



LAND
BRANDENBURG

Ministerium für Umwelt, Gesundheit
und Verbraucherschutz

Bodenschutz



Fachbeiträge des LUGV
Heft Nr. 126

**Brandenburg spezifische Boden-Indikatoren
für ein Klimamonitoring im Rahmen
der Deutschen Anpassungsstrategie (DAS)
sowie Zusammenstellung von
aussagefähigen
Wirkungs- und Alarmschwellen**

Abschlussbericht (2012)

**Landesamt für
Umwelt,
Gesundheit und
Verbraucherschutz**

Brandenburg spezifische Boden-Indikatoren für ein Klimamonitoring im Rahmen der Deutschen Anpassungsstrategie (DAS) sowie Zusammenstellung von aussagefähigen Wirkungs- und Alarmschwellen

Herausgeber:

Landesamt für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz (LUGV)
Seeburger Chaussee 2
14476 Potsdam
OT Groß Glienicke
Tel.: 033201-442-171
Fax: 033201-43678

Bestelladresse: info@lugv.brandenburg.de

Download: <http://www.mugv.brandenburg.de/info/lugvpublikationen>

Potsdam, Juli 2012

Dieser Fachbericht basiert auf dem vom LUGV geförderten Projekt (Az. 16811/2-41) zu Thema „Brandenburg spezifische Boden-Indikatoren für ein Klimamonitoring im Rahmen der Deutschen Anpassungsstrategie (DAS) sowie Zusammenstellung von Grundlagen zur Ableitung von aussagefähigen Wirkungs- und Alarmschwellen“ – Abschlussbericht 12/2011

Autoren:

Prof. Dr.-Ing. Rüdiger Schultz-Sternberg
MSc., Dipl.-Geogr. Robert Bartsch
Dr. Caroline Schleier
Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde (Fachhochschule FH Eberswalde),
Friedrich-Ebert-Straße 28, 16225 Eberswalde

Redaktion:

LUGV, Abt. Technischer Umweltschutz
Referat Altlasten, Bodenschutz (T6)
Dr. Jürgen Ritschel
Tel.: 033201-442-356
E-Mail: juergen.ritschel@lugv.brandenburg.de

Diese Veröffentlichung erfolgt im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit des Ministeriums für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg. Sie darf weder von Parteien noch von Wahlwerbern zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Der Bericht einschließlich aller Abbildungen ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwendung außerhalb der Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Herausgebers unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Bearbeitung in elektronischen Systemen.

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis.....	1
Abbildungsverzeichnis.....	3
Tabellenverzeichnis.....	5
Abkürzungsverzeichnis.....	6
1. Einleitung.....	9
1.1 Problemstellung	9
1.2 Ziele und Vorgehensweise im Projekt.....	9
1.3 Ergebnisse der Vulnerabilitätsbewertung Brandenburgischer Böden.....	13
1.3.1 Methodisches Vorgehen der Expertenbefragung.....	13
1.3.2 Vulnerabilität der Brandenburger Böden	14
1.3.2.1 Bewertung der Sensitivität verschiedener Bodeneigenschaften.....	14
1.3.2.2 Bewertung der Gefahren für den Boden	16
1.3.2.3 Generelle Bewertung der Vulnerabilität brandenburgischer Böden.....	18
2. Ableitung der Boden-Klima-Indikatoren	21
2.1 Festlegung der Indikatoren	21
2.2 Indikator Bodenwasserhaushalt.....	22
2.2.1 Definition und Ableitung des Indikators	22
2.2.2 Berechnung des Indikators.....	24
2.2.2.1 Eingangsdaten	24
2.2.2.1 Verarbeitung	25
2.2.3 Erstellung einer 31 jährigen Vergleichsdatenbasis (1980-2010)	27
2.2.4 Ableitung und Definition von Risiko- und Alarmschwellen für den Indikator „Bodenwasserhaushalt“	30
2.2.5 Vorschläge für die Umsetzung der Indikatorbeobachtung.....	35

2.2.6 Steckbrief Indikator „Bodenwasserhaushalt“	36
2.3. Indikator Bodenerosion durch Wasser	38
2.3.1 Definition und Ableitung des Indikators	38
2.3.2 Berechnung des Indikators.....	39
2.3.2.1 Eingangsdaten	39
2.3.2.2 Verarbeitung	42
2.3.3 Erstellung einer 31 jährigen Vergleichsdatenbasis (1980-2010)	49
2.3.4 Ableitung und Definition von Risiko- und Alarmschwellen für den Indikator „Bodenerosion durch Wasser“	54
2.3.5 Vorschläge für die Umsetzung der Indikatorenbeobachtung.....	54
2.3.6 Steckbrief Indikator „Bodenerosion durch Wasser“	57
3. Zusammenfassung.....	60
4. Literatur	63
Anhang.....	

Abbildungsverzeichnis

Abb.1-1 Projektablauf und Teilprojekte	12
Abb.1-2 Ergebnisse der Expertengespräche zu der Vulnerabilität verschiedener Bodeneigenschaften (Wiedergegeben ist der Median der Einstufung auf der fünfstufigen Skala, N=22).....	14
Abb.1-3 Ergebnisse der Expertengespräche zu der Vulnerabilität verschiedener Gefährdungen und Prozesse (Wiedergegeben ist der Median der Einstufung auf der fünfstufigen Skala, N=22)	17
Abb.1-4 Einstufung der Vulnerabilität Brandenburgs und seiner Böden durch Experten	19
Abb.2-1 Indikatoren für die Bodenerosion in verschiedenen Bereichen des DPSIR-Konzeptes (Schramek et al., 2002)	21
Abb.2-2 Schaubild Indikator Bodenwasserhaushalt	26
Abb.2-3 Verlauf des Bodenwasservorrates im Jahr 1980, Doberlug-Kirchhain.....	28
Abb.2-4 Anzahl der Tage mit Bodenwasservorrat < 30 % nFK bzw mit Bodenwasservorrat = 0 %, Doberlug-Kirchhain.....	29
Abb.2-5 Anzahl der Tage mit einem Bodenwasservorrat < 30 % nFK in 5-Jahreszeiträumen für Doberlug-Kirchhain und im Mittelwert aller Stationen.....	29
Abb.2-6 Anzahl der Tage mit einem Bodenwasservorrat = 0 % nFK in 5-Jahreszeiträumen für Doberlug-Kirchhain und im Mittelwert aller Stationen.....	30
Abb.2-7 Unterschreiten der kritischen Bodenwassergehalte und Schwellenwerte – Doberlug-Kirchhain (1980- 2010)	31
Abb.2-8 Grundwasserferne Ackerstandorte nach Bodenarten-Hauptgruppen	32
Abb.2-9 Nach Anteilen gruppierte Gemeinden mit Vorkommen von Lehm auf grundwasserfernen Ackerstandorten nach Bodenarten-Hauptgruppen	33
Abb.2-10 Nach Anteilen gruppierte Gemeinden mit Vorkommen von Sand auf grundwasserfernen Ackerstandorten nach Bodenarten-Hauptgruppen	34
Abb.2-11 Anteil der Maisflächen an der gesamt bewirtschafteten Ackerfläche in Brandenburg	39
Abb.2-12 Einstufung der Maisfläche nach Kriterium 1 und Kriterium 2.....	41

Abb.2-13 Fließdiagramm der Erstellung des Indikators Bodenerosion durch Wasser	43
Abb.2-14 Auszug aus der Ergebnistabelle des Arbeitsschrittes E4 – Flächenbestimmung der einzelnen Gefährdungsklassen innerhalb eines Feldblockes.....	44
Abb.2-15 Darstellung der potentiell gefährdeten Maisflächen in Brandenburg für das Jahr 2010 nach dem Kriterium 1.....	46
Abb.2-16 Histogramm der Abweichungen bei der Umwandlung von Vektor- zu Rasterdatensatz	48
Abb.2-17 Bewirtschaftete Ackerfläche in Brandenburg 1980-2010 (Quelle statistisches Landesamt Berlin-Brandenburg).....	49
Abb.2-18 Entwicklung der Maisanbauflächen in Brandenburg 1980-2011 (Quellen: 1980-2004 statistisches Landesamt Berlin-Brandenburg; 2005-2011 InVeKos- Datensatz).....	50

Tabellenverzeichnis

Tab.1-1 Verzeichnis der befragten Institutionen im Rahmen der Expertengespräche	13
Tab.2-1 pflanzenverfügbare Bodenwasservorrat im effektiven Wurzelraum (Scheffer/Schachtschabel, 1992)	24
Tab.2-2 Kritische Werte für das pflanzenverfügbare Wasser für verschiedene Wuchsstadien.....	25
Tab.2-3 Messtationen Vergleichsdatenbank	28
Tab.2-4 Klasseneinteilung der Gefährdungsklassen nach DIN 19708 (natürliche Erosionsgefährdung durch Wasser).....	40
Tab.2-5 Ergebnistabelle für den Indikator Bodenerosion durch Wasser (Beispieldaten für das Jahr 2005)	47
Tab.2-6 Abweichungen der Maisfläche nach Verknüpfung mit Felblockdatensatz	47
Tab.2-7 kumulierter Fehler der ersten und zweiten Fehlerquelle.....	48
Tab.2-8 Maisanbauflächen der Landkreise 2005-2011 (Quelle: InVeKos-Datensatz)	51
Tab.2-9 Indikatorwerte für das Kriterium 1 im Zeitraum 2005-2011	52
Tab.2-10 Indikatorwerte für das Kriterium 2 im Zeitraum 2005-2011	53

Abkürzungsverzeichnis

BBCH	Abkürzung für B undesanstalt, B undessortenamt und C hemische Industrie, Skala für die morphologischen Entwicklungsstadien einer Pflanze
BWa	Bodenwasservorrat
BWa1	Ausgangsbodenwasservorrat am 01.04.
C-Faktor	Bedeckungs- und Bearbeitungsfaktor innerhalb der allgemeinen Bodenabtragungsgleichung
DAS	Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel
DIN	Deutsches Institut für Normung (DIN-Norm)
dm	Dezimeter
DPSIR-Modell	Drive-Pressure-State-Impact-Response Indikatoren M odell
EEG	Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien (kurz: Erneuerbare-Energien-Gesetz)
ET	Evapotranspiration [mm]
ET _{pot}	potentielle Evapotranspiration [mm]
ET _{phar}	potentielle Evapotranspiration nach HARGREAVE (DVWK, 1996)
f _{ET}	Faktor zur Verringerung der Evapotranspiration 0 ... 1; 1 = Evapotranspiration nicht verringert
f _s	Sättigungsfaktor: 0 ... 1; 1 = vollständige Sättigung
GIS	Allgemein für Geoinformationssystem
InVeKos	Integriertes Verwaltungs- und Kontrollsystem der Europäischen Union zur Durchsetzung einer einheitliche Agrarpolitik
KA5	Bodenkundliche Kartieranleitung, 5.Auflage
k _c	Bestandsfaktor (DVWK, 1996)
mm	Millimeter

MUGV	Ministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz
N	Niederschlag [mm]
nFK	nutzbare Feldkapazität
R _o /L	Verdunstungsäquivalent der extraterretrischen Strahlung [mm/d] (DVWK, 1996)
t	Tageswert (01.04. – 30.06.)
T	Tagesmittel der Temperatur [°C]
T _{max}	Tagesmaximum der Temperatur [°C]
T _{min}	Tagesminimum der Temperatur [°C]
UFO-Plan	Umweltforschungsplan
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change

Einrichtungen und Institute

ABAG	Allgemeine Bodenabtragsgleichung
BTU	Brandenburgische Technische Universität Cottbus
DWD	Deutscher Wetterdienst
EU	Europäische Union
GFZ	Helmoltz-Zentrum Potsdam Deutsches Geoforschungszentrum
HNEE	Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde
HU-Berlin	Humboldt-Universität zu Berlin
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
LBGR	Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe
LELF	Landesamt für ländliche Entwicklung, Landwirtschaft und Flurneuordnung
LFE	Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde
LfULG	Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie

LGB	Landesbetrieb Geobasisdaten Brandenburg
LUGV	Landesamt für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg
MIL	Ministeriums für Infrastruktur und Landwirtschaft des Landes Brandenburg
PIK	Potsdam Institut für Klimafolgenforschung
TU-Berlin	Technische Universität Berlin
UBA	Umweltbundesamt
UP	Universität Potsdam
vTI	Johann Heinrich von Thünen Institut
ZALF	Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung Müncheberg e.V.

1. Einleitung

1.1 Problemstellung

Durch die prognostizierten Klimaänderungen können sich in Deutschland und besonders auch in Brandenburg gravierende Folgen für die Bodennutzung ergeben. Damit eine zielgerichtete Anpassung an diese Veränderungen stattfinden kann, wurde durch die Bundesregierung im Jahr 2008 die „Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel“ (DAS) beschlossen. Diese sieht vor, Rahmenstrategien unter anderem für die Bereiche Boden, Landwirtschaft und Wasserhaushalt zu schaffen, um eine Orientierung für Akteure und die Schaffung regionaler Handlungsmaßnahmen zu ermöglichen (Bundesregierung, 2008). Es wurde die Erstellung eines deutschlandweiten Indikatorensystems vorgeschlagen (KOMPASS, 2011), mit dem Veränderungen beobachtet und Erfolge von Handlungsmaßnahmen evaluiert werden können, um die Qualität des Nationalberichtes zur Klimarahmenkonvention (UNFCCC) zu verbessern.

Dazu wurde eine Studie im Rahmen des UFO-Planes beim Umweltbundesamt initiiert („Erstellung eines Indikatorensystems für die Deutsche Anpassungsstrategie“ FKZ 364 01 006). Hierin wurden Indikatorenvorschläge für alle Handlungsbereiche der DAS sowie eine Struktur für die Berichterstattung erarbeitet (Schönthaler et al, 2010). Der Bericht wurde im November 2010 beim Umweltbundesamt veröffentlicht. Die darin vorgestellten Indikatoren bilden ein Grundgerüst für die Beobachtung in ganz Deutschland. Darüber hinaus wurden zeitgleich in verschiedenen Bundesländern Untersuchungen zu Handlungsmaßnahmen auf Landes und kommunaler Ebene begonnen.

Die Referate „Altlasten, Bodenschutz“ und „Klimaschutz, Umweltbeobachtung“ des Landesamtes für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz – LUGV (ehemals Landesumweltamt Brandenburg) initiierten im Jahr 2009 das vorliegende Projekt zur Herausarbeitung der spezifischen Vulnerabilität der Brandenburger Böden hinsichtlich des zu erwartenden Klimawandels und zur Erstellung von Brandenburg spezifischen Bodenindikatoren für ein Klimamonitoring.

Die spezifische Vulnerabilität wird dabei mit Hilfe von Experteninterviews und Literaturrecherchen erarbeitet. Auf dieser Basis werden Indikatoren für die besonders betroffenen Bereiche entwickelt. Weiterhin werden Alarm- bzw. Risikoschwellen vorgeschlagen. Diese werden genauer definiert und eine Vergleichsdatenbasis für die Beobachtung erstellt.

1.2 Ziele und Vorgehensweise im Projekt

Das F+E-Vorhaben hat die Erarbeitung geeigneter Bodenindikatoren zur Beobachtung von Klimaveränderungen und deren Auswirkung auf den Boden in Brandenburg zum Ziel. Im Rahmen des Gesamtprojektes wurde angestrebt, neben der Ableitung und Beschreibung der

Indikatoren eine Vergleichsdatenbasis über einen repräsentativen Zeitraum von 30 Jahren bereitzustellen. Weiterhin waren für die einzelnen Indikatoren Risiko- und Alarmschwellen zu definieren, die während der Beobachtung als Anhaltspunkte für mögliche einzuleitende Anpassungsmaßnahmen dienen. Eine genaue Aufteilung der Projektschritte in die einzelnen Phasen wird in Abbildung 1-1 wiedergegeben.

Die Ziele der einzelnen Projektphasen waren folgende:

Projektphase 1

- Herausarbeiten der Vulnerabilität der Brandenburger Böden im Zuge der prognostizierten Klimaveränderung
- Erarbeitung von Indikatorvorschlägen auf Basis der Vulnerabilität der Böden

In der ersten Projektphase erfolgte eine Recherche zur Vulnerabilität der Brandenburger Böden hinsichtlich der prognostizierten Klimaveränderungen. Dabei sind vor allem Experteninterviews geführt worden, um zielgerichtet relevante Informationen zu erhalten und diese mit Hilfe von Literaturrecherchen weiter zu vertiefen. Die Ergebnisse dieser Recherchen dienen zum einen dazu, eine generelle Gefährdungseinschätzung für die Böden Brandenburgs zu geben, zum anderen sind auf dieser Basis die besonders gefährdeten Eigenschaften bzw. Gefährdungen des Bodens als wichtigste Indikatorenfelder definiert worden (Schultz-Sternberg et al., 2010). Die Recherche wurde innerhalb der nachfolgenden Projektphasen ergänzt und aktualisiert.

Aus dieser Priorisierung wurden im zweiten Schritt Indikatorenvorschläge für die zwei wichtigsten Indikatorenfelder, den Bodenwasserhaushalt und die Bodenerosion, erarbeitet. Das ursprünglich ebenso betrachtete Indikatorenfeld Bodenhumushaushalt wurde nach eingehender Diskussion mit dem LUGV nicht weiter verfolgt, da die Gefährdungssituation aus den Interviews als nicht eindeutig und der Indikator als zu unbestimmt für eine eindeutige Aussage waren. Darüber hinaus wurden erste mögliche Wirkungs- und Alarmschwellen vorgeschlagen.

Projektphase 2a

- Zusammenstellung der in Brandenburg erhobenen Boden- und Klimadaten

Um für eine spätere Beobachtung der Indikatoren Daten zur Verfügung zu haben, ausreichend und von gleichbleibender Qualität, wurde in der Projektphase II a eine Übersicht über die in Brandenburg erhobenen Daten und die erhebenden Institutionen erstellt (Schultz-Sternberg & Bartsch, 2011). Dabei sind durch Experteninterviews bei entsprechenden Institutionen und Unternehmen Informationen gesammelt worden, welche durch eine Literatur- und Internetrecherche ergänzt wurden.

Projektphase 2b

In dieser Phase wurden folgende Teilziele zu bearbeitet:

- Erstellung einer Vergleichsdatenbasis, Erarbeitung und Definition von Wirkungs- und Alarmschwellen
- Abschließende Beschreibung der Indikatoren (Untersuchungsform, Standorte und Aufwand)

In der abschließenden Phase 2b wurden die Indikatoren anhand der vorhandenen Daten erneut auf ihre Eignung und Aussagefähigkeit geprüft. Als Ergebnis der Prüfung wurden die Systemgrenzen festgelegt und eine Bearbeitungsroutine beschrieben. Diese soll es ermöglichen, einen standardisierten Ablauf der Beobachtung und vergleichbare Ergebnisse über den gesamten Beobachtungszeitraum zu gewährleisten. In dieser Phase wurde eine Vergleichsdatenbasis über einen zurückliegenden Zeitraum von 30 Jahren erstellt. Diese dient sowohl als Grundlage zukünftiger Beobachtungen als auch der Analyse bereits vorherrschender Entwicklungen. Als letzter Schritt sind für die Indikatoren Risiko- und Alarmschwellen abgeleitet und definiert worden. Die Ableitung fand auf der Basis von Fachliteratur durch Analyse der Vergleichsdatenbasis statt.

Die Grundlagen der Ableitung und Definition der Indikatoren, sowie der Risiko- und Alarmschwellen, als auch die Vorgehensweise bei der Erstellung und Analyse der Vergleichsdatenbasis werden in den Kapiteln 2.2 und 2.3 eingehend beschrieben.

Die Ergebnisse der Teilziele dienen der umfassenden Erläuterung der Indikatoren. Nach Abschluss des Projektes sind die Indikatoren einsatzbereit und eindeutig beschrieben, so dass eine reproduzierbare Weiterführung durch unterschiedliche Personen und Institutionen möglich ist.

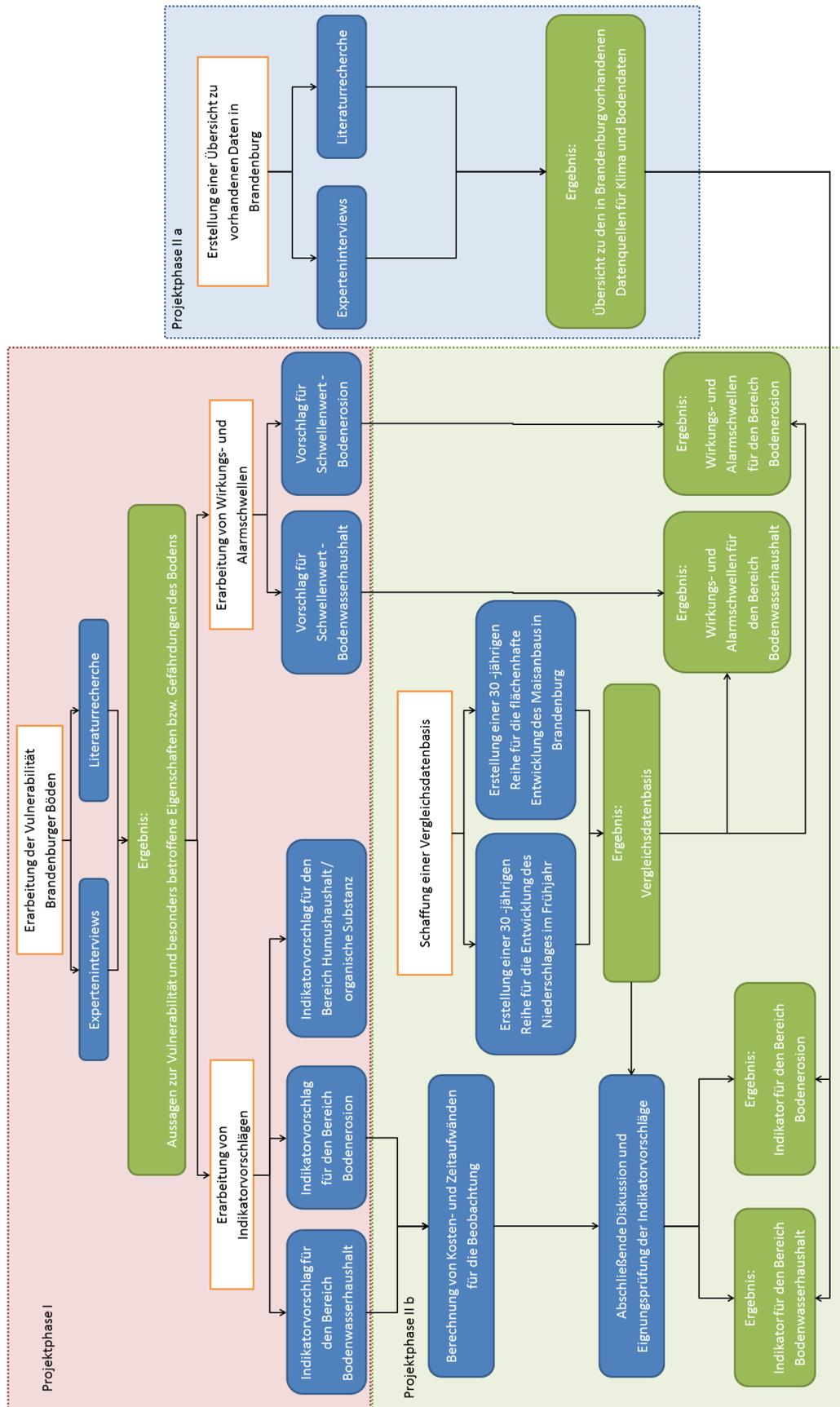


Abb.1-1 Projektablauf und Teilprojekte

1.3 Ergebnisse der Vulnerabilitätsbewertung Brandenburgischer Böden

1.3.1 Methodisches Vorgehen der Expertenbefragung

In diesem Kapitel sollen die Ergebnisse der ersten Projektteile hinsichtlich der Interviews und Literaturrecherchen zur Vulnerabilität der Brandenburger Böden zusammengefasst und durch neueste Literatur ergänzt werden. Insgesamt wurden 22 Experten aus verschiedenen Bereichen der Wissenschaft, der Fachbehörden und der Praxisdienstleister befragt. Für die Expertenauswahl war von Bedeutung, dass sie mit regionalen Besonderheiten Brandenburgs vertraut waren. Eine Zusammenstellung zu den Befragten Institutionen ist der Tabelle 1-1 zu entnehmen. Der Schwerpunkt der befragten Experten ist im Bereich wissenschaftlicher Einrichtungen zu finden. Die Interviews wurden auf Basis eines erarbeiteten Leitfadens durchgeführt (siehe Anhang 1), damit die Auswertung schematisiert ablaufen konnte und die Antworten miteinander vergleichbar waren.

Tab.1-1 Verzeichnis der befragten Institutionen im Rahmen der Expertengespräche

Institutionen		
Wissenschaftliche Einrichtungen der Boden- und Klimaforschung	Fachbehörden	Praxisdienstleister und Verbände
Brandenburgisch Technische Universität Cottbus (BTU)	Landesamt für Bergbau Geologie und Rohstoffe des Landes Brandenburg (LBGR)	Deutscher Wetterdienst – Abteilung Agrarklimatologie Leipzig (DWD)
Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde (HNEE)	Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde (LFE)	Ingenieurbüro für landwirtschaftl. Bewässerungsberatung
Johann Heinrich von Thünen-Institut Eberswalde (vTI)	Landesumweltamt des Landes Brandenburg (jetzt Landesamt für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz – LUGV)	Landwirtschaftlicher Anbaubetrieb (Ökolandbau Betrieb „Gut Wilmersdorf“)
Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung Müncheberg (ZALF)	Landesamt für Verbraucherschutz, Landwirtschaft und Flurneuordnung des Landes Brandenburg (jetzt Landesamt für Landesamt für Ländliche Entwicklung, Landwirtschaft und Flurneuordnung – LELF)	Meteomedia GmbH
Humboldt-Universität zu Berlin (HU)		Wasser- und Bodenverband Welse
Technische Universität Berlin (TU)		Wasser- und Bodenverband Finoflöß
Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK)		
Universität Potsdam (UP)		
Geoforschungszentrum Potsdam (GFZ)		

Parallel zur Expertenbefragung wurde eine Literaturrecherche durchgeführt. Die Ergebnisse der Interviews und der Literaturrecherche sind in drei Komplexe unterteilt. Die Themenkomplexe eins und zwei behandeln die Gefährdung von einzelnen Bodeneigenschaften (Kapitel 1.3.2.1) sowie Gefahren für den Boden (Kapitel 1.3.2.2). Der letzte Komplex stellt die generelle Einschätzung der Vulnerabilität der Brandenburger Böden und der Zeitspanne einer Veränderung dar (Kapitel 1.3.2.3).

Die Auswertung der Antworten der Expertenbefragung erfolgt überwiegend qualitativ. Darüber hinaus wurde für die Fragen eine Skala von 0-5 entwickelt, auf deren Basis die Experten eine Einordnung der Betroffenheit von „nicht betroffen“ = 1 bis „sehr stark betroffen“ = 5 vornehmen konnten. Für eine rein qualitative Einschätzung wurde der Wert null vergeben.

1.3.2 Vulnerabilität der Brandenburger Böden

1.3.2.1 Bewertung der Sensitivität verschiedener Bodeneigenschaften

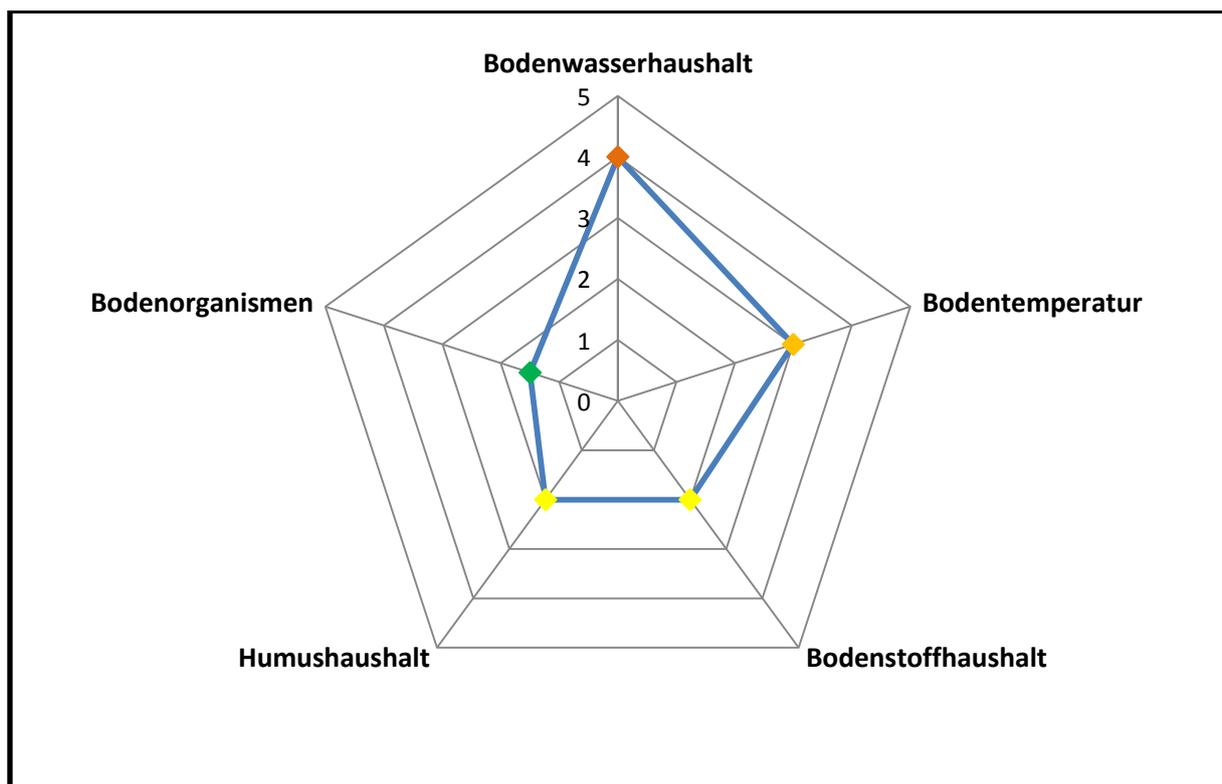


Abb.1-2 Ergebnisse der Expertengespräche zu der Vulnerabilität verschiedener Bodeneigenschaften (Wiedergegeben ist der Median der Einstufung auf der fünfstufigen Skala, N=22)

Im Folgenden werden die Einschätzungen zur Betroffenheit und Sensitivität verschiedener Bodeneigenschaften aus den Expertengesprächen und der Literatur zusammengefasst.

Als Erläuterung zur Abbildung ist hinzuzufügen, dass nicht alle Experten zu jeder aufgeführten Eigenschaft eine Einstufung in die Skala vorgenommen haben. Die Antworten und einzelnen Einstufungen in die Skala sind den beiden vorangegangenen Veröffentlichungen Schultz-Sternberg et al. (2010) und Schultz-Sternberg & Bartsch (2011) zu entnehmen.

Die Ergebnisse der Gespräche zeigen, dass von den meisten Experten der **Bodenwasserhaushalt** als besonders vulnerabel eingestuft wird. Dies wird auf die sich verändernden Niederschlagsmengen und -verteilungen innerhalb des Jahres zurückgeführt. Linke et al. (2011) verglichen hierzu verschiedene Klimaprognosemodelle für Brandenburg und konnten nachweisen, dass die Niederschläge über alle Modelle keinen eindeutigen Abnahmetrend aufweisen (nur WettReg2010). Dafür zeigen alle Modelle eindeutig eine Verschiebung der Niederschläge vom Sommer zum Winterhalbjahr.

Die verringerten Niederschläge im Frühjahr und Sommer sowie eine erhöhte Verdunstung führen zu einem Rückgang der Sickerwassermengen und damit zu einer geringeren Grundwasserneubildung (Lahmer & Pfützner, 2003, Lorenz et al., 2008, Willms et al., 2006, Eulenstein & Glemnitz, 2007). Der Rückgang wird von verschiedenen Autoren in einer Spanne zwischen 50 – 80 % angegeben (Gerstengarbe et al., 2003, Wessolek & Asseng, 2006).

Ein anderer Effekt ist ein Rückgang des Bodenwasserspeichers im Sommer einhergehend mit Wasserknappheit für den Pflanzenbau (Schindler et al., 2007, Wiggering et al., 2008, Holsten et al., 2009). Dieser wird zukünftig nicht nur auf die sandigen Standorte mit einer besonders geringen Wasserspeicherkapazität beschränkt sein, sondern sich möglicherweise auch auf andere grundwasserferne Böden ausdehnen. Die Experten nehmen an, dass eine größere Änderung im sommerlichen Bodenwasserspeicher auf lehmigen Standorten zu erwarten ist, die bisher immer noch ausreichend Wasser den Pflanzen zur Verfügung stellen konnten. Die Verminderung der Bodenwassers kann bei den Pflanzen zu einem möglichen Trockenstress führen, welcher bei längerer Dauer mit einem Ertragsrückgang verbunden ist. Diese negativen Effekte können zu einem Teil durch entsprechende Bewirtschaftung und Sortenwahl gemindert werden. Als ebenso begünstigend für das Pflanzenwachstum wird ein erhöhter CO₂-Gehalt eingestuft, wodurch Trockenstress gemindert und dadurch bedingte Ernterückgänge aufgefangen werden könnten (Wechsung et al., 2008, Lotze-Campen et al., 2009).

Durch die Veränderungen im Bodenwasserhaushalt werden aber auch andere Prozesse und Gefahrenquellen im Boden gehemmt oder verstärkt. Hier sind z.B. Mineralisationsraten organischer Substanz und Benetzungshemmungen besonders auf Sandböden zu nennen.

Durch starke Austrocknung der oberflächennahen Bodenschichten erhöht sich zusätzlich die Gefahr von Erosion durch Wind und Wasser.

Die Veränderung der **Bodentemperatur** wird sich nach Meinung der Experten besonders oberflächennah deutlich messbar erhöhen. Eine damit einhergehende höhere Gefährdung wird nicht erwartet. Es wäre sogar eine frühere Keimung von Sommergetreiden und Mais möglich.

Hinsichtlich des **Stoffhaushaltes** werden von den Experten weniger eindeutige Veränderungen genannt. Sie verweisen auf eine enge Kopplung an den Bodenwasser- und Humushaushalt. Der **Humushaushalt** ist ebenfalls sehr stark vom Bodenwasser abhängig. Aber auch hier werden von den Experten keine eindeutig positiven wie negative Entwicklungen genannt. So dass sie keine eindeutige Gefährdung des Humushaushalt prognostizieren. Denkbar sind höhere Mineralisierungsraten der organischen Bodensubstanz (Wessolek et al., 2008), aber auch durch Wasserknappheit gehemmte Prozesse. Einhergehend mit den Veränderungen in der organischen Bodensubstanz sind auch Rückkopplungen mit dem Bodenwasserhaushalt zu erwarten.

Die Veränderungen der **Bodenorganismen** werden als weniger gefährdet eingestuft. Es wird erwartet, dass sich Zusammensetzungen und Häufigkeiten des Auftretens verändern. Allerdings ist durch mildere Wintertemperaturen ein vermehrter Anstieg von Schädlingspopulationen möglich, welcher sich negativ auf die Landwirtschaft auswirken kann (BfN, 2004).

Zusammenfassend ist festzustellen, dass nach Meinung der Experten der Bodenwasserhaushalt als sehr sensibel und besonders gefährdet hinsichtlich der Klimaveränderungen ist. Die anderen angesprochenen Eigenschaften werden als weniger gefährdet eingestuft. Es wird aber auch betont, dass mögliche negative Veränderungen durch angepasste Nutzung (z.B. Sortenauswahl, Zwischenfruchtanbau, nicht wendende Bodenbearbeitung) und technische Hilfsmittel (z.B. Bewässerung) zum Teil ausgeglichen werden können (Bloch & Bachinger, 2010).

1.3.2.2 Bewertung der Gefahren für den Boden

Neben den bereits besprochenen Bodeneigenschaften sollen im folgenden Abschnitt die Ergebnisse der Interviews zu verschiedenen Gefährdungen des Bodens kurz zusammengefasst werden. Die wichtigsten klimainduzierten Gefährdungen, die besprochen werden sollen sind dabei die Bodenerosion, Überschwemmungen und Überstauungen. Die Ergebnisse zu weiteren diskutierten Prozessen sind der Abbildung 1-3 oder den vorangegangenen Veröffentlichungen Schultz-Sternberg et al. (2010) und Schultz-Sternberg & Bartsch (2011) zu entnehmen. Als Erläuterung zur Abbildung ist hinzuzufügen, dass nicht alle Experten zu jedem aufgeführten Prozess eine Einstufung in der Skala vorgenommen

haben. Die Antworten und einzelnen Einstufungen in die Skala sind in den beiden oben genannten Veröffentlichungen zu finden.

Es wird von den Experten davon ausgegangen, dass sich durch ein verstärktes Auftreten von Starkniederschlägen die **Wassererosionsgefährdung** auf den Ackerflächen erhöhen wird. Diese These wird auch durch die Literaturrecherche und Prognosen anderer Bundesländer, z.B. Sachsen (LfULG, 2009), Bayern (Bühler & Schoger, 2008) untermauert. Wurbs & Steininger (2011) untersuchten für ganz Deutschland die Veränderungen der Faktoren der Allgemeinen Bodenabtragsgleichung (ABAG) für ganz Deutschland in Bezug auf die Klimaveränderungen. Sie kamen zu dem Ergebnis, dass sich der R-Faktor (Regenerosivität) und damit auch die potentielle Erosionsgefährdung für den Raum Nordostdeutsches Tiefland zukünftig erhöhen wird. Dieser Trend wird besonders für den Szenariozeitraum 2011-2040 gezeigt, danach kommt es zu einem leichten Rückgang und einem erneuten Anstieg in der Phase 2070-2100 für einzelne räumliche Einheiten in Brandenburg. Entgegenwirken können die Landwirte durch eine angepasste Nutzung, z. B. durch Zwischenfruchtanbau oder nicht wendende Bodenbearbeitung (Bloch & Bachinger, 2010, Zebisch et al., 2005). Als wichtig wird zukünftig vor allem die winterliche Bedeckung des Bodens hervorgehoben, da hier mit stärkeren Abträgen gerechnet werden muss (Wurbs & Steininger, 2011).

