zu- und Abrechnungen in Hunderteilen der Bodenzahl S (25)	lS (45)	sL (60)	LT (50)	Beispiele
2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Klimagebiet des Acker-schätzungsrahmens:	40	8,0	15,0	220	155	180	600	175	81	27	0	0	0	0	
Brandenburg:															
a) Östlich der Oder	80	7,8	15,5	215	155	175	550	190	81	28	- 8	- 6	- 6	- 8	
b) Uckermark	60	7,8	15,0	215	155	180	520	175	80	25	- 8	- 4	- 4	- 6	
Nordwestdeutschl.						180+	700+								
a) Nordseeküste	20	8,2	14,5	220	150	165	750	200	83	33	+ 12	+ 4	- 4 +	- 8 +	+ Marsch L 2 Al 82: -4
b) Ostholstein (Probstei)	40	7,8	14,0	215	145	180	680	175	83	30	+ 8	+ 2	- 2	- 4	
Westdeutschland															S 4 Dg 18: + 18; S 5 D 18 (rhS als
a) West. Münsterland	50	8,8	15,0	235	165	190	750	200	83	35	+ 14	+ 6	+ 2	- 2	Neukultur): + 10
b) Niederrhein	30	9,1	15,0	235	165	190	720	195	83	32	+ 18	+ 12	+ 8	+ 4	L 3 Al 75: + 6
c) Kölner Bucht	80	9,5	15,5	245	170	200	660	185	78	30	+ 12	+ 12	+ 12	+ 12	L 3 Lö 80: + 12
Oberrheinische Tiefebene:															
a) Westliches Rheinhessen	140	9,2	16,0	235	165	200	520	145	76	20	- 6	0	+ 4	0	L 3 Lö 80: +6
b) Bergstraße	120	9,8	17,0	245	175	200	660	200	76	30	+ 16	+ 18	+ 18	+ 16	L 3 Lö 80: + 18
c) Breisgau	240	9,5	16,5	245	175	200	750	260	77	48	+ 20	+ 18	+ 16	+ 14	SL 4 Lö 50: + 16
Magdeburger Börde:	60	8,8	16,0	225	165	190	480	160	76	22	- 8	- 2	0	- 2	L 1 Lö 100: +4; S 5 Alg 10: - 12
Süddeutsches Hügelland:															
a) Unterfranken	240	8,3	15,5	220	155	180	580	185	76	30	0	+ 2	+ 2	+ 2	L 3 Lö 80: +4
b) Hohenlohe	440	7,5	14,5	215	150	155	780	230	82	40	+ 2	- 2	- 8	- 14	T 5 V 40: - 18
c) Mittelfranken	350	8,0	15,0	215	155	170	620	195	77	33	0	0	0	0	
d) Oberfranken	450	7,2	14,0	205	140	155	700	220	80	38	- 2	- 6	- 12	- 16	T 5 V 40: - 20
e) Schwaben (nordwestl. Augs-burg)	480	7,8	14,5	215	155	175	750	280	76	48	+ 8	0	- 4	- 8	lS 4 Alg 33: +6
f) Alpenvorland	620	7,0	14,0	205	145	165	900	340	80	78	+ 2	- 6	- 12	- 18	
Mitteldeutsches Hügelland:															
a) Sachsen (südöstl. Leipzig)	160	8,2	15,5	220	160	185	600	220	78	34	+ 8	+ 4	+ 2	+ 2	L 3 Lö 80: +4
b) Hessen (westl. Fulda)	320	7,8	14,5	210	150	170	650	195	79	36	+ 4	0	- 2	- 4	
c) Lippe-Detmold	180	8,0	14,5	215	155	180	800	225	81	36	+ 10	0	- 4	- 8	L 5 Lö 60: -6
Mittelgebirge:															
a) Glatzer Bergland	450	6,5	13,5	195	135	145	730	270	78	60	- 14	- 16	- 18	- 22	
b) Erzgebirge	620	6,0	13,0	185	130	150	900	300	79	65	- 22	- 24	- 26	- 32	

Klimagebiet	See-höhe m	Temperatur °C Jahr	Temperatur °C Mai - Juli	Zeitdauer in Tagen über 5° C	Zeitdauer in Tagen über 10° C	Zeitdauer in Tagen frost-frei	Niederschläge in mm Jahr	Niederschläge in mm Mai - Juli	Rel. Luft-feuch-tigkeit Mai - Juli	Trocken-heitszahl	Zu- und Abrechnungen in Hunderteilen der Bodenzahl S (25)	lS (45)	sL (60)	LT (50)	Beispiele
2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
c) Frankenland	550	6,3	13,0	185	125	125	750	220	83	55	- 18	- 20	- 22	- 26	
d) Bayerischer Wald	600	6,5	13,0	185	130	155	1000	330	82	75	- 16	- 20	- 22	- 28	
e) Die Baar	700	6,3	13,0	190	130	125	760	250	84	45	- 18	- 20	- 22	- 26	
f) Hunsrück	450	7,4	14,0	205	150	150	700	200	78	40	0	- 4	- 10	- 14	
g) Westerwald	370	7,4	14,0	205	150	155	800	240	80	45	+ 2	- 4	- 10	- 16	
h) Fichtelgebirge	700	5,4	12,0	170	110	110	950	300	83	65	- 32	- 36	- 40	- 46	

Quelle: ROTHKEGEL 1950, 104 f., verändert

Anhang 5: Bodenartenanteile in % des Ackerlands in den Land- und Stadtkreisen, für die Bodendaten vorliegen

Bundesland	Kreisnummer	Landkreis (LK), Stadtkreis (SK)	S	Sl	lS	SL	sL	L	LT	T	Mo	Schicht-profile
Niedersachsen	3101	SK Braunschweig	11.0	13.5	13.3	12.3	16.8	24.9	5.0	1.0	0.0	2.1
Niedersachsen	3102	SK Salzgitter	0.0	0.1	0.1	1.2	4.9	90.1	2.6	0.3	0.2	0.5
Niedersachsen	3103	SK Wolfsburg	21.6	18.3	28.6	17.5	3.1	0.8	3.9	5.8	0.0	0.4
Niedersachsen	3151	LK Gifhorn	42.7	27.7	17.3	6.0	1.6	0.4	0.8	0.0	0.7	2.7
Niedersachsen	3152	LK Göttingen	0.0	0.3	1.6	1.8	19.1	58.9	13.9	4.4	0.0	0.0
Niedersachsen	3153	LK Goslar	0.0	0.1	0.9	3.2	13.1	74.8	6.6	1.3	0.0	0.0
Niedersachsen	3154	LK Helmstedt	4.6	10.1	13.6	11.0	8.5	36.5	10.2	4.4	0.0	1.2
Niedersachsen	3155	LK Northeim	0.0	0.3	0.9	1.4	10.8	76.3	9.1	1.2	0.0	0.0
Niedersachsen	3156	LK Osterode am Harz	0.0	0.3	3.4	2.5	28.2	61.4	4.0	0.2	0.0	0.0
Niedersachsen	3157	LK Peine	9.5	19.3	11.4	7.0	8.1	40.0	2.8	1.0	0.0	0.8
Niedersachsen	3158	LK Wolfenbüttel	0.0	0.4	1.0	2.5	11.2	70.3	9.7	3.3	0.0	1.5
Niedersachsen	3251	LK Diepholz	34.7	25.6	28.9	5.8	0.4	0.7	0.3	0.0	0.0	3.7
Niedersachsen	3252	LK Hameln-Pyrmont	0.0	0.0	0.7	1.5	22.5	70.3	4.7	0.2	0.0	0.0
Niedersachsen	3253	LK Hannover	24.7	15.2	10.6	6.0	8.9	29.7	3.3	0.6	0.1	0.9
Niedersachsen	3254	LK Hildesheim	0.0	0.1	0.3	0.5	5.1	86.1	7.2	0.7	0.0	0.1
Niedersachsen	3255	LK Holzminden	0.0	0.2	0.9	1.4	19.3	68.4	8.7	1.1	0.0	0.0
Niedersachsen	3256	LK Nienburg(Weser)	34.9	24.9	17.1	7.4	7.6	4.0	2.0	0.5	0.1	1.4
Niedersachsen	3257	LK Schaumburg	0.0	0.3	1.9	6.7	27.8	53.2	9.2	0.8	0.0	0.0
Niedersachsen	3351	LK Celle	44.2	29.6	20.0	3.4	0.2	0.0	0.0	0.0	0.1	2.7
Niedersachsen	3352	LK Cuxhaven	54.9	11.2	1.0	0.7	10.7	21.3	0.2	0.0	0.0	0.1

Bundesland	Kreisnummer	Landkreis (LK), Stadtkreis (SK)	S	Sl	lS	SL	sL	L	LT	T	Mo	Schicht-profile
Niedersachsen	3353	LK Harburg	32.5	40.3	13.9	7.6	1.5	1.4	0.9	1.2	0.1	0.5
Niedersachsen	3354	LK Lüchow-Dannenberg	38.4	34.1	19.4	5.3	1.7	0.3	0.1	0.0	0.2	0.5
Niedersachsen	3355	LK Lüneburg	39.0	30.8	17.1	5.3	2.5	1.0	2.1	0.7	0.7	0.8
Niedersachsen	3356	LK Osterholz	68.7	16.0	3.6	0.9	0.7	1.4	0.0	0.0	0.0	8.7
Niedersachsen	3357	LK Rotenburg (Wümme)	74.3	22.8	1.3	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5
Niedersachsen	3358	LK Soltau-Fallingbostel	56.5	31.9	9.4	1.0	0.3	0.1	0.2	0.3	0.0	0.3
Niedersachsen	3359	LK Stade	38.0	34.9	8.5	0.7	1.3	15.0	0.6	0.0	0.5	0.6
Niedersachsen	3360	LK Uelzen	32.1	31.7	22.4	10.8	2.6	0.0	0.2	0.0	0.1	0.0
Niedersachsen	3361	LK Verden	44.9	27.3	5.9	4.7	4.8	8.3	2.6	0.9	0.0	0.5
Niedersachsen	3451	LK Ammerland	70.8	20.1	0.7	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.3
Niedersachsen	3452	LK Aurich	44.0	4.3	1.2	6.3	20.0	15.9	3.8	0.1	0.0	4.4
Niedersachsen	3453	LK Cloppenburg	66.0	14.5	4.9	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	14.3
Niedersachsen	3454	LK Emsland	74.4	9.7	0.6	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	14.6
Niedersachsen	3455	LK Friesland	30.3	4.8	2.1	4.0	12.7	40.5	5.1	0.0	0.0	0.6
Niedersachsen	3456	LK Grafschaft Bentheim	86.0	4.7	1.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	7.8
Niedersachsen	3457	LK Leer	54.5	4.5	1.2	0.3	0.3	3.8	20.5	0.1	0.0	14.7
Niedersachsen	3458	LK Oldenburg	56.3	29.4	8.7	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.6
Niedersachsen	3459	LK Osnabrück	36.1	15.8	14.3	9.3	20.4	1.4	0.3	0.0	0.0	2.2
Niedersachsen	3460	LK Vechta	61.0	15.5	21.6	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3
Niedersachsen	3461	LK Wesermarsch	9.6	4.0	5.6	16.7	13.4	42.5	0.0	0.0	0.0	8.2
Niedersachsen	3462	LK Wittmund	54.3	12.7	5.0	2.2	10.5	11.8	1.9	0.0	0.0	1.6
Hessen	6411	SK Darmstadt	59.9	16.5	17.0	4.4	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6
Hessen	6412	SK Frankfurt am Main	1.5	3.7	4.5	3.8	9.1	74.4	2.8	0.2	0.0	0.0
Hessen	6413	SK Offenbach	11.7	21.6	19.7	25.7	15.9	3.6	0.0	0.0	0.0	1.8
Hessen	6414	LK Landeshauptstadt Wiesbaden	0.0	0.1	1.1	5.4	21.7	67.4	4.1	0.1	0.0	0.0
Hessen	6431	LK Bergstraße	8.0	3.7	13.2	20.1	18.1	18.7	13.2	2.9	0.5	1.6
Hessen	6432	LK Darmstadt-Dieburg	12.5	7.7	7.4	8.5	31.2	27.5	3.0	1.5	0.1	0.7
Hessen	6433	LK Groß-Gerau	8.4	6.1	6.5	8.8	10.7	17.1	23.4	18.3	0.1	0.6
Hessen	6434	LK Hochtaunus	0.0	0.0	1.0	11.1	46.2	41.6	0.2	0.0	0.0	0.0
Hessen	6435	LK Main-Kinzig	2.2	4.6	7.7	6.2	17.8	58.1	3.3	0.2	0.0	0.0
Hessen	6436	LK Main-Taunus	0.0	0.7	2.6	8.5	24.7	61.1	2.3	0.0	0.0	0.0
Hessen	6437	LK Odenwald	0.0	3.9	18.1	24.5	34.8	18.1	0.5	0.0	0.0	0.0
Hessen	6438	LK Offenbach	26.7	30.8	23.5	12.5	4.3	0.9	0.2	0.0	0.2	0.9

Bundesland	Kreisnummer	Landkreis (LK), Stadtkreis (SK)	S	Sl	lS	SL	sL	L	LT	T	Mo	Schicht-profile
Hessen	6439	LK Rheingau-Taunus	0.0	0.0	0.7	18.0	48.8	32.1	0.4	0.0	0.0	0.0
Hessen	6440	LK Wetterau	0.0	0.0	0.3	1.3	7.9	85.6	4.6	0.3	0.0	0.0
Hessen	6531	LK Gießen	0.0	0.1	1.1	4.9	13.7	69.8	9.4	0.9	0.0	0.0
Hessen	6532	LK Lahn-Dill	0.0	0.1	6.3	24.2	26.5	41.1	1.8	0.0	0.0	0.0
Hessen	6533	LK Limburg-Weilburg	0.0	0.0	0.7	3.2	12.9	79.3	3.7	0.1	0.0	0.0
Hessen	6534	LK Marburg-Biedenkopf	0.3	3.4	13.8	21.0	24.6	32.2	4.0	0.5	0.0	0.3
Hessen	6535	LK Vogelsberg	0.0	2.2	9.8	8.3	24.8	49.7	4.9	0.2	0.0	0.0
Hessen	6611	SK Kassel	0.1	0.7	1.8	1.9	8.1	81.2	5.1	1.2	0.0	0.0
Hessen	6631	LK Fulda	0.1	12.2	17.1	10.3	16.3	27.5	15.5	0.9	0.0	0.2
Hessen	6632	LK Hersfeld-Rotenburg	0.2	11.1	28.0	22.5	12.5	16.1	9.2	0.4	0.0	0.1
Hessen	6633	LK Kassel	0.0	0.5	2.4	3.5	10.8	70.8	11.6	0.4	0.0	0.1
Hessen	6634	LK Schwalm-Eder	0.1	1.1	7.1	14.3	18.9	52.3	5.7	0.4	0.0	0.1
Hessen	6635	LK Waldeck-Frankenberg	0.0	1.6	6.2	25.7	32.1	29.1	4.7	0.4	0.0	0.3
Hessen	6636	LK Werra-Meißner	0.1	3.4	14.2	18.7	13.7	32.5	16.4	1.1	0.0	0.0
Rheinland-Pfalz	7111	SK Koblenz	0.0	0.0	1.9	24.2	44.1	29.6	0.2	0.0	0.0	0.0
Rheinland-Pfalz	7131	LK Ahrweiler	0.0	0.4	4.8	29.7	32.6	31.7	0.8	0.0	0.0	0.0
Rheinland-Pfalz	7132	LK Altenkirchen	0.0	0.0	0.5	17.1	31.6	50.7	0.1	0.0	0.0	0.0
Rheinland-Pfalz	7133	LK Bad Kreuznach	0.0	0.0	4.6	18.4	35.9	37.6	3.2	0.3	0.0	0.0
Rheinland-Pfalz	7134	LK Birkenfeld	0.0	0.0	4.4	41.6	48.2	5.6	0.2	0.0	0.0	0.0
Rheinland-Pfalz	7135	LK Cochem-Zell	0.0	0.0	2.3	33.0	55.9	8.6	0.3	0.0	0.0	0.0
Rheinland-Pfalz	7137	LK Mayen-Koblenz	0.0	2.1	9.9	42.6	32.0	12.2	0.7	0.0	0.0	0.4
Rheinland-Pfalz	7138	LK Neuwied	0.0	0.6	3.5	23.5	34.7	37.6	0.1	0.0	0.0	0.0
Rheinland-Pfalz	7140	LK Rhein-Hunsrück-Kreis	0.0	0.0	0.8	17.4	66.3	15.3	0.2	0.0	0.0	0.0
Rheinland-Pfalz	7141	LK Rhein-Lahn-Kreis	0.0	0.0	0.8	10.6	29.3	57.8	1.4	0.0	0.0	0.0
Rheinland-Pfalz	7143	LK Westerwaldkreis	0.0	0.0	0.6	10.8	34.7	53.0	0.9	0.0	0.0	0.0
Rheinland-Pfalz	7211	SK Trier	0.0	1.6	15.4	45.1	25.6	5.7	6.0	0.5	0.0	0.0
Rheinland-Pfalz	7231	LK Bernkastel-Wittlich	0.0	0.9	8.8	26.6	52.8	10.8	0.1	0.0	0.0	0.0
Rheinland-Pfalz	7232	LK Bitburg-Prüm	0.6	0.8	3.9	21.0	31.0	27.0	11.9	3.5	0.0	0.2
Rheinland-Pfalz	7233	LK Daun	0.0	0.9	5.4	31.5	46.5	13.6	2.0	0.0	0.0	0.0
Rheinland-Pfalz	7235	LK Trier-Saarburg	0.0	1.2	4.4	30.7	19.9	28.0	15.1	0.7	0.0	0.0
Rheinland-Pfalz	7311	SK Frankenthal	0.0	0.2	0.9	12.7	49.1	35.9	1.2	0.0	0.0	0.0
Rheinland-Pfalz	7312	SK Kaiserslautern	2.5	9.4	14.9	14.9	22.8	31.4	4.2	0.0	0.0	0.0
Rheinland-Pfalz	7313	SK Landau i.d.Pfalz	0.0	0.8	2.4	2.7	23.2	70.5	0.4	0.0	0.0	0.0

Bundesland	Kreisnummer	Landkreis (LK), Stadtkreis (SK)	S	Sl	lS	SL	sL	L	LT	T	Mo	Schicht-profile
Rheinland-Pfalz	7314	SK Ludwigshafen	0.0	1.3	6.0	17.6	39.9	22.5	12.1	0.2	0.0	0.3
Rheinland-Pfalz	7315	SK Mainz	1.5	1.6	2.2	5.0	37.5	49.0	2.6	0.6	0.0	0.0
Rheinland-Pfalz	7316	SK Neustadt a.d.Weinstrasse	1.5	13.3	17.4	14.5	23.3	29.0	0.5	0.0	0.0	0.5
Rheinland-Pfalz	7317	SK Pirmasens	0.0	3.2	9.5	17.7	26.9	34.7	8.1	0.0	0.0	0.0
Rheinland-Pfalz	7318	SK Speyer	9.1	10.0	6.3	9.0	17.5	46.0	2.1	0.0	0.0	0.0
Rheinland-Pfalz	7319	SK Worms	0.1	0.2	2.6	4.3	23.5	62.4	6.6	0.1	0.0	0.2
Rheinland-Pfalz	7320	SK Zweibrücken	0.1	1.6	4.6	7.3	11.7	70.5	4.2	0.0	0.0	0.0
Rheinland-Pfalz	7331	LK Alzey-Worms	0.6	0.2	0.6	2.4	17.7	68.5	9.8	0.2	0.0	0.1
Rheinland-Pfalz	7332	LK Bad Dürkheim	1.8	5.9	5.8	5.6	18.1	55.0	6.7	0.3	0.0	0.8
Rheinland-Pfalz	7333	LK Donnersbergkreis	0.1	0.7	2.2	8.4	30.0	51.9	6.7	0.1	0.0	0.0
Rheinland-Pfalz	7334	LK Germersheim	1.3	8.4	9.5	8.7	27.6	41.2	3.1	0.0	0.0	0.2
Rheinland-Pfalz	7335	LK Kaiserslautern	4.2	11.2	14.8	17.0	29.4	19.7	3.2	0.0	0.0	0.4
Rheinland-Pfalz	7336	LK Kusel	0.4	1.1	5.3	21.5	57.8	12.3	1.6	0.0	0.0	0.0
Rheinland-Pfalz	7337	LK Südliche Weinstrasse	0.3	3.3	7.6	6.1	23.4	57.8	1.3	0.0	0.1	0.1
Rheinland-Pfalz	7338	LK Ludwigshafen	2.5	7.5	6.9	10.3	40.6	29.2	2.0	0.0	0.1	0.9
Rheinland-Pfalz	7339	LK Mainz-Bingen	1.4	2.6	2.7	6.2	23.6	55.8	7.6	0.0	0.0	0.1
Rheinland-Pfalz	7340	LK Pirmasens	1.5	4.4	11.1	14.2	21.8	43.1	3.9	0.0	0.0	0.0
Baden-Württemberg	8128	LK Main-Tauber-Kreis	0.1	0.3	0.3	0.4	2.7	63.5	31.8	0.9	0.0	-
Saarland	10041	LK Stadtverband Saarbrücken	1.3	4.1	6.3	10.7	19.3	12.2	10.1	0.3	0.0	-
Saarland	10042	LK Merzig-Wadern	0.2	3.2	9.1	10.2	14.6	20.5	10.8	1.1	0.0	-
Saarland	10043	LK Neunkirchen	0.7	1.5	5.1	20.9	25.5	5.8	1.7	0.0	0.0	-
Saarland	10044	LK Saarlouis	5.3	9.2	8.4	9.9	12.5	9.1	15.5	1.3	0.1	-
Saarland	10045	LK Saar-Pfalz-Kreis	1.1	4.6	6.4	3.6	3.4	21.7	9.5	4.2	0.0	-
Saarland	10046	LK Sankt Wendel	0.0	0.5	6.1	21.2	26.3	2.9	1.1	0.0	0.0	-
Berlin	11000	SK Berlin	42.6	36.7	19.1	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	-
Brandenburg	12051	SK Brandenburg a.d. Havel	49.4	25.5	17.9	3.4	0.4	0.0	0.0	0.0	3.3	-
Brandenburg	12052	SK Cottbus	52.1	22.1	12.0	6.3	1.5	0.2	4.8	0.0	1.1	-
Brandenburg	12053	SK Frankfurt (Oder)	21.3	20.0	11.5	13.1	12.3	0.0	21.7	0.0	0.0	-
Brandenburg	12054	SK Potsdam	56.4	32.1	8.2	2.2	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	-
Brandenburg	12060	LK Barnim	37.6	27.7	23.0	8.0	1.6	0.6	0.8	0.4	0.3	-
Brandenburg	12061	LK Dahme-Spreewald	52.8	33.5	11.0	2.2	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3	-
Brandenburg	12062	LK Elbe-Elster	40.9	26.8	14.6	9.1	3.2	2.5	1.2	0.1	1.8	-
Brandenburg	12063	LK Havelland	35.2	32.5	20.0	7.6	2.1	0.7	1.3	0.0	0.6	-

