



Master Thesis

im Rahmen des
Universitätslehrganges „Geographical Information Science & Systems“
(UNIGIS MSc) am Zentrum für GeoInformatik (Z_GIS)
der Paris Lodron-Universität Salzburg

zum Thema

„Die Einteilung Deutschlands in Regionen relativ einheitlicher Anbaubedingungen für Winterweizen“

vorgelegt von

Ralf Neukampf

Teilnehmerkennzahl u1010, UNIGIS MSc Jahrgang 2003

Zur Erlangung des Grades
„Master of Science (Geographical Information Science & Systems) – MSc(GIS)“

Gutachter:
Ao. Univ. Prof. Dr. Josef Strobl

Teltow, 29.07.2005

Eidesstattliche Erklärung

Ich versichere hiermit, die vorliegende Master Thesis ohne Hilfe Dritter und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt und die den benutzten Quellen, wörtlich oder inhaltlich, entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht zu haben und dass diese Arbeit keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegen hat.

Teltow, 29.07.2005

Ralf Neukampf
Diplom-Ingenieur (FH)

Zusammenfassung

Für ein im Rahmen des Reduktionsprogramms „chemischer Pflanzenschutz“ zu realisierendes Projekt sollten Regionen mit relativ homogener Pflanzenschutzintensität in der Fruchtart Winterweizen abgegrenzt werden. Hierfür wurde eine Methode entwickelt, mit der eine Entscheidungshilfe für eine expertengestützte, regionale Abgrenzung möglich ist. Diese Methode sollte wissenschaftlich fundiert und nachvollziehbar sein und als Ergebnis eine Karte liefern, die als Entscheidungsvorlage für weitere Diskussionen geeignet ist. Als Kriterien für die Abgrenzung wurden spezifische Parameter für den Anbau von Winterweizen definiert. Nach der Überprüfung der Abhängigkeiten zwischen den Parametern mit Scatterplots und Korellationsanalysen konnte der Parametersatz reduziert werden.

Die erforderlichen Daten stammen aus unterschiedlichen Quellen und sind von unterschiedlicher Qualität. Sie wurden validiert und auf Gemeindebasis bereitgestellt.

Die statistischen Analysen einschließlich der Clusteranalyse erfolgten mit der Software SAS 9.1. Einbezogen wurden die durchschnittlichen Bodengütwerte der Gemeinden abgeleitet aus der Leitbodenkarte, der durchschnittliche Weizenenertrag im Jahr 1999, die Niederschläge und die Temperaturen der Monate April und November, die Weizenanbaudichte sowie die geographischen Koordinaten der Gemeindemittelpunkte.

Nach Standardisierung dieser Merkmale wurden die Gemeinden mit einer Clusteranalyse gruppiert. Über die Patchanzahl wurden 21 Cluster als für die Aufgabenstellung optimal geeignet ermittelt. Da das Ergebnis der Clusteranalyse viele kleine Splitterflächen enthielt, war es notwendig, diese in einem folgenden Schritt mit ArcInfo Workstation 9.0 zu eliminieren. Es verblieben 18 Cluster, welche auf 43 Patches verteilt sind. Diese 43 Patches entsprechen Regionen, wobei allerdings anzumerken ist, dass sich häufig mehrere Patches hinsichtlich ihrer Merkmalsausprägung ähneln, da sie dem selben Cluster angehören.

Mit der Bereitstellung der Methode, einschließlich der Ergebniskarte, wurde die Aufgabenstellung erfüllt. Eine regelbasierte Abgrenzung von 18 bis 30 Regionen, die von der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft gewünscht wurde, war allerdings auf diesem Weg nicht möglich. Die mit der Vorgehensweise erstellten Karten eignen sich jedoch als Entscheidungshilfen für eine expertengestützte, politischen und Sachzwängen folgende Abgrenzung von Regionen. Die Methode wurde am Beispiel des Winterweizens erarbeitet, sie kann grundsätzlich auch auf andere Fruchtarten übertragen werden.

Abstract

Regions of a comparatively homogenous intensity in the application of plant protection products for winter wheat shall be distinguished by a method that may help experts make decisions to determine regions for a project to be implemented within the frame of a program to reduce the quantity of chemical plant protection products. The method shall be traceable and of a scientific nature, whereas its result shall be a map that serves as a foundation for further talks in the decision-making process.

Specific parameters of growing winter wheat have been defined as criteria for the distinction. After finding interdependencies between these parameters by scatter plots, and upon correlation analyses, the set of parameters could be reduced in number.

This meant that necessary data of various sources, which were of different quality, were collected, validated, and made accessible on a community level.

Statistic analyses including the cluster analysis were made by SAS 9.1 software. This involved the average soil quality value of the communities participating, which has been derived from a soil map, the average yield of winter wheat in 1999, precipitation and temperatures in April and November, the cropping density for winter wheat as well as geographical coordinates of the communities.

Upon standardization of the data, communities were grouped with a cluster analysis. The number of patches delivered 21 clusters to be best suitable for the problem. Since the result of the cluster analysis contained many small scattered areas, a subsequent step was necessary to eliminate them by ArcInfo Workstation 9.0. This resulted in 18 clusters comprising 43 patches, which correspond to regions. Several patches however are similar to each other for the extent to which certain parameters are developed, as they belong to the same cluster.

The method developed including the resulting map solve the problem. A distinction of 18 to 30 regions based on certain rules, which is desired by the German Federal Biological Research Institute for Agriculture and Forestry, can however not be achieved in this way. The maps resulting from this method serve experts as a foundation in their decision-making process for the distinction of regions according to political necessities or inherent pressure. The method was developed with winter wheat but may equally be applied for other crops as well.

Danksagung

An dieser Stelle ist es mir ein Bedürfnis all denen zu danken, die mit ihrer Unterstützung diese Arbeit erst ermöglicht haben.

Herr Dr. Gutsche, Direktor und Professor des Institutes für Folgenabschätzung im Pflanzenschutz, ermöglichte mir die Wahl eines Themas und die Bearbeitung im Umfeld meiner Arbeitstätigkeit. Herrn Professor Dr. Strobl danke ich für die konstruktiven Hinweise und Vorschläge und dem gesamten UNIGIS-Team, insbesondere Michael Fally, Jürgen Praher und Erika Peterwagner, welche auf meine Anfragen schnell und unkompliziert geantwortet haben.

Für die Hilfe bei der Beschaffung und Umsetzung der Daten danke ich Herrn Dr. Wittchen. Herrn Dr. Schulzke schulde ich großen Dank für seine Unterstützung im Umfeld der Bodenkunde und des Winterweizens.

Bei den statistischen Analysen danke ich sehr Herrn Dr. Moll, welcher meine vielen Fragen und Bitten mit großem Humor und viel Geduld ertragen hat.

Für die Hilfen im Umfeld der Geographischen Informationssysteme danke ich Herrn Golla und Herrn Dr. Enzian, welcher mir auch bei der Beschaffung der Daten half.

Für die sachlichen Kritiken danke ich ganz besonders Herrn Dr. Beer und Herrn Dr. Roßberg, welche erbarmungslos und erfrischend auf nicht schlüssige Dinge hingewiesen haben.

Dank gebührt auch Herrn Dobrzinski, der auch kurz vor Mitternacht noch bereit war ein weiteres Mal mein Abstract zu diskutieren, Frau Jotz, welche mir mit ihren Fragen und Kommentaren weiterhalf und Frau Krammer, welche mir über etwaige Formatschwächen hinweggeholfen hat.

Privat gilt meiner Tochter Julia sehr großer Dank für ihre große Geduld mit mir. Sie hat oft für mich Aufgaben übernommen und mir den Rücken für diese Thesis freigehalten.

Inhaltsverzeichnis:

Zusammenfassung

Abstract

Danksagung

Abbildungsverzeichnis

Tabellenverzeichnis

1.	Einleitung	1
2.	Problemanalyse	4
2.1	Ausgangslage	4
2.2	Zielstellung	6
2.3	Abgrenzungsverfahren	9
3.	Material und Methode	14
3.1	Einflussfaktoren auf die Pflanzenschutzintensität	14
3.2	Daten	15
3.2.1	Klimadaten	16
3.2.2	Bodendaten	17
3.2.3	Anbaudaten	20
3.2.4	Geometriedaten	23
4.	Umsetzung	25
5.	Ergebnisse und Diskussion	29
6.	Schlussfolgerungen	47
	Literaturverzeichnis	49
	Datenquellen	54
	Abkürzungsverzeichnis	54

Anhang A: Zuordnung von Gemeinden zu Klimastationen (nach WITTCHEN)

Anhang B: Karten der Ausgangsdaten

- Temperatur November
- Temperatur April
- Niederschlag November
- Niederschlag April
- Boden - Nach Leitbodenkarte erstellte Gemeindebodengütekarte
- Durchschnittliche Winterweizenerträge in Deutschland im Jahr 1999
- Durchschnittliche Anbaudichte von Winterweizen in Deutschland im Jahr 1999

Anhang C: Tabellen der Korrelationen der Parameter

Anhang D: Statistische Maßzahlen der Cluster

Abbildungsverzeichnis

Abbildung	Seite
1 Die in „NEPTUN 2000“ verwendeten Boden-Klima-Regionen	5
2 Vergleich der Verfahren zur Erzeugung der Bodengütedaten	19
3 Ackerbaulich nicht relevante Regionen	30
4 Scatterplots zu den Monatsmitteltemperaturen	31
5 Scatterplots zu den monatlichen Niederschlagssummen	32
6 Verhältnis von Cluster- zur Patchanzahl	34
7 Verteilung der Cluster in Deutschland	35
8 Verteilung der Cluster in Deutschland nach Entfernung der Splitterflächen	36
9 Verteilung der Patches des Clusters 8	38
10 geographische Lage der Cluster 4 und 15	42
11 geographische Lage der Cluster 16 und 18	43
12 geographische Lage der Cluster 5, 18 und 19	44
13 Ergebniskarte	46

Tabellenverzeichnis

Tabelle	Seite
1 Erfassungsbasis der Anbaudaten	21
2 Anzahl Patches je Clusternummer	37
3 a Verteilung der Einflussfaktoren: Winterweizenertrag, Anbaudichte, Winterweizen, Bodengüte, Monatsmitteltemperatur November, Monatsmitteltemperatur April, Niederschlagssumme November, Niederschlagssumme April innerhalb der einzelnen Cluster	40
3 b Verteilung der Einflussfaktoren: Winterweizenertrag, Anbaudichte, Winterweizen, Bodengüte, Monatsmitteltemperatur November, Monatsmitteltemperatur April, Niederschlagssumme November, Niederschlagssumme April innerhalb der einzelnen Cluster	41

1. Einleitung

Die Bundesregierung Deutschlands, vertreten durch das Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft (BMVEL), strebt seit mehreren Jahren als ein politisches Ziel die Reduktion des Pflanzenschutzmitteleinsatzes an (BMVEL 2004).

Der erste Schritt dazu ist, im Rahmen einer Status-Quo-Analyse die derzeitige Intensität des Pflanzenschutzmitteleinsatzes fruchtartspezifisch zu bestimmen. Die dazu notwendigen Daten sind jedoch nicht zugänglich, da es keine gesetzliche Pflicht zur Aufzeichnung von Pflanzenschutzmaßnahmen gibt. Bis zum Jahr 2000 waren lediglich die nach § 19 Pflanzenschutzmittelgesetz durch die Pflanzenschutzmittelproduzenten an die Biologische Bundesanstalt für Land und Forstwirtschaft (BBA) jährlich gemeldeten Verkaufszahlen in Deutschland verfügbar. Diese reichten aber als Basis für ein fundiertes Programm zur Umsetzung der oben genannten politischen Zielstellung (Reduktionsprogramm „Chemischer Pflanzenschutz“) nicht aus. Dafür wie auch für die Bearbeitung von wissenschaftlichen Fragestellungen werden dringend detailliertere und belastbarere Daten benötigt (ROSSBERG u. a. 2002).

So wurde im Jahr 2000 das Projekt „**Netzwerk zur Ermittlung des Pflanzenschutzmitteleinsatzes in unterschiedlichen, landwirtschaftlich relevanten Naturräumen Deutschlands**“ (NEPTUN) (ROSSBERG u. a. 2002) begonnen und in den Folgejahren fortgesetzt. Für die statistischen Erhebungen in diesem Projekt gab es keine gesetzlichen Grundlagen. Die Erhebungen konnten nur erfolgen, wenn sich die Landwirte auf freiwilliger Basis zur Weitergabe von Daten bereit erklärten.

Um regionalen Unterschieden bzgl. der Pflanzenschutzintensität in den verschiedenen Ackerbaufrüchten Rechnung zu tragen, wurden 34 Boden-Klima-Regionen (BKR) auf der Basis der Arbeiten von SCHULZKE u. a. (1998) definiert. Weiterhin wurden pro Region per Zufallsgenerator unter

Berücksichtigung der ackerbaulich genutzten Fläche 30 Gemeinden ermittelt, in denen jeweils ein landwirtschaftlicher Betrieb in die Erhebung einzubeziehen war.

Bei der Umsetzung des Projektes wurde allerdings deutlich, dass die relativ hohe Anzahl von 34 BKR zu Problemen führt. Zum einen war der Aufwand für die manuelle Erfassung von Daten aus über 1000 landwirtschaftlichen Betrieben enorm hoch. Trotzdem wurde die Stichprobengröße, pro Fruchtart und Region mindestens 30 Betriebe, in 90 % der Fälle wegen der unterschiedlichen Fruchtfolgegestaltung in diesen Betrieben nicht erreicht. Neben der eingeschränkten Repräsentativität der Analyseergebnisse litt auch die durch objektive Kenngrößen darstellbare statistische „Sicherheit“ der Analyseergebnisse. Es traten hohe Standardabweichungen bezüglich der berechneten Mittelwerte innerhalb der Regionen auf. Durch die großen Breiten der Konfidenzintervalle für die Mittelwerte der berechneten Kennziffern ließen sich teilweise auch keine signifikanten Unterschiede zwischen den Regionen nachweisen.

Darum war es notwendig, für eine Wiederholung der Erhebung zum Pflanzenschutzmitteleinsatz im Ackerbau neue Boden-Klima-Regionen zu definieren.

Ziel der Arbeit sollte es daher sein, ein Verfahren zur Abgrenzung von fruchtartspezifischen Regionen am Beispiel des Winterweizens zu entwickeln. Der Begriff Regionen wird entsprechend STROBL (undatiert) wie folgt definiert: „Zu Regionen werden aneinander angrenzende Objekte (in der Regel Polygone) zusammengefasst, zu Raumtypen werden auch räumlich disjunkte (nicht zusammenhängende) Objekte zusammengefasst. Ein Raumtyp ist letztlich nichts anderes als das Ergebnis einer beliebigen Klassifikation. Nur wenn im Zuge der Klassifikation auch die Rahmenbedingung ‚Objekte müssen aneinander grenzen!‘ aufgestellt wird, ist das Ergebnis eine Region.“ Die Regionen sollen in der Merkmalsausprägung der gewählten Parameter in sich

möglichst homogen sein und sich untereinander unterscheiden. Software-gestützt ist auf der Grundlage vorhandener Daten zu prüfen, ob sich eine statistische Herangehensweise eignet.

Da die Abgrenzung von Regionen für die Pflanzenschutzmittelerhebungen sowohl von politischen als auch von Sachzwängen abhängt, ist diese Arbeit in erster Linie als Entscheidungshilfe zu sehen.

2. Problemanalyse

2.1 Ausgangslage

Die Schaffung eines Netzwerks von Beispielbetrieben zur Erfassung des tatsächlichen Pflanzenschutzmitteleinsatzes folgte dem Ziel, einen möglichst flächendeckenden Überblick über die Intensität der Anwendung von Pflanzenschutzmitteln zu erhalten, die den objektiven regionalen Unterschieden Rechnung trägt.

Die Auswahl der Beispielsbetriebe erfolgt in allen NEPTUN-Projekten, die bis Ende 2003 durchgeführt wurden, durch die Amtlichen Pflanzenschutzdienste der Bundesländer entsprechend den Vorgaben der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft (BBA). Nach der Anonymisierung der Erhebungsdaten wurden diese an das Institut für Folgenabschätzung im Pflanzenschutz der BBA weitergeleitet. Dort erfolgte die elektronische Erfassung und Auswertung. Die Analyseergebnisse wurden publiziert und sind somit für alle gesellschaftlichen Gruppen frei verfügbar.

Die Erhebungen sollen auch in Zukunft in regelmäßigen Abständen weitergeführt werden. So können zeitliche Trends der Entwicklung der Intensität der Anwendung von Pflanzenschutzmitteln abgeleitet werden.

Die Einteilung Deutschlands in Regionen war und ist für diese Erhebungen notwendig, um den regionalen Unterschieden im Auftreten von tierischen und pilzlichen Schaderregern und den dadurch bedingten Unterschieden in der Intensität der Pflanzenschutzmittelanwendung gerecht zu werden.

Für das Projekt „NEPTUN 2000 (Erhebungen im Ackerbau)“ wurde aus Zeit- und Kapazitätsgründen auf eine eigene Gebietsgliederung verzichtet. Das war allerdings nur möglich, weil für Deutschland im Rahmen des EU-Projektes „AIR 3 CT94-1296“ (SCHULZKE u. a. 1998) erarbeitete Boden-Klima-Regionen (BKR) bereits vorlagen. Sie sind in der Abbildung 1 dargestellt.

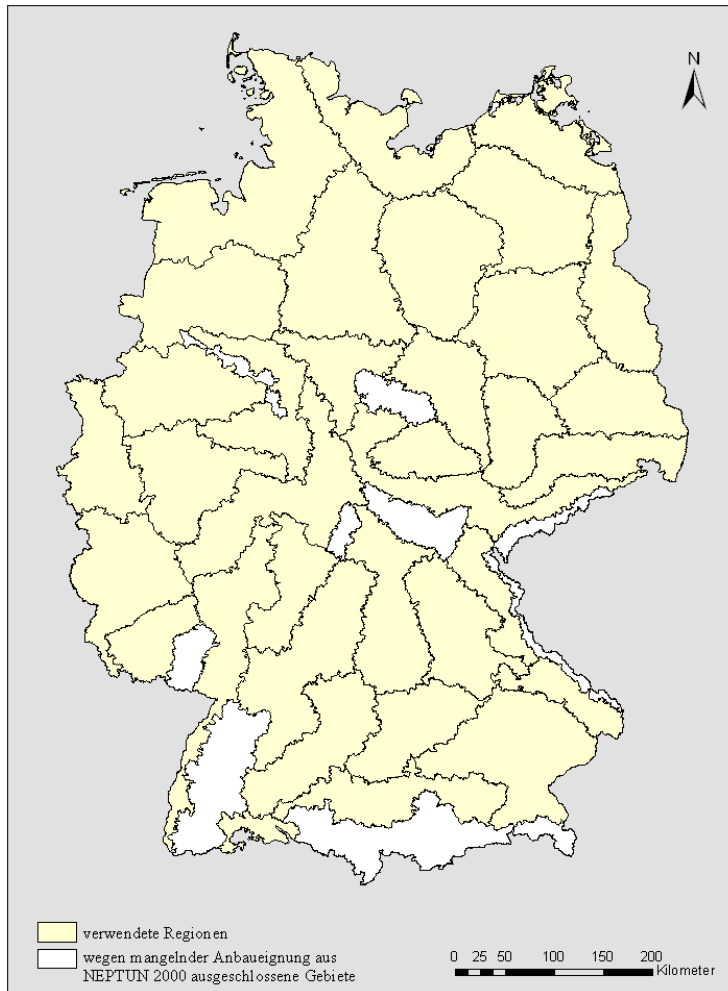


Abb. 1: Die in „NEPTUN 2000“ verwendeten Boden-Klima-Regionen

Die dafür verwendete Methodik ist in „Agro-Ecological Classification and Spatial Demarcation of Western Europe“ (SCHULZKE und KAULE 2001) kurz publiziert. Das Ziel des EU-Projektes war die Einteilung Westeuropas in Gebiete, welche für die Europäische Union sowohl für die Erhebung von Steuern als auch für Fördermaßnahmen geeignet ist. Die Abgrenzung von Regionen erfolgte hierarchisch für unterschiedliche Betrachtungsmaßstäbe. Zugrunde gelegt wurden hauptsächlich ökologische Kriterien. Unter Einbeziehung der Intensität der Anbauverfahren erfolgte in einem ersten Schritt die grobe Gliederung Europas in Agrar-Klima-Regionen (AKR). In einem zweiten Schritt erfolgte eine weitere Unterteilung der AKR anhand der Bodenqualitäten in Boden-Klima-Regionen (BKR).

