



LfL

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft

20 Jahre Boden-Dauerbeobachtung in Bayern

Teil 1: Konzept, Bewirtschaftung, Standort



2

2007

Schriftenreihe

ISSN 1611-4159

Impressum:

Herausgeber: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL)
Vöttinger Straße 38, 85354 Freising-Weihenstephan
Internet: <http://www.LfL.bayern.de>

Redaktion: Institut für Agrarökologie, Ökologischen Landbau und Bodenschutz
Vöttinger Str. 38, 85354 Freising-Weihenstephan
E-Mail: Agrarökologie@LfL.bayern.de
Tel.: 08161/71-3640

1. Auflage Januar / 2007

Druck: ES-Druck, 85356 Tüntenhausen

© LfL



**20 Jahre Boden-Dauerbeobachtung in
Bayern
Zwischenbilanz der Ergebnisse
1985-2005
Teil I
Konzept
Flächenbewirtschaftung
Standortcharakterisierung**

Inhaltsverzeichnis	Seite
1 Boden-Dauerbeobachtung in Bayern – Konzept und Auswertung der Bewirtschaftungsdaten	9
Zusammenfassung	9
Summary	9
1.1 Konzept der Boden-Dauerbeobachtung in Bayern	11
1.1.1 Bedeutung und Anlass	11
1.1.2 Ziele und Funktionen	12
1.1.3 Auswahl, Einrichtung und Untersuchungsumfang	13
1.1.4 Perspektiven	14
1.2 Archivierung und Auswertung der Bewirtschaftungsdaten	15
1.2.1 Dokumentation und Archivierung.....	15
1.2.2 Flächennutzung und Fruchtfolgeanteile	15
1.2.3 Entwicklung der Bewirtschaftungsmaßnahmen seit 1985/1986	24
1.2.4 Fazit.....	29
1.3 Literaturverzeichnis	30
Danksagung.....	30
2 Standortcharakterisierung der Boden-Dauerbeobachtungsflächen	31
Zusammenfassung	31
Summary	31
2.1 Einleitung	32
2.2 Geologie	32
2.3 Böden	32
2.4 Klima.....	39
2.5 Fazit.....	43
2.6 Literaturverzeichnis	43

Abbildungsverzeichnis	Seite
Abb. 1: Bodenbelastungen auf landwirtschaftlichen Flächen	11
Abb. 2: Lage und Nutzung der Boden-Dauerbeobachtungsflächen und Erosionsmessstellen	13
Abb. 3: Lage der Acker-BDF, Stand 2005	16
Abb. 4: Lage der Grünland-BDF, Stand 2005	17
Abb. 5: Lage der Sonderkulturflächen, Stand 2005	18
Abb. 6: Getreideanteil in der Fruchtfolge der Acker-BDF in den Jahren 1985-2005	19
Abb. 7: Maisanteil in der Fruchtfolge der Acker-BDF in den Jahren 1985-2005	20
Abb. 8: Rapsanteil in der Fruchtfolge der Acker-BDF in den Jahren 1985-2005	21
Abb. 9: Hackfruchtanteil (Kartoffeln/Zuckerrüben) in der Fruchtfolge der Acker-BDF in den Jahren 1985-2005	22
Abb. 10: Anteil des Feldfutterbaus an der Fruchtfolge der Acker-BDF in den Jahren 1985-2005	23
Abb. 11: Entwicklung der Anzahl von Acker-, Grünland- und Sonderkulturflächen seit 1986	24
Abb. 12: Ackernutzung der BDF in den Jahren 1986, 1995 und 2005 sowie in Gesamt-Bayern im Jahr 2005	26
Abb. 13: Entwicklung der Bodenbearbeitung mit und ohne Pflug auf den Acker-BDF seit 1986	27
Abb. 14: Entwicklung der organischen Düngung auf den Acker-BDF seit 1986	28
Abb. 15: Entwicklung der Gülleausbringung zu Grünland und Mais seit 1986	28
Abb. 16: Höhenkarte von Bayern mit Lage der BDF (Quelle: Bayerischer Klimaatlas)	33
Abb. 17: Geologische Übersichtskarte von Bayern mit Lage der BDF (Quelle: Bayerisches Landesamt für Umwelt)	34
Abb. 18: Landschaftseinheiten nach Wittmann (1983) mit Lage der BDF (Quelle: Bayerisches Landesamt für Umwelt)	35
Abb. 19: Bodentypen der Boden-Dauerbeobachtungsflächen	36
Abb. 20: Bodenarten der Boden-Dauerbeobachtungsflächen	37
Abb. 21: Bodenwertzahlen der Boden-Dauerbeobachtungsflächen	38
Abb. 22: Mittlere Jahresniederschlagssumme in Bayern (Beobachtungszeitraum 1961-1990) mit Lage der BDF (Quelle: Klimaatlas von Bayern)	40
Abb. 23: Mittlere Lufttemperatur in Bayern (Beobachtungszeitraum 1961-1990) mit Lage der BDF (Quelle: Klimaatlas von Bayern)	41
Abb. 24: Klimastation Augsburg: Jahreswerte von Niederschlag und Lufttemperatur 1985-2005 (Quelle: Deutscher Wetterdienst)	42

Abb. 25: Klimastation Würzburg: Jahreswerte von Niederschlag und
Lufttemperatur 1985-2005 (Quelle: Deutscher Wetterdienst)

1 **Boden-Dauerbeobachtung in Bayern – Konzept und Auswertung der Bewirtschaftungsdaten**

(Permanent Soil Monitoring in Bavaria – Conception and Evaluation of the Cultivation Data)

Institut für Agrarökologie, Ökologischen Landbau und Bodenschutz

Dr. Karlheinz Pawlizki, Andrea Hügl und Titus Ebert

Zusammenfassung

Die landwirtschaftlich genutzten Boden-Dauerbeobachtungsflächen sind ein Frühwarnsystem zur langfristigen Erfassung schädlicher Bodenveränderungen und deren Ursachen und damit ein wichtiges Instrument der Daseinsvorsorge. Zum Erreichen dieser Ziele hat die Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft bereits 1985 auf Praxisbetrieben mit der Einrichtung und Inbetriebnahme eines landesweiten Netzes von 134 Boden-Dauerbeobachtungsflächen begonnen. Die Untersuchungen umfassen zahlreiche Parameter der Bodenchemie, -physik und -biologie, die Stoffeinträge und -austräge sowie vegetationskundliche Erhebungen. Für jede Fläche wird zudem eine Schlagkartei geführt, um vor allem Veränderungen der Bodennutzung als auch der Stoffflüsse feststellen zu können.

Von den 134 Flächen waren 2005 99 Acker-, 28 Grünland- (Wiesen und Weiden) und 7 Sonderkulturflächen (Wein, Hopfen, Obst). Mit Ausnahme der Umwandlung von 7 Ackerflächen zu Dauergrünland sowie der Umwandlung von jeweils 1 Hopfen- bzw. Grünlandfläche zu Ackerland waren in den vergangenen 20 Jahren keine gravierenden Veränderungen der bodenwirksamen Bewirtschaftungsmaßnahmen feststellbar. Dies gilt insbesondere für die Fruchtfolgegestaltung sowie die Versorgung der Böden mit organischer Substanz. Um auch in Zukunft bereits vor Schadenseintritt die richtigen Vorsorgemaßnahmen ergreifen zu können, muss das Bodenmonitoring weiterhin eine Daueraufgabe bleiben.

Summary

Permanent soil monitoring sites on agricultural land are an early warning system for the long-term recording of damaging soil changes and their causes and therefore an important tool of services for the public. In order to achieve these goals the Bavarian State Research Center for Agriculture has already started in 1985 with both, the installation and operation of a countrywide net of 134 soil monitoring sites mainly located on Bavarian farms. The studies include numerous parameters of soil chemistry, -physics and -biology, the substance inputs and outputs as well as records of the vegetation. In addition a field card is compiled for each monitoring site to realize the changes in soil use and cultivation and secondly to be able to quantify the substance fluxes.

In 2005 99 of the 134 monitoring sites were used as arable land, 28 as grasslands (meadows and grazing land) and 8 as permanent crops (vine, hops, fruit orchard). Except for the conversion of 7 sites of arable land to grasslands as well as for the conversion of 1 site of grassland and hops, respectively, to arable land no serious changes in the soil relevant land use measures were observed during the past 20 years. This concerns especially crop rota-

tion and the supply of the soils with organic substance. In order to be able to take the right counter measures still before the occurrence of damaging soil changes, soil monitoring must remain a permanent task in the future.

1.1 Konzept der Boden-Dauerbeobachtung in Bayern

1.1.1 Bedeutung und Anlass

Der Boden gehört gemeinsam mit Wasser und Luft zu den wichtigsten Lebensgrundlagen auf der Erde. Er ist die Schnittstelle zu Hydro- und Atmosphäre, zu Flora und Fauna und damit die Grundlage für sauberes Trinkwasser sowie für gesunde Lebens- und Futtermittel. Die Boden-Dauerbeobachtung dient damit nicht nur dem vorsorgenden Bodenschutz, sondern gleichzeitig dem Umwelt- und Verbraucherschutz sowie der Gesundheits- und Daseinsvorsorge.

In Industrieländern mit intensiver Landwirtschaft sind die Böden sowohl externen als auch internen Belastungen ausgesetzt (Abb. 1). Mit den Einträgen aus der Luft, den Siedlungsabfällen, Dünge- und Pflanzenschutzmitteln gelangen auch Schadstoffe in den Boden. Im Gegensatz zu Wasser und Luft können sich persistente Stoffe (z.B. Schwermetalle) im Boden anreichern, langfristig zu einer Schädigung des Bodenlebens führen und/oder über die Pflanzen und das Wasser in die Nahrungskette von Mensch und Tier gelangen und damit ein Gesundheitsrisiko darstellen (Brüne, 1985; LBP, 1997).

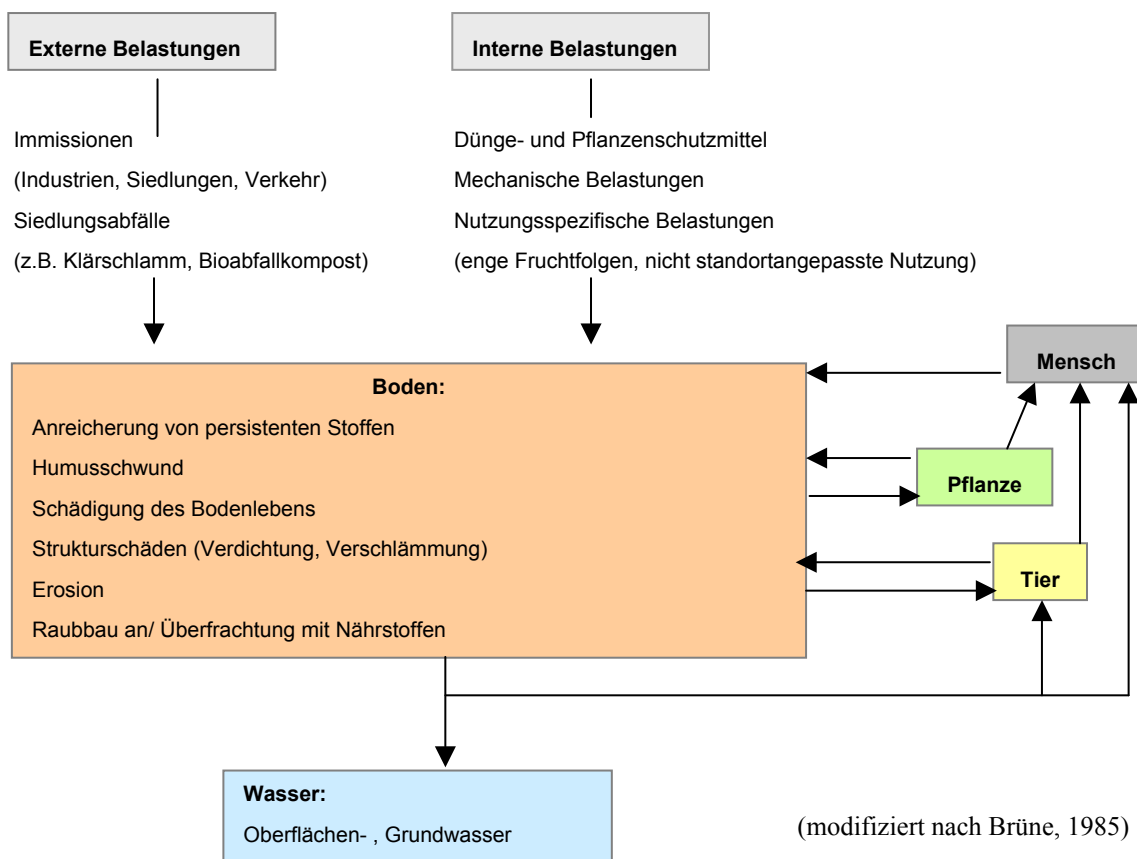


Abb. 1: Bodenbelastungen auf landwirtschaftlichen Flächen

Weitere Bodengefahren sind der Humusschwund, die Bodenverdichtung, die Erosion und die Nährstoffverlagerung in Grund- und Oberflächengewässer. Derartige Verschlechterungen der Bodenqualität können insbesondere bei Ackernutzung als Folge unsachgemäßer Bewirtschaftung auftreten und bedürfen daher ebenfalls der Überwachung.

Bayern hat vor 20 Jahren als erstes Bundesland eine langfristige Boden-Dauerbeobachtung eingeführt. Anlass für die Einrichtung des Bodenmonitorings war die zunehmende Versauerung und Kontamination von Waldböden Mitte der 80er Jahre sowie die Befürchtungen einer nachhaltigen Schädigung des Bodenlebens. Es häuften sich die Berichte über Schadstoffeinträge aus der Luft sowie durch Dünge- und Pflanzenschutzmittel. Es gab damals keine ausreichenden Informationsgrundlagen über den Eintrag und das Langzeitverhalten von Fremdstoffen, um die vielfältigen, im Bodenschutz notwendigen Entscheidungen treffen zu können.

1.1.2 Ziele und Funktionen

Um Kenntnisse über den Zustand der Böden zu erlangen, hat das Bayerische Staatsministerium für Landwirtschaft und Forsten bereits im Jahr 1985 die Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft mit der Einrichtung eines landesweiten Netzes von 134 Boden-Dauerbeobachtungsflächen (BDF) beauftragt.

