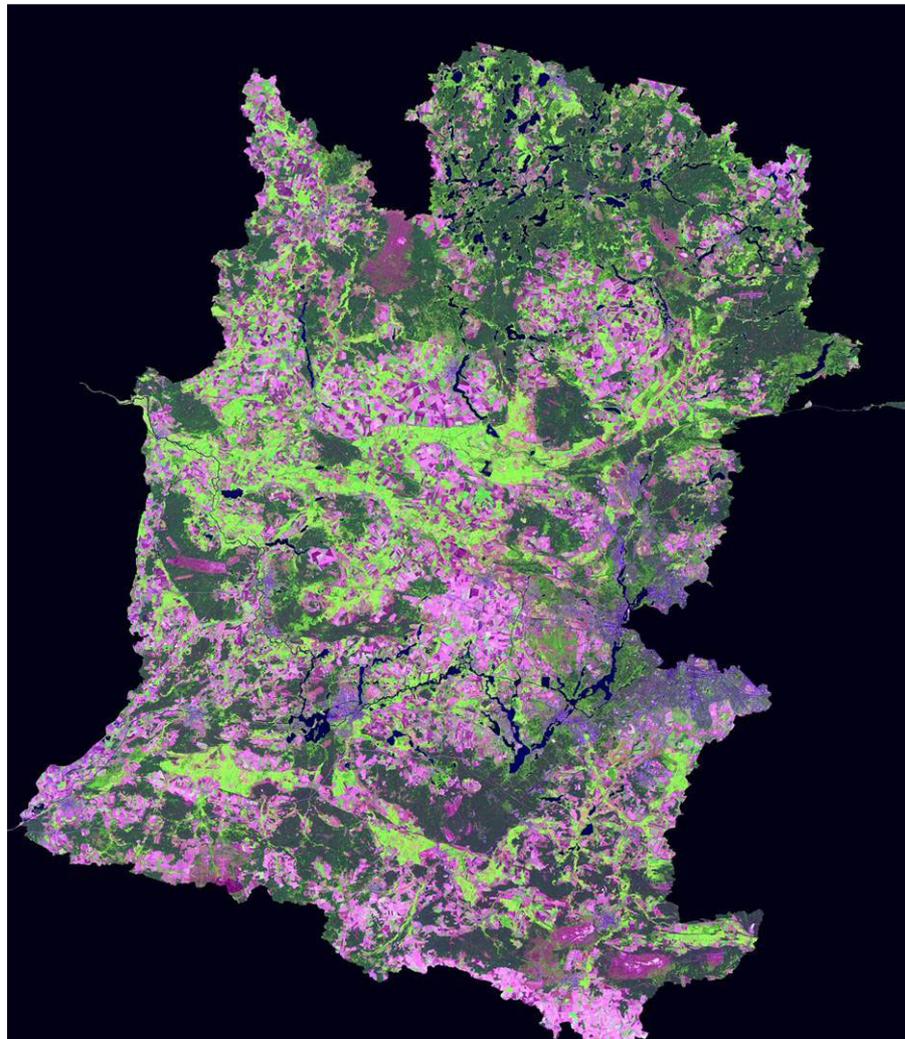


Erfassung von Modellbezugsflächen und Bereitstellung von flächenbezogenen Parametern aus Fernerkundungsdaten

Abschlussbericht zum Teilprojekt 6 im Rahmen des Verbundvorhabens: Bewirtschaftungsmöglichkeiten im Einzugsgebiet der Havel

Bearbeiter: Sibylle Itzerott (GFZ Potsdam); Klaus Kaden (Universität Potsdam)



Das Untersuchungsgebiet in einem Satellitenbild (Landsat-ETM)

Förderkennzeichen des BMBF: 0330227

Bewilligungszeitraum: 10. Oktober 2001 bis 28. Februar 2005

Inhaltsverzeichnis

1. Begründung der Teilaufgabe und Arbeitsziele	5
2. Untersuchungsgebiet und -gegenstände	6
3. Die Bedeutung der Geofernerkundung im Methodenspektrum	18
4. Verbesserung der Raum-Zeit-Auflösung von Modelleingangsgrößen	20
4.1 Flächennutzung	20
4.1.1. Flächennutzungskartierung auf der Basis von Fernerkundungsdaten	20
4.1.1.1. Strategie zum Einsatz der Fernerkundungsdaten	21
4.1.1.2. Datengrundlagen und Datenaufbereitung zur Entwicklung spektraler Normkurven	22
4.1.1.2.1 Fernerkundungsdaten	24
4.1.1.2.2 Feldspektrometermessungen	26
4.1.1.2.3 Betriebsdaten	27
4.1.1.2.4 Wetterdaten / Phänologische Daten	29
4.1.1.2.5 Bodendaten	35
4.1.1.3 Entwicklung der Normkurven	36
4.1.1.4 Charakteristik der Normkurven	38
4.1.1.5 Klassifizierungsalgorithmus	44
4.1.1.6 Diskussion der Klassifizierungsergebnisse der Jahre	47
4.1.1.7 Fruchtfolgen auf der Basis von FE-Daten	58
4.1.2. Flächennutzung auf der Basis von landesweiten Kartierungen	62
4.1.2.1. Methodisches Vorgehen	62
4.1.2.2. Ergebnisse	66
4.1.3. Bewertender Vergleich der beiden Ansätze	67
4.2. Boden	70
4.2.1. Konzept der verbesserten Integration von Bodendaten in die Modellierung	71
4.2.2. Darstellung der Ergebnisse der pedologischen Gebietsanalyse	76
4.3. Hydrologie	79
4.3.1. Möglichkeiten für die Erfassung und die Charakteristik der Grundwasserdynamik im Fokusgebiet Untere Havel	79
4.3.2. Möglichkeiten für die Erfassung und die Charakteristik der Grundwasserdynamik im Fokusgebiet Hammerfließ	82
4.3.3. Möglichkeiten für die Erfassung und die Charakteristik der Grundwasserdynamik im Fokusgebiet Kleiner Rhin/Döllnitz	85
4.3.4. Algorithmus zur Flächenübertragung	88
5. Bereitstellung von Parametern zur quantitativen Szenariobewertung	92
6. Zusammenfassung	97
7. Literaturverzeichnis	102
8. Anlagen	109

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	<i>Einzugsgebiet der Havel</i>	7
Abb. 2:	<i>Nanochorenkartierung der drei Fokusgebiete</i>	9
Abb. 3:	<i>Das Untersuchungsgebiet (Haveleinzugsgebiet ohne Spreegebiet) sowie in Teilansichten die Gebiete der Zwischen- und Fokusebene in einem Landsat-TM-Bild vom 13. September 1999</i>	23
Abb. 4:	<i>Mit Feldspektrometer ermittelte Rückstrahlkurven von Ackerkulturen und Kennzeichnung der für die Charakteristik berücksichtigten Spektralbänder</i>	27
Abb. 5:	<i>Anbaudokumentation 199–1999 der Agrargenossenschaft Nuthequelle GmbH Niedergörsdorf</i>	28
Abb. 6:	<i>Phänologische Entwicklung von Weizen nach EC-Code</i>	31
Abb. 7:	<i>Vergleich der NDVI-Normkurve von Winterroggen mit den NDVI-Werten einzelner Bodenstandorte</i>	35
Abb. 8:	<i>NDVI-Normkurve für Winterweizen im Vergleich zu Stützpunkten und Mittelwerten</i>	37
Abb. 9:	<i>Normkurven des NDVI für die betrachteten Feldfrüchte</i>	38
Abb. 10 a–c:	<i>Normkurven des NDVI der Feldfrüchte gruppiert nach Ähnlichkeiten</i>	39
Abb. 11:	<i>Vergleich der Normkurvencharakteristik von Sommer-, Winter- und Zwischenfrüchten</i>	43
Abb. 12:	<i>Minimum-Maximum-Intervalle der Normkurve für Winterweizen</i>	45
Abb. 13:	<i>NDVI-Normkurve Winterroggen in Vergleich zu den anderen Kulturen im Jahr 1994</i>	50
Abb. 14:	<i>Klassifikationsergebnis für das Jahr 1994 im Fokusgebiet Gülper Havel und Vergleich mit der Anbauinformation der Agrargenossenschaft Hohennauen</i>	51
Abb. 15:	<i>NDVI-Normkurve Winterroggen im Vergleich zu den anderen Kulturen im Jahr 1995</i>	52
Abb. 16:	<i>Darstellung der Ackerflächen in den für 1995 zur Verfügung stehenden Aufnahmen in einer Farbkombination der Kanäle 5/ 4/3 von Landsat-TM in Rot/Grün/Blau</i>	53
Abb. 17:	<i>Klassifikationsergebnis für 1995 im Fokusgebiet Gülper Havel und Vergleich mit der Anbauinformation der Agrargenossenschaft Hohennauen</i>	55
Abb. 18:	<i>Ergebnis der Klassifizierung der Ackerkulturen im Gesamtgebiet für das Jahr 2000</i>	56
Abb. 19 a–c:	<i>Vergleich der Klassifizierungsergebnisse mit der Anbaustruktur für ausgewählte Kreise</i>	58
Abb. 20:	<i>Klassifizierungsergebnis für das Fokuagebiet Gülper Havel für die Jahre 1995 bis 2000</i>	59
Abb. 21:	<i>Anteil von Fruchtfolgepaaren an der Fruchtfolge der Jahre 1994 bis 2000 für Ertragstyp 3 im Landbaugebiet III</i>	62
Abb. 22:	<i>Schema der Zuweisung von Fruchtfolgen zu den Ackerflächen Brandenburgs am Beispiel eines Landschaftsausschnittes im Fokusgebiet „Untere Havel“</i>	65
Abb. 23:	<i>Leitböden als Basis der Zuweisung von pedologischen Eigenschaften und als Mittler zwischen den Dimensionsebenen der Betrachtung</i>	76
Abb. 24a:	<i>Karte der Leitbodenform im Fokusgebiet Untere Havel</i>	77
Abb. 24b:	<i>Karte der Leitbodenform im Fokusgebiet Hammerfliess</i>	78
Abb. 24c:	<i>Karte der Leitbodenform im Fokusgebiet Kleiner Rhin/Döllnitz</i>	78
Abb. 25:	<i>Grundwasserflurabstände an den Messpunkten im Fokusgebiet Untere Havel</i>	81
Abb. 26:	<i>Grundwasserstände an den Messpunkten im Fokusgebiet Untere Havel</i>	81
Abb. 27:	<i>Grundwasserflurabstände an den Messpunkten im Fokusgebiet Hammerfliess</i>	84
Abb. 28:	<i>Grundwasserstände an den Messpunkten im Fokusgebiet Hammerfliess</i>	84
Abb. 29:	<i>Grundwasserflurabstände an den Messpunkten im Fokusgebiet Kleiner Rhin /Döllnitz</i>	86
Abb. 30:	<i>Grundwasserstände an den Messpunkten im Fokusgebiet Kleiner Rhin /Döllnitz</i>	87
Abb. 31:	<i>Algorithmus zur Ableitung von repräsentativen Jahresganglinien hydrologischer Einheiten</i>	89
Abb. 32:	<i>Karte der Hydrodynamik im Fokusgebiet Untere Havel</i>	90

Verzeichnis der Tabellen

Tab. 1:	<i>Flächennutzung Brandenburg 2003</i>	9
Tab. 2:	<i>Charakteristik der Landbaugebiete im Land Brandenburg</i>	10
Tab. 3:	<i>Anbaustruktur im Land Brandenburg</i>	10
Tab. 4:	<i>Hauptfrüchte im Agrarbetrieb Nuthequelle GmbH Niedergörsdorf (Stand 2003)</i>	14
Tab. 5:	<i>Hauptfrüchte im Agrarbetrieb NEUGRO GmbH Großwoltersdorf (Stand 2004)</i>	15
Tab. 6:	<i>Hauptfrüchte der Agrargenossenschaft Hohennauen (Stand 2004)</i>	16
Tab. 7:	<i>Hauptfrüchte der Agrargenossenschaft „Der Märker“ (Stand 2004)</i>	17
Tab. 8:	<i>Übersicht über die verfügbaren Satellitendaten der einzelnen Untersuchungsräume</i>	24
Tab. 9:	<i>Technische Daten der verwendeten Satelliten</i>	25
Tab. 10:	<i>Aufnahmetermine der Feldspektrometernmessungen</i>	26
Tab. 11:	<i>Anzahl und Fläche der Ackerschläge sowie verfügbare Anbaudaten der Agrarbetriebe</i>	29
Tab. 12:	<i>Durchschnittlicher Beginn phänologischer Phasen in Brandenburg für ausgewählte Fruchtarten</i>	32
Tab. 13:	<i>Beispiel für die Einpassung einer Satellitenszene in das Normjahr – Kultur Wintererraps</i>	32
Tab. 14:	<i>Vorgenommene Korrekturen zur phänologischen Einpassung der Aufnahmetermine</i>	33
Tab. 15:	<i>Potenzielle phänologische Information der Satellitenszenen für Winterroggen</i>	34
Tab. 16:	<i>Anzahl der einzelnen Nutzungsklassen</i>	36
Tab. 17:	<i>Zeiträume für optimale Termine der Satellitenaufnahmen innerhalb einer Anbauperiode</i>	43
Tab. 18 a–d:	<i>Bewertung der Klassifizierungsgüte</i>	47
Tab. 19:	<i>Datenausgangsbasis für die Klassifizierungen 1994 und 1995</i>	49
Tab. 20:	<i>Matrix der schlagbezogenen Fruchtfolgen</i>	59
Tab. 21 a-d:	<i>Anteile der Kulturen an den Satellitenbild-Fruchtfolgen</i>	60
Tab. 22:	<i>13-jährige Fruchtfolgen für die Ertragstypen der Ackerflächen</i>	63
Tab. 23:	<i>Flächenanteile der Fruchtfolgen für das Land Brandenburg</i>	66
Tab. 24 a–d:	<i>Vergleich der Anteile der Kulturen an den Fruchtfolgen für die beiden Algorithmen</i>	68
Tab. 25 a–d:	<i>Vergleich der Anteile von Kulturgruppen an den Fruchtfolgen für die beiden Algorithmen</i>	69
Tab. 26:	<i>Leitböden auf Nanochorenbasis</i>	71
Tab. 27:	<i>Leitböden der Legendeneinheiten der BÜK300</i>	73
Tab. 28:	<i>Zusammenhang zwischen Nanochoren und BÜK300-Legendeneinheiten</i>	74
Tab. 29:	<i>Ausgewählte betriebswirtschaftliche Informationen für Ackerkulturen</i>	92
Tab. 30:	<i>Auswertung der N-Düngegaben in Beispielsbetrieben der Fokusgebiete</i>	94
Tab. 31:	<i>Reelle Stickstoffauswaschungsgefahr auf den Ackerflächen der Fokusgebiete</i>	96

Verzeichnis der Anlagen

Anlage 1 a-c:	<i>Karten der Naturraumtypen der Fokusgebiete</i>	110
Anlage 1 d:	<i>Kennzeichnung der Nanochoren des glazial bestimmten Tieflandes Brandenburgs</i>	113
Anlage 2:	<i>Feldspektrometrisch ermittelte Daten der Kultur Wintergerste</i>	115
Anlage 3:	<i>Eigenschaften-Datenbank für ArcEGMO zum Leitboden-Flächendatensatz auf Basis der BÜK300</i>	117
Anlage 4:	<i>Eigenschaften-Datenbank für SWIM zum Leitboden-Flächendatensatz auf Basis der BÜK300</i>	126
Anlage 5:	<i>Eigenschaften-Datenbank für SWIM zum Leitboden-Flächendatensatz auf Basis der Nanochoreneinheiten in den Fokusgebieten</i>	137
Anlage 6 a-c:	<i>Karten der Leitbodenformen der Fokusgebiete</i>	142
Anlage 7:	<i>Karte der Leitbodenformen auf Basis der BÜK300</i>	145
Anlage 8:	<i>Auflistung der berücksichtigten Maschinentypen</i>	146
Anlage 9 a-c:	<i>Karten der potentiellen Nährstoffauswaschungsgefahr in den Fokusgebieten</i>	148
Anlage 10 a-c:	<i>Karten der Stickstoffdüngung in den Beispielsbetrieben der Fokusgebiete</i>	151
Anlage 11 a-c:	<i>Karten der realen Stickstoffauswaschungsgefahr in den Fokusgebieten</i>	140

1. Begründung der Teilaufgabe und Arbeitsziele

Um den tatsächlichen Landschaftswasserhaushalt im Einzugsgebiet der Havel durch Modelle realitätsnah abzubilden, bedarf es einer deutlichen Verbesserung der Raum-Zeit-Auflösung der Inputdaten. Das betrifft insbesondere die derzeit gebräuchlichen Basisgrößen aus den Bereichen Flächennutzung, Naturraumausstattung und anthropogen beeinflusste Hydrodynamik, die bisher hauptsächlich als statische Größen in die Modellierung einfließen. Ziel des Teilprojektes war es, Verbesserungen dazu einerseits aus Bereitstellung von zeitreihenorientierten Kartierungen und in situ Messungen, andererseits durch die Einbindung von Fernerkundungsdaten zu erreichen. Mit der Verbesserung der Raum-Zeit-Auflösung wird eine umfassendere Darstellung natürlicher und technischer Abläufe im Betrachtungsraum, die ihrerseits eine Quantifizierung des Einflusses von Bewirtschaftungswandel in der Szenario-bewertung ermöglicht.

Das Teilprojekt bearbeitete außer dem Klima drei der vier Landschaftskompartimente (Flächennutzung, Boden, Hydrologie, Klima), die in die im Verbundprojekt genutzten Modellansätze (vgl. TP 3, 4, 5) eingehen. Als räumliche Bezugsebenen wurden für verschiedene Detailbetrachtungen Fokussierungen vorgenommen. Sie betreffen das Teileinzugsgebiet Kleiner Rhin/Döllnitz mit der NEUGRO Landwirtschaft- und Dienste GmbH (Großwoltersdorf) und der Agrargenossenschaft Braunsberg eG für den Oberlauf der Havel, das Teileinzugsgebiet Hammerfließ/Nuthe mit der Nuthequelle GmbH Niedergörsdorf und der Agrargenossenschaft "Der Märker" Jänickendorf als Beispiele für den Mittel-lauf sowie das Teileinzugsgebiet Untere Havel mit der Agrargenossenschaft Hohennauen eG sowie der Agrargenossenschaft Neustadt eG als Repräsentanten für den Unterlauf der Havel.

Flächennutzung

Bisher geht die Flächennutzung als statische Größe mit deutschlandweit 22 Klassen (Corine-Landcover-Klassifizierung) ein. Lediglich für Ackerflächen werden Fruchtwechsel simuliert, Bewirtschaftungszustände werden aber ausschließlich unabhängig von ihrer tatsächlichen Raum-Zeit-Varianz über standardisierte Werte berücksichtigt. Der hohe Anteil von Ackerflächen in den Einzugsgebieten und die hohe Variabilität der mit dem Fruchtwechsel verbundenen Nährstoffeintrags- und Wasserdurchsatzparameter erfordern eine detaillierte Einbeziehung von realen Bewirtschaftungsinformationen in die Modellierung.

Das Teilprojekt leitete aus der multitemporalen Analyse von Fernerkundungsdaten Bewirtschaftungszyklen mit Bezug zu den naturräumlichen Gegebenheiten ab. Grundlage dafür bildete die Ermittlung von NDVI-Normkurven von Ackerkulturen, die von Phänologie und Bewirtschaftung geprägt werden. Sie wurden aus Landsat-TM-Daten unter Verwendung von Anbauinformationen von Beispielsbetrieben und unter Berücksichtigung von agrarmeteorologischen Beobachtungen gewonnen. Die so erzeugten Kurven geben Auskunft über die genormte spektrale Charakteristik der einzelnen Anbaukulturen sowie über ihre spektrale Unterscheidbarkeit zu den verschiedenen phänologischen Zeitpunkten. Dabei konnte auf einen Datenfundus der Jahre 1987 bis 2002 zurückgegriffen werden. Die Normkurven fanden Verwendung als Klassifikatoren für die multitemporale Datendeckung, bezogen auf einzelne Anbaujahre. Im Ergebnis erhält man eine schlagbezogene Anbauinformation. Aus der Kenntnis der Anbaukulturen der Einzeljahre kann die Fruchtfolge schlagbezogen ermittelt werden.

Boden

Die für die Modellierung notwendigen pedologischen Eigenschaften werden bisher über Leitböden entsprechend der BÜK 1000 ermittelt. Speziell der Maßstab dieser Kartierung führt zu unzulässiger räumlicher Generalisierung, die realitätsnahen Szenarios entgegensteht. Für das Untersuchungsgebiet musste deshalb auf verschiedenen Dimensionsstufen eine Präzisierung erfolgen. Sie umfasste auf der Fokusebene die Kartierung von Nanochoren, die Ableitung von Leitbodentypen und die Spezifizierung der Bodenparameter auf Grundlage der Bodenformen-Datenbank der BÜK300. Auf der Zwischen- und Gesamtebene wurden für die Blattlegendeneinheiten der BÜK300 Leitböden bestimmt und analog zur Vorgehensweise auf der Fokusebene die Spezifizierung der Bodenparameter vorgenommen.

Hydrologie

Mesoskalige hydrologische Modelle beruhen oft nur auf der Implementierung statischer hydrologischer Eigenschaften. Sowohl natürliche als auch anthropogen bedingte Schwankungen des Grundwasserserganges bleiben unberücksichtigt. Da besonders Niederungen aufgrund oberflächennah wechselnden Grundwasserflurabstandes einen variablen Wassertransfer besitzen, spielt die Grundwasserdynamik für die Modellierung eine nicht zu unterschätzende Rolle. Zur Lösung dieses Sachverhaltes lagen eigene Erfahrungen und ein daraus resultierender Algorithmus vor, der aus gemessenen Pegelständen und Stauzielen Wasserstandskurven konstruiert, die die Dynamik ausreichend differenzieren. Dieses Verfahren wurde für das Fokusgebiet Unterhavel weiterentwickelt. Die Übertragung auf die anderen Fokusgebiete war beabsichtigt, konnte letztendlich wegen fehlender Datendichte zu wasserwirtschaftlichen Bauwerken und Bewirtschaftungen sowie zu Pegelmessungen im Grund- und Oberflächenwasser aber nur diskutiert werden. Um Möglichkeiten zur Validierung von Modellergebnissen zu schaffen, wurde im Fokusgebiet Döllnitz/Kleiner Rhin ein Grundwassermessnetz eingerichtet.

Neben der Verbesserung der Raum-Zeit-Auflösung von Modelleingangsgrößen durch die Ermittlung von Flächennutzungs-, Boden- und Hydrologieparametern galt ein weiterer Ansatz der Bereitstellung von naturräumlich und technologisch geprägten Parametern zur quantitativen Szenariobewertung.

Der in Szenarios simulierte Wandel der Flächennutzung in der Landwirtschaft kann mit Hilfe der aus Fernerkundungsdaten extrahierten realen schlaggenauen Informationen bilanziert werden. Das trifft für die Bewertung sowohl ökologischer als auch ökonomischer Konsequenzen zu. Für betriebswirtschaftliche Ansätze (Betriebsbasis, Kreisbasis, usw.) können über die Flächennutzungscharakteristik in Abhängigkeit von der Naturraumausstattung technologische Abläufe flächentreu zugeordnet und finanziell bilanziert werden. Dazu wurde das Untersuchungsgebiet nach Bewirtschaftungseinheiten strukturiert. Es wurde gezeigt, dass den Fruchtarten und somit -folgen Technikeinsatz, Düngemiteinsatz, Saatgutmenge usw. zugeordnet und der finanzielle Gesamtaufwand ermittelt werden kann. Damit ist prinzipiell die betriebswirtschaftliche Relevanz eines Szenarios bewertbar. Analog können auch für Wasserbilanzansätze aus simulierten Flächennutzungsänderungen über die Ermittlung des sich verändernden Verdunstungsverhaltens Auswirkungen auf den Wassertransfer interpretiert und in der gegebenen räumlichen Konkretheit quantifiziert werden.

Auf diesem Ansatz basierend wurden zu den folgenden Bearbeitungsschwerpunkten Ergebnisse ermittelt.

- A Ableitung gebietstypischer Fruchtfolgen aus den Anbaudaten von Beispielsbetrieben
- B Ermittlung von Fruchtfolgen in der Landwirtschaft mit Hilfe von Satellitendaten
- C Ermittlung von Bodenparametern zur Modellierung aus Karten, Feldkartierung und Datenbanken
- D Beschreibung der Hydrodynamik auf der Grundlage anthropogener und naturräumlicher Einflussfaktoren
- E Ermittlung von Bilanzgrößen zur ökologischen und ökonomischen Szenariobewertung

Die Ergebnisse fanden Verwendung in den Modellierungen bzw. wurden zur Weiterverarbeitung in der Szenariobewertung eingesetzt.

2. Untersuchungsgebiet und -gegenstände

Die Untersuchungen betreffen das Einzugsgebiet der Havel. Wie in Abbildung 1 gezeigt, umfasst es weite Teile des Landes Brandenburg.

Die Havel entspringt in der Südmecklenburgischen Seenplatte und mündet südlich davon bei Havelberg in die Elbe. Sie ist ein Tieflandsfluss mit einer Lauflänge von ca. 350 km² mit einem zu überwindenden Höhenunterschied von rund 41m zwischen Havelquelle (63 m über NN) und Mündung (22 m über NN). Die Havel weist mit einem mittleren Gefälle von 0,125 ‰ ein sehr geringes Gefälle auf. Stauhaltungen beeinflussen Abflüsse und Wasserstände der Havel. Weiterhin prägen zahlreiche durchflossene Seen, seenartige Erweiterungen, viele Verzweigungen und kanalisierte Abschnitte den Cha-

rakter der Havel. Mit Berlin, Cottbus, Potsdam und Brandenburg liegen vier große Städte direkt an der Havel. Sie durchquert Gebiete, die durch intensive Land- und Forstwirtschaft und/oder Industrie gekennzeichnet sind. In Berlin bei Spandau mündet die Spree in die Havel. Sie ist der wasserreichste Nebenfluss und widerspiegelt eine durch den Braunkohlebergbau in der Niederlausitz stark anthropogen geprägte Wasserführung (Qualität und Quantität). Oberhalb der Vereinigung beider Flüsse umfasst das Einzugsgebiet der Havel rund 3500 km². Vereinigt mit der Spree (Einzugsgebiet ca. 10.000 km²) ist das Haveleinzugsgebiet fast viermal so groß. Das Gesamteinzugsgebiet der Havel von der Quelle bis zur Mündung in die Elbe beträgt ca. 24.000 km².

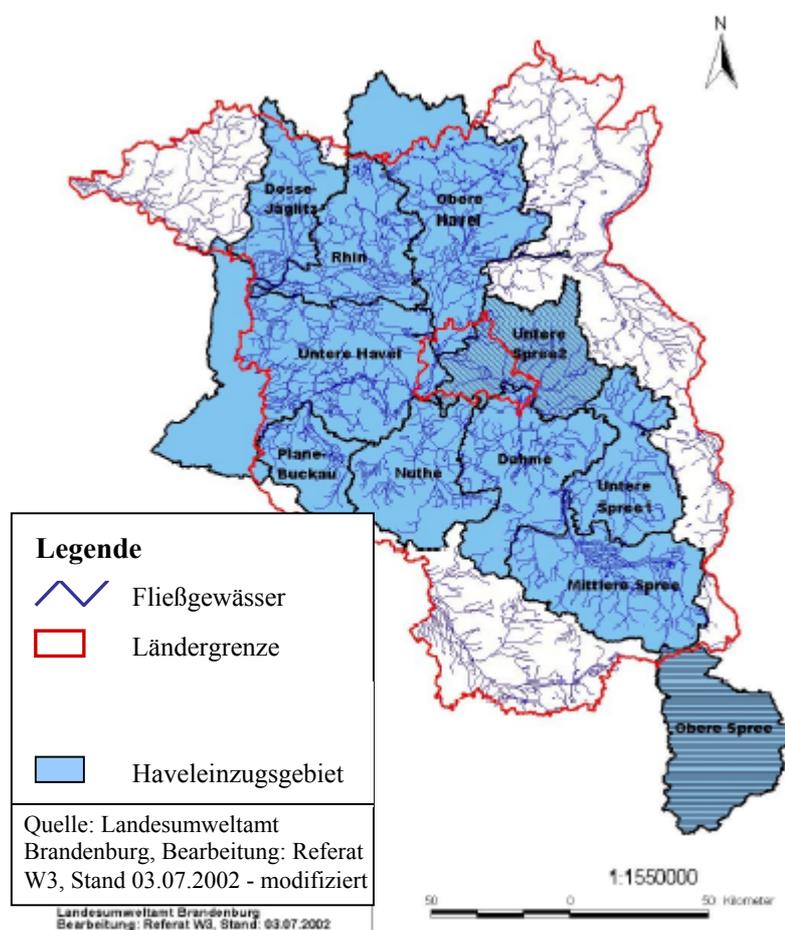


Abb. 1: Einzugsgebiet der Havel

Das Haveleinzugsgebiet im Land Brandenburg ist Teil des norddeutschen Tieflandes und gehört damit zum großen Teil dem pleistozänen nordeuropäischen Vereisungsgebiet an. 95% der Oberfläche Brandenburgs sind mit glazialen Sedimenten bedeckt. Morphologisch wurde das Land Brandenburg von mehrphasigen Vergletscherungen und dazwischenliegenden Warmzeiten des Quartär geprägt. Als Ergebnis dieser Überprägung bildete sich ein seenreiches Gewässernetz heraus. Unter dem Inlandeis wurden durch die Wirkung des Eises und von Schmelzwässern Becken gebildet. In diesen Becken blieben zahlreiche isolierte Inlandeisreste (Todeiskörper) zurück, die durch Um- oder Überschüttung konserviert wurden. Mit dem Rückschmelzen des Inlandeises bildeten die Schmelzwässer immer neue Wasserläufe aus, wodurch das Gelände schnell zertalt wurde. Es entstanden Urstromtalungen mit dazwischenliegenden Platten.

Im Norden Brandenburgs durchfließt die Havel zuerst den Schorfheider Sander im Raum Fürstenberg nach Süden. In diesem Abschnitt zwischen der Granseer und Templiner Hochfläche bis nach Zehdenick verläuft die Havel besonders kurvenreich. Südlich von Zehdenick durchquert die Havel die Ge-

biete verschiedener Urstromtäler. Sie durchfließt das Eberswalder Urstromtal und tritt über das Havel-Durchbruchstal in das Berliner Urstromtal ein. Das Berliner Tal bildet eine fast ebene Talsandfläche mit wenigen Erhebungen, rinnenartigen Tälern und eingebetteten Seen. Beim Durchqueren des Berliner Urstromtals bildet die Havel hier den Anfang des Potsdamer Havelgebietes. In den Niederungen und Seen des Potsdamer Havelgebietes überwiegen Talsandablagerungen. Im gesamten Gebiet liegt der Grundwasserspiegel sehr oberflächennah. Dies lässt enge Verbindungen zwischen dem Grundwasserstockwerk und den Oberflächengewässern zu. Bei Potsdam ändert sich der Lauf der Havel und sie fließt westwärts. Bis zum Erreichen des Plauer Sees nahe der Stadt Brandenburg durchquert sie das Gebiet der mittelbrandenburgischen Platten und Niederungen. Hier sind Geschiebesande und -lehme, glazifluviale Sande und Kiese, Dünensande etc. zu finden. In den Niederungen herrscht wiederum ein hoher Grundwasserstand mit enger Verbindung zu den Oberflächengewässern vor. Nach dem Durchqueren des Plauer Sees fließt die Havel in der Unteren Havelniederung Richtung Norden. Die Untere Havelniederung gehört zur Elbtalniederung und wird hauptsächlich aus Talsanden gebildet. Die Talsandfläche wurde von den mehrfachen Laufänderungen der Elbe zerschnitten, so dass heute in der Unteren Havelniederung Elbaulehm zu finden ist. In den Niederungen herrschen oberflächennahe Grundwasserstände vor. Bei Strodehne fließt die Havel der Richtung des Berliner Urstromtals folgend nach Nordwest und mündet bei Havelberg in die Elbe.

Das Haveleinzugsgebiet besitzt sowohl hinsichtlich seiner naturräumlichen Ausstattung und Entstehung als auch durch die Art seiner Kultivierung und gegenwärtigen Nutzung viele Ähnlichkeiten. Das Mitteleuropäische Tiefland hat seine grundlegende naturräumliche Prägung im Quartär erhalten. Die Oberflächenformen resultieren aus dem Wechsel zwischen den Kalt- und Warmzeiten. Der pleistozäne Formenschatz ist allgemein unter dem Begriff glaziale Serie bekannt. Bedingt durch die beiden Inlandeisströme des Belt und der Oder sowie durch die interglazialen und interstadialen Eisrandlagen und ihren Oszillationen entstand das markante Landschaftsbild Brandenburgs, das im Süden durch den saaleiszeitlich geprägten Altmoränenzug des Südlichen Landrückens, im Norden durch die weichseliszeitlich gebildeten Jungmoränen des Frankfurter und Pommerschen Stadiums und dem dazwischen eingeschlossenen zentralen fluviatilen Durchströmungsbereich der Mittelbrandenburgischen Urstromtäler und Platten markiert sind.

Durch holozäne, exogen verursachte Prozesse sind diese Basisformen überprägt und weitergestaltet worden. Im Resultat baut sich das Tiefland aus weiträumigen, ebenen, flach welligen bis kuppigen Grundmoränen, markant auffälligen hügeligen Endmoränenzügen, großflächigen Sandern und den weiten Niederungen der großen Urstromtäler und Stillwasserbildungen auf. All diese Formen sorgen dafür, dass trotz der geringen Höhenlage das Tiefland nicht eintönig ist, sondern im Gegenteil über einen großen Formenschatz verfügt. Auf erster Ebene sind dabei zwei Höhengniveaus ausgeprägt. Die eine morphogenetische Haupteinheit bilden die glazialen Hochflächen mit ihren bewaldeten Höhenzügen, mit manchmal tief eingeschnittenen Tälern und Rinnenseen, mit weitfließenden Ackerfluren und mit großflächigen Kiefernforsten auf ärmlichen Sanden. Die zweite morphogenetische Einheit bilden die glazifluvialen bzw. fluvialen Niederungen, die sich durch Talsandterrassen und -inseln, durch Dünenaufwehungen und durch Auen mit verschiedenen Vermoorungs- und Überflutungseigenschaften unterscheiden.

Auch die Fokusgebiete sind durch eine ähnliche Genese charakterisiert. Gemeinsamkeiten ergeben sich primär aus der glazialen pleistozänen Genese sowie den primär fluvialen holozänen Prozessen. Die Unterschiede ergeben sich einerseits aus den hydrologisch, hydraulischen Besonderheiten, andererseits durch die unterschiedliche anthropogene Inanspruchnahme der einzelnen Flussabschnitte und der dazugehörigen Einzugsbereiche. In der folgenden Abbildung zeigt sich klar die Verschiedenheit der naturräumlichen und somit pedologischen Situation der drei Fokusgebiete (Abb. 2 sowie Anlage 1) zur Kennzeichnung der Nanochoren des glazialen Tieflandes), die als Auswahlkriterium galt. Datengrundlage ist eine gemeinsam mit dem Teilprojekt 9 durchgeführte, auf Felderkundungen basierende Kartierung der Naturräume auf der Ebene der Nanochoren.

Randlich zu den Endmoränenbereichen des Pommerschen Stadiums liegt das Fokusgebiet *Kleiner Rhin/Döllnitz* im Quellbereich des Rhin. Die kleinen Fließe bilden hier schmale rinnenartige Strukturen. Diese sind in den oft sandigen und teilweise mergeligen glazialen Ablagerungen relativ tief eingeschnitten und zum Teil tiefgründig vermoort. So wechseln hydromorphe Moorstandorte auf engem Raum mit anhydromorphen humusarmen Sandstandorten unter Wald.

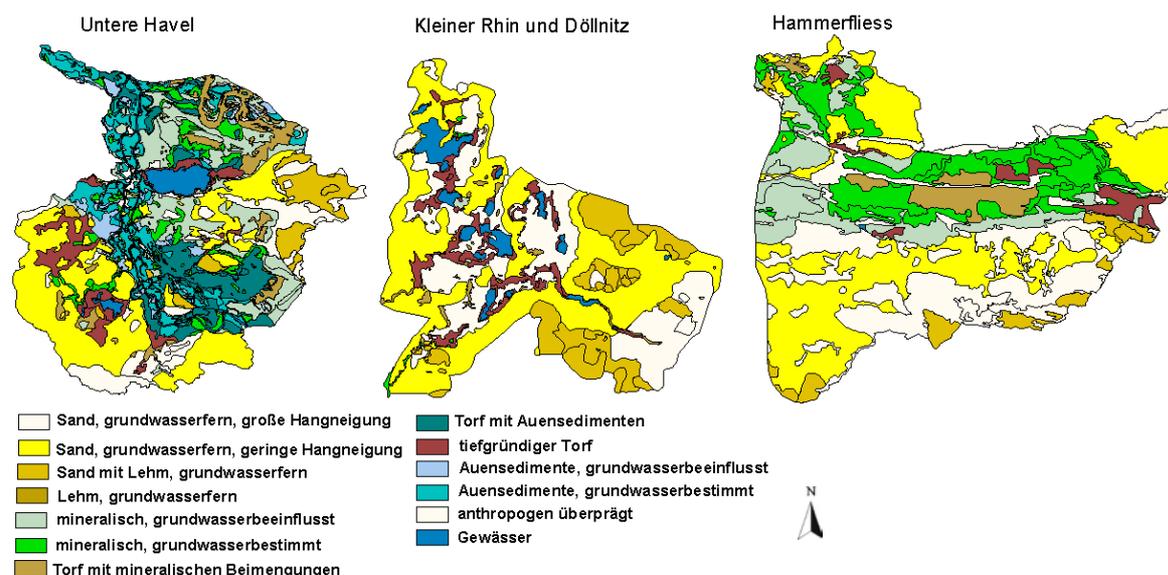


Abb. 2: Nanochorenkartierung der drei Fokusgebiete (eine maßstäbliche Darstellung befindet sich im Anhang)

Im Fokusgebiet *Hammerfließ* handelt es sich um einen Zuflussbereich zum mittleren Nutheabschnitt. Bedingt durch seine Lage im westlichen Teil des Baruther Urstromtals zwischen den Altmoränengebieten des Saaleglazials als Süd- und des Weichselglazials als Nordflanke ist hier ein typischer Tieflandsabfluss in einer weiten ebenen Niederung entstanden, der lediglich durch Dünenzüge unterbrochen und gegliedert wird. So haben allochthone und autochthone Sande gemeinsam mit Torfbildungen gliedernde Funktion im Niederungsbereich. Die Ränder sind in der Regel humusarme anhydromorphe Sandstandorte.

Das Fokusgebiet der *Unteren Havel* muss als ein nahezu homogenes Niederungsgebiet gekennzeichnet werden, das wesentlich durch die Mündungsnähe in die Elbe bestimmt wird. Geringe Fließgeschwindigkeiten, hohe Grundwasserstände, zahlreiche Überflutungen bringen ein Mosaik aus weiten, ebenen Niederungs- und Auenbereichen mit sich, das sich im wesentlichen durch seine Substrateigenschaften gliedert. Sande, Torfe und Auenlehme sind in vielfältigen Variationen verknüpft. Ergänzt wird dies durch kleine inselartige Horstlagen und durch leicht zertalte randliche Übergänge zu den anhydromorphen Grund- und Endmoränenlagen.

Diese Naturraumkennzeichnungen bilden die Basis für eine komplexe Charakteristik. Bedingt durch die Integration morphographischer, pedogenetischer und pedohydrologischer Eigenschaften in die Nanochorenkennzeichnung ist es möglich, auf ihrer Grundlage verschiedene komponentenbezogene Interpretationen durchzuführen.

Das Land Brandenburg wird weithin als „Streusandbüchse“ bezeichnet. Dies ist darauf zurückzuführen, dass primär sandige Substrate pleistozäner und holozäner Genese das Gebiet charakterisieren. Entsprechend hat sich die Flächennutzungsstruktur des Landes Brandenburg entwickelt.

Tab. 1: Flächennutzung Brandenburg 2003 (Quelle: <http://www.destatis.de>)

Art der Flächennutzung	Anteil in % in Brandenburg	Anteil in % in Deutschland
Gebäude- und Freifläche	4,4	6,5
Betriebsfläche	1,3	0,7
Erholungsfläche	0,4	0,7
Verkehrsfläche	3,5	4,8
Landwirtschaftsfläche	49,6	53,5
Waldfläche	34,9	29,5
Wasserfläche	3,4	2,3
Sonstige Fläche	2,4	2,0

Zwar fallen augenscheinlich kaum gravierende Unterschiede im Vergleich der Flächennutzung Brandenburgs zum Bundesdurchschnitt auf (vgl. Tabelle 1), sie sind aber dennoch als erheblich zu bewerten. Der hohe Waldanteil deutet bereits auf extreme Standortbedingungen hin, die im Mitteleuropäischen Tiefland nicht klimabedingt, sondern substratbedingt sind. Die Produktionsverfahren des Ackerbaus (ca. 77,6 % der LNF Brandenburgs) werden daher auf der Grundlage der natürlichen Standortbedingungen bewertet. Basis dafür sind die Ackerzahlen. Auf ihrer Grundlage werden Landbaugebiete ausgewiesen. So werden die Böden zum Kriterium für potenzielle landwirtschaftliche Nutzungen (vgl. Tabelle 2).

Tab. 2: Charakteristik der Landbaugebiete im Land Brandenburg (Quelle: BB-Brandenburg)

Landbaugebiet	Ackerzahl	Flächenanteil Ackerflächen %	Potenzielle ackerbauliche Nutzung
I	$45 < x$	7,3	Weizen-Zuckerrüben-Böden
II	$36 \leq x < 45$	22,2	Gersten-, Weizen-, Zuckerrübenfähig
III	$29 \leq x < 36$	36,4	Roggen-Kartoffel-Böden ; bedingt Gersten- und Raps-fähig
IV	$23 \leq x < 29$	27,1	Roggenböden ; Kartoffel- und z.T. Maisfähig
V	$x < 23$	6,9	Grenzstandorte der landwirtschaftlichen Nutzung, für Roggen (Lupine, Seradella) geeignet

Der Anbau der gängigen Kulturen erfolgt nicht immer standortgerecht. Verschiedene Zwänge können zum Anbau führen, ohne dass im Schlagbezug ein Gewinn zu erwarten ist. Insbesondere Agrarbetriebe mit ungünstigen Bewertungen sind teilweise gezwungen, auch minderwertige Böden nicht immer entsprechend der standortbezogenen Anbaustruktur zu nutzen. Die Ungunst muss durch agrotechnische Maßnahmen ausgeglichen werden. Einen Überblick über die Anbaustruktur der Ackerkulturen im Land Brandenburg liefert Tabelle 3.

Tab. 3: Anbaustruktur im Land Brandenburg (die wichtigsten Anbaufrüchte sind schwarz, die weniger wichtigen grau gehalten)

Kultur	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Roggen	15,8	15,7	16,0	16,9	20,6	21,1	22,3	24,5	22,3	24,0	24,3	22,3
Triticale	0,9	1,8	2,8	2,5	3,8	5,0	6,4	5,9	5,5	6,2	6,8	8,0
Weizen	9,8	11,7	10,1	9,3	10,4	9,7	10,5	10,7	11,1	12,7	12,6	13,4
Wintergerste	9,5	9,8	9,2	7,5	9,0	5,2	6,8	7,3	6,7	7,0	7,2	6,5
Winterraps	5,5	7,3	11,0	11,1	6,7	4,2	6,2	6,9	9,2	7,8	9,2	10,7
Sommergerste	5,7	4,8	2,5	1,7	1,4	3,4	3,0	2,0	1,9	1,4	0,9	1,0
Hafer	2,1	1,6	1,5	1,7	1,3	1,7	1,9	1,8	1,5	1,6	1,5	1,6
Silomais	12,6	11,7	12,4	9,9	11,1	12,6	11,1	10,2	9,6	9,5	9,3	8,6
Körnermais	0,4	0,4	0,9	1,0	0,6	1,2	0,9	0,8	0,7	0,7	0,8	1,1
CCM	0,2	0,1	0,0	0,0	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2
Futtererbsen	0,2	0,3	0,6	0,4	0,8	1,3	1,8	2,4	2,2	2,0	2,3	2,2
Flachs/Lein	0,3	3,3	1,2	0,9	2,5	3,6	4,1	4,5	6,5	3,7	0,9	0,2
Sommerraps/Rübsen	0,1	1,2	1,2	1,6	0,4	1,3	0,9	0,6	0,4	0,6	0,4	0,3
Ackerbohnen	0,0	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,0
sonstige Hülsenfrüchte	0,3	0,2	0,7	0,7	1,3	1,8	1,8	1,4	1,2	1,3	1,7	2,0
Speisekartoffeln	1,7	1,6	0,9	0,6	0,7	0,6	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3

Industriekartoffeln	1,9	1,6	1,1	0,9	0,9	1,1	1,0	1,0	1,0	0,9	0,9	0,8
Zuckerrüben	1,7	1,6	1,6	1,3	1,4	1,4	1,2	1,2	1,1	1,2	1,1	1,2
Gras-/Rübensamen	0,9	0,7	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2
Klee/Kleegemische	2,1	1,8	1,4	1,1	0,9	0,9	0,8	0,8	0,7	0,5	0,5	0,4
Luzerne	2,8	2,1	1,9	1,7	1,3	1,2	0,9	0,8	0,7	0,6	0,6	0,5
Ackergras	3,1	2,9	3,0	2,5	2,7	3,3	3,8	3,7	3,7	3,7	3,2	2,8
sonstiges Futter	2,1	2,3	1,2	0,9	0,6	0,6	0,6	0,6	0,5	0,4	0,4	0,3
Brache/ Stillegung	18,6	13,0	14,5	17,8	18,5	15,8	10,9	10,0	10,8	11,4	12,1	12,7
Futterrüben (Runkeln)	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Sonnenblumen	0,3	1,2	3,0	6,6	1,3	1,3	1,1	1,0	1,0	0,9	1,2	1,3
Gemüse/Erdbeeren u.a.	0,6	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,7
Ackerland gesamt (ha)	1.008.086	980.256	1.021.086	1.024.128	1.040.174	1.046.734	1.046.453	1.047.127	1.046.307	1.044.145	1.041.018	1.037.249

Die sich als wesentlich herauskristallisierenden Kulturen sollen nachfolgend kurz charakterisiert werden. (OEHMICHEN 1986; BORCHERDT 1996:).

Winterroggen (*Secale cereale* L.)

Die Bodenansprüche des Roggens sind gering. Dies begründet den häufigen Anbau auf den weitverbreiteten leichten Sandböden Brandenburgs. Tonige Böden mit Hang zu Staunässe sollten jedoch vermieden werden, da die Kultur darauf empfindlich reagiert. Mit seiner hohen Kälteresistenz und seinen geringen Klimaansprüchen ist er bestens zur Kultivierung in Brandenburg geeignet. Als die frosthärteste Getreideart verfügt der Winterroggen über eine hohe Anpassungsfähigkeit an extreme Klimaverhältnisse.

Wintergerste (*Hordeum vulgare* L.)

Wintergerste benötigt Böden mit mittleren Ackerzahlen. Sie ist jedoch auch bei genügender Düngung auf leichteren Sandböden und bei ausreichender Kalkung auf schweren Böden kultivierbar. Sie kann die Winterfeuchte gut nutzen und dabei Nährstoffe über einen längeren Zeitraum aufnehmen. Die Frostresistenz der Wintergerste wird als mäßig eingestuft (bis $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$). In langen, harten Wintern mit Kahl- oder Wechselfrösten ist die Gefahr der Auswinterung hoch. Damit die Bestände möglichst schadlos überwintern können, ist eine kräftige Bestockung der Pflanzen im Herbst wichtig. Diese wird durch milde Witterung begünstigt. Für optimale Erträge sollte die Witterung im Frühjahr anfangs kühl und feucht sein. Im weiteren Verlauf der Wachstums- bzw. Reifezeit sind mäßige Temperaturen, eine gute Wasser- und Nährstoffversorgung sowie ausreichende Lichtintensitäten von Vorteil.

Winterweizen (*Triticum aestivum* L.)

Weizen stellt von allen kultivierten Getreidearten die höchsten Ansprüche an die Bodenverhältnisse. Aufgrund seines hohen Nährstoffbedarfs und infolge seiner relativ schwachen Wurzelleistung ist er auf nährstoffreiche, tiefgründige Böden mit ausgeglichenem Wasser- und Luftaushalt angewiesen. Eine hohe nutzbare Feldkapazität der Böden ist dabei wichtig. Besonders günstig sind demzufolge mittelschwere Löss- und Lehmstandorte mit ausreichender Kalk- und Humusversorgung. Durch ausreichende Düngegaben können auch leichtere Böden mit Weizen kultiviert werden. Auch die Forderungen an die Witterungsverhältnisse sind hoch. Mit einer Frostresistenz bis $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ ist er gut gegen die vorherrschenden heimischen Wintertemperaturen geschützt. Dadurch, dass der Weizen zu Beginn des Winters noch nicht allzu weit entwickelt ist, ist er im Vergleich zum Roggen nicht so empfindlich gegenüber vorübergehender Nässe und lang andauernde Schneebedeckung. Infolge seiner schwachen Entwicklung ist der Winterweizen jedoch durch sogenannte Kahlfröste gefährdet. Im Gegensatz zu Winterroggen und Wintergerste ist der Winterweizen auf ausreichende Niederschläge während des Schossens bis zur Blüte angewiesen. Eine gute Wasserführung des Bodens ist günstiger als eine

gleichmäßige Verteilung der Niederschläge. Zu hohe Niederschläge besonders während der Blüte- und Reifezeit sind ungünstig.

Winterraps (*Brassica napus* L.)

Die Standortansprüche von Raps an die Bodenverhältnisse sind recht hoch. Bevorzugt werden nährstoffreiche und tiefgründige Böden. Sandige Böden eignen sich nur bei hohen Niederschlägen, die gleichmäßig über die Wachstumsperiode verteilt sein sollten. Verdichtete sowie saure Böden mit Staunässe sind für den Anbau gänzlich ungeeignet. Die klimatischen Ansprüche die der Raps stellt, sind hingegen gering. Als Überwinterungsfrucht verträgt er Frosttemperaturen bis zu -15 °C . Andererseits sind jedoch günstige Witterungsbedingungen nach der Aussaat im Frühherbst unabdingbar, damit die Rapspflanze eine gute Winterfestigkeit erreichen kann. Kühle Sommertemperaturen und eine hohe relative Luftfeuchte während des Vegetationsablaufs wirken sich günstig auf den Ertrag aus.

Sommergerste (*Hordeum vulgare* L.)

Die Ansprüche der Sommergerste an die Bodenverhältnisse sind im Vergleich zur Wintergerste etwas höher. Günstig für den Anbau sind lößartige Lehmböden, aber auch kalkhaltige, humose, lehmige Sande. Ungeeignet hingegen sind reine Sandböden und schwere, kalte und nasse Tonböden. Wegen der kurzen Vegetationszeit von nur 120 Tagen und des geringen Wasserbedarfs der Sommergerste sind die klimatischen Ansprüche während der Wachstumsperiode gering.

Hafer (*Avena sativa* L.)

Hafer wird vornehmlich als Futtergetreide kultiviert. Durch sein stark ausgebildetes und leistungsfähiges Wurzelsystem ist Hafer gegenüber der Nährstoffversorgung des Bodens ziemlich anspruchslos. Auch ist er tolerant gegenüber sauren Böden. Aufgrund seines sehr hohen Wasserbedarfs bevorzugt Hafer kühle und regenreiche Witterung. Auf dabei evtl. auftretende Staunässe reagiert der Hafer empfindlich.

Mais (*Zea mays* L.)

Mais wird in Deutschland vorwiegend für Futterzwecke angebaut. Der in den Untersuchungsgebieten vorkommende Mais ist daher nahezu ausschließlich Silomais. Die Ansprüche, die der Mais an die Bodenverhältnisse stellt, sind gering. Leicht erwärmbar sollte der Boden sein. Günstig sind deshalb gut durchlüftete, tiefgründige und humusreiche Böden. Auch leichte Sandböden sind gut geeignet, wenn eine ausreichende Wasser- und Nährstoffversorgung sichergestellt wird. Kalte, schwere Böden sind weniger für den Maisanbau geeignet, da sie das Eindringen von Niederschlägen und den Luftaustausch verhindern. Die Ansprüche des Mais an die Temperaturbedingungen sind recht hoch. Als eine Pflanze, die ursprünglich aus Mittelamerika nach Europa gebracht wurde, benötigt er warme Temperaturen. Die optimalen Wachstumsbedingungen liegen bei 25 °C . Durch Züchtungen wurden jedoch Sorten entwickelt, die an das hiesige Klima angepasst sind. Zur Keimung benötigt der Mais eine Bodentemperatur von mindestens 8 °C . Frostgrade dürfen nur gering (-2 °C) und von kurzer Dauer sein. Dies begründet auch die relativ späte Aussaat Anfang Mai. Die benötigten Niederschläge sollten über die Vegetationszeit gut verteilt sein und in der Zeit von Mai bis September nicht unter 300 mm bzw. nicht über 900 mm liegen.

Kartoffeln (*Solanum tuberosum* L.)

Gegenüber den Bodenverhältnissen sind Kartoffeln anspruchslos, sie gedeihen auf fast allen Bodenarten. Lediglich schwere tonige Böden mit festem Gefüge sind für ihren Anbau ungeeignet. Steinige Böden sind ebenfalls ungünstig, da die Steine die Erntemaschinen behindern und die Knollen beschädigen. Am besten sind humose, lockere Böden vom lehmigen Sand bis zum sandigen Lehm mit guter Erwärmbarkeit. Für den Anbau von Kartoffeln ist eine gleichmäßige Wasserversorgung von großer Bedeutung, wobei der Bedarf an Wasser in der Zeit vom Auflaufen bis zur Blüte am höchsten ist. Der Bedarf an Niederschlägen während der Vegetationsperiode liegt zwischen 500 und 700 mm.

Zuckerrüben (*Beta vulgaris* L. var. *altissima*)

Die mit Abstand am wenigsten kultivierte Ackerfrucht in den Untersuchungsgebieten ist die Zuckerrübe. Für deren Anbau sind besonders tiefgründige, humose, kalkhaltige Lößlehmböden geeignet, die verhältnismäßig leicht zu bearbeiten sind, nicht zu Verkrustungen neigen und eine gute nutzbare Feld-

kapazität (Wasserhaltevermögen) besitzen. Auch sandige Böden sind durchaus geeignet, soweit Tiefgründigkeit, Steinarmut sowie ausreichende Wasser- und Nährstoffversorgung gegeben ist. Für gute Erträge sind von den klimatischen Verhältnissen her ein gewisses Maß an Wärme und Licht sowie ausreichende Luftfeuchtigkeit und Niederschläge nötig. Das Temperaturoptimum während der Hauptwachstumszeit wird mit 25°C angegeben. Die Niederschlagsmenge sollte 500 mm/Jahr nicht unterschreiten, besser sind Niederschläge von 600–800 mm/Jahr.

Ölfrüchte und Leguminosen

Die unter dieser Klasse zusammengefassten Blattfrüchte Lupine (*Lupinus* spp.), Öllein (*Linum usitatissimum* L.) und Futtererbse (*Pisum arvensis* L.) werden in den Untersuchungsgebieten überwiegend als Futter angebaut. Die Ansprüche an die Boden- und Witterungsverhältnisse sind dabei gering, d.h. sandige Böden und kühles Klima sind völlig ausreichend. Sie vertragen z.T. Spätfröste bis -4 °C. Während der gesamten Wachstumsperiode sollte ein ausreichendes Wasserangebot zur Verfügung stehen.

Auf das Vorkommen bestimmter agrarischer Nutzpflanzen haben neben den natürlichen Standortfaktoren auch sozioökonomische Rahmenbedingungen einen nicht unbedeutenden Einfluss. Subventionszahlungen, Marktbedarf bzw. Marktpreis und der Fortschritt bei Produktionstechniken wirken bei den Anbauentscheidungen der Agrarbetriebe für landwirtschaftliche Fruchtarten aus. Auch wenn sich natürliche und sozioökonomische Einflüsse überlagern, so wird das landwirtschaftliche Ertragspotential primär durch die natürlichen Standortbedingungen bestimmt. Liegt eine eingeschränkte agrarische Nutzung durch ungünstige natürliche Standortbedingungen vor, kann diese nur bedingt durch fortschrittliche Produktionstechniken und finanzielle Anreize aufgewertet werden. Die Einteilung nach Landbaugebieten bildet somit eine auf die Naturraumausstattung ausgerichtete Grundlage der agrarischen Produktion. Auch für den Einzugsbereich der Havel trifft dies zu.

Als Referenzangaben für die Untersuchungen wurden schlagbezogene Anbauinformationen benötigt. Es wurden Unterlagen von sechs konventionell wirtschaftenden Landwirtschaftsbetrieben im Havel-einzugsgebiet ausgewertet; am Oberlauf der Havel im Fokusgebiet Kleiner Rhin/Döllnitz von der NEUGRO Landwirtschaft- und Dienste GmbH (Großwoltersdorf) und der Agrargenossenschaft Braunsberg eG, am Mittellauf im Fokusgebiet Hammerfließ/Nuthe von der Nuthequelle GmbH Niedergörsdorf und der Agrargenossenschaft "Der Märker" Jänickendorf und im Fokusgebiet Untere Havel von der Agrargenossenschaft Hohennauen eG und der Agrargenossenschaft Neustadt eG. Sie charakterisieren einerseits die wichtigen Ertragstypen im Havel-einzugsgebiet und repräsentieren andererseits die Fokusgebiete.

Es wird von der Existenz von vier Ertragstypen der Betriebe ausgegangen, die gleichzeitig in groben Zügen das naturräumlich bestimmte Spektrum des Landes Brandenburg abbilden. Unterschieden wird nach:

- Typ 1 – Dominanz ertragsreicher Naturräume in grundwasserfernen Lagen,
- Typ 2 – Dominanz ertragsarmer Naturräume in grundwasserfernen Lagen,
- Typ 3 – Dominanz ertragsreicher Naturräume in grundwassernahen Lagen und
- Typ 4 – Dominanz ertragsarmer Naturräume in grundwassernahen Lagen.

Wenngleich dies nur eine sehr grobe Differenzierung der naturräumlichen Vielfalt des Landes Brandenburg ist, so wird dadurch doch die grundlegende Bewirtschaftungsstruktur abgebildet, die sich substratbedingt aus der glazial-fluvialen Genese Brandenburgs im Pleistozän und den sich zeitlich daran anschließenden holozänen Veränderungen ergibt. So repräsentieren

- Typ 1 – Grundmoränenstandorte mit Geschiebemergelablagerungen,
- Typ 2 – sandige Grundmoränen und Sanderstandorte,
- Typ 3 – Niederungsstandorte mit stark humosen und/oder Auensubstraten und
- Typ 4 – obere Talsandterrassen und -inseln.

Als Repräsentanten der einzelnen Typen wurden vier Agrargenossenschaften ausgewählt. Sie verfügen über eine gute schlagbezogene Dokumentation des Anbaus. In die Charakteristik gingen alle ackerbaulich genutzten Flächen der Schlagkarteien der einzelnen Betriebe ein.

Nuthequelle GmbH Niedergörsdorf (Typ 1)

Der Landwirtschaftsbetrieb befindet sich auf der Östlichen Fläming-Hochfläche westlich von Jüterbog. Der größte Teil der bewirtschafteten Flächen liegt im Sandlössgebiet. Der Leitboden dort ist die Parabraunerde. Einige Flächen liegen nördlich bzw. südlich des Lössstreifens im sandigen Substrat. Hier sind Sand-Braunerden dominant. Es handelt sich um grundwasserferne Standorte, die bei Dominanz des sandigen Substrats zur Austrocknung neigen. Dagegen besitzen die schluffreicheren Lössstandorte ein deutlich besseres Wasserspeichungsvermögen. Die durchschnittlichen Niederschlagsmengen liegen zwischen 500 und 530 mm im Jahr. Besonders die Sommermonate mit den höheren Temperaturen gelten als austrocknungsgefährdet.

Betriebskennzeichnung: Die Agrargenossenschaft bewirtschaftet ca. 2100 ha. Davon werden etwa 1700 ha ackerbaulich genutzt, der Rest ist Dauerstilllegungsfläche. Die Bodenwertzahlen liegen zwischen 40-50 für die Sandlössstandorte und 20-30 für die Sandstandorte. Die Ackerflächen verteilen sich auf die Landbaugebiete I (60%), II (16%), III (9%), IV (10%) und V (5%). Das Anbauspektrum (vgl. Tabelle 4) ist weit gefächert und den Bodenbedingungen gut angepasst.

Tab. 4: Hauptfrüchte im Agrarbetrieb Nuthequelle GmbH Niedergörsdorf (Stand 2003)

Frucht	Anteil	Nutzung und Sonstiges
Erbse	11 %	Verkauf
Gerste	22 %	Verkauf
Hafer		Anbau nicht üblich
Kartoffeln	12 %	Verkauf als Speise- und Stärkekartoffeln
Lupine	2 %	Verkauf
Mais		nicht angebaut (keine Rinder als Futtermittelverwertung)
Öllein		nicht angebaut, weil nicht ertragsstabil bzw. andere Früchte sinnvoller
Raps	10 %	Verkauf
Roggen	18 %	Verkauf
Triticale		nicht angebaut, aber durchaus sinnvoll
Weizen	18 %	Verkauf
Zuckerrüben	6 %	Verkauf

Die Nutzung der produzierten Produkte erfolgt ausschließlich durch den Verkauf. Das zur Tierproduktion benötigte Futter wird zu nahezu 100% zugekauft, da es sich um einen sehr spezialisierten Tierproduktion handelt. Futtermittelhersteller können die hochwertigen Inhaltsstoffe besser einstellen. Die Tierproduktion besteht aus einem geschlossenen Verfahren der Mastschweine-Produktion mit ca. 380 Sauen und 2500 Mastschweinen. Außerdem gibt es eine Masthähnchenanlage mit 70000 Plätzen.

Agrarbetrieb NEUGRO GmbH Großwoltersdorf (Typ 2)

Der Agrarbetrieb NEUGRO GmbH befindet sich nordwestlich von Gransee. Die Flächen des Betriebes liegen in alle Richtungen um die Ortschaft Großwoltersdorf verteilt. Sie sind naturräumlich dem Nordbrandenburgischen Platten- und Hügelland zuzuordnen und liegen auf den Grundmoränenflächen der Granseer Platte. Die größte Anzahl der Schläge befindet sich auf dem ebenen, stark sandigen westlichen Plattenabschnitt (stark sandigem Lehm, lehmigen Sanden und z.T. Geschiebesand). Sie sind dominant durch Braunerden (z.T. podsolig bzw. vergleitet) gekennzeichnet. Die Versorgung mit Grundwasser ist in der Regel eher schlecht. Nur ein geringer Teil der Ackerflächen befindet sich direkt in einer Niederungsebene im Südosten. Hier haben sich Gleye (Gley, Humusgley, Anmoorgley) entwickelt. Der Nordwestteil des Nordbrandenburgischen Platten- und Hügellandes gehört zum Mecklenburgisch-Brandenburgischen Übergangsklima. Der atlantische Einfluss ist hier relativ deutlich. Die Jahresschwankungen der Temperatur sind somit hier am geringsten, es handelt sich zudem um eines der niederschlagsreichsten Gebiete Brandenburgs (570–660 mm).

Betriebskennzeichnung: Der Anteil der Grünlandflächen im Agrarbetrieb ist eher gering. Somit entspricht die genutzte Ackerfläche mit knapp 1800 ha in etwa der Gesamtbetriebsfläche.

Die Bodenwertzahlen reichen bis 38. Die Äcker werden den LBG II (0,6%), LBG III (14,4%), LBG IV (50,7%) und V (34,3%) zugeordnet. Insgesamt stellt das eine ungünstige natürliche Grundlage für die Agrarproduktion dar. Dementsprechend gestaltet sich auch das Anbauspektrum (vgl. Tabelle 5). Anzumerken ist, dass die Fruchtvielfalt nicht sehr groß ist. Viele Kulturen wurden in den letzten vier bis fünf Jahren nicht mehr angebaut, weil sie auf den Flächen des Großwoltersdorfer Betriebes keinen ausreichenden Ertrag bringen. Die Nutzung der produzierten Früchte beschränkt sich in den letzten Jahren weitgehend auf den Verkauf. Lediglich Körnermais wird verfüttert.

Tab. 5: Hauptfrüchte im Agrarbetrieb NEUGRO GmbH Großwoltersdorf (Stand 2004)

Frucht	Nutzung	Sonstiges
Erbse	nicht angebaut	kein ausreichender Ertrag erzielt
Gerste	Verkauf	
Hafer	Anbau nicht üblich	Anbau nur bei günstiger Marktlage
Kartoffeln	Verkauf, eigentlich nicht angebaut	Anbau zu teuer
Lupine	Verkauf	Herstellung von Leberwurst
Mais	teils Verkauf, teils als Körnermais verfüttert	
Öllein	nicht angebaut	kein ausreichender Ertrag erzielt
Raps	Verkauf	
Roggen	Verkauf	
Triticale	Verkauf	
Weizen	nicht angebaut	Boden und Qualität des Ertrages zu schlecht, damit rechnen sich Aufwand und Nutzen nicht
Zuckerrüben	nicht angebaut	

Der Agrarbetrieb NEUGRO betreibt in geringem Umfang Rinderhaltung bzw. -zucht. Im Jahr 2003 wurden in den zwei Teilbetrieben von NEUGRO insgesamt 250 Milchkühe, 140 Mutterkühe und 390 Kälber (250/1.Betrieb + 140/2.Betrieb) gehalten. Die gezüchteten Bullen werden als Kälber im Alter von 14 Tagen verkauft. Die anderen Kälber und die Mutterkühe stehen fast ganzjährig auf der Weide.

Agrargenossenschaft Hohennauen (Typ 3)

Die Agrargenossenschaft Hohennauen befindet sich nördlich von Rathenow vom Hohennauener See rechtsseitig entlang der Havel. Die Nord-Süd-Ausdehnung der Landbauflächen reicht von Spaatz bis nach Rathenow. Die Schläge der Agrargenossenschaft liegen in der naturräumlichen Einheit der Elbtalniederung, genauer in der Unteren Havelniederung. Ein geringer Teil im äußersten Osten befindet sich im Havelländischen Luchland. Der Talboden der Elbe und Unteren Havel ist mit 10–12 m Kiesen und Sanden und zuletzt mit 1–2 m Auelehm aufgefüllt worden. Außerdem bilden die durch die Schmelzwässer abgelagerten Talsande im Süden der Niederung östlich von Rathenow sowie um den Gülper See weite Talsandflächen. Ihre fast ebene Oberfläche wird nur durch vereinzelte Endmoränenhügel, Dünen, teils vermoorte Becken und Rinnen durchbrochen. Der Anstieg des Wasserspiegels der Havel und ihrer Seen durch den Elbwasserrückstau im Holozän führte zu Vermoorungen innerhalb der Niederungen.

In diesem Mosaik verschiedener Auensubstrate liegen die Ackerflächen des Landwirtschaftsbetriebes, vorrangig auf den grundwasserferneren Standorten der oberen Talsandterrassen bzw. auf den glazial geprägten kleinen Ländchen, die wie Inseln in der Niederung schwimmen (nördlich von Witzke, zwischen Spaatz und Witzke, bei Parey und südlich des Hohennauener Sees). Auf den grundwasserfernen Bereichen haben sich anhydromorphe Böden (vorrangig Braun- und Fahlerden, sowie Podsole) entwickelt. Die stärker grundwasserbeeinflussten Standorte an der Havel bzw. ihren Seen weisen vor allem Gleye, Humusgleye und Anmoorgleye auf, z.T. aus Auensubstraten entwickelt. Die stark vernässten Standorte haben Niedermoore ausgebildet.

Die Elbtalniederung ist bereits durch Kontinentalität geprägt. Die Niederschläge betragen im 500 bis 625 mm. Außerdem sind die Niederungsflächen über den Moorböden stark frost- bzw. im Sommer

durch Überhitzung austrocknungsgefährdet. Die Gebiete sind zudem sehr windexponiert. Sie sind nach Nordwesten hin offen, eben und fast baumlos, was hohe Windstärken in diesen Bereichen zur Folge hat.

Betriebskennzeichnung: Die Agrargenossenschaft bewirtschaftet ca. 2200 ha Ackerfläche. Die Ackerböden haben Ackerzahlen von minimal 19 bis maximal 59. Somit sind in der Agrargenossenschaft die LBG I bis V vertreten. Dabei entfallen auf das LBG I 14,2%, das LBG II 33,2%, das LBG III 36,6%, das LBG IV 13,6% und auf das LBG V 4,4%.

Die Hohennauener Agrargenossenschaft hat damit eine relativ günstige Ausstattung. Das spiegelt auch das Anbauspektrum wider (vgl. Tabelle 6). Die Hauptnutzung der produzierten Früchte liegt auch im Hohennauener Betrieb in der Veredlung durch die Tierzucht. So wird ein Großteil der Ackerfrüchte verfüttert. Der Anbau der Früchte richtet sich dabei nach dem Futterbedarf bzw. nach der Förderung der Kulturen durch bestimmte Förderprogramme.

Tab. 6: Hauptfrüchte der Agrargenossenschaft Hohennauen (Stand 2004)

Frucht	Nutzung	Sonstiges
Ackergras		Nutzung der Fläche als Ackerland
Erbsen	verfüttern	
Kartoffeln		nicht mehr angebaut, zu teuer
Lupine	verfüttern	zur Auflockerung, als Futter genutzt
Mais	verfüttern	meist zu Silage verarbeitet, wird in jedem Fall verfüttert
Öllein		seit 2001 nicht mehr angebaut, keine Erfolge
Raps	Verkauf	
Sonnenblumen	nicht mehr angebaut	
Triticale	verfüttern	
Wintergerste	Verkauf, verfüttern	Nutzung als Samen oder Futter
Winterroggen	Verkauf, verfüttern	Nutzung als Samen oder Futter
Winterweizen	Verkauf, verfüttern	Nutzung als Samen oder Futter
Zuckerrüben	Verkauf	

Im Hohennauener Betrieb wurden 2002 Rinder (2100, davon 590 Milchkühe) und Schweine (2700, davon 500 Sauen) gezüchtet. Das Hauptziel der Rinderzucht ist die Milchproduktion. So werden weibliche Kälber zu Mutter- oder Milchkühen aufgezogen, während die Bullen nach 2 Jahren geschlachtet werden. Bei der Schweinezucht geht es hauptsächlich um die Aufzucht von Mastschweinen.

Agrargenossenschaft „Der Märker“ (Typ 4)

Die Agrargenossenschaft „Der Märker“ befindet sich südöstlich von Luckenwalde in Jänickendorf. Die Flächen des Betriebes liegen zwischen Lynow, Luckenwalde/Kolzenburg, Schönefeld und Stülpe/Holbeck. Das ganze Gebiet ist von einem Netz aus zahlreichen Gräben durchzogen. Im Osten grenzt ein Naturschutzgebiet an die Landbauflächen.

Die Betriebsflächen befinden sich innerhalb der naturräumlichen Einheit der mittelbrandenburgischen Platten und Niederungen im Baruther Tal. Der größte Anteil der Ackerflächen des „Märkers“ liegt im Niederungsgebiet. Nur einige Schläge südwestlich von Lynow sind höher in der Lynower Heide gelegen. Die Böden der Ackerflächen der Agrargenossenschaft Jänickendorf sind auf Grund ihrer Niederrungslage zum großen Teil stark grundwasserbeeinflusst (Gleye, Humusgleye und Anmoorgleye). Die im östlichen Teil gelegenen Schläge sind stärker vernässt und weisen daher potenziell Niedermoore auf, die jedoch großflächig vererdet bzw. vermullt sind.

Die Einheit der mittelbrandenburgischen Platten und Niederungen zählt zum ostdeutschen Binnenlandklima, d.h. es herrschen kontinentale Bedingungen mit relativer, sich in den letzten Jahrzehnten verstärkender Niederschlagsarmut (500–590 mm pro Jahr). Auf den grundwasserferneren Standorten sind Braunerden und kleinere Bereiche mit Regosolen und Podsolen anzutreffen.

Betriebskennzeichnung: Von der insgesamt ca. 2400 ha großen Betriebsfläche werden rund 1800 ha als Ackerland genutzt. Die Ackerzahlen der Ackerböden reichen von 14 bis 35. Das hat die Zuordnung in LBG III (18,7%), LBG IV (39,3%) und LBG V (42,0%) zur Folge. Damit ist der überwiegende An-

teil der Böden des Betriebes in Jänickendorf landwirtschaftlich eher geringwertig. Das Anbauspektrum (vgl. Tabelle 7) entspricht den ungünstigen Bedingungen, wird aber durch die Kultivierung von Möhren modifiziert. Hauptaugenmerke der Pflanzenproduktion werden auf die Produktion von Möhren zum Verkauf als Würfel- und Saftmöhren bzw. Scheibenmöhren, die Stärkegewinnung aus Kartoffeln, die Veredlung der Pflanzen über die Tierhaltung in Form von Milch-, Zucht- oder Schlachttieren sowie auf den Verkauf von Getreide gelegt. Die folgende Tabelle zeigt das Produktionsprofil.

Tab. 7: Hauptfrüchte der Agrargenossenschaft „Der Märker“ (Stand 2004)

Frucht	Nutzung	Sonstiges
Ackergras	verfüttern	
Getreide	1/3 verkaufen 1/3 verfüttern 1/3 an Kleinstabnehmer (Müller)	geringer Teil zur Saatgutherstellung genutzt
Kartoffeln	Verkauf	genutzt zur Stärkegewinnung (Markt ist quotiert) Anbau nicht als Speisekartoffel nicht mehr großflächig, da zu teuer
Mais	verfüttern	Verarbeitung zu Silage zur Winterfütterung der Tiere um den Stärkebedarf zu decken
Möhren	Verkauf	Markt ist quotiert
Öllein	nicht mehr angebaut	aus Wassermangel und wegen Krankheiten wird kein ausreichender Ertrag erzielt
Raps	Verkauf	je nach Förderung und Anbaupausen angebaut
Zuckerrüben	Verkauf	nur 15 ha/a bepflanzt (Markt ist quotiert)

Besonders der Anbau von Möhren ist für den Betrieb ein wichtiges Standbein. Die Anforderungen an diese Produktion sind sehr hoch, da aus ihnen unter anderem Saft und Babynahrung hergestellt werden. Aus diesem Grund ist der Einsatz von Zusatzstoffen (Herbiziden etc.) stark eingeschränkt. Um den Möhrenschatz wird daher z.B. Getreide zur Krankheitsabwehr gepflanzt. Auch die Tierzucht spielt eine wichtige Rolle im „Märker“. Es wird allerdings nur Rinderzucht (im Jahr 2002 333 Milchkühe, 321 Mutterkühe, 100 Bullen) betrieben.

3. Die Bedeutung der Geofernerkundung im Methodenspektrum

Geowissenschaftliche Fragestellungen besitzen Raumrelevanz. Als anwendungsorientierte Forschungen sind sie verortet und benötigen ortsgebundene Informationen. In der Regel sind zwei gleichberechtigte Datenquellen zu nutzen, sie finden sich in Archiven oder können der Realität entnommen werden. Ansprüche an die zu nutzenden Daten resultieren sowohl aus der Konkretisierung der Problemstellung in Inhalt, Raum und Zeit als auch nicht unwesentlich aus den Anforderungen. Entsprechend gestaltet sich das Methodenspektrum.

Für das untersuchte Aufgabengebiet besitzt die Methode der Geofernerkundung a priori Vorzüge. Fernerkundungsdaten besitzen hinsichtlich der Konkretisierung von Inhalt, Raum und Zeit zwar verschiedene Qualitätsbewertungen, bilden sie also unterschiedlich genau ab, in Summe besitzen sie gegenüber anderen Daten jedoch dahingehend deutliche Vorzüge, die genutzt werden können. Es muss aber davon ausgegangen werden, dass die Methode der Geofernerkundung nur eine von mehreren sein kann und selbst Ergänzungen, Parametrisierungen, Verifizierungen und/oder Validierungen braucht. Das verwendete Methodenspektrum geht daher weit über die Geofernerkundung hinaus und umfasst weiterhin hauptsächlich in-situ-Messungen, Geländekartierungen bzw. Arbeiten mit verschiedenen Archiven von Karten, Geoinformationssystemen, Statistiken usw. Die Spezifik der angewendeten Methodenbereiche soll im folgenden Abschnitt grob umrissen werden.

Aussagen über Flusseinzugsgebiete sind originär fast ausnahmslos raumbezogene Aussagen. Meist basieren sie auf punktuellen Untersuchungen in Verbindung mit Inter- und Extrapolation. Dies ist soweit legitim und entspricht der Art der menschlichen Erkenntnisfindung. Dabei kann davon ausgegangen werden, dass sich die Anzahl der notwendigen „Referenzpunkte“ stets begrenzt sein wird und sich aus der Heterogenität bzw. Homogenität des Gebietes ableitet. Der Standort wird als Repräsentant einer Fläche oder als Markierung für eine Grenze verwendet. Neben den Raumaspekt tritt zusätzlich der Zeitbezug. Genesen, Prozesse und Prognosen verlangen diesen. Eine komplexe Betrachtung erfordert somit immer Raum-Zeit-Betrachtungen.

Hierzu kristallisiert sich ein Methodenspektrum heraus, das gewährleistet, dass Räume in kurzen Zeitintervallen abgebildet werden können. Neben Geoinformationssystemen sind Geofernerkundungsdaten etablierte Methoden der Raumbetrachtung. Inwieweit schien es gerechtfertigt, sich bei der vorliegenden Aufgabenstellung der Methode der Geofernerkundung zu bedienen?

Die Relevanz der Geofernerkundungsmethode für die raumorientierte Forschung erkennt man aus der Bewertung der Datenspezifika. Das sogenannte Auflösungsvermögen der Geofernerkundungsdaten wird nach den spektralen, radiometrischen, räumlichen und zeitlichen Kriterien bewertet.

Formuliert man zunächst hinsichtlich eines Flusseinzugsgebietsmanagements Anforderungen, werden hochgradig in Raum und Zeit auflösende Daten benötigt, die insbesondere die Inhaltsbereiche Flächennutzung (Bewirtschaftungszustände, Bewirtschaftungsabfolgen, Bewirtschaftungseinheiten usw.), Klima (Witterungssituationen, Witterungsabläufe, Niederschlagsverteilung usw.) und Bodenwasser (Bodenfeuchtezustände, Bodenfeuchteveränderungen, Bodenfeuchteverteilung usw.) abbilden. Vergleicht man diese mit den Potenzen verfügbarer Fernerkundungssysteme, so werden schnell Vorzüge der Geofernerkundungsdaten deutlich.

Zunächst muss die **radiometrische** Unterscheidbarkeit von Komponenten, die ein Flusseinzugsgebiet charakterisieren, gegeben sein. Hier kann es sich im optimalen Fall um das direkte Erkennen dieser Komponenten handeln. Der gegenwärtig erreichte Stand der Einbeziehung von Fernerkundungsdaten ist der, dass einerseits noch häufig Stellvertretergrößen genutzt werden müssen und somit eine indirekte Interpretation, Substitution oder Schlussfolgerung zum Thema erfolgt. Ursache ist die Komplexität des Wirkungsgefüges, wovon Fernerkundungsdaten nur Teile erklären können. Andererseits haben multitemporale oder hierarchisch genestete Ansätze die Interpretationsmöglichkeiten deutlich verbessert. Speziell im Bereich der Flächennutzung sind Fernerkundungsdaten erfolgreich einsetzbar.

Die Bewertung der radiometrischen Auflösung steht in einem engen Wechselverhältnis zur **spektralen** Auflösung. Welche spektrale Auflösung genutzt werden kann, ist primär eine technische und finanzielle Frage, die bei einer applikationsorientierten Aufgabe nicht als beeinflussbare Größe angesehen werden kann. Für viele Fragen, speziell auf dem Gebiet der Flächennutzungscharakteristik, haben sich als ausreichend informativ Spektralinformationen im VIS, NIR, SWIR und TIR erwiesen. Schwer-

punktmäßig werden gegenwärtig die Spektralbereiche des Grünen bzw. Roten Lichtes im sichtbaren Bereich und das Nahe Infrarot für verschiedene Interpretationen genutzt.

Unbestritten zeigen sich die Vorzüge der Fernerkundungsdaten bezüglich ihrer **geometrischen** Auflösung. Hier ergeben sich auf verschiedenen Dimensionsebenen unterschiedliche Maßstabsbereiche. Dabei kann die Makrofunktion (Größe des Untersuchungsraumes) und die Mikrofunktion (Pixelgröße) Entscheidungsgrundlage sein. Das ermöglicht Aussagen auf unterschiedlichen räumlichen Generalisierungsebenen. Das mögliche Spektrum reicht von hochauflösenden kleinräumigen bis grobauflösenden großräumigen Betrachtungen. Verzerrungen können durch Georeferenzierung angepasst werden. Bedeutungsvoller ist die Einschätzung der gekoppelten Wirkung der radiometrischen und geometrischen Auflösung, also die Potenz, radiometrische Eigenschaften flächig abzubilden. Dies berücksichtigt die räumliche Ordnung von Eigenschaften und ist ein Qualitätsgewinn. Somit werden Homogenität in Räumen und Heterogenität zwischen Räumen besser erfassbar. Flächennutzungsgrenzen können erkannt werden.

Hinsichtlich der **zeitlichen** Auflösung besitzen Fernerkundungsdaten die größte Potenz und werden zu einer besonderen Datenquelle. Die Wiederholbarkeit von Raumaufnahmen in bestimmten Etappen liefert raum-zeit-konkrete Informationen und ermöglicht prozessorientierte Ansätze (Umweltmonitoring). Die Möglichkeit, in Abfolge für große Gebiete Informationen zeitgleich zu bekommen, ist momentan bei keinem anderen Datenerfassungssystem gegeben. Allerdings muss diese Aussage etwas relativiert werden. Die Datenabfolge der gegenwärtig aktiven Systeme ist nur für wenige Anwendungsbereiche befriedigend. Wiederholraten und Unbrauchbarkeit wegen Bewölkung führen zur Abbildung mittelsegmenteller Dynamik. Diese kann aber als durchaus ausreichend angesehen werden, um einerseits die Objekterkennung und –charakteristik durch multitemporale, die Dynamik abbildende Ansätze zu verbessern und andererseits Abfolgen unterschiedlicher Zeitabschnitte zu dokumentieren.

Zur Bearbeitung der Fernerkundungsdaten stehen heute Bildverarbeitungsprogramme zur Verfügung. In ihren Grundzügen decken sie die Erfordernisse der Bildoptimierung und Bilddechiffrierung ab. Für multitemporale Analysen spielt die Kalibrierung der Datensätze eine zusätzliche Rolle. Die Erarbeitung von Interpretationsschlüsseln erfordert die Einbeziehung von Referenzdaten.

Zusammenfassend kann davon ausgegangen werden, dass Fernerkundungssysteme, speziell für flächennutzungsorientierte Interpretationen, Daten für die Abbildung eines Flusseinzugsmanagements bereitstellen. Hier liegt auch ihr primärer Verwendungsbereich innerhalb des Forschungsprojekts.

Für viele Fragestellungen bestehen andere (erweiterte oder eingeschränkte) Anforderungen an die Daten. Bodenparameter besitzen beispielsweise ein anderes Maß an Invarianz als die Grundwasserdynamik. Es ist also angebracht, zwischen stabilen und dynamischen Größen zu unterscheiden. Analog ergeben sich verschiedene Sichten bezüglich des Raumes zwischen eng- und weiträumig. Das Methodenspektrum ist entsprechend auszurichten. Einige Größen zur Charakteristik eines Flusseinzugsgebiets (oberflächenferne Erscheinungen wie z.B. Grundwasserflurabstände) lassen sich nur unzureichend aus Fernerkundungsdaten ableiten. Des Weiteren sind auch Referenzdaten (z.B. spektrale Signaturen phänologischer Entwicklungszustände oder Bewirtschaftungsdaten) für die Interpretation der Fernerkundungsdaten notwendig. In diesen Fällen wird ein erweitertes Methodenspektrum notwendig. Zum einen handelt es sich um standortgebundene Messungen. Schwerpunkte dazu bildeten:

- Feldspektrometernmessungen zur Erfassung spektraler Charakteristika verschiedener Feldkulturen und deren Entwicklungs- und Bewirtschaftungszustände,
- Grundwasserflurabstandsmessungen zur Abbildung der Grundwasserdynamik.

Zum anderen bedurfte es flächendeckender Erhebungen und Kartierungen. Das betraf hauptsächlich:

- Naturraumkartierungen zur komplexen Bewertung der Untersuchungsgebiete,
- Wetterdaten zur Beurteilung witterungsbedingter Abweichungen der phänologischen Entwicklung der Feldkulturen,
- Bodendaten zur ertragsorientierten Bewertung der Anbaugebiete bzw. zur Abschätzung ökologischer Folgen bei bestimmten Bewirtschaftungen,
- Betriebsbezogene Daten zur schlaggenauen Anbaudokumentation für die Parametrisierung und Validierung der Fernerkundungsdaten.

In Form von Feldmessungen, Erhebungen und Kartierungen wurde die benötigte Datengrundlage geschaffen, digital aufbereitet und in einzelnen Datenbanken abgelegt. Diese konnten bei Bedarf unterstützend zur Verarbeitung der Fernerkundungsdaten eingesetzt werden. Teilweise bildeten sie aber auch die alleinige Grundlage zur Ableitung der Modelleingangsgrößen. Die exakte Darstellung der

Datenquellen sowie Modalitäten ihrer Erhebung und Aufbereitung wird den einzelnen Arbeitsphasen zugeordnet, dort dokumentiert und beschrieben.

4. Verbesserung der Raum-Zeit-Auflösung von Modelleingangsgrößen

Die Notwendigkeit, den tatsächlichen Landschaftswasserhaushalt im Einzugsgebiet der Havel realitätsnah durch eine deutliche Verbesserung der Raum-Zeit-Auflösung der Inputdaten für Modelle sichtbar realitätsnäher abzubilden, wurde bereits diskutiert. Der Raum-Zeit-Aspekt ist dabei mehrfach dimensioniert und vielseitig verwoben. Der Bearbeitungsansatz muss strukturiert werden nach Inhalten (Flächennutzung, Boden, Wasser, Klima), Raumebenen (Fokusgebiete, Zwischenebene, Gesamtebene) und verschiedenen Zeitschnitten. Durch zeitreihenorientierte Kartierungen und In-situ Messungen und durch die Einbindung von Fernerkundungsdaten können dahingehend Fortschritte erreicht werden. Mit der Verbesserung der Raum-Zeit-Auflösung wird eine umfassendere Darstellung natürlicher und technischer Abläufe im Betrachtungsraum möglich.

Es wurden die Landschaftskompartimente Flächennutzung, Boden und Hydrologie berücksichtigt.

4.1 Flächennutzung

Flächennutzung ist eine hochdynamische Größe. Dies betrifft insbesondere für den Ackerbau zu. Die Fläche wird dabei durch Fruchtarten genutzt, die im jährlichen Wechsel – in Fruchtfolgen - angebaut werden. Als Ackerland genutzte Flächen unterliegen regelmäßiger Bodenbearbeitung, Saat, Düngung, Pflege und Ernte der Kulturpflanzenarten. Die Fruchtfolgengestaltung ist von verschiedensten Faktoren abhängig. Zum einen natürlich von den Standortverhältnissen (Klima, Boden), zum anderen von kulturartenspezifischen Ansprüchen an die Saatzeit, Bearbeitung und den Wasservorrat. Hinzu kommen verschiedene Unverträglichkeiten der Fruchtarten nacheinander und Selbstunverträglichkeiten der Früchte.

Aber nicht nur die genannten Faktoren beeinflussen die Fruchtfolgegestaltung, oftmals sind auch ökonomische Zwänge für den Anbau bestimmter Kulturen ausschlaggebend. Im konventionellen und integrierten Landbau werden „notwendige Fruchtfolgefehler“ gekennzeichnet durch Ertragseinbußen, Krankheits- und Schädlingsbefall, durch Einsatz von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln sowie Herbiziden kompensiert.

Im Resultat existieren Bewirtschaftungszustände für einzelne Zeitpunkte und Flächen, die schwerlich nach Raum und Zeit normierbar sind. Regelmäßigkeit und Aktualität können dabei erheblich differieren.

Aus diesen Gründen geht die Flächennutzung meist als statische Größe in die Betrachtungen ein. Manchmal werden für Ackerflächen Fruchtwechsel simuliert, Bewirtschaftungszustände werden aber ausschließlich unabhängig von ihrer tatsächlichen Raum-Zeit-Varianz über standardisierte Werte berücksichtigt. Dieser Weg kann natürlich vervollkommen werden. Statistische Analysen in großem Stil ermöglichen sicherere Verallgemeinerungen. Gegenwärtig existieren sie aber in der Regel nur auf hoher und mittlerer administrativer Generalisierungsstufe und dem dort gegebenen Genauigkeiten bzgl. zeitlicher und räumlicher Auflösung. Eine schlagbezogene Dynamik ist dort kaum rekonstruierbar. Hier sollen die Fernerkundungsdaten ansetzen. Wenngleich noch weit entfernt vom Echtzeit-Monitoring können Potenzen in der Auflösung von Raum und Zeit nutzbar gemacht werden.

4.1.1. Flächennutzungskartierung auf der Basis von Fernerkundungsdaten

Die Etablierung der Fernerkundung als Methode ist eng verbunden mit dem Themenfeld „Flächennutzung“. Die agrarische Nutzung ordnet sich hier nahtlos ein und hat bereits einen bedeutungsvollen Stand erreicht.

Eine der bekanntesten Anwendungen der Fernerkundung in der Landwirtschaft ist die Kontrolle landwirtschaftlicher Anbauflächen in Europa. Im Rahmen der Europäischen Agrarpolitik werden für bestimmte Flächennutzungen staatliche Beihilfen aus dem Europäischen Ausrichtungs- und Garantiefonds für die Landwirtschaft (*EAGFL*) gewährt. Um die Angaben der Landwirte in ihren Beihilfeanträgen zu kontrollieren, wird das Integrierte Verwaltungs- und Kontrollsystem (*InVeKoS*) eingesetzt.

Die Überprüfung von Flächengrößen und Nutzungen erfolgt zum großen Teil durch Fernerkundung (STEINBORN 1999).

Fernerkundungsaufnahmen sind weiterhin als landwirtschaftliche Basisinformationen zur Erfassung kleinräumiger Boden- und Bestandsheterogenität für die teilschlagspezifische Bewirtschaftung sehr gut geeignet (GRENZDÖRFFER 1998). Bei der als *Precision Farming* bezeichneten Bewirtschaftungsmethode wird die räumliche und zeitliche Variabilität innerhalb eines Schlages berücksichtigt. Der Landwirt strebt in Bezug auf Bewässerung, Einsatz von Düngemitteln und Herbiziden sowie Ernte eine Einsparung von Ressourcen an.

Dadurch, dass dem Boden nur die entzogenen Nährstoffe zurückgegeben werden, soll darüber hinaus die Umwelt und die Trinkwassergewinnung entlastet werden. Der Einsatz der Fernerkundung für diese Anwendung beschränkt sich jedoch im Wesentlichen auf den Einsatz von Luftbildern.

Im Zusammenhang mit dem *Precision Farming* ist eine weitere Einsatzmöglichkeit der Fernerkundung, die Erstellung von Ernteprognosen, zu nennen. Über Zustandserhebungen bzw. durch Ableitung von biophysikalischen Parametern, können Ertragsabschätzungen getroffen werden (BARSCH & SÖLLNER 1987, DEMIRCAN 1995, HILDEBRANDT 1996 sowie ALBERTZ 2001) verwiesen.

Flächennutzung ist ein Abbild der Erdoberfläche und differenziert sich nach Begrünungsgraden über Chlorophyllgehalte spektral. Monotemporale und/oder multitemporale Ansätze führten zu Ergebnissen, die Flächennutzungszustände und Flächennutzungsdynamik abbilden und interpretieren lassen. Über die Flächennutzung hinausreichende Anwendungen sind oft an die Nutzung von Stellvertretergrößen gebunden und somit eine indirekte Interpretation, Substitution oder Schlussfolgerung zum Thema. Ursache ist die Komplexität des Wirkungsgefüges, von dem Fernerkundungsdaten nur Teile erklären können. Die Flächennutzung wird in ihrem Raum- und Zeitbezug anerkannt gut abgebildet.

Aufbauend auf vielfältigen eigenen Erfahrungen der Autoren zu diesem Themenkreis (SCHWARZKOPF et.al. 1992, BARSCH et.al. 1994, KADEN et.al. 1999, ITZEROTT et.al. 2000) sollte ein Ansatz gefunden werden, der zeigt, dass Fernerkundungsdaten zur Charakteristik der Flächennutzung nicht nur im exemplarischen Ansatz Prinziplosungen ermöglichen, sondern in Standardverfahren eingebunden werden können.

4.1.1.1. Strategie zum Einsatz der Fernerkundungsdaten

Die Verwendung der Fernerkundungsdaten und der Einsatz der Fernerkundungsmethode ist heute meist an einen bestimmten Arbeitsalgorithmus geknüpft. Mit Hilfe von Bildverarbeitungssystemen werden die Daten aufbereitet und dabei ein breites Spektrum von Werkzeugen eingesetzt. Im Wesentlichen bestehen die Arbeitsschritte aus:

1. Aufbereitung der Fernerkundungsdaten – Atmosphärische Korrektur
2. Aufbereitung der Fernerkundungsdaten – Geometrische Korrektur
3. Erstellung von Klassifizierungsmasken
4. Interpretationsorientierte Bildaufbereitung – Erzeugen von Ratiobildern (z.B. NDVI)
5. Erstellen eines Klassifikators zur Bildklassifizierung (Bildclusterung)
6. Klassifikation nach entsprechendem Algorithmus
7. Bildverbesserung des Klassifikationsergebnisses mittels Filterung

Die durchgeführten Untersuchungen zielen auf das Kernstück dieser oder ähnlicher Arbeitsabläufe, dem Erstellen eines Klassifikators. In der Regel ist er gegenwärtig nicht nur an einen Klassifizierungsalgorithmus gebunden, sondern in hohem Maße auch an den verwendeten Datensatz. Eine Übertragung des Klassifikators auf andere Datensätze scheitert fast immer an der Spezifik des Datensatzes, bedingt durch die unzureichende Kalibrierung der Daten. Im Rahmen dieses Forschungsprojekts soll im multitemporalen Ansatz ein universeller, übertragungsfähiger Klassifikator erstellt und eingesetzt werden, der durch wiederholte Betrachtung gleicher Untersuchungsgebiete ein echtes Monitoring realisierbarer macht.

Soll der Klassifikator zur Fixgröße werden, müssen die Varianzen durch die anderen Ebenen des Algorithmus ausgeglichen werden. Es entstehen also zwei Datenzielrichtungen. Einmal soll ein Normklassifikator, bestehend aus normierten spektralen Klassenbeschreibungen (im weiteren Normkurven genannt) ermittelt werden. Zum Anderen müssen die Datensätze so korrigiert werden, dass sie einem Normklassifikator entsprechen. Neu gewonnene Datensätze können dann schneller aufbereitet und der Interpretation zugeführt werden. Das ist eine unabdingbare Forderung für das Arbeiten mit hochdynamischen Größen, wie der Flächennutzung. Der grundlegende Ansatz zielt auf die Schaffung

spektraler Normkurven für Ackerkulturen, die über das Spektralverhalten die phänologische Situation einzelner Kulturen im vollständigen Jahresverlauf abbilden. Sie ermöglichen damit sofort für jeden phänologischen Zustand die Extraktion der wahrscheinlichen Spektralcharakteristik einer Ackerfrucht.

Der Grundgedanke ist die Ermittlung spektraler Normkurven aus den spezifischen Rückstrahleigenschaften der einzelnen Nutzungsklassen. So bestimmen Chlorophyll- und Wassergehalt, die Zellstruktur der Blätter und die Architektur des Pflanzenbestandes (Bedeckungsgrad, Blattflächenindex, durchscheinender Boden) die spektrale Signatur eines Pflanzenbestandes. Diese wird im Laufe eines Jahres durch sich verändernde Phänologiemerkmale (Kulturart, Witterung, Standorteigenschaften) und durch agrotechnische Bewirtschaftungstermine beeinflusst. Somit wirken verschiedene Faktoren auf die spektralen Signaturen ein. Die Frage, inwieweit diese Merkmale entscheidend die spektralen Normkurven verschiedene landwirtschaftlicher Nutzungen beeinflussen, rückt in den unmittelbaren Betrachtungsbereich des Forschungsvorhabens.

Zunächst ist die Frage nach den zu notwendigerweise zu berücksichtigenden Kulturen zu klären. Sicher ergibt sich die Antwort zunächst aus dem Anbauspektrum. Nicht unberücksichtigt wirken aber auch die Grenzen der spektralen Unterscheidbarkeit verschiedener Kulturen. Letztendlich konnten in der Konsequenz die folgenden Kulturen berücksichtigt werden:

Winterroggen (Triticale),
 Wintergerste,
 Winterweizen,
 Winterraps,
 Sommergetreide (Hafer, Gerste, Weizen),
 Mais (Silomais),
 Kartoffeln,
 Zuckerrübe,
 gemischte Ölfrüchte und Leguminosen (Lupine, Öllein, Erbse),
 Feldfutter (Gras, Klee),
 Winterzwischenfrucht und
 Brache.

Ausgangspunkt sind die im Verlauf eines Jahres veränderten spektralen Eigenschaften. Dabei tritt normalerweise ein gleicher phänologische Jahresverlauf in jeder Klasse wiederholt auf. Solche Klassen werden als intraanuale dynamische Klassen bezeichnet. Sie sind die angestrebten Elemente des Klassifikators. Aus diesem Blickwinkel rücken zunächst folgende Aufgaben in den unmittelbaren Blickpunkt:

1. Erzeugung eines multitemporalen Fernerkundungsdatensatzes als Basis für die Generierung der spektralen Charakteristik der Normkurven,
2. Spektrale Charakteristik der Kulturen inklusive der Ermittlung geeigneter spektraler Kenngrößen auf der Grundlage feldspektrometrischer Messungen,
3. Auswertung von Wetterdaten zur exakten Bewertung der phänologischen Situation der einzelnen Kulturen zu den Aufnahmetermen,
4. Zusammenstellung und Bewertung von schlagbezogenen Betriebsdaten über den Anbau der Kulturen für ausgewählte Referenzbetriebe,
5. Untersuchung des Einflusses von Bodendaten auf die Spektralmerkmale.

Dem entsprechend wurde die Datengrundlage geschaffen. Sie bilden Voraussetzung für die Ableitung der spektralen Normkurven.

4.1.1.2. Datengrundlagen und Datenaufbereitung für die Entwicklung spektraler Normkurven

Die beabsichtigte Entwicklung spektraler Normkurven bedarf eines komplexen Basiswissens zur Bewertung der gesamten Bedingungsgefüges der Fernerkundungsdaten. Diese sind wiederum als die zentrale Größe anzusehen, da die Verbesserung der Anwendung und Verbesserung dieser Methode das eigentliche Ziel darstellt. Darauf sind die Datenerhebung und ihre Verwendung ausgerichtet. Im folgenden sollen die verwendeten Daten kurz charakterisiert werden.

