

Loseblatt # 56

FLÄCHENKONKURRENZ DURCH
AGROFORSTWIRTSCHAFT?
METHODIK ZUR BERECHNUNG AUF
EBENE DER KOMMUNE NACH VER-
SCHIEDENEN SZENARIEN ZUM VER-
SORGUNGS-AUFTRAG

Rico Hübner, Andrea Winterling



Flächenkonkurrenz durch Agroforstwirtschaft? Methodik zur Berechnung auf Ebene der Kommune nach verschiedenen Szenarien zum Versorgungsauftrag

Autoren

Rico Hübner, Andrea Winterling

Anschriften und Kontaktdaten

Dr. Rico Hübner, Technische Universität München, Lehrstuhl für Strategie und Management der Landschaftsentwicklung,
Emil-Ramann-Straße 6, 85354 Freising-Weihenstephan
e-mail: rico.huebner@tum.de

Andrea Winterling, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Ökologischen Landbau, Bodenkultur und
Ressourcenschutz, Lange Point 12, 85354 Freising
e-mail: andrea.winterling@lfl.bayern.de

Forschungsprojekt

"Innovationsgruppe AUFWERTEN – Agroforstliche Umweltleistungen für Wertschöpfung und Energie"

Projektlaufzeit: 01.11.2014 bis 31.07.2019

URL: <http://agroforst-info.de/>

Förderung und Förderkennzeichen:

Die Förderung des Projektes erfolgte durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) innerhalb des Rahmenprogramms Forschung für Nachhaltige Entwicklung (FONA)

Förderkennzeichen: 033L129

Die Verantwortung für den Inhalt dieses Loseblattes liegt bei den Autoren.

Freising, den 11.05.2020

INHALTSVERZEICHNIS

Abbildungsverzeichnis	2
Tabellenverzeichnis	2
Zusammenfassung	3
1 Zur Notwendigkeit einer Berücksichtigung der Flächenkonkurrenz.....	4
1.1 „Tank vs. Teller“	4
1.2 Potenzial der Agroforstwirtschaft	5
1.3 Ausarbeitung einer Standortkulisse zur Eignung von AFS nach Kriterien zur Verminderung der Flächenkonkurrenz	7
1.3.1 A – Eignungsstandorte, ohne besondere Anforderungen	7
1.3.2 B – Vorbehaltsstandorte, Abwägung der Effekte	8
1.3.3 C – Ausschlussstandorte, nur gezielte Pflanzungen.....	9
2 Methodik	9
2.1 Herausforderung der Analyse auf Ebene der Kommunen	9
2.2 Quantifizierung von Angebot und Nachfrage von Lebens- und Futtermitteln	10
2.3 Die Getreideeinheit (GE) als aggregierte Grundlage der Produktion	10
2.4 Potenzialflächen für AFS – Methodik und Berechnung.....	12
3 Ergebnisse	12
3.1 Nachfrageseite.....	12
3.1.1 Pro-Kopf-Nachfrage nach Nahrungsmitteln	12
3.1.2 Nachfrage nach Tierfutter	13
3.2 Produktionsseite	14
3.2.1 Pflanzenbau	14
3.2.2 Tierische Produktion.....	15
3.2.3 Landwirtschaftliche Gesamtproduktion von Lebensmitteln	16
3.3 Flächenpotenzial für die Nichtlebensmittel- und Nichtfuttermittelproduktion und Agroforstsysteme.....	17
3.3.1 Gleichbleibender Selbstversorgungsgrad, keine Verbringung außerhalb der Modellregion	17
3.3.2 Gleichbleibender Selbstversorgungsgrad, Versorgungsauftrag für Berlin und Brandenburg sowie bundesweit	18
3.4 Vergleich von Flächenpotenzial und Flächenbedarf für Agroforstsysteme	18
4 Diskussion	19
4.1 Kritische Betrachtung der Abschätzung des Flächenpotenzials	19
4.2 Ergebnisse der Potenzialschätzung und Vergleich mit anderen Studien	20
5 Ausblick	22
Danksagung.....	22
Literatur	22

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Anbau nachwachsender Rohstoffe insgesamt in Deutschland 1997 bis 2018 in Hektar.	4
Abbildung 2: Anbau nachwachsender Rohstoffe in Deutschland 2017 nach Nutzungsart in Hektar.	5
Abbildung 3: Definition einer dreigliedrigen Gebietskulisse zur Eignung von AFS nach Kriterien zur Verminderung der Flächenkonkurrenz.	7
Abbildung 4: Aktueller Pro-Kopf-Verbrauch in Deutschland nach Produktgruppen (in Getreideeinheiten pro Jahr)	12
Abbildung 5: Futtermittelbedarf in der Modellregion in Getreideeinheiten nach Tiergruppen.	13
Abbildung 6: Pflanzenproduktion in Getreideeinheiten auf Flächen zur Lebensmittelproduktion.....	14
Abbildung 7: Durchschnittlicher Hektarertrag für die Modellregion nach Produktgruppen.	15
Abbildung 8: Ergebnis für die tierische Erzeugung nach Produktgruppen in Getreideeinheiten.	15
Abbildung 9: Vergleich der aktuellen Produktion tierischer Produkte in der Modellregion AUFWERTEN zum Verbrauch (in Getreideeinheiten pro Jahr)	16
Abbildung 10: Flussdiagramm zu Angebot und Nachfrage landwirtschaftlicher Produkte in der Modellregion AUFWERTEN (Basisszenario)	17
Abbildung 11: Visualisierung eines AFS zum Vergleich des Ist-Zustands a) im Vergleich zu AFS mit einer Baumart (Pappel) mit variablen Gehölzanteilen an der Ackerfläche gestaffelt nach b) 5 %, c) 10 % und d) 20 % Anteil.	18

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Übersicht der Bevölkerungszahlen nach Versorgungsgebiet.	13
Tabelle 2: Berechnungsverfahren für den Futtermittelbedarf in Getreideeinheiten.....	13
Tabelle 3: Berechnungsverfahren für die pflanzliche Erzeugung und die daraus resultierenden Getreideeinheiten.....	14
Tabelle 4: Berechnungsverfahren für die tierische Erzeugung und die daraus resultierenden Getreideeinheiten.....	16
Tabelle 5: Flächenbedarf für Agroforstsysteme für verschiedene Anteile an Gehölzflächen.	18

ZUSAMMENFASSUNG

Um zu verstehen, inwiefern Gehölzflächen in Agroforstsystemen mit der reinen Nahrungs- und Futtermittelproduktion konkurrieren, wurde exemplarisch für die Untersuchungsregion AUFWERTEN ein umfangreicher Berechnungsansatz entwickelt. Dieser beruht im Wesentlichen aus einem Vergleich von Angebot aus der tatsächlichen Landnutzung und Nachfrage nach landwirtschaftlichen Produkte, abgeleitet aus dem Konsumverhalten. Hierzu wurde ein sogenannter *Bottom-Up*-Ansatz entwickelt, der auf der Differenz zwischen der gesamten landwirtschaftlich genutzten Fläche (LF) und der für die Nahrungs- und Futtermittelproduktion benötigten Fläche beruht. Der Vergleich basiert auf der Getreideeinheit (GE) als gemeinsamer Nenner. Die Umrechnung von Getreideeinheiten in Fläche (Acker- und Grünland) erfolgt unter Berücksichtigung der regionalen Ernteerträge.

Aus der Flächenbilanz lässt sich ein Flächenpotenzial für Agroforstsysteme ableiten. Die Bezugseinheit um verschiedene Produkte zu vergleichen ist dabei die Getreideeinheit pro Jahr (GE/a) unter besonderer Berücksichtigung der regionalen Ernteerträge. Für die Modellregion AUFWERTEN wurde die flächengewichtete Versorgungszuständigkeit für andere Regionen (Hauptstadt Berlin, Bundesland Brandenburg, Bundesrepublik Deutschland) berücksichtigt. In einem ersten Szenario wird die derzeitige regionale Selbstversorgungsquote bei Nahrungs- und Futtermitteln beibehalten.

Die Berechnungen für die Modellregion ergeben ein aktuelles Potenzial für Agrarrohstoffe außerhalb der Nahrungs- und Futtermittelversorgung von 8.500 ha, dies entspricht rd. 60 % der LF. Da für die idealtypische Bereitstellung von Agroforststreifen maximal 2.800 ha benötigt werden, bleiben etwa 5.700 ha für die weitere Verwendung verfügbar, z. B. auch für die Erfüllung der Lebensmittelversorgung für städtische Regionen außerhalb der Modellregion. Bei Einbeziehung von Berlin / Brandenburg sowie Deutschland als zu versorgende Regionen ist die Erfüllung der anteiligen Nahrungsmittelversorgung – aufgrund des geringen landwirtschaftlichen Ertragspotenzials der Modellregion – derzeit nur bedingt erreichbar. Ein Defizit von rd. 1.400 ha (10 %) bzw. 1.700 ha (12 %) zeigt, dass bei Ausübung des anteiligen Versorgungsauftrags für Brandenburg / Berlin oder Deutschland keine Fläche für zusätzliche AFS zur Verfügung stünde. Unberücksichtigt blieb jedoch der positive Effekt von Gehölzstreifen auf den Ertrag der Hauptkultur, der sich zukünftig noch deutlicher auswirken wird.

1 ZUR NOTWENDIGKEIT EINER BERÜCKSICHTIGUNG DER FLÄCHENKONKURRENZ

1.1 „Tank vs. Teller“

Die gestiegene Nachfrage nach Biomasse gekoppelt an eine umfassende finanzielle Förderung führte in Deutschland zum vermehrten Anbau nachwachsender Rohstoffe, v.a. Silomais für die Biogasverstromung und Raps für die Biodieselgewinnung (Hübner & Hoffmann 2010). So stieg nach Angaben der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR) (2019) die Anbaufläche für nachwachsende Rohstoffe deutschlandweit von rd. 400.000 ha im Jahre 1997 auf über 2,4 Mio. ha im Jahre 2018 an; dies entspricht einer Versechsfachung (Abb. 1). Seit 2016 geht der Anbau nachwachsender Rohstoffe allerdings wieder etwas zurück.