Bundesland	Kreisnummer	Landkreis (LK), Stadtkreis (SK)	S	Sl	lS	SL	sL	L	LT	T	Mo	Schicht-profile
Brandenburg	12064	LK Märkisch-Oderland	20.4	28.0	19.3	9.3	6.1	7.4	9.3	0.2	0.1	-
Brandenburg	12065	LK Oberhavel	53.8	30.1	12.5	3.2	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	-
Brandenburg	12066	LK Oberspreewald-Lausitz	43.6	30.9	14.5	4.8	0.9	0.2	0.1	0.1	4.8	-
Brandenburg	12067	LK Oder-Spree	45.0	30.9	15.5	4.1	1.4	0.7	2.0	0.3	0.1	-
Brandenburg	12068	LK Ostprignitz-Ruppin	42.4	36.2	15.0	3.6	1.0	0.1	0.6	0.2	1.0	-
Brandenburg	12069	LK Potsdam-Mittelmark	43.6	35.3	14.3	4.5	0.9	0.3	0.1	0.1	1.0	-
Brandenburg	12070	LK Prignitz	41.7	27.1	19.4	8.1	3.2	0.2	0.4	0.0	0.0	-
Brandenburg	12071	LK Spree-Neiße	48.1	35.2	11.0	3.4	1.6	0.1	0.0	0.0	0.5	-
Brandenburg	12073	LK Uckermark	14.4	17.1	38.7	24.3	3.4	0.2	1.4	0.1	0.3	-
Mecklenburg-Vorpommern	13001	SK Greifswald	16.2	23.8	39.3	17.6	3.2	0.0	0.0	0.0	0.0	-
Mecklenburg-Vorpommern	13002	SK Neubrandenburg	11.3	13.2	34.5	31.4	9.1	0.1	0.4	0.0	0.0	-
Mecklenburg-Vorpommern	13003	SK Rostock	12.6	34.1	40.0	12.6	0.3	0.4	0.1	0.0	0.0	-
Mecklenburg-Vorpommern	13004	SK Schwerin	47.5	18.2	16.9	12.9	4.3	0.0	0.1	0.0	0.0	-
Mecklenburg-Vorpommern	13005	SK Stralsund	9.6	18.0	42.5	25.2	4.5	0.0	0.2	0.0	0.0	-
Mecklenburg-Vorpommern	13006	SK Wismar	7.1	10.2	23.0	39.8	18.1	0.0	1.8	0.0	0.0	-
Mecklenburg-Vorpommern	13051	LK Bad Doberan	12.1	21.6	38.4	23.3	4.0	0.3	0.2	0.1	0.0	-
Mecklenburg-Vorpommern	13052	LK Demmin	11.0	19.3	36.5	24.0	7.8	0.7	0.4	0.2	0.0	-
Mecklenburg-Vorpommern	13053	LK Güstrow	13.6	18.1	32.6	23.1	11.3	0.7	0.6	0.0	0.0	-
Mecklenburg-Vorpommern	13054	LK Ludwigslust	51.6	16.7	14.5	9.5	5.8	0.3	1.0	0.4	0.0	-
Mecklenburg-Vorpommern	13055	LK Mecklenburg-Strelitz	20.8	16.2	31.8	23.2	6.6	0.6	0.6	0.1	0.1	-
Mecklenburg-Vorpommern	13056	LK Müritz	29.8	20.4	25.0	16.8	6.7	0.5	0.4	0.2	0.3	-
Mecklenburg-Vorpommern	13057	LK Nordvorpommern	14.2	22.0	34.1	22.2	6.8	0.5	0.2	0.0	0.0	-
Mecklenburg-Vorpommern	13058	LK Nordwestmecklenburg	12.5	9.7	16.4	23.1	32.9	2.8	2.3	0.2	0.0	-
Mecklenburg-Vorpommern	13059	LK Ostvorpommern	24.7	23.8	31.0	15.2	3.1	1.0	0.6	0.2	0.3	-
Mecklenburg-Vorpommern	13060	LK Parchim	42.7	21.8	17.9	11.7	5.2	0.3	0.5	0.0	0.0	-
Mecklenburg-Vorpommern	13061	LK Rügen	12.0	18.5	37.5	24.7	6.9	0.2	0.2	0.1	0.0	-
Mecklenburg-Vorpommern	13062	LK Uecker-Randow	24.3	20.7	31.6	19.9	2.8	0.1	0.4	0.0	0.2	-
Sachsen	14161	SK Chemnitz	0.0	0.2	4.5	24.8	28.2	42.4	0.0	0.0	0.0	-
Sachsen	14166	SK Plauen	0.0	0.0	10.0	33.4	46.2	10.3	0.2	0.0	0.0	-
Sachsen	14167	SK Zwickau	0.0	12.5	18.9	24.7	21.1	22.7	0.2	0.0	0.0	-
Sachsen	14171	LK Annaberg	0.0	0.1	22.1	51.3	21.8	4.7	0.0	0.0	0.0	-
Sachsen	14173	LK Chemnitzer Land	0.0	0.1	8.7	16.0	23.4	51.5	0.1	0.0	0.0	-
Sachsen	14177	LK Freiberg	0.0	0.2	12.3	43.9	22.3	21.2	0.1	0.0	0.0	-

Bundesland	Kreisnummer	Landkreis (LK), Stadtkreis (SK)	S	Sl	lS	SL	sL	L	LT	T	Mo	Schicht-profile
Sachsen	14178	LK Vogtlandkreis	0.0	2.5	18.0	41.0	30.6	7.8	0.1	0.0	0.0	-
Sachsen	14181	LK Mittlerer Erzgebirgskreis	0.0	0.4	21.7	52.8	21.8	3.3	0.0	0.0	0.0	-
Sachsen	14182	LK Mittweida	0.0	0.2	1.2	6.5	12.0	80.0	0.1	0.0	0.0	-
Sachsen	14188	LK Stollberg	0.0	0.3	8.5	40.5	23.1	27.6	0.0	0.0	0.0	-
Sachsen	14191	LK Aue-Schwarzenberg	0.0	5.2	27.9	48.0	17.4	1.4	0.0	0.0	0.0	-
Sachsen	14193	LK Zwickauer Land	0.0	2.0	9.4	26.1	29.1	33.3	0.1	0.0	0.0	-
Sachsen	14262	SK Dresden	5.3	15.0	16.1	13.6	15.2	34.8	0.0	0.0	0.0	-
Sachsen	14263	SK Görlitz	1.6	5.4	6.1	12.1	27.9	46.5	0.3	0.0	0.0	-
Sachsen	14264	SK Hoyerswerda	59.8	24.0	8.9	3.0	2.2	0.1	0.0	0.0	2.0	-
Sachsen	14272	LK Bautzen	4.0	7.7	13.6	15.1	27.2	32.3	0.1	0.0	0.0	-
Sachsen	14280	LK Meißen-Radebeul	3.1	6.7	8.0	5.1	8.4	67.9	0.7	0.0	0.1	-
Sachsen	14284	LK Niederschlesischer Oberlausitzk	34.6	18.3	11.9	10.1	14.0	10.0	0.6	0.2	0.3	-
Sachsen	14285	LK Riesa-Großenhain	13.0	22.3	24.3	13.6	13.8	11.2	1.2	0.0	0.6	-
Sachsen	14286	LK Löbau-Zittau	1.9	4.0	6.9	9.6	21.1	56.5	0.1	0.0	0.0	-
Sachsen	14287	LK Sächsische Schweiz	0.8	3.0	16.9	22.5	23.0	33.8	0.1	0.0	0.0	-
Sachsen	14290	LK Weißeritzkreis	0.8	0.6	11.2	45.9	18.1	23.3	0.1	0.0	0.0	-
Sachsen	14292	LK Kamenz	27.4	24.1	11.7	6.2	12.4	17.6	0.0	0.0	0.5	-
Sachsen	14365	SK Leipzig	1.4	1.5	6.1	14.7	35.3	40.4	0.7	0.0	0.0	-
Sachsen	14374	LK Delitzsch	6.5	4.4	17.4	20.6	21.8	28.3	0.8	0.0	0.1	-
Sachsen	14375	LK Döbeln	0.2	0.9	5.1	8.8	15.8	68.2	1.0	0.0	0.0	-
Sachsen	14379	LK Leipziger Land	0.2	0.8	4.6	10.6	27.2	55.7	0.8	0.0	0.0	-
Sachsen	14383	LK Muldentalkreis	2.9	1.3	11.1	19.6	37.6	26.7	0.8	0.0	0.0	-
Sachsen	14389	LK Torgau-Oschatz	14.0	9.4	17.1	14.9	20.0	22.0	2.2	0.2	0.3	-
Sachsen-Anhalt	15101	SK Dessau	13.1	9.7	15.6	21.9	18.5	18.2	2.8	0.0	0.2	-
Sachsen-Anhalt	15151	LK Anhalt-Zerbst	28.2	25.9	17.9	14.1	4.4	7.0	1.8	0.3	0.4	-
Sachsen-Anhalt	15153	LK Bernburg	0.0	0.8	2.9	5.8	16.1	71.6	2.7	0.0	0.0	-
Sachsen-Anhalt	15154	LK Bitterfeld	16.1	13.5	15.9	7.1	10.2	36.6	0.5	0.0	0.1	-
Sachsen-Anhalt	15159	LK Köthen	4.2	10.2	17.0	18.0	16.1	29.5	4.5	0.5	0.0	-
Sachsen-Anhalt	15171	LK Wittenberg	35.7	21.8	14.8	9.8	5.4	5.7	6.0	0.4	0.5	-
Sachsen-Anhalt	15202	SK Halle (Saale)	0.0	0.8	2.3	7.1	20.0	64.1	3.4	2.3	0.0	-
Sachsen-Anhalt	15256	LK Burgenlandkreis	0.1	0.4	1.6	3.7	11.1	79.3	3.4	0.4	0.0	-
Sachsen-Anhalt	15260	LK Mansfelder Land	0.3	0.4	1.3	3.2	9.4	84.1	1.3	0.0	0.0	-
Sachsen-Anhalt	15261	LK Merseburg-Querfurt	0.2	0.7	2.6	5.9	17.4	71.0	2.1	0.1	0.0	-

Bundesland	Kreisnummer	Landkreis (LK), Stadtkreis (SK)	S	Sl	lS	SL	sL	L	LT	T	Mo	Schicht-profile
Sachsen-Anhalt	15265	LK Saalkreis	0.5	2.4	7.5	9.3	24.5	53.9	1.9	0.0	0.0	-
Sachsen-Anhalt	15266	LK Sangerhausen	0.0	0.2	1.4	5.7	17.1	72.0	3.6	0.1	0.0	-
Sachsen-Anhalt	15268	LK Weißenfels	1.0	0.9	3.6	6.3	12.2	75.3	0.5	0.0	0.0	-
Sachsen-Anhalt	15303	SK Magdeburg	17.7	10.0	13.0	9.8	7.8	32.3	7.5	1.1	0.7	-
Sachsen-Anhalt	15352	LK Aschersleben-Staßfurt	0.7	0.8	2.1	4.9	9.5	79.3	2.3	0.4	0.0	-
Sachsen-Anhalt	15355	LK Bördekreis	3.0	2.7	1.8	2.7	6.4	77.4	5.1	0.8	0.0	-
Sachsen-Anhalt	15357	LK Halberstadt	0.5	1.1	2.1	4.8	8.6	75.6	7.0	0.3	0.0	-
Sachsen-Anhalt	15358	LK Jerichower Land	33.6	19.1	14.3	12.0	7.7	5.1	4.3	1.9	2.0	-
Sachsen-Anhalt	15362	LK Ohre-Kreis	13.8	14.2	11.8	6.7	9.1	39.7	3.9	0.6	0.3	-
Sachsen-Anhalt	15363	LK Stendal	20.5	15.5	19.4	20.1	7.8	4.6	7.9	4.0	0.2	-
Sachsen-Anhalt	15364	LK Quedlinburg	0.9	1.1	1.5	3.6	13.3	74.6	4.9	0.2	0.0	-
Sachsen-Anhalt	15367	LK Schönebeck	9.0	6.8	9.1	12.7	12.5	43.5	5.0	1.2	0.2	-
Sachsen-Anhalt	15369	LK Wernigerode	0.4	2.1	2.7	9.7	24.1	53.8	6.9	0.2	0.0	-
Sachsen-Anhalt	15370	LK Altmarkkreis Salzwedel	20.4	22.0	27.3	17.9	6.1	2.8	2.0	1.3	0.1	-
Thüringen	16051	SK Erfurt	0.0	0.1	0.2	1.4	5.6	48.9	31.3	12.4	0.0	-
Thüringen	16052	SK Gera	0.3	2.3	11.0	12.7	21.2	51.3	1.2	0.0	0.0	-
Thüringen	16053	SK Jena	2.5	12.3	13.8	11.2	13.7	31.7	14.1	0.7	0.0	-
Thüringen	16054	SK Suhl	2.4	46.0	18.6	6.9	3.2	12.9	7.7	2.4	0.0	-
Thüringen	16055	SK Weimar	0.0	0.5	3.7	2.7	8.8	49.2	29.3	5.8	0.0	-
Thüringen	16056	LK Eisenach	0.5	26.2	19.4	7.6	4.7	18.8	13.8	8.9	0.0	-
Thüringen	16061	LK Eichsfeld	0.1	0.5	5.0	14.0	23.7	32.1	20.0	4.5	0.0	-
Thüringen	16062	LK Nordhausen	0.1	0.6	3.2	12.2	27.4	46.6	9.6	0.4	0.0	-
Thüringen	16063	LK Wartburgkreis	0.6	14.2	11.3	8.7	9.5	34.8	15.8	5.2	0.0	-
Thüringen	16064	LK Unstrut-Hainich-Kreis	0.0	0.1	0.4	2.0	5.2	61.4	25.2	5.7	0.0	-
Thüringen	16065	LK Kyffhäuserkreis	0.0	0.1	1.7	4.1	11.9	61.6	19.1	1.4	0.0	-
Thüringen	16066	LK Schmalkalden-Meiningen	1.0	14.3	10.4	7.5	8.5	24.1	21.3	12.9	0.0	-
Thüringen	16067	LK Gotha	0.0	2.1	3.1	4.2	9.0	58.2	16.9	6.6	0.0	-
Thüringen	16068	LK Sömmerda	0.0	0.2	1.1	2.8	9.0	60.5	21.5	4.8	0.0	-
Thüringen	16069	LK Hildburghausen	1.6	10.5	12.8	11.5	4.6	12.9	28.9	17.1	0.0	-
Thüringen	16070	LK Ilm-Kreis	0.4	5.7	10.5	9.0	8.6	30.3	22.2	13.3	0.0	-
Thüringen	16071	LK Weimarer Land	0.1	0.3	1.0	2.2	9.0	57.9	23.0	6.4	0.0	-
Thüringen	16072	LK Sonneberg	1.5	1.2	19.1	29.1	18.7	6.9	14.6	8.8	0.0	-
Thüringen	16073	LK Saalfeld-Rudolstadt	2.3	9.5	19.5	27.6	13.5	16.9	7.4	3.4	0.0	-

Bundesland	Kreisnummer	Landkreis (LK), Stadtkreis (SK)	S	Sl	lS	SL	sL	L	LT	T	Mo	Schicht-profile
Thüringen	16074	LK Saale-Holzland-Kreis	2.2	11.1	13.5	10.4	14.5	33.4	11.3	3.6	0.0	-
Thüringen	16075	LK Saale-Orla-Kreis	0.8	2.7	7.2	35.2	41.7	11.0	1.3	0.1	0.0	-
Thüringen	16076	LK Greiz	0.3	3.1	7.1	20.7	38.6	27.6	2.1	0.5	0.0	-
Thüringen	16077	LK Altenburger Land	0.4	0.5	3.2	5.6	17.4	71.2	1.6	0.0	0.0	-

Quelle: Eigene Berechnung und Zusammenstellung nach OFD HANNOVER (2004), OFD KOBLENZ (2004), OFD FRANKFURT AM MAIN (2005), LANDESVERMESSUNGSAMT BADEN-WÜRTTEMBERG (2005), LKVK SAARLAND, ZALF Müncheberg e.V. (2004)

Anhang 6: Naturalerträge verschiedener Fruchtarten in dt/ha in den Land- und Stadtkreis, für die Bodendaten vorliegen (Durchschnitt der Jahre 1997-2002)

Bundesland	Kreisnummer	Landkreis (LK), Stadtkreis (SK)	Winter-weizen	Winter-gerste	Roggen	Winter-raps	Zucker-rüben	Kartof-feln*	Silomais
Niedersachsen	3101	SK Braunschweig	82.5	72.6	65.9		520.5		
Niedersachsen	3102	SK Salzgitter	92.2	86.3			571.3		
Niedersachsen	3103	SK Wolfsburg	73.7	65.7	65.1	31.9	513.5	416.5	461.2
Niedersachsen	3151	LK Gifhorn	75.8	65.3	63.8	30.3	531.7	437.6	466.1
Niedersachsen	3152	LK Göttingen	81.4	72.2	69.8	34.0	542.8	376.5	469.2
Niedersachsen	3153	LK Goslar	85.1	78.5	74.7	34.2	553.9		500.9
Niedersachsen	3154	LK Helmstedt	82.5	74.3	68.0	33.9	522.7	429.5	457.7
Niedersachsen	3155	LK Northeim	83.6	74.1	70.9	34.9	558.3	359.4	463.5
Niedersachsen	3156	LK Osterode am Harz	78.2	68.6	67.0	32.3	518.8	370.8	453.7
Niedersachsen	3157	LK Peine	86.1	74.7	67.2	33.7	547.3	434.2	464.3
Niedersachsen	3158	LK Wolfenbüttel	87.1	80.3	73.7	34.5	539.3	460.3	
Niedersachsen	3251	LK Diepholz	80.7	67.1	65.6	32.6	531.2	454.8	457.6
Niedersachsen	3252	LK Hameln-Pyrmont	83.7	73.1	74.2	33.4	574.3	411.5	478.5
Niedersachsen	3253	LK Hannover	87.3	70.4	63.8	31.4	562.8	416.1	467.5
Niedersachsen	3254	LK Hildesheim	88.5	79.7	68.4	33.3	569.4	446.3	441.8
Niedersachsen	3255	LK Holzminden	82.1	71.9	74.7	34.1	561.0	411.6	457.9
Niedersachsen	3256	LK Nienburg(Weser)	82.5	66.1	65.6	32.0	527.7	420.4	457.4
Niedersachsen	3257	LK Schaumburg	83.3	73.0	72.9	33.7	577.6	414.3	439.2
Niedersachsen	3351	LK Celle	74.4	61.6	61.8	29.6	514.4	431.1	464.1
Niedersachsen	3352	LK Cuxhaven	79.5	59.3	57.5	32.3		388.4	454.1
Niedersachsen	3353	LK Harburg	73.3	60.2	59.8	29.6	504.5	410.7	445.4
Niedersachsen	3354	LK Lüchow-Dannenberg	71.0	60.3	60.3	28.5	508.0	405.5	443.0
Niedersachsen	3355	LK Lüneburg	71.7	61.5	61.3	29.2	511.0	409.3	402.9

Bundesland	Kreisnummer	Landkreis (LK), Stadtkreis (SK)	Winter-weizen	Winter-gerste	Roggen	Winter-raps	Zucker-rüben	Kartof-feln*	Silomais
Niedersachsen	3356	LK Osterholz	73.6	58.8	62.0	29.8		362.0	453.0
Niedersachsen	3357	LK Rotenburg (Wümme)	68.1	57.9	62.1	29.0	497.3	392.4	445.9
Niedersachsen	3358	LK Soltau-Fallingbostel	70.0	57.6	60.0	28.6	496.1	393.1	426.6
Niedersachsen	3359	LK Stade	81.0	65.5	68.9	33.6	509.9	424.3	459.7
Niedersachsen	3360	LK Uelzen	78.7	66.9	64.3	31.0	536.8	424.5	444.4
Niedersachsen	3361	LK Verden	80.9	65.3	63.9	32.5	524.2	401.9	456.7
Niedersachsen	3451	LK Ammerland	67.1	55.3	54.8	28.6		385.3	424.8
Niedersachsen	3452	LK Aurich	75.0	60.7	54.6	32.0		388.7	426.2
Niedersachsen	3453	LK Cloppenburg	71.9	57.8	55.2	28.8	598.3	438.9	438.8
Niedersachsen	3454	LK Emsland	67.1	55.1	53.1	27.3	498.4	439.6	418.7
Niedersachsen	3455	LK Friesland	78.5	58.0	49.9	30.4		393.1	410.4
Niedersachsen	3456	LK Grafschaft Bentheim	65.7	52.8	52.6	30.1		444.2	469.1
Niedersachsen	3457	LK Leer	84.0	59.2	53.8	33.9	576.7	399.7	432.7
Niedersachsen	3458	LK Oldenburg	74.3	60.2	59.4	30.7	509.6	446.9	421.7
Niedersachsen	3459	LK Osnabrück	77.9	60.9		35.1		400.3	428.0
Niedersachsen	3460	LK Vechta	75.9	61.7	59.4	30.3		486.5	433.0
Niedersachsen	3461	LK Wesermarsch	76.4						384.8
Niedersachsen	3462	LK Wittmund	80.0	58.2	53.8	29.7		387.6	433.2
Hessen	6411	SK Darmstadt	72.9	61.5	53.5		556.5	407.2	462.4
Hessen	6412	SK Frankfurt am Main	78.1	68.7	59.2	37.4	606.8	426.6	459.6
Hessen	6413	SK Offenbach	73.4	63.5	53.2	32.4		391.9	471.5
Hessen	6414	LK Landeshauptstadt Wiesbaden	74.7	65.7	52.6	33.5	586.7	402.6	468.3
Hessen	6431	LK Bergstraße	68.1	64.4	52.5	33.0	572.3	390.6	444.5
Hessen	6432	LK Darmstadt-Dieburg	73.8	64.6	49.2	30.5	591.9	398.2	523.0
Hessen	6433	LK Groß-Gerau	69.9	63.2	50.5	34.6	538.0	428.3	474.5
Hessen	6434	LK Hochtaunus	72.3	58.4	56.7	31.1	610.2	332.1	464.8
Hessen	6435	LK Main-Kinzig	77.9	63.2	61.1	33.7	600.3	367.0	479.1
Hessen	6436	LK Main-Taunus	71.1	58.9	55.1	33.5	611.9	425.5	479.7
Hessen	6437	LK Odenwald	64.2	59.7	47.3	31.3	577.7	372.3	442.4
Hessen	6438	LK Offenbach	76.8	60.5	57.1	34.7	569.3	411.5	470.5
Hessen	6439	LK Rheingau-Taunus	73.9	63.2	53.8	37.1	572.9	422.5	463.3
Hessen	6440	LK Wetterau	77.4	68.9	63.8	34.9	583.1	399.1	486.3
Hessen	6531	LK Gießen	68.6	60.9	57.0	31.2	596.8	364.4	484.1