Ziel der Boden-Dauerbeobachtung ist es:

- den aktuellen Zustand der Böden zu erfassen (Dokumentation),
- Veränderungen langfristig durch Wiederholungsuntersuchungen zu überwachen (Monitoring) und
- Entwicklungstendenzen abzuleiten (Prognose),
- um ggf. rechtzeitig die richtigen Vorsorgemaßnahmen einleiten zu können.

Die Boden-Dauerbeobachtung hat sich in den 20 Jahren ihres Bestehens als äußerst wirkungsvolles Instrument der Früherkennung und Erfolgskontrolle zum Schutz des Bodens erwiesen. So konnten die wichtigsten Eintragspfade der verschiedenen Schadstoffe aufgespürt und durch Abhilfemaßnahmen weitgehend unterbunden werden. Die Befürchtungen der 80er Jahre, dass nach dem Wald der Boden stirbt, sind damit nicht eingetreten.

Auch für die praktische Landwirtschaft bringt die Boden-Dauerbeobachtung viele Vorteile. Durch die regelmäßigen Untersuchungen können die Landwirte ggf. auf Schwachstellen in der Produktionstechnik hingewiesen werden. Diese können dann rechtzeitig Gegenmaßnahmen treffen. Vorrangig ist dabei die Erhaltung und Förderung der natürlichen Bodenfunktionen, da ein gesunder Boden die wichtigste Voraussetzung für gesunde Lebensmittel und eine intakte Umwelt ist.

1.1.3 Auswahl, Einrichtung und Untersuchungsumfang

Lage und Nutzung der Beobachtungsflächen zeigt Abb. 2. Die Auswahl erfolgte auf der Grundlage der standortkundlichen Landschaftsgliederung von Bayern unter Berücksichtigung der Repräsentanz für Landschaften, Klima, Böden, Nutzungen und Belastungen.



Abb. 2: Lage und Nutzung der Boden-Dauerbeobachtungsflächen und Erosionsmessstellen

Von den 134 Flächen waren 2005 99 Acker-, 28 Grünland- und 7 Sonderkulturflächen. Auf 6 Ackerflächen wurden zusätzlich Erosionsmessstellen eingerichtet.

Die Boden-Dauerbeobachtungsflächen liegen auf Praxisbetrieben bzw. Staatsgütern und werden betriebsüblich bewirtschaftet. Die Parzellengröße beträgt 1.000 m². Die Eckpunkte wurden exakt eingemessen, in 60 cm Tiefe durch Magnetversenkung markiert (um die Bewirtschaftung der Flächen weiterhin zu ermöglichen) und die Koordinaten mittels Global Positioning System (GPS) bestimmt.

Die 134 Untersuchungsflächen der Landwirtschaft sind Teil eines landesweiten Bayerischen Boden-Dauerbeobachtungs-Programms, an dem die Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft mit 77 Waldflächen und das Bayerische Landesamt für Umwelt mit 61 Sonderflächen in Naturschutzgebieten, Nationalparks, Park- und Gartenflächen u.a. beteiligt sind.

Die Untersuchungen der landwirtschaftlich genutzten Flächen gliedern sich in die folgenden vier großen Untersuchungsbereiche:

- Stoffbestand des Bodens, einschließlich Humus
- Stoffflüsse, unterteilt in Stoffein- und -austräge
- Bodenstruktur
- Bodenbiologie und Vegetation

Zur Erfassung schädlicher Bodenveränderungen sowie zur Ableitung von Trendergebnissen werden in regelmäßigen Zeitabständen Flächenmischproben jeweils aus Ober- und Unterboden gezogen und analysiert. Die Intervalle für die meisten Untersuchungen betragen bisher 5-7 Jahre. Details zu Untersuchungsumfang, Probenahme und Analytik finden sich nachfolgend bei den Ergebnissen ab Teil 2 sowie im BDF-Bericht nach 10jähriger Laufzeit 1985-1995 (LBP, 1997).

Durch die Messung der Schadstoffeinträge fungiert das Bodenmonitoring als Frühwarnsystem für schädliche Bodenveränderungen, da Höhe und Häufigkeit der Einträge über die Luft, Dünge- und Pflanzenschutzmittel wesentlich früher auf mögliche Gefahren aufmerksam machen als die anfänglich schleichende Schadstoffanreicherung im Boden.

Von den bodenbiologischen und vegetationskundlichen Untersuchungen wird erwartet, dass sie Veränderungen des Bodenzustandes und der Eintragssituation aus der Luft früher und empfindlicher anzeigen als dies bei ausschließlich bodenchemischen und bodenphysikalischen Untersuchungen der Fall wäre.

1.1.4 Perspektiven

Auch wenn heute bereits viele Maßnahmen zur Entlastung der Umwelt getroffen haben, bleibt das Bodenmonitoring weiterhin eine wichtige Aufgabe. Viele schädliche Veränderungen des Bodens erfolgen nahezu unmerklich über lange Zeiträume und sind oft nicht mehr rückgängig zu machen, wie z. B. die Bodenerosion und Schwermetallanreicherungen. Hauptziel des vorsorgenden Bodenschutzes ist es, die wirtschaftliche Nutzungs- und ökologische Leistungsfähigkeit der Böden nachhaltig zu sichern. Dazu ist eine genaue Kenntnis der vielfältigen stofflichen Eigenschaften der Böden in ihrer zeitlichen Entwicklung auch künftig erforderlich. Einzelne Bodenanalysen sagen in der Regel nur wenig aus über Belastungen und Veränderungen, denen die Böden ausgesetzt sind.

Seit 1985 sind zu den ursprünglichen Fragestellungen neue hinzugekommen. Hierzu zählen vor allem der Eintrag neuer organischer Fremdstoffe, die bevorstehende Freigabe gentechnisch veränderter Pflanzen für den Praxisanbau, die Auswirkungen des Klimawandels auf das Bodenleben, den Humusgehalt und die Vegetation sowie die Folgen häufiger Überflutungen landwirtschaftlicher Flächen. Auch die gesetzlichen Grundlagen sprechen für die Fortführung. Um die Berichtspflichten gegenüber dem Bund und der EU erfüllen zu können, ist die Fortsetzung des BDF-Programms erforderlich. Die Erfahrungen aus 20 Jahren Boden-Dauerbeobachtung zeigen, dass die Erfassung langfristiger Bodenveränderungen eine Daueraufgabe bleiben muss, damit im Bedarfsfall die richtigen Entscheidungen anhand langjähriger Messreihen getroffen werden können.

1.2 Archivierung und Auswertung der Bewirtschaftungsdaten

1.2.1 Dokumentation und Archivierung

Für jede Boden-Dauerbeobachtungsfläche wurde ein Nutzungsvertrag mit dem Flächeneigentümer bzw. -pächter abgeschlossen sowie die Führung einer Schlagkartei verlangt. Diese gibt Auskunft über Haupt- und Zwischenfrüchte, Bodenbearbeitungs- und Pflegemaßnahmen, Düngung und Einsatz von Pflanzenschutzmitteln sowie über die Höhe der Ernteerträge. Mit Hilfe dieser Angaben können vor allem die Stoffeinträge und -austräge, nachvollzogen und ggf. quantifiziert werden. Das Ausfüllen der Schlagkartei erfolgt durch den Landwirt, die Archivierung und Auswertung der Daten mittels einer Access-Datenbank, die das Landesamt für Natur und Umwelt des Landes Schleswig-Holstein entwickelt und der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft zur Verfügung gestellt hat.

1.2.2 Flächennutzung und Fruchtfolgeanteile

Innerhalb der Landwirtschaftsflächen werden drei Hauptnutzungen unterschieden:

- Ackerland
- Grünland (Wiesen, Weiden) und
- Dauer- oder Sonderkulturen (Obst, Wein, Hopfen)

Ackerflächen weisen im Unterschied zu Grünland eine regelmäßige Bodenbearbeitung sowie eine geregelte Fruchtfolge verschiedener Kulturpflanzen auf. Hierzu gehören neben den „klassischen“ Ackerpflanzen auch vorübergehend stillgelegte Flächen und Brachen sowie der Feldfutterbau. Ackerflächen mit mehrjährigem Klee gras gelten erst als Dauergrünland, wenn diese 5 Jahre in Folge als Klee, Klee gras oder Luzerne genutzt wurden.

Wichtige Indikatoren für die Erhaltung und Förderung der natürlichen Bodenfunktionen sind der Humus und das Bodenleben. Umfang und Zusammensetzung beider Parameter hängen sehr stark von der Nutzung und Bewirtschaftung der Flächen ab. Positive Effekte haben vor allem: Rotationsbrachen mit Klee gras, Flächenstilllegung, Grünland (Bodenruhe, ständiges Angebot von Pflanzenmaterial), Mähdruschfruchtfolgen (hoher Anteil an Ernterückständen), Gründüngung, die Verminderung der Bodenbearbeitungsintensität sowie der Einsatz von Wirtschaftsdüngern.

Einen Überblick über die Lage der Acker-, Grünland-, und Sonderkulturflächen sowie der Fruchtfolgeanteile von Getreide, Mais, Raps, Hackfrüchten und Feldfutter auf den Ackerflächen in den Jahren 1985-2005 geben die nachfolgenden Karten.



Abb. 3: Lage der Acker-BDF, Stand 2005

Die Ackerflächen verteilen sich relativ homogen über die gesamte Landwirtschaftsfläche Bayerns. Lediglich das Alpenvorland, die Mittelgebirge und die Auenlandschaften weisen größere Lücken auf. Hier dominiert die Grünlandnutzung und damit die Zahl der Grünland-BDF, wie Abb. 4 zeigt.

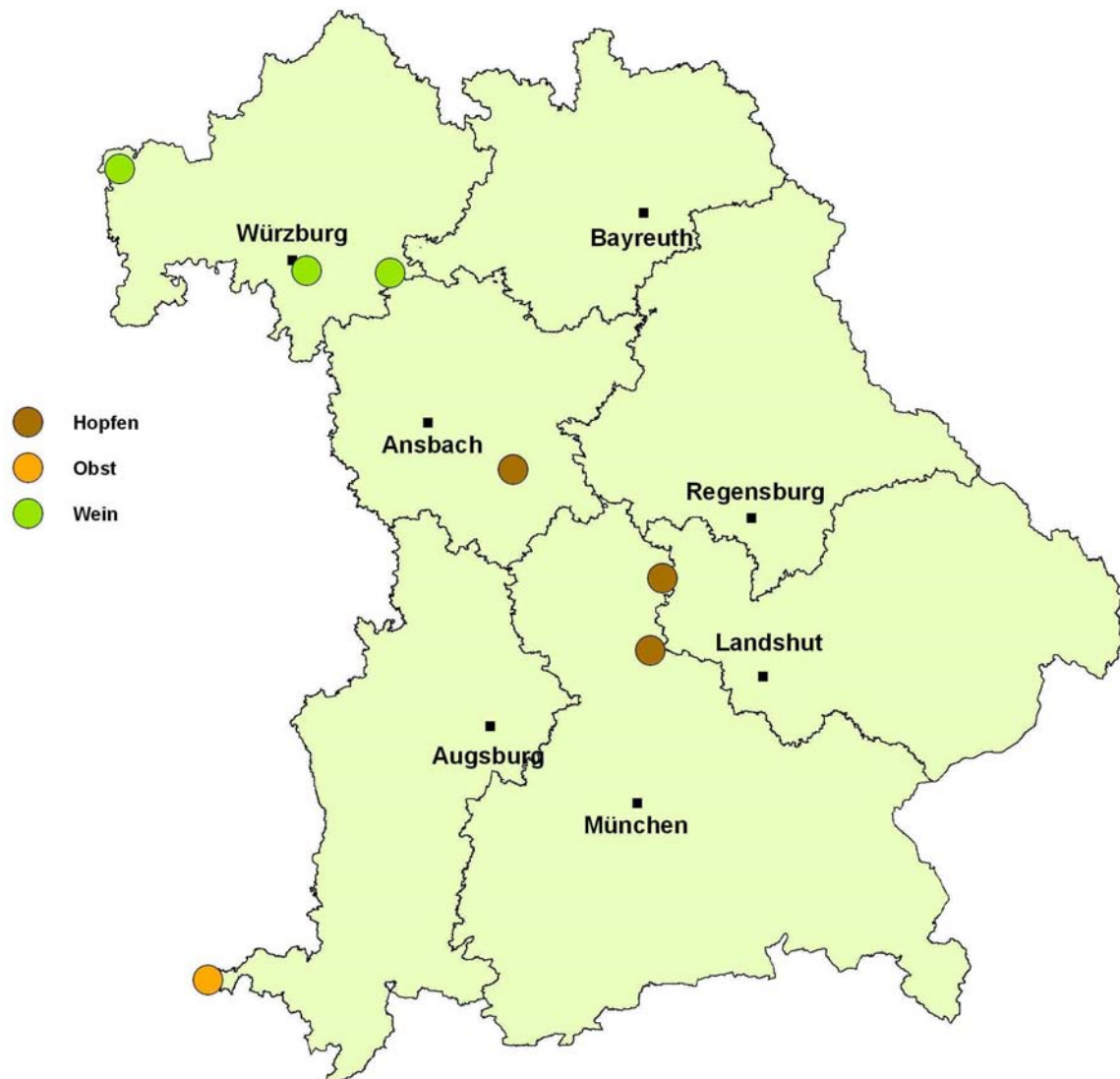
Zu den Ackerflächen gehören neben den „klassischen Ackerpflanzen“ auch vorübergehend stillgelegte Flächen und Brachen sowie der Feldfutterbau. Ackerflächen mit mehrjährigem Klee gras gelten erst als Dauergrünland, wenn diese 5 Jahre in Folge als Klee, Klee gras oder Luzerne genutzt wurden.



GIS-Kartographie: Andrea Hügl, LfL-Agrarökologie

Abb. 4: Lage der Grünland-BDF, Stand 2005

Dauergrünland unterscheidet sich von Ackerkulturen im allgemeinen durch hohe Humusgehalte, ein reges Bodenleben sowie durch ein geringes Auswaschungs- und Erosionsrisiko. Hauptursache hierfür sind die permanente Bodenbedeckung, das ständige Angebot von Pflanzenmaterial sowie die ausgeprägte Bodenruhe. Auch wenn das Grünland im Vergleich zum Ackerbau wesentlich bodenfreundlicher ist, so weisen jedoch die Einträge aus der Luft und die Freisetzungen aus dem Ausgangsgestein i.d.R. keine großen Unterschiede zwischen den beiden Bewirtschaftungsformen auf.