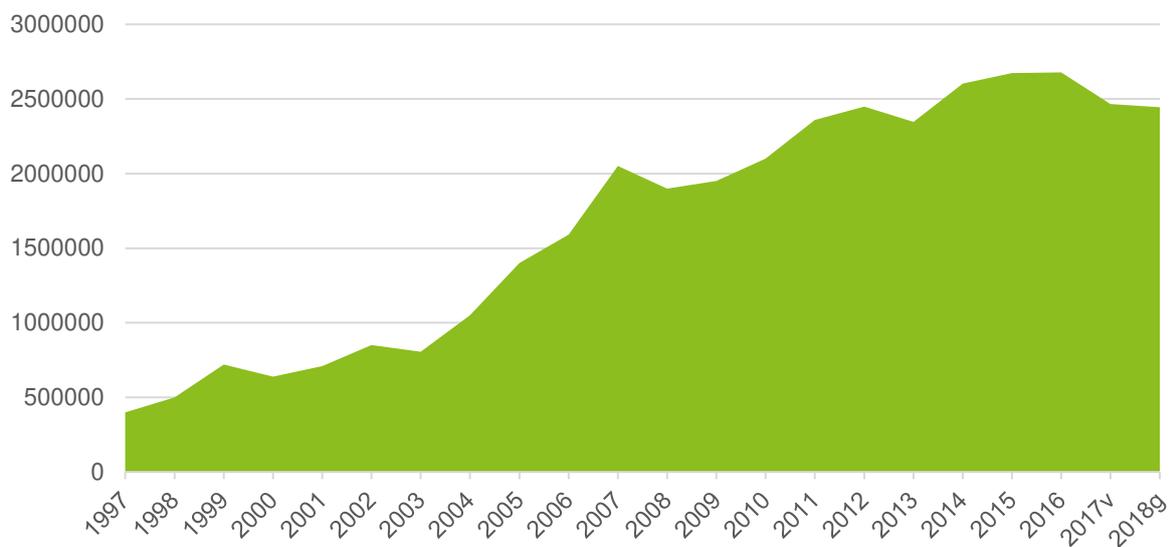


Abbildung 1: Anbau nachwachsender Rohstoffe insgesamt in Deutschland 1997 bis 2018 in Hektar.
Daten: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR) (2019, 2016)

Gegenüber der stofflichen Nutzung spielt die energetische Verwertung mit knapp 90 % aller nachwachsenden Rohstoffe die Hauptrolle (Abb. 2). Der Anbau von Pflanzen zur Biogaserzeugung nimmt mit über 50 % der Fläche den mit Abstand größten Anteil ein, gefolgt vom Rapsanbau für die Biodieselherstellung (26,9 %) und sonstiger Pflanzen für die Bioethanolherstellung (9,5 %).

Die neuen und teilweise zusätzlichen Betätigungsfelder in der Erzeugung nachwachsender Rohstoffe bzw. Bioenergie werden von der Landwirtschaft dankbar angenommen, wenngleich in den vergangenen Jahren eine Zunahme an Kontroversen festzustellen ist. Der Anbau nachwachsender Rohstoffe kann sowohl mit Umweltbelangen als auch mit anderen gesellschaftlichen Zielen, wie dem Erhalt der Landschaftsqualität oder eine gesicherte Nahrungs- und Futtermittelversorgung in Konflikt geraten. Neben auftretenden negativen Effekten auf die Natur und Umwelt sowie die Landschaftsästhetik betrifft dies auch die Konkurrenz um die Fläche zur Nahrungs- bzw. Futterproduktion.

Partiell herrscht bereits eine stärkere Flächenkonkurrenz, wobei hinzukommt, dass durch Baumaßnahmen und Umwidmung die landwirtschaftlich genutzte Fläche in Brandenburg seit 1999 um rd. 3 % abgenommen hat. So gingen in den letzten 15 Jahren rd. 34.000 ha Landwirtschaftsfläche verloren. Durch vermehrten Grünlandumbruch ging die Ackerfläche anteilig weniger stark zurück, um rd. 18.500 ha (2 %), wohingegen das Grünland zwischen 1999 und 2014 um 5 % zurück-

ging (rd. 14.300 ha). Grünlandumbruch findet verstärkt in den Gebieten statt, in denen der Grünlandanteil bereits stark vermindert ist. Hier bedeutet ein Grünlandumbruch einen stärkeren Verlust für die biologische Vielfalt, als beispielsweise in typischen Grünlandgebieten.

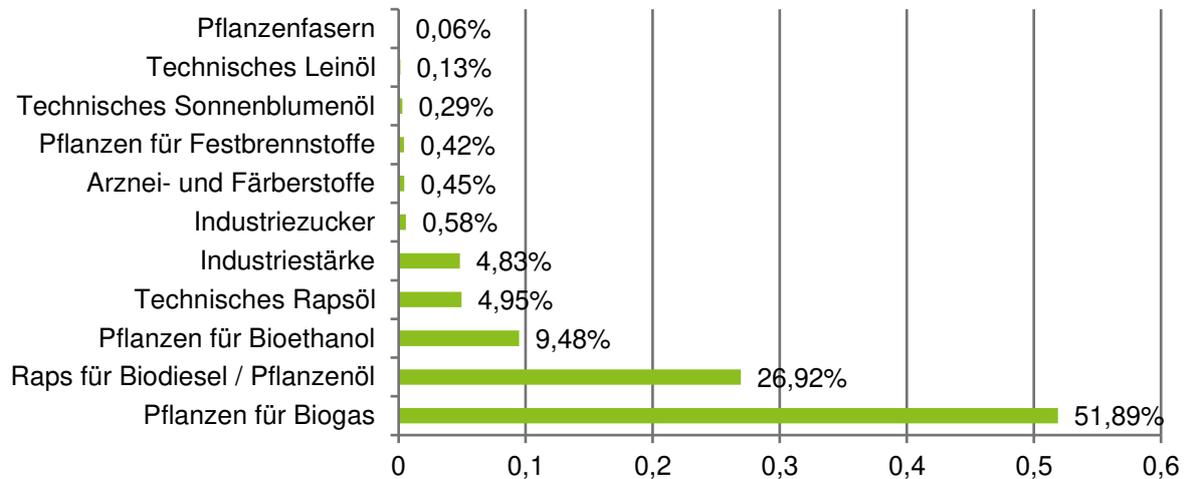


Abbildung 2: Anbau nachwachsender Rohstoffe in Deutschland 2017 nach Nutzungsart in Hektar.
Daten: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR) (2019)

In dünn besiedelten, waldarmen Regionen wie bspw. in Mecklenburg werden Agroforstsysteme als alternative Flächennutzung auf Grenzertragsstandorten und Feuchtgrünland gesehen, in denen derzeit die Flächenbewirtschaftung lediglich durch die EU-Agrarförderungen aufrechterhalten wird (Schäfer 2006). Aber auch auf den leichten und erosionsgefährdeten Böden Brandenburgs, wo die Landwirtschaft besonders stark von der Klimakrise betroffen ist, dürften die positiven Effekte der Gehölze (Verbesserung des Mikroklimas durch Windschutz damit Verdunstungsschutz, Verminderung von Spätfrösten, Wind- und Wassererosionsschutz) zukünftig auch wirtschaftlich relevant werden.

1.2 Potenzial der Agroforstwirtschaft

Für jede/n Einwohner/in Deutschlands stehen rund 2.200 m² landwirtschaftlich genutzte Fläche zur Verfügung (Statistisches Bundesamt 2016a, b), um den unterschiedlichen Anforderungen, wie die Erzeugung von Lebensmitteln, Bioenergie und Futtermitteln gerecht zu werden. Die landwirtschaftliche Nutzfläche nimmt jedoch seit Jahren ab, was hauptsächlich auf die Umwandlung in Verkehrs-, Siedlungs- und Industriegebiete sowie auf Umweltkompensationsflächen zurückzuführen ist (Statistisches Bundesamt 2016b). Darüber hinaus erregt die Versorgungssituation mit Lebensmitteln und Futtermitteln aufgrund der weltweit steigenden Nachfrage nach Tierprodukten und der Folgen des Klimawandels zunehmende Aufmerksamkeit (Klapp 2011).

Aufgrund der umfangreichen Erweiterung der Biomasseproduktion für erneuerbare Energien und Materialien ab 2003 wurde zusätzlicher Druck auf die verbleibende Fläche in Deutschland ausgeübt. Trotz eines moderaten Rückgangs des Anbaus nachwachsender Rohstoffe seit 2016 ist der Wettbewerb um Flächen ungebrochen; zwischen der Produktion von Lebens- und Futtermitteln auf der einen und der Bioenergieproduktion auf der anderen Seite. Die Extensivierung der Landnutzung durch Umwelt- und Naturschutzauflagen sowie klimatisch extremere Bedingungen kann zusätzlichen Druck auf die knappen Flächen ausüben. Die Folgen sind steigende Erzeugerpreise für Nahrungs- und Futtermittel aufgrund steigender Pachten, steigender Landpreise und Flächenspekulationen durch Nichtlandwirte. Ein Weg, diese Spannung zu entschärfen, wäre die Verringerung des nicht-landwirtschaftlichen Flächenverlustes durch eine Beschränkung der Ausweisung von Bauungsgebieten im Außenbereich und die Anlage von Verkehrsflächen. Dieser Weg wird jedoch

auf wenig Verständnis in der Gesellschaft treffen. Eine andere Möglichkeit besteht in einer nachhaltigen Intensivierung, um die Flächenproduktivität zu erhöhen, zum Beispiel durch die Optimierung der Nutzung knapper Anbauflächen oder eine Verbesserung der Anbaumethoden. Hierfür wurde die Berechnung des sog. *Land-Equivalent-Rations* (LER) entwickelt, die besagt, dass bei einem Wert größer eins mehr auf der Fläche produziert werden kann als auf der Referenzfläche mit separaten Kulturen.