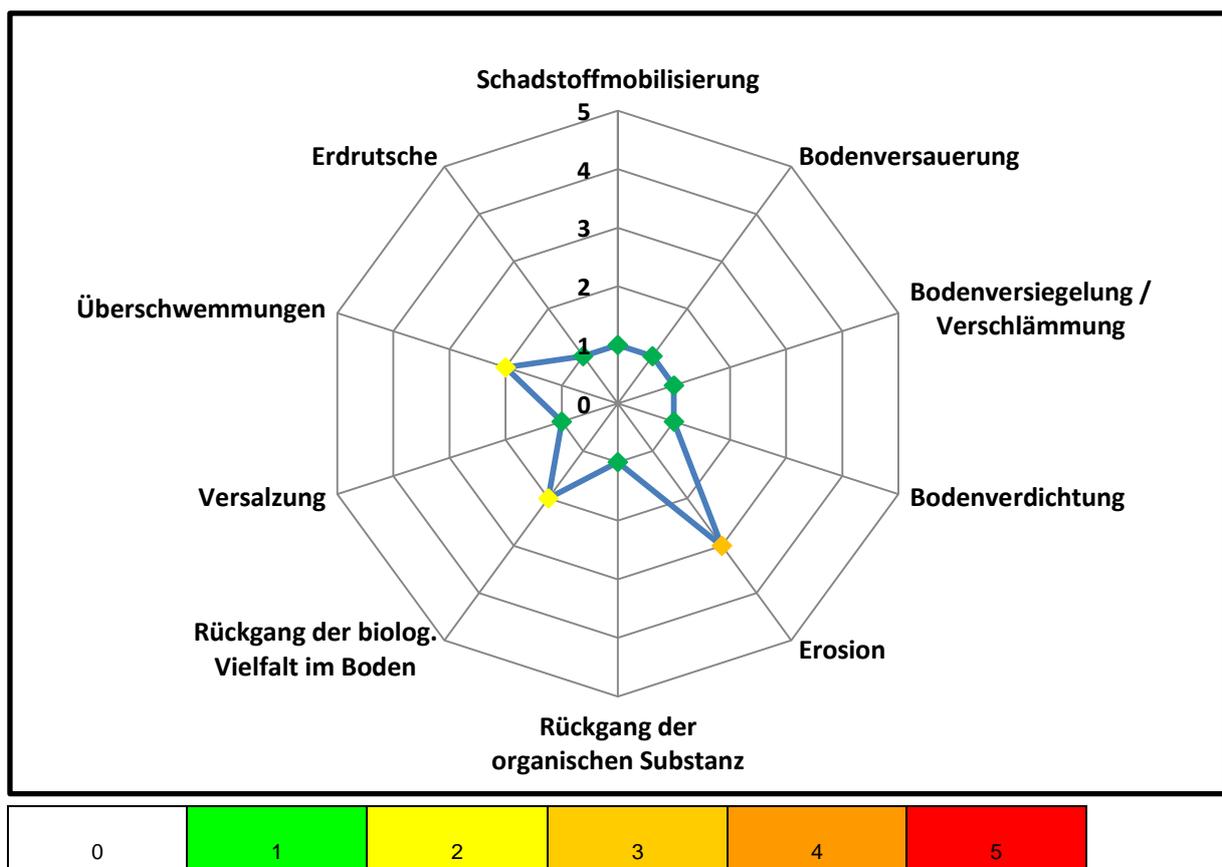


Abb.1-3 Ergebnisse der Expertengespräche zu der Vulnerabilität verschiedener Gefährdungen und Prozesse (Wiedergegeben ist der Median der Einstufung auf der fünfstufigen Skala, N=22)

Unter dem Eindruck der Hochwasser von 1997, 2002 und 2010 wurde von den Experten das Auftreten von Extremereignissen mit darauf folgenden Hochwassern als zukünftige Bedrohung hervorgehoben. Dabei gingen sie nicht nur auf die Hochwasser entlang von Flüssen ein, sondern wiesen auch auf die Gefahr langanhaltender Regenperioden hin. Diese können auf Ackerflächen mit Verdichtungen ebenfalls zu **Überstauungen** und Ernteverlusten führen. Vorsorgende Schutzmaßnahmen wären in solchen Fällen, z.B. weniger häufige und witterungsangepasste Überfahrten, um eine Verdichtung zu vermeiden. Gegen Folgen von Hochwassern wird auf technische Anlagen, wie Drainagen verwiesen. Die Experten stellen ergänzend fest, dass diese Anlagen derart gestaltet sein müssen, dass in Trockenperioden das Wasser in den Flächen zurückgehalten werden kann.

Zusammenfassend bleibt zu den Gefahren für den Boden zu sagen, dass von den Experten und aus der Literatur eine steigende Gefahr durch Extremwetterereignisse wie Starkregen oder anhaltende Trockenheit prognostiziert wird. Diese Ereignisse können zu verstärktem Abtrag von Boden durch Wasser- und Winderosion führen, aber auch zu Ernteverlusten durch Wasser- und Trockenstress.

1.3.2.3 Generelle Bewertung der Vulnerabilität brandenburgischer Böden

Als Vulnerabilität wird die Anfälligkeit eines Systems gegenüber nachteiligen Auswirkungen der Klimaänderungen, sowie die Unfähigkeit diese zu bewältigen, bezeichnet (IPCC, 2007, Schultz-Sternberg et al., 2010). Sie setzt sich aus den Aspekten der Schwere der Einwirkung von außen und der Empfindsamkeit und Anpassungskapazität des Systems zusammen (IPCC, 2007).

Der IPCC-Bericht (2007) sagt für Mittel- und Osteuropa abnehmende Sommerniederschläge und damit einhergehende Wasserknappheit voraus. Außerdem werden zunehmende flutartige Überschwemmungen im Landesinneren und verstärkte Erosion durch Gewitterniederschläge erwartet (IPCC, 2007). Deutschlandweit wird mit wärmeren und trockeneren Sommern sowie feuchteren und milderem Wintern gerechnet. Das kann in einigen Regionen zu einer Zunahme von Mangelsituationen an pflanzenverfügbarem Wasser führen (UBA, 2007). Hinzu kommen im Norden und Nordosten eine verstärkte Erosionsgefahr durch Wasser und Wind (ahu et al., 2011).

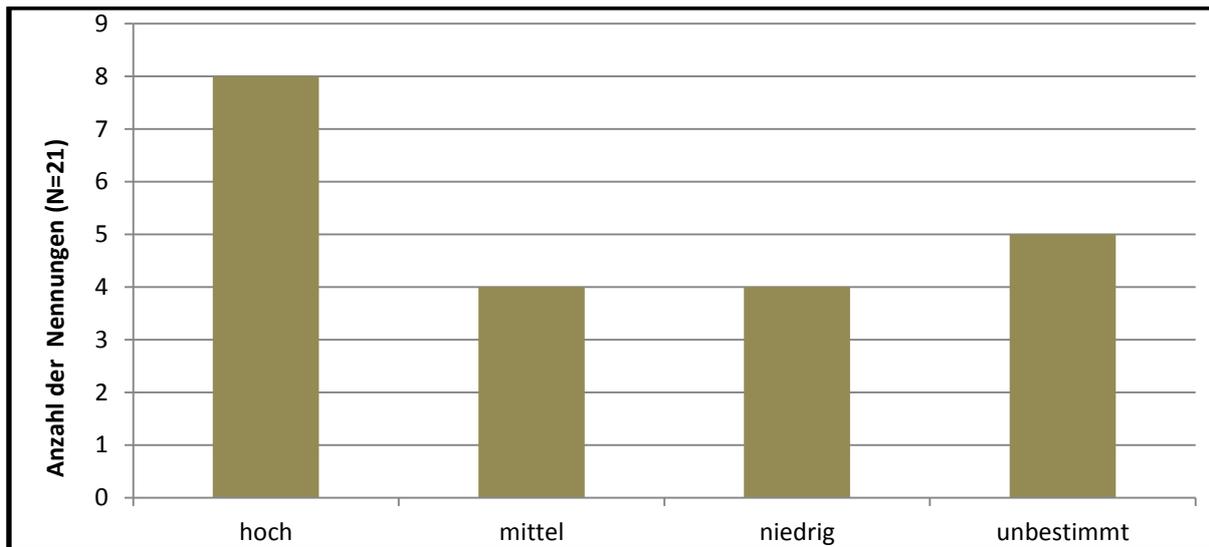


Abb.1-4 Einstufung der Vulnerabilität Brandenburgs und seiner Böden durch Experten

Die Gespräche mit den Experten ergaben, dass ein Großteil der Befragten die Vulnerabilität Brandenburgs und seiner Böden als hoch einstuft. Sie führten das vorwiegend auf die sich verändernden Wasserbilanzen und erhöhten Gefahren durch Starkniederschläge zurück. In der Literatur finden sich vergleichbare Einstufungen. Regional für Brandenburg gehen z.B. Gerstengarbe et al. (2003) und Zebisch et al. (2005) davon aus, dass durch die Veränderungen im Jahresgang der Niederschläge und einer Veränderung der klimatischen Wasserbilanz, das Gebiet zu den höchst vulnerabelsten in ganz Deutschland zählt. Eine ausführlichere Darstellung zum Bodenwasserhaushalt befindet sich im Kapitel 1.3.2.1 und in den vorangegangenen Veröffentlichungen Schultz-Sternberg et al. (2010) und Schultz-Sternberg & Bartsch (2011).

Aber auch eine zukünftig erhöhte Erosionsgefährdung durch zunehmende Starkniederschlagsereignisse stellt eine große Gefahr für die Brandenburger Böden dar (Frühauf, 2010). Darüber hinaus wird von einigen Experten im Nordwesten und Süden Brandenburgs eine regional stärkere Gefährdung durch Winderosion prognostiziert. Wobei die allgemeine Gefährdung durch Erosion noch durch unangepasste Bodennutzung gesteigert werden kann. Eine genauere Analyse zur Erosion findet in Kapitel 1.3.2.2 statt. Im Zuge der zurückliegenden Überschwemmungen entlang der Flussläufe von Oder und Elster sowie der flächenhaften Überstauungen durch ergiebige Niederschläge im Jahr 2010 wird von den Experten auf eine sich erhöhende Gefahr diesbezüglich aufmerksam gemacht (Schultz-Sternberg & Bartsch, 2011). Sie weisen darauf hin, dass die Extrema und der schnelle Wechsel von Überschwemmungen und Trockenheit der landwirtschaftlichen Nutzung in Flussnähe Schwierigkeiten bereiten könnte (UBA, 2006).

Der zu erwartende Zeitraum, in welchem eine deutlich sichtbare Veränderung eintritt, wird von den Experten sehr unterschiedlich angesehen. Er schwankt zwischen bereits vorhandenen Veränderungen und Zeiträumen von bis zu 50 Jahre in denen sich die Klimaveränderungen auf den Boden auswirken. Sie weisen aber auch darauf hin, dass die

Veränderungen sich nicht immer nur negativ auswirken. Durch veränderte Temperaturen in der Luft und im Boden sind ein früherer Vegetationsbeginn und eine schnellere Entwicklung der Pflanzen im zeitigen Frühjahr möglich (Schultz-Sternberg & Bartsch, 2011) und somit eine mögliche Verringerung der Gefahr durch Frühjahrs- und Frühsommertrockenheit.

Zusammenfassend zeigen die Expertengespräche und die Literaturlauswertungen, dass besonders dem Bodenwasserhaushalt und der Gefahr durch Extremereignisse, wie Hochwasser und Starkniederschläge und damit einhergehende Erosionsgefahr, ein hohes Maß an Aufmerksamkeit geschenkt werden muss. Es wird gleichzeitig darauf hingewiesen, dass die Veränderungen, welche durch die Bodennutzung stattfinden, kurzfristiger sowie deutlicher sind und die klimatisch bedingten Effekte überlagern können.

2. Ableitung der Boden-Klima-Indikatoren

2.1 Festlegung der Indikatoren

Indikatoren haben verschiedene Funktionen. Sie dienen dazu frühzeitig Probleme zu erkennen, zeitliche Verläufe und Entwicklungen darzustellen und Strategien zu überprüfen (Meyer, 2004). Die Anforderung an die zu entwickelnden Indikatoren war es die beiden erstgenannten Ziele zu erfüllen.

Als theoretisches Grundkonzept zur Erstellung und Einordnung von Indikatoren wurde das Drive-Pressure-State-Impact-Response (DPSIR) Konzept genutzt. Das Konzept stellt eine Kategorisierung von beobachtbaren Größen zur Verfügung. Es werden dabei nicht nur Zustand (State) und Auswirkungen (Impact) auf die Umwelt, sondern auch die Ursachen (Drive) für eine Beanspruchung (Pressure) sowie mögliche Reaktionen und Anpassungen (Response) als Indikationsgrößen mit einbezogen (Schramek, 2002).

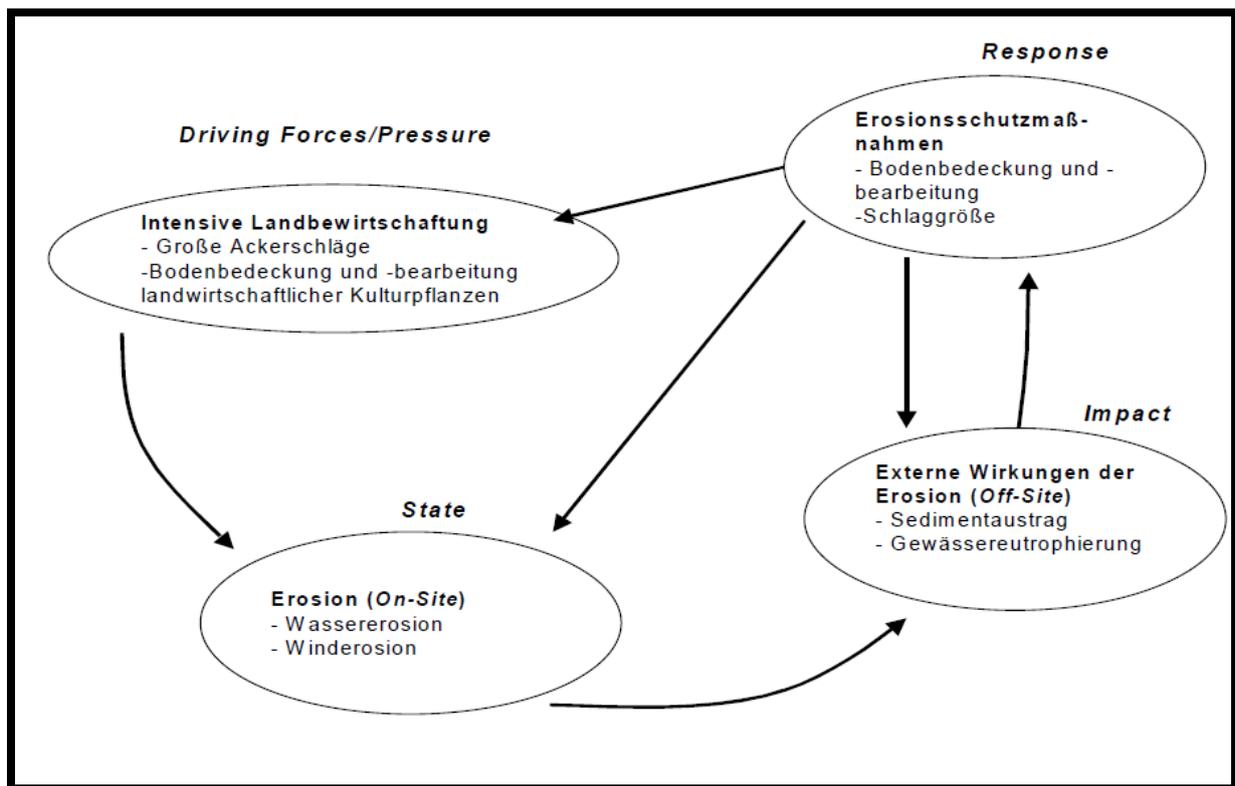


Abb.2-1 Indikatoren für die Bodenerosion in verschiedenen Bereichen des DPSIR-Konzeptes (Schramek et al., 2002)

Abgeleitet von den Ergebnissen der Experteninterviews und der Literaturrecherche wurden die Bodenerosion durch Wasser, als zukünftig ansteigende Gefahr, und der Bodenwasserhaushalt, als zukünftig stärker gefährdete Bodeneigenschaft, herausgearbeitet und somit als wichtige Indikationsfelder benannt.

Die Schwierigkeit in der Indikatorableitung für die **Bodenerosion** durch Wasser bestand darin, dass die Erosion ein nicht kontinuierliches und somit beständig messbares Phänomen ist. Es gibt für alle Bereiche des DPSIR-Konzeptes Indikatorenvorschläge auf Bundes- und Europaebene für die Beobachtung von Erosionsgefährdung (Schramek et al., 2002, Schönthaler et al., 2010). In Abbildung 2-1 ist von Schramek et al. (2002) eine kleine Auswahl von Indikatorenfeldern für die verschiedenen DPSIR-Bereiche zusammengestellt.

Für den **Bodenwasserhaushalt** standen ebenfalls eine Vielzahl an Indikatoren zur Verfügung (Schönthaler et al., 2010). Hier sollte ein Indikator gewählt werden, der durch einfach zu erhaltende Daten mit einer gleichbleibenden Qualität beobachtet werden kann.

2.2 Indikator Bodenwasserhaushalt

2.2.1 Definition und Ableitung des Indikators

Der Indikator **Bodenwasserhaushalt** ist im Bereich der State-Indikatoren einzuordnen. Er stützt sich auf die prognostizierten Klimaänderungen und bildet die Veränderungen im Bodenwasserhaushalt ab.

In Schultz-Sternberg et al. (2010) sind die prognostizierten Auswirkungen des Klimawandels auf den Bodenwasserhaushalt in Brandenburg eingehend beschrieben worden. Als wichtigste Auswirkungen werden abnehmende Sickerwasserraten und dadurch bedingte geringere Grundwasserneubildung, sommerliche Austrocknung der oberen Bodenschichten und somit eine mögliche Verringerung der Infiltrationsfähigkeit durch Hydrophobie, Gefahr der Trockenheit für landwirtschaftliche Flächen sowie verstärkte Torfmineralisierung bei Grundwasserrückgang und somit Einschränkung der Wasserspeicherfähigkeit (Puffer gegenüber Extremereignissen) beschrieben.

Es ist insgesamt davon auszugehen, dass die für die klimatische Situation Brandenburgs charakteristische Frühjahrstrockenheit durch den Klimawandel weiter verstärkt wird. Ein weiterer Rückgang der Sommerniederschläge lässt ein erhöhtes Trockenheitsrisiko für die landwirtschaftlichen Flächen Brandenburgs erwarten (Schindler et al., 2007). Ein Rückgang des Bodenwasservorrates, wie ihn Wiggering et al (2008) für den ostbrandenburgischen Raum vorhersagen, wirkt sich vor allem auf Böden aus, die keinen Grundwasseranschluss besitzen und somit nicht über eine Wassernachlieferung verfügen. Führen die erwarteten veränderten Temperaturen zu einem früheren Vegetationsbeginn und einer schnelleren Entwicklung der Pflanzen, kann diese Gefährdung etwas abgeschwächt werden.

Neben der Veränderung in der Wasserzufuhr über Niederschläge und Grundwasser wirken sich vor allem Nutzung und Bodeneigenschaften auf die Veränderungen im Bodenwasservorrat aus. Daher wurde der Einfluss der Bodenart bei der Entwicklung des Indikators Bodenwasserhaushalt berücksichtigt.

Als Indikator für den Bodenwasserhaushalt wurde eine kritische Frühjahrstrockenheit für Winterroggen gewählt. Der Bodenwasserhaushalt ist besonders durch die prognostizierten Klimaveränderungen für Brandenburg betroffen. Eine klimabedingte Verringerung des pflanzenverfügbaren Wassers hat für den Nutzpflanzenanbau eine große Bedeutung. Der gewählte Zeitraum des Frühjahres (April-Juni) stellt die für den Ertrag besonders wichtige Wachstumsphase dar, in der der Auswuchs stattfindet und die Blütenanlage einsetzt.

Winterroggen wird als Indikatorpflanze ausgewählt, da er aufgrund seiner geringeren Ansprüche an Standort und Klima auf leichten Standorten als ertragsstärkste Getreideart gilt. Winterroggen stellt in Brandenburg eine der wichtigsten angebauten Fruchtarten dar, und besitzt somit eine große Flächenrelevanz. Aufgrund seiner relativ hohen Trockentoleranz ist Winterroggen bei zunehmender Trockenheit nicht einfach durch andere Getreidearten zu ersetzen.

Grundwasserferne Ackerböden, die von den Veränderungen im Bodenwasserhaushalt besonders betroffen sein werden, sind bei der Entwicklung des Indikators Bodenwasserhaushalt besonders berücksichtigt worden. Es ist ein vereinfachtes Modell entwickelt worden, um die Änderung des Bodenwasservorrates auf grundwasserfernen Ackerstandorten in dem Zeitraum zwischen April und Juni berechnen zu können. Das Modell ist modular aufgebaut worden, so dass die einzelnen in die Berechnung eingehenden Größen zu einem späteren Zeitpunkt gegebenenfalls verändert werden können. Diese Vorgehensweise schien insbesondere dadurch sinnvoll, dass die eingehenden Daten aus unterschiedlichen Datengrundlagen und in unterschiedlichen Genauigkeitsgraden entnommen bzw. bestimmt werden können.

Der Indikator ermöglicht eine Abschätzung des Bodenwasservorrates unter Berücksichtigung der pflanzenbauwirksamen Niederschläge für die Indikatorpflanze Winterroggen in den Monaten April bis Juni. Unter Frühjahrstrockenheit wird ein Zeitraum verstanden, in dem aufgrund fehlender Niederschläge der Bodenwasservorrat abnimmt und ggf. unter kritische Grenzwerte für das Pflanzenwachstum fällt. Die Zunahme kritischer Trockenheitsphasen bedeutet für das ackerbauliche Management, dass Standorte mit einer geringen Wasserspeicherfähigkeit künftig für bisherige Anbaustrategien nicht mehr geeignet erscheinen und eine Anpassung stattfinden muss. Die Berechnungen beziehen sich auf Standorte mit homogenem Profilaufbau. Ein Wechsel von Bodenarten konnte nicht berücksichtigt werden. Seitliche Zu- und Abflüsse konnten ebenfalls nicht berücksichtigt werden.

Der **Indikator Bodenwasser** bildet die kritische Frühjahrstrockenheit für Winterroggen auf grundwasserfernen Ackerstandorten am Beispiel von Sand und sandigem Lehm ab. Er bezieht sich auf Böden ohne seitliche Ab- und Zuflüsse und ohne Bodenartenwechsel und erfordert leicht zugängliche Eingabedaten von Klimamessstationen.

2.2.2 Berechnung des Indikators

2.2.2.1 Eingangsdaten

Die Berechnung des Indikators Bodenwasserhaushalt erfolgt auf einer vereinfachten Gleichung zur Berechnung der täglichen Veränderung des Bodenwasservorrates

$$Bwa_t = Bwa_{(t-1)} - ET_{(t)} + N_{(t)}$$

BWa Bodenwasservorrat [mm]
ET Evapotranspiration [mm]
N Niederschlagshöhe [mm]
t Tageswert: 01.04. ... 30.06.

mit den Eingangsgrößen Bodenwasservorrat in mm, Niederschlagshöhe in mm, Evapotranspiration in mm.

Der Bodenwasservorrat wird nach Scheffer/Schachtschabel (1992) in Abhängigkeit der Bodenart festgelegt. Die in Tabelle 2-1 angegebenen Wassermengen stehen den Pflanzen dann zur Verfügung, wenn zu Beginn der Vegetationsperiode die Feldkapazität erreicht ist.

Tab.2-1 pflanzenverfügbarer Bodenwasservorrat im effektiven Wurzelraum (Scheffer/Schachtschabel, 1992)

Bodenart	Mittlerer effektiver Wurzelraum bei Getreide [dm]	Pflanzenverfügbare Bodenwassermenge [mm]
Grobsand	5	30
Mittelsand	6	55
Feinsand	7	80
Lehmiger Sand	7	115
Schluffiger Sand	8	140
Lehmiger Schluff	11	220
Sandiger Lehm	9	155
Schluffiger Lehm	10	190
Toniger Lehm	10	165
Lehmiger und schluffiger Ton	10	140

Die potenzielle Evapotranspiration kann über unterschiedliche Verfahren aus Klimadaten ermittelt werden. Im Rahmen dieser Studie ist ein einfaches Verfahren nach HARGREAVE (aus: DVWK, 1996) gewählt worden, weil es auf Tagesmittel-, Tagesmaximum- und Tagesminimum-Temperaturen beruht, die leicht zugänglich sind. Allerdings wird im Vergleich zu anderen Berechnungsmethoden die potenzielle Evapotranspiration nach HARGREAVE tendenziell überschätzt und birgt für Tageswerte Ungenauigkeiten. Zusätzlich ist in die Berechnung ein Bestandfaktor k_c (DVWK, 1996) eingegangen, der in Abhängigkeit der Fruchtart für die Monate März bis April angegeben wird.

Die berechnete potenzielle Evapotranspiration gibt in Zeitabschnitten mit ausreichender Wasserversorgung der Pflanzen aus dem Bodenwasservorrat oder über Niederschläge die tatsächliche Verdunstung ausreichend genau an (DVWK, 1996). Für Zeitabschnitte unzureichender Wasserversorgung beschreibt die potenzielle Evapotranspiration die reale Evapotranspiration nur unzureichend, so dass eine Anpassung des Wertes vorgenommen werden muss. Diese Anpassung kann grob geschätzt oder mit einem Berechnungsansatz nach DVWK (1996) ermittelt werden. In der vorliegenden Berechnung wurde eine angepasste Evapotranspiration anhand von Minderungsfaktoren abgeschätzt. So wurde davon ausgegangen, dass sich die Evapotranspiration auf 70% der potenziellen Evapotranspiration verringert, wenn der Bodenwasservorrat 50% der nutzbaren Feldkapazität erreicht oder unterschreitet. Bei Erreichen oder Unterschreiten von 30 % nutzbarer Feldkapazität wird die Evapotranspiration auf 35 % der potenziellen Evapotranspiration gemindert. Als dritte Größe gehen Tageswerte der Niederschlagshöhe in mm in die Berechnung der Veränderung des Bodenwasservorrates ein. Diese Eingangsdaten sind leicht verfügbar und werden an vielen Standorten in Brandenburg erfasst.

Für pflanzenbauliche Belange ist statt des absoluten Bodenwassergehaltes die Angabe der Bodenfeuchte als Anteil an der nutzbaren Feldkapazität (nFK) entscheidender. So wird die optimale Wasserversorgung für Ackerkulturen in der Regel als prozentualer Anteil an der nFK angegeben:

Tab.2-2 Kritische Werte für das pflanzenverfügbare Wasser für verschiedene Wuchsstadien

Autor	Zeitraum	% nFK
Entrup & Oehmichen (2006)	Schossenbeginn bis Ährenschieben	50 – 70
	Ährenschieben bis Blüte	40 – 60
	Blüte bis Gelbreifebeginn	30 – 50
	Optimal für Bodenorganismen	60 – 80
Scheffer & Schachtschabel (2002)	Im Jahresmittel (normales Jahr)	30 – 40
	Im Jahresmittel (trockenes Jahr)	50
Schilling (2000)	Frühjahr (BBCH 31 – 49)	50 - 70

Als kritischer Bodenwassergehalt wird von Achtnich (1980) ein Bodenwassergehalt angesehen, der 30 % der nutzbaren Feldkapazität unterschreitet. In diesem Bereich ist mit dem Eintritt von Pflanzenschäden zu rechnen. Als Indikatorgröße wurde die Anzahl der Tage definiert, an denen der Bodenwasservorrat 30 % der nFK unterschreitet bzw. 0 % der nFK erreicht. Bei 0 % nFK liegt der mittlere effektive Wurzelraum vollständig ausgetrocknet vor.

2.2.2.1 Verarbeitung

Zunächst muss der Ausgangs-Bodenwasservorrat festgelegt werden. Es gilt für den Ausgangs-Bodenwasservorrat:

$$Bwa_1 = Bwa \cdot f_s$$

BW_{a1} Bodenwasservorrat [mm] am 01.04.
 BW_a Bodenwasservorrat [mm] bei Sättigung
 f_s Sättigungsfaktor: 0 ... 1

Bei den vorliegenden Berechnungen ist von einer vollständigen Sättigung ($f_s = 1$) ausgegangen worden. Geringere Sättigungen auch für einzelne Bodenarten lassen sich einfach umsetzen.

Es wird davon ausgegangen, dass Überschüsse an Wasser, die die nFK übersteigen, abfließen. Der Ausgangs-Bodenwasservorrat Anfang April kann also nur überschritten werden, wenn der Boden zu diesem Zeitpunkt nicht gesättigt ist. In Abb.2-2 sind die einzelnen Verarbeitungsschritte aufgezeigt:

- Blaue Rechtecke - Eingangsdaten für die ersten Schritte
- Rote Rauten - Verarbeitungsschritt
- Grüne Rechtecke - Ausgabedaten der einzelnen Arbeitsschritte

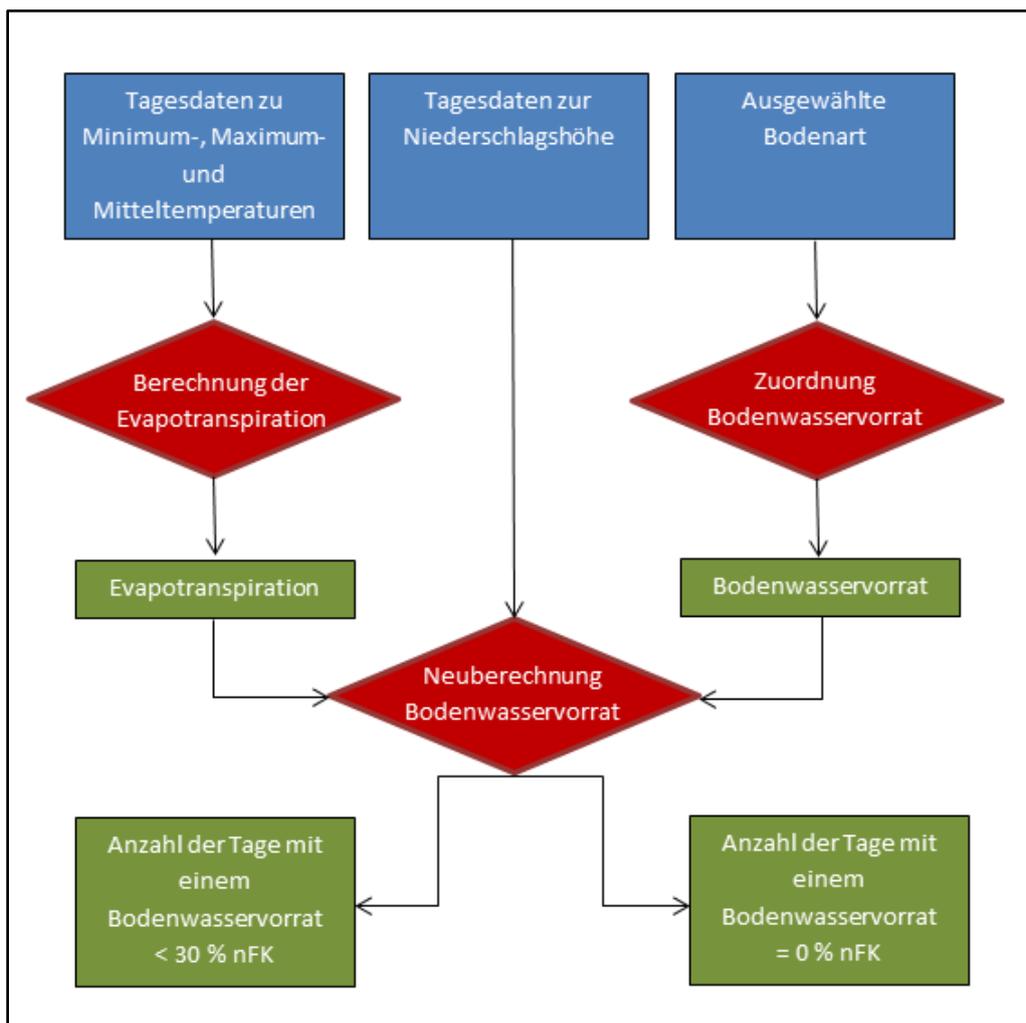


Abb.2-2 Schaubild Indikator Bodenwasserhaushalt

Die Tagesdaten der Niederschläge und der Mittel-, Minimum- und Maximumtemperaturen müssen zunächst auf Datenlücken geprüft werden. Im Falle von auftretenden Datenlücken müssen die Daten von anderen Stationen übernommen werden.

Die Berechnung der potenziellen Evapotranspiration nach HARGREAVE unter Einbezug des Bestandsfaktors erfolgt nach der Gleichung:

$$ET_{PHAR} = \frac{0,0023 R_o}{L} \times (T_{max} - T_{min})^{0,5} \times (T + 17,8) \times k_c$$

T _{max}	Maximumtemperatur des Tages
T _{min}	Minimumtemperatur des Tages
T	Tagesmittel der Temperatur
Ro/L	Verdunstungsäquivalent der extraterrestrischen Strahlung [mm/d]
k _c	Pflanzenbestandskoeffizient

Die Monatswerte des Bestandsfaktors wurden durch lineare Regression auf Tageswerte angepasst. Ro/L wurden aus DVWK (1996) entnommen. Niederschlagsdaten können nach Prüfung auf Datenlücken ohne weitere Anpassungen übernommen werden.

Bevor potenzielle Evapotranspiration, Niederschlag und Bodenwasservorrat bilanziert werden, findet für jeden Berechnungsschritt zunächst eine Prüfung statt, ob der Bodenwasservorrat die kritischen Werte von 50 und 30 % nFK unterschreitet. Wird einer der kritischen Werte unterschritten, wird der zu bilanzierende Wert für die Evapotranspiration angepasst, um eine Überschätzung der Evapotranspiration zu vermeiden. Mit jedem Berechnungsschritt wird für jeden Tag vom 01.04. bis 30.06. der Bodenwasservorrat ermittelt und tabellarisch ausgegeben. Anschließend wird die Anzahl der Tage ermittelt, an denen es jeweils zur Unterschreitung eines der beiden kritischen Werte kommt.

2.2.3 Erstellung einer 31 jährigen Vergleichsdatenbasis (1980-2010)

Die oben beschriebene Berechnung des Indikators Bodenwasserhaushalt ist für elf Standorte in Brandenburg durchgeführt worden, für die Mittel-, Maximum- und Minimumwerte der Tagestemperatur sowie Niederschlagshöhe für die Jahre 1980 bis 2010 jeweils für den Zeitraum vom 01.04. bis 30.06 vorlagen.

Die Temperaturdaten wurden zur Berechnung der angepassten Evapotranspiration nach HARGREAVE herangezogen. Mit den Tageswerten für die Niederschlagshöhe wurden für alle elf Standorte, für je 30 Jahre und für unterschiedliche Bodenarten (Tab. 2-1) die Änderung des Bodenwasservorrates berechnet. Die Ergebnisse sind im Anhang 2 ab Tabelle A-1 für alle Standorte und alle Bodenarten aufgeführt.

Tab.2-3 Messtationen Vergleichsdatenbank

Messtation	Landkreis
Angermünde	Uckermark
Cottbus	Kreisfreie Stadt
Doberlug-Kirchhain	Elbe-Elster
Grünow	Uckermark
Lindenberg	Barnim
Menz	Oberhavel
Müncheberg	Märkisch-Oderland
Neuruppin	Ostprignitz-Ruppin
Potsdam	Kreisfreie Stadt
Schönefeld	Dahme-Spree
Zehdenick	Oberhavel

Beispielhaft wurden die Bodenarten Feinsand und sandiger Lehm für den Standort Doberlug-Kirchhain ausgewählt.

In Abbildung 2-3 lässt sich der Einfluss der Bodenart auf den Bodenwasserverlauf deutlich erkennen. Während bei dem Feinsand sogar eine vollständige Austrocknung des Bodens Mitte Juni erreicht wird, sinkt der Bodenwasservorrat im lehmigen Sand und im sandigen Lehm nicht unter 26 mm ab.

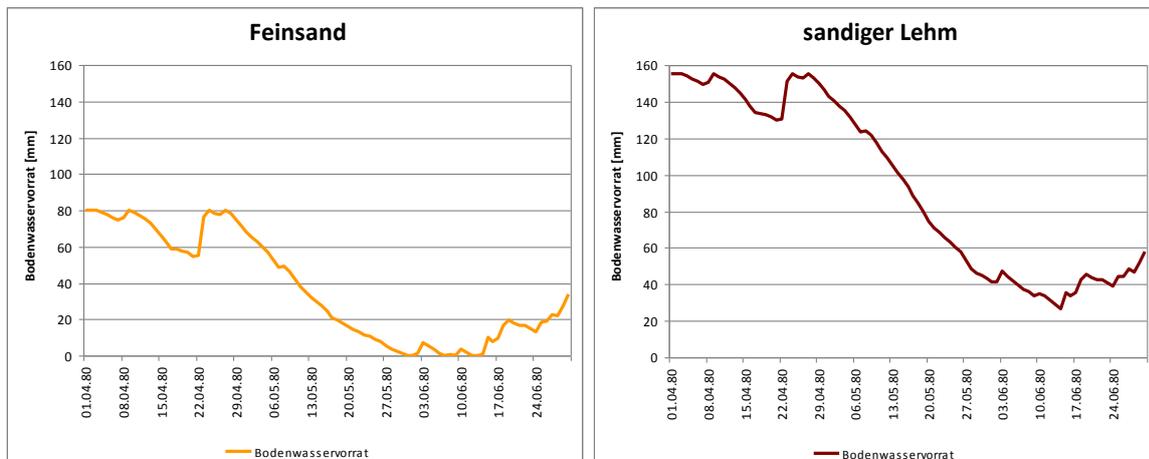


Abb.2-3 Verlauf des Bodenwasservorrates im Jahr 1980, Doberlug-Kirchhain

Für die Messtation Doberlug-Kirchhain stellt Abbildung 2-4 die Anzahl der Tage dar, an denen die kritischen Werte unterschritten wurden. Es zeigen sich starke Schwankungen zwischen den Jahren beim Unterschreiten des ersten kritischen Wertes von 30 % nFK. In ausgesprochenen Trockenjahren wie es 1992 oder 2003 gewesen sind, steigen die Tage, an denen der Bodenwasservorrat in Feinsanden unter 30% nFK sinkt, auf bis zu 60 Tage an. Damit wäre es im Jahr 2003 an fast zwei Drittel der Tage auf Feinsanden zu starkem Trockenstress gekommen. Auf sandigem Lehm kommt es an bis zu 45 Tagen während des Frühjahrs 2003 zu Trockenstress.