GIS-Kartographie: Andrea Hügl, LfL-Agrarökologie

Abb. 5: Lage der Sonderkulturflächen, Stand 2005

Die Zahl der Dauerkulturflächen ist ihrem Anbauumfang entsprechend gering. Sonderkulturen haben aber regional eine große Bedeutung und weisen von allen Kulturpflanzen die höchste Bewirtschaftungsintensität auf.



GIS-Kartographie: Andrea Hügl, LfL-Agrarökologie

Abb. 6: Getreideanteil in der Fruchtfolge der Acker-BDF in den Jahren 1985-2005

Der Getreideanbau (ohne Mais) nimmt auf den meisten Ackerflächen einen Anteil von mindestens 40 Prozent an der Fruchtfolge ein. Lediglich im Voralpenland und den Mittelgebirgen finden sich aufgrund der klimatischen Verhältnisse größere Gebiete mit einem geringeren Anteil. Hier werden die Ackerflächen überwiegend mit Futterpflanzen bestellt. Schwerpunkte des Getreideanbaus liegen vor allem in Mittel- und Nordbayern.

Auf das Bodenleben und den Humushaushalt kann das Getreide durch die Lieferung von organischer Substanz einen positiven Effekt ausüben, wenn das Stroh nach der Ernte auf dem Feld verbleibt oder als Stallmist wieder ausgebracht wird. Lediglich bei Strohabfuhr ohne Rücklieferung kann selbst ein hoher Getreideanteil in der Fruchtfolge humuszehrend wirken. Die Wurzelrückstände allein sind für eine positive Humusbilanz nicht ausreichend. (siehe auch Abb. 14)

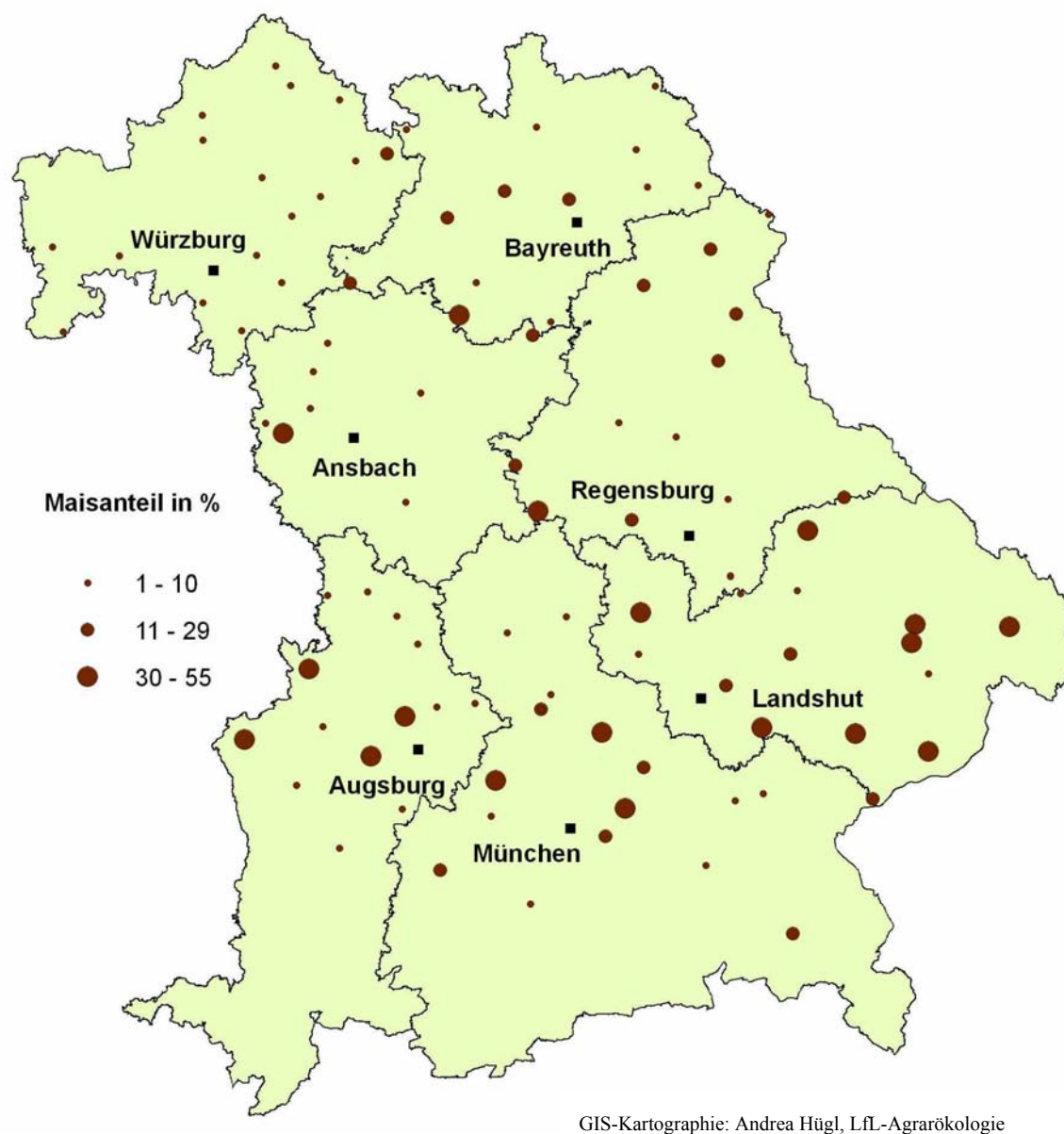


Abb. 7: Maisanteil in der Fruchtfolge der Acker-BDF in den Jahren 1985-2005

Mais (Silo- und Körnermais) nimmt nach Getreide den zweiten Platz im Anbauumfang ein. Schwerpunkte des Anbaues mit einem Anteil von 30-55 Prozent an der Fruchtfolge liegen in Niederbayern, Nordschwaben sowie im nördlichen Oberbayern. Auch bei Mais finden sich im Voralpenland, im Bayerischen Wald sowie in weiten Teilen Frankens wegen der klimatisch ungünstigen Verhältnisse größere Gebiete mit einem geringeren Anteil an der Fruchtfolge.

Mais hinterlässt größere Mengen an Ernterückständen. Mit seiner Wurzel- und Stoppeltrockenmasse übertrifft er Getreide, Hülsen- und Hackfrüchte, nicht aber Futterpflanzen. Begrenzende Faktoren in der Fruchtfolge sind nicht Krankheiten oder Schädlinge, sondern vor allem die erhöhte Erosionsgefahr in Hanglagen ohne Mulchsaat.



GIS-Kartographie: Andrea Hügl, LfL-Agrarökologie

Abb. 8: Rapsanteil in der Fruchtfolge der Acker-BDF in den Jahren 1985-2005

Raps ist in fast allen Fruchtfolgen enthalten mit Anbauswerpunkten in Franken und Nordschwaben. Agrarökologisch wichtige Pluspunkte in der Fruchtfolge mit Raps sind die nahezu ganzjährige Bodenbedeckung, die intensive Krumendurchwurzelung sowie die große Menge an Ernterückständen.

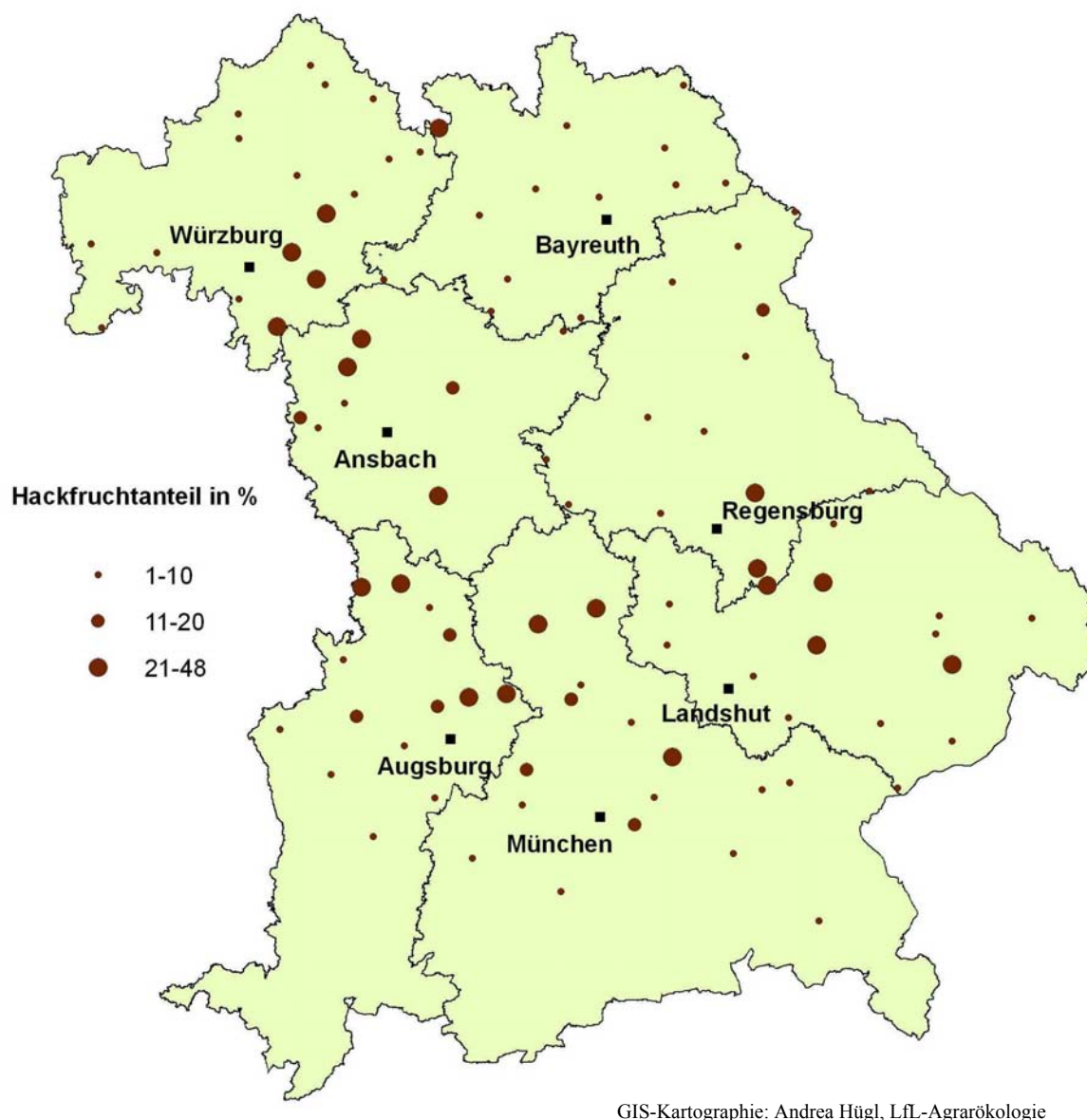


Abb. 9: Hackfruchtanteil (Kartoffeln/Zuckerrüben) in der Fruchtfolge der Acker-BDF in den Jahren 1985-2005

Zuckerrüben stellen im Vergleich zu Kartoffeln, die sehr anpassungsfähig an Boden, Witterung und Fruchtfolge sind, hohe Ansprüche an Klima und Boden. Schwerpunkte des Anbaus finden sich daher in den besseren Anbaulagen Bayerns am Main und an der Donau. Auf die Bodenstruktur und den Humusgehalt können sich die Hackfrüchte insbesondere bei enger Fruchtfolge ohne Mulchsaat wegen der Neigung zu Bodenverdichtung, Erosion und Humuszehrung auf Dauer äußerst negativ auswirken.



Abb. 10: Anteil des Feldfutterbaus an der Fruchtfolge der Acker-BDF in den Jahren 1985-2005

Der Anteil des Feldfutterbaus liegt auf den meisten Ackerflächen unter 5 Prozent. Höhere Werte (11-24 Prozent) werden hauptsächlich in Gebieten erreicht, in denen die Betriebe den Futterbedarf nicht über Grünland und/oder Silomais decken können.

Futterpflanzen hinterlassen von allen Ackerkulturen die größte Menge an Ernterückständen. Sie wirken daher in hohem Maße humusmehrend. Mehrjähriger Kleeanbau zählt in den ersten 5 Jahren zum Ackerbau und nicht zum Dauergrünland.

1.2.3 Entwicklung der Bewirtschaftungsmaßnahmen seit 1985/1986

Von den landwirtschaftlichen Bewirtschaftungsmaßnahmen können vor allem die Bodennutzung, die Fruchtfolge, die Bodenbearbeitung, die Düngung sowie die Anwendung chemischer Pflanzenschutzmittel einen großen Einfluss auf den Zustand und die Entwicklung der Böden ausüben. Der Einsatz dieser Faktoren ist wegen der betriebsüblichen Bewirtschaftung der Beobachtungsflächen keine Konstante, sondern kann im Laufe der Jahre zum Teil stark variieren und damit zu Veränderungen der Bodenbeschaffenheit führen. Positive Effekte hat vor allem die Umstellung auf Grünlandnutzung, die Zunahme des Fruchtfolgeanteils von Feldfutter, Raps und Getreide, die Ausweitung der pfluglosen Bodenbearbeitung mit Grubber und/oder Egge sowie die optimale Versorgung der Böden mit organischer Substanz. Im Unterschied dazu können der Grünlandumbruch, die Anbauausweitung von Sonderkulturen und Hackfrüchten (Zuckerrüben, Kartoffeln, Mais), die Erhöhung des Pflugeinsatzes sowie die unzureichende Versorgung der Böden mit organischer Substanz aus Wirtschaftsdüngern und Ernteresten zu einer deutlichen Verschlechterung der Bodenqualität führen.

Einen Überblick über die wichtigsten Veränderungen der bodenwirksamen Bewirtschaftungsmaßnahmen seit 1985/1986 geben die nachfolgenden Abbildungen.

