

Wissenschaftliche Kurzstudie zur Ausweisung von Vorbehaltsgebieten für die Landwirtschaft im integrierten Regionalplan Oderland-Spree

Hannah v. Czettritz, Sebastian de la Serna, Johannes Schuler &
Peter Zander



Leibniz-Zentrum für
Agrarlandschaftsforschung
(ZALF) e.V.

Überblick

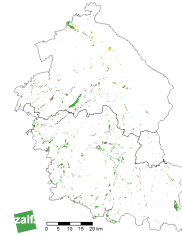
Ziel:

- Entwicklung einer Methode zur Ausweisung von landwirtschaftlichen Vorbehaltsgebieten mit hoher bis mittlerer Klimarobustheit
- Anwendung der Methode in der Modellregion Oderland-Spree und Bestimmung von klimarobusten, ertragsfähigen landwirtschaftlichen Vorbehaltsgebieten

Moorflächen

Moorflächen = Moormächtigkeit > 0 cm

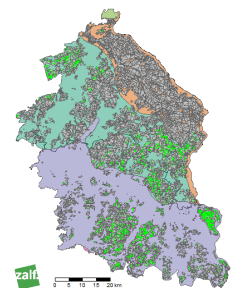
- Priorisierung von Moorflächen



Vorzugsflächen

Vorzugsflächen = Grünland + Dauerkultur + Klimarobuste Flächen

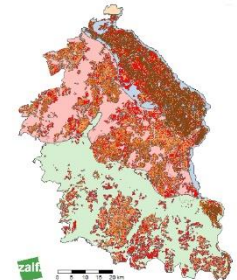
- ➔ Bestimmung für die gesamte Modellregion
- ➔ Klimarobuste Flächen (erfüllen alle drei Kriterien):
 - Geringes Trockenheitsrisiko (dMi >= 20)
 - Geringe Winderosionsgefährdung (Klassen 0-3)
 - Geringe Wassererosionsgefährdung (k-Faktor < 0,3)



Potentialflächen

Ziel:

- ➔ Ländliche Entwicklung & Landschaftsbild
 - Gleichmäßige Verteilung der Potentialflächen durch Betrachtung einzelner Naturraumgebiete
- ➔ Ernährungssicherheit in Berlin und Brandenburg
 - Berechnung des landwirtschaftlichen Flächenbedarfs (Foodshed Modell)
 - Sicherstellung ~ 85% der produktivsten Flächen



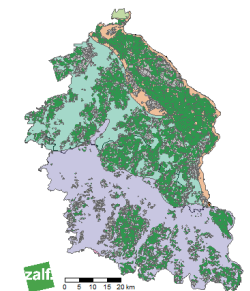
Ansatz 1:

- Bestimmung der Flächen anhand der Ackerzahlen (0-100)
- Ausschließliche Berücksichtigung von Flächen mit Ackerzahlen größer 23
- Ausweisung der Flächen mit den 85% höchsten Ackerzahlen

Potentialflächen = 85% besten Böden der Flächen mit AZ > 23

Ansatz 2:

- Deckungsbeiträge für gängige Fruchtfolgen basierend auf Pflanzenwachstumsmodell
- Wiederholte Simulation von 30 Jahren und Bestimmung der ertragsschwächsten Jahre (25% Quantil)
- Ausweisung der Flächen mit den 80% höchsten Deckungsbeiträgen
- Wiederholung für vier verschiedener Klimaszenarios
- ➔ Bestimmung der Flächen, die in allen Klimaszenarios auch in den ertragsschwachen Jahren die höchsten Deckungsbeiträge erwirtschaften



Potentialflächen = (robuste Flächen Szenario n) ∩ (robuste Flächen Szenario n + 1)

1 Einleitung

1.1 Hintergrund

Ausgelöst durch Krisen wie die Corona-Pandemie und den Krieg in der Ukraine wurden Fragen rund um eine krisensichere Lebensmittelversorgung in den letzten Jahren zunehmend zu politischen Kernthemen. Wie aus dem letzten Sachstandsbericht des IPCC (2021) hervorgeht, müssen bei den entstandenen landwirtschaftlichen Produktionsdebatten auch Fragen rund um klimainduzierte Unsicherheiten diskutiert werden. Hinzu kommt, dass die wachsende Nachfrage nach regionaler Lebensmittelproduktion zunehmend um Flächen konkurriert, die z.B. für Freiflächen-Photovoltaikanlagen genutzt werden können. Auch die 2022 beschlossene Nationale Moorschutzstrategie des Ministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) erhöht den Druck, gerade auf landwirtschaftlich genutzte Flächen (BMEL 2022). Um bei der Flächenausweisung möglichst viele Aspekte zu berücksichtigen, müssen klare Richtlinien entwickelt werden, welche sowohl aktuelle wie auch zukünftige Produktionsbedingungen berücksichtigen.

Derzeit basiert regionalplanerische Flächenausweisung überwiegend auf der Bodengüte und berücksichtigt nur selten klimabedingte Risiken. Um der zunehmenden Relevanz klimarobuster Flächen gerecht zu werden, bedarf es neuer Kriterien. Hierfür fehlt es bisher jedoch noch an einer wissenschaftlichen Grundlage. Die Regionalplanung benötigt ein Verfahren zur Flächenausweisung anhand neuester Erkenntnisse zur Bewertung klimarobuster, landwirtschaftlicher Flächen. Nachhaltigkeitsaspekte wie z.B. kurze Transportwege, die Rolle von Moorböden und eine steigende Nachfrage nach regionalen Lebensmitteln dürfen hierbei nicht vernachlässigt werden.

Diese wissenschaftliche Kurzstudie hat das Ziel, eine Grundlage für diese ganzheitliche Betrachtungsweise zur Ausweisung von landwirtschaftlichen Vorbehaltsgebieten zu erarbeiten. Landwirtschaftliche **Vorbehaltsgebiete** wirken Rahmen setzend. Einem Vorbehalt ist bei konkurrierenden Nutzungen besonderes Gewicht bei zu messen. Er muss in allen Plan-, Prüf- und Zulassungsverfahren berücksichtigt werden und ist nur im begründeten Einzelfall überwindbar (Scholich 2018).

Diese Studie dient als fundierte Grundlage für die Ausweisung klimarobuster und ertragreicher landwirtschaftlicher Flächen im Integrierten Regionalplan der Planungsregion Oderland-Spree. Die Ausweisung der Gebiete soll einen Beitrag zur Sicherung klimarobuster Flächen und der Ernährungssicherheit in den Landkreisen und dem angrenzenden Berlin leisten.

1.2 Bewertungskriterien

Die Ausweisung beruht auf folgenden sich ergänzenden Kriterien:

- Moormächtigkeit
- Empfindlichkeit gegen Trockenheit
- Empfindlichkeit gegen Winderosion
- Empfindlichkeit gegen Wassererosion
- Bodengüte (Ackerzahlen/Landbaugebiete)
- Ertragspotential unter zukünftigen Klimabedingungen
- Bedarfsmodell zur Sicherstellung der Versorgungssicherheit

1.3 Ziele der wissenschaftlichen Kurzstudie

- Entwicklung einer Methode zur Ausweisung von landwirtschaftlichen Vorbehaltsgebieten mit hoher bis mittlerer Klimarobustheit unter Berücksichtigung ökonomischer Faktoren
- Anwendung der Methode in der Modellregion Oderland-Spree und Identifikation von klimarobusten, ertragsfähigen landwirtschaftlichen Potentialflächen um auf dieser Basis Vorbehaltsgebiete ausweisen zu können
- Fehlerbetrachtung der Methode bzw. Analyse der Vor- und Nachteile der Methode

2 Methode

2.1 Region

Diese Studie betrachtet die drei Gebietskörperschaften: Landkreise Märkisch-Oderland, Frankfurt (Oder) und Oder-Spree (Abbildung 1.1). Alle drei Gebietskörperschaften befinden sich im Bundesland Brandenburg. Der Landkreis Märkisch-Oderland erstreckt sich über 2.158,67 km², wovon ein Flächenanteil von ca. 60% landwirtschaftlich genutzt wird. Die Einwohneranzahl liegt derzeit knapp unter 200.000 (Stand 30.06.2022) (Märkisch Oderland). Frankfurt (Oder) ist der kleinste Landkreis mit der höchsten Bevölkerungsdichte und einer Einwohnerzahl von 56.579 (de.statista 2023). Der Landkreis Oder Spree umfasst eine Fläche von 2.256,75 km² mit einer Bevölkerung von ca. 180.000 Menschen (31.12.2021). Rund 90.000 Hektar der Gesamtfläche werden derzeit landwirtschaftlich genutzt (Stand 2020) (Landkreis Oder-Spree). Die Landkreise Märkisch-Oderland und Oder-Spree grenzen an die Stadt Berlin. Alle drei Gebietskörperschaften grenzen im Osten an Polen. Abbildung 1.1 zeigt die landwirtschaftlichen Flächen der drei Gebietskörperschaften nach Nutzungsart. Die landwirtschaftliche Gesamtfläche beträgt 198.456 Hektar mit einer durchschnittlichen Feldblockgröße von 30,61 Hektar.

Wie die folgenden Abschnitte zeigen werden, sind klimarobuste und produktive Böden nicht gleichmäßig über die drei Landkreise verteilt. Eine einheitliche Ausweisung der Flächen würde zu einer Konzentration auf eine bestimmte Region führen. Um das zu vermeiden, wurden die Landkreise, wie in Abbildung 1.2 gezeigt, in Naturraumgebiete (NG) unterteilt und die Priorisierung der Flächen per NG einzeln bestimmt. Da die sehr kleinen Teilflächen der Uckermark und des Spreewalds keine oder kaum Ackerflächen beinhalten, werden diese in der weiteren Studie nicht berücksichtigt.