Bundesland	Kreisnummer	Landkreis (LK), Stadtkreis (SK)	Winter-weizen	Winter-gerste	Roggen	Winter-raps	Zucker-rüben	Kartof-feln*	Silomais
Hessen	6532	LK Lahn-Dill	59.9	52.1	51.8	29.6	561.2	343.0	467.8
Hessen	6533	LK Limburg-Weilburg	70.5	60.1	56.6	32.2	544.9	345.6	455.8
Hessen	6534	LK Marburg-Biedenkopf	75.1	64.4	60.7	32.7	561.8	335.8	501.1
Hessen	6535	LK Vogelsberg	75.7	62.8	62.1	33.2	541.1	334.9	517.8
Hessen	6611	SK Kassel	73.4	63.8	53.9	30.3	556.1	408.8	466.7
Hessen	6631	LK Fulda	70.8	64.8	64.4	34.0	531.4	323.4	480.1
Hessen	6632	LK Hersfeld-Rotenburg	67.4	58.5	51.1	31.0	555.5	344.4	488.8
Hessen	6633	LK Kassel	77.4	67.7	64.6	32.1	538.8	355.4	470.1
Hessen	6634	LK Schwalm-Eder	80.7	67.5	63.2	33.4	566.9	396.0	522.2
Hessen	6635	LK Waldeck-Frankenberg	71.7	63.9	60.8	30.8	547.4	319.8	495.4
Hessen	6636	LK Werra-Meißner	74.6	65.7	63.4	32.4	538.4	350.1	511.6
Rheinland-Pfalz	7111	SK Koblenz							
Rheinland-Pfalz	7131	LK Ahrweiler	66.2	59.9	56.2			344.6	468.1
Rheinland-Pfalz	7132	LK Altenkirchen	60.3	53.5	51.9	29.5		315.1	475.6
Rheinland-Pfalz	7133	LK Bad Kreuznach	65.9	56.6	55.2	29.9	579.5	340.7	466.9
Rheinland-Pfalz	7134	LK Birkenfeld	57.1	51.3	50.0	28.7		325.7	437.7
Rheinland-Pfalz	7135	LK Cochem-Zell	68.8	59.0	62.6	31.9			464.9
Rheinland-Pfalz	7137	LK Mayen-Koblenz	71.9	66.3	68.9	32.8	580.5	368.5	470.5
Rheinland-Pfalz	7138	LK Neuwied	65.8	56.3	57.6	30.9		348.3	473.2
Rheinland-Pfalz	7140	LK Rhein-Hunsrück-Kreis	70.1	57.2	53.7	32.5		337.5	463.6
Rheinland-Pfalz	7141	LK Rhein-Lahn-Kreis	71.2	61.5	55.4	31.4		354.1	469.2
Rheinland-Pfalz	7143	LK Westerwaldkreis	60.2	52.6	49.4	30.4		319.3	475.5
Rheinland-Pfalz	7211	SK Trier							
Rheinland-Pfalz	7231	LK Bernkastel-Wittlich	66.2	55.7	55.5	30.7		342.4	449.7
Rheinland-Pfalz	7232	LK Bitburg-Prüm	62.4	54.7	52.9	29.5			461.7
Rheinland-Pfalz	7233	LK Daun		52.9	55.3				
Rheinland-Pfalz	7235	LK Trier-Saarburg	63.5	54.2	50.8	28.6		300.6	464.5
Rheinland-Pfalz	7311	SK Frankenthal							
Rheinland-Pfalz	7312	SK Kaiserslautern							
Rheinland-Pfalz	7313	SK Landau i.d.Pfalz							
Rheinland-Pfalz	7314	SK Ludwigshafen							
Rheinland-Pfalz	7315	SK Mainz							
Rheinland-Pfalz	7316	SK Neustadt a.d.Weinstrasse							

Bundesland	Kreisnummer	Landkreis (LK), Stadtkreis (SK)	Winter-weizen	Winter-gerste	Roggen	Winter-raps	Zucker-rüben	Kartof-feln*	Silomais
Rheinland-Pfalz	7317	SK Pirmasens							
Rheinland-Pfalz	7318	SK Speyer							
Rheinland-Pfalz	7319	SK Worms							
Rheinland-Pfalz	7320	SK Zweibrücken							
Rheinland-Pfalz	7331	LK Alzey-Worms	73.3	67.1	65.5		599.5	340.8	
Rheinland-Pfalz	7332	LK Bad Dürkheim	70.1	61.6	61.0		579.2	356.6	
Rheinland-Pfalz	7333	LK Donnersbergkreis	70.4	62.4	63.8	31.3	576.3	320.8	474.9
Rheinland-Pfalz	7334	LK Germersheim	65.0	55.8	55.1		610.9	350.6	469.7
Rheinland-Pfalz	7335	LK Kaiserslautern	62.0	52.7	52.3	28.5		318.4	508.4
Rheinland-Pfalz	7336	LK Kusel	60.3	51.5	53.7	28.1		291.2	466.1
Rheinland-Pfalz	7337	LK Südliche Weinstrasse	70.4	60.8	62.0	33.5	605.5	340.5	
Rheinland-Pfalz	7338	LK Ludwigshafen	70.1	62.9	59.2		596.4	375.2	
Rheinland-Pfalz	7339	LK Mainz-Bingen	72.6	62.8	61.1		602.3	330.1	
Rheinland-Pfalz	7340	LK Pirmasens							
Baden-Württemberg	8128	LK Main-Tauber-Kreis	68.8	61.3	59.3	32.5	593.4	341.1	478.3
Saarland	10041	LK Stadtverband Saarbrücken	68.3	58.4	58.5			335.6	451.7
Saarland	10042	LK Merzig-Wadern	65.4	58.9	56.4	30.1		340.3	454.2
Saarland	10043	LK Neunkirchen	62.8	57.2	55.1	28.4		332.1	442.7
Saarland	10044	LK Saarlouis	65.9	56.2	57.0	27.9		343.2	438.4
Saarland	10045	LK Saar-Pfalz-Kreis	63.4	53.2	52.5	28.2		323.4	445.4
Saarland	10046	LK Sankt Wendel	63.2	54.0	54.3	28.4		331.4	447.2
Berlin	11000	SK Berlin							
Brandenburg	12051	SK Brandenburg a.d. Havel							
Brandenburg	12052	SK Cottbus	35.7	37.1	28.5				284.0
Brandenburg	12053	SK Frankfurt (Oder)	54.6		43.3	23.1			389.5
Brandenburg	12054	SK Potsdam							
Brandenburg	12060	LK Barnim	50.4	49.9	43.3	27.4	526.0	215.4	295.8
Brandenburg	12061	LK Dahme-Spreewald	53.3	49.3	33.6	27.5	445.8	271.4	323.7
Brandenburg	12062	LK Elbe-Elster	56.2	52.7	40.1	25.9	506.1	269.6	349.0
Brandenburg	12063	LK Havelland	57.5	53.4	45.8	29.3	427.1	261.7	341.8
Brandenburg	12064	LK Märkisch-Oderland	57.5	52.6	49.3	25.4	481.2	271.5	351.0
Brandenburg	12065	LK Oberhavel	48.3	47.0	38.2	25.4		283.8	347.4
Brandenburg	12066	LK Oberspreewald-Lausitz	40.3	39.6	36.6	22.4		306.4	362.3

Bundesland	Kreisnummer	Landkreis (LK), Stadtkreis (SK)	Winter-weizen	Winter-gerste	Roggen	Winter-raps	Zucker-rüben	Kartof-feln*	Silomais
Brandenburg	12067	LK Oder-Spree	49.6	41.8	38.0	23.1		267.1	299.3
Brandenburg	12068	LK Ostprignitz-Ruppin	55.5	52.0	45.0	31.4	457.8	295.7	361.7
Brandenburg	12069	LK Potsdam-Mittelmark	50.4	51.1	40.1	26.3	437.6	257.6	317.7
Brandenburg	12070	LK Prignitz	61.7	59.7	54.0	33.3	479.4	290.2	351.5
Brandenburg	12071	LK Spree-Neiße	44.6	42.5	35.6	21.9	496.1	260.0	308.7
Brandenburg	12073	LK Uckermark	68.4	63.7	54.9	34.4	469.5	304.9	386.8
Mecklenburg-Vorpommern	13001	SK Greifswald							
Mecklenburg-Vorpommern	13002	SK Neubrandenburg							
Mecklenburg-Vorpommern	13003	SK Rostock							
Mecklenburg-Vorpommern	13004	SK Schwerin							
Mecklenburg-Vorpommern	13005	SK Stralsund							
Mecklenburg-Vorpommern	13006	SK Wismar							
Mecklenburg-Vorpommern	13051	LK Bad Doberan	76.7	73.3	70.3	39.9	485.7	350.1	384.1
Mecklenburg-Vorpommern	13052	LK Demmin	75.6	72.4	75.7	39.8	479.1	349.5	445.1
Mecklenburg-Vorpommern	13053	LK Güstrow	74.4	71.6	62.9	38.4	453.9	322.5	375.9
Mecklenburg-Vorpommern	13054	LK Ludwigslust	65.0	60.6	50.8	29.8	466.4	351.1	366.3
Mecklenburg-Vorpommern	13055	LK Mecklenburg-Strelitz	67.8	66.6	60.0	37.4	441.4		337.4
Mecklenburg-Vorpommern	13056	LK Müritz	67.7	64.1	57.4	34.5	457.3	352.2	346.9
Mecklenburg-Vorpommern	13057	LK Nordvorpommern	77.5	74.1	73.2	40.7	510.1	344.4	382.6
Mecklenburg-Vorpommern	13058	LK Nordwestmecklenburg	80.2	76.4	66.2	39.5	483.2	346.2	409.2
Mecklenburg-Vorpommern	13059	LK Ostvorpommern	72.6	71.2	62.9	38.2	480.1	378.7	390.7
Mecklenburg-Vorpommern	13060	LK Parchim	67.4	63.2	49.4	33.3	455.6	313.5	372.6
Mecklenburg-Vorpommern	13061	LK Rügen	76.4	70.6	61.8	39.7	475.1		359.7
Mecklenburg-Vorpommern	13062	LK Uecker-Randow	69.0	66.6	60.1	36.8	463.7	387.8	410.5
Sachsen	14161	SK Chemnitz							
Sachsen	14166	SK Plauen							
Sachsen	14167	SK Zwickau							
Sachsen	14171	LK Annaberg	57.1	58.1	45.7	33.3		388.3	369.0
Sachsen	14173	LK Chemnitzer Land	67.8	66.7	60.3	35.5	497.3	397.5	428.3
Sachsen	14177	LK Freiberg	64.3	60.0	62.9			366.6	433.6
Sachsen	14178	LK Vogtlandkreis	60.2	58.0	51.8			322.6	429.8
Sachsen	14181	LK Mittlerer Erzgebirgskreis	56.5	57.4	54.1			348.4	388.9
Sachsen	14182	LK Mittweida	68.5	64.7	65.3	35.5	503.2	388.0	491.3

Bundesland	Kreisnummer	Landkreis (LK), Stadtkreis (SK)	Winter-weizen	Winter-gerste	Roggen	Winter-raps	Zucker-rüben	Kartof-feln*	Silomais
Sachsen	14188	LK Stollberg	59.5	56.8				376.1	465.5
Sachsen	14191	LK Aue-Schwarzenberg	52.1	55.5	47.7	31.9		376.8	418.9
Sachsen	14193	LK Zwickauer Land	68.5	69.8	60.1	34.8	522.3	352.4	486.2
Sachsen	14262	SK Dresden							
Sachsen	14263	SK Görlitz							
Sachsen	14264	SK Hoyerswerda							
Sachsen	14272	LK Bautzen	65.0	61.7	57.3		500.6	369.2	471.7
Sachsen	14280	LK Meißen-Radebeul	77.3	75.1	64.7		586.6	349.7	476.1
Sachsen	14284	LK Niederschlesischer Oberlausitzk	62.0	57.8	49.5	31.0	506.6	362.8	415.8
Sachsen	14285	LK Riesa-Großenhain	60.7	58.5	47.3		511.5	347.4	406.4
Sachsen	14286	LK Löbau-Zittau	68.9	66.0	68.2	35.8	502.0	365.8	515.8
Sachsen	14287	LK Sächsische Schweiz	58.6	55.2	51.2		491.2	315.5	386.7
Sachsen	14290	LK Weißeritzkreis	66.8	60.3	62.2		562.6		456.0
Sachsen	14292	LK Kamenz	60.8	52.9	39.9		498.9		399.0
Sachsen	14365	SK Leipzig							
Sachsen	14374	LK Delitzsch	67.7	67.8	61.3	32.3	531.0	365.5	391.0
Sachsen	14375	LK Döbeln	76.1	71.9	76.0	37.0	552.5	359.8	488.4
Sachsen	14379	LK Leipziger Land	69.3	68.8	65.0	34.2	541.2	434.7	432.5
Sachsen	14383	LK Muldentalkreis	64.8	67.5	62.3	32.0	501.6	373.2	409.9
Sachsen	14389	LK Torgau-Oschatz	64.8	64.5	51.3	29.8	471.9	327.2	390.6
Sachsen-Anhalt	15101	SK Dessau	58.6	57.3	46.7	27.5	441.9		368.5
Sachsen-Anhalt	15151	LK Anhalt-Zerbst	66.1	58.1	51.6	29.4	476.9	357.7	308.1
Sachsen-Anhalt	15153	LK Bernburg	67.3	72.0	72.6	32.1	440.6		385.5
Sachsen-Anhalt	15154	LK Bitterfeld	65.3	63.9	42.6	29.2	452.9	386.9	307.3
Sachsen-Anhalt	15159	LK Köthen	65.8	66.1	69.1	32.6	433.4	365.6	398.9
Sachsen-Anhalt	15171	LK Wittenberg	62.0	61.1	43.2	27.3	438.1	349.2	327.1
Sachsen-Anhalt	15202	SK Halle (Saale)							
Sachsen-Anhalt	15256	LK Burgenlandkreis	73.4	71.4	77.2	35.3	535.6		449.4
Sachsen-Anhalt	15260	LK Mansfelder Land	74.1	71.3	76.7	33.0	491.0	311.3	438.8
Sachsen-Anhalt	15261	LK Merseburg-Querfurt	76.2	73.7	74.0	34.4	551.7	431.9	406.5
Sachsen-Anhalt	15265	LK Saalkreis	68.2	75.8	61.2	34.3	494.7	340.7	404.9
Sachsen-Anhalt	15266	LK Sangerhausen	74.9	68.1	67.8	33.3	508.4		424.2
Sachsen-Anhalt	15268	LK Weißenfels	74.7	69.3		38.1	569.1	365.8	398.8

Bundesland	Kreisnummer	Landkreis (LK), Stadtkreis (SK)	Winter-weizen	Winter-gerste	Roggen	Winter-raps	Zucker-rüben	Kartof-feln*	Silomais
Sachsen-Anhalt	15303	SK Magdeburg							
Sachsen-Anhalt	15352	LK Aschersleben-Staßfurt	78.0	78.5	74.1	35.6	470.9	430.5	414.2
Sachsen-Anhalt	15355	LK Bördekreis	82.1	81.7	82.6	36.1	503.4	441.8	521.7
Sachsen-Anhalt	15357	LK Halberstadt	82.3	81.1	83.6	36.7	512.4	429.0	434.7
Sachsen-Anhalt	15358	LK Jerichower Land	59.5	57.0	43.7	29.2	454.6	291.9	320.1
Sachsen-Anhalt	15362	LK Ohre-Kreis	77.4	72.7	53.3	31.7	524.5	365.7	375.7
Sachsen-Anhalt	15363	LK Stendal	61.3	57.0	50.6	30.1	464.9	354.5	357.3
Sachsen-Anhalt	15364	LK Quedlinburg	74.3	74.1	73.4	34.0	515.2		405.6
Sachsen-Anhalt	15367	LK Schönebeck	69.9	67.8	61.9	32.9	445.2	450.8	389.0
Sachsen-Anhalt	15369	LK Wernigerode	83.3	80.6	75.7	37.4	545.2		478.5
Sachsen-Anhalt	15370	LK Altmarkkreis Salzwedel	59.4	56.8	53.4	28.5	466.6	335.6	360.7
Thüringen	16051	SK Erfurt	65.9	68.2		32.6	499.2	388.4	
Thüringen	16052	SK Gera	71.8	68.0		35.2			
Thüringen	16053	SK Jena							
Thüringen	16054	SK Suhl							
Thüringen	16055	SK Weimar							
Thüringen	16061	LK Eichsfeld	73.2	66.6	69.2	37.4	476.0	292.7	421.3
Thüringen	16062	LK Nordhausen	68.3	65.8	63.5	34.5	488.7	363.3	454.1
Thüringen	16063	LK Wartburgkreis	63.0	58.3	63.1	32.2			450.6
Thüringen	16064	LK Unstrut-Hainich-Kreis	72.7	65.4	76.1	34.6	522.4	374.4	495.5
Thüringen	16065	LK Kyffhäuserkreis	71.6	68.2	67.9	33.0	506.7	388.9	422.3
Thüringen	16066	LK Schmalkalden-Meiningen	60.5	53.5	58.4	29.8	508.5	362.5	405.8
Thüringen	16067	LK Gotha	72.7	68.6	73.2	35.0	523.0	393.5	481.6
Thüringen	16068	LK Sömmerda	65.8	69.9	68.1	32.2	499.9	391.7	499.6
Thüringen	16069	LK Hildburghausen	57.5	54.7	52.7	28.6	457.7	292.5	398.3
Thüringen	16070	LK Ilm-Kreis	65.2	63.4	71.3	32.4	490.8		413.5
Thüringen	16071	LK Weimarer Land	70.8	68.3	77.5	35.7	536.8	358.1	490.1
Thüringen	16072	LK Sonneberg	58.3	54.0	55.6	31.2		314.7	430.9
Thüringen	16073	LK Saalfeld-Rudolstadt	60.9	59.0	57.0	32.6		364.6	410.7
Thüringen	16074	LK Saale-Holzland-Kreis	65.3	63.7	60.3	34.7	513.1	361.5	478.1
Thüringen	16075	LK Saale-Orla-Kreis	68.3	65.1	67.3	38.7	511.2	387.7	437.4
Thüringen	16076	LK Greiz	69.6	67.4	65.3	37.9	554.8	365.2	475.6
Thüringen	16077	LK Altenburger Land	74.9	71.1	78.5	37.6	557.6	397.9	511.1

* mittelfrühe und späte
Quelle: Eigene Berechnung und Zusammenstellung nach STATISTISCHES BUNDESAMT 1997-2002

Anhang 7: Anbaufläche verschiedener Fruchtarten und Ackerland in ha in den Land- und Stadtkreis, für die Bodendaten vorliegen (Durchschnitt der Jahre 1995 und 1999)

Bundesland	Kreis-nummer	Landkreis (LK), Stadtkreis (SK)	Winter-weizen	Winter-gerste	Roggen	Winter-raps	Zucker-rüben	Kartof-feln*	Silomais	Ackerland
Niedersachsen	3101	SK Braunschweig	2262	723	486	139	1365	25	44	6266
Niedersachsen	3102	SK Salzgitter	5133	1393	41	27	3206	9		11290
Niedersachsen	3103	SK Wolfsburg	1962	926	1408	340	1369	80	86	7933
Niedersachsen	3151	LK Gifhorn	6032	5593	6839	1859	8092	7894	2590	62195
Niedersachsen	3152	LK Göttingen	17507	8879	1316	6237	3861	172	1512	48372
Niedersachsen	3153	LK Goslar	10916	2454	409	1002	4445	16	248	23116
Niedersachsen	3154	LK Helmstedt	15120	4031	2257	767	7712	194	428	37878
Niedersachsen	3155	LK Northeim	18837	7825	776	4242	4963	65	1616	47384
Niedersachsen	3156	LK Osterode am Harz	3648	2164	147	1908	387	29	507	11685
Niedersachsen	3157	LK Peine	10099	3841	733	172	8721	971	305	32546
Niedersachsen	3158	LK Wolfenbüttel	23803	4670	493	917	11942	99	112	49158
Niedersachsen	3241	LK Hannover, Region	25470	10571	8951	3430	15855	3843	3624	99327
Niedersachsen	3251	LK Diepholz	10938	17427	11668	4871	2161	9089	12566	99415
Niedersachsen	3252	LK Hameln-Pyrmont	14567	4543	935	3055	4255	353	669	35272
Niedersachsen	3254	LK Hildesheim	29801	6391	235	1160	16431	757	328	64216
Niedersachsen	3255	LK Holzminden	6693	3550	418	2719	1145	32	849	19422
Niedersachsen	3256	LK Nienburg(Weser)	8294	14058	8036	5304	1798	1357	6291	67358
Niedersachsen	3257	LK Schaumburg	10485	4249	742	3866	1343	329	1099	30262
Niedersachsen	3351	LK Celle	1784	2998	4282	939	3391	5677	2627	40430
Niedersachsen	3352	LK Cuxhaven	6270	2724	1400	1478	48	603	16869	42797
Niedersachsen	3353	LK Harburg	3538	4322	4652	3277	1411	2126	4000	37688
Niedersachsen	3354	LK Lüchow-Dannenberg	3733	5966	8775	2478	3377	5692	2445	48876
Niedersachsen	3355	LK Lüneburg	5906	4213	5572	4328	2988	6027	2888	48794
Niedersachsen	3356	LK Osterholz	691	860	763	354	25	119	4965	11137
Niedersachsen	3357	LK Rotenburg (Wümme)	1633	5578	11973	1490	941	6291	19520	70133
Niedersachsen	3358	LK Soltau-Fallingbostel	1244	4614	9954	1681	2072	5089	4549	48278
Niedersachsen	3359	LK Stade	6674	2451	3909	2769	1454	2433	7931	37007
Niedersachsen	3360	LK Uelzen	7540	7694	4468	986	10922	13793	1758	67278

Bundesland	Kreis-nummer	Landkreis (LK), Stadtkreis (SK)	Winter-weizen	Winter-gerste	Roggen	Winter-raps	Zucker-rüben	Kartof-feln*	Silomais	Ackerland
Niedersachsen	3361	LK Verden	5224	4011	3469	2176	713	866	4058	31195
Niedersachsen	3451	LK Ammerland	130	1198	492	207	6	119	7562	14843
Niedersachsen	3452	LK Aurich	10147	1728	566	1706	0	256	3783	31056
Niedersachsen	3453	LK Cloppenburg	3358	8585	8179	1512	116	2582	20130	75583
Niedersachsen	3454	LK Emsland	1634	8398	12232	1513	107	27795	30615	141905
Niedersachsen	3455	LK Friesland	3040	529	167	333		210	2881	10799
Niedersachsen	3456	LK Grafschaft Bentheim	342	1629	1977	173	23	8769	14004	43263
Niedersachsen	3457	LK Leer	2186	254	253	139	164	142	4675	11284
Niedersachsen	3458	LK Oldenburg	2704	7989	3701	1591	578	3141	10063	45115
Niedersachsen	3459	LK Osnabrück	9000	17478	3748	3603	528	2782	17807	94947
Niedersachsen	3460	LK Vechta	4507	6830	5635	1574	138	3274	10137	55987
Niedersachsen	3461	LK Wesermarsch	307	23	30	79		3	1193	2211
Niedersachsen	3462	LK Wittmund	2572	684	226	164		616	3157	13463
Hessen	6411	SK Darmstadt	81	151	302		121	30	41	1525
Hessen	6412	SK Frankfurt am Main	1452	257	244	82	498	51	32	3740
Hessen	6413	SK Offenbach	37	31	32	36		1	6	212
Hessen	6414	SK Wiesbaden	1150	270	267	222	563	137	62	4003
Hessen	6431	LK Bergstraße	2935	1111	231	41	1223	500	1426	13698
Hessen	6432	LK Darmstadt-Dieburg	5132	1781	1273	600	1977	586	1501	21063
Hessen	6433	LK Groß-Gerau	2705	858	379	174	1758	653	363	15704
Hessen	6434	LK Hochtaunus	2084	535	751	599	447	72	261	7420
Hessen	6435	LK Main-Kinzig	6639	2527	723	1782	820	253	2368	24898
Hessen	6436	LK Main-Taunus	1749	439	249	239	614	57	139	5730
Hessen	6437	LK Odenwald	1300	1140	178	362	52	39	1471	6837
Hessen	6438	LK Offenbach	461	439	1024	280	33	87	430	4417
Hessen	6439	LK Rheingau-Taunus	2587	1511	752	1847	66	35	111	11252
Hessen	6440	LK Wetterau	15759	3833	1143	2824	4302	650	1835	40077
Hessen	6531	LK Gießen	6188	2227	508	2632	689	260	952	22631
Hessen	6532	LK Lahn-Dill	1633	722	516	1036	29	99	357	9309
Hessen	6533	LK Limburg-Weilburg	6324	2664	377	2734	388	135	1672	22034
Hessen	6534	LK Marburg-Biedenkopf	7205	6834	2332	3326	305	170	2050	32598
Hessen	6535	LK Vogelsberg	7101	6135	1205	3567	180	124	2114	31895
Hessen	6611	SK Kassel	154	51	73	133	7	14	8	687