Diese zweite Hierarchiestufe, die Boden-Klima-Regionen, wurden nach Abstimmung mit den Amtlichen Pflanzenschutzdiensten leicht modifiziert. Bei der Auswertung der Erhebungsdaten zeigte sich jedoch, dass diese für „NEPTUN 2000“ verwendete Gebietsgliederung aus den bereits in der Einleitung beschriebenen Gründen für zukünftige Erhebungen zum Pflanzenschutzmitteleinsatz im Ackerbau stark überarbeitet bzw. durch eine neue ersetzt werden muss. Diese Aufgabenstellung wurde dem Institut für Folgenabschätzung im Pflanzenschutz übertragen.

2.2 Zielstellung

Bei der Entwicklung einer Methode zur Abgrenzung von Boden-Klima-Regionen galt es neben den bei SCHMIDT (2002) genannten, allgemeinen Forderungen, folgende Bedingungen zu beachten:

Allgemeine Forderungen:

- Homogenität der betrachteten Merkmale innerhalb einer Region
- Differenziertheit zwischen den Regionen
- Nachvollziehbarkeit und Objektivität des Verfahrens zur Abgrenzung durch weitgehend automatisierte Erstellung (HOLLAUS und SUPPAN 2003)

Spezielle Forderungen in Bezug auf das Projekt NEPTUN

- Anzahl der Regionen zwischen 18 und 30
- Regionen dürfen eine gewisse Mindestgröße nicht unterschreiten
- Regionalisierung hat auf Gemeindebasis zu erfolgen
- Benennung und Verwenden fruchtartspezifischer Einflussfaktoren
- Minimierung der Anzahl der Einflussfaktoren
- möglichst geschlossene Gebiete.

Zweck der Abgrenzung ist es, für Deutschland Regionen zu beschreiben, welche einerseits in sich relativ homogene Rahmenbedingungen für den Anbau

der Fruchtart Winterweizen aufweisen und welche sich andererseits deutlich voneinander unterscheiden.

Die hauptsächlich automatisierte Erstellung von Regionen im Rahmen eines mathematischen Verfahrens sichert die Unabhängigkeit vom Wissensstand eines oder mehrerer Experten und schafft eine nachvollziehbare und objektive Lösung bzw. Entscheidungshilfe.

Sollte die Forderung nach weitgehend geschlossenen Gebieten durch die „automatisierte“ Abgrenzung noch nicht im vollem Umfang erfüllt sein bzw. werden, können sich weitere expertengestützte Arbeitsschritte anschließen, wie Generalisierung, die Zusammenfassung sehr ähnlicher, benachbarter Regionen und das Entfernen von zu kleinen Regionen. Das Ganze folgt dem Ziel, Regionen zu erzeugen, es stellt eine Entscheidungshilfe für die Diskussion der Pflanzenschutzgremien dar.

Die Forderung bzgl. der Anzahl der abzugrenzenden Regionen (18-30) ergibt sich aus der Notwendigkeit den erheblichen Arbeitsumfang, der sich aus der Prüfung und Auswertung der Daten bei der Biologischen Bundesanstalt ergibt, zu begrenzen. Außerdem soll dadurch auch gesichert werden, dass die Regionen flächenmäßig groß genug sind, um überall eine für die Datenerfassung ausreichende Anzahl von landwirtschaftlichen Betrieben zu garantieren.

Aufgrund der Nutzung administrativer Strukturen zur Erfassung, Kontrolle, Anonymisierung und Weitergabe der Daten hat die Abgrenzung auf der Basis von Gemeindegrenzen zu erfolgen.

Desweiteren besteht wie VOLK und STEINHARDT (1999) ausführen, immer ein Konflikt zwischen den naturräumlichen Einheiten und den Verwaltungs- und Zuständigkeitsgrenzen. Durch die Arbeit auf Gemeindebasis, mit ihren meist geringen räumlichen Ausdehnungen, wird versucht dieses zu lösen.

Eine besondere Rolle spielt dabei die Benennung bzw. Auswahl fruchtartspezifischer Einflussfaktoren. Diese sollten durch ein Gremium von Pflanzenbau- und Pflanzenschutzexperten festgelegt bzw. vorgegeben werden, weil die Ansprüche der einzelnen Fruchtarten sowie der für sie spezifischen Schaderreger in der Regel erheblich differieren, was sich auch in der Lage der jeweiligen Hauptanbaugebiete widerspiegelt.

Gleichwohl ist die Anzahl der einzubeziehenden Einflussfaktoren von vornherein auf ein sinnvolles Maß zu begrenzen. Das vereinfacht sowohl die Datenbeschaffung als auch die Vermeidung der Überbetonung einer Gruppe von Merkmalen, zum Beispiel der Klimadaten, bei der Bildung von Regionen.

Weiterhin ist zu beachten, dass die für die Clusteranalysen verwendete Software SAS 9.1¹ als reine Statistiksoftware in ihrer Grundversion, keinen Raumbezug berücksichtigt. Um dennoch der Forderung nach geschlossenen Gebieten zu entsprechen wurden die Koordinaten der Gemeindemittelpunkte als zusätzliche Einflussfaktoren in diese Analysen einbezogen.

¹ SAS ist eingetragenes Warenzeichen von SAS Institute Inc., Cary, NC, USA

2.3 Abgrenzungsverfahren

„Bei der Abgrenzung von Naturraumeinheiten wurde stets das Ziel verfolgt, homogen ausgestattete Teilräume durch expertengestützte Integration der vorliegenden Informationen in Kombination mit der Überprüfung der Differenziertheit der unterschiedlichen resultierenden Naturraumeinheiten auszuweisen.“ (vgl. HOLLAUS u. a. 2003).

Zur Abgrenzung von Naturraumeinheiten wurden bisher unterschiedliche Verfahren verwendet. Ältere Verfahren stützen sich dabei primär auf Experten und deren Wissen, bei neueren Verfahren ist festzustellen, dass sie zu unterschiedlichen Anteilen aus einer Kombination von Expertenwissen und mathematischem Verfahren bestehen.

SCHMIDT (2002) schreibt: „Eine erste flächendeckende Naturräumliche Gliederung für die Bundesrepublik Deutschland wurde in den 50er und 60er Jahren unter Beteiligung vieler Regionalexperten von MEYNEN und SCHMITHÜSEN (1962) entwickelt.“. Er führt weiter aus, dass die Gesamtkarte das Ergebnis des Versuches ist, trotz vielfältiger Daten- und Kartengrundlagen die Einzelentwürfe von rund 50 Mitarbeitern zusammenzuführen „... und stellt damit kein einheitliches, regelbasiert abgeleitetes und statistisch nachvollziehbares ökologisches Gliederungssystem ... dar, ...“. 1991 wurde diese durch RENNERS (1991) entsprechend geologischen und klimatischen Daten modifiziert. „Eine regelbasierte, statistisch abgesicherte, quantitative Charakterisierung dieser Landschaften konnte mittels dieses expertengesteuerten Verfahrens ebenfalls nicht erreicht werden, ...“

In dem Projekt „Fernerkundungsgestütztes Erkennen und ökologische Interpretation von Landnutzungsveränderungen in unterschiedlichen österreichischen Kulturlandschaften“ (vgl. SCHNEIDER u. a., 2002 (a)) erfolgte die Abgrenzung von Naturraumeinheiten auf der Basis von Literatur, Luftbildern, topographischen Kartenwerken und Fachatlanten durch expertenbasierte Integration. „Durch Überlagerung der bestehenden thematischen Karten

erfolgte eine visuelle Interpretation und Abgrenzung der naturräumlichen Einheiten auf Basis der Österreichischen Topographischen Karte 1 : 50 000.“ (SCHNEIDER u. a., 2002 (b))

Gleichfalls durch expertengestützte Integration, Überlagerung von Kartenwerken und visuelle Interpretation erfolgte wie bereits ausgeführt die Abgrenzung von Agrar-Klima-Regionen im Rahmen des Projektes AIR3-CT94-1296 (SCHULZKE u. a. 1998), die auch kurz in “Agro-Ecological Classification And Spatial Demarcation Of Western Europe” (SCHULZKE 2001) vorgestellt werden.

Alle Abgrenzungen von Regionen, die fast ausschließlich auf expertenbasierte Integration basieren, haben den gravierenden Nachteil, stark an das Wissen und die Erfahrung des oder der Experten gebunden zu sein. Neuere Methoden stützen sich daher zunehmend auf softwaregestützte mathematische und/oder regelbasierte Verfahren. Dadurch verbessert sich die Nachvollziehbarkeit und Objektivität der Methoden. Üblicherweise wird dennoch eine fachliche Beurteilung und Anpassung der Klassenbildung erfolgen. Die mit Hilfe der mathematischen, regelbasierten Verfahren erstellten Karten bzw. Vorlagen dienen den Fachexperten dabei als Entscheidungsvorlagen.

So verwendet SCHMIDT (2002) in seiner Arbeit das CART-Verfahren (Classification and Regression Trees). Dieses beruht auf einem rekursiven Partitionsalgorithmus. Für die Ausprägungen aller Parameter wird eine Teilung der betrachteten Objektmenge vorgenommen, die Reinheit mit einer Bewertungsfunktion berechnet und die Teilung so vorgenommen, dass die Reinheit in den Tochterklassen am höchsten ist. Ergebnisse sind Dendrogramme und Statistiken. „Der auf diese Weise berechnete Maximalbaum kann anschließend vom Bearbeiter nochmals anhand weiterer, im einzelnen fachlich zu begründender Kriterien manuell gestutzt („snipped“) werden.“

Die Eingangsdaten werden in einem Geographischem Informationssystem (GIS) als Karten unterschiedlichen Maßstabs verwaltet und dem Verfahren zur Verfügung gestellt, aber ein echter Raumbezug besteht bei diesem Verfahren nicht.

Gleichfalls verwendet SCHÖNTHALER (2001) in „Raumbezug in der ökosystemaren Umweltbeobachtung“ das CART-Verfahren. Geostatistische Verfahren, wie Variogrammanalyse und Kriging, werden genutzt, um flächendeckende Ausgangsdaten für das CART-Verfahren aus dem vorhandenen Messstellennetz zu gewinnen. Ein Nutzung räumlicher Parameter im Zuge der Analyse war verfahrensbedingt auch hier nicht möglich.

GEROLD (1999) beschreibt zwei andere Vorgehensweisen.

Im Ansatz 1 wurden in einem ersten Schritt mit ArcInfo¹ durch Verschneidung von Nutzungs-, Boden- und Geologiemerkmalsdateien kleinste Geometrien erzeugt, welche „...als Flächen mit gleicher Gebietsausstattung definiert sind.“ Im Anschluss daran werden diese Flächen um weitere Daten ergänzt. Auf der Basis dieser Daten werden für die Flächen mit dem Wasserhaushaltsmodell WASMOD die Wasserhaushaltskomponenten Verdunstung, Oberflächenabfluss und Grundwasserabfluss berechnet. Auf diese drei Merkmale werden eine Clusteranalyse angewandt und die Flächen zu Wasserumsatztypen zusammengefasst. Obwohl in die Simulation mit WASMOD laut Abbildung Geometrie und Topologiedaten, wie die Flächengröße und Neigung, eingehen, erfolgt die flächenaggregierende Clusteranalyse rein auf der Basis von Sachdaten und ohne topologischen Bezug.

In seiner zweiten Vorgehensweise führt er auf der Basis von Höhenmodellen mit dem Programmpaket SARA eine automatische geomorphometrische und geomorphologische Reliefanalyse durch und bildet flächenhafte Reliefeinheiten. Diese Flächeneinheiten wurden in einem folgenden Schritt zur Bodenfeuchte in Beziehung gesetzt und es wurden „Hydrological Response Units“ gebildet. Da

¹ ArcGIS, ArcInfo, ArcMap Copyright © 1995-2005 ESRI

es sich bei dem Untersuchungsgebiet um ein bergiges Einzugsgebiet handelt, wurden auch ohne erkennbare Einbeziehung von Nachbarschaftsbeziehungen relativ geschlossene Gebiete gebildet. Dieser primär von Höhendaten ausgehende Ansatz hat durch die günstige Wahl des Untersuchungsgebietes zu einem sehr guten Ergebnis geführt. Er ist in diesem speziellen, Abflussgebiete untersuchenden Fall, anwendbar. Die Übertragbarkeit ist daher an sachlich ähnliche Aufgabenstellungen gebunden.

Ein weiteres Verfahren zur Abgrenzung von Patches, aber unter Einbeziehung räumlicher Parameter wie Nachbarschaftsbeziehungen, wird in BLASCHKE und STROBL (2003) beschrieben. Diese Arbeiten hatten das Ziel, Möglichkeiten zur automatisierten Bilderkennung zu schaffen. Die Abgrenzung der Patches erfolgt algorithmisch. Leider ist dieses Verfahren, da es auf Rasterdaten basiert, unter den für meine Arbeit gegebenen Rahmenbedingungen nicht anwendbar.

Aus den Forderungen nach Nachvollziehbarkeit und Objektivität ergibt sich, dass nur eine regelbasierte und größtenteils auf statistischen Verfahren basierende Lösung in Frage kommt.

Die Aufgabenstellung erfordert die statistische Analyse eines großen Datenbestandes, insbesondere zum Auffinden von Ähnlichkeiten und Strukturen. Dafür bietet sich die Methode der Clusteranalyse an, denn ihr Ziel ist das Finden von in sich homogenen Gruppen.

BACHER (1996) schreibt dazu:

„...“

1. Die Klassifikationsobjekte, die einer homogenen Gruppe angehören, sollen untereinander ähnlich sein. Es soll Homogenität innerhalb der Cluster vorliegen.
2. Die Klassifikationsobjekte, die unterschiedlichen homogenen Gruppen angehören, sollen verschieden sein. Es soll Heterogenität zwischen den Clustern vorliegen.“

Diese entspricht genau den Forderungen, die auch an eine Abgrenzung von Regionen gestellt wird.

Davon ausgehend wurde neben der Betrachtung der Korrelationen zwischen den einbezogenen Merkmalen, die Clusteranalyse als Gruppierungsverfahren für die Gemeinden hinsichtlich ähnlicher Merkmalsausprägungen gewählt.

Wegen des gleichfalls fehlende Raumbezugs der Clusteranalyse wurden die x/y-Koordinaten der Gemeinden als weitere Parameter einbezogen.

3. Material und Methode

3.1 Einflussfaktoren auf die Pflanzenschutzintensität

Für die Intensität der Anwendung von Pflanzenschutzmitteln gibt es nach übereinstimmender Meinung von Experten drei Haupteinflussgrößen: den Befallsdruck, den zu erwartenden Ertrag und die Intensität des Anbaus. Diese Einflussfaktoren müssen durch geeignete Parameter quantitativ beschrieben werden.

Der „allgemeine Befallsdruck“ einer Region ist keine direkt messbare Größe. Das Auftreten und die Verbreitung von Schaderregern in einer Region kann allerdings in der Regel sehr gut mit den dort vorhandenen klimatischen Bedingungen (Temperatur, relative Luftfeuchte, Niederschlag) erklärt werden. Hierbei gilt es jedoch zu beachten, dass es „den allgemeinen Befallsdruck“ gar nicht gibt. Die Hauptschaderreger in den verschiedenen Fruchtarten haben durchaus sehr artspezifische Optimumbereiche bzgl. der genannten klimatischen Einflussfaktoren. Deshalb ist es auch nahezu unmöglich, allgemeingültige klimatische Parameter zur Beschreibung des potenziellen Schaderregerauftretens in einer Region auszuwählen. Die für diese Arbeit vorgegebenen „Wetter-Parameter“ wurden deshalb auch eher in Hinblick auf die Wachstumsbedingungen der in Deutschland angebauten Hauptfruchtarten gewählt. So zeigten die Arbeiten von SCHULZKE u. a. (1988, 2001), dass die Höhe der Erträge bei Winterweizen neben der Bodengüte vor allem auch von den klimatischen Bedingungen beeinflusst wird. Dabei ist zu beachten, dass es spezielle Abschnitte in der ontogenetischen Entwicklung der Pflanze gibt, in denen dieser Einfluss besonders stark ist. Im Falle von Winterweizen sind das vor allem die Keimphase (Oktober/November je nach Aussattermin) und die Kornfüllungsphase (April, Mai).

Als relevante meteorologische Größen für die Ertragsbildung werden von SCHULZKE (1988) die Temperatur, der Niederschlag und die Sonnenscheindauer gesehen.

Um bei der Abgrenzung von Regionen aber auch die Pflanzenschutzproblematik wenigstens tendenziell berücksichtigen zu können, wurden zwei Einflussfaktoren gewählt, die damit nur indirekt zu tun haben: durchschnittlicher Weizenertrag und Weizenanbaudichte. Es ist allerdings unbestritten, dass je höher die Ertragserwartung in einer Region ist, desto stärker ist auch die Anwendung von Pflanzenschutzmitteln ausgeprägt. Die Sicherung dieser hohen Erträge ist einfach ökonomisch sinnvoll. Die Mehrkosten für die höheren Pflanzenschutzaufwendungen werden durch die Erlöse beim Verkauf des Weizens mehr als gedeckt und der Anbau von Weizen ist wirtschaftlich attraktiv. Andererseits führt diese Attraktivität zu einer hohen Anbaudichte und diese fördert wiederum das Schaderregerauftreten.

Für die Aufgabenstellung der Abgrenzung von Regionen wurden deshalb die folgenden Einflussfaktoren ausgewählt:

- Temperatur der Monate April, Mai, Oktober und November
- Niederschlag der Monate April, Mai, Oktober und November
- Sonnenscheindauer der Monate April, Mai, Oktober und November
- Bodengüte
- Weizenertrag
- Weizenanbaudichte.

3.2 Daten

Die Daten für die Einflussfaktoren lagen in Datenbanken und Tabellen unterschiedlicher Formate vor und mussten mit teilweise großem Aufwand in ein einheitliches Format übertragen werden. Zu diesem Zweck wurde eine MS Access-Datenbank¹ angelegt und im Anschluss alle Daten in dieser zusammengeführt.

¹ Microsoft ® Access 2000; Copyright © Microsoft Corporation

Einige Parameter waren nicht bzw. nur unzureichend verfügbar. Deshalb musste zum Beispiel auf die Einbeziehung der Sonnenscheindauer in das Projekt verzichtet werden.

Qualitative und maßstäbliche Unterschiede verursachen einen erheblichen Aufwand für Validierung, Ergänzung und maßstäbliche Anpassung der Daten. Für diese Aufgaben ist teilweise auch erhebliches Fachwissen erforderlich. So waren einerseits Datenlücken bzw. Fehleingaben in der Datenbank nur manuell erkennbar, andererseits war es notwendig, über eine Darstellung im ArcMap fehlerhafte Angaben zu visualisieren. Es ist aber zu erwarten, dass sich die Datenlage in Zukunft verbessert; sowohl hinsichtlich Verfügbarkeit als auch Qualität.

3.2.1 Klimadaten

In der Landwirtschaft hat das Wetter einen entscheidenden Einfluss. Es ist sowohl zur Entwicklung der Kulturpflanze und damit der Ertragsbildung von großer Wichtigkeit, als auch für die Entwicklung der Schaderreger. Für die Ertragsbildung sind aber nicht alle Monate gleich wichtig. Es wurde daher eine Auswahl der relevanten Monate vorgenommen, wobei zu beachten war, dass die klimatischen Ansprüche der einzelnen landwirtschaftlichen Kulturarten unterschiedlich sind.

Verwendet wurden die langjährigen Reihen (Klimadaten) des Deutschen Wetterdienstes (MÜLLER-WESTERMEIER 1990) und des Wetterdienstes der DDR von 1951 bis 1980 (VEIT u. a. 1987). Es wurden Klimadaten, d. h. langjährige Mittelwerte, verwendet, um die jährlichen Schwankungen des Wetters auszugleichen. Die Daten lagen nur teilweise in digitalisierter Form vor und wurden manuell aus den Druckfassungen ergänzt.

Als Zuordnung der Gemeinden Deutschlands zu den vorhandenen Klimastationen wurde die Einteilung entsprechend WITTCHEN (1996) (Anhang A) verwendet. Diese folgt dem Algorithmus von Thiesen-Polygonen um die Positionen der Klimastationen mit der Einschränkung, dass die Höhe der Klimastation von der mittleren Höhe der Gemeinde nicht mehr als 200 Meter abweichen darf. In diesem „Konflikt“-Fall erfolgte die Zuordnung der Gemeinde zu einer Klimastation nach subjektiven Kriterien.