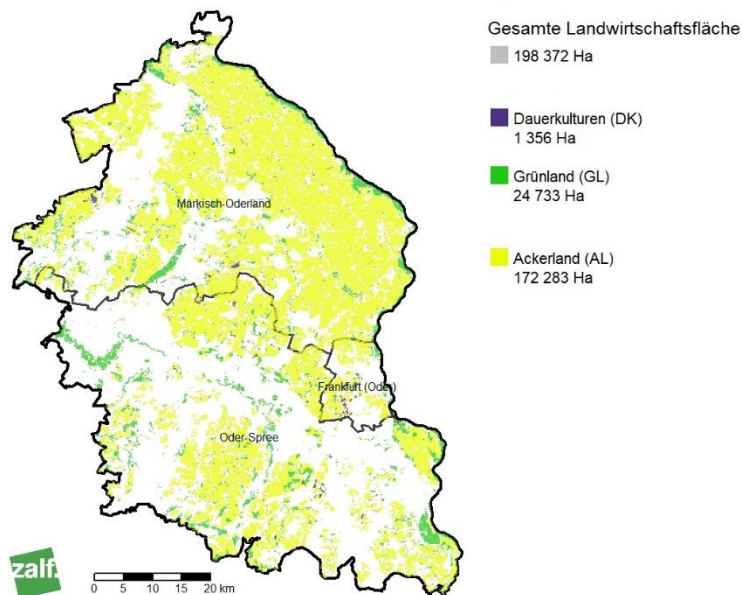


Abbildung 1.1 Einteilung der landwirtschaftlichen Gesamtfläche nach Nutzungsart. Digitale Orthophotos der Landesvermessungen Brandenburg und Berlin (0,2 m Bodenauflösung; aktuelle Bildaufnahmen). Erfassungsmaßstab 1:1500.

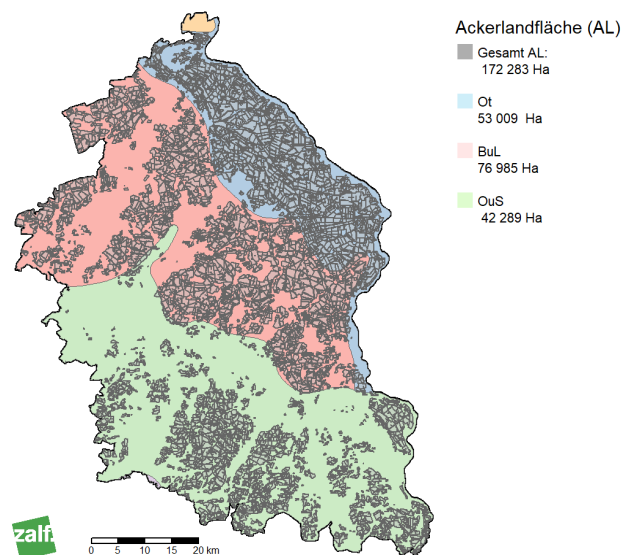


Abbildung 1.2 Ackerfläche aufgeteilt nach Naturraumgebieten. Karte im Maßstab 1:300.000 aus dem Jahr 2000.

2.2 Methode

Für die Bestimmung möglicher Potentialflächen wurden verschiedene und an vielen Punkten sich ergänzende Methoden kombiniert. Bei der Entwicklung der Ausweiskriterien wurde sich weitgehend an den Erkenntnissen der Arbeitsgruppe klimaadaptierte Regionalplanung der Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde für den Landkreis Barnim orientiert (LUGV AG Klimaadaptierte Regionalplanung 2015), in wichtigen Teilbereichen jedoch modifiziert. Für die Modellregion stehen teilweise detailliertere

Datensätze zur Verfügung, welche eine genauere Ausweisung ermöglicht haben. Diese Studie setzt einen ergänzenden Fokus auf die Analyse der Moormächtigkeit sowie eine ökonomische Analyse der Flächen unter verschiedenen Klimaszenarien. Die im Landkreis Barnim berücksichtigten Beschäftigungseffekte wurden dafür vernachlässigt.

Die am Anfang dieser Studie aufgeführte Box „Überblick“ zeigt in Kurzform die genutzten Daten, Regeln und die erzielten Ergebnisse. Die Kurzstudie ist in drei Teile gegliedert. In einem ersten Schritt wurden Moorböden von einer möglichen Ausweisung ausgeschlossen. Anschließend wurden Vorzugsflächen, welche besonders zu priorisieren sind, bestimmt. In einem letzten Schritt werden weitere Flächen bestimmt, die besonderes Potential zur Ausweisung als landwirtschaftliche Vorbehaltsgebiete aufzeigen. Im Folgenden wird zunächst die Datenbasis erläutert und anschließend die Regelwerke, die zu den Ergebnissen führen.

2.2.1 Moorböden

Rund 7 Prozent der nationalen Treibhausgasemissionen werden durch die Zersetzung von Moorböden verursacht. Aus diesem Grund hat das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft mit der nationalen **Moorschutzstrategie** 2022 Moorböden erstmals in den Fokus der nationalen Klimapolitik gestellt. Die Strategie beinhaltet eine Vielzahl an differenzierten Maßnahmen und Zielen. Ab Februar 2023 werden Bund und Länder die Umsetzung der insgesamt 117 potentiellen Maßnahmen koordinieren. Unter Berücksichtigung regionaler Bedingungen sollen landwirtschaftliche Betriebe für die freiwillige Einführung von Bewirtschaftungsformen, die mit dem Moorbodenschutz im Einklang stehen, zusätzliche Fördermittel erhalten (LBGR 2022). Für landwirtschaftlich genutzte Moorflächen soll in Zukunft eine landwirtschaftliche Bewirtschaftung mit torferhaltendem Management priorisiert werden. Gleichzeitig sollen naturnahe Moorflächen geschützt und freiwillige Wiedervernässungsmaßnahmen gefördert werden (BMUV 2022). Für die erfolgreiche Umsetzung der Strategie müssen regional die passenden Rahmenbedingungen geschaffen werden.

Um den Rahmen für die Umsetzung der Maßnahmen flexibel zu halten, wurden bei der Ausarbeitung der Flächenvergabekriterien in einem ersten Schritt die Moorböden in der Modellregion bestimmt. Hierfür wurden Karten mit der aktuellen Moormächtigkeit in Zentimeter des Landesamts für Bergbau, Geologie und Rohstoffe Brandenburg (LBGR) genutzt. Durch Verschneidung verschiedener Karten wurde die derzeitige Nutzung der Flächen ermittelt. Moorböden auf Ackerflächen, welche aufgrund einer Moormächtigkeit größer null ein größeres Klimaschutzpotential aufweisen, wurden getrennt ausgewiesen. Um eine Handhabung unter Betrachtung der lokalen Gegebenheiten zu ermöglichen, wurden die bestimmten Moorböden in der Planungsregion gezielt von der Bestimmung der Potentialflächen ausgeschlossen.

2.2.2 Vorzugsflächen

In einem zweiten Schritt wurden **Vorzugsflächen** anhand der aktuellen landwirtschaftlichen Nutzung bestimmt (Abbildung 1.1). Vorzugsflächen bezeichnen in diesem Fall Gebiete, welchen eine besondere Priorisierung innerhalb der potentiellen Ausweisungsflächen zusteht. Flächen mit Dauerkulturen und Grünland wurden als Vorzugsflächen priorisiert. Anschließend wurden besonders klimarobuste Flächen innerhalb der derzeit als Ackerland genutzten Gebiete evaluiert. Hierfür wurden drei Indikatoren für das Trockenheitsrisiko, sowie die Wind- und Wassererosionsgefährdung verwendet und die Schnittmenge bestimmt.

Zur Einstufung der Gefährdung der Erträge durch **Trockenheit** wurde der Jahresmittelwert des Trockenheitsindex nach de Martonne herangezogen (DWD Climate Data Center (CDC)). Der Index berechnet sich durch $dMI = \frac{N}{T+10}$. Wobei N den jährlichen durchschnittlichen Niederschlag in mm und T die durchschnittliche Jahrestemperatur in °C bezeichnet. Die Einheit des Index sind mm/°C. Je kleiner der Index, desto größer die Trockenheit. Durch den Faktor 10 im Nenner sollen Werte unter null verhindert werden. Der Index wurde auf Basis der jährlich gemittelten Niederschlagsdaten von 1995-2022 des Deutschen Wetterdiensts in einem 1 km x 1 km Rasters berechnet. Die für die Gebietskörperschaften berechneten Werte wurden in geringe bis mittlere (26 - 20) und hohe (19 - 16) Sensitivität unterteilt (Gavrilov et al. 2019; DWD).

Zur Bestimmung des **Wind- und Wassererosionsrisikos** wurden Karten der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) verwendet. Die Gebiete sind in Winderosionsgefährdungsklassen von 0-5 eingeteilt. Die Klassen 0-3 (keine, sehr geringe, geringe und mittlere Sensitivität) sind in dieser Studie positiv, und die letzten beiden Klassen (hohe und sehr hohe Sensitivität) als Erosionsrisikogebiet bewertet (LUGV AG Klimaadaptierte Regionalplanung 2015). Das Wassererosionsrisiko wird auf Basis des Langfristmodells ABAG (Allgemeine Bodenabtragsgleichung) bestimmt. Es berücksichtigt bodenkundliche (K-Faktor), nutzungsdifferenzierte, morphologische (S-Faktor), geographische und klimatische Daten (R-Faktor). Als Grenzwert in der Analyse wurde der Wert 0,3 t/ha pro Jahr verwendet. Böden mit einem Wert unter 0,3 sind als Böden mit geringem Wassererosionsrisiko eingeordnet (BGR).

Flächen, welche sowohl ein geringes Trockenheitsrisiko wie auch niedrige Wasser- und Winderosionsgefährdung aufweisen, wurden als klimarobust bestimmt (Abbildung 2).