Bundesland	Kreis-nummer	Landkreis (LK), Stadtkreis (SK)	Winter-weizen	Winter-gerste	Roggen	Winter-raps	Zucker-rüben	Kartof-feln*	Silomais	Ackerland
Hessen	6631	LK Fulda	5330	6081	2054	2730	91	216	2352	30060
Hessen	6632	LK Hersfeld-Rotenburg	4852	5491	1393	3412	75	154	1313	24194
Hessen	6633	LK Kassel	11832	7934	2163	6165	1804	184	1315	41328
Hessen	6634	LK Schwalm-Eder	17286	11130	1665	7105	3341	163	1913	53399
Hessen	6635	LK Waldeck-Frankenberg	8456	9152	2081	5264	272	166	2230	41313
Hessen	6636	LK Werra-Meißner	6701	4686	830	3983	1052	115	870	25534
Rheinland-Pfalz	7111	SK Koblenz	724	75	36	70	27	151	41	1604
Rheinland-Pfalz	7131	LK Ahrweiler	2584	1171	283	597	496	54	549	9395
Rheinland-Pfalz	7132	LK Altenkirchen	531	433	131	85		65	770	4311
Rheinland-Pfalz	7133	LK Bad Kreuznach	4427	1234	844	1516	350	82	427	20229
Rheinland-Pfalz	7134	LK Birkenfeld	834	1126	339	984		59	240	10211
Rheinland-Pfalz	7135	LK Cochem-Zell	2259	2417	816	1756	10	28	273	16433
Rheinland-Pfalz	7137	LK Mayen-Koblenz	10691	4998	2604	4012	974	822	919	32128
Rheinland-Pfalz	7138	LK Neuwied	1426	744	206	461	63	67	721	6652
Rheinland-Pfalz	7140	LK Rhein-Hunsrück-Kreis	4561	3709	296	3453		48	256	25593
Rheinland-Pfalz	7141	LK Rhein-Lahn-Kreis	5186	2854	238	2441	65	53	1091	19216
Rheinland-Pfalz	7143	LK Westerwaldkreis	1118	426	181	506	1	89	753	7279
Rheinland-Pfalz	7211	SK Trier		65	47	52		27	31	876
Rheinland-Pfalz	7231	LK Bernkastel-Wittlich	1853	1881	458	1008	58	137	965	15386
Rheinland-Pfalz	7232	LK Bitburg-Prüm	2814	3318	260	733	4	105	2530	31047
Rheinland-Pfalz	7233	LK Daun	231	497	172	291	0	49	249	8276
Rheinland-Pfalz	7235	LK Trier-Saarburg	2235	1525	491	1061	4	137	1163	16201
Rheinland-Pfalz	7311	SK Frankenthal	494	72	66		397	428		3097
Rheinland-Pfalz	7312	SK Kaiserslautern	154	57	92	76	32	7	25	802
Rheinland-Pfalz	7313	SK Landau i.d.Pfalz	190	79	69		150	32		907
Rheinland-Pfalz	7314	SK Ludwigshafen	356		52		127	110	22	2138
Rheinland-Pfalz	7315	SK Mainz	1060	52	180		647	136	3	3305
Rheinland-Pfalz	7316	SK Neustadt a.d.Weinstrasse		56	214		121	53	52	1291
Rheinland-Pfalz	7317	SK Pirmasens		66	25	49		7	63	686
Rheinland-Pfalz	7318	SK Speyer	172		54		111	8		771
Rheinland-Pfalz	7319	SK Worms	878	254	207		1026	213	29	4953
Rheinland-Pfalz	7320	SK Zweibrücken	498	164	24	64		1	181	2050
Rheinland-Pfalz	7331	LK Alzey-Worms	8231	514	747	75	6667	583	38	31629

Bundesland	Kreis-nummer	Landkreis (LK), Stadtkreis (SK)	Winter-weizen	Winter-gerste	Roggen	Winter-raps	Zucker-rüben	Kartof-feln*	Silomais	Ackerland
Rheinland-Pfalz	7332	LK Bad Dürkheim	2116	146	697	54	1514	524	83	8748
Rheinland-Pfalz	7333	LK Donnersbergkreis	7011	1523	1623	2085	2459	107	526	26276
Rheinland-Pfalz	7334	LK Germersheim	2279	285	779	43	1705	344	190	14020
Rheinland-Pfalz	7335	LK Kaiserslautern	1513	877	900	748	102	258	802	10481
Rheinland-Pfalz	7336	LK Kusel	2116	1166	1154	1525	5	45	786	13508
Rheinland-Pfalz	7337	LK Südliche Weinstrasse	2526	148	680	275	1766	332	92	10835
Rheinland-Pfalz	7338	LK Ludwigshafen	2637	130	1025	111	1934	1615	38	17384
Rheinland-Pfalz	7339	LK Mainz-Bingen	6022	351	681	212	3603	274	64	20516
Rheinland-Pfalz	7340	LK Südwestpfalz	2078	911	576	745	82	186	1256	12860
Baden-Württemberg	8128	LK Main-Tauber-Kreis	14173	6160	1030	7188	1914	150	3480	60449
Saarland	10041	LK Stadtverband Saarbrücken	672	170	471	282		11	160	3261
Saarland	10042	LK Merzig-Wadern	1313	921	496	701		54	877	9307
Saarland	10043	LK Neunkirchen	581	342	474	256		10	256	3054
Saarland	10044	LK Saarlouis	1480	757	1428	723		84	660	9814
Saarland	10045	LK Saar-Pfalz-Kreis	1211	376	504	307		28	550	6419
Saarland	10046	LK Sankt Wendel	604	458	1099	408		46	590	7164
Brandenburg	12051	SK Brandenburg a.d. Havel	77	87	854	70		6	310	2116
Brandenburg	12052	SK Cottbus	198	195	847	248		107	388	3789
Brandenburg	12053	SK Frankfurt (Oder)	141	255	1581	457		14	997	5755
Brandenburg	12054	SK Potsdam	23	10	57			5	16	231
Brandenburg	12060	LK Barnim	2904	3355	8357	3316	335	158	3844	42266
Brandenburg	12061	LK Dahme-Spreewald	2493	3726	17050	3165	193	755	6985	56549
Brandenburg	12062	LK Elbe-Elster	5066	6379	14488	4146	511	738	9490	68116
Brandenburg	12063	LK Havelland	7270	4809	14214	4254	1170	1044	6221	61707
Brandenburg	12064	LK Märkisch-Oderland	23746	7794	16508	9184	2822	561	9359	115309
Brandenburg	12065	LK Oberhavel	1040	3154	11761	3285	60	356	5180	47826
Brandenburg	12066	LK Oberspreewald-Lausitz	1755	1789	8926	1485	1	492	3083	31696
Brandenburg	12067	LK Oder-Spree	2412	3661	17545	5444	283	650	8365	68129
Brandenburg	12068	LK Ostprignitz-Ruppin	4462	6813	20212	6352	415	2999	10340	91618
Brandenburg	12069	LK Potsdam-Mittelmark	3359	5042	25907	4983	226	976	8952	83704
Brandenburg	12070	LK Prignitz	9146	8972	20231	8857	1174	2959	11264	101235
Brandenburg	12071	LK Spree-Neiße	2414	2243	8247	2158	99	237	5448	39004
Brandenburg	12073	LK Uckermark	34968	17189	18956	18991	4985	186	10392	150313

Bundesland	Kreis-nummer	Landkreis (LK), Stadtkreis (SK)	Winter-weizen	Winter-gerste	Roggen	Winter-raps	Zucker-rüben	Kartof-feln*	Silomais	Ackerland
Mecklenburg-Vorpommern	13001	SK Greifswald	257	32	46	98	40	2	73	716
Mecklenburg-Vorpommern	13002	SK Neubrandenburg	135	55	100	85	46	32	12	551
Mecklenburg-Vorpommern	13003	SK Rostock	393	150	196	266	47	18	110	1538
Mecklenburg-Vorpommern	13004	SK Schwerin	29		19			2	1	97
Mecklenburg-Vorpommern	13005	SK Stralsund	425	317	221	427	83	74	269	2193
Mecklenburg-Vorpommern	13006	SK Wismar	310	181	19	290	41		79	1179
Mecklenburg-Vorpommern	13051	LK Bad Doberan	20638	10054	4708	13997	2705	1943	4656	76693
Mecklenburg-Vorpommern	13052	LK Demmin	31704	14926	7625	20529	4806	3219	6782	111515
Mecklenburg-Vorpommern	13053	LK Güstrow	28183	12976	5795	18481	4183	807	6679	102176
Mecklenburg-Vorpommern	13054	LK Ludwigslust	8789	7867	17279	12834	714	2895	10559	99852
Mecklenburg-Vorpommern	13055	LK Mecklenburg-Strelitz	20386	8937	7081	13091	2421	321	4145	81588
Mecklenburg-Vorpommern	13056	LK Müritz	10927	7177	10401	10432	1015	615	5211	67722
Mecklenburg-Vorpommern	13057	LK Nordvorpommern	29348	16880	6127	19964	3570	1804	6089	104755
Mecklenburg-Vorpommern	13058	LK Nordwestmecklenburg	39788	17256	4242	22980	5201	560	6795	122729
Mecklenburg-Vorpommern	13059	LK Ostvorpommern	19180	11873	8165	14806	3395	2309	4253	88165
Mecklenburg-Vorpommern	13060	LK Parchim	15337	9611	16518	14468	1616	1957	8546	103040
Mecklenburg-Vorpommern	13061	LK Rügen	15422	6430	1973	9239	1399	314	2319	49436
Mecklenburg-Vorpommern	13062	LK Uecker-Randow	9912	5460	9301	8329	1548	310	6586	54564
Sachsen	14161	SK Chemnitz	728	598	219	776		28	546	5753
Sachsen	14166	SK Plauen	516	342	5	549		3	178	2832
Sachsen	14167	SK Zwickau	200	32	10	113		4	40	777
Sachsen	14171	LK Annaberg	102	465	224	414	0	59	735	7686
Sachsen	14173	LK Chemnitzer Land	3974	2001	534	2504	125	414	1721	17089
Sachsen	14177	LK Freiberg	4573	5083	1760	5439	19	285	3442	40697
Sachsen	14178	LK Vogtlandkreis	5128	4148	447	5291	0	140	3130	36193
Sachsen	14181	LK Mittlerer Erzgebirgskreis	183	1429	517	887	0	105	1247	13920
Sachsen	14182	LK Mittweida	10930	5935	1301	6139	820	1114	4351	43648
Sachsen	14188	LK Stollberg	889	1031	132	1035	6	152	1001	9947
Sachsen	14191	LK Aue-Schwarzenberg	214	310	253	280	1	96	291	5249
Sachsen	14193	LK Zwickauer Land	5413	3074	1518	3482	94	308	2882	26669
Sachsen	14262	SK Dresden	798	280	250	469	71	33		3352
Sachsen	14263	SK Görlitz	116	63	9	7		4		710
Sachsen	14264	SK Hoyerswerda	7		2			3	1	74

Bundesland	Kreis-nummer	Landkreis (LK), Stadtkreis (SK)	Winter-weizen	Winter-gerste	Roggen	Winter-raps	Zucker-rüben	Kartof-feln*	Silomais	Ackerland
Sachsen	14272	LK Bautzen	10009	6762	2779	4749	1338	358	3707	40114
Sachsen	14280	LK Meißen-Radebeul	10237	3917	1746	4177	2026	186	1631	34517
Sachsen	14284	LK Niederschlesischer Oberlausitzk	5724	4688	6005	3185	746	552	3587	36371
Sachsen	14285	LK Riesa-Großenhain	8371	7843	6915	5626	820	745	3536	45842
Sachsen	14286	LK Löbau-Zittau	8818	4520	1219	3866	1147	219	3304	30734
Sachsen	14287	LK Sächsische Schweiz	4604	2849	545	2746	184	127	2197	24101
Sachsen	14290	LK Weißeritzkreis	4597	3729	574	3309	178	317	2892	27379
Sachsen	14292	LK Kamenz	5310	3755	5785	3684	564	181	3490	38045
Sachsen	14365	SK Leipzig	2585	1650	695	1662	444	8	746	9978
Sachsen	14374	LK Delitzsch	10524	8200	6352	6587	2400	299	2724	50415
Sachsen	14375	LK Döbeln	8462	2992	842	3719	1933	411	1943	26717
Sachsen	14379	LK Leipziger Land	12281	7177	1793	5954	1998	438	3037	44781
Sachsen	14383	LK Muldentalkreis	11853	7844	2391	7020	1763	355	3861	46494
Sachsen	14389	LK Torgau-Oschatz	13117	9507	5798	6907	2466	511	5216	60842
Sachsen-Anhalt	15101	SK Dessau	672	426	315	298	96	12	452	3372
Sachsen-Anhalt	15151	LK Anhalt-Zerbst	6592	5408	12819	4331	1790	403	2998	53081
Sachsen-Anhalt	15153	LK Bernburg	9906	3344	762	3224	2431	267	968	28477
Sachsen-Anhalt	15154	LK Bitterfeld	4799	3007	1007	2338	1292	497	1152	19687
Sachsen-Anhalt	15159	LK Köthen	9072	3844	1251	3231	2513	596	800	31789
Sachsen-Anhalt	15171	LK Wittenberg	7758	5938	10837	4465	1120	1593	6245	58420
Sachsen-Anhalt	15202	SK Halle (Saale)	705	262	61	219	93	4	16	2218
Sachsen-Anhalt	15256	LK Burgenlandkreis	20457	7162	1311	6527	3271	479	3083	59502
Sachsen-Anhalt	15260	LK Mansfelder Land	13710	5276	1368	4554	2686	111	1413	39568
Sachsen-Anhalt	15261	LK Merseburg-Querfurt	18668	6638	727	5373	4086	668	2572	49807
Sachsen-Anhalt	15265	LK Saalkreis	14276	5763	1491	4548	3948	58	1555	44940
Sachsen-Anhalt	15266	LK Sangerhausen	7310	3534	1643	3718	809	95	950	28235
Sachsen-Anhalt	15268	LK Weißenfels	9628	3827	652	3728	2014	79	1466	27026
Sachsen-Anhalt	15303	SK Magdeburg	1763	228	217	491	301	10	106	3743
Sachsen-Anhalt	15352	LK Aschersleben-Staßfurt	20367	4844	1368	5672	4114	515	1356	49151
Sachsen-Anhalt	15355	LK Bördekreis	30214	6904	1400	7136	6742	3431	3077	68456
Sachsen-Anhalt	15357	LK Halberstadt	20516	5858	773	4464	3887	405	986	44634
Sachsen-Anhalt	15358	LK Jerichower Land	7947	4941	9635	4021	1408	426	4673	51528
Sachsen-Anhalt	15362	LK Ohre-Kreis	17334	6181	8955	6079	3880	988	3989	66163

Bundesland	Kreis-nummer	Landkreis (LK), Stadtkreis (SK)	Winter-weizen	Winter-gerste	Roggen	Winter-raps	Zucker-rüben	Kartof-feln*	Silomais	Ackerland
Sachsen-Anhalt	15363	LK Stendal	19823	11405	14464	9102	3444	1261	12177	108500
Sachsen-Anhalt	15364	LK Quedlinburg	7996	2735	764	3143	1238	260	707	22847
Sachsen-Anhalt	15367	LK Schönebeck	11855	2747	920	3159	2414	543	738	30444
Sachsen-Anhalt	15369	LK Wernigerode	6118	2198	347	1634	1082	8	865	15625
Sachsen-Anhalt	15370	LK Altmarkkreis Salzwedel	8172	8261	15345	5528	4358	3183	10605	92686
Thüringen	16051	SK Erfurt	5164	1238	605	1844	471	195	567	14373
Thüringen	16052	SK Gera	1514	639	6	871	99	15	205	4199
Thüringen	16053	SK Jena	6					3		46
Thüringen	16054	SK Suhl	14	3			5			62
Thüringen	16055	SK Weimar	654	174	67	375	38		245	2139
Thüringen	16061	LK Eichsfeld	10598	6813	1524	6641	49	95	2886	37988
Thüringen	16062	LK Nordhausen	9729	4421	1740	4788	567	168	1515	30745
Thüringen	16063	LK Wartburgkreis	6309	3838	2166	4277	125	165	3092	30112
Thüringen	16064	LK Unstrut-Hainich-Kreis	22746	3704	1653	8783	1599	511	2769	62796
Thüringen	16065	LK Kyffhäuserkreis	20497	6733	2216	8050	1947	307	2348	60415
Thüringen	16066	LK Schmalkalden-Meiningen	3424	1490	2034	2214	71	87	1520	20598
Thüringen	16067	LK Gotha	12302	3799	1745	5155	894	674	2608	37897
Thüringen	16068	LK Sömmerda	20500	4136	1201	7472	2381	367	3591	56103
Thüringen	16069	LK Hildburghausen	3101	1664	597	1844	52	57	2453	21643
Thüringen	16070	LK Ilm-Kreis	7142	2164	1143	3416	228	100	1541	24525
Thüringen	16071	LK Weimarer Land	16154	3591	706	6343	1784	399	3218	51128
Thüringen	16072	LK Sonneberg	520	488	133	403	5	86	529	4119
Thüringen	16073	LK Saalfeld-Rudolstadt	2830	2615	621	2415	19	123	2141	19491
Thüringen	16074	LK Saale-Holzland-Kreis	7836	4476	1034	4385	231	133	3689	32030
Thüringen	16075	LK Saale-Orla-Kreis	6739	4306	970	6631	156	315	3614	39067
Thüringen	16076	LK Greiz	8792	4924	960	6264	332	269	3956	37752
Thüringen	16077	LK Altenburger Land	10442	5219	977	4948	2014	483	2636	35894

* mittelfrühe und späte

Quelle: Eigene Berechnung und Zusammenstellung nach STATISTISCHES BUNDESAMT 1995, 1999

Anhang 8: Klimadaten der Land- und Stadtkreise, für die Bodendaten vorliegen (Mittelwerte der Rasterzellen mit Ackernutzung nach Corine Landcover 2000, Periode 1961-1990)

Bundesland	Kreisnummer	Landkreis (LK), Stadtkreis (SK)	T_{1-12} [°C]	N_{1-12} [mm]	T_{11-1} [°C]	T_{4-8} [°C]	S_{4-8} [h]	W_{4-8} [mm]	TI_{5-8} [°C/mm]
Niedersachsen	3101	SK Braunschweig	8.8	613	2.3	14.2	942	-99	18.1
Niedersachsen	3102	SK Salzgitter	8.7	650	2.2	14.0	927	-73	17.0
Niedersachsen	3103	SK Wolfsburg	9.0	599	2.3	14.4	952	-111	19.3
Niedersachsen	3151	LK Gifhorn	8.6	652	2.1	14.0	969	-99	17.6
Niedersachsen	3152	LK Göttingen	8.1	720	1.6	13.4	886	-45	15.4
Niedersachsen	3153	LK Goslar	8.4	756	1.9	13.7	889	-25	14.8
Niedersachsen	3154	LK Helmstedt	8.8	593	2.2	14.2	917	-108	19.1
Niedersachsen	3155	LK Northeim	8.3	740	1.8	13.6	860	-40	15.6
Niedersachsen	3156	LK Osterode am Harz	7.9	836	1.3	13.2	879	-2	13.8
Niedersachsen	3157	LK Peine	8.8	635	2.4	14.1	932	-93	17.6
Niedersachsen	3158	LK Wolfenbüttel	8.7	625	2.1	14.0	918	-80	17.6
Niedersachsen	3241	LK Hannover, Region	8.8	668	2.4	14.1	925	-79	17.0
Niedersachsen	3251	LK Diepholz	8.7	693	2.6	13.7	913	-78	16.7
Niedersachsen	3252	LK Hameln-Pyrmont	8.6	805	2.3	13.7	880	-23	14.7
Niedersachsen	3254	LK Hildesheim	8.7	699	2.3	13.9	892	-58	16.2
Niedersachsen	3255	LK Holzminden	8.3	828	1.9	13.5	858	-10	14.1
Niedersachsen	3256	LK Nienburg(Weser)	8.9	684	2.6	14.0	919	-77	16.8
Niedersachsen	3257	LK Schaumburg	8.8	737	2.6	13.9	888	-46	15.7
Niedersachsen	3351	LK Celle	8.7	706	2.2	13.9	957	-75	16.4
Niedersachsen	3352	LK Cuxhaven	8.6	799	2.6	13.4	983	-43	14.8
Niedersachsen	3353	LK Harburg	8.3	741	2.1	13.4	971	-72	16.0
Niedersachsen	3354	LK Lüchow-Dannenberg	8.5	593	1.9	13.9	1015	-129	19.1
Niedersachsen	3355	LK Lüneburg	8.5	667	2.1	13.7	996	-100	17.5
Niedersachsen	3356	LK Osterholz	8.5	749	2.5	13.4	943	-53	15.4
Niedersachsen	3357	LK Rotenburg (Wümme)	8.5	759	2.3	13.5	964	-51	15.2
Niedersachsen	3358	LK Soltau-Fallingbostel	8.5	748	2.2	13.7	958	-57	15.6
Niedersachsen	3359	LK Stade	8.4	771	2.4	13.4	982	-51	15.1
Niedersachsen	3360	LK Uelzen	8.3	665	1.9	13.6	981	-100	17.3
Niedersachsen	3361	LK Verden	8.6	707	2.5	13.7	958	-70	16.0
Niedersachsen	3451	LK Ammerland	8.6	776	2.8	13.5	894	-49	15.4

Bundesland	Kreisnummer	Landkreis (LK), Stadtkreis (SK)	T_{1-12} [°C]	N_{1-12} [mm]	T_{11-1} [°C]	T_{4-8} [°C]	S_{4-8} [h]	W_{4-8} [mm]	TI_{5-8} [°C/mm]
Niedersachsen	3452	LK Aurich	8.7	801	3.2	13.2	986	-60	15.3
Niedersachsen	3453	LK Cloppenburg	8.8	766	2.8	13.7	882	-50	15.7
Niedersachsen	3454	LK Emsland	9.0	754	3.0	13.8	902	-61	16.3
Niedersachsen	3455	LK Friesland	8.7	802	3.0	13.2	963	-49	15.0
Niedersachsen	3456	LK Grafschaft Bentheim	9.2	762	3.3	14.1	914	-70	16.6
Niedersachsen	3457	LK Leer	8.8	732	3.1	13.4	950	-58	15.8
Niedersachsen	3458	LK Oldenburg	8.7	728	2.6	13.6	909	-62	16.0
Niedersachsen	3459	LK Osnabrück	8.9	782	2.8	13.9	907	-54	16.0
Niedersachsen	3460	LK Vechta	8.8	735	2.8	13.8	908	-65	16.3
Niedersachsen	3461	LK Wesermarsch	8.8	716	2.9	13.5	945	-69	16.3
Niedersachsen	3462	LK Wittmund	8.6	820	3.1	13.1	971	-49	14.9
Hessen	6411	SK Darmstadt	9.7	714	2.5	15.3	1011	-82	17.0
Hessen	6412	SK Frankfurt am Main	9.7	690	2.6	15.4	992	-116	19.4
Hessen	6413	SK Offenbach	10.0	673	2.8	15.8	1011	-116	19.3
Hessen	6414	SK Wiesbaden	9.5	665	2.5	15.2	954	-117	18.5
Hessen	6431	LK Bergstraße	10.1	719	2.8	15.8	1009	-81	17.0
Hessen	6432	LK Darmstadt-Dieburg	9.4	762	2.3	15.0	999	-64	16.1
Hessen	6433	LK Groß-Gerau	10.0	632	2.7	15.8	982	-119	19.1
Hessen	6434	LK Hochtaunus	8.6	773	1.6	14.1	960	-60	16.4
Hessen	6435	LK Main-Kinzig	8.8	805	1.7	14.4	967	-51	16.0
Hessen	6436	LK Main-Taunus	9.7	681	2.5	15.3	976	-113	18.9
Hessen	6437	LK Odenwald	8.7	952	1.7	14.1	991	6	13.2
Hessen	6438	LK Offenbach	9.6	710	2.4	15.2	999	-95	17.8
Hessen	6439	LK Rheingau-Taunus	8.3	747	1.5	13.7	934	-50	15.6
Hessen	6440	LK Wetterau	9.0	693	2.0	14.6	967	-95	17.6
Hessen	6531	LK Gießen	8.7	703	1.7	14.2	951	-92	17.3
Hessen	6532	LK Lahn-Dill	8.3	768	1.5	13.7	939	-70	16.4
Hessen	6533	LK Limburg-Weilburg	8.9	732	2.0	14.3	936	-82	17.0
Hessen	6534	LK Marburg-Biedenkopf	8.2	725	1.5	13.6	912	-83	16.9
Hessen	6535	LK Vogelsberg	7.7	792	0.9	13.1	916	-30	14.9
Hessen	6611	SK Kassel	8.7	645	1.9	14.1	920	-79	17.2
Hessen	6631	LK Fulda	7.6	766	0.8	13.1	913	-21	14.7
Hessen	6632	LK Hersfeld-Rotenburg	8.0	726	1.2	13.5	903	-36	15.6