Die Klimadaten lagen als Monatsdurchschnittswerte vor und wurden in dieser Form verwendet. Für den Herbst und das Frühjahr wurden die Monate Oktober, November, April und Mai als eigenständige Parameter in die Analyse einbezogen. Es wird untersucht, ob davon eventuell noch einige entfallen können.

3.2.2 Bodendaten

Im Rahmen der Reichsbodenschätzung in den 30er-Jahren des 20. Jahrhunderts wurde für jede Ackerfläche als Ausdruck der Qualität eine Ackerzahl zwischen 0 und 100 bestimmt. Die höchste mögliche Bodengüte wird durch die Ackerzahl 100 repräsentiert. Als Referenz für 100 gelten zwei Ackerstücken, eines in der Lommatzscher Pflege in Sachsen und eines in der Magdeburger Börde in Sachsen-Anhalt. Für ackerbauliche Zwecke genutzte Flächen liegt die Ackerzahl mindestens bei 25; in der Regel wesentlich höher. Auf Flächen mit Ackerzahlen um 20 und niedriger ist eine gewinnerzielende **ackerbauliche** Bewirtschaftung nicht möglich.

Ziel war das Erstellen einer Liste der durchschnittlichen Bodenwertzahlen der Gemeinden. Es bestanden zwei Möglichkeiten:

Verfahrensweise 1

Verwendung der digitalisierten Karte der Reichsbodenschätzung. Diese wurde nur in der DDR mit dem System der Ackerzahl weitergeführt, während in den Katasterämtern der alten Bundesländern die Erfassung nur noch auf einer 0-4

Klassen-Skala erfolgte. Um die Datengrundlage zu vereinheitlichen, wurden die Daten der DDR über eine Klassifizierung dieser fünfklassigen Einteilung angepasst. Diese Karte liegt auf Gemeindebasis vor (Abbildung 2).

Verfahrensweise 2

Verwendung der Karte der Leitbodenarten der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR, 1999). In dieser Karte wird die Verteilung der Leitbodenarten in Deutschland dargestellt. Diese Leitbodenarten lassen sich einer bestimmten Ackerzahl zuordnen. Eine entsprechende Tabelle liegt aus dem Projekt von SCHULZKE u. a. (1998) vor. Für einige wenige Leitbodenarten, für die eine Zuordnung fehlte, wurden durch SCHULZKE (2005) aufgrund der Ähnlichkeit der natürlichen Bedingungen zu verfügbaren Bodenarten eine Zuordnung zu Ackerzahlen vorgenommen. Bodenarten wie Moorböden, die grundsätzlich unter Naturschutz stehen, oder Wattböden, die zeitweise überflutet sind, wurden mit einer Ackerzahl von Null belegt und müssen von den Betrachtungen ausgeschlossen werden.

Um eine Liste mit durchschnittlichen Bodenwertzahlen der Gemeinden zu erstellen, wurde die Karte mit den administrativen Gemeindegrenzen mit der Karte der Leitbodenarten mit dem ArcInfo-Befehl „intersect“ verschnitten, die Polygonflächen neu berechnet und das Ergebnis in eine Geodatabase exportiert. Für die weitere Verarbeitung war es wichtig, nur die Teilflächen mit einer Leitbodenzahl größer Null zu verwenden, da diese Flächen Gebiete darstellen, die nicht landwirtschaftlich genutzt werden (z. B. Watt, Flussmündungen, Moore oder andere Naturschutzgebiete). In einer MS Access-Datenbank wurden die bereits erfassten Gemeindedaten mit den auf der Basis der Leitbodenarten ermittelten mittleren Bodenwertzahlen verknüpft. Für jede Gemeinde wurde eine durchschnittliche Bodenwertzahl ermittelt. Dazu wurden die Bodenwertzahlen der Einzelflächen über ihre Flächengröße gewichtet.

Die Datensätze wurden dann gemeindeweise als über die Fläche gewichteter Mittelwert der Bodengüte zusammengefasst. Das Ergebnis ist detailliert im Anhang B dargestellt.

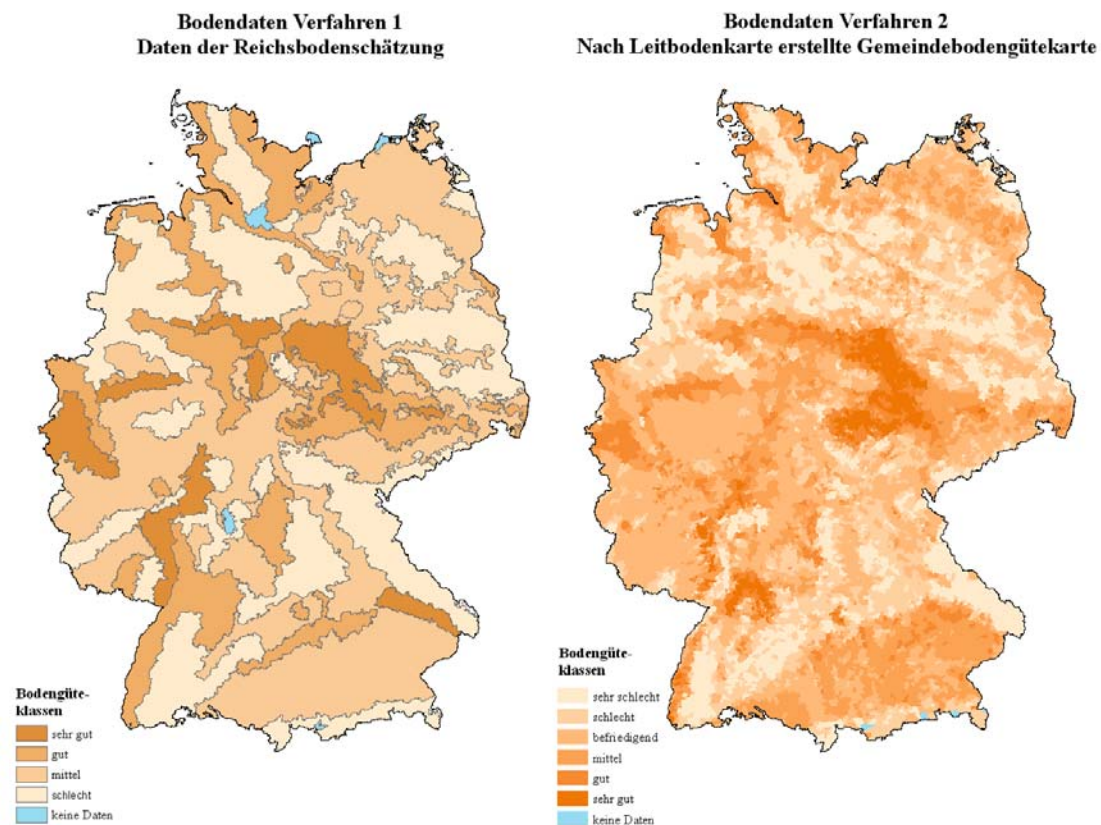


Abb. 2: Vergleich der Verfahren zur Erzeugung der Bodengütedaten

Die in der Verfahrensweise 1 erzeugten Daten sind aufgrund der fünfklassigen Einteilung nur wenig differenziert. Daher wurden im weiteren die Ergebnisse der zweiten Verfahrensweise verwendet.

3.2.3 Anbaudaten

Für die anbaubezogenen Parameter wurden die Daten der Statistischen Landesämter (Regio-Stat-Daten 2000) verwendet. Die Erhebung der Daten zum Jahr 1999 erfolgte im Jahr 2000. Betrachtet wurden der durchschnittliche Ertrag, die Ackerfläche insgesamt und die Weizenanbaufläche. Aus den beiden letzten Angaben wurde die Anbaudichte für Winterweizen berechnet.

Die Daten lagen in mehreren Tabellen pro Bundesland vor; allerdings mit unterschiedlichem räumlichen Bezug und in unterschiedlicher Qualität (vgl. Tabelle 1). Deshalb war deren Umsetzung auf die einheitliche Gemeindebasis und auch die Datenverifizierung mit erheblichen Aufwand verbunden. Die Speicherung der Daten erfolgte anschließend wiederum in der MS Access-Datenbank.

In den Ausgangstabellen waren die Daten auf der in Tabelle 1 dargestellten Basis erfasst.

Tabelle 1: Erfassungsbasis der Anbaudaten

Bayern	Gemeindedaten und kreisfreie Städte
Berlin	Daten für die ganze Stadt
Brandenburg	Kreisdaten
Bremen	Gesamtflächen, Stadtbezirke
Baden-Württemberg	Gemeindedaten, Kreisdaten, Regierungsbezirk, Land
Hamburg	Daten für die ganze Stadt
Hessen	Kreisdaten, Regierungsbezirk, Land
Mecklenburg-Vorpommern	kreisfreie Städte, Kreise, Land
Niedersachsen	Anbaudaten: Gemeinde, Kreis, Regierungsbezirk, Land, Ackerflächen: Kreis
Nordrhein-Westfalen	Gemeindedaten, Kreisdaten, Land
Rheinland-Pfalz	Gemeindedaten, Kreisdaten, Land
Saarland	Gemeindedaten, Kreisdaten, Land
Sachsen-Anhalt	Kreisdaten, Regierungsbezirk, Land
Sachsen	Gemeindedaten, Kreisdaten, Regierungsbezirk, Land
Schleswig-Holstein	Gemeindedaten, Kreisdaten, Land
Thüringen	Kreis, Land

Bei der Datenverifizierung zeigte sich in einigen Fällen, dass die Summen der Gemeindedaten nicht mit den angegebenen Kreissummen übereinstimmten. In anderen Fällen waren die gewünschten Daten nur auf Kreisbasis vorhanden. In den Datensätzen für die Gemeinden waren die zugehörigen Datenfelder leer. Ein weiteres Problem ergab sich aus der Vermutung, dass für Niedersachsen die Daten offenbar per Hand erfasst wurden. Die gegebene Struktur musste manuell so angepasst werden, dass eine Weiterverarbeitung auf dem Rechner möglich war. Die Zahlen waren in MS EXCEL-Tabellen¹ als Text abgelegt und enthielten sowohl führende Leerzeichen als auch Leerzeichen als „Tausender-Trennzeichen“. Für einige Gemeinden wurde als Winterweizenanbaufläche der Wert „-1“ angegeben. Dieser Wert entspricht „keine Angaben“. Ein Vergleich mit der für die zugehörigen Kreise angegebenen Anbaufläche zeigte, dass diese Werte als „0“, also kein Anbau von Winterweizen“ interpretiert werden mussten.

Eine weitere Möglichkeit zur Datenverifizierung war deren Visualisierung auf Karten mit ArcMap 8.3. Dadurch konnten weitere Datenlücken bzw. Datenfehler entdeckt werden, da sie in der Kartendarstellung entweder durch „Löcher“ in der Darstellung oder als Sprünge an Verwaltungsgrenzen erkennbar waren. Hauptsächlich handelte es sich bei den „Löchern“ um Zuordnungsfehler, welche sich aus fehlerhaften Gemeindekennungen ergaben. So wurden zum Beispiel die Stadt Hannover und der sie umgebende Landkreis zur Region Hannover mit einer neuen Kennung zusammengefasst. Die Sprünge an den Landesgrenzen resultierten hauptsächlich aus systematischen Fehlern bei der Datenerfassung bzw. aus falschen Fruchtart-Zuordnungscode innerhalb der Daten der Statistischen Landesämter.

Die Erfassung der Anbauflächen erfolgte, wie in Tabelle 1 dokumentiert, je nach Bundesland entweder auf Gemeindebasis oder Kreisbasis. In einigen Bundesländern, in denen die Erfassung auf Kreis- und Gemeindebasis erfolgte, zeigten sich starke Qualitätsmängel bei den Gemeindedaten. Daher wurden hier gleichfalls die Kreisdaten verwendet. Für Bundesländer wie Bayern, in

¹ Microsoft ® Excel 2000; Copyright © Microsoft Corporation

denen die Anbauflächen ausschließlich auf Gemeindebasis erfasst wurden, mussten diese, um einen maßstäblich homogenen Datenbestand zu erhalten, auf Kreisebene aggregiert werden.

Ertragsdaten

Die durchschnittlichen Weizenerträge (dt/ha) des Jahres 1999 wurden durch die Statistischen Landesämter auf Kreisebene erfasst. Diese Werte wurde allen Gemeinden des jeweiligen Kreises zugewiesen.

Anbaudichten

Aus den ermittelten Werten zur ackerbaulichen Gesamtfläche und der Weizenanbaufläche der Kreise wurde die Anbaudichte bzgl. Winterweizen für die einzelnen Kreise berechnet:

$$\text{Anbaudichte} = \text{Weizenanbaufläche} / \text{ackerbauliche Gesamtfläche} * 100$$

Diese kreisbezogenen Werte wurden anschließend allen Gemeinden des jeweiligen Kreises zugewiesen.

3.2.4 Geometriedaten

Ziel des Verfahrens ist die Abgrenzung möglichst geschlossener Regionen. Allerdings berücksichtigt die für die Cluster-Analysen verwendete Software SAS 9.1 als reine Statistiksoftware zunächst keinen Raumbezug. Um dennoch der Forderung nach geschlossenen Gebieten zu entsprechen, wurden die x/y-Koordinaten der Gemeindemittelpunkte als zusätzliche Einflussfaktoren in diese Analysen einbezogen.

Zur Ermittlung dieser Koordinaten wurde das von ESRI vertriebene Geometriedaten-Paket „Verwaltungsgrenzen 2000“ (für Deutschland) benutzt. Mit ArcInfo 9.0 wurden die Labelpunkte auf Zentroid gesetzt, die Koordinaten mit AddXY zu den Daten hinzugefügt und im Anschluss daran in die MS Access-Datenbank exportiert.

4. Umsetzung

Die Daten zur statistischen Auswertung wurden für SAS in einer MS Access 2000 Datenbank in einer Datenbank-Tabelle bereitgestellt. Die weiteren Arbeitsschritte erfolgten teilweise unter Verwendung der Datenbankfunktionalität von MS Access 2000 und teilweise direkt in SAS 9.1.

Als erster Schritt wurden in der angelegten Tabelle die Datensätze der Gemeinden entfernt, in denen ein Anbau zwar möglich, aber nur von untergeordneter Bedeutung sein kann. Dazu zählen insbesondere geschlossene Waldgebiete und Höhenlagen. Aus dem Projekt NEPTUN 2000 lag eine digitale Karte dieser Gebiete auf der Basis der Gemeindegrenzen von 1990 vor. Durch die umfangreichen Gemeindereformen einiger Länder war eine Neuordnung notwendig. Ausgehend von der Tatsache, dass die Gemeindereformen ausschließlich Zusammenlegungen waren, wurde der Stand der Gemeindegrenzen des Jahres 2000 über die Karte der Gemeindegrenzen von 1990 mit der Zuordnung der nicht zu betrachtenden Gebiete gelegt und die neuen Gemeinden entsprechend der Lage des Labelpunkts zugeordnet.

In einem zweiten Schritt wurden alle unvollständigen Datensätze in der Datentabelle entfernt. Es zeigte sich, dass es sich dabei hauptsächlich um Daten zu kreisfreien Städten wie z. B. Potsdam, Oldenburg und Mannheim und die Stadtstaaten wie z. B. Berlin, Hamburg und Bremen handelte.

Danach wurden die bereinigten Daten in eine SAS-Datenbank importiert.

Um Abhängigkeiten zwischen den Einflussgrößen zu erkennen und auszuschließen, wurden im nächsten Schritt Korrelationsanalysen durchgeführt und Scatterplots erstellt. Es zeigten sich starke wechselseitige Abhängigkeiten zwischen verschiedenen klimatischen Einflussgrößen. Die Prüfung der möglichen Abhängigkeit dient dem Zweck der Faktorenreduktion. Diese Faktorenreduktion ist neben dem Ziel, einen möglichst kleinen Parametersatz

zu verwenden, notwendig, um eine Übergewichtung einer Faktorengruppe zu vermeiden. Aufgrund der Prüfung wurden die Klimawerte auf je einen Monat für Frühjahr und Herbst beschränkt.

Um die Parameter, welche unterschiedliche Absolutgrößen und Variabilitäten haben, für die Clusteranalyse verwendbar zu machen, wurde eine Standardisierung aller Parameter vorgenommen, d. h. sie wurden auf die Mittelwerte Null und die Standardabweichungen 1 transformiert.

Die Software SAS 9.1 bietet mehrere Prozeduren zur Clusterung von Datensätzen an. Die Anzahl der Datensätze, die für die Clusteranalyse der Anzahl der zu klassifizierenden Objekte entspricht, lässt eine Dendrogrammdarstellung nicht mehr zu. Es ist selbst bei Verwendung weniger Kennzeichen für die 12451 Objekte unmöglich, sie auf vertretbarem Papierformat horizontal anzuordnen. Die SAS-Prozedur „fastclus“, die insbesondere für große Datenmengen geeignet ist, bietet die Möglichkeit, die Anzahl der Cluster vorzugeben.

Andere Prozeduren von SAS liefern die Daten des gesamten Dendrogramms. Daraus hätte sich die Notwendigkeit, wie bei SCHMIDT (2002), ergeben, eine zusätzliche Software zur Auswertung und Darstellung zu programmieren, ohne dass dieses einen Informationsgewinn dargestellt hätte, da nicht wie bei SCHMIDT (2002) expertengestützte Beschneidungen des Entscheidungsbaumes vorgesehen waren.

Als Methode zur Clusterung der Gemeindedaten wurde die der Minimierung der Wurzel aus der mittleren quadratischen Differenz zwischen den Daten und den entsprechenden Cluster-Mittelwerten (vgl. SAS/STAT Software 1997) verwendet.

Die Ergebnisse wurden mit ArcGIS 9.0 visualisiert. Erste Tests mit unterschiedlichen Clusteranzahlen zeigten, dass die Forderung nach möglichst geschlossenen Gebieten mit dieser Vorgehensweise nur bedingt erfüllbar ist.

Um für die Ausgrenzung der Regionen eine möglichst optimale Clusteranzahl zu ermitteln, wurden eine Reihe von Testrechnungen durchgeführt, wobei alle Anzahlen im Bereich 17 bis 35 geprüft wurden.

Die Ergebnisse wurden in ArcGIS 9.0 dargestellt und durch ein „dissolve“ die Grenzen zwischen benachbarten Gemeinden mit der gleichen Clusterzugehörigkeit aufgelöst. Anschließend wurde die Funktion „Multipart to Singlepart“ aus der Toolbox verwendet, um Patches für das Untersuchungsgebiet zu erzeugen und die Anzahl in der Objekttabelle zu ermitteln. Als Patches werden zusammenhängende Gebiete von Gemeinden verstanden, welche die gleiche Merkmalsausprägung, hier die Zugehörigkeit zu einem Cluster, haben.

Aufgrund der Zielstellung, der ausgewählten Merkmale und der Verteilungsstruktur der Cluster wurden 21 Cluster als die günstigste Anzahl im Sinne der Aufgabenstellung gewählt.

Die Anzahl der dazugehörigen Patches war allerdings durch viele kleinere Splitterflächen erheblich zu hoch, um dem Ziel, eine Entscheidungshilfe für die Regionalisierung zu erstellen, gerecht zu werden. In Verbindung dazu stand die sachlogische und teilweise politische Forderung, Regionen nicht unterhalb einer gewissen Mindestgröße zu erstellen.

Als ein möglicher Weg zur Lösung wurde das Entfernen zu kleiner Flächen mit „eliminate“ unter ArcInfo 9.0 gewählt.

Dabei werden nach einer Selektion der zu kleinen Patches, diese dem Nachbarn zugeordnet, der die längste gemeinsame Grenze hat. Die Reduktion erfolgt so, dass zwar einerseits die Splitterflächen beseitigt werden, andererseits aber der Informationsverlust nicht zu hoch ist.

Durch schrittweises Erhöhen der Flächengröße der zu eliminierenden Patches wurde 50000 Hektar als die dem Ziel entsprechende Größe ermittelt.

In einem abschließenden, manuellen Schritt mussten die an Grenzen des Betrachtungsgebietes befindlichen Splitterflächen zugeordnet werden, da diese verfahrensbedingt nicht von ArcInfo 9.0 automatisch zugeordnet wurden.