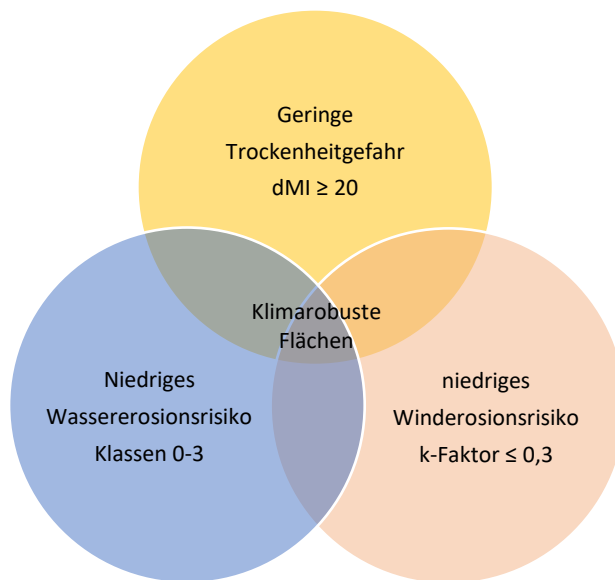


Abbildung 2. Graphische Darstellung der Methodik zur Ausweisung klimarobuster Flächen.

2.2.3 Potentialgebiete

Zur Ausweisung der ergänzenden **Potentialgebiete** ist es wichtig, den Bedarf an landwirtschaftlicher Fläche zu bestimmen. Hierfür wurden Ergebnisse des **Foodshed-Modells** von Zasada et al. (2019) verwendet. Foodshed-Modelle berechnen unter Berücksichtigung von Bevölkerungswachstum, Konsumgewohnheiten, Abfallquoten und dem Anteil ökologischer Landwirtschaft den Bedarf an landwirtschaftlichen Erzeugnissen in den betrachteten Gebieten und die hierfür benötigte Ackerfläche.

Der Anteil ökologischer Landwirtschaft sowie die Abfallquote pro Kopf beeinflussen die benötigte Fläche. Die verwendeten Werte gehen von einer stabilen Abfallquote und einem stagnierendem Anteil von biologischer Landwirtschaft aus. Da die beiden Faktoren in gegensätzliche Richtungen wirken, gleichen sich die Effekte teilweise aus, so dass darauf verzichtet wurde, alternative Szenarien zu berechnen (Zasada et al. 2019). Der resultierende Bedarf an Ackerflächen wurde als Grundlage der folgenden Analyse verwendet.

Ackerzahlen (AZ) beziffern das Verhältnis der **Ertragsfähigkeit** der geschätzten zur ertragsfähigsten Bodenfläche mit der Wertzahl 100 für den besten Ackerstandort. Je höher die Ackerzahl, umso ertragsfähiger die Fläche. Die Ermittlung dieser Werte berücksichtigt den Bodentyp, die geologische Bodenart sowie die aktuellen und allgemeinen klimatischen und hydrologischen Bedingungen. Flächen mit Ackerzahlen unter 23 leisten aufgrund des niedrigen Ertragsniveaus einen verhältnismäßig geringen Beitrag zur Lebensmittelversorgung. Bei der durch das Foodshed Modell berechneten Fläche werden die Ackerflächen nicht weiter differenziert. Um Flächen, die ein geringes Beitragspotential haben, die Freigabe für alternative Nutzungsmöglichkeiten offen zu halten, wurden Flächen mit einer Ackerzahl unter 23 generell von den potentiell auszuweisenden Flächen ausgeschlossen. Der berechnete Flächenbedarf wurde auf Standorte mit größerem Beitragspotential ($AZ > 23$) verrechnet, um diese gezielt für die landwirtschaftliche Produktion zu reservieren. Um eine Verteilung der Potentialgebiete auf alle Regionen sicher zu stellen, wurden die Flächen für die einzelnen Naturraumgebiete getrennt ermittelt.

Die bisherige Analyse bezieht sich hauptsächlich auf historische Daten und berücksichtigt nur bedingt **klimainduzierte Risiken** und **ökonomische Faktoren**. Um diese Aspekte zu ergänzen, wurde die **ökonomische Ertragssicherheit** der Flächen unter zukünftigen Klimaszenarien berechnet. Hierfür wurden simulierte Ertragswerte (Kersebaum 2004) unter verschiedenen Klimaszenarien mit regionalen Produktionskosten (Hanff 2021) verbunden und Deckungsbeiträge pro Hektar für zwei gängige Fruchtfolgen berechnet. Die erste Fruchtfolge beinhaltet Winterweizen, Wintergerste, Winterroggen, Wintertraps und an einigen Standorten Silomais. Die zweite Fruchtfolge hat einen zusätzlichen Fokus auf Futtermittel (Winterweizen, Silomais, Winterroggen, Futtergras). Beide Fruchtfolgen wurden jeweils mit und ohne Zwischenfrucht simuliert.

Die Werte wurden für verschiedene Klimaszenarien jeweils für eine Zeitspanne von 30 Jahren berechnet und mit wechselnder Fruchtfolge wiederholt simuliert. Um zu untersuchen, welche Flächen auch in den schlechten Jahren noch ökonomisch ertragsfähig bleiben, wurden die Flächen mit den höchsten Erträgen in den schlechtesten Jahren (25% Quantil, Anpassung je nach Risikoaversion möglich) als risikorobust gekennzeichnet. Um die verschiedenen Klimaszenarien zu berücksichtigen, wurden diese einzeln berechnet und nur solche Flächen als robust markiert, welche in allen Szenarien zu den robusten Flächen zählen. Auch an dieser Stelle wurden die Naturraumgebiete einzeln betrachtet.

2.3 Datenbasis

Die Bestimmung der **Moorböden** basiert auf Daten des Landesamts für Bergbau, Geologie und Rohstoffe Brandenburg (LBGR). Der Datensatz beinhaltet die Verbreitung und den aktuellen Zustand (Moormächtigkeit bis zum mineralischen Untergrund in Zentimeter) landwirtschaftlich genutzter Standorte in Brandenburg. Die Daten basieren auf 7.725 flächenrepräsentativen und randomisierten Erhebungen aus dem Jahr 2013. Alle entstandenen Teilflächen wurden mit den Datengrundlagen des Moorarchivs der Humboldt-Universität zu Berlin (HUM), der Bodenschätzung (BS), der Forstlichen Standortskartierung (FSK), der Preußisch geol.-agronomischen Karten (GK) und der Biotoptypen und

Landnutzungskartierung (BTLNK) abgeglichen. Auf dieser Basis konnte der Zustand im Jahr 2021 bestimmt werden. Die verwendete Karte wurde auf Grundlage eines 10 m-Raster erzeugt (LBGR 2022).

Alle Karten in dieser Kurzstudie wurden auf Basis des **Digitalen Feldblockkatasters** (DFBK) erstellt. Das landwirtschaftliche Flächenkataster umfasst alle förderfähigen landwirtschaftlichen Flächen in Berlin-Brandenburg. Das DFBK wird vorwiegend als Referenzsystem für Agrarförderanträge genutzt. Der Datensatz besteht aus Feldblöcken und Landschaftselementen wobei die Bewirtschaftung eines Feldblocks nicht auf einen Betrieb beschränkt ist. Die Karte beinhaltet neben den Landschaftselementen auch weitere Nicht-beihilfefähige-Flächen (NBF), welche lediglich bei der Bestimmung der Moorböden berücksichtigt (DFBK 2022) wurden.

Zur Bestimmung des **Winderosionsrisikos** wurde eine Karte der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) verwendet, welche regionale Schwerpunkte mit besonderem Risiko der windbedingten Bodenabtragung zeigt. Grundlage des Kennwerts sind der Humusgehalt, die Bodenart und die mittlere jährliche Windgeschwindigkeit, unter Berücksichtigung von landwirtschaftlich genutzten Moorböden. Die resultierende Karte zeigt das Winderosionsrisiko der Ackerböden in Deutschland (1:1.000.000) (BGR 2014b).

Neben Windabtragung gefährdet auch **Erosion durch Wasser** regionale Ackerböden. Die ergänzende Karte des BGR gibt einen Überblick über erosionsgefährdete Gebiete. Die Karte zeigt die Erosionsgefährdung auf Basis des Langfristmodells Allgemeine Bodenabtragungsgleichung (ABAG), eine Anpassung der Universal Soil Loss Equation (USLE) an den deutschen Kontext. Es werden durch den K-Faktor bodenkundliche und nutzungsdifferenzierte Daten berücksichtigt. Morphologische, sowie geographische und klimatische Daten sind durch den S-Faktor und R-Faktor inkludiert. Die potenzielle Bodenerosion durch Wasser auf Ackerland sind in Tonnen pro Hektar und Jahr gegeben (BGR 2014a).

Die verwendeten **Ackerzahlen** basieren auf dem Ergebnis des Bodenschätzungsgesetzes (BodSchätzG), das durch eine einheitliche Methode landwirtschaftliche Flächen in Deutschland anhand ihrer Ertragsfähigkeit bewertet. Ackerzahlen sind ein relativer Indikator von 0 bis 100, wobei das Maximum durch die produktivste Fläche gesetzt wird. Die Werte basieren auf Informationen über geologische Formation sowie Zustand des Bodens, Bodentyp und allgemeinen Klima- und Wasserverhältnissen. Die Daten sind öffentlich zugänglich durch das amtliche Liegenschaftskatasterinformationssystem (ALKIS) (Schmitz 2020).

Für die Ertragsdaten wurden Ergebnisse des Pflanzenwachstumsmodells Hermes verwendet. **Hermes** simuliert Erträge verschiedener Fruchtfolgen über einen Zeitraum von 30 Jahren (1980-2010 & 2040-2070). Das Model berücksichtigt 276 detaillierte Bodentypen, regionale Klimabedingungen und vergleicht verschiedene Klimamodelle und Szenarien (Hadley Institute & Max Planck Institut, RCP 4.5 & 8.5). Während die Klimaszenarien des Max-Planck-Institutes vergleichsweise gemäßigte Klimaveränderungen prognostizieren, geht das Hadley Institute von stärkeren Temperaturanstiegen und steigender Trockenheit in den Sommermonaten aus. In dieser Studie wurden die zwei gängigsten regionalen Fruchtfolgen verwendet: eine typische Fruchtfolge für reine Ackerbaubetriebe, sowie eine zweite für Veredelungsbetriebe typische Fruchtfolge mit einem Fokus auf Futtergewinnung. Beide Fruchtfolgen wurden jeweils mit und ohne Zwischenfrucht gerechnet. Die simulierten Daten beinhalten nicht nur die Erträge, sondern auch detaillierte Management-Informationen, sowie die eingesetzten Düngemengen (Kersebaum 2004).