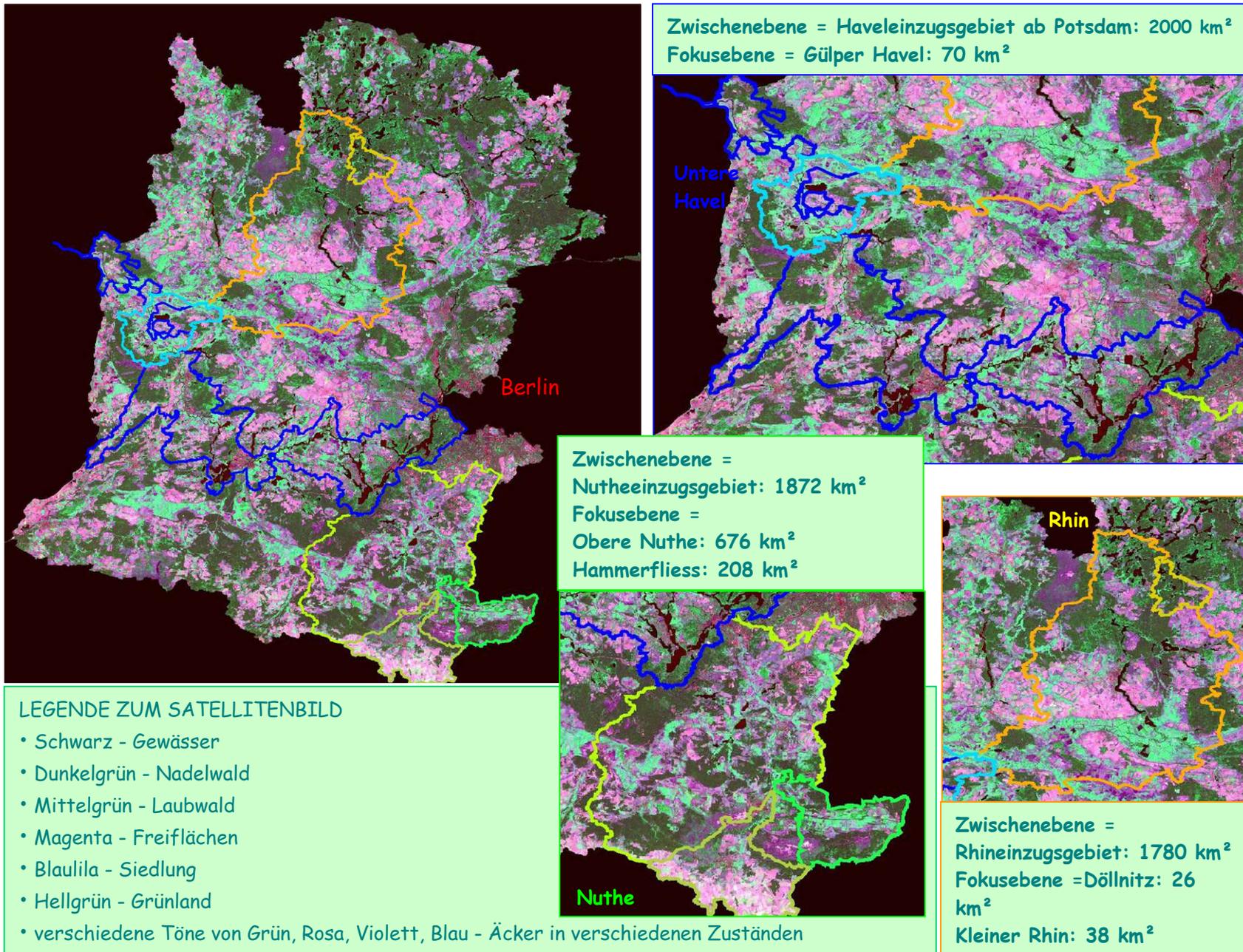


Abb. 3: Das Untersuchungsgebiet (Havelinzugsgebiet ohne Spreengebiet) sowie in Teilansichten die Gebiete der Zwischen- und Fokusebene in einem Landsat-TM Bild vom 13. September 1999

4.1.1.2.1 Fernerkundungsdaten

Zur Verfügung standen 35 Satellitendatensätze (vorwiegend Landsat-TM/ETM) aus den Jahren 1987 bis 2002. Für den notwendigen Verschnitt mit dem GIS-Datensatz der Beispielsbetriebe wurden drei Bildausschnitte der Fokusgebiete erzeugt. Tabelle 8 listet die verwendeten Datensätze auf und Abbildung 3 stellt exemplarisch eine Bildszene vom 13. September 1999 vor.

Tab. 8: Übersicht über die verfügbaren Satellitendaten der einzelnen Untersuchungsräume

Verfügbare Satellitenbilder	Fokusgebiet Kleiner Rhin/Döllnitz	Fokusgebiet Hammerfließ	Fokusgebiet Untere Havel
29.04.87	-	X	-
04.09.87	-	X	X
15.04.88	-	X	-
09.05.88	X	X	X
12.01.89	X	X	X
07.07.89	X	X	X
15.09.91	X	-	X
28.05.92	X	X	X
21.07.94	X	X	X
22.08.94	X	X	X
25.20.94	X	X	X
05.05.95	X	-	X
08.07.95	X	X	X
09.08.95	X	X	X
01.02.96	X	-	X
21.04.96	X	X	X
08.06.96	X	X	X
21.08.96	X	X	X
14.10.96	X	X	X
24.04.97	X	X	X
02.06.97 *	-	X	X
15.09.97	X	X	X
26.03.98	X	X	X
21.06.98 *	-	X	X
30.04.99	X	X	X
11.07.99	X	X	X
13.09.99	X	X	X
12.02.00	X	X	X
02.05.00	X	X	X
19.06.00	X	X	X
14.08.00	X	X	X
11.08.02	X	-	-
20.08.02	X	X	X
27.08.02	X	-	-
12.09.02	X	-	X

Hierbei liegen pro Jahr ein bis maximal fünf verschiedene Aufnahmezeitpunkte vor. Die Tabelle 9 zeigt eine Charakteristik der zur Verfügung stehenden Fernerkundungsdaten. Die verwendeten Daten

entstammen der Landsat-4 und -5 bzw. der Landsat-7 Serie. Ausgerüstet sind die Satelliten mit optisch-mechanischen Abtastsystemen, Landsat-4 / -5 mit dem Thematic Mapper (TM) und Landsat-7 mit dem Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+). In Bezug auf die Wiederholrate beider Satellitensysteme soll darauf hingewiesen werden, dass die Bahnen von Landsat-5 und Landsat-7 so platziert sind, dass alle 8 Tage ein Überflug desselben Gebietes durch einen der beiden Satelliten erfolgt. Ebenfalls zur Untersuchung herangezogen wurden Fernerkundungsdaten von Satelliten des indischen Raumfahrtprogramms IRS (Indian Remote Sensing System). Diese Satelliten sind im Gegensatz zum Landsat-System mit optisch-elektronischen Sensoren ausgestattet.

Tab. 9: Technische Daten der verwendeten Satelliten (vgl. ALBERTZ 2001: 49, 56)

	Landsat-4,-5 (TM)	Landsat-7 (ETM+)	IRS
Betrieb	seit 1982	seit 1999	seit 1996
Flughöhe	705 km	705 km	817 km
Wiederholrate	16 Tage	16 Tage	24 Tage
Streifenbreite	185 km	185 km	142 km
Auflösung	30 m	30 m	23 m
Spektral-Kanäle*	1 0,45 – 0,52 µm (VIS) 2 0,52 – 0,60 µm (VIS) 3 0,63 – 0,69 µm (VIS) 4 0,76 – 0,90 µm (NIR) 5 1,55 – 1,73 µm (MIR) 7 2,08 – 2,35 µm (MIR)	1 0,45 – 0,52 µm (VIS) 2 0,52 – 0,60 µm (VIS) 3 0,63 – 0,69 µm (VIS) 4 0,76 – 0,90 µm (NIR) 5 1,55 – 1,73 µm (MIR) 7 2,08 – 2,35 µm (MIR)	1 0,52 – 0,59 µm (VIS) 2 0,62 – 0,68 µm (VIS) 3 0,77 – 0,86 µm (NIR) 4 1,55 – 1,70 µm (MIR) (Auflösung 70 m)
Thermalkanal	6 10,4 – 12,5 µm (TIR) (Auflösung 120 m)	6 10,4 – 12,5 µm (TIR) (Auflösung 60 m)	
Panchromatischer Kanal		8 0,52 – 0,90 µm (Auflösung 15 m)	

Spektralbereiche: VIS=sichtbares Licht, NIR=nahes Infrarot, MIR=mittleres Infrarot, TIR=thermales Infrarot

Bei der Aufnahme von Fernerkundungsdaten durch elektro-optische Scanner, treten systembedingt Fehler in der Geometrie und in den gemessenen Reflexionswerten der Bildpunkte auf. Diese wurden im Rahmen der Aufbereitung korrigiert bzw. teilweise eliminiert. Der erste Schritt der Aufbereitung (atmosphärische und geometrische Korrektur) aller zur Verfügung stehender Bilddatensätze erfolgte für das gesamte Einzugsgebiet der Havel (MÜLLER, 2004).

Bei multi-temporalen Analysen sind atmosphärische Korrekturen besonders wichtig, wenn z.B. Vegetationsindizes, von unterschiedlichen Aufnahmezeitpunkten oder -orten genutzt werden. Da bei dieser Untersuchung zur Ermittlung spektraler Normkurven multitemporale Daten Verwendung finden, ist es notwendig die einzelnen Szenen atmosphärisch zu korrigieren. Diese atmosphärische Korrektur wurde mit Hilfe der in ERDAS IMAGINE implementierten Software ATCOR2 durchgeführt. Neben der Einwirkung atmosphärischer Strahlungsprozesse werden die Helligkeitswerte der Bildpunkte in bewegtem Gelände außerdem durch reliefbedingte Beleuchtungs- und Abschattungseffekte beeinflusst. Da es sich bei den beleuchtungsabhängigen Grauwertunterschieden um einen multiplikativen und von der Wellenlänge annähernd unabhängigen Effekt handelt, wird in der Verhältnisbildung zwischen den Daten einzelner Kanäle (Ratios, z.B. NDVI) eine einfache Möglichkeit gesehen, topographische Effekte zu verringern. Dazu ist jedoch eine vorangehende Atmosphärenkorrektur notwendig, um die additiven Komponente des atmosphärischen Einflusses und die ungleich große Überlagerung in den verschiedenen Kanälen zu entfernen.

Für eine multitemporale Auswertung von Fernerkundungsdaten ist weiterhin eine geometrische Genauigkeit der einzelnen Datensätze nötig. Denn nur so ist ein pixelweiser Vergleich der Szenen bzw. die Integration von Zusatzdaten (z.B. Bodenkarte, Anbaudaten) möglich. Die genutzten Daten gelten allgemein hin vom Anbieter als bereits geometrisch vorkorrigiert. Systembedingte geometrische Korrekturen, z.B. die Korrektur der Erdrotation und der Erdkrümmung sowie Korrekturen an den Bahnparametern sind bereits vorgenommen. Durch die relativ geringe Reliefenergie im Untersuchungsgebiet, der Flughöhe und der räumlichen Auflösung wurden die Daten mittels eines Interpolationsverfahrens geometrisch korrigiert. Dabei wurden die Koordinaten aller unbekanntenen Pixel durch Interpolation

Für die Messungen wurde das Feldspektrometer ASD (Analytical Spectral Devices Inc.; Boulder, USA) verwendet. Das Spektrometer deckt den Wellenlängenbereich zwischen 350 und 2500 nm ab. Die spektrale Auflösung im VIS und NIR beträgt ca. 3 nm, im SWIR liegt das Intervall zwischen 10 und 12 nm. Das Sensorblickfeld beträgt 8° (veränderbar auf 25° oder 1°). Es wurden pro Standort und Aufnahmezeitpunkt ca. 25 mal 50 Punktmessungen vorgenommen. Die Einzelmessungen wurden bei der Datenauswertung gemittelt. Damit lag eine repräsentative Datenmenge vor. Für die Optimierung der Interpretation wurde parallel dazu eine Fotodokumentation angelegt. Am Beispiel der Kultur Wintergerste wird ein Datensatz im Anhang 2 vorgestellt.

Ein Vergleich aller Kulturen zu zwei ausgewählten Terminen kann in Abbildung 4 hergestellt werden.

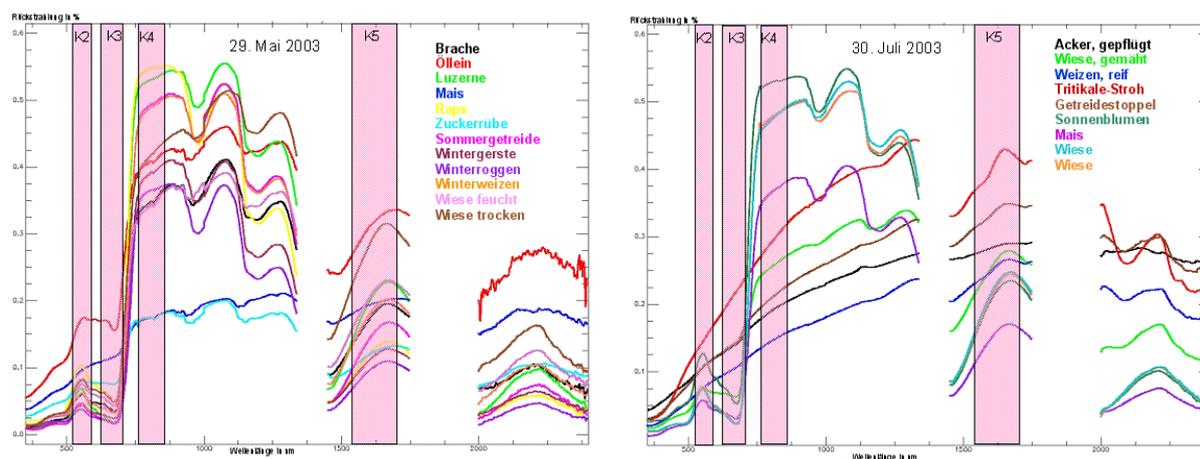


Abb. 4: Mit Feldspektrometer ermittelte Rückstrahlkurven von Ackerkulturen und Kennzeichnung der für die Charakteristik berücksichtigten Spektralbänder (rosa Balken)

Der NDVI (INFRAROT1-ROT / INFRAROT1+ROT; in der Abbildung entspricht das K4/K3) erscheint bei Betrachtung der Abbildung als durchaus geeigneter Index zur Verdeutlichung der Wuchsunterschiede der verschiedenen Kulturarten zu unterschiedlichen Zeitpunkten. Dies unterstreicht seine herausragende Stellung innerhalb der gegenwärtig verwendeten Indexwerte und untermauert eine Entscheidung zu Gunsten dieser Größe.

Es zeigt sich auch, dass neben dem NDVI andere Indexwerte durchaus Interpretationen ermöglichen. So würde zur Charakteristik der Daten ebenso der NDI (INFRAROT1-INFRAROT2/INFRAROT1+INFRAROT2) oder der Rotindex (GRÜN-ROT/GRÜN+ROT) Verwendung finden können. Letztendlich fiel die Entscheidung aber für den NDVI, da in der anfänglichen Testphase die Verwendung der beiden anderen Indizes keine wesentlichen Interpretationsvorteile erbrachte.

4.1.1.2.3 Betriebsdaten

Referenzdaten sind der unersetzbare Schlüssel zur Interpretation von Fernerkundungsdaten. Um diese derzeit feststehende Aussage abzuschwächen, sind die angestellten Untersuchungen durchgeführt worden. Die zu entwickelnden spektralen Normkurven sollen dem Anspruch der Übertragbarkeit genügen und diese enge Bindung lösen. Es ist aber unumgänglich, dass bei der Ableitung der Normkurven die spektrale Charakteristik fest an aussagekräftige Bewirtschaftungsangaben gebunden wurde. Informationsquellen waren die Beispielsbetriebe (s.o.). Es wurden schlagbezogene Anbauinformationen für die Untersuchungsjahre eingeholt und in einem GIS zusammengeführt.

In den drei Fokusgebieten Kleiner Rhin/Döllnitz, Hammerfließ und Untere Havel wurden jeweils zwei Agrarbetriebe für die Ermittlung der Anbauinformationen ausgewählt. Von diesen Betrieben wurden Informationen zur Abgrenzung der einzelnen Ackerschläge und zu der jeweiligen landwirtschaftlichen Nutzung für den Zeitraum von 1987 bis 2002 eingeholt. Die Tabelle 11 gibt Auskunft über Anzahl und Gesamtgröße der Ackerschläge, die in die Untersuchung eingegangen sind.

Die Daten wurden entsprechend der bedeutenden Kulturgruppen strukturiert. Dabei wurden die Kulturen Winterroggen, Winterweizen, Wintergerste, Winterraps, Sommergetreide, Silomais, Brache, Kartoffeln, Zuckerrüben, Ölfrüchte/Leguminosen, Feldgras, Gemüse, Sommerzwischenfrucht und Winterzwischenfrucht (s.o.) ausgewählt. Weitere Kulturen wurden bei entsprechender Ähnlichkeit zuge-

ordnet oder Kulturen mit geringen Flächenanteilen vernachlässigt. Bei der Datenaufbereitung ergab sich gelegentlich die Notwendigkeit, die Rauminformation der Anbauinformation der Betriebe mit den Fernerkundungsdaten abzugleichen. Solche Lageungenauigkeiten entstehen durch Mehrfachnutzung auf Schlägen (Anbaugrenzen innerhalb der Schläge wurden aus Fernerkundungsdaten abgeleitet und übernommen) und gelegentliche Nichtübereinstimmung von vorgegeben Schlaggrenzen der Betriebe und den auf den Fernerkundungsdaten abgebildeten Raumgrenzen (Korrektur entsprechen einer Nachrecherche). Außerdem wurden einige Schläge mit auffälligen Inhomogenitäten (z.B. Wolken, Schatten, sehr starke Vernässungen) zu den Zeitpunkten des Auftretens nicht in die Untersuchung aufgenommen. Der Anbaudatenbank kann für jeden Schlag in jedem Jahr die Information über die angebaute Kultur entnommen werden. Exemplarisch werden in Abbildung 5 Daten für einige ausgewählte Beobachtungsjahre für die Agrargenossenschaft Nuthequelle GmbH Niedergörsdorf visualisiert. Diese Informationen sind in zweierlei Hinsicht bedeutungsvoll. Einerseits ermöglicht der Raumbezug die schlaggenaue und fruchtgenaue Auswertung der Fernerkundungsinformation, andererseits kann dank der Dokumentation der Anbaufolgen der Zeitaspekt in dem multitemporalen Untersuchungsansatz besser berücksichtigt werden.

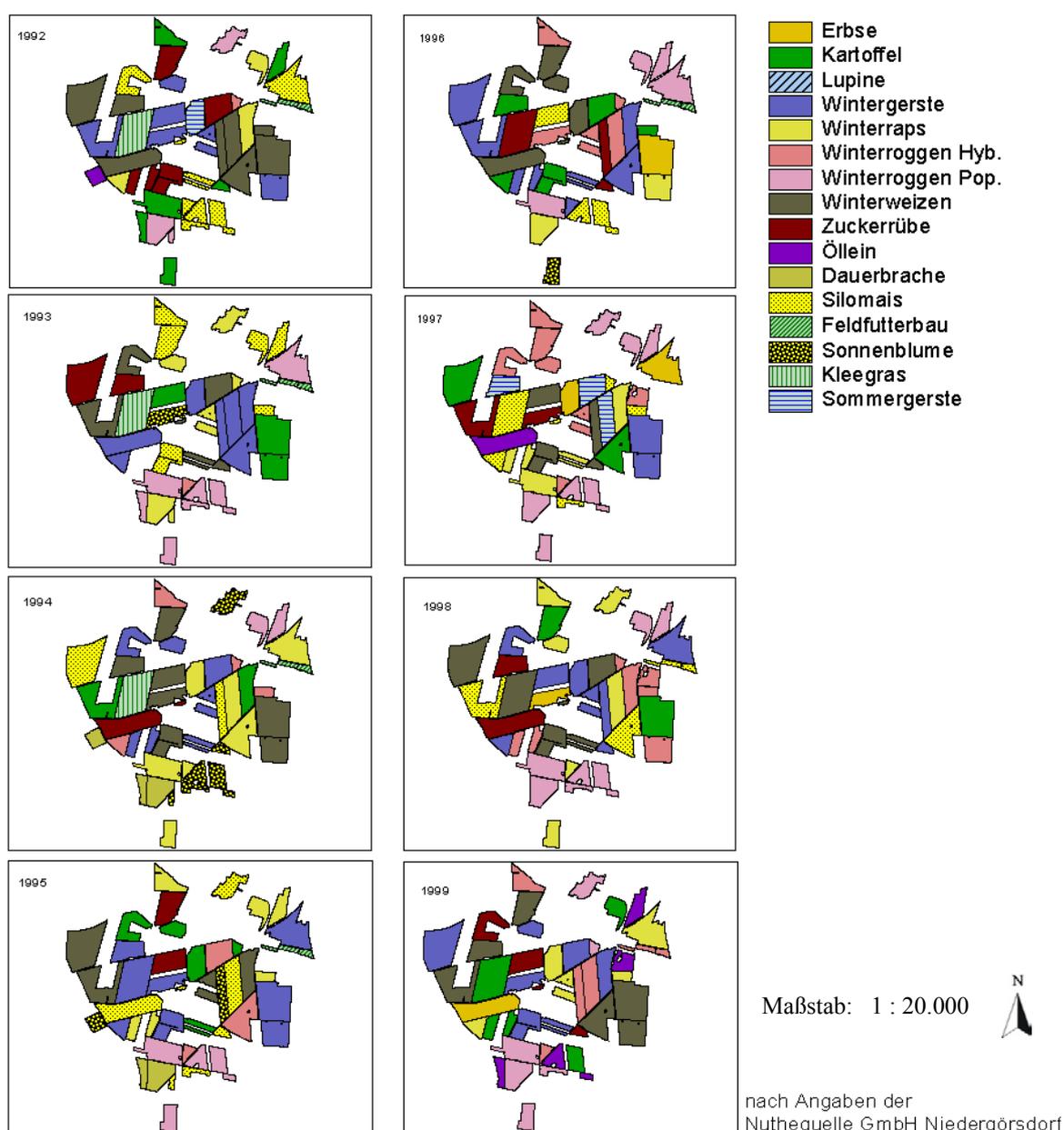


Abb. 5: Anbaudokumentation 1992 – 1999 der Agrargenossenschaft Nuthequelle GmbH Niedergörsdorf

Tab. 11: Anzahl und Fläche der Ackerschläge sowie verfügbare Anbaudaten der Agrarbetriebe

Untersuchungsgebiet	Betrieb	Anzahl der Ackerschläge	Gesamtfläche (in ha)	Anbaujahre
Rheinsberger Land	Agrargenossenschaft Braunsberg eG	22 (1987–2002)	1003 (1987–2002)	1992 – 1994 1997 – 2002
	NEUGRO Landwirtschaft- und Dienste GmbH Großwoltersdorf	84 (1987–2002)	1905 (1987–2002)	1988 – 2002
Unteres Havelland	Agrargenossenschaft Hohennauen eG	144 (1987–1996) 180 (1997–2002)	1776 (1987–1996) 2119 (1997–2002)	1990 – 2002
	Agrargenossenschaft Neustadt eG	8 (1987–2002)	242 (1987–2002)	1987 – 2002
Fläming	Agrargenossenschaft "Der Märker" Jänickendorf	14 (1987–1994) 79 (1995–2002)	597 (1987–1994) 1895 (1995–2002)	1988 – 2002
	Agrargenossenschaft Nuthequelle GmbH Niedergörsdorf	51 (1987–2002)	1857 (1987–2002)	1992 – 2002

4.1.1.2.4 Wetterdaten / Phänologische Daten

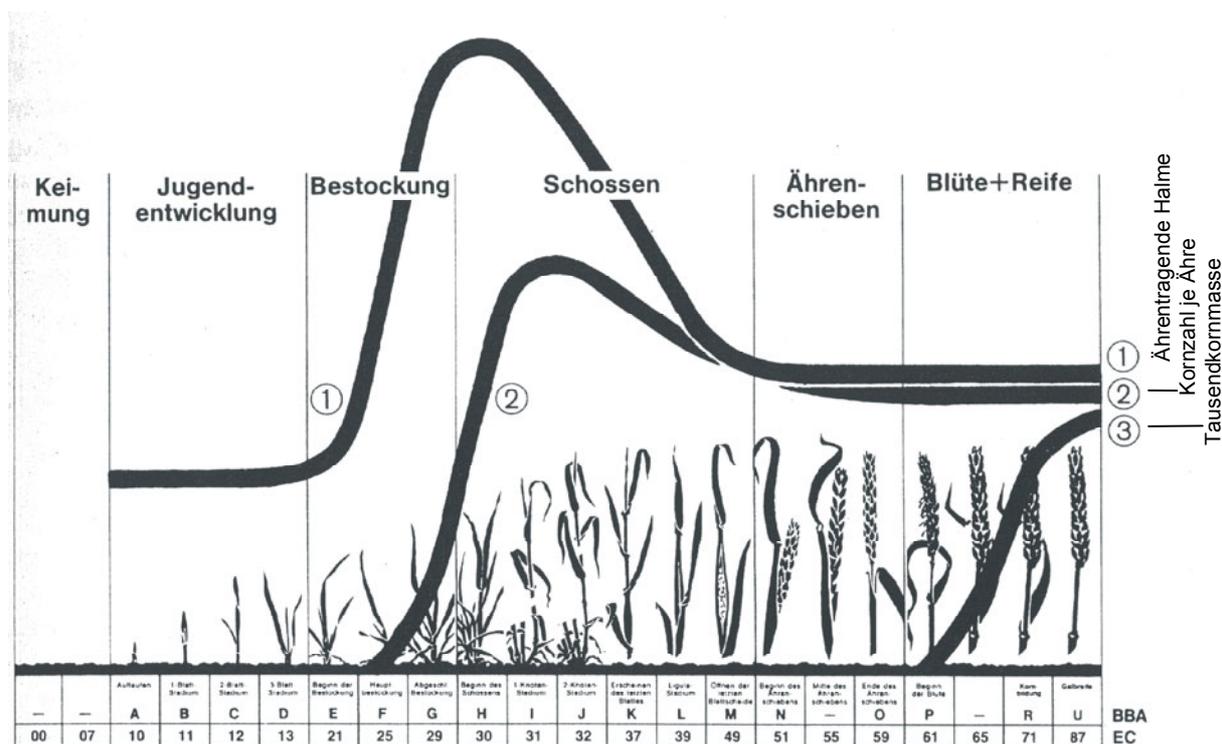
Grundvariable für die spektrale Charakteristik ist die Zeit. Der Aufnahmezeitpunkt bestimmt durch die spezifische Aufnahmesituation die dargestellten Entwicklungszustände und somit deren spektrales Abbild. Als Zielgröße ergibt sich die Erfassung des Spektralverhaltens der ausgewählten Ackerkulturen zu verschiedensten Phasen ihrer phänologischen Entwicklung. Neben anderen Faktoren ist das wesentlich durch Wachstumsfaktoren, wie die variable naturräumliche Ausstattung im Einzugsgebiet (insbesondere Bodenqualität) und witterungsbedingte Varianzen im Erreichen einzelner phänologischer Zustände beeinflusst. Diese Faktoren sind in den Aufbau der Basidatenbank für die Entwicklung der spektralen Normkurven einzubeziehen. Während Bodendaten als mehr oder weniger stabil angesehen werden können (s.u.), besitzen Wetterdaten ein breites Möglichkeitsfeld in ihrer Charakteristik. Witterungsabläufe besitzen im Jahresvergleich hohe Varianzen. Diese bestimmen die phänologischen Entwicklungszustände der Kulturen. Für eine angestrebte Normierung mit jahresübergreifender Datengrundlage bedeutet dies für die Erstellung der Normkurven auch hinsichtlich der witterungsbedingten Beeinflussung eine Normierung. Diese muss in die Datenaufbereitung Eingang finden. Es werden Fernerkundungsdaten routinemäßig hinsichtlich ihrer spektralen, radiometrischen und geometrischen Auflösung korrigiert, aber die das eigentliche Potenzial der Daten bestimmende zeitliche Auflösungskorrektur bleibt dahingehend in der Regel unbeachtet. Witterungsbedingte Bewertungen werden meist in die Interpretation verlagert.

In unserem Ansatz wurden witterungsbedingte Korrekturen in die Datenaufbereitung integriert und der eigentliche Aufnahmezeitpunkt in das jeweils kulturspezifische phänologische Normjahr eingepasst. Die Einordnung der Aufnahmetermine in die Zeitskala erforderte die Hinzuziehung agrarmeteorologischer Informationen sowie die Kenntnisse über die Abläufe der Normjahre der Phänologie für die einzelnen Kulturen. Als Datenbestandteil wird zunächst die Phänologie der Pflanze benötigt. Beschreibungen dieser Art bestehen aus der zeitlichen Anordnung markanter Zustände, der sogenannten Makrostadien. Für die Beschreibung der phänologischen Entwicklung mono- und dikotyle Pflanzen gelten z.B. die folgenden Makrostadien (Verschiebungen im Entwicklungsablauf, Ausfall einzelner Stadien bzw. paralleler Verlauf von Stadien sind nicht auszuschließen).

Stadium 0	Keimung / Austrieb
Stadium 1	Blattentwicklung (Hauptspross)
Stadium 2	Bildung von Seitensprossen / Bestockung
Stadium 3	Längen- bzw. Rosettenwachstum des Hauptsprosses/ Triebentwicklung / Schossen (Haupttrieb)

- Stadium 4 Entwicklung vegetativer Pflanzenteile (Erntegut) bzw. vegetativer Vermehrungsorgane / Ähren- bzw. Rispschwellen
 Stadium 5 Erscheinen der Blütenanlage (Hauptspross)/Ähren- bzw. Rispschieben
 Stadium 6 Blüte (Hauptspross)
 Stadium 7 Fruchtentwicklung
 Stadium 8 Frucht- und Samenreife
 Stadium 9 Absterben bzw. Eintreten der Vegetationsruhe

Diese allgemeinen Stadien werden für die einzelnen Kulturpflanzen konkretisiert und können so als zeitliche Normierungsgrundlage genutzt werden. Abbildung 6 visualisiert die Phänologie von Weizen.



Beschreibung des EC-Code (Eucarpia-Skala) für Weizen

CODE	Zeitpunkt	Stadium gesamt	Unterstadium	Bemerkungen
01 - 09	Saat: Mitte bis Ende Oktober	Keimung		Keimtemperaturoptimum: 16–25 °, Keimdauer dann 8–12 Tage, Keimtemperaturminimum: 2–4 °, Keimdauer dann >30 Tage
	01-02		Trockenes Korn	
	03		Gequollenes Korn	
	04		Abbau der Reservestoffe	
	05		Keimling wächst	
	06-07		Keimling entwickelt, Primärwurzel tritt aus	
	08-09		Keimpflanze, erstes Laubblatt am Korn sichtbar	
10 - 19		Keimtrieb- entwicklung		
	10	Aufgang	Keimpflanze läuft auf	
	11		Erstes Keimblatt entfal- tet sich	
	12		2-Blatt-Stadium	
	13		3-Blatt-Stadium	
	14		4-Blatt-Stadium	

20 - 29			Bestockung und Ährchenanlage		Generative Entwicklung des Haupthalmes
30 - 39	39		Schossen	Ligulastadium (letztes Blatt – Blatthäutchen sichtbar)	Streckung der 5 bis 7 Internodien (Halmglieder zwischen den Knoten) unterstes zuerst, photosynthetische Leistung kommt aus 3 oder 4 jüngsten, obersten Blättern höchstens (diese sind auch die größten), in der Phase auch Wurzel ausdehnung
40 - 49			Ährenbildung		
	45			Schwellung der Ähre in Blattscheide des Fahnenblattes	
	47-48	20. Mai		Öffnung der Blattscheide des Fahnenblattes	Maximaler LAI/BFI (Werte um 6-7 bei voller Entwicklung, auch > 10 möglich) durch starkes Wachstum von Blättern und Halm, später gehört auch noch Ähre zu assimilierenden Teilen
50 - 59		10. Juni	Ährenschieben		Letztes Internodium mit Ähre streckt sich, Längenwachstum der Halme abgeschlossen, Gesamtlänge nimmt noch zu
60 - 69			Blüte		Bestand blüht geschlossen ab, zuerst Mitte der Ähre, dann nach oben und unten gleich fortsetzend, Blühdauer temperaturabhängig (Ähre blüht etwa eine Woche), Gesamtlänge der Pflanze erreicht
70 - 95			Reife		Kornfüllung bei BFI von nur noch 50% des Maximum
	71			Wasserreife	95% Wasser, 2 Wochen nach Blüte
	73			Dünnmilchreife	70-80% Wasser, 73-30% Kornfüllung, 4. Woche nach Blüte, Bestand grün, unterste Blätter sterben ab
	75			Milchreife, Grünreife	Nach 5. Woche, 75-60% Füllung, 50-60% Wasser, Bestand im Kopf noch grün, unten abgestorben
	77			Späte Milchreife	Kopf noch grün
	85			Teig- oder Gelbreife (physiologische Reife)	6. bis 7. Woche nach Blüte, 85-90% Füllung, 30-40% Wasser, Bestand zeigt im Kopf Abreifeverfärbungen, Spelzen schon strohfarbig, Bestand schnitt- und bindereif
	91-92			Vollreife	Nach 8. Woche, 100%Füllung, 20% Wasser, Pflanze voll abgestorben, Korn hart
	94-95			Tot- oder Mähdruschreife	14-16% Wasser, überreifer Bestand, Stroh bricht zusammen

Abb. 6: Phänologische Entwicklung von Weizen nach EC-Code

Die Entwicklungsstadien bilden eigentlich den Fokus, da ihre Abbildung in spektralen Merkmalen essenzieller Bestandteil für die Entwicklung der Normkurven ist. Der gebietsspezifische phänologische Kalender orientiert sich an charakteristischen, witterungsbedingten Entwicklungsphasen des äußeren Erscheinungsbilds der Pflanzen und wird nach neun phänologische Jahreszeiten (Vorfrühling, Erstfrühling, Vollfrühling, Frühsommer, Hochsommer, Spätsommer, Frühherbst, Vollherbst und Spätherbst) unterschieden. Begründet ist der Kalender auf langjährigen gemittelten Beobachtungen der Eintrittszeitpunkte von bestimmten Phänophasen der verschiedensten Pflanzen. Die phänologischen Beobachtungen werden an wildwachsenden Pflanzen, landwirtschaftlichen Kulturpflanzen und Obstbäumen bzw. -sträuchern durch den Deutschen Wetterdienst durchgeführt. Laut SCHNELLE (1955) sind in Deutschland in allen Naturräumen die langjährigen Termine der Bestellung, des Auflaufens, des Schossens, des Bestandesschlusses, des Ähren- bzw. Rispienschiebens, der Reife und der Ernte für die verschiedensten landwirtschaftlichen Kulturpflanzen verfügbar. Mit Hilfe dieses Wissens sollen die Korrekturgrößen – die Aufnahmetermine der Fernerkundungsszenen – auf das Normjahr transformiert werden.

Dazu werden agrarmeteorologische Informationen benötigt, die man orientierend in den agrarmeteorologischen Wochenberichten des DWD für die einzelnen Gebiete findet. Hier werden witterungsbe-

gründete Informationen über das Erreichen bestimmter phänologischer Entwicklungsphasen für einzelne Kulturen grob dokumentiert.

Präzisere Informationen können allerdings nur direkt aus den stationsbezogenen Aufzeichnungen des DWD abgeleitet werden. Dazu wurden für die für die Fokusgebiete relevanten Stationen die dort verzeichneten Eintrittstermine bestimmter Phänophasen genutzt. Aus den Angaben dazu wurde aus einer Zeitreihe von 1951 – 2003 jeweils der mittlere Termin des Eintretens einer bestimmten phänologischen Phase bestimmt und als „Norm“ gesetzt.

Für die nachstehenden Kulturarten wurden Termine des Eintritts phänologischer Phasen in Brandenburg jährlich beobachtet und das langjährige Mittel bestimmt (vgl. Tabelle 12). Die nicht vertretenen, dennoch aus Satellitendaten zü bestimmenden Kulturen, wurden in ihrer an die Phänologie ähnlicher beobachteter Kulturen geknüpft.

Tab. 12: Durchschnittlicher Beginn phänologischer Phasen in Brandenburg für ausgewählte Fruchtarten, berechnet aus Mittelwerten der Jahre 1951-2003

	Bestellung	Saat- aufgang	Beginn Schossen	Bestands- schluss	Ähren- schieben	Blüte	Vollblüte	Reife	Gelbreife	Ernte
Winterraps	239	249	100			129		191		198
Winterroggen	269	281	112		138	151	156	215	201	212
Winterweizen	283	296	123		157			212	205	220
Wintergerste	264	275	113		139			190	183	194
Hafer	88	105	138		166				208	219
Zuckerrüben	108	125		176						294
Kartoffeln	115	142		172		185				266
Silomais	122	136	195			203			258	262

Die Abweichungen der Entwicklungszustände zu den einzelnen Aufnahmetermen der Satellitenbilder wurden abschließend bezogen auf das Normjahr ermittelt und korrigiert. So können für jede Kultur getrennt Korrekturen der Terminierung der Szenen abgeleitet werden. Der tatsächliche Aufnahmeterrnin (Zähltag im Jahr ab jeweils 01.01.) wird mittels des tatsächlichen, witterungsverursachten phänologischen Entwicklungszustandes auf das phänologische Normjahr übertragen und entsprechend dem Zähltag korrigiert. Exemplarisch ist die Verfahrensweise in der Tabelle 13 dargestellt.

Tab. 13: Beispiel für die Einpassung einer Satellitenszene in das Normjahr – Kultur Winterraps

Aufnahmedatum der Satelliten- szene	Zähltag im Jahr	Durchschnittlicher phänologischer Zustand zum Zähltag	Tatsächlicher phänologischer Zustand zur Aufnahme	korrigierter Zähltag
05.05.1995	125	4 Tage vor mittlerem Blühbeginn	6 Tage nach Blühbeginn	135

Im Resultat erhält man zeitlich kalibrierte Datensätze, die nunmehr eine hinsichtlich der Zeitkomponente eindeutige Interpretation zulassen und als „in ein Normjahr eingepasst“ gelten können. Damit stehen für ein Jahr nicht mehr nur eine bis fünf Satellitenszenen zur Verfügung sondern für „das Normjahr“ die Summe aller Szenen (35). Damit ist eine deutlich verbesserte Ausgangsdatenlage geschaffen worden. Die Tabelle 14 verdeutlicht die vorgenommenen Korrekturen zur endgültigen phänologischen Einpassung der Aufnahmetermine.

Tab. 14: Vorgenommene Korrekturen zur phänologischen Einpassung der Aufnahmetermine

Aufnahme- datum der Satellitenszene	Tag im Jahr	Verwendeter phänologischer Tag laut Entwicklungszustand der Kultur zum Aufnahmedatum auf Basis agrarmeteorologischer Daten												
		laut Datum	Brache	Winterroggen	Winterweizen	Wintergerste	Winterraps	Feldgras ab 2. Jahr	Sommergetreide	Zuckerrüben	Silomais	Ölfrüchte, Leguminosen	Kartoffeln	Gemüse
29.04.1987	119	122	122	122	116	113	122	109	112	122	109	112	112	109
04.09.1987	247	247	247	247	247	247	247	233	247	247	233	247	247	233
15.04.1988	105	118	119	118	108	108	118	104	108	105	104	108	108	104
09.05.1988	129	139	132	139	134	132	139	132	135	137	132	135	135	132
12.01.1989	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
07.07.1989	188	204	199	204	201	199	204	197	178	196	197	178	178	197
15.09.1991	258	258	258	258	258	247	258	258	266	258	258	266	266	258
28.05.1992	148	152	152	152	154	154	152	147	149	158	147	149	149	147
21.07.1994	202	210	207	210	202	198	210	206	209	204	206	209	209	206
22.08.1994	234	234	234	234	234	239	234	234	239	235	234	239	239	234
25.10.1994	298	293	298	293	298	298	293	298	302	298	298	302	302	298
05.05.1995	125	132	128	132	135	135	132	125	128	128	125	128	128	125
08.07.1995	189	184	193	184	189	183	184	183	191	189	183	191	191	183
09.08.1995	221	226	221	226	221	221	226	225	224	218	225	224	224	225
01.02.1996	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32
21.04.1996	111	106	107	106	99	94	106	102	110	108	102	110	110	102
08.06.1996	159	154	151	154	147	147	154	154	166	159	154	166	166	154
11.08.1996	223	212	212	212	205	205	212	214	231	211	214	231	231	214
14.10.1996	287	288	281	288	293	287	288	287	295	280	287	295	295	287
24.04.1997	114	110	118	110	112	112	110	118	115	118	118	115	115	118
02.06.1997	153	151	150	151	152	153	151	153	160	155	153	160	160	153
15.09.1997	258	258	258	258	266	259	258	258	260	262	258	260	260	258
26.03.1998	85	95	95	95	97	101	95	85	85	85	85	85	85	85
21.06.1998	172	173	179	173	181	176	173	179	181	177	179	181	181	179
30.04.1999	120	130	129	130	128	129	130	126	122	124	126	122	122	126
11.07.1999	192	195	201	195	194	195	195	196	197	195	196	197	197	196
13.09.1999	256	256	256	256	262	259	256	256	267	269	256	267	267	256
12.02.2000	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43
02.05.2000	122	134	134	134	134	133	134	127	129	134	127	129	129	127
19.06.2000	170	179	183	179	187	183	179	178	178	180	178	178	178	178
14.08.2000	226	228	226	228	226	226	228	229	230	228	229	230	230	229
11.08.2002	223	224	220	224	223	223	224	222	234	227	222	234	234	222
20.08.2002	232	233	232	233	232	232	233	231	243	239	231	243	243	231
27.08.2002	239	239	239	239	239	239	239	239	250	248	239	250	250	239
12.09.2002	255	255	255	255	255	259	255	255	267	259	255	267	267	255

Für die Kultur Winterroggen ergibt sich entsprechend der Einordnung in das phänologische Normjahr jetzt die folgende zeitlich kalibrierte Datenmenge, die für die Ableitung der spektralen Normkurve zur Verfügung steht (Tabelle 15).

Tab. 15: Potenzielle phänologische Information der Satellitenszenen für Winterroggen

Ins Normjahr eingepasster Tag	Phänologische Charakteristik	Aufnahmedatum der repräsentativen Satellitenszene
12	Bestockung (Winterruhe)	12.01.1989
32	Bestockung (Winterruhe)	01.02.1996
43	Bestockung (Winterruhe)	12.02.2000
95	Bestockung	26.03.1998
107	Bestockung	21.04.1996
118	Schossen	24.04.1997
119	Schossen	15.04.1988
122	Schossen	29.04.1987
128	Schossen	05.05.1995
129	Schossen	30.04.1999
132	Schossen	09.05.1988
134	Start Ährenschieben	02.05.2000
150	Blüte	02.06.1997
151	Blüte	08.06.1996
152	Blüte	28.05.1992
179	Milchreife	21.06.1998
183	Milchreife	19.06.2000
193	Ende der Milchreife	08.07.1995
199	Gelbreife	07.07.1989
201	Gelbreife	11.07.1999
207	Ende der Gelbreife	21.07.1994
212	Ernte	11.08.1996
220	kurz nach der Ernte, Stoppelreste	11.08.2002
221	kurz nach der Ernte, Stoppelreste	09.08.1995
226	kurz nach der Ernte, Stoppelreste	14.08.2000
232	kurz nach der Ernte, Stoppelreste	20.08.2002
234	nach der Ernte	22.08.1994
239	nach der Ernte	27.08.2002
247	nach der Ernte	04.09.1987
255	nach der Ernte	12.09.2002
256	nach der Ernte	13.09.1999
258	nach der Ernte	15.09.1991
258	nach der Ernte	15.09.1997
281	Auflaufen	14.10.1996
298	Auflaufen/Bestockung	25.10.1994

Analoge Informationen wurden für die anderen Anbaukulturen ermittelt. Sie sind zwingende Voraussetzung für die Ableitung der spektralen Normkurven.

4.1.1.2.5 Bodendaten

Wie bereits erwähnt wirken natürlich auch andere Faktoren auf den Entwicklungsstand der Anbaukulturen. Nicht nur klimatisch sondern auch edaphische und kulturelle Umstände (Bodenbearbeitung, Züchtungen usw.) beeinflussen die Phänologie der Pflanzen. Während Fragen der Bewirtschaftung später im Abschnitt 5 im Zusammenhang mit dem Aspekt der Düngung betrachtet werden, soll hier kurz auf den Zusammenhang Boden \leftrightarrow spektrale Signatur eingegangen werden. Dazu wurde für das Zwischengebiet Nuthe und seine Umgebung eine Analyse der phänologischen Entwicklung von Roggen unter dem Einfluss verschiedener Bodenarten durchgeführt (WEICHERT 2004) und der Zusammenhang zu den spektralen Signaturen (NDVI) hergestellt. Für die Analysen wurden die Bodenübersichtskarte 1:300.000 des Landes Brandenburg und die Reichsbodenschätzung für das Deutsche Reich von 1934 herangezogen.

Brandenburgs Böden sind eng mit der glazialen Genese der Naturräume verknüpft. Die Niederungen sind zumeist Urstromtäler mit sandigem Substrat. Auf den grundwasserfernen Standorten der Urstromtäler wurden Dünen aufgeweht. Auf jungen Dünen haben sich Rohböden (Lockersyroseme, Regosole) und auf älteren Dünen Braunerden oder Podsole entwickelt. Auf nicht ganz so hoch gelegenen Sanden sind Braunerden ausgebildet, in Gebieten mit hoch anstehendem Grundwasser Gleyen. Auf den Moränenflächen Mittelbrandenburgs entstanden auf Schmelzwassersanden Braunerden und auf sandbedeckten Moränenlehmen Lessivés. Die Altmoränen im Süden Brandenburgs weisen aus den Lehmen und Sanden entwickelte Lessivés und Braunerden auf. Im südwestlich gelegenen Fläming und in östlich angrenzenden Gebieten sind auf Sandaufwehungen Lösssand und Sandlöss entstanden. In den verästeten Niederungen im Süden BRB kommen Gleye, Moore und Pseudogleye vor.

Reduziert man die pedologische Charakteristik auf eine auf Bodenarten orientierte Bewertung, so ergibt sich folgende Rangfolge (nach Reichsbodenschätzung) der Fruchtbarkeit:

Sand-Waldboden \rightarrow Sand \rightarrow mooriger Sand \rightarrow Moor Waldboden \rightarrow Moor \rightarrow anlehmiger Sand \rightarrow lehmiger Sand Waldboden \rightarrow lehmiger Sand \rightarrow stark lehmiger Sand \rightarrow sandiger Lehm \rightarrow Lehm

Beim Versuch, diese Rangfolge auch im Vergleich der NDVI-Werte der auf diesem Standorten wachsenden Roggenbestände nachzuvollziehen, muss festgestellt werden, dass sie sich in fast allen ausgewerteten Satellitenbildern nur prinzipiell nachweisen lässt. Es müssen also neben der Bodenequalität weitere Einflussfaktoren den Spektralwert bestimmen.

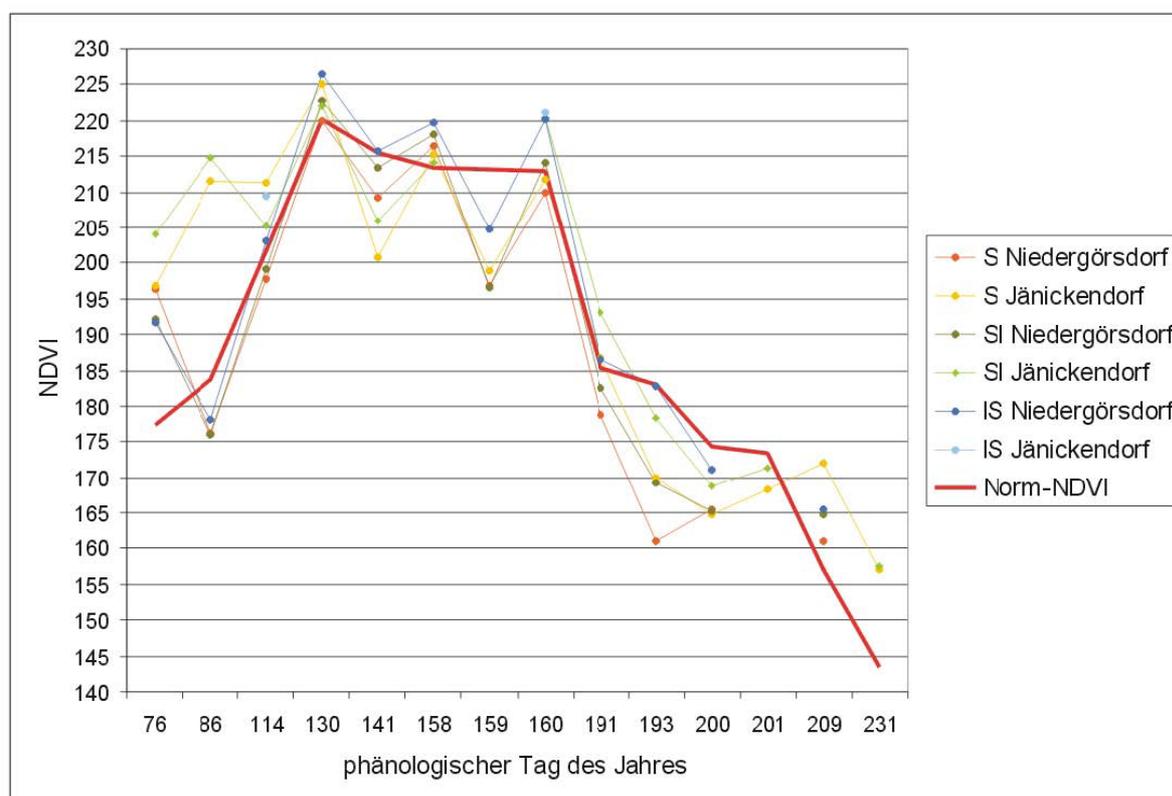


Abb. 7: Vergleich der NDVI-Normkurve von Winterroggen mit den NDVI-Werten einzelner Bodenstandorte

Die Abbildung 7 zeigt den Vergleich zwischen den NDVI-Werten der Bodenarten Sand (S), anlehmiger Sand (Sl) und lehmiger Sand (IS) und dem angenommenen Norm-NDVI (Mittel für Winterroggen auf allen Böden). Ein signifikanter Unterschied der NDVI-Werte der verschiedenen Substratgruppen ist für das gesamte phänologische Jahr nicht erkennbar. Bestenfalls für einzelne Aufnahmetermine (phänologische Entwicklungszustände) unterscheiden sie sich entsprechend der Qualitätsabstufung innerhalb der Bodenarten. Inwiefern die Wachstumsunterschiede aber durch andere Größen verursacht sind, bleibt ungeklärt. Es ist sicher davon auszugehen, dass andere wachstumsbeeinflussende Faktoren den „Bodeneffekt“ überlagern. Witterungsklimatische und agrartechnische (speziell Aussattermin) Faktoren sind als weitaus stärker in ihren Wirkungen einzustufen, so dass sich Bodeneigenschaften nur im Zusammenhang mit diesen interpretieren lassen. Damit treten einfache Bodenkriterien in den Fokus der Beachtungen. Es kann nur eine Unterscheidung nach nährstoffarmen und -reichen bzw. grundwasserversorgten und -fernen Standorten erfolgen. Das spiegelt sich auch in der Auswahl der Referenzbetriebe wider, die für die einzelnen Standorttypen stehen (s.o.).

4.1.1.3 Entwicklung der Normkurven

Für die weiteren Arbeiten konnte davon ausgegangen werden, dass die notwendigen Vorüberlegungen und Vorarbeiten durchgeführt worden sind, um nun durch die Schaffung spektraler Normkurven für Ackerkulturen über das Spektralverhalten die phänologische Situation einzelner Kulturen im vollständigen Jahresverlauf abbilden zu können. Das ermöglicht für jeden phänologischen Zustand einer Anbaukultur die Extraktion ihrer Spektralcharakteristik.

Eine Normkurve wird dabei von den folgenden drei Parametern bestimmt:

1. die normierte Zeitskala (exakte phänologische Einordnung der Satellitenszenen entsprechend der agrarmeteorologischen Informationen),
2. die normierte spektrale Information (atmosphärenkorrigierte Datensätze des NDVI),
3. die raumgenaue Zuordnung beider Informationen durch geometrische Anpassungen (Schlagbezogene Anbaudaten & schlagbezogene spektrale Information über die NDVI-Werte).

Die Datenaufbereitung garantierte die Bereitstellung der entsprechenden Daten in der geforderten Qualität. Für die Entwicklung der spektralen Normkurven wurde folgendermaßen verfahren:

Aus den aus meteorologischen und Anbaudaten gewonnenen Informationen wurden zeitpunktbezogene, einen Entwicklungszustand reflektierende NDVI-Werte generiert. Sie bildeten die Stützpunkte für die spektralen Normkurven. Die Güte der Normkurve wird bestimmt durch die Anzahl der Stützpunkte, welche die Kurve bilden, und die exakte Einordnung in die Zeit- und die Werteskala der spektralen Information. Die Zahl der Stützpunkte ergibt sich aus der Anzahl der Ackerflächen, für die zu den Aufnahmezeitpunkten Anbauinformationen zur Verfügung stehen und der Anzahl und Qualität der nutzbaren Fernerkundungsszenen. Für die Ableitung der Normkurve müssen demzufolge zwei Datensätze zur Verfügung stehen: einerseits die atmosphärenkorrigierte und separat für jede Kultur in das phänologische Jahr eingepasste Folge der Bildszenen, andererseits die GIS-Datenbank der Anbauinformationen der Beispielsbetriebe. Über die Verschneidung beider Datensätze werden die Kurven aus den für jeden Schlag zu den entsprechenden Zeitpunkten vorliegenden Informationen über die angebaute Kultur und bedingt durch den Raumbezug aus den entsprechenden NDVI-Werten gebildet. Im Einzelnen bedeutete dies, dass auf der Grundlage der Anbauinformation der einzelnen Schläge die Grauwertstatistiken des NDVI aus den Bildausschnitten der Fokusgebiete für die vorliegenden Aufnahmetermine gewonnen und alle Spektralinformationen einer Kultur (zu allen Zeitpunkten und in allen Beispielsbetrieben) vereint wurden. Aus den ca. 420 Feldern der sechs Agrarbetriebe konnte für die einzelnen Nutzungsklassen folgende Anzahl an Basisdatensätzen (Zustand eines Ackerschlags zu einem bestimmten Zeitpunkt) bewertet werden (vgl. Tabelle 16).

Tab. 16: Anzahl der einzelnen Nutzungsklassen

Nutzungsklasse	Gesamtanzahl an Datensätzen
Brache	ca. 760
Feldfutter (Gras, Klee)	ca. 120
Gemüse (Möhren)	ca. 40

Gemischte Ölfrüchte und Leguminosen	ca. 325
Kartoffeln	ca. 165
Silomais	ca. 365
Sommergetreide	ca. 125
Winterraps	ca. 270
Winterroggen	ca. 890
Wintergerste	ca. 320
Winterweizen	ca. 345
Zuckerrübe	ca. 60

Diese Daten wurden dann einer Güteabschätzung unterzogen. Zunächst wurden die Werte innerhalb eines landwirtschaftlichen Betriebes hinsichtlich ihrer Streuung und ihrer Größe betrachtet, Schläge mit sehr heterogener Grauwertausrägung sowie einer Größe von nur wenigen Pixeln, wurden nicht berücksichtigt. Die verbleibenden Werte wurden getrennt nach den Agrarbetrieben für die einzelnen Zeitpunkte arithmetisch gemittelt. Im Ergebnis entstand eine Punktmenge (verschiedenfarbig in Abb.8), die – immer noch getrennt – betrachtet werden konnte. Unter Einbeziehung von Zusatzwissen wurden die Punktmenge gütebewertet und die verbleibenden brauchbaren Informationen erneut zeitpunktbezogen arithmetisch gemittelt.

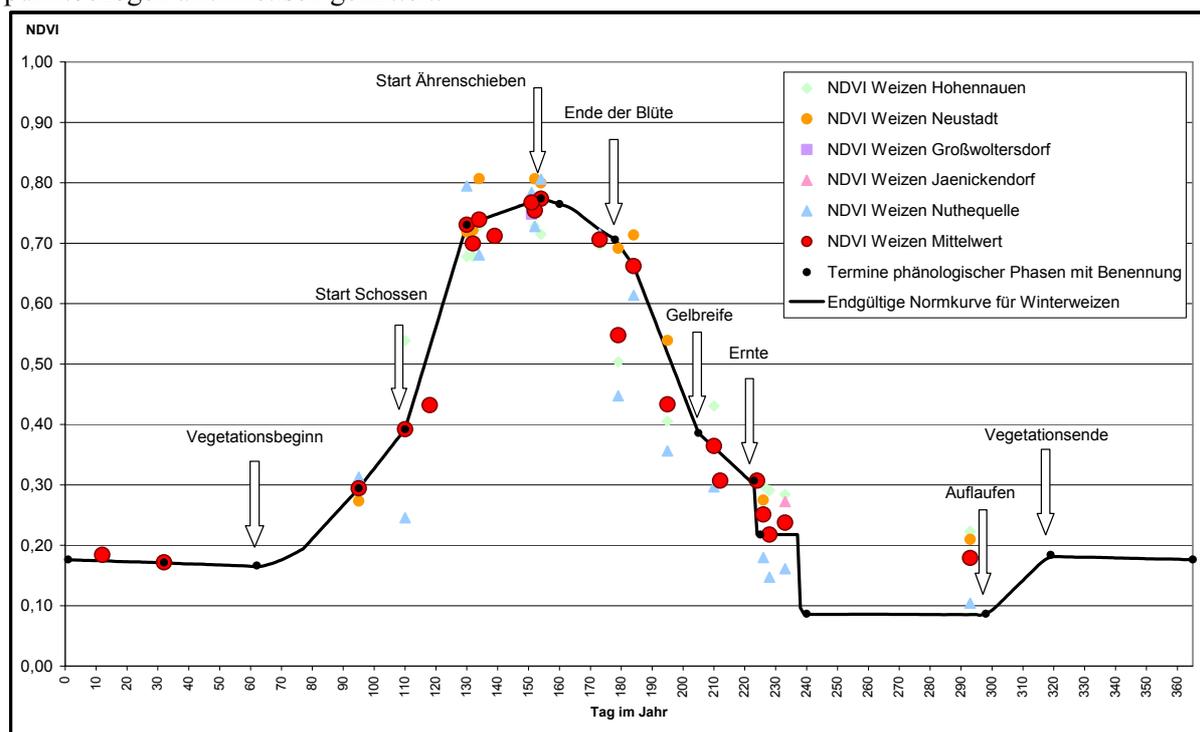


Abb. 8: NDVI-Normkurve für Winterweizen im Vergleich zu Stützpunkten und Mittelwerten

Die so entstandenen Mittelwerte (grün in Abb.8) bilden die Grundlage für die Stützpunkte der Normkurven. Anhand des langjährigen phänologischen Kalenders für das Untersuchungsgebiet wurden sie entsprechend vorhandener phänologischer Informationen (Beginn bzw. das Ende der Vegetationsperiode, verschiedene Blütestadien –beginnende Blüte, Vollblüte, endende Blüte–, verschiedene Reifestadien des Getreides –Milch-, Teig-, Gelb-, Vollreife–, usw.) zu Stützpunkten mit korrektem Zeitbezug qualifiziert. Zwischen diesen Punkten wurde die Kurve interpoliert bzw. künstlich erzeugt. Der NDVI ermöglicht, vegetationsbestandene von unbewachsenen Oberflächen bzw. vitale Vegetation von weniger vitaler Vegetation zu unterscheiden.

Dabei weisen niedrige NDVI-Grauwerte auf abgestorbene bzw. weniger vitale oder fehlende Vegetation hin, wogegen hohe Grauwerte auf vitale Vegetation deuten lassen. Bei einem Aufnahmezeitpunkt

in der Phase der Blattentwicklung kann im weiteren Verlauf der Kurve, bedingt durch erhöhten Chlorophyllgehalt in den Blättern, mit zunehmenden Grauwerten gerechnet werden. Bei einer Satellitenaufnahme, die in die Phase der Fruchtentwicklung bzw. -reife fällt, werden die Grauwerte im weiteren Kurvenverlauf dagegen abnehmen. Mit diesem Hintergrundwissen können die fehlenden Werte in der spektralen Normkurve künstlich erzeugt und der Kurvenverlauf gegebenenfalls geglättet werden. Aus den Stützpunkten wurde unter Einbeziehung von Expertenwissen (Feinjustierung des phänologischen Zustandes, ertragsphysiologische Kenntnisse) die Normkurven erzeugt. Die Abbildung 8 soll die letzten Schritte der Vorgehensweise veranschaulichen.

Die so erzeugten Kurven geben Auskunft über die genormte spektrale Charakteristik der einzelnen Anbaukulturen sowie über ihre spektrale Unterscheidbarkeit zu den verschiedenen phänologischen Zeitpunkten. Sie verdeutlichen dabei, dass in der Regel multitemporale Datengrundlagen zur Trennung der verschiedenen Kulturarten notwendig sind und spannen das Feld ihrer spektralen Differenzierbarkeit mittels NDVI auf. Sie bilden den „universellen Klassifikator“. Dazu werden diese als Kurve mathematisch beschrieben, so dass für jeden Tag des Normjahres für jede Kultur ein entsprechender NDVI-Wert bestimmt werden kann.

Die so erzeugten Kurven geben Auskunft über die genormte spektrale Charakteristik der einzelnen Anbaukulturen sowie über ihre spektrale Unterscheidbarkeit zu den verschiedenen phänologischen Zeitpunkten. Sie verdeutlichen dabei, dass in der Regel multitemporale Datengrundlagen zur Trennung der verschiedenen Kulturarten notwendig sind und spannen das Feld ihrer spektralen Differenzierbarkeit mittels NDVI auf. Sie bilden den „universellen Klassifikator“. Dazu werden diese als Kurve mathematisch beschrieben, so dass für jeden Tag des Normjahres für jede Kultur ein entsprechender NDVI-Wert bestimmt werden kann.

4.1.1.4 Charakteristik der Normkurven

Die Abbildung 9 vereint alle Normkurven des NDVI für die betrachteten Feldfrüchte für ein phänologisches Jahr. Zunächst erscheint eine solche kompakte Darstellung als verwirrend. Sie ist aber für das Erfassen der komplexen Situation durchaus sehr hilfreich.

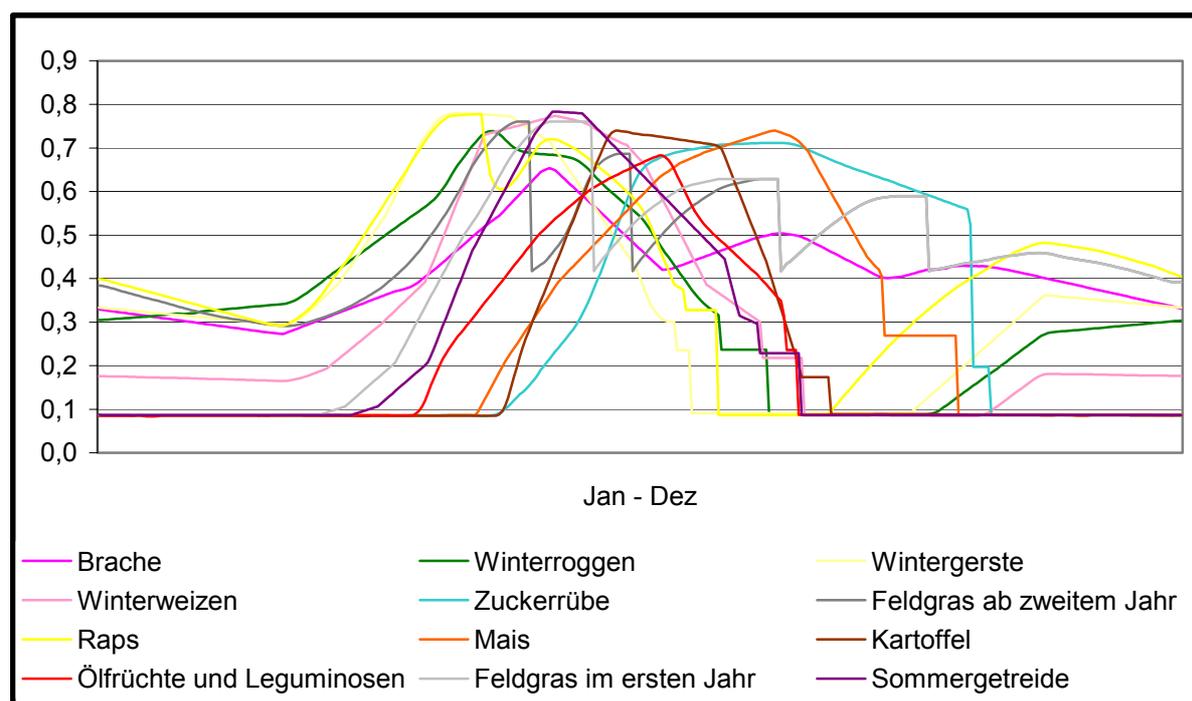


Abb. 9: Normkurven des NDVI für die betrachteten Feldfrüchte

Sofort wird die vielschichtige Überlagerung der Spektralsignaturen der einzelnen Kulturen offensichtlich. Es kann mit Sicherheit gesagt werden, dass es zu keinem Einzeltermin möglich ist alle Kulturen auf der Grundlage ihres NDVI-Wertes zu diesem Zeitpunkt zu unterscheiden. Es sind zu einzelnen Terminen oder Intervallen immer nur einige wenige Feldfrüchte verschieden. Die Erkenntnis daraus ist die Notwendigkeit multitemporaler Ansätze. Deutlich wird dabei aber sofort, dass verhältnismäßig viele Termine benötigt werden, die wiederum bestimmten verschiedenen Intervallen zugehören müssen. Das wird von den gegenwärtig zur Verfügung stehenden Aufnahmesystemen nicht geleistet. Also erscheint die Aufgabe nicht bzw. nur zufällig lösbar. Auf jeden Falle ist erkennbar, dass eine herkömmliche Klassifizierung schnell an die Grenze stößt, eine ausreichende Anzahl verschiedener Kulturen zu selektieren.

Sucht man mit dem Ähnlichkeitsprinzip nach Strukturen in der Menge der spektralen Normkurven, so findet man schnell drei Gruppen, deren Kurvenverlauf ein gleichartiges Aussehen besitzen (Anstiege, Maxima, Minima, Intervalllängen usw.). Es differenzieren sich Winterfeldfrüchte (Raps, Weizen, Roggen, Gerste), Sommerfeldfrüchte (Kartoffeln, Zuckerrüben, Getreide, Ölfrüchte/Leguminosen, Silomais) und grasartige Dauerkulturen (Feldgras, Brache). Die Abbildungen 10 a–c zeigen die NDVI-Normkurven nach diesen Gruppen getrennt.

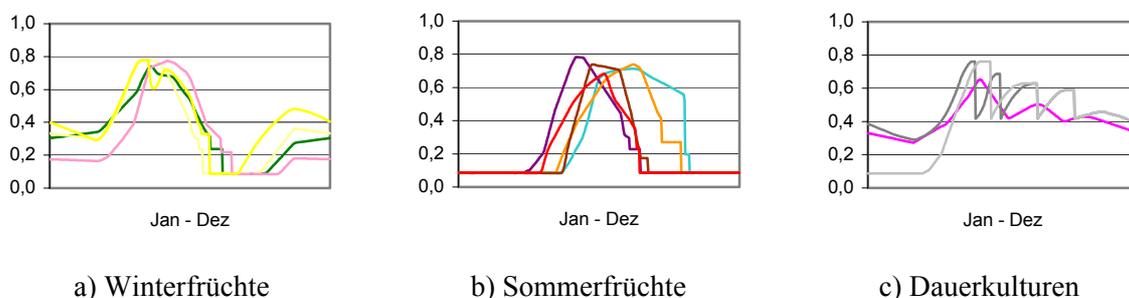
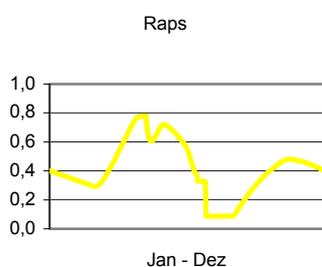


Abb. 10 a–c: Normkurven des NDVI der Feldfrüchte gruppiert nach Ähnlichkeiten

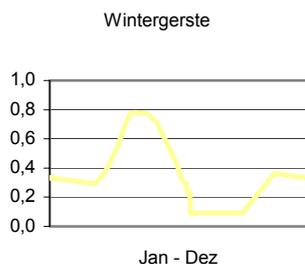
Im Wesentlichen wird der NDVI-Wert durch die Chlorophyllmenge bestimmt. Veränderungen von Begrünungsgrad, Biomasse usw. sind somit entscheidend, so dass letztendlich die Feldfrüchte innerhalb einer Gruppe eine ähnliche Phänologie besitzen. Winterkulturen laufen im Herbst nach der Aussaat auf und zeigen ab diesen Zeitpunkt einen ansteigenden NDVI-Wert. Während der Winterruhe verändert sich dieser nur geringfügig (tendenziell eher abfallend). Erst im Frühling steigen die Werte rasch an und erreichen im Frühsommer ihre Maximalwerte. Danach ist ein verhältnismäßig rascher Abfall während der Reifephase vorhanden, in denen sich die Ernte- und Feldberäumungstermine abzeichnen. Bereits im Sommer ist der Zyklus abgeschlossen. Sommerkulturen verzeichnen erst im späteren Frühling ein Anwachsen der NDVI-Werte. Der phänologische Zyklus setzt zeitversetzt ein. Einem sehr raschen Anstieg folgen relativ unterschiedliche Abfälle. Sie spannen sich auf zwischen Sommergetreide (nur kurz nach dem Wintergetreide) und Zuckerrüben (bis zur Ernte im späten Herbst grün). Bei dieser Gruppe erfolgt der Zyklus zeitversetzt. Grasartige Kulturen haben wegen der langfristigen Bewirtschaftung eine Abfolge von mehreren phänologischen Zyklen innerhalb eines Jahres. Die Anzahl resultiert aus der Zahl der Schnitte. Die Vitalität schwächt sich dabei von Schnitt zu Schnitt mehr ab und pegelt sich bei mehrjähriger Nutzung für die Überwinterung etwa auf dem Niveau der Wintergetreide ein, so dass Neuansaat in gewissem Maße mit Sommerkulturen harmonieren und Mehrjahresnutzungen gewisse Ähnlichkeiten mit Winterkulturen besitzen.

Auf einer zweiten Hierarchiestufe fallen dann innerhalb der Gruppen Unterschiede deutlicher auf. Auf diese soll nun im Einzelnen näher eingegangen werden.

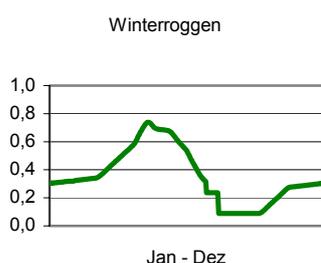


Winterraps zeigt, bedingt durch seine frühe Aussaat im Spätsommer, bereits um den 245sten Tag den Beginn des Ansteigens der NDVI-Werte. Er erreicht demzufolge auch die herbstlichen Höchstwerte im Vergleich mit den anderen Winterkulturen. Mit dem Einsetzen der Winterruhe fallen die Werte des NDVI, bedingt durch das Auswintern, relativ deutlich von anfangs fast 0,5 auf ca. 0,3. Im Frühjahr erfolgt ein zeitiger und schneller Anstieg der Werte. Die höchsten Werte liegen vor der Blüte. Diese markiert einen Einschnitt. Nach einem kurzen Wiederanstieg (ohne jedoch die Höchstwerte wieder zu erreichen) setzt, bedingt durch

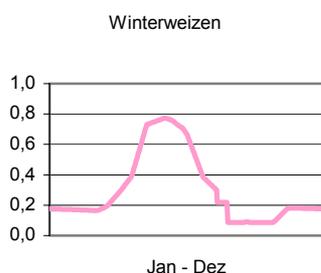
die Reifeprozesse, ein kontinuierlicher Abfall des NDVI ein. Die Ernte liegt um den 195sten Tag zusammen mit der Winterroggenernte. Kurz danach wird das Feld beräumt. Ab ca. 210. Tag steht die Fläche zur weiteren Nutzung zur Verfügung.



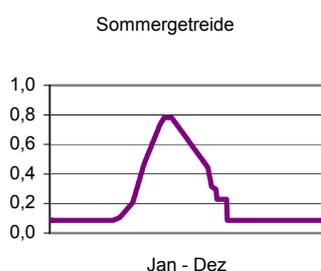
Winterfrüchten der Zyklus ca. eine Woche eher beendet ist. Ab dem ca. 200sten Tag kann die Fläche bereits wieder genutzt werden.



geringen Abfall der NDVI-Werte und während der Blütezeit verweilt der Wert auf etwa diesem Niveau. Die Reflexion des Reifeprozesses erfolgt nahezu identisch zum Raps, Roggen steht aber in den Schlussphasen etwas länger auf dem Feld. Ca. ab 225sten Tag ist das Feld wieder frei zur neuen Bearbeitung.



dem der anderen Kulturen dieser Gruppe, so dass der Rückstand bis zum Abschluss des Zyklus ungefähr bestehen bleibt. Um den 240sten Tag wird das Feld zur weiteren Nutzung wieder frei.



dass ebenfalls um den 230sten Tag, also nach bereits ca. 145 Tagen, der Zyklus abgeschlossen ist und das Feld neu genutzt werden kann.

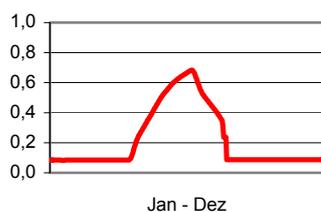
Wintergerste folgt dem Raps im Aussattermin. Entsprechend zeitversetzt setzt der Anstieg der NDVI-Werte ein. Bis zum Ende der herbstlichen Wachstumsphase erfolgt ein kontinuierlicher Anstieg, allerdings in der Intensität leicht abgeschwächt im Vergleich zum Raps. Das Auswintern in der Winterruhe bewirkt auch einen leichten Rückgang der NDVI-Werte in dieser Zeit. Das Aufwachen im Frühjahr wird identisch dessen des Winterraps abgebildet. Die Blüte erzeugt eher ein kleines Plateau auf Höchstniveau. Bei Gerste setzen die Reifeerscheinungen am ehesten ein, so dass die NDVI-Werte als erste fallen und im Vergleich zu den anderen Winterfrüchten der Zyklus ca. eine Woche eher beendet ist. Ab dem ca. 200sten Tag kann die Fläche

Winterroggen bildet in der Reihenfolge der Aussaat nach das dritte Wintergetreide. Der Saataufgang liegt um den 280sten Tag. Zunächst erkennt man eine regelmäßige Zunahme der NDVI-Werte, wenngleich noch mehr abgeschwächt und nicht bis auf ein so hohes Niveau wie bei den bereits beschriebenen Winterkulturen Raps und Gerste. Während der Winterruhe kann Roggen aber bei entsprechender Witterung sofort weiter wachsen, so dass auch in dieser Phase der NDVI leicht ansteigt. Im Frühjahr ist das Ansteigen der Werte etwas moderater. Das Maximum wird im Vergleich zu Raps und Gerste später erreicht. Die Blüte bewirkt einen

Winterweizen besitzt den am spätesten einsetzenden phänologischen Zyklus. Saataufgang ist um den 300sten Tag. Es bleibt nur noch eine kurze vorwinterliche Wachstumszeit. Ein geringes und auch verhältnismäßig langsames Ansteigen der NDVI-Werte ist die Folge. Während der Winterruhe wird das niedrige Niveau in etwa gehalten. Der Winterweizen startet seine Hauptwachstumsphase im Frühjahr also von einem deutlich niedrigerem Niveau. Dieser Zeitverzug verringert sich nur geringfügig, so dass die Höchstwerte des NDVI im Vergleich zu den anderen Winterkulturen auch erst später liegen. Der Reifeprozess verläuft analog zu

Sommergetreide (berücksichtigt wurden hauptsächlich Hafer und Sommergerste) geht ca. um den 85sten Tag auf. Der NDVI-Wert steigt nach Erreichen des maximalen Bedeckungsgrades sehr rasch und erreicht innerhalb von knapp 40 Tagen sein Maximum. Dieses fällt in etwa mit dem des Winterweizens zusammen, so dass die Rückstände ab dann aufgeholt sind. Im Reifeprozess treten geringe Unterschiede während der Gelbreifungs-Vollreifungsphase auf. Beim Sommergetreide setzt dieser Abschnitt etwas später ein, verläuft dafür aber schneller. Erntetermine und Feldberäumung sind mit denen des Winterweizens wieder identisch, so

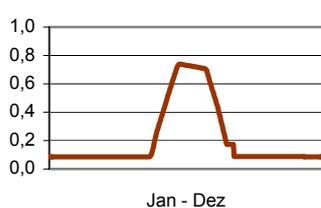
Ölfrüchte und Leguminosen



Ölfrüchte und Leguminosen unterscheiden sich hauptsächlich durch ihre geringeren Maximalwerte des NDVI. Sie liegen unter 0,7. Dieser Wert wird auch deutlich später erreicht (allmählicheres Ansteigen) als bei den bereits erwähnten Feldfrüchten. Damit ist er vermutlich gut unterscheidbar, aber die Tatsache, dass die Frühreifstadien der anderen Kulturen ein ähnliches Wertenniveau besitzen, zeigt die Schwierigkeiten, noch aufwachsende Ölfrüchte und Leguminosen vom reifenden Wintergetreide zu unterscheiden. Der Reifeprozess erfolgt ähnlich denen der Getreidekulturen, aber zeitversetzt. Um das Feld möglichst schnell einer Nachnutzung zuzuführen, können nach dem Abernten die Arbeitsgänge forciert werden. Das Feld kann etwa zur gleichen Zeit wie bei Sommergetreide oder Winterweizen nachgenutzt werden (Tag 222).

zuzuführen, können nach dem Abernten die Arbeitsgänge forciert werden. Das Feld kann etwa zur gleichen Zeit wie bei Sommergetreide oder Winterweizen nachgenutzt werden (Tag 222).

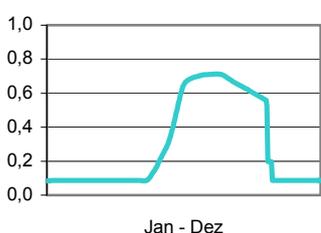
Kartoffel



Kartoffeln haben im Allgemeinen ein Spektrum von Früh- bis Spätkartoffeln. Hier wurden mittelspäte Sorten ausgewählt. Wegen der Frostgefährdung im Frühjahr und dem daraus resultierenden späten Legetermin, steigen die NDVI-Werte erst spät (ca. 135ster Tag) an. Der Anstieg ist dann kontinuierlich. Innerhalb von ca. 35 Tagen werden die Höchstwerte erreicht. Für die Blühphase werden annähernd hohe Werte erreicht, so dass ein ca. 40 Tage andauerndes Plateau entsteht. Danach trocknet das Kraut schnell ab, weil etwa 3 Wochen vor Ernte eine mechanische Krautabtötung erfolgt. Zum Erntetermin findet in der Regel bereits keine chlorophyllbedingte Rückstrahlung mehr statt. Nach dem 250sten Tag ist der Zyklus abgeschlossen. Es muss aber nochmals darauf verwiesen werden, dass gerade beim Kartoffelanbau der Zyklus zwischen frühen und späten Sorten eine deutliche zeitliche Verschiebung erfährt.

reits keine chlorophyllbedingte Rückstrahlung mehr statt. Nach dem 250sten Tag ist der Zyklus abgeschlossen. Es muss aber nochmals darauf verwiesen werden, dass gerade beim Kartoffelanbau der Zyklus zwischen frühen und späten Sorten eine deutliche zeitliche Verschiebung erfährt.

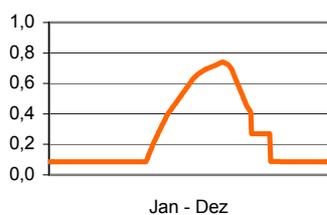
Zuckerrüben



Zuckerrüben setzen in ihrer phänologischen Entwicklung spät ein. Nach dem Aufgang ist das Wachstum der Pflänzchen langsam. Das bedeutet, dass der NDVI-Wert erst spät und dann auch langsamer (vergleichbar dem Getreide) ansteigt. In den fortgeschrittenen Wachstumsphasen steigt die Biomasseproduktion, so dass sich auch der NDVI-Wert schneller erhöht. Ist der Flächenschluss erst einmal erreicht, besitzen Zuckerrüben eine bis weit in den Herbst andauernde vegetative Phase. Dies bewirkt NDVI-Werte bis ca. zum 295sten Tag auf hohem Niveau mit nur verhältnismäßig geringen Nachlässen zum Erntetermin hin. Nach der Ernte wird das Feld schnell beräumt, so dass es anschließend zur

Nutzung zur Verfügung stände, aber da das Ende der Vegetationsperiode nahe ist, ist eine Weiternutzung nicht üblich.

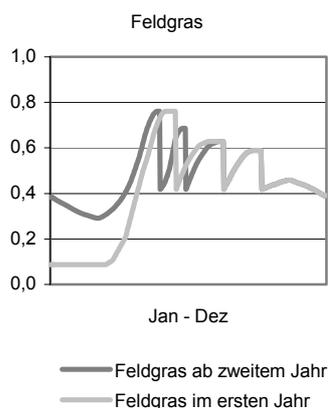
Silomais



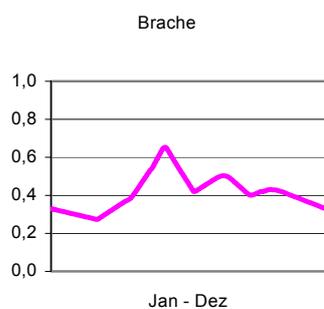
Silomais ist ebenfalls eine späte Sommerkultur. Der Saataufgang liegt so um den 125sten Tag. Von da an steigen die NDVI-Werte kontinuierlich bis zum ca. 230sten Tag an. Mais produziert also über einen langen Zeitraum Biomasse, die sich akkumuliert. Dabei zeigt die Normkurve, dass sich die Zuwachsraten zum Maximalwert hin allmählich abschwächen. Als höchster NDVI-Wert wird ein ähnlich hoher Wert über 0,7 erreicht wie bei den anderen Getreidearten. Nach dem Erreichen des Maximalwertes setzt zunächst die Blüte ein, die den Grüneindruck verringert. Mit der Ausreifung der Frucht geht das langsame Absterben der Pflanzen

einher, die NDVI-Werte fallen bis auf Beträge um 0,4. Dieser Wert liegt deutlich über dem Vollreifewert. Für Mais gilt, dass nach der Ernte (ca. 260ste Tag) oft das Feld nicht gleich beräumt wird. Pflanzenreste und die Stoppeln stehen manchmal sogar über dem Winter und werden erst im Frühjahr untergepflügt. Das liegt einerseits am späten Erntetermin, der eine Nachnutzung noch im Herbst (Win-

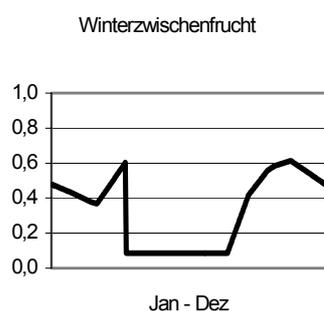
terkultur) ausschließt, andererseits können auf dem Feld verbliebene Futterreste von Wildtieren gut nachgenutzt werden, was diese teilweise von anderen bestellten Feldern abhält.



ersten Schnitt wie eine Sommerkultur, während ein mehrjähriges Feldgras speziell im Winter natürlich die Eigenschaften einer Winterkultur hat. Es ist deshalb eine Zuordnung zu diesen Gruppen möglich.



handelt. Erst die verbesserte Feuchtesituation im August/September führt zu einem zweiten deutlich schwächeren Aufwuchs. Zum Ende der Vegetationsperiode hin wird meistens die jährliche Pflegemaßnahme durchgeführt, das heißt lediglich gemäht, in der Regel nicht beräumt. Hier sinken die NDVI-Werte nochmals.



zufolge mit und ohne Vorfrucht betrachtet werden. Untersuchungen dazu wurden bei Müller 2004 durchgeführt. Das sollte für unsere Untersuchungen ausgeschlossen werden, das setzt wiederum Kenntnisse über das spektrale Verhalten der Winterzwischenfrüchte voraus, um solche Fälle zu erkennen und auszuschließen. Betrachtet man die NDVI-Werte der Normkurve der Winterzwischenfrüchte, so haben sie im Herbst in etwa das Verhalten eines Wintergetreides. Der Aufwuchs ist noch verhältnismäßig stark, was auch relativ hohe NDVI-Werte zur Folge hat. Auswinterungserscheinungen bilden sich ebenso ab wie das beginnende Ansteigen der Werte mit dem Einsetzen der Vegetationsperiode im Frühjahr. Der wesentliche Unterschied zwischen beiden entsteht an dieser Stelle dadurch, dass die Winterzwischenfrucht zu dieser Zeit im Rahmen der Saatbettbereitung für die Hauptfrucht unterge-

Feldgras –als Futter genutzt– spielt in manchen Gebieten ebenfalls eine zu berücksichtigende Rolle. Oftmals sind es Mehrjahresnutzungen, so dass es notwendig wird, zwischen Neuansäen und den mehrjährig genutzten Feldgräsern zu unterscheiden. Die Bewirtschaftung ist verschieden. Alte Kulturen können öfter gemäht werden, auch der erste Mahdtermin des Jahres liegt etwas früher. Außerdem liegt der Wert des NDVI im ersten Jahresabschnitt deutlich über dem von Neuansäen. Beide Gruppen durchlaufen innerhalb eines Jahres der Zyklus zwischen Aufwachsen und Abmähen mehrfach. Die Dauer des Aufwachsens nimmt zum Herbst hin zu. Ebenso nimmt die Menge der aufwachsenden Biomassen ab. Chlorophyll spielt auch unmittelbar nach dem Schnitt noch eine Rolle, so dass die NDVI-Werte zu diesen Zeitpunkten noch über 0,4 liegen. Neuangesätes Feldgras verhält sich bis zum

Brachen sind ein wichtiger Bestandteil der Fruchtfolge. Traten sie früher fast ausschließlich als Jahresbrachen auf, ist heute der Anteil der Dauerbrachen dominant. Brachen sind den Grünländern ähnlich, da es sich in der Regel um Grünbrachen handelt. Deshalb bestehen Ähnlichkeiten zu den Feldgräsern. Der Aufwuchs erfolgt langsamer, da Düngung und Pflege fast völlig fehlen. Der Aufwuchs muss „durchwachsen“. Es werden auch nur geringere Maximalwerte für den NDVI erreicht, da Blühaspekte einerseits und die geringere Biomasse andererseits Auswirkungen zeigen. In der Regel vergilbt oder vertrocknet der Aufwuchs in der sommerlichen Trockenheit, zumal es sich meist um trockene Sandstandorte

Abschließend ist noch ein nicht unbedeutendes Problem zu beachten. Üblicherweise finden in der Landwirtschaft Zwischenfrüchte Beachtung (ca. auf 15% der Flächen). Gegenwärtig handelt es sich meist um Winterzwischenfrüchte, die zur Bodenverbesserung genutzt werden oder als Erosionsschutz für die Wintermonate dienen. Teilweise wird der Anbau subventioniert. Das Problem ist dahingehend von Bedeutung, dass solche Zwischenfrüchte im NDVI-Wert Merkmale abbilden, die zu Fehlerkennungen bei den Hauptkulturen führen. So suggeriert eine Winterzwischenfrucht eine Winterkultur, obwohl im Frühjahr dort nach dem Unterpflügen eine Sommerkultur wächst. Jede Sommerkultur müsste dem-

pflügt wird, wodurch ihr Zyklus abrupt abgebrochen wird. Winterzwischenfrüchte an sich sind zur Hauptvegetationszeit Frühjahr/ Sommer nicht vorhanden (niedrige NDVI-Werte).

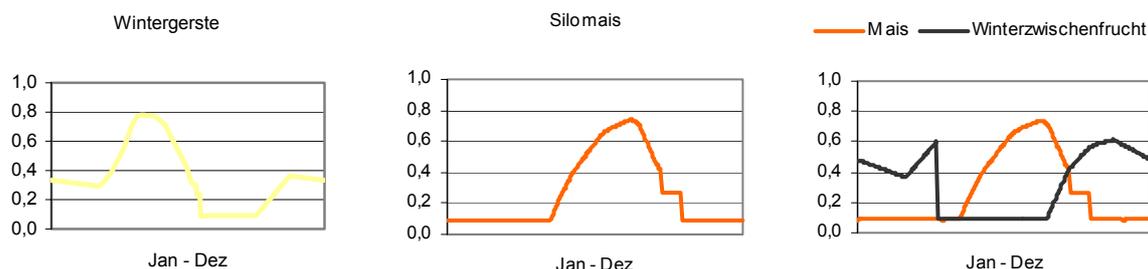


Abb. 11: Vergleich der Normkurvencharakteristik von Sommer-, Winter- und Zwischenfrüchten

Analysiert man nun die Unterscheidbarkeit der Spektralsignaturen für die einzelnen Kulturen, so kann man resümieren, dass zwei Probleme eine zentrale Rolle spielen (Abbildung 11). Zum einen kann der deutliche Unterschied zwischen Winter- und Sommerkulturen genutzt werden, aber zum anderen muss ausgeschlossen werden, dass Winterzwischenfrüchte vor Sommerkulturen zu falschen Zuweisungen führen. Damit würde die Hauptunterscheidbarkeit zwischen Sommer- und Winterkulturen im Winterhalbjahr verloren gehen und alle anderen Unterscheidungsmöglichkeiten würden nicht mehr greifen. Massive Fehlzuweisungen wären die Folge. Betrachtet man nun die Unterscheidbarkeit innerhalb der Winter- und innerhalb der Sommerkulturen, so besitzen Winterkulturen speziell zu Beginn der Winterruhe gute Trennungsmöglichkeiten, aber auch zu anderen Abschnitten sind zwischen einzelnen Kulturen hinreichende Unterscheidungsmöglichkeiten gegeben.

Winterraps hebt sich während der Blüte deutlich von den anderen Kulturen ab. **Winterweizen** hat im Vergleich einen zeitverzögerten Aufwuchs im Frühjahr. **Wintergerste** besitzt im Reifeprozess einen zeitlichen Vorsprung gegenüber allen übrigen Kulturen. **Winterroggen** unterscheidet sich speziell durch die Art des Aufwachsens. Hier kann ein moderaterer Anstieg der NDVI-Werte verglichen zu den anderen Feldkulturen festgestellt werden. Dies führt insbesondere in den Mittelphasen des Aufwachsens zu Unterscheidungsmöglichkeiten. Nimmt man noch **mehnjähriges Feldgras** und **Brache** mit in diese Gruppe, so differenzieren sich diese durch ihren mehrphasigen Zyklus.

Sommergetreide ist neben **Neuansaat von Feldgras** die früheste Sommerkultur. Beide erreichen ihre Maximalwerte schnell. Von diesem Zeitpunkt an besitzen die Sommergetreide große Ähnlichkeiten zum Winterweizen, so dass die beginnende Aufwuchsphase nach dem Saataufgang die besten Unterscheidungsmöglichkeiten bietet. Das neuangesäte Feldgras verhält sich dort ähnlich, tritt aber später schnell in den durch mehrfache Schnitte gekennzeichneten Rhythmus ein. Dies kann zur Unterscheidung genutzt werden. Bei **Ölfrüchten** und **Leguminosen** setzt der phänologische Zyklus etwas später ein. Die mittlere Stellung innerhalb der Sommerkulturen, verbunden mit geringeren Maximalwerten (Blühaspekte), kennzeichnen diese Kulturgruppe. Die verbleibenden drei Sommerkulturen starten ihren phänologischen Zyklus spät. **Kartoffeln** haben einen intensiven aber relativ kurzen Zyklus und heben sich besonders während des Absterbens des Kartoffelkrautes im Reifeprozess von den übrigen Kulturen ab. **Mais** besitzt durch seine späte Blüh- und Reifephase ab dem späten Sommer beste Unterscheidungsmöglichkeiten zu fast allen Kulturen. Hier treten lediglich noch gewisse Ähnlichkeiten zu **Zuckerrüben** auf. Diese behalten aber ihre Vegetativität bis zur Ernte und heben sich so nach dem Einsetzen des Reifeprozesses beim Mais von diesem mit fortschreitender Zeit zunehmend besser ab.

Das Problem, eine Trennung von Fruchtarten auf der Grundlage oft weniger und ähnlicher Spektralmerkmale vorzunehmen, bleibt aber generell bestehen. Es sei dennoch erlaubt, nach einem Optimum zu suchen. In der nachstehenden Tabelle 17 sind die Nutzungsklassen aufgelistet, deren Trennung besonders problematisch ist. Für diese werden Terminspannen ausgewiesen, in denen sich die NDVI-Merkmale der jeweiligen Klassen deutlich unterscheiden. Diese Zeitspannen wurden durch eine entsprechende Auswertung der NDVI-Normkurven ermittelt.

Tab. 17: Zeiträume für optimale Termine der Satellitenaufnahmen innerhalb einer Anbauperiode

Schwer trennbare Nutzungen	Zeiträume für günstige Aufnahmezeitpunkte (Tag im Jahr)	Phänologische Entwicklungsstadien
Brache – Winterroggen	Anfang Okt. (274) – Mitte Okt. (288) Anfang April (91) – Mitte Mai (135) Anfang Aug. (213) – Ende Aug. (243)	Aufwachsen Schossen bzw. Ährenschieben Reifephase
Wintergerste – Winterroggen	Mitte Okt. (288) – Ende Nov. (334) Ende Mai (151) – Mitte Juni (166) Mitte Juli (196) – Ende Juli (212)	Aufwachsen Blüte Reife und Ernte
Winterweizen – Ölfrüchte	Mitte Nov. (319) – Anfang März (60) Mitte März (74) – Ende Juli (212)	Aufwachsen Winterweizen Schossen bis Reife Winterweizen
Winterraps – Winterroggen	Anfang Okt. (274) – Ende Nov. (334) Mitte April (105) – Anfang Mai (121) Mitte Mai (135)	Aufwachsen Knospenbildung Winterraps Blüte Winterraps
Winterraps – Winterweizen	Mitte Okt. (288) – Ende April (120) Anfang Juli (182) – Mitte Juli (196)	Aufwachsen bis Schossen Reife
Silomais – Brache	Anfang Mai (121) – Mitte Juni (166) Mitte Juli (196) – Ende Aug. (243) Ende Sept. (273) – Ende Okt. (304)	Aufwachsen Silomais Schossen bis Reife Silomais Ernte Silomais
Silomais – Zuckerrüben	Anfang Juli (182) – Mitte Juli (196) Mitte Aug. (227) – Ende Sept. (273)	Schossen Silomais Reife bis Ernte Silomais
Silomais – Kartoffeln	Ende Mai (151) – Mitte Juli (196) Ende Aug. (243) – Ende Sept. (273)	Schossen Silomais, Blüte Kartoffeln Reife und Ernte
Kartoffeln – Zuckerrüben	Ende Mai (151) – Mitte Juni (196) Mitte Aug. (227) – Ende Sept. (273)	Bestandsschluss Reife und Ernte
Ölfrüchte/Leguminosen – Brache	Ende April (120) – Mitte Mai (135) Ende Juni (181) – Mitte Juli (196) Mitte Aug. (227) – Ende Okt. (304)	Aufwachsen Öllein Blüte und Fruchtentwicklung Öllein Reife und Ernte

Daraus kann geschlussfolgert werden, dass für die Trennung der Winterfrüchte in einem Normaljahr der Witterung Aufnahmen von Anfang/Mitte April (spärliche Begrünung bei Weizen), Mitte Mai (Rapsblüte) und Anfang Juli (Reife der Gerste) die geeignetsten sind. Die Trennung der Sommerfrüchte gelingt am besten mit Aufnahmen von Mitte Mai (Aufgang von Rüben und Mais), Mitte August (Reife von Sommergetreide, Kartoffeln und Ölfrüchten) und Mitte September (Reife von Mais). Damit ergibt sich eine Folge von fünf optimal differenzierenden Aufnahmetermen von Satellitenbildern:

Anfang/Mitte April – Mitte Mai – Anfang Juli – Mitte August – Mitte September

Zusammenfassend muss aber nochmals festgestellt werden, dass sich gegenwärtig die Unterscheidbarkeit sowohl auf einzelne Kulturen einschränkt als auch auf gewisse Zeitabschnitte reduziert ist. Da andererseits, wie bereits erwähnt, die zeitliche Auflösung der nutzbaren Satellitendaten unzureichend ist, muss aus den wenigen zur Verfügung stehenden Zeitpunkten die optimale Information extrahiert werden. Nicht jeder Zeitpunkt ist interpretatorisch gleichwertig. Die Anzahl der Szenen pro Jahr und die zeitliche Einordnung der Szene in das phänologische Jahr werden zum Erfolgsmesser. Der Klassifizierungsalgorithmus muss diese Ausgangslage berücksichtigen.

4.1.1.5 Klassifizierungsalgorithmus

Die Ausgangssituation für die Klassifikationen, die sich nun anschließen, ist im Vergleich zur herkömmlichen Bildverarbeitung eine andere. Wesentlich verschieden ist der Klassifikator. Bei der herkömmlichen Herangehensweise wird der Klassifikator und die mathematische Beschreibung der Klassen aus der statistischen Analyse der Beispielflächen generiert und je nach verwendetem Algorithmus durch Maße wie Mittelwert, Maximum, Minimum, Standardabweichung, a priori-Wahrscheinlichkeit, Mahalanobisdistanz usw. beschrieben. Die als Klassifikator vorgesehenen Normkurven er-

möglichen die Ableitung vieler dieser Maße nicht. Sie müssten abgeschätzt oder durch zusätzliche zwischengeschaltete Bildanalysen gewonnen werden. Deshalb ist die Auswahl des Klassifizierungsalgorithmus bedeutungsvoll. Die Bildverarbeitungsprogramme berücksichtigen in der Regel drei Verfahren:

Das **Parallelepiped-Verfahren**, eine Bildklassifizierungsmethode, die eine Parallelepiped-Form nutzt, um Werte einer bestimmten Objektklassen zuzuweisen. Das Parallelepiped repräsentiert einen multidimensionalen Raum, definiert in Form von Ober- und Untergrenzen an Grauwerten für unterschiedliche Frequenzbänder. Die Pixel eines Bildes werden dann klassifiziert, je nach dem, in welches Parallelepiped sie fallen. Rückweisungen können bei fehlender Zuordnung vereinbart werden. Wesentliche Größen sind die Grenzen (Minima, Maxima), die die Parallelepipede charakterisieren.

Das **Minimum-Distanz-Verfahren** stellt die zu klassifizierenden Bildpunkte in den n-dimensionalen euklidischen Raum und bestimmt als Abstandsmaß (Distanz) den euklidischen Abstand. Die Zuordnung erfolgt nach dem geringsten Abstand. Bezugsgrößen sind die Mittelwertvektoren. Nachteilig hierbei wirkt sich aus, dass alle Klassen eine gleiche Offenheit hinsichtlich der Zuordnung besitzen. Klassengrenzen sind aber notwendig, um den verschiedenen Homogenitäten und Heterogenitäten des Merkmalsraumes gerecht zu werden.

Das **Maximum-Likelihood-Verfahren** ist ein Klassifizierungsansatz, bei dem der Klassifikator mittels Varianz, Kovarianz und Mittelwerte aller Frequenzbänder charakterisiert wird. Die daraus resultierenden Wahrscheinlichkeitsfunktionen (Bayessche Formel) werden dann verwendet, um die Pixel den Klassen zuzuweisen, zu denen sie am wahrscheinlichsten gehören. Benötigt werden dabei Mittelwerte, a priori-Wahrscheinlichkeiten, Varianzen, Kovarianzen und Mahalanobisdistanzen.