Die Ergebnis-Karte wurde als für den weiteren, hauptsächlich politisch motivierten Entscheidungsprozeß als brauchbar eingestuft und entsprechend genutzt.

5. Ergebnisse und Diskussion

Im Rahmen des Verfahrens waren als erstes die relevanten Parameter zu bestimmen. Für die Kulturart Winterweizen sind die Einflussgrößen für die Ertragsbildung in der Literatur gut belegt. Dennoch musste sich in einer Expertenrunde darüber geeinigt werden, welche der in der Literatur genannten Parameter als relevant betrachtet werden. Es verblieben als Parameter:

- Monatsmitteltemperatur April
- Monatsmitteltemperatur Mai
- Monatsmitteltemperatur Oktober
- Monatsmitteltemperatur November
- Niederschlagssumme April
- Niederschlagssumme Mai
- Niederschlagssumme Oktober
- Niederschlagssumme November
- Sonnenscheindauer April
- Sonnenscheindauer Mai
- Sonnenscheindauer Oktober
- Sonnenscheindauer November
- Bodengüte
- Winterweizenertrag
- Anbaudichte Winterweizen

Wegen fehlender bzw. lückenhafter Daten musste auf den Einflussfaktor „Sonnenscheindauer“ von vornherein verzichtet werden. Für die Einflussfaktoren „Monatsmitteltemperatur“ und „Niederschlagssumme“ lagen dagegen langjährige Mittelwerte (Klimadaten) von den meteorologischen Stationen des Deutschen Wetterdienstes vor.

Es wurde eine Liste aller Gemeinden Deutschlands für das Jahr 2000 erstellt. Die Gemeinden, welche in geschlossenen Waldgebieten oder in Höhenlagen liegen, wurden aus dem Datenbestand entfernt. Sie sind für die vorliegende Aufgabenstellung zu vernachlässigen, da in ihnen kein wirtschaftlich relevanter Ackerbau möglich ist. Eine Karte dieser Gebiete ist in der Abbildung 3 dargestellt.

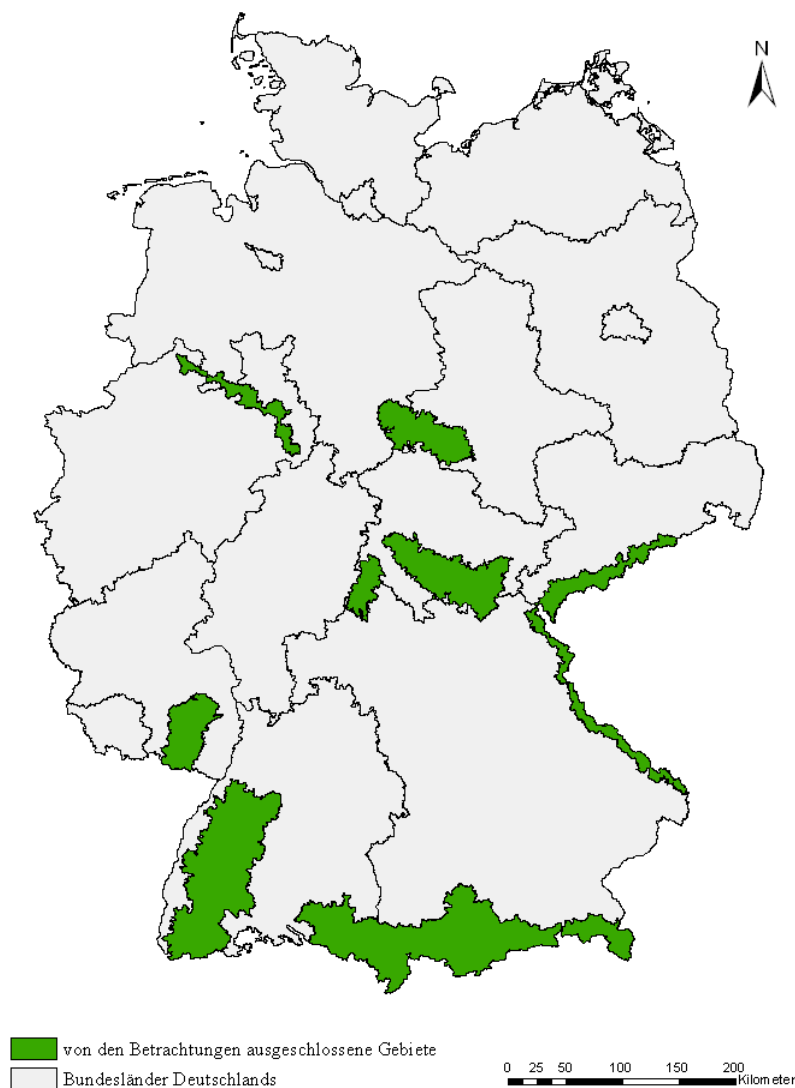


Abb. 3: Ackerbaulich nicht relevante Regionen

Neben der Verringerung des Analyseaufwandes bringt dieser Schritt bereits im Vorfeld einen entscheidenden Vorteil. Lücken in den Anbaudaten treten

hauptsächlich in diesen Gebieten auf. Der Aufwand, fehlende Daten aus anderen Quellen manuell ergänzen zu müssen, sinkt dramatisch. Außerdem wurden alle lückenhaften Datensätze aus dem Datenpool entfernt. Von den ursprünglich ca. 13914 Gemeinden konnten letztlich die Daten von 12415 Gemeinden für die weiteren Arbeitsschritte genutzt werden. Für die verbliebenen Datensätze wurde mit SAS 9.1 die wechselseitige Abhängigkeit der Einflussfaktoren geprüft (Abb. 4 und 5 sowie Tabellen im Anhang C).

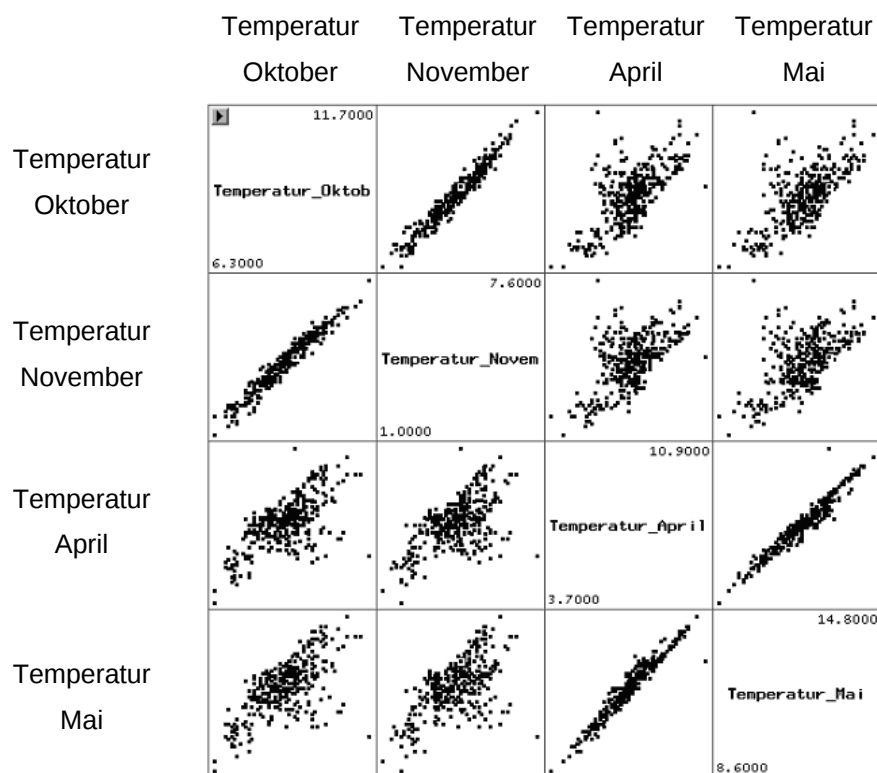


Abb. 4: Scatterplots zu den Monatsmitteltemperaturen

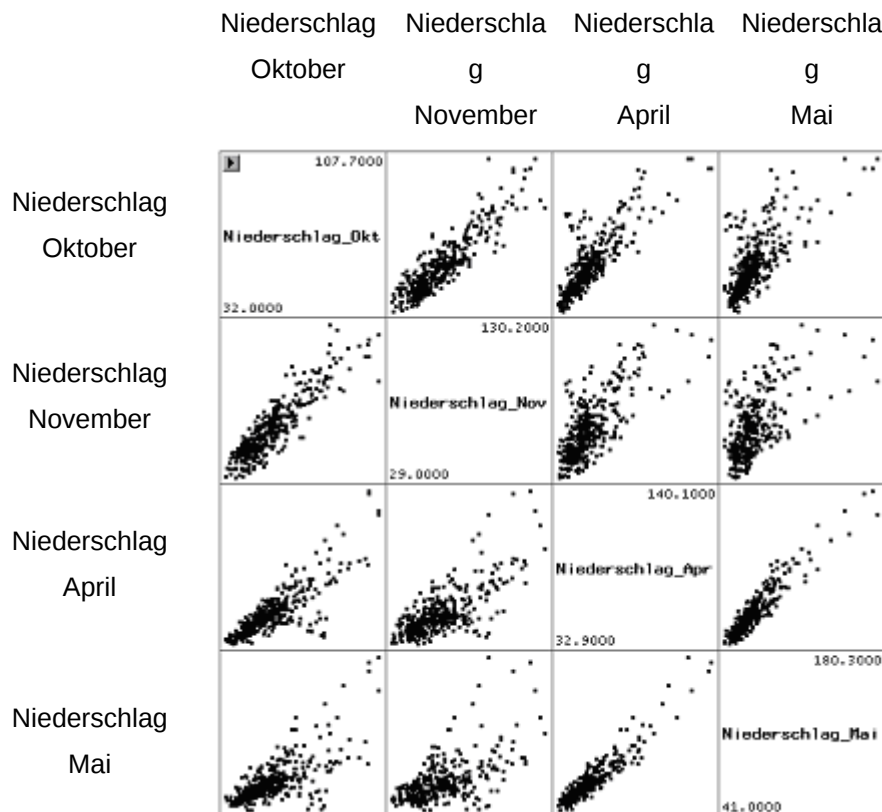


Abb. 5: Scatterplots zu den monatlichen Niederschlagssummen

Es bestehen jeweils starke Abhängigkeiten zwischen den Monatsmitteltemperaturen und den Niederschlagssummen der Monate Oktober/November und April/Mai (siehe Abb. 4, Abb. 5, Tabellen im Anhang C).

Entsprechend dieser nachgewiesenen Abhängigkeiten konnten die Einflussfaktoren „Monatsmitteltemperatur Mai“, „Monatsmitteltemperatur Oktober“, „Niederschlagssumme Mai“ und „Niederschlagssumme Oktober“ für die weiteren Betrachtungen im Sinne der Faktorenreduktion vernachlässigt werden.

Andererseits wurde der Einflussfaktor „Bodengüte“ aus sachlogischen Gründen, trotz der Abhängigkeit zum Ertrag und zur Anbaudichte, beibehalten.

Gleichfalls bleiben die Koordinatenwerte im Datensatz als räumliche Komponente enthalten.

Somit sind als Kriterien für die Clusterung verblieben:

- Winterweizenertrag
- Anbaudichte Winterweizen
- Bodengüte
- Monatsmitteltemperatur November
- Monatsmitteltemperatur April
- Niederschlagssumme November
- Niederschlagssumme April
- x-Koordinate des Gemeindemittelpunkts
- y-Koordinate des Gemeindemittelpunkts

Deren Ausprägungen sind im Anhang B in Kartenform dargestellt.

Die verwendete SAS-Prozedur „fastclus“ lieferte – wie aufgrund der Daten und der Merkmale zu erwarten war – keine geographisch geschlossenen, sondern sich überschneidende Gebiete. Nachteilig bei dieser Prozedur unter SAS 9.1 ist, dass man Wichtungen lediglich für Datensätze und nicht für Parameter vornehmen kann, so dass eine stärkere Wichtung der geographischen Parameter aufgrund der notwendigen Standardisierung nicht vorgenommen werden konnte.

Insbesondere in Gebieten mit relativ heterogenen Bedingungen wie Nordrhein-Westfalen und Rheinland-Pfalz verteilen sich die zu einem Cluster gehörenden Gebiete auf mehrere getrennt liegende Areale und fast jedes Cluster hatte kleine Splitterflächen in Gebieten, welche zu einem anderen Cluster gehörten. Um eine möglichst große Annäherung an das Ziel der „Geschlossenheit“ zu erreichen, Splitterflächen zu minimieren und damit eine gute Ausgangsposition für darauf aufbauende Arbeiten zu schaffen, wurden für alle im Bereich 17 bis

35 befindlichen Cluster Analysen durchgeführt. Zusätzlich dazu wurden Varianten mit 11 und 45 Clustern gerechnet, um den Trend außerhalb des untersuchten Bereiches beurteilen zu können. Zur Bewertung der Geschlossenheit der Gebiete wurde die Kennziffer „Anzahl Patches“ gewählt.

Zu diesem Zweck wurden in ArcGis 9.0 die Gemeindegrenzen zwischen benachbarten Gemeinden mit der Zugehörigkeit zum gleichen Cluster aufgelöst. Die ermittelten Patchanzahlen sind in Abbildung 6 dargestellt.

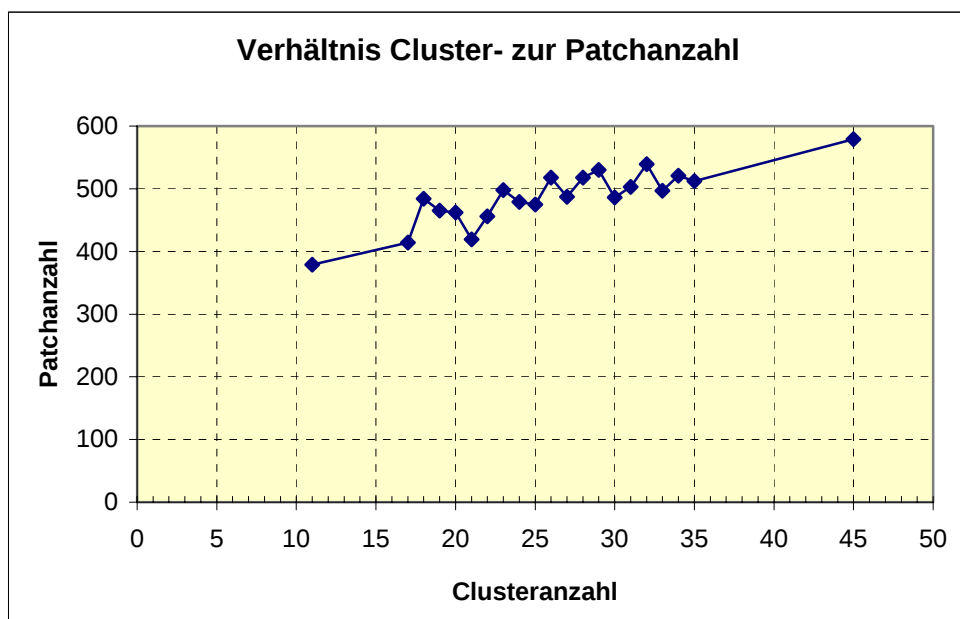


Abb. 6: Verhältnis von Cluster- zur Patchanzahl

Die Clusteranzahl 21 erfüllt mit 419 Patches innerhalb des gewünschten Bereiches die Forderung nach einer möglichst geringen Patchanzahl am besten, so dass die weiteren Arbeiten auf 21 Clustern basieren.

Um einen räumlichen Überblick zu erhalten wurde das 21-Cluster-Ergebnis mit ArcMap 9.0 dargestellt.

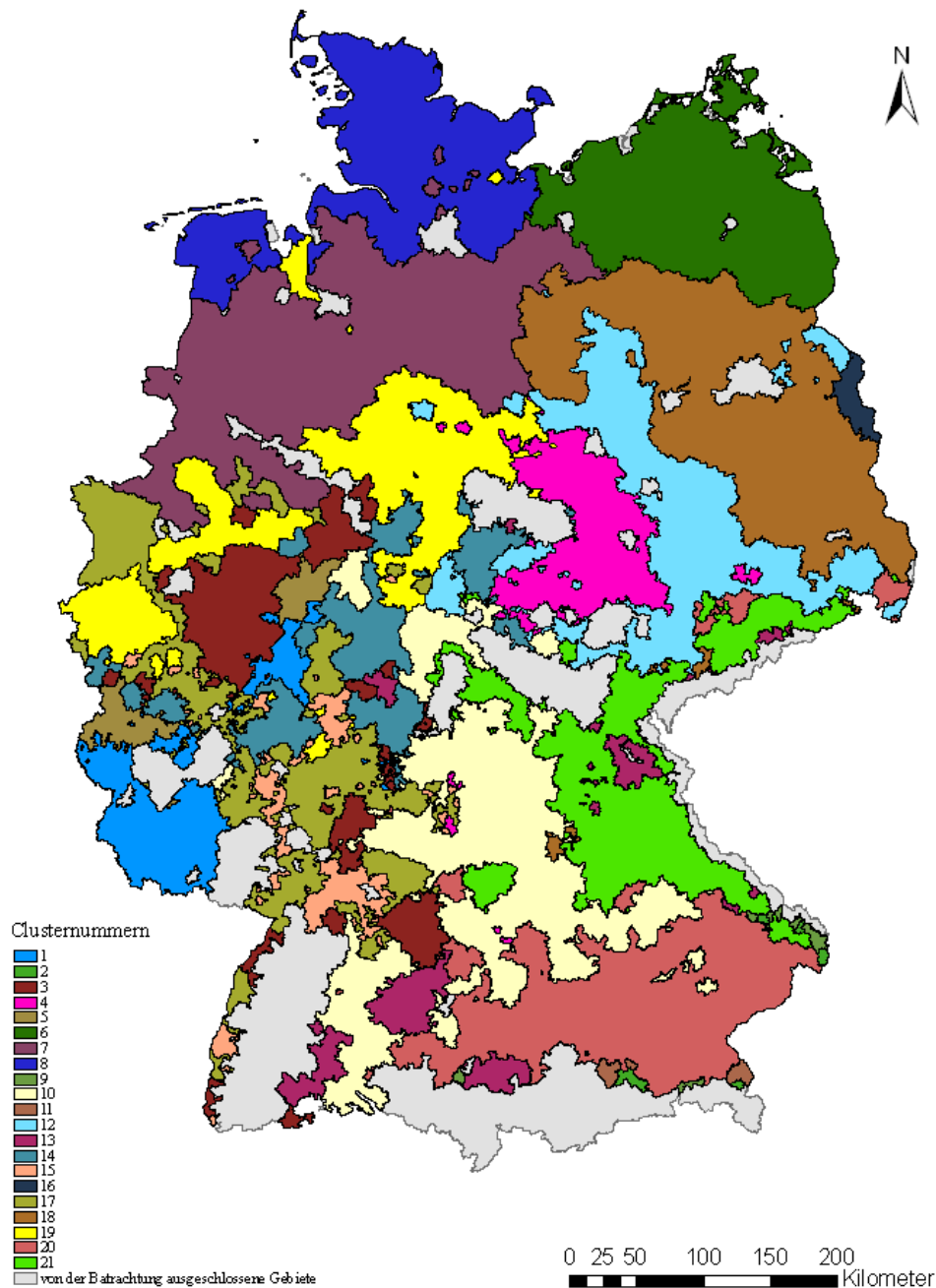


Abb. 7: Verteilung der Cluster in Deutschland

Wie die Kartendarstellung in Abbildung 7 zeigt, resultiert die hohe Patchanzahl primär aus der Tatsache, dass es viele kleine Splitterflächen innerhalb anderer Cluster gab. Diese wurden mit ArcInfo 9.0 durch ein „eliminate“ aller Flächen kleiner 50000 Hektar entfernt. Verfahrensbedingt musste diese Zuordnung noch manuell für die an den inneren und äußeren Rändern gelegenen Patches des Untersuchungsgebietes erfolgen.