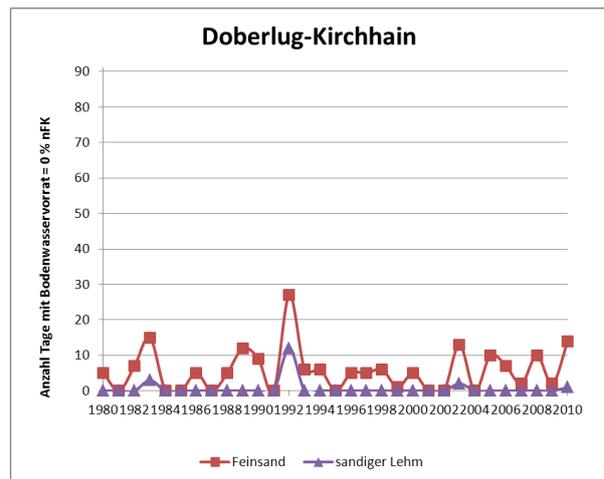
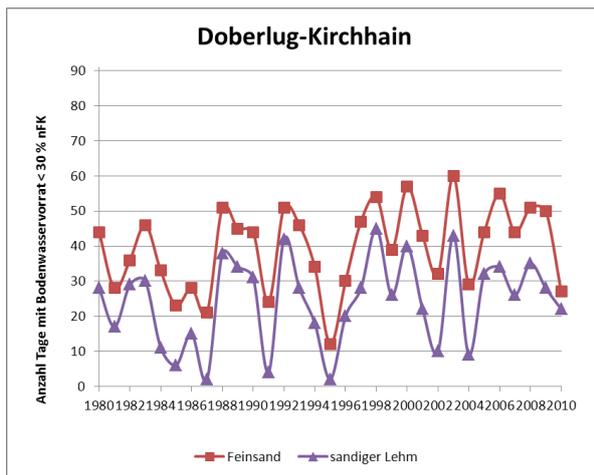


Abb.2-4 Anzahl der Tage mit Bodenwasservorrat < 30 % nFK bzw mit Bodenwasservorrat = 0 %, Doberlug-Kirchhain

Der zweite kritische Wert von 0 % nFK wird sehr viel seltener unterschritten. In 9 Jahren wird beim Feinsand der kritische Wert gar nicht unterschritten. Im sandigen Lehm tritt absolute Trockenheit nur im Jahr 1992 auf.

Es sind die Mittelwerte für 5-Jahreszeiträume berechnet worden, um zu prüfen, ob ein Trend bei der Veränderung des Bodenwasserhaushaltes im Vergleichszeitraum absehbar ist. Für Doberlug-Kirchhain scheint sich ein Trend abzuzeichnen. Betrachtet man allerdings die Mittelwerte aller Stationen in den gleichen 5-Jahreszeiträumen, zeigt sich dieser Trend nicht mehr sehr deutlich. Es kann aus dem Verlauf der Kurven der Einfluss von einzelnen Trockenjahren abgelesen werden.

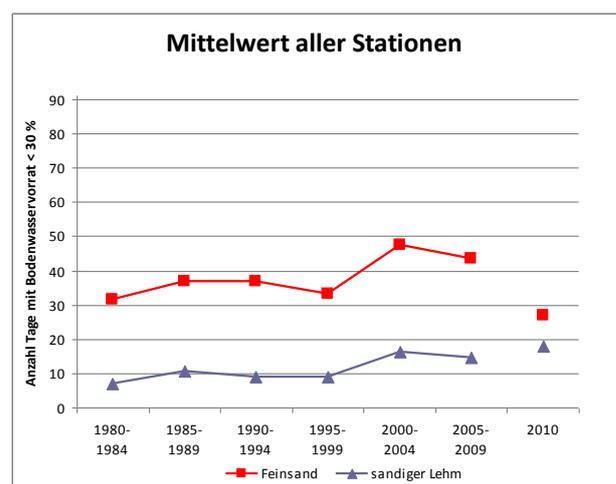
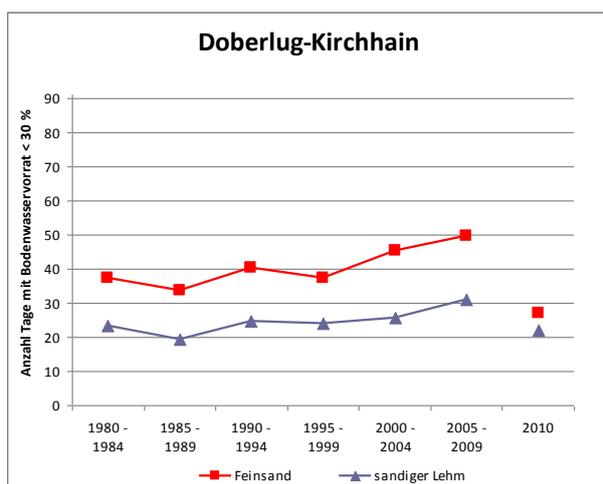


Abb.2-5 Anzahl der Tage mit einem Bodenwasservorrat < 30 % nFK in 5-Jahreszeiträumen für Doberlug-Kirchhain und im Mittelwert aller Stationen

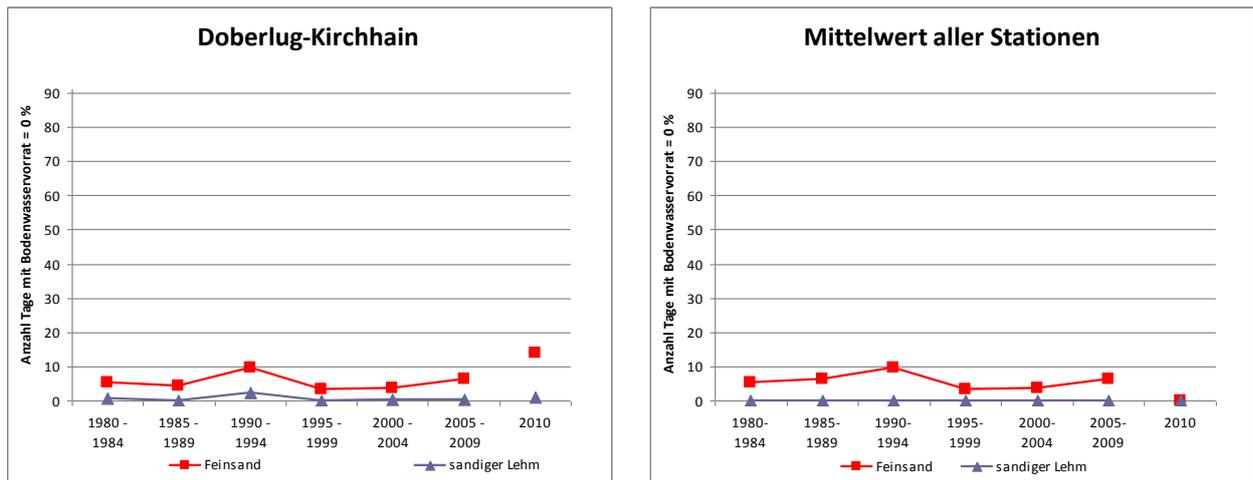


Abb.2-6 Anzahl der Tage mit einem Bodenwasservorrat = 0 % nFK in 5-Jahreszeiträumen für Doberlug-Kirchhain und im Mittelwert aller Stationen

2.2.4 Ableitung und Definition von Risiko- und Alarmschwellen für den Indikator „Bodenwasserhaushalt“

Für die Ableitung von Schwellenwerten wurden die Bodenwasserverlaufskurven für alle Standorte ausgewertet. Es musste im Besonderen berücksichtigt werden, dass die Anzahl der Tage mit Unterschreitung bzw. Erreichen der kritischen Bodenwassergehalte eine Aussage über die Summe der Tage ist. Eine Aussage über den Zeitpunkt des Auftretens oder darüber, ob die Tage zusammenhängend aufgetreten sind, kann keine Aussage getroffen werden. Beim Auftreten mehrerer aufeinander folgender Tage mit Unterschreiten bzw. Erreichen der kritischen Bodenwassergehalte ist noch einmal mit einer Verstärkung des Trockenstresses der Pflanzen zu rechnen.

Ausgehend davon, dass bei Unterschreiten des Bodenwassergehaltes von 30 % die Photosyntheseleistung der Pflanzen stark zurückgeht, ist der erste Schwellenwert auf 45 Tage gelegt worden. Wenn die Pflanze gezwungen ist annähernd die Hälfte des Frühjahrszeitraumes von April bis Juni die Photosynthese stark einzuschränken, muss unabhängig von der zeitlichen Verteilung des Auftretens von starken Auswirkungen auf das Pflanzenwachstum ausgegangen werden.

Für die Unterschreitung des Schwellenwertes bei vollständiger Austrocknung des Bodens bzw. einem Bodenwassergehalt von 0 % nFK sind 10 Tage festgelegt worden. Abbildung 2-7 zeigt deutlich, dass der Schwellenwert für die erste kritische Unterschreitung des Bodenwasservorrates vom Feinsand bereits in 12 Jahren überschritten wird, während die Werte des sandigen Lehmes den Schwellenwert einmal erreichen. Der Schwellenwert von 10 Tagen absoluter Trockenheit im Boden wird vom Feinsand in drei Jahren überschritten, vom sandigen Lehm in keinem Jahr.

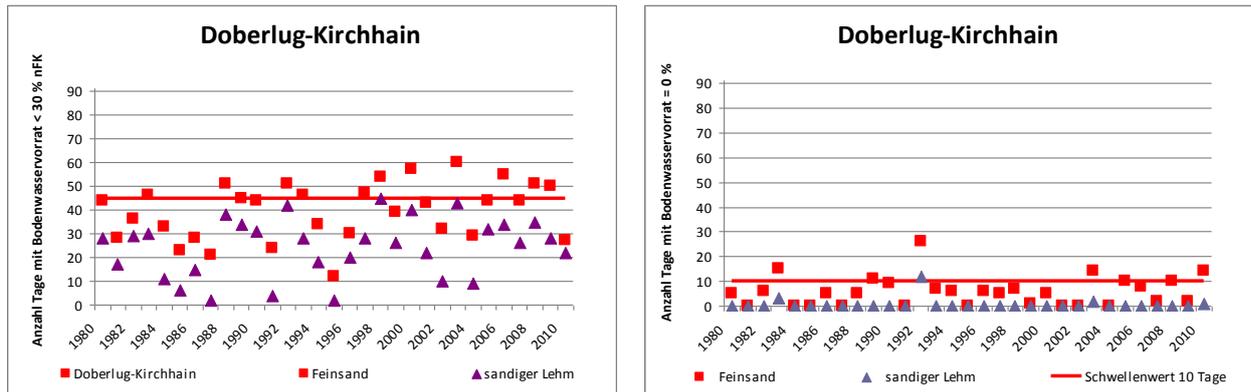


Abb.2-7 Unterschreiten der kritischen Bodenwassergehalte und Schwellenwerte – Doberlug-Kirchhain (1980-2010)

Eine direkte räumliche Darstellung des Indikators Bodenwasserhaushalt ist aufgrund der getroffenen Annahmen (keine Wechsel in der Bodenart, keine seitlichen Ab- und Zuflüsse) nicht möglich. Die Ergebnisse spiegeln aber deutlich die Wertungen wider, die die Expertenbefragungen ergeben haben. Auf Sandstandorten ist mit einem häufigen Auftreten von Trockenstress und lange Phasen mit aufgezehrtem Bodenwasservorrat zu rechnen. Auf den Lehmstandorten ist der Bodenwasservorrat deutlich höher. Kommt es zu den prognostizierten weiteren Rückgängen der Niederschläge, werden sich die Auswirkungen des Klimawandels auf Lehmstandorten besonders deutlich zeigen.

Um einen Überblick zu bekommen, welche Gemeinden in Brandenburg von diesen Veränderungen am meisten betroffen sein werden, ist eine Auswertung der räumlichen Verteilung von grundwasserfernen Ackerstandorten der beiden Hauptbodenarten Sand und Lehm vorgenommen worden. Dazu sind Daten der Bodenübersichtskarte im Maßstab 1:300.000 herangezogen worden (Brozio, 2011 unveröff.). Die Zuordnung der Bodenarten nach KA5 erfolgte für die Profiltiefe von 1 m. In Abbildung 2-8 ist zu sehen, dass überwiegend Sande innerhalb der grundwasserfernen Ackerstandorte vorkommen. In Abbildung 2-9 und 2-10 ist dargestellt, welchen Anteil die grundwasserfernen Sande und Lehme an der Ackerfläche in den Gemeinden einnehmen.

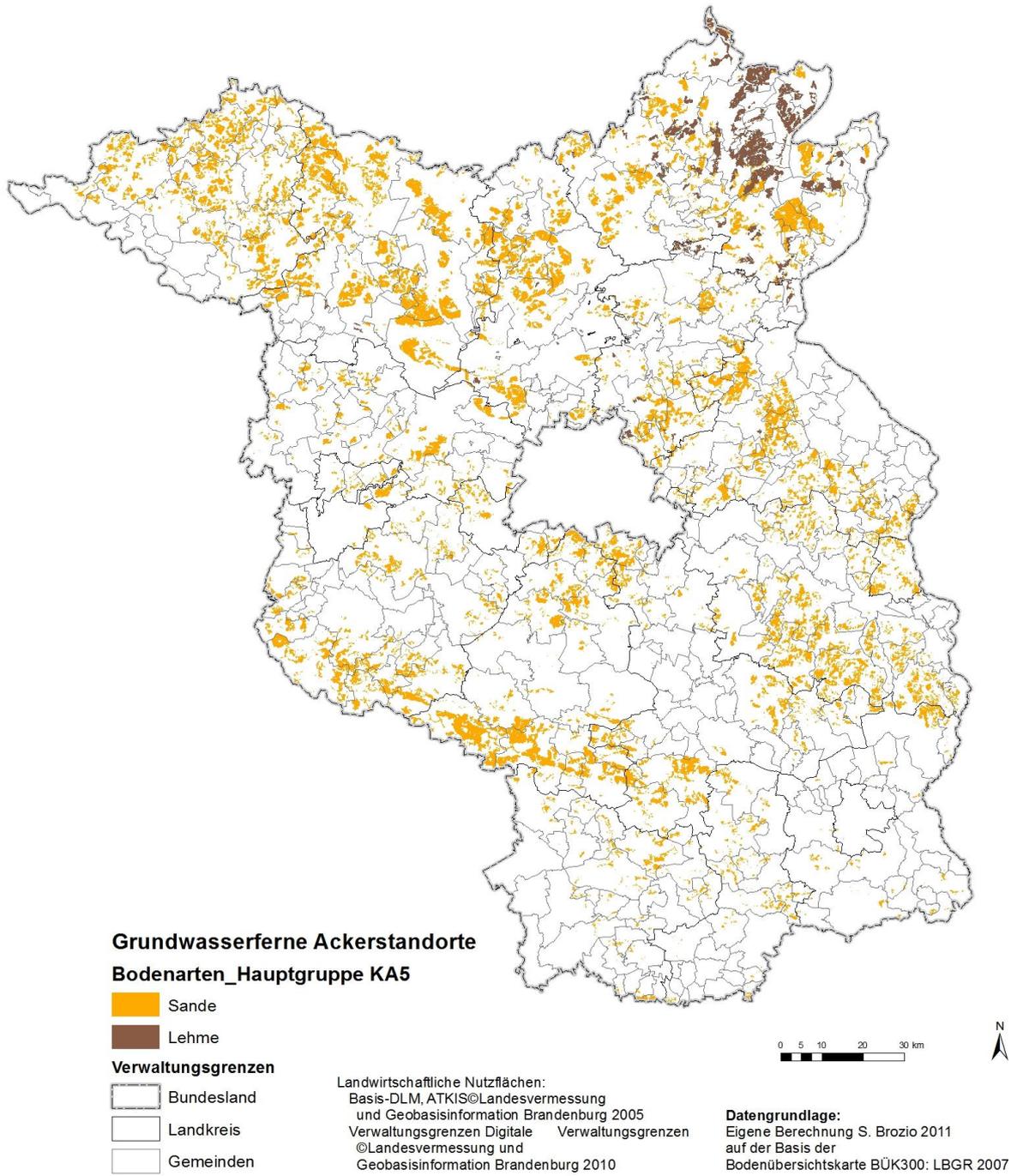


Abb.2-8 Grundwasserferne Ackerstandorte nach Bodenarten-Hauptgruppen

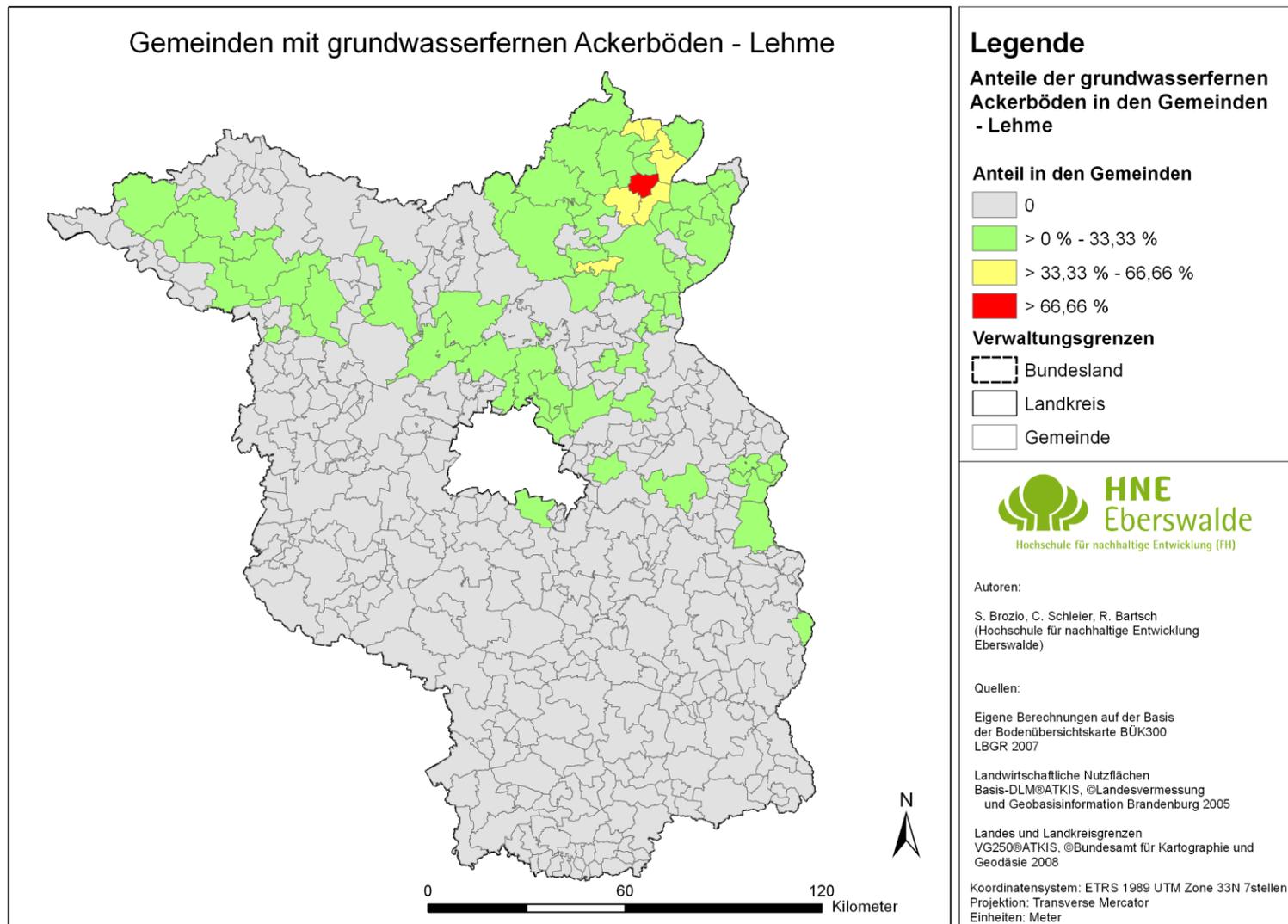


Abb.2-9 Nach Anteilen gruppierte Gemeinden mit Vorkommen von Lehm auf grundwasserfernen Ackerstandorten nach Bodenarten-Hauptgruppen

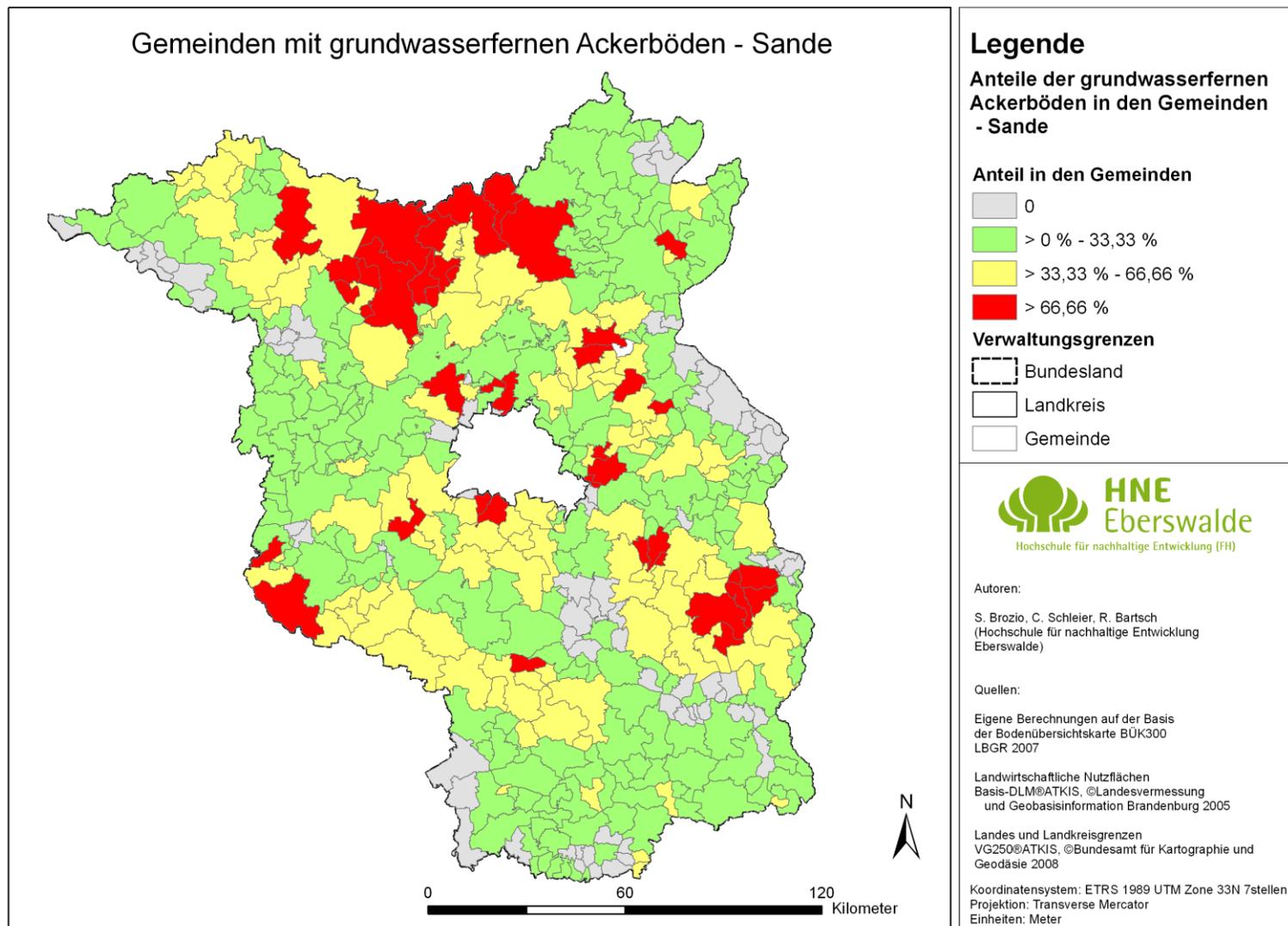


Abb.2-10 Nach Anteilen gruppierte Gemeinden mit Vorkommen von Sand auf grundwasserfernen Ackerstandorten nach Bodenarten-Hauptgruppen

2.2.5 Vorschläge für die Umsetzung der Indikatorbeobachtung

Mit dem Indikator Bodenwasserhaushalt wurde ein Instrument geliefert, das für den Aufbau eines Klimamonitorings für die Brandenburgischen Böden eingesetzt werden kann. In die Berechnung fließen leicht zugängliche Daten ein. Falls Tageswerte zu Niederschlagshöhe, Minimum-, Maximum und Mitteltemperaturen nicht im Datenbestand vorhanden sein sollten, ist die Anschaffung über den Deutschen Wetterdienst kostengünstig realisierbar. Je nachdem, ob Rohdaten gekauft werden, oder die Daten bereits vom Deutschen Wetterdienst aufbereitet werden, können die Kosten variieren. Die jährlich ermittelten Klimadaten müssen in ein Tabellenkalkulationsprogramm überführt werden, auf Datenlücken geprüft und gegebenenfalls um Daten benachbarter Stationen ergänzt werden. Die einzelnen Berechnungsschritte müssen einmalig eingegeben werden, wofür ein Arbeitsaufwand von 2 bis 3 Tagen angesetzt wird. Jährlich können dann die neuen Daten ohne größeren Aufwand eingebunden werden. Für Datenbeschaffung, Datenprüfung und Darstellung der Ergebnisse ist je etwa ein Arbeitstag ausreichend, so dass insgesamt von einem Bearbeitungsaufwand von ca. 3 Arbeitstagen ausgegangen wird.

Da die Abschätzung der angepassten Evapotranspiration mit Unsicherheiten verbunden ist, wird empfohlen, andere Schätzmethode zusätzlich zu prüfen. Für die Berechnung der tatsächlichen Evapotranspiration nach DVWK (1996) wird zusätzlich zu den Tagesdaten im Beobachtungszeitraum auch noch die potenzielle Evapotranspiration der Vegetationsperiode benötigt. Die für diese Berechnungen benötigten Daten können zu geringen Kosten angeschafft werden, so dass mit überschaubarem Kostenaufwand die Genauigkeit der Abschätzung der realen Evapotranspiration geprüft und abgesichert werden kann.

Der Indikator Bodenwasserhaushalt kann mit geringen Kosten und geringem Aufwand umgesetzt werden. Eine weitere Verbesserung der Eingangsdaten lässt sich aufgrund des modularen Aufbaus ebenfalls einfach realisieren.

2.2.6 Steckbrief Indikator „Bodenwasserhaushalt“

Indikator „Bodenwasserhaushalt“	
Allgemeine Informationen	
Titel	Kritische Frühjahrstrockenheit für Winterroggen
Kurzbeschreibung	Abschätzung des Bodenwasservorrates unter Berücksichtigung der pflanzenbauwirksamen Niederschläge für die Indikatorpflanze Winterroggen in den Monaten April bis Juni.
Interpretation des Indikators	Unter Frühjahrstrockenheit wird ein Zeitraum verstanden, in dem aufgrund fehlender Niederschläge der Bodenwasservorrat abnimmt und ggf. unter kritische Grenzwerte fällt. Die Zunahme kritischer Trockenheitsphasen bedeutet für das ackerbauliche Management, dass Standorte mit einer geringen Wasserspeicherfähigkeit künftig für bisherige Anbaustrategien nicht mehr geeignet erscheinen und eine Anpassung stattfinden muss.
Begründung	Der Bodenwasserhaushalt ist besonders durch die prognostizierten Klimaveränderungen für Brandenburg betroffen. Eine klimabedingte Verringerung pflanzenverfügbaren Wassers hat für den Nutzpflanzenanbau eine große Bedeutung. Der gewählte Zeitraum des Frühjahres (April-Juni) stellt die für den Ertrag besonders wichtige Wachstumsphase dar, in der der Auswuchs stattfindet und die Blütenanlage einsetzt. Winterroggen wird als Indikatorpflanze ausgewählt, da er aufgrund seiner geringeren Ansprüche an Standort und Klima auf leichten Standorten als ertragsstärkste Getreideart gilt. Winterroggen stellt in Brandenburg eine der wichtigsten angebauten Fruchtarten dar, somit besitzt er eine große Flächenrelevanz. Aufgrund seiner relativ hohen Trockentoleranz ist Winterroggen bei zunehmender Trockenheit nicht einfach durch andere Getreidearten zu ersetzen
Technische Informationen	
Räumliche Abdeckung	Der Indikator wird für unterschiedliche Bodenarten berechnet. Eine räumliche Übertragung erfolgt nicht.
Zeitliche Auflösung	Niederschlagsdaten und Daten zur Berechnung der angepassten Evapotranspiration stehen als Tageswerte zur Verfügung.
Datengrundlage / -quellen Beschränkungen / Hinweise	Tägliche Daten ausgewählter Messstationen stehen zur Verfügung.
Vorgehensweise	<p>Beschaffung von Tageswerten zu: Niederschlägen [mm] Minimumtemperaturen [°C] Maximumtemperaturen [°C] Mitteltemperaturen [°C]</p> <p>Prüfung auf Datenlücken und ggf. Ersetzung fehlender Daten über benachbarte Stationen</p> <p>Festlegung des Ausgangsbodenwasservorrates (BWa1) über Bodenart (Scheffer/Schachtschabel, 1992) und Sättigungsfaktor (fs 0 1)</p> <p>Tageswerte für 01.04. bis 30.06.: Berechnung potenzielle Evapotranspiration nach HARGREAVE Berechnung angepasste Evapotranspiration mittels Faktorwahl: für BWa > 50 % nFK: $f_{ET}=1$ für BWa < 50 > 70 % nFK: $f_{ET}=0,7$ für BWa < 50 % nFK: $f_{ET}=0,35$</p> <p>Bilanzierung der Veränderung des Bodenwasservorrates Prüfung: $BWa \leq nFK$ Ausgabe der Tage mit kritischen $BWa < 30 \% nFK$, $BWa = 0 \% nFK$</p>

<p>Vorgehensweise (Forts.)</p>	<pre> graph TD A[Tagesdaten zu Minimum-, Maximum- und Mitteltemperaturen] --> B{Berechnung der Evapotranspiration} C[Tagesdaten zur Niederschlagshöhe] --> D{Zuordnung Bodenwasservorrat} E[Ausgewählte Bodenart] --> D B --> F[Evapotranspiration] D --> G[Bodenwasservorrat] F --> H{Neuberechnung Bodenwasservorrat} G --> H H --> I[Anzahl der Tage mit einem Bodenwasservorrat < 30 % nFK] H --> J[Anzahl der Tage mit einem Bodenwasservorrat = 0 % nFK] </pre>
<p>Schwellenwerte</p>	<p>≥ 45 Tage Bodenwasservorrat < 30% nFK ≥ 10 Tage Bodenwasservorrat = 0% nFK</p>
<p>Ausgabe</p>	<p>Die Ausgabe erfolgt in Tabellen und Texten.</p>
<p>Literatur</p>	<p>Scheffer & Schachtschabe (1992): Lehrbuch der Bodenkunde Entrup & Oehmichen (1996): Lehrbuch des Pflanzenbaus DVWK-Merkblätter (1996): Ermittlung der Verdunstung von Land- und Wasserflächen Schultz-Sternberg R., Bartsch R., Hommel R. (2010): Brandenburg spezifische Boden-Indikatoren für ein Klimamonitoring im Rahmen der Deutschen Anpassungsstrategie (DAS) sowie Zusammenstellung von Grundlagen zur Ableitung von aussagefähigen Wirkungs- und Alarmschwellen. Forschungsbericht der FH Eberswalde. Fachbeiträge des Landesumweltamtes, Heft Nr.114, Potsdam Schultz-Sternberg, R., Bartsch, R. (2011): Brandenburg spezifische Boden-Indikatoren für ein Klimamonitoring im Rahmen der Deutschen Anpassungsstrategie (DAS) sowie Zusammenstellung von aussagefähigen Wirkungs- und Alarmschwellen Phase II Teil 1 (2010) In: Fachbeiträge des Landesamtes für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz, Heft 116, Potsdam</p>
<p>Glossar</p>	<p>nFK Nutzbare Feldkapazität - Anteil der Bodenwassers, welches pflanzenverfügbar ist BWa Bodenwasservorrat BWa1 Ausgangs-Bodenwasservorrat am 01.04. f_s Sättigungsfaktor (0 ... 1; 1 = Bodenwasservorrat gesättigt) f_{ET} Faktor zur Verringerung der Evapotranspiration (0 ... 1; 1= Evapotranspiration nicht verringert)</p>

2.3. Indikator Bodenerosion durch Wasser

2.3.1 Definition und Ableitung des Indikators

Der Indikator **Wassererosion** ist im Bereich der Response-Indikatoren anzusiedeln. Dabei wurde sich auf die Vorschläge der EU gestützt, welche die Bodenbedeckung und -bearbeitung als Indikationsfeld vorschlägt (Schramek et al., 2002). Weiterhin ist auf Nutzung von derzeit und zukünftig verfügbaren Daten und deren Verarbeitungsmöglichkeiten geachtet worden. Hierbei wurde besonders auf die ständige Aktualität, Einfachheit der Beschaffung und Bearbeitung geachtet.

Der Indikator zielt auf die Beobachtung von potentiell wassererosionsgefährdeten Anbauflächen und deren ackerbauliche Nutzung, da eine Erosionsgefährdung unter Grünland und Wald als vernachlässigbar angesehen werden kann (Schultz-Sternberg et al., 2010). Dabei werden zwei Kriterien definiert, in denen der Indikator dargestellt wird. Er ist definiert als Prozentanteil der Flächen in Brandenburg, welche nach Kriterium 1 als schwach gefährdet und nach Kriterium 2 als stärker gefährdet sind (Erläuterung der Kriterien in Abschnitt 2.3.2.1). Es wurde ermittelt inwieweit die Landwirte Mais auf potentiell wassererosionsgefährdeten Standorten anbauen, und ob sie ihr Anbauverhalten an die Veränderungen des Klimas entsprechend anpassen. Die Einstufung der potentiellen (natürlichen) Erosionsgefährdung geschieht dabei nach den Stufen der DIN 19708 (DIN 19708). Die Klasseneinteilung der Erosionsgefährdung, die genaue Definition der Kriterien und die Berechnungsvorschrift zur Ermittlung der gefährdeten Flächenanteile werden in Kapitel 2.3.2.1 und 2.3.2.2 dargestellt.

Als Indikatorpflanze wurde der Mais gewählt. Dieser wird als geeignet angesehen, da er hinsichtlich seiner Bestandsentwicklung im Vergleich zu anderen Feldfruchtarten als erosionsgefährdender eingestuft werden kann. Durch seine späte Entwicklung im Frühjahr und seinen späten Bestandsschluss macht er den Boden anfälliger gegenüber Niederschlägen (Bork et al., 2003). Dies zeigt sich im C-Faktor der Allgemeinen Bodenabtragungsgleichung (ABAG), welcher mit etwa +/- 0,33 (Periode 1971-2011) deutlich höher ist als bei anderen verbreiteten Nutzpflanzen, z.B. Roggen +/- 0,1, im Nordostdeutschen Tiefland (Wurbs & Steininger, 2011). Der Mais ist außerdem eine Kulturpflanze, die in Brandenburg einen repräsentativen Flächenanteil an der Ackerfläche einnimmt. Dieser Anteil hat sich in den letzten Jahren deutlich vergrößert (Abb.2-11) und es wird prognostiziert, dass der Anteil in den nächsten Jahren gleich hoch oder ansteigend sein wird (MUGV, 2010). Gründe hierfür sind in der steigenden Nutzung als Biomasse für die Energiegewinnung/-erzeugung und als Futtermittel zu sehen.

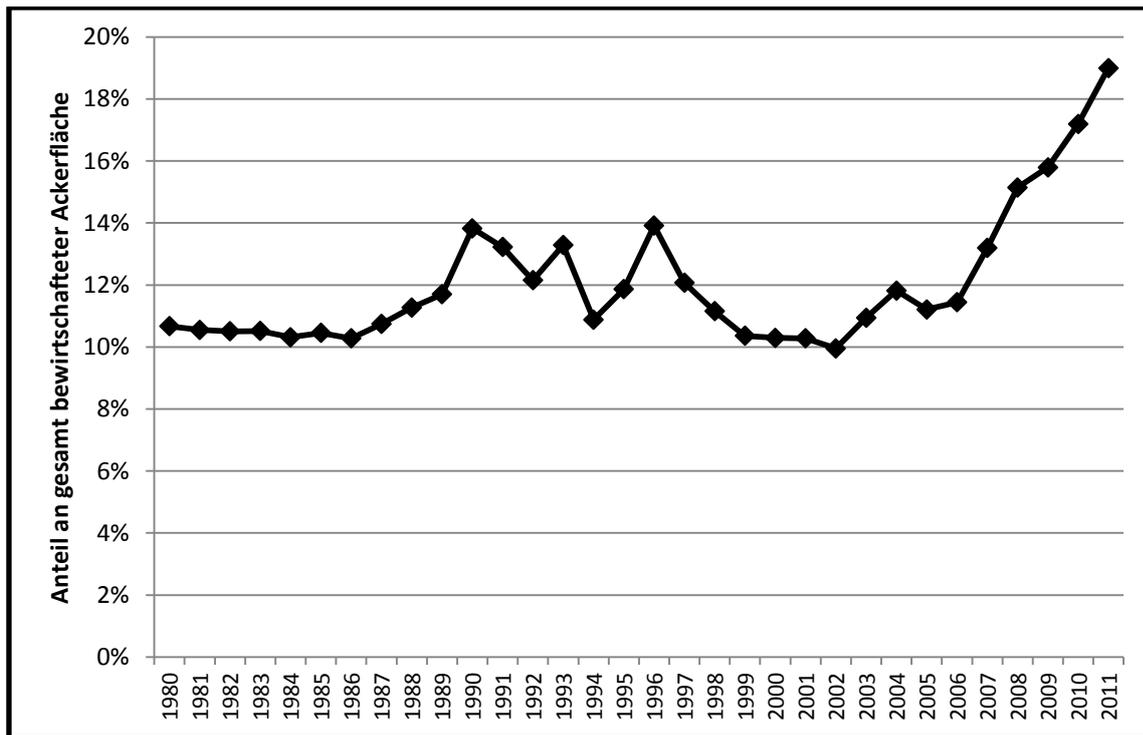


Abb.2-11 Anteil der Maisflächen an der gesamt bewirtschafteten Ackerfläche in Brandenburg

Der **Indikator Bodenerosion durch Wasser** bildet den Maisanbau auf potentiell (natürlich) erosionsgefährdeten Standorten (nach DIN 19708) ab. Dabei sind zwei Kriterien für die schwächere und stärkere Gefährdung ausgewählt worden. Eingangsdaten sind die Größe der Maisflächen des Anbaujahres und die potentielle Erosionsgefährdung der Standorte.