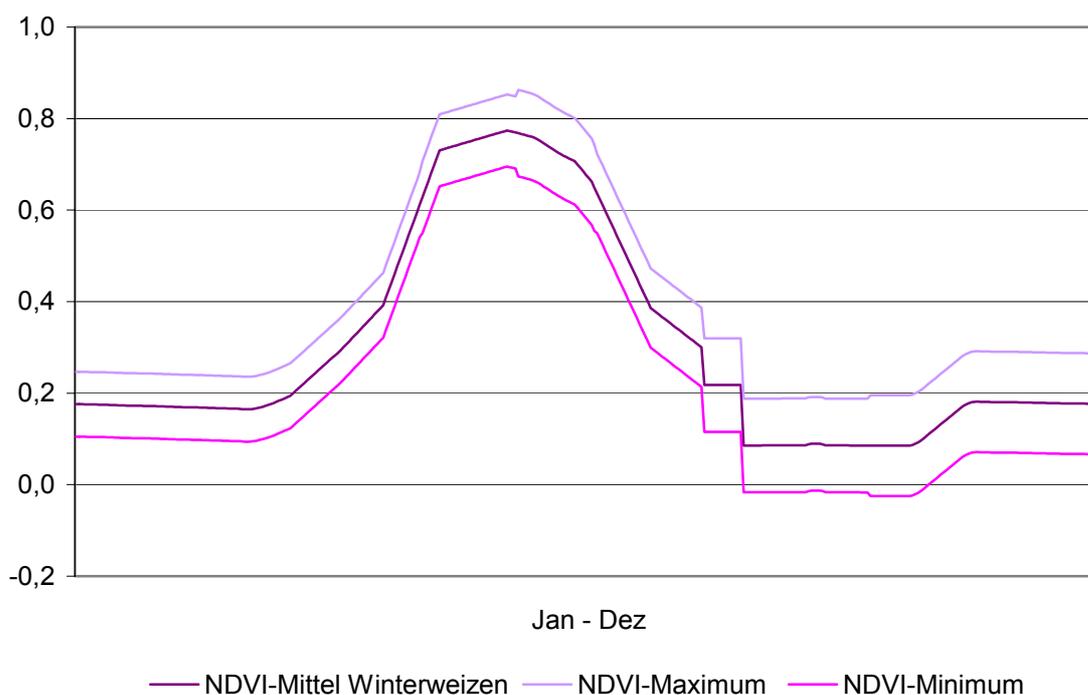


Abb. 12: Minimum-Maximum-Intervalle der Normkurve für Winterweizen

Es wurden Tests zu allen Verfahren durchgeführt. Zur Dateneingabe wurden die im GFZ entwickelten Programmpakete PSIC und Spanclass genutzt, die es ermöglichten, die Klassifikatordatei direkt einzugeben und zu editieren. Nach mehreren Versuchen wurde die Erkenntnis gefunden, dass, je mehr Eingangsvariable abgeschätzt werden müssen, um so unkontrolliertere Ergebnisse erzeugt werden können. Das Ergebnis lässt sich durch Probieren optimieren, aber kaum begründen. Die Entscheidung fiel so zugunsten des Parallelepiped-Verfahrens, bei dem lediglich die oberen und unteren Klassengrenzen (Maxima, Minima) anzugeben sind. Diese lassen sich aus den Standardabweichungen ermitteln, die für jede Kultur für jeden vorliegenden Termin aus dem Verschnitt der Referenzflächen mit den NDVI-Werten der einzelnen Satellitenszenen bestimmt wurden. Die Normkurven konnten so mit Minimum-Maximum-Intervallen umgeben werden (siehe Beispiel Winterweizen in Abbildung 12). Das Parallelepiped Verfahren wird so der unterschiedlichen Heterogenität der Klassen gerecht, da die

Standardabweichungen für jede betrachtete Frucht zu verschiedenen Zeiten im Laufe der Entwicklung differieren. Die notwendigen Intervallgrenzen der Parellelepiped können somit aus den Normkurven ermittelt werden und in den Klassifikator eingehen.

Ziel der Klassifikation ist zunächst das Bestimmen der jährlichen Verteilung der Hauptkulturen auf den Ackerschlägen. Für die Klassifizierung wurde ein gestaffelter Algorithmus entwickelt. Er umfasst die folgenden Arbeitsabläufe.

1. Zunächst wird ein multitemporaler Datensatz der NDVI-Werte der für ein Anbaujahr zur Verfügung stehenden Termine zusammengestellt. Auf diesen wird eine Ackermaske gelegt. Das **Erstellen einer Ackermaske** ist notwendig, um aus dem Fernerkundungsdatensatz die interessierenden Teile von den übrigen zu trennen. Da es um die Feldfrüchte geht, müssen diese zunächst erkannt und separiert werden. Als Grundlage dafür wurde die digitale Biotopkartierung Brandenburgs genutzt. Diese wurde auf der Grundlage von Color-Infrarot(CIR)-Luftbildkartierungen aus dem Jahr 1992/1993 erstellt. Die darin kartierten Ackerflächen werden auf die Fernerkundungsdatensätze übertragen. Alle nicht landwirtschaftlich genutzten Flächen, dazu zählen Gewässerflächen, Siedlungsflächen, Verkehrsflächen, Grün- und Freiflächen, Waldflächen, sonstige Vegetationsflächen (z.B. Baumgruppen und -reihen, Hecken) und Sonderflächen sowie die Grünlandareale bleiben unberücksichtigt.
Da die Biotoptypenkartierung z.T. mit Fehlern bzw. Ungenauigkeiten behaftet ist, wurde diese auf der Fokusebene vor dem Ausmaskieren der Nichtackerflächen nachkorrigiert. Dazu wurden Landsat-Datensätze von 1996 (01.02) und 2000 (12.02) herangezogen. Als Ergebnis erhält man einen Datensatz der Ackerflächen. Für die Gesamtebene konnte die Korrektur nicht vorgenommen werden, da es sich um eine visuelle Nachbearbeitung handelt, die auf dieser Ebene zu viel Zeit in Anspruch nimmt. Deshalb mussten hier die Fehler der Originalkartierung in Kauf genommen werden.
2. Um eine schlagbasierte Aussage machen zu können, müssen als nächstes die **Schlaggrenzen** in die Ackermaske eingefügt werden. Da es dafür keinen verfügbaren GIS-Datensatz gibt (das Feldblockkataster der InVeKoS-Daten löst nur in Feldblöcke, nicht in Schläge auf), der hätte genutzt werden können, wurde über das objektorientierte Klassifizierungsverfahren eCognition ein solcher erzeugt. Auf der Grundlage einer Satellitenszenenauswahl werden dabei für spektral ähnliche Flächeneinheiten Grenzen bestimmt. Diese können in die Ackermaske eingebunden werden. Im Ergebnis dieses Arbeitsschrittes erhält man ein Schlaggrenzencover der Ackermaske.
3. Die eigentliche Klassifikation teilt sich in drei Schritte. Der erste Schritt zielt darauf, das bereits diskutierte Problem der Trennung von Dauer-, Winter- und Sommerkulturen sowie das Ausschalten des Einflusses von Winterzwischenfrüchten zu realisieren. Zunächst werden anhand aller Aufnahmen des betreffenden Anbaujahres die Dauerkulturflächen ermittelt und als Dauerkulturmaske abgespeichert. Unter Verwendung dieser Maske erfolgt eine erneute Klassifizierung zur Trennung von Winter- und Sommerfrüchten. Wichtig ist dabei die Auswahl zweier geeigneter Zeitpunkte, die diese Interpretation ermöglichen. Eine Szene (Winter, zeitiges Frühjahr) muss die Winterkulturen (einschließlich der Winterzwischenfrüchte) markieren, die andere (spätes Frühjahr, Sommer) trennt die Sommer- von den Winterkulturen. Auf diese Art und Weise kann der kontinuierliche Zyklus der Winterhauptkulturen getrennt werden von den unterbrochenen Zyklen (Winterzwischenfrucht als Vorkultur der Sommerhauptfrucht) oder dem versetzt einsetzenden Zyklus (offene Ackerfläche im Winter gefolgt von Sommerhauptfrucht). Der so ausgewählte Datensatz wird nun klassifiziert. Im Klassifikator werden zunächst alle Winter- und Sommerfruchtclassen berücksichtigt (von Fall zu Fall ist ratsam, Klassen auszuschließen, die durch die Termine schlecht charakterisiert sind). Nach der Klassifizierung wird das Ergebnis generalisiert auf die beiden Bewertungen Winterkultur oder Sommerkultur. Abschließend wird jedes Polygon, das im Feldgrenzencover bekannt ist, nach Majorität der Anzahl der Pixel der Gruppe der Winterkulturen oder Sommerkulturen zugeordnet. Im Ergebnis kann jetzt getrennt je eine **Winterfruchtmaske** bzw. **Sommerfruchtmaske** erstellt werden.
4. Die weiteren Klassifizierungen werden jetzt getrennt nach Winterkulturen (Raps, Roggen, Gerste, Weizen) und Sommerkulturen (Sommergetreide, Mais, Kartoffeln, Zuckerrüben, Ölfrüchte/Leguminosen, Feldgras in ersten Jahr) vorgenommen. Für beide Gruppen wird ein eigener Klassifikator und der eigene maskierte Datensatz entsprechend dem unterschiedlichen phänologischen Zyklus erzeugt. Die beiden **Ergebnisbilder der Winterfrüchte und der Sommerfrüchte** sowie das **Ergebnisbild der Dauerkulturen** werden zum Schluss additiv zusammengefügt und

ein Summenbild erzeugt. Danach wird wieder mit Hilfe des Schlaggrenzencovers jedem Polygon nach dem Majoritätsprinzip eine Fruchtart zugewiesen. Damit ist jedem Schlag eine der zwölf Feldkulturen zu.

Zur Realisierung des Klassifizierungsalgorithmus kamen die Programmpakete ERDAS IMAGINE, ArcView, ENVI und Spanclass zum Einsatz.

4.1.1.6 Diskussion der Klassifizierungsergebnisse der Jahre

Der Klassifikationsalgorithmus wurde für die Untersuchungsjahre 1994 bis 2000 angewendet. Entscheidend war die lückenlose Abfolge der Zeitreihe, eine zwingende Voraussetzung für die Betrachtung von Fruchtfolgen. Wie aus Tabelle 8 (siehe oben) ersichtlich, steht für die einzelnen Jahre eine unterschiedliche Anzahl von Satellitenszenen zur Verfügung. Sie bilden unterschiedliche Entwicklungszustände ab. Das zur Verfügung stehende Datenpotenzial muss man als zufällig bezeichnen. Dies wirkt sich auf die Güte der Klassifizierungsergebnisse aus, die für die einzelnen Jahre unterschiedlich ausfallen müssen. Bezogen auf die oben diskutierten „Wunschtermine“ (ohne Zweifel wäre ein Monitoringsystem mit lückenloser Datenaufzeichnung, das eine gezielte Datenauswahl zulässt das eigentliche Wunschziel) wäre eine Mindestforderung für ein gutes Ergebnis eine Verfügbarkeit von Szenen aus den Zeiträumen:

Anfang/Mitte April – Mitte Mai – Anfang Juli – Mitte August – Mitte September

notwendig. Die verfügbaren Aufnahmetermine für die einzelnen Jahre machen klar, dass das für kein Jahr auch nur annähernd erfüllt wird. Die Anzahl der Szenen pro Jahr für den Zeitraum von 1994 bis 2000 schwankt zwischen zwei (1998) und fünf (1996). Es sind also meist zu wenige und wenn man noch die Aufnahmezeitpunkte bewertet, oftmals Szenen mit redundanter Information. Demzufolge muss man die Ergebniserwartungen herunterschrauben.

Die Tabellen 18 a–d zeigen die Gütebewertung der Klassifikationsergebnisse für die sieben Untersuchungsjahre 1994 bis 2000. Bewertet wurden die Ergebnisse anhand der Anbauinformationen für die Referenzschläge der vier Agrargenossenschaften NEUGRO Landwirtschaft- und Dienste GmbH (Großwoltersdorf), Nuthequelle GmbH Niedergörsdorf, Agrargenossenschaft "Der Märker" Jänickendorf sowie der Agrargenossenschaft Hohennauen eG. Es wurden alle Schläge mit einer Größe von mehr als 10 ha geprüft. Lag die Zuordnungsgüte über 75% bezogen auf die Schlaganzahl, wurde die Bewertung  (> 75% der Schläge die laut Aussage des Betriebes mit Winterraps bestellt waren, wurden als Winterraps klassifiziert) vergeben. Betrug die Zuordnungsgüte 25–75% wurde die Bewertung  (25–75% der Schläge die laut Anbauinformation mit Winterraps bestellt waren, wurden durch die Klassifikation als solche erkannt, die restlichen wurden primär der Klasse Wintergerste zugeordnet) vorgenommen. Bei einer Zuordnungsgenauigkeit unter 25% wurde die Farbe Schwarz verwendet. Die grau unterlegte Kopfzeile gibt die jeweilige Kulturpflanze an. Spaltenweise wird nun die Zuordnungsgüte dieser Kultur für die einzelnen Jahre erkennbar. Zeilenweise kann außerdem die Zuordnungsgüte für jedes Jahr bewertet werden.

Tab. 18 a–d: Bewertung der Klassifizierungsgüte

Hohennauen		Anbaukultur											
													
Jahr	1994												
	1995												
	1996												
	1997												
	1998												
	1999												
	2000												

Großwoltersdorf		Anbaukultur											
													
Jahr	1994												
	1995												
	1996												
	1997												
	1998												
	1999												
	2000												

Jänickendorf		Anbaukultur											
													
Jahr	1994												
	1995												
	1996												
	1997												
	1998												
	1999												
	2000												

Niedergörsdorf		Anbaukultur											
													
Jahr	1994												
	1995												
	1996												
	1997												
	1998												
	1999												
	2000												

	Brache		Winterraps		Silomais
	Winterroggen		Feldgras (mehrjährig)		Ölfrüchte/Leguminosen
	Winterweizen		Sommergetreide		Kartoffeln
	Wintergerste		Zuckerrüben		Feldgras (Neuansaat)

Die Qualität der Zuordnungsgenauigkeit ist verschieden. Für einzelne Früchte und einzelne Gebiete werden einerseits recht gute Ergebnisse erzielt (z.B. Gerste in Hohennauen, Mais in Jänickendorf, Kartoffeln in Niedergörsdorf), andere Zuordnungen sind fast durchweg fehlerhaft (z.B. Roggen in Jänickendorf, Raps in Niedergörsdorf, Gerste in Großwoltersdorf). Man kann aber daraus nicht schlussfolgern, dass generell einzelne Früchte nicht erkannt werden und zuvor falsch charakterisiert wurden.

Um das Problem genauer analysieren zu können, ist es notwendig, eine genaue Interpretation der Klassifizierungsergebnisse vorzunehmen. Anhand zweier Beispiele soll die Klassifizierungsgüte am Detail erläutert werden. Grundlage ist ein Vergleich der Klassifizierungsergebnisse für die Jahre 1994 und 1995. Diese beiden Jahre wurden ausgewählt, weil für sie einerseits überdurchschnittlich gute Zuweisungen (1995), andererseits ausgesprochen schlechte Ergebnisse (1994) zu verzeichnen waren. Bezugsflächen sind die Anbauinformationen der Agrargenossenschaft Hohennauen eG. Für beide Jahre stand mit drei Fernerkundungsdatensätzen eine gleiche Anzahl an Szenen zur Verfügung. Betrachtet man die Relevanz der Informationen für den phänologischen Zustand, so zeigen sich bereits die Unterschiede, die sich zwangsläufig in dem Klassifizierungsergebnissen niederschlagen. Das Jahr 1994 be-

sitzt eigentlich nur zwei Informationen aus dem Sommer (21.07.94 und 22.08.94). Die Herbstinformation aus dem Oktober ist dem folgenden Zyklus 1995 zuzuordnen, da hier bereits die Winterkulturen des Folgejahres abgebildet werden. Folglich haben die Winterkulturen des Jahres 1995 vier Informationen (25.10.94, 05.05.95, 06.07.95 und 09.08.95). Die Sommerkulturen hingegen besitzen weiterhin drei NDVI-Werte. Die Tabelle 19 listet die Information für die einzelnen Kulturen auf.

Tab. 19: Datenausgangsbasis für die Klassifizierungen 1994 und 1995

Aufnahmedatum der Satellitenszene	Tag im Jahr	verwendeter phänologischer Tag laut Entwicklungszustand der Kultur auf Basis agrarmeteorologischer Daten											
		laut Datum	Brache	Winterroggen	Winterweizen	Wintergerste	Winterraps	Feldgras ab 2. Jahr	Sommergetreide	Zuckerrüben	Silomais	Ölfrüchte, Leguminosen	Kartoffeln
21.07.1994	202	210	207	210	202	198	210	206	209	204	206	209	206
22.08.1994	234	234	234	234	234	239	234	234	239	235	234	239	234
25.10.1994	298	293	298	293	298	298	293						
05.05.1995	125	132	128	132	135	135	132	125	128	128	125	128	125
08.07.1995	189	184	193	184	189	183	184	183	191	189	183	191	183
09.08.1995	221	226	221	226	221	221	226	225	224	218	225	224	225

Verfolgt man im weiteren nur die Situation der Kultur „Winterroggen“, so stellt sie sich wie folgt dar.

207	Ende der Gelbreife	21.07.1994	298	Auflaufen / Bestockung	25.10.1994
234	nach der Ernte	22.08.1994	128	Schossen	05.05.1995
			193	Ende der Milchreife	08.07.1995
			221	kurz nach der Ernte, Stoppelreste	09.08.1995

Während im Grunde genommen für 1994 für Roggen nur der Zustand der Gelbreife erfasst werden kann, werden durch die vier Szenen 1995 auch vier verschiedene phänologische Entwicklungsstadien des Winterroggens erfasst. Ähnliches lässt sich für andere Kulturpflanzen ermitteln. Konsequenz dieser Ausgangssituation sind fehlende spektrale Differenzierungsmöglichkeiten des NDVI in 1994, wie man den beiden nachfolgenden Abbildungen 13 und 14 leicht entnehmen kann.

Die Klassifikation basiert also auf zwei Informationen. Für Winterroggen entsprechen sie den beiden angegebenen Tagen des phänologischen Jahres. Die anderen Kulturen wurden diesbezüglich anders eingestuft (s.o). Vergleicht man die NDVI-Werte des Winterroggens zu diesen beiden Tagen mit denen der anderen Kulturen, so stellt man fest, dass Winterroggen und Winterraps in beiden Terminen nahezu identische Werte besitzen. Eine Fehlzuzuweisung des Winterroggens zu Winterraps ist somit höchstwahrscheinlich. Fazit ist, dass auf der Grundlage dieser Informationen (dieser beiden Zeitpunkte) Winterroggen vom Winterraps nicht, oder rein zufällig zu unterscheiden ist.

Betrachtet man die Unterschiede in den NDVI-Werten bei den anderen Kulturen, so ergeben sich folgende Erkenntnisse.

Brache unterscheidet sich recht gut von den anderen Kulturen. Die größten Ähnlichkeiten bestehen zu Winterweizen und Ölfrüchten. Fehlzuzuweisungen auf ca. ein Drittel der Schläge zu diesen beiden Klassen treten auf.

Winterroggen besitzt nahezu gleiche Werte wie Winterraps. Eine fast vollständig Fehlzuzuweisung der Winterroggensschläge zu Raps tritt ein. Keines der Winterroggenfelder wurde als solches erkannt.

Winterweizen besitzt auch eine große Ähnlichkeit zu Winterroggen und Winterraps. Allerdings sind zum zweiten Aufnahmeterrin die NDVI-Werte doch noch etwas höher. Dies bewirkt, dass noch na-

hezu 50% der Winterweizenfelder erkannt werden. Fehlzuzuweisungen betreffen vor allem die Klasse Winterraps. Schläge trockener Standorte zeigen Frühreife und fallen so dem Raps zu.

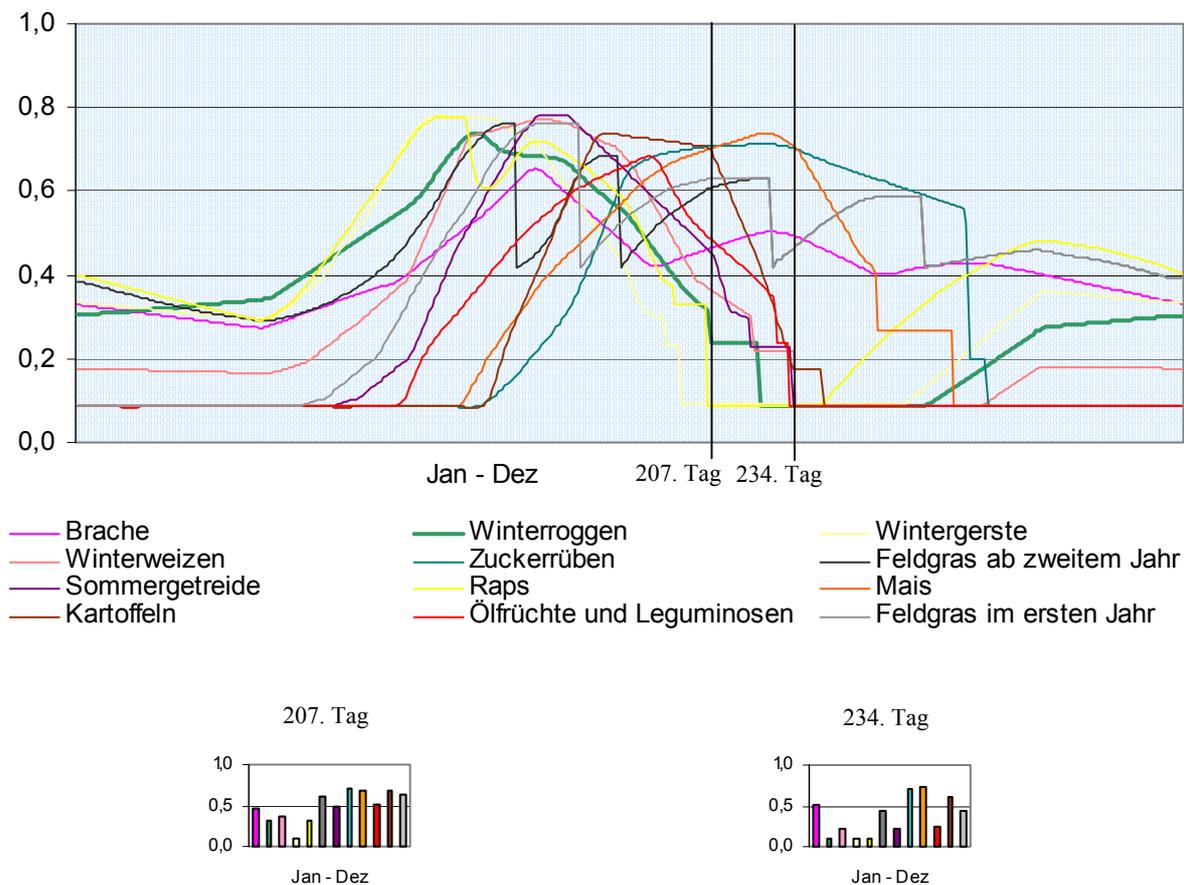


Abb. 13: NDVI-Normkurve Winterroggen in Vergleich zu den anderen Kulturen im Jahr 1994

Wintergerste unterscheidet sich im ersten Termin sichtbar von den anderen Wintergetreiden. Der Reifeprozess ist eigentlich weiter fortgeschritten. Trotzdem wird ein Großteil der Schläge falsch erkannt und der Klasse Winterweizen zugeordnet, d.h. die NDVI-Werte liegen vor allem zum ersten Termin höher. Es kann im Prinzip nur durch einen abweichenden Entwicklungszustand der Wintergerstenschläge begründet werden. Erklärt werden kann dies durch die Gebietscharakteristik. Die Agrargenossenschaft Hohennauen ist Beispielsbetrieb für grundwassernahe Standorte. Demzufolge ist für die Majorität der Ackerschläge auch bei trockeneren Jahren bis in den Frühsommer hinein mit einer ausreichenden Wasserversorgung zu rechnen. Davon profitiert die Gerste und schöpft ihren Vegetationszyklus aus, während spätere Kulturen, bedingt durch die Trockenheit, früher reifen. Die Normkurve für Wintergerste deckt die Differenzen zwischen trockenen und feuchten Standorten hier nicht ab. Nur in den trockenen Hochlagen wird die Wintergerste richtig erkannt.

Winterraps wird nicht als solcher erkannt. Er fällt in die Gruppen Winterweizen und Brache. Dies liegt vor allem an der abweichenden Bewertung der Rapschläge zum Normwert am zweiten Termin. Normalerweise haben Rapschläge dann niedrige NDVI-Werte (nach der Ernte). Da aber Rapschläge oft bis zur Wiederbestellung als Stoppelfeld liegen bleiben, treiben sie gerade bei günstiger Wasserversorgung wieder aus. Der NDVI-Wert erhöht sich und nähert sich dem der Brachen und des Winterweizens, die beide bereits auch schon zum ersten Termin nicht allzu verschieden zum Wert des Winterraps waren.

Sommergetreide wird auch oft der Brache zugeordnet. Die Begründung ist analog zu den obigen zu führen. Neben der grundsätzlichen Ähnlichkeit beider Kulturen zu diesen beiden Zeitpunkten, wird die Spezifik der tiefen Lage mit guter Grundwasserversorgung zum zweiten Termin nicht durch die Normkurve abgedeckt.

Zuckerrüben werden als solche klassifiziert bzw. der in den NDVI-Werten nahezu gleich charakterisierten Klasse Silomais zugeordnet. Zu diesen beiden Terminen werden sich diesbezüglich Fehlzuweisungen nicht vermeiden lassen.

Silomais wird falsch den Kartoffeln zugewiesen. Diese müssten sich zum zweiten Termin vom Silomais durch geringere Werte unterscheiden. Der Silomais befindet sich somit in einem schlechteren Zustand als angenommen.

Ölfrüchte / Leguminosen sind a priori differenziert hinsichtlich ihrer Zuordnungsgüte zu bewerten. Zu groß ist das Spektrum der dort zusammengefassten Feldfrüchte. Die Normkurve mittelt und muss somit besonders bei den Reifephasen Abweichungen erwarten lassen. Weizen und Brache sind diejenigen beiden Kulturen, die zu diesen beiden Terminen die größte Ähnlichkeit zu den Ölfrüchten und Leguminosen besitzen.

Die Kulturen **Kartoffeln und Feldgras** wurden im Untersuchungsbetrieb Agrargenossenschaft Hohennauen eG auf den Vergleichsschlägen nicht angebaut.

Zieht man ein Fazit aus der Bewertung des Klassifizierungsergebnisses für das Jahr 1994 (vergleiche auch Abb. 14), so ist primär festzustellen, dass beide Termine nicht ausreichen, um die verschiedenen Kulturen richtig zu erkennen. Die Gruppe der Winterkulturen unterscheidet sich deutlich von der Gruppe der Sommerkulturen. Fehlzuordnungen zwischen diesen Gruppen sind selten. Innerhalb der Gruppe der Winterfrüchte gibt es Reduzierungen in der Zahl der erkannten Arten. Brachen, Winterrapen und Winterweizen werden als Klassen gefunden. Eigentlich werden nur die grundwasserferneren Schläge einigermaßen artgenau zugewiesen. In tiefen Lagen verschieben sich die Reifeunterschiede und bündeln sich in der Klasse Winterweizen. Hier zeigt sich, dass die phänologische Korrektur der Aufnahmetermine noch nicht optimal ist.

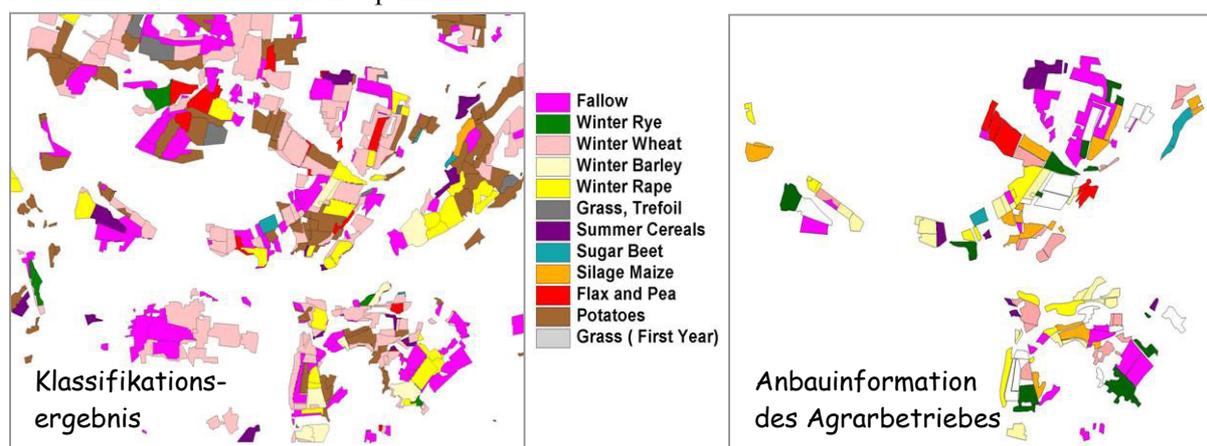


Abb. 14: Klassifikationsergebnis für das Jahr 1994 im Fokusgebiet Gülpener Havel und Vergleich mit der Anbauinformation der Agrargenossenschaft Hohennauen (dort nur die in Bewirtschaftung des Betriebes befindlichen Schläge dargestellt, im Ergebnis alle klassifizierten Ackerschläge des Bildausschnittes)

Im Laufe der Bearbeitung hat sich mehrfach gezeigt, dass diese Korrektur, die häufig die wegen zu großer Trockenheit im Frühsommer auftretende vorzeitige Reifung ausgleichen muss, differenziert nach den Wasserreserven des Bodens erfolgen muss. Die derzeitige Lösung wird zwar den grundwasserfernen, dann häufig äußerst trockenen Standorten gerecht, allerdings führen sie zur Verfälschung der Einschätzung an grundwassernahen Standorten, die wegen der noch vorhandenen Wasserreserven keine vorzeitige Reifung sondern ein Normalverhalten zeigen. In Zukunft muss bei der Korrektur die Betrachtung getrennt erfolgen für die Standorte mit Grundwasseranschluss und für diejenigen ohne. Möglicherweise muss außerdem auch noch in Bezug auf die Bodengüte eine Trennung in der Terminkorrektur erfolgen. Daraus würden sich die vier folgenden Gruppen ergeben, für die dieser wesentliche Bearbeitungsschritt differenziert durchgeführt wird:

- ertragsreiche Naturräume in grundwasserfernen Lagen,
- ertragsarme Naturräume in grundwasserfernen Lagen,
- ertragsreiche Naturräume in grundwassernahen Lagen und
- ertragsarme Naturräume in grundwassernahen Lagen.

Innerhalb der Gruppe der Sommerfrüchte werden die Kartoffeln als Hauptfrucht klassifiziert, obwohl sich ihre Verbreitung, bedingt durch die Grundwassernähe in diesem Fokusgebiet, auf die höheren Lagen reduziert und auf den Vergleichsschlägen nicht vorkommt. Dass der für die niederen Lagen typische Mais nicht erkannt wird und als Kartoffeln identifiziert wird, liegt an der zu großen Klassentoleranz der Klasse Kartoffeln. In die Erzeugung der Normkurve für die Kartoffeln sind NDVI-Werte von Kartoffeln unterschiedlicher Anbauzeit (Frühkartoffeln, mittelspäte Kartoffeln, Spätkartoffeln) eingegangen, ohne dass die genaue Beschreibung der Anbauzeit in den Anbauinformationen bereitstand. Die Möglichkeit, verschiedene Kurven für die verschiedenen Lege- und Erntezeitpunkte zu entwickeln, wurde wegen des geringen Gesamtanteils der Kartoffeln an der Anbaustruktur von nur 2% verworfen. Statt dessen wurden die Ober- und Untergrenze der Klassentoleranz etwas geweitet. Das führt nun dazu, dass auch Schläge mit ähnlicher Begrünung (Mais, Zuckerrüben) in die Klasse fallen können. Die Überlegung geht für die Zukunft dahin, die Klasse Kartoffeln nicht mehr in den Kulturspiegel der zu trennenden Klassen aufzunehmen.

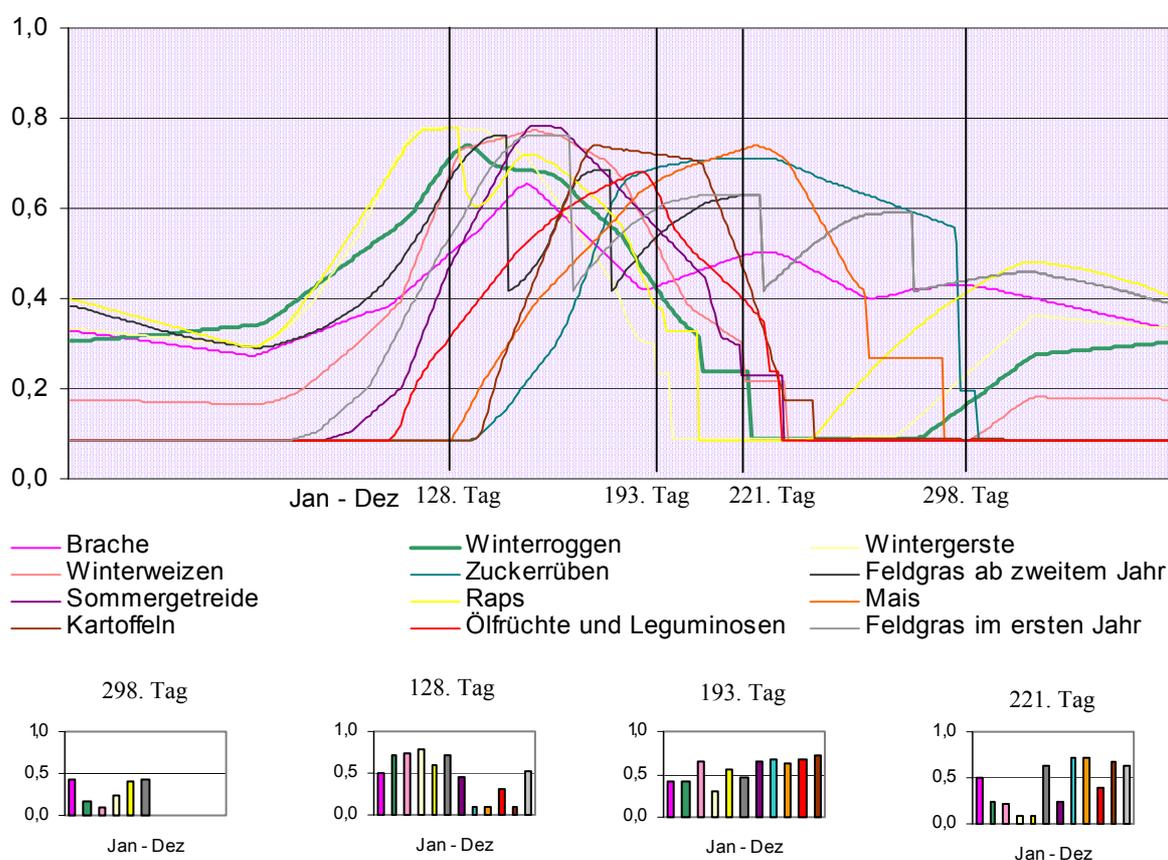


Abb. 15: NDVI-Normkurve Winterroeggen im Vergleich zu den anderen Kulturen im Jahr 1995

Für das zweite Vergleichsjahr stellt sich die Situation deutlich verbessert dar (Abbildung 15 und 16). Grundsätzlich können dafür zwei Gründe genannt werden. Erstens stehen mehr oder interpretationsgünstigere Szenen zur Verfügung und zweitens sind die in den Normkurven bestimmten *mittleren* Entwicklungszustände besser reflektiert. Die gebietspezifische Situation ist dagegen zwar prinzipiell konstant, was die invarianten Naturraum- und Bewirtschaftungsparameter angeht, aber da zwingend auch variable Einflussgrößen auftreten, entsteht letztendlich doch ein *Möglichkeitsfeld*. Für dieses Jahr stehen für die Winterkulturen vier und die Sommerkulturen drei Informationen zur Verfügung. Das sind verglichen mit dem Vorjahr fast doppelt so viele Daten. Auch die Verteilung auf das phänologische Jahr ist als weitaus günstiger zu bewerten. Betrachtet man exemplarisch wieder die Kultur Winterroeggen, so gibt es jetzt Reflexionen der Phasen Auflaufen/Bestockung, Schossen, Ende der Milchreife und kurz nach der Ernte/Stoppelreste. Das bedeutet verbesserte Unterscheidungsmög-

lichkeiten für die Winterkulturen und auch eine größere Chance, die Roggenfelder richtig zu erkennen. Die Situation für die Unterscheidbarkeit der Sommerkulturen ist weitaus ungünstiger zu bewerten. Während der erste Termin noch vor dem Saataufgang der meisten Sommerfrüchte liegt und damit kaum zur inneren Differenzierung innerhalb dieser Gruppe beiträgt, bringen die beiden anderen Termine auch nur geringe Trennmöglichkeiten, da sie einen zu geringen Zeitabstand besitzen und quasi derselbe Entwicklungszustand abgebildet wird. Bei der Betrachtung der Kulturen im Einzelnen fällt Folgendes auf:

Brache trennt sich anhand der vier Termine deutlich. Es gibt nur eine unbedeutende Anzahl fehlklassifizierter Schläge. Innerhalb der Winterkulturen ist vor allem der vierte Wert (221ster Tag) derjenige, der die Unterschiede bringt. Wenn Fehlzuweisungen auftreten, dann erfolgt eine Zuordnung der Flächen zu Ölfrüchten/Leguminosen oder zu Feldgras, die in den Eigenschaften zu den drei Terminen der Brache am nächsten liegen.

Auch **Winterroggen** wird richtig erkannt. Er lässt sich gut im Aufwuchsstadium und während des Reifens von den restlichen Wintergetreidearten unterscheiden. Die NDVI-Werte fallen während des Reifens langsamer als bei den anderen Wintergetreidearten. Die beiden Aufnahmetermine am 193sten und 221sten Tag erfassen diese Tatsache gut.

Winterweizen besitzt eine sehr hohe Erkennungsgenauigkeit. Fehlzuweisungen sind eigentlich nicht vorhanden. Der erste und dritte Termin sind dafür als Ursache zu benennen. Zu diesen Zeitpunkten hat der Winterweizen die auffälligsten Entwicklungsdifferenzen zu den anderen Wintergetreidearten. Im Herbst liegt der Termin zu Beginn des Auflaufens und im Sommer (Anfang Juli) beginnt der Reifeprozess beim Weizen gerade, während er bei den restlichen Wintergetreidearten bereits fortgeschritten ist und dadurch deutlich niedrigere NDVI-Werte entstehen.

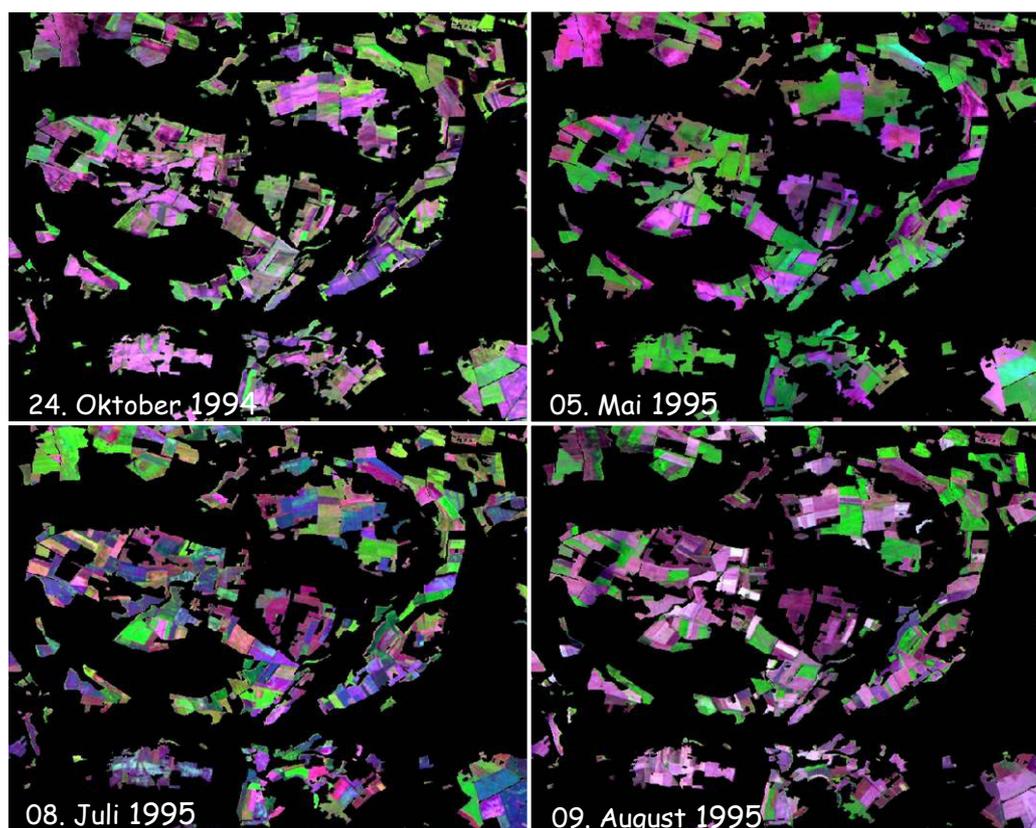


Abb. 16: Darstellung der Ackerflächen in den für 1995 zur Verfügung stehenden Aufnahmen in einer Farbkombination der Kanäle 5/ 4/3 von Landsat-TM in Rot/Grün/Blau (leere Äcker – rosa, begrünte Äcker – grün, Äcker mit vergilbenden Beständen – blau)

Wintergerste wird auch mit hoher Wahrscheinlichkeit richtig zugeordnet. Sie ist im Abreifen am schnellsten. Das verdeutlicht der Wert des NDVI am Anfang Juli (dritter Termin).

Winterraps wurde zu 100% richtig klassifiziert. Alle mit Winterraps bestellten Schläge wurden auch als solche erkannt. Entscheidend dafür dürfte der durch die Rapsblüte verursachte vergleichsweise geringere NDVI-Wert Anfang Mai sein. Hier ist der augenscheinlichste Unterschied zu den anderen Wintergetreidearten.

Sommergetreide wird nicht erkannt. Es wird als Wintergetreide eingestuft. Die Gründe dafür liegen in aller erster Linie in der Ähnlichkeit zwischen Winter- und Sommergetreide ab einem bestimmten Zeitpunkt. So unterscheiden sich zwar beide im zeitigen Frühjahr deutlich. Während des Bestockens werden die Unterschiede aber schon geringer und sie verlaufen in der Reifephase teilweise fast gleichzeitig. Sommergetreide holt die anfänglichen Rückstände mehr und mehr auf. Da im Frühjahr erst am 5. Mai ein Satellitenbild zur Verfügung stand, konnte das im März gesäte Sommergetreide, das zu dieser Zeit kurz vor dem Schossen steht, nicht mehr vom dann gerade schossenden Winterweizen unterschieden werden. Dazu hätte es einer Aufnahme bis Mitte April bedurft. Zu allen späteren Terminen ähnelt das Sommergetreide bezüglich der NDVI-Normkurve dem Winterweizen sowieso stark. Erschwerend kommt hinzu, dass zwar ein Bild vom vorangehenden Oktober genutzt wurde, um Winter- und Sommerfrüchte zu trennen, zu dieser Zeit waren jedoch die zukünftigen Sommergetreideschläge noch mit einer Zwischenfrucht bestanden, so dass sie den Anschein einer Winterfrucht erwecken. Um darüber Klarheit zu schaffen, ist wie beschrieben eine Frühjahrsaufnahme nötig.

Zuckerrüben werden nicht erkannt. Sie werden der Gruppe Ölfrüchte/Leguminosen zugeordnet. Das ist ein Zeichen dafür, dass Anfang August der Zustand der Zuckerrübenflächen schlecht gewesen sein muss, denn Ölfrüchte reifen zu dieser Zeit schon ab. Trockenheit ist die Ursache dafür. Die agrarmeteorologischen Berichte für diese Zeit stellen fest:

Temperatur:

- **über Normalwerten:** 01.04.–07.04., 30.04.–05.05., **06.07.–25.08.**, 07.09.–13.09., 03.10.–20.10.
- kalte Abschnitte: 09.05.–22.05., 01.06.–08.06., 27.08.–06.09.

- **Jahr war eher zu warm**

- Fröste bis Ende Mai

Niederschlag:

- niederschlagsreich: 1. Aprildekade, 07.05.–18.05., 26.05.–28.05., 23.08.–20.09.
- verbreitet zu nass im Januar, Februar, Juni, September
- **niederschlagsarm:** 04.03.–14.03., 21.4.–06.05., 25.06.–01.07., **23.07.–12.08.**, 09.10.–17.10., 21.10.–30.10.
- **zu trocken im Juli**, Oktober, Dezember
- **klimatische Wasserbilanz** 3. April- und 1. Maidekade sowie **Ende Juni bis 2. Augustdekade spürbar negativ**

Das bedeutet, dass für die Zuckerrüben durch verstärkten Feuchtestress in dieser Phase die NDVI-Werte gesunken waren und auf das Niveau der Ölfrüchte/Leguminosen fielen. Das bedeutet kein Entwicklungsverzug, sondern eine Stresssituation in der der Blattapparat welkt und anschließend neu gebildet werden muß. Dieser außergewöhnliche Effekt kann mit der Zeitkorrektur der Normkurve nicht ausgeglichen werden. Die in der Normkurve für den korrigierten Zeitpunkt festgelegten, dennoch hohen NDVI-Werte können mit einem zerstörten oder im Neuaufbau befindlichen Blattapparat nicht erreicht werden.

Silomais wird nur etwa zu 50% richtig den tatsächlichen Anbauflächen zugeordnet. Häufig erfolgen Fehlzuweisungen zu Kartoffeln. Hierfür sind einfach die zu geringen Unterschiede in den Werten verantwortlich, die zu diesen Zeitpunkten aus Entwicklungszuständen beider Kulturen resultieren, die einen sehr ähnlichen NDVI-Wert bewirken. So sind Anfang Mai beide Kulturen kaum aufgegangen. Die trockene Periode wirkte verzögernd für beide Kulturen. Bis Anfang Juli konnten die Rückstände aufgeholt werden. Auch im August bleiben die Werte hoch und fallen nur leicht ab. Mais, der zu bedeutenden Teilen auch in der Niederung angebaut wird, ist daher oftmals gut grundwasserversorgt und zeigt die Welkeerscheinungen nicht. Er wird also als Mais erkannt. Steht er auf oberen Talsandterrassen oder anderen sandigen grundwasserfernen Standorten, setzt der Feuchtestress ein. Dies entspricht den langsam einsetzenden Welkeprozessen des Kartoffelkrautes zu diesem Zeitpunkt. Der Mais nimmt demzufolge die für Kartoffeln im August geringfügig niedrigere NDVI-Werte der Normkurve an.

Ölfrüchte/Leguminosen werden fast vollständig richtig erkannt. Sie heben sich durch ihren relativ schnell ablaufenden Zyklus von den anderen Sommerkulturen ab. Lediglich Sommergetreide hat einen noch rascheren Ablauf. Dieser ist aber in diesem Jahr mehr in die entgegengesetzte Richtung verschoben, also noch verkürzter (Sommergetreide konnte als solches nicht vom Wintergetreide unterschieden werden, s.o.). Auch bei witterungsbedingtem Trockenstress ist die Trennung von den anderen Kulturen möglich.

Im Jahr 1995 wurden die Kulturen **Kartoffeln** und **Feldgras** in der Agrargenossenschaft Hohennauen eG auf den Vergleichsschlägen erneut nicht angebaut.

Zieht man wiederum ein Fazit aus der Bewertung des Jahres 1995 (vergleiche auch Abbildung 17), so kann vergleichend zum vorher betrachteten Jahr konstatiert werden, dass Anzahl und Lage der Termine spürbare Verbesserungen hinsichtlich der Erkennbarkeit der Kulturen gebracht haben. Es unterscheidet sich nicht nur die Gruppe der Winterkulturen deutlich von der Gruppe der Sommerkulturen (Fehlzuordnungen zwischen diesen Gruppen sind lediglich beim Sommergetreide vorhanden), sondern auch innerhalb beider Gruppen werden viele Kulturen gut erkannt. Insbesondere innerhalb der Gruppe der Winterfrüchte gibt es eine gute Qualität. Alle Anbaukulturen auf den Ackerschlägen werden zu mehr als 75% richtig bestimmt. Innerhalb der Gruppe der Sommerfrüchte ist die Situation ungünstiger. Erstens liegen nur drei Szenen als Informationsgrundlage vor, zweitens haben die beiden letzten Szenen einen stark ähnlichen Informationsgehalt und drittens wirken wiederum naturräumlich bedingte Komponenten (Feuchtestress) komplizierend. Die gleiche Kultur zeigt unterschiedliches Verhalten auf grundwassernahen und -fernen Standorten. Dieses „Öffnen“ der Kultur wird durch *eine* Normkurve je Kultur nicht abgedeckt. Die bereits für 1994 festgestellte Schlussfolgerung nach Berücksichtigung pedographischer Informationen, eventuell auch eine Einarbeitung solcher Informationen in die Normkurven, stellt sich weiterhin.

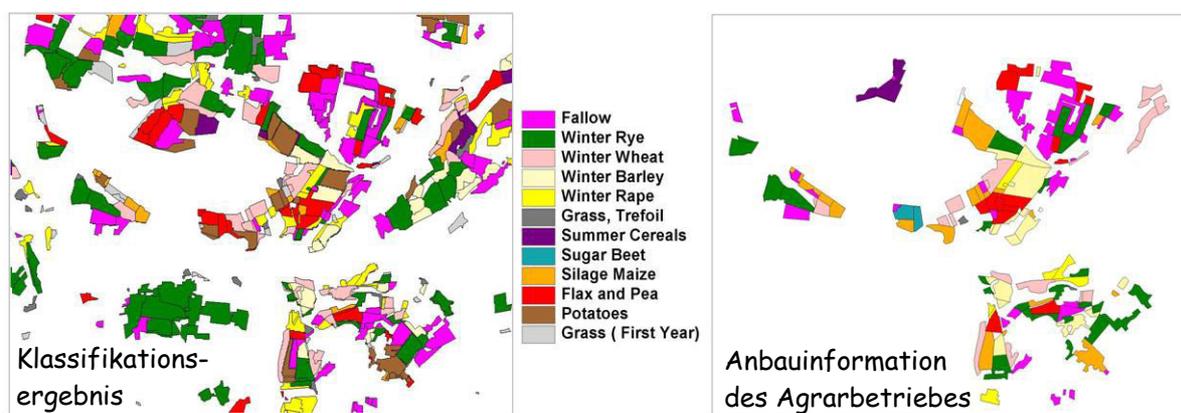


Abb. 17: Klassifikationsergebnis für 1995 im Fokusgebiet Gülper Havel und Vergleich mit der Anbauinformation der Agrargenossenschaft Hohennauen (dort nur die in Bewirtschaftung des Betriebes befindlichen Schläge dargestellt, im Ergebnis alle klassifizierten Ackerflächen des Bildausschnittes)

Unberücksichtigt bleiben bisher auch Bewirtschaftungsmaßnahmen (Sortenwahl, Düngung, usw.). Dass sie für die Interpretation der Ergebnisse Relevanz besitzen, ist eigentlich klar, aber welche bleibt offen. Beide Probleme der Hinzunahme von Zusatzinformationen (Berücksichtigen von Spezialwissen, Expertenwissen usw.) lassen sich durch fuzzi-basierte Ansätze in den vorgestellten Ansatz integrieren. Hier sollten fortführende Forschungen ansetzen.

Zum Abschluss der Ergebnisbewertung sollen noch einige Aussagen im Bezug zum Gesamtgebiet getroffen werden. Das Ergebnis der Klassifizierung der im Jahr 2000 auf allen Ackerflächen im Gesamtgebiet angebauten Kulturen zeigt Abbildung 18.

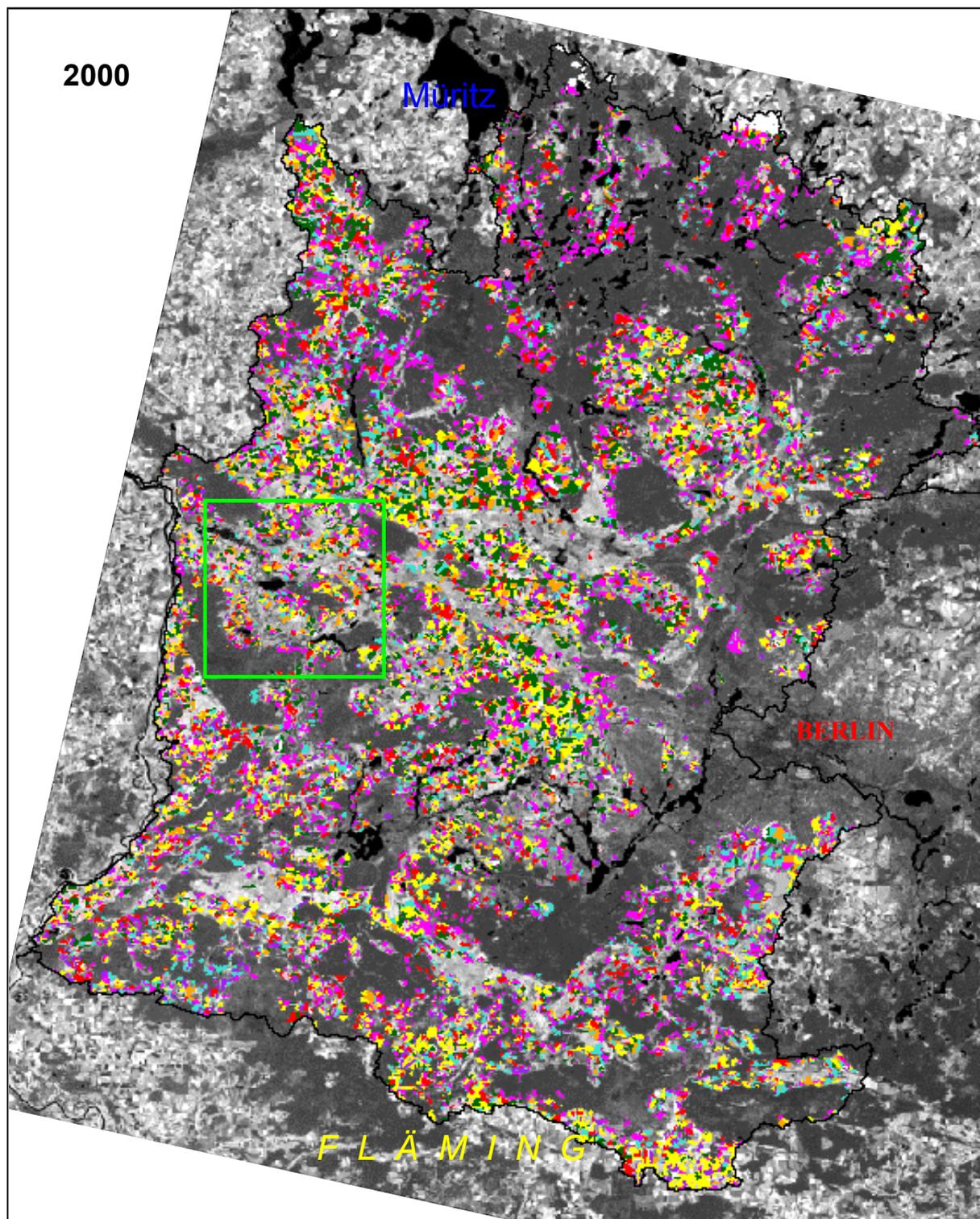
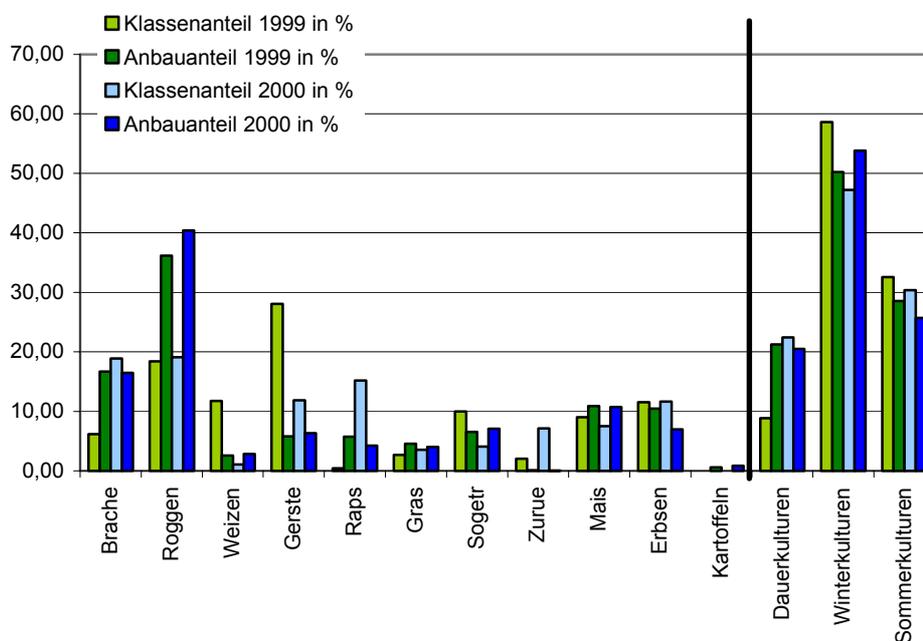


Abb. 18: Ergebnis der Klassifizierung der Ackerkulturen im Gesamtgebiet für das Jahr 2000 (Bedeutung der Farben der Klassen vgl. Legende von Abb. 16)

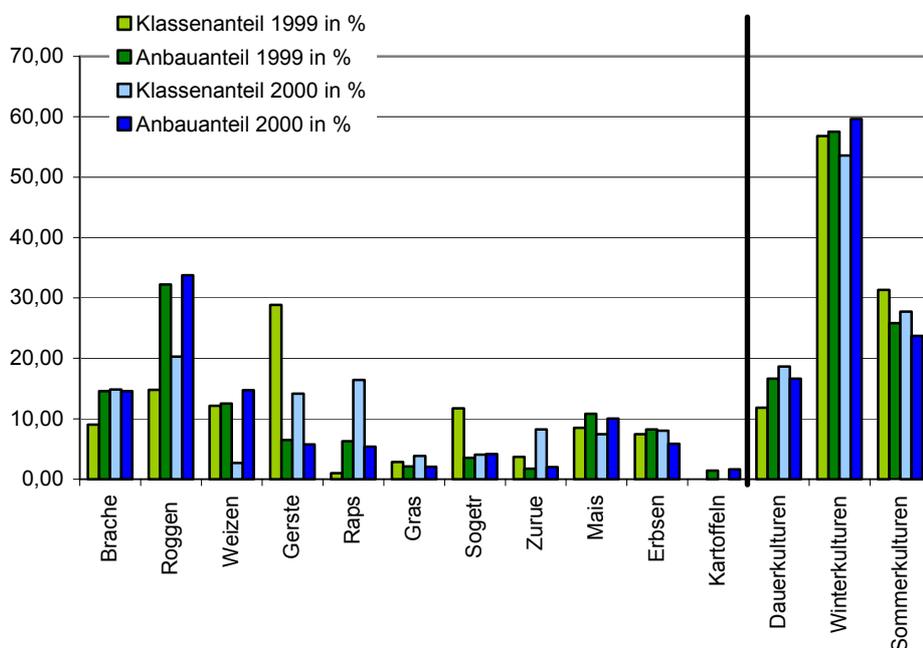
Aussagen über die Klassifizierungsgüte konnten exemplarisch für die beiden Jahre 1999 und 2000 getroffen werden, da für diese beiden Jahre Anbaustatistiken für die Kreise Havelland, Oberhavel und Teltow/Fläming vorlagen, die als Bewertungsgrundlage genutzt werden konnten. Verglichen werden konnten jedoch nur die Anbauanteile (%) der einzelnen Kulturen für den gesamten Landkreis. Flächengenaue Informationen für die Bewertung der Lagetreue liegen auf dieser Ebene nicht vor. Gerade diese Lücke soll ja letztendlich durch das vorgestellte Verfahren geschlossen werden. In den Abbildungen 19a bis c werden die Flächenanteile der einzelnen Kulturen nach Anbaustatistik mit den Flä-

chenanteilen verglichen, die diese Kultur im Klassifizierungsergebnis erreicht hat. Die beiden bereits erwähnten Jahre 1999 (grün) und 2000 (blau) konnten berücksichtigt werden. Ergänzend wird noch der Vergleich für die Anbaugruppen grasartige Dauerkulturen, Winter- und Sommerkulturen auf einer höheren Generalisierungsebene geführt.

Vergleich der Anteile für den Kreis Oberhavel



Vergleich der Anteile für den Kreis Havelland



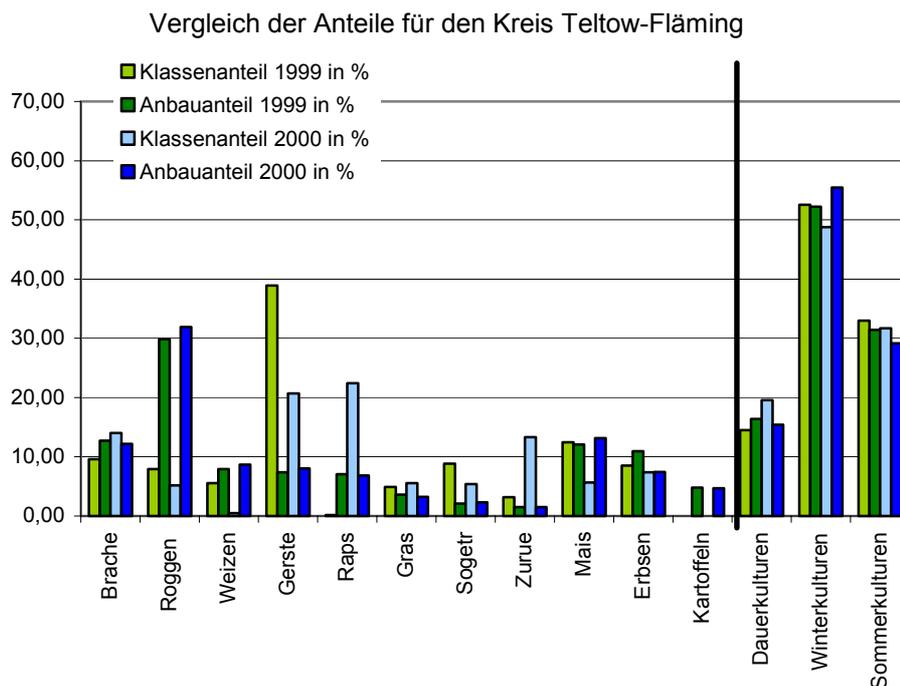


Abb. 19 a–c: Vergleich der Klassifizierungsergebnisse mit der Anbaustruktur für ausgewählte Kreise

Geht man zunächst nur auf die Anbaugruppen ein, so kann man erfreut feststellen, dass für alle drei Kreise ein hohes Maß an Übereinstimmung der klassifizierten Anteile mit den Angaben laut Anbau-statistik erreicht wurde. Das ist ein Gütenachweis des Ansatzes auf diese Generalisierungsebene. Betrachtet man die einzelnen Kulturen, so stellt man jedoch zum Teil deutliche Abweichungen fest. So kommt es zum Beispiel in beiden Jahren zu einer Überbewertung von Roggen in den Klassifizierungsergebnissen für alle Landkreise. Gerste dagegen wird unterrepräsentiert. Auch bei anderen Kulturen kann man Ähnliches feststellen. Meist bestehen in allen drei Kreisen die gleichen Tendenzen in den Abweichungen. Die Begründungen dafür sind prinzipiell bereits genannt und oben an der Agrargesellschaft Hohennauen diskutiert. Es handelt sich um die unzureichende zeitliche Auflösung der Fernerkundungsdaten, die eben nicht die phänologischen Zustände erfassen, die zur Trennung der Kulturen notwendig wären. Dazu kommen noch witterungsbedingte Zustandsunterschiede für Kulturen (Notreife, Welkezustände), die noch nicht ausreichend in den spektralen Normkurven abgebildet sind. So sind beide Jahre als trocken einzustufen, so dass insbesondere der Roggen teilweise zur Notreife kam (WEICHERT, 2004) und so im Reifeprozess sich wie Gerste abbildet. Auch gebietspezifische Unterschiede machen sich bemerkbar. Sie sind bisher in den spektralen Normkurven noch nicht berücksichtigt. Hier besteht zur Vervollkommnung des Ansatzes weiterer Forschungsbedarf.

4.1.1.7 Fruchtfolgen auf der Basis von FE-Daten

Die Ergebnisse der jahresbezogenen Klassifizierungen bilden die Basis für die Ermittlung der Fruchtfolgen. Dazu werden die für die einzelnen Jahre vorliegenden Ergebnisbilder, in Abbildung 20 am Beispiel des Fokusgebietes Gülper Havel dargestellt, zu einem Datensatz vereint. Die chronologische Folge ordnet damit jedem Schlag eine Abfolge von Hauptkulturen zu, die Fruchtfolge. Das nachstehende Schema (Tabelle 20) deutet die Datenmatrix an, die zur Grundlage weiterer Bewertung wird. Durch die vorgenommene Kodierung ist eine statistische Auswertung der Matrix möglich.

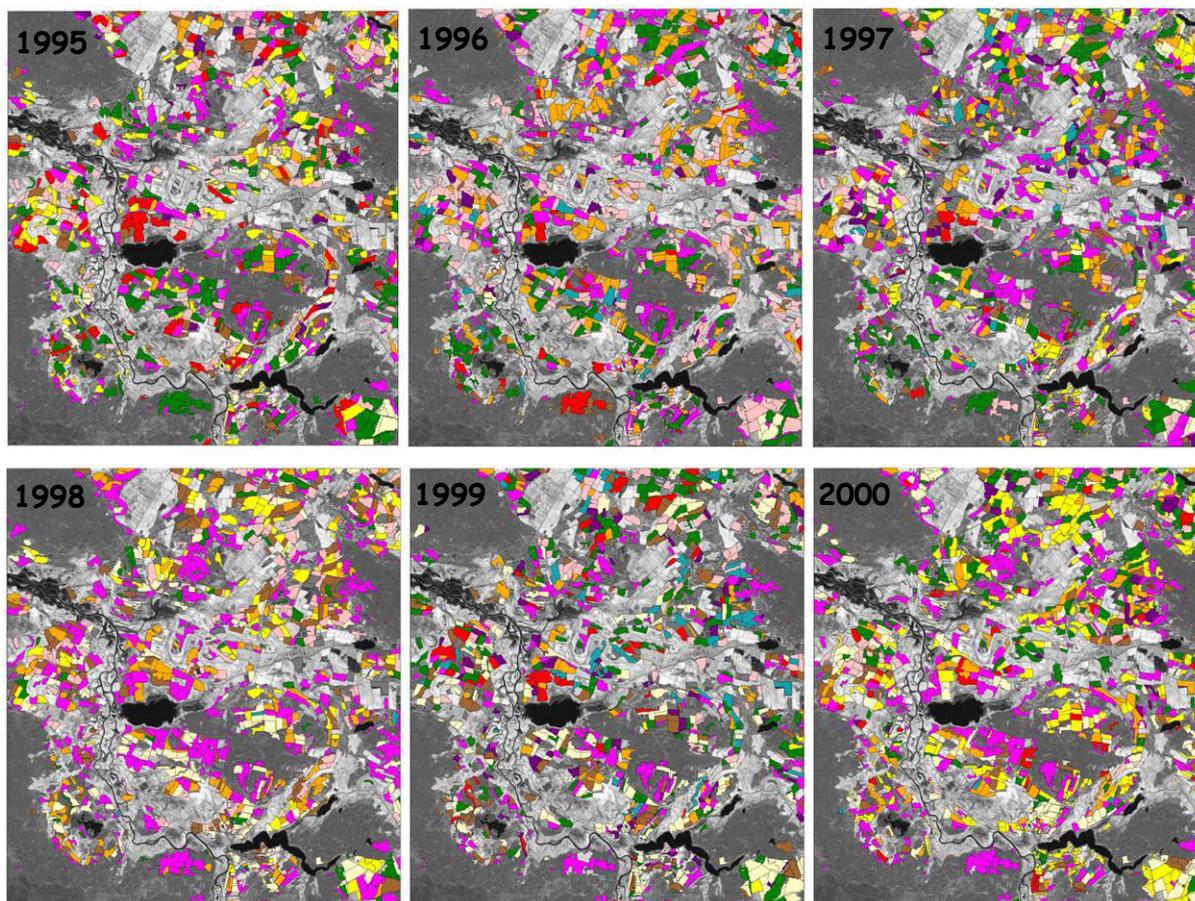


Abb. 20: Klassifizierungsergebnis für das Fokuagebiet Gülper Havel für die Jahre 1995 bis 2000 (Bedeutung der Farben der Klassen vgl. Legende von Abb. 16)

Tab. 20: Matrix der schlagbezogenen Fruchtfolgen

		Untersuchungsjahre												
		1987	1988	1989	1991	1992	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2002
Schlagbezeichnung	Schlag 1	02	01	09	02	01	05	10	02	01	09	02	02	10
	Schlag 2	11	02	10	02	05	02	10	02	01	02	05	02	01
	Schlag 3	11	02	04	05	02	03	09	02	02	05	02	04	05
	⋮													
	Schlag n	02	11	09	03	04	05	10	03	04	08	06	03	04

Für die Feldfrüchte wurde die folgende Kodierung verwendet:

01 Brache	05 Winterraps	09 Silomais
02 Winterroggen	06 Feldgras mehrjährig	10 Ölfrüchte/Leguminosen
03 Winterweizen	07 Sommergetreide	11 Kartoffeln
04 Wintergerste	08 Zuckerrüben	12 Feldgras Neuansaat

Die grau markierten Jahre sind auf Grund der lückenlosen Abfolge die tatsächlich betrachteten.

Die statistische Auswertung der Daten wurde primär nach den Zugehörigkeitskriterien:

- Zugehörigkeit zu einer der sechs Beispielsagargenossenschaften
- Zugehörigkeit zu den Standortbewertungskriterien „arm $\leftarrow \rightarrow$ reich“ bzw. „hoch $\leftarrow \rightarrow$ tief“

vorgenommen. Bezogen auf die Einordnung können nun Merkmale der Fruchtfolgen bestimmt und vergleichend bewertet werden. So können zunächst, bezogen auf unterschiedliche Zeiteinheiten und für verschiedene Flächengruppen, Häufigkeiten für die Kulturen bestimmt werden. Ebenso können Vor- und Nachkulturen zu bestimmten Früchten nach verschiedenen Gesichtspunkten ermittelt werden. In Erweiterung dieses Analyseansatzes können typische Abfolgen von Kulturen für mehrjährige Zeitintervalle erkannt werden, oder es kann nach vorgegebenen Fruchtfolgen gesucht werden.

Ansätze für eine statistische Bewertung wurden über die Ermittlung der Häufigkeiten durchgeführt. Für alle Schläge gleichen Landbaugebiet-Typs (LBG I bis V) wurde getrennt nach Ertragstyp (Typ 1 bis 4) der Anteil des Auftretens jeder Kultur in der 7jährigen Fruchtfolge ermittelt (vergleiche Tabellen 21a bis d), die aus der Klassifizierung der Satellitendaten hervorgeht.

Tab. 21 a-d: Anteile der Kulturen an den Satellitenbild-Fruchtfolgen (getrennt nach Ertragstypen), die gelbe Hinterlegung verdeutlicht die Kulturen, die nach Bodeneignung den größten Anteil einnehmen müssten

a) Typ 1: Dominanz ertragreicher Naturräume in grundwasserfernen Lagen

Niedergörsdorf	LBG V	LBG IV	LBG III	LBG II	LBG I
Brache		14,3	3,7	0,1	0,0
Winterroggen		28,6	23,5	21,5	12,8
Winterweizen		0,0	9,6	18,1	16,9
Wintergerste		0,0	22,3	18,3	20,0
Winterraps		0,0	14,0	12,5	6,0
Feldfutter		0,0	6,4	5,1	2,9
Sommergetreide		28,6	1,5	3,0	4,4
Zuckerrüben		0,0	0,5	1,9	3,7
Mais		14,3	5,2	5,0	10,8
Ölfrüchte, Leguminosen		14,3	4,4	6,5	3,6
Kartoffeln		0,0	9,0	7,9	18,9

b) Typ 2: Dominanz ertragsarmer Naturräume in grundwasserfernen Lagen LF

Großweltersdorf	LBG V	LBG IV	LBG III	LBG II	LBG I
Brache	0,0	5,8	4,3		
Winterroggen	0,0	12,9	17,1		
Winterweizen	0,0	11,6	26,1		
Wintergerste	14,3	9,8	5,7		
Winterraps	28,6	16,3	16,3		
Feldfutter	14,3	11,6	6,6		
Sommergetreide	0,0	2,1	0,0		
Zuckerrüben	0,0	0,5	0,0		
Mais	14,3	5,0	0,5		
Ölfrüchte, Leguminosen	0,0	9,3	9,6		
Kartoffeln	28,6	14,9	13,9		

c) Typ 3: Dominanz ertragreicher Naturräume in grundwassernahen Lagen

Hohennauen	LBG V	LBG IV	LBG III	LBG II	LBG I
Brache		35,3	13,1	10,4	7,4
Winterroggen		12,4	15,9	11,8	11,4
Winterweizen		4,5	7,6	15,2	11,2
Wintergerste		15,0	16,3	18,1	23,7
Winterraps		7,5	6,6	12,1	14,8

Feldfutter		2,8	3,6	6,2	7,2
Sommergetreide		1,4	1,8	0,8	2,8
Zuckerrüben		0,5	0,4	2,4	4,1
Mais		5,8	13,4	8,0	8,1
Ölfrüchte, Leguminosen		2,7	4,9	5,0	1,0
Kartoffeln		12,2	16,3	10,0	8,4

d) Typ 4: Dominanz ertragsarmer Naturräume in grundwassernahen Lagen

Jänickendorf	LBG V	LBG IV	LBG III	LBG II	LBG I
Brache	2,5	0,9	0,0		
Winterroggen	3,9	6,9	14,8		
Winterweizen	15,6	15,9	16,6		
Wintergerste	14,9	6,0	2,3		
Winterraps	13,7	15,9	10,6		
Feldfutter	13,7	10,7	3,1		
Sommergetreide	4,5	2,3	6,2		
Zuckerrüben	0,3	3,5	11,6		
Mais	17,7	16,3	7,2		
Ölfrüchte, Leguminosen	0,6	2,2	9,8		
Kartoffeln	12,6	19,3	17,9		

Typ1 repräsentiert relativ ertragsreiche Grundmoränenstandorte. Sie sind in der Regel den Landbaugebieten I bis III zuzuordnen und gelten als Gersten-, Weizen- und Zuckerrüben-fähig. Auch Raps Kartoffeln und Roggen gehören mit zum Anbauspektrum. Vergleicht man die aus den Fernerkundungsdaten ermittelten Fruchtfolgenanteile der einzelnen Kulturen für diesen Typ, so bilden die Werte diese Kulturen ab. Zu gleichen Schlussfolgerungen kommt man bei der Betrachtung der Werte für Typ 3 (ertragsreiche Niederungsstandorte), deren Anbauspektrum ähnlich ist.

Die Typen 2 und 4 repräsentieren die ertragsarmen Standorte der Landbaugebiete IV und V. Die Böden werden als Roggenböden und Kartoffel- bzw. teilweise Mais-fähig bezeichnet. Raps und Gerste können das Spektrum ergänzen. Wenngleich sich dieses Spektrum nicht so deutlich in den Tabellen abbildet, kann man trotzdem resümieren, dass durch die Fernerkundungsdatenauswertung die spezifisch auf die Landbaugebiete angepasste Anbaustruktur abgebildet wird. Das wird, anders als in dem im nächsten Kapitel dargestellten Typansatz, der das sonst in Modellierungen stets verwendete Zuordnungsprinzip darstellt, im Schlagbezug geleistet, womit eine neue Qualität in der Raumzuordnung erreicht wird.

Wie allgemein beschrieben, lassen sich prinzipiell natürlich auch Aussagen über die Abfolge der Kulturen ermitteln. Die Abbildung 21 listet für die aus Satellitenbildern ermittelte Fruchtfolge für den Ertragstyp 3 (Hohennauen) im Landbaugebiet III (blau gekennzeichnete Spalte in Tabelle 21c) die am häufigsten vorkommenden Fruchtfolgepaare (sie bezeichnen zwei aufeinanderfolgende Glieder einer Fruchtfolge) auf. Da dieser Analyse die Klassifizierungsergebnisse aller Einzelschläge dieser Ausstattung zu Grunde liegen, ergibt sich eine großes Spektrum an Möglichkeiten. Dies erweitert sich umso mehr, je länger die betrachtete Fruchtfolge gewählt wird. Ein Zeichen dafür, dass schlagbasiert eine große Varianz an Fruchtfolgen festgestellt werden kann. Nahezu jeder Schlag hat seine spezifische Fruchtfolge. Sehr typisch scheinen jedoch für Böden dieser Ausstattung unter den Erzeugerbedingungen des Typs 3 die Fruchtfolgepaare Brache-Brache, Winterroggen-Winterroggen und Winterroggen-Mais zu sein. Der Betrieb ist dank seiner guten Ausstattung mit Böden besserer Bödenqualität nicht gezwungen, auf Böden des LGB III hochwertige Marktprodukte anzubauen. Er bestellt sie vorrangig mit Winterroggen und Mais und lässt sie auch mal einige Zeit brach liegen. Das erfolgt natürlich nicht absolut gleich für alle Schläge dieser Ausstattung im Betrieb, sondern wird innerhalb der Gruppe in Abhängigkeit von beispielsweise Grundwasseranschluss, Erreichbarkeit und Ertragserfahrung variieren.

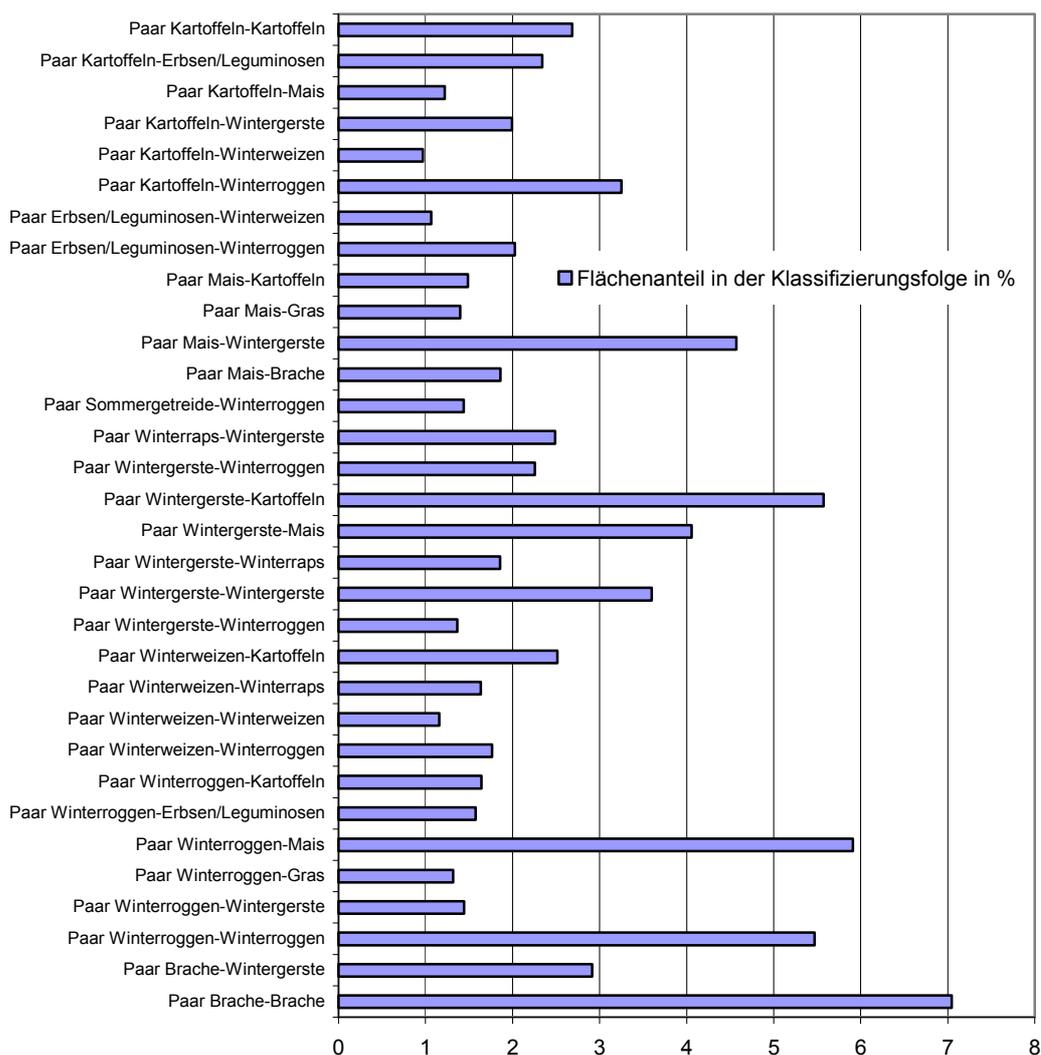


Abb. 21: Anteil von Fruchtfolgepaaren an der Fruchtfolge der Jahre 1994 bis 2000 für Ertragstyp 3 im Landbau-
gebiet III

Im Folgenden soll ein typbasierter Ansatz der Fruchtfolgeermittlung vorgestellt und mit dem auf Fern-
erkundungsdaten basierenden vergleichend bewertet werden.

4.1.2. Flächennutzung auf der Basis von landesweiten Kartierungen

Die Ermittlung von Anbauinformationen ohne den Einsatz der Fernerkundungsdaten ist auf der Basis
der Anbauinformationen prinzipiell möglich. Formen des Verallgemeinern durch statische Bewertungen
führen in eingeschränktem Maße ebenfalls zu verwendbaren Generalisierungsstufen. Eine Mög-
lichkeit zur Bereitstellung von Flächennutzungsparametern als Modelleingangsgröße besteht somit
auch in der Ermittlung typischer Fruchtfolgen anhand der Anbaudaten der Beispielsbetrieben. Es kön-
nen aus Anbauarchiven typbasierte und somit auf einer bestimmten Abstraktionsstufe verankerte
Fruchtfolgen als Eingangsgrößen für die Modelle erzeugt werden. In der Vorgehensweise bestehen in
den ersten Arbeitsschritten Analogien zum eben gezeigten Weg. Deshalb soll für die relevanten Daten
von einem ähnlichen Aufbereitungsstand ausgegangen werden wie bei der Entwicklung der spektralen
Normkurven.

4.1.2.1. Methodisches Vorgehen

Der Ansatz ergibt sich aus der Erkenntnis, dass Fruchtfolgen wesentlich über das zur Verfügung ste-
hende naturräumliche Potenzial (Boden) beeinflusst werden. Dabei ist maßgeblich, über welche Flä-

chenanteile an guten und schlechten Böden eine Betriebseinheit verfügt, da dies die Fruchtartenverteilung bestimmt. Betriebe mit durchweg schlechten Böden sind häufiger gezwungen, diese auch für anspruchsvollere Kulturen zu nutzen, während Betriebe mit überwiegend guter Ausstattung Schläge mit geringer Ackerzahl verstärkt brach liegen lassen können.

Deshalb ist es notwendig, die Betriebe hinsichtlich ihrer Bodenausstattung zu unterscheiden. Entsprechend der Kennzeichnung der Landbaugebiete des Landes Brandenburg (s.o.) wurden die dort gebildeten fünf Klassen verwendet. Durch sie wird die naturräumlich bedingte unterschiedliche Produktivität der einzelnen Schläge berücksichtigt. Die Qualitätsstufen sind:

- Bodenklasse 10: Ackerzahl < 23; LBG V,
- Bodenklasse 20: Ackerzahl 23–28; LBG IV,
- Bodenklasse 30: Ackerzahl 29–35; LBG III,
- Bodenklasse 40: Ackerzahl 36–45; LBG II und
- Bodenklasse 50: Ackerzahl > 45; LBG I.

Dabei erfolgt die Benennung der Bodenklassen mit den Werten 10 bis 50 in dieser Weise zum Zwecke der späteren Verwendung in einem Code.

Es werden auch die vier Ertragstypen der Betriebe verwendet, die in groben Zügen das naturräumliche Spektrum des Landes Brandenburg abbilden (s.o.). Unterschieden wird nach:

- Typ 1 – Dominanz ertragsreicher Naturräume in grundwasserfernen Lagen,
- Typ 2 – Dominanz ertragsarmer Naturräume in grundwasserfernen Lagen,
- Typ 3 – Dominanz ertragsreicher Naturräume in grundwassernahen Lagen und
- Typ 4 – Dominanz ertragsarmer Naturräume in grundwassernahen Lagen.

Die Erarbeitung erfolgte in 2 Hauptschritten.

Ermittlung typischer Fruchtfolgen auf der Basis prozentualer Anteile der einzelnen Anbaukulturen in den Betrieben nach Qualitätsstufe und Ertragstyp

Aus den Vorüberlegungen ergibt sich die Notwendigkeit, eine Matrix aus vier Ertragstypen und fünf Qualitätsstufen mit typischen Fruchtfolgen zu füllen. Diese wurden durch Erfassung der Anteile einzelner Fruchtarten an der Anbaustruktur der Beispielsbetriebe ermittelt.

Getrennt nach Qualitätsstufen der Bodengüte wurden für die vier Ertragstypen der Betriebe die prozentualen Anteile der Anbaukulturen bestimmt und für ein Intervall von 13 Jahren die charakteristischen Kulturen ermittelt. Auf der Grundlage von pflanzenbaulicher, phytosanitärer und agrotechnischer Experteninformation wurden den Ertragstypen für jede Qualitätsstufe charakteristische Fruchtfolgen für die Jahre 1988 bis 2000 zugewiesen (siehe Tabelle 22).

Tab. 22: 13-jährige Fruchtfolgen für die Ertragstypen der Ackerflächen

	Ackerzahl <23	Ackerzahl 23–28	Ackerzahl 29–35	Ackerzahl 36–45	Ackerzahl >45
Typ 1: Dominanz Ertragsreicher Naturräume in grundwasserfernen Lagen	Code 112 Roggen Brache Mais Roggen Brache Raps Sonnenblume Roggen Brache Mais Roggen Roggen Öllein	Code 122 Kartoffeln Roggen Öllein Roggen Raps Roggen Lupine Roggen Brache Roggen Raps Roggen Brache	Code 132 Mais Roggen Öllein Roggen Sonnenblume Roggen Kartoffeln Roggen Öllein Roggen Mais Roggen Roggen Raps	Code 142 Kartoffeln Roggen Gerste Raps Roggen Weizen Mais Roggen Roggen Raps Roggen Gerste Raps	Code 152 Roggen Kartoffeln Mais Weizen Gerste Raps Erbse Weizen Gerste Zuckerrübe Gras Weizen Gerste
Typ 2: Dominanz ertragsarmer Naturräume in grundwasserfernen Lagen	Code 111 Roggen Mais Roggen Brache Öllein Brache	Code 121 Raps Gerste Brache Roggen Öllein Roggen	Code 131 Weizen Sommergetreide Öllein Roggen Raps Roggen	Code 141	Code 151

	Brache Lupine Brache Roggen Brache Brache	Sommergetreide Roggen Öllein Roggen Mais Roggen Lupine	Brache Gerste Mais Roggen Brache Raps Roggen		
Typ3: Dominanz ertragsreicher Naturräume in grundwassernahen Lagen	Code 212 Mais Roggen Brache Brache Mais Sonnenblume Brache Brache Roggen Brache Brache Öllein Roggen	Code 222 Gerste Lupine Mais Roggen Brache Mais Roggen Brache Öllein Roggen Brache Roggen Mais Roggen	Code 232 Roggen Brache Gras Roggen Öllein Mais Roggen Gerste Raps Roggen Brache Weizen Mais	Code 242 Weizen Gerste Raps Mais Roggen Brache Mais Weizen Gerste Raps Erbse Roggen Gerste	Code 252 Roggen Weizen Gerste Raps Weizen Gerste Zuckerrübe Weizen Gerste Raps Mais Weizen Gerste
Typ 4: Dominanz ertragsarmer Naturräume in grundwassernahen Lagen	Code 211 Sommergetreide Roggen Kartoffeln Roggen Sommergetreide Brache Raps Roggen Mais Öllein Roggen Kartoffeln Gras	Code 221 Roggen Kartoffeln Sommergetreide Raps Gemüse Roggen Mais Gras Kartoffeln Roggen Brache Roggen Sommergetreide	Code 231 Weizen Sommergetreide Kartoffeln Roggen Raps Gemüse Sommergetreide Gerste Mais Gras Brache Raps Roggen	Code 241	Code 251

Der Code ergibt sich mit der Summation aus den Merkmalen grundwasserfern (100) bzw. grundwassernah (200), Qualitätsstufe der Bodengüte – siehe oben (10 – 50) und ertragsarm (1) bzw. ertragsreich (2)

Übertragung der typischen Fruchtfolgen auf sämtliche ackerbaulich genutzten Gebiete des Landes Brandenburg

Für die Übertragung werden Verknüpfungen von betriebsbezogenen und schlaggenauen Informationen benötigt. Die Zuordnung aller ackerbaulich genutzten Gebiete in die oben beschriebene Matrix erfolgt durch den Verschnitt der naturraumbezogenen Information (Boden) mit der administrativen Information (Betrieb, Gemeinde). Damit ergibt sich die im Ansatz geforderte Ausstattungsbewertung der Ackerschläge bezüglich der Bodengüte, des Anteils des Betriebes an ertragsreichen Flächen und der Grundwasserferne. Im Einzelnen bedurfte es der folgenden Vorgehensweise. Zunächst wurden die Ausgangsdaten aufbereitet (*Schritt 1*). Die der BÜK 300 angefügte Ertragspotenzialabschätzung wurde mit Ackerzahlen der Einzelschläge der Beispielsbetriebe abgeglichen. Darauf aufbauend konnte jeder Legendeneinheit der BÜK 300 anhand der zugewiesenen Leitbodenform und ihres Ertragspotentials eine Ackerzahl und damit eine der genannten Bodenklassen 10 bis 50 zugewiesen werden. Diese flächenhaft vorliegende Information wurde mit den als Acker kartierten Arealen der Biotopkartierung des Landes Brandenburg verschnitten. Im Ergebnis entsteht eine Karte der Bodenqualitätsklassen für die ackerbaulich genutzten Gebiete Brandenburgs.

In Ermangelung einer flächenhaften Datenbasis der Betriebsgrenzen im Untersuchungsraum wurde die Bewertung der Ausstattung in bezug auf Gemeindegrenzen vorgenommen. Unter der Annahme, dass Agrarbetriebe historisch gewachsen primär gemeindebezogen wirtschafteten, wurde ein entsprechender Datensatz der Gemeindegrenzen von 1990 (vor der Bildung von Großgemeinden durch die Gemeindegebietsreform) des Landes Brandenburg verwendet.

Im *zweiten Schritt* erfuhr die ebenfalls auf die Ackergebiete ausgeschnittene BÜK300 eine Attributierung in bezug auf „grundwassernah – grundwasserfern“. Dazu wurde der Leitboden der Legendeneinheit auf die Existenz eines Go-Horizontes oberhalb eines Meters geprüft. Legendeneinheiten mit Go-

Horizont erhielten das Attribut „grundwassernah“, anderenfalls wurde „grundwasserfern“ vergeben. Um diese Eigenschaft in Betriebsbezug zu setzen, erfolgte eine Verschneidung mit dem Gemeindecodex. Lag der Anteil grundwassernaher Flächen im Gebiet einer Gemeinde unter 50%, erhielten alle Ackerflächen dieser Gemeinde das Attribut „grundwasserfern“. Anderenfalls wurde das Attribut „grundwassernah“ vergeben. Die Übertragung der Information auf die Einzelschläge erfolgte durch Verschneidung mit den Ackerflächen der Biotopkartierung in den dort ausgewiesenen Schlaggrenzen. Analog wurde diese Vorgehensweise für die Zuweisung der Eigenschaft „ertragsarm - ertragsreich“ gewählt. Dabei wurde die Entscheidung so gefällt, dass wenig produktive Flächen (ertragsarm) durch die Bodenqualitätsklassen 10 und 20 definiert sind. Auf die Gemeinden bezogen wurde der Anteil ertragsarmer Flächen auf mehr als 60 % festgelegt, um der Gemeinde und allen darin befindlichen Äckern das Attribut „ertragsarm“ zuzuweisen. Der *dritte Schritt* bestand in der Ableitung des Merkmals „Qualitätsstufe der Bodengüte“ für die Ackererschläge. Die Ableitung des Merkmals für Einzelschläge erfolgte durch eine Verschneidung der Karte der Bodenqualitätsklassen aus *Schritt 1* mit den Ackerflächen der Biotopkartierung in den dort berücksichtigten Schlaggrenzen. Entscheidend für die Zuordnung einer Bodenqualitätsstufe war das gewichtete Mittel der Bodenklassen eines Schlags.

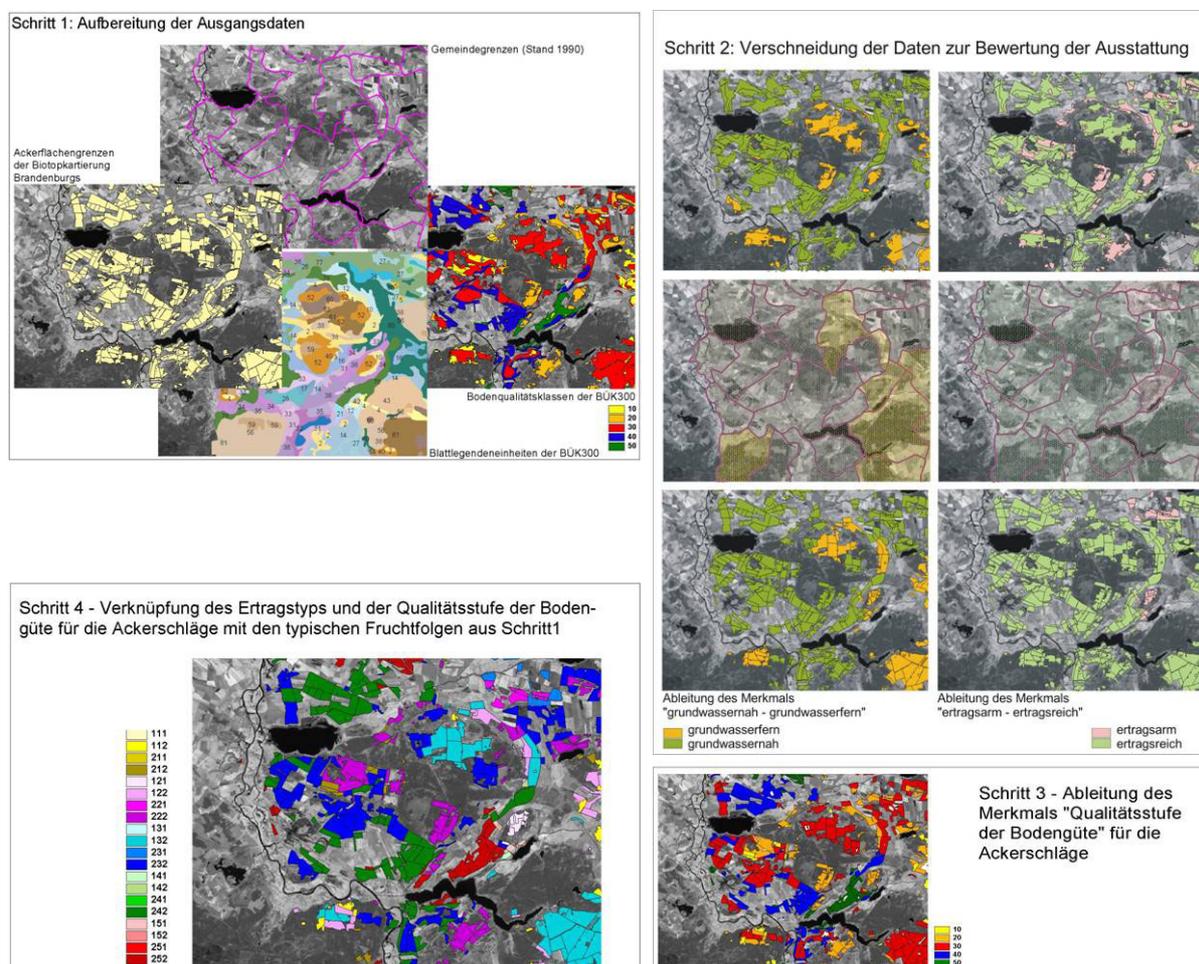


Abb. 22: Schema der Zuweisung von Fruchtfolgen zu den Ackerflächen Brandenburgs am Beispiel eines Landschaftsausschnittes im Fokusgebiet „Untere Havel“

Abschließend (*Schritt 4*) werden die ermittelten Ertragstypen und die „Qualitätsstufe der Bodengüte“ für die Ackererschläge mit den typischen Fruchtfolgen verknüpft. Über die Flächen-ID konnte jedem Schlag, der in der Biotoptypenkartierung abgegrenzt wurde, durch Verknüpfung der Ergebnisse die

notwendige Information über die eigene Qualitätsstufe der Bodenausstattung und die Information über die Zugehörigkeit zu einem Ertragstyp des Betriebes zugeordnet werden. Damit liegt die aus dem *Schritt 1* geforderte Datenbasis vor, die letztendlich über den Code eine Zuordnung der für eine Fläche dieser Ausstattung typischen Fruchtfolge erlaubt (vgl. Abbildung 21).

4.1.2.2. Ergebnisse

Im Ergebnis der Bearbeitung ergaben sich sechzehn typische Fruchtfolgen (Tabelle 22 oben), die die Bodenausstattung der Äcker und deren Zugehörigkeit zu einem Ertragstyp des Betriebes charakterisieren. Tabelle 23 soll eine kurze Bewertung der Ergebnisse unterstützen.