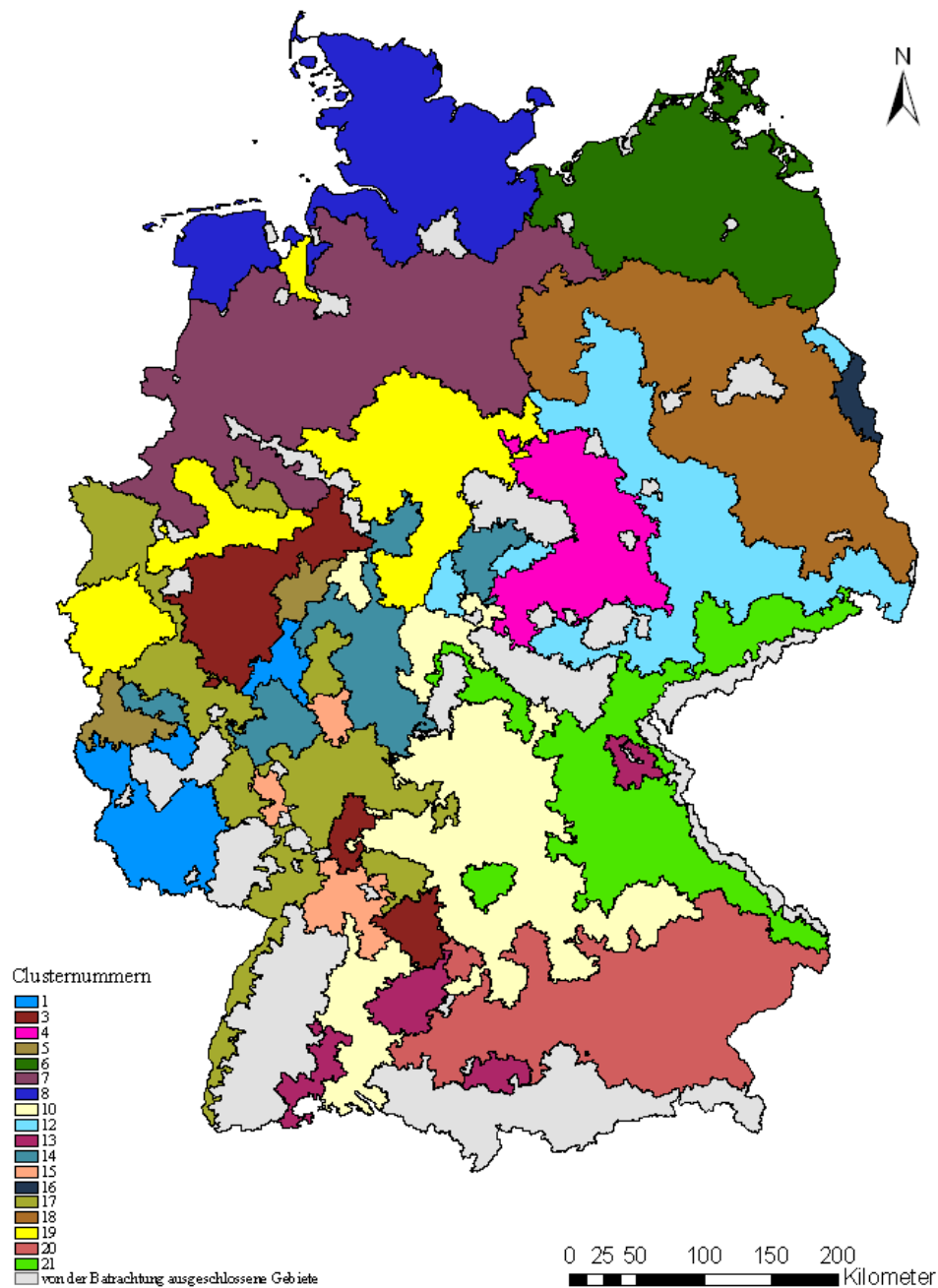


Abb. 8: Verteilung der Cluster in Deutschland nach Entfernung der Splitterflächen

Somit verblieben von den 21 Clustern, welche auf 419 Patches verteilt waren (Abb. 7), 18 Cluster mit 97 Patches (Abb. 8). Die durch das Verfahren gebildeten Cluster mit den Nummern 2, 9 und 11 hatten zu wenig Objekte, d. h. Gemeinden, und waren in ihrer räumlichen Ausdehnung zu klein. Daher entfielen sie vollständig.

Um die Geschlossenheit der Cluster betrachten zu können genügt es nicht, wie in Spalte 2 der Tabelle 2 dargestellt, die Anzahl Patches der Objekttabelle zu entnehmen.

Tabelle 2: Anzahl Patches je Clusternummer

Clusternummer	Anzahl Patches	korrigierte Anzahl Patches
1	3	2
2	-	-
3	3	3
4	1	1
5	2	2
6	22 (Ostseeinseln)	1
7	1	1
8	23 (Nord- und Ostseeinseln)	1
9	-	-
10	8 (Inseln im Waldgebiet)	3
11	-	-
12	4	4
13	4	4
14	5	4
15	4	3
16	1	1
17	6	4
18	1	1
19	4	4
20	2	2
21	3	2

Vielmehr ist die Gesamtanordnung der Patches zu betrachten. So sind zum Beispiel in den Clustern der Nummern 6, 8 und 10 Inseln enthalten, welche vom größten Patch durch nicht zu betrachtende Gebiete, wie Ost- und Nordsee oder Wald und Höhenlagen, zwar getrennt, aber trotzdem benachbart sind. Dieser Sachverhalt ist in Abbildung 9 beispielhaft am Cluster Nummer 8 dargestellt. Dieses Cluster enthält durch die Nord- und Ostseeinseln bei ausschließlicher Betrachtung der Objekttabelle in ArcMap 23 Patches. Bei Betrachtung der Kartendarstellung stellt es sich aber als visuell geschlossen dar.

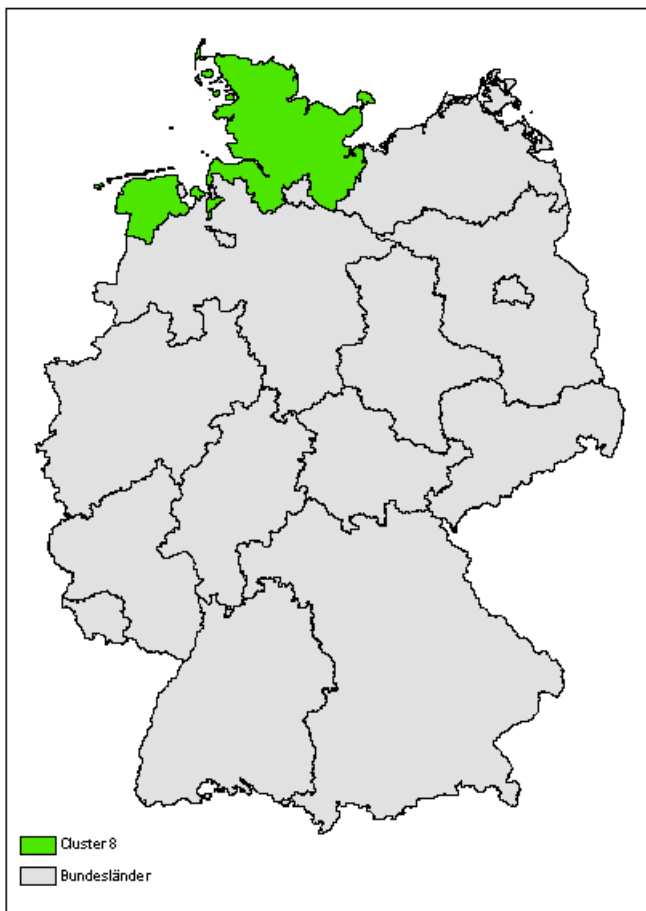


Abb. 9: Verteilung der Patches des Clusters 8

Die durchgeführten Zusammenfassungen dieser „benachbarten“ Cluster ergaben die letzte Spalte der Tabelle 2.

Nach der Korrektur verbleiben 43 echte Patches. Das Ergebnis von 18 Clustern mit einer geringen Anzahl von Patches ist eine geeignete Vorlage zur Entscheidungsfindung.

Das in der Abbildung 8 dargestellte Ergebnis zeigt die verschiedenen Regionen, als Ergebnis der einbezogenen Merkmale Winterweizenertrag, Anbaudichte, Winterweizen, Bodengüte, Monatsmitteltemperatur und Niederschlagssumme der Monate November und April sowie x/y-Koordinate des Gemeindemittelpunkts. Die Abbildung 8 lässt aber nur eine Aussage über die geographische Lage zu. Eine Charakterisierung der einzelnen Cluster durch die anderen Merkmale ist in den Boxplots der Tabellen 3 a und b oder den statistischen Maßzahlen (Anhang D) zu entnehmen. Diese Boxplots sind natürlich schon aufgrund der unterschiedlichen Maßeinheiten nur merkmalsbezogen vergleichbar.

Tabelle 3 a: Verteilung der Einflussfaktoren:

Winterweizenertrag, Anbaudichte, Winterweizen,
Bodengüte, Monatsmitteltemperatur November,
Monatsmitteltemperatur April,
Niederschlagssumme November,
Niederschlagssumme April innerhalb der einzelnen Cluster

Anordnung der Cluster

1	3	4
5	6	7
8	10	12

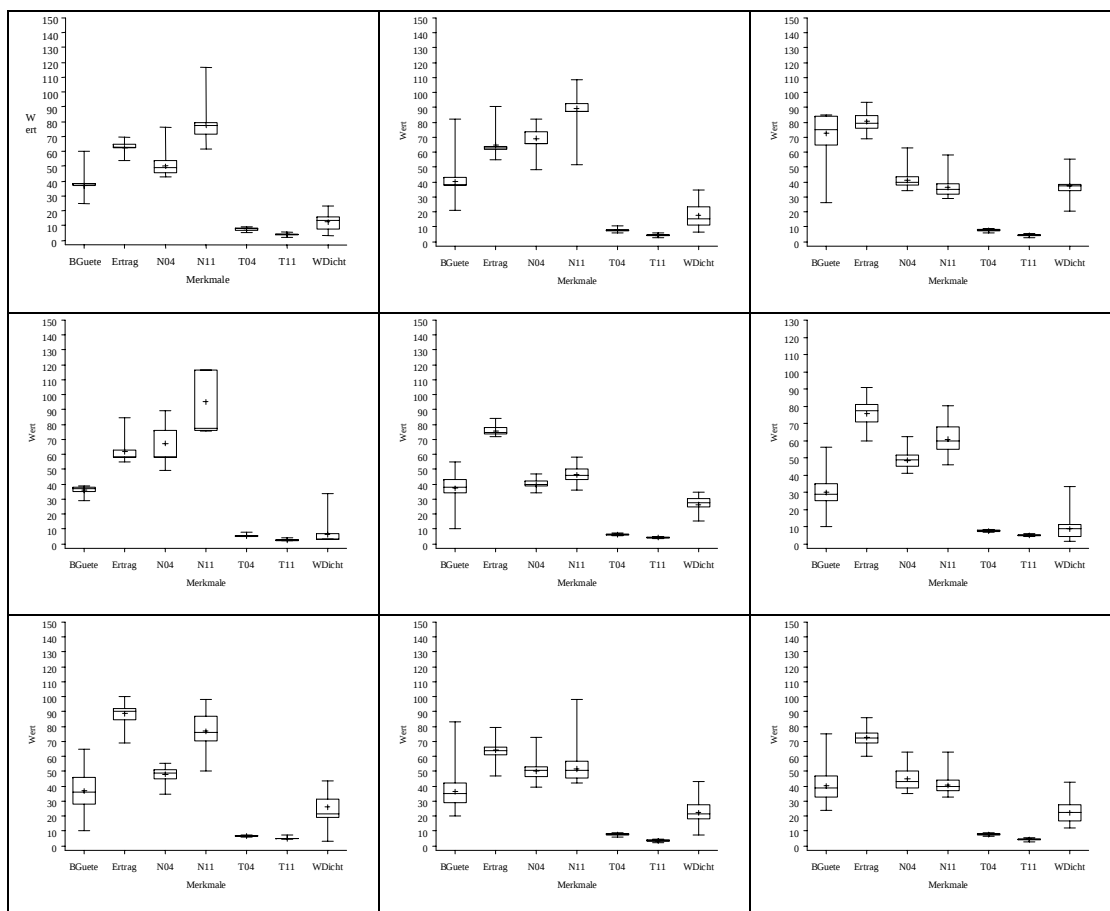
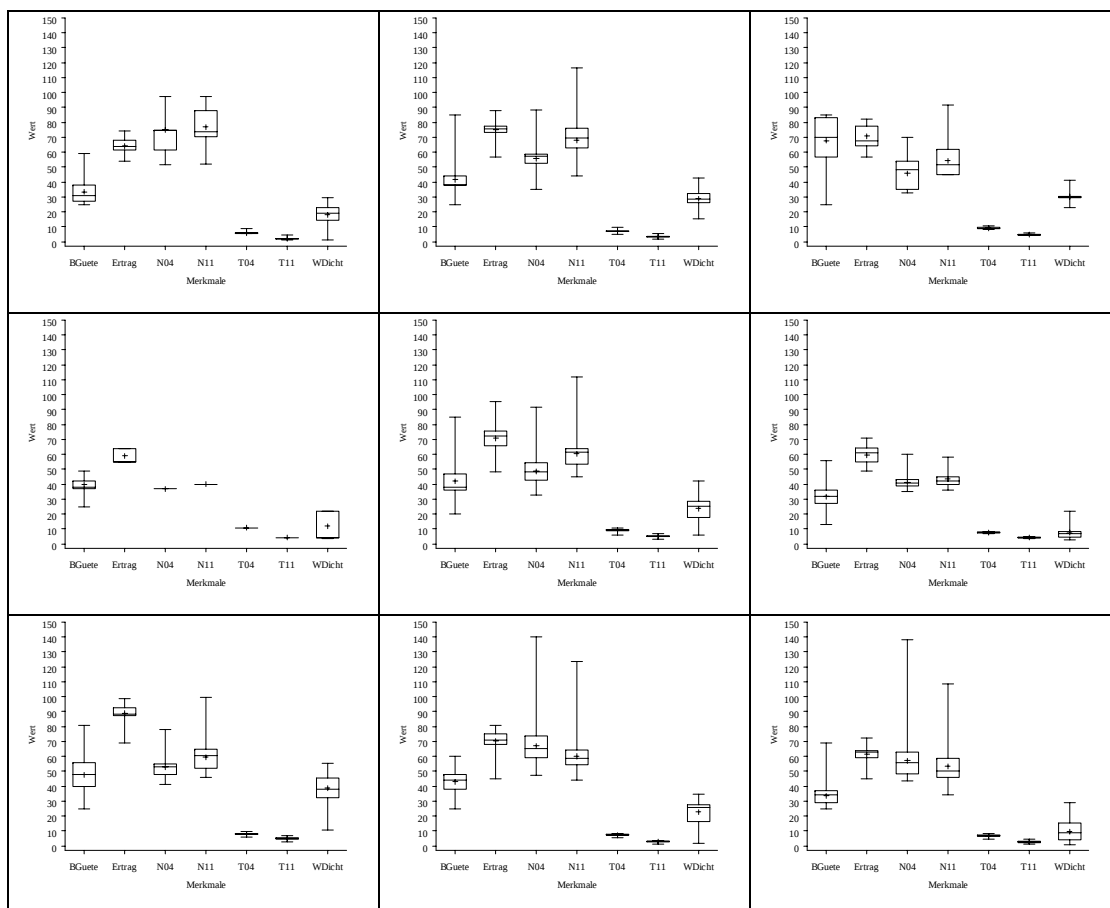


Tabelle 3 b: Verteilung der Einflussfaktoren:

Winterweizenertrag, Anbaudichte, Winterweizen,
Bodengüte, Monatsmitteltemperatur November,
Monatsmitteltemperatur April,
Niederschlagssumme November,
Niederschlagssumme April innerhalb der einzelnen Cluster

Anordnung der Cluster

13	14	15
16	17	18
19	20	21



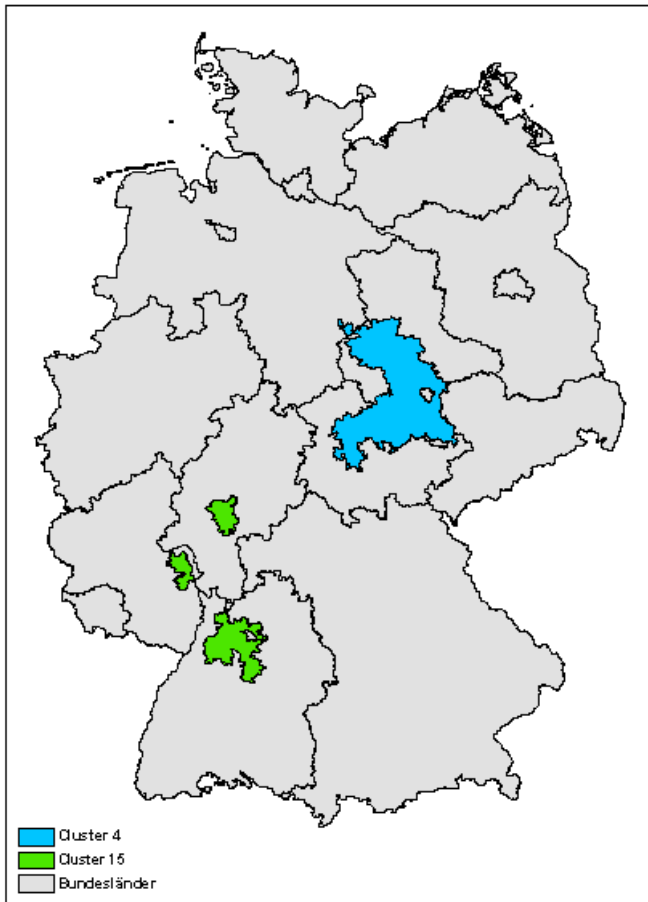


Abb. 10: geographische Lage der Cluster 4 und 15

Die höchsten durchschnittlichen Bodengüten treten in den in Abbildung 10 dargestellten Clustern 4 und 15 auf, welcher sich auch in anderen Merkmalsausprägungen wie im Ertrag, den Temperaturen und den Anbaudichten stark ähneln. Die Unterschiede liegen, neben der Tatsache, dass es sich um nicht benachbarte Gebiete handelt, im Niederschlag begründet. Der Cluster 4, welcher südlich und östlich des Harzes liegt, ist insgesamt trockener. Außerdem ist die Tendenz von April zu November im Cluster 4 so, dass der April feuchter als der November ist, während der im Südwesten Deutschlands gelegene Cluster 15 ein umgekehrtes Verhalten zeigt. Die Variabilität und Verteilung der Parameterwerte ist gleichfalls in beiden Clustern sehr ähnlich. Trotz einer großen Variabilität der Bodengütewerte überwiegt der Anteil der sehr guten Böden in beiden Clustern. Die Werte für den Ertrag und die Niederschläge variieren im Cluster 15 etwas stärker als im Cluster 4.

Insgesamt kann bei beiden Clustern wegen des sehr guten Bodens, des relativ hohen Ertrages und der hohen Weizendichte von einer sehr hohen Anbaueignung für Winterweizen ausgegangen werden.

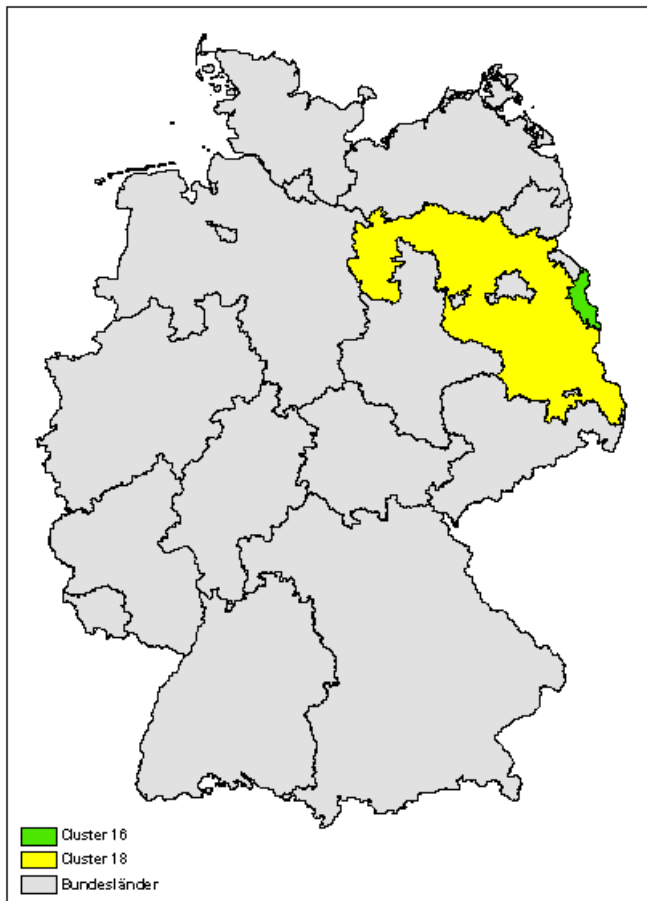


Abb. 11: geographische Lage der Cluster 16 und 18

Durchaus ähnlich zeigen sich auch die in Abbildung 11 dargestellten, direkt benachbarten Cluster 16 und 18, welche hauptsächlich in Brandenburg liegen. So zeigen sich hier geringe Niederschlagsmengen, die geringsten Erträge und geringe Weizenanbaudichten. Eine Differenzierung der Cluster hat sich einerseits aus dem Boden ergeben, dieser ist im Cluster 16 von mittlerer, im Cluster 18 von schlechter Güte, andererseits aus den Temperaturwerten. Während im Cluster 16 die April-Temperaturen am höchsten sind, sind diese im Cluster 18 nur durchschnittlich. Die Temperaturen des Monats November sind sich durchaus ähnlich. Die beim Cluster 16 auftretenden Standardabweichungen von Null liegt darin begründet, dass dieser eine geringe

räumliche Ausdehnung hat und daher alle diesem Cluster zugehörigen Gemeinden der selben Klimastation zugeordnet wurden. Für die Cluster 16 und 18 kann trotz der die Differenzierung begründenden Unterschiede einheitlich von einer geringen Anbaueignung für Winterweizen ausgegangen werden.