Bundesland	Kreisnummer	Landkreis (LK), Stadtkreis (SK)	T_{1-12} [°C]	N_{1-12} [mm]	T_{11-1} [°C]	T_{4-8} [°C]	S_{4-8} [h]	W_{4-8} [mm]	TI_{5-8} [°C/mm]
Hessen	6633	LK Kassel	8.1	728	1.5	13.3	889	-41	15.1
Hessen	6634	LK Schwalm-Eder	8.1	669	1.4	13.5	910	-70	16.4
Hessen	6635	LK Waldeck-Frankenberg	7.6	727	1.2	12.8	880	-49	15.5
Hessen	6636	LK Werra-Meißner	7.9	746	1.3	13.2	886	-28	14.9
Rheinland-Pfalz	7111	SK Koblenz	9.7	705	3.1	14.9	855	-60	16.5
Rheinland-Pfalz	7131	LK Ahrweiler	8.8	727	2.4	13.8	856	-43	15.9
Rheinland-Pfalz	7132	LK Altenkirchen	8.7	971	2.1	13.9	867	14	13.1
Rheinland-Pfalz	7133	LK Bad Kreuznach	8.8	648	2.1	14.2	966	-122	18.6
Rheinland-Pfalz	7134	LK Birkenfeld	7.6	870	1.2	12.7	945	-27	14.5
Rheinland-Pfalz	7135	LK Cochem-Zell	8.0	773	1.5	13.2	899	-50	15.4
Rheinland-Pfalz	7137	LK Mayen-Koblenz	8.9	700	2.4	14.1	868	-70	16.7
Rheinland-Pfalz	7138	LK Neuwied	9.1	788	2.5	14.3	842	-28	15.4
Rheinland-Pfalz	7140	LK Rhein-Hunsrück-Kreis	7.9	771	1.4	13.1	906	-40	14.8
Rheinland-Pfalz	7141	LK Rhein-Lahn-Kreis	8.5	733	1.9	13.8	900	-56	16.0
Rheinland-Pfalz	7143	LK Westerwaldkreis	8.3	922	1.7	13.5	890	3	13.7
Rheinland-Pfalz	7211	SK Trier	9.1	795	2.5	14.3	921	-71	16.4
Rheinland-Pfalz	7231	LK Bernkastel-Wittlich	8.3	822	1.8	13.4	923	-37	15.2
Rheinland-Pfalz	7232	LK Bitburg-Prüm	8.1	849	1.7	13.2	908	-42	15.1
Rheinland-Pfalz	7233	LK Daun	7.4	842	1.1	12.4	907	-17	14.5
Rheinland-Pfalz	7235	LK Trier-Saarburg	8.4	910	1.9	13.6	924	-20	14.5
Rheinland-Pfalz	7311	SK Frankenthal	10.1	556	2.9	15.8	1015	-151	20.6
Rheinland-Pfalz	7312	SK Kaiserslautern	9.1	714	2.2	14.5	881	-101	17.7
Rheinland-Pfalz	7313	SK Landau i.d.Pfalz	9.8	735	2.7	15.5	1022	-120	18.3
Rheinland-Pfalz	7314	SK Ludwigshafen	10.2	560	2.9	15.9	1015	-143	20.6
Rheinland-Pfalz	7315	SK Mainz	9.7	631	2.5	15.4	961	-132	19.4
Rheinland-Pfalz	7316	SK Neustadt a.d.Weinstrasse	10.0	582	2.8	15.7	1004	-144	21.9
Rheinland-Pfalz	7317	SK Pirmasens	7.7	936	1.3	12.8	964	0	12.7
Rheinland-Pfalz	7318	SK Speyer	10.3	664	3.0	16.0	1005	-106	19.4
Rheinland-Pfalz	7319	SK Worms	10.1	595	2.8	15.8	998	-143	19.7
Rheinland-Pfalz	7320	SK Zweibrücken	8.6	882	1.9	13.9	977	-46	15.2
Rheinland-Pfalz	7331	LK Alzey-Worms	9.5	582	2.4	15.1	990	-148	20.1
Rheinland-Pfalz	7332	LK Bad Dürkheim	9.6	601	2.5	15.2	992	-146	19.9
Rheinland-Pfalz	7333	LK Donnersbergkreis	9.0	647	1.9	14.5	969	-122	18.4

Bundesland	Kreisnummer	Landkreis (LK), Stadtkreis (SK)	T_{1-12} [°C]	N_{1-12} [mm]	T_{11-1} [°C]	T_{4-8} [°C]	S_{4-8} [h]	W_{4-8} [mm]	TI_{5-8} [°C/mm]
Rheinland-Pfalz	7334	LK Germersheim	10.1	744	2.8	15.7	1016	-102	17.6
Rheinland-Pfalz	7335	LK Kaiserslautern	8.6	797	1.8	13.9	925	-65	15.7
Rheinland-Pfalz	7336	LK Kusel	8.3	839	1.7	13.6	954	-58	15.4
Rheinland-Pfalz	7337	LK Südliche Weinstrasse	9.9	751	2.7	15.6	1028	-110	17.9
Rheinland-Pfalz	7338	LK Ludwigshafen	10.1	596	2.9	15.8	1007	-139	20.2
Rheinland-Pfalz	7339	LK Mainz-Bingen	9.5	605	2.5	15.1	969	-142	19.8
Rheinland-Pfalz	7340	LK Südwestpfalz	8.2	904	1.6	13.4	962	-25	13.9
Baden-Württemberg	8128	LK Main-Tauber-Kreis	8.2	729	1.1	13.8	980	-60	15.8
Saarland	10041	LK Stadtverband Saarbrücken	9.4	897	2.5	14.7	971	-36	15.5
Saarland	10042	LK Merzig-Wadern	8.7	955	2.1	13.9	968	-27	14.9
Saarland	10043	LK Neunkirchen	8.8	917	2.0	14.1	972	-37	15.2
Saarland	10044	LK Saarlouis	9.2	857	2.4	14.5	1009	-69	16.4
Saarland	10045	LK Saar-Pfalz-Kreis	8.9	912	2.1	14.2	994	-30	14.9
Saarland	10046	LK Sankt Wendel	8.4	1003	1.6	13.7	970	-1	14.1
Berlin	11000	SK Berlin	9.0	574	1.8	14.9	1048	-152	20.8
Brandenburg	12051	SK Brandenburg a.d. Havel	8.8	520	1.8	14.6	1021	-174	22.3
Brandenburg	12052	SK Cottbus	8.9	559	1.5	14.9	1055	-143	20.3
Brandenburg	12053	SK Frankfurt (Oder)	8.6	572	1.2	14.6	1068	-147	19.8
Brandenburg	12054	SK Potsdam	8.9	546	1.6	14.9	1062	-168	21.4
Brandenburg	12060	LK Barnim	8.6	578	1.5	14.6	1057	-148	20.0
Brandenburg	12061	LK Dahme-Spreewald	8.9	545	1.6	14.8	1047	-156	21.1
Brandenburg	12062	LK Elbe-Elster	8.8	558	1.6	14.6	1002	-147	20.5
Brandenburg	12063	LK Havelland	8.8	533	1.7	14.6	1004	-170	22.0
Brandenburg	12064	LK Märkisch-Oderland	8.6	524	1.4	14.6	1060	-165	21.3
Brandenburg	12065	LK Oberhavel	8.5	560	1.4	14.3	1044	-150	20.5
Brandenburg	12066	LK Oberspreewald-Lausitz	8.9	575	1.6	14.8	1022	-143	20.3
Brandenburg	12067	LK Oder-Spree	8.7	556	1.3	14.7	1062	-157	20.6
Brandenburg	12068	LK Ostprignitz-Ruppin	8.4	550	1.5	14.1	1031	-162	21.2
Brandenburg	12069	LK Potsdam-Mittelmark	8.8	551	1.7	14.6	1026	-162	21.6
Brandenburg	12070	LK Prignitz	8.2	587	1.5	13.7	1017	-136	19.5
Brandenburg	12071	LK Spree-Neiße	8.9	578	1.5	14.9	1048	-140	20.0
Brandenburg	12073	LK Uckermark	8.1	541	1.0	13.9	1084	-148	19.6
Mecklenburg-Vorpommern	13001	SK Greifswald	7.9	573	1.6	13.1	1143	-138	19.3

Bundesland	Kreisnummer	Landkreis (LK), Stadtkreis (SK)	T_{1-12} [°C]	N_{1-12} [mm]	T_{11-1} [°C]	T_{4-8} [°C]	S_{4-8} [h]	W_{4-8} [mm]	TI_{5-8} [°C/mm]
Mecklenburg-Vorpommern	13002	SK Neubrandenburg	8.0	540	1.1	13.6	1073	-135	19.2
Mecklenburg-Vorpommern	13003	SK Rostock	8.2	604	2.0	13.2	1095	-118	17.6
Mecklenburg-Vorpommern	13004	SK Schwerin	8.3	623	1.9	13.6	1045	-119	18.5
Mecklenburg-Vorpommern	13005	SK Stralsund	8.0	638	1.8	13.1	1145	-114	17.3
Mecklenburg-Vorpommern	13006	SK Wismar	8.4	593	2.2	13.5	1075	-132	19.0
Mecklenburg-Vorpommern	13051	LK Bad Doberan	8.0	625	1.8	13.1	1075	-107	17.3
Mecklenburg-Vorpommern	13052	LK Demmin	8.0	562	1.4	13.5	1087	-137	19.1
Mecklenburg-Vorpommern	13053	LK Güstrow	8.1	599	1.6	13.4	1061	-122	18.2
Mecklenburg-Vorpommern	13054	LK Ludwigslust	8.4	627	1.9	13.7	1031	-120	18.4
Mecklenburg-Vorpommern	13055	LK Mecklenburg-Strelitz	7.8	568	1.0	13.5	1075	-136	18.7
Mecklenburg-Vorpommern	13056	LK Müritz	8.0	573	1.2	13.6	1054	-138	19.2
Mecklenburg-Vorpommern	13057	LK Nordvorpommern	8.0	621	1.7	13.1	1111	-113	17.5
Mecklenburg-Vorpommern	13058	LK Nordwestmecklenburg	8.3	628	2.1	13.3	1063	-118	18.1
Mecklenburg-Vorpommern	13059	LK Ostvorpommern	8.0	561	1.5	13.4	1147	-145	19.7
Mecklenburg-Vorpommern	13060	LK Parchim	8.1	606	1.5	13.6	1047	-123	18.6
Mecklenburg-Vorpommern	13061	LK Rügen	8.0	593	2.1	12.9	1174	-148	18.6
Mecklenburg-Vorpommern	13062	LK Uecker-Randow	8.0	538	1.1	13.7	1102	-150	19.6
Sachsen	14161	SK Chemnitz	8.0	783	1.0	13.5	915	17	13.5
Sachsen	14166	SK Plauen	7.3	650	0.3	12.9	906	-19	14.6
Sachsen	14167	SK Zwickau	8.1	693	1.1	13.7	897	-22	14.6
Sachsen	14171	LK Annaberg	6.6	904	-0.2	12.0	879	106	10.9
Sachsen	14173	LK Chemnitzer Land	8.2	696	1.2	13.8	909	-29	15.0
Sachsen	14177	LK Freiberg	7.3	820	0.4	12.7	908	40	12.5
Sachsen	14178	LK Vogtlandkreis	7.0	728	0.0	12.6	888	24	13.3
Sachsen	14181	LK Mittlerer Erzgebirgskreis	7.0	877	0.1	12.5	893	87	11.3
Sachsen	14182	LK Mittweida	8.3	718	1.2	13.9	917	-36	15.4
Sachsen	14188	LK Stollberg	7.4	863	0.6	12.8	899	73	11.7
Sachsen	14191	LK Aue-Schwarzenberg	7.0	908	0.3	12.4	877	104	10.9
Sachsen	14193	LK Zwickauer Land	7.9	717	0.9	13.5	893	-2	14.2
Sachsen	14262	SK Dresden	8.6	683	1.3	14.3	953	-72	16.2
Sachsen	14263	SK Görlitz	8.3	634	0.9	14.2	1014	-92	17.2
Sachsen	14264	SK Hoyerswerda	9.0	621	1.5	15.0	1017	-131	19.8
Sachsen	14272	LK Bautzen	8.4	681	1.0	14.3	991	-83	16.8

Bundesland	Kreisnummer	Landkreis (LK), Stadtkreis (SK)	T_{1-12} [°C]	N_{1-12} [mm]	T_{11-1} [°C]	T_{4-8} [°C]	S_{4-8} [h]	W_{4-8} [mm]	TI_{5-8} [°C/mm]
Sachsen	14280	LK Meißen-Radebeul	8.7	639	1.5	14.4	947	-100	17.7
Sachsen	14284	LK Niederschlesischer Oberlausitzk	8.4	652	1.1	14.4	1016	-88	16.9
Sachsen	14285	LK Riesa-Großenhain	9.0	582	1.7	14.8	965	-134	19.8
Sachsen	14286	LK Löbau-Zittau	7.8	692	0.4	13.7	995	-51	15.5
Sachsen	14287	LK Sächsische Schweiz	8.0	737	0.7	13.8	945	-33	14.5
Sachsen	14290	LK Weißeritzkreis	7.3	785	0.2	12.9	920	14	13.3
Sachsen	14292	LK Kamenz	8.6	679	1.3	14.5	984	-96	17.6
Sachsen	14365	SK Leipzig	9.1	568	2.0	14.8	939	-130	20.4
Sachsen	14374	LK Delitzsch	9.1	561	2.0	14.9	946	-142	20.9
Sachsen	14375	LK Döbeln	8.5	666	1.4	14.2	927	-84	17.4
Sachsen	14379	LK Leipziger Land	8.9	591	1.8	14.7	925	-105	19.2
Sachsen	14383	LK Muldentalkreis	8.8	615	1.7	14.6	927	-112	19.1
Sachsen	14389	LK Torgau-Oschatz	8.8	577	1.7	14.6	962	-136	20.2
Sachsen-Anhalt	15101	SK Dessau	9.2	533	2.1	15.0	961	-155	21.7
Sachsen-Anhalt	15151	LK Anhalt-Zerbst	8.9	540	1.8	14.7	977	-151	21.7
Sachsen-Anhalt	15153	LK Bernburg	9.1	470	2.0	14.8	945	-162	23.1
Sachsen-Anhalt	15154	LK Bitterfeld	9.3	520	2.2	15.2	951	-159	22.2
Sachsen-Anhalt	15159	LK Köthen	9.1	498	1.9	14.9	953	-159	22.3
Sachsen-Anhalt	15171	LK Wittenberg	9.0	548	1.7	14.9	1010	-157	21.8
Sachsen-Anhalt	15202	SK Halle (Saale)	9.3	489	2.2	15.0	917	-159	22.7
Sachsen-Anhalt	15256	LK Burgenlandkreis	8.6	566	1.6	14.3	929	-104	19.0
Sachsen-Anhalt	15260	LK Mansfelder Land	8.3	522	1.4	13.9	940	-137	21.0
Sachsen-Anhalt	15261	LK Merseburg-Querfurt	8.9	512	1.9	14.6	926	-139	21.2
Sachsen-Anhalt	15265	LK Saalkreis	9.0	496	1.9	14.7	923	-154	22.2
Sachsen-Anhalt	15266	LK Sangerhausen	8.1	527	1.2	13.7	952	-134	20.7
Sachsen-Anhalt	15268	LK Weißenfels	9.1	537	2.0	14.8	938	-123	20.6
Sachsen-Anhalt	15303	SK Magdeburg	8.9	482	1.9	14.5	997	-176	23.3
Sachsen-Anhalt	15352	LK Aschersleben-Staßfurt	8.7	495	1.9	14.4	929	-143	21.8
Sachsen-Anhalt	15355	LK Bördekreis	8.7	516	1.9	14.3	954	-145	21.5
Sachsen-Anhalt	15357	LK Halberstadt	8.6	541	2.0	14.1	915	-111	19.6
Sachsen-Anhalt	15358	LK Jerichower Land	8.8	509	1.8	14.5	994	-171	22.6
Sachsen-Anhalt	15362	LK Ohre-Kreis	8.7	533	1.9	14.3	965	-150	21.3
Sachsen-Anhalt	15363	LK Stendal	8.5	530	1.7	14.1	994	-162	21.4

Bundesland	Kreisnummer	Landkreis (LK), Stadtkreis (SK)	T_{1-12} [°C]	N_{1-12} [mm]	T_{11-1} [°C]	T_{4-8} [°C]	S_{4-8} [h]	W_{4-8} [mm]	TI_{5-8} [°C/mm]
Sachsen-Anhalt	15364	LK Quedlinburg	8.3	526	1.6	13.8	906	-119	20.3
Sachsen-Anhalt	15367	LK Schönebeck	9.1	474	2.0	14.8	960	-170	23.1
Sachsen-Anhalt	15369	LK Wernigerode	8.1	595	1.6	13.4	914	-85	18.0
Sachsen-Anhalt	15370	LK Altmarkkreis Salzwedel	8.5	571	1.8	14.0	988	-137	19.7
Thüringen	16051	SK Erfurt	8.2	535	1.1	13.8	974	-117	18.9
Thüringen	16052	SK Gera	8.1	612	1.1	13.7	949	-64	16.9
Thüringen	16053	SK Jena	8.4	607	1.5	14.0	890	-81	17.5
Thüringen	16054	SK Suhl	0.0		0.0	0.0			
Thüringen	16055	SK Weimar	8.1	588	1.1	13.7	944	-81	17.5
Thüringen	16056	LK Eisenach	7.9	714	1.1	13.4	914	-49	15.8
Thüringen	16061	LK Eichsfeld	7.5	727	0.9	12.8	899	-33	15.1
Thüringen	16062	LK Nordhausen	7.9	633	1.2	13.4	914	-92	17.9
Thüringen	16063	LK Wartburgkreis	7.7	710	0.8	13.2	922	-44	15.7
Thüringen	16064	LK Unstrut-Hainich-Kreis	8.0	593	1.2	13.5	923	-101	18.3
Thüringen	16065	LK Kyffhäuserkreis	8.1	558	1.2	13.6	926	-118	19.4
Thüringen	16066	LK Schmalkalden-Meiningen	7.3	722	0.2	12.9	947	-40	15.6
Thüringen	16067	LK Gotha	7.8	604	0.9	13.4	943	-83	17.6
Thüringen	16068	LK Sömmerda	8.6	513	1.6	14.2	949	-134	20.2
Thüringen	16069	LK Hildburghausen	7.5	752	0.3	13.3	954	-43	15.8
Thüringen	16070	LK Ilm-Kreis	7.5	639	0.5	13.1	939	-53	16.4
Thüringen	16071	LK Weimarer Land	8.2	589	1.2	13.8	929	-80	17.5
Thüringen	16072	LK Sonneberg	7.4	842	0.1	13.2	973	-9	14.6
Thüringen	16073	LK Saalfeld-Rudolstadt	7.4	682	0.2	13.0	932	-30	15.3
Thüringen	16074	LK Saale-Holzland-Kreis	8.3	617	1.3	13.9	911	-69	16.9
Thüringen	16075	LK Saale-Orla-Kreis	7.0	701	-0.1	12.6	920	0	14.1
Thüringen	16076	LK Greiz	7.8	646	0.7	13.4	925	-38	15.5
Thüringen	16077	LK Altenburger Land	8.6	618	1.5	14.3	912	-76	17.4

T = Lufttemperatur, N = Niederschlag, S = Sonnenscheindauer, W = klimatische Wasserbilanz, TI = Trockenindex, 1-12 = Monate Januar bis Dezember
Quelle: Eigene Berechnungen unter Verwendung von Daten des DWD 1998 und ATKIS® VG 250, ©Bundesamt für Kartographie und Geodäsie

Anhang 9: Erläuterungen zum Raumbezugssystem

Das deutsche Gauß-Krüger-System teilt die Fläche der Bundesrepublik in Meridianstreifensysteme ein, die um die Zentralmeridiane 6°, 9°, 12° und 15° eine Ausdehnung von jeweils 1,5° (entspricht etwa 100 km) haben. Die Meridianstreifensysteme werden von Westen nach Osten nummeriert, so dass Deutschland innerhalb des 2. bis 5. Meridianstreifens liegt. Die Gauß-Krüger-Koordinaten werden in metrischen Werten angegeben (Kilometer oder Meter). Der Rechtswert gibt die Lage eines Punktes in West-Ost-Richtung an und bezieht sich auf den Zentralmeridian des jeweiligen Meridianstreifensystems. Der Hochwert gibt die Lage eines Punktes in Nord-Süd-Richtung an und entspricht der Entfernung des Punktes vom Äquator. Durch Umrechnung der Rechtswerte kann der Bezugsmeridian eines Punktes geändert werden. Für diese Transformationen stehen Programme im Internet zur Verfügung (z.B. http://www-ipf.bau-verm.uni-karlsruhe.de/cgi-bin/trafo.tcl).

Die vorliegenden Klimadaten des DWD und die Verwaltungsgrenzen der Bundesrepublik beziehen sich, unter Verwendung des Bessel Ellipsoids, auf das Gauß-Krüger-Koordinatensystem im 3. Meridianstreifen. Die meisten Musterstücke werden ebenfalls mit diesem Raumbezug angegeben. Zu den anderen Musterstücken fehlen zum Teil die Koordinaten oder die Koordinaten beziehen sich auf einen anderen Meridianstreifen oder haben das Krassowski-Ellipsoid als Grundlage. Diskrepanzen treten auch bei der Angabe der Koordinaten in Kilometern (6-stellige Zahlen) und Metern (7-stelligen Zahlen) auf.