2.3.2 Berechnung des Indikators

Die Erhebung des Indikators „Beobachtung der Veränderung von Maisanbauflächen auf Standorten mit potentieller Erosionsgefährdung (Response-Indikator)“ findet über die gesamte Fläche Brandenburgs statt. Um die spätere Auswertung standardisiert durchführen zu können und für alle nachvollziehbare und reproduzierbare Ergebnisse zu erzielen, sollen in den folgenden Kapiteln alle notwendigen Eingangsdaten, Bearbeitungsschritte und Berechnungsvorschriften erläutert werden.

2.3.2.1 Eingangsdaten

Als Eingangsdaten für die Beobachtung werden folgende Daten benötigt:

1. Die Karte des potentiellen Bodenabtrages durch Wasser für Brandenburg (nach ABAG)
2. Das aktuelle digitale Feldblockkataster (GIS-Daten)

3. Die gemeldeten Maisanbauflächen für das zu beobachtende Jahr

Als Grundlage für die Berechnung der potentiellen Erosionsgefährdung durch Wasser dient die Karte des potentiellen Bodenabtrages für Brandenburg. Für die Erstellung der Vergleichsdatenbasis wurde die Karte des ZALF (2009) genutzt. Diese ist auch weiterhin zu verwenden, solange bis eine aktueller berechnete Karte vorliegt. Diese Karte liegt dem Landesamt für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz (LUGV) im Rasterformat 25 m x 25 m flächendeckend für Brandenburg vor. Sie gibt den potentiellen Bodenabtrag [t/ha*a], berechnet nach der allgemeinen Bodenabtragungsgleichung (ABAG), wieder. Diese Karte muss zur Weiterverarbeitung noch in die Klassen der natürlichen Erosionsgefährdung nach DIN 19708 klassifiziert werden. Der Rasterzellenwert wird dabei einer der sechs Klassen (siehe Tabelle 2-4) zugeordnet. Hierfür können vorhandene Tools in Geoinformationssystemen genutzt werden. Für die Berechnung der Vergleichsdatenbasis wurde das „Reclassify“ Tool in ArcGIS (Version 10) genutzt. Dieser Schritt muss einmal durchgeführt werden. Anschließend kann die reklassifizierte Karte für alle weiteren Beobachtungen genutzt werden, solange keine aktuellere Bodenabtragskarte vorhanden ist.

Tab.2-4 Klasseneinteilung der Gefährdungsklassen nach DIN 19708 (natürliche Erosionsgefährdung durch Wasser)

Gefährdungsklasse (GK)	Verbale Beschreibung	Bodenabtrag [t/ha*a]
0	keine bis sehr geringe Gefährdung	< 0,5
1	sehr geringe Gefährdung	0,5 - < 2,5
2	geringe Gefährdung	2,5 - < 5
3	mittlere Gefährdung	5 - < 7,5
4	hohe Gefährdung	7,5 - < 15
5	sehr hohe Gefährdung	> 15

Als Kriterium für die spätere Darstellung und Interpretation des Indikators werden folgende Stufen definiert. Das Kriterium 1, welches die Einstufung in keine oder schwächere Gefährdung zulässt, ist definiert als Fläche, welche die Gefährdungsklasse 0 einnimmt.

Eine Maisfläche gilt als potentiell gefährdet, wenn seine Fläche innerhalb des Feldblockes größer ist, als die Fläche welche durch die Gefährdungsklasse 0 im Feldblock eingenommen wird.

$$\text{potentiell gefährdet (Maisfläche)} = \text{Fläche (Mais)} > \text{Fläche (Kriterium 1)}$$

Das Kriterium 2, welches die Einstufung in keine/geringe oder stärkere Gefährdung zulässt, ist definiert als Fläche, welche die Summe der Gefährdungsklassen 0, 1, 2 einnimmt. Eine Maisfläche gilt demnach als potentiell stärker gefährdet, wenn sie innerhalb eines Feldblockes größer ist als die Flächen des Kriteriums 2 (siehe Abbildung 2-12).

$$\text{Potentiell stärker gefährdet (Maisfläche)} = \text{Fläche (Mais)} > \text{Fläche (Kriterium 2)}$$

Da die Maisflächen innerhalb des Feldblockes nicht Lagegetreu verortet werden können wurde diese Vorgehensweise gewählt. Dabei wird angenommen, dass der Landwirt zuerst die Flächen mit weniger Erosionsgefährdung innerhalb des Feldblockes nutzt und nur wenn er mehr Mais anbaut auch auf die Flächen mit einer höheren Gefährdung geht.

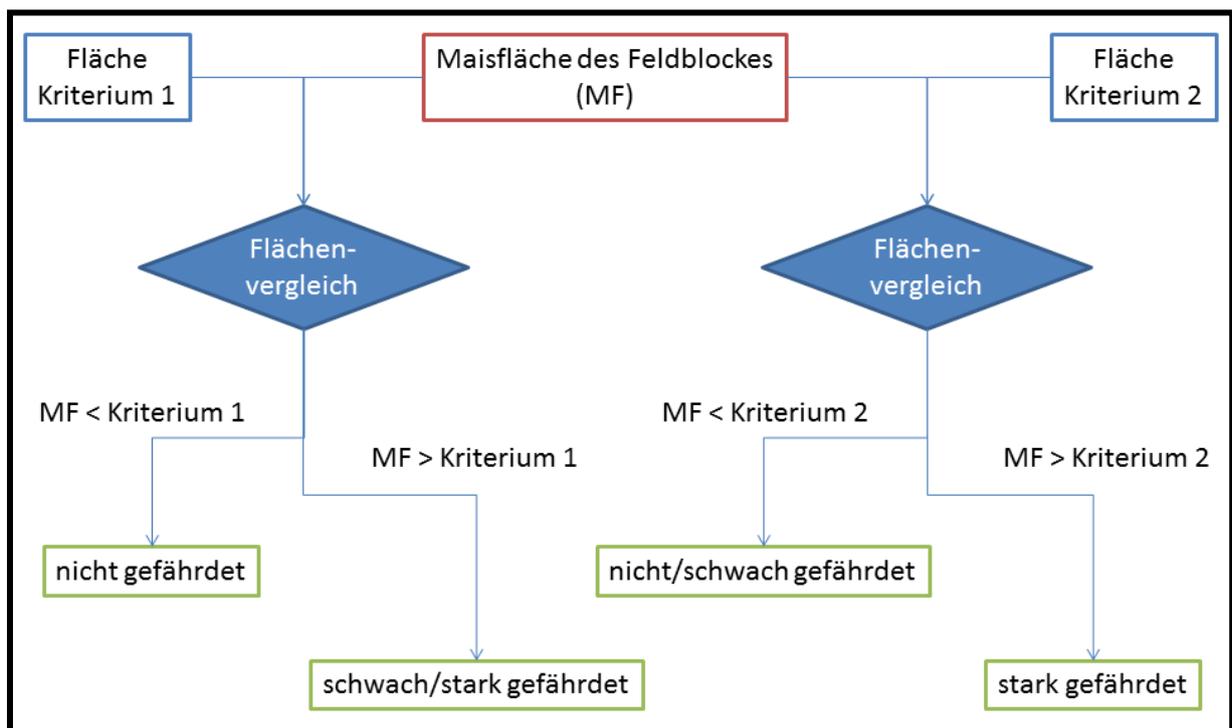


Abb.2-12 Einstufung der Maisfläche nach Kriterium 1 und Kriterium 2

Die Karte des digitalen Feldblockkatasters liegt dem LUGV ebenfalls vor bzw. kann beim Landesbetrieb Geobasisdaten Brandenburg (LGB) erfragt werden. Hierin sind alle Feldblöcke für das Land Brandenburg enthalten. Die Daten bestehen aus einer Shapedatei zur Verarbeitung im GIS. Über die räumlichen Daten hinaus sind in den Merkmalstabellen noch weitere Informationen enthalten, wie z.B. Zugehörigkeit zu einem Naturschutzgebiet oder Gefährdung durch Erosion (hier ist für den Feldblock nur die höchste mit einem bestimmten Flächenanteil vorkommende Klasse nach der Cross-Compliance Verordnung (MIL, 2011) angegeben). Eine genaue Aufstellung über die zusätzlichen Informationen im Feldblockdatensatz ist dem Anhang 3 zu entnehmen. Die Feldblöcke werden ständig

aktualisiert. Es ist darauf zu achten, dass man den aktuellen Datensatz für das Jahr zur Verfügung hat.

Die gemeldeten Maisanbauflächen sind als alphanumerische Daten bei der EU-Zahlstelle im Landesamt für ländliche Entwicklung, Landwirtschaft und Flurneuordnung (LELF) erhältlich. Hierbei ist zu beachten, dass die gemeldeten Maisflächen den dazugehörigen Feldblock als Identifikator mit enthalten. Außerdem sind die Daten auch für Betriebe, die außerhalb Brandenburgs angesiedelt sind aber Flächen in Brandenburg bewirtschaften beim LELF mit abzufragen. Die Daten enthalten als zusätzliche Information die Angabe, ob der Mais als Körnermais, Corn-Cob-Mix, Zuckermais oder Silomais gemeldet ist. Dabei ist zu beachten, dass es sich nur um Mais als Hauptfrucht handeln muss. Es muss geprüft werden, dass jeder Maisfläche ein Feldblock zugeordnet ist. Darüber hinaus müssen Feldblöcke mit mehreren beantragten Maisflächen herausgefiltert werden. Bei diesen Fällen sind die Maisflächen für den Feldblock aufzusummieren.

2.3.2.2 Verarbeitung

Im Folgenden werden die einzelnen Arbeitsschritte, die zur Bestimmung des Indikators notwendig sind, ausführlich beschrieben. Dafür ist in Abbildung 2-13 ein Fließdiagramm dargestellt, welches die zeitliche Verknüpfung der einzelnen Schritte sowie die Eingangs- und Ausgabedaten jedes Schrittes beschreibt. Lesehinweis für die Abbildung:

- Blaue Rechtecke - Eingangsdaten für die ersten Schritte
- Rote Rauten - Verarbeitungsschritt
- Grüne Rechtecke - Ausgabedaten der einzelnen Arbeitsschritte

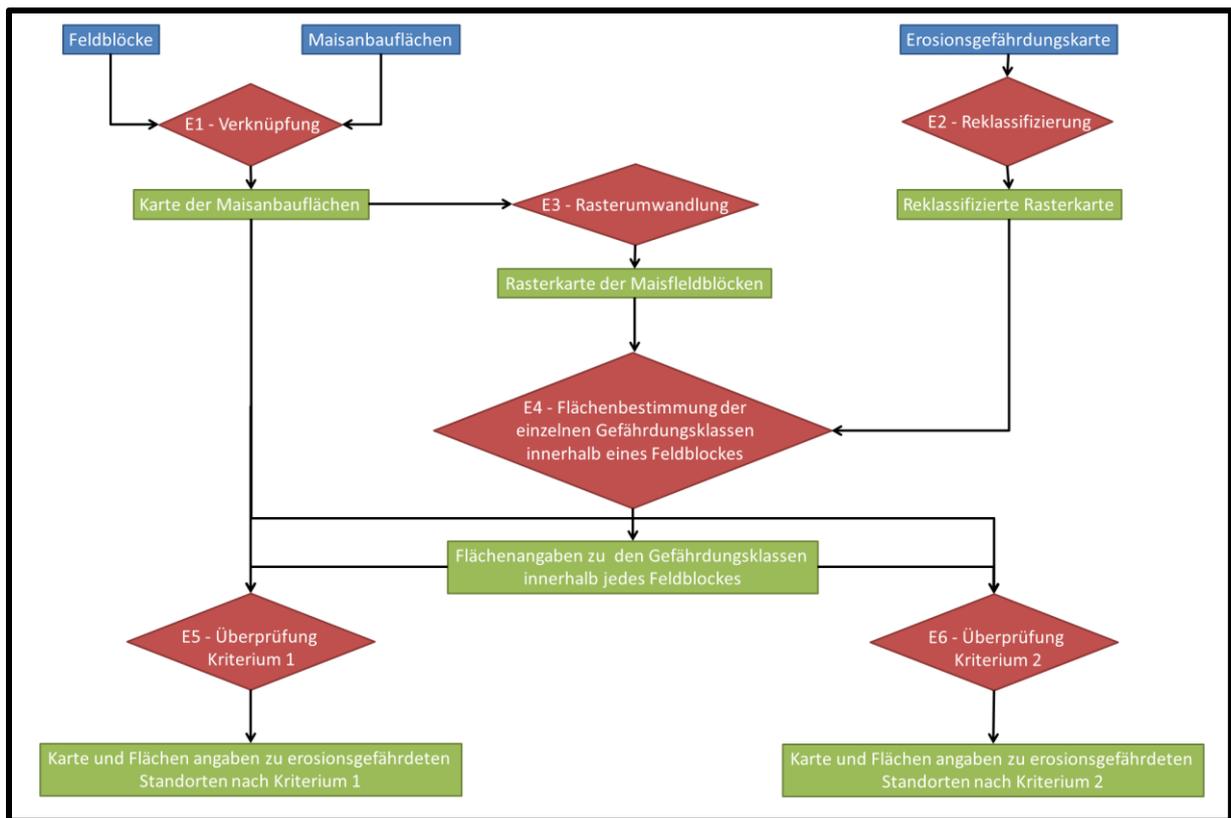


Abb.2-13 Fließdiagramm der Erstellung des Indikators Bodenerosion durch Wasser

Im ersten Schritt werden die Datensätze der Feldblöcke und der Maisflächendaten miteinander verknüpft. Im Idealfall sind alle Maisflächen den entsprechenden Feldblöcken zugeordnet (Anhang 5, Titel E1). Bei der Verknüpfung sollten für die weitere Bearbeitung auch alle Feldblöcke aussortiert werden, die nicht Mais enthalten, da diese nur die Rechengeschwindigkeit heruntersetzen. Gegebenenfalls müssen nach Absprache mit dem LUGV die Datensätze der Berliner Feldblöcke ebenfalls aussortiert werden. Am Ende dieses Prozesses erhält man als Ergebnis einen GIS-Datensatz, der alle Maisflächen in Brandenburg enthält. Es sollte ein Vergleich mit den alphanumerischen Antragsdaten erfolgen, um die Größen eventuell nicht verknüpfter Maisflächen zu erhalten. Zu dieser Problematik erfolgt im Abschluss des Kapitels eine genauere Analyse, welche Unschärfen und Fehlerquellen bei der Bearbeitung zu beachten und zu berücksichtigen sind. Außerdem sind die Flächengrößen der Maisflächen und der Feldblöcke miteinander zu vergleichen. Dafür sollte eine neue Spalte eingefügt (Mais_kor) werden, in der die korrigierte Fläche berechnet wird. Wenn die Maisfläche größer ist als die Feldblockgröße, dann muss in der neuen Spalte die Feldblockgröße übernommen werden. Andernfalls kann die Maisflächengröße übernommen werden.

Im nächsten Schritt werden die Feldblöcke von einem Vektorformat in ein Rasterformat umgewandelt (Anhang 5, Titel E3). Die Rasterkantenlänge sollte dabei ebenso 25 m x 25 m

betragen, um eine optimale Überlagerung der beiden Rasterkarten zu ermöglichen. Als Identifikator sollte der Feldblockrasterkarte die Feldblock-ID mitgegeben werden, um in den späteren Schritten die Daten wieder mit den Vektorfeldblöcken verknüpfen zu können.

Im nächstfolgenden Verarbeitungsschritt werden die Flächenanteile der einzelnen Gefährdungsklassen der Wassererosion innerhalb jedes Feldblockes berechnet (Anhang 5, Titel E4). Hierfür kann im Programmpaket ArcGIS (Version 10) das Tool „Tabulate Area“ benutzt werden. Für Bearbeiter, die ein anderes GIS zur Auswertung nutzen, wird im Anhang 4 das Tool genau beschrieben, damit sie ein entsprechendes Tool in ihrem Programm nutzen können. Das Ergebnis ist eine Tabelle, in der jedem Feldblock (identifiziert durch die Feldblock-ID) die Flächengrößen der einzelnen Gefährdungsklassen innerhalb des Blockes zugeordnet sind (Siehe Abbildung 2-14).

FBID	VALUE_0	VALUE_1	VALUE_2	VALUE_4	VALUE_5
DEBBLI0550001066	13125,00	0,00	0,00	0,00	0,00
DEBBLI0550001061	25625,00	38125,00	1250,00	0,00	0,00
DEBBLI0450000573	95625,00	3750,00	0,00	0,00	0,00
DEBBLI0450000614	149375,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Abb.2-14 Auszug aus der Ergebnistabelle des Arbeitsschrittes E4 – Flächenbestimmung der einzelnen Gefährdungsklassen innerhalb eines Feldblockes

Diese Flächenangaben müssen zuerst noch in Hektar umgewandelt werden, damit sie für den späteren Vergleich mit den Maisflächen die richtige Maßeinheit besitzen. Außerdem sollte die Summe der Klassenflächen innerhalb eines Feldblockes mit der Flächengröße des Feldblockes (Vektordaten) verglichen werden, um die Abweichungen zu dokumentieren, welche durch die Umwandlung Vektor-Raster entstanden sind. Eine kurze Darstellung zu dieser Problematik findet am Ende des Kapitels statt.

Für die Darstellung und Interpretation des Indikators werden an dieser Stelle die Werte der beiden Kriterien für jeden Feldblock berechnet. Die Berechnung wird im GIS-Programm durchgeführt. Hierfür werden in der Eigenschaftstabelle der Feldblöcke zwei neue Spalten angelegt („Kriter_1“ und „Kriter_2“). Anschließend wird diese Tabelle mit der Ergebnistabelle des letzten Schrittes („tabulate area“) über die Feldblock-ID verknüpft. Die Kriterien 1 und 2 werden dann wie folgt berechnet.

$$\text{Kriterium 1} = \text{Fläche (Gefährdungsklasse } E_{\text{nat}} = 0)$$

$$\begin{aligned}
\text{Kriterium 2} &= \text{Fläche (Gefährdungsklasse } E_{\text{nat}} = 0) \\
&+ \text{Fläche (Gefährdungsklasse } E_{\text{nat}} = 1) \\
&+ \text{Fläche (Gefährdungsklasse } E_{\text{nat}} = 2)
\end{aligned}$$

Anschließend werden die Flächen des Mais (Mais_kor) innerhalb eines Feldblockes mit den Flächen der jeweiligen Kriterien verglichen (Anhang 5, Titel E5 und E6). Hierfür werden zwei neue Spalten angelegt („Kat_Krit“) und die Werte für die Spalten folgendermaßen berechnet.

$$\text{Kat_Krit_1} = \text{Fläche (Kriterium 1)} - \text{Fläche (Mais)}$$

$$\text{Kat_Krit_2} = \text{Fläche (Kriterium 2)} - \text{Fläche (Mais)}$$

Die erzielten Ergebnisse können wie folgt analysiert und interpretiert werden. Wenn das Ergebnis negativ ist, dann ist die Maisfläche größer als das Ungefährlichkeitskriterium. Damit muss diese Fläche als potentiell gefährdet nach Kriterium 1 eingestuft werden. Analog ist dies für Kriterium 2 zu interpretieren. Dann können im ersten Ergebnis zwei Karten erstellt werden, worauf die räumliche Verteilung der potentiell gefährdeten (Kriterium 1) oder potentiell stärker gefährdeten (Kriterium 2) Flächen dargestellt sind (beispielhaft siehe Abbildung 2-15). Weitere Karten für die Jahre 2005 – 2011 sind im Anhang 6 abgebildet.

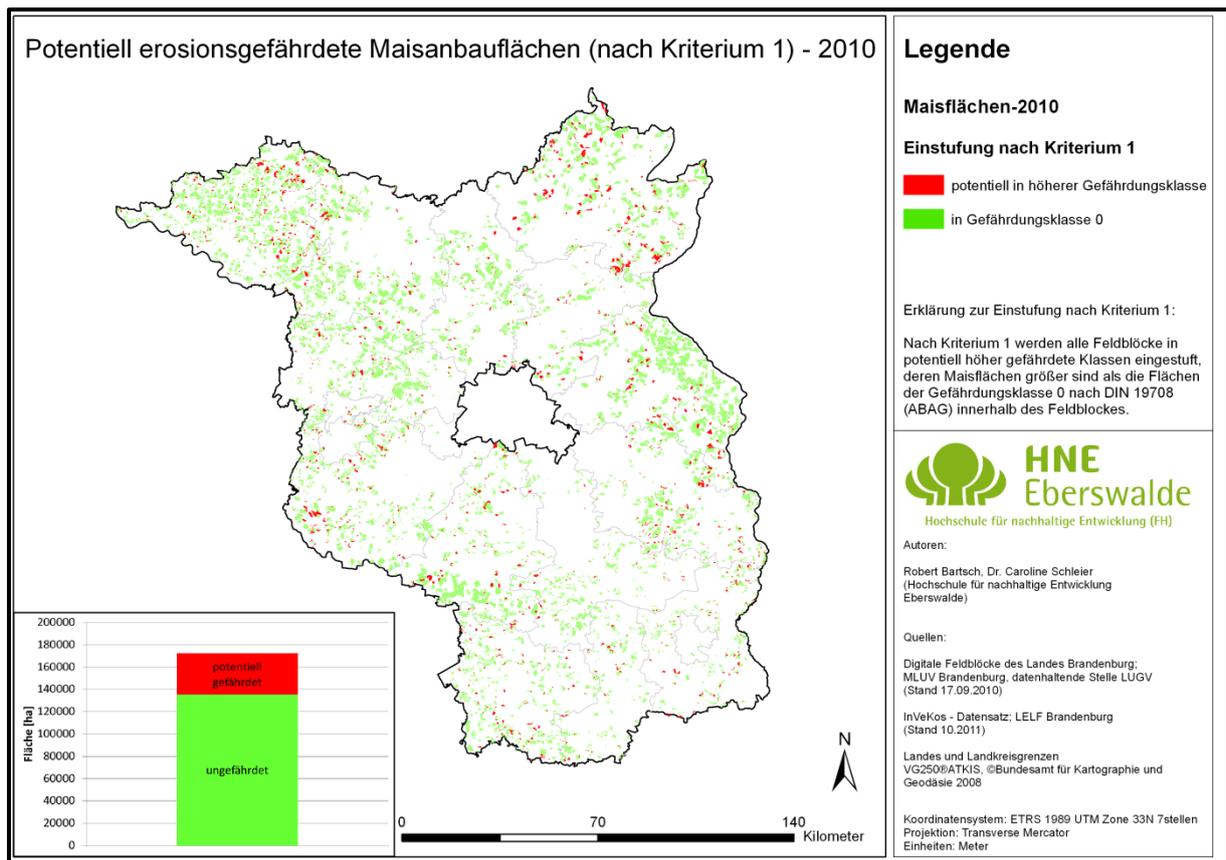


Abb.2-15 Darstellung der potentiell gefährdeten Maisflächen in Brandenburg für das Jahr 2010 nach dem Kriterium 1

Abschließend sind die Indikatoren als Anteile der potentiell gefährdeten Flächen (Kriterium 1) und der potentiell stärker gefährdeten Flächen (Kriterium 2) in verschiedenen Ebenen zu berechnen. Hierfür wird die Eigenschaftstabelle der Shapedatei in einem Tabellenkalkulationsprogramm geöffnet. Für die beispielhafte Berechnung und die Erstellung der Vergleichsdatenbasis wurde das kommerzielle Programm Microsoft Excel genutzt (dieser Schritt kann auch im GIS stattfinden, wenn die Funktion „Pivottabelle“ vorhanden ist. Es werden zwei neue Spalten erstellt mit folgenden Kriterien.

1. (Kriterium 1) = Wenn $Kat_Krit_1 > 0$ dann „nicht gefährdet“ sonst „potentiell gefährdet“
2. (Kriterium 2) = Wenn $Kat_Krit_2 > 0$ dann „nicht gefährdet“ sonst „potentiell gefährdet“

Danach können über eine Pivottabelle die potentiell gefährdeten und ungegefährdeten Flächen nach dem jeweiligen Kriterium für die einzelnen Landkreise berechnet werden. Die berechneten Flächen sind dann in Beziehung zu den Gesamtmaisflächen in dem jeweiligen Landkreis zu setzen, um den Anteil der gefährdeten Flächen zu ermitteln. Beispielhaft ist in Tabelle 2-5 die Ergebnistabelle für das Jahr 2005 dargestellt. Der so ermittelte Prozentsatz

für das Kriterium 1 und das Kriterium 2 bilden den Indikator auf Landkreisebene. Er ist ebenso für das gesamte Land Brandenburg zu ermitteln.

Tab.2-5 Ergebnistabelle für den Indikator Bodenerosion durch Wasser (Beispieldaten für das Jahr 2005)

Landkreis	Gesamtfläche	Kriterium 1			Kriterium 2		
		nicht gefährdet	potenziell gefährdet	Anteil	nicht gefährdet	potenziell gefährdet	Anteil
		[ha]	[ha]	[%]	[ha]	[ha]	[%]
Berlin	156,10	81,54	74,56	47,8%	114,17	41,93	26,9%
Cottbus	155,82	98,57	57,26	36,7%	98,57	57,26	36,7%
Frankfurt (O.)	957,46	329,78	627,68	65,6%	661,89	295,57	30,9%
Barnim	3.529,28	2.266,59	1.262,69	35,8%	3.017,41	511,87	14,5%
Dahme-Spreewald	6.836,45	5.260,77	1.575,67	23,0%	5.981,77	854,68	12,5%
Elbe-Elster	10.273,39	8.806,05	1.467,35	14,3%	9.172,77	1.100,63	10,7%
Havelland	7.238,20	6.114,41	1.123,79	15,5%	6.503,44	734,76	10,2%
Märkisch-Oderland	10.839,43	9.455,31	1.384,12	12,8%	10.443,75	395,68	3,7%
Oberhavel	5.000,70	4.228,96	771,74	15,4%	4.457,16	543,53	10,9%
Oberspreewald-Lausitz	3.409,39	2.813,53	595,86	17,5%	2.946,58	462,80	13,6%
Oder-Spree	8.131,97	6.508,12	1.623,85	20,0%	7.608,22	523,74	6,4%
Ostprignitz-Ruppin	10.171,08	8.533,17	1.637,91	16,1%	9.118,95	1.052,13	10,3%
Potsdam-Mittelmark	9.581,99	7.595,20	1.986,79	20,7%	8.564,35	1.017,64	10,6%
Prignitz	14.169,17	11.524,30	2.644,87	18,7%	12.815,29	1.353,88	9,6%
Spree-Neiße	5.593,87	4.207,63	1.386,23	24,8%	4.848,29	745,58	13,3%
Teltow-Fläming	8.969,21	7.721,85	1.247,36	13,9%	8.360,12	609,09	6,8%
Uckermark	10.267,24	6.833,92	3.433,32	33,4%	9.406,71	860,53	8,4%
Gesamtergebnis	115.280,73	92.379,68	22.901,05	19,9%	104.119,43	11.161,30	9,7%

Am Ende dieses Kapitels soll kurz darauf eingegangen werden, welche möglichen Fehlerquellen und Unschärfen beim Erstellen des Indikators auftreten können. Anhand der Erarbeitung der Zeitreihe können einige Fehler auch beziffert werden.

Tab.2-6 Abweichungen der Maisfläche nach Verknüpfung mit Feldblockdatensatz

		Jahr						
		2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Mais beantragt*	[ha]	116.397,02	119.288,75	136.765,44	157.275,93	163.894,76	178.171,93	194.409,02
Maisfläche**	[ha]	115.916,11	119.178,44	136.653,35	156.914,98	162.906,92	177.078,56	194.062,87
Differenz	[ha]	480,91	110,31	112,09	360,95	987,84	1.093,37	346,15
Abweichung	[%]	0,41%	0,09%	0,08%	0,23%	0,60%	0,61%	0,18%

* InVeKos-Daten alphanumerisch, ** nach GIS-Verknüpfung

Die erste Fehlerquelle für die Berechnung besteht darin, dass die beantragten Maisflächen des Jahres nicht eindeutig den GIS-Daten der Feldblöcke zugeordnet werden können. Hier trat bei der Zeitreihenerstellung ein kontinuierlicher Fehler auf, der sich auf unter 1% beschränkt.

Eine zweite Fehlerquelle, die zu Abweichungen der Gesamtmaisfläche führen kann, wird durch die oben beschriebenen Unterschiede zwischen Feldblockfläche und beantragter Maisfläche verursacht. Für die Berechnung des Indikators wurde diesen Maisflächen die Größe des Feldblockes zugeordnet. Dadurch ergaben sich nochmals minimale Veränderungen in den Gesamtmaisflächen von unter 1%. Der Fehler ist von Jahr zu Jahr unterschiedlich. Insgesamt liegt der kumulierte Fehler dieser beiden Fehlerquellen zwischen 0,28% und 0,96% für die Jahre 2005 bis 2011.

Tab.2-7 kumulierter Fehler der ersten und zweiten Fehlerquelle

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
1.Fehlerquelle	0,41%	0,09%	0,08%	0,23%	0,60%	0,61%	0,18%
2.Fehlerquelle	0,55%	0,43%	0,20%	0,22%	0,22%	0,16%	0,30%
kumulierter Fehler	0,96%	0,52%	0,28%	0,45%	0,82%	0,77%	0,47%

Die dritte Fehlerquelle, die zu Ungenauigkeiten bei der Bestimmung des Indikators führen kann, ist im Arbeitsschritt der Überlagerung der Maisflächen und der Erosionsgefährdungskarte. Dabei wird der Vektordatensatz der Feldblöcke in einen Rasterdatensatz überführt, um die beiden Karten überlagern zu können. Die Pixel mit einer Auflösung von 25 m x 25 m werden die von den Linien des Feldblockes zerteilt. Dabei entscheidet ein interner Algorithmus ob ein Pixel noch zur Fläche hinzugerechnet oder ausgeklammert wird. In Abbildung 2-16 ist beispielhaft die Abweichung der Feldblockgrößen Raster zu Vektor in einem Histogramm für das Jahr 2005 dargestellt. Es ist zu erkennen, dass sich die Abweichungen normal verteilen und Ihr Maximum bei -1% bis 1% haben. Die Fehlerquelle ist besonders bei kleinen Feldblöcken größer und kann hier dazu führen, dass die Maisfläche des Feldblockes möglicherweise nicht richtig in die Gefährdung nach den einzelnen Kriterien eingeordnet wird.

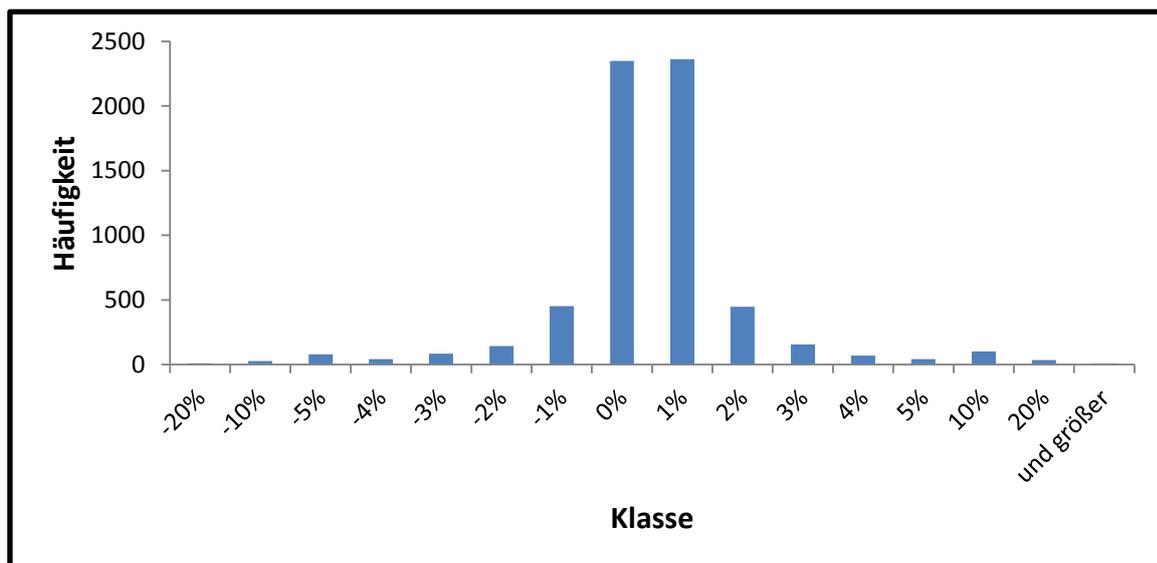


Abb.2-16 Histogramm der Abweichungen bei der Umwandlung von Vektor- zu Rasterdatensatz

Insgesamt kann bei den Bearbeitungsschritten zur Berechnung des Indikators von einem Fehler von etwa 1% der Fläche ausgegangen werden. Dieser Fehler bezieht sich immer auf die Gesamtmaisfläche des Landes Brandenburg.

2.3.3 Erstellung einer 31 jährigen Vergleichsdatenbasis (1980-2010)

Die Vergleichsdatenbasis konnte nicht für den kompletten Zeitraum 1980-2010 nach dem Verfahren, welches zukünftig angewandt werden soll, berechnet werden. Dafür waren die nötigen Eingangsdaten nicht vorhanden. Deshalb soll in diesem Kapitel eine Zeitreihe über die Entwicklung des Maisanbaus in Brandenburg über den kompletten Zeitraum vorgestellt werden. Außerdem wird die Vergleichsbasis für den Indikator ab dem Jahr 2005 gezeigt.

Die Quellen der Maisanbaudaten für den Zeitraum 1980-2004 sind die statistischen Jahrbücher bzw. direkte Auskünfte vom statistischen Landesamt Berlin-Brandenburg. Ab dem Jahr 2005 werden die Angaben aus den InVeKos-Datensätzen herangezogen, da diese zukünftig als Basis für die Berechnung des Indikators dienen sollen. Damit wird eine Vergleichbarkeit, zumindestens der letzten 6 Jahre, mit den zukünftigen Ergebnissen gewährleistet.

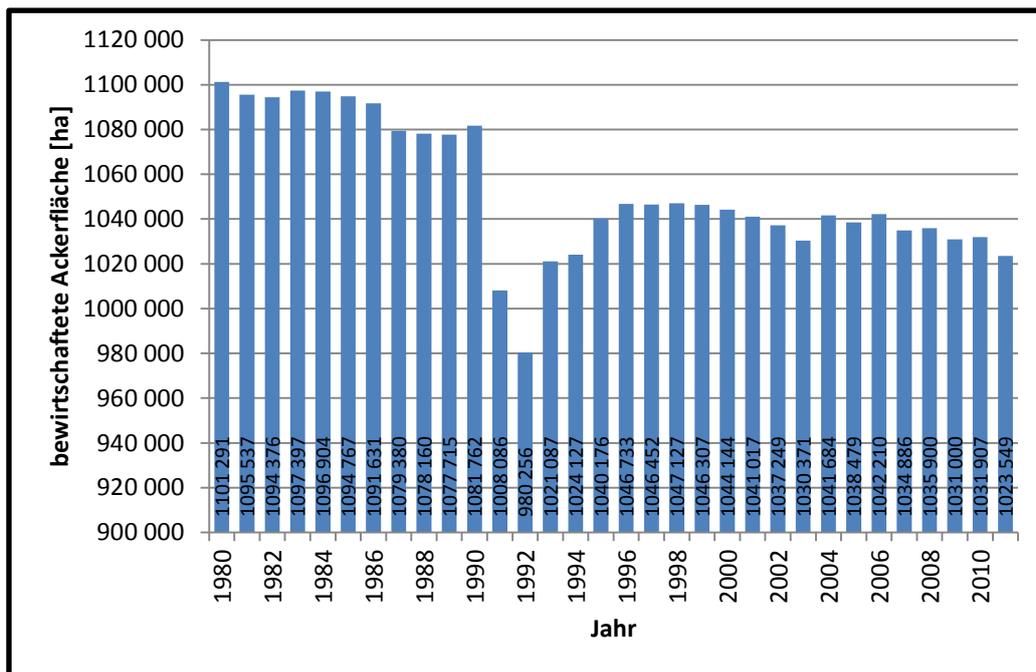


Abb.2-17 Bewirtschaftete Ackerfläche in Brandenburg 1980-2010 (Quelle statistisches Landesamt Berlin-Brandenburg)

In Brandenburg werden etwa 35% der gesamten Landesfläche ackerbaulich genutzt (statistisches Landesamt Berlin-Brandenburg). Die Zahlen variieren leicht in den letzten Jahren. Deutlich ist ein Rückgang der tatsächlich genutzten Fläche mit der politischen Wende

1989/90 zu verzeichnen (Abb.2-17). Seitdem ist die ackerbauliche Fläche wieder leicht angestiegen, um dann konstant zwischen 1.030.000 ha und 1.045.000 zu schwanken. Es sind immer wieder Phasen mit leichten Rückgängen der Flächen zu erkennen, so von 1998 bis 2003 und von 2007 bis 2010.

Für den Zeitraum 1980-2011 zeigen sich im Maisanbau vier Phasen (Abb.2-18). Die erste Phase ist die Zeit 1980-1989 („DDR-Zeit“) hier ist ein konstanter Anbau mit einem leichten Anstieg der Flächenzahlen in den letzten drei Jahren zu verzeichnen. Die zweite Phase in den Jahren 1990-1997 war von deutlich schwankenden Anbauflächen gekennzeichnet. Darauf folgt eine rückgängige Entwicklung der Maisflächen bis 2002. Ab 2003 ist wieder ein Anstieg der Flächen zu erkennen. Besonders ab 2006 ist der Anstieg deutlich ausgeprägt.