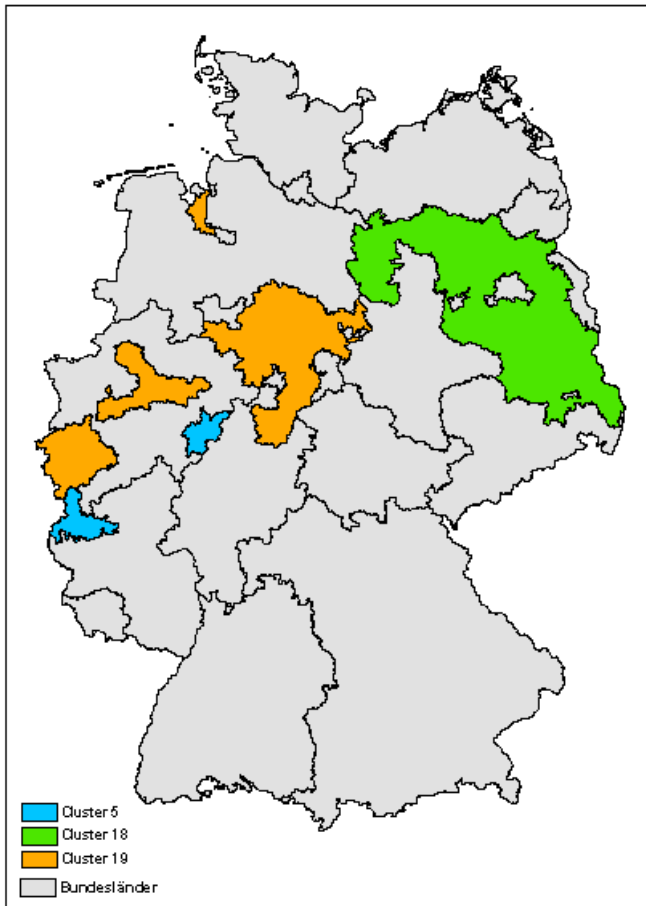


Abb. 12: geographische Lage der Cluster 5, 18 und 19

Einige Cluster sind bzgl. ihrer Merkmalsausprägung als extrem zu bewerten. Neben dem Cluster 18 (Abb. 12), welcher durch geringe Niederschlagssummen, schlechten Boden, eine sehr geringe Anbaudichte und geringe Erträge gekennzeichnet ist, ist noch der Cluster 5 (Abb. 12) zu nennen. Dieser liegt als zwei Patches im Westen Deutschlands. Die Bodenqualität ist als schlecht bis mittel einzustufen. Außerdem ist es dort sehr feucht bei sehr niedrigen Temperaturen. Das erhöht üblicherweise den Befallsdruck durch Schadpilze. Wie zu erwarten führt diese Kombination zu geringen Erträgen und

einer sehr geringen Anbaudichte. Der Weizenanbau ist in solchen Gebieten, welche bei niedriger Ertragserwartung durch die widrigen Bedingungen einen erhöhten Aufwand erfordern würden, nicht lukrativ.

Positive Rahmenbedingungen für den Weizenanbau weist der auf 4 Patches im nördlich und mittleren Westen verteilte Cluster 19 (Abb. 12) auf. Die Kombination von guten Böden mit mittleren Niederschlägen, einer mittleren April-Temperatur und hohen November-Temperatur führt zu hohen Erträgen und damit aufgrund der hohen wirtschaftlichen Attraktivität zu einer sehr hohen Anbaudichte von Winterweizen in diesem Cluster.

Solch ein merkmalsbezogener Vergleich ist auch anhand der statistischen Maßzahlen (Anhang D) möglich. Aufgeführt sind dort für die einzelnen Cluster die Maßzahlen: arithmetische Mittelwerte (Mean), Standardabweichung (STD), und die Quartile Q1 (25 %-Perzentil), Q2 (Median = 50 %-Perzentil), Q3 (75 %-Perzentil) für die Merkmale Winterweizen-Ertrag, Anbaudichte Winterweizen (Wdichte), Bodengüte (Bguete), Niederschlagssumme im April (N04), Niederschlagssumme November (N11), Monatsmitteltemperatur April (T04), Monatsmitteltemperatur November (T11).

Die numerischen Daten unterstützen die anhand der Boxplots gemachten Aussagen.

Die Ergebniskarte ist in Abb. 13 dargestellt. Die abgegrenzten 43 Regionen, welche den Patches entsprechen, werden durch ihre Lage ersichtlich. Da diese Karte als Entscheidungshilfe dienen soll, ist es für Fachexperten von Interesse, welche Patches ähnlich sind. Um die Ähnlichkeiten darzustellen wurde als Merkmal für die Patchfarbe die Zugehörigkeit zum Cluster gewählt.

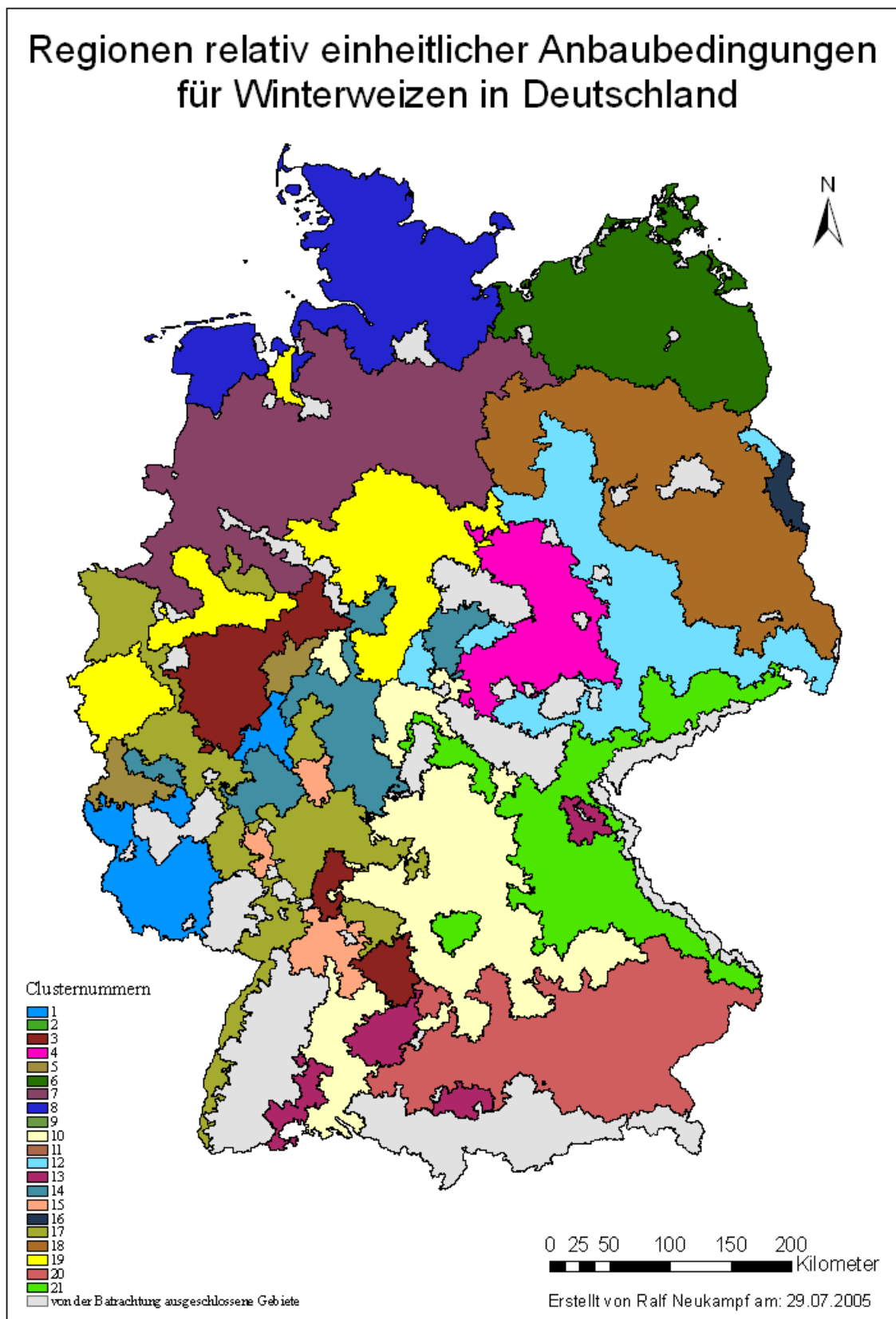


Abb. 13: Ergebniskarte

6. Schlussfolgerungen

Bei der Auswahl der Parameter ist es neben den umfangreichen Literaturrecherchen notwendig, sich auf das Wissen von Experten zu stützen. Insbesondere erwies sich die Möglichkeit, einen Autor der verwendeten Literatur persönlich zu befragen, als sehr hilfreich. Die ursprünglich von den Fachexperten vorgeschlagenen Einflussfaktoren für die Abgrenzung von Regionen müssen jedoch auch quantifizierbar und durch verfügbare Daten abgedeckt sein. Ansonsten ist eine Streichung oder Modifizierung einzelner Faktoren unumgänglich.

Die Prüfung von internen Abhängigkeiten zwischen den Einflussfaktoren ist notwendig. Sie ergab, dass solche Abhängigkeiten - hier vor allem bei den klimatischen Einflussfaktoren - bestehen und führte zu einer weiteren Reduktion der zu betrachteten Faktoren.

Es wurden 18, nicht in jedem Fall zusammenhängende, Cluster abgegrenzt. Diese verteilen sich auf 43 Patches. Das Instrument „Clusteranalyse mit SAS“ stößt bei dem Ziel, geschlossene Regionen zu bilden an seine Grenzen. Auch der Raumbezug über die Einbeziehung der x/y-Koordinaten der Gemeindemittelpunkte als weitere Parameter ist nicht ausreichend, um vollständig zusammenhängende Gebiete, im Sinne von „eine Region ist gleich einem Patch“, zu bilden. Es hat sich als nachteilig erwiesen, dass das Werkzeug SAS mit der Prozedur „fastclus“ keine Wichtung einzelner Parameter, wie zum Beispiel der Koordinatenwerte zulässt. Zukünftig wäre zu prüfen, ob eine Software wie Clustan (<http://www.clustan.com>), welche in der neuesten Version Nachbarschaftsbeziehungen berücksichtigt, geeigneter ist.

Trotz Ähnlichkeiten der Bedingungen mancher Regionen, hat jede eine ihr eigene Kombination von Parametern aufzuweisen und jede Differenzierung ist sachlogisch erklärbar. So gesehen stellt sich bei Vorgabe der Anzahl von

Regionen die Frage, welchem der Ziele - Homogenität in der Region oder Geschlossenheit - eine höhere Priorität zugeordnet werden soll.

Das entwickelte Verfahren ist als solches auch für andere Kulturen umsetzbar. Es erfüllt die vorgegebenen Rahmenbedingungen zur Erstellung einer Entscheidungshilfe zur Abgrenzung von Regionen. Die Methode stößt aber bei der Vorgabe, 18 bis 30 Regionen automatisiert zu bilden, an ihre Grenzen. Die endgültige Regionen-Definition wird in der Regel in einem weiteren, durch Expertenwissen gestützten Schritt erstellt.

Literaturverzeichnis

BASTIAN, O. (1999): Leitbilder für Naturräume auf der Basis von Landschaftsfunktionen, Natur und Landschaft, 74 (9), 361-373

BASTIAN, O. (1999): Geographie und Landschaftsplanung – Gedanken von Ernst Neef im Spiegel der modernen Landschaftsplanung, in MANNSFELD und NEUMEISTER (1999), 13-35

BACHER, J. (1996): Clusteranalyse – Anwendungsorientierte Einführung, 2. Auflage, Oldenbourg Wissenschaftsverlag GmbH, ISBN 3-486-23760-8, 2 S.

BACKHAUS, G. F., BEER, H., GUTSCHE, V., FREIER, B. (2005): Beiträge der Biologischen Bundesanstalt zum Reduktionsprogramm chemischer Pflanzenschutz des Bundesministeriums für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft, Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes, 57 (3), ISSN 0027-7479, 45-48

BLASCHKE, T., STROBL, J. (2003): Defining Landscape Units Through Integrated Morphometric Characteristics,
<http://www.masterla.de/conf/pdf/conf2003/41blasch.pdf> (29.07.2005)

BUNDESMINISTERIUM FÜR VERBRAUCHERSCHUTZ, ERNÄHRUNG UND LANDWIRTSCHAFT, (2004): Reduktionsprogramm chemischer Pflanzenschutz, BMVEL, Referat 518, 2 S.

Burak, A. (2003), Eine GIS-gestützte prozessorientierte landschaftsökologische Gliederung Deutschlands, Internationale Gesellschaft für Landschaftsökologie Region Deutschland, Tagungsband 2003, 52-53
<http://www.iale.de/Tagungsband2003.pdf> (29.07.2005)

ENZIAN, S. (1996): Definition und Klassifikation von Agrarlandschaften für die Aufgaben in der Folgenabschätzung im Pflanzenschutz, Mitteilungen aus der Biologische Bundesanstalt, Heft 321, 517 S.

GEROLD, G. (1999): Regionalisierung und Upscaling des Wasserumsatzes in Einzugsgebieten, 79 f.

In: VOLK und STEINHARDT (1999)

HOLLAUS, M., SUPPAN, F. (2003): Landbedeckungsdatensatz aus der Kulturlandschaftsforschung (Sinus), Workshop: Geodaten zur Landesbedeckung in Österreich, 5.12.2003, BOKU - IVFL

MANNSFELD, K., NEUMEISTER, H. (Hrsg., 1999): Ernst Neefs Landschaftslehre heute, Petermanns Geographische Mitteilungen, Ergänzungsheft 294

Mues, V. (2000): GIS-gestützte Regionalisierung von Klima- und Depositionsdaten,

<http://webdoc.sub.gwdg.de//diss/2000/mues/index.htm> (29.07.2005)

MEYNEN und SCHMITHÜSEN (1962) eigentlich: MEYNEN, E., SCHMITHÜSEN, J., NEEF, E., MÜLLER-MINY, H., SCHULTZE, J. H. (1958-1962): Handbuch der naturräumlichen Gliederung Deutschlands. – Bad Godesberg.

MÜLLER-WESTERMEIER, G. (1990): „Klimadaten der Bundesrepublik Deutschland, Zeitraum 1951 – 1980, (Temperatur, Luftfeuchte, Niederschlag, Bewölkung), Selbstverlag des Deutschen Wetterdienstes, ISBN 3-88148-261-X

OTT, T. (1998): Das Europa der Regionen. Disparitäten - Potentiale – Perspektiven, MATEO - Mannheimer Texte Online, Mannheim, MATEO

<http://www.uni-mannheim.de/mateo/verlag/reports/otteu/otteuro.htm>
(29.07.2005)

RENNERS, M. (1991): Geoökologische Raumgliederung der Bundesrepublik Deutschland, Trier (Forschung zur deutschen Landeskunde 235)

ROSSBERG, D., GUTSCHE, V., ENZIAN, S.,; WICK, M. (2002): NEPTUN 2000 – Erhebung von Daten zum tatsächlichen Einsatz chemischer Pflanzenschutzmittel im Ackerbau, Eigenverlag, ISSN 0947-8809, Vertrieb: Saphir Verlag

SCHMIDT, G. (2002): Eine multivariat-statistisch abgeleitete ökologische Raumgliederung für Deutschland, Berlin: dissertation.de – Verlag im Internet GmbH, Zugl.: Vechta, Hochsch., Diss., ISBN 3-89825-518-2

SAS/STAT Software (1997): Changes and Enhancements through Release 6.12, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA, ISBN 1-55544-873-9

SCHNEIDER, W., HOLLAUS, M., WRBKA, T. (2002)(a): Allgemeines zur Testgebietsbeschreibung, Projekt: Fernerkundungsgestütztes Erkennen und ökologische Interpretation von Landnutzungsveränderungen in unterschiedlichen österreichischen Kulturlandschaften
<http://ivfl.boku.ac.at/Projekte/cosinus/Testgebiete/Allgemeines/allgemeines.html>
(29.07.2005)

SCHNEIDER, W., HOLLAUS, M., SUPPAN, F., WRBKA, T., GRÜNWEIS, F. M., PETERSEIL, J. (2002)(b) Abschlußbericht: Fernerkundungsgestütztes Erkennen und ökologische Interpretation von Landnutzungsveränderungen in unterschiedlichen österreichischen Kulturlandschaften, **Comparative Study and Interpretation of landuse changes in different Austrian cultural landscapes**, COSINUS; http://ivfl.boku.ac.at/Projekte/cosinus/Endbericht_Cosinus.pdf
(29.07.2005)

SCHÖNTHALER, K. (2001): UWSF-Z Umweltchem Ökotox 13 (2); 107-116

<http://www.scientificjournals.com/sj/uwsf/abstract/doi/uwsf2001.03.046>

(29.07.2005)

Schröder, W. (1999): Ökologische Raumgliederung – Ausschnitt Bayern,

http://www.iuw.uni-vechta.de/personal/oekologie/oeub/index_raum.html

(29.07.2005)

SCHULZKE, D. (1988): Eine ökologisch begründete Gebietsgliederung der DDR für die Wintergetreideproduktion, Archiv Acker- Pflanzenbau Bodenkd., Berlin 32, 12, 767-777

SCHULZKE, D. (1988): Ein Ertragsbildungsmodell für Winterroggen, Wintergerste und Winterweizen auf der Grundlage komplexer Maßzahlen, Archiv Acker- Pflanzenbau Bodenkd., Berlin 32, 12, 779-793

SCHULZKE, D., HILLMANN, A., LORENZ, S. (1998): Abschlußbericht (Final Report) des EU-Projektes „REGIONAL GUIDELINES TO SUPPORT SUSTAINABLE LANDUSE BY EU AGRIENVIRONMENTAL PROGRAMMES (AEP)“ AIR3 CT94-1296, Teilprojekt: Agrarökologische Gebietsgliederung als Entscheidungshilfe zur Ableitung von Schutz- und Nutzungszielen bei der Landnutzung, unveröffentlicht

SCHULZKE, D., KAULE, G. (2001): Agro-Ecological Classification And Spatial Demarcation Of Western Europe, Arch. Acker- Pfl. Boden. ,Vol 46, 385-407

SCHULZKE, D. (2001): Agrarmeteorologische Hinweise für die Ertragsbildung beim Wintergetreide, Archiv Acker- Pflanzenbau Boden., Vol. 46, 465-483

SCHULZKE, D. (2004): Welchen Einfluss haben die ökologischen Rahmenbedingungen in definierten Naturräumen auf den Ertrag und die Krankheitsanfälligkeit beim Wintergetreide in Deutschland?, Archives of Agronomy and Soil Science, Vol. 50, 221 236

SCHULZKE, D. (2005); persönliche Mitteilung

STROBL, J. (undatiert): Räumliche Analysemethoden Selektion und Aggregation von räumlichen Objekten, Lehrgangsmaterial UNIGIS 2003, Modul 8, 14 S.