Agroforstsysteme (AFS) können ebenfalls einen Beitrag zur Verringerung der Konkurrenzsituation um Land leisten, da im Vergleich zur Einzelproduktion unterschiedliche Agrarprodukte in einer Fläche produziert werden ($LER > 1$). Dies ist jedoch keine einfache Lösung, da dieser Vorschlag weitgehend von den durchschnittlichen Erträgen abhängt. Unterdessen sind Politiker in Deutschland sehr vorsichtig, wenn es darum geht, zusätzliche Landressourcen für die Produktion landwirtschaftlicher „*Non-Food*“-Produkte in Beschlag zu nehmen. Drei Hauptanliegen werden häufig angesprochen:

- 1) Die Öffentlichkeit ist besorgt, dass sich ihre Landschaftsqualität verändert, wie sich dies beispielhaft durch den verstärkten Maisanbau für Biogas in Deutschland gezeigt hat.
- 2) Moralische Bedenken werden laut, dass die Nahrungsmittelproduktion Priorität haben sollte.
- 3) Die Vorteile bezüglich einer positiven Klimabilanz nachwachsender Rohstoffe blieben hinter den Erwartungen zurück und verursachen in einigen Fällen sogar nachteilige Auswirkungen vor Ort oder anderswo in der Welt.

Die Versorgung mit Nahrungsmitteln ist ein wesentlicher Bestandteil einer nachhaltigen Landwirtschaft und hat in Deutschland Priorität (Bundesministerium für Ernährung Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) 2012). Dies muss daher bei einer großflächigen Umsetzung der Agroforstwirtschaft, insbesondere mit dem Ziel einer auf Holz basierenden Energieerzeugung, berücksichtigt werden. Das Anpflanzen von Gehölzen erfordert Land und steht damit gerade in hochproduktiven Gebieten in direktem Wettbewerb mit der Nahrungs- und Futtermittelproduktion. Dennoch sind die Vorteile nicht allein auf die Produktion von Holzenergie als Substitut für fossile Brennstoffe zu reduzieren, vielmehr können AFS auch einen Beitrag zur Klimaanpassung und zum aktiven Klimaschutz in der Landwirtschaft beitragen.

Um integrierte Lösungen für komplexe Probleme zu entwickeln, könnte die Weiterentwicklung der Agroforstwirtschaft und deren Umsetzung in die landwirtschaftliche Praxis daher durchaus ein geeigneter Ansatz sein. Agroforstliche Systeme stellen Potenziale dar, um aktuellen Landnutzungsproblemen zu begegnen. Wichtig sind dabei die Voraussetzungen unter denen AFS diese Ansprüche erfüllen (Hübner 2019b). Aus Sicht der Verminderung der Flächenkonkurrenz ist die Etablierung von AFS auf Standorten mit geringerer Produktivität zu begrüßen. In Zeiten der Klimakrise kann allerdings der Erhalt abiotischer Ressourcen, wie er durch AFS gewährleistet werden kann, aber auch auf Gunststandorten für eine langfristig gesicherte Nahrungsmittelproduktion gute Ansätze bieten. Beispielsweise ist mit einer Zunahme von ausgeprägten Trockenperioden mit der Gefahr von Winderosion bzw. Ernteverlusten in Brandenburg und anderen Teilen Deutschlands zu rechnen. Deutschlandweit weckt die Häufung von unwetterartigen Starkregeneignissen (teilweise mit Hagel) mit oberflächigen Abschwemmungen sowohl in der Landwirtschaft als auch bei Anwohnern zunehmende Besorgnis (Hübner u. a. 2017b).

Bezüglich der Effekte der Agroforstwirtschaft auf das Landschaftsbild ist die höchste Aufwertung auf intensiv genutzten Gunststandorten zu erwarten (Hübner u. a. 2018) bzw. . Reeg & Brix (2008) befürworten beispielsweise im Sinne einer nachhaltigen Nutzung Systeme, die einerseits intensiv bewirtschaftete Landschaften ästhetisch aufwerten und andererseits Lösungen für benachteiligte Standorte bieten. Neben einem vielversprechenden Ansatz zur Minderung des Flächenwettbewerbs, der Anpflanzung von Gehölzen mit ihren vielfältigen abiotischen Umweltdienstleistungen

sowie einem hohen Energie- und Klimaschutzpotenzial kann die landwirtschaftliche Produktion nachhaltiger gestaltet werden (Tsonkova u. a. 2019b). Studien haben gezeigt, dass AFS – unter den regionalen Bedingungen des Untersuchungsgebietes – sogar zur Sicherung von Nahrung und Ernährung durch Steigerung der landwirtschaftlichen Ernteerträge (Mirck u. a. 2016) und Stabilisierung der Ertragsschwankungen beiträgt. An vielen degradierten Standorten in Brandenburg kann schnellwachsende holzige Biomasse in Dauerkultur dem jährlichen Ackerbau überlegen und wirtschaftlich durchführbar sein. Ein zusätzlicher positiver Effekt ergibt sich aus der Einkommensdiversifizierung für Landwirte sowie der regionalen Wertschöpfung (siehe **Loseblatt # 21**, Aretz u. a. (2019)).

Zusammenfassend erfordert die Frage nach regionalen Erfordernissen für eine gesicherte Nahrungs- und Futtermittelproduktion eine klar kommunizierte Beratung basierend auf Fakten aus vertrauenswürdigen Quellen, auf die sich Politik und Verwaltung verlassen können (Hübner 2019a). Es ist zu klären, wie eine gezieltere Nutzung landwirtschaftlicher Flächen den Wettbewerb bei der Erzeugung von Lebens- und Futtermitteln bei der Etablierung der Agroforstwirtschaft abmildern kann. Zentrale Voraussetzung dafür ist, dass Flächen für Gehölze genutzt werden, die beispielsweise für die Produktion von Lebens- und Futtermitteln nicht benötigt werden, wo der langfristige Erhalt der Bodenproduktivität bzw. generell der Erhalt der Flächenbewirtschaftung akut ist oder Flächen, bei denen die positiven Effekte in den Bereichen Umwelt/Natur oder Erholung überwiegen.

1.3 Ausarbeitung einer Standortkulisse zur Eignung von AFS nach Kriterien zur Verminderung der Flächenkonkurrenz

Analog zur Vorgehensweise in **Loseblatt # 17** (Hübner u. a. 2019a) zur landschaftsästhetischen Eignung der Flächen zur Anlage von AFS wird für die Bewertung der Eignung unter Berücksichtigung der Flächenkonkurrenz eine dreigliedrige Standortkulisse entwickelt (Abb. 3).

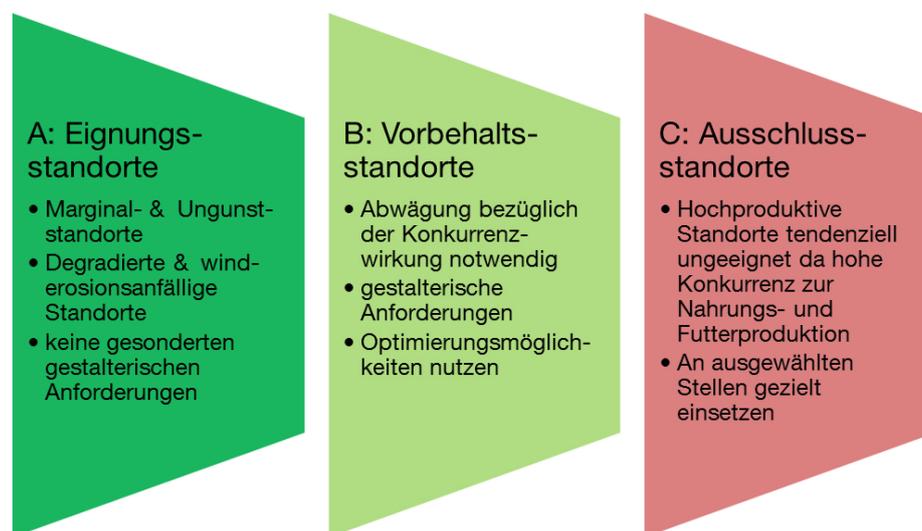


Abbildung 3: Definition einer dreigliedrigen Gebietskulisse zur Eignung von AFS nach Kriterien zur Verminderung der Flächenkonkurrenz.

1.3.1 A – Eignungsstandorte, ohne besondere Anforderungen

Potenzielle Landnutzungskonflikte können vermieden werden, indem Marginalstandorte genutzt werden (Lovett u. a. 2009). Auf Ungunststandorten werden auch größere Potenziale für die Agroforstwirtschaft gesehen, da hier mehrere Anliegen bedient werden: Aufwertung des Standorts, Schaffung von Gehölzhabitaten für Tiere (Reeg & Brix 2008). Nach Grünewald et al. (2007) stellen

AFS gerade auf marginalen Standorten oder in Bergbaufolgelandschaften eine Option dar, Standorte ökologisch, ökonomisch und sozial aufzuwerten. Mit geeigneten Baum- und Gehölzarten können auf Kippenstandorten eine optimale Ausnutzung des schlechten standörtlichen Potenzials erreicht und damit eine bessere Inwertsetzung der Flächen gefördert werden (Grünewald u. a. 2005). Diese Gebiete finden sich auch in der Modellregion von AUFWERTEN und stehen deutlich weniger in Konkurrenz mit der Nahrungsmittelproduktion.