Tab. 23: Flächenanteile der Fruchtfolgen für das Land Brandenburg

Boden- klasse	Typmerkmal grundwassernah/ grundwasserfern	Typmerkmal ertragsarm/ ertragreich	Frucht- folge- code	Anzahl der zur Klasse gehörenden Polygone	Fläche der zur Klasse gehörenden Polygone	Anteil der Klasse an der Gesamtfläche an Äckern
10	100	1	111	3538	52648,2	5,1
10	100	2	112	2671	32557,0	3,1
10	200	1	211	807	12967,1	1,2
10	200	2	212	1000	9905,7	1,0
10					<i>Summe</i>	<i>10,4</i>
20	100	1	121	5539	78766,8	7,6
20	100	2	122	5934	101180,9	9,7
20	200	1	221	2511	39575,9	3,8
20	200	2	222	2383	30412,9	2,9
20					<i>Summe</i>	<i>24,0</i>
30	100	1	131	1676	24924,3	2,4
30	100	2	132	11954	323205,4	31,1
30	200	1	231	678	9787,1	0,9
30	200	2	232	2955	51759,3	5,0
30					<i>Summe</i>	<i>39,4</i>
40	100	1	141	578	4609,6	0,4
40	100	2	142	3777	104726,4	10,1
40	200	1	241	143	1785,6	0,2
40	200	2	242	2719	35723,5	3,4
40					<i>Summe</i>	<i>14,1</i>
50	100	1	151	66	478,8	0,0
50	100	2	152	1394	52483,9	5,0
50	200	1	251	23	451,9	0,0
50	200	2	252	2392	69142,5	6,7
50					<i>Summe</i>	<i>11,7</i>

Der Anteil der Merkmalskombinationen aus Bodenklasse (10 bis 50), Typmerkmal grundwassernah-grundwasserfern (nah-200, fern-100) und Typmerkmal ertragsarm – ertragreich (arm-1, reich-2) an der Ackerfläche Brandenburgs, der Flächenanteil und die sich ergebende Kombination der drei Ausstattungsmerkmale im Land Brandenburg ist in der Tabelle ersichtlich. Dominant mit ca. 31% Flächenanteil sind Flächen der Qualitätsstufe 30 (mittleren Ackerzahlen von 29 – 36), die zu Betrieben (Gemeinden) mit ertragreichen (Kriterium ertragsarm – ertragreich 2), vorwiegend grundwasserfernen (Kriterium grundwassernah – grundwasserfern 100) Schlägen gehören (Code 132). Für diese Gruppe (hervorgehoben) ergibt sich daraus folgende sachlogische Interpretation: Betriebe, in denen diese Flä-

chen liegen, gehören zum Ertragstyp 1. Die meisten Flächen solcher Betriebe liegen im anhydromorphen Bereich der Grundmoränen. Da weniger als 60 % der Betriebs- bzw. Gemeindeackerflächen zu den sehr armen Bodenklassen 10 und 20 gehören, d.h. der Betrieb durchaus über eine größere Anzahl produktiverer Böden verfügt, können Kulturen entsprechend ihren Ansprüchen auf die Flächen verteilt werden. Aus dem Schlagarchiv der für solche Gebiete als repräsentativ geltenden Agrargesellschaft konnte diesen Flächen für die Jahre 1988 bis 2000 die Fruchtfolge Mais – Roggen – Öllein – Roggen – Sonnenblume – Roggen – Kartoffeln – Roggen – Öllein – Roggen – Mais – Roggen – Raps zugeordnet werden. Es handelt sich hierbei meist um weniger anspruchsvolle Kulturen, da der Betrieb noch über bessere Standorte verfügt. Entsprechend können die anderen Kombinationen interpretiert werden. Ersichtlich wird auch die untergeordnete Rolle der Merkmalskombinationen 141; 151; 241 und 251, die durch gute Bodenqualität in Betrieben mit ertragsarmer Ausstattung charakterisiert wären. Für diese Kombinationen konnte aus der Datenbasis der Beispielsbetriebe wegen des äußerst geringen Flächenanteils keine Fruchtfolge ermittelt werden. Sie nehmen in der Statistik für ganz Brandenburg gemeinsam nur 0,6 % ein.

Im Ergebnis entsteht eine ackerflächenbasierte Zuweisung von Fruchtfolgen für das Land Brandenburg, die sowohl die naturräumliche Ausstattung der Schlägeinheit als auch die des dort wirtschaftenden Betriebes berücksichtigt.

4.1.3. *Bewertender Vergleich der beiden Ansätze*

Wie eingangs erwähnt und auch als Motiv der Untersuchungen zur Charakteristik der Flächennutzungsdynamik benutzt, sollte gezeigt werden, dass der Einsatz von Geofernerkundungsdaten zu einer verbesserten Informationsbereitstellung führt. Aus diesem Grunde sei ein abschließender Vergleich der beiden Ansätze erlaubt.

Zunächst ist festzuhalten, dass beide Ansätze Informationen liefern, die die Qualität der Inputdaten für die hydrologischen Modelle verbessern. Dennoch treten Unterschiede auf. Nutzt man die vielfältigen Informationen aus verschiedenen landesweiten Archiven und Kartierungen über Anbau, Naturraumausstattung usw. und verarbeitet diese, so bietet sich der typbezogene Ansatz an. Größen wie Allgemeingültigkeit, Notwendigkeit, Homogenität und Heterogenität führen zur Selektion der Typen. Das ist natürlich auf erkenntnistheoretischer Ebene generell so und somit auch für die rechnerbasierten Klassifizierungsansätze der Fernerkundungsdatenauswertung gültig. Demzufolge könnte vermutet werden, dass der Unterschied nicht oder nur bedingt im Algorithmus, sondern in der Struktur der verwendeten Daten liegt. Verfolgt man diesen Ansatz, so ist festzuhalten, dass Daten für geowissenschaftliche Aussagen als Informationstripel aufgefasst werden können, da jede Information drei Eigenschaften benötigt, eine Sachinformation (1) im Zeitbezug (2) und deren Verortung (3). Besitzt man Teile dieser Informationen nicht, so reduziert sich der Erkenntnisgewinn.

Geht man so an den Vergleich heran, ist die Qualität der beiden verwendeten Datensätze entscheidend.

(1) Sachinformation bedeutet die Aussage darüber, welche Kultur angebaut wurde. Im fernerkundungsdatenfreien Ansatz liegt die Anbauinformation für Beispielsbetriebe vor. Die Datenqualität ist unterschiedlich, da die Kulturen teilweise als Kulturgruppe verzeichnet werden. Außerdem speichern einige Betriebe solche Informationen sehr spärlich.

Fernerkundungsdatensätze halten diese Information nicht explizit vor. Sie muss aus multitemporalen Ansätzen extrahiert werden und beschränkt sich auf wenige Kulturen. In unserem Fall konnten 12 Kulturen unterschieden werden.

(2) Zeitbezug bedeutet die Aussage darüber, wann welche Kultur angebaut wurde und welche Abfolgen so entstehen. Für den Ansatz ohne Fernerkundungsdaten ist man hier wiederum auf die Archive der Agrarbetriebe angewiesen. Das Problem der Sachinformation bekommt dadurch eine zeitliche Dimension. Wechselnde Bewirtschafter tragen dabei genau so zu Informationsdefiziten bei wie Oberflächlichkeit. Fernerkundungsdaten besitzen bei ausreichend informativem Datenmaterial die Erkennung der 12 Kulturen im Jahresanbau und ermöglichen somit eine Generierung von Fruchtfolgen. Das Risiko liegt im Erkennen der richtigen Kultur.

(3) Verortung bedeutet die Aussage darüber, wo welche Kultur angebaut wurde. Auch hier kann prinzipiell eine gleiche Bewertung gegeben werden. Schlagdateien der Betriebe besitzen natürlich eine Lageinformation, vorausgesetzt sie ist archiviert. Fernerkundungsdaten beinhalten Lagezuweisungen und erlauben Aussagen im Schlagbezug.

Entscheidende Vorteile der einen oder anderen Datenstruktur scheinen für die Einzelbewertung der Eigenschaften nicht erkennbar. Ihre kompakte gemeinsame Wirkung ist am ehesten so zu formulieren: Werden Schlagdateien im Orts- und Lagebezug sauber geführt, besitzt man die beste Informationsquelle. Leider existieren solche komplexen Datenbanken bei weitem noch nicht, vor allem nicht über große Flächen in einheitlichem Format. Fernerkundungsdaten aber werden solange reduzierte Informationen liefern, wie das Monitoring vor allem durch mangelnde zeitliche Auflösung lückenhaft ist. Demzufolge sind die Ansätze der Algorithmen entscheidend für die auftretenden Unterschiede. In Ermangelung leicht zugänglicher umfassender Daten müssen typbasierte Ansätze genutzt werden. Der fernerkundungsdatenfreie Ansatz berücksichtigt den Raumbezug nur auf den höheren Generalisierungsstufen, auf Ertragstypen und Bodenqualitätsklassen bezogen. Später kann auch nur diese Zuordnung genutzt werden. Der Fernerkundungsdatensatz dagegen garantiert in allen Phasen des Algorithmus die exakte Lageinformation der Anbaukultur. Dies ist der entscheidende Unterschied. Somit können in fernerkundungsdatenfreiem Ansatz die Typgruppen nur zu zwei Flächenmerkmalen in Bezug gesetzt werden. Im fernerkundungsdatenbasierten Ansatz bleibt die Verortungsinformation stets schlaggenau. Es bestehen also zwei verschiedene räumliche Genauigkeitsebenen. Ein Vergleich für die 12 Kulturen auf der Generalisierungsebene der Ertragstypen und Bodenqualitätsklassen zeigt, dass auf dieser Stufe prinzipiell gleiche Ergebnisse erzielt wurden (vergleiche Tabellen 24 a–d). Damit lässt sich auf dieser Stufe kein expliziter Vorteil für die eine oder andere Methode formulieren.

Tab. 24 a–d: Vergleich der Anteile der Kulturen an den Fruchtfolgen für die beiden Algorithmen

a) Typ 1										
Niedergörsdorf	LBG V	LBG V	LBG IV	LBG IV	LBG III	LBG III	LBG II	LBG II	LBG I	LBG I
Brache			14,3	15,4	3,7	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0
Winterroggen			28,6	46,2	23,5	46,2	21,5	38,5	12,8	7,7
Winterweizen			0,0	0,0	9,6	0,0	18,1	7,7	16,9	23,1
Wintergerste			0,0	0,0	22,3	0,0	18,3	15,4	20,0	23,1
Winterraps			0,0	15,4	14,0	7,7	12,5	23,1	6,0	7,7
Feldfutter			0,0	0,0	6,4	0,0	5,1	0,0	2,9	7,7
Sommergetreide			28,6	0,0	1,5	0,0	3,0	0,0	4,4	0,0
Zuckerrüben			0,0	0,0	0,5	0,0	1,9	0,0	3,7	7,7
Mais			14,3	0,0	5,2	23,1	5,0	7,7	10,8	7,7
Ölfrüchte/Legumin.			14,3	15,4	4,4	15,4	6,5	7,7	3,6	7,7
Kartoffeln			0,0	7,7	9,0	7,7	7,9	0,0	18,9	7,7

b) Typ 2										
Großwoltersdorf	LBG V	LBG V	LBG IV	LBG IV	LBG III	LBG III	LBG II	LBG II	LBG I	LBG I
Brache	0,0	53,8	5,8	7,7	4,3	15,4				
Winterroggen	0,0	23,1	12,9	38,5	17,1	30,8				
Winterweizen	0,0	0,0	11,6	0,0	26,1	7,7				
Wintergerste	14,3	0,0	9,8	7,7	5,7	7,7				
Winterraps	28,6	0,0	16,3	7,7	16,3	15,4				
Feldfutter	14,3	0,0	11,6	0,0	6,6	0,0				
Sommergetreide	0,0	0,0	2,1	7,7	0,0	7,7				
Zuckerrüben	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0				
Mais	14,3	7,7	5,0	7,7	0,5	7,7				
Ölfrüchte/Legumin.	0,0	15,4	9,3	23,1	9,6	7,7				
Kartoffeln	28,6	0,0	14,9	0,0	13,9	0,0				

c) Typ 3										
Hohennauen	LBG V	LBG V	LBG IV	LBG IV	LBG III	LBG III	LBG II	LBG II	LBG I	LBG I
Brache			35,3	23,1	13,1	15,4	10,4	7,7	7,4	0
Winterroggen			12,4	30,8	15,9	30,8	11,8	15,4	11,4	7,7
Winterweizen			4,5	7,7	7,6	7,7	15,2	15,4	11,2	30,8
Wintergerste			15,0	0,0	16,3	7,7	18,1	23,1	23,7	30,8
Winterraps			7,5	0,0	6,6	7,7	12,1	15,4	14,8	15,4
Feldfutter			2,8	0,0	3,6	7,7	6,2	0,0	7,2	0,0
Sommergetreide			1,4	0,0	1,8	0,0	0,8	0,0	2,8	0
Zuckerrüben			0,5	0,0	0,4	0,0	2,4	0,0	4,1	7,7
Mais			5,8	23,1	13,4	15,4	8,0	15,4	8,1	7,7
Ölfrüchte/Legumin.			2,7	15,4	4,9	7,7	5,0	7,7	1,0	0
Kartoffeln			12,2	0,0	16,3	0,0	10,0	0,0	8,4	0

d) Typ 4										
Jänickendorf	LBG V	LBG V	LBG IV	LBG IV	LBG III	LBG III	LBG II	LBG II	LBG I	LBG I
Brache	2,5	7,7	0,9	7,7	0,0	7,7				
Winterroggen	3,9	30,8	6,9	30,8	14,8	15,4				
Winterweizen	15,6	0,0	15,9	0,0	16,6	7,7				
Wintergerste	14,9	0,0	6,0	0,0	2,3	7,7				
Winterraps	13,7	7,7	15,9	7,7	10,6	15,4				
Feldfutter	13,7	7,7	10,7	7,7	3,1	7,7				
Sommergetreide	4,5	15,4	2,3	15,4	6,2	15,4				
Zuckerrüben	0,3	0,0	3,5	0,0	11,6	0,0				
Mais	17,7	7,7	16,3	7,7	7,2	7,7				
Ölfrüchte/Legumin.	0,6	7,7	2,2	0,0	9,8	0,0				
Kartoffeln	12,6	15,4	19,3	23,1	17,9	15,4				

Ergebnisse fernerkundungsdatenbasiert

Ergebnisse fernerkundungsdatenfrei

Werden auf der einen Seite recht gute Übereinstimmungen in den Einzelkulturen erreicht, treten auf der anderen Seite gravierende Diskrepanzen in den Ergebnissen der beiden Ansätze auf. Mit Gelb wurden diejenigen Zuordnungen hervorgehoben, die mit Zuordnungsunterschieden von bis zu 5% als vergleichbares Ergebnis betrachtet werden. In hellem Gelb sind Unterschiede bis 10% gekennzeichnet. Erklärungsursachen für die auch auftretenden größeren Zuweisungsunterschiede sind bei der Auswertung der Einzelansätze (s. o.) zu finden und liegen in den Fehlern der Einzelverfahren.

Führt man den selben Vergleich auf einer höheren Stufe inhaltlicher Generalisierung lediglich nach den Kulturgruppen Brache, Wintergetreide, Sommergetreide, Blattfrüchte, Gras (vergleiche Tabellen 25 a–d), verbessern sich die Werte. Lediglich bei Typ 1 im Landbauggebiet IV und Typ 2 im Landbauggebiet V sind die Aussagen beider Ansätze im Grundsatz verschieden. Bei allen anderen stimmen die Ergebnisse tendenziell gut. Die Schlussfolgerung führt zur Feststellung, dass innerhalb der Gruppen ungenau differenziert wird. Und das geht zu Lasten der Bewertung der fernerkundungsdatenbasierten Herangehensweise. Über die Möglichkeiten einer besseren Trennung einzelner Kulturen innerhalb diesen Ansatzes wurde bereits oben diskutiert.

Tab. 25 a–d: Vergleich der Anteile von Kulturgruppen an den Fruchtfolgen für die beiden Algorithmen

a) Typ 1										
Niedergörsdorf	LBG V	LBG V	LBG IV	LBG IV	LBG III	LBG III	LBG II	LBG II	LBG I	LBG I
Brache			14,3	15,4	3,7	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0
Wintergetreide			28,6	61,5	69,4	53,8	70,4	84,6	55,7	61,5
Gras			0,0	0,0	6,4	0,0	5,1	0,0	2,9	7,7

Sommergetreide			42,9	15,4	5,9	15,4	9,5	7,7	8,0	7,7
Blattfrüchte			14,3	7,7	14,7	30,8	14,9	7,7	33,4	23,1

b) Typ 2										
Großweltersdorf	LBG V	LBG V	LBG IV	LBG IV	LBG III	LBG III	LBG II	LBG II	LBG I	LBG I
Brache	0,0	53,8	5,8	7,7	4,3	15,4				
Wintergetreide	42,9	23,1	50,8	53,8	65,2	61,5				
Gras	14,3	0,0	11,6	0,0	6,6	0,0				
Sommergetreide	0,0	15,4	11,4	30,8	9,6	15,4				
Blattfrüchte	42,9	7,7	20,4	7,7	14,4	7,7				

c) Typ 3										
Hohennauen	LBG V	LBG V	LBG IV	LBG IV	LBG III	LBG III	LBG II	LBG II	LBG I	LBG I
Brache			35,3	23,1	13,1	15,4	10,4	7,7	7,4	0,0
Wintergetreide			39,4	38,5	46,5	53,8	57,2	69,2	61,0	84,6
Gras			2,8	0,0	3,6	7,7	6,2	0,0	7,2	0,0
Sommergetreide			4,1	15,4	6,8	7,7	5,7	7,7	3,7	0,0
Blattfrüchte			18,4	23,1	30,1	15,4	20,5	15,4	20,6	15,4

d) Typ 4										
Jänickendorf	LBG V	LBG V	LBG IV	LBG IV	LBG III	LBG III	LBG II	LBG II	LBG I	LBG I
Brache	2,5	7,7	0,9	7,7	0,0	7,7				
Wintergetreide	48,0	38,5	44,8	38,5	44,2	46,2				
Gras	13,7	7,7	10,7	7,7	3,1	7,7				
Sommergetreide	5,2	23,1	4,5	15,4	16,0	15,4				
Blattfrüchte	30,6	23,1	39,1	30,8	36,7	23,1				

Ergebnisse fernerkundungsdatenbasiert

Ergebnisse fernerkundungsdatenfrei

Im Resümee kann man feststellen, dass auf dieser Generalisierungsebene annähernd gleichwertige Ergebnisse erzielt werden. Möchte man hingegen genauere Angaben in der Raumaufösung, sind auf der Basis von Fernerkundungsdaten die gewünschten Ergebnisse zu erzielen. Grundsätzliche Rahmenbedingung dafür ist das entsprechende Datenmaterial, das die optimale Kulturerkennung ermöglicht.

4.2. Boden

Wie bereits erwähnt, besitzen Bodenparameter hinsichtlich der Erreichung eines „guten“ Gewässerzustands eine bedeutende Rolle. Sie sind als integrativster Bestandteil des Naturraums a priori das Spiegelbild ablaufender Prozesse an der Erdoberfläche. Bodenbildungs- und Verlagerungsprozesse sind Kennzeichnungsgrundlagen der Bodentypen. Demzufolge stehen Böden im engen Zusammenhang mit oberflächennahen Stoffkreisläufen, insbesondere denjenigen, die mit dem Medium „Wasser“ verknüpft sind. Gleichzeitig ist der Boden eine durch den Menschen intensiv beanspruchte Produktionsgrundlage. Durch massive Bodenmelioration und andere Maßnahmen wird die Bewirtschaftung des Bodens optimiert. Heute geht man bereits von Kulturböden aus, in denen natürliche Prozesse massiv anthropogen gestört ablaufen. Kenntnisse über Böden sind demzufolge immanenter Bestandteil einer komplexen Raumbetrachtung, gleichwie der Fokus gelegt ist, insbesondere aber unvermeidbar, wenn quantitative und qualitative Bewertungen von Wasserkreisläufen vorliegen. Somit sind Bodenparameter Modellierungsbestandteile.

4.2.1. Konzept der verbesserten Integration von Bodendaten in die Modellierung

Bodenparameter besitzen im Vergleich zur Flächennutzung und Hydrologie in vielen Teilen eine gewisse größere Invarianz. Bilden die phänologischen Zyklen bzw. Grundwasser- und Oberflächenwasserstandsschwankungen sich durch hohe zeitliche Auflösungen ab, gelten Bodeneigenschaften als stabiler. Monotemporale Untersuchungen liefern oftmals hinreichende Informationen.

Es stellt sich die Frage, ob diese Informationen nicht auch aus Fernerkundungsdaten gewonnen werden können. Das kann zwar prinzipiell bejaht werden, allerdings sind die Böden in der Regel durch verschiedene Flächennutzungen oberflächlich abgedeckt und damit für die Fernerkundungssensoren nicht erreichbar. Bodeneigenschaften können also oft nur aus Fernerkundungsdaten „gefolgt“ werden. Das erschwert und zwingt zu Verallgemeinerungen. Eingedenk dieser Tatsache und bestärkt durch die „Stabilität“ bestimmter Bodenparameter wurde von Beginn an der Weg zur Ermittlung der Bodenparameter aus Karten, Feldkartierung und Eigenschaften-Datenbanken bestritten. Sie gelten als Informationsarchive einerseits bzw. sind übliche Erfassungsmethoden für Bodeneigenschaften.

Bodenparameter als Modelleingangsgrößen wurden für zwei verschiedene Dimensionsstufen der naturräumlichen Gliederung benötigt und dementsprechend erhoben. Bezugsebenen zur Charakteristik der Bodenausstattung waren:

- für die großmaßstäbigen Betrachtungen der Fokusgebiete die Naturraumtypen der Nanochoren (eigene Kartierung),
- für die mittelmaßstäbigen Betrachtungen auf Zwischen- und Gesamtebene die Legendeneinheiten der BÜK300 (Daten des LGRB).

In beiden Fällen wurde die Zuordnung der für die Modellierung benötigten Bodeneigenschaften über die Bestimmung von Leitbodenformen durchgeführt. Zwar setzen sich sowohl die Nanochoren als auch die Legendeneinheiten der BÜK300 jeweils aus verschiedenen pedologischen Einheiten unterschiedlicher Dominanz zusammen, diesen können aber auf Basis der Kenntnis bodenkundlicher und naturräumlicher Zusammenhänge über Substratgenese, Substratschichtung und Pedogenese Leitböden zugeordnet werden. Die vorgenommene Zuordnung der Leitböden dokumentieren die Tabellen 26 (Leitböden auf Nanochorenbasis) und 27 (Leitböden der Legendeneinheiten der BÜK300).

Tab. 26: Leitböden auf Nanochorenbasis

Nanochorentyp	Beschreibung des Nanochorentyps	Leitbodenform	Kürzel der Leitbodenform
110	Sandig-kiesiger Hügel oder Hügelgebiet	Podsol-Braunerde aus Sand über Schmelzwassersand	PP-BB:p-s(Sp)/f-s(Sgf)
111	Sandig-lehmiger Hügel oder Hügelgebiet	Norm-Braunerde aus Sand über Schmelzwassersand	BBn:p-s(Sp)/f-s(Sgf)
310	Sickerwasserbestimmte, sandige Düne oder Dünengebiet	Normpodsol aus Flugsand	PPn:a-s
311	Grundwasserbeeinflusste, sandige Düne oder Dünengebiet	podsolierte Gley-Braunerde aus Sand über Schmelzwassersand	pGG-BB:p-s(Sp)/f-s(Sf)
410	Sickerwasserbestimmte, ebene bis wellige sandige Platte, Terrasse oder Ebene	podsolige Braunerde aus Sand über Schmelzwassersand	pBB:p-s(Sp)/f-s(Sgf)
411	Sickerwasserbestimmte, starkwellige sandige Platte	Podsol-Braunerde aus Sand über Schmelzwassersand	PP-BB:p-s(Sp)/f-s(Sgf)
412	Sickerwasserbestimmte, ebene und flachwellige anlehmige Platte	Norm-Braunerde aus Sand über Schmelzwassersand	BBn:p-s(Sp)/f-s(Sgf)
413	Sickerwasserbestimmte, starkwellige anlehmige Platte	Norm-Braunerde aus Sand über Schmelzwassersand	BBn:p-s(Sp)/f-s(Sgf)
414	Sickerwasserbestimmte, ebene und flachwellige sandig-lehmige Platte	lessivierte Braunerde aus Sand über Schmelzwassersand	lBB:p-s(Sp)/f-s(Sgf)

415	Sickerwasserbestimmte, stark-wellige sandig-lehmige Platte	lessivierte Braunerde aus Sand über Schmelzwassersand	IBB:p-s(Sp)/f-s(Sgf)
416	Sickerwasserbestimmte, flach- und starkwellige lehmig-sandige Platte	Fahlerde-Braunerde aus Lehmsand über Schmelzwassersand	LF-BB:p-ls(Sp)/f-s(Sgf)
417	Sickerwasserbestimmte flach- und stark-wellige lehmige Platte	Braunerde-Fahlerde aus Lehmsand über Lehm	sBB-LF:p-ls(Sp)/p-l(Mg)
511	Grundwasserbestimmte lehmig-sandige Terrasse oder Platte der Niederung	Gley-Braunerde aus Sand über Schmelzwassersand	GG-BB:p-s(Sp)/f-s(Sgf)
512	Grundwasserbeeinflusste sandig-lehmige Terrasse oder Platte der Niederung	Braunerde-Gley aus Sand über Schmelzwassersand	BB-GG:p-s(Sp)/f-s(Sf)
513	Grundwasserbeeinflusste sandige Terrasse oder Platte der Niederung	vergleyte Braunerde aus Sand über Schmelzwassersand	gBB:p-s(Sp)/f-s(Sf)
514	Grundwasserbestimmte sandige Terrasse oder Platte der Niederung	Normgley aus Flusssand	GGn:f-s(Sf)
515	Grundwasserbestimmte humos-sandige Terrasse oder Ebene der Niederung	Humusgley aus Flusssand	GGh:f-s(Sf)
516	Grundwasserbestimmte humos-sandig-lehmige Terrasse oder Platte der Niederung	Humusgley aus Flusssand	GGh:f-s(Sf)
517	Grundwasserbestimmte humos-lehmig-sandige Platte, Terrasse oder Ebene der Niederung	Humusgley aus Flusssand	GGh:f-s(Sf)
518	Grundwasserbestimmte humos-sandige und Torfsandebene	Norm-Anmoorgley aus Flusssand	GMn:f-s(Sf)
519	Grundwasserbestimmte humos-lehmig-sandige und Torfsandebene	Norm-Anmoorgley aus Lehmsand über Lehm	GMn:p-ls(Sp)/p-l(Lg)
520	Grundwasserbestimmte, sand- und/oder lehmbedeckte Torfebene	Gley über Niedermoor aus Kolluviallehmsand über Torf	GG-YK/HN:u-ls(Sp)/og-Hn/(Sf)
521	Grundwasserbestimmte Torfsandebene	Erdniedermoor aus Torf über Flusssand	HNv:og-Hn/f-s(Sf)
522	Grundwasserbestimmte sand-unterlagerte Torfebene	Erdniedermoor aus Torf über Flusssand	HNv:og-Hn/f-s(Sf)
523	Grundwasserbestimmte Torftieflehm(-ton, -mudde)ebene	Erdniedermoor aus Torf über Flusssand	HNv:og-Hn/f-s(Sf)
525	Grundwasserbestimmte tiefgründige Torfebene	Erdniedermoor aus Torf	HNv:og-Hn
526	Grundwasserbestimmtes sumpfig/sandiges Gebiet an Oberflächengewässern	Erdniedermoor aus Torf über tiefem Flusssand	HNv:og-Hn/f-s(Sf)
527	Grundwasserbestimmtes sumpfiges Torfgebiet an Gewässern	Erdniedermoor aus Torf	HNv:og-Hn
610	Stauwasserbestimmte (mit Grundwasser) lehmig-sandige Platte oder Terrasse der Aue oder Niederung	Vega-Gley aus Auenlehmsand über Auensand	AB-GG:fo-ls(Sf)/fo-s(Sf)
611	Lehmige Platte der Aue oder Niederung	Vega-Gley aus Auenlehmsand über Auensand	AB-GG:fo-ls(Sf)/fo-s(Sf)
613	Stauwasserbestimmte lehmige Terrasse der Aue	pseudovergleyter Vegagley aus Auenlehm über Auensand	sAB-GG:fo-l(Lf)/fo-s(Sf)
614	Episodisch überflutete, humos-lehmige Terrasse oder Ebene der Aue	Auenhumusgley aus Auenlehm über Auensand	aGGh:fo-l(Lf)/fo-s(Sf)

615	Grundwasserbestimmte (mit Stauwasser) periodisch überflutete, lehmig-tonige Aue	Vega-Pseudogley-Gley aus Auenton über Auenlehmsand	AB-SS-GG:fo-t(Lf)/fo-ls(Sf)
616	Grundwasserbestimmte (mit Stauwasser) periodisch überflutete, tonige Ebene der Aue	Vega-Gley-Pseudogley aus Auenton über tiefem Auenlehmsand	AB-GG-SS:fo-t(Lf)//fo-ls(Sf)
617	Grundwasserbestimmte periodisch überflutete Mudde- und Torfebene der Aue	Erdniedermoor aus Torf über Lehm	HNv:og-Hn/p-l(Lg)
618	Grundwasserbestimmte periodisch überflutete lehmunterlagerte Mudde- und Torfebene der Aue	Erdniedermoor aus Torf über Lehm	HNv:og-Hn/p-l(Lg)
619	Grundwasserbestimmte (mit Stauwasser) periodisch überflutete lehmig-tonige Terrasse der Aue	pseudovergleyter Vegagley aus Auenlehm über Auensand	sAB-GG:fo-l(Lf)/fo-s(Sf)
711	Stau- oder grundwasserbeeinflusste länger vernässte, sandig-lehmige Senke	Pseudovergleyte Fahlerde-Braunerde aus Sand über Lehm	sLF-BB:p-s(Sp)/p-l(Mg)
713	Ganzjährig vernässte, humos-sandige, torfige Senke	Norm-Anmoorgley aus Flusssand	GMn:f-s(Sf)
714	Ganzjährig vernässte, humos-sandig-lehmige und torfige Senke	Norm-Anmoorgley aus Flusssand	GMn:p-ls(Sp)/p-l(Lg)
715	Ganzjährig vernässte, humos-torfige und sandig-lehmige Senke mit Oberflächengewässer	Erdniedermoor aus Torf über Lehm	HNv:og-Hn/p-l(Lg)
719	Grund- und stauwasserbestimmte humos-sandig-lehmige und torfige Rinne	Norm-Anmoorgley aus Lehmsand über Lehm	GMn:p-ls(Sp)/p-l(Lg)
720	Grundwasserbestimmte torfige und humos-sandig-lehmige Rinne	Erdniedermoor aus Torf über Flusssand	HNv:og-Hn/f-s(Sf)
721	Grundwasserbestimmte torfige Rinne	Erdniedermoor aus Torf	HNv:og-Hn
813	Sand- oder Kiesgrube	Norm-Regosol aus Kippsand	RQn:oj-s
817	Spülfläche	Gley-Kolluvisol über Niedermoor aus Kipplehmsand über Torf	GG-YK/HN:u-ls(Sp)/og-Hn/(Sf)

Tab. 27: Leitböden der Legendeneinheiten der BÜK300

Legendennummer BÜK300	Leitbodenform	Kürzel der Leitbodenform
2	Normpodsol aus Flugsand	PPn:a-s
4	podsolierte Gley-Braunerde aus Sand über Schmelzwassersand	pGG-BB:p-s(Sp)/f-s(Sf)
15	vergleyte Braunerde aus Sand über Schmelzwassersand	gBB:p-s(Sp)/f-s(Sf)
19	Humusgley aus Flusssand	GGh:f-s(Sf)
20	Braunerde-Gley aus Sand über Schmelzwassersand	BB-GG:p-s(Sp)/f-s(Sf)
21	Normgley aus Flusssand	GGn:f-s(Sf)
25	Humusgley aus Flusssand	GGh:f-s(Sf)
29	Norm-Anmoorgley aus Flusssand	GMn:f-s(Sf)
32	Vega-Gley aus Auenlehmsand über Auensand	AB-GG:fo-ls(Sf)/fo-s(Sf)
34	Auenhumusgley aus Auenlehm über Auensand	aGGh:fo-l(Lf)/fo-s(Sf)
35	pseudovergleyter Vegagley aus Auenlehm über Auensand	sAB-GG:fo-l(Lf)/fo-s(Sf)
36	Vega-Pseudogley-Gley aus Auenton über Auenlehmsand	AB-SS-GG:fo-t(Lf)/fo-ls(Sf)
37	Vega-Gley-Pseudogley aus Auenton über tiefem Auenlehmsand	AB-GG-SS:fo-t(Lf)//fo-ls(Sf)

43	Podsol-Braunerde aus Sand über Schmelzwassersand, podsolige Braunerde aus Sand über Schmelzwassersand	PP-BB:p-s(Sp)/f-s(Sgf) pBB:p-s(Sp)/f-s(Sgf)
52	Norm-Braunerde aus Sand über Schmelzwassersand	BBn:p-s(Sp)/f-s(Sgf)
54	lessivierte Braunerde aus Sand über Schmelzwassersand	IBB:p-s(Sp)/f-s(Sgf)
55	Fahlerde-Braunerde aus Lehmsand über Schmelzwassersand	LF-BB:p-ls(Sp)/f-s(Sgf)
58	Gley-Braunerde aus Sand über Schmelzwassersand	GG-BB:p-s(Sp)/f-s(Sgf)
61	Braunerde-Fahlerde aus Lehmsand über Lehm	sBB-LF:p-ls(Sp)/p-l(Mg)
63	Pseudovergleyte Fahlerde-Braunerde aus Sand über Lehm	sLF-BB:p-s(Sp)/p-l(Mg)
72	Erdniedermoor aus Torf über Flusssand, Norm-Anmoorgley aus Flusssand	HNv:og-Hn/f-s(Sf) GMn:f-s(Sf)
73	Erdniedermoor aus Torf über Flusssand	HNv:og-Hn/f-s(Sf)
75	Norm-Anmoorgley aus Lehmsand über Lehm, Norm-Anmoorgley aus Flusssand, Erdniedermoor aus Torf über Flusssand	GMn:p-ls(Sp)/p-l(Lg) GMn:p-ls(Sp)/p-l(Lg) HNv:og-Hn/f-s(Sf)
77	Erdniedermoor aus Torf über Flusssand	HNv:og-Hn/f-s(Sf)
78	Erdniedermoor aus Torf über Lehm	HNv:og-Hn/p-l(Lg)
80	Erdniedermoor aus Torf	HNv:og-Hn
82	Gley über Niedermoor aus Kolluviallehmsand über Torf, Erdniedermoor aus Torf über tiefem Flusssand, Gley-Kolluvisol über Niedermoor aus Kipplehmsand über Torf	GG-YK/HN:u-ls(Sp)/og-Hn/(Sf) HNv:og-Hn/f-s(Sf) GG-YK/HN:u-ls(Sp)/og-Hn/(Sf)
83	Norm-Regosol aus Kippsand	RQn:oj-s

Im Fall der BÜK300 wurden die in der Datenbank des LGRB verankerten Flächenbodenformen geprüft und den Legendeneinheiten die dominierende Bodenform (Flächenanteil und Repräsentanz der Charakteristik der Legendeneinheit) zugewiesen. Auf beiden Hierarchieebenen stehen die Basisdaten als Flächencover zur Verfügung. Damit können auch die Leitböden diesen beiden räumlichen Dimensionsebenen zugewiesen werden. Da sich die Charakteristik der Nanochoren auf komponentenbezogene Merkmale des Reliefs, des Substrats, des Bodens sowie des Bodenfeuchteregimes stützt, ergeben sich speziell für den großmaßstäbigen Blickwinkel auf der Betrachtungsebene der Fokusgebiete komplexere Interpretationsfelder für die naturräumlichen Hintergründe. Die so mit der umfassenden Charakteristik des Naturraums verknüpfte Bodenkennzeichnung ist als ein qualitativ verbesserter Modelleingangsparameter zu werten, da nicht nur die breite Datenbasis und das damit verbundene Expertenwissen in die Kennzeichnung der Leitböden eingeflossen sind, sondern so auch die Schnittstelle Boden–Naturraum geschlossen wird.

Um den Übergang zwischen den Hierarchieebenen zu gewährleisten, wurde ein Abgleich zwischen Nanochorentyp und Blattlegendeneinheit vorgenommen. Die Leitböden vermitteln zwischen den beiden Hierarchieebenen (Tabelle 28).

Tab. 28: Zusammenhang zwischen Nanochoren und BÜK300-Legendeneinheiten

Nanochorentyp	Leitbodentyp	Kürzel des Leitbodentyps	Legendennummer nach BÜK300
110	Podsol-Braunerde	PP-BB	43
111	Norm-Braunerde	BBn	52
310	Normpodsol	PPn	2
311	podsolierte Gley-Braunerde	GG-BB	4
410	Podsolige Braunerde	pBB	43
411	Podsol-Braunerde	PP-BB	43
412	Norm-Braunerde	BBn	52
413	Norm-Braunerde	BBn	52

414	lessivierte Braunerde	IBB	54
415	lessivierte Braunerde	IBB	54
416	Fahlerde-Braunerde	LF-BB	55
417	Braunerde-Fahlerde	BB-LF	61
511	Gley-Braunerde	GG-BB	58
512	Braunerde-Gley	BB-GG	20
513	vergleyte Braunerde	gBB	15
514	Normgley	GGn	21
515	Humusgley	GGh	25
516	Humusgley	GGh	19
517	Humusgley	GGh	19
518	Norm-Anmoorgley	Gmn	29
519	Norm-Anmoorgley	Gmn	75
520	Gley über Niedermoor	GG/HN	82
521	Normniedermoor	HNn	72
522	Normniedermoor	HNn	77
523	Normniedermoor	HNn	73
525	Normniedermoor	HNn	80
526	Normniedermoor	HNn	82
527	Normniedermoor	HNn	80
610	Vega-Gley	AB-GG	32
611	Vega-Gley	AB-GG	32
613	pseudovergleyter Vegagley	sAB-GG	35
614	Auenhumusgley	aGGh	34
615	Vega-Pseudogley-Gley	AB-SS-GG	36
616	Vega-Gley-Pseudogley	AB-GG-SS	37
617	Normniedermoor	HNn	78
618	Normniedermoor	HNn	78
619	pseudovergleyter Vegagley	sAB-GG	35
711	Pseudovergleyte Fahlerde-Braunerde	p LF-BB	63
713	Norm-Anmoorgley	Gmn	72
714	Norm-Anmoorgley	Gmn	75
715	Normniedermoor	HNn	78
719	Norm-Anmoorgley	Gmn	75
720	Niedermoorgley	HN-GH	75
721	Normniedermoor	HNn	80
813	Norm-Lockersyrosem	Oln	83
817	Humusgley	GGh	82

Der Leitboden steht nun auf beiden Ebenen als Bezugseinheit zur pedologischen Charakteristik zur Verfügung. Ihm können im Folgeschritt die spezifischen Modelleingangsgrößen zugeordnet und somit als Modellierungsparameter nutzbar gemacht werden. Für präzise Modellierungen ist es von entscheidender Bedeutung, den Leitböden auf einer breiten Stichprobenbasis beruhende Eigenschaften zuzuordnen. Die Bodenformen-Datenbank der BÜK300 besitzt eine solche Datenbasis. Sie wurde deshalb zur Charakteristik der Leitböden verwendet. Aus der Datenbank, bei deren Fertigstellung sich eine intensive Zusammenarbeit mit dem Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe entwickelte, wurden die für das jeweilige Modell relevanten Parameter ausgewählt und tabellarisch zusammengestellt. Letztendlich existiert auf der Zwischen- und Gesamtebene ein Leitboden-Flächendatensatz auf Basis der BÜK300 mit jeweils einer verknüpften Eigenschaften-Datenbank für ArcEgmo (siehe Anlage 3) und SWIM (siehe Anlage 4). Auf der Fokusebene bilden die drei Flächendatensätze der Leitböden auf

der Basis der Nanochoreneinheiten mit der verknüpften Eigenschaften-Datenbank für SWIM die Modellierungsgrundlage (siehe Anlage 5).

4.2.2. Darstellung der Ergebnisse der pedologischen Gebietsanalyse

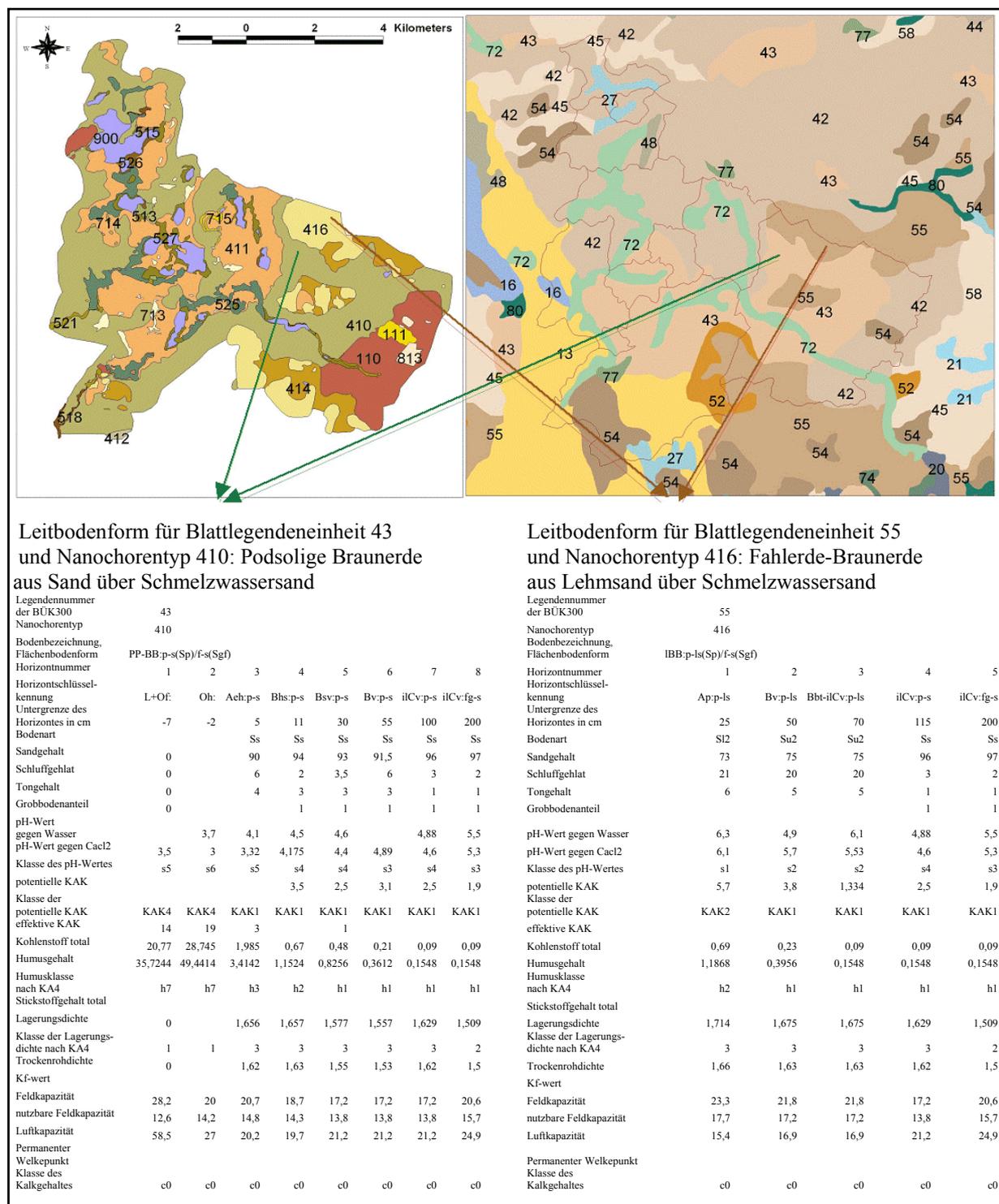


Abb. 23: Leitböden als Basis der Zuweisung von pedologischen Eigenschaften und als Mittler zwischen den Dimensionsebenen der Betrachtung

Aus dem verfolgten Ansatz ergeben sich Ergebnisse auf zwei Dimensionsebenen. Auf der Ebene der Fokusegebiete, begründet auf der Kartierung der Nanochoeren und für das gesamte Einzugsgebiet, hergeleitet aus der BÜK300. In beiden Fällen bestand das Ziel darin, Leitböden zu definieren. Diesen konnten, je nach Anforderung des entsprechenden Modells, aus Bodendatenbanken die erforderlichen

Eigenschaften zugewiesen werden. Der Fokus liegt somit auf dem Bindeglied „Leitboden“ der im doppelten Sinne die Verknüpfungsebene symbolisiert. Einerseits als Bezugspunkt für die Eigenschaftszuweisung und andererseits als Vermittler zwischen den beiden räumlichen Dimensionsebenen. Abbildung 23 verdeutlicht diese Stellung an zwei ausgewählten Beispielen.

Auf diese Weise kann einerseits die Durchlässigkeit und andererseits die Übertragbarkeit pedologischer Informationen innerhalb und zwischen den Modellen verbessert werden. Verschiedene Modellierungsebenen werden vergleichbar und Generalisierungen nachvollziehbar. Zusätzlich wird für die leitbodenfixierten Bodeneigenschaften bezüglich ihrer Einbindung als Modellierungsparameter eine Offenheit gewährleistet.

Die Karten der Abbildungen 24 a–c (verbesserte Auflösung in Anlage 6 a–c) zeigen die Verteilung der Leitböden in den Fokusgebieten auf der Basis der Nanochoren (vgl. dazu auch Karten der Nanochoren der Fokusgebiete in Abbildung 2 und Anlage 1 a–c zur Kennzeichnung der Nanochoren des glazialen Tieflandes). Die Bezugskarte für das Gesamtgebiet ist die BÜK300 (Anlage 7). Die Attributzuweisungen für die Flächeneinheiten erfolgen über die Tabellen in den Anlagen 3 bis 5.

Die Fokusgebiete lassen sich wie folgt charakterisieren:

Fokusgebiet Untere Havel

Im Fokusgebiet Untere Havel findet man das vermutete weitgefächerte Spektrum an Leitböden vor. Dies resultiert aus der glazialen Genese und der Auendynamik, die ein großes Spektrum innerhalb der vorliegenden Substrate und somit eine pedologische Vielfalt hervorrufen. Das Mosaik baut sich aus

Karte der Leitbodenformen im Fokusgebiet Untere Havel

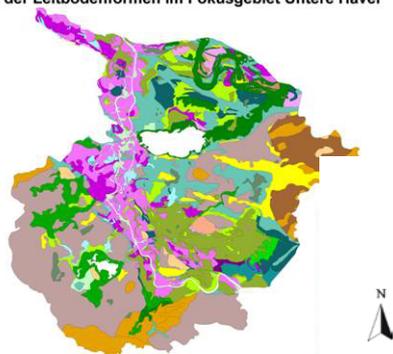


Abb. 24a: Karte der Leitbodenform im Fokusgebiet Untere Havel

den Substraten Sand, Torf und Auenlehm auf. Sie lagern entsprechend der Genese kleinräumig häufig wechselnd, angepasst an morphologische Strukturen der Niederung. Diese ist als Urstromtal durch Talsandterrassen, Talsandinseln und Talsanddünen strukturiert, aber stets aus sandigem Substrat aufgebaut. Lediglich die niederen Lagen wurden im Holozän durch Torfaufwachungen (oberflächennahe Grundwasserstände) und/oder Auenlehmaufschwemmung (Überflutungsraum) überprägt. Zwischen diesen bauen sich mannigfaltige Übergänge auf. Ergänzt wird die Situation an der Unteren Havelniederung durch die flächenmäßig kleinen Ländchen, die als glaziale Bildung ein sandig-lehmiges Substrat (z.T. Geschiebemergel der Grund- und Endmoränen) kennzeichnet.

Die Leitböden sind entsprechend durch diese Substrate, aber auch durch das Bodenfeuchteregime differenziert. Es variiert von anhydromorph (Ländchen, Talsanddünen, obere Talsandterrassen) über semihydromorph (Talsandinseln, mittlere Talsandterrassen, Senken und Rinnen) bis zu vollhydromorph (zentrale Auenbereiche, Senken und Rinnen in der Aue), ergänzt und überlagert durch Stauwassereffekte im Geschiebelehm bzw. Auenlehm. Das Spektrum der Leitböden spannt sich demzufolge auf von:

- Fahlerde(Parabraunerde)-Braunerde-Podsol-Bodengesellschaften (Ländchen) ergänzt durch Pseudogley-Bodengesellschaften (Hohlformen auf den Ländchen)
- Regosol-Podsol-Braunerde-Bodengesellschaften (Talsanddünen)
- Gley-Braunerde-Bodengesellschaften (obere und mittlere Talsandterrassen)
- Humusgley-Bodengesellschaften (Ebenen, Rinnen und Senken ehemalige und aktuelle gelegentliche Überflutungsbereiche außerhalb des Elbwassereinflusses, mittlere Höhenlagen)
- Niedermoor-Bodengesellschaften (Ebenen, Rinnen und Senken ehemalige und aktuelle periodische Überflutungsbereiche außerhalb des Elbwassereinflusses, tiefe Höhenlagen)
- Auengley(Vegagley)-Bodengesellschaften ergänzt durch Pseudogleyeffekte (ehemalige und aktuelle periodische Überflutungsbereiche der Aue im Elbwassereinflussbereich)

Es kann davon ausgegangen werden, dass dieses Mosaik charakteristisch für den Unterlauf der Havel (ab Brandenburg) ist. Es ist demzufolge typisch für Urstromtalgebiete in niederen Lagen, in denen auch Wasser, das aus den südlichen Gebirgs-, Vorgebirgs- und Lössgebietslagen kommt, abfließt.

Fokusgebiet Hammerfließ

Das Fokusgebiet Hammerfließ repräsentiert ebenfalls einen Abflussraum innerhalb eines Urstromtalgebietes und dessen Randlagen. Die wesentlichen Unterschiede zum Fokusgebiet Untere Havel, das in dieser Hinsicht ähnlich charakterisiert ist, besteht einerseits in der Einordnung in eine räumliche Randlage innerhalb des Fließsystems und andererseits in der Lage außerhalb des Überflutungsraumes

Karte der Leitbodenformen im Fokusgebiet Hammerfließ

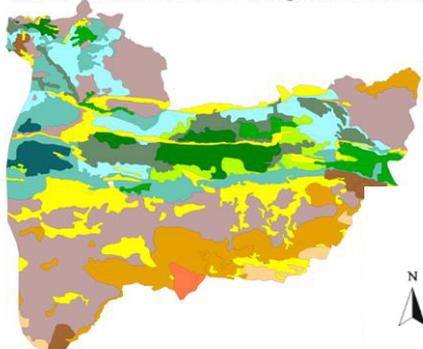


Abb. 24b: Karte der Leitbodenform im Fokusgebiet Hammerfließ

auch Sander) ergänzt. Da es sich um das Baruther Urstromtal handelt (Haupttal des Brandenburger Stadiums der Weichselvereisung) befinden sich die Randlagen im Norden und Süden und bilden hier großflächige Einheiten. Sie werden wegen der geringeren Reliefenergie im Süden großflächiger angeschnitten. Im Norden entstehen durch den „Steilabfall“ zwischen Endmoränen und Urstromtal nur kurze Zuflüsse. Im zentralen Teil sind in Windrichtung (West → Ost) lange Dünenzüge aufgeweht. Das Spektrum der Leitböden spannt sich wie folgt auf:

- Podsol-Braunerde-Bodengesellschaften (Randlagen im Norden und Süden)
- Podsol-Regosol-Bodengesellschaften (Dünenzüge, obere Talsandterrassen)
- Gley-Braunerde-Bodengesellschaften (mittlere Talsandterrassen)
- Humusgley-Bodengesellschaften (Ebene, ehemalige gelegentliche Überflutungsbereiche, mittlere Höhenlagen)
- Niedermoor-Bodengesellschaften (Ebene, ehemalige periodische Überflutungsbereiche, tiefe Höhenlagen)

Es kann davon ausgegangen werden, dass diese Abfolge typisch ist für Flussabschnitte des Mittellaufes der Havel und Havelnebenflüsse (außer Spree) in Abschnitten, in denen ehemalige Urstromtäler durchflossen werden.

Fokusgebiet Kleiner Rhin/Döllnitz

Das Fokusgebiet Kleiner Rhin/Döllnitz ist typisch für Quellflussbereiche der Havel und ihrer Nebenflüsse, insofern sie sich in Tieflandslage befinden. Das sind vor allem die Gebiete der reliefenergiereichen Endmoränen im Norden Brandenburgs. Sie besitzen eine glaziale Genese und werden einerseits

Karte der Leitbodenformen im Fokusgebiet Kleiner Rhin/Döllnitz

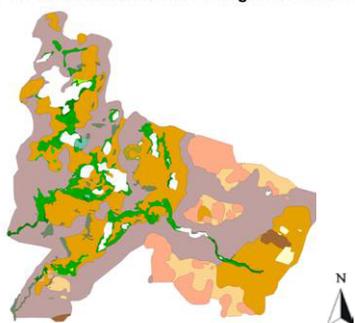


Abb. 24c: Karte der Leitbodenform im Fokusgebiet Kleiner Rhin/Döllnitz

von Wasser, das aus den südlichen Gebirgs-, Vorgebirgs- und Lössgebietslagen kommt. Die mitgeführte Fracht bei Überflutungen ist somit nicht nur wesentlich geringer, sondern auch ton- und schluffarm. Das Fokusgebiet ist demzufolge primär durch glazifluviale Sande geprägt. Die je nach Höhenlage einen deutlich unterschiedlichen Grundwasserstand besitzen. Dadurch entstanden für die niederen Lagen Torfbildungen. Das Spektrum der Leitböden baut sich zwischen diesen Parametern auf. Es variiert zwischen den Substraten Sand und Torf, verbunden mit differierenden Bodenfeuchteregimen. Randlich wird das Einzugsgebiet wieder durch die glazialen Hochlagen (hier anstelle von Grund- und Endmoränen oft

hier anstelle von Grund- und Endmoränen oft durch den Endmoränenzug des Nördlichen Landrückens markiert, andererseits durch die Platten (Grund- und Endmoränenreste älterer Ablagerungen) gebildet. In diese Hochlagen haben sich rinnenartig die Gewässerabflussbahnen eingeschnitten, die oftmals durch Seen verlaufen und diese verbinden. Sie bilden bis auf die Seenerweiterungen schmale, oftmals gewundene Strukturen mit geringen Flächenanteilen. Auf den Hochlagen ist sandig-kiesiges (Endmoränen) und sandig-lehmiges (Grundmoränen) Material dominant. Sand ist ebenfalls das Basissubstrat der Tälchen, die morphologisch meist Zuflüsse zu den Urstromtälern bilden. Da sie als Abflussrinnen einen hinreichend hohen Grundwasserstand

hatten bzw. z.T. auch noch besitzen, sind dort die Substrate mit Humus angereichert. Kleinflächig konnten speziell in geschlossenen Hohlformlagen sogar Torfbildungen stattfinden, besonders auch in den Verlandungsbereichen der Seen. Typisch ist, dass zwischen den Hochlagen und Tieflagen wegen der Reliefenergie sehr kleinräumige Übergänge entstanden sind. Die Leitböden reflektieren dieses Spektrum und umspannen primär:

- Podsol-Braunerde-Bodengesellschaften (Hochlagen der Endmoränen und teilweise Grundmoränen)
- Fahlerde-Braunerde-Bodengesellschaften (teilweise Hochlagen der Grundmoränen)
- Humusgley-Anmoorgley-Bodengesellschaften (dominant in den rinnenartigen Niederungen)

Außerhalb der Gewässerabschnitte in den ehemaligen Urstromtälern sind Teileinzugsgebiete der Havel auf diese Art und Weise charakterisiert. Sie befinden sich oftmals im Oberlaufbereich der im Tiefland gelegenen Quellflüsse.

Betrachtet man nun das gesamte Einzugsgebiet der Havel (Anlage 7), so kann mittels der durch die drei Fokusgebiete beschriebenen Typen der größte Teil als repräsentiert angesehen und durch sie charakterisiert werden. Selbst bei Hinzunahme der Spree trifft für den in Brandenburg verlaufenden Abschnitt dies zu. Gewisse Defizite bleiben für die teilweise durch das Substrat Löss gekennzeichneten südwestlichen Gebiete Brandenburgs, die durch die drei Fokusgebiete nicht abgedeckt werden. Sie besitzen jedoch nur geringe Flächenanteile im Einzugsbereich. In unseren Untersuchungen werden diese innerhalb der Agrargenossenschaft Nuthequelle GmbH Niedergörsdorf berücksichtigt, die allerdings außerhalb der Fokusgebiete liegt.

4.3. Hydrologie

Für Niederungen sind oberflächennahe Grundwasserstände charakteristisch. Im Gegensatz zu vielen anderen terrestrischen Standorten werden dadurch hydrologische Parameter zu wichtigen Kenngrößen des Wassertransfers und sind zur Absicherung der Eichung der Modelle notwendig. Ihre Ausprägung im Untersuchungsgebiet muss damit in die Untersuchungen einfließen.

Für eine flächenhafte Erfassung der Hydrodynamik werden schnell Einschränkungen deutlich. Meist reduziert sich die Charakteristik auf eine exemplarische Erfassung der Grundwasserdynamik an einzelnen Messstandorten, die zeitliche Auflösung schwankt dabei zwischen Stunden und mehreren Tagen, wobei sich eine Korrelation zwischen betrachteter Gebietsgröße und Ablesedichte ergibt. Es wurde festgestellt, dass man entweder auf zeitlich schlecht aufgestellte Messnetze und dementsprechende Messreihen zurückgreifen muss (diese bestehen i.d.R. und werden durch die verantwortlichen Behörden oder Einrichtungen betreut). Oder man muss eigene zeitlich besser auflösende Messnetze schaffen, die in ihrer Betreuung arbeitszeitintensiv und in ihrer Beschaffung teuer sind und somit auf wenige Standorte beschränkt bleiben. Es bedarf daher zusätzlicher Ansätze, die aus der naturräumlichen Charakteristik (z.B. Relief- und Bodeneigenschaften) und Bewirtschaftungsstrategien (wasserwirtschaftliche Maßnahmen) gewonnen werden können.

Die hydrologischen Parameter wurden ausschließlich bezogen auf die Fokusgebiete betrachtet. Dabei wurden zur Beachtung der hydrologischen Verhältnisse primär die durch das LUA Brandenburg erhobenen Pegelmessungen verwendet. Lediglich im Fokusgebiet Döllnitz/Kleiner Rhin wurde die Datenbasis durch In-situ Messungen ergänzt.

4.3.1. Möglichkeiten für die Erfassung und die Charakteristik der Grundwasserdynamik im Fokusgebiet Untere Havel

Das gesamte Fokusgebiet wird durch markante anthropogene Veränderungen charakterisiert. Primär werden sie geprägt vom Hochwasserschutz. Er ist ab dem 18. Jahrhundert bis zur Gegenwart bestimmend für diese Region. Dabei zeigen die Maßnahmen der Polderflutung anlässlich des Elbehochwassers im August 2002, dass, obwohl oftmals verdrängt, die Hochwasserschutzfunktion im Fokusgebiet oberstes Anliegen geblieben ist. So besteht heute ein dichtes Netz von eingedeichten, größtenteils begradigten Vorflutern (Havel, Großer Graben, Rhin, Dosse, Jäglitz). Sie werden durch Stauwerke (z.B. für die Havel Wehr Gnevsdorf, Wehrgruppe Quitzöbel, Wehr Garz, Wehr Grütz) reguliert und ent-

sprechend den vom Staubeirat bestimmten Vorgaben werden die Wasserstände eingestellt. Polderstrukturen nehmen den größten Teil der Niederung (z.B. Polder Vehlgast, Warnau, Flötgraben, Schafhorst, Großer Graben) ein. Sie verfügen über Einlassbauwerke (Wehre), ein oftmals dichtes Grabensystem, einen Malbusen mit Schöpfwerk. Eine ausführliche Darstellung des Gewässersystems findet man u.a. bei KRANAWETTREISER 2002 und ELLMANN/SCHULZE 2002.

Der Hauptvorfluter, die Havel, fließt im Fokusgebiet zunächst von Hohennauen in großen Mäandern nach Westen und schlägt ab Schollene in eine Nordrichtung um. Diese behält sie bis nahezu Vehlgast-Kümmernitz bei und verlässt dann das Einzugsgebiet in Richtung Nordwest. Auf diesem Abschnitt gibt es zahlreiche Totarme. Zeitweilig gibt es durch Strom- und Gülper Havel zwei, deutlich begradigte parallele Abflüsse. Der Havelverlauf ist zu den Poldern hin eingedeicht. Die zwischen den Deichen liegenden Bereiche bilden den eigentlichen Flussauenbereich.

Die Havel nimmt von Osten kommend vier größere Zuflüsse auf. Ganz im Süden bildet der Havelländische Große Hauptkanal über Witzker See, Rhin und Hohennauener See den ersten Zufluss. Nördlich davon, dem Südrand des Rhinower Ländchens zugewandt, fließt über das Hohennauensche Bruch und die Große Grabenniederung der Große Graben südlich von Gülpe in die Gülper Havel. Diese großflächige Niederung ist vollständig ausgepoldert. Nördlich von Gülpe wird über den Gülper See kommend der Rhin zugeführt. Hier erweitert sich die Aue durch den Seerandbereich und das Verlandungsgebiet des Küdden nach Osten. Später treten die Deiche bis an den kanalisiertem Fluss heran und Polder verdrängen die Aue vollständig. Den nördlichsten Zufluss bildet das Dossesystem. Stark kanalisiert und mehrfach umgestaltet ist das Fließsystem der Dosse heute weitestgehend auenlos. Durch Deiche hermetisch abgeriegelt, be- und entwässert die Dosse die zahlreichen Polder im nördlichen Teil des Untersuchungsgebietes. So nimmt die eigentliche Aue nur einen schmalen Saum am Ufer der Havel und um den Gülper See ein. Die anderen Niederungsgebiete sind Polder. Sind die südlichen Niederungsbereiche meist tischeben, so charakterisieren die nördlichen Bereiche deutlich alte, jetzt trockengefallene Fließsysteme des Urstromtales. Mäanderartig angelegt wechseln hier Rinnen und Sandschüttungen und strukturieren das Relief deutlicher.

Die gemessenen Grundwasserpegelgänge zeigen Bezüge zu den Wasserständen der Oberflächengewässer und zu den Niederschlagsverteilungen. Weiterhin sind sie abhängig vom Komponentengefüge und den anthropogen gesteuerten Regulierungen der Wasserstände am Standort. Basierend auf einer naturräumlichen Analyse und Bewertung der Fokusgebiete und verknüpft mit der gebietstypischen Wasserbewirtschaftung können exemplarisch repräsentative Standorte hinsichtlich ihres hydrodynamischen Verhaltens charakterisiert werden. Die Abbildungen 25 und 26 zeigen für ausgewählte Standorte im Bereich des Fokusgebietes charakteristische Jahresgänge (Datenbasis: Routineerhebungen des LUA Brandenburg, monatlich, erweitertes hydrologisches Jahr Juni 2001 – März 2003)

Dabei stehen die einzelnen Standorte für die folgenden Flächentypen:

- OHV16a Ländchen Rhinow, Unterhanglage, bewegtes Relief, NRT 416 (Sickerwasserbestimmte flach- und starkwellige lehmige-sandige Platte), Parabraunerde, Waldrandlage, sehr geringe wasserwirtschaftliche Beeinflussung
- GNA Hauptgraben Polder Große Grabenniederung, Tieflage, ebene bis leichte Senkenlage, NRT 615 (Grundwasserbestimmte, periodisch überflutete, lehmig-tonige Aue), Auengley, reflektiert Stauhaltung am Gülper Wehr, Grünlandbewirtschaftung mit deutlichen Naturschutzaufgaben, fast ausschließlich wasserwirtschaftliche Regulierung
- OHV18 Hauptgraben Polder Große Grabenniederung, Hochlage, ebene Terrassenlage, NRT 513 (Grundwasserbeeinflusste, sandige Terrasse oder Platte der Niederung), reflektiert Winterstauhaltung am Gülper Wehr, Grünlandbewirtschaftung mit Naturschutzaufgaben, deutliche wasserwirtschaftliche Regulierung
- P5 Havelaue südlich Hünemörderstelle, Nähe Stromhavel, mittlere Höhenlage, Ebene, NRT 516 (Grundwasserbestimmte, humos-sandig-lehmige Terrasse oder Platte der Niederung), Grünlandbewirtschaftung mit Naturschutzaufgaben, deutliche wasserwirtschaftliche Regulierung
- OHV23 Talsanddünen am Küdden, hohe Niederungslage, bewegtes, welliges Relief, NRT 310 (Sickerwasserbestimmte sandige Düne oder Dünengebiet), Podsol auf Flugsand, Nähe Gülper See und Ländchen Rhinow, forstwirtschaftliche Nutzung bzw. Trockenrasen, wenig wasserwirtschaftliche Regulierungen

- OHV14 Hauptgraben Polder Twerl, mittlere Höhenlage, Ebene, reflektiert Stauhaltung des Rhin, NRT 519 (Grundwasserbestimmte, humos-lehmig-sandige und Torfsandebene), Humusgley, Ackerbau (Sommerkulturen), deutliche wasserwirtschaftliche Regulierung

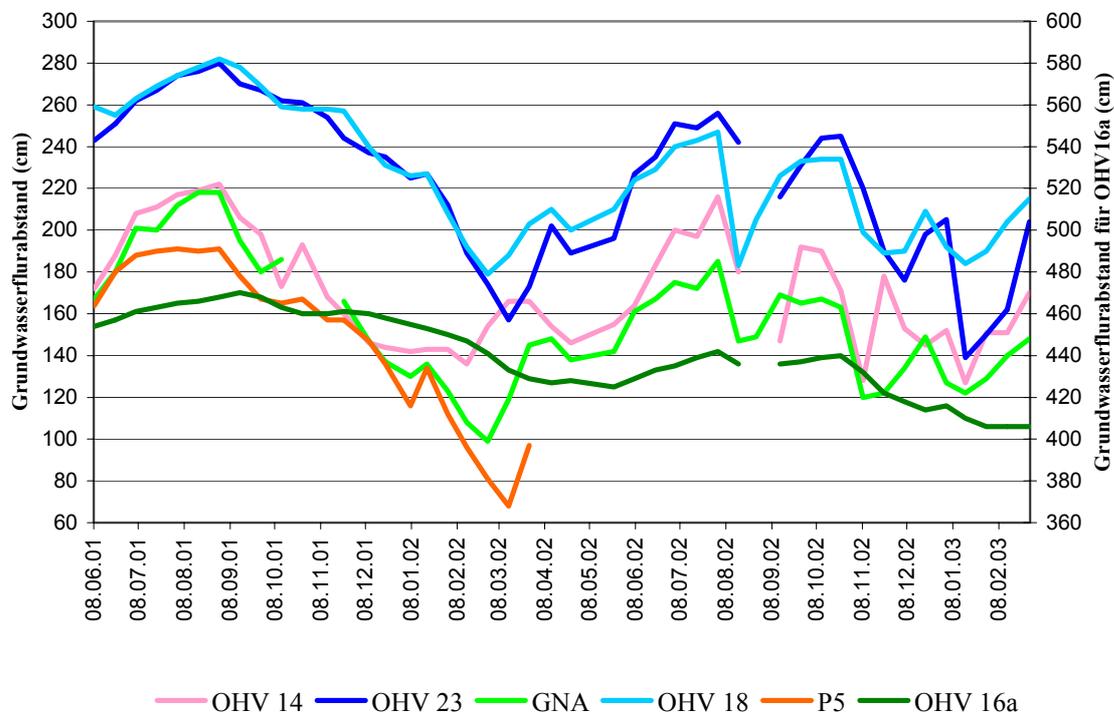


Abb. 25: Grundwasserflurabstände an den Messpunkten im Fokusgebiet Untere Havel

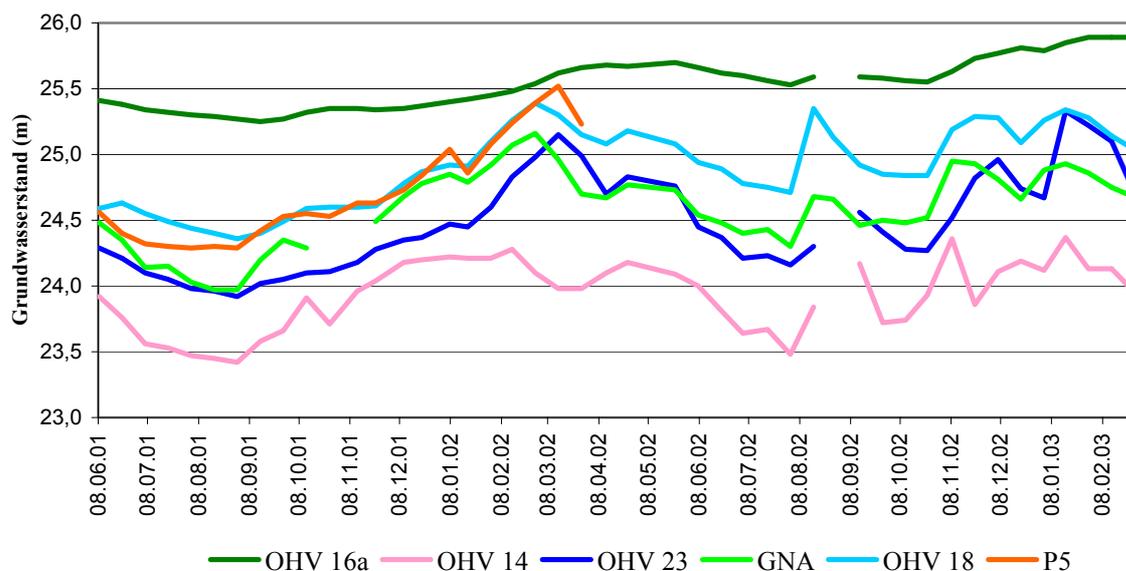


Abb. 26: Grundwasserstände an den Messpunkten im Fokusgebiet Untere Havel

Die Jahrgänge für die Grundwasserflurabstände zeigen zuerst jahreszeitliche Differenzen. Von sommerlichen Tiefstständen ausgehend, erfolgt ein kontinuierlicher Anstieg des Grundwassers bis

zum März, danach fallen die Grundwasserstände wieder bis zum Frühsommer. Das trifft für alle Standorte zu, wobei gilt, dass, je größer die relative Höhe über der Niederung, desto geringer die Schwankungsamplitude und um so größer der Flurabstand. Die Schwankungsamplitude für Niederungsstandorte verläuft konform den Pegelgängen der Vorfluter. Somit spielt auch die Nähe zum Vorfluter eine Rolle. Da letztendlich im gesamten Gebiet der Hauptvorfluter Havel regulierend auf die Wasserstände aller anderen Oberflächengewässer wirkt, bildet sich in allen Pegelgängen, jeweils abgeschwächt entsprechend den oben erwähnten Gradienten, die Wasserführung der Havel mehr oder weniger deutlich ab. Dieser wird geprägt durch die Stauziele des Wasser- und Schifffahrtsamtes Brandenburg und bedeutet vornehmlich ein gestuftes Anheben zum Winter bzw. ein analoges Absenken zum Sommer. Die Differenz der Stauziele beträgt ca. 40cm in Grütz und Garz und 90 cm in Havelberg zwischen vereinbarten Winterhoch- und Sommerniedrigwasserstand. Hochwasserereignisse und extreme Niederschlagsereignisse sind den Grundkurven aufgelagert. Standorte der Aue in Havelnähe und tiefen Lagen (P5) bilden den Havelwasserstand am genauesten ab. Bereits in den angrenzenden Poldern modifiziert sich der Pegelgang durch die spezifische Wasserhaltung der Polderbewirtschaftung. So treten zwischen GNA bzw. OHV18 (Polder Große Grabenniederung) und OHV14 (Polder Twerl) Unterschiede z.B. im November 2002 auf. Dagegen ist der Pegelgang innerhalb des Polders für die beiden Standorte GNA (Tieflage) und OHV18 (Hochlage) ähnlich, wobei die Höhenlage einen größeren Grundwasserflurabstand und eine Abschwächung der Extreme (Amplituden) bewirkt.

Standorte in Höhenlagen der Ländchen (OHV16a) sind als losgelöst von der Anbindung an die Havel zu betrachten. Sie folgen bei deutlich höherem Flurabstand einem klimatisch bedingten Jahresrhythmus, auch extreme Feuchte- oder Trockenperioden bilden sich nur deutlich abgeschwächt und zeitverzögert im Grundwassergang ab.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass das Gebiet im Teileinzugsbereich der Unteren Havel in seinem oberirdischen Abfluss deutlich geprägt wird von den wasserwirtschaftlichen Maßnahmen. Die Ziele sind primär ausgerichtet auf den Hochwasserschutz (eher in mittleren Intervallen relevant) und die Binnenschifffahrt (bestimmte Pegelstände der Havel). Das dadurch geregelte Abflussverhalten in der Vorflut beeinflusst die Oberflächen- und Grundwasserstände der Flächen im Niederungsbereich. Hier stellen sich entsprechend der reliefbedingten Höhenlage bei ähnlicher Grundwasserdynamik unterschiedliche Grundwasserflurabstände ein.

4.3.2. Möglichkeiten für die Erfassung und die Charakteristik der Grundwasserdynamik im Fokusgebiet Hammerfließ

Auch das Untersuchungsgebiet Hammerfließ zeigt in seiner hydrologischen Situation deutlich anthropogene Spuren. Ursachen dafür sind aber vordergründig in der Absicht der Verbesserung landwirtschaftlicher Produktionsbedingungen zu sehen.

Das Fokusgebiet liegt im Baruther Urstromtal. Dieses weist Höhen zwischen 33 und 55 m auf und bildet einen ca. 3 bis 5 km breiten Niederungstreifen. Es wird im Süden durch den Höhenzug des Fläming und im Norden durch höher liegende Flächen wie die Karower Platte sowie die Luckenwalder und Beelitzer Heide begrenzt. Das Baruther Tal wird von der Dahme, Nuthe mit Nieplitz und im Westteil von der Plane gequert. Die genannten Flüsse kommen alle aus dem Fläming und entwässern die Niederung nach Norden. Das Baruther Tal besitzt keine durchgehende Entwässerung. Die Flüsse entwässern jeweils nur einzelne Abschnitte des Tals. Zwischen den Abschnitten haben sich Talwasserscheiden gebildet. Um den Abfluss von den Niederungsflächen zu beschleunigen, wurden Entwässerungsgräben angelegt.

Das Gewässernetz in seiner heutigen Form ist während der Komplexmelioration in den 70er Jahren entstanden. Hauptvorfluter sind das Hammerfließ und der Bibergraben, welche die Niederung in Ost-West-Richtung durchziehen. Das Hammerfließ entwässert das Urstromtal nördlich der Langen-Horst-Berge, den östlichen Bereich bis Baruth und über den Mückendorfer Graben teilweise die Mückendorfer Niederung. Der Bibergraben nimmt alle von Süden kommenden Nebenvorfluter auf und entwässert über den Paplitzer Graben die Gegend um Paplitz. Er wurde zum Hauptvorfluter ausgebaut mit dem Ziel, das Hammerfließ zu entlasten. Aufgrund des stärkeren Wasserandranges aus südlicher Richtung vom Nordhang des Niederen Fläming und aufgrund des Geländegefälles führt der Bibergraben den bedeutenderen Anteil des Abflusses ab. Ein weiterer Abflussweg aus dem Gebiet über den Wunder-

graben besteht seit 1961. Er entwässert mit einem Durchbruch der einzugsgebietsbegrenzenden Wasserscheide die Mückendorfer Niederung vorrangig.

Schon in seiner äußeren Erscheinung mit den geometrisch angeordneten Wasserläufen stellt sich das Gewässernetz als reguliertes Abflusssystem dar. Die einzige nicht ausgebaute, in ihrem natürlichen mäandrierenden Lauf belassene Teilstrecke ist das Hammerfließ im Bereich des Naturschutzgebietes Schöbendorfer Busch. Eine effektive Entwässerungswirkung wird durch das Netz tiefer Binnengräben erzielt, die in ihren Bemessungen zur Entwässerung großer Flächen angelegt worden waren. Stellenweise sind sie parallel zu den Höhenlinien von Ost nach West angeordnet, um das von Süden einströmende Grundwasser terrassenförmig abzufangen und bei Bedarf abzuleiten bzw. zur Einstaubbewässerung zu verwenden. Einige Gräben fallen im Sommer trocken, so z.B. das Hammerfließ etwa ab dem Wehr Schmelze, ebenso der Mückendorfer Graben ab dem Wehr am Trompeterhaus. Trotz der Stauvorrichtungen in den Gewässerläufen erreicht das Gewässernetz eine so starke entwässernde Wirkung, dass die Urstromtalung, obwohl ursprünglich Sumpfbereich, in den letzten Jahren zunehmend unter Sommertrockenheit leidet. Niederschläge werden extrem schnell aus dem Gebiet abgeführt.

Zur Abflussregulierung, d.h. einerseits zur Verhinderung zu schnellen Abfließens, andererseits zur Ent- und Bewässerung, sind verschiedene Stauvorrichtungen in die Gewässerläufe eingebaut. In den Hauptvorflutern befinden sich insgesamt 19 Wehre, in den Binnengräben zusätzlich zahlreiche Stau, und seit den 90er Jahren wurden an verschiedenen Stellen Sohlgleiten angelegt, die durch ihre konstante Stauhöhe eine Stabilisierung der Wasserstände herbeiführen sollen. Zusätzlich liegen im Untersuchungsgebiet zwei Schöpfwerke.

Wie das Grabensystem, so sind auch die Stauvorrichtungen auf möglichst großflächige Wirkung angelegt worden. Insgesamt bedingen das Gewässernetz und seine Stauvorrichtungen in Kombination mit dem sehr geringen Gefälle in der Niederung eine deutliche Abhängigkeit der Grundwasserstände in weiten Flächen von einigen Regulierungspunkten.

So ergab sich z.B. die Notwendigkeit, Bewässerungsbrunnen anzulegen, um selbst die tiefstgelegenen Niederungsstandorte zum Anbau bestimmter Kulturen zu beregnen. An der Trockenheit zeigt sich die Wirkung des stark verringerten Landschaftswasserspeichers in einer Region, die von einer hochgradig negativen sommerlichen klimatischen Wasserbilanz geprägt ist.

Insgesamt stellt die hohe Entwässerungswirkung des Gewässernetzes aber die Grundlage dar für die rentable landwirtschaftliche Intensivnutzung. Das landwirtschaftliche Nutzungsprofil prägt die Niederung. Den heutigen Zustand des Einzugsgebiets des Hammerfließes hinsichtlich Wasserhaushalt, Landnutzung und Naturraum muss man auch als Resultat vorangegangener Entwicklungen betrachten. So stellt sich die Komplexmelioration der 70er Jahre als der die heutige Situation in herausragendem Maße gestaltender Faktor heraus, der geradezu die Grundlage für die landwirtschaftliche Nutzung der Niederung bildet.

Doch auch vor der Komplexmelioration war das Urstromtal kein von anthropogenen Einflüssen unberührtes Gebiet, so dass bereits ab dem 16. Jahrhundert Maßnahmen zur Beeinflussung des Wasserhaushaltes nachweisbar sind. Wie auch heute, war die Intensivierung der Landwirtschaft in den vergangenen Jahrhunderten ein Hauptziel der meliorativen Eingriffe.

Basierend auf einer naturräumlichen Analyse und Bewertung des Gebietes und seiner gebietstypischen Wasserbewirtschaftung konnten ebenfalls exemplarisch repräsentative Standorte hinsichtlich ihres hydrodynamischen Verhaltens ausgewählt und charakterisiert werden. Die Abbildungen 27 und 28 zeigen für Beispiele im Fokusgebiet charakteristische Jahresgänge (Datenbasis: Routineerhebungen des LUA Brandenburg, monatlich, drei hydrologische Jahre November 1997 – Oktober 2000).

Dabei stehen die einzelnen Standorte für die folgenden Flächentypen:

- 3947 1209 Grabennähe, Oberlaufabschnitt (Paplitzer Graben, Hammerfließ, Parkgraben), Ebene, NRT 525 (Grundwasserbestimmte tiefgründige Torfebene), Erdniedermoor aus Torf, Wiesennutzung, mäßige wasserwirtschaftliche Beeinflussung
- 3947 1205 keine unmittelbare Grabennähe, Oberlaufabschnitt, ebene Sandterrasse, NRT 410 (Sickerwasserbestimmte, ebene bis wellige sandige Platte, Terrasse oder Ebene), Podsolige Braunerde, forstwirtschaftliche Nutzung, sehr geringe wasserwirtschaftliche Beeinflussung
- 3945 1260 Grabenlage am Hammerfließ, Mittellaufabschnitt, weite Rinnenlage, NRT 513, Normgley aus Flusssand, ackerbauliche Nutzung, deutliche wasserwirtschaftliche Beeinflussung

- 3945 1270 keine unmittelbare Grabennähe, Mittellaufabschnitt, bewegtes Relief, Dünenzug, NRT 310 (Sickerwasserbestimmte sandige Düne oder Dünengebiet), Normpodsol aus Flugsand, forstwirtschaftliche Nutzung, geringe wasserwirtschaftliche Beeinflussung
- 3845 1275 Grabenlage am Hammerfließ, Unterlaufbereich, Ebene, NRT 513 (Grundwasserbeeinflusste sandige Terrasse oder Platte der Niederung), vergleyte Braunerde, Wiesennutzung mit Übergang zur forstwirtschaftlichen Nutzung, deutliche wasserwirtschaftliche Beeinflussung
- 3845 1285 Grabennähe, Unterlaufbereich (Raubuschgraben, Triftgraben), Ebene, NRT 514 (Grundwasserbestimmte sandige Terrasse oder Platte der Niederung), Normgley, ackerbauliche Nutzung, deutliche wasserwirtschaftliche Beeinflussung

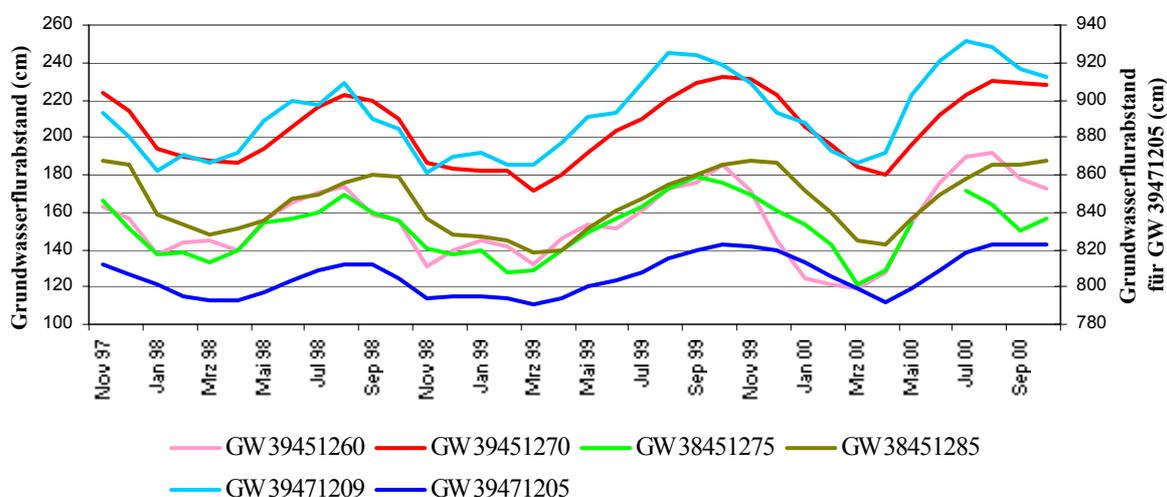


Abb. 27: Grundwasserflurabstände an den Messpunkten im Fokusgebiet Hammerfließ

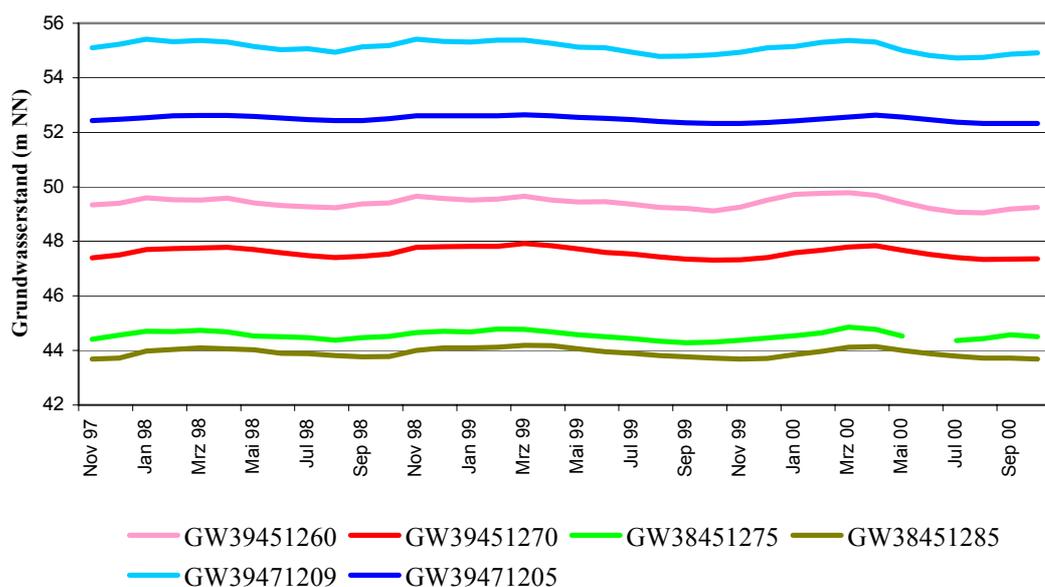


Abb. 28: Grundwasserstände an den Messpunkten im Fokusgebiet Hammerfließ

Alle Pegelgänge bilden zunächst einen jahreszeitlich geprägten Verlauf ab. Winterliche Hochstände wechseln mit sommerlichen Tiefständen an allen Standorten gleichmäßig. Eintrittzeiten der Maxima (März) und Minima (September) sind nahezu identisch. Die Amplituden schwanken zwischen ca. 40 und 60cm. Standorte in Grabennähe zeichnen Bewegungen sensibler nach. In größerer Entfernung werden diese Unterschiede nivelliert. Die ausgeglichene Kurve hat der Standort GW3947 1205. Er befindet sich im Oberlauf in höherer Lage mit anhydromorpher Charakteristik. Das Grundwasser liegt relativ weit unter Flur, obwohl die Grundzüge der Beobachtungen denen der anderen Standorte entspricht. Alle anderen Kurven haben einen ähnlichen Verlauf und unterscheiden sich lediglich hinsichtlich des Abstandes unter Flur. Das bedeutet, dass in allen Lagen der Niederung eine stark ähnliche Dynamik ausgeprägt ist, die relativ deutlich unter Flur angelegt ist (zwischen 13 und 18dm für GW3845 1285 bzw. 17 und 23dm für GW3847 1209). Die Differenzierung resultiert aus unterschiedlichen Höhenlagen. Grund für die für Niederungen eher untypischen hohen Flurabstände sind die gleichmäßig abgesenkten Grundwasserstände für alle Standorte.

4.3.3. Möglichkeiten für die Erfassung und die Charakteristik der Grundwasserdynamik im Fokusgebiet Kleiner Rhin/Döllnitz

Das Untersuchungsgebiet befindet sich im Oberlauf der Havel und wird durch die beiden Flüsse Kleiner Rhin und Döllnitz geprägt, die in den Rheinsberger Rhin münden. Sie fungieren als Vorfluter des ehemals durch die glaziale Genese bedingten Binnenentwässerungssystems. Erst durch den Bau des Polzowkanals (1751) wurde das Gebiet an das Einzugsgebiet der Havel angeschlossen. Im Gebiet sind weiterhin zahlreiche Verbindungsgräben zum größten Teil künstlich angelegt worden. Allerdings sind einige davon nicht mehr als Entwässerungsgräben in Funktion.

Der Kleine Rhin entspringt dem Dollgowsee. Als Zuflüsse gelten der Törnseegraben und der Dollgower Seegraben. Er hat auf einer Laufstrecke von ca. 9 km ein mittleres Gefälle von 0,09%. Der Oberlauf ist eher geradlinig, bei einer Wassertiefe von 0,3–0,7m und einer Breite von ca. 2,50m. Drei Rohrdurchlässe liegen in diesem Bereich. Der Mittellauf wird wesentlich durch den Köpernitzsee und dem Mühlenstau der Köpernitzer Mühle geprägt. Profiltiefe und Wasserspiegelbreite nehmen zu. Nach dem Mühlenwehr erfolgt ein Absturz (0,8 m). Außerdem gibt es wiederum drei Durchlässe, zwei davon sind große Durchlässe unter Straßen. Der Unterlauf ist am naturnahsten. Wassertiefe und Wasserspiegelbreite gehen zurück. Lediglich einige wasserbauliche Eingriffe sind zur Überwindung des hydraulischen Gefälles, bedingt durch den Mühlenstau, vorhanden. Das unterirdische Einzugsgebiet wird mit 21,6 km² angegeben. Zuflüsse, vor allem aus dem Nehmitzseegebiet, werden festgestellt.

Die Döllnitz hat zwei Zuflüsse, einen aus dem Zechowsee und einen nebenrangigen aus den Uferbereichen des Großen Tietzensees. Sie hat eine Lauflänge von knapp 7 km. Die Sohlbreite schwankt zwischen 0,8 und 2,0 m, die Sohltiefe zwischen 0,4 und 1,5 m und verflacht sich noch im Unterlauf. Das unterirdische Einzugsgebiet wird mit ca. 14 km² angegeben. Es existiert ein Zustrom aus dem Wittwese. Im Einzugsgebiet der Döllnitz sind meliorative Eingriffe zur Entwässerung der Wiesen im Ober- und Mittellauf durchgeführt worden. Eine Vielzahl von Entwässerungsgräben (Breite Wiesen) sind angelegt worden. Die Döllnitz wurde begradigt und wird heute noch beräumt. Auch an der Döllnitz gibt es speziell im Oberlauf einige Rohrdurchlässe. Diese wirken sehr unterschiedlich, bei ausreichendem Querschnitt und höherem Gefälle in den Oberlauf hinein eher entwässernd. Sie können aber auch durch die Verengung teilweise Staueffekte erzielen und zumindest zeitweise zum Wasserrückhalt beitragen. Weitere Informationen zum Kleinen Rhin und zur Döllnitz findet man bei GINZEL & ERTL (2002).

Basierend auf einer naturräumlichen Analyse und Bewertung der Fokusgebiete und verknüpft mit der gebietstypischen Wasserbewirtschaftung können exemplarisch repräsentative Standorte hinsichtlich ihres hydrodynamischen Verhaltens charakterisiert werden. Die Abbildungen 29 und 30 zeigen für ausgewählte Beispiele des Fokusgebietes charakteristische Jahresgänge (Datenbasis: eigene In-situ Messreihen, Stundentakt, erweitertes hydrologisches Jahr Nov.2003-Januar 2005). Dabei stehen die einzelnen Standorte für die folgenden Flächentypen:

- DÖ1 Döllnitz, Mittellauf, weites Tal, mäßig bewegtes Relief, Niederungsrand, zentrale Niederung unmittelbar am Fließgewässer, NRT 525 (grundwasserbe-

- stimmte tiefgründige Torfebene), Erdniedermoor aus Torf, Grünlandbewirtschaftung, geringe wasserwirtschaftliche Beeinflussung
- DÖ2 Döllnitz, Mittellauf, weites Tal, mäßig bewegtes Relief, Niederungsrand, Unterhang, NRT 411 (sickerwasserbestimmte, starkwellige sandige Platte), Podsol-Braunerde aus Sand, Übergang zur forstwirtschaftlichen Nutzung, geringe wasserwirtschaftliche Beeinflussung
 - KR1 Kleiner Rhin, Unterlauf, weites Tal, mäßig bewegtes Relief, Niederungsrand, zentrale Niederung unmittelbar am Fließgewässer, NRT 525 (grundwasserbestimmte tiefgründige Torfebene), Erdniedermoor aus Torf, Grünlandbewirtschaftung, geringe wasserwirtschaftliche Beeinflussung
 - KR2 Kleiner Rhin, Unterlauf, weites Tal, mäßig bewegtes Relief, Niederungsrand, Unterhang, NRT 410 (sickerwasserbestimmte, ebene bis wellige sandige Platte, Terrasse oder Ebene), Podsolige Braunerde, Siedlungsrand, geringe wasserwirtschaftliche Beeinflussung
 - KR3 Kleiner Rhin, Oberlauf, enges Tal, bewegtes Relief, zentrale Niederung unmittelbar am Fließgewässer, Übergang NRT 411 (sickerwasserbestimmte, starkwellige sandige Platte) zu NRT 525 (grundwasserbestimmte tiefgründige Torfebene), Erdniedermoor aus Torf, Grünlandbewirtschaftung, geringe wasserwirtschaftliche Beeinflussung
 - KR4 Kleiner Rhin, Oberlauf, enges Tal, bewegtes Relief, zentrale Niederung unmittelbar am Fließgewässer, Niederungsrand, Unterhang, NRT 411 (sickerwasserbestimmte, starkwellige sandige Platte), Podsol-Braunerde aus Sand, Übergang zur forstwirtschaftlichen Nutzung, geringe wasserwirtschaftliche Beeinflussung
 - KR5 Kleiner Rhin, Oberlauf oberhalb des Dollgowsees, enges Tal, bewegtes Relief, zentrale Niederung unmittelbar am Fließgewässer, NRT 521 (grundwasserbestimmte Torfsandebene), Erdniedermoor aus Torf über Flusssand, ungenutztes Offenland, geringe wasserwirtschaftliche Beeinflussung

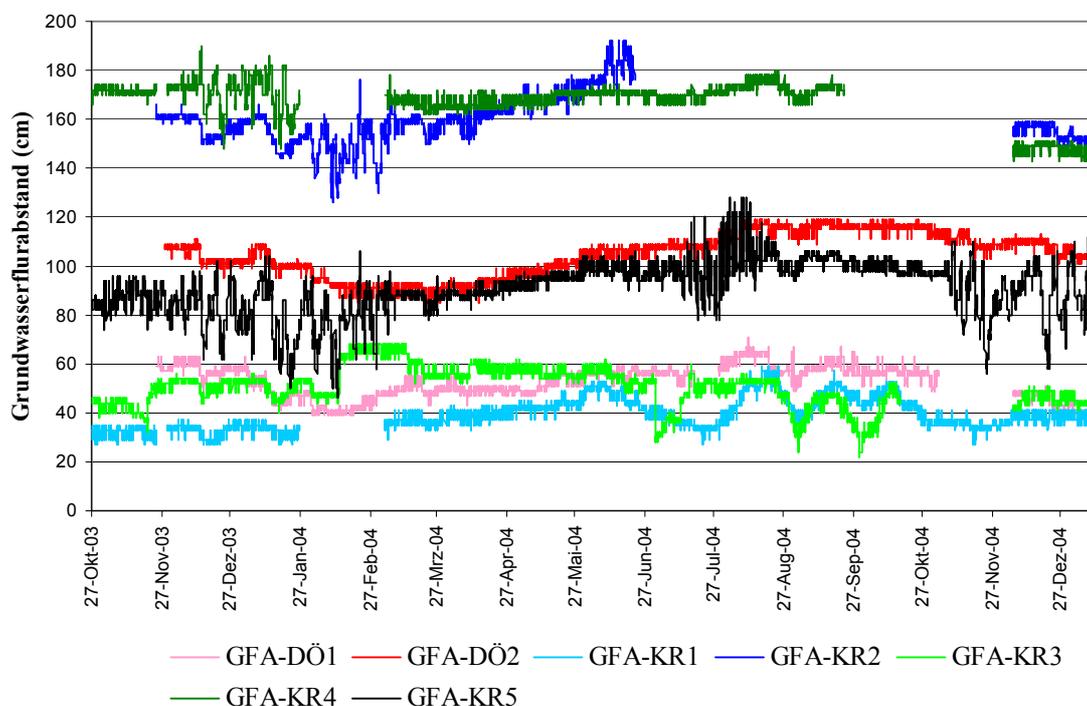


Abb. 29: Grundwasserflurabstände an den Messpunkten im Fokusgebiet Kleiner Rhin /Döllnitz

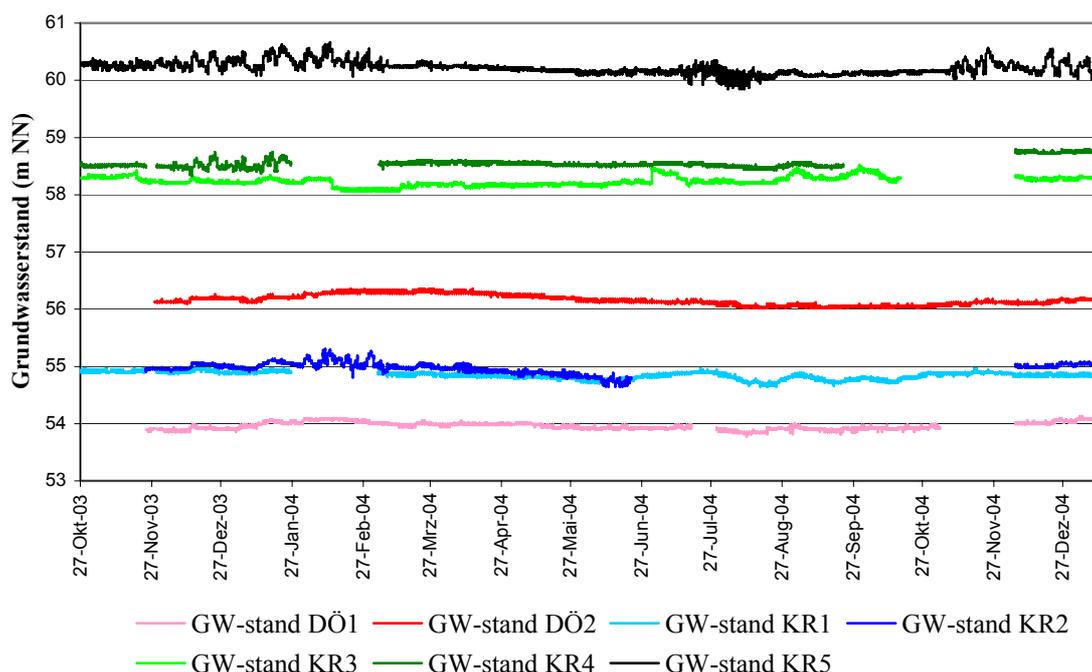


Abb. 30: Grundwasserstände an den Messpunkten im Fokusgebiet Kleiner Rhin /Döllnitz

Die Kurvenverläufe besitzen durch die höhere Zeitdichte der Beobachtungen ein anderes Aussehen und suggerieren eine höhere Dynamik. Versucht man diesen Effekt auszuschalten, so zeigt sich, dass neben einer gewissen standörtlichen Varianz, gewisse Besonderheiten für diese Fokusgebiet auffallen. Die Grundwasserflurabstände für die Standorte in zentraler Niederungslage nahe der Fließe sind vergleichsweise mit ca. 3–6 dm gering. Die Schwankungsbreiten der Amplituden liegen bei ca. 30 cm. Das bedeutet fast ganzjährig hohe Grundwasserstände in den zentralen Rinnenlagen den Niederungen. Im Allgemeinen trifft es zu, dass die Höchststände im Winterhalbjahr und die Tiefststände im Sommerhalbjahr eintreten. Trotzdem bestehen zwischen den vier Standorten bemerkbare Unterschiede. Am Unterlauf des Kleinen Rhin (KR1) treten zwischen Juli und Oktober deutliche Schwankungen (bis 20 cm) auf. Am Oberlauf (KR3) treten diese ab August auch auf. Die anderen beiden Standorte zeigen dieses Verhalten nicht. Im Oberlauf treten am Kleinen Rhin (KR3) im Winter auch erstaunlicherweise hohe Grundwasserflurabstände auf, die z.T. höher sind als die sommerlichen Werte. Ursache dafür sind Wasserregulierungen (Regulierung der Stände der durchflossenen Seen). Die vergleichbaren Hangfußstandorte haben die erwarteten höheren Flurabstände und zeichnen den Jahresgang nahezu vergleichbar zu den zentralen Messpunkten auf. Schwankungen sind hier deutlicher und können durch Abflüsse nach Niederschlagsereignissen aus den randlichen Hochlagen angesehen werden. An der Döllnitz (DÖ2) ist der Verlauf kontinuierlich auf dem Weg zwischen Minimum und Maximum, d.h. die Dynamik im zentralen Niederungsteil setzt sich kaum bis in den Übergangsbereich des Hangfußes fort. Gleiches gilt, wenn auch abgeschwächt für den Vergleich der beiden Standortpaare (KR1/KR2 bzw. KR3/KR4). Hier bestätigt sich das rasche Nachlassen des Einflusses von der Niederungsseite her. Im Oberlauf ist demzufolge die Rinnenstruktur mit all ihren Merkmalen deutlich prägend.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die hydrologische Charakteristik der drei Fokusgebiete grundsätzlich die Erkenntnis bringt, dass allgemeine naturräumlich bedingte Merkmale durchaus nicht völlig verloren gegangen sind. In Abhängigkeit von der Relieflage und der damit verbundenen Lage zu Vorflutern wird die Beziehung zwischen dem Grundwasser und den Oberflächengewässern deutlich. Demzufolge hat die dreidimensionale Gestalt des Einzugsgebietes zunächst die prägende Bedeutung für die Hydrodynamik. Es zeigt sich aber auch, dass die abflussregulierenden anthropogenen Eingriffe (Entwässerung, Auspolderung, Stauhaltung usw.) das natürliche Gleichgewicht, meist mit

den Zielen eines schnelleren Abflusses und einer größeren Abflussmenge, gestört haben. So sind es nicht die Niederschläge, die Wasseraufnahmekapazitäten der Böden, die Wasser die Beschaffenheit der Substrate, die Verdunstungsleistung der Vegetation usw., also nicht die natürlichen Einflussfaktoren, die den Abflussprozess dominieren, sondern der Mensch. Dies zeigen die Pegelgänge nicht nur in Störungen ihrer natürlichen Dynamik, sondern auch durch die großen Grundwasserflurabstände in den Flussniederungen.