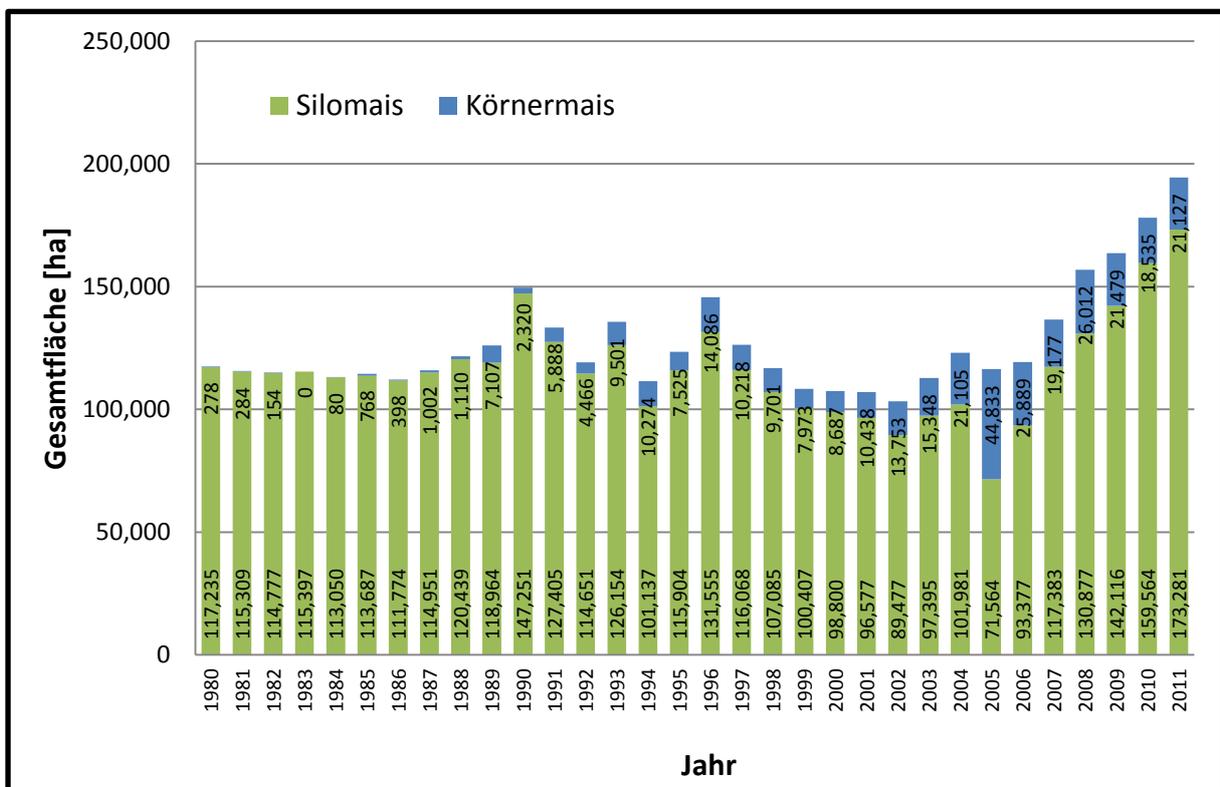


Abb.2-18 Entwicklung der Maisanbauflächen in Brandenburg 1980-2011 (Quellen: 1980-2004 statistisches Landesamt Berlin-Brandenburg; 2005-2011 InVeKos-Datensatz)

Ursache hierfür könnte die vermehrte Nutzung als Biomasse zur Energiegewinnung sein, welche durch das Erneuerbare Energiengesetz (EEG) aus dem Jahr 2000 und den darauffolgenden Novellierungen geregelt wird (aktuellste Fassung 2009, BMU, 2011). Die Biomassestrategie des Landes Brandenburg sieht zukünftig eine Ausweitung der Biomassenutzung als Energieträger vor, wobei aber die Sicherung der Ernährung der Bevölkerung Berlin-Brandenburgs Vorrang hat (MUGV, 2010). Es besteht laut Aussagen des MUGV (2010) die Möglichkeit, bis zu 30 % der Ackerfläche für die Energienutzung ohne

Probleme für die Nahrungsmittelproduktion zu verwenden. Damit ist ein weiterer Anstieg der Maisproduktion zu erwarten.

Für die einzelnen Landkreise ist keine geschlossene Zeitreihe möglich, da vom statistischen Landesamt die Aufnahme der Flächen für diese nur in größerem Abstand erfolgte. Daher werden nur die InVeKos-Daten für die Landkreise erst ab dem Jahr 2005 dargestellt und analysiert.

Tab.2-8 Maisanbauflächen der Landkreise 2005-2011 (Quelle: InVeKos-Datensatz)

Landkreis	Anbaufläche						
	2 005	2 006	2 007	2 008	2 009	2 010	2 011
	[ha]						
Berlin	156,64	118,82	202,18	209,28	242,32	232,46	317,06
Cottbus	157,24	217,64	227,32	168,08	182,41	137,60	282,13
Frankfurt (O.)	975,20	1.177,80	1.478,01	1.446,16	1.323,88	1.302,19	1.459,18
Barnim	3.557,11	3.323,72	3.844,38	4.919,75	4.449,85	4.923,26	5.262,94
Dahme-Spreewald	6.859,51	6.741,34	7.068,26	7.571,40	8.486,35	8.160,31	9.286,70
Elbe-Elster	10.331,11	10.137,43	11.152,36	12.554,85	11.668,78	12.055,68	15.540,57
Havelland	7.307,64	7.196,57	8.177,76	9.946,36	10.195,29	11.675,09	12.490,23
Märkisch-Oderland	10.945,00	10.623,13	13.104,21	15.163,11	16.004,61	17.853,73	18.788,75
Oberhavel	5.098,88	5.264,98	6.759,42	7.355,10	8.050,84	9.155,32	9.459,40
Oberspreewald-Lausitz	3.424,97	3.641,90	3.901,08	4.607,34	4.466,05	5.097,76	5.778,18
Oder-Spree	8.163,80	7.842,64	8.815,39	9.869,30	10.531,27	11.644,79	13.194,82
Ostprignitz-Ruppin	10.360,54	11.593,58	14.042,23	16.254,51	17.437,66	19.382,06	19.876,55
Potsdam-Mittelmark	9.692,60	11.126,52	10.937,69	13.595,71	14.677,64	16.150,24	16.290,86
Prignitz	14.258,31	15.006,43	17.488,42	19.846,38	21.556,36	23.404,34	25.042,42
Spree-Neiße	5.687,24	5.665,92	6.389,72	6.550,00	6.272,47	6.504,94	7.297,43
Teltow-Fläming	9.023,47	8.263,12	9.862,40	11.789,45	12.865,87	14.341,72	15.394,47
Uckermark	10.305,66	11.347,20	13.314,61	15.428,87	15.483,13	16.149,52	18.640,30
Gesamtergebnis	116.397,02	119.288,75	136.765,44	157.275,65	163.894,76	178.171,01	194.402,00

Es ist zu erkennen, dass der Trend der Zunahme der Maisanbauflächen in fast allen Landkreisen durchgängig ist. Ein Großteil der Landkreise hat seine Maisfläche fast verdoppelt. Die größten Anbaugelände sind im Nordwesten Brandenburgs (Prignitz und Ostprignitz-Ruppin, sowie im Osten und Nordosten (Uckermark, Märkisch-Oderland) zu finden.

Abschließend werden die berechneten Indikatoren auf Landkreisebene und Bundeslandebene gezeigt. Hier ist zu erkennen, dass der Indikator, sowohl Kriterium 1 als auch Kriterium 2, für Gesamt Brandenburg noch keinem eindeutigen Trend folgt. Eine mögliche Ursache könnte sein, dass der Zeitraum von 6 Jahren noch zu kurz ist, um eine eindeutige Entwicklung festzustellen. Es ist nach einem Rückgang der Anteile der Maisflächen auf gefährdeten Flächen von 2005 bis 2009 in den Jahren 2010 und 2011 ein Anstieg gegenüber den Vorjahren zu erkennen. Dieser sollte weiter beobachtet werden, um

herauszufinden, ob es sich um eine normale Schwankung oder eine eindeutige Entwicklung handelt.

Tab.2-9 Indikatorwerte für das Kriterium 1 im Zeitraum 2005-2011

Kriterium 1							
Landkreis	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Berlin	47,8%	57,7%	18,3%	46,3%	35,2%	38,9%	11,9%
Cottbus	36,7%	2,4%	0,9%	19,4%	1,0%	3,3%	1,5%
Frankfurt (O.)	65,6%	66,6%	64,2%	73,6%	73,8%	51,1%	57,2%
Barnim	35,8%	40,6%	39,4%	25,3%	20,3%	25,6%	32,0%
Dahme-Spreewald	23,0%	11,9%	20,2%	15,9%	15,2%	13,4%	15,5%
Elbe-Elster	14,3%	11,8%	12,3%	11,5%	13,0%	20,9%	15,2%
Havelland	15,5%	15,0%	11,7%	9,6%	16,4%	13,0%	11,1%
Märkisch-Oderland	12,8%	14,2%	14,0%	21,0%	20,7%	16,1%	14,0%
Oberhavel	15,4%	16,3%	11,4%	9,3%	11,0%	11,8%	13,2%
Oberspreewald-Lausitz	17,5%	19,2%	11,5%	15,4%	16,6%	15,1%	10,3%
Oder-Spree	20,0%	20,6%	21,2%	21,8%	21,2%	23,5%	21,7%
Ostprignitz-Ruppin	16,1%	9,4%	9,9%	10,5%	12,9%	14,5%	17,5%
Potsdam-Mittelmark	20,7%	18,2%	20,1%	17,7%	21,6%	23,2%	23,9%
Prignitz	18,7%	19,4%	15,9%	17,3%	20,2%	21,7%	24,2%
Spree-Neiße	24,8%	23,6%	19,8%	22,8%	22,4%	27,8%	23,7%
Teltow-Fläming	13,9%	9,1%	15,3%	15,6%	16,4%	19,9%	14,5%
Uckermark	33,4%	41,7%	42,9%	41,1%	48,1%	42,8%	44,3%
Gesamt Brandenburg-Berlin	19,9%	19,1%	19,0%	19,1%	21,0%	21,2%	20,9%

Bei der Betrachtung der einzelnen Landkreise sind unterschiedliche Entwicklungen beim Indikator des Kriterium 1 festzustellen. So ist ein Anstieg des Indikatorwertes für die Landkreise Uckermark, Elbe-Elster, Oder-Spree, Ostprignitz-Ruppin und Prignitz zu verzeichnen (siehe Anhang 6). Einige Landkreise zeigen nach einem zwischenzeitlichen Anstieg einen Rückgang der Indikatorwerte. Dies sind z.B. Spree-Neiße, Teltow-Fläming, und Märkisch-Oderland. Einige zeigen einen uneinheitlichen Verlauf der Entwicklung, wie z.B. Barnim, Havelland und Oberhavel.

Die Höhe der Indikatorwerte (Flächenanteile des Mais auf potentiell gefährdeten Standorten) ist in den einzelnen Landkreisen sehr unterschiedlich, wobei an dieser Stelle die kreisfreien Städte und Berlin ausgespart bleiben, da sie sehr geringe absolute Flächen aufweisen. So weisen die Uckermark und der Barnim mit Werten zwischen 20% und 48% wesentlich höhere Werte auf als die anderen Landkreise. Die deutlich geringsten Werte zeigt der Landkreis Oberhavel mit Werten zwischen 9% und 16%. Diese großen Unterschiede sind darin begründet, dass die Flächenanteile mit einer höheren potentiellen Erosionsgefährdung in einigen Landkreisen deutlich höher sind als in anderen.

Die Indikatorwerte für das Kriterium 2 liegen in Gesamt Brandenburg den letzten 6 Jahren zwischen 6,6% und 9,7%. Die einzelnen Landkreise variieren zwischen 2,8% und 14,5% (Potsdam, Frankfurt/O., Cottbus und Berlin). Die Entwicklung innerhalb einzelner Landkreise ist ebenso unterschiedlich wie beim Kriterium 1. Landkreise mit zunehmenden Indikatorwerten sind z.B. Oder-Spree, und Elbe-Elster. Im Gegensatz zum Kriterium 1 sind beim Kriterium 2 Landkreise mit abnehmenden Tendenzen der Indikatorwerte zu erkennen, z.B. Oberspreewald-Lausitz, Barnim oder Spree-Neiße. Landkreise mit schwankenden Indikatorwerten sind z.B. die Uckermark oder Dahme-Spreewald.

Tab.2-10 Indikatorwerte für das Kriterium 2 im Zeitraum 2005-2011

Kriterium 2							
Landkreis	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Berlin	26,9%	37,3%	14,1%	30,1%	20,5%	22,9%	7,0%
Cottbus	36,7%	2,4%	0,9%	19,4%	1,0%	3,3%	1,5%
Frankfurt (O.)	30,9%	10,7%	17,5%	13,8%	8,7%	8,0%	11,4%
Barnim	14,5%	13,3%	9,1%	6,0%	5,9%	8,8%	5,2%
Dahme-Spreewald	12,5%	5,8%	10,0%	6,8%	6,3%	4,1%	6,9%
Elbe-Elster	10,7%	7,4%	8,1%	8,6%	8,7%	14,2%	10,9%
Havelland	10,2%	10,5%	8,2%	6,3%	7,5%	6,1%	6,4%
Märkisch-Oderland	3,7%	4,3%	2,8%	3,7%	5,5%	3,4%	3,4%
Oberhavel	10,9%	4,6%	3,4%	2,8%	3,4%	4,6%	4,0%
Oberspreewald-Lausitz	13,6%	10,5%	8,2%	8,7%	9,3%	6,7%	6,4%
Oder-Spree	6,4%	4,8%	6,8%	6,3%	6,6%	8,3%	8,3%
Ostprignitz-Ruppin	10,3%	6,3%	5,1%	5,7%	6,9%	6,2%	7,3%
Potsdam-Mittelmark	10,6%	9,4%	7,3%	6,5%	8,6%	9,3%	11,3%
Prignitz	9,6%	9,8%	5,5%	5,9%	7,7%	8,2%	9,9%
Spree-Neiße	13,3%	14,2%	12,3%	12,1%	11,2%	14,6%	11,7%
Teltow-Fläming	6,8%	6,0%	8,7%	7,6%	8,7%	6,8%	6,8%
Uckermark	8,4%	7,0%	10,0%	7,4%	7,5%	6,5%	5,7%
Gesamt Brandenburg-Berlin	9,7%	7,8%	7,2%	6,6%	7,4%	7,4%	7,6%

Die Auswertung der Verhältnisse zwischen Kriterium 1 und Kriterium 2 für die einzelnen Landkreise zeigt noch eindringlicher die Stärke der Entwicklung des Gefährdungsgrades der Flächen eines Landkreises. Flächen, die nach Kriterium 2 gefährdet sind, sind der Definition nach auch nach Kriterium 1 gefährdet. Hier zeigt sich, dass einige Landkreise, die zwar große Flächenanteile aufweisen, die nach Kriterium 1 potentiell gefährdet sind, aber nur geringe potentiell gefährdete Flächen nach Kriterium 2 haben, z.B. die Uckermark und Barnim. Andererseits weisen die Landkreise Oberhavel und Oberspreewald-Lausitz zwar geringe Werte für die gefährdeten Flächen nach Kriterium 1, dafür sind aber 50% dieser Flächen auch nach Kriterium 2 gefährdet. Eine eindeutige Entwicklung hin zu gefährdeten Standorten innerhalb der Landkreise ist bisher aber nicht zu erkennen. Karten zu den

räumlichen Verteilungen der gefährdeten Flächen in den einzelnen Jahren sind im Anhang 6 zu finden.

2.3.4 Ableitung und Definition von Risiko- und Alarmschwellen für den Indikator „Bodenerosion durch Wasser“

Eine Alarmschwelle soll definiert sein, als ein Wert, ab dem eine besondere Gefährdung bzw. eine nächste Gefährdungsstufe erreicht wird. Für den Indikator Bodenerosion durch Wasser konnte aus den Expertengesprächen, der Literatur und der Erstellung der Zeitreihe kein direkter Schwellenwert abgeleitet werden, bei dem eine akute Gefährdung einsetzt. Deshalb wird eine Risikoschwelle für den Indikator vorgeschlagen. Es wird angenommen, dass die Erhöhung der Anteile der potentiell nach den Kriterien gefährdeten Flächen zu einer deutlichen Gefährdung führt. Hierbei soll zwischen den beiden Kriterien unterschieden werden. Diese so entstehenden Schwellen werden wie folgt definiert.

1.Schwelle (geringere Gefahr)

Ein Anstieg der Anteile, welche nach Kriterium 1 als potentiell gefährdete Flächen anzusprechen sind, führt zu einer geringen Steigerung der Gesamtgefährdung für den Boden. Bei weiter ansteigenden Indikatorwerten, ausgehend von den Indikatorwerten der Vergleichsdatenbasis (2005-2011), sollten bei gleichzeitigem Eintreten der zweiten Risikoschwelle (2.Schwelle) gegebenenfalls Gegenmaßnahmen getroffen werden.

2.Schwelle (höhere Gefahr)

Ein Anstieg der Anteile welche, nach Kriterium 2 als potentiell stärker gefährdete Flächen anzusprechen sind, führt zu einer höheren Steigerung der Gesamtgefährdung für den Boden. Bei weiter ansteigenden Indikatorwerten, ausgehend von den Indikatorwerten der Vergleichsdatenbasis (2005-2011), sollten Gegenmaßnahmen getroffen werden.

Diese Trendbeobachtungen sollten sowohl auf Landkreisebene als auch auf Landesebene durchgeführt werden, um genaue Aussagen für Regionen treffen zu können und die möglichen Anpassungsmaßnahmen differenziert und spezifisch durchzuführen.

2.3.5 Vorschläge für die Umsetzung der Indikatorenbeobachtung

Im folgenden Abschnitt werden kurz Möglichkeiten der Beobachtung aufgezeigt. Dabei sollen der Aufwand und zukünftige Verbesserungen und Ausweitungen der Beobachtung im Blickpunkt stehen. Diese Vorschläge sind als Diskussionsgrundlage für eine Umsetzung zu verstehen.

Der Aufwand der für die Beobachtung betrieben werden muss teilt sich in zwei verschiedene Bereiche. Der erste Bereich ist die Datenbeschaffung. Wie in Kapitel 2.3.2.1 beschrieben sind drei Eingangsdatensätze für die Beobachtung des Indikators nötig. Die Karte der potentiellen Erosionsgefährdung bzw. die Karte des potentiellen Bodenabtrages liegt dem LUGV vor und ist nach Absprache erhältlich. Diese muss nur einmalig vorbereitet werden. Die jährlich zu aktualisierenden Daten sind die Feldblöcke Brandenburgs und die gemeldeten Maisanbauflächen. Diese sind zum Ende des Jahres in aktualisierter Form bei der EU-Zahlstelle des LEIF (gemeldete Maisflächen) und beim Landesbetrieb Geobasisdaten Brandenburg (LGB, Feldblöcke) erhältlich. Dabei ist mit einer kurzen Wartezeit zu rechnen. Ein aktualisierter Datensatz der Feldblöcke ist auch über die Internetseite des LUGV erhältlich. Die Datenbeschaffung stellt keinen großen Aufwand dar, da die Daten relativ schnell erhältlich sind. Kosten wurde im Rahmen des Projektes nicht relevant, da die Daten frei erhältlich waren. Zukünftig mögliche Kostenaufwände für die Beschaffung der Eingangsdaten bei der Beobachtung durch Auftragnehmer sollten vorab mit dem LUGV geklärt werden.

Der zweite Aufwandsbereich ist die Berechnung des Indikators. Hierfür müssen dem Bearbeiter ein GIS-Arbeitsplatz und ein Tabellenkalkulationsprogramm zu Verfügung stehen. Wenn dieses gegeben ist, kann er die in Kapitel 2.3.2.2 beschriebenen Arbeitsschritte durchführen. Es sollte etwas Zeit auf die Vorbereitung der Daten für die Beobachtung verwandt werden. Hierzu zählt sowohl, die in Kapitel 2.3.2.1 beschriebene Zusammenfassung von Maisflächen, die einem Feldblock zugeordnet sind, als auch die Kontrolle, dass alle Datensätze eine Feldblock-ID besitzen. Darüber hinaus sollte kontrolliert werden, ob die Feldblöcke und die Karte der potentiellen Erosionsgefährdung das gleiche Koordinatensystem und die gleiche Projektion besitzen, um mögliche Abweichungen zu vermeiden. Die anschließende Bearbeitung kann durch ein entsprechendes Skript automatisiert werden.

Nach Abschluss der Bearbeitung sollten die Ergebnisse in Berichtsform zusammengefasst werden. Hierbei bieten sich eine tabellarische Übersicht für die zeitliche Entwicklung des Indikators (sowohl Kriterium 1 als auch Kriterium 2) sowie eine Darstellung im Diagramm an. Die Indikatoren sollten sowohl auf Landkreisebene als auch auf Bundeslandebene dargestellt werden. Darüber hinaus ist eine Kartendarstellung der gefährdeten Flächen sinnvoll. Eine kurze verbale Analyse und Interpretation hat ebenfalls zu erfolgen. Außerdem eine kurze Angabe, welche Fehler und Abweichungen bei der Berechnung aufgetreten sind. Der zeitliche Aufwand der für die Berechnung des Indikators und die Erstellung des Berichtsteiles für die Bodenerosion wird mit etwa 1-2 Tagen geschätzt

Folgend werden noch zukünftige Verbesserungen und Ausweitungen des Indikators diskutiert. Eine Verbesserung der Genauigkeit des Indikators könnte durch eine Veränderung der Bezugsebene erreicht werden. Wenn es zukünftig möglich wäre die Eingangsdaten nicht

nur auf Feldblockebene, sondern auf Schlagebene zu erhalten, würde sich die Genauigkeit der Aussagen deutlich verbessern. Hierfür sind dann aber im Vorfeld genaue Vereinbarungen bezüglich des Datenschutzes zu treffen. Wenn eine Bearbeitung des Indikators auf Schlagebene ermöglicht wird, sollte versucht werden die bisherige Zeitreihe ebenfalls in diese Bezugsebene zu übertragen. Eine weitere Verbesserung bzw. Erhaltung der Aktualität wird durch Nutzung einer aktuellen Karte der potentiellen Erosionsgefährdung gewährleistet. Es sollte jährlich überprüft werden, ob eine aktualisierte Karte zu dieser Thematik vorliegt.

Eine mögliche Ausweitung des Indikators wäre die Betrachtung anderer erosionsanfälliger/-fördernder Nutzpflanzen. Dieses müsste davon abhängig gemacht werden, ob die Pflanze in Brandenburg mit einem repräsentativen Flächenanteil angebaut wird oder zukünftig größere Bedeutung erlangen könnte. Außerdem sollten, wenn eine Erfassung möglich ist, die Anbauverfahren sowie der Anbau von Zwischenfrüchten bei der Betrachtung des Indikators mitberücksichtigt werden.

2.3.6 Steckbrief Indikator „Bodenerosion durch Wasser“

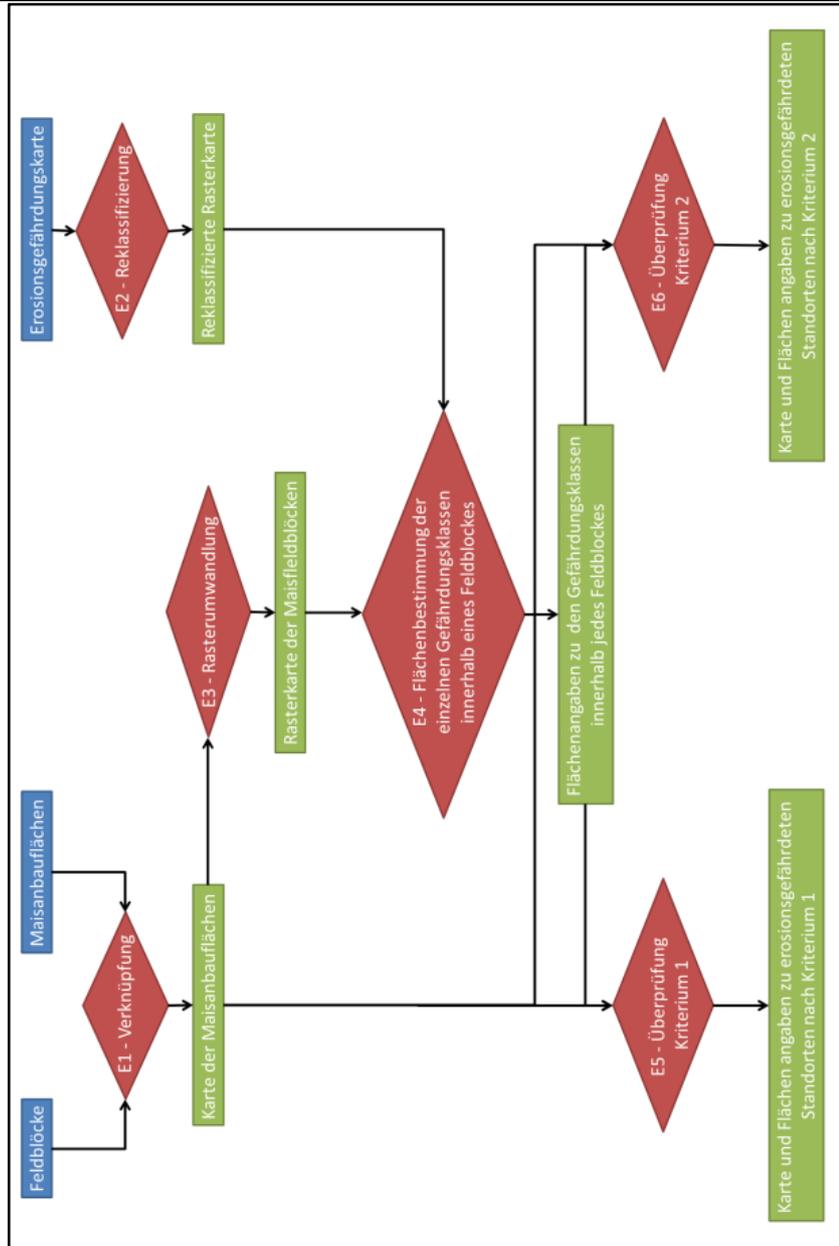
Indikatorfeld Bodenerosion durch Wasser	
Allgemeine Informationen	
Titel	Maisanbau auf erosionsgefährdeten Böden
Kurzbeschreibung	Beobachtung der Veränderung von Maisanbauflächen auf Standorten mit potentieller Erosionsgefährdung (Response-Indikator)
Interpretation des Indikators	<p>Eine Veränderung des Maisanbaus (absolut bzw. relativ) auf erosionsgefährdeten Böden zeigt, ob und in welcher Form die Landnutzer das mit der Klimaveränderung einhergehende erhöhte Erosionsrisiko in ihrem Flächenmanagement berücksichtigen.</p> <p>Eine Verringerung der Anbauflächen des Mais bedeutet eine Verminderung der potentiellen Gefährdung durch Erosion.</p>
Begründung	<p>Der Anbau bestimmter Kulturpflanzen (Mais, Zuckerrübe etc.) bedingt eine Erhöhung der Erosionsgefährdung der jeweiligen Böden. Diese entsteht insbesondere dann, wenn der Boden über längere Zeit unbedeckt ist bzw. durch großen Abstand zwischen den Pflanzen nur eine unzureichende Bedeckung aufweist. In der allgemeinen Bodenabtragsgleichung (ABAG) wird dieser Einfluss durch den C-Faktor beschrieben. Bei längeren Phasen ohne Bedeckung des Bodens erhöht sich dieser Faktor und bewirkt eine größeren Abtrag.</p> <p>Mais wird als Indikatorpflanze herangezogen, da er im Anbau eine erst spät geschlossene Pflanzendecke ausbildet. Zudem ist bedingt durch die zunehmende energetische Nutzung von Mais eine Zunahme der Maisanbaufläche zu beobachten, so dass die Relevanz dieses Indikators für das Land Brandenburg gegeben ist.</p>
Technische Informationen	
Räumliche Abdeckung	Eine Abdeckung für die landwirtschaftlich genutzten Flächen in Brandenburg ist zu großen Teilen gesichert.
Räumliche Auflösung	Feldblöcke
Zeitliche Auflösung	Die Aktualisierung der Maisdaten erfolgt jährlich, durch die Meldung der Landwirte der Hauptfruchtart an die EU-Zahlstelle.
Datengrundlage / -quellen	<p>Potentielle Erosionsgefährdung:</p> <p>GIS-Karte zur potentiellen Erosionsgefährdung in Brandenburg auf Basis der DIN 19708 (ABAG) (ZALF, 2009).</p> <p>Bei Aktualisierungen der Karte ist die aktuellste Fassung zu nehmen – wobei dabei eine Überprüfung und Neubearbeitung der zurückliegenden Berechnungen erfolgen sollte</p>
	<p>Maisanbauflächen</p> <p>InVeKos-Datensatz (Anbaudaten durch das LELF, GIS-Daten zu den Feldblöcken, LUGV bzw. Landesbetrieb Geobasisdaten Brandenburg, LGB)</p>
Beschränkungen / Hinweise	<ul style="list-style-type: none"> - Aus Datenschutzgründen ist auf eine Anonymisierung in der GIS-Datenauswertung zu achten - Bei der Interpretation der Daten muss berücksichtigt werden, dass von den Landwirten nur die Hauptfruchtart des Anbaujahres angegeben wird. - Von der EU-Zahlstelle werden nur die Flächen erfasst, die einen Antrag auf EU-Förderung stellen. Es können daher noch weitere Flächen existieren, die nicht erfasst werden. Gleiche gilt auch für

Flächen, die durch Landwirte bzw. Genossenschaften bewirtschaftet werden, die ihren Stammsitz nicht in Brandenburg haben und somit die Förderung in ihrem Heimatbundesland beantragen.

- Bei der Interpretation der Ergebnisse muss berücksichtigt werden, dass durch eine angepasste Bewirtschaftungsform (z.B. Untersaaten, konservierende Bodenbearbeitung) das Erosionsrisiko beim Maisanbau verringert werden kann. Dieses wird in den InVeKos-Datensätzen zur Zeit nicht mit erfasst.
- Da eine genaue Wiedergabe der Maisfläche innerhalb des Feldblockes nicht möglich ist, wird angenommen, dass der Landwirt erst die Flächen des Feldblockes nutzt, welche geringer Erosionsgefährdet sind, damit wird eine positive Annahme zugunsten des Landwirtes getroffen.

Bereitstellungsinformationen

Vorgehensweise



- Laden der Maisanbaudaten in GIS
- Laden der potentiellen Erosionsgefährdungskarte in GIS

	<ul style="list-style-type: none"> - Berechnung der Flächen der jeweiligen Gefährdungsklassen innerhalb der Feldblöcke - Berechnung der Kriterien 1 und 2 Kriterium 1 = Fläche (Gefährdungsklasse $E_{nat} = 0$) Kriterium 2 = Fläche (Gefährdungsklasse $E_{nat} = 0$) + Fläche (Gefährdungsklasse $E_{nat} = 1$) + Fläche (Gefährdungsklasse $E_{nat} = 2$) - Vergleich der Maisflächengröße und der Kriterien und Einstufung der Fläche in „nicht gefährdet“ bzw. „potenziell gefährdet“ <div data-bbox="571 488 1348 1064" style="border: 1px solid black; padding: 10px; margin: 10px 0;"> <pre> graph TD MF[Maisfläche des Feldblockes (MF)] --> K1[Fläche Kriterium 1] MF --> K2[Fläche Kriterium 2] K1 --> DV1{Flächenvergleich} K2 --> DV2{Flächenvergleich} DV1 -- "MF < Kriterium 1" --> NG1[nicht gefährdet] DV1 -- "MF > Kriterium 1" --> SSG1[schwach/stark gefährdet] DV2 -- "MF < Kriterium 2" --> NSG2[nicht/schwach gefährdet] DV2 -- "MF > Kriterium 2" --> SG2[stark gefährdet] </pre> </div> <ul style="list-style-type: none"> - Berechnung der „potenziell gefährdeten“ Flächen für die einzelnen Landkreise und gesamt Brandenburg sowie Ermittlung des Prozentanteils an der Gesamtmaisfläche <p>Eine detaillierte Beschreibung der einzelnen Prozesse ist im Bericht und im Anhang 5 des Berichtes zu finden. Der Bericht ist beim LUGV zu erfragen.</p>	
Schwellenwerte	---	
Ausgabe	Die Ausgabe erfolgt in Berichtsform mit Karten, Tabellen sowie in verbaler Beschreibung und Interpretation. Im Bericht wird genau erläutert, welche Ergebnissen erzielt wurden. Es erfolgt eine detaillierte Erklärung zu den Veränderungen (Flächenanteile und räumliche Verteilung). Diese Erklärungen sind durch die erstellten Karten zu illustrieren.	
Literatur	<p>Schultz-Sternberg R., Bartsch R., Hommel R. (2010): Brandenburg spezifische Boden-Indikatoren für ein Klimamonitoring im Rahmen der Deutschen Anpassungsstrategie (DAS) sowie Zusammenstellung von Grundlagen zur Ableitung von aussagefähigen Wirkungs- und Alarmschwellen. Forschungsbericht der FH Eberswalde. Fachbeiträge des Landesumweltamtes, Heft Nr.114, Potsdam</p> <p>Schultz-Sternberg, R., Bartsch, R. (2011): Brandenburg spezifische Boden-Indikatoren für ein Klimamonitoring im Rahmen der Deutschen Anpassungsstrategie (DAS) sowie Zusammenstellung von aussagefähigen Wirkungs- und Alarmschwellen Phase II Teil 1 (2010) In: Fachbeiträge des Landesamtes für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz, Heft 116</p>	
Glossar	ABAG	Allgemeine Boden-Abtragungsgleichung
	InVeKos	Integriertes Verwaltungs- und Kontrollsystem - dient der Kontrolle der Agrarausgaben der EU

3. Zusammenfassung

Um die spezifischen Probleme, die sich für die Brandenburger Böden im prognostizierten Klimawandel ergeben rechtzeitig erfassen zu können und Gegenmaßnahmen zu treffen, wurde im Jahr 2009 das Projekt „Brandenburg spezifische Boden-Indikatoren für ein Klimamonitoring im Rahmen der Deutschen Anpassungsstrategie (DAS) sowie Zusammenstellung von aussagefähigen Wirkungs- und Alarmschwellen“ initiiert. Ziel des Projektes war es, die Vulnerabilität der Brandenburger Böden zu erfassen und geeignete Indikatoren für besonders gefährdete Indikationsfelder zu erarbeiten.

In den ersten beiden Projektteilen ist die Vulnerabilität durch Expertengespräche und Literaturrecherchen herausgearbeitet worden. Darauf aufbauend wurden zwei Indikationsfelder des Bodens identifiziert, welche zukünftig besonders gefährdet sind. Die Indikationsfelder sind der Bodenwasserhaushalt und die Bodenerosion durch Wasser. Für diese zwei Felder ist jeweils ein Indikator erarbeitet worden. Darüber hinaus wurde in der zweiten Phase die Datenlage zur Beobachtung der Indikatoren in Brandenburg zusammengestellt.

Ausgehend von den Prognosen von Gerstengarbe et al. (2003) und Zebisch et al. (2005) ist Brandenburg eine Region mit besonderer Gefährdung durch die zukünftigen Klimaveränderungen. Dies betrifft besonders den Bereich des Wasserhaushaltes. Hier zeigten die Untersuchungen von Linke et al. (2011), dass zukünftig mit einer Verschiebung der Niederschläge vom Frühjahr und Sommer in die Wintermonate zu rechnen ist. Diese Verschiebung kann deutliche Auswirkungen auf die Landwirtschaft haben. In vielen Gebieten wird nicht mehr genügend Wasser im Boden für die Pflanzen zur Verfügung stehen. Dies betrifft vor allem grundwasserferne Standorte. Besonders eine sich verstärkende Frühjahrstrockenheit kann die Entwicklung der Pflanzen behindern und zur Verminderung der Erntemengen führen.

Deshalb wurde der Indikator zu Frühjahrstrockenheiten auf grundwasserfernen Standorten bei Winterroggenanbau erarbeitet. Er soll die Beobachtung auf sandigen und lehmigen Böden ermöglichen. Es wird erwartet, dass sich die Situation auf den lehmigen Böden stärker verändert als auf sandigen Böden, die schon heute große Wasserdefizite aufweisen. Ein weiteres Anliegen bei der Entwicklung des Indikators lag auf der einfachen und dauerhaft gesicherten Datenlage. Dies wurde dadurch erreicht, dass nur Klimadaten in den Indikator einfließen, welche auch zukünftig vom Deutschen Wetterdienst aufgenommen werden. Als Schwellenwert werden 45 Tage bei 30% nFK vorgeschlagen, da bei 30% nFK die Photosyntheseleistung stark herabgesetzt ist. Außerdem ist ein zweiter Wert mit 10 Tagen bei vollständiger Trockenheit sinnvoll, da hier mit einem Verlust der überwiegenden Ernte zu rechnen ist.

Das zweite Indikationsfeld, welches sich durch die Expertengespräche als gefährdet herausgearbeitet wurde, ist die Bodenerosion durch Wasser. Die Schwierigkeit in der Indikatorableitung der Bodenerosion durch Wasser bestand darin, dass die Erosion ein nicht kontinuierliches und somit beständig messbares Phänomen ist. Der entwickelte Indikator Erosion ist deshalb im Bereich der Response-Indikatoren anzusiedeln. Es soll der Anbau „erosionsfördernder“ Pflanzen auf erosionsgefährdeten Standorten beobachtet werden. Außerdem soll erfasst werden, ob die Landwirte ihren Anbau den veränderten klimatischen Bedingungen anpassen. Als Indikatorpflanze wurde der Mais gewählt, da er durch seine Entwicklung den Boden lange ohne Bedeckung lässt. Mais ist in den vergangenen Jahren durch die Nutzung als Futter- und Energiepflanze auch zu einer Anbaufrucht mit hohem Anteil am gesamten Ackerbau in Brandenburg geworden. Er weist somit einen repräsentativen Flächenanteil im Brandenburger Ackerbau auf.

Die Datensituation ist ebenfalls als gesichert zu bezeichnen. Es werden nur Daten zu den Anbauflächen benötigt, welche durch das Landesamt für ländliche Entwicklung, Landwirtschaft und Flurneuordnung (LELF) und den Landesbetrieb Geobasisdaten Brandenburg (LGB) auch zukünftig aufgenommen werden. Darüber hinaus wird die Karte der potentiellen natürlichen Erosionsgefährdung benötigt, welche dem Landesamt für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz (LUGV) vorliegt.

Direkte Schwellenwerte konnten im Gegensatz zum Indikator Bodenwasserhaushalt nicht vorgeschlagen werden. Es wurde nur auf die sich steigernde Gefahr durch Ausdehnung der Maisflächen auf erosionsgefährdeten Standorten verwiesen. So dass eine stetige Erhöhung über mehrere Jahre als Schwellenkriterium dient, um Gegenmaßnahmen einzuleiten.

Abschließend ist festzustellen, dass darauf geachtet worden ist, die Berechnungsmethoden der Indikatoren modular aufzubauen. Damit soll gewährleistet werden, dass bei Verbesserungen einzelner Methoden nicht die ganze Methodik des Indikators neu zu erstellen ist. Zukünftige Verbesserungen und Erweiterungen sind bei beiden Indikatoren möglich. Beim Bodenwasserhaushalt sind zukünftige Entwicklungen von Methoden der Evapotranspirationsberechnung zu berücksichtigen, wenn sie genauere Ergebnisse liefern als die vorgeschlagene. Bei der Erosion ist Verfeinerung der Bezugsebene anzustreben, wenn die Datenlage dafür gegeben ist. Für beide Indikatoren gilt, dass eine Erweiterung für andere Fruchtarten zukünftigen Anbauentwicklungen Rechnung tragen könnte.