An Standorten mit begrenzter landwirtschaftlicher Produktivität, beispielsweise aufgrund einer schlechten Wasser- und Nährstoffversorgung, können AFS wegen der positiven Auswirkung der Energieholzstreifen auf die Ernte aufgrund mikroklimatischer Effekte (insbesondere Windschutz, siehe **Loseblatt # 3** von Böhm & Kanzler (2019a)) zu einer Steigerung der Flächenproduktivität führen (Tsonkova u. a. 2019a). So ist erwiesen, dass schnell wachsende Baumarten insbesondere auf ertragsschwachen, nährstoffarmen Standorten (sandigen Böden), wie sie für Brandenburg typisch sind, mit Grundwasserspiegeln die lediglich von tieferwurzelnden Bäumen erschlossen werden können, produktiver sein können als einjährige landwirtschaftliche Nutzpflanzen (Murach u. a. 2008).

Gegen eine Aufgabe der Landwirtschaft an Grenzertragsstandorten bzw. im benachteiligten Gebieten spricht der besondere kulturhistorische, landschaftliche und naturschutzfachliche Wert von Landschaftselementen (Reeg & Brix 2008, Tsonkova u. a. 2019b). Diese können als Bestandteil der Kulturlandschaft identitätsstiftende Funktionen innehaben (Hübner u. a. 2017a). Agroforstliche Gehölze können diese Landschaftselemente ergänzen bzw. bei deren Verlust auch – mit allen Einschränkungen – wieder in vielen ihrer ursprünglichen Funktionen ersetzen. Die Aufgabe regionaler Kulturlandschaft kann nach Reeg & Brix (2008) zu einem Verlust regionaler Identität führen. Strukturreichtum u. a. durch Hecken, Einzelbäume, Gehölze und Reliefenergie sind erwünscht wohingegen „Ausgeräumte, weitläufige Agrarlandschaften [...] als banal empfunden“ werden (Broggi 2004). Sogenannte reizarme Landschaften sind potentielle Eignungsgebiete für die Agroforstwirtschaft (Broggi 2004, Schäfer 2006).

1.3.2 B – Vorbehaltsstandorte, Abwägung der Effekte

AFS können demnach in intensiver genutzten Flächen diese bezüglich verschiedenerer Umweltwirkungen aufwerten, jedoch kann es hierbei durchaus auch zu direkten Flächenkonkurrenzen mit der Nahrungs- und Futtermittelproduktion kommen. Daher ist auf den produktiven Flächen eine sorgsame Abwägung der unterschiedlichen Effekte durchzuführen.

Laut den Ergebnissen der Befragung von Reeg (2008) wird die Etablierung von AFS auf intensiv genutzten Flächen von 40 % der Befragten als sinnvoll angesehen, da ein Beitrag zum Natur- und Ressourcenschutz sowie für das Landschaftsbild geleistet werden kann. Eine ästhetische Aufwertung der Landschaft erwarten die meisten der Befragten. Bedenken der landschaftlichen „Verunstaltung“ durch Bäume bestehen dagegen nicht.

Sensibilität ist bei der Standortwahl auch in touristisch stark frequentierten Räumen gefragt. Forschungen zu Streuobstwiesen und Feldhecken haben hier positive Ergebnisse in der Wertschätzung durch Touristen gezeigt (Reeg & Brix 2008), allerdings ist nicht garantiert, dass sich diese Ergebnisse auch auf die Agroforstwirtschaft eins-zu-eins übertragen lassen. Wenn eine Erholungsfunktion der Landschaft im Vordergrund steht, können AFS durchaus für eine Aufwertung in Betracht gezogen werden, jedoch ist es hierbei wichtig die Präferenzen der Nutzer zu kennen und zu berücksichtigen. Beispielsweise beurteilen Anwohner die Anlage von AFS beiderseitig von Wegen eher kritisch (Hübner u. a. 2016), siehe **Loseblatt # 15** (Hübner u. a. 2019b). Die Gestaltung ist somit einerseits wichtig, um die Vorteilswirkung von AFS hinsichtlich ihrer ästhetischen und ökologischen Wirkung zu maximieren, andererseits können durch geschickte Planung und Layout auch die möglichen Flächenkonkurrenzen berücksichtigt werden.

1.3.3 C – Ausschlussstandorte, nur gezielte Pflanzungen

Auf hochproduktiven Standorten ist derzeit eine stärkere Konkurrenzwirkung vorhanden. Anhand der Ertragsmesszahl (EMZ) wird das landwirtschaftliche Ertragspotenzial bewertet, spezifischer in der Ackerzahl und Grünlandzahl. Nach Piorr et al. (2010) ist eine höhere Anzahl an Ackerkulturfleichen mit einer Steigerung der Erwerbsmöglichkeit verbunden. Flächen, die aufgrund ihrer hohen EMZ besser für die Produktion von Futtermitteln und Lebensmitteln geeignet sind, sind vorrangige Bereiche für die Nahrungsmittel- bzw. Futterproduktion. Auf diesen produktiven Standorten sollte die Anlage von AFS vorsichtiger betrachtet werden.

Flächen mit hoher Produktivität sollten jedoch nicht generell für die Anlage von Agroforststreifen ausgeschlossen werden. Auch diese Flächen sind von der Klimakrise betroffen und stehen im Fokus für die langfristige Sicherung der Nahrungsproduktion. Gerade Gunststandorte müssen in ihrer Fruchtbarkeit erhalten werden, um langfristig die Nahrungsproduktion absichern zu können. An Standorten mit hoher Anfälligkeit für Winderosion wird durch den gezielten Einsatz von Gehölzpflanzungen die Bodenfruchtbarkeit durch Windschutz und Humusaufbau geschont (Böhm & Domin 2017, Wiesmeier u. a. 2018). Die Oberflächengewässer können in hängigen Lagen durch gezielte Gehölzpflanzungen vor Stoffeintrag geschützt werden (Böhm 2019b), ebenso verbessert sich die Grundwasserqualität durch eine starke Verminderung des Nitratreintrages (Böhm u. a. 2015) und **Loseblatt # 5** von Böhm u. a. (2019b).

Neben möglichen positiven Ertragseffekten aufgrund der Schutzwirkung der Bäume und der damit verbundenen Verbesserung des Mikroklimas kann auch eine höhere Ertragsstabilität der Ackerkulturen erreicht werden. Aber auch Umweltwirkungen können besonders ausfallen. Versuche und Modelle von Palma et al. (2007) für 19 Untersuchungsgebiete zeigen bezüglich der Erhöhung der Landschaftsvielfalt durch AFS die besten Ergebnisse auf Gunststandorten. Reeg & Brix (2008) rechnen auf Gunststandorten nicht mit flächigen AFS da hier starke Flächenkonkurrenzen mit der landwirtschaftlichen Produktion zu erwarten sind.

2 METHODIK

2.1 Herausforderung der Analyse auf Ebene der Kommunen

Die Flächenverfügbarkeit für nachwachsende Rohstoffe (NaWaRo) wurde bereits in zahlreichen nationalen und internationalen Studien geschätzt (siehe Hübner & Winterling (2018)). Je nach Detaillierungsgrad unterscheiden sich die Methoden stark und reichen dabei von einfachen statischen Abschätzungen aktueller Potenziale bis hin zu komplexen Modellen mit dynamischen Faktoren und der Berücksichtigung zukünftiger Entwicklungen. Mit einer Analyse auf Ebene der Kommune wird jedoch wissenschaftliches Neuland betreten.

Im Laufe der Literaturrecherchen zeichnete sich ein *Bottom-Up*-Kalkulationsansatz als am geeignetsten ab, der im Wesentlichen einen Vergleich der bestehenden landwirtschaftlichen Nahrungs- und Futtermittelproduktion mit der benötigten auf Gemeindeebene erlaubt. Aus einer möglichen Überproduktion zu unterschiedlichen Versorgungsaufträgen werden verfügbare Flächen ermittelt, die für nichtnahrungs- bzw. nichtfutterzwecke genutzt werden könnten.

Dennoch bleibt die Herausforderung der Datenakquise auf Ebene der Kommunen bestehen. Zum einen sind offizielle Statistiken über die Landnutzung oder Tierzahlen nur auf nationaler Ebene, für einzelne Bundesländer oder Bezirke im Allgemeinen verfügbar, zum anderen, sollte die Flächenkonkurrenz auch innerhalb eines Produktionsbereiches nicht ignoriert werden. Nachdem die „Tank oder Teller“-Debatte mittlerweile differenzierter geführt wird, hat beispielsweise der Wettbewerb zwischen verschiedenen Energiepflanzen eine eigene Dynamik entwickelt.

2.2 Quantifizierung von Angebot und Nachfrage von Lebens- und Futtermitteln

Die Ermittlung des Bedarfs und der tatsächlich stattfindenden Produktion von Lebens- und Futtermitteln in einem bestimmten Gebiet erfordert einen differenzierten Ansatz. Eine allein quantitative Aufsummierung ist nicht möglich. Landwirtschaftliche Produkte sind sehr heterogen, was teilweise auf die unterschiedlichen Produktionsstrukturen zurückzuführen ist. Auf der Basis der Aggregation werden die inhomogenen Einzelmengen unter Verwendung eines gemeinsamen Nenners so harmonisiert, dass eine Addition möglich ist und zu einem übergeordneten Komplex, einer Aggregationseinheit, zusammengefasst wird (Becker 1988, Besch & Wöhlken 1973).

International werden sowohl monetäre als auch physische Aggregationsskalen verwendet. Die auf monetärer Aggregation beruhende Selbstversorgung ist eher ein Maß für die Wettbewerbsfähigkeit der Landwirtschaft statt für die Versorgungssicherheit. Für die FAO dienen die wichtigsten Nährstoffe landwirtschaftlicher Produkte als physikalische Aggregationseinheit.