Entwicklung der Bodennutzung

Die Zahl der Acker-, Grünland- und Dauerkulturflächen blieb in den letzten 20 Jahren wegen der betriebsüblichen Bewirtschaftung der Flächen nicht konstant (Abb. 11 und Tab. 1). Auffallend ist vor allem die starke Zunahme der Grünlandflächen von 21 im Jahr 1986 auf 28 im Jahr 2005 sowie die geringe Abnahme der Acker- bzw. Sonderkulturflächen von 101 auf 99 bzw. von 8 auf 7. Hauptursache für den starken Anstieg der Grünland-BDF

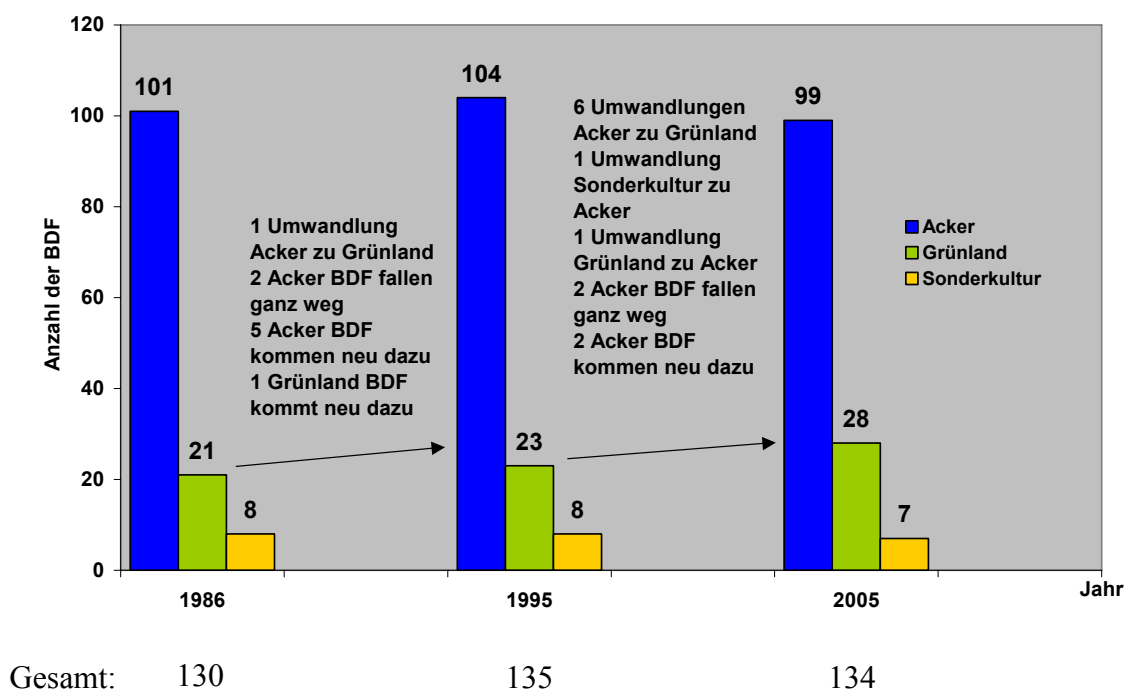


Abb. 11: Entwicklung der Anzahl von Acker-, Grünland- und Sonderkulturflächen seit 1986

Tab. 1: Zusammenstellung der Boden-Dauerbeobachtungsflächen mit Änderungen bei Flächennutzung und Laufzeit seit 1985/1986

Art der Änderung und BDF-Nr.	Jahr der Änderung
Umwandlung von Ackerland in Dauergrünland	
BDF 001	2002
BDF 021	2000
BDF 027	2004
BDF 069	1994
BDF 079	2003
BDF 089	1996
BDF 101	1997
Umwandlung von Dauergrünland in Ackerland	
BDF 015	2004
Umwandlung von Sonderkultur in Ackerland	
BDF 060 (Hopfen)	2000
Einrichtung des Bodenmonitorings nach 1985/1986	
BDF 131 (Acker)	1987
BDF 132 (Grünland)	1987
BDF 133 (Acker)	1991
BDF 134 (Acker) ^x	1995
BDF 135 (Acker) ^x	1994
BDF 136 (Acker) ^x	1995
BDF 137 (Acker)	2000
BDF 138 (Acker)	2000
Beendigung des Bodenmonitorings vor 2005	
BDF 116 (Acker)	1995
BDF 122 (Acker)	1995
BDF 134 (Acker) ^x	2004
BDF 135 (Acker) ^x	2001

x = nur Erosionsmessstellen

war vor allem die Umwandlung von 7 Ackerflächen zu Grünland. Der Ausgleich für den Verlust der Ackerflächen erfolgte größtenteils durch die Einrichtung neuer Beobachtungsflächen sowie durch die Umwandlung von jeweils einer Hopfen- bzw. Grünlandfläche zu Ackerland.

Für das Bodenmonitoring sind die Umstellungsflächen insofern interessant als sich hier die Auswirkungen der Nutzungsänderungen auf das Bodenleben, den Humus, die Schadstoffe und die Bodenstruktur besonders gut verfolgen lassen. Dies gilt insbesondere für die Umwandlung von Acker- zu Grünland aber auch umgekehrt von Grünland bzw. Hopfen zu Ackerland. Bei der Zuordnung der Umstellungsflächen ist jedoch zu beachten, dass die Ackerflächen mit mehrjährigem Klee gras erst als Dauergrünland gelten, wenn diese 5 Jahre hintereinander als Klee, Klee gras oder Luzerne genutzt wurden. Davor zählt Klee gras zum Ackerbau, auch wenn bereits seit 4 Jahren auf diesen Flächen kein Fruchtwechsel und auch keine Bodenbearbeitung mehr stattfanden.

Entwicklung der Fruchtfolge

Verglichen mit den Nutzungsänderungen waren die Verschiebungen bei der Fruchtfolge relativ gering. Wie Abb. 12 zeigt, ging der Getreideanteil von 65 % 1986 auf 52 % 1995 und 58 % 2005 zurück. Auch der Hackfruchtanteil (Zuckerrüben/Kartoffeln) blieb mit ca. 8-9 % nahezu konstant. Der Raps- und Maisanbau erlebte in den letzten zwei Jahrzehnten einen Aufschwung von 8 % auf 13 % und 13 % bzw. von 14 % auf 22 % und 17 %.

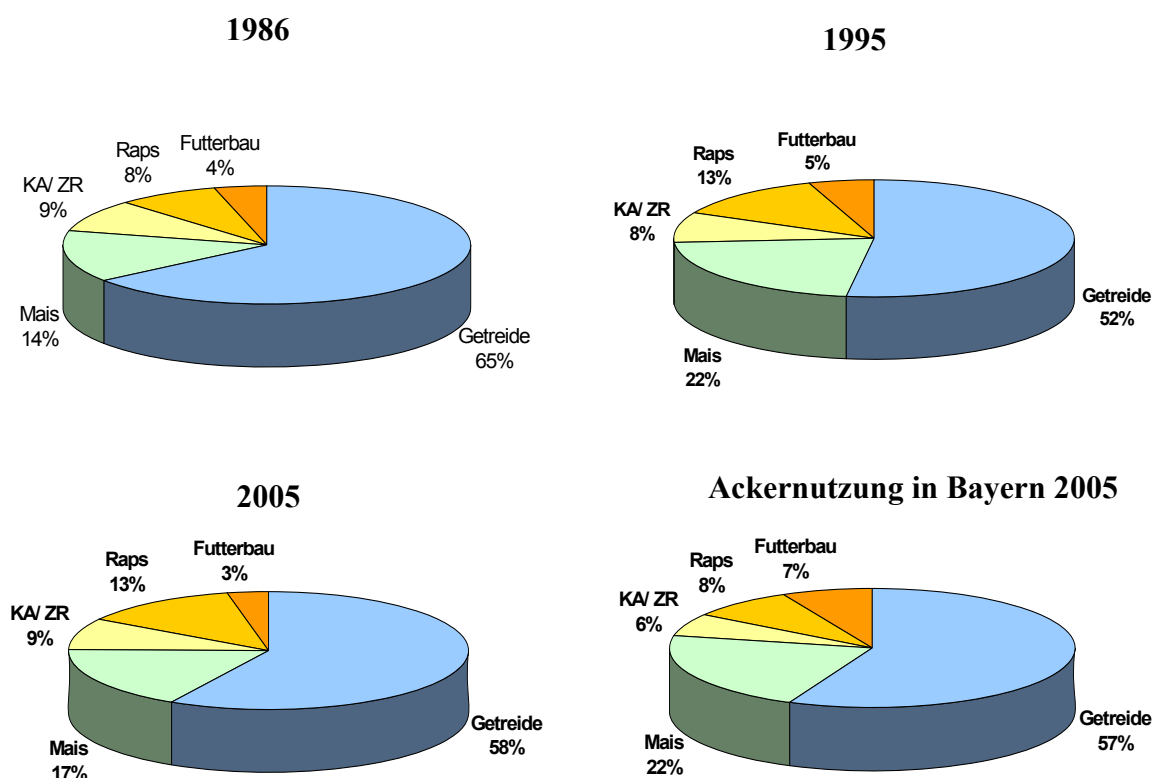


Abb. 12: Ackernutzung der BDF in den Jahren 1986, 1995 und 2005 sowie in Gesamt-Bayern im Jahr 2005

Dass die Ergebnisse tendenziell auf ganz Bayern übertragbar sind, geht aus dem Vergleich der Bodennutzung mit Gesamt-Bayern im Jahr 2005 hervor, wie Abb.12 rechts unten zeigt. Danach wurden im Freistaat nicht nur die gleichen Kulturen angebaut, sondern auch mit nahezu den identischen Flächenanteilen. Aufgrund der großen Übereinstimmung sind die Ergebnisse der Boden-Dauerbeobachtung als durchaus repräsentativ für ganz Bayern zu betrachten.

Entwicklung der Bodenbearbeitung

Die Art der Bodenbearbeitung hat vor allem Auswirkungen auf das Bodengefüge, das Bodenleben, den Humusgehalt und die Verteilung der Schadstoffe im Boden.

Abb. 13 zufolge war eine Abnahme des Pflugeinsatzes und dementsprechend eine Zunahme der Verwendung von Grubber, Fräse und/oder Egge vor allem in den Zeitabschnitten von 1985-1993 sowie von 2004-2005 zu beobachten. In den Jahren dazwischen blieb der Einsatz des Pfluges nahezu unverändert bei 65-70 % der Ackerflächen, während die pfluglose Bodenbearbeitung nicht über 40 % anstieg. Wie sich der seit 2004 andeutende Aufwärtstrend der nicht wendenden Bodenbearbeitung (möglicherweise eine Auswirkung von Cross Compliance) zukünftig weiterentwickeln wird, bleibt abzuwarten.

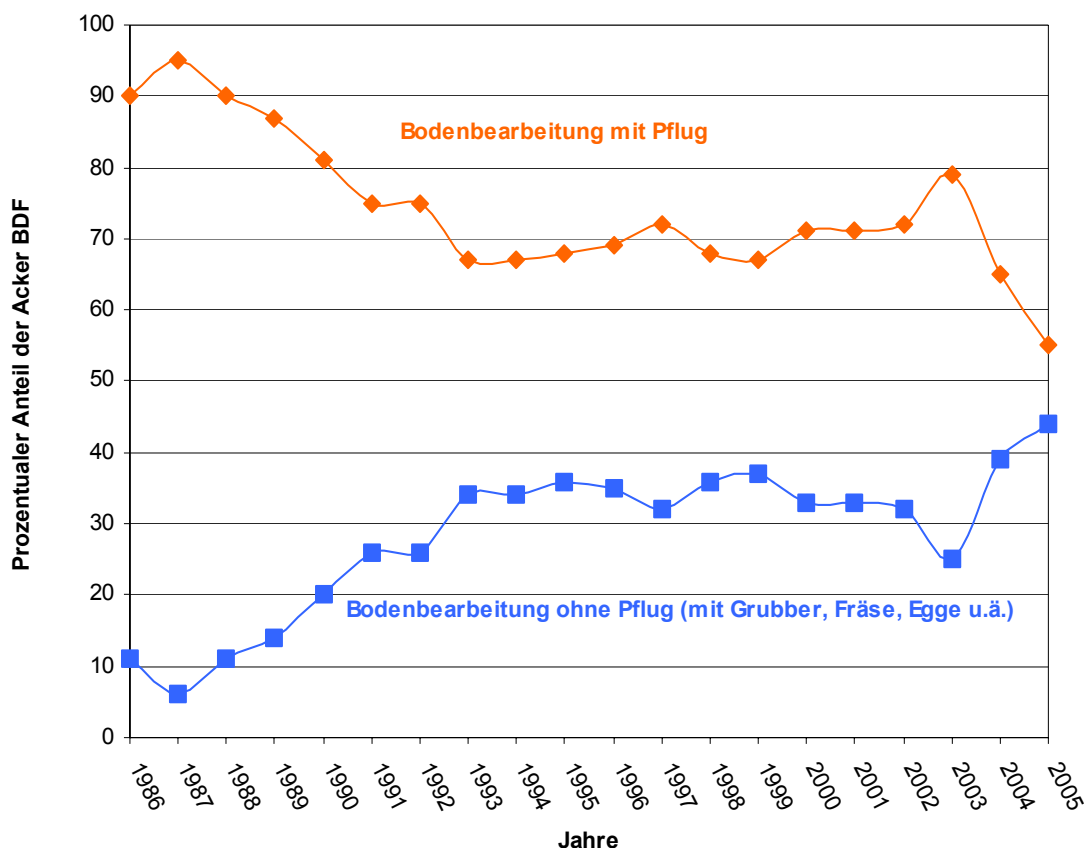


Abb. 13: Entwicklung der Bodenbearbeitung mit und ohne Pflug auf den Acker-BDF seit 1986

Entwicklung der organischen Düngung

Bei der Versorgung der Ackerböden mit organischer Substanz (Abb. 14) fällt auf, dass über 80 % der Flächen jährlich eine organische Düngung in Form von Wirtschaftsdüngern

(Gülle, Stallmist, Jauche) und/oder Stroh erhalten, ca. 15 % in Form von Zwischenfrüchten und nur 3-7 % jährlich keine Zufuhr von Wirtschaftsdüngern und auch keine Strohdüngung aufweisen. Große Abweichungen von diesen Angaben waren in keinem Jahr zu erkennen.