Anhang 10: Berechnungsgrundlagen für die variablen Kosten beim Anbau verschiedener Früchte

	Winterweizen	Wintergerste	Winterroggen	Winterraps
Direktkosten				
• Saatgut [€/ha]	**56,67 €**	**48,08 €**	**76,96 € (< 70 dt = 60,57 €)**	**53,55 € (< 35 dt = 45,38 €)**
• Düngung [€/ha]	**y = 111,08 + 1,13 x**	**y = 132,35 + 0,70 x**	**y = 112,08 + 0,97 x**	**y = 177,89 + 0,52 x**
• Pflanzenschutz [€/ha]	**159,04 € (< 70 dt = 122,85 €)**	**129,37 € (< 70 dt = 87,44 €)**	**129,50 € (< 60 dt = 83,80 €)**	**99,17 €**
• Versicherung [€/ha]	**1 % der Leistung**	**1 % der Leistung**	**1 % der Leistung**	**2 % der Leistung**
• Bodenuntersuchung [€/ha]	**8,08 €**	**8,08 €**	**8,08 €**	**8,08 €**
var. Maschinenkosten [€/ha]	**y = 120,66 + 0,43 x**	**y = 114,24 + 0,50 x**	**y = 118,65 + 0,48 x**	**y = 131,83 + 0,58 x**
Lohnmaschinen [€/ha]	**-**	**-**	**-**	**-**
Arbeitszeitbedarf [AKh/ha]	**y = 6,89 + 0,04 x**	**y = 6,10 + 0,05 x**	**y = 5,73 + 0,06 x**	**y = 7,24 + 0,05 x**

	Zuckerrüben	Silomais	Speisekartoffeln	Stärkekartoffeln
Direktkosten				
• Saatgut [€/ha]	**159,32 €**	**161,45 €**	**690,58 €**	**660,24 €**
• Düngung [€/ha]	**y = 151,08 + 0,22 x**	**y = 109,89 + 0,21 x**	**y = 137,47 + 0,22 x**	**y = 120,69 + 0,22 x**
• Pflanzenschutz [€/ha]	**257,28 €**	**118,00 €**	**223,82 €**	**223,82 €**
• Versicherung [€/ha]	**1 % der Leistung**	**1 % der Leistung**	**1 % der Leistung**	**1 % der Leistung**
• Bodenuntersuchung [€/ha]	**8,08 €**	**y = 10,04 + 0,11 x**	**8,08 €**	**8,08 €**
var. Maschinenkosten [€/ha]	**y = 161,03 + 0,26 x**	**y= 89,70 + 0,16 x**	**y = 49,78 + 0,81 x**	**y = 50,14 + 0,72 x**
Lohnmaschinen [€/ha]	**y = 191,31 + 0,13 x**	**y = 164,92 + 0,05 x**	**-**	**-**
Arbeitszeitbedarf [AKh/ha]	**y = 8,89 + 0,02 x**	**y = 5,32 + 0,02 x**	**y = 15,49 + 0,14 x**	**y = 8,96 + 0,07 x**

y = Zielgröße, abhängige Variable in €/ha bzw. in AKh/ha
x = Naturalertrag in dt/ha, unabhängige Variable
Anmerkung: Die Treppenfunktionen bei den Saatgutkosten für Winterroggen und Winterraps resultieren aus dem Anbau von Hybridsorten bei höherem Ertragsniveau. Die Treppenfunktionen bei den Pflanzenschutzkosten für Winterweizen, Wintergerste und Winterroggen resultieren aus der Anpassung der Pflanzenschutzmaßnahmen an das höhere Ertragsniveau.
Quelle: Eigene Berechnungen nach LWK HANNOVER UND WESER-EMS 1998-2003

Anhang 11: Daten zu den Landkreisen im Cluster 1

lfd. Nummer	Landkreis (LK), Stadtkreis (SK)	Bundesland	**Anteile der Bodenarten am Ackerland in den Landkreisen (in %)**									**Durchschnittliche Klima- und Höhenwerte der Landkreise (Periode 1961-1990)**							
			S	Sl	lS	SL	sL	L	LT	T	Mo	N_{1-12} [mm]	T_{1-12} [°C]	T_{11-1} [°C]	T_{4-8} [°C]	S_{4-8} [h]	W_{4-8} [mm]	TI_{5-8} [°C/mm]	Höhe [m üNN]
1.1	LK Gießen	Hessen	0	0	1	5	14	70	9	1	0	703	8,7	1,7	14,2	951	-92	17,3	214
1.2	LK Kassel	Hessen	0	0	2	4	11	71	12	0	0	728	8,1	1,5	13,3	889	-41	15,1	255
1.3	SK Wiesbaden	Hessen	0	0	1	5	22	67	4	0	0	665	9,5	2,5	15,2	954	-117	18,5	171
1.4	LK Goslar	Niedersachsen	0	0	1	3	13	75	7	1	0	756	8,4	1,9	13,7	889	-25	14,8	183
1.5	LK Hameln-Pyrmont	Niedersachsen	0	0	1	2	23	70	5	0	0	805	8,6	2,3	13,7	880	-23	14,7	136
1.6	LK Holzminden	Niedersachsen	0	0	1	1	19	68	9	1	0	828	8,3	1,9	13,5	858	-10	14,1	190
1.7	LK Northeim	Niedersachsen	0	0	1	1	11	76	9	1	0	740	8,3	1,8	13,7	860	-40	15,6	187
1.8	**LK Wolfenbüttel**	**Niedersachsen**	**0**	**0**	**1**	**3**	**11**	**70**	**10**	**3**	**0**	**625**	**8,7**	**2,1**	**14,0**	**918**	**-80**	**17,6**	**119**
1.9	LK Alzey-Worms	Rheinland-Pfalz	1	0	1	2	18	69	10	0	0	582	9,5	2,4	15,1	990	-148	20,1	186
1.10	LK Döbeln	Sachsen	0	1	5	9	16	68	1	0	0	666	8,5	1,4	14,2	927	-84	17,4	225
1.11	LK Meißen-Radebeul	Sachsen	3	7	8	5	8	68	1	0	0	639	8,7	1,5	14,4	947	-100	17,7	196
1.12	LK Bernburg	Sachsen-Anhalt	0	1	3	6	16	72	3	0	0	470	9,1	2,0	14,8	945	-162	23,1	85
1.13	LK Merseburg-Querfurt	Sachsen-Anhalt	0	1	3	6	17	71	2	0	0	512	8,9	1,9	14,6	926	-139	21,2	154
1.14	LK Quedlinburg	Sachsen-Anhalt	1	1	2	4	13	75	5	0	0	526	8,3	1,6	13,8	906	-119	20,3	203
1.15	LK Sangerhausen	Sachsen-Anhalt	0	0	1	6	17	72	4	0	0	527	8,1	1,2	13,8	952	-134	20,7	227
1.16	LK Altenburger Land	Thüringen	0	1	3	6	17	71	2	0	0	618	8,6	1,5	14,3	912	-76	17,4	234

Referenzlandkreis hervorgehoben (**fett**)
Quelle: Siehe Kapitel 5.1.3; Eigene Berechnungen nach DWD 1998 und LP DAAC 2003

lfd. Nummer	Landkreis (LK), Stadtkreis (SK)	**Anbauanteile der ausgewählten Früchte am Ackerland der Landkreise (Durchschnitt 1995 und 1999, in %)**							**Naturalerträge der ausgewählten Früchte (Durchschnitt 1997-2002, in dt/ha)**						
		WW	ROG	WG	Kart.	ZR	WR	SM	WW	ROG	WG	Kart.	ZR	WR	SM
1.1	LK Gießen	27	2	10	1	3	12	4	68,6	57,0	60,9	364,4	596,8	31,2	484,1
1.2	LK Kassel	29	5	19	0	4	15	3	73,4	53,9	63,8	408,8	556,1	30,3	466,7
1.3	SK Wiesbaden	29	7	7	3	14	6	2	74,7	52,6	65,7	402,6	586,7	33,5	468,3
1.4	LK Goslar	47	2	11	0	19	4	1	85,1	74,7	78,5	-	553,9	34,2	500,9
1.5	LK Hameln-Pyrmont	41	3	13	1	12	9	2	83,7	74,2	73,1	411,5	574,3	33,4	478,5
1.6	LK Holzminden	34	2	18	0	6	14	4	82,1	74,7	71,9	411,6	561,0	34,1	457,9
1.7	LK Northeim	40	2	17	0	10	9	3	83,6	70,9	74,1	359,4	558,3	34,9	463,5
1.8	**LK Wolfenbüttel**	**48**	**1**	**9**	**0**	**24**	**2**	**0**	**87,1**	**73,7**	**80,3**	**460,3**	**539,3**	**34,5**	**-**

lfd. Nummer	Landkreis (LK), Stadtkreis (SK)	**Anbauanteile der ausgewählten Früchte am Ackerland der Landkreise (Durchschnitt 1995 und 1999, in %)**							**Naturalerträge der ausgewählten Früchte (Durchschnitt 1997-2002, in dt/ha)**						
		WW	ROG	WG	Kart.	ZR	WR	SM	WW	ROG	WG	Kart.	ZR	WR	SM
1.9	LK Alzey-Worms	26	2	2	2	21	0	0	73,3	65,5	67,1	340,8	599,5	-	-
1.10	LK Döbeln	32	3	11	2	7	14	7	76,1	76,0	71,9	359,8	552,5	37,0	488,4
1.11	LK Meißen-Radebeul	30	5	11	1	6	12	5	77,3	64,7	75,1	349,7	586,6	-	476,1
1.12	LK Bernburg	35	3	12	1	9	11	3	67,3	72,6	72,0	-	440,6	32,1	385,5
1.13	LK Merseburg-Querfurt	37	1	13	1	8	11	5	76,2	74,0	73,7	431,9	551,7	34,4	406,5
1.14	LK Quedlinburg	35	3	12	1	5	14	3	74,3	73,4	74,1	-	515,2	34,0	405,6
1.15	LK Sangerhausen	26	6	13	0	3	13	3	74,9	67,8	68,1	-	508,4	33,3	424,2
1.16	LK Altenburger Land	29	3	15	1	6	14	7	74,9	78,5	71,1	397,9	557,6	37,6	511,1

Referenzlandkreis hervorgehoben (**fett**)
Quelle: STATISTISCHES BUNDESAMT 1995, 1999; STATISTISCHES BUNDESAMT 1997-2002

lfd. Nummer	Landkreis (LK), Stadtkreis (SK)	**Deckungsbeiträge der ausgewählten Früchte (inkl. ertragsabhängiger Lohnansatz, in Euro/ha)**						
		WW	ROG	WG	Kart.	ZR	WR	SM
1.1	LK Gießen	199,81	25,90	99,30	839,38	771,13	86,69	480,22
1.2	LK Kassel	211,56	0,67	125,40	1092,65	649,45	68,85	437,85
1.3	SK Wiesbaden	224,55	-9,92	142,49	1057,28	740,94	132,28	441,75
1.4	LK Goslar	324,55	107,89	215,75	-	642,87	146,16	521,13
1.5	LK Hameln-Pyrmont	310,63	103,82	167,15	354,63	703,87	130,30	466,59
1.6	LK Holzminden	294,72	107,89	156,36	355,00	664,10	144,18	416,42
1.7	LK Northeim	309,64	76,96	176,15	160,53	656,03	160,04	430,06
1.8	**LK Wolfenbüttel**	**344,44**	**99,75**	**231,95**	**536,43**	**599,22**	**152,11**	**-**
1.9	LK Alzey-Worms	217,86	49,39	155,09	759,95	779,21	-	-
1.10	LK Döbeln	270,73	118,48	156,36	663,61	638,69	193,50	490,69
1.11	LK Meißen-Radebeul	283,23	42,88	185,15	610,49	740,64		460,74
1.12	LK Bernburg	213,23	90,80	157,26	-	304,14	104,53	240,11
1.13	LK Merseburg-Querfurt	269,44	102,19	172,55	530,62	636,30	150,13	291,25
1.14	LK Quedlinburg	249,71	97,31	176,15	-	527,17	142,20	289,05
1.15	LK Sangerhausen	255,94	68,12	164,09	-	506,84	128,32	334,35
1.16	LK Altenburger Land	259,84	138,83	149,16	851,89	653,94	205,40	545,97

Referenzlandkreis hervorgehoben (**fett**)
Quelle: Eigene Berechnungen

Anhang 12: Daten zu den Landkreisen im Cluster 2

lfd. Nummer	Landkreis (LK), Stadtkreis (SK)	Bundesland	**Anteile der Bodenarten am Ackerland in den Landkreisen (in %)**									**Durchschnittliche Klima- und Höhenwerte der Landkreise (Periode 1961-1990)**							
			S	Sl	lS	SL	sL	L	LT	T	Mo	N_{1-12} [mm]	T_{1-12} [°C]	T_{11-1} [°C]	T_{4-8} [°C]	S_{4-8} [h]	W_{4-8} [mm]	TI_{5-8} [°C/mm]	Höhe [m üNN]
2.1	SK Frankfurt	Hessen	2	4	5	4	9	74	3	0	0	690	9,7	2,6	15,4	992	-116	19,4	128
2.2	SK Kassel	Hessen	1	1	2	2	8	81	5	1	0	645	8,7	1,9	14,1	920	-79	17,2	206
2.3	LK Limburg-Weilburg	Hessen	0	0	1	3	13	79	4	0	0	732	8,9	2,0	14,3	936	-82	17,0	227
2.4	LK Wetteraukreis	Hessen	0	0	0	1	8	86	5	0	0	693	9,0	2,0	14,6	967	-95	17,6	181
2.5	**LK Hildesheim**	**Niedersachsen**	**0**	**0**	**0**	**1**	**5**	**86**	**7**	**1**	**0**	**699**	**8,7**	**2,3**	**13,9**	**892**	**-58**	**16,2**	**125**
2.6	SK Salzgitter	Niedersachsen	0	0	0	1	5	90	3	0	0	650	8,7	2,2	14,0	927	-73	17,0	108
2.7	LK Mittweida	Sachsen	0	0	1	7	12	80	0	0	0	718	8,3	1,2	13,9	917	-36	15,4	287
2.8	LK Aschersleben-Staßfurt	Sachsen-Anhalt	1	1	2	5	10	79	2	0	0	495	8,7	1,9	14,4	929	-143	21,8	126
2.9	LK Bördekreis	Sachsen-Anhalt	3	3	2	3	6	77	5	1	0	516	8,7	1,9	14,3	954	-145	21,5	113
2.10	LK Burgenlandkreis	Sachsen-Anhalt	0	0	2	4	11	79	3	0	0	566	8,6	1,6	14,3	929	-104	19,0	213
2.11	LK Halberstadt	Sachsen-Anhalt	1	1	2	5	9	76	7	0	0	541	8,6	2,0	14,1	915	-111	19,6	135
2.12	LK Mansfelder Land	Sachsen-Anhalt	0	0	1	3	9	84	1	0	0	522	8,3	1,4	13,9	940	-137	21,0	203
2.13	LK Weißenfels	Sachsen-Anhalt	1	1	4	6	12	75	1	0	0	537	9,1	2,0	14,8	938	-123	20,6	152

Referenzlandkreis hervorgehoben (**fett**)
Quelle: Siehe Kapitel 5.1.3; Eigene Berechnungen nach DWD 1998 und LP DAAC 2003

lfd. Nummer	Landkreis (LK), Stadtkreis (SK)	**Anbauanteile der ausgewählten Früchte am Ackerland der Landkreise (Durchschnitt 1995 und 1999, in %)**							**Naturalerträge der ausgewählten Früchte (Durchschnitt 1997-2002, in dt/ha)**						
		WW	ROG	WG	Kart.	ZR	WR	SM	WW	ROG	WG	Kart.	ZR	WR	SM
2.1	SK Frankfurt	39	7	7	1	13	2	1	78,1	59,2	68,7	426,6	606,8	37,4	459,6
2.2	SK Kassel	22	11	7	2	1	19	1	77,4	64,6	67,7	355,4	538,8	32,1	470,1
2.3	LK Limburg-Weilburg	29	2	12	1	2	12	8	70,5	56,6	60,1	345,6	544,9	32,2	455,8
2.4	LK Wetteraukreis	39	3	10	2	11	7	5	77,4	63,8	68,9	399,1	583,1	34,9	486,3
2.5	**LK Hildesheim**	**46**	**0**	**10**	**1**	**26**	**2**	**1**	**88,5**	**68,4**	**79,7**	**446,3**	**569,4**	**33,3**	**441,8**
2.6	SK Salzgitter	45	0	12	0	28	0	0	92,2	-	86,3	-	571,3	-	-
2.7	LK Mittweida	25	3	14	3	2	14	10	68,5	65,3	64,7	388,0	503,2	35,5	491,3
2.8	LK Aschersleben-Staßfurt	41	3	10	1	8	12	3	78,0	74,1	78,5	430,5	470,9	35,6	414,2
2.9	LK Bördekreis	44	2	10	5	10	10	4	82,1	82,6	81,7	441,8	503,4	36,1	521,7
2.10	LK Burgenlandkreis	34	2	12	1	5	11	5	73,4	77,2	71,4	-	535,6	35,3	449,4
2.11	LK Halberstadt	46	2	13	1	9	10	2	82,3	83,6	81,1	429,0	512,4	36,7	434,7

lfd. Nummer	Landkreis (LK), Stadtkreis (SK)	**Anbauanteile der ausgewählten Früchte am Ackerland der Landkreise (Durchschnitt 1995 und 1999, in %)**							**Naturalerträge der ausgewählten Früchte (Durchschnitt 1997-2002, in dt/ha)**						
		WW	ROG	WG	Kart.	ZR	WR	SM	WW	ROG	WG	Kart.	ZR	WR	SM
2.12	LK Mansfelder Land	35	3	13	0	7	12	4	74,1	76,7	71,3	311,3	491,0	33,0	438,8
2.13	LK Weißenfels	36	2	14	0	7	14	5	74,7	-	69,3	365,8	569,1	38,1	398,8

Referenzlandkreis hervorgehoben (**fett**)
Quelle: STATISTISCHES BUNDESAMT 1995, 1999; STATISTISCHES BUNDESAMT 1997-2002

lfd. Nummer	Landkreis (LK), Stadt-kreis (SK)	**Deckungsbeiträge der ausgewählten Früchte (inkl. ertragsabhängiger Lohnansatz, in Euro/ha)**						
		WW	ROG	WG	Kart.	ZR	WR	SM
2.1	SK Frankfurt	258,51	43,81	169,49	1194,18	801,03	201,43	420,56
2.2	SK Kassel	251,52	42,07	160,49	788,04	597,73	104,53	446,13
2.3	LK Limburg-Weilburg	182,60	22,65	92,10	732,14	615,97	106,51	411,30
2.4	LK Wetteraukreis	251,52	35,56	171,29	1037,32	730,18	160,04	485,58
2.5	**LK Hildesheim**	**358,36**	**73,00**	**226,55**	**484,27**	**689,22**	**128,32**	**377,21**
2.6	SK Salzgitter	395,14	-	285,94	-	694,90	-	-
2.7	LK Mittweida	227,79	47,77	133,49	811,95	491,29	163,77	497,76
2.8	LK Aschersleben-Staßfurt	288,12	103,01	215,75	525,06	394,72	165,75	310,00
2.9	LK Bördekreis	330,68	172,21	244,54	569,97	491,89	175,66	571,79
2.10	LK Burgenlandkreis	240,37	128,25	151,86	-	588,16	159,80	395,72
2.11	LK Halberstadt	332,76	180,35	239,14	519,09	518,80	187,56	359,92
2.12	LK Mansfelder Land	247,64	124,17	150,96	51,30	454,82	122,37	369,91
2.13	LK Weißenfels	253,86	-	174,89	267,91	688,32	215,31	272,49

Referenzlandkreis hervorgehoben (**fett**)
Quelle: Eigene Berechnungen

Anhang 13: Daten zu den ausgewählten Landkreisen im Cluster 3

lfd. Nummer	Landkreis (LK), Stadt-kreis (SK)	Bundesland	**Anteile der Bodenarten am Ackerland in den Landkreisen (in %)**									**Durchschnittliche Klima- und Höhenwerte der Landkreise (Periode 1961-1990)**							
			S	Sl	lS	SL	sL	L	LT	T	Mo	N_{1-12} [mm]	T_{1-12} [°C]	T_{11-1} [°C]	T_{4-8} [°C]	S_{4-8} [h]	W_{4-8} [mm]	TI_{5-8} [°C/mm]	Höhe [m üNN]
3.1	LK Mainz-Kinzig-Kreis	Hessen	2	5	8	6	18	58	3	0	0	805	8,8	1,7	14,4	967	-51	16,0	224
3.2	LK Schwalm-Eder-Kreis	Hessen	0	1	7	14	19	52	6	0	0	669	8,1	1,4	13,5	910	-70	16,4	263

lfd. Nummer	Landkreis (LK), Stadtkreis (SK)	Bundesland	**Anteile der Bodenarten am Ackerland in den Landkreisen (in %)**									**Durchschnittliche Klima- und Höhenwerte der Landkreise (Periode 1961-1990)**							
			S	Sl	lS	SL	sL	L	LT	T	Mo	N_{1-12} [mm]	T_{1-12} [°C]	T_{11-1} [°C]	T_{4-8} [°C]	S_{4-8} [h]	W_{4-8} [mm]	TI_{5-8} [°C/mm]	Höhe [m üNN]
3.3	LK Vogelsbergkreis	Hessen	0	2	10	8	25	50	5	0	0	792	7,7	0,9	13,1	916	-30	14,9	335
3.4	LK Osterode am Harz	Niedersachsen	0	0	3	3	28	61	4	0	0	836	7,9	1,3	13,2	879	-2	13,8	234
3.5	LK Schaumburg	Niedersachsen	0	0	2	7	28	53	9	1	0	737	8,8	2,6	13,9	888	-46	15,7	92
3.6	LK Rhein-Lahn-Kreis	Rheinland-Pfalz	0	0	1	11	29	58	1	0	0	733	8,5	1,9	13,8	900	-56	16,0	284
3.7	LK Chemnitzer Land	Sachsen	0	0	9	16	23	52	0	0	0	696	8,2	1,2	13,8	909	-29	15,0	307
3.8	LK Leipziger Land	Sachsen	0	1	5	11	27	56	1	0	0	591	8,9	1,8	14,7	925	-105	19,2	162
3.9	LK Löbau-Zittau	Sachsen	2	4	7	10	21	57	0	0	0	692	7,8	0,4	13,7	995	-51	15,5	-
3.10	LK Saalkreis	Sachsen-Anhalt	1	2	8	9	25	54	2	0	0	496	9,0	1,9	14,7	923	-154	22,2	120
3.11	**LK Wernigerode**	**Sachsen-Anhalt**	**0**	**2**	**3**	**10**	**24**	**54**	**7**	**0**	**0**	**595**	**8,1**	**1,6**	**13,4**	**914**	**-85**	**18,0**	**218**
3.12	LK Nordhausen	Thüringen	0	1	3	12	27	47	10	0	0	633	7,9	1,2	13,4	914	-92	17,9	242

Referenzlandkreis hervorgehoben (**fett**)
Quelle: Siehe Kapitel 5.1.3; Eigene Berechnungen nach DWD 1998 und LP DAAC 2003

lfd. Nummer	Landkreis (LK), Stadtkreis (SK)	**Anbauanteile der ausgewählten Früchte am Ackerland der Landkreise (Durchschnitt 1995 und 1999, in %)**							**Naturalerträge der ausgewählten Früchte (Durchschnitt 1997-2002, in dt/ha)**						
		WW	ROG	WG	Kart.	ZR	WR	SM	WW	ROG	WG	Kart.	ZR	WR	SM
3.1	LK Mainz-Kinzig-Kreis	27	3	10	1	3	7	10	77,9	61,1	63,2	367,0	600,3	33,7	479,1
3.2	LK Schwalm-Eder-Kreis	32	3	21	0	6	13	4	80,7	63,2	67,5	396,0	566,9	33,4	522,2
3.3	LK Vogelsbergkreis	22	4	19	0	1	11	7	75,7	62,1	62,8	334,9	541,1	33,2	517,8
3.4	LK Osterode am Harz	31	1	19	0	3	16	4	78,2	67,0	68,6	370,8	518,8	32,3	453,7
3.5	LK Schaumburg	35	2	14	1	4	13	4	83,3	72,9	73,0	414,3	577,6	33,7	439,2
3.6	LK Rhein-Lahn-Kreis	27	1	15	0	0	13	6	71,2	55,4	61,5	354,1	-	31,4	469,2
3.7	LK Chemnitzer Land	23	3	12	2	1	15	10	67,8	60,3	66,7	397,5	497,3	35,5	428,3
3.8	LK Leipziger Land	27	4	16	1	4	13	7	69,3	65,0	68,8	434,7	541,2	34,2	432,5
3.9	LK Löbau-Zittau	29	4	15	1	4	13	11	68,9	68,2	66,0	365,8	502,0	35,8	515,8
3.10	LK Saalkreis	32	3	13	0	9	10	3	68,2	61,2	75,8	340,7	494,7	34,3	404,9
3.11	**LK Wernigerode**	**39**	**2**	**14**	**0**	**7**	**10**	**6**	**83,3**	**75,7**	**80,6**	**-**	**545,2**	**37,4**	**478,5**
3.12	LK Nordhausen	32	6	14	1	2	16	5	68,3	63,5	65,8	363,3	488,7	34,5	454,1