4.3.4. Algorithmus zur Flächenübertragung

Die Flächenrepräsentanz der einzelnen Jahrgänge der Grundwasserflurabstände kann primär über die Beziehung zum Naturraum hergestellt werden. Durch die komplexe Charakteristik der Naturraumeinheiten lassen sich über Bodenfeuchteregime, Leitböden und Reliefformen Beziehungen zu Grundwasserständen herstellen. Diese können aber nur als prinzipiell und allgemeine Züge abbildend angesehen werden, da einerseits die Ermittlung repräsentativer Jahrgänge sehr komplex ist und andererseits die naturräumlichen Grenzen kontinuierliche Übergänge darstellen.

Ein erster Ansatz (wenngleich mit gewisser Gebietspezifität belastet) wurde von den Bearbeitern für das Gebiet der Unteren Havel entwickelt (KADEN et.al. 1999). Er könnte mit gewissen Modifizierungen auf andere Gebiete übertragen werden. Voraussetzung dafür ist die Bereitstellung der notwendigen Eingangsparameter.

Im Folgenden soll zunächst kurz auf den Algorithmus eingegangen werden. Anschließend soll das Problem der Übertragbarkeit diskutiert werden.

Entwicklung einer Karte der Grundwasserdynamik (Beispielsgebiet Untere Havelniederung)

Der Schritt von den standpunktbezogenen, gemessenen Daten zu raumbeschreibenden Betrachtungen ist seit jeher als schwierige Aufgabe gebietsbezogenen Arbeitens bekannt. Wichtig ist die Berücksichtigung der entscheidenden Einflussfaktoren in ihrer Raumpräsenz. Durch deren Verschnitt entstehen die benötigten Bezugseinheiten für die Abbildung der räumlichen Struktur der Grundwasserdynamik. Dabei kann eine hierarchisch geordnete Berücksichtigung der Merkmale resultierend aus einer Einflusswichtung zur Anwendung kommen. Sie strukturiert die Komplexität. Im Fokus steht damit die gewählte Struktur.

Die Übertragung standortbezogener Grundwassergänge berücksichtigt folgende Einflussfaktoren:

- Polderstruktur der Niederung und Gliederung der Havelaue durch Staustufen,
- Wasserstände und -gänge der Hauptvorfluter,
- Stauhaltung am Poldereinlass,
- Stauhaltung am Schöpfwerk,
- Standorttypischer Grundwassergang,
- Höhenlage des Standortes in Interpretation zum Leitboden und Grundwasserstand.

Als primäre raumbildende Einheit wurde hier die durch Polder und Staustufen gekennzeichnete Raumstruktur der Havelaue verwendet. Sie liefern die Primärgrenzen für die hydrodynamischen Einheiten. Sekundär wurde die Höhenlage verwendet, indem ihr Leitböden mit der Charakteristik mittlerer Grundwasserstände zugeordnet wurden. Die anderen Einflussfaktoren dienen lediglich der Charakteristik dieser Flächen. Aus den genannten hydrologischen Parametern wurde durch einen Algorithmus (vgl. Abbildung 31) eine potentielle Wasserstandskurve konstruiert.

Ausgangspunkt ist ein terminbasierter paarweiser Vergleich der Pegelstände des Hauptvorfluters mit denen am dem Wehr, welches den Wasserstand im Polder reguliert. Aus dem Wertevergleich wird eine erste Zwischenwertkurve abgeleitet. Sie berücksichtigt die unterschiedlichen Wasserstände zwischen Vorfluter und Einstaubauwerken des jeweiligen Polders. So bewirken z.B. hochgestellte Wehre einen Wassereinstau bzw. bei Hochwasserführung der Vorfluter wird Wasser direkt in die Polder gedrängt. Die so konstruierte Zwischenwertkurve wird nun mit den Werten, die durch die Stauhaltungsrichtlinien zwischen Landwirtschafts- und Naturschutzinteressen festgelegt werden, gemittelt. Damit finden die verschiedenen im Polder vorhandenen und auch teilweise genutzten Regulierungsmöglichkeiten (Wehre, Siele, Schöpfwerke u.ä.), die i.d.R. nicht dokumentiert sind, zumindest durch die Hinzunahme des Wasserhaltungszieles für den Polder Berücksichtigung. Die so abgeleitete zweite Zwischenwertkurve nivelliert die Vorflut durch das für den Polder gültige Stauziel. Im dritten Schritt wird in die bisher konstruierte Wasserstandskurve, wiederum durch Mittelwertbildung, ein standortspezifi-

ches, naturraumbedingtes Verhalten eingearbeitet. Verwendet wurde eine durch Clustering aus den Messwerten ermittelte typische Pegelganglinie.

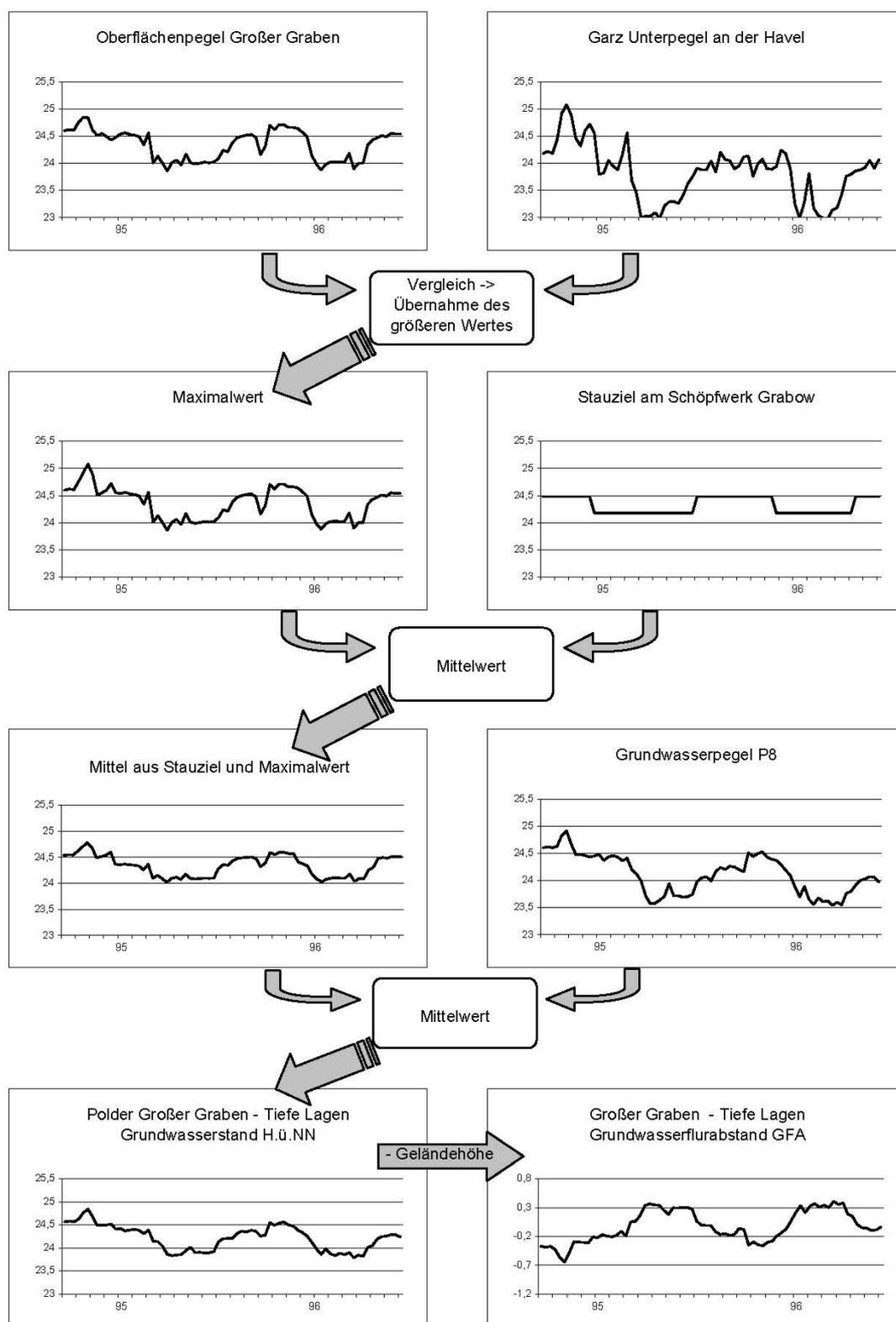


Abb. 31: Algorithmus zur Ableitung von repräsentativen Jahresganglinien hydrologischer Einheiten

Die so ermittelte Ganglinie widerspiegelt nach unserer Meinung bereits das hydrodynamische Verhalten. Im letzten Schritt muss sie noch in ihrer Höhenlage dem Standort angepasst werden. Anhaltspunkt war dabei zunächst der mittlere Grundwasserstand im Polder. Mit Hilfe der mittleren Grundwasserstände

kann eine Beziehung zu potentiellen Bodentypengruppen hergestellt werden. Mittlere Grundwasserflurabstände kleiner als 2 dm führen zu Moorbildungen. Demzufolge sind Geländehöhen bis 2 dm über dem mittleren Grundwasserstand typische Tieflagen im Polder. Für mittlere Geländehöhen diente der Bodentyp Gley zur Ableitung. Hier wurden Geländehöhen zwischen 2 und 10 dm über dem mittleren Grundwasserflurabstand angesetzt. Hohe Lagen mit anhydromorphen Böden haben einen mittleren Grundwasserflurabstand, der über 10 dm liegt. In diesen Spannbreiten wurde mit Hilfe des Geländemodells und unter Verwendung von Gebietskenntnissen Höhenlinien fixiert, die diese Grundwasserflurabstände abbilden. Neben der Kennzeichnung typischer Grundwasserganglinien ist auch das Problem der Abgrenzung von Arealen gleichen Verhaltens zu lösen. Es wurde davon ausgegangen, dass die Polder und die durch die Wehre gegliederten Flussabschnitte als primär grenzbildend angesehen werden müssen. Sie widerspiegeln die anthropogene Seite der Problematik. Sekundär wurden naturräumliche Einheiten verwendet. Sie wurden aus Höhenlagen abgeleitet und sind über Grundwasserflurabstände mit der Anordnung der Böden verknüpft und ermöglichen die Widerspiegelung der natürlichen Komponente. Die Verteilung der hydrodynamischen Einheiten im Untersuchungsgebiet zeigt Abbildung 32.

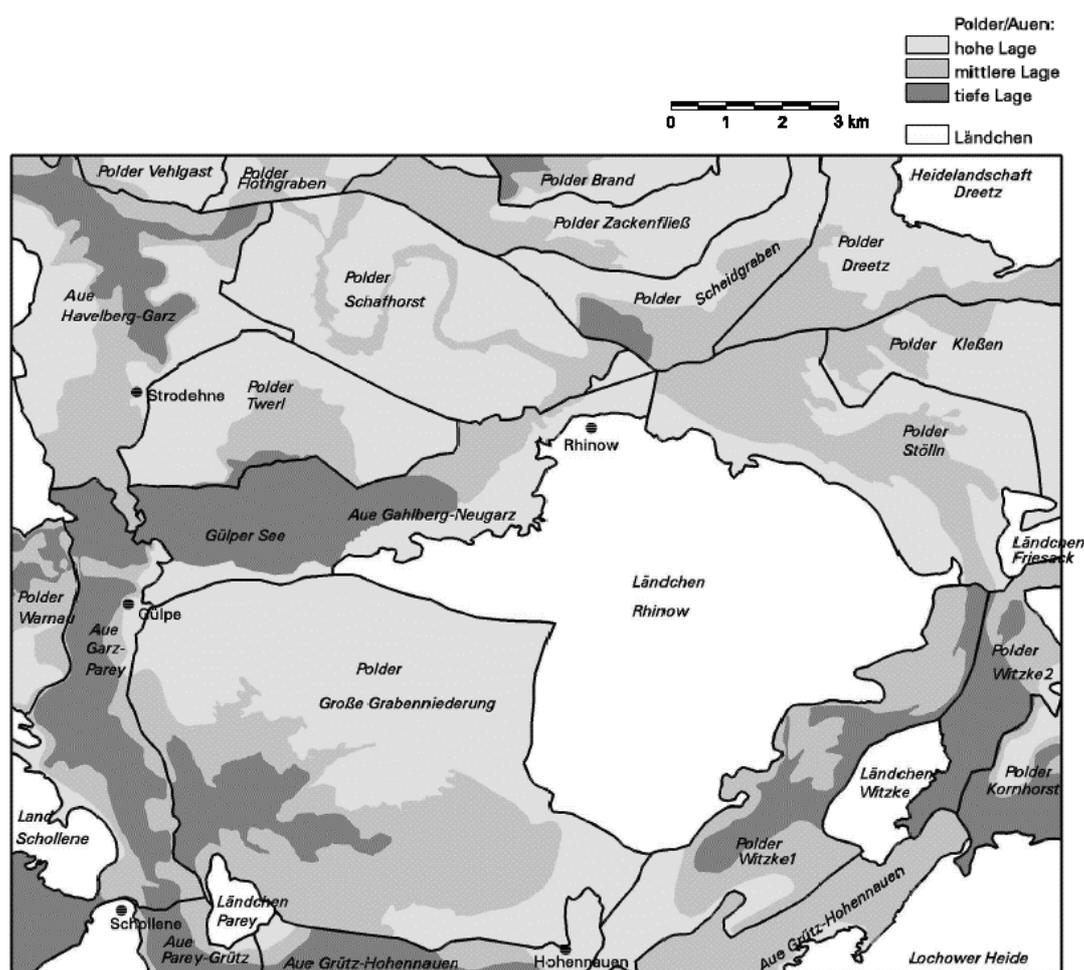


Abb. 32: Karte der Hydrodynamik im Fokusgebiet Untere Havel

Gut zu erkennen ist zunächst die anthropogen beeinflusste Grundstruktur durch die Polder und Stau und die darin eingebettete Ausweisung hoher, mittlerer und tiefer Lagen entsprechend der vorliegenden Höhen- und Bodenverhältnisse.

Diskussion zur Übertragbarkeit des Algorithmus

Prinzipiell kann der Algorithmus in seiner Logik auf andere Gebiete übertragen werden. Zu prüfen sind dabei jedoch zwei wesentliche Dinge. Welche raumrelevanten Merkmale sind notwendig, um die Grundwasserdynamik ausreichend zu erfassen und abzubilden, bzw. welche Hierarchie widerspiegelt die Raumstruktur am besten?

Das dargestellte Beispiel ist hinsichtlich seiner anthropogen bedingten Einflüsse sehr prägnant. Es kann zwar grundsätzlich davon ausgegangen werden, dass alle Gebiete im Einzugsgebiet der Havel mehr oder weniger anthropogen überprägt sind. Die Art und Intensität ist jedoch verschieden. Entsprechend der Funktion des entsprechenden Teilgebietes sollten sich Unterschiede ergeben. Es empfiehlt sich darum, den Bezug auf Teileinzugsgebiete beizubehalten. Auf dieser Ebene lassen sich Funktionsbereiche ausreichend trennen, erkennen und wichten. Die Funktionsbereiche sind nach ihrem Beeinflussungsgrad zu ordnen und mit wasserwirtschaftlichen Konsequenzen zu vernetzen. Schließlich müssen die dafür wichtigen und typischen Daten erhoben werden.

Wird dies beachtet, kann der vorgestellte Algorithmus Grundlage für die Kartierung hydrodynamischer Einheiten sein. Für die Teileinzugsgebiete der drei Fokusgebiete ergeben sich diesbezüglich Unterschiede. Vergleicht man diese hinsichtlich der oben genannten Kriterien, ergeben sich bereits aus den gebietscharakterisierenden Schlagworten folgende Unterschiede im Ansatz der Ermittlung ihrer räumlichen hydrodynamischen Charakteristik:

Große Grabenniederung/Untere Havel

ca. 70 km², Unterlauf, Bundeswasserstraße, Hochwasserschutz, Flutungspolder, Stauwerke, Stauziele, Stauregulierung, Grünlandnutzung, Naturpark, Vogelschutzgebiet

Hammerfließ

ca. 38 km², Mittellauf, Forstwirtschaft, Ackerbau, z.T. Bewässerung von Gemüsekulturen, Durchbruch von Wasserscheiden, Anschnitt des ersten Grundwasserleiters, Entwässerungsgrabensystem, Sohlgleiten mit konstanter Stauhöhe

Döllnitz/Kleiner Rhin

ca. 64 km², Oberlauf, bewegtes Relief, Seenreichtum, Forstwirtschaft, extensive Landwirtschaft, dennoch entwässerndes Grabensystem.

Aus dieser stichpunktartigen Listung gebietstypischer Merkmale lässt sich leicht ersehen, dass bei der Anwendung des Algorithmus Unterschiede entstehen. Waren zur Gebietscharakteristik der Unteren Havelniederung primär die Polderstrukturen und die Staubewirtschaftung der Havel ausschlaggebend und die naturräumlich bedingten Einflüsse auf die sekundäre Ebene verschoben, ergeben sich für die beiden anderen Fokusgebiete durchaus abweichende Bewertungen. So kann man im Gebiet der Döllnitz und des Kleinen Rhin davon ausgehen, dass die Grundwasserdynamik deutlich von der Naturraumcharakteristik beeinflusst wird. Bewirtschaftungsbedingte Einflüsse treten sichtbar in den Hintergrund. Die Regulierung des Abflussverhaltens entspricht eher einer stabil gehaltenen Grundeinstellung. Das Gebiet im Einzugsbereich des Hammerfließes kann grob zwischen den beiden anderen Fokusgebieten eingeordnet werden. Anthropogen bedingte Folgen für die Grundwasserdynamik werden wieder stärker und sind hauptsächlich mit dem Entwässerungsgrabensystem und dem Anschnitt des Grundwasserleiters wirksam. Sie führen zur schnellen Ableitung des Wassers aus der Niederung. Die natürlichen Komponenten bekommen mit der Entfernung von den Hauptfließen eine größere Bedeutung.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass das jeweilige Gewicht zwischen den natürlichen und anthropogen bedingten Einflussgrößen jeweils spezifisch zu bewerten ist. Dazu bedarf es verschiedener, möglichst im engen Zeittakt erzeugter Grundwasser- und Oberflächenwassermessungen. Diese sind wichtig, um die spezifischen (bedeutenden) Einflüsse abzubilden. Die in den allgemeinen Messreihen erzeugten und zur Verfügung stehenden Daten erfüllen diesen Anspruch unseres Erachtens nicht.

Die auf diesem Algorithmus erzeugte Gebietscharakteristik der Hydrodynamik des Grundwassers kann als hydrologische Parameter in die Raum-Zeit-Modellierung (Parametrisierung, Verifizierung, Validierung) eingehen. Da für die Kennzeichnung und Abgrenzung von Arealen gleicher/ähnlicher Hydrodynamik sowohl anthropogene als auch natürliche Aspekte berücksichtigt werden, können sie für die „kultivierte“ Niederung als durchaus repräsentativ angesehen werden.

5. Bereitstellung von Parametern zur quantitativen Szenariobewertung, dargestellt am Beispiel der Bilanzierung und Bewertung der realen Stickstoffauswaschungsgefahr

Wie gezeigt werden konnte, tragen Fernerkundungsdaten dazu bei, grundsätzliche raum-zeit-konkrete Anbauinformationen zu gewinnen. Dies betrifft zunächst die schlaggenaue Zuordnung von Anbaukulturen für einzelne Bewirtschaftungsjahre und im Folgenden die daraus ermittelbaren Fruchtfolgen. Zwar sind solche Informationen auch aus den Anbauinformationen der Agrarbetriebe generierbar, meist aber unvollständig und unter großem zeitlichen Aufwand.

Die gewonnenen Anbauinformationen können nun mit anderen Dateien, die ebenfalls auf Anbaukulturen bezogene Informationen berücksichtigen, beliebig verknüpft werden.

Damit besitzt die Kenntnis von Anbaukulturen bzw. Fruchtfolgen eine gewisse Relevanz bei der Bestimmung verschiedener interessierender Bilanzgrößen. So können Untersuchungen zur Düngebilanzierung für die Beispielsbetriebe durchgeführt werden. Dabei werden zum Beispiel die auf die tatsächlichen Fruchtfolgen bezogenen Betriebsangaben über die erfolgte Düngung mit den Düngempfehlungen für das Land Brandenburg verglichen, um die in den Modellen verwendeten Düngempfehlungen zu validieren.

Analog kann auch mit anderen Parametern verfahren werden. Tabelle 29 listet exemplarisch einige über die Anbaukultur determinierte Bilanzgrößen auf. Sie lassen sich drei verschiedenen Betrachtungsansätzen zuordnen.

1. Mengenangaben z.B. Düngemittelgaben
Bezogen auf Anbaukultur, Bodenanalysen und Düngempfehlungen können daraus z.B. **Stoffeinträge (reelle Stickstoffauswaschungsgefährdung)**, Bodenbelastungen, Stoffkreisläufe, Ertragsprognosen usw. bewertet und interpretiert werden.
2. Bewirtschaftungsintensitäten z.B. Zahl der Arbeitsgänge
Bezogen auf Anbaukultur, Bodenanalysen und Landmaschinencharakteristiken können damit z.B. Bodenverdichtung, Stauwassereffekte, Stoffakkumulationen usw. bewertet und interpretiert werden.
3. Finanzielle Aufwendungen z.B. für Schädlingsbekämpfungsmaßnahmen
Bezogen auf Anbaukultur, Witterungscharakteristik, Preistabellen usw. können Angaben über zu erwartende finanzielle Aufwendungen gewonnen werden.

Tab. 29: Ausgewählte betriebswirtschaftliche Informationen für Ackerkulturen

Anbaukultur	Bearbeitungsmaßnahme							
	Düngung (Düngergaben als Handelsdünger für Haupt- und Koppelprodukt)			Pflanzenschutz (finanzieller Aufwand)			Maschinen- und Geräteinsatz (Bodenverdichtung)	
	N kg/ha	P ₂ O ₅ kg/ha	K ₂ O kg/ha	Herbizid €/ha	Fungizid €/ha	Insektizid €/ha	Anzahl der Arbeitsgänge insgesamt	Orientierungsgröße Gesamtmaschinenlast in (t)***
Winterroggen (Populationsroggen)	118,5	26,5	85,0	27,50	29,50	-	13,4	117,65
	68,0	15,0	49,0	16,00	11,30	-	12,2	108,14
Wintergerste	141,5	30,5	115,0	42,00	40,00	6,50	14,5	140,18
	90,5	20,0	74,5	29,00	36,50	-	13,6	134,12
Winterweizen	155,0	32,0	103,0	36,50	64,50	2,00	16,6	144,44
	99,0	20,5	66,0	32,00	34,00	-	15,2	132,20
Raps (Winterraps)	172,0	46,5	162,0	64,50	20,00	47,00	18,1	156,62
	110,5	28,0	108,0	57,00	-	18,00	14,4	124,28
Gras* (Ackerfrischfutter,	80,0	26,0	187,0	-	-	-	9,5	78,20
	120,0	33,0	237,0	-	-	-	10,0	81,53

Klee gras)								
Sommergetreide	95,0	24,0	95,5	13,00	-	1,00	11,8	105,07
(Hafer)	66,5	14,0	66,5	8,00	-	-	11,5	102,48
Gras-Neuansaat								
(Flächenstilllegung,	-	-	-	-	-	-	5,0	43,10
gezielte Begrünung)	-	-	-	-	-	-	4,2	37,32
Mais	138,0	29,5	148,0	64,00	-	2,00	10,6	100,14
(Silomais)	102,0	21,5	109,5	64,00	-	2,00	11,1	103,52
**	156,0	33,0	167,0	64,00	-	2,00	11,1	103,52
Kartoffeln	137,0	22,0	196,0	61,00	87,00	7,00	16,5	141,32
(Stärkekartoffeln)	107,5	17,5	156,5	61,00	87,00	7,00	15,6	135,48
Zuckerrüben	195,5	32,0	265,0	200,00	-	20,00	11,5	100,62
	161,0	26,0	219,0	200,00	-	20,00	11,5	100,62
Leguminosen	-	20,0	108,5	50,00	-	17,00	11,0	101,00
(Körnerfuttererbsen)	-	14,0	74,5	50,00	-	17,00	11,0	101,00
und								
Ölfrüchte	60,0	9,0	36,0	24,00	-	9,00	11,5	102,88
(Öllein)	37,0	5,5	21,5	22,00	-	9,00	11,8	104,76
Brache								
(Flächenstilllegung,	-	-	-			6,00	2,2	22,28
Selbstbegrünung)	-	-	-			6,00	2,2	22,28

Es wurden jeweils die Werte für Haupt- und Koppelprodukt berücksichtigt.

ertragsreicher Standort (Mittel der Landbauggebiete 1–2, Ackerzahlen >35)

ertragsarme Standorte (Mittel der Angaben für Landbauggebiete 3–5, Ackerzahlen < 35)

* erster Wert Mittel für Landbauggebiete 1–3, zweiter Wert Landbauggebiete 1–4 (frische Lagen)

** dritter Wert für Anbau in Niederungen

*** Werte für Maschineneinsatz auf großen Schlägen, mittlere Maschinenausstattung (Auflistung siehe Anlage 8),

Gesamtmaschinenlast betrifft die Summe der Maschinengewichte aus den einzelnen Arbeitsgängen,

Maschinengewichte aus Datenbank des Kuratoriums für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (KTBL - Dr. Fröba)

Die in der Tabelle 29 zusammengestellten Beispiele basieren auf Informationen, die aus der Datensammlung für Betriebsplanung und die betriebswirtschaftliche Bewertung landwirtschaftlicher Produktionsverfahren im Land Brandenburg durch die Landesanstalt für Landwirtschaft entnommen wurden bzw. auf Angaben des Kuratoriums für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft über Maschinenlasten. Es lassen sich auch andere Daten dieser bzw. andere Datenquellen zur Verknüpfung nutzen. Analog können für Wasserbilanzansätze aus simulierten Flächennutzungsänderungen über die Berücksichtigung des sich verändernden Verdunstungsverhaltens Auswirkungen auf den Wassertransfer interpretiert und durch die gegebene räumliche Konkretetheit quantifiziert werden (KADEN 1999).

So können die Ergebnisse der Fruchtartenverteilung zur Ermittlung von Bilanzgrößen zur Bewertung von ökonomischen und ökologischen Konsequenzen und damit verbundenen Handlungsoptionen verknüpft werden. Die folgende Diskussion zeigt exemplarisch für die N-Düngung und die darauf basierende reelle Gefahr der Stickstoffauswaschung für ausgewählte Referenzbetriebe der Fokusgebiete Interpretationsansätze und führt zu Handlungskonsequenzen (REIFENSTEIN 2005).

Grundangaben zur Stickstoffdüngung sind in Tabelle 30 zusammengestellt. Es werden die nach Angaben des Betriebes ermittelten tatsächlichen Düngegaben denen der Rahmenempfehlung des Landes Brandenburg zur Stickstoffdüngung 2000 (N-Düngung BRB) gegenübergestellt. Die jährlichen N-Düngegaben in kg/ha zu den einzelnen LBG sind mit zunehmender Standortgüte ansteigend. Grund dafür sind die ebenfalls steigenden Ertragserwartungen der Früchte. Wird die Düngung in kg N/ha pro Jahr der LBG der Betriebe miteinander verglichen, fällt ein Unterschied besonders auf. Egal ob nach betriebsinternen oder nach BRB N-Entzügen berechnet, in den Betrieben Großwoltersdorf und Jänickendorf wird in LBG V bis III immer mehr gedüngt, als in den entsprechenden LBG der Agrargenos-

senschaft Hohennauens. Ursache dafür ist der unterschiedliche Fruchtanbau auf Grund der verschiedenen Standortbedingungen in den Betrieben.

Die Agrarbetriebe NEUGRO und der „Märker“ haben eher ungünstige Ackerbauverhältnisse. Ihre Flächen sind von minderer Bodengüte und im Falle von Großwoltersdorf ist auch die Wasserversorgung der Äcker schlecht. Diese Betriebe versuchen auf ihren ungünstigen Standorten ein möglichst breites Fruchtartenspektrum anzubauen. Sie bewirtschaften ihre Flächen neben anspruchlosen Nutzungen auch mit vielen anspruchsvolleren Kulturen. In der Agrargenossenschaft Hohennauen herrschen günstigere Standortbedingungen, Bodengüte und Wasserversorgung betreffend. Dieser Betrieb muss daher auf Flächen mit minderer Güte nicht seine ganze Fruchtartenpalette anbauen. Hier kann in LBG 5-3 immer ein verhältnismäßig großer Teil der Ackerfläche extensiv (d.h. ohne N-Düngung) bewirtschaftet werden. So sind im Hohennauer Betrieb in LBG 5 ca. 44 %, in LBG 4 ca. 24 % und in LBG 3 ca. 30 % der Ackerfläche nicht mit Stickstoff zu düngen. Im Agrarbetrieb NEUGRO ist der Flächenanteil dieser Kulturen geringer. In LBG 5 betrifft dies ca. 35 %, in LBG 4 ca. 20 % und in LBG 3 nur ca. 13 %. Der „Märker“ hat einen Anbauanteil dieser Kulturen von jeweils nur 2 bis 6 % auf seinen LBG.

Tab. 30: Auswertung der N-Düngegaben in Beispielsbetrieben der Fokusgebiete

Betrieb	LBG	Bewirtschaftungsjahre ①	Gesamt bewirtschaftete LBG-Fläche in ha②	Gesamt-N-Düngung BRB in kg ③	Gesamt-N-Düngung BETRIEB in kg ④	Differenz jährliche Gesamt-N-Düngung BETRIEB-BRB in kg ⑤ [(④-③)/①]	jährliche N-Düngung BRB in kg/ha ⑥ [③/②]	jährliche N-Düngung BETRIEB in kg/ha ⑦ [④/②]	Differenz jährliche Gesamt-N-Düngung BETRIEB-BRB in kg/ha ⑧ [⑥-⑦]	Differenz jährliche Gesamt-N-Düngung BETRIEB-BRB in % ⑨ [(⑧*100)/⑥]
Fokusgebiet	5	16	9841,6	260145,8	260145,8	0,0	26,4	26,4	0,0	0,00
Kleiner Rhin/Döllnitz (NEUGRO GmbH Großwoltersdorf)	4	16	14415,5	722797,0	722797,0	0,0	50,1	50,1	0,0	0,00
	3	16	4144,1	328610,1	328610,1	0,0	79,3	79,3	0,0	0,00
Fokusgebiet Ham- merfließ (AG „Der Märker“ Jänickendorf)	5	8	5059,5	222268,7	250792,7	3565,5	43,9	49,6	5,6	12,83
	4	8	5368,9	375144,8	426405,4	6407,6	69,9	79,4	9,5	13,66
	3	8	2634,5	225608,9	242205,4	2074,6	85,6	91,9	6,3	7,36
Fokusgebiet	5	13	771,2	15697,1	15917,3	16,9	20,4	20,6	0,3	1,40
Untere Havel (AG Hohennauen)	4	13	3337,0	147223,7	151955,4	364,0	44,1	45,5	1,4	3,21
	3	13	8911,5	505863,0	530644,5	1906,3	56,8	59,5	2,8	4,90
	2	13	8482,8	860333,0	906055,0	3517,1	101,4	106,8	5,4	5,31
	1	13	2668,1	404531,4	439793,2	2712,4	151,6	164,8	13,2	8,72
Mittelwert							66,3	70,4	4,1	

Die Tabelle zeigt die N-Düngeberechnung für Haupt- und Nebenprodukt kalkuliert nach BRB-Vorgaben und betriebsinternen Werten getrennt nach Landbaugebieten (LBG). Zur Vereinfachung ist die N-Düngung gleich dem Produkt des N-Entzuges der Frucht und ihrer Ertragserwartung im jeweiligen Landbaugebiet. Die Ertragserwartungen werden für die N-Düngeberechnung aller untersuchten Betriebe gleichermaßen verwandt. Unterschiede in der N-Düngung sind demnach zurückzuführen auf unterschiedlich vorausgesetzte N-Entzüge der Früchte von Betrieb und BRB-Richtwerten. Der prozentuale Unterschied der mit verschiedenen N-Entzügen berechneten N-Gaben ist in der letzten Spalte der Tabelle angegeben.

Dieses betriebswirtschaftliche Aktionsspektrum führt neben ökonomischen Folgen auch zu ökologischen Konsequenzen. N-Dünger enthalten Stickstoff in pflanzenverfügbarer Form (meist Ammonium oder Nitrat) bzw. Verbindungen, die sich leicht in diese umsetzen. Da NO_3^- kaum sorbiert wird, unterliegt es stark der Auswaschungsfahr. NH_4^+ kann dagegen im Boden fixiert, d.h. in Tonminerale ein-

gebaut werden. Absorbierte Ammonium-Ionen unterliegen aber einer raschen Nitrifizierung und werden dann als Nitrat wasserlöslich und beweglich. Zur Stickstoffauswaschung kommt es, wenn Sickerwasser gebildet wird und gleichzeitig Stickstoff in mobiler Form (NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+) vorliegt. Mit dem versickernden Wasser kann Nitrat in tiefere Bodenschichten bis ins Grundwasser verlagert werden. Die durch Nitratauswaschung entstehende Grundwasserbelastung ist einerseits für die Trinkwassergewinnung problematisch. Andererseits gelangt Nitrat über Grundwässer in die Oberflächengewässer und schädigt dort durch Eutrophierung die Ökosysteme. Im Vergleich zu anderen Nährstoffen weist die N-Auswaschung erhebliche jahreszeitliche Schwankungen auf. Während der Vegetationszeit nehmen die Pflanzen einen großen Teil des Stickstoff und des Niederschlags auf und die Nitratauswaschung ist gering. Nach der Ernte im Herbst besteht die Gefahr, dass Nitrat auf Grund der fehlenden Vegetationsdecke mit dem Niederschlagswasser ausgewaschen wird. Wichtige Einflussgrößen auf die Nitratauswaschung sind Bodenparameter wie Bodenart, Humusgehalt, Skelettgehalt, Wasserhaltevermögen und Grundwasserflurabstand. Böden mit lehmigen bis tonigen Bestandteilen – wie zum Teil auf den Äckern der Agrargenossenschaft Hohennauen – sind gekennzeichnet durch ein hohes Wasserhaltevermögen. Die Verlagerung von Sickerwasser mit den darin enthaltenen Stoffen (z.B. Nitrat) aus dem Wurzelraum ins Grundwasser kann damit über längere Zeiträume verhindert werden. Außerdem besitzen diese Böden ein starkes Adsorptionsvermögen für Ionen. Sie weisen daher einen hohen Gehalt an Nährstoffen auf und zählen zu den fruchtbarsten mit einer geringen Auswaschungsgefahr für Nitrat. Böden mit hohem Sandanteil – wie sie auf den Flächen der Agrarbetriebe NEUGRO und „Märker“ zu finden sind – haben dagegen eine hohe Nährstoffauswaschungsgefährdung. Die Adsorptionsfähigkeit für Ionen ist auf diesen Böden wenig ausgeprägt. Auch die Bindungsstärke für Wasser ist gering. Auf Grund der Körnung weisen sie einen großen Porendurchmesser und wenig absorbierende Oberflächen auf. Hier können bei übermäßiger N-Düngung mit dem Wasserstrom Nitrat und teilweise auch Ammonium aus dem Wurzelraum ins Grundwasser gelangen. In Gebieten mit geringer Sickerwasserbildung kann aber trotz hoher Nitratkonzentrationen im Boden die ausgewaschene Menge gering sein. Der Grundwasserflurabstand hat insofern Auswirkungen auf die Nitratauswaschung, als bei großem Abstand zwischen Wurzelraum und Grundwasseroberfläche der N-Austrag durch stattfindende mikrobielle Vorgänge (z.B. Denitrifikation) etc. verringert werden kann. Ein geringer Grundwasserflurabstand bedeutet im Gegenzug jedoch eine erhöhte Gefahr des Nitratreintrages ins Grundwasser. Neben Klima- und Bodenverhältnissen sind Art und Intensität der Bodenbewirtschaftung (N-Düngung, Bodenbearbeitung, Pflanzenbewuchs etc.) Einflussfaktoren auf die Nitratauswaschung. Das Risiko der Nitratauswaschung und damit der Grundwassergefährdung steht in engem Bezug zur Naturraumausstattung. Für Nanochorentypen können Grundwasserschutzfunktion und Sorptionsvermögen (BARSCH & SAUPE 1994) ermittelt werden, aus denen die potenzielle Nährstoffauswaschungsgefahr bezogen auf Nanochoren abgeschätzt werden können. Die Grundwasserschutzfunktion ist dabei abhängig vom Grundwasserflurabstand und der Wasserdurchlässigkeit der Bodenarten. Die Kombination von Sorptionsvermögen und Grundwasserschutzfunktion kann verwendet werden, um die potenzielle Nährstoffauswaschungsgefahr zu ermitteln. Dabei ergeben sich entsprechend der unterschiedlichen Naturraumausstattung für die Flächen der Beispielsbetriebe und Fokusgebiete deutliche Unterschiede in der Bewertung (Anlage 9 a–c). Im „Einzugsgebiet Döllnitz und Kleiner Rhin“ ist die potenzielle Nährstoffauswaschungsgefahr fast im ganzen Gebiet hoch. Grund dafür sind einerseits Sandböden, deren Sorptionsvermögen für Nährstoffe gering ist. Andererseits befinden sich im westlichen seenreichen Teil der Fokusebene viele grundwasserbeeinflusste bis -bestimmte Standorte. Die Flächen des Agrarbetriebs Großwoltersdorf sind primär Braunerden aus Sand bis Lehmsand in Platten- oder Hügellage. Das zum Teil höhere Sorptions- und Wasserhaltevermögen dieser Böden, die grundwasserferne Lage und die allgemein geringen Niederschläge im Land Brandenburg sind der Grund für eine Einstufung in ein mittleres bis geringes Risiko der Nährstoffauswaschung. In der Fokusebene „Hammerfließ“ ist die potenzielle Nährstoffauswaschungsgefahr für fast das gesamte Gebiet hoch. Arme Sandböden und der allgemein geringe Grundwasserflurabstand der Böden sind die Ursache dafür. Die Ackerflächen der Agrargenossenschaft Jänickendorf gelten somit als hochgradig potenziell gefährdete Flächen. Es besteht daher die erhöhte Gefahr, dass mit der Düngung nicht ausgenutzte Nährstoffe durch Auswaschung ins Grundwasser gelangen. Auch das Gebiet der Fokusebene „Untere Havel“ besitzt ein hohes potenzielles Nährstoffauswaschungsrisiko. Die Böden sind hier zwar zum Teil aus lehmigen Substraten (hohes Sorptionsvermögen, besseres Wasserhaltevermögen), aber sie sind größtenteils grundwasserbeeinflusst bis -bestimmt.

Die Ackerflächen der Agrargenossenschaft Hohennauen erstrecken sich von Südosten in die Fokusebene und sind potenziell hoch bis mittel von der Nährstoffauswaschung betroffen.

Abschließend kann jetzt die potenzielle Nährstoffauswaschungsgefährdung mit den Karten der Stickstoffdüngung der einzelnen Betriebe (siehe Anlage 10 a–c) verschnitten werden und eine reelle Stickstoffauswaschungsgefahr abgeleitet werden (Tabelle 31).

Tab. 31: Reelle Stickstoffauswaschungsgefahr auf den Ackerflächen der Fokusgebiete

Abweichung betrieblicher N-Düngung bezogen auf BRB-Vorgaben		Potenzielle Nährstoffauswaschungsgefahr		Reelle Nährstoffauswaschungsgefahr
gering	+	gering	→	gering
mittel	+	gering	→	mittel
hoch	+	gering	→	mittel
gering	+	mittel	→	mittel
mittel	+	mittel	→	mittel
hoch	+	mittel	→	hoch
gering	+	hoch	→	mittel
mittel	+	hoch	→	hoch
hoch	+	hoch	→	hoch

Die Karten zur realen Stickstoffauswaschungsgefahr 1 bis 3 (Anlage 11 a–c) stellen die Ergebnisse für die Fokusgebiete kartographisch dar.

Die reelle Stickstoffauswaschungsgefahr auf den Ackerflächen des Agrarbetriebes NEUGRO ist, wie zu erwarten war, gering bis mittel. Der Betrieb NEUGRO gab an, nach BRB-Vorgaben zu düngen, die prozentuale Abweichung ist daher 0 % (gering). Der Betrieb verfügt nur über arme Böden meist aus sandigem Substrat. Auf Grund des großen Grundwasserflurabstandes und der geringen Niederschläge ist die potenzielle Auswaschungsgefahr für Nährstoffe aber gering bis mittel. Im Ergebnis ist daher die Gefahr der Auswaschung von Stickstoff ins Grundwasser ebenso als gering bis mittel anzusehen.

Die Agrargenossenschaft Jänickendorf düngt besonders ihre Hauptfrucht Winterroggen im Vergleich zu den Vorgaben des Landes mit ca. 33 % mehr Stickstoff. Winterroggen wird auf großen Flächenanteilen ertragreicher Standorte angebaut. Die betriebliche Abweichung der N-Düngung verglichen mit den Richtwerten ist daher mittel bis hoch. Da die potenzielle Nährstoffauswaschungsgefahr im Gebiet auf Grund der Grundwassernähe hoch ist, besteht die reale Gefahr, dass überschüssiger Stickstoff ins Grundwasser gelangt. Das tatsächliche Risiko der Stickstoffauswaschung ist auf allen Ackerflächen des Betriebes als hoch anzusehen.

Die reelle Stickstoffauswaschungsgefahr für die Ackerflächen der Agrargenossenschaft Hohennauen ist mittel bis hoch. Die betrieblichen N-Düngung weicht in ertragsarmen Anbaugebieten nur gering von den Vorgaben ab. Auf den ertragsreichen Standorten wird dagegen der primär angebaute Winteraps mit über 30 % mehr Stickstoff gedüngt als nach BRB-Werten vorgegeben. In diesen Landbaugebieten ist die Abweichung zur Düngung nach BRB-Vorgaben mittel (> 5 - 10 %). In Kombination mit der potenziell mittleren bis hohen Nährstoffauswaschungsgefährdung ergibt sich daraus eine reelle mittlere bis hohe Gefahr der Nitratauswaschung ins Grundwasser.

Im Fazit heißt das, auch wenn die Betriebe Jänickendorf und Hohennauen nur maximal 14 % mehr Stickstoff düngen als nach BRB-Vorgaben, so doch ein reelles Risiko der Stickstoffauswaschung ins Grundwasser besteht. Die Standorte können auf Grund des hohen Grundwasserstandes sehr sensibel auf erhöhte Stickstoffgaben reagieren. Besonders beim wiederholten Anbau von stärker mit N gedüngten Kulturen (Jänickendorf – Winterroggen, Hohennauen – Winteraps) auf demselben Schlag kann es zeitweise zu einer erhöhten Nitratauswaschung und damit zu Grundwasserbelastung kommen.

Mit den gezeigten Ergebnissen konnte nachgewiesen werden, dass auf der Grundlage der Kenntnis von Ackerkultur-Fruchtfolgen betriebswirtschaftliche Aspekte flächentreu und im aktuellen Zeitbezug gesetzt werden. Darin ist der besondere Vorzug der Erfassung dieser Fruchtfolgen mit Fernerkun-

ungsdaten zu sehen. Verknüpft man diese betriebswirtschaftlichen Aspekte mit Kenntnissen über den Naturraum, werden ökologische Bewertungen, wie zum Beispiel die reelle Nitratauswaschungsgefahr, möglich. Bewirtschaftungs- und Naturraumparameter können auf diesem Weg als Basis für Bilanzierungen Eingang in die Bewertung von Bewirtschaftungsmaßnahmen finden.

6. Zusammenfassung

Naturräumlich geprägte Merkmale sind auch heute noch das entscheidende Kriterium aller geowissenschaftlich ausgerichteten Untersuchungen. Der Naturraum setzt durch seine Kompartimente Fakten, die letztendlich auch das menschliche Handeln determinieren. Die Aggregationsstufe der Naturraumtypen bildet somit den zentralen Ansatzpunkt für Untersuchungen. Dies konnte im vorgestellten Ansatz grundlegend belegt werden.

Ortsgebundene Präzisierungen wurden durch Kartierungen vorgenommen. Im Projekt wurden Naturraumtypenkarten für die Fokusgebiete entwickelt. Sie bilden sowohl die Datenbasis für aufsetzende Analysen, bestimmen aber auch den Interpretationsrahmen für die Ergebnisse. Das konnte für die Teilaufgabenbereiche Flächennutzung, Boden und Hydrologie bestätigt werden.

Charakteristische Bewirtschaftungsstrukturen ließen sich in Abhängigkeit der naturräumlichen Bedingungen für das Haveleinzugsgebiet differenzieren. Vier Ertragstypen der landwirtschaftlichen Nutzung bilden die Naturraumausstattung des Haveleinzugsgebietes ab.

Typ 1 – ertragsreiche Naturräume in grundwasserfernen Lagen (Grundmoränenstandorte mit Geschiebemergelablagerungen)

Typ 2 – ertragsarme Naturräume in grundwasserfernen Lagen (sandige Grundmoränen und Sanderstandorte)

Typ 3 – ertragsreiche Naturräume in grundwassernahen Lagen (Niederungsstandorte mit humosen und/oder Auensubstraten)

Typ 4 – ertragsarme Naturräume in grundwassernahen Lagen (obere Talsandterrassen und –inseln)

Zur Charakteristik der Ertragstypen wurden exemplarisch für Beispielsagrargenossenschaften Datenbanken geschaffen. Die dort zusammengefassten Daten sind Inputparameter, Verifizierungs- und Validierungsgrößen für die weiteren Untersuchungen.

Eine wichtige Informationsquelle wird durch Geofernerkundungsdaten zur Verfügung gestellt. Sie basiert auf multispektralen und multitemporalen Informationen in ausreichender Raumauflösung, die für große Raumausschnitte vorliegen. Die Fernerkundungsdaten besitzen so eine Überlegenheit gegenüber anderen Daten und sind daher für Raum-Zeit-Analysen von wachsender Bedeutung und ein wichtiger Bestandteil des Flächenmonitoringmanagements. Sie müssen jedoch durch andere Datensegmente ergänzt werden, um Lücken im Bereich der Sachinformation, deren Verortung und im Zeitbezug zu schließen.

Häufig bestehen erweiterte oder eingeschränkte Anforderungen an die Daten. Es ist angebracht zwischen stabilen und dynamischen Größen zu unterscheiden. Analog gibt es verschiedene Sichten bezüglich des Raumes zwischen eng- und weiträumig. Das Methodenspektrum ist entsprechend auszurichten. In Form von Feldmessungen, Erhebungen und Kartierungen wurde die benötigte Datengrundlage geschaffen, digital aufbereitet und in einzelnen Datenbanken abgelegt. Diese konnten bei Bedarf unterstützend zur Verarbeitung der Fernerkundungsdaten eingesetzt werden. Teilweise bildeten sie jedoch auch die alleinige Grundlage zur Ableitung der Modelleingangsgrößen.

Nach wie vor ist die Flächennutzung eine hochdynamische Größe. Dies trifft insbesondere für den Ackerbau zu. Hier können die Fernerkundungsdaten ansetzen und durch monotemporale und/oder multitemporale Analysen Flächennutzungszustände und Flächennutzungsdynamik abbilden. Auf dieser Grundlage wurde die Interpretationsbasis verbreitert.

Jede Verwendung der Fernerkundungsdaten und der Einsatz der Fernerkundungsmethode ist an einen bestimmten Arbeitsalgorithmus geknüpft. Dabei spielt das Erstellen eines Klassifikators zur Bildklassifizierung (Bildclustering) eine zentrale Rolle. In der Regel ist er gegenwärtig nicht nur an einen Klassifizierungsalgorithmus gebunden, sondern in hohem Maße auch an den verwendeten Datensatz.

Eine Übertragung des Klassifikators auf andere Datensätze scheitert fast immer an der Spezifik des Datensatzes. Hier wurde angesetzt und im multitemporalen Ansatz ein universeller, übertragungsfähiger Klassifikator erstellt, der den multitemporalen Ansatz dem Monitoring ein Stück näher bringt.

Aufgaben zu den beiden Zielrichtungen, einerseits einen Normklassifikator, bestehend aus normierten spektralen Klassenbeschreibungen, zu ermitteln und andererseits die Datensätze so zu korrigieren, dass sie einem Normklassifikator entsprechen, wurden gelöst. Das betraf:

- die Erzeugung eines multitemporalen Fernerkundungsdatensatzes als Basis für die Generierung der spektralen Charakteristik der Normkurven,
- die spektrale Charakteristik der Kulturen inklusive der Ermittlung von geeigneten spektralen Kenngrößen auf der Grundlage feldspektrometrischer Messungen,
- die Auswertung von Wetterdaten zur exakten Bewertung der phänologischen Situation der einzelnen Kulturen zu den Aufnahmetermenin,
- die Zusammenstellung und Bewertung von schlagbezogenen Betriebsdaten über den Anbau der Kulturen für ausgewählte Referenzbetriebe,
- die Untersuchung des Einflusses von Bodendaten auf die Spektralmerkmale.

Hauptgrundlage der Analysen waren die Fernerkundungsdaten. Zur Verfügung standen 35 Satellitendatensätze (vorwiegend Landsat-TM/ETM) aus den Jahren 1987 bis 2002. Für den notwendigen Verschnitt mit den GIS-Datensätzen der Beispielsbetriebe wurden drei Bildausschnitte der Fokusgebiete erzeugt. Aus der digitalen Biotoptypenkartierung Brandenburgs (Grundlage Color-Infrarot-Luftbildkartierungen aus dem Jahr 1992/1993) wurde eine Ackermaske erstellt, als Maß für die Vitalität der Vegetation der NDVI-Wert errechnet. Ausgangspunkt der Betrachtungen ist somit ein Multidatensatz der NDVI-Werte der 35 Aufnahmetermine.

Routinemäßig werden Fernerkundungsdaten hinsichtlich ihrer spektralen, radiometrischen und geometrischen Auflösung korrigiert, aber die das eigentliche Potenzial der Daten bestimmende zeitliche Auflösung bleibt dahingehend in der Regel unbeachtet. Witterungsbedingte Bewertungen werden meist in die Interpretation verlagert. Im hier entwickelten Ansatz wurden witterungsbedingte Korrekturen in die Datenaufbereitung integriert und der eigentliche Aufnahmezeitpunkt in das jeweils kulturspezifische phänologische Normjahr eingepasst. Die Einordnung der Satellitenaufnahmetermine in die Zeitskala erforderte die Hinzuziehung agrarmeteorologischer Informationen sowie Kenntnisse über die Abläufe der Normjahre der Phänologie für die einzelnen Kulturen.

Es wurden mittels des tatsächlichen, witterungsverursachten phänologischen Entwicklungszustandes die Abweichungen korrigiert und die Datensätze in ein „Normjahr“ eingepasst. Damit standen für ein Jahr nicht mehr nur eine bis fünf Satellitenszenen zur Verfügung, sondern für „das Normjahr“ die Summe aller Szenen (35). Damit ist eine deutlich verbesserte Ausgangsdatenlage geschaffen worden.

Bedeutung besitzen die Normkurven als „universellen Klassifikator“. Sie geben Auskunft über die genormte spektrale Charakteristik der einzelnen Anbaukulturen sowie über ihre spektrale Unterscheidbarkeit zu den verschiedenen phänologischen Zeitpunkten. Dazu werden diese als Kurve mathematisch beschrieben, so dass für jeden Tag des Normjahres für jede Kultur ein entsprechender NDVI-Wert bestimmt werden kann. Es zeigt sich dabei, dass in der Regel multitemporale Datengrundlagen zur Trennung der verschiedenen Kulturarten notwendig sind.

In der Regel besteht eine eingeschränkte Unterscheidbarkeit der Kulturen, die sich auf gewisse Zeitabschnitte reduziert. Da die zeitliche Auflösung der nutzbaren Satellitendaten meist unzureichend ist, muss aus den wenigen zur Verfügung stehenden Zeitpunkten die optimale Information extrahiert werden. Der Klassifizierungsalgorithmus musste diese Ausgangslage berücksichtigen und wurde hierarchisch strukturiert angelegt.

Spezifisch abgestimmt wurde der Klassifizierungsalgorithmus. Bei herkömmlicher Herangehensweise wird der Klassifikator und die mathematische Beschreibung der Klassen aus der statistischen Analyse von Testflächen im auszuwertenden Bild generiert und, je nach verwendeten Algorithmus, durch Maße wie Mittelwert, Maximum, Minimum, Standardabweichung, a priori-Wahrscheinlichkeit, Mahala-

nobisdistanz usw. beschrieben. Die als Klassifikator vorgesehenen Normkurven ermöglichen die Ableitung vieler dieser Maße nicht. Deshalb wurde das Parallelepiped-Verfahren, bei dem lediglich die oberen und unteren Klassengrenzen (Maxima, Minima) anzugeben sind, ausgewählt. Die Normkurven wurden mit Minimum-Maximum-Intervallen umgeben und die notwendigen Intervallgrenzen der Parallelepiped ermittelt und in den Klassifikator eingegeben.

Ziel der Klassifikation ist zunächst das Bestimmen der jährlichen Verteilung der Hauptkulturen auf den Ackerschlägen. Für die Klassifizierung wurde ein gestaffelter Algorithmus entwickelt. Er umfasst die folgenden Arbeitsabläufe.

1. Zunächst wird ein multitemporaler Datensatz der NDVI-Werte der für dieses Jahr zur Verfügung stehenden Termine zusammengestellt. Auf diese wird eine Ackermaske gelegt. Als Ergebnis erhält man einen Datensatz der Ackerflächen.
2. Um eine schlagbasierte Aussage machen zu können, müssen als nächstes die **Schlaggrenzen** in die Ackermaske eingefügt werden. Das geschieht über das objektorientierte Klassifizierungsverfahren eCognition. Im Ergebnis dieses Arbeitsschrittes erhält man ein Schlaggrenzencover der Ackermaske.
3. Die eigentliche Klassifikation teilt sich in zwei Schritte. Der erste Schritt zielt auf die Trennung von Winter- und Sommerkulturen sowie das Ausschalten des Einflusses von Winterzwischenfrüchten. Im Ergebnis wird getrennt je eine **Winterfruchtmaske** bzw. **Sommerfruchtmaske** geschaffen.
4. Die weiteren Klassifizierungen werden jetzt getrennt nach Winterkulturen (Raps, Roggen, Gerste, Weizen, mehrjähriges Feldgras, Brache) und Sommerkulturen (Sommergetreide, Mais, Kartoffeln, Zuckerrüben, Ölfrüchte/Leguminosen, Feldgras als Neuansaat) vorgenommen. Für beide Gruppen wird ein eigener Klassifikator und der eigene maskierte Datensatz entsprechend dem unterschiedlichen phänologischen Zyklus erzeugt. Die beiden **Ergebnisbilder der Winterfrüchte und der Sommerfrüchte** werden zum Schluss additiv zu einem Summenbild zusammengefügt. Dieses ordnet jedem ermittelten Schlag eine Feldkultur zu.

Zur Realisierung des Klassifizierungsalgorithmus kamen die Programmpakete ERDAS IMAGINE, arcView, ENVI und Spanclass zum Einsatz.

Um optimale Klassifizierungsergebnisse zu bekommen, wäre als Mindestforderung die Verfügbarkeit von Szenen aus den Zeiträumen:

Anfang/Mitte April – Mitte Mai – Anfang Juli – Mitte August – Mitte September

notwendig. Die verfügbaren Aufnahmetermine für die einzelnen Jahre machen klar, dass dies für kein Jahr auch nur annähernd erfüllt wird. Die Anzahl der Szenen pro Jahr für den Zeitraum von 1994 bis 2000 schwankt zwischen zwei (1998) und fünf (1996). Es sind also zu wenige und wenn man noch die Aufnahmezeitpunkte bewertet, oftmals Szenen mit redundanter Information. Demzufolge muss man die Ergebniserwartungen herunterschrauben, die für die einzelnen Jahre unterschiedlich ausfallen müssen. Bewertet wurden die Ergebnisse anhand der Anbauinformationen für die Referenzschläge der vier Agrargenossenschaften.

Recht gut fällt der Vergleich der Klassifizierungsergebnisse mit Kreisanbaustatistiken aus. Exemplarisch wurde dies für die beiden Jahre 1999 und 2000 durchgeführt, da für diese beiden Jahre Anbaustatistiken für die Kreise Havelland, Oberhavel und Teltow/Fläming vorlagen, die als Bewertungsgrundlage genutzt werden konnten. Fasst man die Kulturen zu Anbaugruppen zusammen, so kann man erfreut feststellen, dass für alle drei Kreise ein hohes Maß an Übereinstimmung der klassifizierten Anteile mit den Angaben laut Anbaustatistik erreicht wurde. Das ist ein Gütenachweis des Ansatzes auf diese Generalisierungsebene. Für die Einzelkulturen wird dies noch nicht erreicht.

Reserven für eine Ergebnisverbesserung werden weiterhin in der Berücksichtigung pedographischer Informationen, eventuell auch eine Einarbeitung solcher Informationen in die Normkurven, gesehen. Unberücksichtigt bleiben bisher auch Bewirtschaftungsmaßnahmen (Sortenwahl, Düngung, usw.). Dass sie für die Interpretation der Ergebnisse Relevanz besitzen, ist eigentlich klar, welcher Art bleibt offen. Die Hinzunahme von Zusatzinformationen (Berücksichtigen von Spezialwissen, Expertenwis-

sen usw.) läßt sich durch fuzzibasierte Ansätze in den vorgestellten Algorithmus integrieren. Hier sollen fortführende Forschungen ansetzen.

Ergebnisse der jahresbezogenen Klassifizierungen bilden die Basis für die Ermittlung der Fruchtfolgen. Dazu wurden die für die einzelnen Jahre vorliegenden Ergebnisbilder zu einem Datensatz vereint. Die chronologische Abfolge ordnet damit jedem Schlag eine Abfolge von Hauptkulturen zu, die Fruchtfolge. Ansätze für eine statistische Bewertung wurden über die Ermittlung der Häufigkeiten durchgeführt. Bewertet wurden die Flächenanteile der einzelnen Kulturen bezogen auf die Einstufung in die Landbaugebiete für die vier Ertragstypen.

Neben Fernerkundungsdaten können auch Anbauarchive Grundlage für die typbasierte Ermittlung von Fruchtfolgen sein. Der Ansatz ergibt sich aus der Erkenntnis, dass Fruchtfolgen wesentlich über das zur Verfügung stehende naturräumliche Potenzial beeinflusst werden. Es wurden einer Matrix aus den vier Ertragstypen und den fünf Qualitätsstufen typische Fruchtfolgen zugewiesen. Diese wurden durch Erfassung der Anteile einzelner Fruchtarten an der Anbaustruktur der Beispielsbetriebe ermittelt. Getrennt nach Qualitätsstufen der Bodengüte wurden für die vier Ertragstypen der Betriebe die prozentualen Anteile der Anbaukulturen bestimmt und für ein Intervall von 13 Jahren die typischen Kulturen ermittelt. Auf der Grundlage von pflanzenbaulicher, phytosanitärer und agrotechnischer Experteninformation wurden den Ertragstypen für jede Qualitätsstufe charakteristische Fruchtfolgen für die Jahre 1988 bis 2000 zugewiesen.

Typbezogene Ansätze beinhalten Verallgemeinerungen von Informationen. Der konkrete Schlagbezug wurde aufgegeben. Demgegenüber besitzt der fernerkundungsdatenbasierte Ansatz einen Vorteil durch die schlaggetreue Information.

Ein integrativer Bestandteil des Naturraumes ist der Boden. Er steht Böden im engen Zusammenhang mit oberflächennahen Stoffkreisläufen, insbesondere denjenigen, die mit dem Medium Wasser verknüpft sind. Gleichzeitig ist der Boden eine durch den Menschen intensiv beanspruchte Produktionsgrundlage. Durch massive Bodenmelioration und andere Maßnahmen wird die Bewirtschaftung des Bodens optimiert. Heute geht man bereits von Kulturböden aus, in denen natürliche Prozesse massiv anthropogen gestört ablaufen. Kenntnisse über Böden sind demzufolge immanenter Bestandteil einer komplexen Raumbetrachtung, gleichwie der Fokus gelegt ist.

Der Boden besitzt im Vergleich zur Flächennutzung und Hydrologie in vielen Teilen eine gewisse größere Invarianz. Bodeneigenschaften gelten in der Regel als stabil. Informationen über Böden können oft aus Fernerkundungsdaten nur „gefolgert“ werden. Zur Ermittlung der Bodenparameter wurden deshalb Karten, Feldkartierung und Eigenschaften-Datenbanken verwendet.

Bodenparameter als Modelleingangsrößen wurden für zwei verschiedene Dimensionsstufen der naturräumlichen Gliederung ermittelt:

1. für die großmaßstäbigen Betrachtungen der Fokusgebiete die Naturraumtypen der Nanochoren (eigene Kartierung),
2. für die mittelmaßstäbigen Betrachtungen auf Zwischen- und Gesamtebene die Legendeneinheiten der BÜK300 (Daten des LGRB).

In beiden Fällen wurde die Zuordnung der für die Modellierungen benötigten Bodeneigenschaften über die Bestimmung von Leitbodenformen durchgeführt.

Analysen der hydrologischen Parameter wurden ausschließlich bezogen auf die Fokusgebiete durchgeführt. Dabei wurden zur Beachtung der hydrologischen Verhältnisse primär die durch das LUA Brandenburg erhobenen Pegelmessungen verwendet. Lediglich im Fokusgebiet Döllnitz/Kleiner Rhin wurde die Datenbasis durch In-situ Messungen ergänzt. Auf dieser Basis wurde die Grundwasserdynamik in den Fokusgebieten charakterisiert.

Schlussfolgernd aus der hydrologische Charakteristik der drei Fokusgebiete muss festgestellt werden, dass allgemeine naturräumlich bedingte Merkmale durchaus bedeutsam sind. In Abhängigkeit von der Reliefage und der damit verbundenen Lage zu Vorflutern wird die Beziehung zwischen dem Grundwasser und den Oberflächengewässern deutlich. Es zeigt sich aber auch klar, dass die abflussregulie-

renden anthropogenen Eingriffe (Entwässerung, Auspolderung, Stauhaltung usw.) das natürliche Gleichgewicht, meist mit den Zielen eines schnelleren Abflusses und einer größeren Abflussmenge, gestört haben. So sind es nicht die Niederschläge, die Wasseraufnahmekapazitäten der Böden, die Beschaffenheit der Substrate, die Verdunstungsleistung der Vegetation usw., also nicht die natürlichen Einflussfaktoren, die den Abflussprozess dominieren, sondern der Mensch. Dies zeigen die Pegelgänge nicht nur in Störungen ihrer natürlichen Dynamik, sondern auch durch die großen Grundwasserflurabstände in den Flussniederungen.

Relationen der Einzelmessungen der Hydrodynamik zur Fläche bestehen primär über den Naturraum. Durch die komplexe Charakteristik der Naturraumeinheiten lassen sich über Bodenfeuchtereime, Leitböden und Reliefformen Beziehungen zu Grundwasserständen herstellen. Aber auch anthropogene Faktoren können deutliche Auswirkungen besitzen. Das Gewicht zwischen den natürlichen und anthropogen bedingten Einflussgrößen ist jeweils spezifisch zu bewerten. Ein erster Ansatz wurde von den Bearbeitern für das Gebiet der Unteren Havel entwickelt. Er kann mit gewissen Modifizierungen auf andere Gebiete übertragen werden. Voraussetzung dafür ist die Bereitstellung der notwendigen Eingangsparameter. Dazu bedarf es verschiedener, möglichst im engen Zeittakt erzeugter Grundwasser- und Oberflächenwassermessungen. Diese sind wichtig, um die spezifischen (bedeutenden) Einflüsse abzubilden. Die in den allgemeinen Messreihen erzeugten und zur Verfügung stehenden Daten erfüllten diesen Anspruch nicht.

Es besteht die Möglichkeit, die gewonnenen Anbauinformationen mit anderen Dateien, die ebenfalls auf Anbaukulturen bezogene Informationen berücksichtigen, beliebig zu verknüpfen. Damit besitzt die Kenntnis von Anbaukulturen bzw. Fruchtfolgen eine gewisse Relevanz bei der Bestimmung verschiedener interessierender Bilanzgrößen. Sie lassen sich verschiedenen Betrachtungsansätzen zuordnen:

- Mengenangaben, z.B. Düngemittelgaben
Bezogen auf Anbaukultur, Bodenanalysen und Düngeempfehlungen können daraus z.B. Stoffeinträge (reelle Stickstoffauswaschungsgefährdung), Bodenbelastungen, Stoffkreisläufe, Ertragsprognosen usw. bewertet und interpretiert werden.
- Bewirtschaftungsintensitäten, z.B. Zahl der Arbeitsgänge
Bezogen auf Anbaukultur, Bodenanalysen und Landmaschinencharakteristiken können damit z.B. Bodenverdichtung, Stauwassereffekte, Stoffakkumulationen usw. bewertet und interpretiert werden.
- Finanzielle Aufwendungen, z.B. für Schädlingsbekämpfungsmaßnahmen
Bezogen auf Anbaukultur, Witterungscharakteristik, Preistabellen usw. können Angaben über zu erwartende finanzielle Aufwendungen gewonnen werden.

Dafür wurden Beispiele vorgestellt.

Integrationsmöglichkeiten zur Bewertung ökonomischer und ökologischer Konsequenzen der Flächennutzung wurden diskutiert. Am Beispiel der N-Düngung und die darauf basierende reelle Gefahr der Stickstoffauswaschung wurden für die ausgewählten Referenzbetriebe der Fokusgebiete Analysen vorgestellt und mit Handlungsoptionen verknüpft.

Charakteristische Bausteine für Flusseinzugsgebiete sind hochdynamische Raumeinheiten. Diese sind in sich komplex und besitzen naturräumliche und anthropogene Komponenten. Die Kompartimente Flächennutzung, Boden und Hydrologie besitzen eine zentrale Bedeutung bei der Analyse und Bewertung dieser Raumeinheiten und bilden somit die Basis für Prognosen und Gestaltungen. Eine raumzeit-orientierte Erfassung dieser Merkmale ist demzufolge unverzichtbar. Eine diesbezüglich klare Kennzeichnung der Modellierungsparameter ist Voraussetzung für wirklichkeitsnahe Prognosen.

Tragfähig für die Erfassung von Modellbezugsflächen sind multispektrale Fernerkundungsdaten. Auf ihrer Basis können durch multitemporale Ansätze flächenbezogene Parameter gewonnen werden, die insbesondere die Flächennutzungsdynamik in hoher Raum- und Zeittreue abbilden. Für die Kompartimente Boden und Hydrologie bestehen andere Ansprüche an die räumliche und zeitliche Auflösung. Hierfür können andere Datenquellen genutzt werden. Fernerkundungsdaten sind eine Komponente im Datenspektrum.

7. Literaturverzeichnis

- ALBERTZ, J. (2001): Einführung in die Fernerkundung – Grundlagen der Interpretation von Luft- und Satellitenbildern. Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt
- AG BODEN (1996): Bodenkundliche Kartieranleitung, Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe und den Geologischen Landesämtern in der Bundesrepublik Deutschland. 4. Auflage, Hannover
- AKADEMIE D. WISSENSCHAFTEN D. DDR [Hrsg.] (1974): Das Rheinsberg – Fürstenberger Seengebiet. Akademie-Verlag, Berlin
- ARNOLD, A. (1997): Allgemeine Agrargeographie. 1. Auflage, Justus Perthes Verlag Gotha GmbH, Gotha
- BALDENHOFER, K. (1999): Lexikon des Agrarraums. Klett-Perthes, Gotha
- BAEMER, K. (1992): Allgemeiner Pflanzenbau. Ulmer, Stuttgart
- BARSCH, H., BILLWITZ, K., BORK, H.-R. (2000): Arbeitsmethoden in Physiogeographie und Geoökologie. 1. Auflage, Justus Perthes Verlag Gotha GmbH, Gotha
- BARSCH, H., SAUPE, G. et. al. (1994): Bewertung und Gestaltung der naturnahen Landschaft in Schutzgebieten, Erholungs- und Freizeitgebieten. Erschienen in Potsdamer Geographische Forschungen, Band 8, Potsdam
- BAUMGARTEL, G., SCHARPF, H-C. (2002): Gute fachliche Praxis der Stickstoffdüngung. aid infodienst Verbraucherschutz, Ernährung, Landwirtschaft e.V. [Hrsg.], Heft 1017/2002, Bonn
- BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN [Hrsg.] (1999): Verminderung der Nitratauswaschung, http://www.stmlf.bayern.de/publikationen/beratung-service/merkblt_nitrat.pdf
- BÖHM, L., ROSCHKE, M. et al. (2000): Rahmenempfehlungen zur Düngung 2000 im Land Brandenburg. Ministerium für Landwirtschaft Umweltschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg, <http://www.mlur.brandenburg.de/l/pflanze/duengbro.htm>
- BORK, H-R., MERBACH, W. (1995): Kohlenstoff- und Stickstoffumsatz im System Pflanze – Boden. ZALF-Berichte Nr. 23, Zentrum für Agrarlandschafts- und Landnutzungsforschung (ZALF), Münchenberg
- BRAUN, J., BRUDEL, H., HANFF, H., HARNACK, C., JURKSCHAT, M., WEDEKIND, H. (2001): Datensammlung für die Betriebsplanung und die betriebswirtschaftliche Bewertung landwirtschaftlicher Produktionsverfahren im Land Brandenburg. 3. Auflage, Landesanstalt für Landwirtschaft des Landes Brandenburg, Schriftenreihe der Landesanstalt für Landwirtschaft des Landes Brandenburg, Reihe Landwirtschaft, Band 2
- BRONSTERT A. UND LAHMER, W. (2001): Bewirtschaftungsmöglichkeiten im Einzugsgebiet der Havel. Antrag an das BMBF zur Förderung eines Forschungs- und Entwicklungsvorhabens im Rahmen des BMBF-Förderprogramms „Forschung für die Umwelt“ zum Thema „Flusseinzugsgebietsmanagement“. Potsdam
- BRUNNER, H. (1962): Fläming. In: Institut für Landeskunde & Deutsches Institut für Länderkunde [Hrsg.]: Handbuch der naturräumlichen Gliederung Deutschlands. S.1166-1177, Selbstverlag, Bad Godesberg

- DEMIRCAN, A. (1995): Die Nutzung fernerkundlich bestimmter Pflanzenparameter zur flächenhaften Modellierung von Ertragsbildung und Verdunstung. Münchner Geographische Abhandlungen, B 20, GEOBUCH-Verlag, München
- DOBERS, E.S.(2002): Göttinger Bodenkundliche Berichte 155, Methoden der Standorterkundung als Grundlage des DGPS-gestützten Ackerbaus, Eine Fallstudie aus dem Lössgebiet des Mittleren Fläming. Brunk Meyer im Selbstverlag
- DONNER, R., SCHMIDT, S. & WALTER, D. (2002): Ableitung von Nutzungsparametern landwirtschaftlicher Flächen aus multitemporalen ETM-Daten. In: Blaschke, T. [Hrsg.]: Fernerkundung und GIS. Neue Sensoren – innovative Methoden.: 189–198, Wichmann, Heidelberg
- DVWK-MERKBLÄTTER 238/1996: Ermittlung der Verdunstung von Land- und Wasserflächen. Bonn 1996
- DYCK, S., PESCHKE, G. (1995): Grundlagen der Hydrologie. 3. Auflage, Verlag für Bauwesen, Berlin
- ELLMANN, H.; SCHULZE, B (2002): Entwicklung naturnaher Strukturen in der Unteren Havel – Teil 1 und 2. Gutachten zur Renaturierung der Unteren Havel, Sieversdorf
- ERDAS[®], Inc. (1999): ERDAS Field Guide[™]. Atlanta, Georgia
- FINCK, A. (1991): Pflanzenernährung in Stichworten. 5. Auflage, Hirt in der Gebrüder Borntraeger Verlagsbuchhandlung, Berlin, Stuttgart
- FINCK, A. (1992): Dünger und Düngung – Grundlagen und Anleitung zur Düngung der Kulturpflanzen. 2. Auflage, VCH Verlagsgesellschaft mbH, Weinheim
- FISCHER, T. (1991): Einfluss ausgewählter Fruchtfolgen und Fruchtarten auf die Kohlenstoff- Stickstoffdynamik des Bodens auf einem grundwasserfernen Sandstandort. Dissertation, Fakultät für Landwirtschaft und Gartenbau der Humboldt-Universität zu Berlin, Müncheberg
- FISCHER, W. (1981): Die Landschaft. In: Akademie der Wissenschaften der DDR [Hrsg.]: Ruppiner Land.: 4–7, Akademie-Verlag, Berlin
- FISCHER, W., GROBER, K.-H., MANSIK, K.-H., WEGENER, U., HRSG: WEINITSCHE, H. (1982): Handbuch der Naturschutzgebiete der Deutschen Demokratischen Republik. Bd. 2 Bezirke Potsdam, Berlin – Hauptstadt der DDR, Frankfurt/O. und Cottbus. Urania-Verlag Leipzig, Jena, Berlin
- FRANZ, H.-J. (1962): Mittelbrandenburgische Platten und Niederungen. In: Institut für Landeskunde & Deutsches Institut für Länderkunde [Hrsg.]: Handbuch der naturräumlichen Gliederung Deutschlands. S. 1129-1139, Bad Godesberg
- FREYER, B. (2003): Fruchtfolgen [konventionell, integriert, biologisch]. Eugen Ulmer GmbH & Co
- FULLER, R.M., GROOM, G.B. & JONES, A.R. (1994): The Land Cover Map of Great Britain: An Automated Classification of Landsat Thematic Mapper Data. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 49 (5), S. 553-562
- GANGKOFNER, U. (1996): Methodische Untersuchungen zur Vor- und Nachbereitung der Maximum Likelihood Klassifizierung optischer Fernerkundungsdaten. Münchner Geographische Abhandlungen, B 24, GEOBUCH-Verlag, München
- GEISLER, G. (1988): Pflanzenbau, Ein Lehrbuch – Biologische Grundlagen und Technik der Pflanzenproduktion. 2. Auflage, Verlag Paul Parey, Berlin, Hamburg

- GINZEL, G., ERTL, CH. (2002): Gutachten zur Ermittlung von Möglichkeiten zur Stabilisierung des Wasserhaushaltes im südlichen Stechlinseegebiet (Hydrogeologisches Gutachten NSG Stechlin – Süd). Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei, Berlin
- GINZEL, G., KABOTH, U. (1999): Hydrogeologisches Gutachten NSG Stechlin – Nord. Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei, Berlin
- GÖTZ, A., KONRAD, J. (1987): Pflanzenbau. Eugen Ulmer, Stuttgart
- GRENZDÖRFFER, G. (1998): Fernerkundung zur teilschlagspezifischen Bewirtschaftung. Zeitschrift für Photogrammetrie und Fernerkundung, 66 (5-6). S. 135–145
- GUYOT, G. & GU, X.-F. (1994): Effect of Radiometric Corrections on NDVI- Determined from SPOT-HRV and Landsat-TM Data. Remote Sensing of Environment, 49(3). S.169–180
- HABERÄCKER, P. (1991): Digitale Bildverarbeitung – Grundlagen und Anwendungen. Hanser, München, Wien
- HESSE, P. (2004): Hydrologische Analysen von Möglichkeiten der Gewässerbewirtschaftung am Beispiel des Hammerfließes als Teileinzugsgebiet der Nuthe unter Verwendung des Modellierungssystems ArcEGMO. Unveröffentl. Diplomarbeit am Institut für Geographie der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
- HEYER E. (1962): Das Klima des Landes Brandenburg. Abhandlungen des Meteorologischen und Hydrologischen Dienstes der Deutschen Demokratischen Republik 64, Bd. IX, Akademie-Verlag, Berlin
- HILDEBRANDT, G. (1996): Fernerkundung und Luftbildmessung für Forstwirtschaft, Vegetationskartierung und Landschaftsökologie. Wichmann, Heidelberg
- HILL, J. , MEHL, W. (2003): Geo- und radiometrische Aufbereitung multi- und hyperspektraler Daten zur Erzeugung langjähriger kalibrierter Zeitreihen. Photogrammetrie–Fernerkundung–Geoinformation, 1, S. 7–14
- HIRT, U. (2002): Regional differenzierte Abschätzung der Stickstoffeinträge aus punktuellen und diffusen Quellen in die Gewässer der mittleren Mulde. Dissertation, Universität in Frankfurt am Main, Frankfurt
- ITZEROTT, S., BURKART, M., ZEBISCH, M. (2000): Classification of Vegetation by Chronosequences of NDVI from Remote Sensing and Field Data: the Example of Uvs Nuur Basin. Berliner geowiss. Abhandlungen, Reihe A, Bd. 205
- ITZEROTT, S. & KADEN, K. (2004): Identification of crop types and crop rotations in agriculture using satellite data. In: Geller, W. et al. [Eds.]: 11th Magdeburg Seminar on Waters in Central and Eastern Europe: Assessment, Protection, Management. S. 18-22, UFZ-Bericht 18/2004, Leipzig
- JACOBS, J. (2004): Handlungsoptionen im Einzugsgebiet des Hammerfließes und deren Akzeptanz. Endbericht für das BMBF-Forschungsverbundprojekt „Bewirtschaftungsmöglichkeiten im Einzugsgebiet der Havel“, Potsdam
- JÜRGENS, C. (2000 a): Change Detection – Erfahrungen bei der vergleichenden multitemporalen Satellitenbilddauswertung in Mitteleuropa. Photogrammetrie–Fernerkundung–Geoinformation, 1. S. 5–18
- JÜRGENS, C. (2000 b): Fernerkundungsanwendung im Precision Farming. Petermanns Geographische Mitteilungen, 144(3), S. 60–69

- KADEN, K., ITZEROTT, S., ZEBISCH, U., FRITSCH, U. (1999): Räumliche Unterschiede im Wassertransfer (Boden-Pflanze-Atmosphäre) in Niederungen des mitteldeutschen Binnentieflandes. Institute für Geographie und Geoökologie der Universität Potsdam [Hrsg.], Band 18, Potsdam
- KLENKE, M. (1999): GIS-gestützte Landnutzungsklassifikationen auf Grundlage von Daten passiver und aktiver Fernerkundungssensoren zur distributiven Flusseinzugsgebietsmodellierung. In: Jenaer Geographische Schriften, 8
- KOCH, B., JOCHUM, M., IVITS, E. & DEES, M. (2003): Pixelbasierte Klassifizierung im Vergleich und zur Ergänzung zum objektbasierten Verfahren. Photogrammetrie–Fernerkundung–Geoinformation, 3. S. 195–204
- KÖRBER-GROHNE, U. (1988): Nutzpflanzen in Deutschland. Theiss, Stuttgart
- KRAGE, S. (2002): Umsetzung der Düngeverordnung im Land Brandenburg: Nährstoffvergleiche. Landesamt für Ernährung und Landwirtschaft Frankfurt (Oder), <http://www.mlur.brandenburg.de>
- LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT UND GARTENBAU [Hrsg.] (2002): Richtwerte für eine gute fachliche Praxis beim Düngen im Rahmen einer ordnungsgemäßen Landbewirtschaftung. 4. Auflage, Bernburg
- KRANAWETTREISER, J. (2002): Hochwasserschutz durch Überschwemmungsflächen (Havel). Material für das weiterbildende Studium Bauingenieurswesen, Wasser und Umwelt im Sommersemester 2002, Bauhaus-Universität Weimar
- LANDESAMT FÜR VERBRAUCHERSCHUTZ UND LANDWIRTSCHAFT [Hrsg.] (2002): Umsetzung der Düngeverordnung – Nährstoffvergleiche im Land Brandenburg 2002. Referat 43 Acker- und Pflanzenbau, Fachgebiet Bodenschutz und Düngung, Güterfelde
- LANDESAMT FÜR VERBRAUCHERSCHUTZ [Hrsg.] (1989-2002): Bodennutzungserhebung (Juni) in ha im Land Brandenburg. Datengrundlage: Landesbetrieb für Daten und Statistik
- LANDESUMWELTAMT BRANDENBURG, ZENTRUM FÜR AGRARLANDSCHAFTS- UND LANDNUTZUNGSFORSCHUNG, POTSDAMER INSTITUT FÜR KLIMAFORSCHUNG (Hrsg.) (2000): Flächendeckende Modellierung von Wasserhaushaltsgrößen für das Land Brandenburg. Beitrag zum Projekt „Stabilisierung und Verbesserung des Landschaftswasserhaushaltes in Brandenburg. Studien- und Tagungsberichte, Schriftenreihe des Landesumweltamtes Brandenburg, Bd. 27, Potsdam
- LINß, A. (2000): Untersuchungen zu den Bodeneigenschaften flachgründiger, landwirtschaftlich genutzter Versumpfungsmoore zur Ableitung von Bewirtschaftungsstrategien. Dissertation an der Landwirtschaftlich-Gärtnerischen Fakultät der Humboldt Universität Berlin
- LILLESAND, T.M. & KIEFER, R.W. (1994): Remote Sensing and Image Interpretation. John Wiley & Sons, Inc., New York
- LUDWIG, C. U. GRÄFF, T. (1993): ArcView-Darstellung gesammelter Gewässernetzdaten der WBV Nuthe, WBV Dahme-Notte und des Landesumweltamtes und Arbeitsbericht für die Datenerhebung an der Nuthe. Univ. Potsdam. (unveröff.)
- LUTZE, G., ASSMANN, R., VOSS, M., KIESEL, J., WENKEL, K-O., WIELAND, R. et al. (1994-2000): Integrative, modellgestützte Studie zur Charakterisierung von Agrar-Umwelt-Potentialen im Land Brandenburg, Zentrum für Agrarlandschafts- und Landnutzungsforschung (ZALF), Institut für Landschaftssystemanalyse

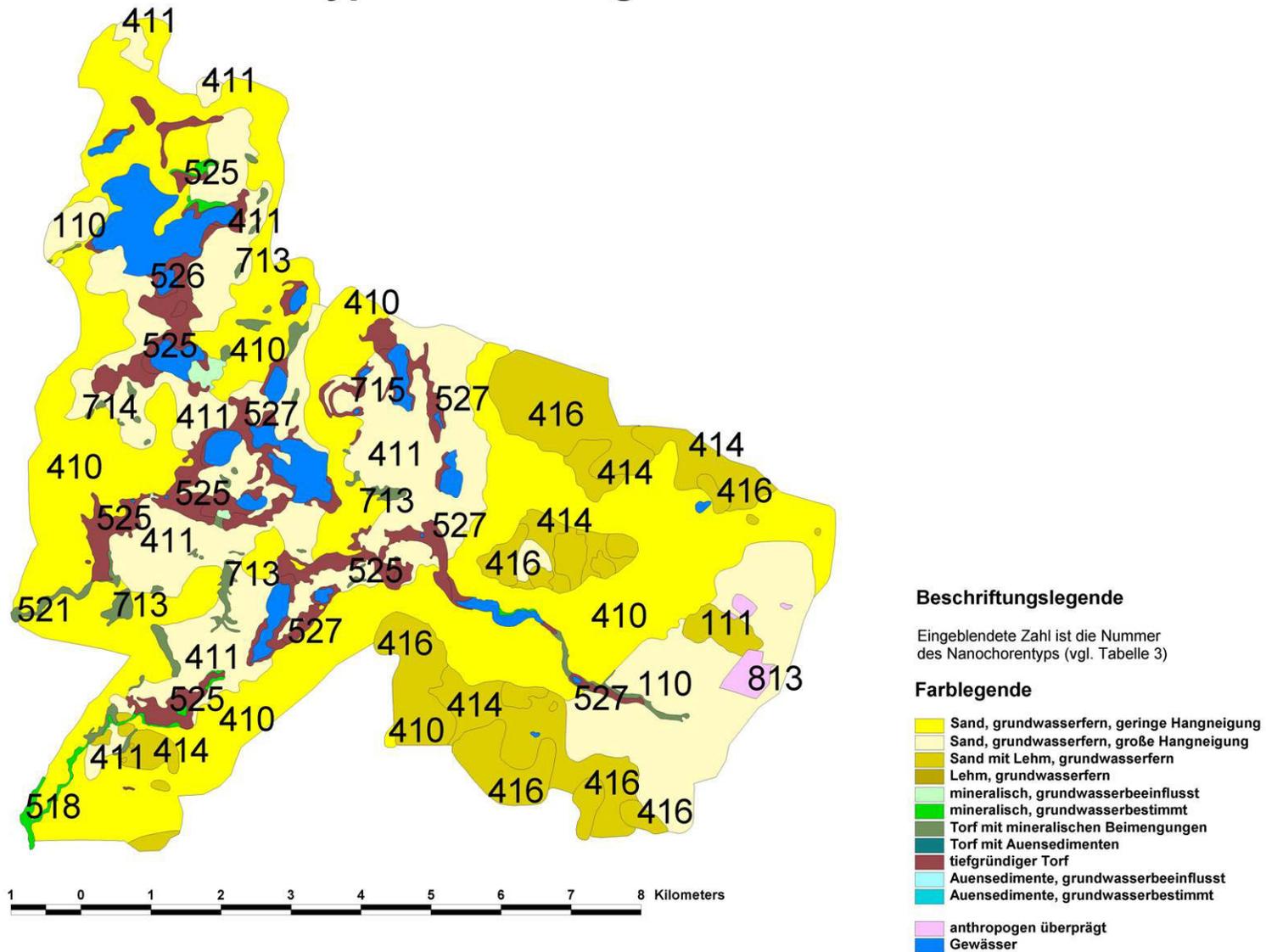
- MAUSER, W., BACH, H., LUDWIG, R. & RIEGLER, G. (1997): Bestimmung hydrologischer Modellparameter mittels Fernerkundung. *Zeitschrift für Photogrammetrie und Fernerkundung*, 65 (5-6). S. 170–177
- MEIER, U. (2001): Entwicklungsstadien mono- und dikotyler Pflanzen – BBCH Monografie. Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Braunschweig
- MERTENS, K. (2000): Anbauempfehlung Lupinen zur Körnergewinnung. 1. Auflage, Ministerium für Raumordnung, Landwirtschaft und Umwelt des Landes Sachsen-Anhalt [Hrsg.]
- MINISTERIUM FÜR LANDWIRTSCHAFT, UMWELTSCHUTZ UND RAUMORDNUNG DES LANDES BRANDENBURG (2004): Agrarbericht 2004. Potsdam
- MÜLLER, H.-D. (1981): Die Landschaft. In: Akademie d. Wissenschaften d. DDR [Hrsg.]: Ruppiner Land. S. 4-7, Akademie-Verlag, Berlin
- MÜLLER, D. (2001): Untersuchung zur rechnergestützten Landnutzungsklassifikation unter Verwendung von Zusatzinformationen und Fuzzy-Logik. Unveröffentl. Diplomarbeit an der Fakultät für Geowissenschaften, Geotechnik und Bergbau, TU Bergakademie Freiberg
- MÜLLER, D. (2004): Untersuchungen zur wissensbasierten Klassifikation ausgewählter landwirtschaftlicher Nutzpflanzen unter Verwendung spektraler Normkurven. Unveröffentl. Diplomarbeit am Institut für Geographie der Universität Leipzig
- MÜLLER, P. (1982): Ackerbau. 2. Auflage, VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin
- NEUBERT, G., HARNACK, C. (2003): Wirtschaftsergebnisse landwirtschaftlicher Unternehmen (Wirtschaftsjahr 2001/2002). Landesamt für Verbraucherschutz und Landwirtschaft [Hrsg.], Schriftenreihe des Landesamtes für Verbraucherschutz und Landwirtschaft, Reihe Landwirtschaft, Band 4
- NIEVERGELT, J. (1997): Lysimeterversuch 1981 bis 1996: N-Auswaschung in Fruchtfolgen. Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau, Reckenholz (FAL), erschienen in *Agrarforschung* Band 4 (Heft 5), S. 209–212, Zürich
- OEHMICHEN, J. (1986): Pflanzenproduktion. Bd. 2. Produktionstechnik. Parey, Berlin
- OLDENBURG, A. (2003): Nährstoffgehalte der gebräuchlichsten Mineraldüngemittel. <http://www.agrarservice.de/duenger.htm>, <http://www.pflanzenbauberatung.de>
- PALMES, J. (2005): Die Charakterisierung der anthropogenen Einflüsse auf den Wasserhaushalt im Einzugsgebiet des Hammerflusses anhand einer historischen Analyse des Landschaftsraumes. Unveröffentl. Diplomarbeit am Institut für Geoökologie der Universität Potsdam
- PRECHTEL, N. (1996): Flächennutzungskartierung mit Satellitenbildern. *Wissensch. Zeitschrift der TU Dresden*, 45(1). S. 62–66
- PRECHTEL, N. (1997): CORINE – Bodenbedeckungsdaten für Ostdeutschland aus Anwendersicht. *Zeitschrift für Photogrammetrie und Fernerkundung*, 65(3). S. 92–101
- PRICE, J.C. (1994): How Unique Are Spectral Signatures? *Remote Sensing of Environment*, 49 (3). S.181–186
- QUAST, J. (1997): Wasserdargebot in Brandenburgs Agrarlandschaften und gebotene Wasserwirtschaftliche Konsequenzen. In: *Archiv für Natur- und Landschaftsforschung* 35, S. 267–277

- REIFENSTEIN, V. (2005): Analyse der Umsetzung der Düngerahmenempfehlung des Landes Brandenburg für Stickstoff in drei Landwirtschaftsbetrieben im Haveleinzugsgebiet. Unveröffentl. Diplomarbeit am Institut für Geoökologie der Universität Potsdam
- RHEIN, U. (1999): A new Approach on Training Data Handling for Supervised Satellite Image Classification. In: Ehlers, M. & Schiewe, J. [Hrsg.]: Geoinformatik 99: Ausgewählte Themen der Forschungsgruppe GIS/Fernerkundung. Materialien Umweltwissenschaften Vechta, 5, S. 79–84
- RICHARDS, J.A., X. JIA (1999): Remote Sensing Digital Image Analysis – An Introduction, 3rd revised and enlarged Edition, Springer Verlag Berlin Heidelberg New York
- RICHTER, R. (2000): Atmospheric Correction Algorithm for Flat Terrain – Model ATCOR2. DLR Report, DLR-IB 564 - 02/00, Wessling
- ROSCHKE, M. (2001): Umsetzung der Düngeverordnung – Nährstoffvergleiche im Land Brandenburg. Landesamt für Ernährung und Landwirtschaft Frankfurt (Oder), Dezernat 31 Pflanzenproduktion, Fachbereich Düngung, Wünsdorf
- ROSCHKE, M. (2003): Einsatz und Effektivität der Mineraldüngung im Land Brandenburg. Landesamt für Verbraucherschutz und Landwirtschaft.
- ROSCHKE, M. (2004): Ergebnisse an mineralischem Stickstoff und Schwefel in den Ackerböden des Landes Brandenburg. Landesamt für Verbraucherschutz und Landwirtschaft, Referat 43, Fachbereich Bodenschutz und Düngung
- SABINS, F.F. (1996): Remote Sensing – Principles and Interpretation, 3rd edition, W.H. Freeman and Company, New York
- SCHACHTSCHABEL, P., BLUME, H-P. et al. (1998): Lehrbuch der Bodenkunde. 14. Auflage, Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart
- SCHIMMELMANN, M. (1993): Das oberflächennahe Grundwasser in der Unteren Havelniederung im Raum Gülpe. Dissertation, Universität Potsdam
- SCHMIDT R., DIEMANN R. (Hrsg.) (1981): Erläuterungen zur Mittelmaßstäbigen Landwirtschaftlichen Standortkartierung (MMK). Forschungszentrum für Bodenfruchtbarkeit Müncheberg der Akademie der Landwirtschaftswissenschaften der DDR, Bereich Bodenkunde/Fernerkundung Eberswalde
- SCHMIDT, S. (2001): Ableitung von Schlaggrenzen aus Landsat-ETM-Daten. Unveröffentl. Diplomarbeit an der Fakultät für Geowissenschaften, Geotechnik und Bergbau, TU Bergakademie Freiberg.
- SCHNEIDER, R. (1981): Die Landschaft. In: Akademie d. Wissenschaften d. DDR [Hrsg.]: Ruppiner Land. S 1-3, Akademie-Verlag, Berlin
- SCHNELLE, F. (1955): Pflanzen-Phänologie. Akademische Verlagsgesellschaft, Leipzig
- SCHULTZE, J.H. (1955). Die Naturbedingten Landschaften der Deutschen Demokratischen Republik. Ergänzungsheft Nr. 257 zu Petermanns Geographische Mitteilungen, VEB Geographisch-Kartographische Anstalt, Gotha
- SCHWARZKOPF, U., BARSCH, H., ITZEROTT, S., KADEN, K., HOFMANN, K. (1992): Zur Erkennung von Waldschäden aus digitalen Fernerkundungsdaten. Potsdamer Geographische Forschungen Band 2, Potsdam
- SIGGEL, H. (1962): Nordbrandenburgisches Platten- und Hügelland. In: Handbuch der naturräumlichen Gliederung Deutschlands. S.1091-1105, Bad Godesberg

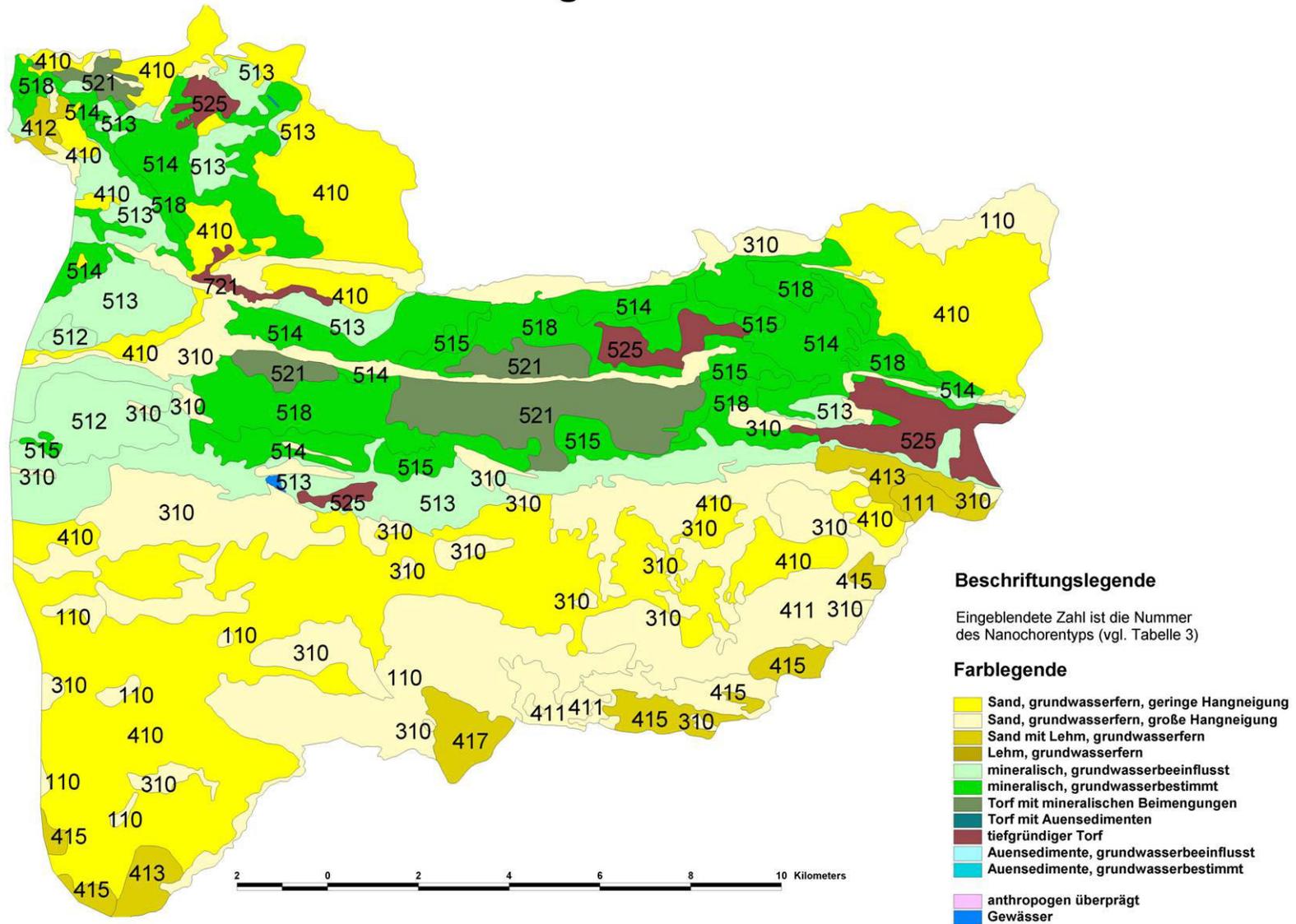
- SIRIDAS, N., KAHNT, G. & KÜBLER, E. (1988): Einfluß von Bodenbearbeitung, Kulturart und Zwischenfruchtanbau auf den Bodenabtrag und den Oberflächenabfluß. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 160. S. 22–28
- SÖLLNER, R. (2000): Fernerkundungsdaten. In: Barsch, H. et al. [Hrsg.]: *Arbeitsmethoden in Physiogeographie und Geoökologie*. S. 102–142, Klett-Perthes, Gotha
- SONG, C., WOODCOCK, C.E., SETO, K.C., LENNEY, M.P. & MACOMBER, S.A. (2001): Classification and Change Detection Using Landsat TM Data: When and How to Correct Atmospheric Effects? *Remote Sensing of Environment*, 75(2), S. 230-244
- STACKEBRANDT, W., MANHEHNKE, V. (2002): *Atlas zur Geologie von Brandenburg im Maßstab 1:1.000.000*. 2.Auflage, Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg
- STATISTISCHES BUNDESAMT (2004): *Landwirtschaft in Zahlen 2003*. Wiesbaden, www.destatis.de/presse/deutsch/pk/2004/faltblatt_landwirtschaft_2003.pdf
- STEINBORN, W. (1999): Satellitenfernerkundung in der Land- und Forstwirtschaft – eine Übersicht über den Stand und Perspektiven. *Geo-Information-Systeme*, 12(6). S. 4–12
- STOLZ, R. (1998): Die Verwendung der Fuzzy Logic Theorie zur wissensbasierten Klassifikation von Fernerkundungsdaten. *Münchner Geographische Abhandlungen*, B 26, GEOBUCH-Verlag, München
- THIEL, R. (2003): *Ökonomische Auswirkungen von Maßnahmen des Wasser- und Stoffrückhaltes im Elbeinzugsgebiet Brandenburgs*. Dissertation an der Landwirtschaftlich-Gärtnerischen Fakultät der Humboldt-Universität zu Berlin, Berlin
- TIMMERMANN, SIEGFRIED (Mai 1997–April 1999): Untersuchungen für eine aktuelle Inhaltstoff-Übersicht der Wirtschaftsdünger Gülle und Stallmist. Ministerium für Ernährung und Ländlichen Raum, erschienen in *Agrarforschung*, Augustenberg
- UDELHOVEN, T., HOSTERT, P., JARMER, T. & HILL, J. (2003): Klassifikation von Getreideflächen mit hyperspektralen Bilddaten des HyMap-Sensors. *Photogrammetrie–Fernerkundung–Geoinformation*, 1. S. 35–42
- VON GAGERN, W., HANFF, H. (2002): *Roggen – Situationsbericht Land Brandenburg*. Landesamt für Verbraucherschutz und Landwirtschaft, Abteilung Landwirtschaft und Gartenbau, <http://www.mlur.brandenburg.de>
- WEICHERT, A (2004): Erfassung des Bodeneinflusses auf die phänologische Entwicklung von Winterroggen mit multitemporalen Fernerkundungsdaten. Unveröffentl. Diplomarbeit an der Fakultät für Geowissenschaften, Geotechnik und Bergbau, TU Bergakademie Freiberg
- WINKLER, M. (2002): Die Verwendung des Bayes Ansatz und der Fuzzy Logic Theorie zur wissensbasierten Landnutzungsklassifikation. Unveröffentl. Diplomarbeit am Institut für Geoökologie, Universität Potsdam
- WOHLRAB B., ERNSTBERGER H., MEUSER A., SOKOLLEK V. (1992): *Landschaftswasserhaushalt. Wasserkreislauf und Gewässer im ländlichen Raum. Veränderungen durch Bodennutzung, Wasserbau und Kulturtechnik*. Parey, Hamburg und Berlin