SYRBE, R.-U. (1996) : Informationssystem der Naturräume und Naturraumpotentiale des Freistaates Sachsen,
<http://www.sbg.ac.at/geo/agit/papers96/syrbe.htm> (29.07.2005)

STEINHARDT, U., VOLK, M. (Hrsg.) (1999); Regionalisierung in der Landschaftsökologie, UFZ, Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH – Stuttgart, Leipzig : Teubner, ISBN 3-519-00281-7

VEIT, U.; PETZOLD, B; PIEHL, H.-D. (1987): „Klimadaten der Deutschen Demokratischen Republik – Ein Handbuch für die Praxis“ ; REIHE B Bd. 14 „Klimatologische Normalwerte 1951/1980“, Meteorologischer Dienst der Deutschen Demokratischen Republik

VOLK, M., STEINHARDT, U. (1999): Einführung: Regionalisierung in der Landschaftsökologie – Stand der Forschung: Offene Fragen, Trends und Lösungsansätze, in STEINHARDT und VOLK (1999)

WITTCHEN, Udo (1996); Zuordnung der Gemeinden Deutschlands zu den Klimastationen des Deutschen Wetterdienstes, unveröffentlicht

WITTCHEN, Udo (2002): Beschreibung und Modellierung des Mikroklimas in Wintergetreide-Beständen unter besonderer Berücksichtigung langjähriger Messungen in Berlin-Dahlem und Dahnsdorf, Dissertation, Logos Verlag Berlin, ISBN 3-8325-0136-3

Datenquellen

Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR, 1999):
Nutzungsdifferenzierte Bodenübersichtskarte der Bundesrepublik Deutschland
1:1000000, Version N_101 (BÜK 1000 N_01). – Hannover (Digitales Archiv
FISBo BGR).

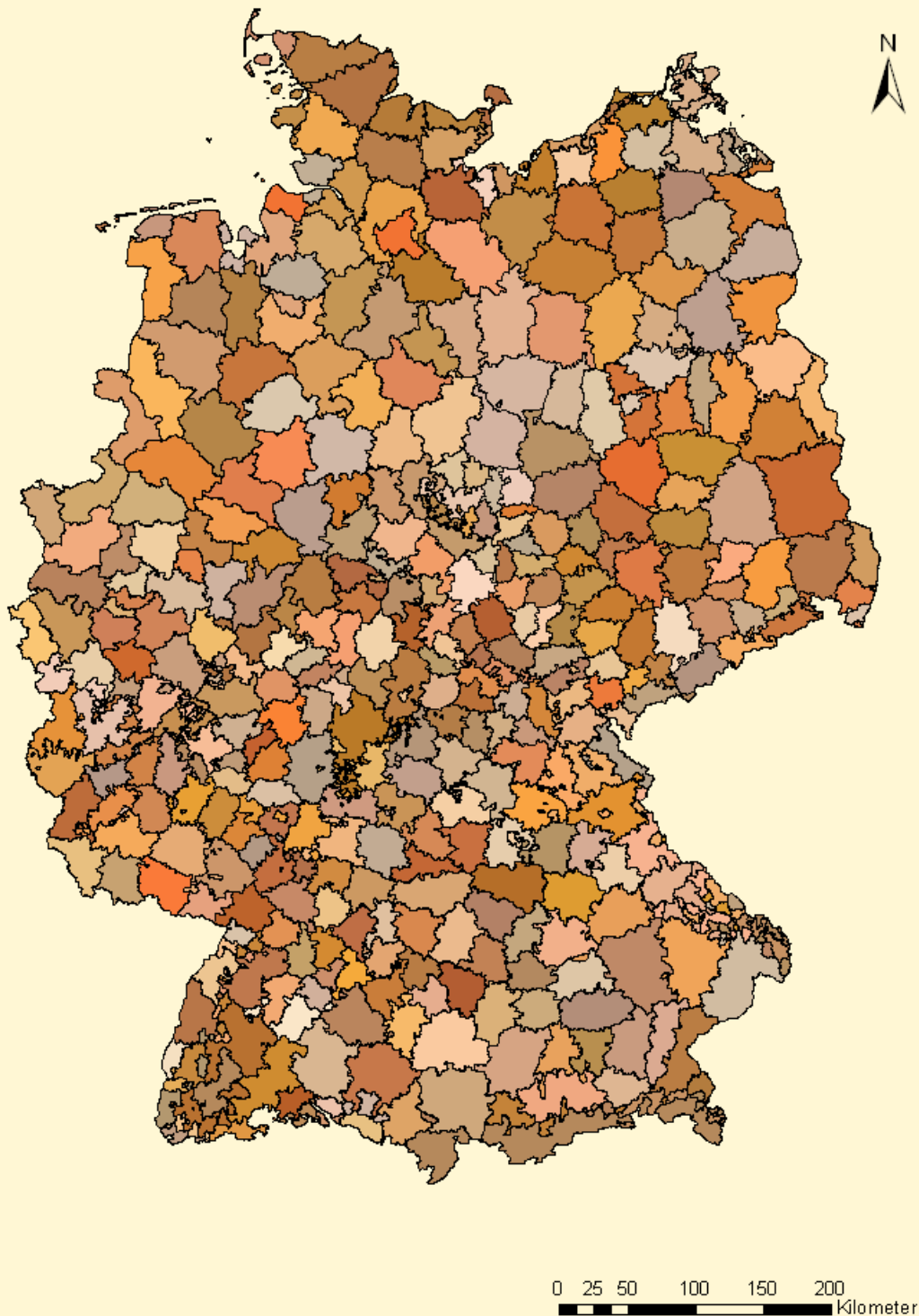
ESRI ; (2000); „Verwaltungsgrenzen 2000“

Regio-Stat-Daten der Länder für das Jahr 1999, Statistische Landesämter
Deutschlands, 2000

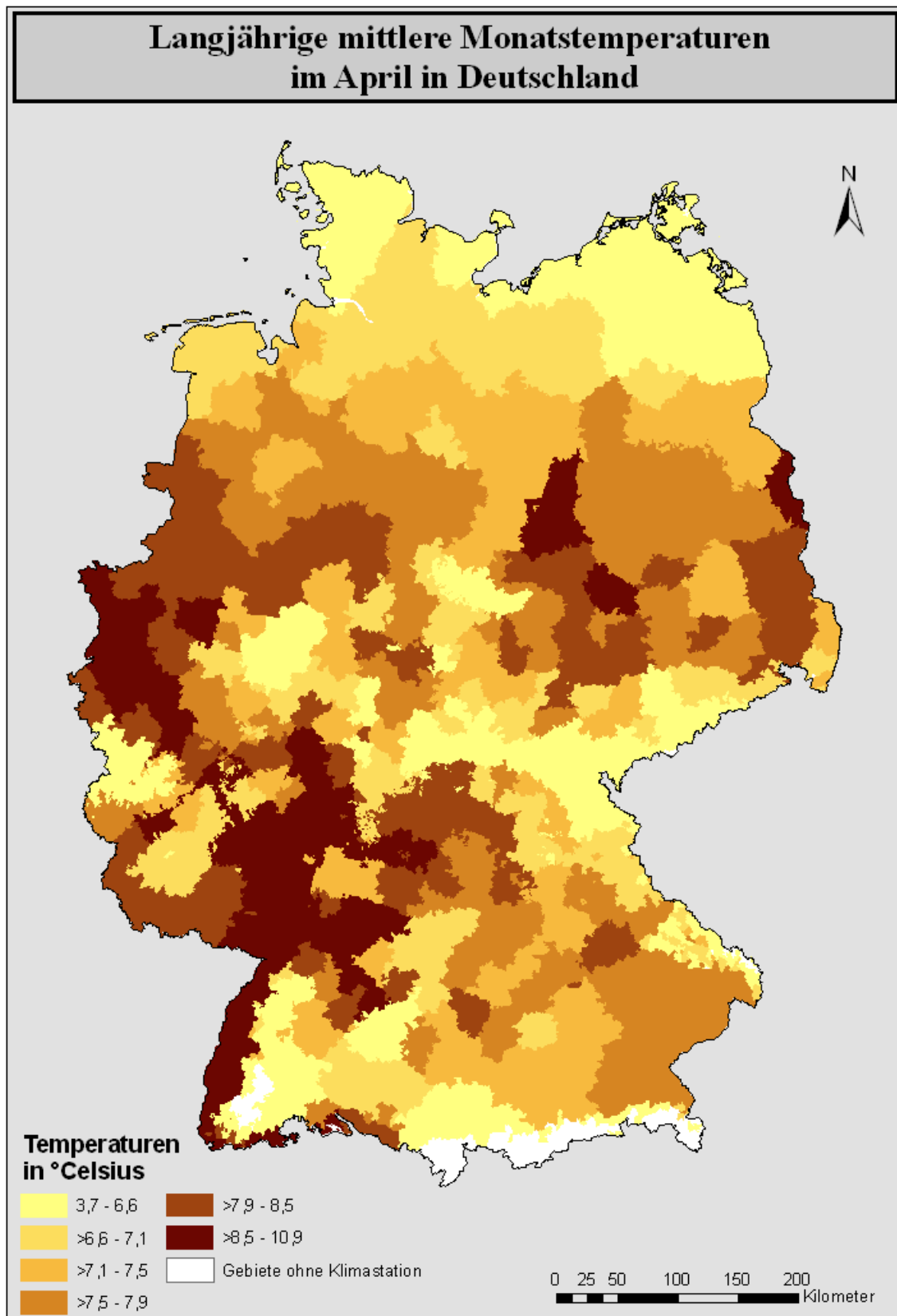
Abkürzungsverzeichnis

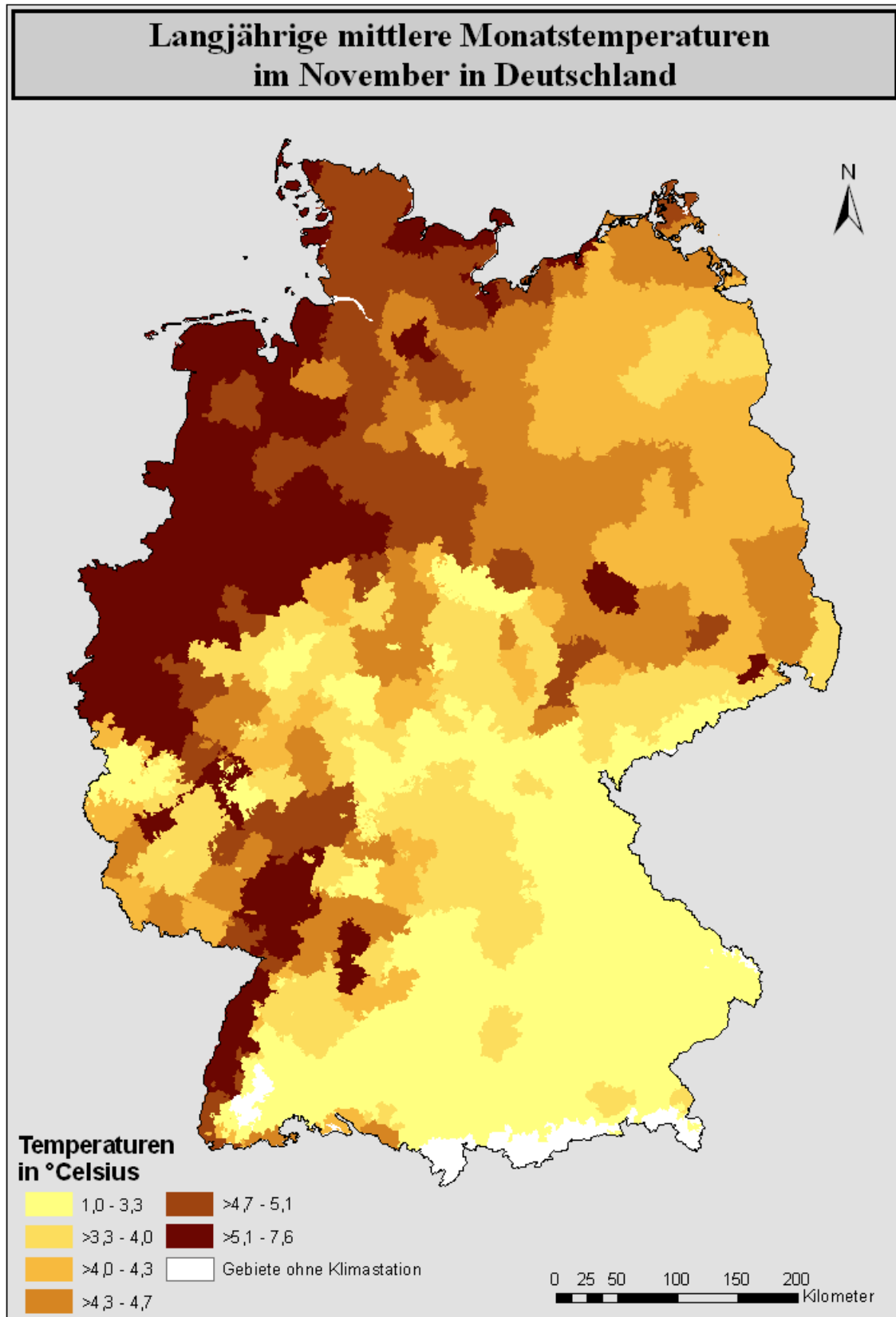
AKR	Agrar-Klima-Regionen
BBA	Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft
BKR	Boden-Klima-Regionen
BMVEL	Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft
GIS	Geographische Informationssysteme
MS	Microsoft
NEPTUN	„Netzwerk zur Ermittlung des Pflanzenschutzmitteleinsatzes in unterschiedlichen, landwirtschaftlich relevanten Naturräumen Deutschlands“

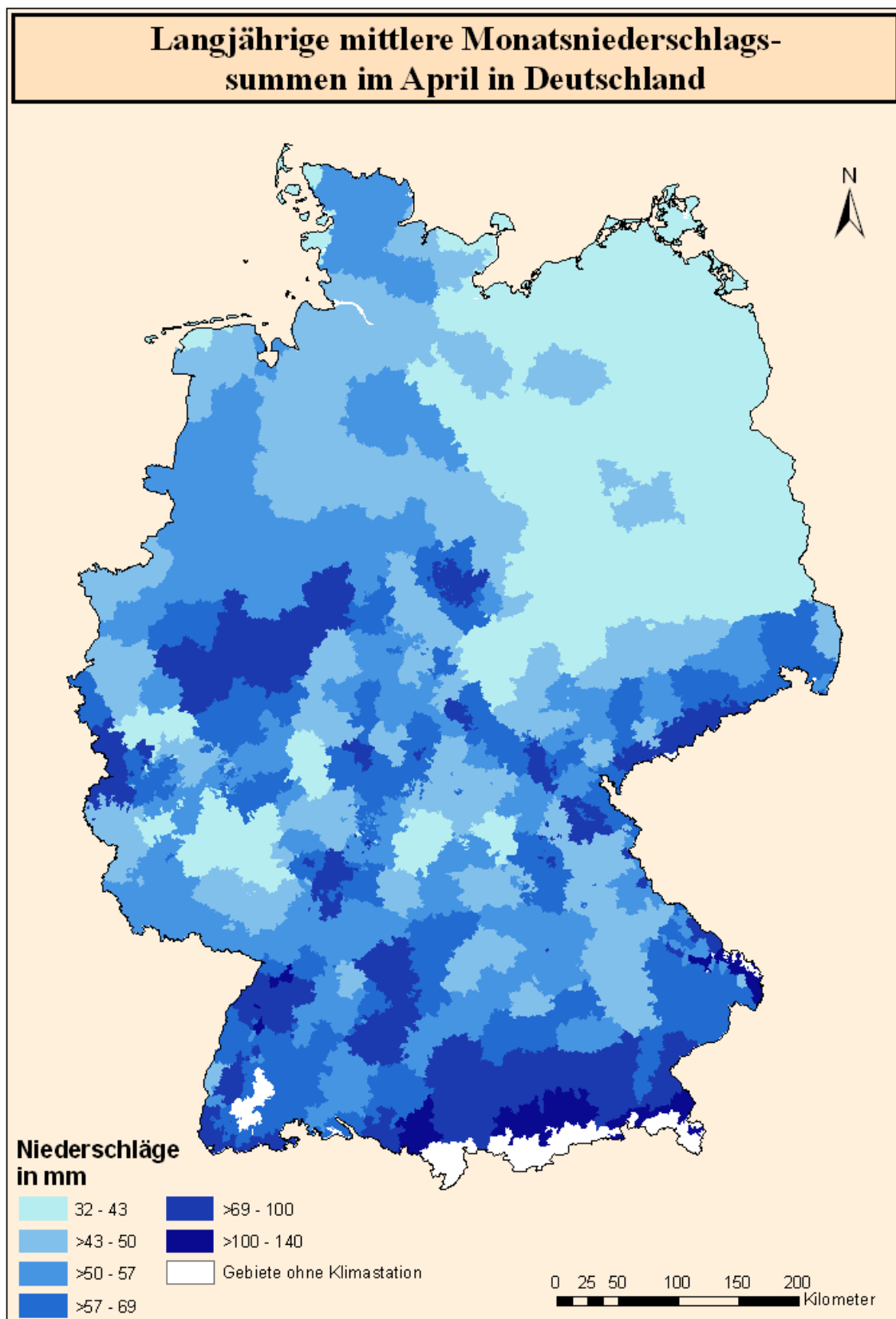
Anhang A: Zuordnung der Gemeinden zu Klimastationen des Deutschen Wetterdienstes nach WITTCHEN