Welche Methode eignet sich für die Allokation landwirtschaftlicher Produkte in Deutschland?

Klapp (2011) identifiziert verschiedene Methoden und kommt zu dem Schluss, dass die speziell für Ernährungsfragen konzipierte Getreideeinheit (GE), die landwirtschaftliche Produkte basierend auf ihrem Energiezufuhrwert bewertet, das am besten geeignete System ist. Nach Besch & Wöhlken (1973) sowie Thiede (1980) eignet sich die GE als Referenzeinheit zur Quantifizierung landwirtschaftlicher Produktion und Anforderungen, da sie den natürlichen Produktionsbedingungen sehr nahe kommt.

Eine Aggregation über Kalorien ist für die Darstellung des menschlichen Verbrauchs geeignet. Da jedoch die meisten landwirtschaftlichen Produkte in Deutschland nicht direkt für den menschlichen Verzehr verwendet werden, sondern in die Futtermittelindustrie gelangen, wird dieser Ansatz zur Aggregation der Produktion vor dem Hintergrund einer ausreichenden Versorgung mit den Hauptnährstoffen verwendet (Klapp 2011). Im Gegensatz zur ausschließlichen Betrachtung der Hauptnährstoffe für den menschlichen Verzehr kann die GE dazu verwendet werden, den Materialfluss zwischen Pflanzenproduktion und Tierproduktion (Klapp & Theuvsen 2011) und die Nährstoffkapazität eines bestimmten Gebiets (Besch & Wöhlken 1973) zu modellieren.

In Deutschland dient die GE bereits als physikalische Aggregationsmethode für die Dokumentation landwirtschaftlicher Produktionsleistung (Brutto-Bodenproduktion, Nahrungsmittelproduktion), für die Bewertung der Versorgungssituation im Rahmen von Versorgungsbilanzen und Berechnung von Eigenversorgungsgraden oder für die Sammlung und Darstellung der Stoffströme im Landwirtschaftssektor durch das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) (2015). Die physikalische Aggregation landwirtschaftlicher Produktion mit GE wird auch von EUROSTAT genutzt (Klapp & Theuvsen 2011). Zusätzlich zur administrativen Nutzung wird die GE in wissenschaftlichen Studien zur Schätzung von Flächenkapazitäten für erneuerbare Energiequellen verwendet (Henze & Zeddies 2007), als harmonisierende Vergleichseinheit, z. B. um die Erträge verschiedener Kulturen oder Fruchtfolgen untereinander zu vergleichen (Schneider u. a. 2012) oder für Lebenszyklusanalysen (LCA) (Brankatschk & Finkbeiner 2014).

2.3 Die Getreideeinheit (GE) als aggregierte Grundlage der Produktion

GE ist ein Maß, das den Energieertrag eines Erzeugnisses im Verhältnis zum berechneten Energieertrag von Futtergerste in Abhängigkeit von der Verwendungsart des landwirtschaftlichen Erzeugnisses bei der Fütterung widerspiegelt. Die tierischen Produkte werden nicht nach ihrem

eigenen Nettoenergiegehalt bewertet, sondern nach dem Gehalt an metabolisierbarer Energie des Futters, das im Durchschnitt für ihre Herstellung notwendig ist (Schulze Mönking 2013).

Die GE wurde während des Zweiten Weltkriegs aufgrund von Nahrungsmittelknappheit und damit verbundener Lebensmittelrationierung entwickelt. Woermann (1944) hat die GE mit dem durchschnittlichen Nährwert von einem kg der häufigsten Getreidearten für die Fütterung von Wiederkäuern verglichen und alle Kulturen als Futtermittel nach dem Futterwert bewertet. Er beurteilte auch Kulturen, die nicht zum Füttern geeignet waren als Vergleichskultur. Der Nährwert als Futter entsprach dem erforderlichen Futterverbrauch. Das Prinzip der Umrechnung der tierischen Produktion in Anbaufläche, d. h. der Futtermittelbasis, hat den Vorteil, dass ein direkter Vergleich der beiden Produktionszweige (Pflanze und Tier) in natürlichen Einheiten ermöglicht wird. Nicht marktfähige Futtermittel können damit ebenfalls einbezogen werden (Thiede 1980).

Padberg (1970) aktualisierte den von Woermann (1944) entwickelten GE-Katalog, passte ihn an den technologischen Fortschritt an und bezog weitere landwirtschaftliche Produkte ein. Produkte, für die der Nettoenergiewert für die Tierernährung keinen Richtwert liefern (z. B. Wein, Obst, Gemüse), werden anhand von pflanzlichen und wirtschaftlichen Vergleichswerten bewertet, die sich aus Ertrag, Boden und Arbeitsbedarf ergeben (Thiede 1980). 1988 erfolgte eine weitere Überarbeitung der GE durch Becker (1988) auf der Grundlage neuerer Erkenntnisse in der Tierernährung und des technischen Fortschritts in der landwirtschaftlichen Produktion. Er führte als Referenz ein Fünftel (q) an Futtergerste (~100 kg) ein und berechnete die GE zum ersten Mal auf der Grundlage der verwertbaren Energie (d. h. der metabolischen Energie, abgekürzt als ME).

Der gewichtete Energiegehalt eines Doppelzentners Futtergerste errechnet sich aus den tierspezifischen Energiewerten und den Anteilen der Tierarten am Futterverbrauch (Klapp 2011). Auf diese Weise wurden die Energieverluste der Bruttoenergie bis zur Schwelle der umwandelbaren Energie berücksichtigt, die aufgrund der unterschiedlichen Art der Verdauungssysteme und der spezifischen Fütterung vom jeweiligen Tier abhängen (Becker 1988).

Die metabolisierbare Energie (ME), also die Energie, die von den Tieren genutzt werden kann, steht zur Erhaltung der Vitalfunktionen und zur Erzeugung von Milch oder Eiern zur Verfügung und bildet die geeignete Aggregationsstufe für den Vergleich aller landwirtschaftlichen Produkte. Darüber hinaus bewertete Becker (1988) die Futterproduktion nicht mehr nur nach ihrer Verwendung durch Wiederkäuer, sondern nach ihrer Verwendung durch alle Nutztiere entsprechend ihrem jeweiligen Anteil am Gesamtverbrauch. Eine Aktualisierung und Ergänzung der methodischen Grundlagen erfolgte durch Schulze Mönking (2013). Er passte die Umrechnungsfaktoren an den aktuellen Stand des technischen Fortschritts der landwirtschaftlichen Praxis an. Gegenwärtig beträgt der gewichtete Energiegehalt eines Doppelzentners Futtergerste 12,56 MJ ME. Die Berechnung der GE (eng. CU – *cereal unit*) nach Becker (1988), Klapp (2011) and Schulze Mönking (2013) erfolgt nach:

$$[1] \quad CU_{animalproduction} = \frac{energy_demand_per_kg_product[MJ_{ME}]}{animal_specific_energy_content_of_barley[MJ_{ME}]}$$

$$[2] \quad CU_{forage} = \frac{\sum(a_{forage} * x_{forage})}{\sum(a_{barley} * x_{barley})}$$

a = tierartspezifischer Energiegehalt
x = Anteil der Tierart an der Fütterung

$$[3] \quad CU_{otherplantproducts} = \frac{reference_yield[CU]}{yield}$$

2.4 Potenzialflächen für AFS – Methodik und Berechnung

Grundsätzlich wird jede landwirtschaftliche Fläche, d.h. Ackerland und Grünland, die unter Berücksichtigung des Imports und Exports nicht unbedingt für die Erzeugung von Nahrungsmitteln und Futtermitteln benötigt wird, als potenzielle Fläche für Gehölzpflanzungen angesehen. Bau- und verkehrsbedingte Ansprüche sowie Belange des Naturschutzes etc. werden als konstant betrachtet. Um die Nachhaltigkeit der Flächennutzung zu gewährleisten, werden ökologisch wertvolle Gebiete wie Brachflächen, Stilllegungsflächen und ökologische Vorranggebiete (HNV-Gebiete) ebenfalls nicht als potenzielle Agroforstflächen betrachtet und daher konstant gehalten.

In einem ersten Schritt werden der Bedarf der Bevölkerung an landwirtschaftlichen Produkten und der Futtermittelbedarf der Tiere in der Modellregion AUFWERTEN ermittelt. In einem zweiten Schritt wird die landwirtschaftliche Nahrungs- und Futtermittelproduktion in der Modellregion quantifiziert. Aus einem Vergleich von Angebot und Nachfrage lassen sich „freie“ Flächenpotenziale ableiten. Die Bezugseinheit für die Aggregation ist die Getreideeinheit (GE), und die Bilanzierung von Verbrauch und Produktion basiert auf Kreitmair (1989).

3 ERGEBNISSE

3.1 Nachfrageseite

3.1.1 Pro-Kopf-Nachfrage nach Nahrungsmitteln

Der durchschnittliche Lebensmittelbedarf in Deutschland beläuft sich auf 11,04 GE pro Kopf und Jahr. Abbildung 4 zeigt diesen jährlichen Pro-Kopf-Verbrauch aufgeschlüsselt nach allen Produktgruppen. Milchprodukte wie beispielsweise Joghurtcreme, Buttermilch und Käse bilden die Milchproduktgruppe, und verschiedene Getreideprodukte wie Weizen, Roggen und andere Getreideprodukte repräsentieren die Produktgruppe Getreide. Der Fleischkonsum (insbesondere Schweinefleisch und Rindfleisch) macht den größten Anteil des Lebensmittelkonsums gemessen in Getreideeinheiten aus. Mit $4,86 \text{ GE} \cdot \text{Kopf} \cdot \text{a}^{-1}$ wird damit ca. 44 % des Gesamtverbrauchs besonders stark durch den Fleischkonsum beeinflusst. Insgesamt werden 8,46 GE (76,6 %) der tierischen Produktion und 2,58 GE (23,4 %) der pflanzlichen Produktion (hauptsächlich Getreide) pro Kopf und Jahr verbraucht.