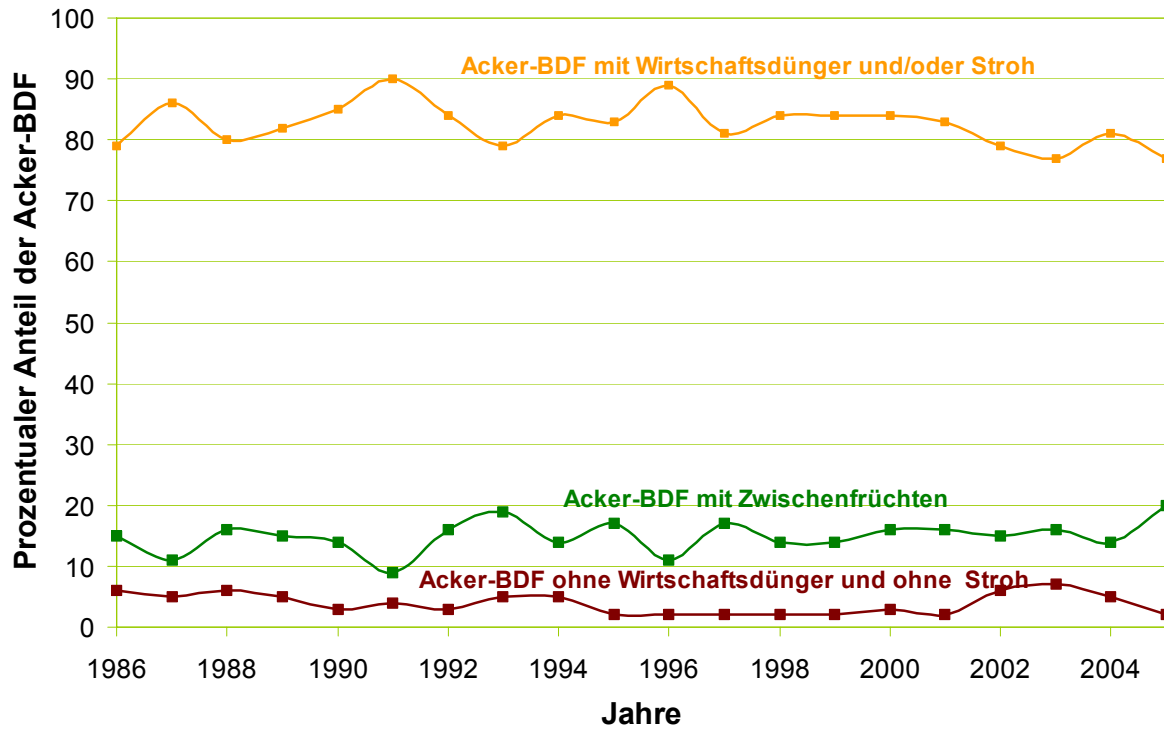


Abb. 14: Entwicklung der organischen Düngung auf den Acker-BDF seit 1986

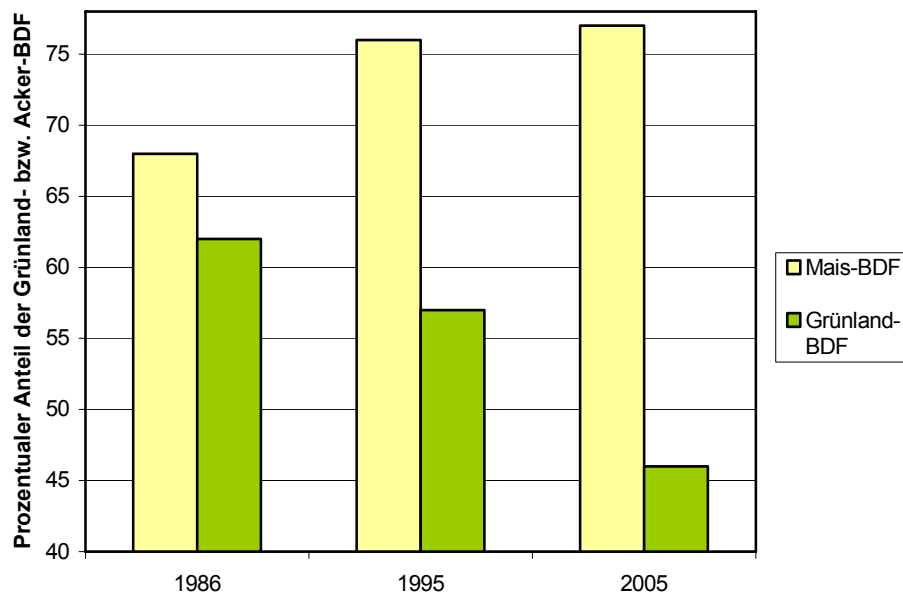


Abb. 15: Entwicklung der Gülleausbringung zu Grünland und Mais seit 1986

Lediglich bei der Ausbringung von Gülle zeigten sich geringfügige Verschiebungen (Abb. 15). So ging der Einsatz auf den Grünland-BDF von 62 % im Jahr 1986 auf 46 % im Jahr 2005 zurück, während die Anwendung auf den Mais-BDF im gleichen Zeitraum von 68 auf 77 % anstieg. Der zunehmende Trend zur Gülleausbringung auf Acker ist auch in der Praxis zu beobachten und möglicherweise auf betriebliche Veränderungen zurückzuführen, wie etwa die Zunahme von Mastbetrieben auf Maisbasis und/oder den Rückgang von Milchviehbetrieben mit Grünland als Futtergrundlage.

Entwicklung der Anwendung chemischer Pflanzenschutzmittel

Den Schlagkarteiaufzeichnungen zufolge werden nach wie vor etwa 98 % der Acker- aber nur maximal 10 % der Grünlandflächen jährlich mit verschiedenen Pflanzenschutzmitteln behandelt. Auch wenn sich an diesen Relationen bis heute kaum etwas geändert hat, so konnten doch in den letzten 20 Jahren große Fortschritte sowohl bei der Reinhaltung der Grund- und Oberflächengewässer als auch bei der Schonung der Regenwürmern und damit des Bodenlebens erzielt werden. Hauptursache für diese positive Entwicklung ist die hohe Umweltverträglichkeit der modernen Wirkstoffe sowie die geringe Anwendungshäufigkeit gleicher Mittel auf derselben Fläche. Im Unterschied zu den alten Mitteln zeichnen sich die heute zugelassenen Wirkstoffe vor allem durch niedrige Aufwandmengen, kurze Abbauzeiten sowie durch eine geringe Regenwurm-Toxizität aus. Wenn es trotzdem sporadisch zu geringfügigen Grenzwertüberschreitungen in Gewässern kommt, dann sind hierfür in der Regel Verstöße gegen die gute fachliche Praxis verantwortlich und weniger die Eigenschaften der angewandten Mittel. Da es derzeit keine Anzeichen für eine langfristige Wirkstoffanreicherung im Boden gibt, stellte die Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft das Bodenmonitoring auf Pflanzenschutzmittel mit Ablauf des Jahres 2005 ein. Ausschlaggebend für diese Entscheidung waren sowohl die niedrige Persistenz und Toxizität der aktuellen Wirkstoffe als auch die geringe Anwendungshäufigkeit gleicher Mittel auf derselben Fläche.

1.2.4 Fazit

Mit Ausnahme der Umwandlung von 7 Ackerflächen zu Dauergrünland sowie der Umwandlung von jeweils 1 Hopfen- bzw. Grünlandfläche zu Ackerland waren in den letzten 20 Jahren keine gravierenden Veränderungen der bodenwirksamen Bewirtschaftungsmaßnahmen feststellbar. Dies gilt insbesondere für die Fruchtfolgegestaltung sowie die Versorgung der Böden mit organischer Substanz. Wie sich der seit 2004 abzeichnende Aufwärtstrend der pfluglosen Bodenbearbeitung in Zukunft weiterentwickeln wird, bleibt abzuwarten. Die Erfahrungen aus 20 Jahren Boden-Dauerbeobachtung zeigen jedoch, dass die Erfassung langfristiger Bodenveränderungen unbedingt fortgesetzt werden muss, damit im Bedarfsfall die richtigen Entscheidungen getroffen werden können.

1.3 Literaturverzeichnis

Barth, N. et al. (2000): Einrichtung und Betrieb von Boden-Dauerbeobachtungsflächen. Bodenschutz, ergänzbares Handbuch der Maßnahmen und Empfehlungen für Schutz, Pflege und Sanierung von Böden, Landschaft und Grundwasser, 32.Lfg. XI/00, Ordnungsnummer 9152.

Bayerische Staatsministerien für Landesentwicklung und Umweltfragen und für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (1990): Boden-Dauerbeobachtungsflächen in Bayern. Standortauswahl, Einrichtung, Probenahme, Analytik. München in: Rosenkranz, Einsele, Harß (1992): Bodenschutz. 9. Lieferung X, 9400. Berlin.

Brüne, H. (1985): Schadstoffeintrag in Böden durch Industrie, Besiedelung, Verkehr und Landbewirtschaftung. VDLUFA-Schriftenreihe, 16, Kongressband.

LBP - Bayerische Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau (1997): Boden-Dauerbeobachtungsflächen; Bericht nach 10jähriger Laufzeit 1985-1995. Schriftenreihe der Bayerischen Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau, 4-6, 253 Seiten, Freising.

Danksagung

Unser Dank gilt allen, die in den vergangenen 20 Jahren an der Durchführung der Boden-Dauerbeobachtung mitgewirkt haben:

- insbesondere den Landwirten für die Überlassung der Untersuchungsflächen,
- den Ämtern für Landwirtschaft und Forsten für die Auswahl der Betriebe und die Probebeziehungen sowie
- dem Bayerischen Staatsministerium für Landwirtschaft und Forsten für die finanzielle Unterstützung des Projekts.

2 Standortcharakterisierung der Boden-Dauerbeobachtungsflächen

(Characterisation of the Permanent Soil Monitoring Sites)

Institut für Agrarökologie, Ökologischen Landbau und Bodenschutz

Robert Brandhuber, Andrea Hügl und Titus Ebert

Zusammenfassung

Die 134 BDF im landwirtschaftlichen Teil des Bayerischen Boden-Dauerbeobachtungsprogramms decken die geologisch und klimatisch bedingte Vielfalt der Böden und Standorte in Bayern gut ab. Dies wird mit Karten zur Geologie, zum Klima und zum Boden belegt. Damit sind die Voraussetzungen für repräsentative Bestandsaufnahmen von Bodenmerkmalen gegeben. Um Reaktionen der Böden auf chemische oder physikalische Belastungen nachweisen zu können, müssen Böden mit vergleichbarem Reaktionsmuster zusammengefasst und mit anderen Gruppen verglichen werden. Auch deshalb ist eine entsprechend große Anzahl von BDF notwendig.

Summary

The 134 Bavarian permanent soil monitoring sites on agricultural land were selected to be typical for the wide variety of soils and locations in Bavaria in respect of starting material, soil formation and climate. Therefore the conditions were given that the results of soil studies concerning chemical, physical and biological properties are representative for all soil types of the whole country. In order to be able to record negative impacts, soils of the same pattern of reaction must be combined and compared with groups of other soils. Even therefore a great number of soil monitoring sites is required.

2.1 Einleitung

Die Böden mit ihrem Ausgangssubstrat, das Klima und die Lage im Relief sind die wesentlichen natürlichen Standortfaktoren. Je nach Ausprägung der Standorteigenschaften können die physikalischen, chemischen und biologischen Prozesse, die von Bewirtschaftungsmaßnahmen oder externen Umwelteinflüssen ausgehen, unterschiedlich verlaufen. Die BDF wurden so ausgewählt und platziert, dass möglichst alle wichtigen Standorttypen vertreten sind (siehe Kapitel 1.1.3 und Abb. 18). Damit sind die Voraussetzungen geschaffen, dass standortspezifische Reaktionen auf Bewirtschaftungsmaßnahmen oder externe Umwelteinflüsse erfasst werden können.

2.2 Geologie

Seine abwechslungsreiche Landschaft verdankt Bayern den vielgestaltigen geologischen Verhältnissen (Abb. 17). Die Alpen mit ihrem glazial geprägten Vorland, das nach Norden anschließende Tertiärhügelland, das nordostbayerische Grundgebirge, der bayerische Teil des Süddeutschen Schichtstufenlandes aus Gesteinen des Jura und der Trias und die diese geologischen Großeinheiten durchziehenden Flusstäler bilden typische Kulturlandschaften mit einer differenzierten landwirtschaftlichen Bodennutzung. Wie die geologische Karte mit der Lage der BDF belegt (Abb. 17), sind die wesentlichen geologischen Einheiten im Monitoring vertreten.

Die geologischen Prozesse im Verlauf der Erdgeschichte haben letztlich auch die heutige Höhenlage der Standorte bestimmt (Abb. 16). Die höchst gelegene BDF befindet sich in den Alpen auf 740 m, die tiefst gelegene im Maintal auf 133 m Höhe über NN.

2.3 Böden

Die verschiedenen Ausgangsgesteine prägen Stoffbestand und Textur der Böden. Bodenfließen und Verwehung von Feinmaterial während der letzten Eiszeiten schufen in den nicht vereisten, periglazialen Gebieten einen gewissen Ausgleich in der Substratbeschaffenheit. Insbesondere die Lössanwehungen, ob als eigene bodenbildende Schicht oder als Beimischung zum örtlich vorhandenen Substrat, wirken sich günstig auf die Ertragsfähigkeit der Böden aus.

Für jede BDF wurde bei deren Neuanlage ein Bodenprofil gegraben und beschrieben. Die Bodentypen (Abb. 19) sind anhand dieser Profile bestimmt worden. Die Bodenarten (Abb. 20) charakterisieren als repräsentative Mischprobe den humosen Oberboden der BDF (Ap im Acker, Ah im Grünland). Die Bodenwertzahl (Abb. 21) ist dem jeweiligen Klassenbeschrieb der Bodenschätzung entnommen.

Wie die Karten zu Bodentyp (Abb. 19), Bodenart (Abb. 20) und Bodenwertzahl (Abb. 21) zeigen, überwiegen auf den BDF - in Einklang mit den allgemeinen Verhältnissen - mittlere Bodenvoraussetzungen für die landwirtschaftliche Erzeugung. BDF mit extremen Bodeneigenschaften wie Stau- oder Grundnässe, sehr hohem Sand-, Ton- oder Steinanteil oder erheblicher Flachgründigkeit sind regional unterschiedlich häufig vertreten.