Ökonomische Daten, vor allem Kosten und Preise, stammen überwiegend aus der Datensammlung Brandenburg des Ministeriums für Umwelt und Klimaschutz Brandenburg (Hanff und Lau 2021). Die

Datensammlung hat den Vorteil, dass sie gezielt Preise und Kostenfaktoren im regionalen Brandenburger Kontext bestimmt. Für Kostenfaktoren, die nicht durch das Hermes Modell simuliert sind, werden auf Basis der Datensammlung Näherungswerte für bodentyp-spezifische Praktiken eingefügt. An vereinzelten Stellen wurden benötigte Daten durch den Leistungs-Kosten-Rechner des Kuratoriums für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL 2022) ergänzt.

Das zur Analyse der ökonomisch robusten Flächen verwendete Pflanzenwachstumsmodell (HERMES) basiert auf Bodenprofilen der Bodenübersichtskarte des Landes Brandenburg (1:300.000). Die Karte (**Buek300**) wird vom Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe Brandenburg (LBGR) in gemeinsamer Zusammenarbeit mit der Landesvermessung und Geobasisinformation Brandenburg herausgegeben. Sie dient einem Überblick über wesentliche Bodenarten und weist einen höheren Differenzierungsgrad auf als andere Landesübersichten (Bodenübersichtskarte des Landes Brandenburg 2001). Um die Vorteile der Buek300 und des in der restlichen Studie verwendeten DFBK zu verbinden, wurden die zwei Karten für die ökonomische Analyse verschnitten. Durch die geometrische Zuordnung können sowohl die Bodeninformationen wie auch die Bodennutzungsarten auf Felddblockebene betrachtet werden.

3 Ergebnisse

3.1 Moorböden

Der Fokus auf Moorböden in der nationalen Klimapolitik hat in den letzten Jahren stark zugenommen. Wenn die nationalen Klimaschutzziele erreicht werden sollen, müssen Moorböden zunehmend geschützt werden (BMEL 2022). Um die Rolle der Moorböden auch bei der Flächenausweisung zu berücksichtigen, zeigen Abbildung 2.1 und 2.2 die Verteilung der Moorböden in der Modellregion. Abbildung 2.1 zeigt alle Moorböden unabhängig der aktuellen Moormächtigkeit. Von den 25.336 Hektar Moorböden werden aktuell 5.995 Hektar als Ackerland, 10.601 Hektar als Grünland und 36 Hektar für Dauerkulturen genutzt.

Wie weit die Mineralisierung der Moorböden fortgeschritten ist, variiert sehr stark. Werden Moorflächen mit einer Moormächtigkeit von 0 nicht berücksichtigt, reduziert sich die Gesamtfläche um ca. die Hälfte. Von den verbleibenden 13.098 Hektar werden derzeit 987 Hektar als Ackerland genutzt. Obwohl die Flächen teilweise in ertragreichen Gebieten liegen, werden diese Felder im Folgenden von den Potentialflächen ausgeschlossen und getrennt ausgewiesen.

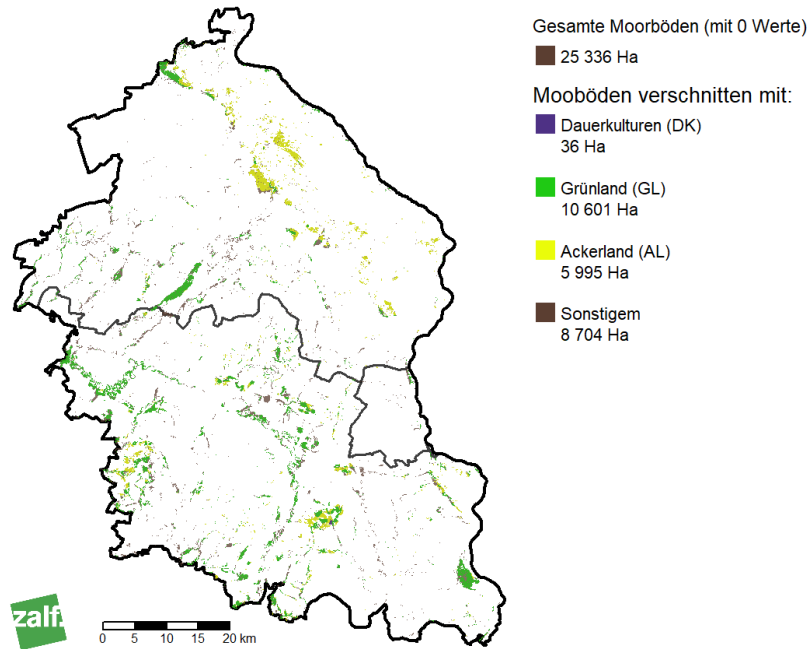


Abbildung 2.1. Moorböden nach aktueller Nutzungsart und unabhängig der derzeitigen Moormächtigkeit.

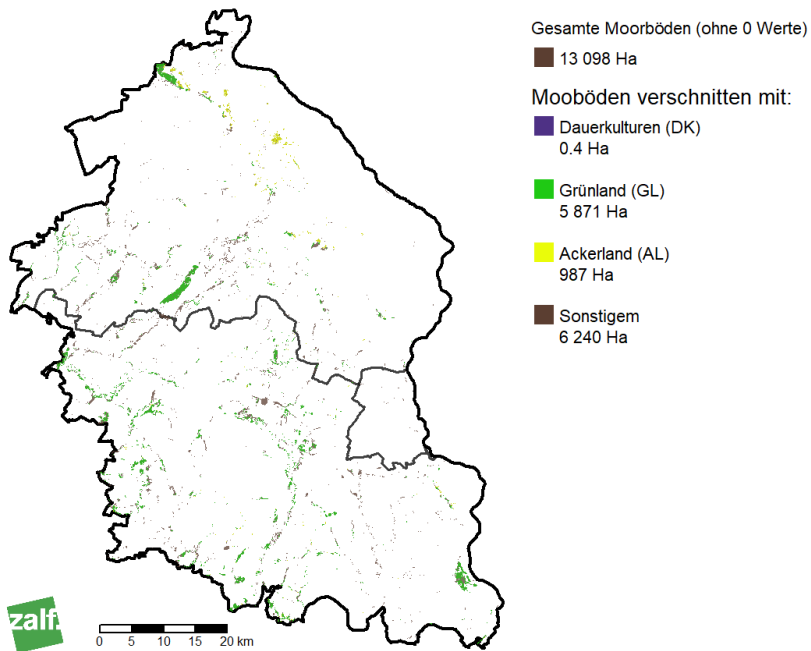


Abbildung 2.2. Moorböden mit Moormächtigkeit größer null nach aktueller Nutzungsart.

3.2 Vorzugsflächen

3.2.1 Dauerkulturen & Grünland

Abbildung 1.1 unterteilt die landwirtschaftliche Gesamtfläche nach Nutzungsart. Auf Basis der Nutzungsart können hiervon bereits ca. 13% der Fläche als Vorzugsflächen ausgewiesen werden. Diese Zahl beinhaltet 1.356 Hektar (0,7%) Dauerkulturen (DK) und 24 733 Hektar (12,5%) Grünland (GL). Die restlichen 172.283 Hektar (86,8%) werden derzeit als Ackerland (AL) genutzt.

3.2.2 Klimarobuste Ackerflächen

In einem zweiten Schritt wurden besonders klimarobuste Flächen anhand von drei Kriterien (Trockenheit, Wind- & Wassererosion) bestimmt. Wind- und Wassererosion gefährden vor allem sandige, organische und humusarme Böden, wie sie gerade in Brandenburg weit verbreitet sind. Winderosion tritt vermehrt auf windexponierten Flächen auf, die nicht durch Vegetation geschützt werden.

Abbildung 3 zeigt alle Flächen, die sowohl ein geringes Trockenheitsrisiko ($dMI \geq 20$) wie auch niedrige Wasser- ($k \leq 0,3$) und Winderosionsgefährdung (Klassen 0-3) aufweisen. Insgesamt können nach diesen Kriterien 9,9% der Ackerflächen als klimarobust eingeordnet werden. Anhand der aktuellen Nutzungsart wurden bereits 13% der landwirtschaftlichen Flächen als Vorzugsflächen markiert. In der Summe können durch die Kombination 43.204 Hektar (ca. 22%) landwirtschaftliche Nutzfläche als Vorzugsfläche ausgewiesen werden. Das Odertal hat innerhalb der Landkreise mitunter die besten Böden. Dass die Flächen trotzdem nicht als robust gezählt werden, liegt vor allem an den vergleichsweise geringeren Niederschlägen im Odertal.

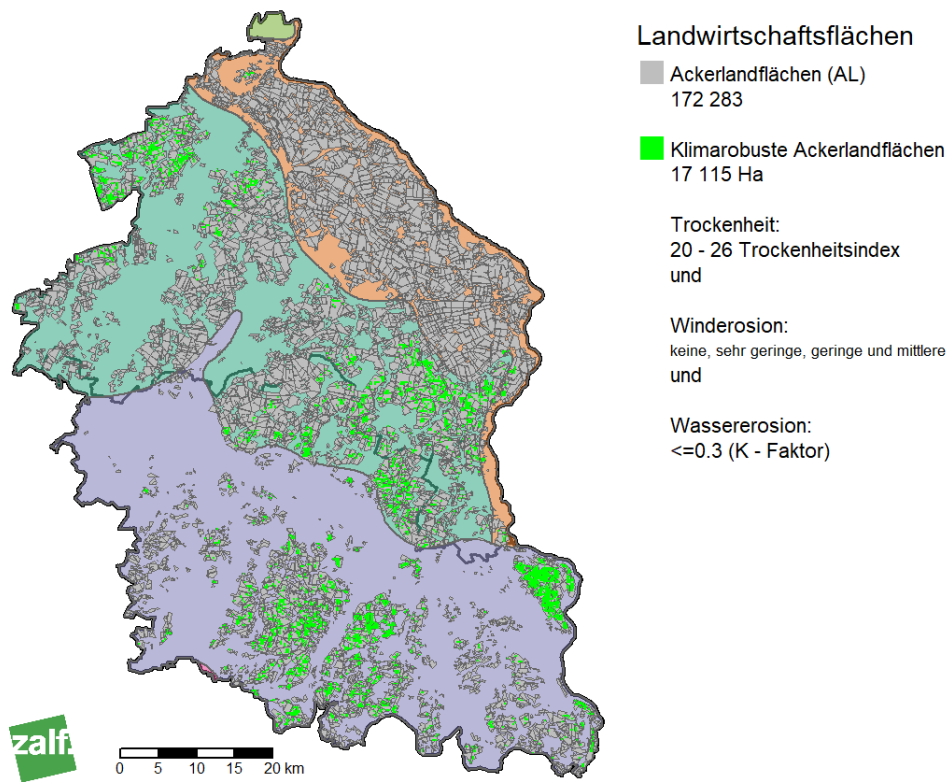


Abbildung 3. Klimarobuste Ackerflächen anhand der Kriterien Trockenheit, Wind- und Wassererosion.