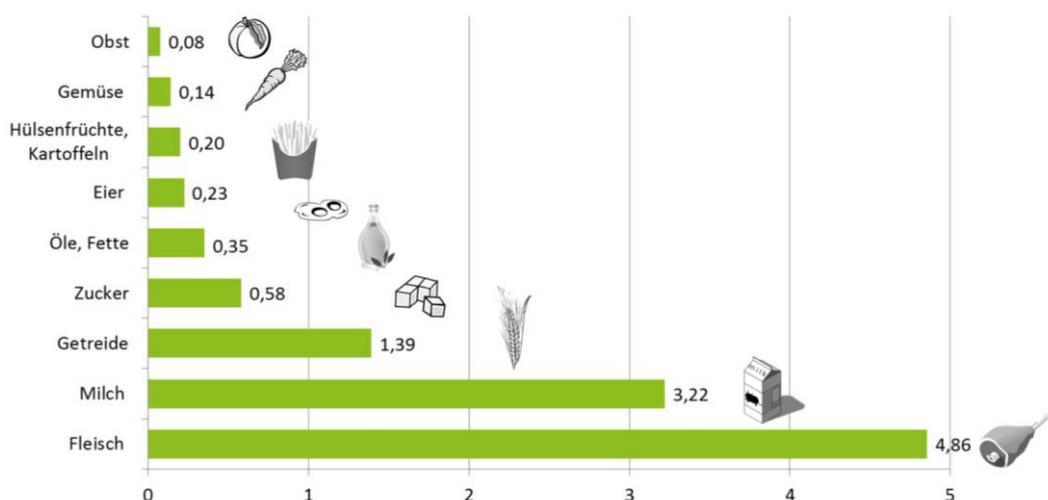


Abbildung 4: Aktueller Pro-Kopf-Verbrauch in Deutschland nach Produktgruppen (in Getreideeinheiten pro Jahr)

Eine Hochrechnung des Pro-Kopf-Verbrauchs auf die Populationsgröße der Modellregion ergibt 291.412 GE, die jährlich in der Modellregion produziert werden sollen, sofern eine quasi-vollständige Eigenversorgung angestrebt wird. Wenn Berlin und Brandenburg als Versorgungsgebiet betrachtet werden, beträgt die Nachfrage 675.223 GE gegenüber 734.142 GE im ganzen Land (Tabelle 2).

Tabelle 1: Übersicht der Bevölkerungszahlen nach Versorgungsgebiet.

Versorgungsgebiet	Modellregion	Brandenburg	Berlin/BB	Deutschland
Zu versorgende Bevölkerung	26.388	25.327	61.143	66.478
Getreideeinheiten (GE)	291.412	280.142	675.223	734.142

3.1.2 Nachfrage nach Tierfutter

Im Jahr 2015 wurden in der Modellregion insgesamt 469.518 GE Futtermittel aus lokaler Produktion und Import in die Region verbraucht. Wie Abbildung 5 zeigt, macht die Fütterung der ca. 12.000 Rinder mit ca. 350.000 GE (75 %) den größten Anteil aus. Für die ungefähr 64.000 Schweine beträgt der Futterbedarf ungefähr 95.924 GE (20 %), für Geflügel mit ungefähr 16.568 Tieren 16.568 GE (3,4 %). Das verbleibende Futter in Höhe von 7.444 GE (1,6 %) ist für die Fütterung von Schafen, Alpakas, Damhirschen und Kaninchen bestimmt.

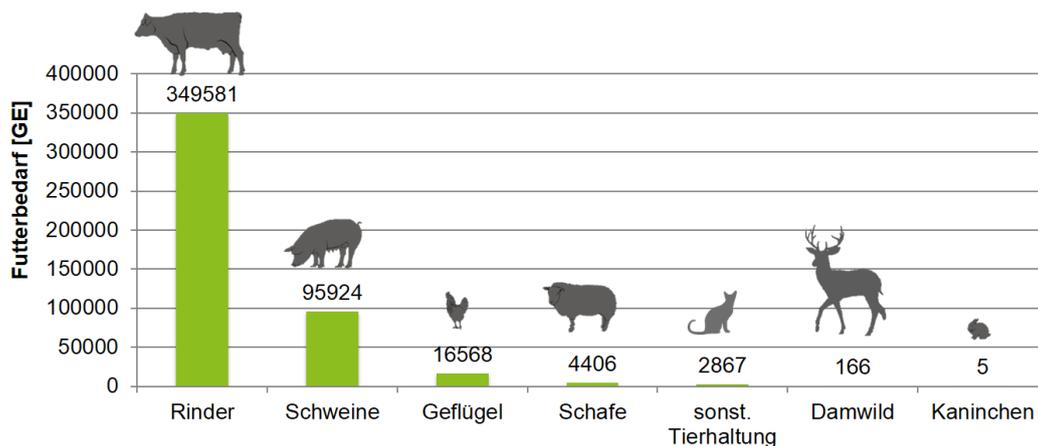


Abbildung 5: Futtermittelbedarf in der Modellregion in Getreideeinheiten nach Tiergruppen.

Nach Abzug des Anteils von Futtermitteln aus der Lebensmittelindustrie und der Nichtlebensmittelverarbeitung (inländische Produktion 8 %), von Tierfutter (0,7 %) und von importiertem Futter (11 %) hat die Modellregion einen Gesamtbedarf an Futterpflanzen von 379.370 GE (Tabelle 2).

Tabelle 2: Berechnungsverfahren für den Futtermittelbedarf in Getreideeinheiten.

Gesamtnachfrage nach Futtermitteln	469.518
- Recycling aus der Lebensmittelindustrie, <i>Non-Food</i> -Verarbeitung (inländische Produktion)	35.683
- Fütterung	3.287
- Importfuttermittel	49.769
= <i>Futtermittelbedarf aus heimischer Pflanzenproduktion</i>	<i>379.370</i>

Insgesamt müsste die Modellregion 694.243 GE bereitstellen, um die lokale Bevölkerung und die Tierbestände zu ernähren. Wenn Berlin und Brandenburg als eine Versorgungseinheit betrachtet

werden, beträgt sie 1.083.686 GE; aus bundesweiter Sicht erhöht sich der Lieferauftrag auf 1.201.828 GE.

3.2 Produktionsseite

3.2.1 Pflanzenbau

Die Gesamtproduktion (Bruttoproduktion) auf Flächen für die Lebensmittelproduktion beträgt im Referenzjahr 2015 in der Modellregion 630.413 GE. Nach Abzug von 9.308 GE für Saatgut (1,5 %), 14.327 GE für Verluste (2 %), 17.027 GE (3 %) für industrielle Zwecke, 48.849 GE für Energie (8 %) und 379.370 GE für Futtermittel (66 %) beträgt die pflanzliche Nahrungsmittelproduktion netto 161.531 GE (Tabelle 3). Die beiden Biogasanlagen in der Modellregion haben einen Substratbedarf von 6.600 GE Roggenganzpflanzensilage, 1.096 GE Grassilage und 36.312 GE Maissilage. Darüber hinaus werden 300 GE aus Chinaschilf- oder Zuckerhirse mit einer Anbaufläche von 15 ha für die Biogaserzeugung genutzt. Aufgrund der rein energetischen Nutzung der Inputs geht dies jedoch nicht in die Berechnung der Lebensmittelproduktion ein.

Tabelle 3: Berechnungsverfahren für die pflanzliche Erzeugung und die daraus resultierenden Getreideeinheiten.

Gesamtproduktion pflanzenbasierter Nahrungs- und Futtermittel (Bruttoproduktion)	630.413
- Saatgut	9.308
- Verluste	14.327
- Industrielle Verwendung für Non-Food- / Non-Feed-Zwecke	17.027
- Energieverbrauch	48.849
- Futtermittelbedarf aus heimischer Produktion	379.370
= pflanzliche Nahrungs- und Futtermittelproduktion (Nettoproduktion)	161.531

Die detaillierte Betrachtung verdeutlicht, dass die Getreideerzeugung nach Abzug von 34.165 GE für den internen Gebrauch mit 283.141 GE den größten Anteil an der Nettoproduktion hat (Abb. 6).

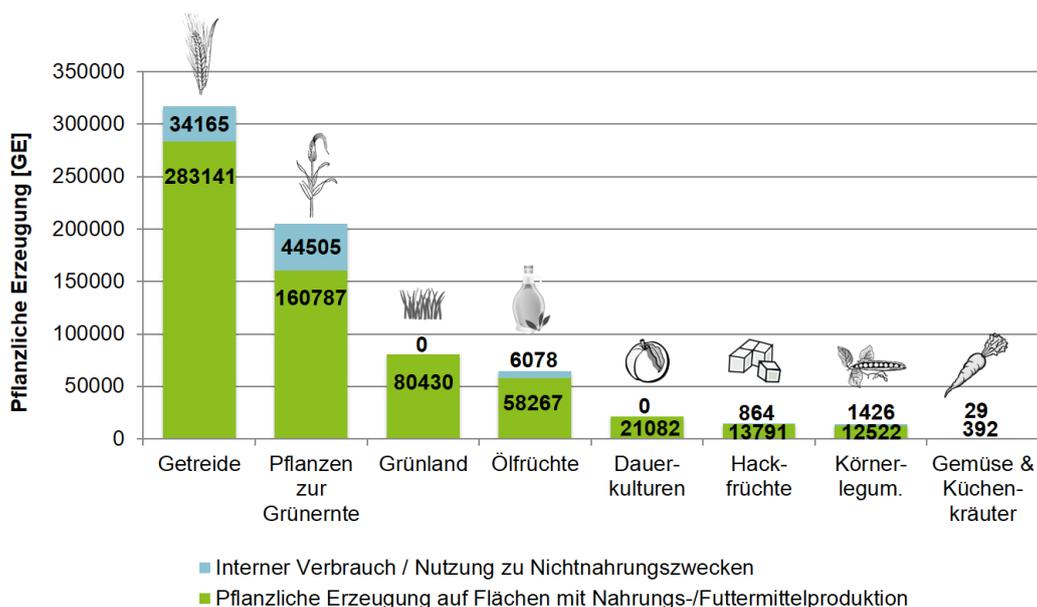


Abbildung 6: Pflanzenproduktion in Getreideeinheiten auf Flächen zur Lebensmittelproduktion.