Danksagung

An dieser Stelle möchten wir uns bei allen bedanken, die dieses Projekt im Laufe der verschiedenen Phasen unterstützt haben.

Ein besonderer Dank gebührt hierbei Herrn Dr. Ritschel und Herrn Linke vom LUGV, die in allen Phasen des Projektes zu Diskussionen bereit war und immer wieder hilfreiche Anmerkungen gegeben haben.

Weiterhin sei allen Gesprächspartnern gedankt, die sich für ein Experteninterview zur Verfügung gestellt und ihr Wissen eingebracht haben.

Darüber hinaus sei besonders Herrn Dipl.-Geogr. Robert Hommel und Herrn Sebastian Krug gedankt, die in den verschiedenen Phasen des Projektes mitgeholfen haben, es zu einem erfolgreichen Abschluss zu bringen. Frau Sybille Brozio und Frau Mirella Zeidler sei für die Hilfe bei der Erstellung von Karten und Skripten gedankt

Prof. Dr. Rüdiger Schultz-Sternberg, Robert Bartsch und Dr. Caroline Schleier

4. Literatur

Achtnich, W.(1980): Bewässerungslandbau – Agrotechnische Grundlagen der Bewässerungswirtschaft, Verlag Eugen Ulmer, 621 S., Stuttgart

AG Boden (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung KA5, HRSG Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe in Zusammenarbeit mit den Geologischen Diensten, 5.Aufl., 438 S., 41 Abb., 103 Tab., 31 Listen, Hannover

ahug AG, Matthews, J. (UBA) (2011): Anpassung an den Klimawandel, Themenblatt: Boden, HRSG: Umweltbundesamt, Quelle:
http://www.umweltdaten.de/klimaschutz/kompass_themenblatt_boden.pdf

BfN (Bundesamt Für Naturschutz) (2004): Daten zur Natur. Bonn: BfN.

Bloch, R., Bachinger, J. (2010): Anpassung an den Klimawandel im Praxistest – Innovationen für den Ökolandbau, Forschungsreport 2/2010

BMU (2011): Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) 2009, Quelle:
http://www.bmu.de/erneuerbare_energien/downloads/doc/40508.php

Bork, H.-R., Beckedahl, H.-R., Dahlke, C., Geldmacher, K., Mieth, A., Li, Y. (2003): Die erdweite Explosion der Bodenerosionsrate im 20. Jh. - Das globale Bodenerosionsdrama - geht unsere Ernährungsgrundlage verloren, Petermanns Geographische Mitteilungen, Nr. 147 H. 3 S.16-25

Brozio, S. (2011, unveröff.): Ableitung der KA5-Bodenarten aus der BÜK 300, unveröffentlichtes Material

Bühler, H., Schoger, H. (2008): Bodengefährdung durch Klimawandel - Möglichkeiten und Grenzen der Erosionsmodellierung, In: Marktredwitzer Bodenschutztag Tagungsband 5 „Boden und Klima im Wandel“, Marktredwitz

Bundesregierung (2008): Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel, Berlin

DIN 19708 (2005): DIN 19708:2005-2 Bodenbeschaffenheit - Ermittlung der Erosionsgefährdung von Böden durch Wasser mit Hilfe der ABAG, Beuth Verlag

DVWK (1996): Ermittlung der Verdunstung von Land- und Wasserflächen. Merkblätter zur Wasserwirtschaft 238.

Entrup, N. & J. Oehmichen (2006): Lehrbuch des Pflanzenbaus Band 1: Grundlagen, Th. Mann

- Eulenstein, F., Glemnitz, M. (2007):** Einfluss des Klimawandels auf den Bodenwasserhaushalt und Erträge landwirtschaftlicher Kulturen und Biozönosen, IN: 15.Landschaftstag 2007 – Auswirkungen des Klimawandels auf Natur und Landschaft, Magdeburg
- Frühauf, C. (2010):** Aspekte der Verdunstung unter besonderer Berücksichtigung des Klimawandels, In: DWD-Klimastatusbericht 2009, http://www.dwd.de/bvbw/generator/DWDWWW/Content/Oeffentlichkeit/KU/KU2/KU22/klimastatusbericht/einzelne__berichte/ksb2009__pdf/artikel3,templateId=raw,property=publicationFile.pdf/artikel3.pdf
- Gerstengarbe, F.-W., Badeck, F., Hattermann, F., Krysanova V., Lahmer, W., Lasch, P., Stock, M., Suckow, F., Wechsung, F., Werner, P.C. (2003):** Studie zur klimatischen Entwicklung im Land Brandenburg bis 2055 und deren Auswirkungen auf den Wasserhaushalt, die Forst und Landwirtschaft sowie Ableitung erster Perspektiven, PIK-Report Nr. 83, Potsdam
- Holsten, A., Vetter, T., Vohland, K, Krysanova, V.(2009):** Impact of climate change on soil moisture dynamics in Brandenburg with a focus on nature conservation areas, ECOLOGICAL MODELLING Volume: 220, 17:2076-2087
- IPCC (2007):** Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger. In: Klimaänderung 2007: Auswirkungen, Anpassung, Verwundbarkeiten. Beitrag der Arbeitsgruppe II zum Vierten Sachstandsbericht des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderung (IPCC), M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, C.E. Hanson and P.J. van der Linden, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, UK..
- Kompass (2011):**
http://www.anpassung.net/nn_700808/DE/Anpassungsstrategie/naechsteSchritte/Indikatorensystem/indikatorensystem_node.html? nnn=true (zuletzt besucht am 18.10.2011)
- Lahmer, W., Pfützner, B. (2003):** Orts- und Zeitdiskrete Ermittlung der Sickerwassermenge im Land Brandenburg auf der Basis flächendeckender Wasserhaushaltsberechnungen, PIK-Report Nr. 85, Potsdam
- LfULG (HRSG.) (2009):** Klimawandel und Landwirtschaft - Fachliche Grundlage für die Strategie zur Anpassung der sächsischen Landwirtschaft an den Klimawandel, Dresden

- Linke, C., Grimmert, S., Hartmann, I., Reinhardt, K. (2011):** Auswertung regionaler Klimamodelle für das Land Brandenburg - Darstellung klimatologischer Parameter mit Hilfe vier regionaler Klimamodelle (CLM, REMO10, WettReg, STAR2) für das 21. Jahrhundert, In: Fachbeiträge des Landesamtes für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz, Heft 113
- Lorenz, M., Schwärzel, K., Wessolek, G. (2008):** Auswirkungen von Klima- und Grundwasserstandsänderungen auf Bodenwasserhaushalt, Biomasseproduktion und Degradierung von Niedermooren, IN: Wechsung, F., Becker, A., Gräfe, P.: Auswirkungen des globalen Wandels auf Wasser, Umwelt und Gesellschaft im Elbegebiet, Band 6, Weißensee Verlag, Berlin
- Lotze-Campen, H., Claussen, L., Dosch, A., Noleppa, S., Rock, J., Schuler, J., Uckert, G. (2009):** Klimawandel und Kulturlandschaft Berlin, PIK-Report Nr.113, Potsdam
- Meyer, W. (2004):** Indikatorenentwicklung - Eine praxisorientierte Einführung (2. Auflage) Saarbrücken: Centrum für Evaluation, (CEval-Arbeitspapiere; 10)
- MIL (2011):** Informationsbroschüre über die einzuhaltenden anderweitigen Verpflichtungen – Cross Compliance, Ausgabe 2011, Potsdam
- MUGV [Hrsg.] (2010):** Biomassestrategie des Landes Brandenburg, Potsdam
- Scheffer/Schachtschabel (1992):** Lehrbuch der Bodenkunde. 13. Auflage, Enke
- Schindler, U., Steidl, J., Müller, L., Eulenstein, F., Thiere, J. (2007):** Drought risk to agricultural land in Northeast and Central Germany, Journal of Plant Nutrition and Soil Science, 170:1-6
- Schönthaler, K., Andrian-Werburg, S., Wulfert, K., Luthardt, V., Kreinsen, B., Schultz-Sternberg, R., Hommel, R. (2010):** Establishment of an Indicator Concept for the German Strategy on Adaptation to Climate Change, Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau
- Schramek, J., Immel, M., Peukert, M.J., Thielmann, G. (2002):** Weiterentwicklung von nationalen Indikatoren für den Bodenschutz - Konkretisierung der international vorgeschlagenen Indikator-Konzepte mit national verfügbaren Parametern, Forschungsbericht 200 71 243, Umweltbundesamt

- Schultz-Sternberg, R., Bartsch, R. (2011):** Brandenburg spezifische Boden-Indikatoren für ein Klimamonitoring im Rahmen der Deutschen Anpassungsstrategie (DAS) sowie Zusammenstellung von aussagefähigen Wirkungs- und Alarmschwellen Phase II Teil 1 (2010) In: Fachbeiträge des Landesamtes für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz, Heft 116
http://www.mugv.brandenburg.de/cms/media.php/lbm1.a.2334.de/t6_bioind2.pdf
- Schultz-Sternberg, R., Bartsch, R., Hommel, R. (2010):** Brandenburg spezifische Boden-Indikatoren für ein Klimamonitoring und Grundlagen zur Ableitung von Wirkungs- und Alarmschwellen In: Fachbeiträge des Landesumweltamtes Brandenburg, Heft 114
http://www.mugv.brandenburg.de/cms/media.php/lbm1.a.2334.de/publi_fb114.pdf
- Soja, G., Soja, A.-M. (2005):** Analyse der Auswirkung der Trockenheit 2003 in der Landwirtschaft Österreichs – Vergleich verschiedener Methoden. Austrian Research Centres
- UBA (2007):** Neue Ergebnisse zu regionalen Klimaänderungen - Das statistische Regionalisierungsmodell WETTREG (Hintergrundpapier), Dessau-Roßlau
- UBA (2006):** Anpassung an Klimaänderungen in Deutschland - Regionale Szenarien und nationale Aufgaben – Umweltbundesamt
- Wechsung, F., Gerstengarbe, F.-W., Lasch, P., Lüttger, A. (2008):** Die Ertragsfähigkeit ostdeutscher Ackerflächen unter Klimawandel, PIK-Report Nr.112, Potsdam
- Wessolek, G., Kaupenjohann, M., Dominik, P., Ilg, K., Schmitt, A., Zeitz, J., Gahre, F., Schulz, E., Ellerbrock, R., Utermann, J., Düwel, O., Siebner, C. (2008):** Ermittlung von Optimalgehalten an organischer Substanz landwirtschaftlich genutzter Böden nach § 17 (2) UBA Bericht Nr. 7 BBodSchG, UFO-Planprojekt 202 71 264, 162pp
- Wessolek, G; Asseng, S. (2006):** Trade-off between wheat yield and drainage under current and climate change conditions in northeast Germany. EUROPEAN JOURNAL OF AGRONOMY 24 (4):333-342
- Wiggering, H., Eulenstein, F., Mirschel, W., Willms, M., Dalchow, C., Augustin, J. (2008):** The environmental effects of global changes on Northeast Central Europe in the case of nonmodified agricultural management. - Landscape Online
- Willms, M., Eulenstein, F., Müller, L., Schindler, U., Mirschel, W., Fischer, A. (2006):** ZALF-Gutachten zum Wasserhaushalt. Anhang zu Daten zum integrierten Klimaschutzmanagement im Land Brandenburg. Fachbeiträge des Landesumweltamtes Heft Nr. 104

Wurbs, D, Steininger, M. (2011): Wirkungen der Klimaänderungen auf die Böden –
Untersuchungen zu Auswirkungen des Klimawandels auf die Bodenerosion durch Wasser,
Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau

ZALF (2009): Karte des potentiellen Bodenabtrages in Brandenburg berechnet nach ABAG,
Bearbeiter: Deumlich, D., Müncheberg

Zebisch, M., Grothmann, T., Schröter, D., Hasse, C., Fritsch, U., Cramer, W. (2005):
Klimawandel in Deutschland - Vulnerabilität und Anpassungsstrategien klimasensitiver
Systeme, Forschungsbericht 201 41 253, Umweltbundesamt

Anhang

1. Leitfaden für die Expertengespräche	2
2. Tabellen des Bodenwasservorrates für verschiedene Standorte	3
3. Merkmalstabelle der Feldblöcke (GIS)	15
4. Arbeitsschrittbeschreibungen für den Indikator Bodenwasserhaushalt	17
5. Arbeitsschrittbeschreibungen für den Indikator Bodenerosion durch Wasser	18
6. Kartendarstellungen der Zeitreihenuntersuchung Bodenerosion (2005-2010)	26

1. Leitfaden für die Expertengespräche

Zusätzlich gab es in jedem Projektteil spezifische Fragen zur Problemstellung des Projektabschnittes. Die Leitfäden sind den Anhängen der Berichte zu entnehmen.

Leitfaden für die Expertengespräche

Themenkomplex: Vulnerabilität der Brandenburger Böden

1. Wie hoch schätzen Sie die Vulnerabilität des Landes Brandenburg hinsichtlich des prognostizierten Klimawandels im Handlungsfeld Boden ein?
2. In welchen Zeiträumen erwarten Sie klimabedingte Veränderungen von Bodenfunktionen?
3. Wie stark schätzen Sie die Betroffenheit der folgenden Indikationsfelder des Bodens hinsichtlich der prognostizierten Klimaänderungen ein?
 - Änderungen im Bodenwasserhaushalt
 - Änderungen der Bodentemperatur/-energiehaushalt
 - Änderungen im Bodenstoffhaushalt
 - Änderungen der Boden-/Humusstrukturen
 - Änderungen der Zusammensetzung der Bodenorganismen
4. Wie hoch bemessen Sie die künftigen Gefährdungen/ Schäden durch Klimaveränderungen in folgenden Bereichen?
 - Schadstoffmobilisierung
 - Bodenversauerung
 - Bodenverdichtung
 - Erosion
 - Rückgang der organischen Substanz
 - Rückgang der biologischen Vielfalt im Boden
 - Versalzung
 - Überschwemmungen
 - Erdbeben

Skala :1 keine/ 2 vernachlässigbar/ 3 deutlich messbar / 4 erheblich/ 5 dramatisch
Verwendung der Skala bei den Fragen 1, 3 und 4

2.Tabellen des Bodenwasservorrates für verschiedene Standorte

Tabelle A-1 Anzahl der Tage mit Bodenwasservorrat < 30 % nFK (a) und Bodenwasservorrat = 0 % nFK (b), Doberlug-Kirchhain

Doberlug-Kirchhain	Grobsand	Mittelsand	Feinsand	Bodenart							lehmiger und schluffiger Ton	Doberlug-Kirchhain	Grobsand	Mittelsand	Feinsand	Bodenart							lehmiger und schluffiger Ton
				lehmiger Sand	schluffiger Sand	lehmiger Schluff	sandiger Lehm	schluffiger Lehm	toniger Lehm	lehmiger Sand						schluffiger Sand	lehmiger Schluff	sandiger Lehm	schluffiger Lehm	toniger Lehm			
1980	47	44	44	39	33	9	28	17	25	33	1980	18	12	5	0	0	0	0	0	0	0	0	
1981	49	35	28	23	19	2	17	7	14	19	1981	9	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1982	55	41	36	34	31	15	29	24	29	31	1982	16	9	7	0	0	0	0	0	0	0	0	
1983	64	52	46	39	32	22	30	25	29	32	1983	23	18	15	10	6	0	3	0	0	0	6	
1984	54	43	33	24	16	0	11	3	8	16	1984	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1985	40	29	23	16	12	0	6	0	3	12	1985	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1986	46	36	28	21	16	7	15	9	12	16	1986	20	11	5	0	0	0	0	0	0	0	0	
1987	41	28	21	11	5	0	2	0	2	5	1987	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1988	57	59	51	47	41	18	38	26	35	41	1988	25	11	5	0	0	0	0	0	0	0	0	
1989	56	48	45	41	37	19	34	26	33	37	1989	24	19	12	4	1	0	0	0	0	0	1	
1990	48	45	44	43	36	13	31	22	29	36	1990	21	16	9	0	0	0	0	0	0	0	0	
1991	40	27	24	14	8	0	4	0	1	8	1991	9	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1992	68	60	51	46	43	34	42	38	41	43	1992	35	30	27	20	16	0	12	4	10	16	16	
1993	51	47	46	38	32	14	28	20	26	32	1993	27	15	6	0	0	0	0	0	0	0	0	
1994	52	44	34	26	19	10	18	13	17	19	1994	21	10	6	1	0	0	0	0	0	0	0	
1995	29	18	12	6	3	0	2	0	2	3	1995	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1996	46	38	30	25	21	10	20	15	18	21	1996	16	10	5	0	0	0	0	0	0	0	0	
1997	56	52	47	38	30	22	28	24	27	30	1997	14	8	5	1	0	0	0	0	0	0	0	
1998	60	61	54	50	47	25	45	32	41	47	1998	19	11	6	0	0	0	0	0	0	0	0	
1999	51	47	39	31	28	11	26	18	24	28	1999	14	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
2000	57	57	57	52	45	23	40	30	37	45	2000	28	17	5	0	0	0	0	0	0	0	0	
2001	45	48	43	32	25	9	22	15	20	25	2001	13	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2002	46	38	32	21	13	5	10	7	9	13	2002	15	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2003	72	66	60	54	48	33	43	37	40	48	2003	28	20	13	6	4	0	2	0	1	4	4	
2004	53	43	29	17	13	0	9	4	8	13	2004	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2005	62	56	44	34	33	22	32	28	31	33	2005	26	12	10	4	0	0	0	0	0	0	0	
2006	63	55	55	47	38	19	34	22	31	38	2006	24	16	7	4	2	0	0	0	0	0	2	
2007	51	46	44	37	29	14	26	16	23	29	2007	24	11	2	0	0	0	0	0	0	0	0	
2008	58	55	51	43	38	29	35	32	34	38	2008	23	16	10	6	1	0	0	0	0	0	1	
2009	64	57	50	41	32	10	28	17	24	32	2009	18	8	2	0	0	0	0	0	0	0	0	
2010	46	35	27	24	23	14	22	18	21	23	2010	23	17	14	7	3	0	1	0	0	0	3	

(a)

(b)

Tabelle A-2 Anzahl der Tage mit Bodenwasservorrat < 30 % nFK (a) und Bodenwasservorrat = 0 % nFK (b), Cottbus

Cottbus	Grobsand	Mittelsand	Feinsand	lehmgiger Sand	schluffiger Sand	lehmgiger Schluff	sandiger Lehm	schluffiger Lehm	toniger Lehm	lehmgiger und schluffiger Ton
1980	47	42	42	40	32	9	28	18	24	32
1981	55	46	41	34	28	13	24	19	23	28
1982	43	31	31	32	30	9	26	16	23	30
1983	47	36	34	29	25	9	21	14	19	25
1984	46	33	25	15	8	0	6	2	4	8
1985	45	38	37	36	30	10	25	18	24	30
1986	41	29	19	10	9	2	8	4	6	9
1987	46	41	35	26	19	4	15	9	12	19
1988	65	64	57	52	45	25	42	33	41	45
1989	57	50	47	43	40	22	37	29	35	40
1990	54	49	49	45	37	13	32	23	29	37
1991	40	27	24	14	8	0	4	0	1	8
1992	67	56	49	44	42	31	40	35	38	42
1993	47	41	37	28	21	2	16	8	13	21
1994	53	41	32	24	18	8	14	10	13	18
1995	28	17	4	0	0	0	0	0	0	0
1996	48	40	30	24	23	15	21	18	20	23
1997	43	40	35	28	25	10	24	18	22	25
1998	60	59	54	51	48	28	45	35	43	48
1999	51	49	47	35	31	12	28	21	26	31
2000	59	59	60	55	48	27	43	34	39	48
2001	55	55	52	43	35	17	32	24	29	35
2002	49	43	38	28	23	10	20	14	17	23
2003	71	66	60	54	50	35	46	39	44	50
2004	63	57	48	37	30	15	27	21	26	30
2005	51	46	36	24	22	11	20	16	19	22
2006	72	66	58	54	50	28	47	38	44	50
2007	51	44	41	24	16	4	11	6	10	16
2008	64	60	55	50	46	32	42	36	41	46
2009	62	53	46	39	32	10	28	17	24	32
2010	56	51	40	29	26	19	25	22	24	26

(a)

Cottbus	Grobsand	Mittelsand	Feinsand	lehmgiger Sand	schluffiger Sand	lehmgiger Schluff	sandiger Lehm	schluffiger Lehm	toniger Lehm	lehmgiger und schluffiger Ton
1980	19	14	7	0	0	0	0	0	0	0
1981	15	5	1	0	0	0	0	0	0	0
1982	13	9	6	0	0	0	0	0	0	0
1983	19	12	8	1	0	0	0	0	0	0
1984	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1985	17	11	7	0	0	0	0	0	0	0
1986	16	9	3	0	0	0	0	0	0	0
1987	8	2	0	0	0	0	0	0	0	0
1988	28	14	9	0	0	0	0	0	0	0
1989	29	23	17	8	4	0	2	0	1	4
1990	18	12	5	0	0	0	0	0	0	0
1991	9	4	0	0	0	0	0	0	0	0
1992	38	34	30	23	19	1	15	7	13	19
1993	23	12	5	0	0	0	0	0	0	0
1994	14	6	4	0	0	0	0	0	0	0
1995	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1996	14	9	6	1	0	0	0	0	0	0
1997	10	3	0	0	0	0	0	0	0	0
1998	23	15	9	2	0	0	0	0	0	0
1999	15	4	0	0	0	0	0	0	0	0
2000	31	17	8	0	0	0	0	0	0	0
2001	19	12	3	0	0	0	0	0	0	0
2002	13	9	5	0	0	0	0	0	0	0
2003	28	21	14	7	3	0	1	0	0	3
2004	9	1	0	0	0	0	0	0	0	0
2005	21	6	1	0	0	0	0	0	0	0
2006	25	20	15	8	3	0	1	0	0	3
2007	25	10	0	0	0	0	0	0	0	0
2008	35	27	21	12	7	0	4	0	1	7
2009	18	9	4	0	0	0	0	0	0	0
2010	27	21	17	13	7	0	5	0	3	7

(b)

Tabelle A-3 Anzahl der Tage mit Bodenwasservorrat < 30 % nFK (a) und Bodenwasservorrat = 0 % nFK (b), Zehdenick

Zehdenick	Grobsand	Mittelsand	Feinsand	lehmgiger Sand	schluffiger Sand	lehmgiger Schluff	sandiger Lehm	schluffiger Lehm	toniger Lehm	lehmgiger und schluffiger Ton
1980	36	28	22	9	3	0	1	0	0	3
1981	63	53	43	42	34	10	30	19	28	34
1982	48	39	39	33	28	15	25	22	24	28
1983	31	26	23	18	13	3	11	7	10	13
1984	37	28	17	10	3	0	0	0	0	3
1985	37	36	39	31	23	0	19	8	17	23
1986	35	26	19	10	6	0	4	2	4	6
1987	40	32	27	19	12	0	8	1	5	12
1988	70	63	59	55	50	31	48	40	46	50
1989	71	61	55	48	45	31	43	38	41	45
1990	46	37	29	20	14	0	12	4	10	14
1991	37	25	22	16	10	0	6	0	3	10
1992	58	51	45	42	39	29	37	32	36	39
1993	50	42	42	38	33	11	30	20	26	33
1994	60	55	50	41	34	19	30	24	28	34
1995	46	39	30	18	12	0	8	2	7	12
1996	56	50	39	30	25	18	24	21	23	25
1997	46	33	31	24	21	1	18	9	16	21
1998	60	54	51	48	41	19	37	26	34	41
1999	51	46	42	38	32	11	28	18	24	32
2000	67	62	57	53	49	30	47	39	46	49
2001	42	34	32	20	13	1	10	4	7	13
2002	44	45	38	26	21	5	16	9	14	21
2003	70	67	60	51	45	33	41	36	39	45
2004	71	64	57	46	41	21	37	28	33	41
2005	67	61	49	38	33	16	30	22	29	33
2006	55	54	48	37	28	15	24	20	23	28
2007	51	43	36	24	17	4	13	7	11	17
2008	58	56	53	45	41	30	38	33	37	41
2009	70	73	66	53	45	23	40	30	37	45
2010	49	30	21	18	16	6	14	9	13	16

(a)

Zehdenick	Grobsand	Mittelsand	Feinsand	lehmgiger Sand	schluffiger Sand	lehmgiger Schluff	sandiger Lehm	schluffiger Lehm	toniger Lehm	lehmgiger und schluffiger Ton
1980	11	3	0	0	0	0	0	0	0	0
1981	19	11	6	0	0	0	0	0	0	0
1982	13	10	6	0	0	0	0	0	0	0
1983	16	11	5	0	0	0	0	0	0	0
1984	7	1	0	0	0	0	0	0	0	0
1985	11	7	2	0	0	0	0	0	0	0
1986	16	9	3	0	0	0	0	0	0	0
1987	9	3	0	0	0	0	0	0	0	0
1988	38	27	16	4	0	0	0	0	0	0
1989	33	26	20	12	6	0	2	0	0	6
1990	11	3	0	0	0	0	0	0	0	0
1991	6	2	0	0	0	0	0	0	0	0
1992	35	31	27	20	14	0	12	4	9	14
1993	27	16	8	0	0	0	0	0	0	0
1994	27	17	9	2	0	0	0	0	0	0
1995	10	1	0	0	0	0	0	0	0	0
1996	22	13	10	2	0	0	0	0	0	0
1997	6	2	0	0	0	0	0	0	0	0
1998	16	10	4	0	0	0	0	0	0	0
1999	11	7	2	0	0	0	0	0	0	0
2000	26	20	15	6	3	0	0	0	0	3
2001	10	3	0	0	0	0	0	0	0	0
2002	12	1	0	0	0	0	0	0	0	0
2003	31	20	15	9	8	0	4	0	2	8
2004	13	6	2	0	0	0	0	0	0	0
2005	15	8	6	2	0	0	0	0	0	0
2006	16	8	4	0	0	0	0	0	0	0
2007	20	6	0	0	0	0	0	0	0	0
2008	31	21	15	9	4	0	1	0	0	4
2009	18	3	0	0	0	0	0	0	0	0
2010	19	14	9	2	0	0	0	0	0	0

(b)

Tabelle A-4 Anzahl der Tage mit Bodenwasservorrat < 30 % nFK (a) und Bodenwasservorrat = 0 % nFK (b), Berlin Schönefeld

Berlin-Schönefeld	Grobsand	Mittelsand	Feinsand	lehmgiger Sand	schluffiger Sand	lehmgiger Schluff	sandiger Lehm	schluffiger Lehm	toniger Lehm	lehmgiger und schluffiger Ton
1980	46	40	40	29	20	0	15	7	13	20
1981	66	60	53	46	40	25	34	30	32	40
1982	61	53	44	39	32	26	30	28	29	32
1983	41	32	29	24	20	10	19	14	18	20
1984	44	40	29	20	14	0	8	1	5	14
1985	44	41	41	38	33	12	28	19	25	33
1986	42	31	22	14	8	2	7	5	7	8
1987	43	35	26	17	11	0	6	1	5	11
1988	67	64	57	55	52	31	48	38	46	52
1989	64	56	51	45	42	29	40	36	39	42
1990	54	42	35	26	20	4	17	12	16	20
1991	41	33	34	24	17	0	13	5	11	17
1992	61	54	47	43	40	30	38	33	37	40
1993	39	32	26	15	10	0	6	1	5	10
1994	51	40	26	15	10	3	8	6	7	10
1995	31	22	11	5	2	0	1	0	0	2
1996	49	39	28	22	21	6	19	14	18	21
1997	48	43	40	34	25	9	21	14	20	25
1998	44	38	37	29	22	0	16	6	13	22
1999	50	46	40	30	26	7	22	13	20	26
2000	72	68	62	57	53	38	51	46	49	53
2001	48	47	44	33	25	6	22	12	20	25
2002	40	37	31	20	17	8	14	11	13	17
2003	71	67	60	55	49	32	44	37	40	49
2004	68	64	57	45	39	17	35	26	31	39
2005	55	49	40	33	27	13	25	17	24	27
2006	53	48	45	37	28	17	24	19	22	28
2007	39	32	24	14	7	0	4	2	3	7
2008	66	59	55	50	44	32	41	36	40	44
2009	51	41	33	21	12	0	7	1	6	12
2010	58	45	33	27	25	17	24	21	23	25

(a)

Berlin-Schönefeld	Grobsand	Mittelsand	Feinsand	lehmgiger Sand	schluffiger Sand	lehmgiger Schluff	sandiger Lehm	schluffiger Lehm	toniger Lehm	lehmgiger und schluffiger Ton
1980	15	7	0	0	0	0	0	0	0	0
1981	18	9	3	0	0	0	0	0	0	0
1982	13	7	5	0	0	0	0	0	0	0
1983	17	14	9	4	0	0	0	0	0	0
1984	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1985	16	11	6	0	0	0	0	0	0	0
1986	16	8	3	0	0	0	0	0	0	0
1987	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1988	40	24	14	4	0	0	0	0	0	0
1989	32	24	19	11	4	0	1	0	0	4
1990	14	9	1	0	0	0	0	0	0	0
1991	11	6	1	0	0	0	0	0	0	0
1992	36	32	27	19	15	0	12	4	9	15
1993	17	7	1	0	0	0	0	0	0	0
1994	14	3	0	0	0	0	0	0	0	0
1995	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1996	16	11	7	0	0	0	0	0	0	0
1997	11	4	1	0	0	0	0	0	0	0
1998	13	7	2	0	0	0	0	0	0	0
1999	15	3	0	0	0	0	0	0	0	0
2000	35	28	21	13	7	0	5	0	3	7
2001	11	4	0	0	0	0	0	0	0	0
2002	12	4	0	0	0	0	0	0	0	0
2003	25	14	11	3	0	0	0	0	0	0
2004	13	4	1	0	0	0	0	0	0	0
2005	21	12	8	3	0	0	0	0	0	0
2006	28	19	11	7	4	0	2	0	0	4
2007	21	6	0	0	0	0	0	0	0	0
2008	42	34	27	17	13	0	9	1	7	13
2009	10	2	0	0	0	0	0	0	0	0
2010	25	19	16	10	6	0	2	0	0	6

(b)

Tabelle A-5 Anzahl der Tage mit Bodenwasservorrat < 30 % nFK (a) und Bodenwasservorrat = 0 % nFK (b), Potsdam Säkularstation

Potsdam Säkularstation	Grobsand	Mittelsand	Feinsand	lehmgiger Sand	schluffiger Sand	lehmgiger Schluff	sandiger Lehm	schluffiger Lehm	toniger Lehm	lehmgiger und schluffiger Ton
1980	41	30	26	20	13	0	9	4	7	13
1981	59	50	47	39	33	10	28	18	24	33
1982	57	51	42	40	34	22	29	24	27	34
1983	37	30	25	21	18	7	15	10	13	18
1984	46	40	27	21	15	0	8	1	6	15
1985	47	41	40	38	31	8	26	15	24	31
1986	35	23	15	8	6	0	4	0	3	6
1987	33	23	12	5	1	0	1	0	0	1
1988	68	62	56	49	45	25	42	34	40	45
1989	53	52	48	44	40	21	37	27	34	40
1990	38	31	25	18	15	0	13	4	11	15
1991	41	33	36	25	19	0	14	4	11	19
1992	61	54	47	44	40	30	39	34	37	40
1993	44	32	28	16	11	0	8	2	6	11
1994	51	43	35	24	16	4	12	7	10	16
1995	39	29	18	11	9	0	5	1	3	9
1996	50	43	31	24	23	15	22	19	21	23
1997	56	50	45	35	28	20	26	23	25	28
1998	59	54	52	47	43	22	39	28	36	43
1999	51	50	41	37	33	11	28	18	26	33
2000	58	53	53	44	36	21	32	24	30	36
2001	48	46	46	34	26	5	22	11	18	26
2002	32	25	19	15	12	1	10	7	9	12
2003	71	69	60	50	42	29	38	33	36	42
2004	49	39	33	24	18	0	14	4	11	18
2005	54	46	34	27	22	12	19	15	17	22
2006	40	42	35	23	18	10	16	14	15	18
2007	39	28	20	12	5	0	3	0	2	5
2008	63	58	54	49	44	32	41	35	39	44
2009	53	47	35	23	14	0	10	3	7	14
2010	56	43	32	25	23	14	22	19	21	23

(a)

Potsdam Säkularstation	Grobsand	Mittelsand	Feinsand	lehmgiger Sand	schluffiger Sand	lehmgiger Schluff	sandiger Lehm	schluffiger Lehm	toniger Lehm	lehmgiger und schluffiger Ton
1980	15	7	2	0	0	0	0	0	0	0
1981	9	2	0	0	0	0	0	0	0	0
1982	16	10	6	1	0	0	0	0	0	0
1983	16	11	7	0	0	0	0	0	0	0
1984	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1985	15	11	5	0	0	0	0	0	0	0
1986	15	9	4	0	0	0	0	0	0	0
1987	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1988	30	18	10	2	0	0	0	0	0	0
1989	29	20	14	6	1	0	0	0	0	1
1990	13	5	1	0	0	0	0	0	0	0
1991	11	6	0	0	0	0	0	0	0	0
1992	36	32	28	19	16	0	12	4	10	16
1993	19	7	1	0	0	0	0	0	0	0
1994	18	5	0	0	0	0	0	0	0	0
1995	10	1	0	0	0	0	0	0	0	0
1996	18	14	9	2	0	0	0	0	0	0
1997	15	8	5	0	0	0	0	0	0	0
1998	15	11	4	0	0	0	0	0	0	0
1999	13	4	1	0	0	0	0	0	0	0
2000	23	14	6	3	0	0	0	0	0	0
2001	11	3	0	0	0	0	0	0	0	0
2002	11	6	2	0	0	0	0	0	0	0
2003	24	12	7	4	0	0	0	0	0	0
2004	7	2	0	0	0	0	0	0	0	0
2005	14	7	4	1	0	0	0	0	0	0
2006	18	6	1	0	0	0	0	0	0	0
2007	21	6	0	0	0	0	0	0	0	0
2008	33	26	19	10	4	0	1	0	0	4
2009	12	2	0	0	0	0	0	0	0	0
2010	23	17	13	7	2	0	0	0	0	2

(b)

Tabelle A-6 Anzahl der Tage mit Bodenwasservorrat < 30 % nFK (a) und Bodenwasservorrat = 0 % nFK (b), Potsdam

Potsdam	Grobsand	Mittelsand	Feinsand	lehmgiger Sand	schluffiger Sand	lehmgiger Schluff	sandiger Lehm	schluffiger Lehm	toniger Lehm	lehmgiger und schluffiger Ton
1980	42	30	26	20	13	1	9	4	7	13
1981	58	49	47	39	32	11	28	18	25	32
1982	56	52	43	41	34	22	30	25	27	34
1983	37	30	26	22	19	7	15	11	14	19
1984	48	43	30	24	17	0	12	3	9	17
1985	48	42	39	38	31	9	27	16	24	31
1986	34	22	15	8	6	0	4	0	3	6
1987	35	24	12	6	2	0	1	0	1	2
1988	68	61	57	49	45	26	42	34	40	45
1989	55	53	50	44	41	22	38	28	35	41
1990	40	32	25	18	15	0	13	3	11	15
1991	39	33	36	24	18	0	14	4	10	18
1992	62	54	48	44	41	30	39	34	38	41
1993	43	31	26	17	12	0	8	3	6	12
1994	51	40	33	21	15	4	10	5	8	15
1995	38	30	19	10	8	0	4	1	2	8
1996	51	43	30	24	23	15	23	19	21	23
1997	58	50	45	35	28	20	26	23	25	28
1998	62	55	52	48	44	24	42	32	39	44
1999	51	50	43	38	35	13	31	20	28	35
2000	59	55	54	45	39	22	35	26	32	39
2001	50	52	50	42	34	11	29	19	26	34
2002	32	27	21	16	13	5	11	8	10	13
2003	69	67	60	51	43	28	38	33	36	43
2004	49	41	33	24	18	0	14	4	11	18
2005	55	49	36	29	25	13	22	16	20	25
2006	40	42	38	27	21	11	18	14	16	21
2007	41	31	21	13	8	0	4	0	3	8
2008	63	58	55	50	45	32	42	37	40	45
2009	57	48	38	26	17	1	13	5	10	17
2010	56	45	32	25	23	15	22	19	21	23

(a)

Potsdam	Grobsand	Mittelsand	Feinsand	lehmgiger Sand	schluffiger Sand	lehmgiger Schluff	sandiger Lehm	schluffiger Lehm	toniger Lehm	lehmgiger und schluffiger Ton
1980	16	7	2	0	0	0	0	0	0	0
1981	9	3	0	0	0	0	0	0	0	0
1982	16	10	7	1	0	0	0	0	0	0
1983	16	12	6	0	0	0	0	0	0	0
1984	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1985	16	11	5	0	0	0	0	0	0	0
1986	15	9	3	0	0	0	0	0	0	0
1987	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1988	31	19	10	2	0	0	0	0	0	0
1989	29	21	15	6	1	0	0	0	0	1
1990	13	5	0	0	0	0	0	0	0	0
1991	11	6	0	0	0	0	0	0	0	0
1992	36	32	27	19	16	0	13	5	11	16
1993	19	8	2	0	0	0	0	0	0	0
1994	15	6	0	0	0	0	0	0	0	0
1995	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1996	18	14	10	2	0	0	0	0	0	0
1997	16	8	4	0	0	0	0	0	0	0
1998	16	12	5	0	0	0	0	0	0	0
1999	18	6	2	0	0	0	0	0	0	0
2000	24	15	9	3	0	0	0	0	0	0
2001	13	4	0	0	0	0	0	0	0	0
2002	11	5	2	0	0	0	0	0	0	0
2003	24	13	6	1	0	0	0	0	0	0
2004	7	2	0	0	0	0	0	0	0	0
2005	17	8	6	1	0	0	0	0	0	0
2006	21	9	3	0	0	0	0	0	0	0
2007	20	5	0	0	0	0	0	0	0	0
2008	35	28	21	12	6	0	3	0	1	6
2009	13	2	0	0	0	0	0	0	0	0
2010	23	16	13	6	2	0	0	0	0	2

(b)

Tabelle A-7 Anzahl der Tage mit Bodenwasservorrat < 30 % nFK (a) und Bodenwasservorrat = 0 % nFK (b), Neuruppin