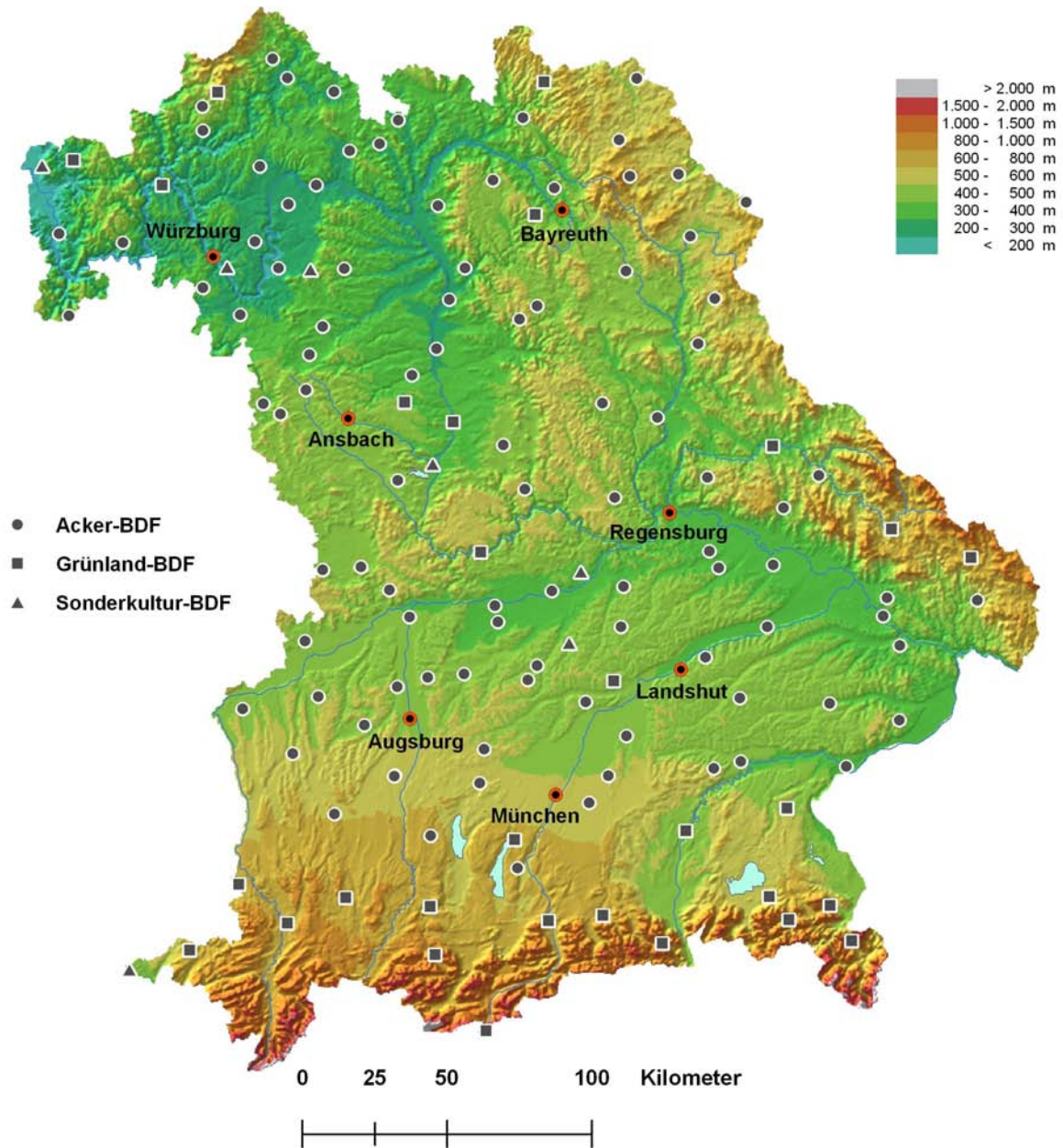
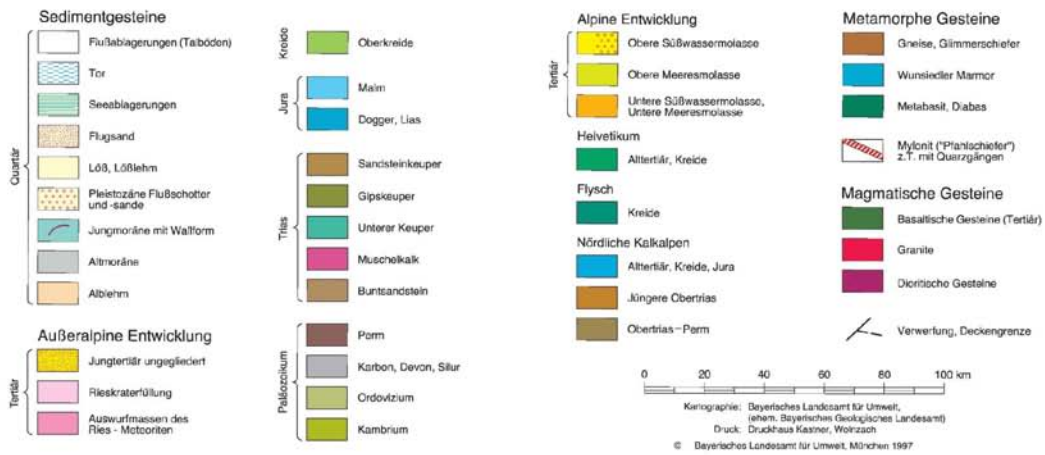
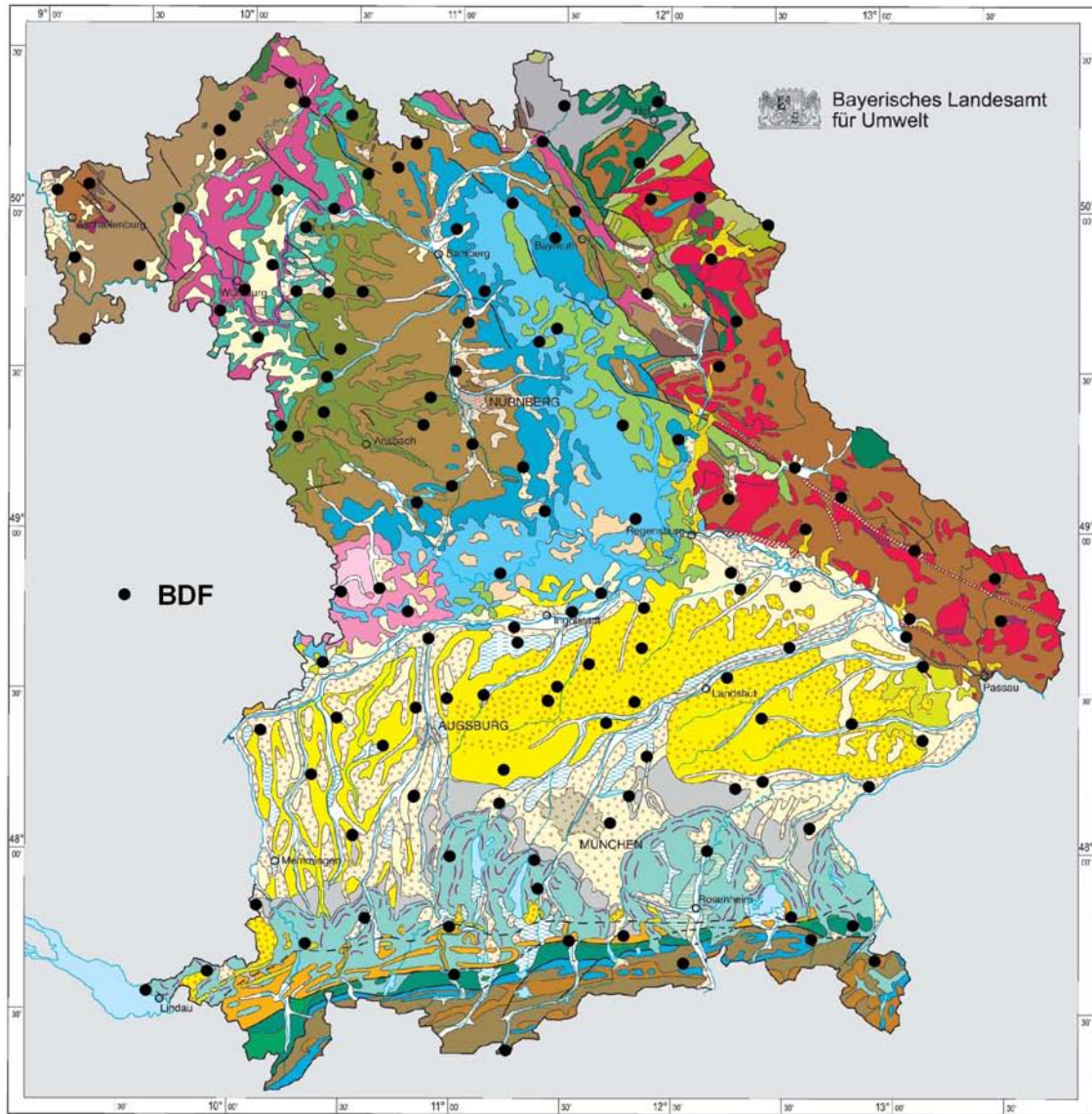
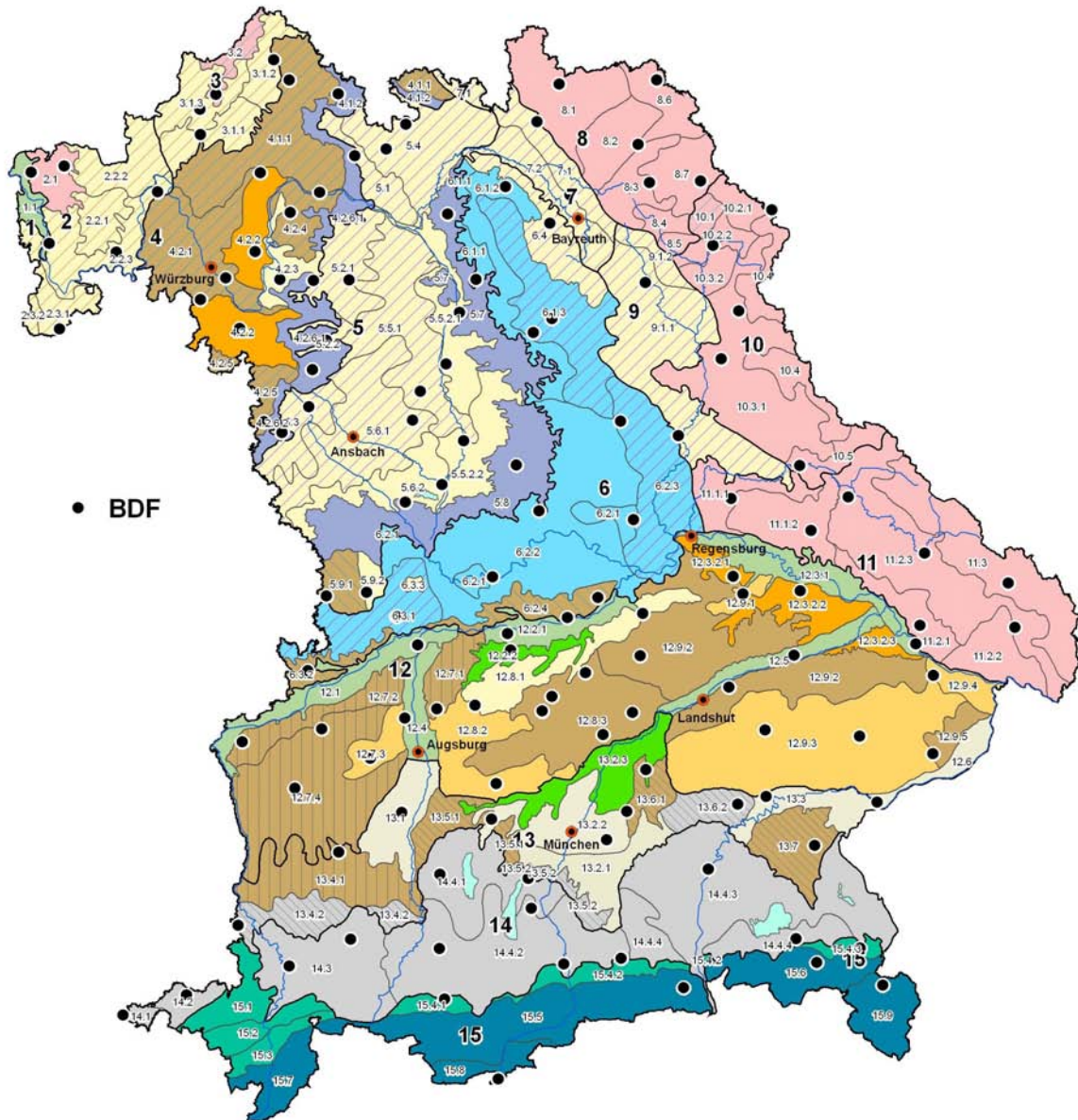


Abb. 16: Höhenkarte von Bayern mit Lage der BDF (Quelle: Bayerischer Klimaatlas)



GIS-Kartographie: Titus Ebert, LfL-Agrarökologie

Abb. 17: Geologische Übersichtskarte von Bayern mit Lage der BDF (Quelle: Bayerisches Landesamt für Umwelt)



- | | |
|---|--|
| 1 Rhein-Main-Niederung | 10 Oberpfälzer Wald |
| 2 Spessart-Odenwald | 11 Bayerischer Wald |
| 3 Rhön | 12 Tertiärhügelland, Iller-Lechplatte und Donautal |
| 4 Fränkische Platten | 13 Schwäbisch-Bayerische Schotterplatten- und Altmoränenlandschaft |
| 5 Fränkisches und Schwäbisches Keuper-Lias-Land | 14 Schwäbisch-Bayerische Jungmoräne und Molassevorberge |
| 6 Fränkische und Schwäbische Alb | 15 Bayerische Alpen |
| 7 Obermain-Schollenland | |
| 8 Frankenwald, Fichtelgebirge und Vogtland | |
| 9 Oberpfälzer Becken- und Hügelland | |

Abb. 18: Landschaftseinheiten nach Wittmann (1983) mit Lage der BDF (Quelle: Bayerisches Landesamt für Umwelt)