Referenzlandkreis hervorgehoben (**fett**)
Quelle: STATISTISCHES BUNDESAMT 1995, 1999; STATISTISCHES BUNDESAMT 1997-2002

lfd. Nummer	Landkreis (LK), Stadtkreis (SK)	**Deckungsbeiträge der ausgewählten Früchte (inkl. ertragsabhängiger Lohnansatz, in Euro/ha)**						
		WW	ROG	WG	Kart.	ZR	WR	SM
3.1	LK Mainz-Kinzig-Kreis	256,51	13,58	120,00	854,21	781,60	136,25	468,05
3.2	LK Schwalm-Eder-Kreis	284,48	30,67	158,69	1019,63	681,74	130,30	573,01
3.3	LK Vogelsbergkreis	234,54	21,72	116,40	671,10	604,61	126,34	562,29
3.4	LK Osterode am Harz	255,94	61,61	168,59	203,00	537,93	108,50	406,19
3.5	LK Schaumburg	306,65	93,24	166,26	365,06	713,73	136,25	370,88
3.6	LK Rhein-Lahn-Kreis	196,67	12,88	104,70	838,34	-	90,66	443,94
3.7	LK Chemnitzer Land	220,51	7,06	151,49	861,93	473,65	163,77	344,34
3.8	LK Leipziger Land	236,12	45,32	170,39	1057,61	604,90	146,16	354,56
3.9	LK Löbau-Zittau	231,96	71,37	145,19	695,18	487,71	169,71	557,42
3.10	LK Saalkreis	222,58	14,39	191,45	168,15	465,88	148,14	287,35
3.11	**LK Wernigerode**	**343,14**	**116,03**	**234,65**	**-**	**616,86**	**201,43**	**466,59**
3.12	LK Nordhausen	227,17	33,11	163,19	671,37	447,94	152,11	407,16

Referenzlandkreis hervorgehoben (**fett**)
Quelle: Eigene Berechnungen

Anhang 14: Daten zu den Landkreisen im Cluster 15

lfd. Nummer	Landkreis (LK), Stadtkreis (SK)	Bundesland	**Anteile der Bodenarten am Ackerland in den Landkreisen (in %)**									**Durchschnittliche Klima- und Höhenwerte der Landkreise (Periode 1961-1990)**							
			S	Sl	lS	SL	sL	L	LT	T	Mo	N_{1-12} [mm]	T_{1-12} [°C]	T_{11-1} [°C]	T_{4-8} [°C]	S_{4-8} [h]	W_{4-8} [mm]	TI_{5-8} [°C/mm]	Höhe [m üNN]
15.1	LK Fulda	Hessen	0	12	17	10	16	28	16	1	0	766	7,6	0,8	13,1	913	-21	14,7	347
15.2	LK Werra-Meißner-Kreis	Hessen	0	3	14	19	14	33	16	1	0	746	7,9	1,3	13,2	886	-28	14,9	277
15.3	LK Helmstedt	Niedersachsen	5	10	14	11	9	37	10	4	0	593	8,8	2,2	14,2	917	-108	19,1	111
15.4	LK Saar-Pfalz-Kreis	Saarland	1	5	6	4	3	22	10	4	0	912	8,9	2,1	14,2	994	-30	14,9	288
15.5	LK Ilm-Kreis	Thüringen	0	6	11	9	9	30	22	13	0	639	7,5	0,5	13,1	939	-53	16,4	385
15.6	**LK Saale-Holzland-Kreis**	**Thüringen**	**2**	**11**	**14**	**10**	**15**	**33**	**11**	**4**	**0**	**617**	**8,3**	**1,3**	**13,9**	**911**	**-69**	**16,9**	**277**
15.7	LK Schmalkalden-Meiningen	Thüringen	1	14	10	8	9	24	21	13	0	722	7,3	0,2	12,9	947	-40	15,6	399
15.8	LK Wartburgkreis	Thüringen	1	14	11	9	10	35	16	5	0	710	7,7	0,8	13,2	922	-44	15,7	310

Referenzlandkreis hervorgehoben (**fett**)
Quelle: Siehe Kapitel 5.1.3; Eigene Berechnungen nach DWD 1998 und LP DAAC 2003

lfd. Nummer	Landkreis (LK), Stadtkreis (SK)	**Anbauanteile der ausgewählten Früchte am Ackerland der Landkreise (Durchschnitt 1995 und 1999, in %)**							**Naturalerträge der ausgewählten Früchte (Durchschnitt 1997-2002, in dt/ha)**						
		WW	ROG	WG	Kart.	ZR	WR	SM	WW	ROG	WG	Kart.	ZR	WR	SM
15.1	LK Fulda	18	7	20	1	0	9	8	70,8	64,4	64,8	323,4	531,4	34,0	480,1
15.2	LK Werra-Meißner-Kreis	26	3	18	0	4	16	3	74,6	63,4	65,7	350,1	538,4	32,4	511,6
15.3	LK Helmstedt	40	6	11	1	20	2	1	82,5	68,0	74,3	429,5	522,7	33,9	457,7
15.4	LK Saar-Pfalz-Kreis	19	8	6	0	0	5	9	63,4	52,5	53,2	323,4	-	28,2	445,4
15.5	LK Ilm-Kreis	29	5	9	0	1	14	6	65,2	71,3	63,4	-	490,8	32,4	413,5
15.6	**LK Saale-Holzland-Kreis**	**24**	**3**	**14**	**0**	**1**	**14**	**12**	**65,3**	**60,3**	**63,7**	**361,5**	**513,1**	**34,7**	**478,1**
15.7	LK Schmalkalden-Meiningen	17	10	7	0	0	11	7	60,5	58,4	53,5	362,5	508,5	29,8	405,8
15.8	LK Wartburgkreis	21	7	13	1	0	14	10	63,0	63,1	58,3	-	-	32,2	450,6

Referenzlandkreis hervorgehoben (**fett**)
Quelle: STATISTISCHES BUNDESAMT 1995, 1999; STATISTISCHES BUNDESAMT 1997-2002

lfd. Nummer	Landkreis (LK), Stadtkreis (SK)	**Deckungsbeiträge der ausgewählten Früchte (inkl. ertragsabhängiger Lohnansatz, in Euro/ha)**						
		WW	ROG	WG	Kart.	ZR	WR	SM
15.1	LK Fulda	185,59	40,44	134,39	605,50	575,60	142,20	470,48
15.2	LK Werra-Meißner-Kreis	223,55	32,30	142,49	757,81	596,53	110,48	547,19
15.3	LK Helmstedt	298,70	69,75	177,95	421,69	549,59	140,21	415,93
15.4	LK Saar-Pfalz-Kreis	161,72	-10,73	30,01	692,95	-	27,22	385,98
15.5	LK Ilm-Kreis	194,83	80,21	121,80	-	454,22	110,48	308,29
15.6	**LK Saale-Holzland-Kreis**	**195,87**	**7,06**	**124,50**	**661,98**	**520,89**	**156,07**	**465,61**
15.7	LK Schmalkalden-Meiningen	145,80	37,30	32,71	667,20	507,14	58,94	289,54
15.8	LK Wartburgkreis	171,88	29,86	75,90	-	-	106,51	398,64

Referenzlandkreis hervorgehoben (**fett**)
Quelle: Eigene Berechnungen

Anhang 15: Daten zu den Landkreisen im Cluster 19

lfd. Nummer	Landkreis (LK), Stadtkreis (SK)	Bundesland	**Anteile der Bodenarten am Ackerland in den Landkreisen (in %)**									**Durchschnittliche Klima- und Höhenwerte der Landkreise (Periode 1961-1990)**							
			S	Sl	lS	SL	sL	L	LT	T	Mo	N_{1-12} [mm]	T_{1-12} [°C]	T_{11-1} [°C]	T_{4-8} [°C]	S_{4-8} [h]	W_{4-8} [mm]	TI_{5-8} [°C/mm]	Höhe [m üNN]
19.1	LK Uckermark	Brandenburg	14	17	39	24	3	0	1	0	0	541	8,1	1,0	13,9	1084	-148	19,6	-
19.2	SK Offenbach	Hessen	12	22	20	26	16	4	0	0	0	673	10,0	2,8	15,8	1011	-116	19,3	108
19.3	LK Bad Doberan	Mecklenburg-Vorpommern	12	22	38	23	4	0	0	0	0	625	8,0	1,8	13,1	1075	-107	17,3	-
19.4	LK Demmin	Mecklenburg-Vorpommern	11	19	37	24	8	1	0	0	0	562	8,0	1,4	13,5	1087	-137	19,1	36
19.5	**LK Güstrow**	**Mecklenburg-Vorpommern**	**14**	**18**	**33**	**23**	**11**	**1**	**1**	**0**	**0**	**599**	**8,1**	**1,6**	**13,4**	**1061**	**-122**	**18,2**	**37**
19.6	LK Mecklenburg-Strelitz	Mecklenburg-Vorpommern	21	16	32	23	7	1	1	0	0	568	7,8	1,0	13,5	1075	-136	18,7	72
19.7	LK Nordvorpommern	Mecklenburg-Vorpommern	14	22	34	22	7	1	0	0	0	621	8,0	1,7	13,1	1111	-113	17,5	-
19.8	LK Ostvorpommern	Mecklenburg-Vorpommern	25	24	31	15	3	1	1	0	0	561	8,0	1,5	13,4	1147	-145	19,7	-
19.9	LK Rügen	Mecklenburg-Vorpommern	12	19	38	25	7	0	0	0	0	593	8,0	2,1	12,9	1174	-148	18,6	-
19.10	LK Uecker-Randow	Mecklenburg-Vorpommern	24	21	32	20	3	0	0	0	0	538	8,0	1,1	13,7	1102	-150	19,6	-
19.11	SK Wolfsburg	Niedersachsen	22	18	29	18	3	1	4	6	0	599	9,0	2,3	14,4	952	-111	19,3	85
19.12	LK Riesa-Großenhain	Sachsen	13	22	24	14	14	11	1	0	1	582	9,0	1,7	14,8	965	-134	19,8	128
19.13	LK Altmarkkreis Salzwedel	Sachsen-Anhalt	20	22	27	18	6	3	2	1	0	571	8,5	1,8	14,0	988	-137	19,7	50

Referenzlandkreis hervorgehoben (**fett**)
Quelle: Siehe Kapitel 5.1.3; Eigene Berechnungen nach DWD 1998 und LP DAAC 2003

lfd. Nummer	Landkreis (LK), Stadtkreis (SK)	**Anbauanteile der ausgewählten Früchte am Ackerland der Landkreise (Durchschnitt 1995 und 1999, in %)**							**Naturalerträge der ausgewählten Früchte (Durchschnitt 1997-2002, in dt/ha)**						
		WW	ROG	WG	Kart.	ZR	WR	SM	WW	ROG	WG	Kart.	ZR	WR	SM
19.1	LK Uckermark	23	13	11	0	3	13	7	68,4	54,9	63,7	304,9	469,5	34,4	386,8
19.2	SK Offenbach	17	15	15	0	0	17	3	73,4	53,2	63,5	391,9	-	32,4	471,5

lfd. Nummer	Landkreis (LK), Stadtkreis (SK)	**Anbauanteile der ausgewählten Früchte am Ackerland der Landkreise (Durchschnitt 1995 und 1999, in %)**							**Naturalerträge der ausgewählten Früchte (Durchschnitt 1997-2002, in dt/ha)**						
		WW	ROG	WG	Kart.	ZR	WR	SM	WW	ROG	WG	Kart.	ZR	WR	SM
19.3	LK Bad Doberan	27	6	13	3	4	18	6	76,7	70,3	73,3	350,1	485,7	39,9	384,1
19.4	LK Demmin	28	7	13	3	4	18	6	75,6	75,7	72,4	349,5	479,1	39,8	445,1
19.5	**LK Güstrow**	**28**	**6**	**13**	**1**	**4**	**18**	**7**	**74,4**	**62,9**	**71,6**	**322,5**	**453,9**	**38,4**	**375,9**
19.6	LK Mecklenburg-Strelitz	25	9	11	0	3	16	5	67,8	60,0	66,6	-	441,4	37,4	337,4
19.7	LK Nordvorpommern	28	6	16	2	3	19	6	77,5	73,2	74,1	344,4	510,1	40,7	382,6
19.8	LK Ostvorpommern	22	9	13	3	4	17	5	72,6	62,9	71,2	378,7	480,1	38,2	390,7
19.9	LK Rügen	31	4	13	1	3	19	5	76,4	61,8	70,6	-	475,1	39,7	359,7
19.10	LK Uecker-Randow	18	17	10	1	3	15	12	69,0	60,1	66,6	387,8	463,7	36,8	410,5
19.11	SK Wolfsburg	25	18	12	1	17	4	1	73,7	65,1	65,7	416,5	513,5	31,9	461,2
19.12	LK Riesa-Großenhain	18	15	17	2	2	12	8	60,7	47,3	58,5	347,4	511,5	-	406,4
19.13	LK Altmarkkreis Salzwedel	9	17	9	3	5	6	11	59,4	53,4	56,8	335,6	466,6	28,5	360,7

Referenzlandkreis hervorgehoben (**fett**)
Quelle: STATISTISCHES BUNDESAMT 1995, 1999; STATISTISCHES BUNDESAMT 1997-2002

lfd. Nummer	Landkreis (LK), Stadtkreis (SK)	**Deckungsbeiträge der ausgewählten Früchte (inkl. ertragsabhängiger Lohnansatz, in Euro/ha)**						
		WW	ROG	WG	Kart.	ZR	WR	SM
19.1	LK Uckermark	219,63	8,81	124,50	-54,37	390,54	150,13	243,27
19.2	SK Offenbach	211,56	-5,03	122,70	996,25	-	110,48	449,54
19.3	LK Bad Doberan	265,50	72,07	168,95	13,40	438,97	250,99	236,70
19.4	LK Demmin	254,21	116,03	160,86	11,38	419,24	249,01	385,25
19.5	**LK Güstrow**	**241,89**	**28,23**	**153,66**	**-79,61**	**343,90**	**221,26**	**216,73**
19.6	LK Mecklenburg-Strelitz	210,35	4,62	150,59	-	306,53	201,43	122,97
19.7	LK Nordvorpommern	273,71	95,68	176,15	-5,81	511,92	266,85	233,04
19.8	LK Ostvorpommern	223,42	28,23	150,06	109,78	422,23	217,29	252,77
19.9	LK Rügen	262,42	19,27	144,66	-	407,28	247,03	177,28
19.10	LK Uecker-Randow	222,67	5,43	150,59	140,45	373,20	189,54	300,99
19.11	SK Wolfsburg	211,20	46,14	142,49	373,26	522,09	100,57	424,46
19.12	LK Riesa-Großenhain	146,58	-53,06	77,70	598,39	516,11	-	291,00
19.13	LK Altmarkkreis Salzwedel	131,23	-3,40	62,40	147,88	381,87	33,17	179,71

Referenzlandkreis hervorgehoben (**fett**)
Quelle: Eigene Berechnungen

Anhang 16: Daten zu den Landkreisen im Cluster 24

lfd. Nummer	Landkreis (LK), Stadt-kreis (SK)	Bundesland	**Anteile der Bodenarten am Ackerland in den Landkreisen (in %)**									**Durchschnittliche Klima- und Höhenwerte der Landkreise (Periode 1961-1990)**							
			S	Sl	lS	SL	sL	L	LT	T	Mo	N_{1-12} [mm]	T_{1-12} [°C]	T_{11-1} [°C]	T_{4-8} [°C]	S_{4-8} [h]	W_{4-8} [mm]	TI_{5-8} [°C/ mm]	Höhe [m üNN]
24.1	LK Barnim	Brandenburg	38	28	23	8	2	1	1	0	0	578	8,6	1,5	14,6	1057	-148	20,0	-
24.2	LK Elbe-Elster	Brandenburg	41	27	15	9	3	3	1	0	2	558	8,8	1,6	14,6	1002	-147	20,5	3
24.3	LK Havelland	Brandenburg	35	33	20	8	2	1	1	0	1	533	8,8	1,7	14,6	1004	-170	22,0	32
24.4	LK Prignitz	Brandenburg	42	27	19	8	3	0	0	0	0	587	8,2	1,5	13,7	1017	-136	19,5	57
24.5	LK Offenbach	Hessen	27	31	24	13	4	1	0	0	0	710	9,6	2,4	15,2	999	-95	17,8	134
24.6	LK Müritz	Mecklenburg-Vorpommern	30	20	25	17	7	1	0	0	0	573	8,0	1,2	13,6	1054	-138	19,2	72
24.7	**LK Parchim**	**Mecklenburg-Vorpommern**	**43**	**22**	**18**	**12**	**5**	**0**	**1**	**0**	**0**	**606**	**8,1**	**1,5**	**13,6**	**1047**	**-123**	**18,6**	**57**
24.8	LK Diepholz	Niedersachsen	35	26	29	6	0	1	0	0	0	693	8,7	2,6	13,7	913	-78	16,7	39
24.9	LK Nienburg (Weser)	Niedersachsen	35	25	17	7	8	4	2	1	0	684	8,9	2,6	14,0	919	-77	16,8	35
24.10	LK Anhalt-Zerbst	Sachsen-Anhalt	28	26	18	14	4	7	2	0	0	540	8,9	1,8	14,7	977	-151	21,7	82
24.11	LK Jerichower Land	Sachsen-Anhalt	34	19	14	12	8	5	4	2	2	509	8,8	1,8	14,5	994	-171	22,6	49
24.12	LK Wittenberg	Sachsen-Anhalt	36	22	15	10	5	6	6	0	1	548	9,0	1,7	14,9	1010	-157	21,8	84

Referenzlandkreis hervorgehoben (**fett**)
Quelle: Siehe Kapitel 5.1.3; Eigene Berechnungen nach DWD 1998 und LP DAAC 2003

lfd. Nummer	Landkreis (LK), Stadt-kreis (SK)	**Anbauanteile der ausgewählten Früchte am Acker-land der Landkreise (Durchschnitt 1995 und 1999, in %)**							**Naturalerträge der ausgewählten Früchte (Durchschnitt 1997-2002, in dt/ha)**						
		WW	ROG	WG	Kart.	ZR	WR	SM	WW	ROG	WG	Kart.	ZR	WR	SM
24.1	LK Barnim	7	20	8	0	1	8	9	50,4	43,3	49,9	215,4	526,0	27,4	295,8
24.2	LK Elbe-Elster	7	21	9	1	1	6	14	56,2	40,1	52,7	269,6	506,1	25,9	349,0
24.3	LK Havelland	12	23	8	2	2	7	10	57,5	45,8	53,4	261,7	427,1	29,3	341,8
24.4	LK Prignitz	9	20	9	3	1	9	11	61,7	54,0	59,7	290,2	479,4	33,3	351,5
24.5	LK Offenbach	10	23	10	2	1	6	10	76,8	57,1	60,5	411,5	569,3	34,7	470,5
24.6	LK Müritz	16	15	11	1	1	15	8	67,7	57,4	64,1	352,2	457,3	34,5	346,9
24.7	**LK Parchim**	**15**	**16**	**9**	**2**	**2**	**14**	**8**	**67,4**	**49,4**	**63,2**	**313,5**	**455,6**	**33,3**	**372,6**
24.8	LK Diepholz	11	12	18	9	2	5	13	80,7	65,6	67,1	454,8	531,2	32,6	457,6
24.9	LK Nienburg (Weser)	12	12	21	2	3	8	9	82,5	65,6	66,1	420,4	527,7	32,0	457,4
24.10	LK Anhalt-Zerbst	12	24	10	1	3	8	6	66,1	51,6	58,1	357,7	476,9	29,4	308,1

lfd. Nummer	Landkreis (LK), Stadtkreis (SK)	**Anbauanteile der ausgewählten Früchte am Ackerland der Landkreise (Durchschnitt 1995 und 1999, in %)**							**Naturalerträge der ausgewählten Früchte (Durchschnitt 1997-2002, in dt/ha)**						
		WW	ROG	WG	Kart.	ZR	WR	SM	WW	ROG	WG	Kart.	ZR	WR	SM
24.11	LK Jerichower Land	15	19	10	1	3	8	9	59,5	43,7	57,0	291,9	454,6	29,2	320,1
24.12	LK Wittenberg	13	19	10	3	2	8	11	62,0	43,2	61,1	349,2	438,1	27,3	327,1

Referenzlandkreis hervorgehoben (**fett**)
Quelle: STATISTISCHES BUNDESAMT 1995, 1999; STATISTISCHES BUNDESAMT 1997-2002

lfd. Nummer	Landkreis (LK), Stadtkreis (SK)	**Deckungsbeiträge der ausgewählten Früchte (inkl. ertragsabhängiger Lohnansatz, in Euro/ha)**						
		WW	ROG	WG	Kart.	ZR	WR	SM
24.1	LK Barnim	34,09	-85,63	0,31	-383,77	559,46	11,36	21,66
24.2	LK Elbe-Elster	93,88	-111,68	25,51	-184,29	499,96	-18,37	151,22
24.3	LK Havelland	107,28	-65,27	31,81	-213,36	263,77	49,03	133,69
24.4	LK Prignitz	150,57	1,48	88,50	-108,47	420,14	128,32	157,31
24.5	LK Offenbach	245,52	26,72	95,70	1108,05	688,92	156,07	447,10
24.6	LK Müritz	209,33	29,16	128,10	20,48	354,06	152,11	146,11
24.7	**LK Parchim**	**206,25**	**-35,97**	**120,00**	**-109,94**	**348,98**	**128,32**	**208,69**
24.8	LK Diepholz	280,80	50,21	155,09	515,94	575,01	114,44	415,69
24.9	LK Nienburg (Weser)	298,70	50,21	146,09	387,79	564,54	102,55	415,20
24.10	LK Anhalt-Zerbst	200,78	-18,06	74,10	235,72	412,66	51,01	51,62
24.11	LK Jerichower Land	132,26	-82,37	64,20	-25,80	345,99	47,04	80,84
24.12	LK Wittenberg	158,22	-86,44	101,10	201,93	296,66	9,38	97,89