Pflanzen zur Grünernte haben mit 160.787 GE den zweithöchsten Anteil an der Nettoproduktion, hauptsächlich in Form von Silomais als Futter. Grünland steuert 80.430 GE zur Futtermittelproduktion bei. Für Ölsaaten beträgt die Produktion 58.267 GE. Rund 48.000 GE werden von Dauerkulturen, Hackfrüchten, Körnerleguminosen, Gemüse und Küchenkräutern erzeugt

Abbildung 7 zeigt den durchschnittlichen GE-Ertrag pro Hektar in der Modellregion, der für die Lebensmittelproduktionsgruppen aggregiert gültig ist. Hackfrüchte und Dauerkulturen (89 bzw. 80 GE * ha⁻¹) weisen den höchsten Ertrag an Getreideeinheiten pro Flächeneinheit auf, wobei Hülsenfrüchte mit 20 GE * ha⁻¹ den geringsten Anteil haben. Demnach werden für den menschlichen Verzehr pro Kopf 2.936 m² LF benötigt, wobei die derzeitige Selbstversorgungsrate und das regionale, vergleichsweise niedrige Ertragspotenzial berücksichtigt ist.

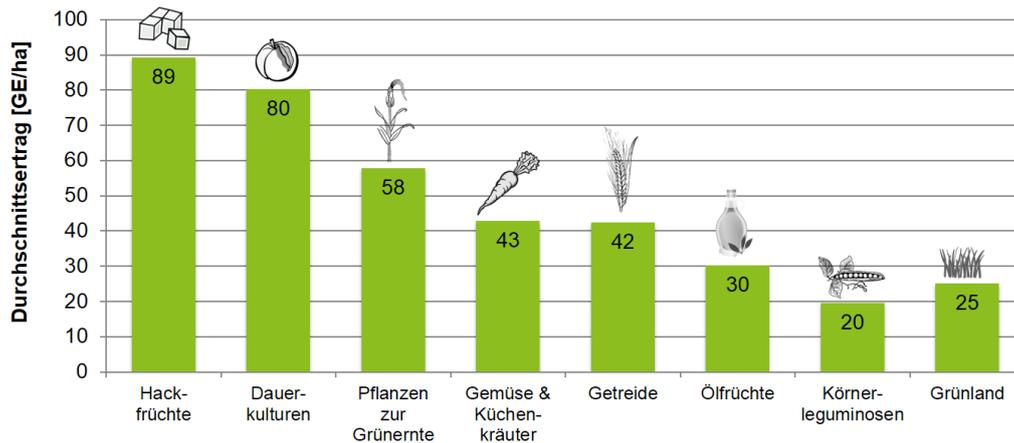


Abbildung 7: Durchschnittlicher Hektarertrag für die Modellregion nach Produktgruppen.

3.2.2 Tierische Produktion

Die tierische Produktion (brutto) beträgt 466.434 GE, wovon 349.581 GE (75 %) auf die Rinderhaltung entfallen, einschließlich der Milchproduktion. 95.924 GE (21 %) sind in der Schweineproduktion und 16.568 GE (3,5 %) in der Geflügel- und Eierproduktion tätig. Die sonstige tierische Erzeugung (Schafe, Damhirsche, Kaninchen) macht weniger als 1 % aus (4.361 GE) (Abb. 8).

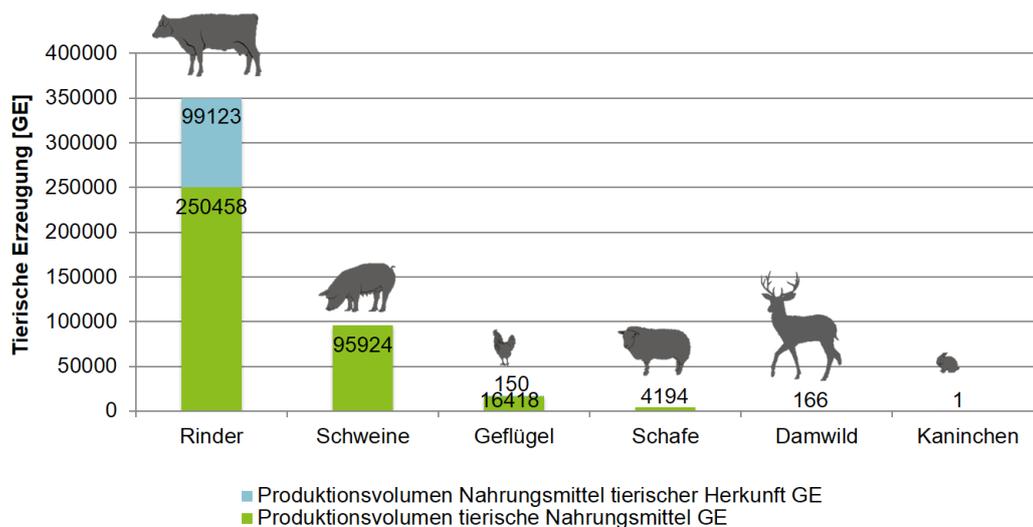


Abbildung 8: Ergebnis für die tierische Erzeugung nach Produktgruppen in Getreideeinheiten.

Die Nettonahrungsmittelproduktion von Tieren beträgt nach Abzug des internen Verbrauchs von 4.664 GE (1 %) noch 461.770 GE (Tabelle 4).

Tabelle 4: Berechnungsverfahren für die tierische Erzeugung und die daraus resultierenden Getreideeinheiten.

Gesamte tierische Produktion von Lebensmitteln und Futtermitteln (Bruttoproduktion)	466.434
- interner Verbrauch	4.664
= Tierfutterproduktion (Nettoproduktion)	461.770

Fasst man die in Getreideeinheiten ausgedrückte Tierproduktion in Bezug auf die Nachfrage nach tierischen Lebensmitteln oder Lebensmitteln tierischen Ursprungs zusammen, so wird deutlich, welche Angebotsüberschüsse oder -defizite in der Modellregion bestehen. Bei Rindfleisch liegt die Überproduktion bei 210.000 GE (85 %), bei Schweinefleisch bei 40.000 GE (43 %) und bei Hammel bei 1.000 GE (30 %). Bei Geflügelfleisch liegen Produktion und Nachfrage nahe beieinander (-0,7 %). Im Bereich Sonstiges Fleisch (Wild, Kaninchen) zeigt sich eine Unterversorgung von ca. 3.000 GE (-170 %). Insgesamt werden 248.867 GE (68 %) Fleisch mehr produziert, als die Modellregion nachfragt. Bei Lebensmitteln tierischen Ursprungs werden etwa 13.000 GE (13 %) Milch mehr produziert als regional benötigt, und fast 6.000 GE fehlen im Bereich regional verkundbare Eier. Hier müsste die Produktion um den Faktor 40 gesteigert werden, um den Bedarf zu decken.

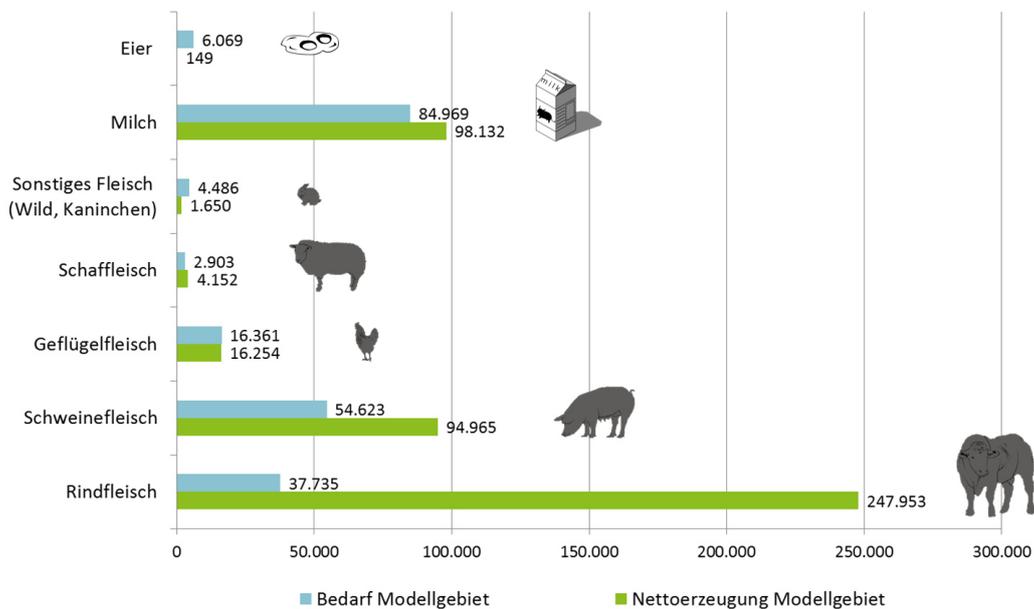


Abbildung 9: Vergleich der aktuellen Produktion tierischer Produkte in der Modellregion AUFWERTEN zum Verbrauch (in Getreideeinheiten pro Jahr)

3.2.3 Landwirtschaftliche Gesamtproduktion von Lebensmitteln

Die Bruttoagrarpromktion beträgt insgesamt 1.096.847 GE. Nach Abzug von Eigenverbrauch, Verlusten, Futtermitteln und anderen Verwendungen bleiben 608.168 GE für den menschlichen Verzehr verfügbar (Abb. 10).