3.3 Potentialgebiete

3.3.1 Lebensmittelsicherheit

Nach den vermehrten Preisschwankungen des letzten Jahres hat regionale Versorgungssicherheit immer mehr an Relevanz gewonnen. Daher wurde, wie in Abschnitt 2.2 erläutert, zur Bestimmung der zu priorisierenden Ackerfläche ein Foodshed-Modell herangezogen. Die betrachteten Gebietskörperschaften liegen im Umland der Großstadt Berlin. Um eine regionale Lebensmittelversorgung garantieren zu können, kann die Region deshalb nicht isoliert betrachtet werden, sondern muss die Metropolregion zu Teilen mitversorgen.

Die Metropolregion Berlin (100km Radius um Berlin Abbildung 4, innerer Kreis) verfügt derzeit über eine landwirtschaftliche Gesamtfläche von 14.600 km². Um Berlin und die umliegenden Gebiete, unter Berücksichtigung des aktuellen landwirtschaftlichen Produktivitätsniveaus, des Pro-Kopf-Konsums sowie einer Abfallquote zu versorgen, bedarf es 12.500 km² Anbaufläche (Abbildung 3, äußerer Kreis). Der kleinere Kreis in Abbildung 4 bezeichnet die zur Selbstversorgung der Stadt Berlin benötigte Fläche, der äußere Kreis die benötigte Fläche, wenn auch die umliegenden Gebiete sich selbst versorgen (Zasada, 2019). Um den Flächenbedarf auf die Naturraumgebiete zu verteilen, wurde der Flächenbedarf als Anteil des aktuellen Ackerlands berechnet. Mit den oben genannten Werten kommt man damit auf ~ 85,6% des aktuellen Ackerlandes, das erhalten werden muss, um die Bevölkerung in Berlin und Brandenburg mit regionalen Lebensmitteln zu versorgen. Zur Übersichtlichkeit wird im Folgenden mit einem abgerundeten Wert von 85% gerechnet.

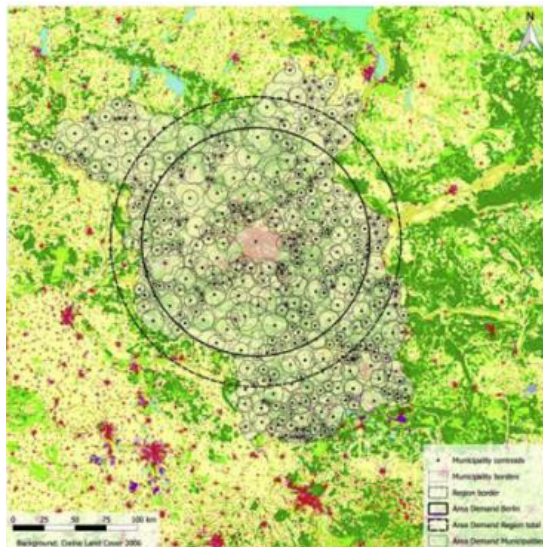


Abbildung 4. Benötigte landwirtschaftliche Fläche zur Versorgung der Metropolregion Berlin (Zasada et al. 2019)

3.3.2 Ackerzahlen und Potentialgebiete

Abbildung 5 zeigt die Ertragsfähigkeit der Naturraumgebiete auf Basis der Ackerzahlen. Das zugehörige Histogramm zeigt die Verteilung der jeweiligen Feldblöcke eingeteilt in fünf Landbaugebiete auf Basis der Ackerzahlen. Die Karte zeigt eine klare Konzentration der besten Böden im Odertal (blaues Gebiet). Als unproduktiv klassifizierbare Böden ($AZ \leq 23$) kommen in allen Naturraumgebieten vor, jedoch ist eine größere Konzentration im Ostbrandenburgischen Heide- und Seengebiet zu erkennen. Um einer zu starken

Konzentration landwirtschaftlicher Vorbehaltsgebiete entgegen zu wirken, werden (siehe auch Abschnitt 2.1) die Naturraumgebiete einzeln betrachtet.

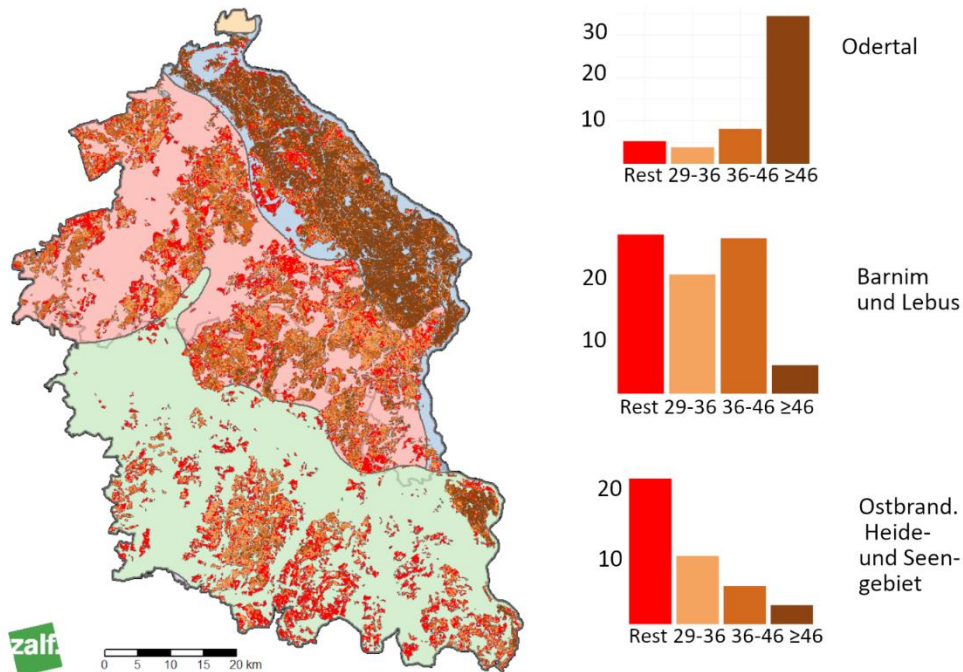


Abbildung 5. Feldblöcke nach Landbaugebieten (links). Y-Achse: Verteilung der Potentialflächen pro LBG. X-Achse: LBG und nicht ausgewiesene Flächen (Rest) (rechts).

Wie in Abschnitt 2.2 erläutert, sind Flächen mit Ackerzahlen unter 23 kaum für landwirtschaftliche Bewirtschaftung geeignet. Daher empfehlen wir eine Nichtberücksichtigung dieser Flächen bei der Ausweisung von Potentialgebieten und einen exklusiven Fokus auf Flächen mit Ackerzahlen über 23. Abbildung 6 zeigt die Verteilung der Ackerzahlen nach Naturraumgebieten. Die grau markierten Flächen sind Feldblöcke mit Ackerzahlen unter 23. Insgesamt sind damit ca. 10.165 Hektar in allen 3 Landkreisen von der Ausweisung als Vorbehaltsgebiet ausgeschlossen. Um den durch das Foodshed-Modell bestimmten Bedarf zu decken, empfehlen wir eine Betrachtung der 85% besten Böden der restlichen Flächen für eine Ausweisung als Vorbehaltsgebiet. In Abbildung 6 sind alle Flächen, die in den einzelnen Naturraumgebieten nicht unter die Ausweisung fallen, in Rot dargestellt. Die Karte zeigt die als Vorbehaltsgebiete auszuweisenden Flächen, wenn die Bedarfsquote von 85% auf alle Ackerflächen mit AZ größer 23 auf die einzelnen Naturraumgebiete angewandt wird. Insgesamt werden hierdurch 114.347 Hektar ermittelt. Aufgrund der ungleichen Verteilung der unproduktiven Böden unterscheiden sich die Anteile der ermittelten Flächen in den einzelnen Naturraumgebieten. Tabelle 1 fasst die Anteile der Feldblöcke aufgeteilt nach Ackerzahlen (AZ) und Landbaugebiete (LBG) sowie Naturregionen und Potentialgebieten zusammen.

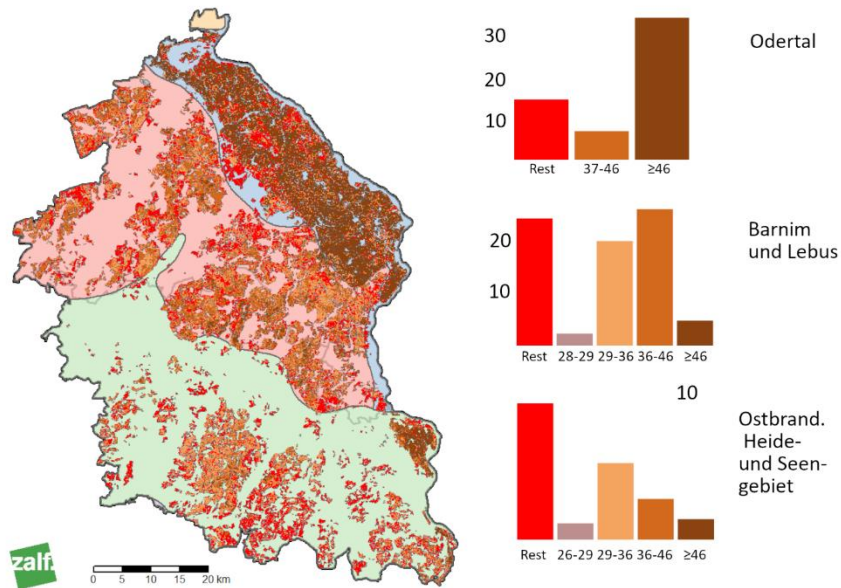


Abbildung 6. Potentialgebiete per Naturraumgebiet (braun). Flächen mit sehr niedrigen (grau) und niedrigen (rot) Erträgen.