8. Anlagen

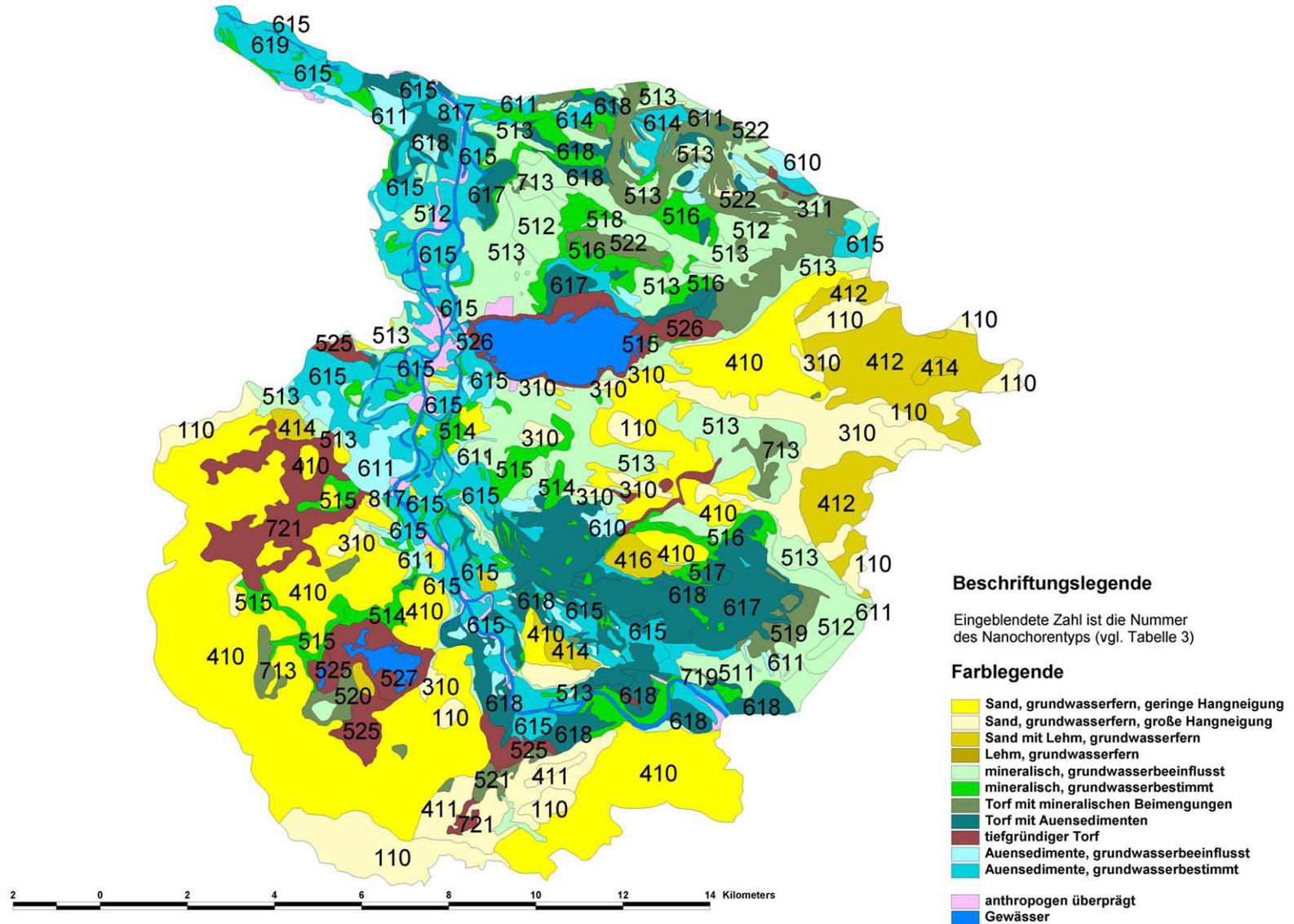
Karte der Nanochorentypen im Fokusgebiet Kleiner Rhin/Döllnitz



Karte der Nanochoren im Fokusgebiet Hammerfliess



Karte der Nanochorententypen im Fokusgebiet Untere Havel

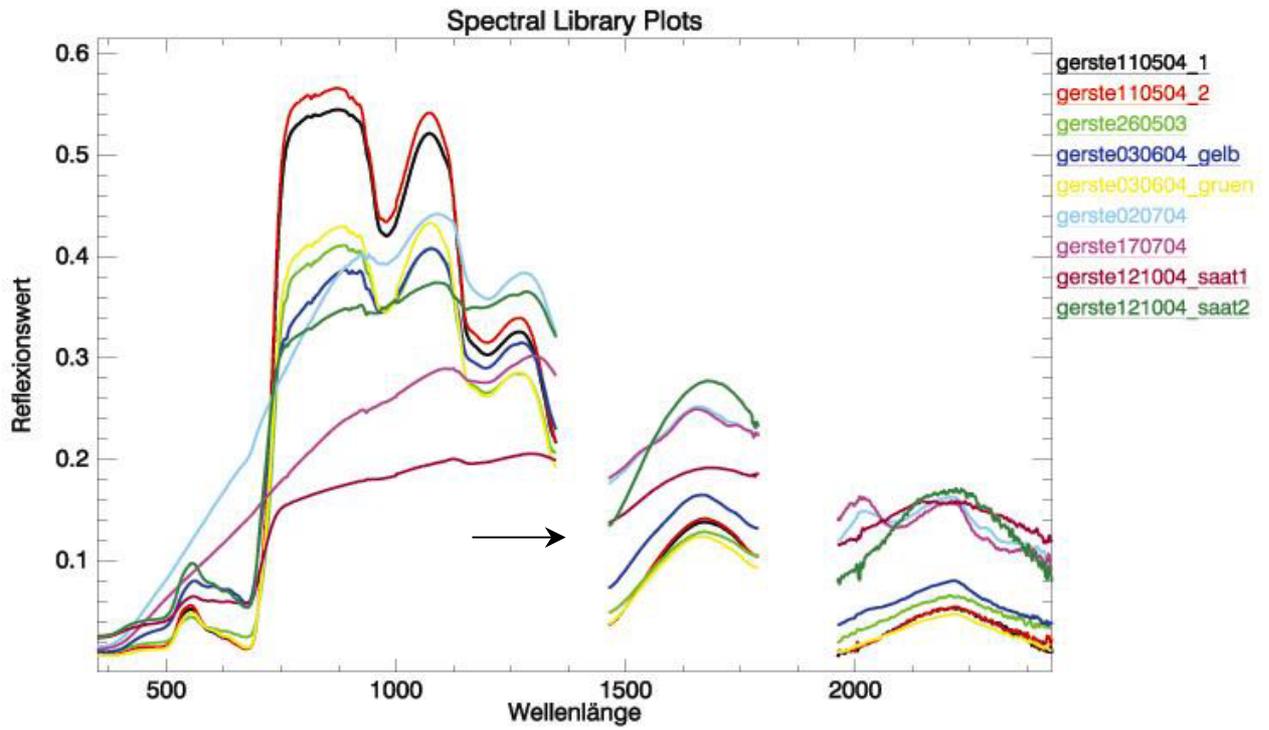


Anlage I d: Kennzeichnung der Nanochoren des glazial bestimmten Tieflandes Brandenburgs

Gefügebezogene Merkmale		II. Komponentenbezogene Merkmale		
Typ-Nr.	Bezeichnung des Nanochorentyps	Angaben zur Geologie	Substratflächentyp	Pedohydrotop-Kombination
110	Sandig-kiesiger Hügel oder Hügelgebiet	Geschiebesand	Sand	Wechselfrischsickerwasser-BFR N 0.1
111	Sandig-lehmiger Hügel oder Hügelgebiet	Geschiebesand und Geschiebemergel, stark übersandet	Sand mit Tieflehm	siehe oben N 0.1/2
112	Sandig-kiesiger Berg oder Rücken	Geschiebesand	Sand	siehe oben N 0.1
113	Sandig-lehmiger Berg oder Rücken	Geschiebesand und Geschiebemergel, übersandet	Sand mit Tieflehm	siehe oben N 0.1/2
210	Sandig-lehmiger Hang	Geschiebesand und Geschiebelehm	Sand mit Tieflehm	Frisch-Schichtensickerwasser-BFR zT. mit Hangwasser N1.1-8
211	Lehmiger Hang	Geschiebelehm	Tieflehm mit Lehm	siehe oben N 1.3-8
310	Sickerwasserbestimmte, sandige Düne oder Dünengebiet	Dünensand	Sand	Wechselfrischsickerwasser-BFR N 0.1
311	Grundwasserbeeinflusste, sandige Düne oder Dünengebiet,	Dünensand	Sand	Wechselfrischsickerwasser und Grundwasser- BFR N 2.1-16
410	Sickerwasserbestimmte, ebene bis wellige sandige Platte, Terrasse oder Ebene	Schmelzwassersand und Talsand	Sand	Wechselfrischsickerwasser-BFR N 0.1
411	Sickerwasserbestimmte, starkwellige sandige Platte	Hochflächensand und Schmelzwassersand	Sand	siehe oben N 0.1
412	Sickerwasserbestimmte, ebene und flachwellige anlehmgige Platte	Geschiebemergel, stark übersandet	Anlehmsand	siehe oben N 0.1
413	Sickerwasserbestimmte, starkwellige anlehmgige Platte	Geschiebemergel, stark übersandet	Anlehmsand	siehe oben N 0.1
414	Sickerwasserbestimmte, ebene und flachwellige sandig-lehmige Platte	Geschiebesand und Geschiebemergel	Sand mit Tieflehm	Wechselfrisch- bis Schichtensickerwasser-BFR N 0.2/5
415	Sickerwasserbestimmte, starkwellige sandig-lehmige Platte	Geschiebesand und Geschiebemergel	Sand mit Tieflehm	siehe oben N 0.2/5
416	Sickerwasserbestimmte, flach- und starkwellige lehmig-sandige Platte	Geschiebemergel und Geschiebesand	Tieflehm und Sand	siehe oben N 0.2/5
417	Sickerwasserbestimmte flach- und starkwellige lehmige Platte	Geschiebemergel	Tieflehm und Lehm	Frisch- bis Schichtensickerwasser-BFR N 0.3/5
418	Stauwasserbeeinflusste, flachwellige lehmige Platte	Geschiebelehm	Tieflehm und Lehm	siehe oben, mit Periodenstauwasser-BFR N 2.3-12
419	Stauwasserbeeinflusste, starkwellige lehmige Platte	Geschiebelehm	Tieflehm und Lehm	siehe oben N 2.3-12
420	Stauwasserbeeinflusste, kuppige lehmige Platte	Geschiebelehm	Tieflehm und Lehm	siehe oben N 2.3-12
421	Stauwasserbestimmte, ebene und flachwellige lehmige Platte	Geschiebelehm	Tieflehm und Lehm	Permanentstau- bis Frischsickerwasser- BFR S 2.13-4
422	Stauwasserbestimmte, starkwellige lehmige Platte	Geschiebelehm	Tieflehm und Lehm	Periodenstau- bis Frischsickerwasser-BFR S 2.12-4
423	Stauwasserbestimmte, kuppige lehmige Platte	Geschiebelehm	Tieflehm und Lehm	Periodenstau- bis Frischsickerwasser-BFR S 2.11-5
424	Stauwasserbestimmte (mit Grundwasser), ebene und flachwellige sandig-lehmige Platte	Geschiebesand und Geschiebelehm	Sand mit Tieflehm	Permanent-Stauwasser- bis Periodengrundwasser- BFR S 2.14-16
425	Grund- bzw. stauwasserbeeinflusste, ebene und flachwellige sandige Platte oder Terrasse	Geschiebemergel, stark übersandet	Anlehmsand	Wechselfrischsickerwasser bis Periodengrundwasser-BFR (G1/2c) N 2.1-15/16
426	Schwach grund- bzw. stauwasserbeeinflusste ebene und flachwellige sandig-lehmige Platte	Geschiebesand und Geschiebemergel, stark übersandet	Sand mit Tieflehm	siehe oben (G 2c) N 2.2-16
510	Grundwasserbestimmte lehmige Terrasse oder Platte der Niederung	Geschiebelehm	Lehm und Tieflehm	Periodengrundwasser-BFR (G 2b) G 0.17
511	Grundwasserbestimmte lehmig-sandige Terrasse oder Platte der Niederung	Geschiebelehm und Talsand	Tieflehm und Sand	siehe oben (G 2b) G 0.16
512	Grundwasserbeeinflusste sandig-lehmige Terrasse oder Platte der Niederung	Talsand und Geschiebelehm	Sand mit Tieflehm	Periodengrund- u. Frischsickerwasser BFR (G 1c) G 2.16-4
513	Grundwasserbeeinflusste sandige Terrasse oder Platte der Niederung	Talsand	Sand	Periodengrund- bis Wechselfrischsickerwasser-BFR (G 1c) G 2.16-2
514	Grundwasserbestimmte sandige Terrasse oder Platte der Niederung	Talsand	Sand	Permanent- bis Periodengrundwasser-BFR (G 3a) G 0.16/18
515	Grundwasserbestimmte humos-sandige Terrasse oder Ebene der Niederung	Talsand	Sand	siehe oben (G 2/3b) G 0.17/18
516	Grundwasserbestimmte humos-sandig-lehmige Terrasse oder Platte der Niederung	Geschiebelehm und Talsand	Sand mit Tieflehm	siehe oben (G 3b) G 0.17/18
517	Grundwasserbestimmte humos-lehmig-sandige Platte, Terrasse oder Ebene der Niederung	Geschiebelehm und Talsand	Tieflehm und Sand	siehe oben (G 3b) G 0.17/18
518	Grundwasserbestimmte humos-sandige und Torfsandebene	Talsand und Moor	Sand mit Torf	siehe oben (G 3a) G 0.17/18
519	Grundwasserbestimmte humos-lehmig-sandige und Torfsandebene	Geschiebelehm, Talsand und Moor	Tieflehm/Sand/Torf	siehe oben (G 3c) G 0.17/18

520	Grundwasserbestimmte, sand-und/oder lehmbedeckte Torfebene	Versumpfungs- bzw. Verlandungsmoor	Sand/Lehm über Torf	Permanently Grundwasser-BFR (G 4a) G 0.18
521	Grundwasserbestimmte Torfsandebene	Versumpfungsmoor	Torftiefsand	Siehe oben (G 4a) G 0.18
522	Grundwasserbestimmte sandunterlagerte Torfebene	Versumpfungs- bzw. Verlandungsmoor	sandunterlagertes Torf	siehe oben (G 4a) G 0.18
523	Grundwasserbestimmte Torftieflehm-(-ton, -mudde)ebene	Verlandungsmoor	Torftieflehm bzw. -mudde	siehe oben (G 4a) G 0.18
524	Grundwasserbestimmte lehm-ton-mudde-unterlagerte Torfebene	Verlandungsmoor	Torf	siehe oben (G 4a) G 0.18
525	Grundwasserbestimmte tiefgründige Torfebene	Verlandungsmoor	Torf	siehe oben (G 5b) G 0.18
526	Grundwasserbestimmtes, sumpfig-sandiges Gebiet an Oberflächengewässern	Verlandungs- bzw. Überflutungsmoor, Auenlehm	Sand/Lehm u. Torf	siehe oben (G 5b) G 0.19
527	Grundwasserbestimmtes sumpfiges Torfgebiet an Gewässern	Verlandungsmoor	Torf	siehe oben (G 5b) G 0.19
610	Stauwasserbestimmte (mit Grundwasser) lehmig-sandige Platte oder Terrasse der Aue oder Niederung	Auenlehm bzw. Geschiebelehm	Auenschluff/Auenlehm/ Tieflehm	Periodenstau- u. Periodengrundwasser-BFR (G 2d) S 1.11-16
611	Lehmige Platte der Aue oder Niederung	Auenlehm	Auenlehm	siehe oben (G 2d) S 1.12-16
612	Stauwasserbestimmte lehmige Terrasse der Aue	Auenlehm	Auenlehm	Periodengrundwasser BFR (G 3c) G0.16
613	Stauwasserbestimmte (mit Grundwasser) episodisch überflutete, lehmige Terrasse oder Platte der Aue	Auenlehm	Auenlehm	siehe oben (G 3b) G 0.17
614	Episodisch überflutete, humos-lehmige Terrasse oder Ebene der Aue	Auenlehm	Auenlehm	Permanently Grundwasser-BFR (G 5e) G 0.18
615	Grundwasserbestimmte (mit Stauwasser) periodisch überflutete, lehmig-tonige Aue	Auenlehm und Auenton	Auenschluff /Auenton	siehe oben (G 5b) G 0.19
616	Grundwasserbestimmte (mit Stauwasser) periodisch überflutete tonige Ebene d. Aue	Auenton	Auenton	siehe oben (G 5b) G 0.18
617	Grundwasserbestimmte periodisch überflutete Mudde- und Torfebene der Aue	Talsand, Verlandungs- bzw. Überflutungsmoor	Sand/Mudde/Torf	siehe oben (G 5b) G 0.19
618	Grundwasserbestimmte periodisch überflutete lehmunterlagerte Mudde- und Torfebene der Aue	Verlandungs- bzw. Überflutungsmoor	Torf/Mudde /Auenlehm	siehe oben (G 5b) G 0.19
619	Grundwasserbestimmte (mit Stauwasser) periodisch überflutete lehmig-tonige Terrasse der Aue	Auenlehm und Auenton	Auenlehm/Auenton	siehe oben (G 5b) G 0.19
710	Stau- oder grundwasserbeeinflusste kurzzeitig vernäßte, sandig-lehmige Senke	Geschiebelehm und Geschiebesand	Sand mit Tieflehm	Frischsicker-, Periodengrund- und Periodenstauwasser-BFR (G 1f) N 2.3-11/16
711	Stau- oder grundwasserbeeinflusste länger vernäßte, sandig-lehmige Senke	Geschiebelehm und Geschiebesand	Tieflehm mit Sand	siehe oben (G 2d) N 2.3-12/17
712	Stau- oder grundwasserbestimmte langfristig vernäßte humose lehmige Senke	Geschiebelehm	Tieflehm und Lehm	Periodenstauwasser-, Permanentgrundwasser-BFR (G 3b) S 2.12-18
713	Ganzjährig vernäßte, humos-sandige, torfige Senke	Geschiebesand und Kesselmoor	Sand/Torf	Permanently Grundwasser-BFR (G2/4b) G 0.18-12
714	Ganzjährig vernäßte, humose-sandig lehmige und torfige Senke	Geschiebesand, Geschiebelehm, Kesselmoor	Tieflehm/Sand/Torf	Periodenstau- und Permanentgrundwasser-BFR (G 3/4b) G 2.18-12
715	Ganzjährig vernäßte, humos-torfige und sandig-lehmige Senke mit Oberflächengewässer	Geschiebesand/-lehm, Kesselmoor	Tieflehm/Sand/Torf	Permanently Grundwasser-BFR (G 3/4a) G 0.19
716	Stau- oder grundwasserbeeinflusste, sandig-lehmige Rinne	Geschiebesand und Geschiebelehm	Sand/Tieflehm	Frischsickerwasser-, Periodengrundwasser und -stauwasser BFR
717	Stauwasserbestimmte (mit Grundwasser) humos-lehmig-sandige Rinne	Geschiebelehm und Geschiebesand	Tieflehm/Sand	Periodenstauwasser und -grundwasser (G 2d) S 2.12-16
718	Stauwasserbestimmte (mit Grundwasser) humos-lehmige Rinne	Geschiebelehm	Lehm/Tieflehm	Permanently Grundwasser und Periodenstauwasser (G 3c)
719	Grund- und stauwasserbestimmte humos-sandig-lehmige und torfige Rinne	Geschiebesand/-lehm und Durchströmungsmoor	Sand/Lehm/Torf	siehe oben (G 3a) G 1.18-11
720	Grundwasserbestimmte torfige und humos-sandig-lehmige Rinne	Durchströmungsmoor, Geschiebelehm/-sand	Torf/Sand/Lehm	Permanently Grundwasser-BFR (G 4a) G 0.18
721	Grundwasserbestimmte torfige Rinne	Durchströmungsmoor	Torf	siehe oben (G 5a) G 0.19

Anlage 2: Feldspektrometrisch ermittelte Daten der Kultur Wintergerste



11.05.2004

Feld 1



11.05.2004

Feld 2



26.05.2003

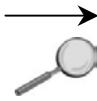


03.06.2004

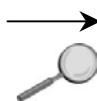
Gelb

03.06.2004

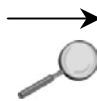
Gruen



02.07.2004



17.07.2004



12.10.2004

Saat 1

12.10.2004

Saat 2

Anlage 3: Eigenschaften-Datenbank für ArcEgmo zum Leitboden-Flächendatensatz auf Basis der BÜK300

Legendennummer nach BÜK300	Leitbodenform	Horizontnummer	Horizontschlüsselkennung	Horizontschlüsselkennung mit Zusatz	Bodenart	Untergrenze des Horizontes in mm	Sandgehalt in %	Schluffgehalt in %	Tongehalt in %	Grobbodenanteil in %	Kohlenstoff total	Humusgehalt	Humusklasse nach KA4	Lagerungsdichte	Klasse der Lagerungsdichte nach KA4	Trockenrohdichte	Kf-wert	Feldkapazität	nutzbare Feldkapazität	Luftkapazität
1	pBB-RQ:a-s	1	L+Of:	L+Of:()		-8	0	0	0	0	20,77	35,7244	h7	0	1	0		28,2	12,6	58,5
1	pBB-RQ:a-s	2	Oh:	Oh:()		-3					28,745	49,4414	h7		1			20	14,2	27
1	pBB-RQ:a-s	3	Aeh:a-s	Aeh:a-s(Sa)	Ss	10	92	4	4		1,45	2,494	h3	1,576	3	1,54		20,7	14,8	20,2
1	pBB-RQ:a-s	4	Ahe:a-s	Ahe:a-s(Sa)	Ss	15	94	2	4		1,31	2,2532	h3	1,576	3	1,54		20,7	14,8	20,2
1	pBB-RQ:a-s	5	Bsv-ilCv:a-s	Bsv-ilCv:a-s(Sa)	Ss	35	96	3	3		0,16	0,2752	h1	1,567	3	1,54		17,2	13,8	21,2
1	pBB-RQ:a-s	6	Bv-ilCv:a-s	Bv-ilCv:a-s(Sa)	Ss	50	97	2	1		0,16	0,2752	h1	1,549	2	1,54		20,6	15,7	24,9
1	pBB-RQ:a-s	7	ilCv:a-s	ilCv:a-s(Sa)	Ss	200	98	1	1		0,11	0,1892	h1	1,54	2	1,54		20,6	15,7	24,9
2	BB-PP:a-s	1	L+Of:	L+Of:()		-8	0	0	0	0	20,77	35,7244	h7	0	1	0		28,2	12,6	58,5
2	BB-PP:a-s	2	Oh:	Oh:()		-3					28,745	49,4414	h7		1			20	14,2	27
2	BB-PP:a-s	3	Aeh:a-s	Aeh:a-s(Sa)	Ss	10	92	4	4		1,45	2,494	h3	1,576	3	1,54		20,7	14,8	20,2
2	BB-PP:a-s	4	Bvs:a-s	Bvs:a-s(Sa)	Ss	25	93	2	5		0,6	1,032	h2	1,585	3	1,54		18,7	14,2	19,7
2	BB-PP:a-s	5	Bs:a-s	Bs:a-s(Sa)	Ss	35	98	2	0		0,43	0,7396	h1	1,54	2	1,54		20,6	15,7	24,9
2	BB-PP:a-s	6	Bs-ilCv:a-s	Bs-ilCv:a-s(Sa)	Ss	55	98	1	1		0,15	0,258	h1	1,549	2	1,54		20,6	15,7	24,9
2	BB-PP:a-s	7	ilCv:a-s	ilCv:a-s(Sa)	Ss	200	98	1	1		0,11	0,1892	h1	1,54	2	1,54		20,6	15,7	24,9
3	pRQ:a-s	1	L+Of:	L+Of:()		-8	0	0	0	0	20,77	35,7244	h7	0	1	0		28,2	12,6	58,5
3	pRQ:a-s	2	Oh:	Oh:()		-3					28,745	49,4414	h7		1			20	14,2	27
3	pRQ:a-s	3	Aeh:a-s	Aeh:a-s(Sa)	Ss	10	92	4	4		1,45	2,494	h3	1,576	3	1,54		20,7	14,8	20,2
3	pRQ:a-s	4	ilCv:a-s	ilCv:a-s(Sa)	Ss	200	98	1	1		0,11	0,1892	h1	1,54	2	1,54		20,6	15,7	24,9
4	PP-BB:a-s	1	L+Of:	L+Of:()		-8	0	0	0	0	20,77	35,7244	h7	0	1	0		28,2	12,6	58,5
4	PP-BB:a-s	2	Oh:	Oh:()		-3					28,745	49,4414	h7		1			20	14,2	27
4	PP-BB:a-s	3	Ahe:a-s	Ahe:a-s(Sa)	Ss	5	94	2	4		1,31	2,2532	h3	1,576	3	1,54		20,7	14,8	20,2
4	PP-BB:a-s	4	Bsv:a-s	Bsv:a-s(Sa)	Ss	10	96	2	2		0,375	0,645	h1	1,558	3	1,54		17,2	13,8	21,2
4	PP-BB:a-s	5	Bv:a-s	Bv:a-s(Sa)	Ss	35	96	3	3		0,16	0,2752	h1	1,567	3	1,54		17,2	13,8	21,2
4	PP-BB:a-s	6	Bv-ilCv:a-s	Bv-ilCv:a-s(Sa)	Ss	50	97	2	1		0,16	0,2752	h1	1,549	2	1,54		20,6	15,7	24,9
4	PP-BB:a-s	7	ilCv:a-s	ilCv:a-s(Sa)	Ss	0	98	1	1		0,11	0,1892	h1	1,54	2	1,54		20,6	15,7	24,9
5	pgRQ:a-s	1	L+Of:	L+Of:()		-8	0	0	0	0	20,77	35,7244	h7	0	1	0		28,2	12,6	58,5
5	pgRQ:a-s	2	Oh:	Oh:()		-3					28,745	49,4414	h7		1			20	14,2	27
5	pgRQ:a-s	3	Aeh:a-s	Aeh:a-s(Sa)	Ss	10	92	4	4		1,45	2,494	h3	1,576	3	1,54		20,7	14,8	20,2
5	pgRQ:a-s	4	ilCv:a-s	ilCv:a-s(Sa)	Ss	95	98	1	1		0,11	0,1892	h1	1,54	2	1,54		20,6	15,7	24,9
5	pgRQ:a-s	5	Go:a-s	Go:a-s(Sa)	Ss	145	98	1	1		0		h0	1,549	2	1,54		20,6	15,7	24,9
5	pgRQ:a-s	6	Gr:a-s	Gr:a-s(Sa)	Ss	200	98	1	1		0,09	0,1548	h1	1,549	2	1,54		20,6	15,7	24,9
6	PP-RQ:a-s	1	L+Of:	L+Of:()		-8	0	0	0	0	20,77	35,7244	h7	0	1	0		28,2	12,6	58,5
6	PP-RQ:a-s	2	Oh:	Oh:()		-3					28,745	49,4414	h7		1			20	14,2	27
6	PP-RQ:a-s	3	Ahe:a-s	Ahe:a-s(Sa)	Ss	5	94	2	4		1,31	2,2532	h3	1,576	3	1,54		20,7	14,8	20,2
6	PP-RQ:a-s	4	Bs-ilCv:a-s	Bs-ilCv:a-s(Sa)	Ss	15	98	1	1		0,15	0,258	h1	1,549	2	1,54		20,6	15,7	24,9
6	PP-RQ:a-s	5	ilCv:a-s	ilCv:a-s(Sa)	Ss	200	98	1	1		0,11	0,1892	h1	1,54	2	1,54		20,6	15,7	24,9
7	PP-RQ:a-s	1	L+Of:	L+Of:()		-8	0	0	0	0	20,77	35,7244	h7	0	1	0		28,2	12,6	58,5

17	BB-GG:p-ls(Sp)/f-s(Sf)	2	Bv-Go:p-ls	Bv-Go:p-ls(Sp)	SI2	55	80,5	13,5	6		0,21	0,3612	h1	1,684	3	1,63	21,8	17,2	16,9
17	BB-GG:p-ls(Sp)/f-s(Sf)	3	Go:fu-s	Go:fu-s(Sf)	Ss	95	94,5	3	2		0,09	0,1548	h1	1,648	3	1,63	17,2	13,8	21,2
17	BB-GG:p-ls(Sp)/f-s(Sf)	4	Gr:fu-s	Gr:fu-s(Sf)	Ss	200	97	2	1		0,09	0,1548	h1	1,639	3	1,63	17,2	13,8	21,2
18	BB-GG:p-s(Sp)/f-s(Sf)	1	Ap:p-s	Ap:p-s(Sp)	Ss	30	89	7	3		0,75	1,29	h2	1,447	2	1,42	22,1	16,2	23,4
18	BB-GG:p-s(Sp)/f-s(Sf)	2	Bv-Go:p-s	Bv-Go:p-s(Sp)	Ss	50	91	5	4	1	0,11	0,1892	h1	1,656	3	1,62	17,2	13,8	21,2
18	BB-GG:p-s(Sp)/f-s(Sf)	3	Go:fu-s	Go:fu-s(Sf)	Ss	90	94,5	3	2		0,09	0,1548	h1	1,648	3	1,63	17,2	13,8	21,2
18	BB-GG:p-s(Sp)/f-s(Sf)	4	Gr:fu-s	Gr:fu-s(Sf)	Ss	200	97	2	1		0,09	0,1548	h1	1,639	3	1,63	17,2	13,8	21,2
19	GGn:f-s(Sf)//p-l(Lg)	1	Ap:ff-s	Ap:ff-s(Sf)	Ss	30	89	8	4	0	1,87	3,2164	h3	1,666	3	1,63	20,7	14,8	20,2
19	GGn:f-s(Sf)//p-l(Lg)	2	Go:ff-s	Go:ff-s(Sf)	Ss	60	97	2	1	0	0,15	0,258	h1	1,639	3	1,63	17,2	13,8	21,2
19	GGn:f-s(Sf)//p-l(Lg)	3	Gor:ff-s	Gor:ff-s(Sf)	Ss	130	95	2	3	0	0,2	0,344	h1	1,6625	3	1,64	17,2	13,8	21,2
19	GGn:f-s(Sf)//p-l(Lg)	4	Gr:p-l	Gr:p-l(Lg)	SI4	200	48	35	17		0,245	0,4214	h1	1,9566	4	1,8	25,7	14,4	7,5
20	GGn:p-s(Sp)/f-s(Sf)	1	Ap:p-s	Ap:p-s(Sp)	Ss	30	89	7	3		0,75	1,29	h2	1,447	2	1,42	22,1	16,2	23,4
20	GGn:p-s(Sp)/f-s(Sf)	2	Go:p-s	Go:p-s(Sp)	Ss	65	91	6	3	1	0,45	0,774	h1	1,777	3	1,75	17,2	13,8	21,2
20	GGn:p-s(Sp)/f-s(Sf)	3	Gor:fu-s	Gor:fu-s(Sf)	Ss	105	98	1	1		0,09	0,1548	h1	1,639	3	1,63	17,2	13,8	21,2
20	GGn:p-s(Sp)/f-s(Sf)	4	Gr:fu-s	Gr:fu-s(Sf)	Ss	200	97	2	1		0,09	0,1548	h1	1,639	3	1,63	17,2	13,8	21,2
21	GGn:f-s(Sf)	1	Ap:ff-s	Ap:ff-s(Sf)	Ss	30	89	8	4	0	1,87	3,2164	h3	1,666	3	1,63	20,7	14,8	20,2
21	GGn:f-s(Sf)	2	Go:ff-s	Go:ff-s(Sf)	Ss	60	97	2	1	0	0,15	0,258	h1	1,639	3	1,63	17,2	13,8	21,2
21	GGn:f-s(Sf)	3	Gor:ff-s	Gor:ff-s(Sf)	Ss	100	95	2	3	0	0,2	0,344	h1	1,6625	3	1,64	17,2	13,8	21,2
21	GGn:f-s(Sf)	4	Gr:ff-s	Gr:ff-s(Sf)	Ss	200	96	3	2	0	0,27	0,4644	h1	1,648	3	1,63	17,2	13,8	21,2
22	GGh:f-s(Sf)	1	Ap:ff-s	Ap:ff-s(Sf)	Ss	30	89	8	4	0	1,87	3,2164	h3	1,666	3	1,63	20,7	14,8	20,2
22	GGh:f-s(Sf)	2	Ah-Go:ff-s	Ah-Go:ff-s(Sf)	Ss	45	91	6,5	2,5	0	0,82	1,4104	h2	1,6525	3	1,63	18,7	14,3	19,7
22	GGh:f-s(Sf)	3	Go:ff-s	Go:ff-s(Sf)	Ss	80	97	2	1	0	0,15	0,258	h1	1,639	3	1,63	17,2	13,8	21,2
22	GGh:f-s(Sf)	4	Gr:ff-s	Gr:ff-s(Sf)	Ss	200	96	3	2	0	0,27	0,4644	h1	1,648	3	1,63	17,2	13,8	21,2
23	GGc:f-es/f-s(Sf)	1	Acp:ff-es	Acp:ff-es(Sf)	Ss	30	86	10	4	1	2,965	5,0998	h4	1,666	3	1,63	24,7	16,8	20,2
23	GGc:f-es/f-s(Sf)	2	Gco:ff-es	Gco:ff-es(Sf)	Ss	50	86	10	4	1	0,5	0,86	h1	1,616	3	1,58	17,2	13,8	21,2
23	GGc:f-es/f-s(Sf)	3	Gro:ff-s	Gro:ff-s(Sf)	Ss	90	97	2	1	0	0,11	0,1892	h1	1,639	3	1,63	17,2	13,8	21,2
23	GGc:f-es/f-s(Sf)	4	Gr:ff-s	Gr:ff-s(Sf)	Ss	200	96	3	2	0	0,27	0,4644	h1	1,648	3	1,63	17,2	13,8	21,2
24	GGhc:f-es/f-Fmk/(Sf)	1	eAp:ff-es	eAp:ff-es(Sf)	Ss	30	87	9	4	1	1,74	2,9928	h3	1,6885	3	1,63	20,7	14,8	20,2
24	GGhc:f-es/f-Fmk/(Sf)	2	eAh-Go:ff-es	eAh-Go:ff-es(Sf)	Ss	45	87	9	4	1			h2	1,666	3	1,63	18,7	14,2	19,7
24	GGhc:f-es/f-Fmk/(Sf)	3	eGo:ff-es	eGo:ff-es(Sf)	Ss	70	87	9	4	1	0,5	0,86	h1	1,578	3	1,56	17,2	13,8	21,2
24	GGhc:f-es/f-Fmk/(Sf)	4	erFr-Go:fl-Fmk	erFr-Go:fl-Fmk(Fm)	Fmk	85	18	65	17	0	13,42	23,0824	h6	1,2975	1	1,14	63,9	59,4	5,3
24	GGhc:f-es/f-Fmk/(Sf)	5	eGr:ff-es	eGr:ff-es(Sf)	Ss	200	87	9	4	1	0,13	0,2236	h1	1,607	3	1,58	17,2	13,8	21,2
25	GGn:f-s(Sf)	1	Ap:ff-s	Ap:ff-s(Sf)	Ss	30	89	8	4	0	1,87	3,2164	h3	1,666	3	1,63	20,7	14,8	20,2
25	GGn:f-s(Sf)	2	Go:ff-s	Go:ff-s(Sf)	Ss	60	97	2	1	0	0,15	0,258	h1	1,639	3	1,63	17,2	13,8	21,2
25	GGn:f-s(Sf)	3	Gor:ff-s	Gor:ff-s(Sf)	Ss	100	95	2	3	0	0,2	0,344	h1	1,6625	3	1,64	17,2	13,8	21,2
25	GGn:f-s(Sf)	4	Gr:ff-s	Gr:ff-s(Sf)	Ss	200	96	3	2	0	0,27	0,4644	h1	1,648	3	1,63	17,2	13,8	21,2
26	GGh:f-s(Sf)	1	Ap:ff-s	Ap:ff-s(Sf)	Ss	30	89	8	4	0	1,87	3,2164	h3	1,666	3	1,63	20,7	14,8	20,2
26	GGh:f-s(Sf)	2	Ah-Go:ff-s	Ah-Go:ff-s(Sf)	Ss	45	91	6,5	2,5	0	0,82	1,4104	h2	1,6525	3	1,63	18,7	14,3	19,7
26	GGh:f-s(Sf)	3	Go:ff-s	Go:ff-s(Sf)	Ss	80	97	2	1	0	0,15	0,258	h1	1,639	3	1,63	17,2	13,8	21,2
26	GGh:f-s(Sf)	4	Gr:ff-s	Gr:ff-s(Sf)	Ss	200	96	3	2	0	0,27	0,4644	h1	1,648	3	1,63	17,2	13,8	21,2
27	GGh:f-s(Sf)	1	Ap:ff-s	Ap:ff-s(Sf)	Ss	30	89	8	4	0	1,87	3,2164	h3	1,666	3	1,63	20,7	14,8	20,2
27	GGh:f-s(Sf)	2	Ah-Go:ff-s	Ah-Go:ff-s(Sf)	Ss	45	91	6,5	2,5	0	0,82	1,4104	h2	1,6525	3	1,63	18,7	14,3	19,7
27	GGh:f-s(Sf)	3	Go:ff-s	Go:ff-s(Sf)	Ss	80	97	2	1	0	0,15	0,258	h1	1,639	3	1,63	17,2	13,8	21,2
27	GGh:f-s(Sf)	4	Gr:ff-s	Gr:ff-s(Sf)	Ss	200	96	3	2	0	0,27	0,4644	h1	1,648	3	1,63	17,2	13,8	21,2
28	GGn:f-s(Sf)	1	Ap:ff-s	Ap:ff-s(Sf)	Ss	30	89	8	4	0	1,87	3,2164	h3	1,666	3	1,63	20,7	14,8	20,2
28	GGn:f-s(Sf)	2	Go:ff-s	Go:ff-s(Sf)	Ss	60	97	2	1	0	0,15	0,258	h1	1,639	3	1,63	17,2	13,8	21,2
28	GGn:f-s(Sf)	3	Gor:ff-s	Gor:ff-s(Sf)	Ss	100	95	2	3	0	0,2	0,344	h1	1,6625	3	1,64	17,2	13,8	21,2
28	GGn:f-s(Sf)	4	Gr:ff-s	Gr:ff-s(Sf)	Ss	200	96	3	2	0	0,27	0,4644	h1	1,648	3	1,63	17,2	13,8	21,2
29	GMn:f-s(Sf)	1	Aap:ff-s	Aap:ff-s(Sf)	Ss	30	89	8	4	0	8,335	14,3362	h6	1,666	3	1,63	27,2	17,3	21,2
29	GMn:f-s(Sf)	2	Aa-Go:ff-s	Aa-Go:ff-s(Sf)	Ss	55	89	8	4	0	8,335	14,3362	h6	1,666	3	1,63	27,2	17,3	21,2
29	GMn:f-s(Sf)	3	Go:ff-s	Go:ff-s(Sf)	Ss	85	97	2	1	0	0,15	0,258	h1	1,639	3	1,63	17,2	13,8	21,2
29	GMn:f-s(Sf)	4	Gr:ff-s	Gr:ff-s(Sf)	Ss	200	96	3	2	0	0,27	0,4644	h1	1,648	3	1,63	17,2	13,8	21,2
30	BB-GG:p-ls(Sp)/f-t(b)	1	Ap:p-ls	Ap:p-ls(Sp)	SI2	25	73	21	6		0,69	1,1868	h2	1,714	3	1,66	23,3	17,7	15,4
30	BB-GG:p-ls(Sp)/f-t(b)	2	Bv-Go:p-ls	Bv-Go:p-ls(Sp)	SI2	50	80,5	13,5	6		0,21	0,3612	h1	1,684	3	1,63	21,8	17,2	16,9
30	BB-GG:p-ls(Sp)/f-t(b)	3	Go:fgl-t	Go:fgl-t(b)	Tu3	100	30	35	35		0,26	0,4472	h1	2,115	5	1,8	37,2	11,5	4,1
30	BB-GG:p-ls(Sp)/f-t(b)	4	Gr:fgl-t	Gr:fgl-t(b)	Tu3	200	30	35	35		0	0	h0	2,015	4	1,7	37,2	11,5	4,1
31	aGM:fo-s(Sf)	1	aAap:fo-s	aAap:fo-s(Sf)	Ss	25	90	6	4	0	13,3	22,876	h6	1,616	3	1,58	27,2	17,3	21,2
31	aGM:fo-s(Sf)	2	aAa-Go:fo-s	aAa-Go:fo-s(Sf)	Ss	45	90	6	4	0	3,25	5,59	h6	1,616	3	1,58	27,2	17,3	21,2

31	aGM:fo-s(Sf)	3	aGro:fo-s	aGro:fo-s(Sf)	Ss	85	94	3	3	0	0,09	0,1548	h1	1,607	3	1,58	17,2	13,8	21,2
31	aGM:fo-s(Sf)	4	aGr:fo-s	aGr:fo-s(Sf)	Ss	200	94	3	3	0	0,145	0,2494	h1	1,607	3	1,58	17,2	13,8	21,2
32	GG-AB:fo-ls(Sf)/fo-s(Sf)	1	aAp:fo-ls	aAp:fo-ls(Sf)	Sl2	35	80	12	8	0	0,9	1,548	h2	1,702	3	1,63	25,1	17,8	14,5
32	GG-AB:fo-ls(Sf)/fo-s(Sf)	2	aM:fo-ls	aM:fo-ls(Sf)	Sl2	50	82	10	7,5				h2	1,6475	3	1,58	25,1	17,8	14,5
32	GG-AB:fo-ls(Sf)/fo-s(Sf)	3	aGo-M:fo-s	aGo-M:fo-s(Sf)	Ss	70	90	6	4	0	1,24	2,1328	h3	1,616	3	1,58	20,7	14,8	20,2
32	GG-AB:fo-ls(Sf)/fo-s(Sf)	4	aGo:fo-s	aGo:fo-s(Sf)	Ss	95	97	2	2	0	0,1	0,172	h1	1,598	3	1,58	17,2	13,8	21,2
32	GG-AB:fo-ls(Sf)/fo-s(Sf)	5	aGr:fo-s	aGr:fo-s(Sf)	Ss	200	94	3	3	0	0,145	0,2494	h1	1,607	3	1,58	17,2	13,8	21,2
33	AB-GG:fo-ls(Sf)/fo-s(Sf)	1	aAp:fo-ls	aAp:fo-ls(Sf)	Sl2	30	80	12	8	0	0,9	1,548	h2	1,702	3	1,63	25,1	17,8	14,5
33	AB-GG:fo-ls(Sf)/fo-s(Sf)	2	aM-Go:fo-ls	aM-Go:fo-ls(Sf)	Sl2	50	87	6	7	0	1,24	2,1328	h3	1,693	3	1,63	27,1	18,3	15
33	AB-GG:fo-ls(Sf)/fo-s(Sf)	3	aGo:fo-s	aGo:fo-s(Sf)	Ss	75	97	2	2	0	0,1	0,172	h1	1,598	3	1,58	17,2	13,8	21,2
33	AB-GG:fo-ls(Sf)/fo-s(Sf)	4	aGr:fo-s	aGr:fo-s(Sf)	Ss	200	94	3	3	0	0,145	0,2494	h1	1,607	3	1,58	17,2	13,8	21,2
34	aGGh:fo-l(Lf)/fo-s(Sf)	1	aAp:fo-l	aAp:fo-l(Lf)	Ls3	25	70	16	14		1,29	2,2188	h3	1,926	4	1,8	33,2	15	7,3
34	aGGh:fo-l(Lf)/fo-s(Sf)	2	aAh-Go:fo-l	aAh-Go:fo-l(Lf)	Ls3	45	70	16	14		0,71	1,2212	h2	1,926	4	1,8	31,8	14	6,3
34	aGGh:fo-l(Lf)/fo-s(Sf)	3	aGro:fo-s	aGro:fo-s(Sf)	Ss	85	94	3	3	0	0,09	0,1548	h1	1,607	3	1,58	17,2	13,8	21,2
34	aGGh:fo-l(Lf)/fo-s(Sf)	4	aGr:fo-s	aGr:fo-s(Sf)	Ss	200	94	3	3	0	0,145	0,2494	h1	1,607	3	1,58	17,2	13,8	21,2
35	sAB-GG:fo-l(Lf)/fo-s(Sf)	1	aAp:fo-l	aAp:fo-l(Lf)	Ls3	25	70	16	14		1,29	2,2188	h3	1,926	4	1,8	33,2	15	7,3
35	sAB-GG:fo-l(Lf)/fo-s(Sf)	2	aM-Go:fo-l	aM-Go:fo-l(Lf)	Ls3	50	70	16	14		0,745	1,2814	h2	1,7015	3	1,58	36	16,2	9,9
35	sAB-GG:fo-l(Lf)/fo-s(Sf)	3	aSwd-Go:fo-l	aSwd-Go:fo-l(Lf)	Ls2	65	70	16	14		0,23	0,3956	h1	1,926	4	1,8	30,9	14,1	5,5
35	sAB-GG:fo-l(Lf)/fo-s(Sf)	4	aGro:fo-ls	aGro:fo-ls(Sf)	Su2	85	74	19	7	0	1,855	3,1906	h3	1,8585	4	1,63	24,3	15,8	11
35	sAB-GG:fo-l(Lf)/fo-s(Sf)	5	aGr:fo-ls	aGr:fo-ls(Sf)	Su2	200	74	20	6	1	0,29	0,4988	h1	1,643	3	1,58	23,6	17,3	16
36	AB-SS-GG:fo-t(Lf)/fo-ls(Sf)	1	aAp:fo-t	aAp:fo-t(Lf)	Tu3	25	7	46	47		3,27	5,6244	h4	2,023	4	1,6	47,8	17	8,6
36	AB-SS-GG:fo-t(Lf)/fo-ls(Sf)	2	aM-Sd-Go:fo-t	aM-Sd-Go:fo-t(Lf)	Tu3	50	7	46	47		2,125	3,655	h3	1,983	4	1,56	42,2	14	5,6
36	AB-SS-GG:fo-t(Lf)/fo-ls(Sf)	3	aGro:fo-ls	aGro:fo-ls(Sf)	Sl2	75	74	19	7	0	1,855	3,1906	h3	1,8585	4	1,63	24,3	15,8	11
36	AB-SS-GG:fo-t(Lf)/fo-ls(Sf)	4	aGr:fo-ls	aGr:fo-ls(Sf)	Sl2	200	74	20	6	1	0,29	0,4988	h1	1,643	3	1,58	23,6	17,3	16
37	AB-GG-SS:fo-t(Lf)/fo-ls(Sf)	1	aAp:fo-t	aAp:fo-t(Lf)	Tu3	25	7	46	47		3,27	5,6244	h4	2,023	4	1,6	47,8	17	8,6
37	AB-GG-SS:fo-t(Lf)/fo-ls(Sf)	2	aM-Sw:fo-t	aM-Sw:fo-t(Lf)	Tu3	35	7	46	47		2,125	3,655	h3	1,983	4	1,56	42,2	14	5,6
37	AB-GG-SS:fo-t(Lf)/fo-ls(Sf)	3	aGo-Sd:fo-t	aGo-Sd:fo-t(Lf)	Tu3	65	7	46	47		3,18	5,4696	h4	2,023	4	1,6	47,8	17	8,6
37	AB-GG-SS:fo-t(Lf)/fo-ls(Sf)	4	aGor:fo-t	aGor:fo-t(Lf)	Tu3	105	7	46	47		0,57	0,9804	h1	1,9875	4	1,56	37,2	11,5	4,1
37	AB-GG-SS:fo-t(Lf)/fo-ls(Sf)	5	aGr:fo-ls	aGr:fo-ls(Sf)	Sl2	200	74	20	6	1	0,29	0,4988	h1	1,643	3	1,58	23,6	17,3	16
38	pBB:p-s(Sp)/f-s(Sgf)	1	L+Of:	L+Of:()		-6	0	0	0	0	20,77	35,7244	h7	0	1	0	28,2	12,6	58,5
38	pBB:p-s(Sp)/f-s(Sgf)	2	Oh:	Oh:()		-3					28,745	49,4414	h7		1		20	14,2	27
38	pBB:p-s(Sp)/f-s(Sgf)	3	Aeh:p-s	Aeh:p-s(Sp)	Ss	5	90	6	4		1,985	3,4142	h3	1,656	3	1,62	20,7	14,8	20,2
38	pBB:p-s(Sp)/f-s(Sgf)	4	rAp:p-s	rAp:p-s(Sp)	Ss	25	90	4	4	1	0,46	0,7912	h1	1,525	2	1,48	20,6	15,7	24,9
38	pBB:p-s(Sp)/f-s(Sgf)	5	Bv:p-s	Bv:p-s(Sp)	Ss	50	91,5	6	3	1	0,21	0,3612	h1	1,557	3	1,53	17,2	13,8	21,2
38	pBB:p-s(Sp)/f-s(Sgf)	6	Bv-ilCv:p-s	Bv-ilCv:p-s(Sp)	Ss	70	97	2	1	1	0,09	0,1548	h1	1,579	3	1,57	17,2	13,8	21,2
38	pBB:p-s(Sp)/f-s(Sgf)	7	ilCv:p-s	ilCv:p-s(Sgf)	Ss	115	96	3	1	1	0,09	0,1548	h1	1,629	3	1,62	17,2	13,8	21,2
38	pBB:p-s(Sp)/f-s(Sgf)	8	ilCv:fg-s	ilCv:fg-s(Sgf)	Ss	200	97	2	1	1	0,09	0,1548	h1	1,509	2	1,5	20,6	15,7	24,9
39	plBB:p-ls(Sp)/f-s(Sgf)	1	L:	L:()		-7	0	0	0	0	20,77	35,7244	h7	0	1	0	28,2	12,6	58,5
39	plBB:p-ls(Sp)/f-s(Sgf)	2	Of:	Of:()		-3	0	0	0	0	33,265	57,2158	h7	1,3	1	1,3	28,2	12,6	58,5
39	plBB:p-ls(Sp)/f-s(Sgf)	3	Oh:	Oh:()		0					28,745	49,4414	h7		1		20	14,2	27
39	plBB:p-ls(Sp)/f-s(Sgf)	4	Aeh:p-ls	Aeh:p-ls(Sp)	Sl2	5	85,5	8,5	6		1,985	3,4142	h3	1,684	3	1,63	25,3	18,2	15,9
39	plBB:p-ls(Sp)/f-s(Sgf)	5	rAp:p-ls	rAp:p-ls(Sp)	Sl2	25	82	11	7,5		0,68	1,1696	h2	1,6775	3	1,61	25,1	17,8	14,5
39	plBB:p-ls(Sp)/f-s(Sgf)	6	Bv:p-ls	Bv:p-ls(Sp)	Su2	50	75	20	5		0,23	0,3956	h1	1,675	3	1,63	21,8	17,2	16,9
39	plBB:p-ls(Sp)/f-s(Sgf)	7	Bbt-ilCv:p-s	Bbt-ilCv:p-s(Sgf)	Ss	75	92	4	4	1	0,09	0,1548	h1	1,584	3	1,575	17,2	13,8	21,2
39	plBB:p-ls(Sp)/f-s(Sgf)	8	ilCv:fg-s	ilCv:fg-s(Sgf)	Ss	200	97	2	1	1	0,09	0,1548	h1	1,509	2	1,5	20,6	15,7	24,9
40	BBn:p-ls(Sp)/f-s(Sgf)	1	Ap:p-ls	Ap:p-ls(Sp)	Sl2	25	73	21	6		0,69	1,1868	h2	1,714	3	1,66	23,3	17,7	15,4
40	BBn:p-ls(Sp)/f-s(Sgf)	2	Bv:p-ls	Bv:p-ls(Sp)	Su2	50	75	20	5		0,23	0,3956	h1	1,675	3	1,63	21,8	17,2	16,9
40	BBn:p-ls(Sp)/f-s(Sgf)	3	Bv-ilCv:p-s	Bv-ilCv:p-s(Sgf)	Ss	75	97	2	1	1	0,09	0,1548	h1	1,579	3	1,57	17,2	13,8	21,2
40	BBn:p-ls(Sp)/f-s(Sgf)	4	ilCv:p-s	ilCv:p-s(Sgf)	Ss	115	96	3	1	1	0,09	0,1548	h1	1,629	3	1,62	17,2	13,8	21,2
40	BBn:p-ls(Sp)/f-s(Sgf)	5	ilCv:fg-s	ilCv:fg-s(Sgf)	Ss	200	97	2	1	1	0,09	0,1548	h1	1,509	2	1,5	20,6	15,7	24,9
41	BBn:p-s(Sp)/f-s(Sgf)	1	Ap:p-s	Ap:p-s(Sp)	Ss	30	89	7	3		0,75	1,29	h2	1,447	2	1,42	22,1	16,2	23,4
41	BBn:p-s(Sp)/f-s(Sgf)	2	Bv:p-s	Bv:p-s(Sp)	Ss	50	91,5	6	3	1	0,21	0,3612	h1	1,557	3	1,53	17,2	13,8	21,2
41	BBn:p-s(Sp)/f-s(Sgf)	3	Bv-ilCv:p-s	Bv-ilCv:p-s(Sgf)	Ss	75	97	2	1	1	0,09	0,1548	h1	1,579	3	1,57	17,2	13,8	21,2
41	BBn:p-s(Sp)/f-s(Sgf)	4	ilCv:fg-s	ilCv:fg-s(Sgf)	Ss	200	97	2	1	1	0,09	0,1548	h1	1,509	2	1,5	20,6	15,7	24,9
42	pBB:p-s(Sp)/f-s(Sgf)	1	L+Of:	L+Of:()		-6	0	0	0	0	20,77	35,7244	h7	0	1	0	28,2	12,6	58,5
42	pBB:p-s(Sp)/f-s(Sgf)	2	Oh:	Oh:()		-3					28,745	49,4414	h7		1		20	14,2	27
42	pBB:p-s(Sp)/f-s(Sgf)	3	Aeh:p-s	Aeh:p-s(Sp)	Ss	5	90	6	4		1,985	3,4142	h3	1,656	3	1,62	20,7	14,8	20,2
42	pBB:p-s(Sp)/f-s(Sgf)	4	rAp:p-s	rAp:p-s(Sp)	Ss	25	90	4	4	1	0,46	0,7912	h1	1,525	2	1,48	20,6	15,7	24,9

42	pBB:p-s(Sp)/f-s(Sgf)	5	Bv:p-s	Bv:p-s(Sp)	Ss	50	91,5	6	3	1	0,21	0,3612	h1	1,557	3	1,53	17,2	13,8	21,2
42	pBB:p-s(Sp)/f-s(Sgf)	6	Bv-ilCv:p-s	Bv-ilCv:p-s(Sp)	Ss	70	97	2	1	1	0,09	0,1548	h1	1,579	3	1,57	17,2	13,8	21,2
42	pBB:p-s(Sp)/f-s(Sgf)	7	ilCv:p-s	ilCv:p-s(Sgf)	Ss	115	96	3	1	1	0,09	0,1548	h1	1,629	3	1,62	17,2	13,8	21,2
42	pBB:p-s(Sp)/f-s(Sgf)	8	ilCv:fg-s	ilCv:fg-s(Sgf)	Ss	200	97	2	1	1	0,09	0,1548	h1	1,509	2	1,5	20,6	15,7	24,9
43	PP-BB:p-s(Sp)/f-s(Sgf)	1	L+Of:	L+Of:()		-7	0	0	0	0	20,77	35,7244	h7	0	1	0	28,2	12,6	58,5
43	PP-BB:p-s(Sp)/f-s(Sgf)	2	Oh:	Oh:()		-2					28,745	49,4414	h7		1		20	14,2	27
43	PP-BB:p-s(Sp)/f-s(Sgf)	3	Aeh:p-s	Aeh:p-s(Sp)	Ss	5	90	6	4		1,985	3,4142	h3	1,656	3	1,62	20,7	14,8	20,2
43	PP-BB:p-s(Sp)/f-s(Sgf)	4	Bhs:p-s	Bhs:p-s(Sp)	Ss	11	94	2	3	1	0,67	1,1524	h2	1,657	3	1,63	18,7	14,3	19,7
43	PP-BB:p-s(Sp)/f-s(Sgf)	5	Bsv:p-s	Bsv:p-s(Sp)	Ss	30	93	3,5	3	1	0,48	0,8256	h1	1,577	3	1,55	17,2	13,8	21,2
43	PP-BB:p-s(Sp)/f-s(Sgf)	6	Bv:p-s	Bv:p-s(Sp)	Ss	55	91,5	6	3	1	0,21	0,3612	h1	1,557	3	1,53	17,2	13,8	21,2
43	PP-BB:p-s(Sp)/f-s(Sgf)	7	ilCv:p-s	ilCv:p-s(Sgf)	Ss	100	96	3	1	1	0,09	0,1548	h1	1,629	3	1,62	17,2	13,8	21,2
43	PP-BB:p-s(Sp)/f-s(Sgf)	8	ilCv:fg-s	ilCv:fg-s(Sgf)	Ss	200	97	2	1	1	0,09	0,1548	h1	1,509	2	1,5	20,6	15,7	24,9
44	pBB:p-s(Sp)/f-s(Sgf)	1	L+Of:	L+Of:()		-6	0	0	0	0	20,77	35,7244	h7	0	1	0	28,2	12,6	58,5
44	pBB:p-s(Sp)/f-s(Sgf)	2	Oh:	Oh:()		-3					28,745	49,4414	h7		1		20	14,2	27
44	pBB:p-s(Sp)/f-s(Sgf)	3	Aeh:p-s	Aeh:p-s(Sp)	Ss	5	90	6	4		1,985	3,4142	h3	1,656	3	1,62	20,7	14,8	20,2
44	pBB:p-s(Sp)/f-s(Sgf)	4	rAp:p-s	rAp:p-s(Sp)	Ss	25	90	4	4	1	0,46	0,7912	h1	1,525	2	1,48	20,6	15,7	24,9
44	pBB:p-s(Sp)/f-s(Sgf)	5	Bv:p-s	Bv:p-s(Sp)	Ss	50	91,5	6	3	1	0,21	0,3612	h1	1,557	3	1,53	17,2	13,8	21,2
44	pBB:p-s(Sp)/f-s(Sgf)	6	Bv-ilCv:p-s	Bv-ilCv:p-s(Sp)	Ss	70	97	2	1	1	0,09	0,1548	h1	1,579	3	1,57	17,2	13,8	21,2
44	pBB:p-s(Sp)/f-s(Sgf)	7	ilCv:p-s	ilCv:p-s(Sgf)	Ss	115	96	3	1	1	0,09	0,1548	h1	1,629	3	1,62	17,2	13,8	21,2
44	pBB:p-s(Sp)/f-s(Sgf)	8	ilCv:fg-s	ilCv:fg-s(Sgf)	Ss	200	97	2	1	1	0,09	0,1548	h1	1,509	2	1,5	20,6	15,7	24,9
45	gBB:p-s(Sp)/f-s(Sgf)	1	Ap:p-s	Ap:p-s(Sp)	Ss	30	89	7	3		0,75	1,29	h2	1,447	2	1,42	22,1	16,2	23,4
45	gBB:p-s(Sp)/f-s(Sgf)	2	Bv:p-s	Bv:p-s(Sp)	Ss	55	91,5	6	3	1	0,21	0,3612	h1	1,557	3	1,53	17,2	13,8	21,2
45	gBB:p-s(Sp)/f-s(Sgf)	3	Bv-ilCv:p-s	Bv-ilCv:p-s(Sp)	Ss	70	97	2	1	1	0,09	0,1548	h1	1,579	3	1,57	17,2	13,8	21,2
45	gBB:p-s(Sp)/f-s(Sgf)	4	ilCv:fg-s	ilCv:fg-s(Sgf)	Ss	110	97	2	1	1	0,09	0,1548	h1	1,509	2	1,5	20,6	15,7	24,9
45	gBB:p-s(Sp)/f-s(Sgf)	5	Go:fg-s	Go:fg-s(Sgf)	Ss	150	95	2	3	1	0,09	0,1548	h1	1,7225	3	1,7	17,2	13,8	21,2
45	gBB:p-s(Sp)/f-s(Sgf)	6	Gr:fg-s	Gr:fg-s(Sgf)	Ss	200	91	7	2	1	0,09	0,1548	h1	1,668	3	1,65	17,2	13,8	21,2
46	BB-GG:p-s(Sp)/f-s(Sgf)	1	Ap:p-s	Ap:p-s(Sp)	Ss	30	89	7	3		0,75	1,29	h2	1,447	2	1,42	22,1	16,2	23,4
46	BB-GG:p-s(Sp)/f-s(Sgf)	2	Bv-Go:p-s	Bv-Go:p-s(Sp)	Ss	50	91	5	4	1	0,11	0,1892	h1	1,656	3	1,62	17,2	13,8	21,2
46	BB-GG:p-s(Sp)/f-s(Sgf)	3	Go:p-s	Go:p-s(Sgf)	Ss	90	91	6	3	1	0,45	0,774	h1	1,777	3	1,75	17,2	13,8	21,2
46	BB-GG:p-s(Sp)/f-s(Sgf)	4	Gr:p-s	Gr:p-s(Sgf)	Ss	200	90	8	2	1	0,13	0,2236	h1	1,653	3	1,635	17,2	13,8	21,2
47	GGn:p-s(Sp)/f-s(Sgf)	1	Ap:p-s	Ap:p-s(Sp)	Ss	30	89	7	3		0,75	1,29	h2	1,447	2	1,42	22,1	16,2	23,4
47	GGn:p-s(Sp)/f-s(Sgf)	2	Go:p-s	Go:p-s(Sp)	Ss	65	91	6	3	1	0,45	0,774	h1	1,777	3	1,75	17,2	13,8	21,2
47	GGn:p-s(Sp)/f-s(Sgf)	3	Go:fg-s	Go:fg-s(Sgf)	Ss	110	95	2	3	1	0,09	0,1548	h1	1,7225	3	1,7	17,2	13,8	21,2
47	GGn:p-s(Sp)/f-s(Sgf)	4	Gr:fg-s	Gr:fg-s(Sgf)	Ss	200	91	7	2	1	0,09	0,1548	h1	1,668	3	1,65	17,2	13,8	21,2
48	BBn:p-s(Sp)/f-s(Sgf)	1	Ap:p-s	Ap:p-s(Sp)	Ss	30	89	7	3		0,75	1,29	h2	1,447	2	1,42	22,1	16,2	23,4
48	BBn:p-s(Sp)/f-s(Sgf)	2	Bv:p-s	Bv:p-s(Sp)	Ss	50	91,5	6	3	1	0,21	0,3612	h1	1,557	3	1,53	17,2	13,8	21,2
48	BBn:p-s(Sp)/f-s(Sgf)	3	Bv-ilCv:p-s	Bv-ilCv:p-s(Sgf)	Ss	75	97	2	1	1	0,09	0,1548	h1	1,579	3	1,57	17,2	13,8	21,2
48	BBn:p-s(Sp)/f-s(Sgf)	4	ilCv:fg-s	ilCv:fg-s(Sgf)	Ss	200	97	2	1	1	0,09	0,1548	h1	1,509	2	1,5	20,6	15,7	24,9
49	IBB:p-s(Sp)/pas-ls(Sgf)	1	Ap:p-s	Ap:p-s(Sp)	Ss	30	89	7	3		0,75	1,29	h2	1,447	2	1,42	22,1	16,2	23,4
49	IBB:p-s(Sp)/pas-ls(Sgf)	2	Bv:p-s	Bv:p-s(Sp)	Ss	55	91,5	6	3	1	0,21	0,3612	h1	1,557	3	1,53	17,2	13,8	21,2
49	IBB:p-s(Sp)/pas-ls(Sgf)	3	Bbt-ilCv:pas-ls	Bbt-ilCv:pas-ls(Sgf)	Su2	110	92	3	5		0,09	0,1548	h1	1,675	3	1,63	21,8	17,2	16,9
49	IBB:p-s(Sp)/pas-ls(Sgf)	4	ilCv:pas-ls	ilCv:pas-ls(Sgf)	Su2	200	82	14	4		0,09	0,1548	h1	1,666	3	1,63	21,8	17,2	16,9
50	pBB:p-s(Sp)/pas-ls(Sgf)	1	L+Of:	L+Of:()		-6	0	0	0	0	20,77	35,7244	h7	0	1	0	28,2	12,6	58,5
50	pBB:p-s(Sp)/pas-ls(Sgf)	2	Oh:	Oh:()		-3					28,745	49,4414	h7		1		20	14,2	27
50	pBB:p-s(Sp)/pas-ls(Sgf)	3	Aeh:p-s	Aeh:p-s(Sp)	Ss	5	90	6	4		1,985	3,4142	h3	1,656	3	1,62	20,7	14,8	20,2
50	pBB:p-s(Sp)/pas-ls(Sgf)	4	Bv:p-s	Bv:p-s(Sp)	Ss	30	91,5	6	3	1	0,21	0,3612	h1	1,557	3	1,53	17,2	13,8	21,2
50	pBB:p-s(Sp)/pas-ls(Sgf)	5	Bv-ilCv:p-s	Bv-ilCv:p-s(Sp)	Ss	55	97	2	1	1	0,09	0,1548	h1	1,579	3	1,57	17,2	13,8	21,2
50	pBB:p-s(Sp)/pas-ls(Sgf)	6	ilCv:pas-ls	ilCv:pas-ls(Sgf)	Su2	200	82	14	4		0,09	0,1548	h1	1,666	3	1,63	21,8	17,2	16,9
51	GG-BB:p-s(Sp)/pas-ls(Sgf)	1	Ap:p-s	Ap:p-s(Sp)	Ss	30	89	7	3		0,75	1,29	h2	1,447	2	1,42	22,1	16,2	23,4
51	GG-BB:p-s(Sp)/pas-ls(Sgf)	2	Bv:p-s	Bv:p-s(Sp)	Ss	55	91,5	6	3	1	0,21	0,3612	h1	1,557	3	1,53	17,2	13,8	21,2
51	GG-BB:p-s(Sp)/pas-ls(Sgf)	3	Bv-ilCv:pas-ls	Bv-ilCv:pas-ls(Sgf)	Su2	75	82	14	4		0,075	0,129	h1	1,666	3	1,63	21,8	17,2	16,9
51	GG-BB:p-s(Sp)/pas-ls(Sgf)	4	Go:pas-ls	Go:pas-ls(Sgf)	Su2	105	75	22	3		0,45	0,774	h1	1,657	3	1,63	21,8	17,2	16,9
51	GG-BB:p-s(Sp)/pas-ls(Sgf)	5	Gr:pas-ls	Gr:pas-ls(Sgf)	Su2	200	84	12	4	1	0,225	0,387	h1	1,666	3	1,63	21,8	17,2	16,9
52	BBn:p-s(Sp)/f-s(Sgf)	1	Ap:p-s	Ap:p-s(Sp)	Ss	30	89	7	3		0,75	1,29	h2	1,447	2	1,42	22,1	16,2	23,4
52	BBn:p-s(Sp)/f-s(Sgf)	2	Bv:p-s	Bv:p-s(Sp)	Ss	50	91,5	6	3	1	0,21	0,3612	h1	1,557	3	1,53	17,2	13,8	21,2
52	BBn:p-s(Sp)/f-s(Sgf)	3	Bv-ilCv:p-s	Bv-ilCv:p-s(Sgf)	Ss	75	97	2	1	1	0,09	0,1548	h1	1,579	3	1,57	17,2	13,8	21,2
52	BBn:p-s(Sp)/f-s(Sgf)	4	ilCv:fg-s	ilCv:fg-s(Sgf)	Ss	200	97	2	1	1	0,09	0,1548	h1	1,509	2	1,5	20,6	15,7	24,9
53	BBn:p-ls(Sp)/f-s(Sgf)	1	Ap:p-ls	Ap:p-ls(Sp)	Sl2	25	73	21	6		0,69	1,1868	h2	1,714	3	1,66	23,3	17,7	15,4

53	BBn:p-ls(Sp)/f-s(Sgf)	2	Bv:p-ls	Bv:p-ls(Sp)	Su2	50	75	20	5			0,23	0,3956	h1	1,675	3	1,63	21,8	17,2	16,9
53	BBn:p-ls(Sp)/f-s(Sgf)	3	Bv-ilCv:p-s	Bv-ilCv:p-s(Sgf)	Ss	75	97	2	1	1		0,09	0,1548	h1	1,579	3	1,57	17,2	13,8	21,2
53	BBn:p-ls(Sp)/f-s(Sgf)	4	ilCv:p-s	ilCv:p-s(Sgf)	Ss	115	96	3	1	1		0,09	0,1548	h1	1,629	3	1,62	17,2	13,8	21,2
53	BBn:p-ls(Sp)/f-s(Sgf)	5	ilCv:fg-s	ilCv:fg-s(Sgf)	Ss	200	97	2	1	1		0,09	0,1548	h1	1,509	2	1,5	20,6	15,7	24,9
54	BBn:p-s(Sp)/f-s(Sgf)	1	Ap:p-s	Ap:p-s(Sp)	Ss	30	89	7	3			0,75	1,29	h2	1,447	2	1,42	22,1	16,2	23,4
54	BBn:p-s(Sp)/f-s(Sgf)	2	Bv:p-s	Bv:p-s(Sp)	Ss	50	91,5	6	3	1		0,21	0,3612	h1	1,557	3	1,53	17,2	13,8	21,2
54	BBn:p-s(Sp)/f-s(Sgf)	3	Bv-ilCv:p-s	Bv-ilCv:p-s(Sgf)	Ss	75	97	2	1	1		0,09	0,1548	h1	1,579	3	1,57	17,2	13,8	21,2
54	BBn:p-s(Sp)/f-s(Sgf)	4	ilCv:fg-s	ilCv:fg-s(Sgf)	Ss	200	97	2	1	1		0,09	0,1548	h1	1,509	2	1,5	20,6	15,7	24,9
55	IBB:p-ls(Sp)/f-s(Sgf)	1	Ap:p-ls	Ap:p-ls(Sp)	Sl2	25	73	21	6			0,69	1,1868	h2	1,714	3	1,66	23,3	17,7	15,4
55	IBB:p-ls(Sp)/f-s(Sgf)	2	Bv:p-ls	Bv:p-ls(Sp)	Su2	50	75	20	5			0,23	0,3956	h1	1,675	3	1,63	21,8	17,2	16,9
55	IBB:p-ls(Sp)/f-s(Sgf)	3	Bbt-ilCv:p-ls	Bbt-ilCv:p-ls(Sp)	Su2	70	75	20	5			0,09	0,1548	h1	1,675	3	1,63	21,8	17,2	16,9
55	IBB:p-ls(Sp)/f-s(Sgf)	4	ilCv:p-s	ilCv:p-s(Sgf)	Ss	115	96	3	1	1		0,09	0,1548	h1	1,629	3	1,62	17,2	13,8	21,2
55	IBB:p-ls(Sp)/f-s(Sgf)	5	ilCv:fg-s	ilCv:fg-s(Sgf)	Ss	200	97	2	1	1		0,09	0,1548	h1	1,509	2	1,5	20,6	15,7	24,9
56	pBB:p-s(Sp)/f-s(Sgf)	1	L+Of:	L+Of:()		-6	0	0	0	0		20,77	35,7244	h7	0	1	0	28,2	12,6	58,5
56	pBB:p-s(Sp)/f-s(Sgf)	2	Oh:	Oh:()		-3						28,745	49,4414	h7		1		20	14,2	27
56	pBB:p-s(Sp)/f-s(Sgf)	3	Aeh:p-s	Aeh:p-s(Sp)	Ss	5	90	6	4			1,985	3,4142	h3	1,656	3	1,62	20,7	14,8	20,2
56	pBB:p-s(Sp)/f-s(Sgf)	4	rAp:p-s	rAp:p-s(Sp)	Ss	25	90	4	4	1		0,46	0,7912	h1	1,525	2	1,48	20,6	15,7	24,9
56	pBB:p-s(Sp)/f-s(Sgf)	5	Bv:p-s	Bv:p-s(Sp)	Ss	50	91,5	6	3	1		0,21	0,3612	h1	1,557	3	1,53	17,2	13,8	21,2
56	pBB:p-s(Sp)/f-s(Sgf)	6	Bv-ilCv:p-s	Bv-ilCv:p-s(Sp)	Ss	70	97	2	1	1		0,09	0,1548	h1	1,579	3	1,57	17,2	13,8	21,2
56	pBB:p-s(Sp)/f-s(Sgf)	7	ilCv:p-s	ilCv:p-s(Sgf)	Ss	115	96	3	1	1		0,09	0,1548	h1	1,629	3	1,62	17,2	13,8	21,2
56	pBB:p-s(Sp)/f-s(Sgf)	8	ilCv:fg-s	ilCv:fg-s(Sgf)	Ss	200	97	2	1	1		0,09	0,1548	h1	1,509	2	1,5	20,6	15,7	24,9
57	GG-BB:p-ls(Sp)/f-s(Sgf)	1	Ap:p-ls	Ap:p-ls(Sp)	Sl2	25	73	21	6			0,69	1,1868	h2	1,714	3	1,66	23,3	17,7	15,4
57	GG-BB:p-ls(Sp)/f-s(Sgf)	2	Bv:p-ls	Bv:p-ls(Sp)	Su2	50	75	20	5			0,23	0,3956	h1	1,675	3	1,63	21,8	17,2	16,9
57	GG-BB:p-ls(Sp)/f-s(Sgf)	3	Bv-ilCv:p-ls	Bv-ilCv:p-ls(Sp)	Su2	75	81	16	3			0,11	0,1892	h1	1,657	3	1,63	21,8	17,2	16,9
57	GG-BB:p-ls(Sp)/f-s(Sgf)	4	Go:fg-s	Go:fg-s(Sgf)	Ss	105	95	2	3	1		0,09	0,1548	h1	1,7225	3	1,7	17,2	13,8	21,2
57	GG-BB:p-ls(Sp)/f-s(Sgf)	5	Gr:fg-s	Gr:fg-s(Sgf)	Ss	200	91	7	2	1		0,09	0,1548	h1	1,668	3	1,65	17,2	13,8	21,2
58	gBB:p-s(Sp)/f-s(Sgf)	1	Ap:p-s	Ap:p-s(Sp)	Ss	30	89	7	3			0,75	1,29	h2	1,447	2	1,42	22,1	16,2	23,4
58	gBB:p-s(Sp)/f-s(Sgf)	2	Bv:p-s	Bv:p-s(Sp)	Ss	55	91,5	6	3	1		0,21	0,3612	h1	1,557	3	1,53	17,2	13,8	21,2
58	gBB:p-s(Sp)/f-s(Sgf)	3	Bv-ilCv:p-s	Bv-ilCv:p-s(Sp)	Ss	70	97	2	1	1		0,09	0,1548	h1	1,579	3	1,57	17,2	13,8	21,2
58	gBB:p-s(Sp)/f-s(Sgf)	4	ilCv:fg-s	ilCv:fg-s(Sgf)	Ss	110	97	2	1	1		0,09	0,1548	h1	1,509	2	1,5	20,6	15,7	24,9
58	gBB:p-s(Sp)/f-s(Sgf)	5	Go:fg-s	Go:fg-s(Sgf)	Ss	150	95	2	3	1		0,09	0,1548	h1	1,7225	3	1,7	17,2	13,8	21,2
58	gBB:p-s(Sp)/f-s(Sgf)	6	Gr:fg-s	Gr:fg-s(Sgf)	Ss	200	91	7	2	1		0,09	0,1548	h1	1,668	3	1,65	17,2	13,8	21,2
59	IBB:p-s(Sp)/p-l(Mg)	1	Ap:p-s	Ap:p-s(Sp)	Ss	30	89	7	3			0,75	1,29	h2	1,447	2	1,42	22,1	16,2	23,4
59	IBB:p-s(Sp)/p-l(Mg)	2	Bv:p-s	Bv:p-s(Sp)	Ss	50	91,5	6	3	1		0,21	0,3612	h1	1,557	3	1,53	17,2	13,8	21,2
59	IBB:p-s(Sp)/p-l(Mg)	3	Bbt-Bv:p-s	Bbt-Bv:p-s(Mg)	Ss	85	92	4	4			0,115	0,1978	h1	1,656	3	1,62	17,2	13,8	21,2
59	IBB:p-s(Sp)/p-l(Mg)	4	ilCv:p-l	ilCv:p-l(Mg)	Sl4	200	69	18	13			0,09	0,1548	h1	1,917	4	1,8	25,7	14,4	7,5
60	LFn:p-s(Sp)/p-l(Mg)	1	Ap:p-s	Ap:p-s(Sp)	Ss	30	89	7	3			0,75	1,29	h2	1,447	2	1,42	22,1	16,2	23,4
60	LFn:p-s(Sp)/p-l(Mg)	2	Ael:p-s	Ael:p-s(Sp)	Ss	50	90	8	2			0,095	0,1634	h1	1,638	3	1,62	17,2	13,8	21,2
60	LFn:p-s(Sp)/p-l(Mg)	3	Bt+Ael:p-ls	Bt+Ael:p-ls(Sp)	Sl3	70	72	16	6			0,11	0,1892	h1	1,684	3	1,63	23,6	17,3	16
60	LFn:p-s(Sp)/p-l(Mg)	4	Bt:p-l	Bt:p-l(Mg)	Ls4	110	55	25	20			0,18	0,3096	h1	1,92	4	1,74	28,1	12,9	6,1
60	LFn:p-s(Sp)/p-l(Mg)	5	ilCv:p-l	ilCv:p-l(Mg)	Sl4	200	69	18	13			0,09	0,1548	h1	1,917	4	1,8	25,7	14,4	7,5
61	LF-BB:p-ls(Sp)/p-l(Mg)	1	Ap:p-ls	Ap:p-ls(Sp)	Sl2	30	73	21	6			0,69	1,1868	h2	1,714	3	1,66	23,3	17,7	15,4
61	LF-BB:p-ls(Sp)/p-l(Mg)	2	Ael-Bv:p-ls	Ael-Bv:p-ls(Sp)	Su2	50	75	20	5			0,17	0,2924	h1	1,675	3	1,63	21,8	17,2	16,9
61	LF-BB:p-ls(Sp)/p-l(Mg)	3	Ael:p-ls	Ael:p-ls(Sp)	Su2	65	75	20	5			0,1	0,172	h1	1,505	2	1,46	24,2	18,7	22,9
61	LF-BB:p-ls(Sp)/p-l(Mg)	4	Bt:p-l	Bt:p-l(Mg)	Ls4	105	55	25	20			0,18	0,3096	h1	1,92	4	1,74	28,1	12,9	6,1
61	LF-BB:p-ls(Sp)/p-l(Mg)	5	ilCv:p-l	ilCv:p-l(Mg)	Sl4	200	69	18	13			0,09	0,1548	h1	1,917	4	1,8	25,7	14,4	7,5
62	PP-BB:p-ls(Sp)/f-s(Sgf)	1	L:	L:()		-7	0	0	0	0		20,77	35,7244	h7	0	1	0	28,2	12,6	58,5
62	PP-BB:p-ls(Sp)/f-s(Sgf)	2	Of:	Of:()		-3	0	0	0	0		33,265	57,2158	h7	1,3	1	1,3	20	14,2	27
62	PP-BB:p-ls(Sp)/f-s(Sgf)	3	Oh:	Oh:()		0						28,745	49,4414	h7		1		20	14,2	27
62	PP-BB:p-ls(Sp)/f-s(Sgf)	4	Aeh:p-ls	Aeh:p-ls(Sp)	Su2	5	85,5	8,5	6			1,985	3,4142	h3	1,684	3	1,63	25,3	18,2	15,9
62	PP-BB:p-ls(Sp)/f-s(Sgf)	5	Bhs:p-ls	Bhs:p-ls(Sp)	Su2	15	84	10,5	4			0,71	1,2212	h2	1,666	3	1,63	23,3	17,7	15,4
62	PP-BB:p-ls(Sp)/f-s(Sgf)	6	Bsv:p-ls	Bsv:p-ls(Sp)	Su2	35	81	16	4			0,515	0,8858	h1	1,661	3	1,625	21,8	17,2	16,9
62	PP-BB:p-ls(Sp)/f-s(Sgf)	7	Bv-ilCv:p-ls	Bv-ilCv:p-ls(Sp)	Su2	65	81	16	3			0,11	0,1892	h1	1,657	3	1,63	21,8	17,2	16,9
62	PP-BB:p-ls(Sp)/f-s(Sgf)	8	ilCv:p-s	ilCv:p-s(Sgf)	Ss	110	96	3	1	1		0,09	0,1548	h1	1,629	3	1,62	17,2	13,8	21,2
62	PP-BB:p-ls(Sp)/f-s(Sgf)	9	ilCv:fg-s	ilCv:fg-s(Sgf)	Ss	200	97	2	1	1		0,09	0,1548	h1	1,509	2	1,5	20,6	15,7	24,9
63	LF-BB:p-s(Sp)/p-l(Mg)	1	Ap:p-s	Ap:p-s(Sp)	Ss	30	89	7	3			0,75	1,29	h2	1,447	2	1,42	22,1	16,2	23,4
63	LF-BB:p-s(Sp)/p-l(Mg)	2	Ael-Bv:p-s	Ael-Bv:p-s(Sp)	Ss	50	90	8	2			0,135	0,2322	h1	1,643	3	1,625	17,2	13,8	21,2
63	LF-BB:p-s(Sp)/p-l(Mg)	3	Ael:p-s	Ael:p-s(Sp)	Ss	65	90	8	2			0,095	0,1634	h1	1,638	3	1,62	17,2	13,8	21,2

63	LF-BB:p-s(Sp)/p-l(Mg)	4	Bt:p-l	Bt:p-l(Mg)	Ls4	105	55	25	20		0,18	0,3096	h1	1,92	4	1,74		28,1	12,9	6,1
63	LF-BB:p-s(Sp)/p-l(Mg)	5	ilCv:p-l	ilCv:p-l(Mg)	SI4	200	69	18	13		0,09	0,1548	h1	1,917	4	1,8		25,7	14,4	7,5
64	TT-LL:p-s(Sp)/p-l(Mg)	1	Ap:p-s	Ap:p-s(Sp)	Ss	30	89	7	3		0,75	1,29	h2	1,447	2	1,42		22,1	16,2	23,4
64	TT-LL:p-s(Sp)/p-l(Mg)	2	Axh-Al:p-s	Axh-Al:p-s(Sp)	Ss	55	9	6	4		0,58	0,9976	h1	1,656	3	1,62		17,2	13,8	21,2
64	TT-LL:p-s(Sp)/p-l(Mg)	3	Bht:p-l	Bht:p-l(Mg)	Ls4	85	48	31	21		0,285	0,4902	h1	1,989	4	1,8		28,1	12,9	6,1
64	TT-LL:p-s(Sp)/p-l(Mg)	4	ilCv:p-l	ilCv:p-l(Mg)	SI4	200	69	18	13		0,09	0,1548	h1	1,917	4	1,8		25,7	14,4	7,5
65	BB-LL:p-ls(Sp)/g-el(Mg)	1	Ap:p-ls	Ap:p-ls(Sp)	SI3	30	73	21	6		0,69	1,1868	h2	1,714	3	1,66		23,3	17,7	15,4
65	BB-LL:p-ls(Sp)/g-el(Mg)	2	Bv-Al:p-ls	Bv-Al:p-ls(Sp)	SI3	50	74	15	11		0,14	0,2408	h1	1,719	3	1,62		26,8	18	13
65	BB-LL:p-ls(Sp)/g-el(Mg)	3	Al:p-ls	Al:p-ls(Sp)	SI3	70	65	30	5		0,14	0,2408	h1	1,675	3	1,63		26,8	18	13
65	BB-LL:p-ls(Sp)/g-el(Mg)	4	Bt:p-l	Bt:p-l(Mg)	Ls4	110	55	25	20		0,18	0,3096	h1	1,92	4	1,74		28,1	12,9	6,1
65	BB-LL:p-ls(Sp)/g-el(Mg)	5	elCv:g-el	elCv:g-el(Mg)	SI4	200	54	29	16	4	0,42	0,7224	h1	1,914	4	1,77		25,7	14,4	7,5
66	BB-LF:p-ls(Sp)/p-l(Mg)	1	Ap:p-ls	Ap:p-ls(Sp)	SI2	30	73	21	6		0,69	1,1868	h2	1,714	3	1,66		23,3	17,7	15,4
66	BB-LF:p-ls(Sp)/p-l(Mg)	2	Bv-Ael:p-ls	Bv-Ael:p-ls(Sp)	Su2	45	71	24	6		0,135	0,2322	h1	1,694	3	1,64		21,8	17,2	16,9
66	BB-LF:p-ls(Sp)/p-l(Mg)	3	Ael:p-ls	Ael:p-ls(Sp)	Su2	65	75	20	5		0,1	0,172	h1	1,505	2	1,46		24,2	18,7	22,9
66	BB-LF:p-ls(Sp)/p-l(Mg)	4	Bt:p-l	Bt:p-l(Mg)	Ls4	105	55	25	20		0,18	0,3096	h1	1,92	4	1,74		28,1	12,9	6,1
66	BB-LF:p-ls(Sp)/p-l(Mg)	5	elCv:g-el	elCv:g-el(Mg)	SI4	200	54	29	16	4	0,42	0,7224	h1	1,914	4	1,77		25,7	14,4	7,5
67	sBB:p-ls(Sp)/p-ls(Lg)	1	Ap:p-ls	Ap:p-ls(Sp)	SI2	30	73	21	6		0,69	1,1868	h2	1,714	3	1,66		23,3	17,7	15,4
67	sBB:p-ls(Sp)/p-ls(Lg)	2	Bv:p-ls	Bv:p-ls(Sp)	Su2	50	75	20	5		0,23	0,3956	h1	1,675	3	1,63		21,8	17,2	16,9
67	sBB:p-ls(Sp)/p-ls(Lg)	3	Bv-ilCv:p-ls	Bv-ilCv:p-ls(Lg)	Su2	80	81	16	3		0,11	0,1892	h1	1,6615	3	1,63		21,8	17,2	16,9
67	sBB:p-ls(Sp)/p-ls(Lg)	4	Swd-ilCv:p-ls	Swd-ilCv:p-ls(Lg)	SI3	120	74	15	11		0,09	0,1548	h1	1,899	4	1,8		24,8	15,9	8,2
67	sBB:p-ls(Sp)/p-ls(Lg)	5	ilCv:p-ls	ilCv:p-ls(Lg)	SI3	200	82	14	4		0,09	0,1548	h1	1,666	3	1,63		26,8	18	13
68	LF-SS:p-ls(Sp)/g-el(Mg)	1	Ap:p-ls	Ap:p-ls(Sp)	SI2	30	73	21	6		0,69	1,1868	h2	1,714	3	1,66		23,3	17,7	15,4
68	LF-SS:p-ls(Sp)/g-el(Mg)	2	Ael-Sw:p-ls	Ael-Sw:p-ls(Sp)	Su2	45	75	14	10		0,09	0,1548	h1	1,72	3	1,63		21,8	17,2	16,9
68	LF-SS:p-ls(Sp)/g-el(Mg)	3	Bt-Sd:p-l	Bt-Sd:p-l(Mg)	Ls4	80	54	25	21		0,11	0,1892	h1	1,989	4	1,8		28,1	12,9	6,1
68	LF-SS:p-ls(Sp)/g-el(Mg)	4	Sd-elCv:g-el	Sd-elCv:g-el(Mg)	SI4	140	54	30	16	4	0,145	0,2494	h1	1,944	4	1,8		25,7	14,4	7,5
68	LF-SS:p-ls(Sp)/g-el(Mg)	5	elCv:g-el	elCv:g-el(Mg)	SI4	200	54	29	16	4	0,42	0,7224	h1	1,914	4	1,77		25,7	14,4	7,5
69	LF-SS:p-l(Lp)/f-u(b)	1	Ap:p-l	Ap:p-l(Lp)	Ls4	30	55	29	15		0,875	1,505	h2	1,815	4	1,68		27,2	14,4	8
69	LF-SS:p-l(Lp)/f-u(b)	2	Ael-Swd:p-l	Ael-Swd:p-l(Lp)	Ls4	45	60	19	21		0,22	0,3784	h1	1,809	4	1,62		28,1	12,9	6,1
69	LF-SS:p-l(Lp)/f-u(b)	3	Bt-Sd:p-u	Bt-Sd:p-u(b)	Lu	85	26	53	21	0	0,14	0,2408	h1	1,989	4	1,8		34	14	4,4
69	LF-SS:p-l(Lp)/f-u(b)	4	Sd-ilCv:fgl-u	Sd-ilCv:fgl-u(b)	Lu	200	16,5	68,5	15		0	0	h0	1,845	4	1,71		34	14	4,4
70	LL-BB:p-s(Sp)/p-l(Mg)	1	Ap:p-s	Ap:p-s(Sp)	Ss	30	89	7	3		0,75	1,29	h2	1,447	2	1,42		22,1	16,2	23,4
70	LL-BB:p-s(Sp)/p-l(Mg)	2	Al-Bv:p-s	Al-Bv:p-s(Sp)	Ss	50	90	6	4		0,14	0,2408	h1	1,656	3	1,62		17,2	13,8	21,2
70	LL-BB:p-s(Sp)/p-l(Mg)	3	Al:p-s	Al:p-s(Sp)	Ss	65	90	6	4		0,14	0,2408	h1	1,656	3	1,62		17,2	13,8	21,2
70	LL-BB:p-s(Sp)/p-l(Mg)	4	Bt:p-l	Bt:p-l(Mg)	Ls4	105	55	25	20		0,18	0,3096	h1	1,92	4	1,74		28,1	12,9	6,1
70	LL-BB:p-s(Sp)/p-l(Mg)	5	ilCv:p-l	ilCv:p-l(Mg)	SI4	200	69	18	13		0,09	0,1548	h1	1,917	4	1,8		25,7	14,4	7,5
71	LF-GG:p-ls(Sp)/p-l(Mg)	1	Ap:p-ls	Ap:p-ls(Sp)	SI2	30	73	21	6		0,69	1,1868	h2	1,714	3	1,66		23,3	17,7	15,4
71	LF-GG:p-ls(Sp)/p-l(Mg)	2	Ael-Go:p-ls	Ael-Go:p-ls(Sp)	SI2	50	84	6	10		0,45	0,774	h1	1,72	3	1,63		21,8	17,2	16,9
71	LF-GG:p-ls(Sp)/p-l(Mg)	3	Bt-Go:p-l	Bt-Go:p-l(Mg)	SI4	80	53,5	27	19,5		0,1	0,172	h1	1,9755	4	1,8		25,7	14,4	7,5
71	LF-GG:p-ls(Sp)/p-l(Mg)	4	Go:p-l	Go:p-l(Lg)	SI4	110	50	33	17		0,25	0,43	h1	1,723	3	1,57		25,7	17,3	11,3
71	LF-GG:p-ls(Sp)/p-l(Mg)	5	Gr:p-l	Gr:p-l(Lg)	SI4	200	48	35	17		0,245	0,4214	h1	1,9566	4	1,8		25,7	14,4	7,5
72	HNv:og-Hn/f-s(Sf)	1	Hvp:og-Hn	Hvp:og-Hn(Hn)	Hn	30	0	0	0	0	12,23	24,46	h7	0,56	1	0,56		62	32	16
72	HNv:og-Hn/f-s(Sf)	2	Hv:og-Hn	Hv:og-Hn(Hn)	Hn	50	0	0	0	0	30,25	60,5	h7	0,46	1	0,46		62	32	16
72	HNv:og-Hn/f-s(Sf)	3	Go:ff-s	Go:ff-s(Sf)	Ss	65	97	2	1	0	0,15	0,258	h1	1,639	3	1,63		17,2	13,8	21,2
72	HNv:og-Hn/f-s(Sf)	4	Gr:ff-s	Gr:ff-s(Sf)	Ss	200	96	3	2	0	0,27	0,4644	h1	1,648	3	1,63		17,2	13,8	21,2
73	HNv:og-Hn/f-s(Sf)	1	Hvp:og-Hn	Hvp:og-Hn(Hn)	Hn	30	0	0	0	0	12,23	24,46	h7	0,56	1	0,56		62	32	16
73	HNv:og-Hn/f-s(Sf)	2	Hv:og-Hn	Hv:og-Hn(Hn)	Hn	50	0	0	0	0	30,25	60,5	h7	0,46	1	0,46		62	32	16
73	HNv:og-Hn/f-s(Sf)	3	Go:ff-s	Go:ff-s(Sf)	Ss	65	97	2	1	0	0,15	0,258	h1	1,639	3	1,63		17,2	13,8	21,2
73	HNv:og-Hn/f-s(Sf)	4	Gr:ff-s	Gr:ff-s(Sf)	Ss	200	96	3	2	0	0,27	0,4644	h1	1,648	3	1,63		17,2	13,8	21,2
74	HNcv:og-eHn/f-es	1	Hcp:og-eHn	Hcp:og-eHn(Hn)	Hn	30	0	0	0	0	28,9	57,8	h7	0,56	1	0,56		62	32	16
74	HNcv:og-eHn/f-es	2	Hcv:og-eHn	Hcv:og-eHn(Hn)	Hn	45	0	0	0	0	22,53	45,06	h7	0,56	1	0,56		62	32	16
74	HNcv:og-eHn/f-es	3	Gcr:ff-es	Gcr:ff-es(Sf)	Ss	200	87	9	4		0,13	0,2236	h1	1,616	3	1,58		17,2	13,8	21,2
75	HNv:og-Hn/f-s(Sf)	1	Hvp:og-Hn	Hvp:og-Hn(Hn)	Hn	30	0	0	0	0	12,23	24,46	h7	0,56	1	0,56		62	32	16
75	HNv:og-Hn/f-s(Sf)	2	Hv:og-Hn	Hv:og-Hn(Hn)	Hn	50	0	0	0	0	30,25	60,5	h7	0,46	1	0,46		62	32	16
75	HNv:og-Hn/f-s(Sf)	3	Go:ff-s	Go:ff-s(Sf)	Ss	65	97	2	1	0	0,15	0,258	h1	1,639	3	1,63		17,2	13,8	21,2
75	HNv:og-Hn/f-s(Sf)	4	Gr:ff-s	Gr:ff-s(Sf)	Ss	200	96	3	2	0	0,27	0,4644	h1	1,648	3	1,63		17,2	13,8	21,2
76	HNcv:og-eHn/g-el(Mg)	1	Hcp:og-eHn	Hcp:og-eHn(Hn)	Hn	25	0	0	0	0	28,9	57,8	h7	0,56	1	0,56		62	32	16
76	HNcv:og-eHn/g-el(Mg)	2	Hcv:og-eHn	Hcv:og-eHn(Hn)	Hn	45	0	0	0	0	22,53	45,06	h7	0,56	1	0,56		62	32	16
76	HNcv:og-eHn/g-el(Mg)	3	Hcr:og-eHn	Hcr:og-eHn(Hn)	Hn	90	0	0	0	0	34,78	69,56	h7	0,56	1	0,56		75	50	8