Neuruppin	Grobsand	Mittelsand	Feinsand	lehmgiger Sand	schluffiger Sand	lehmgiger Schluff	sandiger Lehm	schluffiger Lehm	toniger Lehm	lehmgiger und schluffiger Ton
1980	36	32	28	17	9	0	5	0	3	9
1981	59	47	37	28	19	0	15	5	11	19
1982	59	51	46	38	34	26	31	29	30	34
1983	33	30	27	21	18	7	15	11	14	18
1984	39	24	10	2	0	0	0	0	0	0
1985	34	30	29	21	14	0	9	0	7	14
1986	32	21	13	8	6	0	5	2	4	6
1987	49	41	37	29	20	1	16	5	13	20
1988	67	65	58	53	50	28	46	38	43	50
1989	67	60	55	46	43	28	41	36	40	43
1990	52	38	37	30	20	4	17	9	16	20
1991	51	41	40	34	28	4	24	13	21	28
1992	50	46	44	39	35	17	32	23	29	35
1993	43	40	36	24	16	1	13	5	10	16
1994	61	59	51	39	32	14	29	19	27	32
1995	47	43	37	22	16	0	13	3	10	16
1996	55	50	37	26	25	17	24	21	23	25
1997	52	38	32	27	25	11	23	18	21	25
1998	56	52	50	45	38	21	34	28	33	38
1999	41	40	32	23	19	4	16	8	13	19
2000	61	59	56	52	48	31	46	39	45	48
2001	54	51	50	42	37	11	32	20	29	37
2002	48	46	39	30	27	9	25	16	22	27
2003	72	69	61	48	42	30	38	33	36	42
2004	55	47	44	36	27	6	23	14	21	27
2005	54	41	28	21	18	9	16	12	15	18
2006	47	48	43	31	22	12	21	16	20	22
2007	38	31	21	8	2	0	0	0	0	2
2008	55	56	50	42	37	27	34	31	33	37
2009	71	74	66	54	44	23	39	30	36	44
2010	52	36	24	15	13	4	11	7	10	13

(a)

Neuruppin	Grobsand	Mittelsand	Feinsand	lehmgiger Sand	schluffiger Sand	lehmgiger Schluff	sandiger Lehm	schluffiger Lehm	toniger Lehm	lehmgiger und schluffiger Ton
1980	14	4	0	0	0	0	0	0	0	0
1981	9	2	0	0	0	0	0	0	0	0
1982	21	15	11	6	0	0	0	0	0	0
1983	17	12	8	1	0	0	0	0	0	0
1984	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1985	11	5	1	0	0	0	0	0	0	0
1986	17	9	3	0	0	0	0	0	0	0
1987	7	4	0	0	0	0	0	0	0	0
1988	38	24	13	3	0	0	0	0	0	0
1989	30	22	16	9	4	0	0	0	0	4
1990	18	12	5	0	0	0	0	0	0	0
1991	12	7	2	0	0	0	0	0	0	0
1992	31	22	16	8	3	0	0	0	0	3
1993	14	4	0	0	0	0	0	0	0	0
1994	22	10	5	0	0	0	0	0	0	0
1995	14	2	0	0	0	0	0	0	0	0
1996	23	16	11	4	0	0	0	0	0	0
1997	12	9	5	0	0	0	0	0	0	0
1998	18	12	6	0	0	0	0	0	0	0
1999	14	3	0	0	0	0	0	0	0	0
2000	26	17	12	5	1	0	0	0	0	1
2001	16	9	2	0	0	0	0	0	0	0
2002	11	5	1	0	0	0	0	0	0	0
2003	29	18	14	11	5	0	2	0	0	5
2004	8	4	0	0	0	0	0	0	0	0
2005	13	7	4	0	0	0	0	0	0	0
2006	18	8	1	0	0	0	0	0	0	0
2007	18	4	0	0	0	0	0	0	0	0
2008	27	19	14	7	1	0	0	0	0	1
2009	20	4	0	0	0	0	0	0	0	0
2010	16	10	6	0	0	0	0	0	0	0

(b)

Tabelle A-8 Anzahl der Tage mit Bodenwasservorrat < 30 % nFK (a) und Bodenwasservorrat = 0 % nFK (b), Menz

Menz	Grobsand	Mittelsand	Feinsand	lehmgiger Sand	schluffiger Sand	lehmgiger Schluff	sandiger Lehm	schluffiger Lehm	toniger Lehm	lehmgiger und schluffiger Ton
1980	36	33	30	19	12	0	9	2	7	12
1981	54	39	30	21	12	0	7	1	5	12
1982	47	34	33	27	24	4	21	13	20	24
1983	32	28	24	19	14	5	13	8	11	14
1984	35	21	11	6	0	0	0	0	0	0
1985	36	33	33	26	19	0	15	5	12	19
1986	38	29	17	9	6	0	5	3	5	6
1987	43	34	33	22	14	0	11	2	8	14
1988	62	60	52	47	41	20	38	30	36	41
1989	64	57	50	43	40	21	38	31	37	40
1990	47	38	35	23	18	0	14	6	12	18
1991	51	41	40	34	28	4	24	13	21	28
1992	49	46	43	40	36	17	32	24	30	36
1993	46	39	34	23	15	2	13	6	11	15
1994	55	45	34	22	15	5	12	8	11	15
1995	43	34	21	12	8	0	5	0	1	8
1996	48	37	25	21	19	7	17	12	16	19
1997	50	39	30	23	18	4	16	12	15	18
1998	61	54	51	46	42	24	36	27	33	42
1999	42	34	27	19	13	3	10	5	8	13
2000	64	63	58	53	49	31	48	42	46	49
2001	43	42	41	29	21	2	15	7	13	21
2002	39	39	35	23	15	0	13	6	10	15
2003	70	66	58	48	42	32	39	35	38	42
2004	66	61	53	45	41	21	36	30	33	41
2005	56	48	35	29	26	12	23	15	21	26
2006	53	53	54	42	33	13	27	18	24	33
2007	38	31	24	12	5	0	1	0	1	5
2008	61	56	54	48	42	31	40	34	39	42
2009	64	65	57	45	36	16	32	22	28	36
2010	44	28	20	12	11	3	10	6	8	11

(a)

Menz	Grobsand	Mittelsand	Feinsand	lehmgiger Sand	schluffiger Sand	lehmgiger Schluff	sandiger Lehm	schluffiger Lehm	toniger Lehm	lehmgiger und schluffiger Ton
1980	15	5	0	0	0	0	0	0	0	0
1981	9	2	0	0	0	0	0	0	0	0
1982	12	7	3	0	0	0	0	0	0	0
1983	18	13	6	0	0	0	0	0	0	0
1984	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1985	13	7	2	0	0	0	0	0	0	0
1986	16	8	2	0	0	0	0	0	0	0
1987	9	4	0	0	0	0	0	0	0	0
1988	34	20	11	1	0	0	0	0	0	0
1989	25	19	15	7	2	0	0	0	0	2
1990	16	11	3	0	0	0	0	0	0	0
1991	12	7	2	0	0	0	0	0	0	0
1992	30	22	15	6	2	0	0	0	0	2
1993	16	6	0	0	0	0	0	0	0	0
1994	19	7	2	0	0	0	0	0	0	0
1995	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1996	15	9	5	0	0	0	0	0	0	0
1997	6	1	0	0	0	0	0	0	0	0
1998	20	13	7	0	0	0	0	0	0	0
1999	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2000	24	17	11	5	0	0	0	0	0	0
2001	10	3	0	0	0	0	0	0	0	0
2002	9	2	0	0	0	0	0	0	0	0
2003	27	18	15	10	7	0	3	0	1	7
2004	18	10	6	0	0	0	0	0	0	0
2005	14	6	4	1	0	0	0	0	0	0
2006	18	7	0	0	0	0	0	0	0	0
2007	18	5	0	0	0	0	0	0	0	0
2008	33	26	19	11	7	0	4	0	1	7
2009	18	2	0	0	0	0	0	0	0	0
2010	12	6	2	0	0	0	0	0	0	0

(b)

Tabelle A-9 Anzahl der Tage mit Bodenwasservorrat < 30 % nFK (a) und Bodenwasservorrat = 0 % nFK (b), Müncheberg

Müncheberg	Grobsand	Mittelsand	Feinsand	lehmgiger Sand	schluffiger Sand	lehmgiger Schluff	sandiger Lehm	schluffiger Lehm	toniger Lehm	lehmgiger und schluffiger Ton
1980	44	35	30	23	15	0	11	5	9	15
1981	56	45	40	31	26	9	22	17	21	26
1982	58	49	46	37	33	24	31	29	30	33
1983	33	23	16	11	7	0	5	1	5	7
1984	41	32	20	13	5	0	1	0	0	5
1985	36	34	34	24	16	0	13	3	10	16
1986	46	39	27	13	5	0	2	0	2	5
1987	32	24	15	4	1	0	1	0	0	1
1988	62	58	50	48	44	20	40	30	36	44
1989	64	56	50	44	41	27	39	35	37	41
1990	57	43	37	27	21	4	19	12	16	21
1991	46	34	31	25	20	0	16	8	15	20
1992	56	51	46	42	39	26	36	30	34	39
1993	50	46	44	36	31	10	27	17	24	31
1994	52	42	31	21	15	7	13	10	12	15
1995	34	23	13	7	3	0	1	0	1	3
1996	41	35	25	16	13	1	11	6	9	13
1997	49	42	41	33	27	9	25	18	22	27
1998	44	39	40	30	23	3	17	9	15	23
1999	52	49	43	39	32	12	28	19	25	32
2000	71	66	62	56	52	38	50	46	48	52
2001	51	52	45	35	28	6	25	12	20	28
2002	39	36	30	23	18	4	15	10	14	18
2003	66	62	58	51	44	25	40	30	36	44
2004	55	51	46	37	32	12	29	20	26	32
2005	53	52	42	32	27	13	26	18	25	27
2006	58	54	55	44	36	20	31	23	28	36
2007	57	52	46	35	28	21	25	23	25	28
2008	64	59	55	50	46	33	43	37	41	46
2009	50	42	33	20	11	0	6	1	4	11
2010	51	34	25	23	22	13	21	16	20	22

(a)

Müncheberg	Grobsand	Mittelsand	Feinsand	lehmgiger Sand	schluffiger Sand	lehmgiger Schluff	sandiger Lehm	schluffiger Lehm	toniger Lehm	lehmgiger und schluffiger Ton
1980	16	7	1	0	0	0	0	0	0	0
1981	9	1	0	0	0	0	0	0	0	0
1982	15	11	7	2	0	0	0	0	0	0
1983	10	3	0	0	0	0	0	0	0	0
1984	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1985	13	5	0	0	0	0	0	0	0	0
1986	14	5	0	0	0	0	0	0	0	0
1987	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1988	32	17	10	1	0	0	0	0	0	0
1989	32	27	22	14	8	0	6	0	4	8
1990	16	11	4	0	0	0	0	0	0	0
1991	13	9	4	0	0	0	0	0	0	0
1992	29	25	21	14	8	0	5	0	4	8
1993	24	13	6	0	0	0	0	0	0	0
1994	16	5	2	0	0	0	0	0	0	0
1995	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1996	12	4	0	0	0	0	0	0	0	0
1997	10	5	3	0	0	0	0	0	0	0
1998	15	6	1	0	0	0	0	0	0	0
1999	16	6	3	0	0	0	0	0	0	0
2000	40	32	25	19	12	0	8	3	7	12
2001	10	1	0	0	0	0	0	0	0	0
2002	10	4	1	0	0	0	0	0	0	0
2003	23	10	3	0	0	0	0	0	0	0
2004	14	5	2	0	0	0	0	0	0	0
2005	18	5	2	0	0	0	0	0	0	0
2006	27	19	9	6	3	0	1	0	0	3
2007	23	9	2	0	0	0	0	0	0	0
2008	41	34	27	16	11	0	7	0	5	11
2009	13	2	0	0	0	0	0	0	0	0
2010	20	17	12	7	3	0	0	0	0	3

(b)

Tabelle A-10 Anzahl der Tage mit Bodenwasservorrat < 30 % nFK (a) und Bodenwasservorrat = 0 % nFK (b), Lindenberg

Lindenberg	Grobsand	Mittelsand	Feinsand	lehmgiger Sand	schluffiger Sand	lehmgiger Schluff	sandiger Lehm	schluffiger Lehm	toniger Lehm	lehmgiger und schluffiger Ton
1980	42	34	29	22	16	0	11	3	8	16
1981	42	30	22	11	8	0	4	0	2	8
1982	50	40	35	31	30	12	29	21	27	30
1983	33	21	21	11	6	0	4	0	3	6
1984	39	26	16	7	0	0	0	0	0	0
1985	31	28	22	15	10	0	7	0	5	10
1986	39	27	18	8	6	0	5	2	4	6
1987	42	35	27	16	9	0	4	1	3	9
1988	56	54	46	37	33	7	29	16	26	33
1989	53	48	45	40	37	18	34	23	32	37
1990	52	41	35	24	19	0	17	8	14	19
1991	46	34	31	25	20	0	16	8	15	20
1992	66	58	49	44	41	30	39	34	38	41
1993	45	43	42	35	27	6	23	13	19	27
1994	54	41	31	23	17	6	13	9	12	17
1995	33	24	12	5	2	0	1	0	0	2
1996	49	41	31	25	21	5	19	11	17	21
1997	40	34	33	25	19	3	16	10	15	19
1998	45	34	30	21	14	0	10	2	6	14
1999	50	46	39	34	26	4	22	12	19	26
2000	69	63	60	55	51	33	49	40	47	51
2001	49	46	45	33	25	5	20	11	18	25
2002	41	28	21	14	12	2	11	6	9	12
2003	70	65	58	53	46	32	42	36	40	46
2004	69	64	54	43	36	17	34	25	32	36
2005	58	49	40	32	26	12	23	16	22	26
2006	55	49	47	36	28	16	23	19	22	28
2007	50	45	39	29	21	12	20	15	19	21
2008	64	55	52	47	41	30	38	33	37	41
2009	54	47	43	29	20	1	15	7	12	20
2010	58	43	33	27	26	17	24	20	23	26

(a)

Lindenberg	Grobsand	Mittelsand	Feinsand	lehmgiger Sand	schluffiger Sand	lehmgiger Schluff	sandiger Lehm	schluffiger Lehm	toniger Lehm	lehmgiger und schluffiger Ton
1980	15	6	0	0	0	0	0	0	0	0
1981	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1982	13	9	5	0	0	0	0	0	0	0
1983	11	6	0	0	0	0	0	0	0	0
1984	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1985	13	4	0	0	0	0	0	0	0	0
1986	13	7	1	0	0	0	0	0	0	0
1987	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1988	24	10	4	0	0	0	0	0	0	0
1989	28	21	15	7	2	0	0	0	0	2
1990	17	12	3	0	0	0	0	0	0	0
1991	13	9	4	0	0	0	0	0	0	0
1992	32	29	25	16	12	0	8	0	6	12
1993	22	12	4	0	0	0	0	0	0	0
1994	17	6	2	0	0	0	0	0	0	0
1995	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1996	13	7	1	0	0	0	0	0	0	0
1997	10	4	1	0	0	0	0	0	0	0
1998	12	5	0	0	0	0	0	0	0	0
1999	8	1	0	0	0	0	0	0	0	0
2000	31	22	13	4	0	0	0	0	0	0
2001	15	7	0	0	0	0	0	0	0	0
2002	12	7	3	0	0	0	0	0	0	0
2003	29	20	15	7	4	0	1	0	0	4
2004	15	6	2	0	0	0	0	0	0	0
2005	21	11	7	2	0	0	0	0	0	0
2006	21	12	7	2	0	0	0	0	0	0
2007	24	9	2	0	0	0	0	0	0	0
2008	36	31	22	14	8	0	5	0	2	8
2009	16	5	0	0	0	0	0	0	0	0
2010	21	18	15	9	4	0	2	0	0	4

(b)

Tabelle A-11 Anzahl der Tage mit Bodenwasservorrat < 30 % nFK (a) und Bodenwasservorrat = 0 % nFK (b), Grünow

Grünow	Grobsand	Mittelsand	Feinsand	lehmgiger Sand	schluffiger Sand	lehmgiger Schluff	sandiger Lehm	schluffiger Lehm	toniger Lehm	lehmgiger und schluffiger Ton
1980	33	26	22	10	4	0	1	0	0	4
1981	56	44	28	18	12	0	8	2	6	12
1982	58	50	42	38	32	19	30	25	29	32
1983	26	22	17	11	8	0	7	0	6	8
1984	36	23	12	8	0	0	0	0	0	0
1985	40	36	32	30	23	0	20	9	17	23
1986	37	26	17	9	7	0	6	3	5	7
1987	46	39	37	28	19	0	14	5	12	19
1988	69	64	60	51	47	29	45	38	44	47
1989	63	58	50	43	41	22	39	32	37	41
1990	42	32	20	10	6	0	3	0	1	6
1991	37	25	22	16	10	0	6	0	3	10
1992	59	51	45	42	39	29	37	32	35	39
1993	42	38	37	26	18	2	14	6	11	18
1994	60	53	47	37	29	16	25	19	22	29
1995	31	19	9	5	1	0	0	0	0	1
1996	48	35	26	24	22	9	20	15	19	22
1997	36	19	13	9	4	0	1	0	0	4
1998	63	56	52	48	43	21	39	29	35	43
1999	44	36	29	20	14	1	10	4	8	14
2000	68	66	62	56	52	35	50	43	48	52
2001	45	37	33	22	15	3	11	5	8	15
2002	52	53	49	38	30	14	28	21	26	30
2003	68	62	56	52	45	31	41	33	38	45
2004	50	45	43	35	32	10	29	19	26	32
2005	62	52	38	29	27	13	24	19	23	27
2006	64	62	57	47	38	19	33	23	29	38
2007	46	41	36	23	15	2	12	5	9	15
2008	64	57	53	49	44	31	41	36	39	44
2009	62	60	50	38	28	7	22	12	19	28
2010	48	28	19	16	13	4	11	8	10	13

(a)

Grünow	Grobsand	Mittelsand	Feinsand	lehmgiger Sand	schluffiger Sand	lehmgiger Schluff	sandiger Lehm	schluffiger Lehm	toniger Lehm	lehmgiger und schluffiger Ton
1980	11	4	0	0	0	0	0	0	0	0
1981	12	1	0	0	0	0	0	0	0	0
1982	15	9	6	1	0	0	0	0	0	0
1983	9	4	0	0	0	0	0	0	0	0
1984	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1985	17	11	5	0	0	0	0	0	0	0
1986	16	9	1	0	0	0	0	0	0	0
1987	15	8	1	0	0	0	0	0	0	0
1988	33	23	15	6	0	0	0	0	0	0
1989	26	20	16	8	3	0	0	0	0	3
1990	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1991	6	2	0	0	0	0	0	0	0	0
1992	37	32	27	19	13	0	9	1	7	13
1993	20	9	0	0	0	0	0	0	0	0
1994	21	12	7	1	0	0	0	0	0	0
1995	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1996	15	12	6	0	0	0	0	0	0	0
1997	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0
1998	24	16	7	0	0	0	0	0	0	0
1999	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2000	30	20	12	4	0	0	0	0	0	0
2001	13	4	0	0	0	0	0	0	0	0
2002	12	5	1	0	0	0	0	0	0	0
2003	28	18	14	9	5	0	3	0	1	5
2004	12	8	3	0	0	0	0	0	0	0
2005	18	9	7	3	0	0	0	0	0	0
2006	23	11	5	0	0	0	0	0	0	0
2007	16	4	0	0	0	0	0	0	0	0
2008	32	26	20	11	5	0	2	0	0	5
2009	15	2	0	0	0	0	0	0	0	0
2010	12	8	4	0	0	0	0	0	0	0

(b)

Tabelle A-12 Anzahl der Tage mit Bodenwasservorrat < 30 % nFK (a) und Bodenwasservorrat = 0 % nFK (b), Angermünde

Angermünde	Grobsand	Mittelsand	Feinsand	lehmgiger Sand	schluffiger Sand	lehmgiger Schluff	sandiger Lehm	schluffiger Lehm	toniger Lehm	lehmgiger und schluffiger Ton
1980	40	34	30	22	13	0	8	1	6	13
1981	65	61	49	41	35	12	31	20	28	35
1982	61	55	47	42	35	26	33	29	31	35
1983	40	30	28	23	20	8	17	12	15	20
1984	42	35	22	12	6	0	1	0	0	6
1985	38	35	37	31	26	4	21	13	19	26
1986	37	30	21	9	5	0	3	0	3	5
1987	52	46	39	30	24	1	19	8	15	24
1988	71	68	61	55	50	36	48	43	47	50
1989	60	54	47	43	40	21	38	30	36	40
1990	51	43	33	22	17	0	15	7	12	17
1991	37	25	22	16	10	0	6	0	3	10
1992	54	48	44	40	37	27	35	31	34	37
1993	54	44	44	38	31	9	26	15	22	31
1994	57	41	33	23	16	6	12	8	11	16
1995	32	21	10	4	1	0	0	0	0	1
1996	48	40	31	24	22	11	21	16	20	22
1997	30	18	14	9	6	0	3	0	1	6
1998	63	61	53	48	43	21	38	27	35	43
1999	49	44	39	34	28	8	23	15	20	28
2000	65	65	61	55	51	29	46	39	44	51
2001	41	34	29	17	12	0	7	4	5	12
2002	44	46	38	27	20	3	17	9	15	20
2003	74	68	59	51	43	31	39	35	38	43
2004	63	55	51	37	29	8	25	17	23	29
2005	61	50	38	26	22	13	21	16	20	22
2006	49	45	40	29	23	17	21	18	20	23
2007	46	40	34	23	13	2	11	4	8	13
2008	59	58	54	46	40	30	38	33	36	40
2009	49	42	33	19	10	0	6	0	4	10
2010	48	29	23	21	17	7	15	11	14	17

(a)

Angermünde	Grobsand	Mittelsand	Feinsand	lehmgiger Sand	schluffiger Sand	lehmgiger Schluff	sandiger Lehm	schluffiger Lehm	toniger Lehm	lehmgiger und schluffiger Ton
1980	14	6	0	0	0	0	0	0	0	0
1981	14	4	1	0	0	0	0	0	0	0
1982	18	11	8	3	0	0	0	0	0	0
1983	17	15	9	2	0	0	0	0	0	0
1984	9	1	0	0	0	0	0	0	0	0
1985	15	10	4	0	0	0	0	0	0	0
1986	18	9	2	0	0	0	0	0	0	0
1987	10	4	1	0	0	0	0	0	0	0
1988	35	24	17	7	1	0	0	0	0	1
1989	25	20	15	7	3	0	0	0	0	3
1990	11	3	0	0	0	0	0	0	0	0
1991	6	2	0	0	0	0	0	0	0	0
1992	37	29	23	16	10	0	6	0	4	10
1993	25	15	6	0	0	0	0	0	0	0
1994	10	4	0	0	0	0	0	0	0	0
1995	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1996	19	10	5	0	0	0	0	0	0	0
1997	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0
1998	21	10	4	0	0	0	0	0	0	0
1999	14	7	2	0	0	0	0	0	0	0
2000	26	15	7	1	0	0	0	0	0	0
2001	11	3	0	0	0	0	0	0	0	0
2002	9	1	0	0	0	0	0	0	0	0
2003	30	23	18	14	11	0	7	0	5	11
2004	12	4	0	0	0	0	0	0	0	0
2005	19	11	8	4	0	0	0	0	0	0
2006	24	14	10	6	0	0	0	0	0	0
2007	19	4	0	0	0	0	0	0	0	0
2008	32	21	13	8	3	0	0	0	0	3
2009	16	4	0	0	0	0	0	0	0	0
2010	19	14	11	4	0	0	0	0	0	0

(b)

3.Merkmalstabelle der Feldblöcke (GIS)

Feldname	Typ	Länge	Beschreibung
FBID	Text	16	Feldblockident
TK10_BLATT	Text	14	Blatt der Topographischen Karte 1:10.000, in welcher der Schwerpunkt des Feldblockes liegt
KREIS_NR	Numerisch	10	Nummer des pflegenden Amtes für Landwirtschaft (meistens gleich Kreisnummer)
BODENNUTZU	Text	2	Hauptbodennutzungsart des Feldblocks: AL – Ackerfläche GL – Grünland DK – Obstplantagen, Dauerkulturen TW – Teiche und Wasserflächen HE – Landschaftspflege Heide, keine landwirtschaftliche Fläche
X_COORD	Numerisch	18 - 4 Nachkommastellen	X-Koordinate des Schwerpunktes
Y_COORD	Numerisch	18 - 4 Nachkommastellen	Y-Koordinate des Schwerpunktes
FB_VORG	Text	101	Identen der Feldblock-Vorgänger
GUELT_VON	Datum		Beginn der technischen Gültigkeit (= Datum, an dem der Feldblock in die Katasterebene gehoben wurde)
GROESSE_SF	Numerisch	18 - 4 Nachkommastellen	Anteil der möglichen stilllegungsfähigen Fläche am Feldblock
BEZ_KREIS	Text	50	Name des pflegenden Amtes für Landwirtschaft (meistens gleich Kreisname)
BENACHT_HA	Numerisch	18 - 4 Nachkommastellen	Anteil des Feldblockes im Benachteiligten Gebiet in Hektar
FFH_HA	Numerisch	18 - 4 Nachkommastellen	Anteil des Feldblockes im FFH-Gebiet in Hektar
NATURA_HA	Numerisch	18 - 4 Nachkommastellen	Anteil des Feldblockes im Natura2000-Gebiet in Hektar
NSG_HA	Numerisch	18 - 4 Nachkommastellen	Anteil des Feldblockes im NSG-Gebiet in Hektar
NSGNA_HA	Numerisch	18 - 4 Nachkommastellen	Anteil des Feldblockes der gleichzeitig im Natura2000- und NSG-Gebiet liegt in Hektar
WASS_ERO	Text	10	Angaben zur Gefährdung durch Wassererosion

WIND_ERO	Text	10	Angaben zur Gefährdung durch Winderosion
FB_WIND_PZ	Numerisch	10 - 2 Nachkommastellen	Anteil des FB hinsichtlich der Gefährdung durch Winderosion in Prozent
FGSL	Text	40	Angabe zur Kulisse „freiwillige Gewässerschutzleistung“
BR_SPW	Text	40	Kennzeichnung des Feldblocks mit „Kulisse Biosphärenreservat Spreewald“ wenn FB-Anteil in der Kulisse 50% und mehr beträgt
ACK_BRACHE	Text	40	Kennzeichnung des Feldblocks mit Ackerbrache-Kategorie 1-3, ansonsten leer
FB_AREA_HA	Numerisch	18 - 4 Nachkommastellen	Fläche des Feldblocks in Hektar
FB_PERI_M	Numerisch	18 - 4 Nachkommastellen	Umfang des Feldblockes in Meter
AUFTEILKRS	Numerisch	11	Hilfsfeld zur kreisweisen Aufteilung der Daten

4. Arbeitsschrittbeschreibungen für den Indikator Bodenwasserhaushalt

1	Datenbeschaffung und -prüfung
1.1	Tageswerte für 01.04. bis 30.06. beschaffen: Niederschlägen [mm] Minimumtemperaturen [°C] Maximumtemperaturen [°C] Mitteltemperaturen [°C]
1.2	Prüfen, ob Datenlücken vorhanden, dann Daten ersetzen mit Daten von benachbarten Stationen
1.3	Festlegung/Bestätigung von Ausgangsbodenwasserhaushalt und Sättigungsfaktor
2.	Bilanzierung des Bodenwasservorrates – Tageswerte für 01.04. bis 30.06
2.1	Berechnung potenzielle Evapotranspiration nach HARGREAVE $ET_{PHAR} = \frac{0,0023 R_o}{L} \times (T_{max} - T_{min})^{0,5} \times (T + 17,8) \times kc$ <p>Tmax Maximumtemperatur des Tages Tmin Minimumtemperatur des Tages T Tagesmittel der Temperatur Ro/L Verdunstungsäquivalent des extraterrestrischen Strahlung [mm/d] kc Pflanzenbestandskoeffizient</p>
2.2	Berechnung angepasste Evapotranspiration mittels Faktorwahl: für BW > 70% nFK: $f_{ET} = 1$ für BW > 50 < 70% nFK: $f_{ET} = 0,7$ für BW < 50% nFK: $f_{ET} = 0,35$
2.3	Bilanzierung der Veränderung des Bodenwasservorrates
2.4	Prüfung: Wenn BW > nFK dann BW = nFK
3.	Bericht
3.1	Tabellarische Ausgabe: Anzahl Tage mit Bodenwasservorrat < 30 % nFK
3.2	Tabellarische Ausgabe: Anzahl Tage mit Bodenwasservorrat = 0 % nFK
3.3	Prüfung: Anzahl Tage mit Bodenwasservorrat < 30 % nFK >= 45?
3.4	Prüfung: Anzahl Tage mit Bodenwasservorrat = 0 % nFK >= 10?

5.Arbeitsschrittbeschreibungen für den Indikator Bodenerosion durch Wasser

Titel	E1 - Verknüpfung
Beschreibung	In diesem Arbeitsschritt werden die beiden separaten Datensätze der gemeldeten Maisflächen und der Feldblöcke miteinander verbunden. Es entsteht ein GIS-Datensatz, wo die korrigierten Maisflächen räumlich verortet sind.
Eingangsdaten	1. gemeldete Maisflächen (alphanumerischer Datensatz) 2. Feldblockdaten (GIS, *.shp)
Arbeitungsschritte	<p>1. Laden der Datensätze im GIS</p> <p>2. Verknüpfung über die Merkmalsfelder FBID (Feldblock-ID)</p> <p>3. Abspeichern des verknüpften Datensatzes</p> <p>4. Überprüfen ob Maisfläche <= Feldblockfläche, dafür einfügen einer neuen Spalte (Mais_kor)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Übernahme der Maisfläche (wenn kleiner) - sonst Übernahme der Feldblockfläche <p>mögliches Skript:</p> <p>Codeblock ArcGIS (VBA) [Mais_kor] = Mais If [„Maisfläche“*]<= [FB_AREA_HA] then Mais = [“Maisfläche”] else Mais = [FB_AREA_HA] end if</p> <p>Eingabefeld: [Mais_kor]=Mais</p> <p>*Spaltenname der Flächeninformation des Mais</p>
Ergebnis	Datensatz mit korrigierten Maisflächendaten

Titel	E2 - Reklassifizierung																					
Beschreibung	In diesem Arbeitsschritt wird die Karte des potentiellen Bodenabtrages in eine klassifizierte Karte der potentiellen Erosionsgefährdung durch Wasser umgewandelt.																					
Eingangsdaten	<p>1. Rasterkarte des potentiellen Bodenabtrages (Rasterauflösung 25 m x 25 m) Quelle: ZALF (2009) – datenhaltende Stelle LUGV</p> <p>2. Klassifizierungstabelle nach DIN 19708</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Gefährdungsklasse</th> <th>Verbale Beschreibung</th> <th>Bodenabtrag [t/ha*a]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>keine bis sehr geringe Gefährdung</td> <td>< 0,5</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>sehr geringe Gefährdung</td> <td>0,5 - < 2,5</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>geringe Gefährdung</td> <td>2,5 - < 5</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>mittlere Gefährdung</td> <td>5 - < 7,5</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>hohe Gefährdung</td> <td>7,5 - < 15</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>sehr hohe Gefährdung</td> <td>> 15</td> </tr> </tbody> </table>	Gefährdungsklasse	Verbale Beschreibung	Bodenabtrag [t/ha*a]	0	keine bis sehr geringe Gefährdung	< 0,5	1	sehr geringe Gefährdung	0,5 - < 2,5	2	geringe Gefährdung	2,5 - < 5	3	mittlere Gefährdung	5 - < 7,5	4	hohe Gefährdung	7,5 - < 15	5	sehr hohe Gefährdung	> 15
Gefährdungsklasse	Verbale Beschreibung	Bodenabtrag [t/ha*a]																				
0	keine bis sehr geringe Gefährdung	< 0,5																				
1	sehr geringe Gefährdung	0,5 - < 2,5																				
2	geringe Gefährdung	2,5 - < 5																				
3	mittlere Gefährdung	5 - < 7,5																				
4	hohe Gefährdung	7,5 - < 15																				
5	sehr hohe Gefährdung	> 15																				
Arbeitungsschritte	<p>1. Laden des Datensatzes im GIS</p> <p>2. Reklassifizierung der Karte Zuordnung nach DIN 19708 (6 Klassen, siehe Tabelle Eingangsdaten) (in ArcGIS – Tool „Reclassify“)</p>																					
Ergebnis	Rasterkarte mit klassifizierten Daten zur Erosionsgefährdung nach DIN																					

Titel	E3 - Rasterumwandlung
Beschreibung	In diesem Arbeitsschritt werden die Maisfeldblöcke in Rasterdaten umgewandelt.
Eingangsdaten	1. Maisfeldblockkarte (Ergebnis aus Schritt E1)
Arbeitungsschritte	<p>1. Laden der Datensätze im GIS</p> <p>2. Umwandlung der Feldblockflächen in Rasterdaten (Auflösung 25 m x 25 m) Dieser Schritt ist notwendig, damit ein fehlerfreies Überlagern und ausschneiden der Flächen möglich ist. (ArcGIS würde intern diesen Schritt beim später zu nutzenden Tool „Tabulate Area“ ebenfalls ausführen, aufgrund häufiger Fehlermeldungen wird aber empfohlen diesen Schritt vorher separat durchzuführen) Wichtig ist dabei, dass den umgewandelten Rasterflächen die FBID mitgegeben wird.</p> <p>Tool in ArcGIS – „Feature to Raster“</p>
Ergebnis	Rasterkarte mit Maisfeldblöcken (Abrufbar nach FBID)

Titel	E4 - Flächenbestimmung der einzelnen Gefährdungsklassen innerhalb eines Feldblockes
Beschreibung	In diesem Arbeitsschritt werden für die ausgeschnittene Feldblöcke der Karte der potentiellen Erosionsgefährdung durch Wasser die jeweiligen Flächenanteile der einzelnen Gefährdungsklassen ausgerechnet
Eingangsdaten	<ol style="list-style-type: none"> 1. Rasterkarte der potentiellen Erosionsgefährdung (Ergebnis aus Schritt E2) 2. Rasterkarte der Maisfeldblöcke (Ergebnis aus Schritt E3)
Arbeitungsschritte	<ol style="list-style-type: none"> 1. Laden der Datensätze im GIS 2. Berechnung der Flächenanteile der einzelnen Gefährdungsklassen innerhalb eines Feldblockes (Mais) Hierbei zeigt sich, dass das Mitführen der Feldblock-ID wichtig ist, da die Flächenanteile nur für jede ID berechnet werden. Tool in ArcGIS – „Tabulate Area“ 3. Umrechnung der berechneten Flächenanteile in Hektar Das Programm berechnet die Flächen in Quadratmeter, da die Karteneinheit Meter ist. Die Umrechnung erfolgt einfach mit Division durch 10000. Es sollten neue Spalten angelegt werden für die Fläche jeder Gefährdungsklasse in ha. Darüber hinaus ist es sinnvoll zur Überprüfung der Abweichung von Rasterfeldblockflächen und Feldblockflächen [FB_AREA_HA] die Summe über die Fläche der Gefährdungsklassen eines Feldblockes in eine neue Spalte zu berechnen. 4. Berechnung der Abweichungen zwischen den Originalfeldblockflächen und den Rasterfeldblockflächen. Dient zur Überprüfung und späteren Erläuterung im Bericht. 5. Speichern der Tabelle in einem Format, welches es erlaubt diese Tabelle auch außerhalb des GIS zu benutzen. (empfohlen: .dbf oder .csv)
Ergebnis	Tabelle mit den Flächen der einzelnen Gefährdungsklassen innerhalb eines Feldblockes.