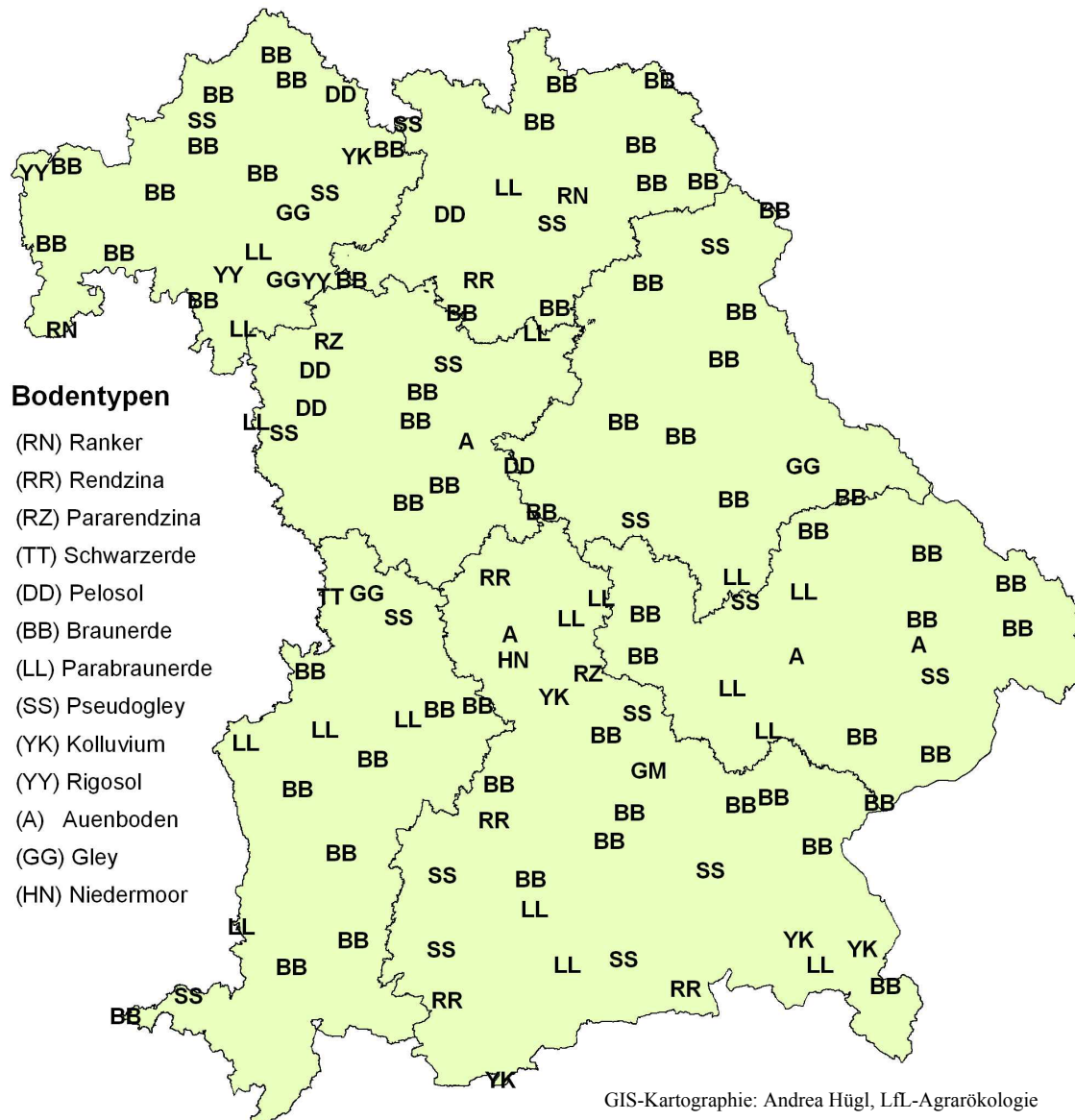
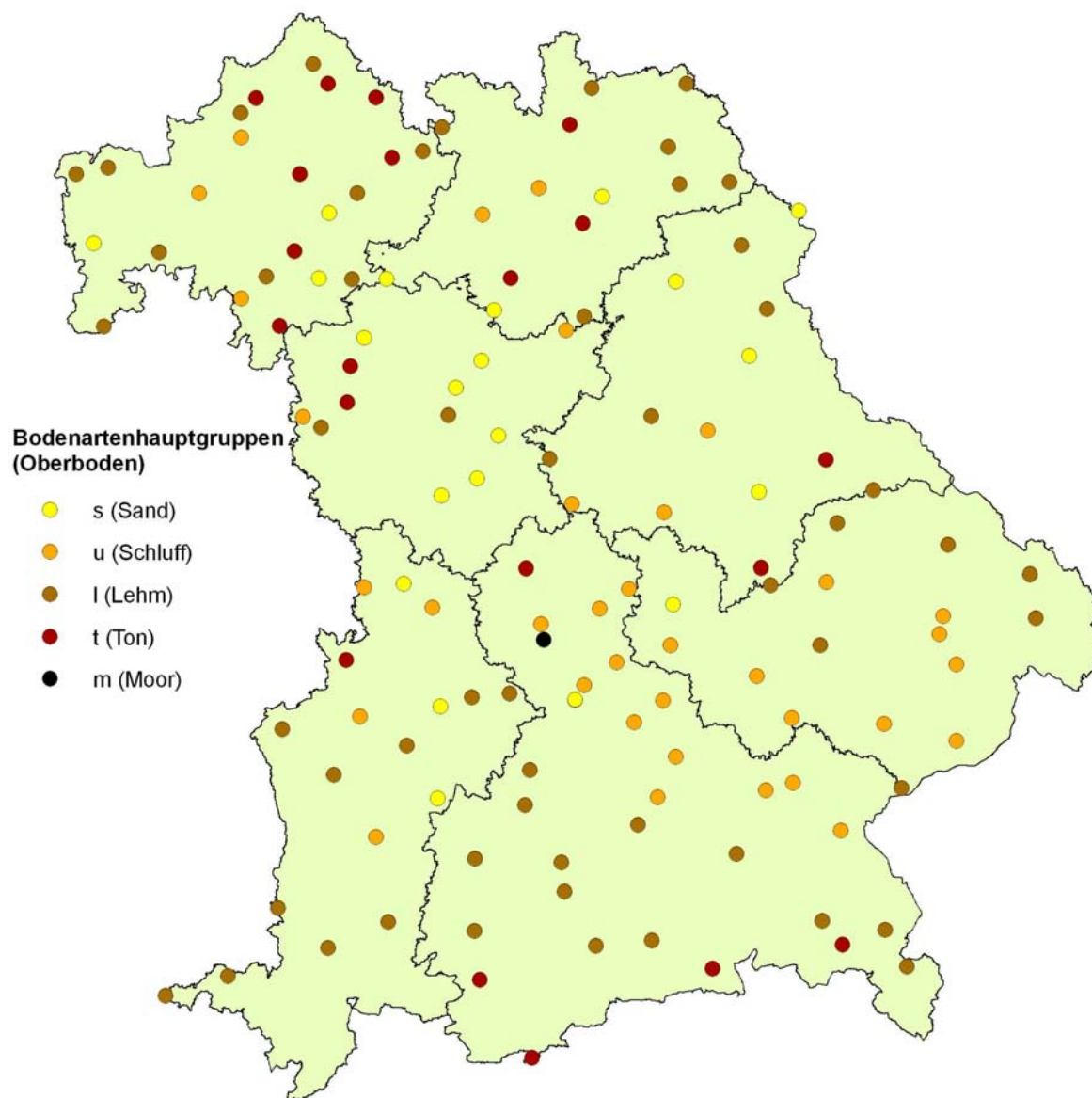


Abb. 19: Bodentypen der Boden-Dauerbeobachtungsflächen

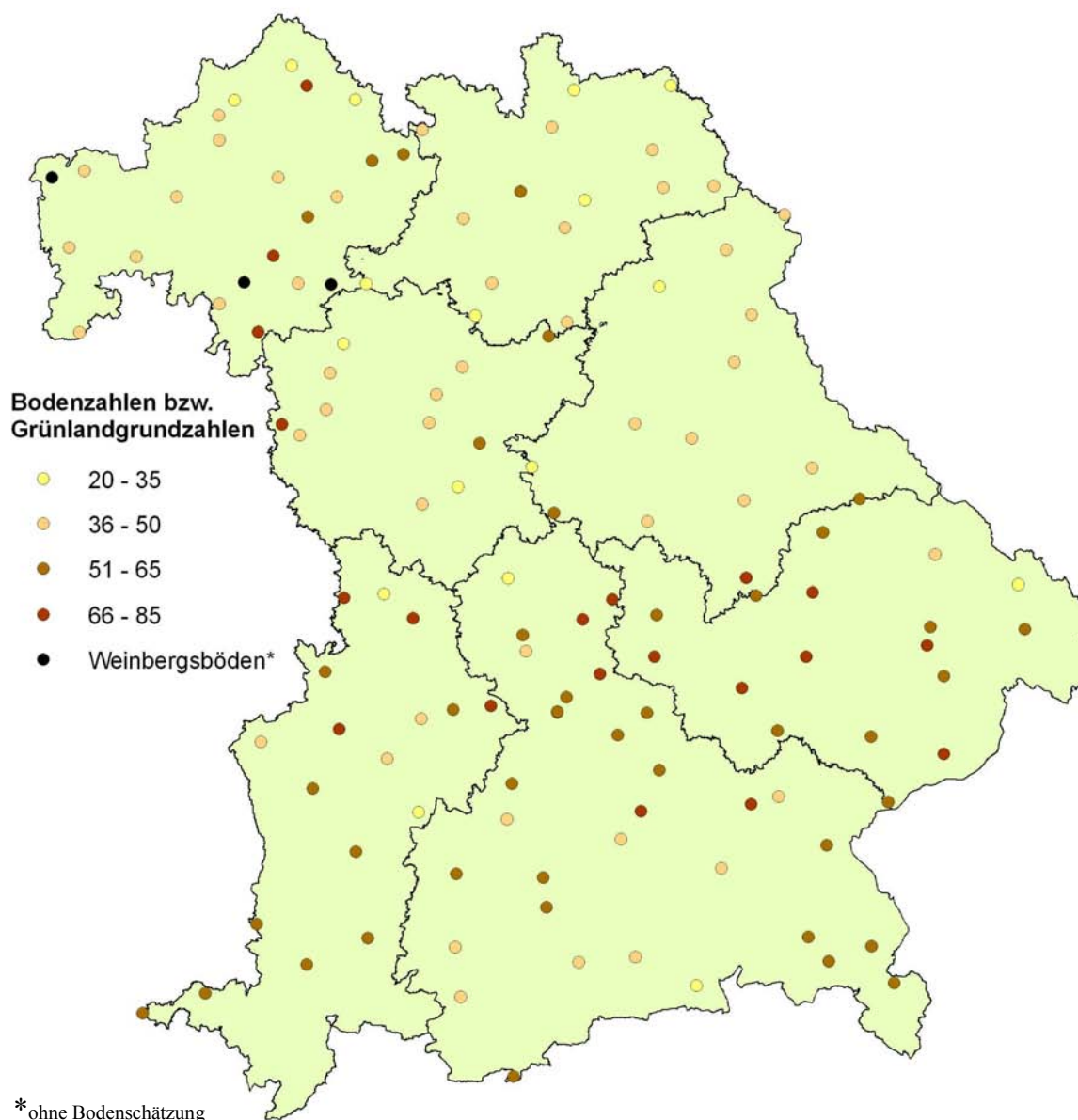
Bodentypen sind Klassifizierungsstufen, die erkennbare gemeinsame Merkmale von Bodenprofilen zu Typen zusammenfassen. Häufigste BDF-Bodentypen sind die Braunerden, die über ganz Bayern verteilt vorkommen. Verbreitet sind auch Parabraunerden (Böden mit Tondurchschlammung) und Pseudogleye (staunasse Böden). Besonderheiten sind die Weinbergböden in Unterfranken (Rigosole), die an das mittel- und oberfränkische Keuperland gebundenen Tonböden (Pelosole) und ein Niedermoor im Donaumoos. Die Klasse der Auenböden ist hier nicht bis zur Typebene differenziert.



GIS-Kartographie: Andrea Hügl, LfL-Agrarökologie

Abb. 20: Bodenarten der Boden-Dauerbeobachtungsflächen

In der Karte sind die Bodenartenhauptgruppen der Oberböden der BDF dargestellt. Häufigste Gruppe ist Lehm. Für diese Bodenartenhauptgruppe sind Bodenarten typisch, die aus einem Gemisch von Ton, Schluff und Sand bestehen ohne ausgeprägten Schwerpunkt bei einer Korngröße. Die Gruppe der Schluffe ist charakteristisch für die fruchtbaren Lössböden. Der Lössgürtel entlang und südlich der Donau wird von den BDF mit Schluff als Bodenartenhauptgruppe deutlich nachgezeichnet. Ein Verteilungsschwerpunkt der Sandböden liegt in Mittelfranken (Keuperland). In die Gruppe der Tone fallen vor allem Kalk- und Tonsteinverwitterungsböden.



GIS-Kartographie: Andrea Hügl, LfL-Agrarökologie

Abb. 21: Bodenwertzahlen der Boden-Dauerbeobachtungsflächen

Die Boden- und Grünlandgrundzahlen aus der Bodenschätzung bewerten Böden nach ihrer natürlichen Ertragsfähigkeit. Diese Wertzahlen sind Verhältniszahlen. Beim Ackerland (Bodenzahl) können die Wertzahlen zwischen 7 und 100, beim Grünland (Grünlandgrundzahl) zwischen 7 und 88 liegen. Der höchst bewertete BDF-Boden weist eine Bodenzahl von 85 auf. Hoch bewertete Böden sind in der Regel tiefgründige Lössböden. Der Donauraum mit den Gäulagen und das lössbeeinflusste Tertiärhügelland bilden einen breiten Gürtel quer durch Bayern mit hohen Bodenwertzahlen. Die niedrigste Bewertung besitzt eine flachgründige Rendzina mit einer Grünlandgrundzahl von 20 in den Alpen.

2.4 Klima

Die durch Niederschlag und Temperatur gekennzeichneten klimatischen Verhältnisse unterscheiden sich innerhalb Bayerns deutlich (Abb. 22 und Abb. 23). Ursache sind vor allem die Höhenlage (Abb. 16), beim Niederschlag aber auch reliefbedingte Stau- und Regenschatteneffekte und bei der mittleren Lufttemperatur als Besonderheit der Föhn in den Alpentälern und am Alpenrand. Die Spanne der Werte für den mittleren Jahresniederschlag (Normalperiode 1961-1990) an den BDF-Standorten reicht von <550 bis 1500-2000 mm, für die mittlere Jahrestemperatur von 3-4 °C bis >9 °C. Durch hohe Niederschläge und niedrige Temperaturen sind insbesondere der Alpenraum und die Höhenlagen der Mittelgebirge geprägt. Dort befindet sich entsprechend der allgemeinen Nutzung die überwiegende Anzahl der Grünland-BDF. Als relativ warmes und trockenes Gebiet ist der nordwestbayerische Raum einzustufen. Wärmebegünstigt sind zudem die Tallagen der Donau, der unteren Isar und des unteren Inns.

Den Verlauf der Jahresmittelwerte von Niederschlag und Lufttemperatur seit Start des Boden-Dauerbeobachtungsprogramms 1985 zeigen die Abb. 24 und 25 für die Wetterstationen Augsburg (exemplarisch für das südbayerische Voralpenland) und Würzburg (exemplarisch für die trockeneren Lagen in Nordbayern).