76	HNcv:og-eHn/g-el(Mg)	4	Gcr:p-el	Gcr:p-el(Mg)	Sl4	120	54	29	16	4	0	0	h0	1,714	3	1,57	25,7	17,3	11,3
76	HNcv:og-eHn/g-el(Mg)	5	eGr:g-el	eGr:g-el(Mg)	Sl4	200	54	29	16	4	0	0	h0	1,8835	4	1,735	25,7	14,4	7,5
77	HNv:og-Hn/f-s(Sf)	1	Hvp:og-Hn	Hvp:og-Hn(Hn)	Hn	30	0	0	0	0	12,23	24,46	h7	0,56	1	0,56	62	32	16
77	HNv:og-Hn/f-s(Sf)	2	Hv:og-Hn	Hv:og-Hn(Hn)	Hn	50	0	0	0	0	30,25	60,5	h7	0,46	1	0,46	62	32	16
77	HNv:og-Hn/f-s(Sf)	3	Go:ff-s	Go:ff-s(Sf)	Ss	65	97	2	1	0	0,15	0,258	h1	1,639	3	1,63	17,2	13,8	21,2
77	HNv:og-Hn/f-s(Sf)	4	Gr:ff-s	Gr:ff-s(Sf)	Ss	200	96	3	2	0	0,27	0,4644	h1	1,648	3	1,63	17,2	13,8	21,2
78	HNv:og-Hn/p-l(Lg)	1	Hvp:og-Hn	Hvp:og-Hn(Hn)	Hn	25	0	0	0	0	12,23	24,46	h7	0,56	1	0,56	62	32	16
78	HNv:og-Hn/p-l(Lg)	2	Hv:og-Hn	Hv:og-Hn(Hn)	Hn	45	0	0	0	0	30,25	60,5	h7	0,46	1	0,46	62	32	16
78	HNv:og-Hn/p-l(Lg)	3	Gr:p-s	Gr:p-s(Sp)	Ss	110	90	8	2	1	0,13	0,2236	h1	1,638	3	1,62	17,2	13,8	21,2
78	HNv:og-Hn/p-l(Lg)	4	Gr:p-l	Gr:p-l(Lg)	Sl4	200	48	35	17		0,245	0,4214	h1	1,9566	4	1,8	25,7	14,4	7,5
79	HNcv:og-eHn/og-Hn	1	Hcp:og-eHn	Hcp:og-eHn(Hn)	Hn	30	0	0	0	0	28,9	57,8	h7	0,56	1	0,56	62	32	16
79	HNcv:og-eHn/og-Hn	2	Hcv:og-eHn	Hcv:og-eHn(Hn)	Hn	50	0	0	0	0	22,53	45,06	h7	0,56	1	0,56	62	32	16
79	HNcv:og-eHn/og-Hn	3	Hr:og-Hn	Hr:og-Hn(Hn)	Hn	200	0	0	0	0	30,58	61,16	h7	0,56	1	0,56	75	50	8
80	HNv:og-Hn	1	Hvp:og-Hn	Hvp:og-Hn(Hn)	Hn	20	0	0	0	0	12,23	24,46	h7	0,56	1	0,56	62	32	16
80	HNv:og-Hn	2	Hw:og-Hn	Hw:og-Hn(Hn)	Hn	45	0	0	0	0	45,73	91,46	h7	0,56	1	0,56	75	50	8
80	HNv:og-Hn	3	Hat:og-Hn	Hat:og-Hn(Hn)	Hn	100	0	0	0	0	40,18	80,36	h7	0,71	1	0,71	63	29	20
80	HNv:og-Hn	4	Hr:og-Hn	Hr:og-Hn(Hn)	Hn	200	0	0	0	0	30,58	61,16	h7	0,56	1	0,56	75	50	8
81	HNv:og-Hn/f-s(Sf)	1	Hvp:og-Hn	Hvp:og-Hn(Hn)	Hn	30	0	0	0	0	12,23	24,46	h7	0,56	1	0,56	62	32	16
81	HNv:og-Hn/f-s(Sf)	2	Hv:og-Hn	Hv:og-Hn(Hn)	Hn	50	0	0	0	0	30,25	60,5	h7	0,46	1	0,46	62	32	16
81	HNv:og-Hn/f-s(Sf)	3	Go:ff-s	Go:ff-s(Sf)	Ss	65	97	2	1	0	0,15	0,258	h1	1,639	3	1,63	17,2	13,8	21,2
81	HNv:og-Hn/f-s(Sf)	4	Gr:ff-s	Gr:ff-s(Sf)	Ss	200	96	3	2	0	0,27	0,4644	h1	1,648	3	1,63	17,2	13,8	21,2
82	GG-YK/HN:u-ls(Sp)/og-Hn/(Sf)	1	Ap:u-ls	Ap:u-ls(Sp)	Sl3	30	74	20	8		0,86	1,4792	h2	1,702	3	1,63	25,1	17,8	14,5
82	GG-YK/HN:u-ls(Sp)/og-Hn/(Sf)	2	M:u-ls	M:u-ls(Sp)	Sl3	50	73	22	8		0,38	0,6536	h1	1,692	3	1,62	26,8	18	13
82	GG-YK/HN:u-ls(Sp)/og-Hn/(Sf)	3	M-Go:u-ls	M-Go:u-ls(Sp)	Sl3	75	73	20	8,5		0,99	1,7028	h2	1,7765	3	1,7	28,3	18,5	13
82	GG-YK/HN:u-ls(Sp)/og-Hn/(Sf)	4	Hv:og-Hn	Hv:og-Hn(Hn)	Hn	100	0	0	0	0	30,25	60,5	h7	0,46	1	0,46	62	32	16
82	GG-YK/HN:u-ls(Sp)/og-Hn/(Sf)	5	Gr:ff-s	Gr:ff-s(Sf)	Ss	200	96	3	2	0	0,27	0,4644	h1	1,648	3	1,63	17,2	13,8	21,2
83	RQn:oj-s	1	jAp:oj-s	jAp:oj-s()	Ss	30	98	2	0	0	1,69	2,9068	h3	1,63	3	1,63	20,7	14,8	20,2
83	RQn:oj-s	2	jilC:oj-s	jilC:oj-s()	Ss	200	96	3	1		0,235	0,4042	h1	1,639	3	1,63	17,2	13,8	21,2
84	RQn:oj-(x)s	1	jAp:oj-(x)s	jAp:oj-(x)s()	Ss	30	96	3	1		1,69	2,9068	h3	1,639	3	1,63	20,7	14,8	20,2
84	RQn:oj-(x)s	2	jilC:oj-(x)s	jilC:oj-(x)s()	Ss	200	96	3	1		1	1,72	h2	1,639	3	1,63	18,7	14,2	19,7
85	OLn:oj-[(k)]s	1	jAi:oj-[(k)]s	jAi:oj-[(k)]s()	Ss	5	96	3	1				h1	1,639	3	1,63	17,2	13,8	21,2
85	OLn:oj-[(k)]s	2	jilC:oj-[(k)]s	jilC:oj-[(k)]s()	Ss	200	96	3	1		0,235	0,4042	h1	1,639	3	1,63	17,2	13,8	21,2
86	RQn:oj-(k)l	1	jAp:oj-(k)l	jAp:oj-(k)l()	Sl4	30	65	20	15				h2	1,765	3	1,63	27,2	17,8	11,8
86	RQn:oj-(k)l	2	jilC:oj-(k)l	jilC:oj-(k)l()	Sl4	200	65	20	15				h0	1,735	3	1,6	25,7	17,3	11,3
87	RQn:oj-s(Sp)/f-s(Sf)	1	jAp:oj-s	jAp:oj-s(Sp)	Ss	30	98	2	0		1,69	2,9068	h3	1,63	3	1,63	20,7	14,8	20,2
87	RQn:oj-s(Sp)/f-s(Sf)	2	jilC:oj-s	jilC:oj-s(Sp)	Ss	50	96	3	1		0,17	0,2924	h1	1,639	3	1,63	17,2	13,8	21,2
87	RQn:oj-s(Sp)/f-s(Sf)	3	rGo:ff-s	rGo:ff-s(Sf)	Ss	80	93	3	3	0	0,13	0,2236	h1	1,657	3	1,63	17,2	13,8	21,2
87	RQn:oj-s(Sp)/f-s(Sf)	4	Go:ff-s	Go:ff-s(Sf)	Ss	200	97	2	1	0	0,15	0,258	h1	1,639	3	1,63	17,2	13,8	21,2
88	OLn:oj-(n)es(Sp,Yb)/f-s(Sf)	1	jeAi:oj-(n)es	jeAi:oj-(n)es(Sp,Yb)	Ss	5	87	9	4				h1	1,666	3	1,63	17,2	13,8	21,2
88	OLn:oj-(n)es(Sp,Yb)/f-s(Sf)	2	jelC:oj-(n)es	jelC:oj-(n)es(Sp,Yb)	Ss	100	87	9	4		0,97	1,6684	h2	1,666	3	1,63	18,7	14,2	19,7
88	OLn:oj-(n)es(Sp,Yb)/f-s(Sf)	3	rGo:ff-s	rGo:ff-s(Sf)	Ss	200	93	3	3	0	0,13	0,2236	h1	1,657	3	1,63	17,2	13,8	21,2
89	RQn:oj-(n)s(Sp,Yb)/f-s(Sgf)	1	jAh:oj-(n)s	jAh:oj-(n)s(Sp,Yb)	Ss	10	96	3	1		2,23	3,8356	h3	1,639	3	1,63	20,7	14,8	20,2
89	RQn:oj-(n)s(Sp,Yb)/f-s(Sgf)	2	jilC:oj-(n)s	jilC:oj-(n)s(Sp,Yb)	Ss	50	96	3	1		0,235	0,4042	h1	1,639	3	1,63	17,2	13,8	21,2
89	RQn:oj-(n)s(Sp,Yb)/f-s(Sgf)	3	ilCv:p-s	ilCv:p-s(Sgf)	Ss	120	96	3	1	1	0,09	0,1548	h1	1,629	3	1,62	17,2	13,8	21,2
89	RQn:oj-(n)s(Sp,Yb)/f-s(Sgf)	4	ilCv:fg-s	ilCv:fg-s(Sgf)	Ss	200	97	2	1	1	0,09	0,1548	h1	1,509	2	1,5	20,6	15,7	24,9
90	RZn:oj-(n)els(Sf,Sp,Yb)/p-l(Mg)	1	jeAh:oj-(n)els	jeAh:oj-(n)els(Sf,Yb)	Su2	10	81	16	3				h2	1,657	3	1,63	23,3	17,7	15,4
90	RZn:oj-(n)els(Sf,Sp,Yb)/p-l(Mg)	2	jelC:oj-(n)els	jelC:oj-(n)els(Sf,Yb)	Su2	130	81	16	3		0,97	1,6684	h2	1,627	3	1,6	23,3	17,7	15,4
90	RZn:oj-(n)els(Sf,Sp,Yb)/p-l(Mg)	3	ilCv:p-l	ilCv:p-l(Mg)	Sl4	200	69	18	13		0,09	0,1548	h1	1,917	4	1,8	25,7	14,4	7,5
91	YV:n-Yn/oj-s	1	jmCn:ov-Ybe,Ybi	jmCn:ov-Ybe,Ybi(Ybe,Ybi)	n	25							h0						
91	YV:n-Yn/oj-s	2	jilC:oj-sz	jilC:oj-sz(Yb)	Yb	50							h0						
91	YV:n-Yn/oj-s	3	jilC:oj-s	jilC:oj-s(Sgf)	Ss	100	96	3	1		0,235	0,4042	h1	1,639	3	1,63	17,2	13,8	21,2
92	YV:n-Yn/oj-s	1	jmCn:ov-Ybe,Ybi	jmCn:ov-Ybe,Ybi(Ybe,Ybi)	n	25							h0						
92	YV:n-Yn/oj-s	2	jilC:oj-sz	jilC:oj-sz(Yb)	Yb	50							h0						
92	YV:n-Yn/oj-s	3	jilC:oj-s	jilC:oj-s(Sgf)	Ss	100	96	3	1		0,235	0,4042	h1	1,639	3	1,63	17,2	13,8	21,2
93	YV:n-Yn/oj-s	1	jmCn:ov-	jmCn:ov-	n	25							h0						

93	YV:n-Yn/oj-s	2	Ybe,Ybi	Ybe,Ybi(Ybe,Ybi)	Yb	50														
93	YV:n-Yn/oj-s	3	jilC:oj-sz jilC:oj-s	jilC:oj-sz(Yb) jilC:oj-s(Sgf)	Ss	100	96	3	1		0,235	0,4042	h0 h1	1,639	3	1,63		17,2	13,8	21,2
94	YV:n-Yn/oj-s	1	jmCn:ov- Ybe,Ybi	jmCn:ov- Ybe,Ybi(Ybe,Ybi)	n	25							h0 h0							
94	YV:n-Yn/oj-s	2	jilC:oj-sz	jilC:oj-sz(Yb)	Yb	50							h0 h1							
94	YV:n-Yn/oj-s	3	jilC:oj-s	jilC:oj-s(Sgf)	Ss	100	96	3	1		0,235	0,4042	h1	1,639	3	1,63		17,2	13,8	21,2
95	YV:n-Yn/oj-s	1	jmCn:ov- Ybe,Ybi	jmCn:ov- Ybe,Ybi(Ybe,Ybi)	n	25							h0 h0							
95	YV:n-Yn/oj-s	2	jilC:oj-sz	jilC:oj-sz(Yb)	Yb	50							h0 h1							
95	YV:n-Yn/oj-s	3	jilC:oj-s	jilC:oj-s(Sgf)	Ss	100	96	3	1		0,235	0,4042	h1	1,639	3	1,63		17,2	13,8	21,2
96	OLn:oj-n(+B,+D)/oj-s	1	jAi:oj-n	jAi:oj-n(+B,+D)	n	5							h1							
96	OLn:oj-n(+B,+D)/oj-s	2	jimC:oj-n	jimC:oj-n(+B,+D)	n	60							h0 h1							
96	OLn:oj-n(+B,+D)/oj-s	3	jilC:oj-s	jilC:oj-s()	Ss	200	96	3	1		0,235	0,4042	h1	1,639	3	1,63		17,2	13,8	21,2
97	OLn:oj-(n)es(Yb,Sgf,Sp)/oj-Yb	1	jeAi:oj-(n)es	jeAi:oj-(n)es(Yb,Sp)	Ss	5	87	9	4				h1	1,666	3	1,63		17,2	13,8	21,2
97	OLn:oj-(n)es(Yb,Sgf,Sp)/oj-Yb	2	jelC:oj-(n)es	jelC:oj-(n)es(Yb,Sp)	Ss	50	96	3	1		0,97	1,6684	h2	1,639	3	1,63		18,7	14,2	19,7
97	OLn:oj-(n)es(Yb,Sgf,Sp)/oj-Yb	3	jemC:oj-Yb	jemC:oj-Yb(Yb)	Yb	200							h0							
98	RQn:os-us(Yab)//oj-ls	1	jAp:os-us	jAp:os-us(Yab)	Yab	25	50	45	5				h2	0,945	1	0,9		37,6	26,7	12,8
98	RQn:os-us(Yab)//oj-ls	2	jilC:os-us	jilC:os-us(Yab)	Yab	100	50	45	5				h1	0,945	1	0,9		36,1	26,2	14,2
98	RQn:os-us(Yab)//oj-ls	3	jilC:oj-ls	jilC:oj-ls()	Su2	200	81	16	3		0,53	0,9116	h1	1,657	3	1,63		21,8	17,2	16,9
99	RQn:oj-(n)ls(Yü,Yb,Sgf)/oj-Yü	1	jAh:oj-(n)ls	jAh:oj-(n)ls(Yü,Yb)	Su2	10	81	16	3		2,23	3,8356	h3	1,627	3	1,6		25,3	18,2	15,9
99	RQn:oj-(n)ls(Yü,Yb,Sgf)/oj-Yü	2	jilC:oj-(n)ls	jilC:oj-(n)ls(Yü,Yb)	Su2	50	81	16	3				h1	1,627	3	1,6		21,8	17,2	16,9
99	RQn:oj-(n)ls(Yü,Yb,Sgf)/oj-Yü	3	jilC:oj-Yü	jilC:oj-Yü(Yü)	Yü	200							h0							

Anlage 4: Eigenschaften-Datenbank für SWIM zum Leitboden-Flächendatensatz auf Basis der BÜK300

Legendennummer der BÜK300	Bodenbezeichnung, Flächenbodenform	Bodenbezeichnung	Horizontnummer	Horizontschlüsselkennung	Horizontschlüsselkennung mit Zusatz	Untergrenze des Horizontes in cm	Bodenart	Sandgehalt	Schluffgehalt	Tongehalt	Grobbodenanteil	pH-Wert gegen Wasser	pH-Wert gegen CaCl ₂	Klasse des pH-Wertes	potentielle KAK	Klasse der potentielle KAK	effektive KAK	Klasse der effektiven KAK
1	nRR-RQ:a-s	podsoliger Braunerde-Regosol aus Flugsand	1	L+Of:	L+Of()	-8		0	0	0	0	3,5	3,5	s5		KAK4	14	
1	pBB-RQ:a-s		2	Oh:	Oh:()	-3						3,7	3	s6		KAK4	19	
1	pBB-RQ:a-s		3	Aeh:a-s	Aeh:a-s(Sa)	10	Ss	92	4	4		4,1	3,4	s5		KAK1	2	
1	pBB-RQ:a-s		4	Ahe:a-s	Ahe:a-s(Sa)	15	Ss	94	2	4		4,06	3,4	s5		KAK1	2	
1	pBB-RQ:a-s		5	Bsv-ilCv:a-s	Bsv-ilCv:a-s(Sa)	35	Ss	96	3	3			4,465	s4		KAK1		
1	pBB-RQ:a-s		6	Bv-ilCv:a-s	Bv-ilCv:a-s(Sa)	50	Ss	97	2	1		4,95	4,465	s4	0,603	KAK1		
1	pBB-RQ:a-s		7	ilCv:a-s	ilCv:a-s(Sa)	200	Ss	98	1	1		4,635	4,36	s4	1,6685	KAK1		
2	BB-PP:a-s	Braunerde-Podsol aus Flugsand	1	L+Of:	L+Of:()	-8		0	0	0	0	3,5	3,5	s5		KAK4	14	
2	BB-PP:a-s		2	Oh:	Oh:()	-3						3,7	3	s6		KAK4	19	
2	BB-PP:a-s		3	Aeh:a-s	Aeh:a-s(Sa)	10	Ss	92	4	4		4,1	3,4	s5		KAK1	2	
2	BB-PP:a-s		4	Bvs:a-s	Bvs:a-s(Sa)	25	Ss	93	2	5		4,57	3,85	s5		KAK1	1	
2	BB-PP:a-s		5	Bs:a-s	Bs:a-s(Sa)	35	Ss	98	2	0		4,3	4,35	s4	0,9425	KAK1		
2	BB-PP:a-s		6	Bs-ilCv:a-s	Bs-ilCv:a-s(Sa)	55	Ss	98	1	1		4,7	4,5	s4	0,541	KAK1		
2	BB-PP:a-s		7	ilCv:a-s	ilCv:a-s(Sa)	200	Ss	98	1	1		4,635	4,36	s4	1,6685	KAK1		
3	pRQ:a-s	podsoliger Regosol aus Flugsand	1	L+Of:	L+Of:()	-8		0	0	0	0	3,5	3,5	s5		KAK4	14	
3	pRQ:a-s		2	Oh:	Oh:()	-3						3,7	3	s6		KAK4	19	
3	pRQ:a-s		3	Aeh:a-s	Aeh:a-s(Sa)	10	Ss	92	4	4		4,1	3,4	s5		KAK1	2	
3	pRQ:a-s		4	ilCv:a-s	ilCv:a-s(Sa)	200	Ss	98	1	1		4,635	4,36	s4	1,6685	KAK1		
4	PP-BB:a-s	Podsol-Braunerde aus Flugsand	1	L+Of:	L+Of:()	-8		0	0	0	0	3,5	3,5	s5		KAK4	14	
4	PP-BB:a-s		2	Oh:	Oh:()	-3						3,7	3	s6		KAK4	19	
4	PP-BB:a-s		3	Ahe:a-s	Ahe:a-s(Sa)	5	Ss	94	2	4		4,06	3,4	s5		KAK1	2	
4	PP-BB:a-s		4	Bsv:a-s	Bsv:a-s(Sa)	10	Ss	96	2	2		4,6	3,85	s5	0,8025	KAK1	1	
4	PP-BB:a-s		5	Bv:a-s	Bv:a-s(Sa)	35	Ss	96	3	3		4,66	4,3	s4		KAK1		
4	PP-BB:a-s		6	Bv-ilCv:a-s	Bv-ilCv:a-s(Sa)	50	Ss	97	2	1		4,95	4,465	s4	0,603	KAK1		
4	PP-BB:a-s		7	ilCv:a-s	ilCv:a-s(Sa)	0	Ss	98	1	1		4,635	4,36	s4	1,6685	KAK1		

5	pgRQ:a-s	podsoliger vergleyter Regosol aus Flugsand	1	L+Of:	L+Of:()	-8		0	0	0	0		3,5	s5		KAK4	14	
5	pgRQ:a-s		2	Oh:	Oh:()	-3							3,7	s6		KAK4	19	
5	pgRQ:a-s		3	Aeh:a-s	Aeh:a-s(Sa)	10	Ss	92	4	4			4,1	3,4	s5		KAK1	2
5	pgRQ:a-s		4	ilCv:a-s	ilCv:a-s(Sa)	95	Ss	98	1	1			4,635	4,36	s4	1,6685	KAK1	
5	pgRQ:a-s		5	Go:a-s	Go:a-s(Sa)	145	Ss	98	1	1			6,6	6,12	s1	1,31	KAK1	
5	pgRQ:a-s	6	Gr:a-s	Gr:a-s(Sa)	200	Ss	98	1	1				4,6	s4		KAK1	0	
6	PP-RQ:a-s	Podsol-Regosol aus Flugsand	1	L+Of:	L+Of:()	-8		0	0	0	0		3,5	s5		KAK4	14	
6	PP-RQ:a-s		2	Oh:	Oh:()	-3							3,7	s6		KAK4	19	
6	PP-RQ:a-s		3	Ahe:a-s	Ahe:a-s(Sa)	5	Ss	94	2	4			4,06	3,4	s5		KAK1	2
6	PP-RQ:a-s		4	Bs-ilCv:a-s	Bs-ilCv:a-s(Sa)	15	Ss	98	1	1			4,7	4,5	s4	0,541	KAK1	
6	PP-RQ:a-s		5	ilCv:a-s	ilCv:a-s(Sa)	200	Ss	98	1	1			4,635	4,36	s4	1,6685	KAK1	
7	PP-RQ:a-s	Podsol-Regosol aus Flugsand	1	L+Of:	L+Of:()	-8		0	0	0	0		3,5	s5		KAK4	14	
7	PP-RQ:a-s		2	Oh:	Oh:()	-3							3,7	s6		KAK4	19	
7	PP-RQ:a-s		4	Ahe:a-s	Ahe:a-s(Sa)	5	Ss	94	2	4			4,06	3,4	s5		KAK1	2
7	PP-RQ:a-s		7	Bs-ilCv:a-s	Bs-ilCv:a-s(Sa)	15	Ss	98	1	1			4,7	4,5	s4	0,541	KAK1	
7	PP-RQ:a-s		8	ilCv:a-s	ilCv:a-s(Sa)	200	Ss	98	1	1			4,635	4,36	s4	1,6685	KAK1	
8	BB-LF:p-s(Lo)/f-s(Sgf)	Braunerde-Fahlerde aus Sandlöss über Schmelzwassersand	1	Ap:p-sö	Ap:p-sö(Los)	30	Us	35	54	6		7,1	6,4	s1	5,7	KAK2		
8	BB-LF:p-s(Lo)/f-s(Sgf)		2	Bv-Ael:p-sö	Bv-Ael:p-sö(Los)	50	Us	34	60	6			7	s0	5,1	KAK2		
8	BB-LF:p-s(Lo)/f-s(Sgf)		3	Bt:p-sö	Bt:p-sö(Los)	70	Uls	42	48,5	9,5			5,95	s2	7,85	KAK2		
8	BB-LF:p-s(Lo)/f-s(Sgf)		4	ilCv:fg-s	ilCv:fg-s(Sgf)	200	Ss	97	2	1	1		5,5	5,3	s3	1,9	KAK1	
9	BB-LF:p-s(Lo)/p-ls(Lg)	Braunerde-Fahlerde aus Sandlöss über Lehmsand	1	Ap:p-sö	Ap:p-sö(Los)	25	Us	35	54	6		7,1	6,4	s1	5,7	KAK2		
9	BB-LF:p-s(Lo)/p-ls(Lg)		2	Bv-Ael:p-sö	Bv-Ael:p-sö(Los)	45	Us	34	60	6			7	s0	5,1	KAK2		
9	BB-LF:p-s(Lo)/p-ls(Lg)		3	Bt:p-ls	Bt:p-ls(Lg)	110	Sl3	74	15	11			6,54	5,82	s2	5,9	KAK2	
9	BB-LF:p-s(Lo)/p-ls(Lg)		4	ilCv:p-ls	ilCv:p-ls(Lg)	200	Sl2	82	14	4			6,4	5,21	s3	2,002	KAK1	
10	pgBB:p-s(Sp)/f-s(Sf)	podsolige vergleyte Braunerde aus Sand über Urstromtalsand	1	L:	L:()	-8		0	0	0	0		3,41	s5		KAK3	11	
10	pgBB:p-s(Sp)/f-s(Sf)		2	Of:	Of:()	-6		0	0	0	0		3,8	3,2	s6		KAK4	16
10	pgBB:p-s(Sp)/f-s(Sf)		3	Oh:	Oh:()	-2							3,7	3	s6		KAK4	19
10	pgBB:p-s(Sp)/f-s(Sf)		4	Aeh:p-s	Aeh:p-s(Sp)	5	Ss	90	6	4			4,1	3,32	s5		KAK1	3
10	pgBB:p-s(Sp)/f-s(Sf)		5	Bv:p-s	Bv:p-s(Sp)	35	Ss	91,5	6	3	1			4,89	s3	3,1	KAK1	
10	pgBB:p-s(Sp)/f-s(Sf)		6	Bv-ilCv:p-s	Bv-ilCv:p-s(Sp)	55	Ss	97	2	1	1		5,2	4,5	s4	1,65	KAK1	
10	pgBB:p-s(Sp)/f-s(Sf)		7	ilCv:fu-s	ilCv:fu-s(Sf)	105	Ss	97	2	1			4,8	5	s3	2,4	KAK1	
10	pgBB:p-s(Sp)/f-s(Sf)		8	Go:fu-s	Go:fu-s(Sf)	145	Ss	94,5	3	2			5,415	5,545	s2	2,5	KAK1	
10	pgBB:p-s(Sp)/f-s(Sf)	9	Gr:fu-s	Gr:fu-s(Sf)	200	Ss	97	2	1			5,9	6,2	s1	2,3	KAK1		
11	pGG-BB:p-s(Sp)/f-s(Sf)	podsolige Gley-Braunerde aus Sand über Urstromtalsand	1	L:	L:()	-8		0	0	0	0		3,41	s5		KAK3	11	
11	pGG-BB:p-s(Sp)/f-s(Sf)		2	Of:	Of:()	-6		0	0	0	0		3,8	3,2	s6		KAK4	16
11	pGG-BB:p-s(Sp)/f-s(Sf)		3	Oh:	Oh:()	-2							3,7	3	s6		KAK4	19
11	pGG-BB:p-s(Sp)/f-s(Sf)		4	Aeh:p-s	Aeh:p-s(Sp)	5	Ss	90	6	4			4,1	3,32	s5		KAK1	3
11	pGG-BB:p-s(Sp)/f-s(Sf)		5	Bv:p-s	Bv:p-s(Sp)	35	Ss	91,5	6	3	1			4,89	s3	3,1	KAK1	
11	pGG-BB:p-s(Sp)/f-s(Sf)		6	Bv-ilCv:p-s	Bv-ilCv:p-s(Sp)	55	Ss	97	2	1	1		5,2	4,5	s4	1,65	KAK1	
11	pGG-BB:p-s(Sp)/f-s(Sf)		7	Go:fu-s	Go:fu-s(Sf)	95	Ss	94,5	3	2			5,415	5,545	s2	2,5	KAK1	
11	pGG-BB:p-s(Sp)/f-s(Sf)		8	Gr:fu-s	Gr:fu-s(Sf)	200	Ss	97	2	1			5,9	6,2	s1	2,3	KAK1	
12	GG:f-s(Sfd)	Gley aus Fluss- oder Urstromtalsand	1	Ap:ff-s	Ap:ff-s(Sf)	30	Ss	89	8	4	0		6,7	6	s2	18,9	KAK4	
12	GG:f-s(Sfd)		2	Go:ff-s	Go:ff-s(Sf)	65	Ss	97	2	1	0		6,8	6,16	s1	2,593	KAK1	
12	GG:f-s(Sfd)		3	Gr:ff-s	Gr:ff-s(Sf)	200	Ss	96	3	2	0		7,13	6,5	s1	3,32	KAK1	
13	PP-BB:p-s(Sp)/f-s(Sf)	Podsol-Braunerde aus Sand über Urstromtalsand	1	L:	L:()	-8		0	0	0	0		3,41	s5		KAK3	11	
13	PP-BB:p-s(Sp)/f-s(Sf)		2	Of:	Of:()	-6		0	0	0	0		3,8	3,2	s6		KAK4	16
13	PP-BB:p-s(Sp)/f-s(Sf)		3	Oh:	Oh:()	-2							3,7	3	s6		KAK4	19

13	PP-BB:p-s(Sp)/f-s(Sf)		4	Aeh:p-s	Aeh:p-s(Sp)	5	Ss	90	6	4		4,1	3,32	s5		KAK1	3	
13	PP-BB:p-s(Sp)/f-s(Sf)		5	Bhs:p-s	Bhs:p-s(Sp)	13	Ss	94	2	3	1	4,5	4,175	s4		3,5	KAK1	
13	PP-BB:p-s(Sp)/f-s(Sf)		6	Bv:p-s	Bv:p-s(Sp)	40	Ss	91,5	6	3	1		4,89	s3		3,1	KAK1	
13	PP-BB:p-s(Sp)/f-s(Sf)		7	Bv-ilCv:p-s	Bv-ilCv:p-s(Sp)	60	Ss	97	2	1	1	5,2	4,5	s4		1,65	KAK1	
13	PP-BB:p-s(Sp)/f-s(Sf)		8	ilCv:fu-s	ilCv:fu-s(Sf)	200	Ss	97	2	1		4,8	5	s3		2,4	KAK1	
14	pGG-BB:p-s(Sp)/f-s(Sf)	podsolige Gley-Braunerde aus Sand über Urstromtalsand	1	L:	L:()	-8		0	0	0	0		3,41	s5			KAK3	11
14	pGG-BB:p-s(Sp)/f-s(Sf)		2	Of:	Of:()	-6		0	0	0	0	3,8	3,2	s6			KAK4	16
14	pGG-BB:p-s(Sp)/f-s(Sf)		3	Oh:	Oh:()	-2						3,7	3	s6			KAK4	19
14	pGG-BB:p-s(Sp)/f-s(Sf)		4	Aeh:p-s	Aeh:p-s(Sp)	5	Ss	90	6	4		4,1	3,32	s5			KAK1	3
14	pGG-BB:p-s(Sp)/f-s(Sf)		5	Bv:p-s	Bv:p-s(Sp)	35	Ss	91,5	6	3	1		4,89	s3		3,1	KAK1	
14	pGG-BB:p-s(Sp)/f-s(Sf)		6	Bv-ilCv:p-s	Bv-ilCv:p-s(Sp)	55	Ss	97	2	1	1	5,2	4,5	s4		1,65	KAK1	
14	pGG-BB:p-s(Sp)/f-s(Sf)		7	Go:fu-s	Go:fu-s(Sf)	95	Ss	94,5	3	2		5,415	5,545	s2		2,5	KAK1	
14	pGG-BB:p-s(Sp)/f-s(Sf)		8	Gr:fu-s	Gr:fu-s(Sf)	200	Ss	97	2	1		5,9	6,2	s1		2,3	KAK1	
15	gBB:p-s(Sp)/f-s(Sf)	vergleyte Braunerde aus Sand über Urstromtalsand	1	Ap:p-s	Ap:p-s(Sp)	30	Ss	89	7	3		6,39	5,69	s2		5,0335	KAK2	
15	gBB:p-s(Sp)/f-s(Sf)		2	Bv:p-s	Bv:p-s(Sp)	60	Ss	91,5	6	3	1		4,89	s3		3,1	KAK1	
15	gBB:p-s(Sp)/f-s(Sf)		3	ilCv:fu-s	ilCv:fu-s(Sf)	110	Ss	97	2	1		4,8	5	s3		2,4	KAK1	
15	gBB:p-s(Sp)/f-s(Sf)		4	Go:fu-s	Go:fu-s(Sf)	145	Ss	94,5	3	2		5,415	5,545	s2		2,5	KAK1	
15	gBB:p-s(Sp)/f-s(Sf)		5	Gr:fu-s	Gr:fu-s(Sf)	200	Ss	97	2	1		5,9	6,2	s1		2,3	KAK1	
16	BB-GG:p-s(Sp)/f-s(Sf)	Braunerde-Gley aus Sand über Urstromtalsand	1	Ap:p-s	Ap:p-s(Sp)	30	Ss	89	7	3		6,39	5,69	s2		5,0335	KAK2	
16	BB-GG:p-s(Sp)/f-s(Sf)		2	Bv-Go:p-s	Bv-Go:p-s(Sp)	50	Ss	91	5	4	1	5,4	4,57	s4			KAK1	
16	BB-GG:p-s(Sp)/f-s(Sf)		3	Go:fu-s	Go:fu-s(Sf)	90	Ss	94,5	3	2		5,415	5,545	s2		2,5	KAK1	
16	BB-GG:p-s(Sp)/f-s(Sf)		4	Gr:fu-s	Gr:fu-s(Sf)	200	Ss	97	2	1		5,9	6,2	s1		2,3	KAK1	
17	BB-GG:p-ls(Sp)/f-s(Sf)	Braunerde-Gley aus Lehmsand über Urstromtal/ Schmelzwassersand	1	Ap:p-ls	Ap:p-ls(Sp)	30	Sl2	73	21	6		6,3	6,1	s1		5,7	KAK2	
17	BB-GG:p-ls(Sp)/f-s(Sf)		2	Bv-Go:p-ls	Bv-Go:p-ls(Sp)	55	Sl2	80,5	13,5	6		7,22	5,65	s2		3,0555	KAK1	
17	BB-GG:p-ls(Sp)/f-s(Sf)		3	Go:fu-s	Go:fu-s(Sf)	95	Ss	94,5	3	2		5,415	5,545	s2		2,5	KAK1	
17	BB-GG:p-ls(Sp)/f-s(Sf)		4	Gr:fu-s	Gr:fu-s(Sf)	200	Ss	97	2	1		5,9	6,2	s1		2,3	KAK1	
18	BB-GG:p-s(Sp)/f-s(Sf)	Braunerde-Gley aus Sand über Urstromtalsand	1	Ap:p-s	Ap:p-s(Sp)	30	Ss	89	7	3		6,39	5,69	s2		5,0335	KAK2	
18	BB-GG:p-s(Sp)/f-s(Sf)		2	Bv-Go:p-s	Bv-Go:p-s(Sp)	50	Ss	91	5	4	1	5,4	4,57	s4			KAK1	
18	BB-GG:p-s(Sp)/f-s(Sf)		3	Go:fu-s	Go:fu-s(Sf)	90	Ss	94,5	3	2		5,415	5,545	s2		2,5	KAK1	
18	BB-GG:p-s(Sp)/f-s(Sf)		4	Gr:fu-s	Gr:fu-s(Sf)	200	Ss	97	2	1		5,9	6,2	s1		2,3	KAK1	
19	GG:f-s(Sf)//p-l(Lg)	Gley aus Sand über Lehm	1	Ap:ff-s	Ap:ff-s(Sf)	30	Ss	89	8	4	0	6,7	6	s2		18,9	KAK4	
19	GG:f-s(Sf)//p-l(Lg)		2	Go:ff-s	Go:ff-s(Sf)	60	Ss	97	2	1	0	6,8	6,16	s1		2,593	KAK1	
19	GG:f-s(Sf)//p-l(Lg)		3	Gor:ff-s	Gor:ff-s(Sf)	130	Ss	95	2	3	0	7,58	6,7	s1		2,41	KAK1	
19	GG:f-s(Sf)//p-l(Lg)		4	Gr:p-l	Gr:p-l(Lg)	200	Sl4	48	35	17			6	s2		10,5	KAK3	
20	GG:p-s(Sp)/f-s(Sf)	Gley aus Sand über Urstromtalsand	1	Ap:p-s	Ap:p-s(Sp)	30	Ss	89	7	3		6,39	5,69	s2		5,0335	KAK2	
20	GG:p-s(Sp)/f-s(Sf)		2	Go:p-s	Go:p-s(Sp)	65	Ss	91	6	3	1	6,3	5,8	s2		3,8	KAK1	
20	GG:p-s(Sp)/f-s(Sf)		3	Gor:fu-s	Gor:fu-s(Sf)	105	Ss	98	1	1		5,4	6,2	s1		1,9	KAK1	
20	GG:p-s(Sp)/f-s(Sf)		4	Gr:fu-s	Gr:fu-s(Sf)	200	Ss	97	2	1		5,9	6,2	s1		2,3	KAK1	
21	GG:f-s(Sf)	Gley aus Flusssand	1	Ap:ff-s	Ap:ff-s(Sf)	30	Ss	89	8	4	0	6,7	6	s2		18,9	KAK4	
21	GG:f-s(Sf)		2	Go:ff-s	Go:ff-s(Sf)	60	Ss	97	2	1	0	6,8	6,16	s1		2,593	KAK1	
21	GG:f-s(Sf)		3	Gor:ff-s	Gor:ff-s(Sf)	100	Ss	95	2	3	0	7,58	6,7	s1		2,41	KAK1	
21	GG:f-s(Sf)		4	Gr:ff-s	Gr:ff-s(Sf)	200	Ss	96	3	2	0	7,13	6,5	s1		3,32	KAK1	
22	GGh:f-s(Sf)	Humusgley aus Flusssand	1	Ap:ff-s	Ap:ff-s(Sf)	30	Ss	89	8	4	0	6,7	6	s2		18,9	KAK4	
22	GGh:f-s(Sf)		2	Ah-Go:ff-s	Ah-Go:ff-s(Sf)	45	Ss	91	6,5	2,5	0	7,1	6,02	s2		9,7995	KAK3	
22	GGh:f-s(Sf)		3	Go:ff-s	Go:ff-s(Sf)	80	Ss	97	2	1	0	6,8	6,16	s1		2,593	KAK1	
22	GGh:f-s(Sf)		4	Gr:ff-s	Gr:ff-s(Sf)	200	Ss	96	3	2	0	7,13	6,5	s1		3,32	KAK1	

23	GGc:f-es/f-s(Sf)	Kalkgley aus carbonatischem Flussssand über Flussssand	1	Acp:ff-es	Acp:ff-es(Sf)	30	Ss	86	10	4	1	8,07	7,67	a1	18,443	KAK4		
23	GGc:f-es/f-s(Sf)		2	Gco:ff-es	Gco:ff-es(Sf)	50	Ss	86	10	4	1	8,5	7,9	a1	3,1	KAK1		
23	GGc:f-es/f-s(Sf)		3	Gro:ff-s	Gro:ff-s(Sf)	90	Ss	97	2	1	0	6,74	6,24	s1	1,7135	KAK1		
23	GGc:f-es/f-s(Sf)		4	Gr:ff-s	Gr:ff-s(Sf)	200	Ss	96	3	2	0	7,13	6,5	s1	3,32	KAK1		
24	GGhc:f-es/f-Fmk/(Sf)	Kalkhumusgley aus carbonatischem Flussssand über Kalkmudde	1	eAp:ff-es	eAp:ff-es(Sf)	30	Ss	87	9	4	1	7,91	7,44	a1	19,269	KAK4		
24	GGhc:f-es/f-Fmk/(Sf)		2	eAh-Go:ff-es	eAh-Go:ff-es(Sf)	45	Ss	87	9	4	1			a1		KAK4		
24	GGhc:f-es/f-Fmk/(Sf)		3	eGo:ff-es	eGo:ff-es(Sf)	70	Ss	87	9	4	1	8,615	7,9	a1	3,1	KAK1		
24	GGhc:f-es/f-Fmk/(Sf)		4	erFr-Go:fl-Fmk	erFr-Go:fl-Fmk(Fm)	85	Fmk	18	65	17	0	7,92	7,8	a1	20,836	KAK5		
24	GGhc:f-es/f-Fmk/(Sf)		5	eGr:ff-es	eGr:ff-es(Sf)	200	Ss	87	9	4	1	8,7	7,65	a1	3,95	KAK1		
25	GG:f-s(Sf)	Gley aus Flussssand	1	Ap:ff-s	Ap:ff-s(Sf)	30	Ss	89	8	4	0	6,7	6	s2	18,9	KAK4		
25	GG:f-s(Sf)		2	Go:ff-s	Go:ff-s(Sf)	60	Ss	97	2	1	0	6,8	6,16	s1	2,593	KAK1		
25	GG:f-s(Sf)		3	Gor:ff-s	Gor:ff-s(Sf)	100	Ss	95	2	3	0	7,58	6,7	s1	2,41	KAK1		
25	GG:f-s(Sf)		4	Gr:ff-s	Gr:ff-s(Sf)	200	Ss	96	3	2	0	7,13	6,5	s1	3,32	KAK1		
26	GGh:f-s(Sf)	Humusgley aus Flussssand	1	Ap:ff-s	Ap:ff-s(Sf)	30	Ss	89	8	4	0	6,7	6	s2	18,9	KAK4		
26	GGh:f-s(Sf)		2	Ah-Go:ff-s	Ah-Go:ff-s(Sf)	45	Ss	91	6,5	2,5	0	7,1	6,02	s2	9,7995	KAK3		
26	GGh:f-s(Sf)		3	Go:ff-s	Go:ff-s(Sf)	80	Ss	97	2	1	0	6,8	6,16	s1	2,593	KAK1		
26	GGh:f-s(Sf)		4	Gr:ff-s	Gr:ff-s(Sf)	200	Ss	96	3	2	0	7,13	6,5	s1	3,32	KAK1		
27	GGh:f-s(Sf)	Humusgley aus Flussssand	1	Ap:ff-s	Ap:ff-s(Sf)	30	Ss	89	8	4	0	6,7	6	s2	18,9	KAK4		
27	GGh:f-s(Sf)		2	Ah-Go:ff-s	Ah-Go:ff-s(Sf)	45	Ss	91	6,5	2,5	0	7,1	6,02	s2	9,7995	KAK3		
27	GGh:f-s(Sf)		3	Go:ff-s	Go:ff-s(Sf)	80	Ss	97	2	1	0	6,8	6,16	s1	2,593	KAK1		
27	GGh:f-s(Sf)		4	Gr:ff-s	Gr:ff-s(Sf)	200	Ss	96	3	2	0	7,13	6,5	s1	3,32	KAK1		
28	GG:f-s(Sf)	Gley aus Flussssand	1	Ap:ff-s	Ap:ff-s(Sf)	30	Ss	89	8	4	0	6,7	6	s2	18,9	KAK4		
28	GG:f-s(Sf)		2	Go:ff-s	Go:ff-s(Sf)	60	Ss	97	2	1	0	6,8	6,16	s1	2,593	KAK1		
28	GG:f-s(Sf)		3	Gor:ff-s	Gor:ff-s(Sf)	100	Ss	95	2	3	0	7,58	6,7	s1	2,41	KAK1		
28	GG:f-s(Sf)		4	Gr:ff-s	Gr:ff-s(Sf)	200	Ss	96	3	2	0	7,13	6,5	s1	3,32	KAK1		
29	GMn:f-s(Sf)	Anmoorgley aus Flussssand	1	Aap:ff-s	Aap:ff-s(Sf)	30	Ss	89	8	4	0		5,45	s2	38,81	KAK6		
29	GMn:f-s(Sf)		2	Aa-Go:ff-s	Aa-Go:ff-s(Sf)	55	Ss	89	8	4	0		5,45	s2	38,81	KAK6		
29	GMn:f-s(Sf)		3	Go:ff-s	Go:ff-s(Sf)	85	Ss	97	2	1	0	6,8	6,16	s1	2,593	KAK1		
29	GMn:f-s(Sf)		4	Gr:ff-s	Gr:ff-s(Sf)	200	Ss	96	3	2	0	7,13	6,5	s1	3,32	KAK1		
30	BB-GG:p-ls(Sp)/f-t(b)	Braunerde-Gley aus Lehmsand über Beckenton	1	Ap:p-ls	Ap:p-ls(Sp)	25	SI2	73	21	6		6,3	6,1	s1	5,7	KAK2		
30	BB-GG:p-ls(Sp)/f-t(b)		2	Bv-Go:p-ls	Bv-Go:p-ls(Sp)	50	SI2	80,5	13,5	6		7,22	5,65	s2	3,0555	KAK1		
30	BB-GG:p-ls(Sp)/f-t(b)		3	Go:fgl-t	Go:fgl-t(b)	100	Tu3	30	35	35		6,6	7,15	s0	15,2	KAK4		
30	BB-GG:p-ls(Sp)/f-t(b)		4	Gr:fgl-t	Gr:fgl-t(b)	200	Tu3	30	35	35			5,4	s2	12,6	KAK4		
31	aGM:fo-s(Sf)	Auenanmoorgley aus Auensand	1	aAap:fo-s	aAap:fo-s(Sf)	25	Ss	90	6	4	0		6,2	s1	8,3	KAK3		
31	aGM:fo-s(Sf)		2	aAa-Go:fo-s	aAa-Go:fo-s(Sf)	45	Ss	90	6	4	0		5,5	s2	14,88	KAK4		
31	aGM:fo-s(Sf)		3	aGro:fo-s	aGro:fo-s(Sf)	85	Ss	94	3	3	0	7,5	6,7	s1	0,49	KAK1		
31	aGM:fo-s(Sf)		4	aGr:fo-s	aGr:fo-s(Sf)	200	Ss	94	3	3	0	7,5	5,9	s2	3,65	KAK1		
32	GG-AB:fo-ls(Sf)/fo-s(Sf)	Gley-Vega aus Auenlehmsand über Auensand	1	aAp:fo-ls	aAp:fo-ls(Sf)	35	SI2	80	12	8	0		5,95	s2	9,05	KAK3		
32	GG-AB:fo-ls(Sf)/fo-s(Sf)		2	aM:fo-ls	aM:fo-ls(Sf)	50	SI2	82	10	7,5		6,25	5,48	s2	7,198	KAK2		
32	GG-AB:fo-ls(Sf)/fo-s(Sf)		3	aGo-M:fo-s	aGo-M:fo-s(Sf)	70	Ss	90	6	4	0		6,2	s1	4,79	KAK2		
32	GG-AB:fo-ls(Sf)/fo-s(Sf)		4	aGo:fo-s	aGo:fo-s(Sf)	95	Ss	97	2	2	0	7,3	6,45	s1	2,2	KAK1		
32	GG-AB:fo-ls(Sf)/fo-s(Sf)		5	aGr:fo-s	aGr:fo-s(Sf)	200	Ss	94	3	3	0	7,5	5,9	s2	3,65	KAK1		
33	AB-GG:fo-ls(Sf)/fo-s(Sf)	Vega-Gley aus Auenlehmsand über Auensand	1	aAp:fo-ls	aAp:fo-ls(Sf)	30	SI2	80	12	8	0		5,95	s2	9,05	KAK3		
33	AB-GG:fo-ls(Sf)/fo-s(Sf)		2	aM-Go:fo-ls	aM-Go:fo-ls(Sf)	50	SI2	87	6	7	0	6,61	6,2	s1	4,79	KAK2		
33	AB-GG:fo-ls(Sf)/fo-s(Sf)		3	aGo:fo-s	aGo:fo-s(Sf)	75	Ss	97	2	2	0	7,3	6,45	s1	2,2	KAK1		
33	AB-GG:fo-ls(Sf)/fo-s(Sf)		4	aGr:fo-s	aGr:fo-s(Sf)	200	Ss	94	3	3	0	7,5	5,9	s2	3,65	KAK1		

34	aGGh:fo-l(Lf)/fo-s(Sf)	Auenhumusgley aus Auenlehm über Auensand	1	aAp:fo-l	aAp:fo-l(Lf)	25	Ls3	70	16	14			6,2	s1	17,9	KAK4			
34	aGGh:fo-l(Lf)/fo-s(Sf)		2	aAh-Go:fo-l	aAh-Go:fo-l(Lf)	45	Ls3	70	16	14			5,7	s2	12,1	KAK4			
34	aGGh:fo-l(Lf)/fo-s(Sf)		3	aGro:fo-s	aGro:fo-s(Sf)	85	Ss	94	3	3	0	7,5	6,7	s1	0,49	KAK1			
34	aGGh:fo-l(Lf)/fo-s(Sf)		4	aGr:fo-s	aGr:fo-s(Sf)	200	Ss	94	3	3	0	7,5	5,9	s2	3,65	KAK1			
35	sAB-GG:fo-l(Lf)/fo-s(Sf)	pseudovergleyter Vega-Gley aus Auenlehm über Auensand	1	aAp:fo-l	aAp:fo-l(Lf)	25	Ls3	70	16	14			6,2	s1	17,9	KAK4			
35	sAB-GG:fo-l(Lf)/fo-s(Sf)		2	aM-Go:fo-l	aM-Go:fo-l(Lf)	50	Ls3	70	16	14			5,6	s2	13,95	KAK4			
35	sAB-GG:fo-l(Lf)/fo-s(Sf)		3	aSwd-Go:fo-l	aSwd-Go:fo-l(Lf)	65	Ls2	70	16	14			5,5	s2	12,1	KAK4			
35	sAB-GG:fo-l(Lf)/fo-s(Sf)		4	aGro:fo-ls	aGro:fo-ls(Sf)	85	Su2	74	19	7	0		6,8	s0	17,714	KAK4			
35	sAB-GG:fo-l(Lf)/fo-s(Sf)		5	aGr:fo-ls	aGr:fo-ls(Sf)	200	Su2	74	20	6	1	5,95	5,85	s2	3,65	KAK1			
36	AB-SS-GG:fo-t(Lf)/fo-ls(Sf)	Vega-Pseudogley-Gley aus Auenton über Auenlehmsand	1	aAp:fo-t	aAp:fo-t(Lf)	25	Tu3	7	46	47		6,35	6,9	s0	30,7	KAK6			
36	AB-SS-GG:fo-t(Lf)/fo-ls(Sf)		2	aM-Sd-Go:fo-t	aM-Sd-Go:fo-t(Lf)	50	Tu3	7	46	47		6,9	6,85	s0	39,32	KAK6			
36	AB-SS-GG:fo-t(Lf)/fo-ls(Sf)		3	aGro:fo-ls	aGro:fo-ls(Sf)	75	Sl2	74	19	7	0		6,8	s0	17,714	KAK4			
36	AB-SS-GG:fo-t(Lf)/fo-ls(Sf)		4	aGr:fo-ls	aGr:fo-ls(Sf)	200	Sl2	74	20	6	1	5,95	5,85	s2	3,65	KAK1			
37	AB-GG-SS:fo-t(Lf)//fo-ls(Sf)	Vega-Gley-Pseudogley aus Auenton über Auenlehmsand	1	aAp:fo-t	aAp:fo-t(Lf)	25	Tu3	7	46	47		6,35	6,9	s0	30,7	KAK6			
37	AB-GG-SS:fo-t(Lf)//fo-ls(Sf)		2	aM-Sw:fo-t	aM-Sw:fo-t(Lf)	35	Tu3	7	46	47			6,85	s0	39,32	KAK6			
37	AB-GG-SS:fo-t(Lf)//fo-ls(Sf)		3	aGo-Sd:fo-t	aGo-Sd:fo-t(Lf)	65	Tu3	7	46	47			5,8	s2	32,01	KAK6			
37	AB-GG-SS:fo-t(Lf)//fo-ls(Sf)		4	aGor:fo-t	aGor:fo-t(Lf)	105	Tu3	7	46	47			6,1	s1	36,4	KAK6			
37	AB-GG-SS:fo-t(Lf)//fo-ls(Sf)		5	aGr:fo-ls	aGr:fo-ls(Sf)	200	Sl2	74	20	6	1	5,95	5,85	s2	3,65	KAK1			
38	pBB:p-s(Sp)/f-s(Sgf)	podsolige Braunerde aus Sand über Schmelzwassersand	1	L+Of:	L+Of:()	-6		0	0	0	0		3,5	s5		KAK4	14		
38	pBB:p-s(Sp)/f-s(Sgf)		2	Oh:	Oh:()	-3							3,7	s6		KAK4	19		
38	pBB:p-s(Sp)/f-s(Sgf)		3	Aeh:p-s	Aeh:p-s(Sp)	5	Ss	90	6	4			4,1	3,32	s5		KAK1	3	
38	pBB:p-s(Sp)/f-s(Sgf)		4	rAp:p-s	rAp:p-s(Sp)	25	Ss	90	4	4	1	4,58	5,81	s2	4,5	KAK2			
38	pBB:p-s(Sp)/f-s(Sgf)		5	Bv:p-s	Bv:p-s(Sp)	50	Ss	91,5	6	3	1		4,89	s3	3,1	KAK1			
38	pBB:p-s(Sp)/f-s(Sgf)		6	Bv-ilCv:p-s	Bv-ilCv:p-s(Sp)	70	Ss	97	2	1	1	5,2	4,5	s4	1,65	KAK1			
38	pBB:p-s(Sp)/f-s(Sgf)		7	ilCv:p-s	ilCv:p-s(Sgf)	115	Ss	96	3	1	1	4,88	4,6	s4	2,5	KAK1			
38	pBB:p-s(Sp)/f-s(Sgf)		8	ilCv:fg-s	ilCv:fg-s(Sgf)	200	Ss	97	2	1	1	5,5	5,3	s3	1,9	KAK1			
39	plBB:p-ls(Sp)/f-s(Sgf)	podsolige lessivierte Braunerde aus Lehmsand über Schmelzwassersand	1	L:	L:()	-7		0	0	0	0		3,41	s5		KAK3	11		
39	plBB:p-ls(Sp)/f-s(Sgf)		2	Of:	Of:()	-3		0	0	0	0		3,8	s2	s6		KAK4	16	
39	plBB:p-ls(Sp)/f-s(Sgf)		3	Oh:	Oh:()	0							3,7	s6		KAK4	19		
39	plBB:p-ls(Sp)/f-s(Sgf)		4	Aeh:p-ls	Aeh:p-ls(Sp)	5	Sl2	85,5	8,5	6			4	3,32	s5		KAK1	3	
39	plBB:p-ls(Sp)/f-s(Sgf)		5	rAp:p-ls	rAp:p-ls(Sp)	25	Sl2	82	11	7,5		6,1	5,81	s2	4,8045	KAK2			
39	plBB:p-ls(Sp)/f-s(Sgf)		6	Bv:p-ls	Bv:p-ls(Sp)	50	Su2	75	20	5		4,9	5,7	s2	3,8	KAK1			
39	plBB:p-ls(Sp)/f-s(Sgf)		7	Bbt-ilCv:p-s	Bbt-ilCv:p-s(Sgf)	75	Ss	92	4	4	1	5,55	5,53	s2	1,334	KAK1			
39	plBB:p-ls(Sp)/f-s(Sgf)		8	ilCv:fg-s	ilCv:fg-s(Sgf)	200	Ss	97	2	1	1	5,5	5,3	s3	1,9	KAK1			
40	BBn:p-ls(Sp)/f-s(Sgf)	Braunerde aus Lehmsand über Schmelzwassersand	1	Ap:p-ls	Ap:p-ls(Sp)	25	Sl2	73	21	6		6,3	6,1	s1	5,7	KAK2			
40	BBn:p-ls(Sp)/f-s(Sgf)		2	Bv:p-ls	Bv:p-ls(Sp)	50	Su2	75	20	5		4,9	5,7	s2	3,8	KAK1			
40	BBn:p-ls(Sp)/f-s(Sgf)		3	Bv-ilCv:p-s	Bv-ilCv:p-s(Sgf)	75	Ss	97	2	1	1	5,2	4,5	s4	1,65	KAK1			
40	BBn:p-ls(Sp)/f-s(Sgf)		4	ilCv:p-s	ilCv:p-s(Sgf)	115	Ss	96	3	1	1	4,88	4,6	s4	2,5	KAK1			
40	BBn:p-ls(Sp)/f-s(Sgf)		5	ilCv:fg-s	ilCv:fg-s(Sgf)	200	Ss	97	2	1	1	5,5	5,3	s3	1,9	KAK1			
41	BBn:p-s(Sp)/f-s(Sgf)	Braunerde aus Sand über Schmelzwassersand	1	Ap:p-s	Ap:p-s(Sp)	30	Ss	89	7	3		6,39	5,69	s2	5,0335	KAK2			
41	BBn:p-s(Sp)/f-s(Sgf)		2	Bv:p-s	Bv:p-s(Sp)	50	Ss	91,5	6	3	1		4,89	s3	3,1	KAK1			
41	BBn:p-s(Sp)/f-s(Sgf)		3	Bv-ilCv:p-s	Bv-ilCv:p-s(Sgf)	75	Ss	97	2	1	1	5,2	4,5	s4	1,65	KAK1			
41	BBn:p-s(Sp)/f-s(Sgf)		4	ilCv:fg-s	ilCv:fg-s(Sgf)	200	Ss	97	2	1	1	5,5	5,3	s3	1,9	KAK1			
42	pBB:p-s(Sp)/f-s(Sgf)	podsolige Baunerde aus Sand über Schmelzwassersand	1	L+Of:	L+Of:()	-6		0	0	0	0		3,5	s5		KAK4	14		
42	pBB:p-s(Sp)/f-s(Sgf)		2	Oh:	Oh:()	-3							3,7	s6		KAK4	19		
42	pBB:p-s(Sp)/f-s(Sgf)		3	Aeh:p-s	Aeh:p-s(Sp)	5	Ss	90	6	4			4,1	3,32	s5		KAK1	3	
42	pBB:p-s(Sp)/f-s(Sgf)		4	rAp:p-s	rAp:p-s(Sp)	25	Ss	90	4	4	1	4,58	5,81	s2	4,5	KAK2			

42	pBB:p-s(Sp)/f-s(Sgf)		5	Bv:p-s	Bv:p-s(Sp)	50	Ss	91,5	6	3	1		4,89	s3	3,1	KAK1			
42	pBB:p-s(Sp)/f-s(Sgf)		6	Bv-ilCv:p-s	Bv-ilCv:p-s(Sp)	70	Ss	97	2	1	1	5,2	4,5	s4	1,65	KAK1			
42	pBB:p-s(Sp)/f-s(Sgf)		7	ilCv:p-s	ilCv:p-s(Sgf)	115	Ss	96	3	1	1	4,88	4,6	s4	2,5	KAK1			
42	pBB:p-s(Sp)/f-s(Sgf)		8	ilCv:fg-s	ilCv:fg-s(Sgf)	200	Ss	97	2	1	1	5,5	5,3	s3	1,9	KAK1			
43	PP-BB:p-s(Sp)/f-s(Sgf)	Podsol-Braunerde aus Sand über Schmelzwassersand	1	L+Of:	L+Of:()	-7		0	0	0	0		3,5	s5		KAK4	14		
43	PP-BB:p-s(Sp)/f-s(Sgf)		2	Oh:	Oh:()	-2							3,7	3	s6		KAK4	19	
43	PP-BB:p-s(Sp)/f-s(Sgf)		3	Aeh:p-s	Aeh:p-s(Sp)	5	Ss	90	6	4			4,1	3,32	s5		KAK1	3	
43	PP-BB:p-s(Sp)/f-s(Sgf)		4	Bhs:p-s	Bhs:p-s(Sp)	11	Ss	94	2	3	1		4,5	4,175	s4	3,5	KAK1		
43	PP-BB:p-s(Sp)/f-s(Sgf)		5	Bsv:p-s	Bsv:p-s(Sp)	30	Ss	93	3,5	3	1		4,6	4,4	s4	2,5	KAK1	1	
43	PP-BB:p-s(Sp)/f-s(Sgf)		6	Bv:p-s	Bv:p-s(Sp)	55	Ss	91,5	6	3	1			4,89	s3	3,1	KAK1		
43	PP-BB:p-s(Sp)/f-s(Sgf)		7	ilCv:p-s	ilCv:p-s(Sgf)	100	Ss	96	3	1	1		4,88	4,6	s4	2,5	KAK1		
43	PP-BB:p-s(Sp)/f-s(Sgf)		8	ilCv:fg-s	ilCv:fg-s(Sgf)	200	Ss	97	2	1	1		5,5	5,3	s3	1,9	KAK1		
44	pBB:p-s(Sp)/f-s(Sgf)	podsolige Braunerde aus Sand über Schmelzwassersand	1	L+Of:	L+Of:()	-6		0	0	0	0		3,5	s5		KAK4	14		
44	pBB:p-s(Sp)/f-s(Sgf)		2	Oh:	Oh:()	-3							3,7	3	s6		KAK4	19	
44	pBB:p-s(Sp)/f-s(Sgf)		3	Aeh:p-s	Aeh:p-s(Sp)	5	Ss	90	6	4			4,1	3,32	s5		KAK1	3	
44	pBB:p-s(Sp)/f-s(Sgf)		4	rAp:p-s	rAp:p-s(Sp)	25	Ss	90	4	4	1		4,58	5,81	s2	4,5	KAK2		
44	pBB:p-s(Sp)/f-s(Sgf)		5	Bv:p-s	Bv:p-s(Sp)	50	Ss	91,5	6	3	1			4,89	s3	3,1	KAK1		
44	pBB:p-s(Sp)/f-s(Sgf)		6	Bv-ilCv:p-s	Bv-ilCv:p-s(Sp)	70	Ss	97	2	1	1		5,2	4,5	s4	1,65	KAK1		
44	pBB:p-s(Sp)/f-s(Sgf)		7	ilCv:p-s	ilCv:p-s(Sgf)	115	Ss	96	3	1	1		4,88	4,6	s4	2,5	KAK1		
44	pBB:p-s(Sp)/f-s(Sgf)		8	ilCv:fg-s	ilCv:fg-s(Sgf)	200	Ss	97	2	1	1		5,5	5,3	s3	1,9	KAK1		
45	gBB:p-s(Sp)/f-s(Sgf)	vergleyte Braunerde aus Sand über Urstromtalsand	1	Ap:p-s	Ap:p-s(Sp)	30	Ss	89	7	3		6,39	5,69	s2	5,0335	KAK2			
45	gBB:p-s(Sp)/f-s(Sgf)		2	Bv:p-s	Bv:p-s(Sp)	55	Ss	91,5	6	3	1			4,89	s3	3,1	KAK1		
45	gBB:p-s(Sp)/f-s(Sgf)		3	Bv-ilCv:p-s	Bv-ilCv:p-s(Sp)	70	Ss	97	2	1	1		5,2	4,5	s4	1,65	KAK1		
45	gBB:p-s(Sp)/f-s(Sgf)		4	ilCv:fg-s	ilCv:fg-s(Sgf)	110	Ss	97	2	1	1		5,5	5,3	s3	1,9	KAK1		
45	gBB:p-s(Sp)/f-s(Sgf)		5	Go:fg-s	Go:fg-s(Sgf)	150	Ss	95	2	3	1		6,6	5,2	s3	1,7	KAK1		
45	gBB:p-s(Sp)/f-s(Sgf)		6	Gr:fg-s	Gr:fg-s(Sgf)	200	Ss	91	7	2	1		6,7	6,15	s1	2,65	KAK1	0	
46	BB-GG:p-s(Sp)/f-s(Sgf)		Braunerde-Gley aus Sand über Schmelzwassersand	1	Ap:p-s	Ap:p-s(Sp)	30	Ss	89	7	3		6,39	5,69	s2	5,0335	KAK2		
46	BB-GG:p-s(Sp)/f-s(Sgf)	2		Bv-Go:p-s	Bv-Go:p-s(Sp)	50	Ss	91	5	4	1		5,4	4,57	s4		KAK1		
46	BB-GG:p-s(Sp)/f-s(Sgf)	3		Go:p-s	Go:p-s(Sgf)	90	Ss	91	6	3	1		6,3	5,9	s2	3,8	KAK1		
46	BB-GG:p-s(Sp)/f-s(Sgf)	4		Gr:p-s	Gr:p-s(Sgf)	200	Ss	90	8	2	1		5,785	6,5	s1	2,2	KAK1		
47	GGn:p-s(Sp)/f-s(Sgf)	Gley aus Sand über Schmelzwassersand	1	Ap:p-s	Ap:p-s(Sp)	30	Ss	89	7	3		6,39	5,69	s2	5,0335	KAK2			
47	GGn:p-s(Sp)/f-s(Sgf)		2	Go:p-s	Go:p-s(Sp)	65	Ss	91	6	3	1		6,3	5,8	s2	3,8	KAK1		
47	GGn:p-s(Sp)/f-s(Sgf)		3	Go:fg-s	Go:fg-s(Sgf)	110	Ss	95	2	3	1		6,6	5,2	s3	1,7	KAK1		
47	GGn:p-s(Sp)/f-s(Sgf)		4	Gr:fg-s	Gr:fg-s(Sgf)	200	Ss	91	7	2	1		6,7	6,15	s1	2,65	KAK1	0	
48	BBn:p-s(Sp)/f-s(Sgf)	Braunerde aus Sand über Schmelzwassersand	1	Ap:p-s	Ap:p-s(Sp)	30	Ss	89	7	3		6,39	5,69	s2	5,0335	KAK2			
48	BBn:p-s(Sp)/f-s(Sgf)		2	Bv:p-s	Bv:p-s(Sp)	50	Ss	91,5	6	3	1			4,89	s3	3,1	KAK1		
48	BBn:p-s(Sp)/f-s(Sgf)		3	Bv-ilCv:p-s	Bv-ilCv:p-s(Sp)	75	Ss	97	2	1	1		5,2	4,5	s4	1,65	KAK1		
48	BBn:p-s(Sp)/f-s(Sgf)		4	ilCv:fg-s	ilCv:fg-s(Sgf)	200	Ss	97	2	1	1		5,5	5,3	s3	1,9	KAK1		
49	IBB:p-s(Sp)/pas-ls(Sgf)	lessivierte Braunerde aus Sand über deluvialen Lehmsand	1	Ap:p-s	Ap:p-s(Sp)	30	Ss	89	7	3		6,39	5,69	s2	5,0335	KAK2			
49	IBB:p-s(Sp)/pas-ls(Sgf)		2	Bv:p-s	Bv:p-s(Sp)	55	Ss	91,5	6	3	1			4,89	s3	3,1	KAK1		
49	IBB:p-s(Sp)/pas-ls(Sgf)		3	Bbt-ilCv:pas-ls	Bbt-ilCv:	110	Su2	92	3	5			4,9	5,53	s2		KAK2		
49	IBB:p-s(Sp)/pas-ls(Sgf)		4	ilCv:pas-ls	ilCv:pas-ls(Sgf)	200	Su2	82	14	4				5,6	s2	2,5	KAK1		
50	pBB:p-s(Sp)/pas-ls(Sgf)	podsolige Braunerde aus Sand über deluvialen Lehmsand	1	L+Of:	L+Of:()	-6		0	0	0	0		3,5	s5		KAK4	14		
50	pBB:p-s(Sp)/pas-ls(Sgf)		2	Oh:	Oh:()	-3							3,7	3	s6		KAK4	19	
50	pBB:p-s(Sp)/pas-ls(Sgf)		3	Aeh:p-s	Aeh:p-s(Sp)	5	Ss	90	6	4			4,1	3,32	s5		KAK1	3	
50	pBB:p-s(Sp)/pas-ls(Sgf)		4	Bv:p-s	Bv:p-s(Sp)	30	Ss	91,5	6	3	1			4,89	s3	3,1	KAK1		
50	pBB:p-s(Sp)/pas-ls(Sgf)		5	Bv-ilCv:p-s	Bv-ilCv:p-s(Sp)	55	Ss	97	2	1	1		5,2	4,5	s4	1,65	KAK1		

50	pBB:p-s(Sp)/pas-ls(Sgf)		6	ilCv:pas-ls	ilCv:pas-ls(Sgf)	200	Su2	82	14	4			5,6	s2	2,5	KAK1		
51	GG-BB:p-s(Sp)/pas-ls(Sgf)	Gley-Braunerde aus Sand über deluvialen Lehmsand	1	Ap:p-s	Ap:p-s(Sp)	30	Ss	89	7	3		6,39	5,69	s2	5,0335	KAK2		
51	GG-BB:p-s(Sp)/pas-ls(Sgf)		2	Bv:p-s	Bv:p-s(Sp)	55	Ss	91,5	6	3	1		4,89	s3	3,1	KAK1		
51	GG-BB:p-s(Sp)/pas-ls(Sgf)		3	Bv-ilCv:pas-ls	Bv-ilCv:	75	Su2	82	14	4		5,4	5,05	s3	1	KAK1		
51	GG-BB:p-s(Sp)/pas-ls(Sgf)		4	Go:pas-ls	Go:pas-ls(Sgf)	105	Su2	75	22	3			5,9	s2	3,1	KAK1		
51	GG-BB:p-s(Sp)/pas-ls(Sgf)		5	Gr:pas-ls	Gr:pas-ls(Sgf)	200	Su2	84	12	4	1		6,8	s0	3,6	KAK1		
52	BBn:p-s(Sp)/f-s(Sgf)	Braunerde aus Sand über Schmelzwassersand	1	Ap:p-s	Ap:p-s(Sp)	30	Ss	89	7	3		6,39	5,69	s2	5,0335	KAK2		
52	BBn:p-s(Sp)/f-s(Sgf)		2	Bv:p-s	Bv:p-s(Sp)	50	Ss	91,5	6	3	1		4,89	s3	3,1	KAK1		
52	BBn:p-s(Sp)/f-s(Sgf)		3	Bv-ilCv:p-s	Bv-ilCv:p-s(Sgf)	75	Ss	97	2	1	1	5,2	4,5	s4	1,65	KAK1		
52	BBn:p-s(Sp)/f-s(Sgf)		4	ilCv:fg-s	ilCv:fg-s(Sgf)	200	Ss	97	2	1	1	5,5	5,3	s3	1,9	KAK1		
53	BBn:p-ls(Sp)/f-s(Sgf)	Braunerde aus Lehmsand über Schmelzwassersand	1	Ap:p-ls	Ap:p-ls(Sp)	25	Sl2	73	21	6		6,3	6,1	s1	5,7	KAK2		
53	BBn:p-ls(Sp)/f-s(Sgf)		2	Bv:p-ls	Bv:p-ls(Sp)	50	Su2	75	20	5		4,9	5,7	s2	3,8	KAK1		
53	BBn:p-ls(Sp)/f-s(Sgf)		3	Bv-ilCv:p-s	Bv-ilCv:p-s(Sgf)	75	Ss	97	2	1	1	5,2	4,5	s4	1,65	KAK1		
53	BBn:p-ls(Sp)/f-s(Sgf)		4	ilCv:p-s	ilCv:p-s(Sgf)	115	Ss	96	3	1	1	4,88	4,6	s4	2,5	KAK1		
53	BBn:p-ls(Sp)/f-s(Sgf)		5	ilCv:fg-s	ilCv:fg-s(Sgf)	200	Ss	97	2	1	1	5,5	5,3	s3	1,9	KAK1		
54	BBn:p-s(Sp)/f-s(Sgf)	Braunerde aus Sand über Schmelzwassersand	1	Ap:p-s	Ap:p-s(Sp)	30	Ss	89	7	3		6,39	5,69	s2	5,0335	KAK2		
54	BBn:p-s(Sp)/f-s(Sgf)		2	Bv:p-s	Bv:p-s(Sp)	50	Ss	91,5	6	3	1		4,89	s3	3,1	KAK1		
54	BBn:p-s(Sp)/f-s(Sgf)		3	Bv-ilCv:p-s	Bv-ilCv:p-s(Sgf)	75	Ss	97	2	1	1	5,2	4,5	s4	1,65	KAK1		
54	BBn:p-s(Sp)/f-s(Sgf)		4	ilCv:fg-s	ilCv:fg-s(Sgf)	200	Ss	97	2	1	1	5,5	5,3	s3	1,9	KAK1		
55	IBB:p-ls(Sp)/f-s(Sgf)	lessivierte Braunerde aus Lehmsand über Schmelzwassersand	1	Ap:p-ls	Ap:p-ls(Sp)	25	Sl2	73	21	6		6,3	6,1	s1	5,7	KAK2		
55	IBB:p-ls(Sp)/f-s(Sgf)		2	Bv:p-ls	Bv:p-ls(Sp)	50	Su2	75	20	5		4,9	5,7	s2	3,8	KAK1		
55	IBB:p-ls(Sp)/f-s(Sgf)		3	Bbt-ilCv:p-ls	Bbt-ilCv:p-ls(Sp)	70	Su2	75	20	5		6,1	5,53	s2	1,334	KAK1		
55	IBB:p-ls(Sp)/f-s(Sgf)		4	ilCv:p-s	ilCv:p-s(Sgf)	115	Ss	96	3	1	1	4,88	4,6	s4	2,5	KAK1		
55	IBB:p-ls(Sp)/f-s(Sgf)		5	ilCv:fg-s	ilCv:fg-s(Sgf)	200	Ss	97	2	1	1	5,5	5,3	s3	1,9	KAK1		
56	pBB:p-s(Sp)/f-s(Sgf)	podsolige Braunerde aus Sand über Schmelzwassersand	1	L+Of:	L+Of:()	-6		0	0	0	0		3,5	s5		KAK4	14	
56	pBB:p-s(Sp)/f-s(Sgf)		2	Oh:	Oh:()	-3							3,7	s6		KAK4	19	
56	pBB:p-s(Sp)/f-s(Sgf)		3	Aeh:p-s	Aeh:p-s(Sp)	5	Ss	90	6	4			4,1	s5	3,32	KAK1	3	
56	pBB:p-s(Sp)/f-s(Sgf)		4	rAp:p-s	rAp:p-s(Sp)	25	Ss	90	4	4	1	4,58	5,81	s2	4,5	KAK2		
56	pBB:p-s(Sp)/f-s(Sgf)		5	Bv:p-s	Bv:p-s(Sp)	50	Ss	91,5	6	3	1		4,89	s3	3,1	KAK1		
56	pBB:p-s(Sp)/f-s(Sgf)		6	Bv-ilCv:p-s	Bv-ilCv:p-s(Sp)	70	Ss	97	2	1	1	5,2	4,5	s4	1,65	KAK1		
56	pBB:p-s(Sp)/f-s(Sgf)		7	ilCv:p-s	ilCv:p-s(Sgf)	115	Ss	96	3	1	1	4,88	4,6	s4	2,5	KAK1		
56	pBB:p-s(Sp)/f-s(Sgf)		8	ilCv:fg-s	ilCv:fg-s(Sgf)	200	Ss	97	2	1	1	5,5	5,3	s3	1,9	KAK1		
57	GG-BB:p-ls(Sp)/f-s(Sgf)	Gley-Braunerde aus Lehmsand über Schmelzwassersand	1	Ap:p-ls	Ap:p-ls(Sp)	25	Sl2	73	21	6		6,3	6,1	s1	5,7	KAK2		
57	GG-BB:p-ls(Sp)/f-s(Sgf)		2	Bv:p-ls	Bv:p-ls(Sp)	50	Su2	75	20	5		4,9	5,7	s2	3,8	KAK1		
57	GG-BB:p-ls(Sp)/f-s(Sgf)		3	Bv-ilCv:p-ls	Bv-ilCv:p-ls(Sp)	75	Su2	81	16	3		5	4,9	s3	2,7	KAK1		
57	GG-BB:p-ls(Sp)/f-s(Sgf)		4	Go:fg-s	Go:fg-s(Sgf)	105	Ss	95	2	3	1	6,6	5,2	s3	1,7	KAK1		
57	GG-BB:p-ls(Sp)/f-s(Sgf)		5	Gr:fg-s	Gr:fg-s(Sgf)	200	Ss	91	7	2	1	6,7	6,15	s1	2,65	KAK1	0	
58	gBB:p-s(Sp)/f-s(Sgf)	vergleyte Braunerde aus Sand über Schmelzwassersand	1	Ap:p-s	Ap:p-s(Sp)	30	Ss	89	7	3		6,39	5,69	s2	5,0335	KAK2		
58	gBB:p-s(Sp)/f-s(Sgf)		2	Bv:p-s	Bv:p-s(Sp)	55	Ss	91,5	6	3	1		4,89	s3	3,1	KAK1		
58	gBB:p-s(Sp)/f-s(Sgf)		3	Bv-ilCv:p-s	Bv-ilCv:p-s(Sp)	70	Ss	97	2	1	1	5,2	4,5	s4	1,65	KAK1		
58	gBB:p-s(Sp)/f-s(Sgf)		4	ilCv:fg-s	ilCv:fg-s(Sgf)	110	Ss	97	2	1	1	5,5	5,3	s3	1,9	KAK1		
58	gBB:p-s(Sp)/f-s(Sgf)		5	Go:fg-s	Go:fg-s(Sgf)	150	Ss	95	2	3	1	6,6	5,2	s3	1,7	KAK1		
58	gBB:p-s(Sp)/f-s(Sgf)		6	Gr:fg-s	Gr:fg-s(Sgf)	200	Ss	91	7	2	1	6,7	6,15	s1	2,65	KAK1	0	
59	IBB:p-s(Sp)/p-l(Mg)	lessivierte Braunerde aus Sand über Lehm	1	Ap:p-s	Ap:p-s(Sp)	30	Ss	89	7	3		6,39	5,69	s2	5,0335	KAK2		
59	IBB:p-s(Sp)/p-l(Mg)		2	Bv:p-s	Bv:p-s(Sp)	50	Ss	91,5	6	3	1		4,89	s3	3,1	KAK1		
59	IBB:p-s(Sp)/p-l(Mg)		3	Bbt-Bv:p-s	Bbt-Bv:p-s(Mg)	85	Ss	92	4	4		6,12	5,3	s3	1,9	KAK1		
59	IBB:p-s(Sp)/p-l(Mg)		4	ilCv:p-l	ilCv:p-l(Mg)	200	Sl4	69	18	13		6,295	5,89	s2	5,32	KAK2		

60	LFn:p-s(Sp)/p-l(Mg)	Fahlerde aus Sand über Lehm	1	Ap:p-s	Ap:p-s(Sp)	30	Ss	89	7	3		6,39	5,69	s2	5,0335	KAK2		
60	LFn:p-s(Sp)/p-l(Mg)		2	Ael:p-s	Ael:p-s(Sp)	50	Ss	90	8	2		5,69	5,315	s3	2,5	KAK1		
60	LFn:p-s(Sp)/p-l(Mg)		3	Bt+Ael:p-ls	Bt+Ael:p-ls(Sp)	70	SI3	72	16	6		5,495	5,435	s2	4,134	KAK2		
60	LFn:p-s(Sp)/p-l(Mg)		4	Bt:p-l	Bt:p-l(Mg)	110	Ls4	55	25	20		6,8	6,4	s1	10,2	KAK3		
60	LFn:p-s(Sp)/p-l(Mg)		5	ilCv:p-l	ilCv:p-l(Mg)	200	SI4	69	18	13		6,295	5,89	s2	5,32	KAK2		
61	LF-BB:p-ls(Sp)/p-l(Mg)	Fahlerde-Braunerde aus Lehmsand über Lehm	1	Ap:p-ls	Ap:p-ls(Sp)	30	SI2	73	21	6		6,3	6,1	s1	5,7	KAK2		
61	LF-BB:p-ls(Sp)/p-l(Mg)		2	Ael-Bv:p-ls	Ael-Bv:p-ls(Sp)	50	Su2	75	20	5		5,69	6,4	s1	3,8	KAK1		
61	LF-BB:p-ls(Sp)/p-l(Mg)		3	Ael:p-ls	Ael:p-ls(Sp)	65	Su2	75	20	5		6,005	6	s2	2,985	KAK1		
61	LF-BB:p-ls(Sp)/p-l(Mg)		4	Bt:p-l	Bt:p-l(Mg)	105	Ls4	55	25	20		6,8	6,4	s1	10,2	KAK3		
61	LF-BB:p-ls(Sp)/p-l(Mg)		5	ilCv:p-l	ilCv:p-l(Mg)	200	SI4	69	18	13		6,295	5,89	s2	5,32	KAK2		
62	PP-BB:p-ls(Sp)/f-s(Sgf)	Podsol-Braunerde aus Lehmsand über Schmelzwassersand	1	L:	L:()	-7		0	0	0	0		3,41	s5		KAK3	11	
62	PP-BB:p-ls(Sp)/f-s(Sgf)		2	Of:	Of:()	-3		0	0	0	0	3,8	3,2	s6		KAK4	16	
62	PP-BB:p-ls(Sp)/f-s(Sgf)		3	Oh:	Oh:()	0						3,7	3	s6		KAK4	19	
62	PP-BB:p-ls(Sp)/f-s(Sgf)		4	Aeh:p-ls	Aeh:p-ls(Sp)	5	Su2	85,5	8,5	6		4	3,32	s5		KAK1	3	
62	PP-BB:p-ls(Sp)/f-s(Sgf)		5	Bhs:p-ls	Bhs:p-ls(Sp)	15	Su2	84	10,5	4		3,95	4	s4	1	KAK1		
62	PP-BB:p-ls(Sp)/f-s(Sgf)		6	Bsv:p-ls	Bsv:p-ls(Sp)	35	Su2	81	16	4		4,4	4	s4	3,45	KAK1	2	
62	PP-BB:p-ls(Sp)/f-s(Sgf)		7	Bv-ilCv:p-ls	Bv-ilCv:p-ls(Sp)	65	Su2	81	16	3		5	4,9	s3	2,7	KAK1		
62	PP-BB:p-ls(Sp)/f-s(Sgf)		8	ilCv:p-s	ilCv:p-s(Sgf)	110	Ss	96	3	1	1	4,88	4,6	s4	2,5	KAK1		
62	PP-BB:p-ls(Sp)/f-s(Sgf)		9	ilCv:fg-s	ilCv:fg-s(Sgf)	200	Ss	97	2	1	1	5,5	5,3	s3	1,9	KAK1		
63	LF-BB:p-s(Sp)/p-l(Mg)	Fahlerde-Braunerde aus Sand über Lehm	1	Ap:p-s	Ap:p-s(Sp)	30	Ss	89	7	3		6,39	5,69	s2	5,0335	KAK2		
63	LF-BB:p-s(Sp)/p-l(Mg)		2	Ael-Bv:p-s	Ael-Bv:p-s(Sp)	50	Ss	90	8	2		5,4	5,5	s2	2,25	KAK1		
63	LF-BB:p-s(Sp)/p-l(Mg)		3	Ael:p-s	Ael:p-s(Sp)	65	Ss	90	8	2		5,69	5,315	s3	2,5	KAK1		
63	LF-BB:p-s(Sp)/p-l(Mg)		4	Bt:p-l	Bt:p-l(Mg)	105	Ls4	55	25	20		6,8	6,4	s1	10,2	KAK3		
63	LF-BB:p-s(Sp)/p-l(Mg)		5	ilCv:p-l	ilCv:p-l(Mg)	200	SI4	69	18	13		6,295	5,89	s2	5,32	KAK2		
64	TT-LL:p-s(Sp)/p-l(Mg)	Tschernosem-Parabraunerde aus Sand über Lehm	1	Ap:p-s	Ap:p-s(Sp)	30	Ss	89	7	3		6,39	5,69	s2	5,0335	KAK2		
64	TT-LL:p-s(Sp)/p-l(Mg)		2	Axh-Al:p-s	Axh-Al:p-s(Sp)	55	Ss	9	6	4			5,7	s2	5,64	KAK2		
64	TT-LL:p-s(Sp)/p-l(Mg)		3	Bht:p-l	Bht:p-l(Mg)	85	Ls4	48	31	21		8,2	6,5	s1	13	KAK4		
64	TT-LL:p-s(Sp)/p-l(Mg)		4	ilCv:p-l	ilCv:p-l(Mg)	200	SI4	69	18	13		6,295	5,89	s2	5,32	KAK2		
65	BB-LL:p-ls(Sp)/g-el(Mg)	Braunerde-Parabraunerde aus Lehmsand über Lehm	1	Ap:p-ls	Ap:p-ls(Sp)	30	SI3	73	21	6		6,3	6,1	s1	5,7	KAK2		
65	BB-LL:p-ls(Sp)/g-el(Mg)		2	Bv-Al:p-ls	Bv-Al:p-ls(Sp)	50	SI3	74	15	11			5	s3	1,895	KAK1		
65	BB-LL:p-ls(Sp)/g-el(Mg)		3	Al:p-ls	Al:p-ls(Sp)	70	SI3	65	30	5			6,5	s1	4,29	KAK2		
65	BB-LL:p-ls(Sp)/g-el(Mg)		4	Bt:p-l	Bt:p-l(Mg)	110	Ls4	55	25	20		6,8	6,4	s1	10,2	KAK3		
65	BB-LL:p-ls(Sp)/g-el(Mg)		5	elCv:g-el	elCv:g-el(Mg)	200	SI4	54	29	16	4	8,6	7,5	a1	8,8	KAK3		
66	BB-LF:p-ls(Sp)/p-l(Mg)	Braunerde-Fahlerde aus Lehmsand über Lehm	1	Ap:p-ls	Ap:p-ls(Sp)	30	SI2	73	21	6		6,3	6,1	s1	5,7	KAK2		
66	BB-LF:p-ls(Sp)/p-l(Mg)		2	Bv-Ael:p-ls	Bv-Ael:p-ls(Sp)	45	Su2	71	24	6		4,9	5,28	s3	3,1	KAK1		
66	BB-LF:p-ls(Sp)/p-l(Mg)		3	Ael:p-ls	Ael:p-ls(Sp)	65	Su2	75	20	5		6,005	6	s2	2,985	KAK1		
66	BB-LF:p-ls(Sp)/p-l(Mg)		4	Bt:p-l	Bt:p-l(Mg)	105	Ls4	55	25	20		6,8	6,4	s1	10,2	KAK3		
66	BB-LF:p-ls(Sp)/p-l(Mg)		5	elCv:g-el	elCv:g-el(Mg)	200	SI4	54	29	16	4	8,6	7,5	a1	8,8	KAK3		
67	sBB:p-ls(Sp)/p-ls(Lg)	pseudovergleyte Braunerde aus Lehmsand über Lehmsand	1	Ap:p-ls	Ap:p-ls(Sp)	30	SI2	73	21	6		6,3	6,1	s1	5,7	KAK2		
67	sBB:p-ls(Sp)/p-ls(Lg)		2	Bv:p-ls	Bv:p-ls(Sp)	50	Su2	75	20	5		4,9	5,7	s2	3,8	KAK1		
67	sBB:p-ls(Sp)/p-ls(Lg)		3	Bv-ilCv:p-ls	Bv-ilCv:p-ls(Lg)	80	Su2	81	16	3		5	4,9	s3	2,7	KAK1		
67	sBB:p-ls(Sp)/p-ls(Lg)		4	Sw-d-ilCv:p-ls	Sw-d-ilCv:p-ls(Lg)	120	SI3	74	15	11		4,7	3,95	s5		KAK2		
67	sBB:p-ls(Sp)/p-ls(Lg)		5	ilCv:p-ls	ilCv:p-ls(Lg)	200	SI3	82	14	4		6,4	5,21	s3	2,002	KAK1		
68	LF-SS:p-ls(Sp)/g-el(Mg)	Fahlerde-Pseudogley aus Lehmsand über Lehm	1	Ap:p-ls	Ap:p-ls(Sp)	30	SI2	73	21	6		6,3	6,1	s1	5,7	KAK2		
68	LF-SS:p-ls(Sp)/g-el(Mg)		2	Ael-Sw:p-ls	Ael-Sw:p-ls(Sp)	45	Su2	75	14	10		6,7	5,8	s2	1,93	KAK1		
68	LF-SS:p-ls(Sp)/g-el(Mg)		3	Bt-Sd:p-l	Bt-Sd:p-l(Mg)	80	Ls4	54	25	21		6,34	6,15	s1	10,1	KAK3		
68	LF-SS:p-ls(Sp)/g-el(Mg)		4	Sd-elCv:g-el	Sd-elCv:g-el(Mg)	140	SI4	54	30	16	4	8,485	7,3	a1	8,2	KAK3		

68	LF-SS:p-ls(Sp)/g-el(Mg)		5	elCv:g-el	elCv:g-el(Mg)	200	Sl4	54	29	16	4	8,6	7,5	a1	8,8	KAK3		
69	LF-SS:p-l(Lp)/f-u(b)	Fahlerde-Pseudogley aus Lehm über Beckenton	1	Ap:p-l	Ap:p-l(Lp)	30	Ls4	55	29	15		7,5	6,7	s1	11,5	KAK3		
69	LF-SS:p-l(Lp)/f-u(b)		2	Ael-Swd:p-l	Ael-Swd:p-l(Lp)	45	Ls4	60	19	21			5,9	s2	10,1	KAK3		
69	LF-SS:p-l(Lp)/f-u(b)		3	Bt-Sd:p-u(b)	Bt-Sd:p-u(b)	85	Lu	26	53	21	0	3,9		s1	13,9	KAK4		
69	LF-SS:p-l(Lp)/f-u(b)		4	Sd-ilCv:fgl-u	Sd-ilCv:fgl-u(b)	200	Lu	16,5	68,5	15			5,2	s3	7,95	KAK2		
70	LL-BB:p-s(Sp)/p-l(Mg)	Parabraunerde-Braunerde aus Sand über Lehm	1	Ap:p-s	Ap:p-s(Sp)	30	Ss	89	7	3		6,39	5,69	s2	5,0335	KAK2		
70	LL-BB:p-s(Sp)/p-l(Mg)		2	Al-Bv:p-s	Al-Bv:p-s(Sp)	50	Ss	90	6	4			5	s3	1,895	KAK1		
70	LL-BB:p-s(Sp)/p-l(Mg)		3	Al:p-s	Al:p-s(Sp)	65	Ss	90	6	4			6,5	s1	4,29	KAK2		
70	LL-BB:p-s(Sp)/p-l(Mg)		4	Bt:p-l	Bt:p-l(Mg)	105	Ls4	55	25	20		6,8		s1	10,2	KAK3		
70	LL-BB:p-s(Sp)/p-l(Mg)		5	ilCv:p-l	ilCv:p-l(Mg)	200	Sl4	69	18	13		6,295	5,89	s2	5,32	KAK2		
71	LF-GG:p-ls(Sp)/p-l(Mg)	Fahlerde-Gley aus Lehmsand über Lehm	1	Ap:p-ls	Ap:p-ls(Sp)	30	Sl2	73	21	6		6,3	6,1	s1	5,7	KAK2		
71	LF-GG:p-ls(Sp)/p-l(Mg)		2	Ael-Go:p-ls	Ael-Go:p-ls(Sp)	50	Sl2	84	6	10		5,9	5,8	s2	3,8	KAK1		
71	LF-GG:p-ls(Sp)/p-l(Mg)		3	Bt-Go:p-l	Bt-Go:p-l(Mg)	80	Sl4	53,5	27	19		6,86	5,705	s2	12,9225	KAK4		
71	LF-GG:p-ls(Sp)/p-l(Mg)		4	Go:p-l	Go:p-l(Lg)	110	Sl4	50	33	17			6,75	s0	9,4	KAK3		
71	LF-GG:p-ls(Sp)/p-l(Mg)		5	Gr:p-l	Gr:p-l(Lg)	200	Sl4	48	35	17			6	s2	10,5	KAK3		
72	HNv:og-Hn/f-s(Sf)	Erdniedermoor aus Torf über Flusssand	1	Hvp:og-Hn	Hvp:og-Hn(Hn)	30	Hn	0	0	0	0	6,24	6,26	s1	29,737	KAK5		
72	HNv:og-Hn/f-s(Sf)		2	Hv:og-Hn	Hv:og-Hn(Hn)	50	Hn	0	0	0	0	6,07	5,86	s2	75,9	KAK6		
72	HNv:og-Hn/f-s(Sf)		3	Go:ff-s	Go:ff-s(Sf)	65	Ss	97	2	1	0	6,8	6,16	s1	2,593	KAK1		
72	HNv:og-Hn/f-s(Sf)		4	Gr:ff-s	Gr:ff-s(Sf)	200	Ss	96	3	2	0	7,13	6,5	s1	3,32	KAK1		
73	HNv:og-Hn/f-s(Sf)	Erdniedermoor aus Torf über Flusssand	1	Hvp:og-Hn	Hvp:og-Hn(Hn)	30	Hn	0	0	0	0	6,24	6,26	s1	29,737	KAK5		
73	HNv:og-Hn/f-s(Sf)		2	Hv:og-Hn	Hv:og-Hn(Hn)	50	Hn	0	0	0	0	6,07	5,86	s2	75,9	KAK6		
73	HNv:og-Hn/f-s(Sf)		3	Go:ff-s	Go:ff-s(Sf)	65	Ss	97	2	1	0	6,8	6,16	s1	2,593	KAK1		
73	HNv:og-Hn/f-s(Sf)		4	Gr:ff-s	Gr:ff-s(Sf)	200	Ss	96	3	2	0	7,13	6,5	s1	3,32	KAK1		
74	HNcv:og-eHn/f-es	Erdkalkniedermoor aus Carbonattorf über Flusssand	1	Hcp:og-eHn	Hcp:og-eHn(Hn)	30	Hn	0	0	0	0	7,61	7,53	a1	77,226	KAK6		
74	HNcv:og-eHn/f-es		2	Hcv:og-eHn	Hcv:og-eHn(Hn)	45	Hn	0	0	0	0	7,625	7,4	a1	63,5	KAK6		
74	HNcv:og-eHn/f-es		3	Gcr:ff-es	Gcr:ff-es(Sf)	200	Ss	87	9	4		8,5	7,9	a1	3,932	KAK1		
75	HNv:og-Hn/f-s(Sf)	Erdniedermoor aus Torf über Flusssand	1	Hvp:og-Hn	Hvp:og-Hn(Hn)	30	Hn	0	0	0	0	6,24	6,26	s1	29,737	KAK5		
75	HNv:og-Hn/f-s(Sf)		2	Hv:og-Hn	Hv:og-Hn(Hn)	50	Hn	0	0	0	0	6,07	5,86	s2	75,9	KAK6		
75	HNv:og-Hn/f-s(Sf)		3	Go:ff-s	Go:ff-s(Sf)	65	Ss	97	2	1	0	6,8	6,16	s1	2,593	KAK1		
75	HNv:og-Hn/f-s(Sf)		4	Gr:ff-s	Gr:ff-s(Sf)	200	Ss	96	3	2	0	7,13	6,5	s1	3,32	KAK1		
76	HNcv:og-eHn/g-el(Mg)	Erdkalkniedermoor aus Carbonattorf über tiefem Moränencarbonatlehm	1	Hcp:og-eHn	Hcp:og-eHn(Hn)	25	Hn	0	0	0	0	7,61	7,53	a1	77,226	KAK6		
76	HNcv:og-eHn/g-el(Mg)		2	Hcv:og-eHn	Hcv:og-eHn(Hn)	45	Hn	0	0	0	0	7,625	7,4	a1	63,5	KAK6		
76	HNcv:og-eHn/g-el(Mg)		3	Hcr:og-eHn	Hcr:og-eHn(Hn)	90	Hn	0	0	0	0	7,4	7,2	s0	66,6	KAK6		
76	HNcv:og-eHn/g-el(Mg)		4	Gcr:p-el	Gcr:p-el(Mg)	120	Sl4	54	29	16	4		7,2	s0		KAK3		
76	HNcv:og-eHn/g-el(Mg)		5	eGr:g-el	eGr:g-el(Mg)	200	Sl4	54	29	16	4		7,1	s0		KAK3		
77	HNv:og-Hn/f-s(Sf)	Erdniedermoor aus Torf über Flusssand	1	Hvp:og-Hn	Hvp:og-Hn(Hn)	30	Hn	0	0	0	0	6,24	6,26	s1	29,737	KAK5		
77	HNv:og-Hn/f-s(Sf)		2	Hv:og-Hn	Hv:og-Hn(Hn)	50	Hn	0	0	0	0	6,07	5,86	s2	75,9	KAK6		
77	HNv:og-Hn/f-s(Sf)		3	Go:ff-s	Go:ff-s(Sf)	65	Ss	97	2	1	0	6,8	6,16	s1	2,593	KAK1		
77	HNv:og-Hn/f-s(Sf)		4	Gr:ff-s	Gr:ff-s(Sf)	200	Ss	96	3	2	0	7,13	6,5	s1	3,32	KAK1		
78	HNv:og-Hn/p-l(Lg)	Erdniedermoor aus Torf über Lehm	1	Hvp:og-Hn	Hvp:og-Hn(Hn)	25	Hn	0	0	0	0	6,24	6,26	s1	29,737	KAK5		
78	HNv:og-Hn/p-l(Lg)		2	Hv:og-Hn	Hv:og-Hn(Hn)	45	Hn	0	0	0	0	6,07	5,86	s2	75,9	KAK6		
78	HNv:og-Hn/p-l(Lg)		3	Gr:p-s	Gr:p-s(Sp)	110	Ss	90	8	2	1		6,5	s1	2,2	KAK1		
78	HNv:og-Hn/p-l(Lg)		4	Gr:p-l	Gr:p-l(Lg)	200	Sl4	48	35	17			6	s2	10,5	KAK3		
79	HNcv:og-eHn/og-Hn	Erdkalkniedermoor aus Carbonattorf über Torf	1	Hcp:og-eHn	Hcp:og-eHn(Hn)	30	Hn	0	0	0	0	7,61	7,53	a1	77,226	KAK6		
79	HNcv:og-eHn/og-Hn		2	Hcv:og-eHn	Hcv:og-eHn(Hn)	50	Hn	0	0	0	0	7,625	7,4	a1	63,5	KAK6		
79	HNcv:og-eHn/og-Hn		3	Hr:og-Hn	Hr:og-Hn(Hn)	200	Hn	0	0	0	0	5,1	4,9	s3	57,385	KAK6		

80	HNv:og-Hn	Erdniedermoor aus Torf	1	Hvp:og-Hn	Hvp:og-Hn(Hn)	20	Hn	0	0	0	0	6,24	6,26	s1	29,737	KAK5		
80	HNv:og-Hn		2	Hw:og-Hn	Hw:og-Hn(Hn)	45	Hn	0	0	0	0	5,12	4,7	s2	85,8	KAK6		
80	HNv:og-Hn		3	Hat:og-Hn	Hat:og-Hn(Hn)	100	Hn	0	0	0	0	5,85	6,1	s1	74,2	KAK6		
80	HNv:og-Hn		4	Hr:og-Hn	Hr:og-Hn(Hn)	200	Hn	0	0	0	0	5,1	4,9	s3	57,385	KAK6		
81	HNv:og-Hn/f-s(Sf)	Erdniedermoor aus Torf über Flusssand	1	Hvp:og-Hn	Hvp:og-Hn(Hn)	30	Hn	0	0	0	0	6,24	6,26	s1	29,737	KAK5		
81	HNv:og-Hn/f-s(Sf)		2	Hv:og-Hn	Hv:og-Hn(Hn)	50	Hn	0	0	0	0	6,07	5,86	s2	75,9	KAK6		
81	HNv:og-Hn/f-s(Sf)		3	Go:ff-s	Go:ff-s(Sf)	65	Ss	97	2	1	0	6,8	6,16	s1	2,593	KAK1		
81	HNv:og-Hn/f-s(Sf)		4	Gr:ff-s	Gr:ff-s(Sf)	200	Ss	96	3	2	0	7,13	6,5	s1	3,32	KAK1		
82	GG-YK/HN:u-ls(Sp)/og-Hn/(Sf)	Gley-Kolluvisol über Niedermoor aus Kolluviallehmsand über Torf	1	Ap:u-ls	Ap:u-ls(Sp)	30	Sl3	74	20	8		6,55	6,2	s1	7,3165	KAK2		
82	GG-YK/HN:u-ls(Sp)/og-Hn/(Sf)		2	M:u-ls	M:u-ls(Sp)	50	Sl3	73	22	8		6,78	6,35	s1	5,6	KAK2		
82	GG-YK/HN:u-ls(Sp)/og-Hn/(Sf)		3	M-Go:u-ls	M-Go:u-ls(Sp)	75	Sl3	73	20	8,5		6	6,5	s1	6,35	KAK2		
82	GG-YK/HN:u-ls(Sp)/og-Hn/(Sf)		4	Hv:og-Hn	Hv:og-Hn(Hn)	100	Hn	0	0	0	0	6,07	5,86	s2	75,9	KAK6		
82	GG-YK/HN:u-ls(Sp)/og-Hn/(Sf)		5	Gr:ff-s	Gr:ff-s(Sf)	200	Ss	96	3	2	0	7,13	6,5	s1	3,32	KAK1		
83	RQn:oj-s	Regosol aus Kippsand	1	jAp:oj-s	jAp:oj-s()	30	Ss	98	2	0		6,005	5,465	s2	8,64	KAK3		
84	RQn:oj-s		2	jilC:oj-s	jilC:oj-s()	200	Ss	96	3	1		4,5	7,35	a1	2,233	KAK1		
84	RQn:oj-(x)s	Regosol aus kohleführendem Kippsand	1	jAp:oj-(x)s	jAp:oj-(x)s()	30	Ss	96	3	1				s5		KAK5		
84	RQn:oj-(x)s		2	jilC:oj-(x)s	jilC:oj-(x)s()	200	Ss	96	3	1			3,75	s5		KAK5	54	
85	OLn:oj-[(k)]s	Lockersyrosem aus Kippsand mit kiesführenden Lehmbrocken	1	jAi:oj-[(k)]s	jAi:oj-[(k)]s()	5	Ss	96	3	1				s3		KAK2		
85	OLn:oj-[(k)]s		2	jilC:oj-[(k)]s	jilC:oj-[(k)]s()	200	Ss	96	3	1			7,35	a1	2,233	KAK1		
86	RQn:oj-(k)l	Regosol aus kiesführendem Kipplehm	1	jAp:oj-(k)l	jAp:oj-(k)l()	30	Sl4	65	20	15				s3		KAK3		
86	RQn:oj-(k)l		2	jilC:oj-(k)l	jilC:oj-(k)l()	200	Sl4	65	20	15				s0		KAK2		
87	RQn:oj-s(Sp)/f-s(Sf)	Regosol aus Kippsand über Fluss- oder Urstromtalsand	1	jAp:oj-s	jAp:oj-s(Sp)	30	Ss	98	2	0		6,005	5,465	s2	8,64	KAK3		
87	RQn:oj-s(Sp)/f-s(Sf)		2	jilC:oj-s	jilC:oj-s(Sp)	50	Ss	96	3	1			5,44	s2	2,233	KAK1		
87	RQn:oj-s(Sp)/f-s(Sf)		3	rGo:ff-s	rGo:ff-s(Sf)	80	Ss	93	3	3	0	5,58	4,74	s3	3,0875	KAK1		
87	RQn:oj-s(Sp)/f-s(Sf)		4	Go:ff-s	Go:ff-s(Sf)	200	Ss	97	2	1	0	6,8	6,16	s1	2,593	KAK1		
88	OLn:oj-(n)es(Sp;Yb)/f-s(Sf)	Lockersyrosem aus grus- und schuttführendem Kipp- carbonatsand mit Bauschutt über tiefem Fluss- und Urstromtalsand	1	jeAi:oj-(n)es	jeAi:oj-(n)es(Sp;Yb)	5	Ss	87	9	4				a1		KAK2		
88	OLn:oj-(n)es(Sp;Yb)/f-s(Sf)		2	jelC:oj-(n)es	jelC:oj-(n)es(Sp;Yb)	100	Ss	87	9	4			7,8	a1	2,4	KAK1		
88	OLn:oj-(n)es(Sp;Yb)/f-s(Sf)		3	rGo:ff-s	rGo:ff-s(Sf)	200	Ss	93	3	3	0	5,58	4,74	s3	3,0875	KAK1		
89	RQn:oj-(n)s(Sp;Yb)/f-s(Sgf)	Regosol aus schutt- und grusführendem Kippsand mit Bauschutt über Schmelz- wassersand	1	jAh:oj-(n)s	jAh:oj-(n)s(Sp;Yb)	10	Ss	96	3	1			6,8	s0	10,65	KAK3		
89	RQn:oj-(n)s(Sp;Yb)/f-s(Sgf)		2	jilC:oj-(n)s	jilC:oj-(n)s(Sp;Yb)	50	Ss	96	3	1			7,35	a1	2,233	KAK1		
89	RQn:oj-(n)s(Sp,		3	ilCv:p-s	ilCv:p-s(Sgf)	120	Ss	96	3	1	1	4,88	4,6	s4	2,5	KAK1		
89	RQn:oj-(n)s(Sp,		4	ilCv:fg-s	ilCv:fg-s(Sgf)	200	Ss	97	2	1	1	5,5	5,3	s3	1,9	KAK1		
90	RZn:oj-(n)els(Sf;Sp;Yb)/p-l(Mg)	Pararendzina aus grus- und schuttführendem Kippcarbonatlehmsand mit Bauschutt über Lehm	1	jeAh:oj-(n)els	jeAh:oj-(n)els(Sf;Yb)	10	Su2	81	16	3				a1		KAK3		
90	RZn:oj-(n)els(Sf;Sp;Yb)/p-l(Mg)		2	jelC:oj-(n)els	jelC:oj-(n)els(Sf;Yb)	130	Su2	81	16	3			7,8	a1	2,4	KAK1		
90	RZn:oj-(n)els(Sf;Sp;Yb)/p-l(Mg)		3	ilCv:p-l	ilCv:p-l(Mg)	200	Sl4	69	18	13		6,295	5,89	s2	5,32	KAK2		
91	YV:n-Yn/oj-s	Versiegelungsflächen über Kippsand	1	jmCn:ov-Ybe,Ybi	jmCn:ov-	25	n							a2		KAK2		
91	YV:n-Yn/oj-s		2	jilC:oj-sz	jilC:oj-sz(Yb)	50	Yb							s0		KAK2		
91	YV:n-Yn/oj-s		3	jilC:oj-s	jilC:oj-s(Sgf)	100	Ss	96	3	1			7,35	a1	2,233	KAK1		
92	YV:n-Yn/oj-s	Versiegelungsflächen über Kippsand	1	jmCn:ov-Ybe,Ybi	jmCn:ov-	25	n							a2		KAK2		
92	YV:n-Yn/oj-s		2	jilC:oj-sz	jilC:oj-sz(Yb)	50	Yb							s0		KAK2		
92	YV:n-Yn/oj-s		3	jilC:oj-s	jilC:oj-s(Sgf)	100	Ss	96	3	1			7,35	a1	2,233	KAK1		
93	YV:n-Yn/oj-s	Versiegelungsflächen über Kippsand	1	jmCn:ov-Ybe,Ybi	jmCn:ov-	25	n							a2		KAK2		
93	YV:n-Yn/oj-s		2	jilC:oj-sz	jilC:oj-sz(Yb)	50	Yb							s0		KAK2		
93	YV:n-Yn/oj-s		3	jilC:oj-s	jilC:oj-s(Sgf)	100	Ss	96	3	1			7,35	a1	2,233	KAK1		