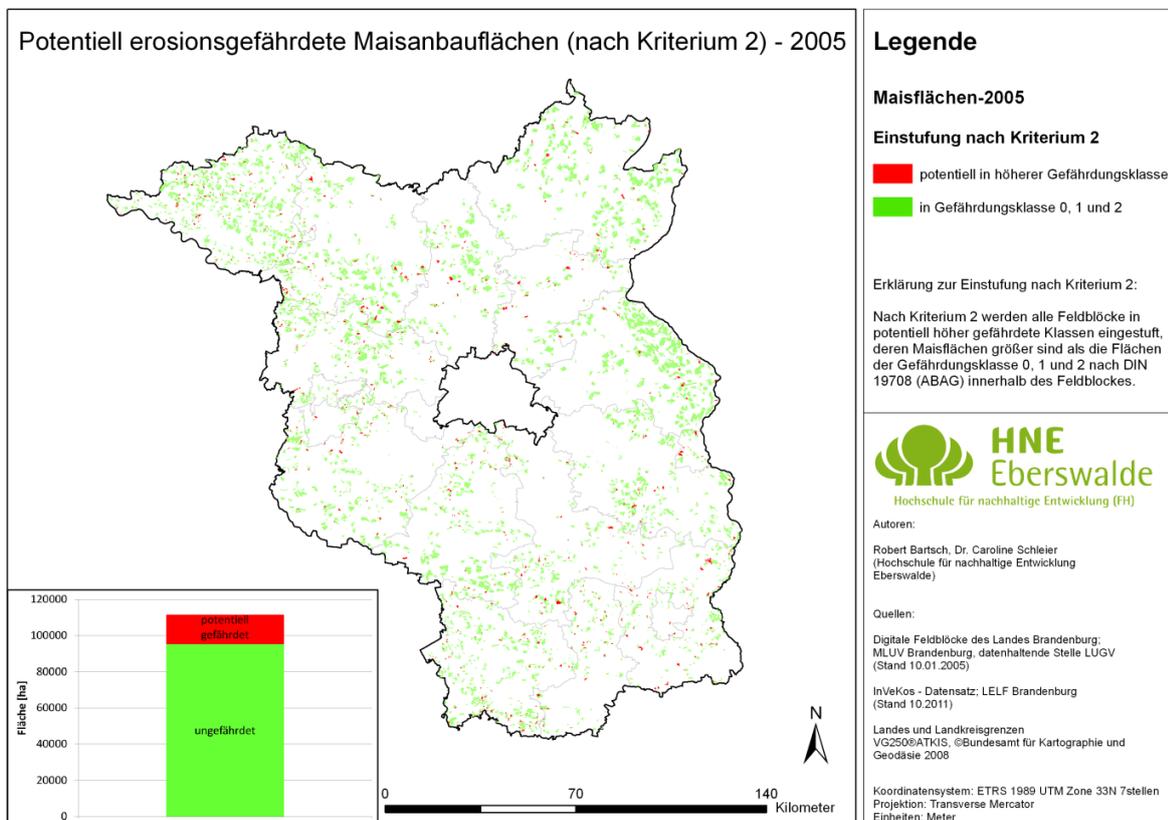
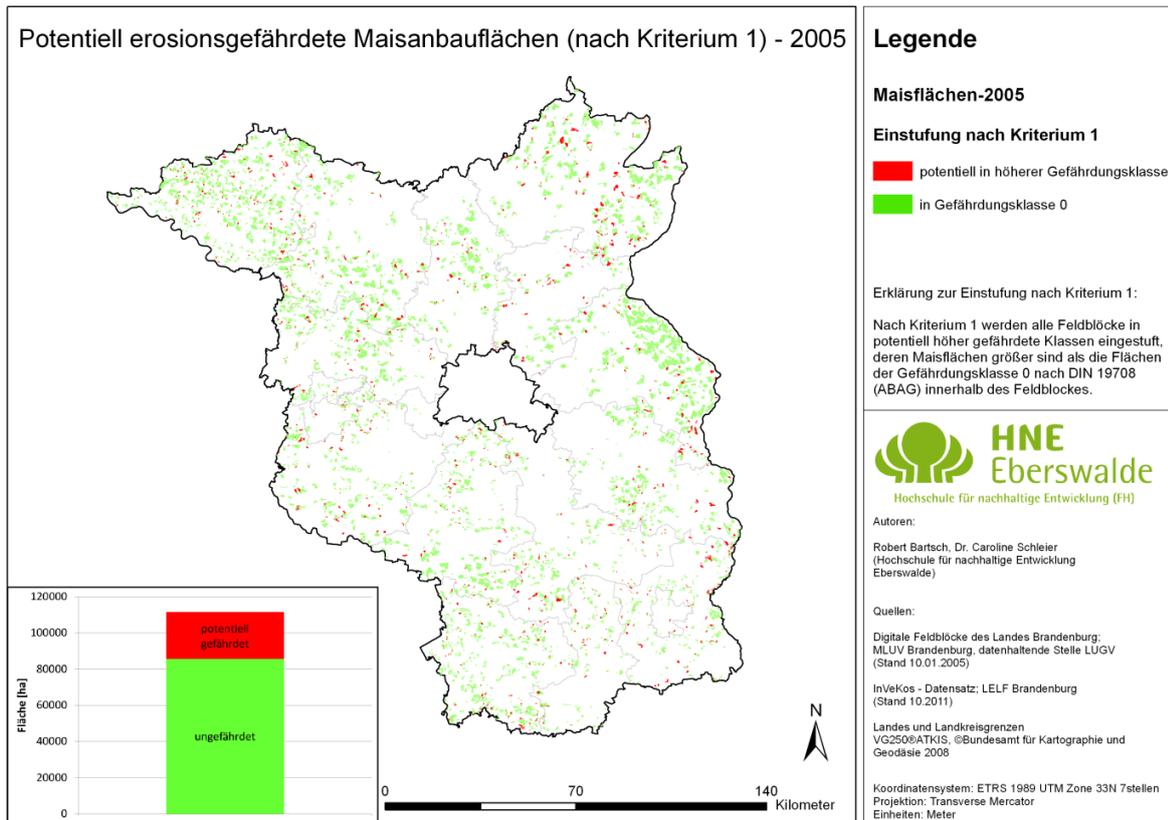
Titel	E5 – Überprüfung Kriterium 1
Beschreibung	In diesem Arbeitsschritt wird der Indikator für das Kriterium 1 berechnet
Eingangsdaten	<p>1. Tabelle mit den Flächen der einzelnen Gefährdungsklassen innerhalb eines Feldblockes (Ergebnis aus Schritt E4)</p> <p>2. Maisfeldblockdatensatz (Ergebnis aus Schritt E1)</p>
Arbeitungsschritte	<p>1. Laden der Datensätze im GIS</p> <p>2. Verknüpfung der Feldblockdaten (E1) mit der Tabelle (E4)</p> <p>3. Berechnung des Kriterium 1 nach Definition:</p> <p style="padding-left: 40px;">Kriterium 1 = Fläche (Gefährdungsklasse $E_{nat} = 0$)</p> <p style="padding-left: 40px;">Einfügen in einer neuen Spalte im Feldblockdatensatz (Kriter_1).</p> <p>4. Vergleich ob die Fläche des Maisanbaus größer ist als die Fläche des Kriterium 1.</p> <p style="padding-left: 40px;">Einfügen von zwei neuen Spalten (Kat_Krit_1 und Kriterium_1) im Feldblockdatensatz und Berechnung der Spaltenwerte:</p> <p style="padding-left: 40px;">Kat_Krit_1 = Kriter_1 – „Maisfläche“</p> <p style="padding-left: 40px;">Kriterium_1:</p> <p style="padding-left: 40px;">Codeblock ArcGIS (VBA)</p> <p style="padding-left: 80px;">[Kriterium_1] = "Krit"</p> <p style="padding-left: 80px;">if [Kat_Krit_1] < 0 then</p> <p style="padding-left: 120px;">Krit = "potentiell gefährdet" else</p> <p style="padding-left: 120px;">Krit = "nicht gefährdet"</p> <p style="padding-left: 40px;">Eingabefeld</p> <p style="padding-left: 80px;">Kriterium_1 = Krit</p> <p style="padding-left: 40px;">Speichern des verknüpften Datensatzes</p> <p>5. Erstellung einer Karte mit den Feldblöcken, klassifiziert nach „nicht gefährdet“ und „potentiell gefährdet“</p> <p style="padding-left: 40px;">„nicht gefährdet“ = (Kat_Krit_1 >= 0)</p> <p style="padding-left: 40px;">„potentiell gefährdet“ = (Kat_Krit_1 < 0) oder</p> <p style="padding-left: 40px;">Klassifizierung nach Spalte [Kriterium_1]</p>

	<p>6. Berechnung des Indikators Überführung des verknüpften Datensatzes in ein Tabellenkalkulationsprogramm (Möglich auch die Erstellung innerhalb des GIS, wenn Pivottabellen-o.ä. Tool vorhanden).</p> <p>Erstellung einer Pivottabelle: Zeile: Landkreis (aus Spalte: [KREIS_NR]) Spalten: [Kriterium_1] Wertebereich: Maisfläche (aus Spalte:[Mais_kor])</p> <p>Berechnung der prozentualen Anteile der „potenziell gefährdeten“ Flächen an den Gesamtflächen</p>
Ergebnis	Tabelle mit den Indikatorwerten für die Landkreise und gesamt Brandenburg. Sowie eine Karte mit den Maisflächen, klassifiziert nach „nicht gefährdet“ bzw. „potenziell gefährdet“.

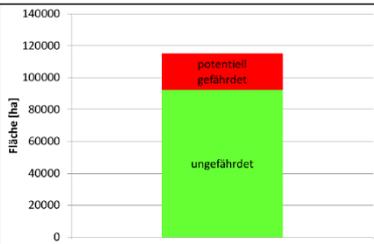
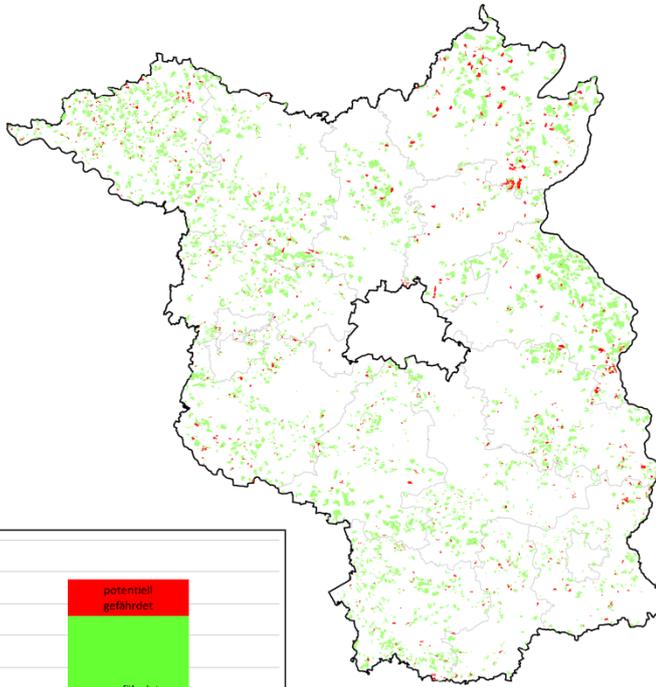
Titel	E6 – Überprüfung Kriterium 2
Beschreibung	In diesem Arbeitsschritt wird analog zu Schritt E5 der Indikator für das Kriterium 2 berechnet
Eingangsdaten	<p>1. Tabelle mit den Flächen der einzelnen Gefährdungsklassen innerhalb eines Feldblockes (Ergebnis aus Schritt E4)</p> <p>2. Maisfeldblockdatensatz (Ergebnis aus Schritt E1)</p>
Arbeitungsschritte	<p>1. Laden der Datensätze im GIS</p> <p>2. Verknüpfung der Feldblockdaten (E1) mit der Tabelle (E4)</p> <p>3. Berechnung des Kriterium 2 nach Definition:</p> <p style="padding-left: 40px;">Kriterium 2 = Fläche (Gefährdungsklasse $E_{nat} = 0$) + Fläche (Gefährdungsklasse $E_{nat} = 1$) + Fläche (Gefährdungsklasse $E_{nat} = 2$)</p> <p style="padding-left: 40px;">Einfügen in einer neuen Spalte im Feldblockdatensatz (Kriter_2).</p> <p>4. Vergleich ob die Fläche des Maisanbaus größer ist als die Fläche des Kriterium 2. Einfügen von zwei neuen Spalten (Kat_Krit_2 und Kriterium_2) im Feldblockdatensatz und Berechnung der Spaltenwerte:</p> <p style="padding-left: 40px;">Kat_Krit_2 = Kriter_2 – „Maisfläche“</p> <p style="padding-left: 40px;">Kriterium_2:</p> <p style="padding-left: 40px;">Codeblock ArcGIS (VBA) [Kriterium_2] = "Krit" if [Kat_Krit_2] < 0 then Krit = "potenziell gefährdet" else Krit = "nicht gefährdet"</p> <p style="padding-left: 40px;">Eingabefeld Kriterium_2 = Krit</p> <p style="padding-left: 40px;">Speichern des verknüpften Datensatzes</p> <p>5. Erstellung einer Karte mit den Feldblöcken, klassifiziert nach „nicht gefährdet“ und „potenziell gefährdet“</p> <p style="padding-left: 40px;">„nicht gefährdet“ = (Kat_Krit_2 >= 0) „potenziell gefährdet“ = (Kat_Krit_2 < 0) oder</p> <p style="padding-left: 40px;">Klassifizierung nach Spalte [Kriterium_2]</p>

	<p>6. Berechnung des Indikators Überführung des verknüpften Datensatzes in ein Tabellenkalkulationsprogramm (Möglich auch die Erstellung innerhalb des GIS, wenn Pivottabellen-o.ä. Tool vorhanden).</p> <p>Erstellung einer Pivottabelle: Zeile: Landkreis (aus Spalte: [KREIS_NR]) Spalten: [Kriterium_2] Wertebereich: Maisfläche (aus Spalte:[Mais_kor])</p> <p>Berechnung der prozentualen Anteile der „potenziell gefährdeten“ Flächen an den Gesamtflächen</p>
Ergebnis	Tabelle mit den Indikatorwerten für die Landkreise und gesamt Brandenburg. Sowie eine Karte mit den Maisflächen, klassifiziert nach „nicht gefährdet“ bzw. „potenziell gefährdet“.

6. Kartendarstellungen der Zeitreihenuntersuchung Bodenerosion (2005-2010)



Potentiell erosionsgefährdete Maisanbauflächen (nach Kriterium 1) - 2006



Legende

Maisflächen-2006

Einstufung nach Kriterium 1

- potentiell in höherer Gefährdungsklasse
- in Gefährdungsklasse 0

Erklärung zur Einstufung nach Kriterium 1:

Nach Kriterium 1 werden alle Feldblöcke in potentiell höher gefährdete Klassen eingestuft, deren Maisflächen größer sind als die Flächen der Gefährdungsklasse 0 nach DIN 19708 (ABAG) innerhalb des Feldblockes.



Autoren:

Robert Bartsch, Dr. Caroline Schleier
(Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde)

Quellen:

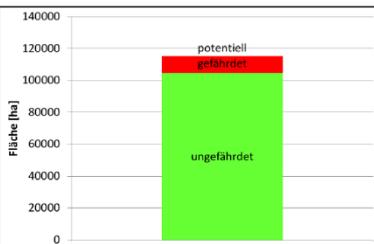
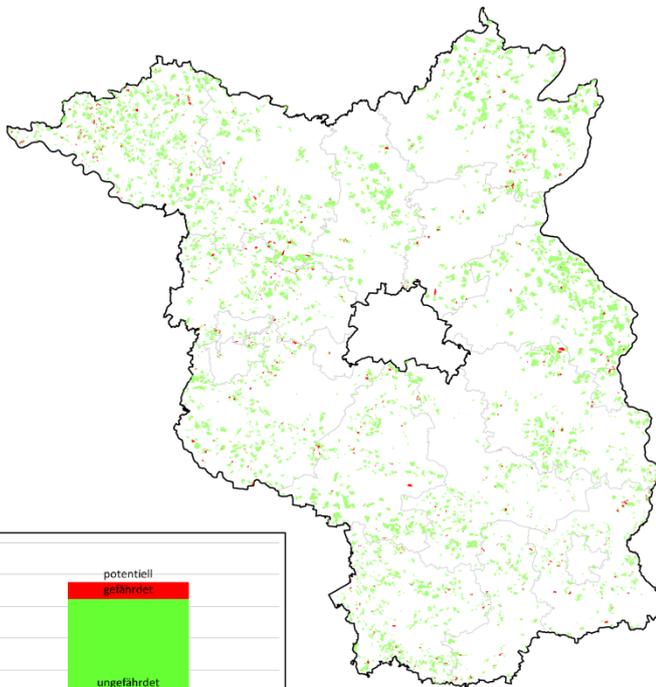
Digitale Feldblöcke des Landes Brandenburg;
MLUV Brandenburg, datenhaltende Stelle LUGV
(Stand 03.02.2006)

InVeKos - Datensatz; LELF Brandenburg
(Stand 10.2011)

Landes und Landkreisgrenzen
VG2508/ATKIS, ©Bundesamt für Kartographie und
Geodäsie 2008

Koordinatensystem: ETRS 1989 UTM Zone 33N 7stellen
Projektion: Transverse Mercator
Einheiten: Meter

Potentiell erosionsgefährdete Maisanbauflächen (nach Kriterium 2) - 2006



Legende

Maisflächen-2006

Einstufung nach Kriterium 2

- potentiell in höherer Gefährdungsklasse
- in Gefährdungsklasse 0, 1 und 2

Erklärung zur Einstufung nach Kriterium 2:

Nach Kriterium 2 werden alle Feldblöcke in potentiell höher gefährdete Klassen eingestuft, deren Maisflächen größer sind als die Flächen der Gefährdungsklasse 0, 1 und 2 nach DIN 19708 (ABAG) innerhalb des Feldblockes.



Autoren:

Robert Bartsch, Dr. Caroline Schleier
(Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde)

Quellen:

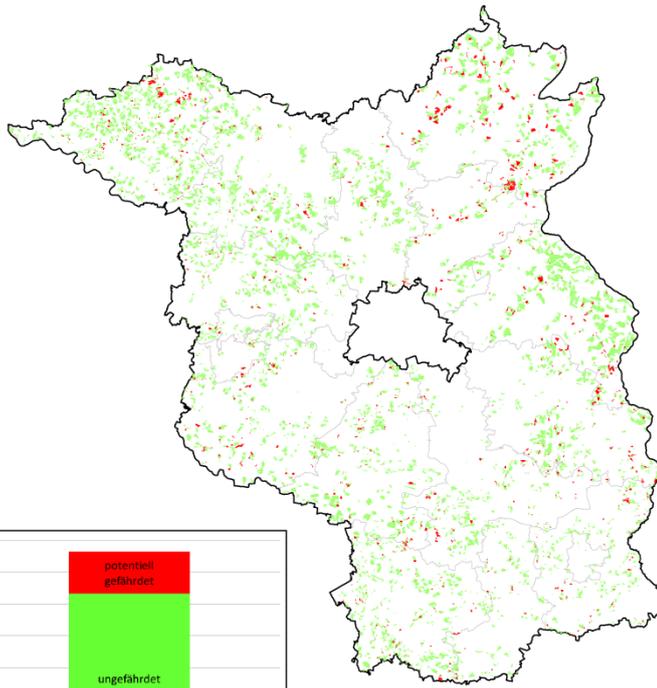
Digitale Feldblöcke des Landes Brandenburg;
MLUV Brandenburg, datenhaltende Stelle LUGV
(Stand 03.02.2006)

InVeKos - Datensatz; LELF Brandenburg
(Stand 10.2011)

Landes und Landkreisgrenzen
VG2508/ATKIS, ©Bundesamt für Kartographie und
Geodäsie 2008

Koordinatensystem: ETRS 1989 UTM Zone 33N 7stellen
Projektion: Transverse Mercator
Einheiten: Meter

Potentiell erosionsgefährdete Maisbauflächen (nach Kriterium 1) - 2007



0 70 140 Kilometer

Legende

Maisflächen-2007

Einstufung nach Kriterium 1

- potentiell in höherer Gefährdungsklasse
- in Gefährdungsklasse 0

Erklärung zur Einstufung nach Kriterium 1:

Nach Kriterium 1 werden alle Feldblöcke in potentiell höher gefährdete Klassen eingestuft, deren Maisflächen größer sind als die Flächen der Gefährdungsklasse 0 nach DIN 19708 (ABAG) innerhalb des Feldblockes.



Autoren:

Robert Bartsch, Dr. Caroline Schleiher
(Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde)

Quellen:

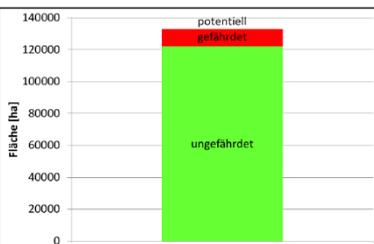
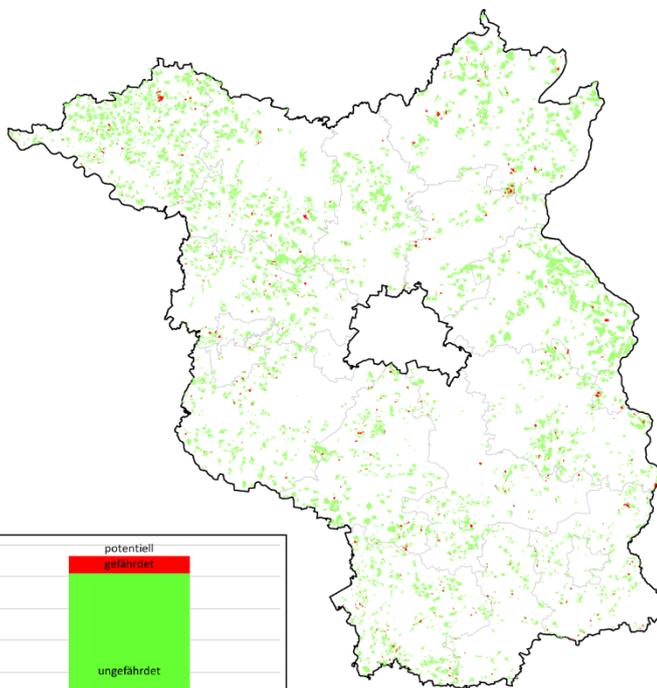
Digitale Feldblöcke des Landes Brandenburg;
MLUV Brandenburg, datenhaltende Stelle LUGV
(Stand 19.01.2007)

InVeKos - Datensatz; LELF Brandenburg
(Stand 10.2011)

Landes und Landkreisgrenzen
VG2508/ATKIS, ©Bundesamt für Kartographie und
Geodäsie 2008

Koordinatensystem: ETRS 1989 UTM Zone 33N 7stellen
Projektion: Transverse Mercator
Einheiten: Meter

Potentiell erosionsgefährdete Maisbauflächen (nach Kriterium 2) - 2007



0 70 140 Kilometer

Legende

Maisflächen-2007

Einstufung nach Kriterium 2

- potentiell in höherer Gefährdungsklasse
- in Gefährdungsklasse 0, 1 und 2

Erklärung zur Einstufung nach Kriterium 2:

Nach Kriterium 2 werden alle Feldblöcke in potentiell höher gefährdete Klassen eingestuft, deren Maisflächen größer sind als die Flächen der Gefährdungsklasse 0, 1 und 2 nach DIN 19708 (ABAG) innerhalb des Feldblockes.



Autoren:

Robert Bartsch, Dr. Caroline Schleiher
(Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde)

Quellen:

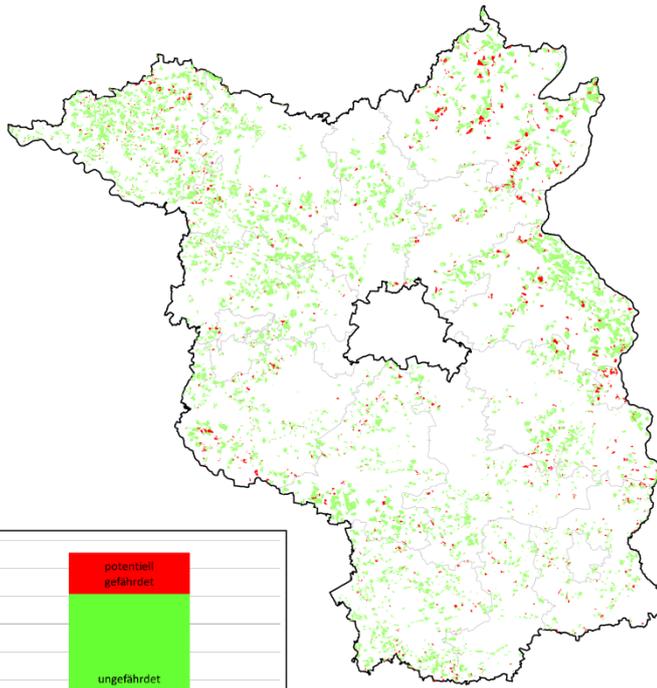
Digitale Feldblöcke des Landes Brandenburg;
MLUV Brandenburg, datenhaltende Stelle LUGV
(Stand 19.01.2007)

InVeKos - Datensatz; LELF Brandenburg
(Stand 10.2011)

Landes und Landkreisgrenzen
VG2508/ATKIS, ©Bundesamt für Kartographie und
Geodäsie 2008

Koordinatensystem: ETRS 1989 UTM Zone 33N 7stellen
Projektion: Transverse Mercator
Einheiten: Meter

Potentiell erosionsgefährdete Maisbauflächen (nach Kriterium 1) - 2008



Legende

Maisflächen-2008

Einstufung nach Kriterium 1

- potentiell in höherer Gefährdungsklasse
- in Gefährdungsklasse 0

Erklärung zur Einstufung nach Kriterium 1:

Nach Kriterium 1 werden alle Feldblöcke in potentiell höher gefährdete Klassen eingestuft, deren Maisflächen größer sind als die Flächen der Gefährdungsklasse 0 nach DIN 19708 (ABAG) innerhalb des Feldblockes.



Autoren:

Robert Bartsch, Dr. Caroline Schlieier
(Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde)

Quellen:

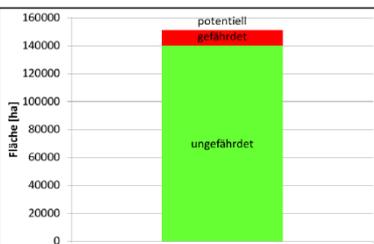
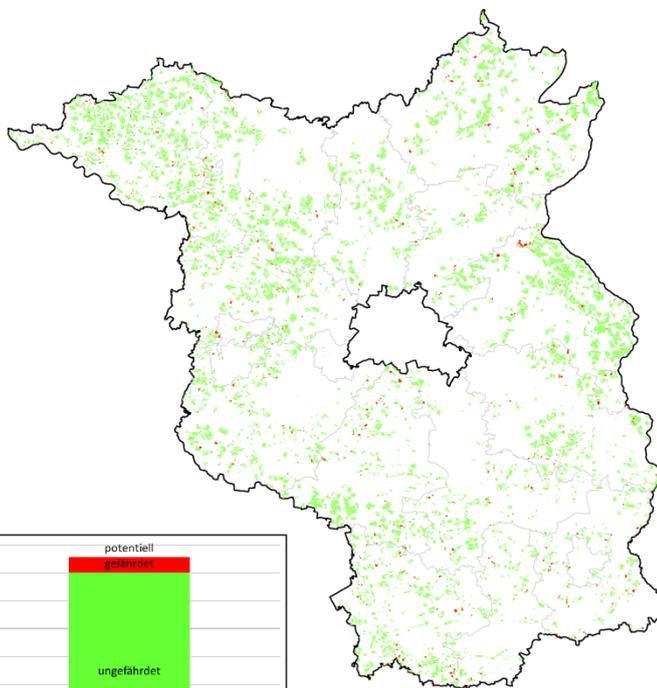
Digitale Feldblöcke des Landes Brandenburg;
MLUV Brandenburg, datenhaltende Stelle LUGV
(Stand 15.12.2007)

InVeKos - Datensatz; LELF Brandenburg
(Stand 10.2011)

Landes und Landkreisgrenzen
VG2508/ATKIS, ©Bundesamt für Kartographie und
Geodäsie 2008

Koordinatensystem: ETRS 1989 UTM Zone 33N 7stellen
Projektion: Transverse Mercator
Einheiten: Meter

Potentiell erosionsgefährdete Maisbauflächen (nach Kriterium 2) - 2008



Legende

Maisflächen-2008

Einstufung nach Kriterium 2

- potentiell in höherer Gefährdungsklasse
- in Gefährdungsklasse 0, 1 und 2

Erklärung zur Einstufung nach Kriterium 2:

Nach Kriterium 2 werden alle Feldblöcke in potentiell höher gefährdete Klassen eingestuft, deren Maisflächen größer sind als die Flächen der Gefährdungsklasse 0, 1 und 2 nach DIN 19708 (ABAG) innerhalb des Feldblockes.



Autoren:

Robert Bartsch, Dr. Caroline Schlieier
(Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde)

Quellen:

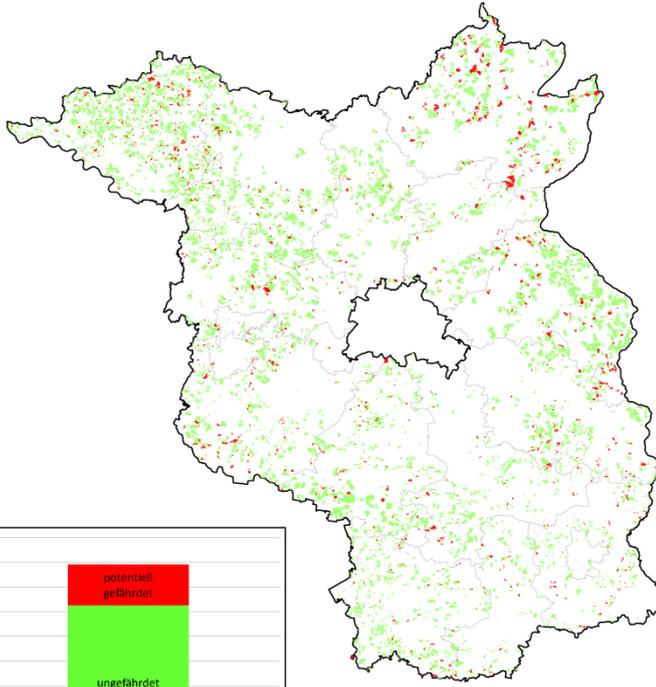
Digitale Feldblöcke des Landes Brandenburg;
MLUV Brandenburg, datenhaltende Stelle LUGV
(Stand 15.12.2007)

InVeKos - Datensatz; LELF Brandenburg
(Stand 10.2011)

Landes und Landkreisgrenzen
VG2508/ATKIS, ©Bundesamt für Kartographie und
Geodäsie 2008

Koordinatensystem: ETRS 1989 UTM Zone 33N 7stellen
Projektion: Transverse Mercator
Einheiten: Meter

Potentiell erosionsgefährdete Maisanbauflächen (nach Kriterium 1) - 2009



Legende

Maisflächen-2009

Einstufung nach Kriterium 1

- potentiell in höherer Gefährdungsklasse
- in Gefährdungsklasse 0

Erklärung zur Einstufung nach Kriterium 1:

Nach Kriterium 1 werden alle Feldblöcke in potentiell höher gefährdete Klassen eingestuft, deren Maisflächen größer sind als die Flächen der Gefährdungsklasse 0 nach DIN 19708 (ABAG) innerhalb des Feldblockes.



Autoren:

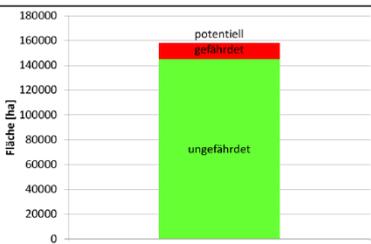
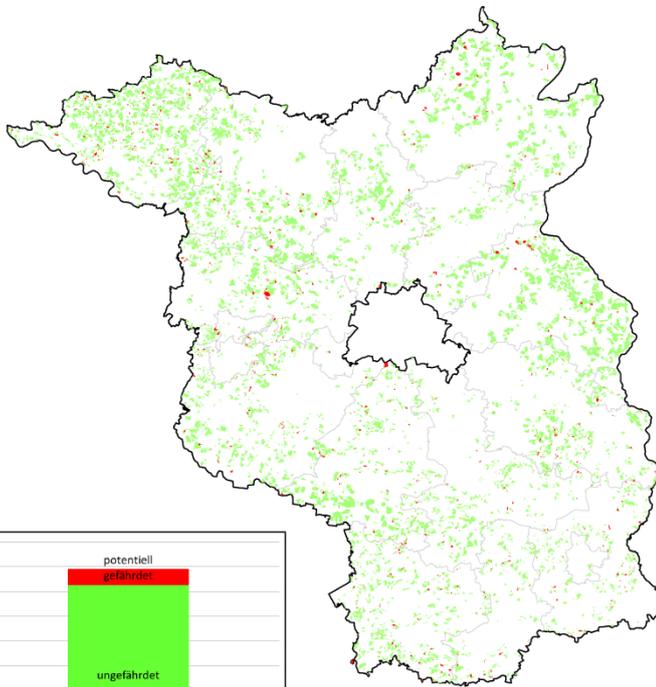
Robert Bartsch, Dr. Caroline Schlieier
(Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde)

Quellen:

Digitale Feldblöcke des Landes Brandenburg;
MLUV Brandenburg, datenhaltende Stelle LUGV
(Stand 09.09.2009)
InVeKos - Datensatz; LELF Brandenburg
(Stand 10.2011)
Landes und Landkreisgrenzen
VG2508/ATKIS, ©Bundesamt für Kartographie und
Geodäsie 2008

Koordinatensystem: ETRS 1989 UTM Zone 33N 7stellen
Projektion: Transverse Mercator
Einheiten: Meter

Potentiell erosionsgefährdete Maisanbauflächen (nach Kriterium 2) - 2009



Legende

Maisflächen-2009

Einstufung nach Kriterium 2

- potentiell in höherer Gefährdungsklasse
- in Gefährdungsklasse 0, 1 und 2

Erklärung zur Einstufung nach Kriterium 2:

Nach Kriterium 2 werden alle Feldblöcke in potentiell höher gefährdete Klassen eingestuft, deren Maisflächen größer sind als die Flächen der Gefährdungsklasse 0, 1 und 2 nach DIN 19708 (ABAG) innerhalb des Feldblockes.



Autoren:

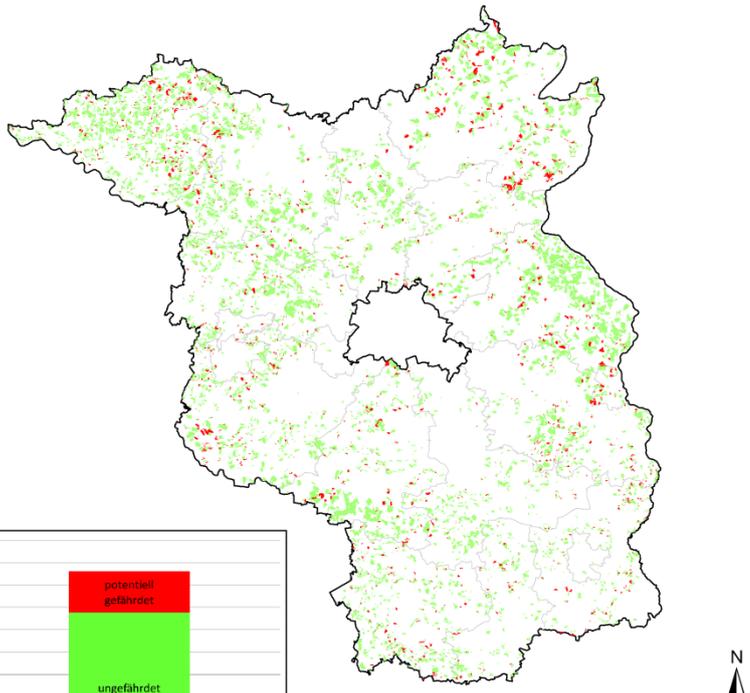
Robert Bartsch, Dr. Caroline Schlieier
(Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde)

Quellen:

Digitale Feldblöcke des Landes Brandenburg;
MLUV Brandenburg, datenhaltende Stelle LUGV
(Stand 09.09.2009)
InVeKos - Datensatz; LELF Brandenburg
(Stand 10.2011)
Landes und Landkreisgrenzen
VG2508/ATKIS, ©Bundesamt für Kartographie und
Geodäsie 2008

Koordinatensystem: ETRS 1989 UTM Zone 33N 7stellen
Projektion: Transverse Mercator
Einheiten: Meter

Potentiell erosionsgefährdete Maisbauflächen (nach Kriterium 1) - 2010



Legende

Maisflächen-2010

Einstufung nach Kriterium 1

- potentiell in höherer Gefährdungsklasse
- in Gefährdungsklasse 0

Erklärung zur Einstufung nach Kriterium 1:

Nach Kriterium 1 werden alle Feldblöcke in potentiell höher gefährdete Klassen eingestuft, deren Maisflächen größer sind als die Flächen der Gefährdungsklasse 0 nach DIN 19708 (ABAG) innerhalb des Feldblockes.



Autoren:

Robert Bartsch, Dr. Caroline Schleiher
(Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde)

Quellen:

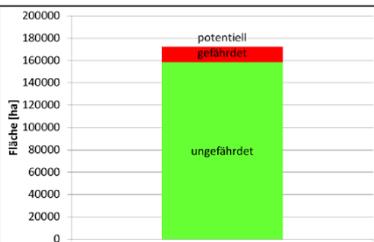
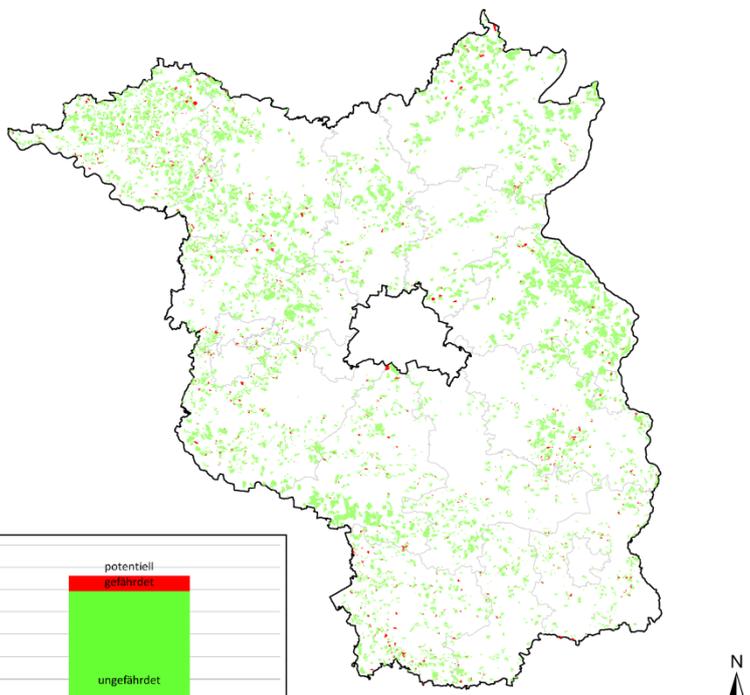
Digitale Feldblöcke des Landes Brandenburg;
MLUV Brandenburg, datenhaltende Stelle LUGV
(Stand 17.09.2010)

InVeKos - Datensatz; LELF Brandenburg
(Stand 10.2011)

Landes und Landkreisgrenzen
VG2508/ATKIS, ©Bundesamt für Kartographie und
Geodäsie 2008

Koordinatensystem: ETRS 1989 UTM Zone 33N 7stellen
Projektion: Transverse Mercator
Einheiten: Meter

Potentiell erosionsgefährdete Maisbauflächen (nach Kriterium 2) - 2010



Legende

Maisflächen-2010

Einstufung nach Kriterium 2

- potentiell in höherer Gefährdungsklasse
- in Gefährdungsklasse 0, 1 und 2

Erklärung zur Einstufung nach Kriterium 2:

Nach Kriterium 2 werden alle Feldblöcke in potentiell höher gefährdete Klassen eingestuft, deren Maisflächen größer sind als die Flächen der Gefährdungsklasse 0, 1 und 2 nach DIN 19708 (ABAG) innerhalb des Feldblockes.



Autoren:

Robert Bartsch, Dr. Caroline Schleiher
(Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde)

Quellen:

Digitale Feldblöcke des Landes Brandenburg;
MLUV Brandenburg, datenhaltende Stelle LUGV
(Stand 17.09.2010)

InVeKos - Datensatz; LELF Brandenburg
(Stand 10.2011)

Landes und Landkreisgrenzen
VG2508/ATKIS, ©Bundesamt für Kartographie und
Geodäsie 2008

Koordinatensystem: ETRS 1989 UTM Zone 33N 7stellen
Projektion: Transverse Mercator
Einheiten: Meter

**Ministerium für Umwelt,
Gesundheit und Verbraucherschutz
des Landes Brandenburg**

**Landesamt für Umwelt,
Gesundheit und Verbraucherschutz
des Landes Brandenburg**

Referat Umweltinformation/Öffentlichkeitsarbeit

Seeburger Chaussee 2
14476 Potsdam OT Groß Glienicke
Tel. 033201 442 171
Fax 033201 43678
E-Mail infoline@lugv.brandenburg.de
www.lugv.brandenburg.de