Referenzlandkreis hervorgehoben (**fett**)
Quelle: Eigene Berechnungen

Anhang 17: Klimawerte und deren Bewertung von 126 ausgewählten Musterstücken

Muster-stück Nr.	Landkreis (LK), Stadtkreis (SK)	Bundesland	Bodenart	Zustandsstufe	Entstehung	Bodenzahl	Ackerzahl	Klimazu- und –abrechnung alt [%]	sonstige Ab-rechnungen	T_{1-12} 1881-1930 [°C]	N_{1-12} 1881-1930 [mm]	T_{1-12} 1961-1990 [°C]	N_{1-12} 1961-1990 [mm]	Klimazu- und –abrechnung neu [%]	Acker-zahl neu
4075.09	LK Müritz	Mecklenburg-Vorpommern	S	4	D	20	20	-2		7,8	600	8,0	582	-5	19
3062.33	LK Uckermark	Brandenburg	S	4	D	21	20	-4	Gel. -2%	7,8	580	8,0	574	-7	20
3054.27	LK Prignitz	Brandenburg	S	4	Dg	21	21	-2		8,0	590	8,0	614	4	22
4082.03	LK Nordvor-pommern	Mecklenburg-Vorpommern	S	4	D	21	21	2		7,8	620	8,0	629	8	23
3062.28	LK Uckermark	Brandenburg	S	4	D	22	21	-6		8,0	520	8,4	507	-34	15
3058.29	LK Elbe-Elster	Brandenburg	S	4	D	23	23	-2		8,8	570	8,9	548	-34	15
4084.11	LK Ostvorpom-mern	Mecklenburg-Vorpommern	S	4	D	23	22	-6		7,8	530	8,1	539	-19	19
2334.12	LK Nienburg (Weser)	Niedersachsen	S	4	D	23	25	10		8,4	660	8,9	701	6	24
2346.04	LK Diepholz	Niedersachsen	S	4	D	23	26	12		8,4	670	8,7	704	12	26
3114.05	LK Anhalt-Zerbst	Sachsen-Anhalt	S	4	D	24	23	-4		8,6	540	9,1	526	-45	13
3106.11	LK Altmarkkreis Salzwedel	Sachsen-Anhalt	S	4	D	24	23	-4		8,4	570	8,4	558	-20	19
4071.17	LK Demmin	Mecklenburg-Vorpommern	S	4	D	24	24	-2		7,8	560	8,2	571	-12	21
2345.10	LK Diepholz	Niedersachsen	S	4	D	25	28	10		8,4	660	8,8	687	5	26
4084.05	LK Ostvorpom-mern	Mecklenburg-Vorpommern	S	4	D	25	26	2		7,8	600	7,9	583	-2	24
3051.02	LK Havelland	Brandenburg	S	4	D	26	24	-6		8,2	520	8,8	528	-37	16
3065.26	LK Barnim	Brandenburg	S	4	D	26	25	-4		8,0	570	8,8	548	-32	18
3051.32	LK Havelland	Brandenburg	S	4	Al	26	24	-6		8,2	530	8,7	531	-34	17
4071.08	LK Demmin	Mecklenburg-Vorpommern	S	4	D	26	25	-4		7,6	580	8,0	557	-11	23
4074.03	LK Uecker-Randow	Mecklenburg-Vorpommern	S	4	Al	27	26	-4		7,8	540	8,1	537	-19	22

Muster-stück Nr.	Landkreis (LK), Stadtkreis (SK)	Bundesland	Bodenart	Zustandsstufe	Entstehung	Bodenzahl	Ackerzahl	Klimazu- und –abrechnung alt [%]	sonstige Ab-rechnungen	T_{1-12} 1881-1930 [°C]	N_{1-12} 1881-1930 [mm]	T_{1-12} 1961-1990 [°C]	N_{1-12} 1961-1990 [mm]	Klimazu- und –abrechnung neu [%]	Acker-zahl neu
4075.04	LK Mecklen-burg-Strelitz	Mecklenburg-Vorpommern	S	4	D	27	28	2		8,0	650	7,9	586	-1	27
2345.01	LK Diepholz	Niedersachsen	S	4	D	28	31	10		8,4	660	8,8	645	-6	26
3054.04	LK Prignitz	Brandenburg	S	4	Al	28	27	-2		7,8	610	8,2	640	6	30
3103.06	LK Jerichower Land	Sachsen-Anhalt	S	4	Al	29	27	-8		8,8	510	9,0	479	-55	13
3058.06	LK Elbe-Elster	Brandenburg	Sl	3	D	35	35	0		8,4	570	8,6	586	-4	33
2334.15	LK Nienburg (Weser)	Niedersachsen	Sl	3	D	37	40	8		8,4	660	8,8	700	21	45
3051.28	LK Havelland	Brandenburg	Sl	3	D	38	36	-4		8,2	530	8,8	544	-14	33
4075.02	LK Müritz	Mecklenburg-Vorpommern	Sl	3	D	39	38	-2		7,8	570	7,9	580	-4	37
3051.31	LK Havelland	Brandenburg	Sl	3	D	40	38	-4		8,2	520	8,6	552	-12	35
3065.29	LK Barnim	Brandenburg	Sl	3	D	40	39	-2		8,0	560	8,5	599	-1	40
4089.03	LK Parchim	Mecklenburg-Vorpommern	Sl	3	D	40	40	0		8,0	610	8,1	609	2	41
2345.13	LK Diepholz	Niedersachsen	Sl	3	D	40	42	6		8,4	660	8,8	689	19	47
3051.04	LK Havelland	Brandenburg	Sl	3	D	41	39	-4		8,2	530	8,8	536	-16	34
2334.11	LK Nienburg (Weser)	Niedersachsen	Sl	3	D	41	44	8		8,4	650	9,0	690	18	49
3051.29	LK Havelland	Brandenburg	Sl	3	Al	42	40	-4		8,2	530	8,9	529	-18	34
3065.03	LK Barnim	Brandenburg	lS	3	D	44	42	-4		8,0	560	8,7	580	-19	36
4085.02	LK Ostvorpom-mern	Mecklenburg-Vorpommern	lS	3	D	44	43	0	Ver. -2%	8,0	610	8,1	537	-13	38
3062.29	LK Uckermark	Brandenburg	lS	3	D	44	42	-4		7,8	580	8,0	571	-5	42
3062.06	LK Uckermark	Brandenburg	lS	3	D	44	42	-4		7,8	590	7,9	563	-4	42
2345.05	LK Diepholz	Niedersachsen	lS	3	D	45	47	4		8,4	660	8,7	700	1	46
4082.02	LK Nordvor-pommern	Mecklenburg-Vorpommern	lS	3	D	45	44	-2		7,6	600	8,0	601	0	45
4082.01	LK Nordvor-pommern	Mecklenburg-Vorpommern	lS	3	D	45	44	-2		7,6	610	8,0	630	5	47

Muster-stück Nr.	Landkreis (LK), Stadtkreis (SK)	Bundesland	Bodenart	Zustandsstufe	Entstehung	Bodenzahl	Ackerzahl	Klimazu- und –abrechnung alt [%]	sonstige Ab-rechnungen	T_{1-12} 1881-1930 [°C]	N_{1-12} 1881-1930 [mm]	T_{1-12} 1961-1990 [°C]	N_{1-12} 1961-1990 [mm]	Klimazu- und –abrechnung neu [%]	Acker-zahl neu
3106.02	LK Altmarkkreis Salzwedel	Sachsen-Anhalt	lS	3	LöD	46	48	4		8,2	570	8,5	591	-12	40
3106.09	LK Altmarkkreis Salzwedel	Sachsen-Anhalt	lS	3	LöD	46	46	0		8,4	576	8,6	581	-16	39
3062.09	LK Uckermark	Brandenburg	lS	3	D	46	44	-4		7,8	530	7,9	527	-10	41
2334.19	LK Nienburg (Weser)	Niedersachsen	lS	3	D	46	49	6		8,4	650	8,7	718	4	48
3103.17	LK Jerichower Land	Sachsen-Anhalt	lS	3	Al	47	46	-2		8,4	520	8,6	519	-27	34
3062.35	LK Uckermark	Brandenburg	lS	3	D	47	45	-4		7,8	550	8,3	520	-20	38
4084.12	LK Ostvorpom-mern	Mecklenburg-Vorpommern	lS	3	D	47	46	-2		7,8	560	8,0	558	-7	44
2346.07	LK Diepholz	Niedersachsen	lS	3	D	47	50	6		8,2	700	8,7	712	3	49
4083.03	LK Rügen	Mecklenburg-Vorpommern	lS	3	D	47	48	2		7,8	650	8,0	613	2	48
3065.05	LK Barnim	Brandenburg	lS	3	D	48	46	-4		8,0	549	8,8	562	-24	37
3106.03	LK Altmarkkreis Salzwedel	Sachsen-Anhalt	lS	3	D	48	50	4		8,4	560	8,5	576	-15	41
3054.08	LK Prignitz	Brandenburg	lS	3	D	48	48	0		8,0	620	8,2	596	-5	46
4082.05	LK Nordvor-pommern	Mecklenburg-Vorpommern	lS	3	D	48	48	0		7,8	600	8,0	629	5	50
3051.30	LK Havelland	Brandenburg	lS	3	D	49	47	-4		8,2	530	8,9	525	-32	33
3058.05	LK Elbe-Elster	Brandenburg	lS	3	D	49	49	0		8,6	560	8,7	569	-20	39
4074.04	LK Uecker-Randow	Mecklenburg-Vorpommern	lS	3	D	49	48	-2		8,0	560	8,2	531	-16	41
2334.21	LK Nienburg (Weser)	Niedersachsen	lS	3	Al	49	51	4		8,4	670	8,9	690	-5	47
4084.06	LK Demmin	Mecklenburg-Vorpommern	lS	3	D	50	49	-2		7,8	560	8,2	546	-13	43
2644.03	LK Offenbach	Hessen	lS	4	D	38	40	6		9,2	630	9,7	695	-6	36

Muster-stück Nr.	Landkreis (LK), Stadtkreis (SK)	Bundesland	Bodenart	Zustandsstufe	Entstehung	Bodenzahl	Ackerzahl	Klimazu- und –abrechnung alt [%]	sonstige Ab-rechnungen	T_{1-12} 1881-1930 [°C]	N_{1-12} 1881-1930 [mm]	T_{1-12} 1961-1990 [°C]	N_{1-12} 1961-1990 [mm]	Klimazu- und –abrechnung neu [%]	Acker-zahl neu
3103.02	LK Jerichower Land	Sachsen-Anhalt	lS	4	D	39	38	-2		8,4	540	8,7	509	-28	38
2644.04	LK Offenbach	Hessen	lS	4	D	40	42	4		9,2	630	9,6	700	-4	38
3054.07	LK Prignitz	Brandenburg	lS	4	D	40	40	0		8,0	620	8,2	597	-3	39
2334.22	LK Nienburg (Weser)	Niedersachsen	lS	4	Al	40	42	6		8,4	670	8,7	680	5	42
4079.05	LK Bad Doberan	Mecklenburg-Vorpommern	lS	4	D	40	37	-2	Gel. N -6%	8,0	600	8,0	650	10	44
4071.13	LK Demmin	Mecklenburg-Vorpommern	lS	4	D	41	40	-2		7,8	580	8,1	558	-10	37
3058.28	LK Elbe-Elster	Brandenburg	lS	4	Al	42	42	0		8,8	570	8,9	542	-24	32
2346.14	LK Diepholz	Niedersachsen	lS	4	D	42	44	4		8,4	670	8,6	712	13	47
2345.04	LK Diepholz	Niedersachsen	lS	4	LöD	42	44	4		8,4	650	8,5	717	15	48
2334.18	LK Nienburg (Weser)	Niedersachsen	lS	4	D	42	44	4		8,4	650	8,7	734	16	49
4071.04	LK Demmin	Mecklenburg-Vorpommern	lS	4	D	43	43	0		7,8	570	7,9	577	-3	42
3051.26	LK Havelland	Brandenburg	lS	4	Al	44	42	-4		8,2	530	8,8	536	-24	33
4085.03	LK Ostvorpom-mern	Mecklenburg-Vorpommern	SL	3	D	52	52	0		8,0	610	8,1	533	-12	46
4072.07	LK Demmin	Mecklenburg-Vorpommern	SL	3	D	52	51	-2		7,8	570	8,0	537	-10	47
2644.01	LK Offenbach	Hessen	SL	3	D	54	59	10		9,2	660	9,6	689	-5	52
3051.34	LK Havelland	Brandenburg	SL	3	D	55	54	-2		8,2	530	8,8	528	-20	44
4075.10	LK Müritz	Mecklenburg-Vorpommern	SL	3	D	55	55	0		7,8	590	8,1	557	-8	51
2644.05	LK Offenbach	Hessen	SL	3	D	56	62	10		9,2	660	9,6	689	-5	53
2319.02	SK Wolfsburg	Niedersachsen	SL	3	D	56	57	2		8,4	600	8,7	611	-6	52
4082.04	LK Nordvor-pommern	Mecklenburg-Vorpommern	SL	3	D	56	55	-2		7,6	580	7,9	584	-1	55

Muster-stück Nr.	Landkreis (LK), Stadtkreis (SK)	Bundesland	Bodenart	Zustandsstufe	Entstehung	Bodenzahl	Ackerzahl	Klimazu- und –abrechnung alt [%]	sonstige Ab-rechnungen	T_{1-12} 1881-1930 [°C]	N_{1-12} 1881-1930 [mm]	T_{1-12} 1961-1990 [°C]	N_{1-12} 1961-1990 [mm]	Klimazu- und –abrechnung neu [%]	Acker-zahl neu
4081.02	LK Bad Doberan	Mecklenburg-Vorpommern	SL	3	D	56	56	0		7,8	600	7,8	597	2	57
4086.05	LK Güstrow	Mecklenburg-Vorpommern	SL	3	D	56	56	0		7,8	590	7,9	612	3	58
4089.01	LK Parchim	Mecklenburg-Vorpommern	SL	3	D	57	57	0		8,0	600	8,1	590	-3	55
4071.02	LK Güstrow	Mecklenburg-Vorpommern	SL	3	D	57	57	0		7,8	590	8,0	591	-1	56
4079.07	LK Bad Doberan	Mecklenburg-Vorpommern	SL	3	D	57	52	-2	Gel. O -6%	7,6	620	8,2	618	0	57
3058.27	LK Elbe-Elster	Brandenburg	SL	3	D	58	58	0		8,2	610	8,5	560	-12	51
3062.04	LK Uckermark	Brandenburg	SL	3	D	58	56	-4		7,8	530	8,0	534	-10	52
2334.16	LK Nienburg (Weser)	Niedersachsen	SL	3	Al	58	60	4		8,4	640	9,0	668	-1	57
4072.09	LK Mecklen-burg-Strelitz	Mecklenburg-Vorpommern	SL	3	D	59	57	-4		7,8	500	8,0	538	-10	53
4072.02	LK Mecklen-burg-Strelitz	Mecklenburg-Vorpommern	SL	3	D	59	58	-2		7,8	530	7,8	562	-4	57
3211.06	LK Riesa-Großenhain	Sachsen	SL	4	Vg	44	45	2		8,4	670	8,9	611	-5	42
3211.03	LK Riesa-Großenhain	Sachsen	SL	4	D	45	48	6		8,6	680	9,0	585	-9	41
2346.09	LK Diepholz	Niedersachsen	SL	4	LöD	45	47	4		8,2	660	8,5	716	13	51
2644.02	LK Offenbach	Hessen	SL	4	D	46	50	8		9,2	660	9,6	693	1	47
3106.12	LK Altmarkkreis Salzwedel	Sachsen-Anhalt	SL	4	D	47	47	0		8,4	588	8,4	558	-9	43
3103.03	LK Jerichower Land	Sachsen-Anhalt	SL	4	D	48	47	-2		8,4	500	8,8	507	-19	39
3103.05	LK Jerichower Land	Sachsen-Anhalt	SL	4	Al	49	48	-2		8,4	530	8,7	510	-18	40
3065.06	LK Barnim	Brandenburg	SL	4	D	50	48	-4		8,0	549	8,8	594	-7	47

Muster-stück Nr.	Landkreis (LK), Stadtkreis (SK)	Bundesland	Bodenart	Zustandsstufe	Entstehung	Bodenzahl	Ackerzahl	Klimazu- und –abrechnung alt [%]	sonstige Ab-rechnungen	T_{1-12} 1881-1930 [°C]	N_{1-12} 1881-1930 [mm]	T_{1-12} 1961-1990 [°C]	N_{1-12} 1961-1990 [mm]	Klimazu- und –abrechnung neu [%]	Acker-zahl neu
4071.06	LK Güstrow	Mecklenburg-Vorpommern	SL	4	D	50	50	0		7,8	600	8,0	587	-2	49
3114.09	LK Anhalt-Zerbst	Sachsen-Anhalt	SL	4	D	51	51	0		8,2	600	8,6	596	-5	49
4082.08	LK Nordvor-pommern	Mecklenburg-Vorpommern	SL	4	D	51	51	0		7,8	590	8,0	607	1	51
2346.01	LK Diepholz	Niedersachsen	SL	4	LöD	51	53	4		8,2	650	8,7	708	10	56
4082.06	LK Nordvor-pommern	Mecklenburg-Vorpommern	sL	4	D	53	52	-2		7,6	590	8,0	585	-2	52
4081.01	LK Bad Doberan	Mecklenburg-Vorpommern	sL	4	D	53	53	0		7,8	610	7,8	651	10	59
4084.09	LK Ostvorpom-mern	Mecklenburg-Vorpommern	sL	4	D	54	53	-2		7,8	550	8,1	548	-9	49
4071.09	LK Demmin	Mecklenburg-Vorpommern	sL	4	D	57	56	-2		7,8	580	8,0	566	-5	54
3058.26	LK Elbe-Elster	Brandenburg	sL	4	D	58	58	0		8,2	620	8,6	558	-16	49
2332.02	LK Prignitz	Brandenburg	sL	4	D	58	58	0		8,6	570	8,5	570	-12	51
3054.29	LK Prignitz	Brandenburg	sL	4	D	59	60	2		8,2	620	8,1	562	-7	55
4075.06	LK Müritz	Mecklenburg-Vorpommern	sL	4	D	59	59	0		7,8	580	8,0	548	-7	55
4071.03	LK Demmin	Mecklenburg-Vorpommern	sL	4	D	59	55	-2	Gel.NO -4%	7,8	560	8,0	562	-5	56
4072.01	LK Mecklen-burg-Strelitz	Mecklenburg-Vorpommern	sL	4	D	59	58	-2		7,8	530	7,7	568	0	59
3119.03	LK Burgenland-kreis	Sachsen-Anhalt	L	1	Al	90	94	4		8,6	530	8,6	590	2	91
3118.07	LK Merseburg-Querfurt	Sachsen-Anhalt	L	1	Lö	92	92	0		8,2	520	8,6	494	-10	83
3119.05	LK Weißenfels	Sachsen-Anhalt	L	1	Lö	92	92	0		8,2	500	9,1	522	-4	88

Muster-stück Nr.	Landkreis (LK), Stadtkreis (SK)	Bundesland	Bodenart	Zustandsstufe	Entstehung	Bodenzahl	Ackerzahl	Klimazu- und –abrechnung alt [%]	sonstige Ab-rechnungen	T_{1-12} 1881-1930 [°C]	N_{1-12} 1881-1930 [mm]	T_{1-12} 1961-1990 [°C]	N_{1-12} 1961-1990 [mm]	Klimazu- und –abrechnung neu [%]	Acker-zahl neu
3118.02	LK Merseburg-Querfurt	Sachsen-Anhalt	L	1	Lö	94	92	-2		8,2	490	8,5	507	-9	86
3102.03	LK Bördekreis	Sachsen-Anhalt	L	1	Lö	95	101	6		9,0	520	8,7	502	-8	87
3117.06	LK Aschersle-ben-Straßfurt	Sachsen-Anhalt	L	1	Lö	96	100	4		8,6	520	8,7	483	-11	86
3121.05	LK Sangerhausen	Sachsen-Anhalt	L	1	Lö	96	96	0		8,4	510	8,4	501	-10	87
3117.12	LK Aschersle-ben-Staßfurt	Sachsen-Anhalt	L	1	Lö	96	98	2		8,4	510	8,6	512	-8	89
3118.06	LK Merseburg-Querfurt	Sachsen-Anhalt	L	1	Lö	96	94	-2		8,2	500	8,5	519	-7	89
2351.06	SK Salzgitter	Niedersachsen	L	1	Lö	96	100	4		8,6	620	8,8	633	7	103
3116.02	LK Bernburg	Sachsen-Anhalt	L	1	Al	97	95	0	Frost -2%	9,0	50	8,7	483	-11	87
2351.08	LK Wolfenbüttel	Niedersachsen	L	1	Lö	98	102	4		8,6	630	8,8	587	2	100
2351.01	LK Wolfenbüttel	Niedersachsen	L	1	Lö	100	104	4		8,6	600	8,8	582	1	101
2330.05	LK Hildesheim	Niedersachsen	L	1	Lö	100	104	4		8,8	635	8,8	654	10	110

Anhang 18: Klimatabellen mit prozentualen Zu- und Abrechnungen von der Bodenzahl für die untersuchten Bodengruppen

N_{1-12} = Jahresniederschlagssumme
T_{1-12} = Jahresdurchschnittstemperatur

Bodengruppe S 4

N_{1-12}	T_{1-12} [°C]											
[mm]	7,9	8,0	8,1	8,2	8,3	8,4	…	8,7	8,8	8,9	9,0	9,1
480											-55	
490												
500												
510						-33						
520												
530								-35	-37			-44
540			-18									
550									-32	-34		
560		-11				-20						
570		-8		-13								
580	-3	-5										
590	0											
600												
610		3										
620												
630		8										
640				6								
650									-5			
⋮												
690									6			
700								11		6		

Bodengruppe Sl 3

N_{1-12}	T_{1-12} [°C]									
[mm]	7,9	8,0	8,1	…	8,5	8,6	8,7	8,8	8,9	9,0
530										
540									-18	
550								-15		
560						-13				
570										
580	-4									
590						-3				
600					-1					
610			2							
⋮										
690										18
700								21		

Bodengruppe lS 3

N_{1-12}	T_{1-12} [°C]										
[mm]	7,9	8,0	8,1	8,2	8,3	8,4	8,5	8,6	8,7	8,8	8,9
520					-20			-26			
530	-10			-16							-31
540			-12								
550				-13							
560	-4	-7								-24	
570		-5							-20		
580							-14	-16	-19		
590							-13				
600		0		-4							
610		2									
620											
630		5									
⋮											
690											-5
700									1		
710									3		
720									5		

Bodengruppe lS 4

N_{1-12}	T_{1-12} [°C]												
[mm]	7,9	8,0	8,1	8,2	…	8,5	8,6	8,7	8,8	8,9	…	9,6	9,7
510								-27					
520													
530													
540									-23	-25			
550													
560			-9										
570													
580	-2												
590													
600				-3									
⋮													
650		10											
660													
670													
680								5					
690													
700												-4	-5
710							13						
720						16							
730								15					

Bodengruppe SL 3

N_{1-12}	T_{1-12} [°C]													
[mm]	7,8	7,9	8,0	8,1	8,2	…	8,5	8,6	8,7	8,8	8,9	9,0	…	9,6
530			-11	-12						-20				
540			-9											
550														
560	-4			-7			-12							
570														
580		-2												
590			-2	-3										
600	2													
610		3							-6					
620					1									
⋮														
670												-1		
680														
690														-4

Bodengruppe SL 4

N_{1-12}	T_{1-12} [°C]									
[mm]	8,0	8,4	8,5	8,6	8,7	8,8	8,9	9,0	…	9,6
510					-18	-18				
⋮										
560		-8								
570										
580										
590	-1					-7		-9		
600				-4						
610	1						-5			
⋮										
690										1
700										
710					10					
720			13							

Bodengruppe sL 4

N_{1-12}	T_{1-12} [°C]							
[mm]	7,7	7,8	7,9	8,0	8,1	…	8,5	8,6
550				-7	-9			
560				-6	-7			-15
570	1			-4			-12	
580								
590				-1				
⋮								
650		10						

Bodengruppe L 1

N_{1-12}	T_{1-12} [°C]						
[mm]	8,4	8,5	8,6	8,7	8,8	…	9,1
480				-11			
490			-10				
500	-10			-9			
510		-8	-8				
520		-7					-5
⋮							
580					1		
590			2		2		
⋮							
630					7		
640							
650					9		