94	YV:n-Yn/oj-s	Versiegelungsflächen über Kippsand	1	jmCn:ov-Ybe,Ybi	jmCn:ov-	25	n							a2		KAK2		
94	YV:n-Yn/oj-s		2	jilC:oj-sz	jilC:oj-sz(Yb)	50	Yb							s0		KAK2		
94	YV:n-Yn/oj-s		3	jilC:oj-s	jilC:oj-s(Sgf)	100	Ss	96	3	1		7,35	2,233	a1		KAK1		
95	YV:n-Yn/oj-s	Versiegelungsflächen über Kippsand	1	jmCn:ov-Ybe,Ybi	jmCn:ov-	25	n							a2		KAK2		
95	YV:n-Yn/oj-s		2	jilC:oj-sz	jilC:oj-sz(Yb)	50	Yb							s0		KAK2		
95	YV:n-Yn/oj-s		3	jilC:oj-s	jilC:oj-s(Sgf)	100	Ss	96	3	1		7,35	2,233	a1		KAK1		
96	OLn:oj-n(+B,+D)/oj-s	Lockersyrosem aus Kippschutt über Kippsand	1	jAi:oj-n	jAi:oj-n(+B,+D)	5	n							s0		KAK2		
96	OLn:oj-n(+B,+D)/oj-s		2	jimC:oj-n	jimC:oj-n(+B,+D)	60	n							s0		KAK2		
96	OLn:oj-n(+B,+D)/oj-s		3	jilC:oj-s	jilC:oj-s()	200	Ss	96	3	1	4,5	7,35	2,233	a1		KAK1		
97	OLn:oj-(n)es(Yb,Sgf,Sp)/oj-Yb	Lockersyrosem aus grus- und schuttführendem Kippcarbonatsand über Bauschutt	1	jeAi:oj-(n)es	jeAi:oj-(n)es(Yb,Sp)	5	Ss	87	9	4				a1		KAK2		
97	OLn:oj-(n)es(Yb,Sgf,Sp)/oj-Yb		2	jelC:oj-(n)es	jelC:oj-(n)es(Yb,Sp)	50	Ss	96	3	1		7,8	2,4	a1		KAK1		
97	OLn:oj-(n)es(Yb,Sgf,Sp)/oj-Yb		3	jemC:oj-Yb	jemC:oj-Yb(Yb)	200	Yb							a2		KAK2		
98	RQn:os-us(Yab)//oj-ls	Regosol aus verspülter Braunkohlenkraftwerksasche über Kipplehmsand	1	jAp:os-us	jAp:os-us(Yab)	25	Yab	50	45	5				s0		KAK5		
98	RQn:os-us(Yab)//oj-ls		2	jilC:os-us	jilC:os-us(Yab)	100	Yab	50	45	5				s0		KAK4		
98	RQn:os-us(Yab)//oj-ls		3	jilC:oj-ls	jilC:oj-ls()	200	Su2	81	16	3	6,95	7,65	2,9	a1		KAK1		
99	RQn:oj-(n)ls(Yü,Yb,Sgf)/oj-Yü	Regosol aus schutt- und grusführendem Kipplehmsand über Müll	1	jAh:oj-(n)ls	jAh:oj-(n)ls(Yü,Yb)	10	Su2	81	16	3		6,8	10,65	s0		KAK3		
99	RQn:oj-(n)ls(Yü,Yb,Sgf)/oj-Yü		2	jilC:oj-(n)ls	jilC:oj-(n)ls(Yü,Yb)	50	Su2	81	16	3				s0		KAK2		
99	RQn:oj-(n)ls(Yü,Yb,Sgf)/oj-Yü		3	jilC:oj-Yü	jilC:oj-Yü(Yü)	200	Yü							s4		KAK2		

Anlage 5: Eigenschaften-Datenbank für SWIM zum Leitboden-Flächendatensatz auf Basis der Nanochoreneinheiten in den Fokusgebieten

Nanochorentyp	Leitbodenform	Kürzel der Leitbodenform	Horizontnummer	Horizontschlüsselkennung	Horizontschlüsselkennung mit Zusatz	Untergrenze des Horizontes in cm	Bodenart	Sandgehalt	Schluffgehalt	Tongehalt	Grobbodenanteil	pH-Wert gegen Wasser	pH-Wert gegen CaCl2	Klasse des pH-Wertes	potentielle KAK	Klasse der potentiellen KAK	effektive KAK	Klasse der effektiven KAK	
110	Podsol-Braunerde aus Sand über Schmelzwassersand	PP-BB:p-s(Sp)/f-s(Sgf)	1	L+Of:	L+Of:()	-7		0	0	0	0		3,5	s5		KAK4	14		
			2	Oh:	Oh:()	-2							3,7	3	s6		KAK4	19	
			3	Aeh:p-s	Aeh:p-s(Sp)	5	Ss	90	6	4			4,1	3,32	s5		KAK1	3	
			4	Bhs:p-s	Bhs:p-s(Sp)	11	Ss	94	2	3	1		4,5	4,175	s4	3,5	KAK1		
			5	Bsv:p-s	Bsv:p-s(Sp)	30	Ss	93	3,5	3	1		4,6	4,4	s4	2,5	KAK1	1	
			6	Bv:p-s	Bv:p-s(Sp)	55	Ss	91,5	6	3	1		4,8	4,89	s3	3,1	KAK1		
			7	ilCv:p-s	ilCv:p-s(Sgf)	100	Ss	96	3	1	1		4,88	4,6	s4	2,5	KAK1		
			8	ilCv:fg-s	ilCv:fg-s(Sgf)	200	Ss	97	2	1	1		5,5	5,3	s3	1,9	KAK1		
111	Norm-Braunerde aus Sand über Schmelzwassersand	BBn:p-s(Sp)/f-s(Sgf)	1	Ap:p-s	Ap:p-s(Sp)	30	Ss	89	7	3		6,39	5,69	s2	5,0335	KAK2			
			2	Bv:p-s	Bv:p-s(Sp)	50	Ss	91,5	6	3	1		4,89	s3	3,1	KAK1			
			3	Bv-ilCv:p-s	Bv-ilCv:p-s(Sgf)	75	Ss	97	2	1	1		5,2	4,5	s4	1,65	KAK1		
			4	ilCv:fg-s	ilCv:fg-s(Sgf)	200	Ss	97	2	1	1		5,5	5,3	s3	1,9	KAK1		
310	Normpodsol aus Flugsand	PPn:a-s	1	L+Of:	L+Of:()	-8		0	0	0	0		3,5	s5		KAK4	14		
			2	Oh:	Oh:()	-3							3,7	3	s6		KAK4	19	
			3	Aeh:a-s	Aeh:a-s(Sa)	10	Ss	92	4	4			4,1	3,4	s5		KAK1	2	
			4	Ahe:a-s	Ahe:a-s(Sa)	15	Ss	94	2	4			4,06	3,4	s5		KAK1	2	
			5	Bhs:a-s	Bhs:a-s(Sa)	25	Ss	95	2	3			4,5	4,2	s4		KAK1	1	
			6	Bs:a-s	Bs:a-s(Sa)	35	Ss	98	2	0			4,3	4,35	s4	0,9425	KAK1		
			7	Bs-ilCv:a-s	Bs-ilCv:a-s(Sa)	55	Ss	98	1	1			4,7	4,5	s4	0,541	KAK1		
			8	ilCv:a-s	ilCv:a-s(Sa)	200	Ss	98	1	1			4,635	4,36	s4	1,6685	KAK1		
311	podsolierte Gley-Braunerde aus Sand ü. Schmelzwassersand	pGG-BB:p-s(Sp)/f-s(Sf)	1	L:	L:()	-8		0	0	0	0		3,41	s5		KAK3	11		
			2	Of:	Of:()	-6		0	0	0	0		3,8	3,2	s6		KAK4	16	
			3	Oh:	Oh:()	-2							3,7	3	s6		KAK4	19	
			4	Aeh:p-s	Aeh:p-s(Sp)	5	Ss	90	6	4			4,1	3,32	s5		KAK1	3	
			5	Bv:p-s	Bv:p-s(Sp)	35	Ss	91,5	6	3	1		4,89	4,89	s3	3,1	KAK1		
			6	Bv-ilCv:p-s	Bv-ilCv:p-s(Sp)	55	Ss	97	2	1	1		5,2	4,5	s4	1,65	KAK1		
			7	Go:fu-s	Go:fu-s(Sf)	95	Ss	94,5	3	2			5,415	5,545	s2	2,5	KAK1		
			8	Gr:fu-s	Gr:fu-s(Sf)	200	Ss	97	2	1			5,9	6,2	s1	2,3	KAK1		
410	Podsolige Braunerde aus Sand über Schmelzwassersand	pBB:p-s(Sp)/f-s(Sgf)	1	L+Of:	L+Of:()	-6		0	0	0	0		3,5	s5		KAK4	14		
			2	Oh:	Oh:()	-3							3,7	3	s6		KAK4	19	
			3	Aeh:p-s	Aeh:p-s(Sp)	5	Ss	90	6	4			4,1	3,32	s5		KAK1	3	

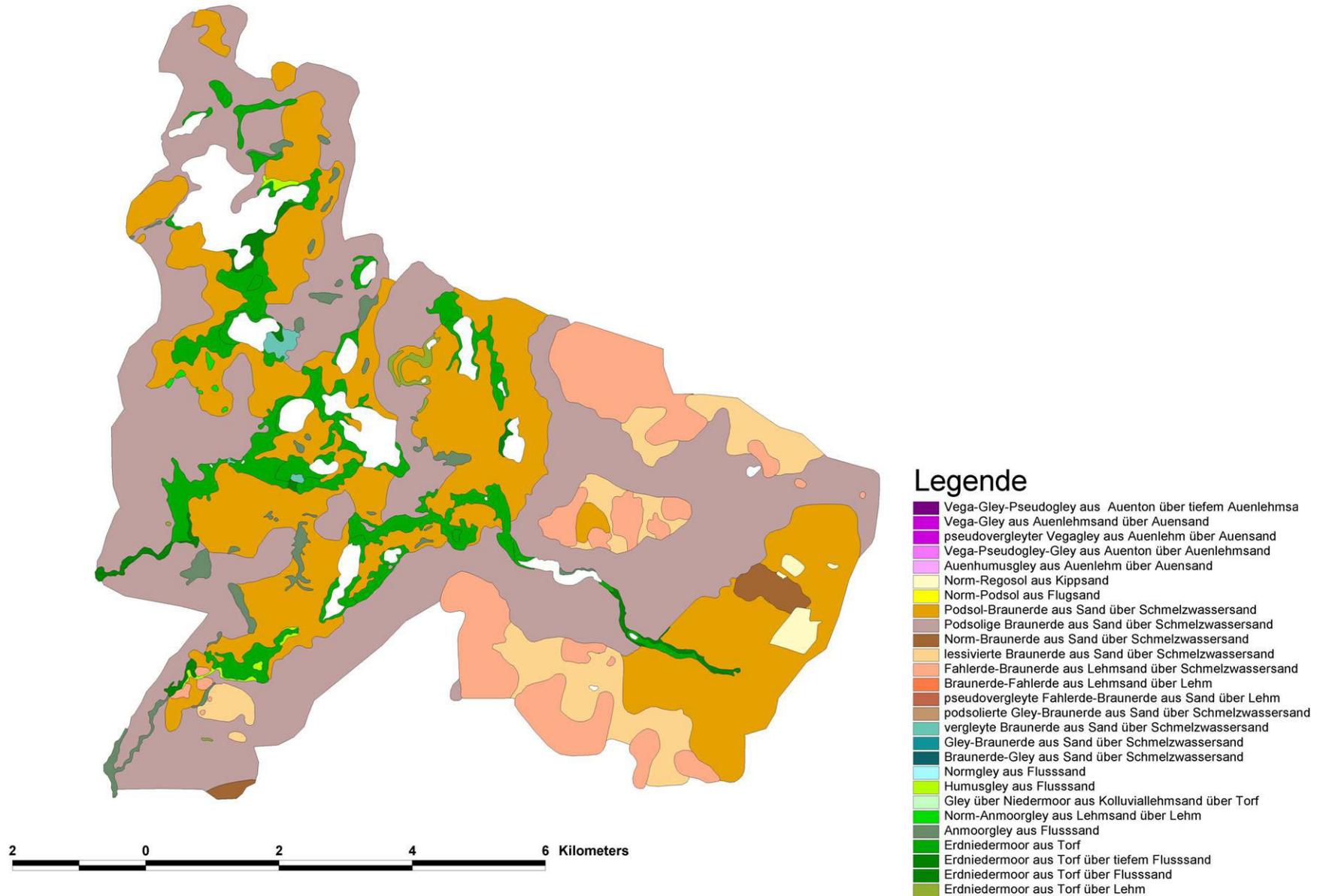
			4	rAp:p-s	rAp:p-s(Sp)	25	Ss	90	4	4	1	4,58	5,81	s2	4,5	KAK2		
			5	Bv:p-s	Bv:p-s(Sp)	70	Ss	91,5	6	3	1		4,89	s3	3,1	KAK1		
			6	Bv-ilCv:p-s	Bv-ilCv:p-s(Sp)	70	Ss	97	2	1	1	5,2	4,5	s4	1,65	KAK1		
			7	ilCv:p-s	ilCv:p-s(Sgf)	115	Ss	96	3	1	1	4,88	4,6	s4	2,5	KAK1		
			8	ilCv:fg-s	ilCv:fg-s(Sgf)	200	Ss	97	2	1	1	5,5	5,3	s3	1,9	KAK1		
411	Podsol-Braunerde aus Sand über Schmelzwassersand	PP-BB:p-s(Sp)/f-s(Sgf)	1	L+Of:	L+Of:()	-7		0	0	0	0		3,5	s5		KAK4	14	
			2	Oh:	Oh:()	-2						3,7	3	s6		KAK4	19	
			3	Aeh:p-s	Aeh:p-s(Sp)	5	Ss	90	6	4		4,1	3,32	s5		KAK1	3	
			4	Bhs:p-s	Bhs:p-s(Sp)	11	Ss	94	2	3	1	4,5	4,175	s4	3,5	KAK1		
			5	Bsv:p-s	Bsv:p-s(Sp)	30	Ss	93	3,5	3	1	4,6	4,4	s4	2,5	KAK1	1	
			6	Bv:p-s	Bv:p-s(Sp)	55	Ss	91,5	6	3	1		4,89	s3	3,1	KAK1		
			7	ilCv:p-s	ilCv:p-s(Sgf)	100	Ss	96	3	1	1	4,88	4,6	s4	2,5	KAK1		
			8	ilCv:fg-s	ilCv:fg-s(Sgf)	200	Ss	97	2	1	1	5,5	5,3	s3	1,9	KAK1		
412	Norm-Braun-erde aus Sand über Schmelzwassersand	BBn:p-s(Sp)/f-s(Sgf)	1	Ap:p-s	Ap:p-s(Sp)	30	Ss	89	7	3		6,39	5,69	s2	5,0335	KAK2		
			2	Bv:p-s	Bv:p-s(Sp)	50	Ss	91,5	6	3	1		4,89	s3	3,1	KAK1		
			3	Bv-ilCv:p-s	Bv-ilCv:p-s(Sgf)	75	Ss	97	2	1	1	5,2	4,5	s4	1,65	KAK1		
			4	ilCv:fg-s	ilCv:fg-s(Sgf)	200	Ss	97	2	1	1	5,5	5,3	s3	1,9	KAK1		
413	Norm-Braun-erde aus Sand über Schmelzwassersand	BBn:p-s(Sp)/f-s(Sgf)	1	Ap:p-s	Ap:p-s(Sp)	30	Ss	89	7	3		6,39	5,69	s2	5,0335	KAK2		
			2	Bv:p-s	Bv:p-s(Sp)	50	Ss	91,5	6	3	1		4,89	s3	3,1	KAK1		
			3	Bv-ilCv:p-s	Bv-ilCv:p-s(Sgf)	75	Ss	97	2	1	1	5,2	4,5	s4	1,65	KAK1		
			4	ilCv:fg-s	ilCv:fg-s(Sgf)	200	Ss	97	2	1	1	5,5	5,3	s3	1,9	KAK1		
414	lessivierte Braunerde aus Sand über Schmelz-wassersand	IBB:p-s(Sp)/f-s(Sgf)	1	Ap:p-s	Ap:p-s(Sp)	30	Ss	89	7	3		6,39	5,69	s2	5,0335	KAK2		
			2	Bv:p-s	Bv:p-s(Sp)	55	Ss	91,5	6	3	1		4,89	s3	3,1	KAK1		
			3	Bbt-ilCv:p-s	Bbt-ilCv:p-s(Sgf)	70	Ss	92	4	4	1	5,55	5,53	s2	1,334	KAK1		
			4	ilCv:p-s	ilCv:p-s(Sgf)	115	Ss	96	3	1	1	4,88	4,6	s4	2,5	KAK1		
			5	ilCv:fg-s	ilCv:fg-s(Sgf)	200	Ss	97	2	1	1	5,5	5,3	s3	1,9	KAK1		
415	lessivierte Braunerde aus Sand über Schmelzwassersand	IBB:p-s(Sp)/f-s(Sgf)	1	Ap:p-s	Ap:p-s(Sp)	30	Ss	89	7	3		6,39	5,69	s2	5,0335	KAK2		
			2	Bv:p-s	Bv:p-s(Sp)	55	Ss	91,5	6	3	1		4,89	s3	3,1	KAK1		
			3	Bbt-ilCv:p-s	Bbt-ilCv:p-s(Sgf)	70	Ss	92	4	4	1	5,55	5,53	s2	1,334	KAK1		
			4	ilCv:p-s	ilCv:p-s(Sgf)	115	Ss	96	3	1	1	4,88	4,6	s4	2,5	KAK1		
			5	ilCv:fg-s	ilCv:fg-s(Sgf)	200	Ss	97	2	1	1	5,5	5,3	s3	1,9	KAK1		
416	Fahlerde-Braunerde aus Lehmsand über Schmelzwassersand	LF-BB:p-ls(Sp)/f-s(Sgf)	1	Ap:p-ls	Ap:p-ls(Sp)	25	Sl2	73	21	6		6,3	6,1	s1	5,7	KAK2		
			2	Bv:p-ls	Bv:p-ls(Sp)	50	Su2	75	20	5		4,9	5,7	s2	3,8	KAK1		
			3	Ael:p-ls	Ael:p-ls(Sp)	70	Su2	75	20	5		6,005	6	s2	2,985	KAK1		
			4	Bbt:p-ls	Bbt:p-ls(Sgf)	100	Sl2	83	11	6		4,7	5,5	s2	4,4	KAK2		
			5	ilCv:fg-s	ilCv:fg-s(Sgf)	200	Ss	97	2	1	1	5,5	5,3	s3	1,9	KAK1		
417	Braunerde-Fahlerde aus Lehmsand über Lehm	sBB-LF:p-ls(Sp)/p-l(Mg)	1	Ap:p-ls	Ap:p-ls(Sp)	30	Sl2	73	21	6		6,3	6,1	s1	5,7	KAK2		
			2	Bv-Ael:p-ls	Bv-Ael:p-ls(Sp)	50	Su2	71	24	6		4,9	5,28	s3	3,1	KAK1		
			3	Ael:p-ls	Ael:p-ls(Sp)	65	Su2	75	20	5		6,005	6	s2	2,985	KAK1		
			4	Swd-Bt:p-l	Swd-Bt:p-l(Mg)	105	Ls4	58	21	21			5,605	s2	10,72	KAK3		
			5	ilCv:p-l	ilCv:p-l(Mg)	200	Sl4	69	18	13		6,295	5,89	s2	5,32	KAK2		
511	Gley-Braunerde aus Sand über Schmelzwassersand	GG-BB:p-s(Sp)/f-s(Sgf)	1	Ap:p-s	Ap:p-s(Sp)	30	Ss	89	7	3		6,39	5,69	s2	5,0335	KAK2		
			2	Bv:p-s	Bv:p-s(Sp)	55	Ss	91,5	6	3	1		4,89	s3	3,1	KAK1		
			3	Bv-ilCv:p-s	Bv-ilCv:p-s(Sp)	70	Ss	97	2	1	1	5,2	4,5	s4	1,65	KAK1		
			4	Go:fg-s	Go:fg-s(Sgf)	150	Ss	95	2	3	1	6,6	5,2	s3	1,7	KAK1		
			5	Gr:fg-s	Gr:fg-s(Sgf)	200	Ss	91	7	2	1	6,7	6,15	s1	2,65	KAK1	0	

512	Braunerde-Gley aus Sand über Schmelzwassersand	BB-GG:p-s(Sp)/f-s(Sf)	1 Ap:p-s 2 Bv:Go:p-s 3 Go:fu-s 4 Gr:fu-s	Ap:p-s(Sp) Bv:Go:p-s(Sp) Go:fu-s(Sf) Gr:fu-s(Sf)	30 50 90 200	Ss Ss Ss Ss	89 91 94,5 97	7 5 3 2	3 4 2 1	1	6,39 5,4 5,415 5,9	5,69 4,57 5,545 6,2	s2 s4 s2 s1	5,0335 KAK2 2,5 2,3	KAK2 KAK1 KAK1 KAK1		
513	vergleyte Braunerde aus Sand über Schmelzwassersand	gBB:p-s(Sp)/f-s(Sf)	1 Ap:p-s 2 Bv:p-s 3 ilCv:fu-s 4 Go:fu-s 5 Gr:fu-s	Ap:p-s(Sp) Bv:p-s(Sp) ilCv:fu-s(Sf) Go:fu-s(Sf) Gr:fu-s(Sf)	30 60 110 145 200	Ss Ss Ss Ss Ss	89 91,5 97 94,5 97	7 6 2 3 2	3 3 1 2 1	1	6,39 4,8 5,415 5,9	5,69 4,89 5 5,545 6,2	s2 s3 s3 s2 s1	5,0335 3,1 2,4 2,5 2,3	KAK2 KAK1 KAK1 KAK1 KAK1		
514	Normgley aus Flusssand	GGn:f-s(Sf)	1 Ap:ff-s 2 Go:ff-s 3 Gor:ff-s 4 Gr:ff-s	Ap:ff-s(Sf) Go:ff-s(Sf) Gor:ff-s(Sf) Gr:ff-s(Sf)	30 60 100 200	Ss Ss Ss Ss	89 97 95 96	8 2 2 3	4 1 3 2	0 0 0 0	6,7 6,8 7,58 7,13	6 6,16 6,7 6,5	s2 s1 s1 s1	18,9 2,593 2,41 3,32	KAK4 KAK1 KAK1 KAK1		
515	Humusgley aus Flusssand	GGh:f-s(Sf)	1 Ap:ff-s 2 Ah-Go:ff-s 3 Go:ff-s 4 Gr:ff-s	Ap:ff-s(Sf) Ah-Go:ff-s(Sf) Go:ff-s(Sf) Gr:ff-s(Sf)	30 45 80 200	Ss Ss Ss Ss	89 91 97 96	8 6,5 2 3	4 2,5 1 2	0 0 0 0	6,7 7,1 6,8 7,13	6 6,02 6,16 6,5	s2 s2 s1 s1	18,9 9,7995 2,593 3,32	KAK4 KAK3 KAK1 KAK1		
516	Humusgley aus Flusssand	GGh:f-s(Sf)	1 Ap:ff-s 2 Ah-Go:ff-s 3 Go:ff-s 4 Gr:ff-s	Ap:ff-s(Sf) Ah-Go:ff-s(Sf) Go:ff-s(Sf) Gr:ff-s(Sf)	30 45 80 200	Ss Ss Ss Ss	89 91 97 96	8 6,5 2 3	4 2,5 1 2	0 0 0 0	6,7 7,1 6,8 7,13	6 6,02 6,16 6,5	s2 s2 s1 s1	18,9 9,7995 2,593 3,32	KAK4 KAK3 KAK1 KAK1		
517	Humusgley aus Flusssand	GGh:f-s(Sf)	1 Ap:ff-s 2 Ah-Go:ff-s 3 Go:ff-s 4 Gr:ff-s	Ap:ff-s(Sf) Ah-Go:ff-s(Sf) Go:ff-s(Sf) Gr:ff-s(Sf)	30 45 80 200	Ss Ss Ss Ss	89 91 97 96	8 6,5 2 3	4 2,5 1 2	0 0 0 0	6,7 7,1 6,8 7,13	6 6,02 6,16 6,5	s2 s2 s1 s1	18,9 9,7995 2,593 3,32	KAK4 KAK3 KAK1 KAK1		
518	Norm-Anmoorgley aus Flusssand	GMn:f-s(Sf)	1 Aap:ff-s 2 Aa-Go:ff-s 3 Go:ff-s 4 Gr:ff-s	Aap:ff-s(Sf) Aa-Go:ff-s(Sf) Go:ff-s(Sf) Gr:ff-s(Sf)	30 55 85 200	Ss Ss Ss Ss	89 89 97 96	8 8 2 3	4 4 1 2	0 0 0 0	5,45 5,45 6,8 7,13	5,45 5,45 6,16 6,5	s2 s2 s1 s1	38,81 38,81 2,593 3,32	KAK6 KAK6 KAK1 KAK1		
519	Norm-Anmoorgley aus Lehmsand über Lehm	GMn:p-ls(Sp)/p-l(Lg)	1 Ap:p-ls 2 Ah-Go:p-ls 3 Gor:p-ls 4 Gr:p-l	Ap:p-ls(Sp) Ah-Go:p-ls(Sp) Gor:p-ls(Sp) Gr:p-l(Lg)	30 40 70 200	Sl2 Sl2 Sl2 Sl4	73 75 72 48	21 21 19,5 35	6 6 7,5 17		6,3 6,35 5,3 6	6,1 6,35 5,3 6	s1 s1 s3 s2	5,7 7,3 4,1 10,5	KAK2 KAK2 KAK2 KAK3		
520	Gley über Niedermoor aus Kolluviallehmsand über Torf	GG-YK/HN:u-ls(Sp)/og-Hn/(Sf)	1 Ap:u-ls 2 M:u-ls 3 M-Go:u-ls 4 Hv:og-Hn 5 Gr:ff-s	Ap:u-ls(Sp) M:u-ls(Sp) M-Go:u-ls(Sp) Hv:og-Hn(Hn) Gr:ff-s(Sf)	30 50 75 100 200	Sl3 Sl3 Sl3 Hn Ss	74 73 73 0 96	22 20 20 0 3	8 8 8,5 0 2	0 0 8,5 0 0	6,55 6,78 6 6,07 7,13	6,2 6,35 6,5 5,86 6,5	s1 s1 s1 s2 s1	7,3165 5,6 6,35 75,9 3,32	KAK2 KAK2 KAK2 KAK6 KAK1		
521	Erdniedermoor aus Torf über Flusssand	HNv:og-Hn/f-s(Sf)	1 Hvp:og-Hn 2 Hv:og-Hn 3 Go:ff-s 4 Gr:ff-s	Hvp:og-Hn(Hn) Hv:og-Hn(Hn) Go:ff-s(Sf) Gr:ff-s(Sf)	30 50 65 200	Hn Hn Ss Ss	0 0 97 96	0 0 2 3	0 0 1 2	0 0 0 0	6,24 6,07 6,8 7,13	6,26 5,86 6,16 6,5	s1 s2 s1 s1	29,737 75,9 2,593 3,32	KAK5 KAK6 KAK1 KAK1		
522	Erdniedermoor aus Torf über Flusssand	HNv:og-Hn/f-s(Sf)	1 Hvp:og-Hn 2 Hv:og-Hn 3 Go:ff-s 4 Gr:ff-s	Hvp:og-Hn(Hn) Hv:og-Hn(Hn) Go:ff-s(Sf) Gr:ff-s(Sf)	30 50 65 200	Hn Hn Ss Ss	0 0 97 96	0 0 2 3	0 0 1 2	0 0 0 0	6,24 6,07 6,8 7,13	6,26 5,86 6,16 6,5	s1 s2 s1 s1	29,737 75,9 2,593 3,32	KAK5 KAK6 KAK1 KAK1		

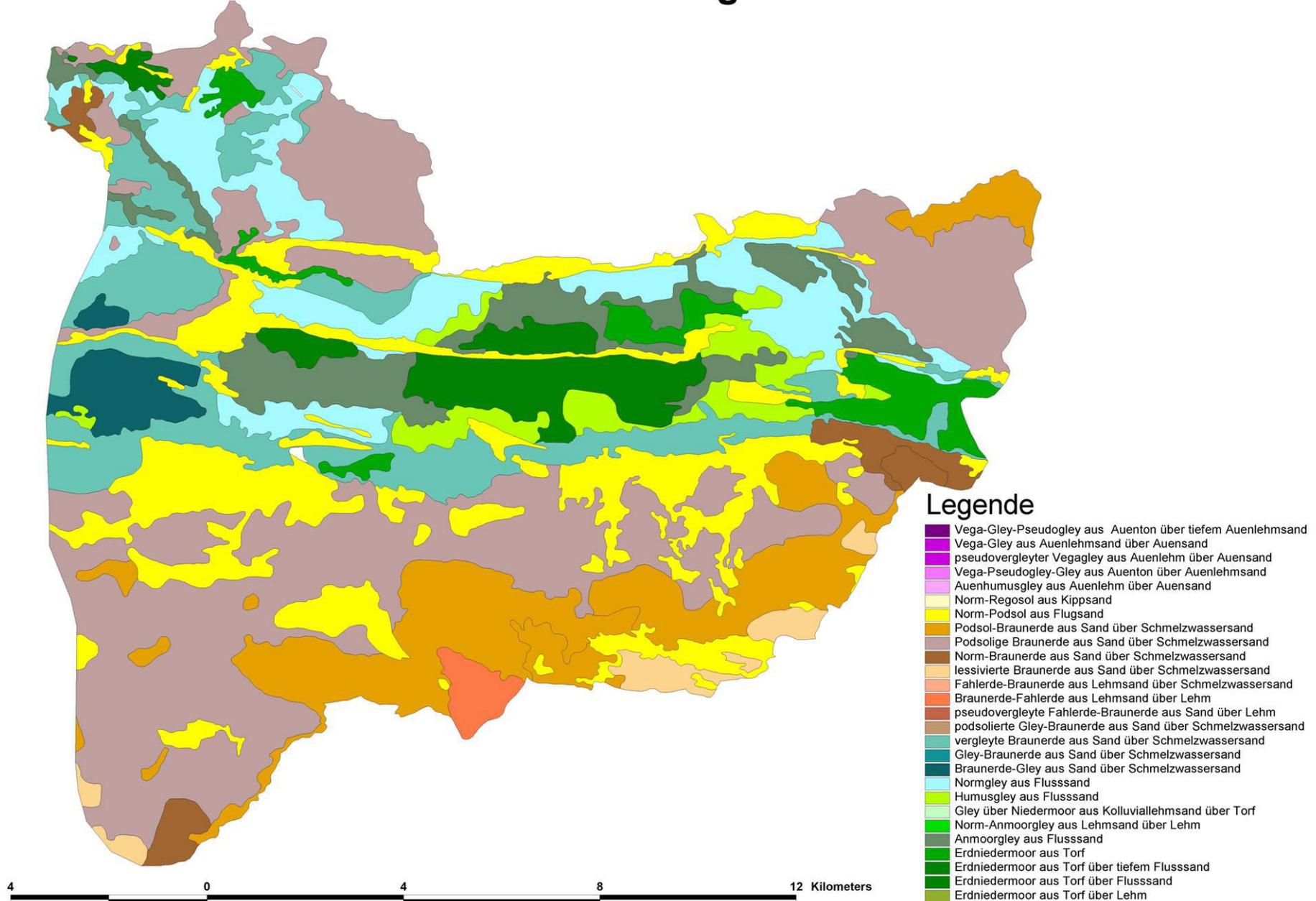
523	Erdniedermoor aus Torf über Flusssand	HNv:og-Hn/f-s(Sf)	1	Hvp:og-Hn	Hvp:og-Hn(Hn)	30	Hn	0	0	0	0	6,24	6,26	s1	29,737	KAK5			
			2	Hv:og-Hn	Hv:og-Hn(Hn)	50	Hn	0	0	0	0	6,07	5,86	s2	75,9	KAK6			
			3	Go:ff-s	Go:ff-s(Sf)	65	Ss	97	2	1	0	0	6,8	6,16	s1	2,593	KAK1		
			4	Gr:ff-s	Gr:ff-s(Sf)	200	Ss	96	3	2	0	0	7,13	6,5	s1	3,32	KAK1		
525	Erdniedermoor aus Torf	HNv:og-Hn	1	Hvp:og-Hn	Hvp:og-Hn(Hn)	20	Hn	0	0	0	0	6,24	6,26	s1	29,737	KAK5			
			2	Hw:og-Hn	Hw:og-Hn(Hn)	45	Hn	0	0	0	0	5,12	4,7	s2	85,8	KAK6			
			3	Hat:og-Hn	Hat:og-Hn(Hn)	100	Hn	0	0	0	0	5,85	6,1	s1	74,2	KAK6			
			4	Hr:og-Hn	Hr:og-Hn(Hn)	200	Hn	0	0	0	0	5,1	4,9	s3	57,385	KAK6			
526	Erdniedermoor aus Torf über tiefem Flusssand	HNv:og-Hn//f-s(Sf)	1	Hvp:og-Hn	Hvp:og-Hn(Hn)	25	Hn	0	0	0	0	6,24	6,26	s1	29,737	KAK5			
			2	Hw:og-Hn	Hw:og-Hn(Hn)	50	Hn	0	0	0	0	5,12	4,7	s2	85,8	KAK6			
			3	Hr:og-Hn	Hr:og-Hn(Hn)	100	Hn	0	0	0	0	5,1	4,9	s3	57,385	KAK6			
			4	Gr:ff-s	Gr:ff-s(Sf)	200	Ss	96	3	2	0	0	7,13	6,5	s1	3,32	KAK1		
527	Erdniedermoor aus Torf	HNv:og-Hn	1	Hvp:og-Hn	Hvp:og-Hn(Hn)	20	Hn	0	0	0	0	6,24	6,26	s1	29,737	KAK5			
			2	Hw:og-Hn	Hw:og-Hn(Hn)	45	Hn	0	0	0	0	5,12	4,7	s2	85,8	KAK6			
			3	Hat:og-Hn	Hat:og-Hn(Hn)	100	Hn	0	0	0	0	5,85	6,1	s1	74,2	KAK6			
			4	Hr:og-Hn	Hr:og-Hn(Hn)	200	Hn	0	0	0	0	5,1	4,9	s3	57,385	KAK6			
610	Vega-Gley aus Auenlehmsand über Auensand	AB-GG:fo-ls(Sf)/fo-s(Sf)	1	aAp:fo-ls	aAp:fo-ls(Sf)	30	Sl2	80	12	8	0		5,95	s2	9,05	KAK3			
			2	aM-Go:fo-ls	aM-Go:fo-ls(Sf)	50	Sl2	87	6	7	0	6,61	6,2	s1	4,79	KAK2			
			3	aGo:fo-s	aGo:fo-s(Sf)	75	Ss	97	2	2	0	7,3	6,45	s1	2,2	KAK1			
			4	aGr:fo-s	aGr:fo-s(Sf)	200	Ss	94	3	3	0	7,5	5,9	s2	3,65	KAK1			
611	Vega-Gley aus Auenlehmsand über Auensand	AB-GG:fo-ls(Sf)/fo-s(Sf)	1	aAp:fo-ls	aAp:fo-ls(Sf)	30	Sl2	80	12	8	0		5,95	s2	9,05	KAK3			
			2	aM-Go:fo-ls	aM-Go:fo-ls(Sf)	50	Sl2	87	6	7	0	6,61	6,2	s1	4,79	KAK2			
			3	aGo:fo-s	aGo:fo-s(Sf)	75	Ss	97	2	2	0	7,3	6,45	s1	2,2	KAK1			
			4	aGr:fo-s	aGr:fo-s(Sf)	200	Ss	94	3	3	0	7,5	5,9	s2	3,65	KAK1			
613	Pseudovergleyter Vegagley aus Auenlehm über Auensand	sAB-GG:fo-l(Lf)/fo-s(Sf)	1	aAp:fo-l	aAp:fo-l(Lf)	25	Ls3	70	16	14			6,2	s1	17,9	KAK4			
			2	aM-Go:fo-l	aM-Go:fo-l(Lf)	50	Ls3	70	16	14			5,6	s2	13,95	KAK4			
			3	aSw-d-Go:fo-l	aSw-d-Go:fo-l(Lf)	65	Ls2	70	16	14			5,5	s2	12,1	KAK4			
			4	aGro:fo-ls	aGro:fo-ls(Sf)	85	Su2	74	19	7	0			6,8	s0	17,714	KAK4		
			5	aGr:fo-ls	aGr:fo-ls(Sf)	200	Su2	74	20	6	1	5,95	5,85	s2	3,65	KAK1			
614	Auenhumusgley aus Auenlehm über Auensand	aGGh:fo-l(Lf)/fo-s(Sf)	1	aAp:fo-l	aAp:fo-l(Lf)	25	Ls3	70	16	14			6,2	s1	17,9	KAK4			
			2	aAh-Go:fo-l	aAh-Go:fo-l(Lf)	45	Ls3	70	16	14			5,7	s2	12,1	KAK4			
			3	aGro:fo-s	aGro:fo-s(Sf)	85	Ss	94	3	3	0	7,5	6,7	s1	0,49	KAK1			
			4	aGr:fo-s	aGr:fo-s(Sf)	200	Ss	94	3	3	0	7,5	5,9	s2	3,65	KAK1			
615	Vega-Pseudo-gley-Gley aus Auenton über Auenlehmsand	AB-SS-GG:fo-t(Lf)/fo-ls(Sf)	1	aAp:fo-t	aAp:fo-t(Lf)	25	Tu3	7	46	47		6,35	6,9	s0	30,7	KAK6			
			2	aM-Sd-Go:fo-t	aM-Sd-Go:fo-t(Lf)	50	Tu3	7	46	47		6,9	6,85	s0	39,32	KAK6			
			3	aGro:fo-ls	aGro:fo-ls(Sf)	75	Sl2	74	19	7	0			6,8	s0	17,714	KAK4		
			4	aGr:fo-ls	aGr:fo-ls(Sf)	200	Sl2	74	20	6	1	5,95	5,85	s2	3,65	KAK1			
616	Vega-Gley-Pseudogley aus Auenton über tiefem Auenlehmsand	AB-GG-SS:fo-t(Lf)/fo-ls(Sf)	1	aAp:fo-t	aAp:fo-t(Lf)	25	Tu3	7	46	47		6,35	6,9	s0	30,7	KAK6			
			2	aM-Sw:fo-t	aM-Sw:fo-t(Lf)	35	Tu3	7	46	47			6,85	s0	39,32	KAK6			
			3	aGo-Sd:fo-t	aGo-Sd:fo-t(Lf)	65	Tu3	7	46	47			5,8	s2	32,01	KAK6			
			4	aGor:fo-t	aGor:fo-t(Lf)	105	Tu3	7	46	47			6,1	s1	36,4	KAK6			
			5	aGr:fo-ls	aGr:fo-ls(Sf)	200	Sl2	74	20	6	1	5,95	5,85	s2	3,65	KAK1			
617	Erdniedermoor aus Torf über Lehm	HNv:og-Hn/p-l(Lg)	1	Hvp:og-Hn	Hvp:og-Hn(Hn)	25	Hn	0	0	0	0	6,24	6,26	s1	29,737	KAK5			
			2	Hv:og-Hn	Hv:og-Hn(Hn)	45	Hn	0	0	0	0	6,07	5,86	s2	75,9	KAK6			
			3	Gr:p-s	Gr:p-s(Sp)	110	Ss	90	8	2	1			6,5	s1	2,2	KAK1		
			4	Gr:p-l	Gr:p-l(Lg)	200	Sl4	48	35	17				6	s2	10,5	KAK3		

618	Erdniedermoor aus Torf über Lehm	HNv:og-Hn/p-l(Lg)	1	Hvp:og-Hn	Hvp:og-Hn(Hn)	25	Hn	0	0	0	0	6,24	6,26	s1	29,737	KAK5			
			2	Hv:og-Hn	Hv:og-Hn(Hn)	45	Hn	0	0	0	0	6,07	5,86	s2	75,9	KAK6			
			3	Gr:p-s	Gr:p-s(Sp)	110	Ss	90	8	2	1			6,5	s1	2,2	KAK1		
			4	Gr:p-l	Gr:p-l(Lg)	200	Sl4	48	35	17				6	s2	10,5	KAK3		
619	Pseudovergleyte Vegagley aus Auenlehm über Auensand	sAB-GG:fo-l(Lf)/fo-s(Sf)	1	aAp:fo-l	aAp:fo-l(Lf)	25	Ls3	70	16	14			6,2	s1	17,9	KAK4			
			2	aM-Go:fo-l	aM-Go:fo-l(Lf)	50	Ls3	70	16	14				5,6	s2	13,95	KAK4		
			3	aSwd-Go:fo-l	aSwd-Go:fo-l(Lf)	65	Ls2	70	16	14				5,5	s2	12,1	KAK4		
			4	aGro:fo-ls	aGro:fo-ls(Sf)	85	Su2	74	19	7	0			6,8	s0	17,714	KAK4		
			5	aGr:fo-ls	aGr:fo-ls(Sf)	200	Su2	74	20	6	1		5,95	5,85	s2	3,65	KAK1		
711	Pseudovergleyte Fahlerde-Braunerde aus Sand über Lehm	sLF-BB:p-s(Sp)/p-l(Mg)	1	Ap:p-s	Ap:p-s(Sp)	30	Ss	89	7	3		6,39	5,69	s2	5,0335	KAK2			
			2	Ael-Bv:p-s	Ael-Bv:p-s(Sp)	50	Ss	90	8	2		5,4	5,5	s2	2,25	KAK1			
			3	Ael:p-s	Ael:p-s(Sp)	65	Ss	90	8	2		5,69	5,315	s3	2,5	KAK1			
			4	Swd-Bt:p-l	Swd-Bt:p-l(Mg)	105	Ls4	58	21	21				5,605	s2	10,72	KAK3		
			5	ilCv:p-l	ilCv:p-l(Mg)	200	Sl4	69	18	13		6,295	5,89	s2	5,32	KAK2			
713	Norm-Anmoorgley aus Flusssand	GMn:f-s(Sf)	1	Aap:ff-s	Aap:ff-s(Sf)	30	Ss	89	8	4	0		5,45	s2	38,81	KAK6			
			2	Aa-Go:ff-s	Aa-Go:ff-s(Sf)	55	Ss	89	8	4	0		5,45	s2	38,81	KAK6			
			3	Go:ff-s	Go:ff-s(Sf)	85	Ss	97	2	1	0	6,8	6,16	s1	2,593	KAK1			
			4	Gr:ff-s	Gr:ff-s(Sf)	200	Ss	96	3	2	0	7,13	6,5	s1	3,32	KAK1			
714	Norm-Anmoorgley aus Flusssand	GMn:p-ls(Sp)/p-l(Lg)	1	Ap:p-ls	Ap:p-ls(Sp)	30	Sl2	73	21	6		6,3	6,1	s1	5,7	KAK2			
			2	Ah-Go:p-ls	Ah-Go:p-ls(Sp)	40	Sl2	75	21	6			6,35	s1	7,3	KAK2			
			3	Gor:p-ls	Gor:p-ls(Sp)	70	Sl2	72	19,5	7,5				5,3	s3	4,1	KAK2		
			4	Gr:p-l	Gr:p-l(Lg)	200	Sl4	48	35	17				6	s2	10,5	KAK3		
715	Erdniedermoor aus Torf über Lehm	HNv:og-Hn/p-l(Lg)	1	Hvp:og-Hn	Hvp:og-Hn(Hn)	25	Hn	0	0	0	0	6,24	6,26	s1	29,737	KAK5			
			2	Hv:og-Hn	Hv:og-Hn(Hn)	45	Hn	0	0	0	0	6,07	5,86	s2	75,9	KAK6			
			3	Gr:p-s	Gr:p-s(Sp)	110	Ss	90	8	2	1			6,5	s1	2,2	KAK1		
			4	Gr:p-l	Gr:p-l(Lg)	200	Sl4	48	35	17				6	s2	10,5	KAK3		
719	Norm-Anmoorgley aus Lehmsand über Lehm	GMn:p-ls(Sp)/p-l(Lg)	1	Ap:p-ls	Ap:p-ls(Sp)	30	Sl2	73	21	6		6,3	6,1	s1	5,7	KAK2			
			2	Ah-Go:p-ls	Ah-Go:p-ls(Sp)	40	Sl2	75	21	6			6,35	s1	7,3	KAK2			
			3	Gor:p-ls	Gor:p-ls(Sp)	70	Sl2	72	19,5	7,5				5,3	s3	4,1	KAK2		
			4	Gr:p-l	Gr:p-l(Lg)	200	Sl4	48	35	17				6	s2	10,5	KAK3		
720	Erdniedermoor aus Torf über Flusssand	HNv:og-Hn/f-s(Sf)	1	Hvp:og-Hn	Hvp:og-Hn(Hn)	30	Hn	0	0	0	0	6,24	6,26	s1	29,737	KAK5			
			2	Hv:og-Hn	Hv:og-Hn(Hn)	50	Hn	0	0	0	0	6,07	5,86	s2	75,9	KAK6			
			3	Go:ff-s	Go:ff-s(Sf)	65	Ss	97	2	1	0	6,8	6,16	s1	2,593	KAK1			
			4	Gr:ff-s	Gr:ff-s(Sf)	200	Ss	96	3	2	0	7,13	6,5	s1	3,32	KAK1			
721	Erdniedermoor aus Torf	HNv:og-Hn	1	Hvp:og-Hn	Hvp:og-Hn(Hn)	20	Hn	0	0	0	0	6,24	6,26	s1	29,737	KAK5			
			2	Hw:og-Hn	Hw:og-Hn(Hn)	45	Hn	0	0	0		5,12	4,7	s2	85,8	KAK6			
			3	Hat:og-Hn	Hat:og-Hn(Hn)	100	Hn	0	0	0	0	5,85	6,1	s1	74,2	KAK6			
			4	Hr:og-Hn	Hr:og-Hn(Hn)	200	Hn	0	0	0	0	5,1	4,9	s3	57,385	KAK6			
813	Norm-Regosol aus Kippsand	RQn:oj-s	1	jAp:oj-s	jAp:oj-s()	30	Ss	98	2	0		6,005	5,465	s2	8,64	KAK3			
			2	jiIC:oj-s	jiIC:oj-s()	200	Ss	96	3	1		4,5	7,35	a1	2,233	KAK1			
817	Gley-Kolluvisol über Niedermoor aus Kipplehmsand über Torf	GG-YK/HN:u-ls(Sp)/og-Hn/(Sf)	1	Ap:u-ls	Ap:u-ls(Sp)	30	Sl3	74	20	8		6,55	6,2	s1	7,3165	KAK2			
			2	M:u-ls	M:u-ls(Sp)	50	Sl3	73	22	8		6,78	6,35	s1	5,6	KAK2			
			3	M-Go:u-ls	M-Go:u-ls(Sp)	75	Sl3	73	20	8,5		6	6,5	s1	6,35	KAK2			
			4	Hv:og-Hn	Hv:og-Hn(Hn)	100	Hn	0	0	0	0	6,07	5,86	s2	75,9	KAK6			
			5	Gr:ff-s	Gr:ff-s(Sf)	200	Ss	96	3	2	0	7,13	6,5	s1	3,32	KAK1			

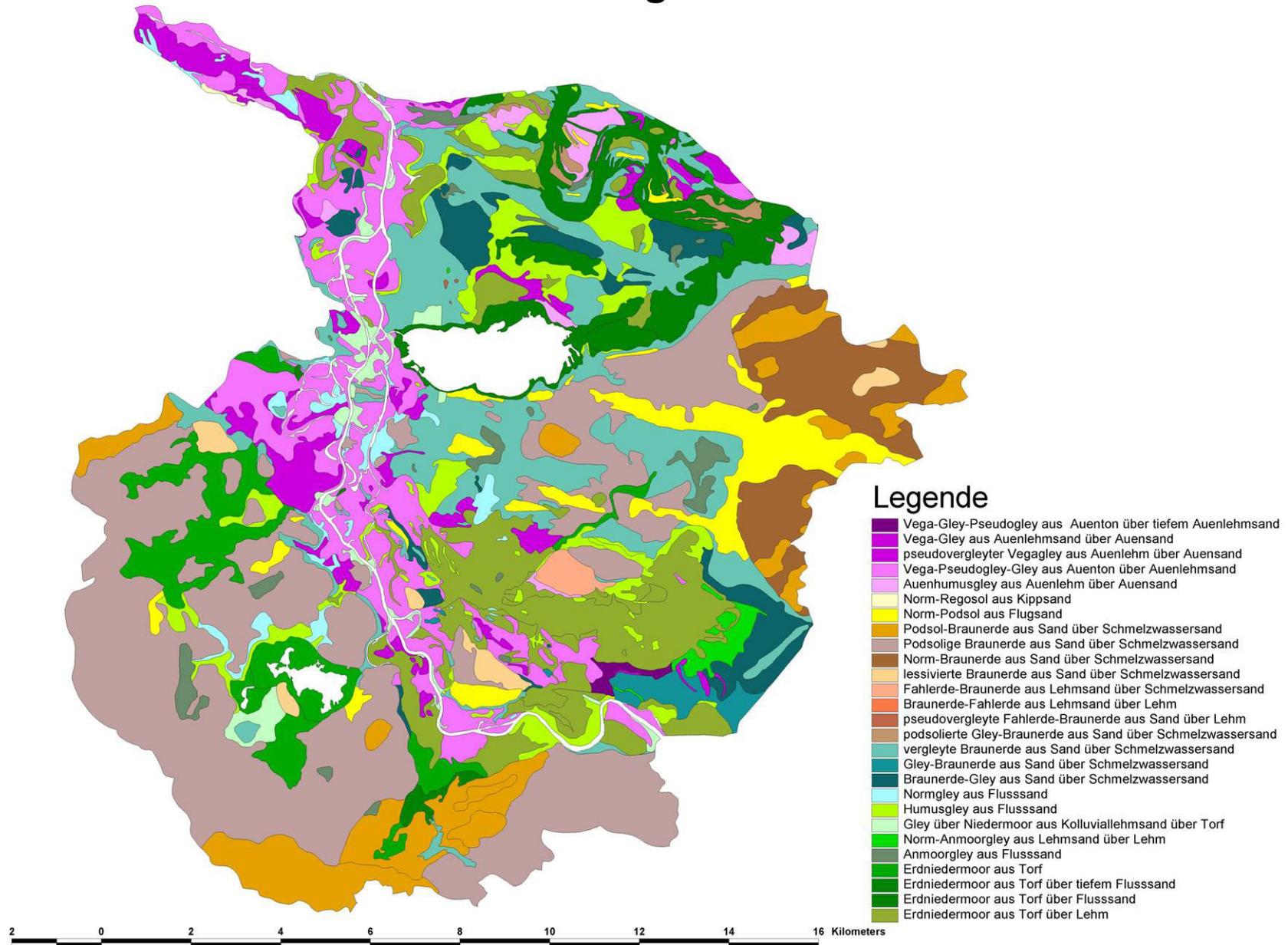
Karte der Leitbodenformen im Fokusgebiet Kleiner Rhin/Döllnitz



Karte der Leitbodenformen im Fokusgebiet Hammerfließ

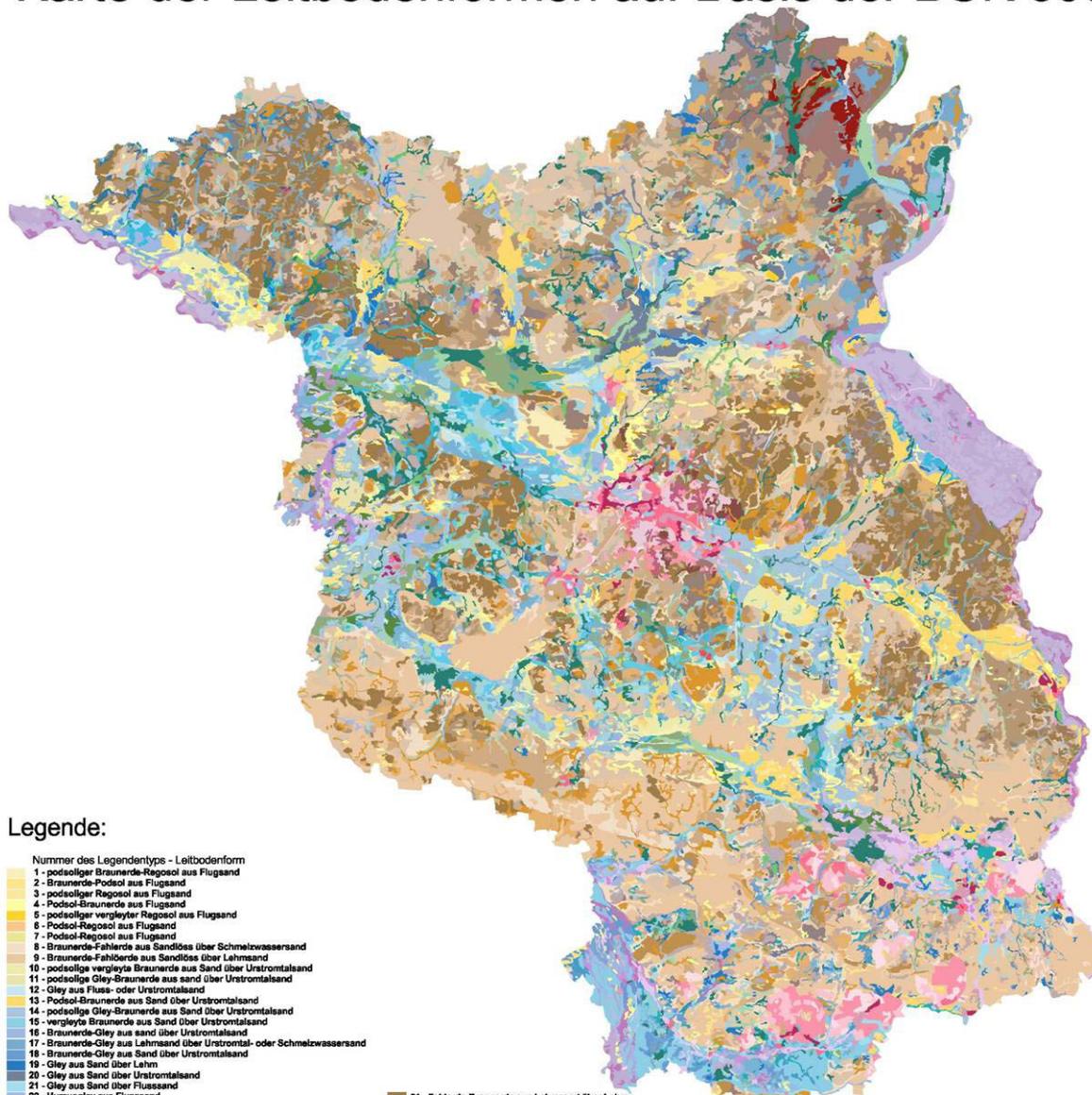


Karte der Leitbodenformen im Fokusgebiet Untere Havel



Anlage 7: Karte der Leitbodenformen auf Basis der BÜK 300

Karte der Leitbodenformen auf Basis der BÜK 300



Legende:

- Nummer des Legendentyps - Leitbodenform
- 1 - podsoliger Braunerde-Regosol aus Flugsand
 - 2 - Braunerde-Podsol aus Flugsand
 - 3 - podsoliger Regosol aus Flugsand
 - 4 - Podsol-Braunerde aus Flugsand
 - 5 - podsoliger vergleyter Regosol aus Flugsand
 - 6 - Podsol-Regosol aus Flugsand
 - 7 - Podsol-Regosol aus Flugsand
 - 8 - Braunerde-Fahlerde aus Sandlööss über Schmelzwassersand
 - 9 - Braunerde-Fahlerde aus Sandlööss über Lehmsand
 - 10 - podsolige vergleyte Braunerde aus Sand über Urstromtalsand
 - 11 - podsolige Gley-Braunerde aus sand über Urstromtalsand
 - 12 - Gley aus Fluss- oder Urstromtalsand
 - 13 - Podsol-Braunerde aus Sand über Urstromtalsand
 - 14 - podsolige Gley-Braunerde aus Sand über Urstromtalsand
 - 15 - vergleyte Braunerde aus Sand über Urstromtalsand
 - 16 - Braunerde-Gley aus sand über Urstromtalsand
 - 17 - Braunerde-Gley aus Lehmsand über Urstromtal- oder Schmelzwassersand
 - 18 - Braunerde-Gley aus Sand über Urstromtalsand
 - 19 - Gley aus Sand über Lehm
 - 20 - Gley aus Sand über Urstromtalsand
 - 21 - Gley aus Sand über Flusssand
 - 22 - Humusgley aus Flusssand
 - 23 - Kalkgley aus carbonatischem Flusssand über Flusssand
 - 24 - Kalkhumusgley aus carbonatischem Flusssand über Kalkmudde
 - 25 - Gley aus Flusssand
 - 26 - Humusgley aus Flusssand
 - 27 - Humusgley aus Flusssand
 - 28 - Gley aus Flusssand
 - 29 - Annorgregol aus Flusssand
 - 30 - Braunerde-Gley aus Lehmsand über Beckenton
 - 31 - Auenmoorgley aus Auensand
 - 32 - Gley-Vega aus Auenlehmsand über Auensand
 - 33 - Vega-Gley aus Auenlehmsand über Auensand
 - 34 - Auenhumusgley aus Auenlehmsand über Auensand
 - 35 - pseudovergleyter Vega-Gley aus Auenlehm über Auensand
 - 36 - Vega-Pseudogley-Gley aus Auenton über Auenlehmsand
 - 37 - Vega-Gley-Pseudogley aus Auenton über Auenlehmsand
 - 38 - podsolige Braunerde aus Sand über Schmelzwassersand
 - 39 - podsolige lesvierte Braunerde aus Lehmsand über Schmelzwassersand
 - 40 - Braunerde aus Lehmsand über Schmelzwassersand
 - 41 - Braunerde aus Sand über Schmelzwassersand
 - 42 - podsolige Braunerde aus Sand über Schmelzwassersand
 - 43 - Podsol-Braunerde aus Sand über Schmelzwassersand
 - 44 - podsolige Braunerde aus Sand über Schmelzwassersand
 - 45 - vergleyte Braunerde aus Sand über Urstromtalsand
 - 46 - Braunerde-Gley aus Sand über Schmelzwassersand
 - 47 - Gley aus Sand über Schmelzwassersand
 - 48 - Braunerde aus Sand über Schmelzwassersand
 - 49 - lesvierte Braunerde aus Sand über deluvialen Lehmsand
 - 50 - podsolige Braunerde aus Sand über deluvialen Lehmsand
 - 51 - Gley-Braunerde aus Sand über deluvialen Lehmsand
 - 52 - Braunerde aus Sand über Schmelzwassersand
 - 53 - Braunerde aus Lehmsand über Schmelzwassersand
 - 54 - Braunerde aus Sand über Schmelzwassersand
 - 55 - lesvierte Braunerde aus Lehmsand über Schmelzwassersand
 - 56 - podsolige Braunerde aus Sand über Schmelzwassersand
 - 57 - Gley-Braunerde aus Lehmsand über Schmelzwassersand
 - 58 - vergleyte Braunerde aus sand über Schmelzwassersand
 - 59 - lesvierte Braunerde aus sand über Schmelzwassersand
 - 60 - Fahlerde aus Sand über Lehm
 - 61 - Fahlerde-Braunerde aus Lehmsand über Lehm
 - 62 - Podsol-Braunerde aus Lehmsand über Schmelzwassersand
 - 63 - Fahlerde-Braunerde aus Sand über Lehm
 - 64 - Facherosen-Parabraunerde aus Sand über Lehm
 - 65 - Braunerde-Parabraunerde aus Lehmsand über Lehm
 - 66 - Braunerde-Fahlerde aus Lehmsand über Lehm
 - 67 - pseudovergleyte Braunerde aus Lehmsand über Lehmsand
 - 68 - Fahlerde-Pseudogley aus Lehmsand über Lehm
 - 69 - Fahlerde-Pseudogley aus Lehm über Beckenton
 - 70 - Parabraunerde-Braunerde aus Sand über Lehm
 - 71 - Fahlerde-Gley aus Lehmsand über Lehm
 - 72 - Erdniedermoor aus Torf über Flusssand
 - 73 - Erdniedermoor aus Torf über Flusssand
 - 74 - Erdkalkniedermoor aus Carbonattorf über Flusssand
 - 75 - Erdniedermoor aus Torf über Flusssand
 - 76 - Erdkalkniedermoor aus Carbonattorf über tiefen Moränencarbonatlehm
 - 77 - Erdniedermoor aus Torf über Flusssand
 - 78 - Erdniedermoor aus Torf über Lehm
 - 79 - Erdkalkniedermoor aus Carbonattorf über Torf
 - 80 - Erdniedermoor aus Torf
 - 81 - Erdniedermoor aus Torf über Flusssand
 - 82 - Gley-Kolluvial über Niedermoor aus Kolluviallehmsand über Torf
 - 83 - Regosol aus Kippsand
 - 84 - Regosol aus kohleführendem Kippsand
 - 85 - Lockeryrosen aus Kippsand mit kleiführenden Lehmbrocken
 - 86 - Regosol aus kleiführendem Kipplehm
 - 87 - Regosol aus Kippsand über Fluss- oder Urstromtalsand
 - 88 - Lockeryrosen aus grau- und schufführendem Kippcarbonatlehm mit Bauschutt über tiefen Fluss- und Urstromtalsand
 - 89 - Regosol aus schutt- und grufführendem Kippsand mit Bauschutt über Schmelzwassersand
 - 90 - Pararendzina aus grau- und schufführendem Kippcarbonatlehm mit Bauschutt über Lehm
 - 91 - Versiegelungsflächen über Kippsand
 - 92 - Versiegelungsflächen über Kippsand
 - 93 - Versiegelungsflächen über Kippsand
 - 94 - Versiegelungsflächen über Kippsand
 - 95 - Versiegelungsflächen über Kippsand
 - 96 - Lockeryrosen aus Kippschutt über Kippsand
 - 97 - Lockeryrosen aus grau- und schufführendem Kippcarbonatlehm über Bauschutt
 - 98 - Regosol aus versäuerter Braunkohleabfallschlacke über Kipplehmsand
 - 99 - Regosol aus schutt- und grufführendem Kipplehmsand über Müll

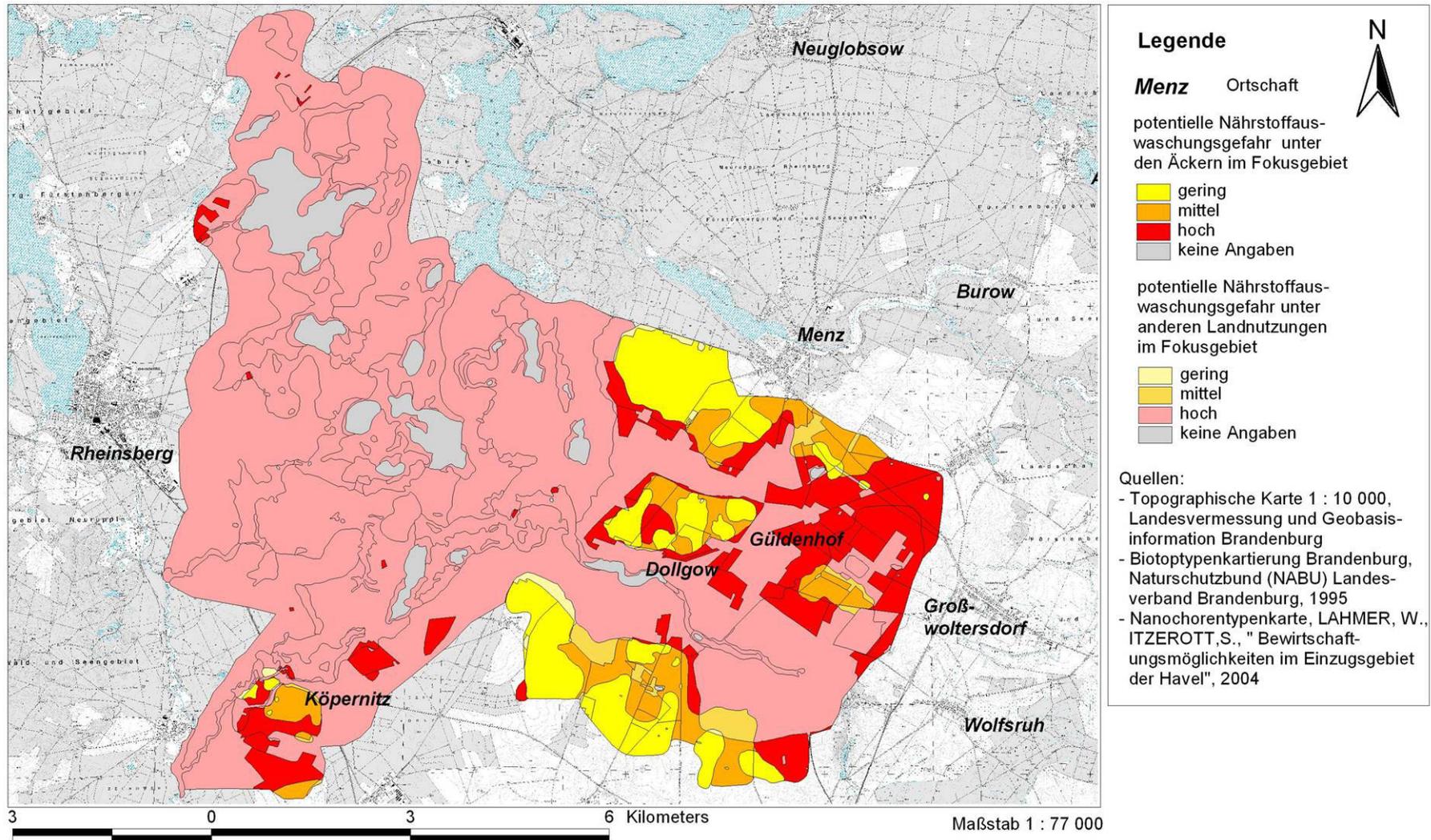
Erzeugt unter Verwendung von Daten der BÜK300 des Landesamtes für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg (LGRB), Kleinmachnow



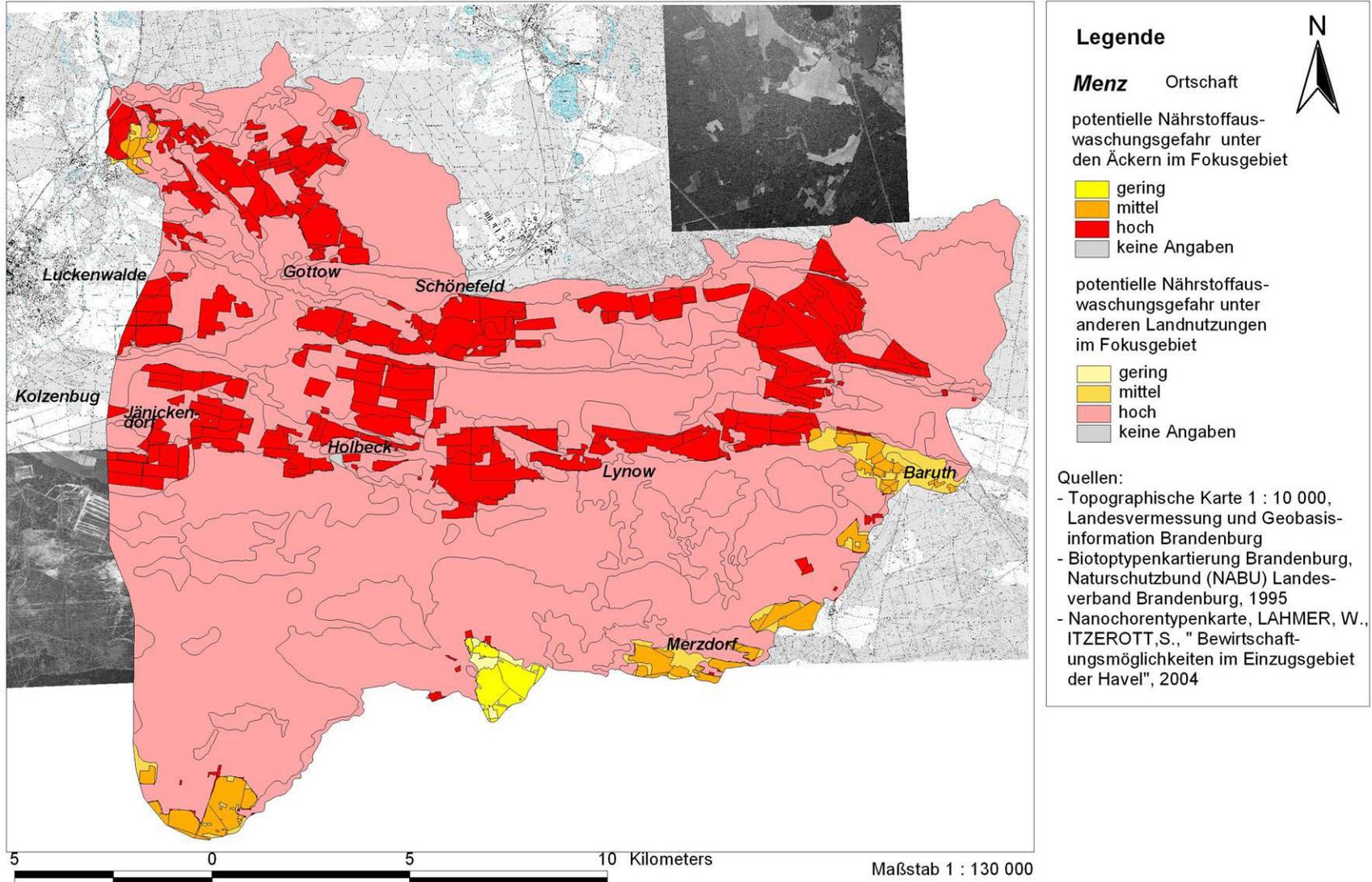
Anlage 8: Auflistung der berücksichtigten Maschinentypen

- Standardtraktor mit Allradantrieb (93–111kW)
- Schmalspurtraktor mit Allradantrieb (41–48kW)
- Dreiseitenkipper (zweiachsig, 8t)
- Beetpflug (aufgesattelt, 7Schare, 2,45m)
- Schwergrubber (6,0m)
- Federzinkenegge (6,0m)
- Saatbettkombination (angebaut, 7,5m)
- Kurzscheibenegge (angebaut, 4,0m)
- Scheibenegge (aufgesattelt, 6,0m)
- Cambridge-Walze (3t, 6,0m)
- Packer (zweizeilig, 2,5m)
- Kreiselegge (6,0m)
- Pneumatikstreuer (angebaut, 1700l, 18,0m)
- Schleppschuhverteiler (4,0m)
- Schleppschuhverteiler (6,0m)
- Sämaschine (pneumatisch, 1800l, 6,0m)
- Zuckerrüben-Einzelkornsämaschine (12-reihig, 6,0m)
- Mais-Einzelkornsämaschine (12-reihig, 9,0m)
- Kartoffellegemaschine (6-reihig, Kippbunker, 4t, gezogen)
- Kartoffelhäufler mit Dammformer (4-reihig)
- Pflanzenschutzspritze – Behälter und Pumpe (angehängt, 3000l)
- Spritzgestänge (24,0m)
- Sichelmäher (angehängt, 6,0m)
- Rotationsmähwerk (Frontanbau, 2,4m)
- Ladewagen (ohne Dosierwalze, 20m³)
- Feldhäcksler (Selbstfahrer, 300kW)
- Feldhäcksler (Selbstfahrer, 350kW)
- Maisgebiss für Häcksler (6-reihig)
- Mähdrescher (225kW, 9500l)
- Schneidwerk für Mähdrescher (7,5m)
- Rapsschneidwerk (7,5m)
- Kartoffelsammelroder (2-reihig mit Überladeband)
- Kartoffelkrausschläger (6-reihig)
- Zuckerrüben-Köpfrodelader (Selbstfahrer, 240kW, 10m³, Zwischenbunker)

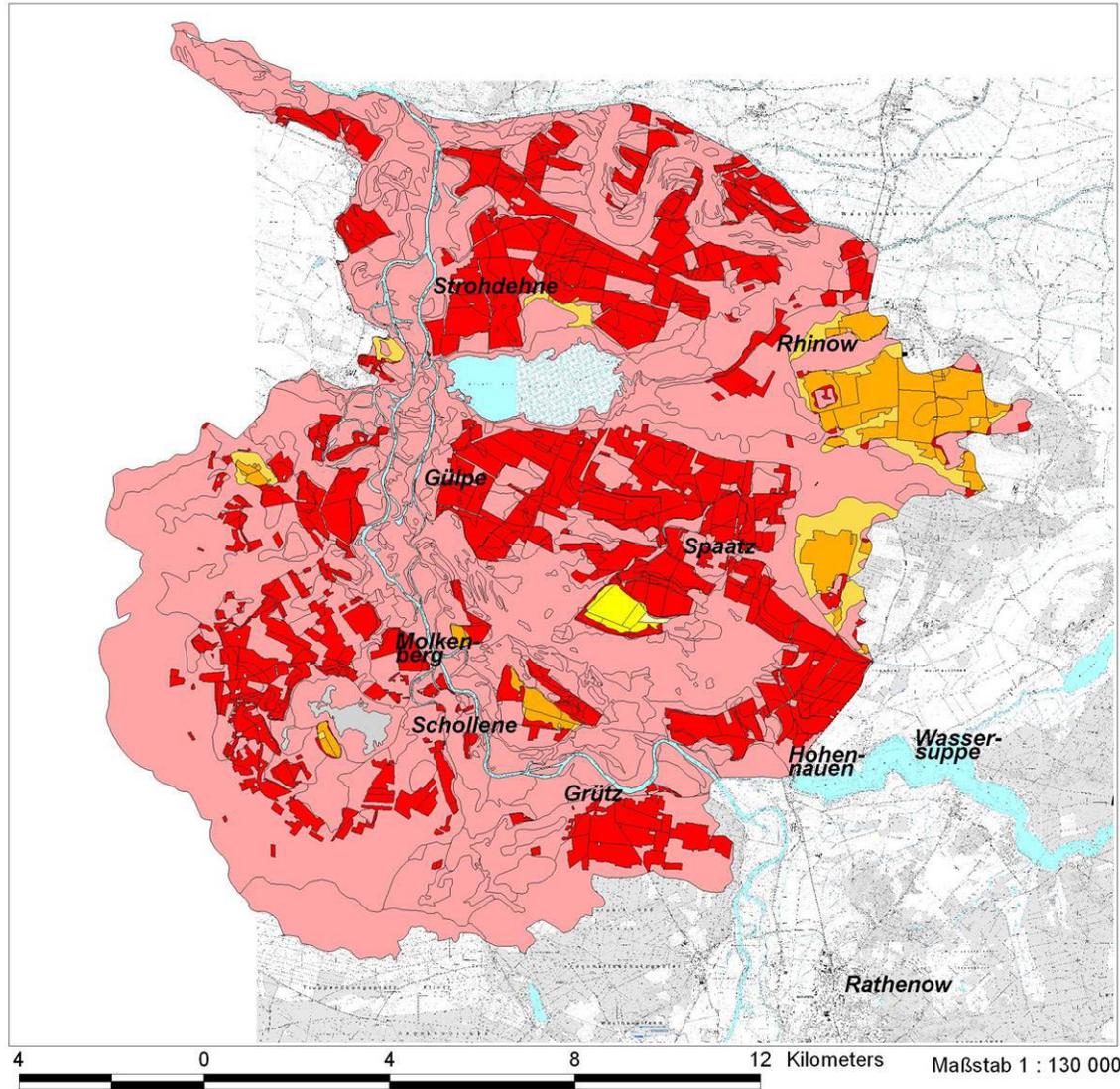
Karte-Fokusebene 1: Potentielle Nährstoffauswaschungsfähr im Einzugsgebiet von Döllnitz und Kleinem Rhin



Karte-Fokusebene 2: Potentielle Nährstoffauswaschungsgefahr im Gebiet Hammerfließ



Karte-Fokusebene 3:
Potentielle Nährstoffauswaschungsgefahr in der Großen Grabenniederung/Gülper Havel im Unterlauf der Havel



Legende

Menz Ortschaft



potentielle Nährstoffauswaschungsgefahr unter den Äckern im Fokusgebiet

- gering
- mittel
- hoch
- keine Angaben

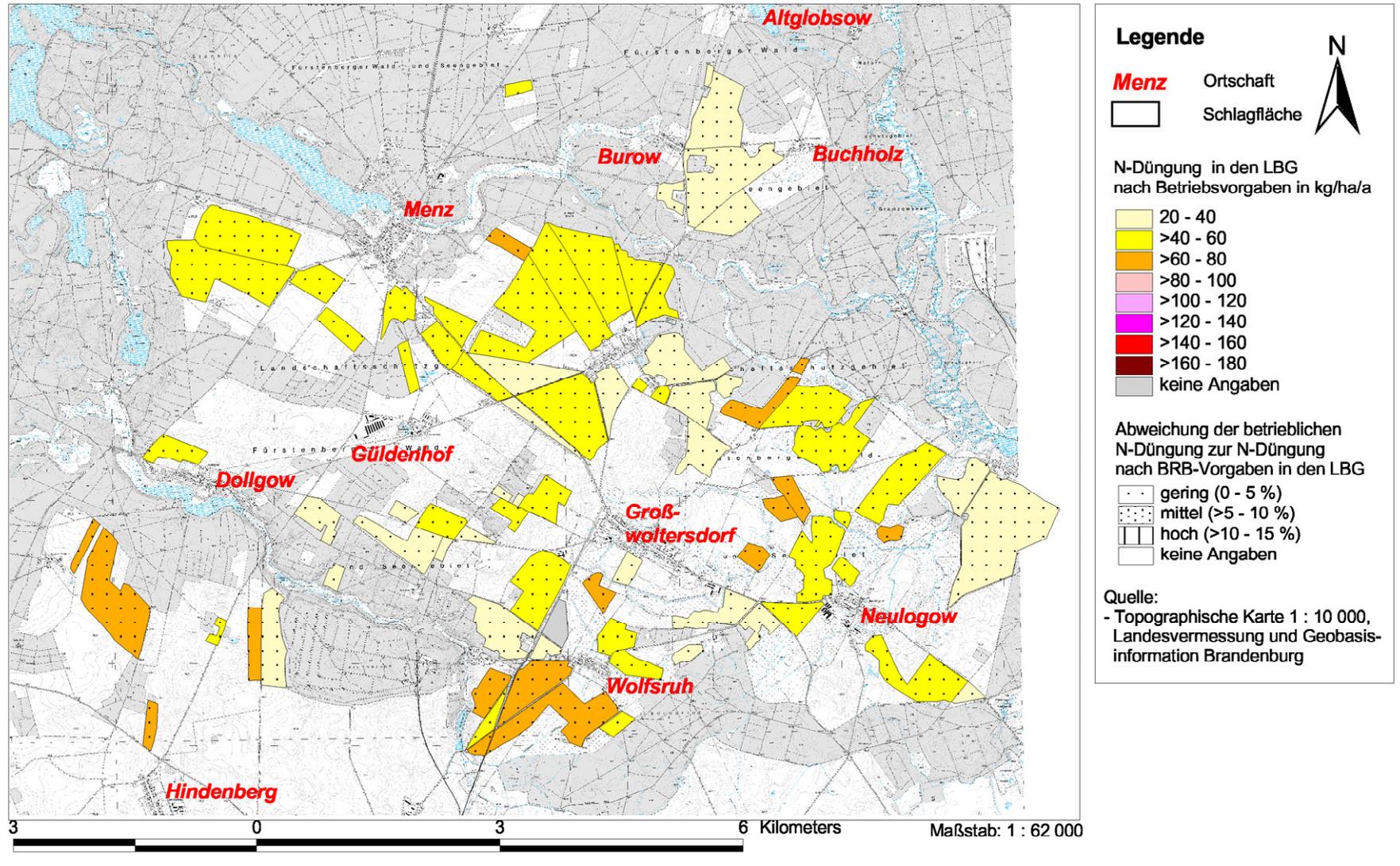
potentielle Nährstoffauswaschungsgefahr unter anderen Landnutzungen im Fokusgebiet

- gering
- mittel
- hoch
- keine Angaben

Quellen:

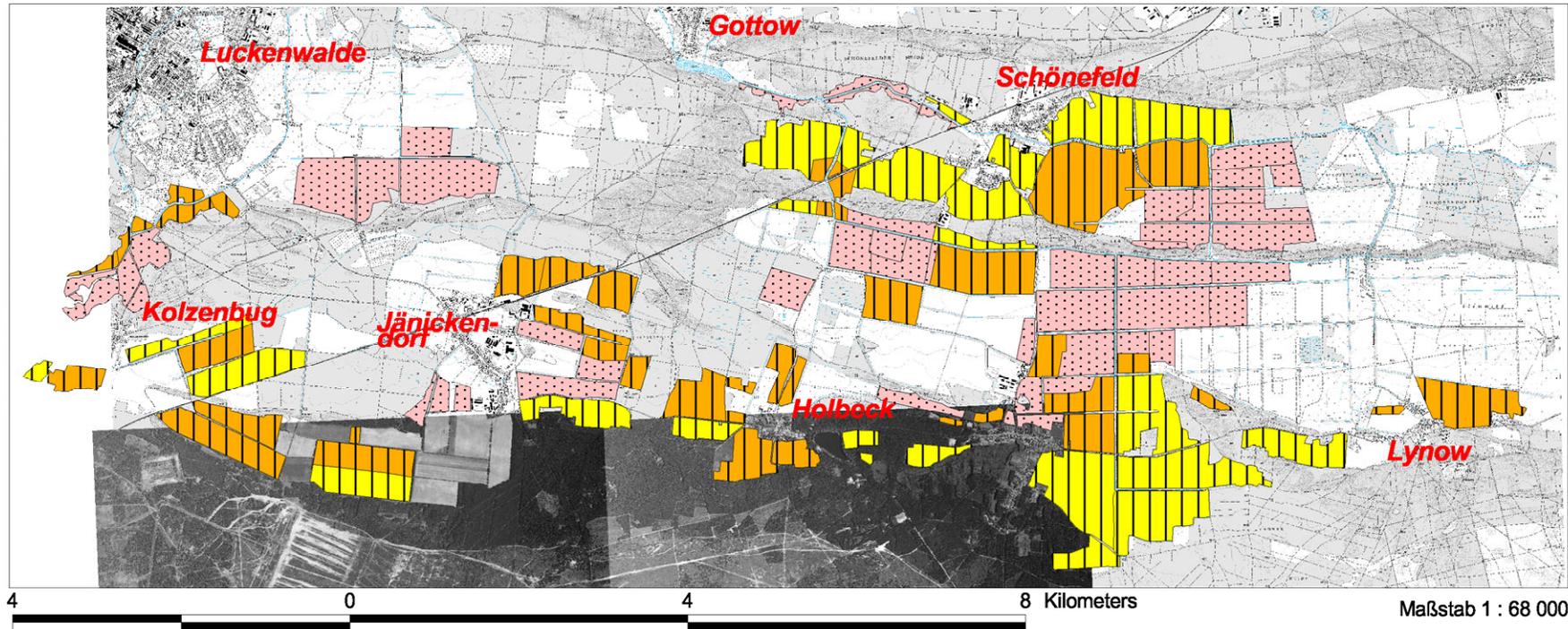
- Topographische Karte 1 : 10 000, Landesvermessung und Geobasisinformation Brandenburg
- Biotoptypenkartierung Brandenburg, Naturschutzbund (NABU) Landesverband Brandenburg, 1995
- Nanochorentypenkarte, LAHMER, W., ITZEROTT, S., " Bewirtschaftungsmöglichkeiten im Einzugsgebiet der Havel", 2004

KARTE-Stickstoffdüngung 1: Stickstoffdüngung im Landwirtschaftsbetrieb Neugro



Anlage 10a-c: Karten der Stickstoffdüngung in den Beispielsbetrieben der Fokusgebiete

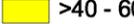
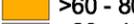
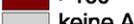
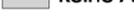
KARTE-Stickstoffdüngung 2: Stickstoffdüngung im Landwirtschaftsbetrieb "Der Märker"



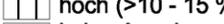
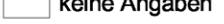
Legende

- Menz** Ortschaft
 Schlagfläche

N-Düngung in den LBG
nach Betriebsvorgaben in kg/ha/a

-  20 - 40
-  >40 - 60
-  >60 - 80
-  >80 - 100
-  >100 - 120
-  >120 - 140
-  >140 - 160
-  >160 - 180
-  keine Angaben

Abweichung der betrieblichen
N-Düngung zur N-Düngung
nach BRB-Vorgaben in den LBG

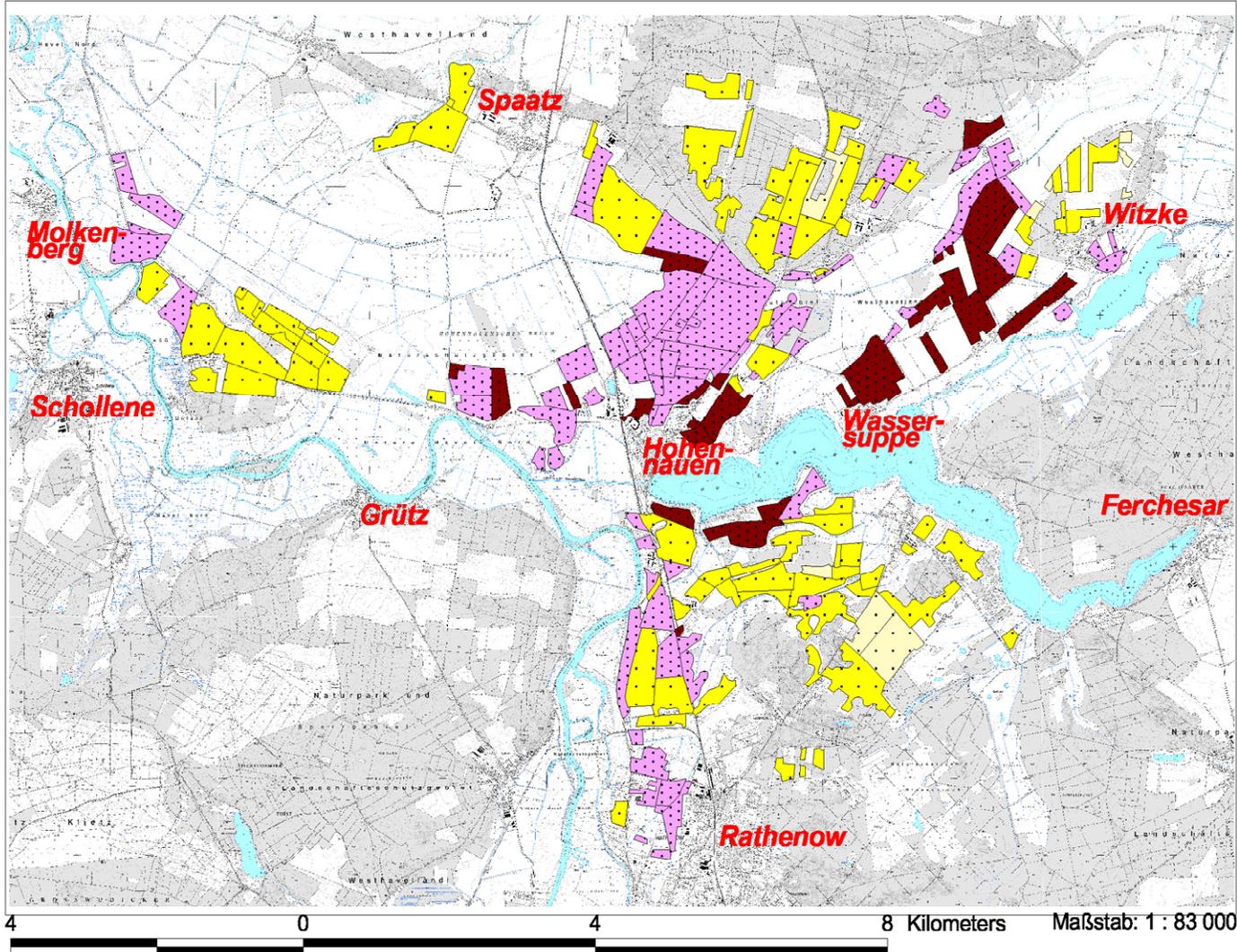
-  gering (0 - 5 %)
-  mittel (>5 - 10 %)
-  hoch (>10 - 15 %)
-  keine Angaben

Quelle:

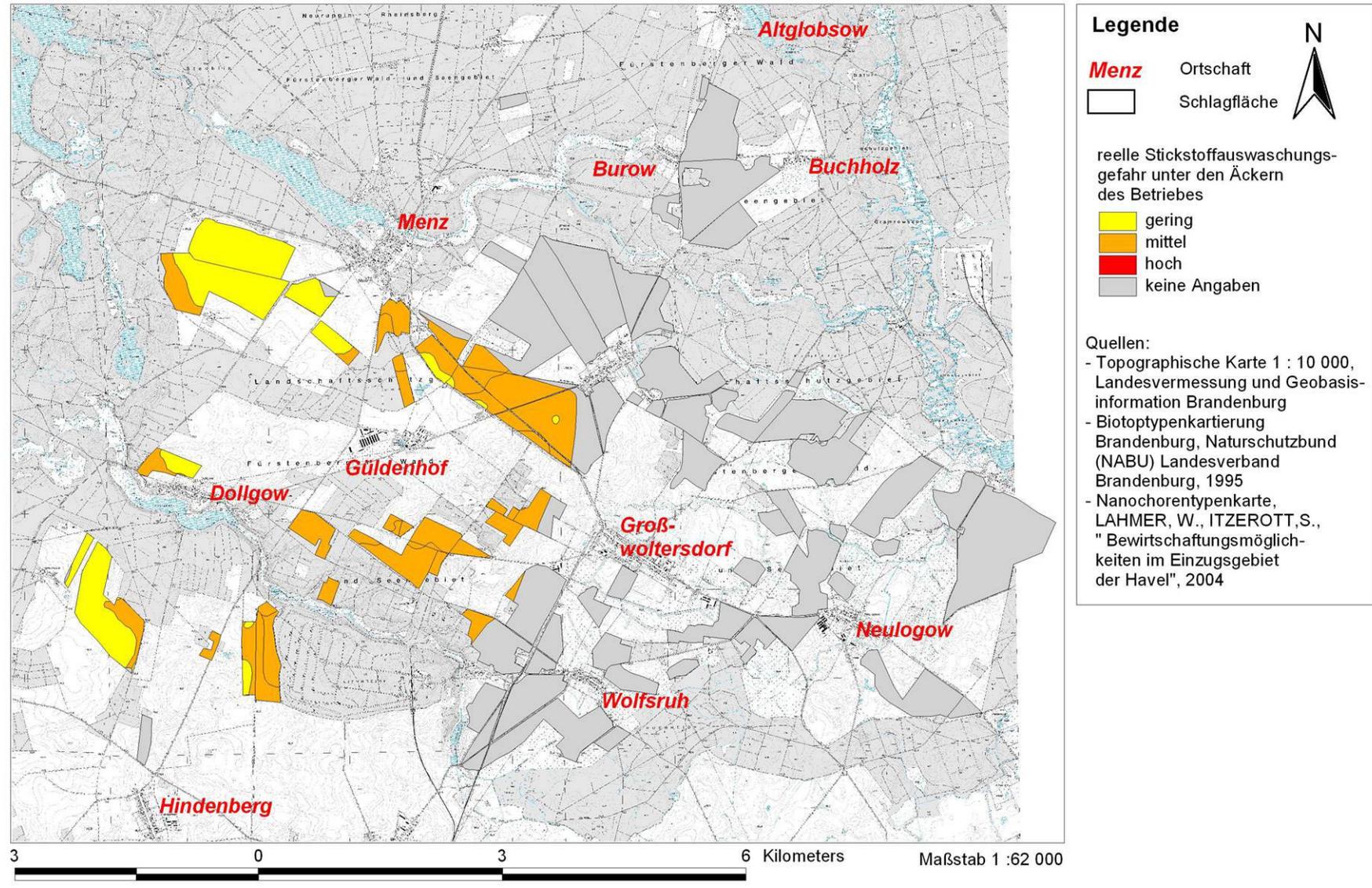
- Topographische Karte 1 : 10 000,
Landesvermessung und Geobasis-
information Brandenburg



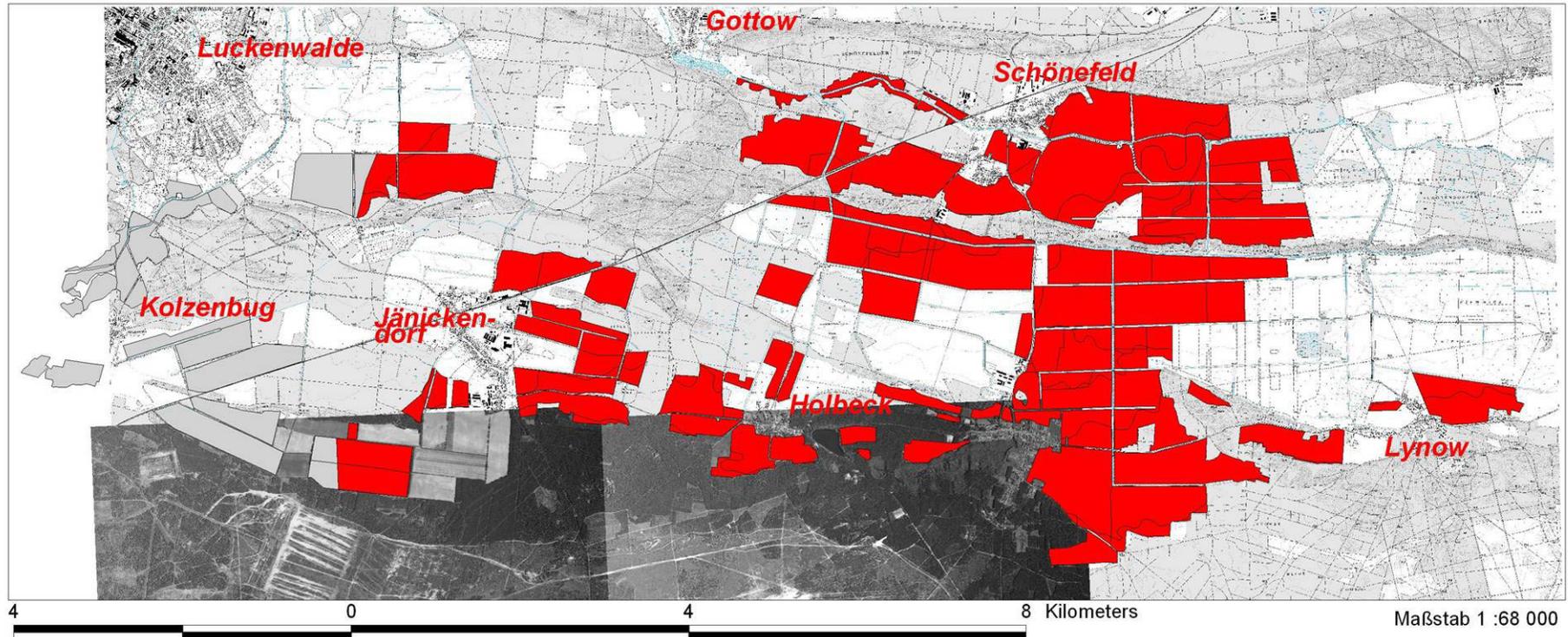
KARTE-Stickstoffdüngung 3: Stickstoffdüngung im Landwirtschaftsbetrieb Hohennauen



Karte - Reelle Stickstoffauswaschungsgefahr 1: Landwirtschaftsbetrieb in Großwoltersdorf



Karte - Reelle Stickstoffauswaschungsgefahr 2: Landwirtschaftsbetrieb in Jänickendorf



Legende

Menz Ortschaft
 Schlagfläche

reelle Stickstoffauswaschungs-
 gefahr unter den Äckern
 des Betriebes

gering
 mittel
 hoch
 keine Angaben

Quellen:

- Topographische Karte 1 : 10 000,
 Landesvermessung und Geobasis-
 information Brandenburg
 - Biotoptypenkartierung
 Brandenburg, Naturschutzbund
 (NABU) Landesverband
 Brandenburg, 1995

- Nanochorentypenkarte,
 LAHMER, W., ITZEROTT, S.,
 " Bewirtschaftungsmöglich-
 keiten im Einzugsgebiet
 der Havel", 2004



Karte - Reelle Stickstoffauswaschungsgefahr 3: Landwirtschaftsbetrieb in Hohennauen