Tabelle 1. Gesamte Ackerfläche (AL) und Potentialflächen (PF) in Hektar aufgeteilt nach AZ, LBG und Naturregionen.

LBG (AZ)	Barnim und Lebus (BuL)		Odertal (Ot)		Ostbran. Heide- und Seengebiet (OuS)	
	AL	PF	AL	PF	AL	PF
I (46-max)	4.639 ha	4.639 ha	34.406 ha	34.406 ha	2.887 ha	2.887 ha
II (36-46)	25.169 ha	25.169 ha	8.148 ha	6.962 ha	5.716 ha	5.716 ha
III (29-36)	19.301 ha	19.301 ha	3.831 ha	0 ha	10.699 ha	10.699 ha
IV (23-29)	11.312 ha	2.243 ha	2.295 ha	0 ha	6.122 ha	2.307 ha
V ≤ 23	14.443 ha	0 ha	2.988 ha	0 ha	15.201 ha	0 ha
Summe	74.864 ha	51.352 ha	51.668 ha	41.368 ha	40.625 ha	21.609 ha

3.3.3 Klimarobuste Wirtschaftlichkeit

Die bisherigen Indikatoren basieren vorwiegend auf historischen Daten und berücksichtigen nur bedingt ökonomische Aspekte und zukünftige Klimabedingungen. Wie in Abschnitt 2.2 beschrieben, wurden aus diesem Grund die Auswahlkriterien um eine ökonomische Analyse, basierend auf regionalen Preisdaten und dem Pflanzenwachstumsmodell Hermes, ergänzt. Hermes (Abschnitt 3) simuliert wiederholt Erträge und Managementoptionen für die gängigsten Fruchtfolgen in Brandenburg über einen Zeitraum von 30 Jahren. Auf dieser Basis wurden Deckungsbeiträge pro Hektar für ein Baseline-Szenario (1970-2010) und zukünftige Klimaszenarien (2040-2070) berechnet. Abbildung 7 zeigt, um einen Vergleich zu ermöglichen, die Deckungsbeiträge des Baseline-Szenarios basierend auf historischen Wetterdaten. Um zu evaluieren, welche Flächen auch in schlechten Jahren robuste Erträge bewirtschaften, zeigt die Karte die Deckungsbeiträge per Hektar in den ertragsschwächsten Jahren (25% Quantil) des jeweiligen Standorts.

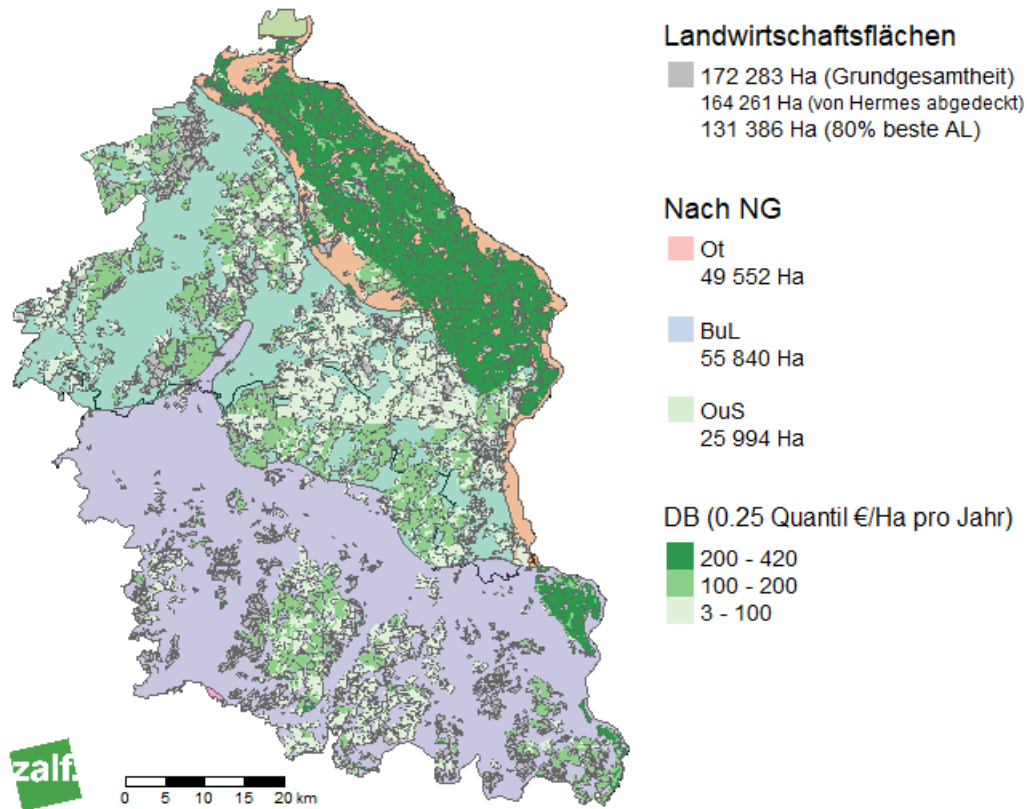


Abbildung 7. Deckungsbeiträge je Hektar der 25% ertragsschwächsten Jahre basierend auf 30 Jahren simulierter Fruchtfolgen (1970-2010).

Abbildung 8 markiert die Flächen (grün), welche in allen vier Klimaszenarien (2040-2070, Hadley Institute & Max Planck Institut, RCP 4.5 & 8.5) auch in den schlechtesten Jahren (25% Quantil) zu den ökonomisch ertragreichsten Flächen (besten 80%) gehören. Flächen, die nur in einzelnen Szenarien zu den ertragreichsten Flächen gehören, werden nicht als klimarobust gekennzeichnet. Von den insgesamt 172.283 Hektar Ackerland werden durch das Verfahren rund 71% also 122.095 Hektar als ökonomisch klimarobust gekennzeichnet.

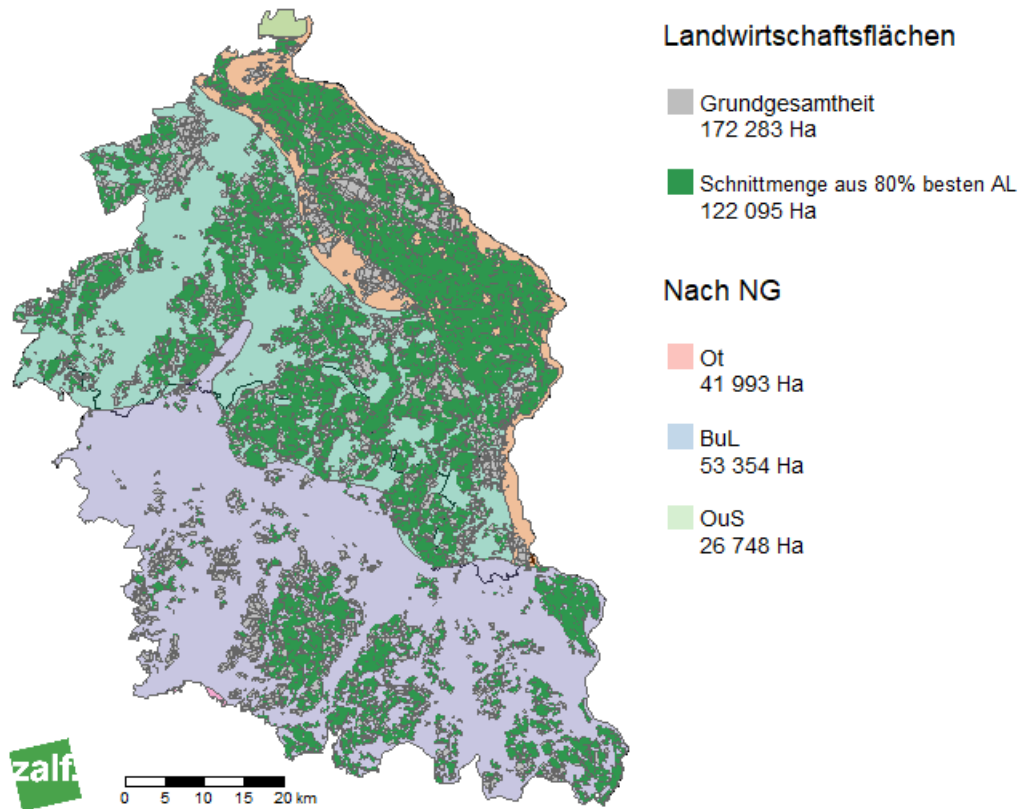


Abbildung 8. ökonomisch robuste Flächen unter verschiedenen Klimaszenarien (2040-2070, Hadley Institute & Max Planck Institut, RCP 4.5 & 8.5) basierend auf 30 Jahren simulierter Fruchtfolgen.

4 Zusammenfassung

Abbildung 9 und Tabelle 2 zeigen die Verteilung der Vorzugs- und Potentialgebiete aufgeteilt nach den verschiedenen Bewertungsmethoden. Bei der Fläche der Moorböden wurden nur die Böden mit einer Moormächtigkeit größer 0 berücksichtigt. In der Modellregion liegen insgesamt 1.034 Hektar an landwirtschaftlich genutzten Moorböden, die Mehrheit der Flächen liegt im Odertal (702 Hektar).