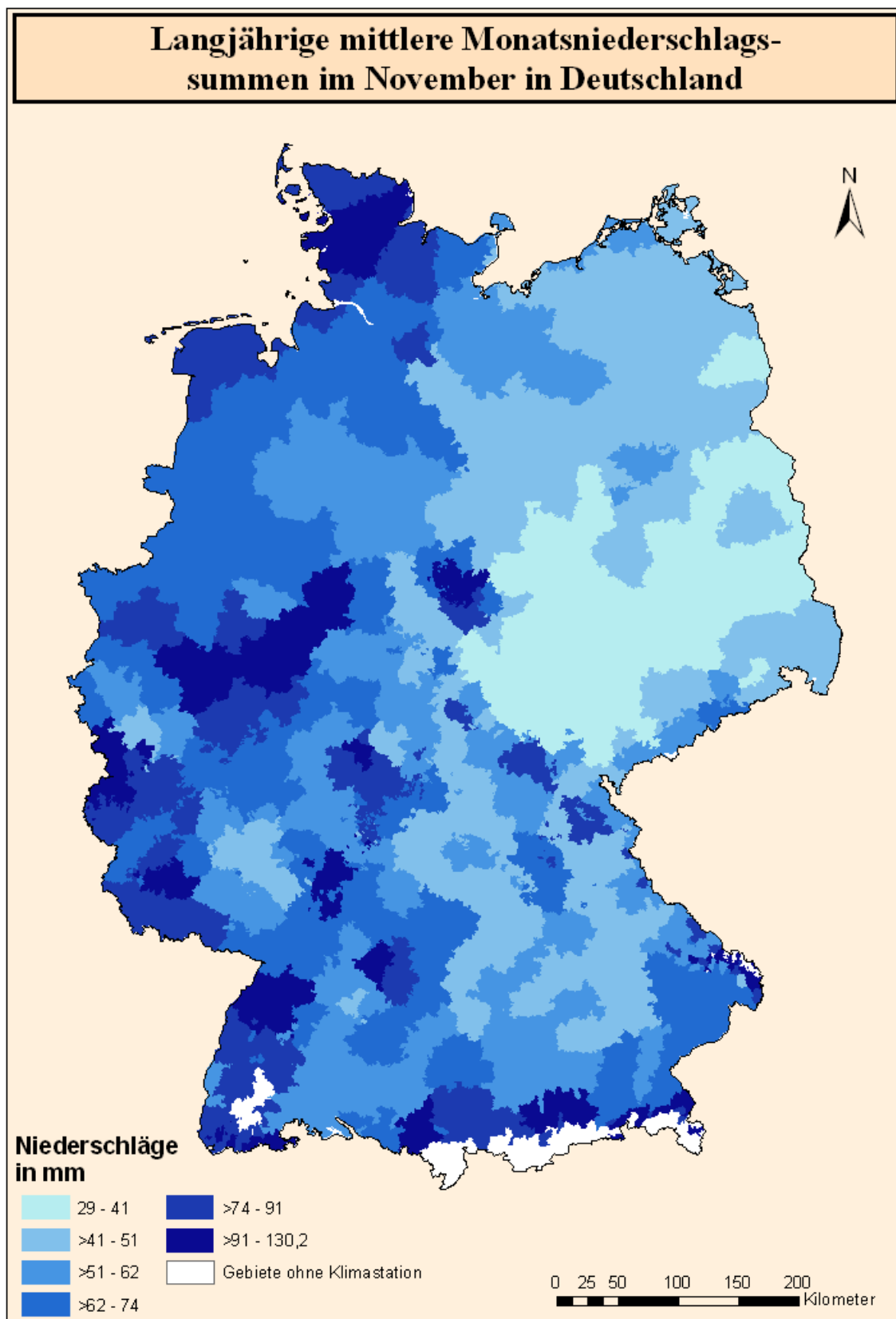


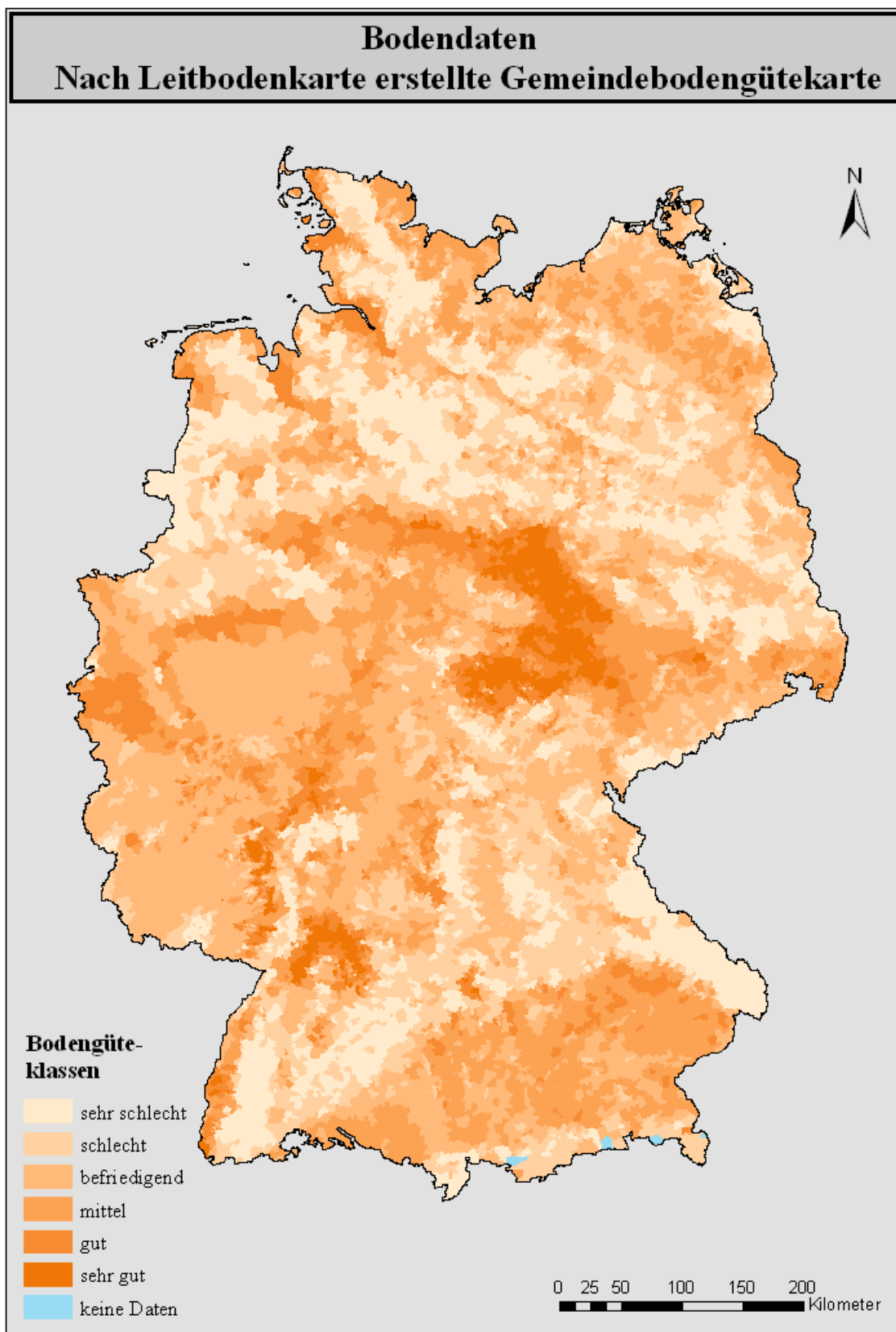
Anhang B: Karten der Ausgangsdaten

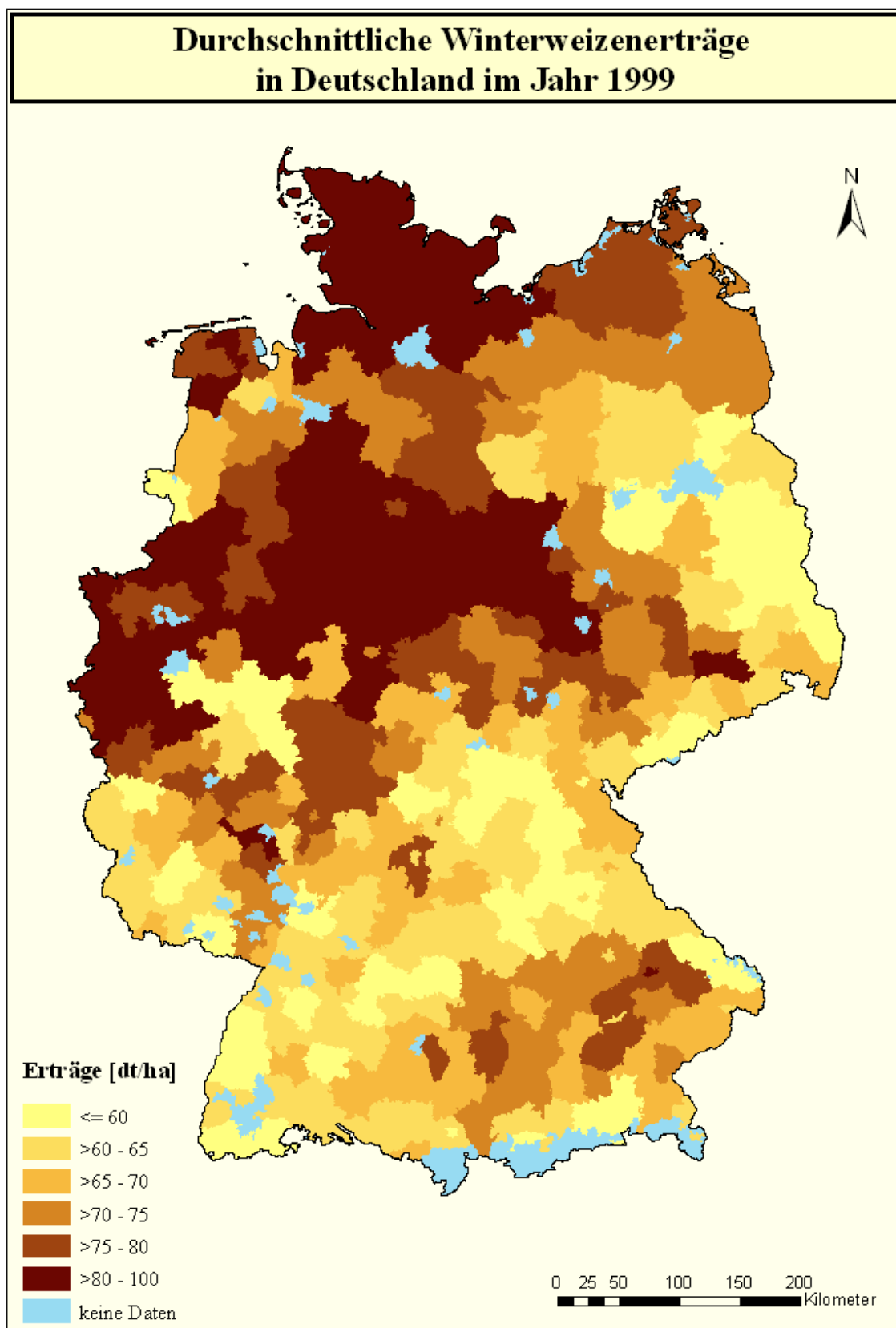


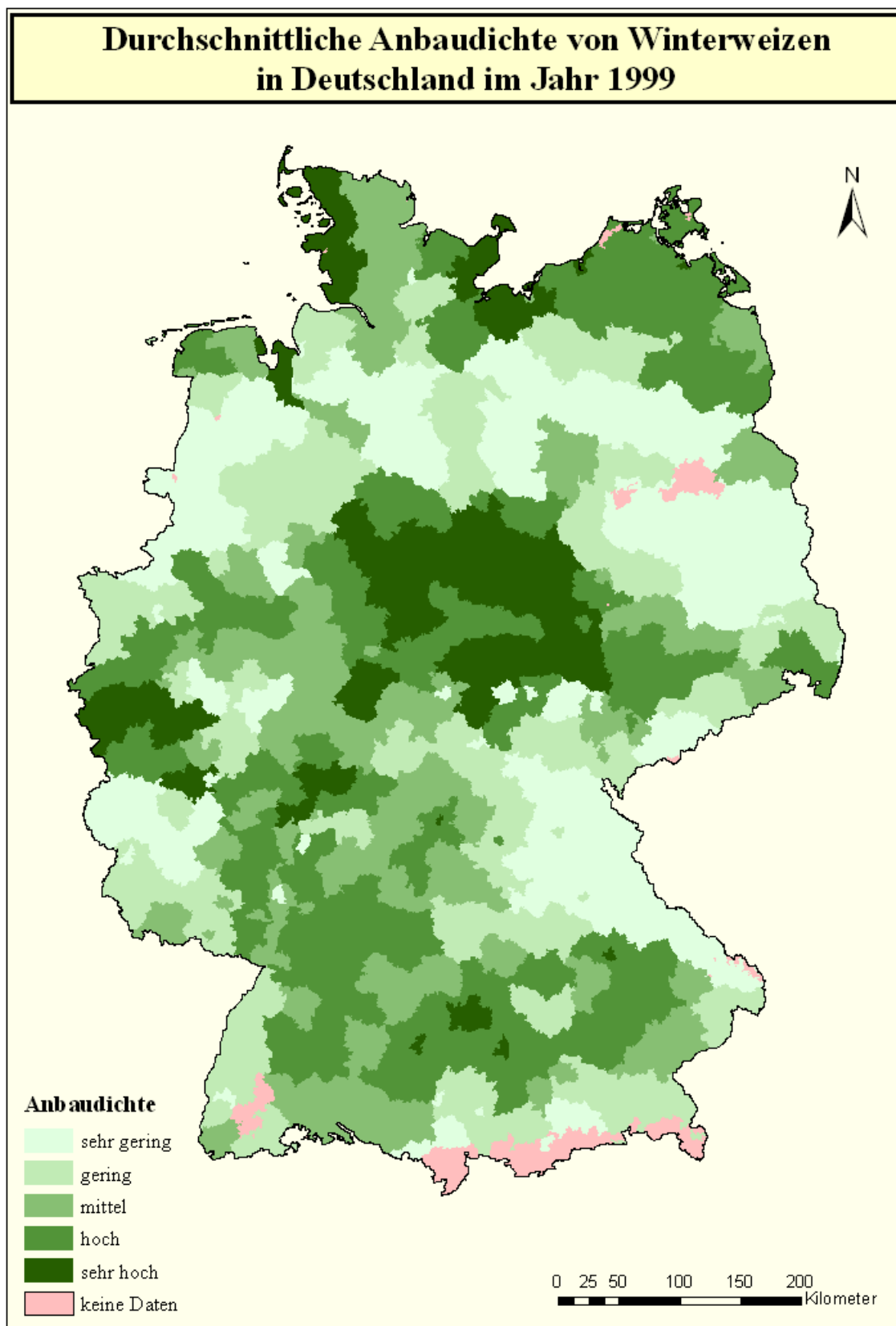












Anhang C: Tabellen der Korrelationen der Parameter

	Temperatur			
	Oktober	November	April	Mai
Temperatur Oktober	1.00000	0.95835	0.61589	0.64953
Temperatur November	0.95835	1.00000	0.53726	0.57388
Temperatur April	0.61589	0.53726	1.00000	0.94387
Temperatur Mai	0.64953	0.57388	0.94387	1.00000

	Niederschlag			
	Oktober	November	April	Mai
Niederschlag Oktober	1.00000	0.87872	0.78769	0.66000
Niederschlag November	0.87872	1.00000	0.65465	0.52627
Niederschlag April	0.78769	0.65465	1.00000	0.93097
Niederschlag Mai	0.66000	0.52627	0.93097	1.00000

			Temperatur			
	Ertrag	Anbaudichte	Oktober	November	April	Mai
Ertrag	1.00000	0.64368	0.35055	0.40679	-0.09806	-0.09683
Anbaudichte	0.64368	1.00000	0.16494	0.17240	0.05632	0.01816

			Niederschlag			
	Ertrag	Anbaudichte	Oktober	November	April	Mai
Ertrag	1.00000	0.64368	0.04878	0.03207	-0.19323	-0.23931
Anbaudichte	0.64368	1.00000	-0.07496	-0.10567	-0.10807	-0.09899

	Ertrag	Anbaudichte	Bodengüte
Ertrag	1.00000	0.64368	0.27752
Anbaudichte	0.64368	1.00000	0.49569
Bodengüte	0.27752	0.49569	1.00000

Anhang D: Statistische Maßzahlen der Cluster

Cluster	1	3	4	5	6	7	8	10	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Mean Ertrag	62,35	64,74	80,67	61,86	75,86	75,70	88,58	64,23	72,82	64,40	75,37	70,91	58,94	70,88	59,60	89,02	70,54	61,52
Mean Wdichte	12,45	17,68	37,56	6,47	26,42	8,71	26,09	22,42	22,46	18,11	28,89	30,14	12,07	23,75	7,53	38,82	22,99	9,76
Mean Bguete	36,98	40,35	72,58	36,02	37,59	29,87	37,11	36,59	40,16	33,44	41,88	67,77	39,69	42,21	31,84	47,72	43,03	33,74
Mean N04	50,23	69,19	41,32	67,39	39,95	48,55	48,01	49,99	44,94	75,17	55,88	45,84	37,00	48,62	41,43	52,88	67,25	57,07
Mean N11	77,41	89,37	36,58	95,44	46,46	60,82	77,11	51,77	40,87	76,96	67,96	54,28	40,00	60,41	43,46	59,50	60,20	53,47
Mean T04	7,64	7,69	7,92	5,41	6,44	7,53	6,67	7,82	7,85	5,83	6,93	9,21	10,90	9,03	7,59	7,92	7,46	6,70
Mean T11	4,09	4,31	4,35	2,53	4,33	4,99	5,07	3,57	4,38	2,08	3,44	4,91	4,30	5,05	4,31	5,05	2,98	2,89
STD Ertrag	4,23	7,02	5,63	5,58	3,36	6,45	4,92	5,29	5,39	5,42	4,73	8,25	4,62	7,42	5,78	5,20	5,29	5,38
STD Wdichte	4,81	6,50	5,54	5,82	5,69	4,61	8,98	5,98	6,79	8,15	5,18	3,75	8,82	6,43	4,10	8,45	6,11	6,53
STD BGuete	4,82	9,06	12,19	2,75	6,56	8,39	11,51	9,60	8,80	7,11	9,44	16,30	5,72	12,42	5,52	10,29	7,60	6,26
STD N04	5,13	5,59	6,00	10,42	2,70	4,07	4,42	5,85	7,15	13,57	6,80	9,74	0,00	10,22	3,87	7,18	15,45	12,66
STD N11	10,44	7,92	6,34	20,01	5,18	7,53	13,45	7,32	4,84	11,85	11,80	8,50	0,00	11,08	4,65	10,53	11,10	11,29
STD T04	0,64	0,52	0,52	0,47	0,36	0,43	0,39	0,47	0,59	0,71	0,80	0,55	0,00	0,74	0,32	0,55	0,38	0,70
STD T11	0,45	0,48	0,49	0,32	0,33	0,39	0,37	0,48	0,44	0,60	0,64	0,38	0,00	0,61	0,19	0,54	0,37	0,59
Q3 Ertrag	64,60	63,70	84,50	63,00	78,10	80,90	91,90	66,40	75,40	68,00	77,60	77,60	63,90	75,70	64,10	92,50	75,00	64,00
Q3 Wdichte	16,07	23,22	38,34	6,83	30,54	11,31	31,26	27,39	27,70	22,74	32,15	30,25	21,88	28,33	8,25	45,45	27,80	15,44
Q3 BGuete	38,00	43,00	84,00	38,00	43,00	35,00	46,00	42,00	47,00	38,00	44,00	83,00	42,00	47,00	36,00	56,00	48,00	37,00
Q3 N04	54,20	73,90	43,80	76,10	42,00	51,60	51,00	52,90	50,00	74,80	58,90	54,10	37,00	54,30	43,00	55,10	73,70	63,00
Q3 N11	79,60	92,50	39,00	116,70	50,00	67,90	86,70	56,60	44,00	87,80	75,90	62,20	40,00	63,90	45,00	64,90	64,10	58,80
Q3 T04	8,10	7,80	8,30	5,60	6,60	7,90	7,00	8,10	8,20	5,90	7,30	9,70	10,90	9,50	7,80	8,20	7,70	7,30
Q3 T11	4,30	4,40	4,70	2,50	4,50	5,20	5,10	3,90	4,70	2,30	3,80	5,20	4,30	5,40	4,50	5,30	3,20	3,30
Q2 Ertrag	63,00	63,10	79,30	58,40	74,50	77,50	90,40	64,00	72,20	63,90	75,50	67,50	54,70	72,40	60,90	88,40	71,00	62,70
Q2 Wdichte	13,37	15,51	37,59	3,13	27,81	9,00	21,43	21,43	22,25	19,33	28,71	30,01	4,30	25,31	6,86	37,81	25,56	8,71
Q2 BGuete	38,00	38,00	75,00	37,00	38,00	29,00	36,00	35,00	39,00	31,00	38,00	70,00	38,00	38,00	32,00	48,00	44,00	34,00
Q2 N04	49,20	65,80	40,00	58,10	40,00	48,90	48,70	50,50	43,00	74,60	57,50	48,30	37,00	48,10	41,00	52,90	65,20	56,00
Q2 N11	77,40	87,30	35,00	77,40	46,00	59,90	75,90	50,60	40,00	73,60	69,50	51,60	40,00	61,30	42,00	60,60	58,90	50,20
Q2 T04	7,70	7,80	8,00	5,60	6,40	7,50	6,70	7,90	7,80	5,80	6,80	9,00	10,90	9,10	7,70	7,90	7,50	6,80
Q2 T11	4,20	4,40	4,50	2,50	4,30	5,00	5,00	3,70	4,40	2,10	3,40	4,70	4,30	5,00	4,30	5,10	3,10	2,90
Q1 Ertrag	62,40	61,80	76,20	58,40	73,60	70,70	84,40	61,00	69,00	61,40	73,10	64,40	54,70	65,80	55,00	87,20	68,00	59,00
Q1 Wdichte	7,29	11,28	34,42	3,13	24,88	4,28	19,05	18,26	16,78	14,59	26,29	29,39	4,30	17,80	4,45	32,23	16,25	3,89
Q1 BGuete	37,00	38,00	65,00	35,00	34,00	25,00	28,00	29,00	33,00	27,00	38,00	57,00	37,00	36,00	27,00	40,00	38,00	29,00
Q1 N04	45,30	65,80	38,00	58,10	39,00	45,00	45,00	46,30	39,00	61,60	52,80	35,30	37,00	42,70	39,00	47,80	59,10	48,20
Q1 N11	71,50	87,30	32,00	75,90	43,00	55,10	70,30	45,60	37,00	70,50	63,00	45,10	40,00	53,50	40,00	52,00	54,60	46,00
Q1 T04	7,10	7,40	7,50	5,10	6,20	7,20	6,40	7,60	7,40	5,40	6,70	8,90	10,90	8,60	7,40	7,70	7,30	6,50
Q1 T11	3,80	4,30	4,00	2,40	4,10	4,70	4,80	3,30	4,10	1,80	3,30	4,70	4,30	4,80	4,10	4,70	2,90	2,30