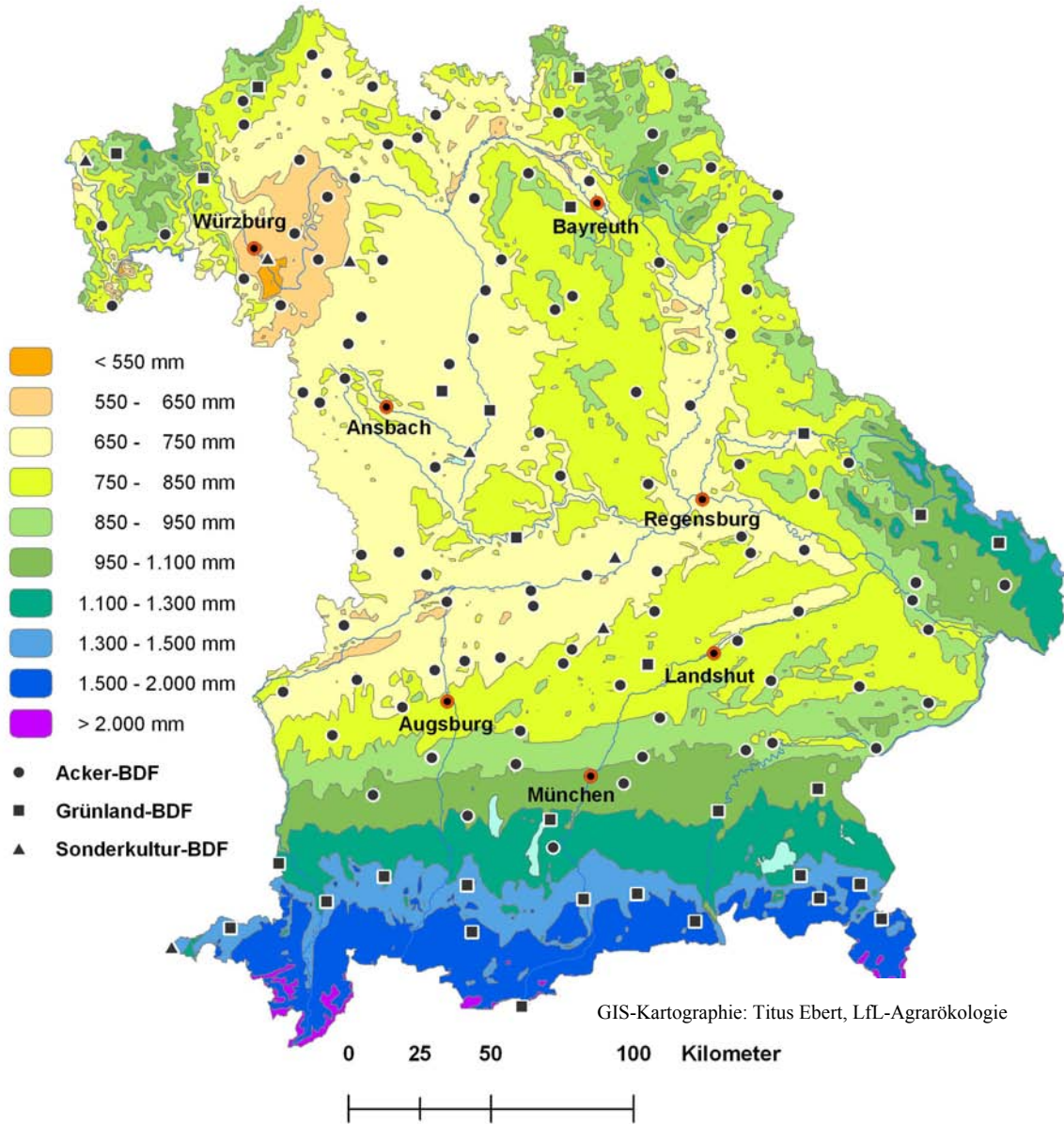


Abb. 22: Mittlere Jahresniederschlagssumme in Bayern (Beobachtungszeitraum 1961-1990) mit Lage der BDF (Quelle: Klimaatlas von Bayern)

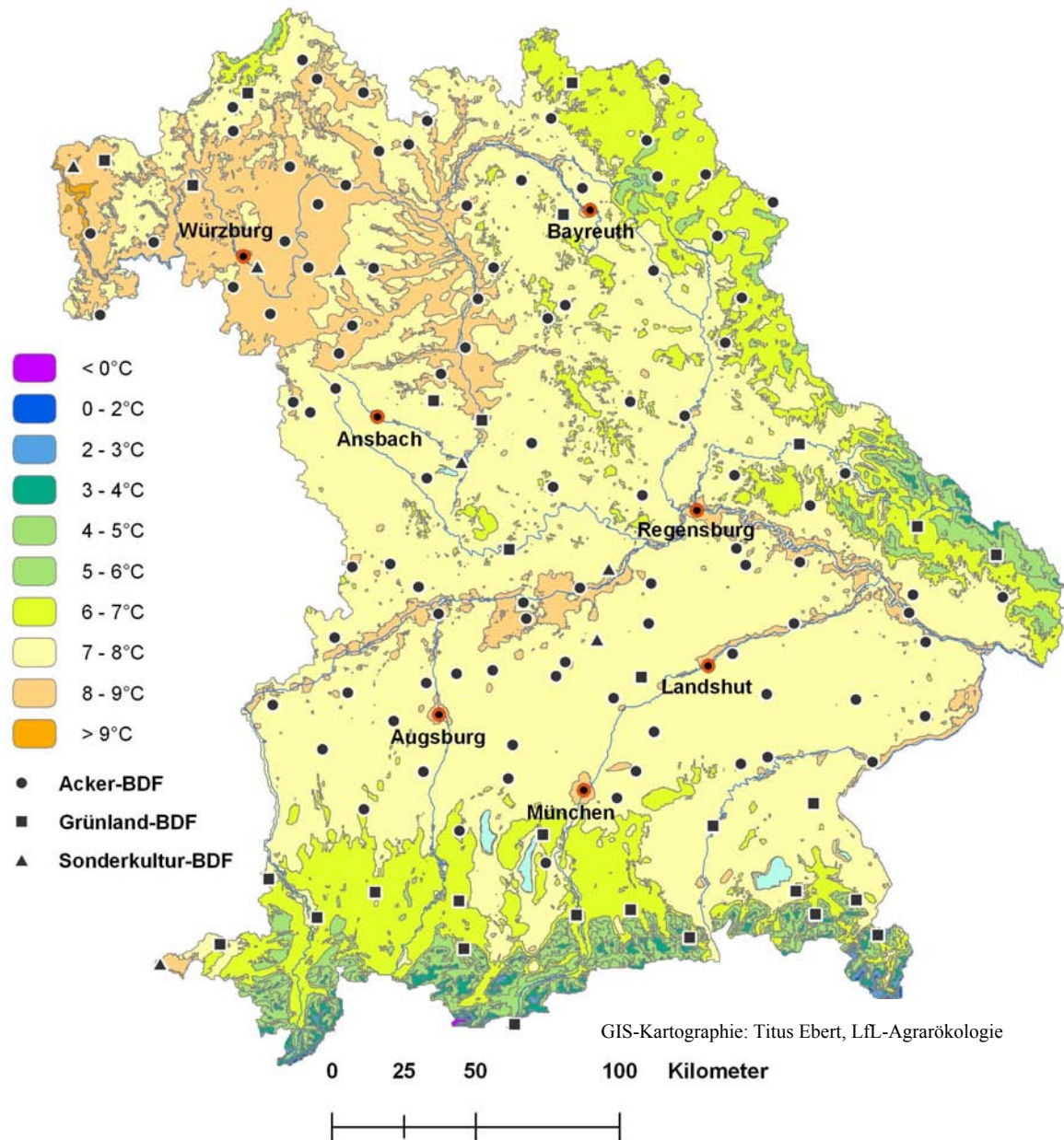


Abb. 23: Mittlere Lufttemperatur in Bayern (Beobachtungszeitraum 1961-1990) mit Lage der BDF (Quelle: Klimaatlas von Bayern)

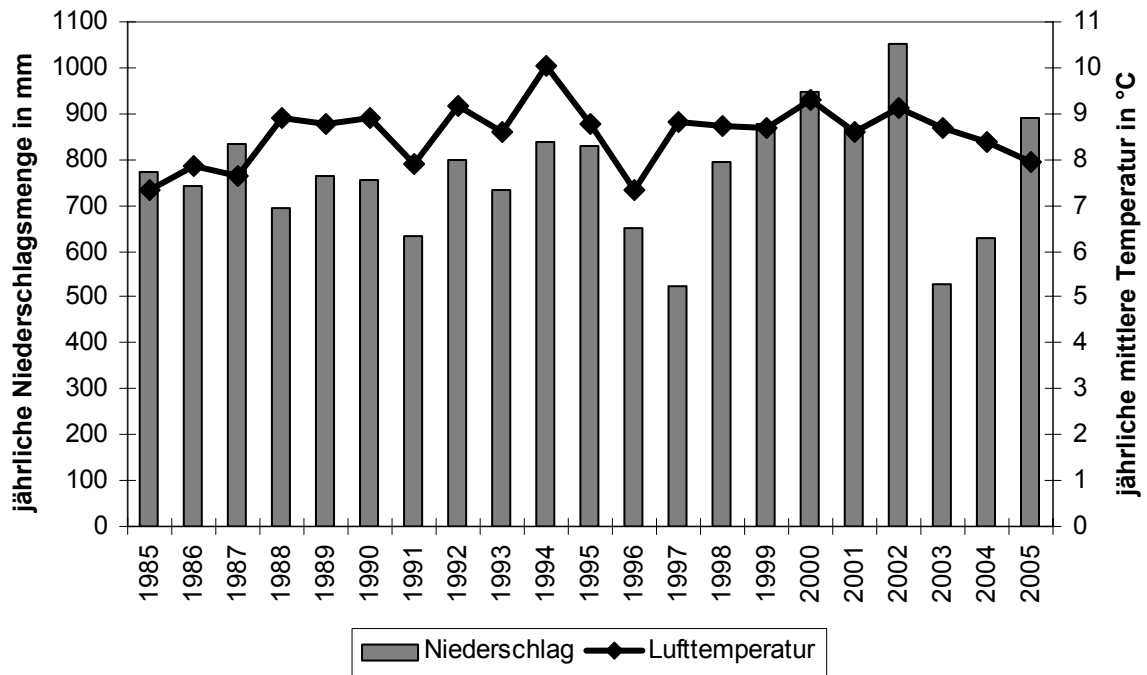


Abb. 24: Klimastation Augsburg: Jahreswerte von Niederschlag und Lufttemperatur 1985-2005 (Quelle: Deutscher Wetterdienst)

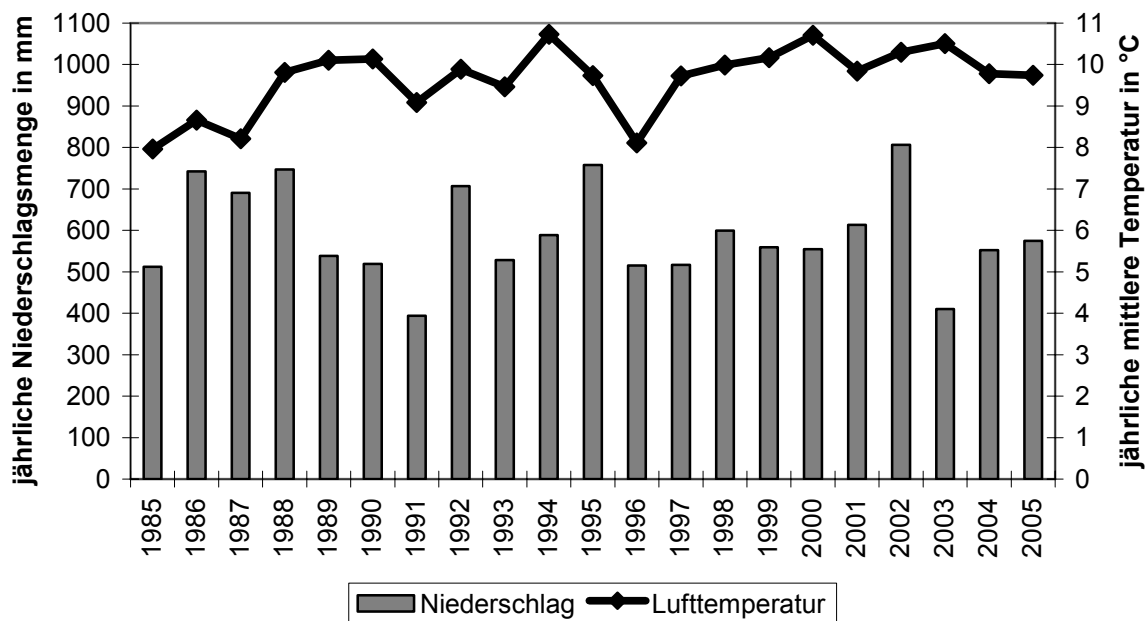


Abb. 25: Klimastation Würzburg: Jahreswerte von Niederschlag und Lufttemperatur 1985-2005 (Quelle: Deutscher Wetterdienst)

2.5 Fazit

Die Boden-Dauerbeobachtungsflächen in landwirtschaftlicher Nutzung bilden das vorhandene breite Spektrum an Standortbedingungen gut ab. Damit ermöglichen die erhobenen Daten ein realistisches Bild des Ist-Zustandes. Böden sind je nach ihrem Pufferungsvermögen (chemisch, physikalisch, biologisch) unterschiedlich empfindlich gegenüber Stoffeinträgen und Bewirtschaftungseinflüssen. Die Vielfalt der Böden und Standorte in Bayern macht es also notwendig, eine ausreichende Anzahl von BDF im Monitoring zu halten. Nur so kann die erforderliche Differenzierung zwischen unterschiedlich reagierenden Boden- bzw. Standortgruppen vorgenommen werden.

2.6 Literaturverzeichnis

Ad-hoc-Arbeitsgruppe Boden (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung, Hrsg. Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, 5. Aufl. 438 S., Hannover.

Bayerischer Klimaforschungsverbund (BayFORKLIM) (1996): Klimaatlas von Bayern, München.

Bayerisches Geologisches Landesamt (1996): Geologische Karte von Bayern 1:500.000, 4. Aufl., 329 S., München.

Wittmann, O. (1983): Standortkundliche Landschaftsgliederung von Bayern. Materialien 21 des Bayer. Staatsministeriums für Landesentwicklung und Umweltfragen, München.