Die Vorzugsgebiete ergeben in der Summe eine Fläche von 43.203 Hektar. Hiervon sind 24.733 Hektar Grünland, 1.356 Hektar Dauerkulturen und 17.115 Hektar Ackerland, welche aufgrund des geringen Trockenheits-, sowie Wind- und Wassererosionsrisikos als klimarobust eingeordnet wurden.

Weitere Potentialgebiete können anhand der Ertragsfähigkeit auf Basis der Ackerzahlen oder der Klimarobustheit ausgewiesen werden. Verbindet man die zwei Indikatoren und weist nur Flächen aus, die sowohl ertragsreich als auch klimarobust sind, ergibt sich eine Gesamtfläche von 87.783 Hektar Ackerland. Das entspricht ca. 51% der gesamten Ackerfläche in der Planungsregion.

Bestimmt man Potentialgebiete als alle Flächen die entweder besonders ertragreich oder klimarobust sind, würden ganze 148.642 Hektar Ackerfläche als Vorbehaltsgebiete ausgewiesen.

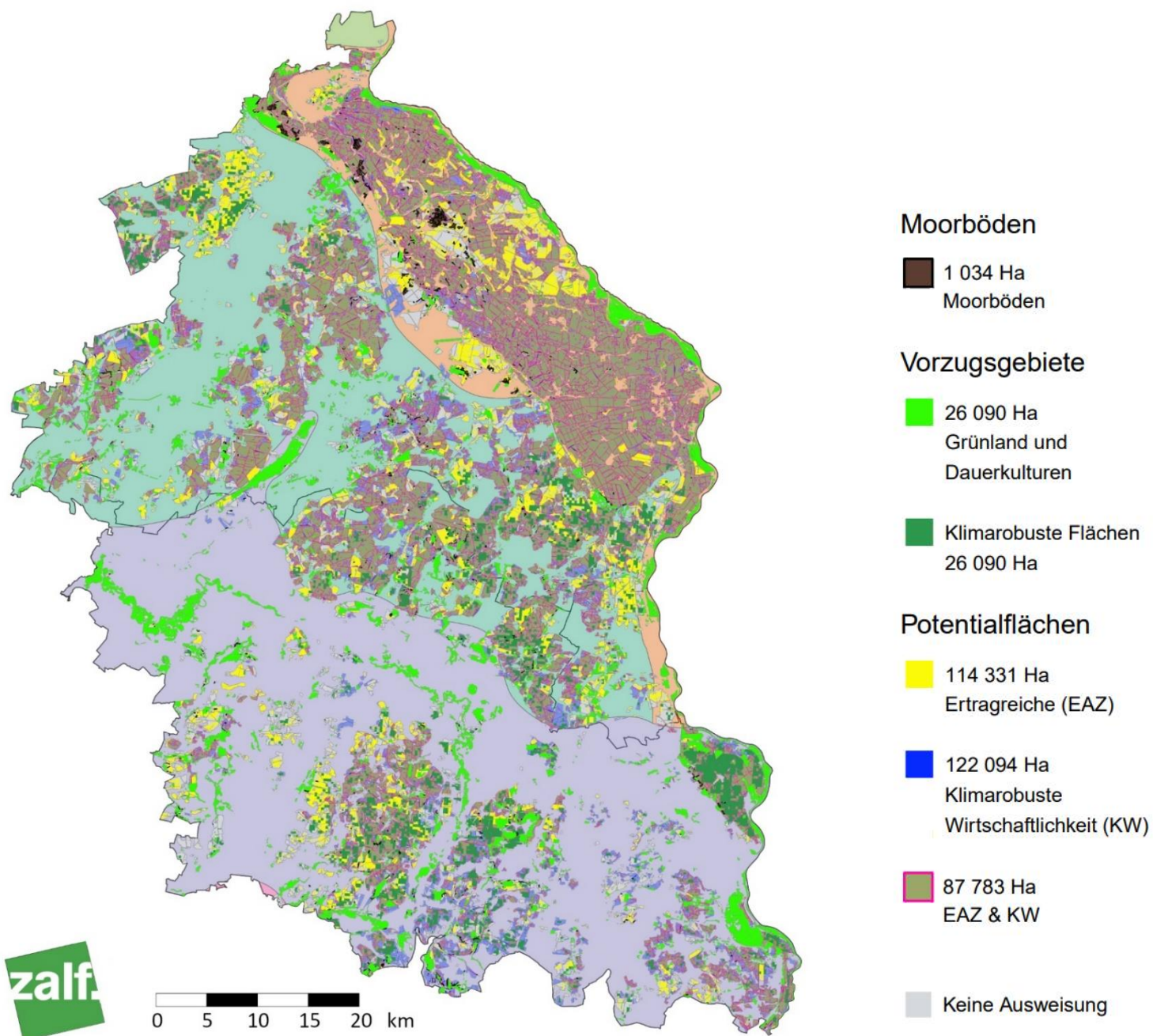


Abbildung 9. Vorzugsgebiete: (Grünland (grün), Dauerkulturen (grün), Klimarobuste Flächen(grün)); Potentialflächen: Ertragreichste Flächen nach AZ (gelb), klimarobuste Flächen (blau), Flächen welche sowohl ertragreich nach AZ und klimarobust sind (pink eingerahmt)

Tabelle 2. Fläche der Potential- und Vorzugsflächen nach Naturgebiet in Hektar.

	Barnim und Lebus (BuL)	Odertal (Ot)	Ostbrand. Heide- und Seengebiet (OuS)	Summe
Moorböden (> 0)				
Ackerflächen	140 ha	702 ha	192 ha	1.034 ha
Sonstige Flächen	3033 ha	1048 ha	7.954 ha	12.035 ha
Vorzugsgebiete				
Grünland	5.874 ha	5.169 ha	13.690 ha	24.733 ha
Dauerkultur	964 ha	47 ha	345 ha	1.356 ha
Klimarobuste Flächen	8.231 ha	211 ha	8.672 ha	17.114 ha
Summe	15.069 ha	5.427 ha	22.707 ha	43.203 ha
Potentialflächen				
Ertragreiche Böden	51.353 ha	41.368 ha	21.610 ha	114.331 ha
Robuste Böden	53.354 ha	41.993 ha	26.748 ha	122.094 ha
Ertragsreiche & robuste Flächen	38.321 ha	34.604 ha	14.858 ha	87.783 ha

5 Diskussion

Die verschiedenen Indikatoren, die in dieser Studie verwendet wurden, bringen unterschiedliche Vor- und Nachteile mit sich und müssen ergänzend verwendet werden, um eine kohärente Ausweisung zu ermöglichen.

In der finalen Karte (Abbildung 9) sind lediglich solche Moorböden von der Ausweisung ausgeschlossen, welche noch nicht voll mineralisiert sind (Moorhaftigkeit > 0). Aber auch Moorböden mit einer Moorhaftigkeit von 0 sollen in der neuen Moorböden-Strategie berücksichtigt werden. Hier bedarf es einer genaueren Betrachtung der jeweiligen Standorte.

Der K-Faktor, welcher das Wassererosionsrisiko bestimmt, sowie der Trockenheitsindex nach de Martonne berücksichtigen beide Niederschlagswerte. Da Niederschlag auf der einen Seite das Risiko für Erosion durch Wasser erhöht und auf der anderen die Trockenheitsgefährdung verringert, werden durch die Anwendung beider Kriterien viele Flächen ausgeschlossen. Der ausgewertete Index zum Winderosionsrisiko berücksichtigt keine Windhindernisse und Anbaukulturen. Flächen sind vor allem bei einer geringen Bodenbedeckung durch Winderosion gefährdet, so dass das tatsächliche Risiko geringer ist, als durch den Wert impliziert wird. Je nach Fruchtfolge, besonders bei Fruchtfolgen ohne Zwischenfrucht, kann der Zeitraum ohne Bodenbedeckung über mehrere Monate andauern. In der Summe wurden die klimarobusten Vorzugsgebiete sehr streng bewertet und beinhalten aus diesem Grund einen relativ geringen Flächenanteil.

Ackerzahlen sind ein weitverbreiteter Indikator, gerade bei der Berechnung des monetären Wertes von Ackerflächen. Bei der Verwendung der AZ zur Bestimmung von Flächen, welche auch in Zukunft hohe landwirtschaftliche Erträge erwirtschaften können, sind diese jedoch nicht zwingenderweise ein guter Indikator. Wichtige Aspekte wie zum Beispiel der Grundwasser-Flurabstand werden bei der AZ nicht berücksichtigt. Wir empfehlen daher ergänzende Ansätze, wie in diesem Fall das Hermes Modell zu verwenden. Bei einer Nutzung der Forschungsergebnisse können die zwei Ansätze, die zur Bestimmung

der Potentialgebiete vorgestellt wurden, kombiniert verwendet werden, zum Beispiel durch die Schnittmengen. Bei der Priorisierung einer der beiden Ansätze empfehlen wir die Verwendung des zweiten Ansatzes.

Aber auch der zweite Ansatz, basierend auf Daten des Pflanzenwachstumsmodells Hermes, ist nicht perfekt. Das Model beruht auf vier verschiedenen Klimaszenarien des Max-Planck und Hadley Institutes. Die Klimamodelle prognostizieren klimatische Veränderungen, extreme Ereignisse werden jedoch nicht simuliert. Obwohl mit fortschreitendem Klimawandel extreme Wetterereignisse wahrscheinlicher werden, sind diese in der Analyse nicht berücksichtigt. Das Pflanzenwachstumsmodell berücksichtigt jedoch eine angepasste Bewirtschaftung für jedes Klimaszenario, d.h. Aussaat- und Erntetermine werden an die veränderten Temperatur- und Niederschlagsverläufe angepasst. Ein Wandel der angebauten Kulturen wurde bei den potentiellen Deckungsbeiträgen jedoch nicht berücksichtigt.

Der berechnete Flächenbedarf von 85% der derzeitigen Ackerflächen basiert auf den Ergebnissen und Annahmen des Foodshed-Modells von Zasada et al. (2019). Welche Selbstversorgungsquote erstrebenswert ist und in wie weit landwirtschaftliche über andere Nutzungsarten priorisiert werden soll, bleibt aber in der letzten Instanz eine politische Entscheidung. Dasselbe gilt für die verwendeten Grenzwerte und an anderen Stellen berechneten Anteile. Eine Stärke der hier vorgestellten Methodik ist, dass die Zahlen je nach Bedarf angepasst werden können.

6 Fazit

Diese Kurzstudie dient der Entwicklung möglicher Methoden zur Ausweisung von landwirtschaftlichen Potentialflächen für Vorbehaltsflächen und Vorzugsgebieten mit hoher bis mittlerer Klimarobustheit. Auf Basis der präsentierten Methoden wurden klimarobuste, ertragsfähige landwirtschaftliche Gebiete in der Modellregion Oderland-Spree bestimmt.

Seit der nationalen Moorschutzstrategie des BMUV liegt ein besonderes Augenmerk auf Mooren. Daher werden die 1.034 Hektar an nicht vollständig mineralisierten Moorböden, die derzeit als Ackerland genutzt werden, von der Ausweisung ausgeschlossen.

Vorzugsgebiete wurden auf Basis der aktuellen Nutzungsart, sowie Bestimmung besonders klimarobuster Flächen ausgewiesen. Dauerkulturen und Grünland ergeben zusammen 26.089 Hektar Vorzugsgebiete. Die Schnittmenge der Flächen mit besonders niedrigem Trockenheits-, Winderosions- und Wassererosionsrisiko betreffen insgesamt 17.114 Hektar Ackerland. In der Summe ergibt dies 43.203 Hektar, bei denen eine Ausweisung als Vorbehaltsgebiet zu empfehlen ist.

Zur Bestimmung der Potentialflächen für Vorbehaltsgebiete wurden zwei verschiedene Ansätze vorgestellt. Diese können entweder ergänzend verwendet werden, durch zum Beispiel die Ausweisung der Schnittmenge, eine der zwei Ansätze kann priorisiert werden oder beide Indikatoren können nebeneinander verwendet werden.

Der erste Ansatz verwendet Ackerzahlen zur Bestimmung der Ertragsfähigkeit der Ackerflächen. Die niedrigsten Ackerzahlen ($AZ < 23$) wurden von der Ausweisung ausgeschlossen und die 85% ertragsreichsten der verbleibenden Flächen bestimmt. Um eine gleichmäßige Verteilung zu garantieren, wurden die Flächen für die in den Landkreis liegenden naturräumlichen Gebieten einzeln bestimmt. In der Summe ergeben sich durch den Ansatz 114.331 Hektar Potentialfläche.

Der zweite Ansatz kombiniert eine Analyse ökonomischer Faktoren und verschiedener Klimaszenarien. Auf Basis eines Pflanzenwachstumsmodells wurden wiederholt zukünftige Erträge und die resultierenden Deckungsbeiträge berechnet. Um besonders robuste Flächen zu bestimmen, wurden die ertragsschwächsten Jahre (25% Quantil) verwendet und Flächen mit den 80% höchsten Deckungsbeiträgen in eben diesen Risikojahren bestimmt. Die Schnittmenge der Flächen, die in allen simulierten Klimaszenarien zu den ertragreichsten Flächen gehören, wurde als Potentialflächen für Vorbehaltsgebiete ausgewiesen. Es können insgesamt 112.094 Hektar durch diese Methode bestimmt werden.

Verwendet man die Schnittmenge der zwei vorgestellten Ansätze und priorisiert Vorzugsflächen über Potentialflächen für Vorbehaltsgebiete, ergeben sich 87.783 Hektar Potentialflächen und 43.203 Hektar Vorzugsflächen. Diese Zahlen basieren auf einem nach Zasada et al. (2019) bestimmten Flächenbedarf. Es besteht die Möglichkeit, das Zusammenspiel der verschiedenen Indikatoren zu variieren oder den auszuweisenden Flächenanteil beliebig zu verringern oder zu erhöhen.

7 Literaturverzeichnis

BGR: Erodierbarkeit der Ackerböden durch Wasser in Deutschland. Hg. v. Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe. Online verfügbar unter www.bgr.bund.de/DE/Themen/Boden/Bilder/Bodenerosion/Bod_BoEro_KarteErodierbarkeitWasser_g.html?nn=4919530, zuletzt geprüft am 01.02.2023.

BGR (2014a): PEGWASSER1000 V1.0. Hg. v. Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe. Hannover. Online verfügbar unter services.bgr.de/boden/pegwasser1000, zuletzt geprüft am Januar 2023.

BGR (2014b): PEGWind1000 V1.0. Hg. v. Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe. Hannover, zuletzt aktualisiert am services.bgr.de/boden/pegwind1000, zuletzt geprüft am Januar 2023.

BMEL (2022): Klimaschutz durch Moorbodenschutz. Hg. v. Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft. Online verfügbar unter www.bmel.de/DE/themen/landwirtschaft/klimaschutz/moorbodenschutz.html, zuletzt geprüft am Februar 2023.

BMUV (2022): Nationale Moorschutzstrategie. Hg. v. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz. Online verfügbar unter https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Naturschutz/nationale_moorschutzstrategie_bf.pdf.

Bodenübersichtskarte des Landes Brandenburg. Bodengeologische Grundkarte ; BÜK 300 (2001). Kleinmachnow: Landesamt für Geowissenschaften u. Rohstoffe Brandenburg. 1 Kt.

de.statista (2023): Entwicklung der Einwohnerzahl in Frankfurt (Oder). Online verfügbar unter de.statista.com/statistik/daten/studie/428708/umfrage/entwicklung-der-gesamtbevoelkerung-in-frankfurt-oder/.

DFBK (2022): ©MLUK - Version 2.0. LGB, Dezernat 33 GIS-InVeKoS. Online verfügbar unter <https://data.geobasis-bb.de/geofachdaten/Landwirtschaft/dfbk.zip>, zuletzt geprüft am Januar 2023.

DIN 19708 (2017): Bodenbeschaffenheit - Ermittlung der Erosionsgefährdung durch Wasser mit Hilfe der ABAG. Unter Mitarbeit von Deutsches Institut für Normung e.V. Berlin (2017-08).

DWD: Klimakarten Deutschland. Deutscher Wetterdienst. Online verfügbar unter dwd.de/DE/leistungen/klimakartendeutschland/klimakartendeutschland.html, zuletzt geprüft am 01.02.2023.

DWD Climate Data Center (CDC): Jahresmittel der Raster des monatlichen Trockenheitsindex nach de Martonne für Deutschland. Version v1.0. Online verfügbar unter https://opendata.dwd.de/climate_environment/CDC/grids_germany/annual/drought_index/, zuletzt geprüft am Januar 2023.

Gavrilov, Milivoj B.; An, Wenling; Xu, Chenxi; Radaković, Milica G.; Hao, Qingzhen; Yang, Fan et al. (2019): Independent Aridity and Drought Pieces of Evidence Based on Meteorological Data and Tree Ring Data in Southeast Banat, Vojvodina, Serbia. In: *Atmosphere* 10 (10), S. 586. DOI: 10.3390/atmos10100586.

Hanff, Holger; Lau, H. (2021): Datensammlung Land Brandenburg. Online verfügbar unter <https://lelf.brandenburg.de/sixcms/media.php/9/Datensammlung-2021-web.pdf>, zuletzt geprüft am 01.02.2023.

IPCC (2021): Sechsten Sachstandsbericht des IPCC, Food, Fibre, and other Ecosystem Products. Online verfügbar unter https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/downloads/report/IPCC_AR6_WGII_FinalDraft_Chapter05.pdf.

Kersebaum, Kurt Christian (2004): Modelling water and nutrient dynamics in soil-crop systems. Modelling water and nutrient dynamics in soil-crop systems. Müncheberg, Deutschland, 14.06.2004.

KTBL (2022): MaKost – Maschinen- und Reparaturkosten. Online verfügbar unter daten.ktbl.de/makost. Landkreis oder Spree. Online verfügbar unter www.landkreis-oder-spree.de, zuletzt geprüft am 01.02.2022.

LBGR (2022): Moorbodenkarte des Landes Brandenburg. Hg. v. Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe. Online verfügbar unter <https://mluk.brandenburg.de/mluk/de/umwelt/boden/vorsorgender-bodenschutz/moorbodenkarte/#>, zuletzt aktualisiert am 14.11.2022, zuletzt geprüft am Februar 2023.

LUGV AG Klimaadaptierte Regionalplanung (2015): Ausweisung landwirtschaftlicher Flächen im integrierten Regionplan. Erste Überlegungen zu Ausweiskriterien und Konfliktfeldern im Landkreis Barnim. Hg. v. Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde.

Märkisch Oderland. Online verfügbar unter www.maerkisch-oderland.de/de/zahlen-daten-fakten.html, zuletzt geprüft am 01.02.2022.

Mollenhauer, K. (1990): Schwertmann, U., W. Vogl und M. Kainz; unter Mitwirkung von K. Auerswald und W. Mart Bodenerosion durch Wasser - Vorhersage des Abtrags und Bewertung von Gegenmaßnahmen. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 1987. 64 Seiten, 18 Tabellen, 8 Abbildungen, 32, - DM. ISBN 38001-3081-5. In: *Z. Pflanzenernaehr. Bodenk.* 153 (1), S. 55. DOI: 10.1002/jpln.19901530111.

Schmitz, Tillman (2020): Soil values from the agricultural soil valuation for Brandenburg. Online verfügbar unter <https://maps.bonares.de/mapapps/resources/apps/bonares/index.html?lang=en&mid=a45c7a1f-3dc5-478f-9d25-50dacd607d02>.

Schlich, Dietmar (2018): Vorranggebiet, Vorbehaltsgebiet und Eignungsgebiet. Hannover: ARL - Akademie für Raumforschung und Landesplanung.

Zasada, Ingo; Schmutz, Ulrich; Wascher, Dirk; Kneafsey, Moya; Corsi, Stefano; Mazzocchi, Chiara et al. (2019): Food beyond the city – Analysing foodsheds and self-sufficiency for different food system scenarios in European metropolitan regions. In: *City, Culture and Society* 16, S. 25–35. DOI: 10.1016/j.ccs.2017.06.002.