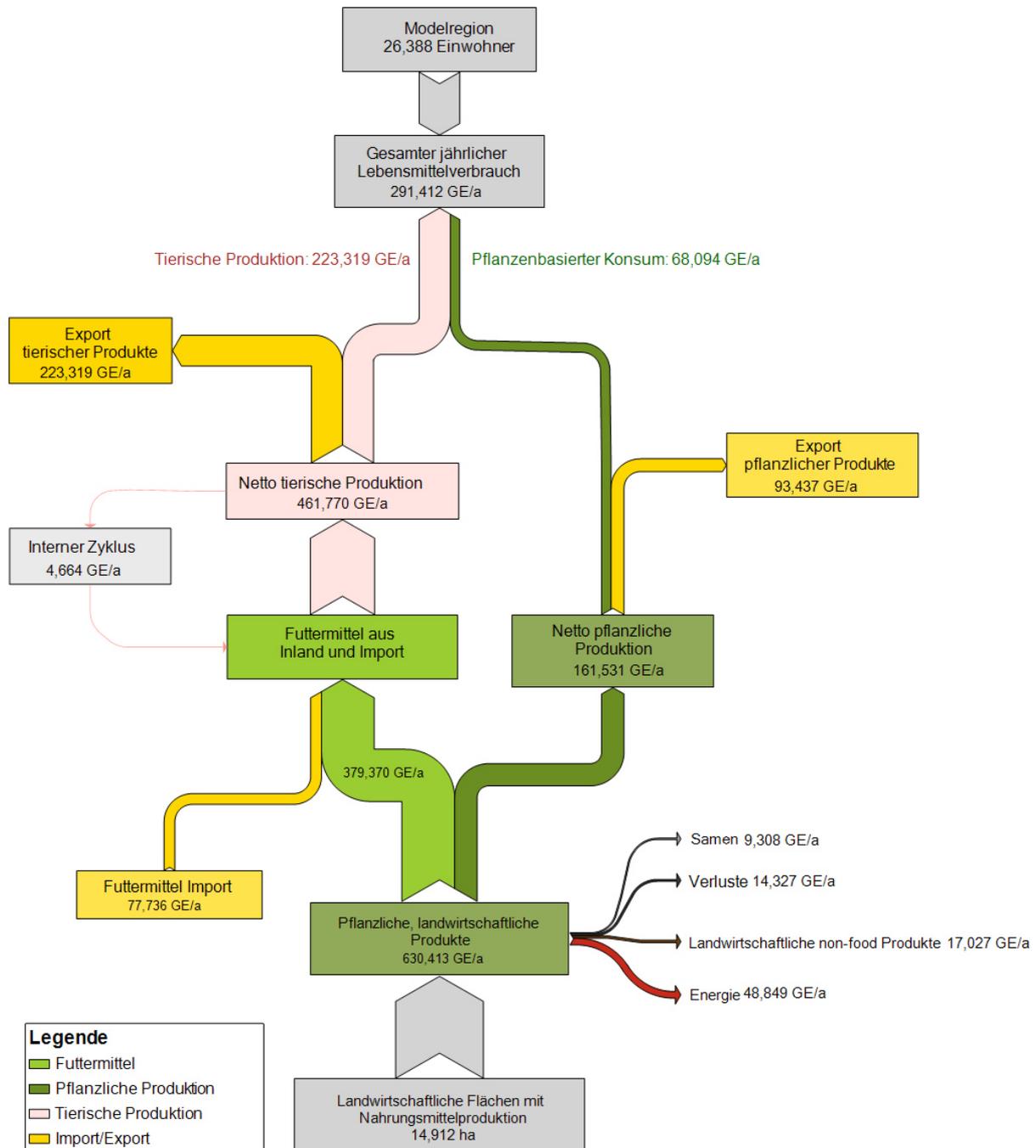


Abbildung 10: Flussdiagramm zu Angebot und Nachfrage landwirtschaftlicher Produkte in der Modellregion AUFWERTEN (Basisszenario)

3.3 Flächenpotenzial für die Nichtlebensmittel- und Nichtfuttermittelproduktion und Agroforstsysteme

3.3.1 Gleichbleibender Selbstversorgungsgrad, keine Verbringung außerhalb der Modellregion

Ein Vergleich von Angebot und Nachfrage führt unter den getroffenen Annahmen und unter Berücksichtigung der regionalen Nachfrage der Einwohner der Modellregion AUFWERTEN zu einer Überproduktion von 331.889 GE. Auf der Grundlage des gewichteten Durchschnittsertrags von 37,6 GE pro Hektar kann dies in ein sehr großes Potenzial an freien Flächen von 8.827 ha (59 % der derzeitigen LF) umgewandelt werden.

Diese Fläche steht rechnerisch für andere Zwecke als die Herstellung von Lebensmitteln und Futtermitteln zur Verfügung, wenn keine Verbringung in andere Regionen oder Exporte stattfinden würden. Davon entfallen derzeit 160 Hektar auf den Anbau von Weihnachtsbäumen, Chinaschilf, Kurzumtriebsflächen, Gründüngung und Grassamenvermehrung sowie 173 Hektar auf die nicht produzierende Landnutzung (z. B. Brache, Stilllegung, Lagerflächen). Werden diese Flächen für die Produktion von Nichtlebensmitteln abgezogen (insgesamt 333 ha oder 2 % LF), ergibt sich ein Potenzial für freie Flächen von 8.504 ha (entspricht 57 % der LF).

3.3.2 Gleichleibender Selbstversorgungsgrad, Versorgungsauftrag für Berlin und Brandenburg sowie bundesweit

Berücksichtigt man Berlin und Brandenburg in einem überregionalen Liefermandat, ergibt sich ein Produktionsdefizit von 51.921 GE, was einem Fehlen von 1.381 ha (9 % LF) entspricht. Nach weiterem Abzug der bereits belegten Nichtnahrungsmittel- und Nichtproduktionsfläche steigt das Defizit auf 1.714 ha (11,5 %).

Auf nationaler Ebene fehlen 110.841 GE bzw. 2.948 ha (20 % LF) für die Nahrungsmittelproduktion und sogar 3.281 ha (22 % LF) bei vorherigem Abzug der Flächen der aktuellen „Non-Food“-Produktion.

3.4 Vergleich von Flächenpotenzial und Flächenbedarf für Agroforstsysteme

Bei der Umwandlung sämtlicher Ackerflächen der Modellregion (10.308 ha) in AFS wird die für die Baumstreifen benötigte Fläche bei den empfohlenen Gehölzsorntenanteilen von 5 %, 10 % und 20 % (Abb. 11) nach Hübner u. a. (2017a) zwischen 515 ha und 2.062 ha liegen.

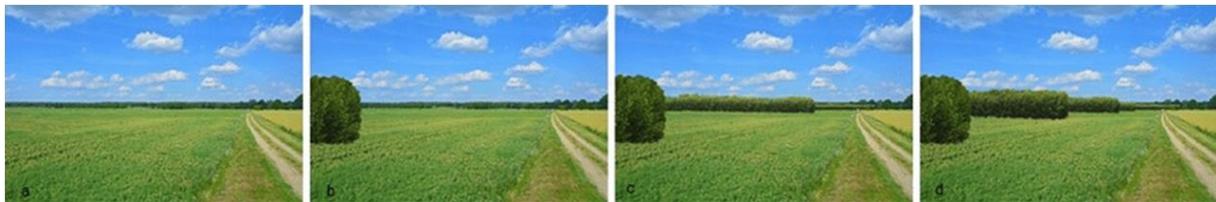


Abbildung 11: Visualisierung eines AFS zum Vergleich des Ist-Zustands a) im Vergleich zu AFS mit einer Baumart (Pappel) mit variablen Gehölzanteilen an der Ackerfläche gestaffelt nach b) 5 %, c) 10 % und d) 20 % Anteil.

Berücksichtigt man Grünland (3.840 ha) für die Agroforstwirtschaft, besteht eine zusätzliche Möglichkeit für den Anbau von Agroforstgehölzen auf einer Fläche zwischen 192 ha und 768 ha (Tabelle 5).

Tabelle 5: Flächenbedarf für Agroforstsysteme für verschiedene Anteile an Gehölzflächen.

Anteil der Gehölzfläche	Gehölzfläche auf Ackerland	Gehölzfläche auf Grünland	Gehölzfläche insgesamt
5 %	515 ha	192 ha	707 ha
10 %	1.031 ha	384 ha	1.415 ha
20 %	2.062 ha	768 ha	2.830 ha

Wenn man die derzeitige Selbstversorgung in der Modellregion beibehält und die Exporte vollständig reduziert, stehen 8.504 ha für die *Non-Food*-Produktion zur Verfügung. Davon werden für die vollständige Umwandlung von Acker- und Grünland in AFS mit einem Gehölzanteil von 20 % insgesamt 2.830 ha für Gehölze beansprucht. Für andere Nutzungen oder den Export stehen mindestens 5.700 ha zur Verfügung. In Bezug auf Berlin / Brandenburg oder Deutschland als Ver-

sorgungseinheit besteht derzeit aufgrund des Flächendefizits bei der Lebens- und Futtermittelproduktion kein Potenzial für AFS.

4 DISKUSSION

4.1 Kritische Betrachtung der Abschätzung des Flächenpotenzials

Ziel war die Entwicklung einer übertragbaren Methode zur Berechnung des Flächenpotenzials für AFS auf kommunaler Ebene unter Berücksichtigung des Wettbewerbs mit der Lebens- und Futtermittelproduktion. Der gewählte *Bottom-Up*-Berechnungsansatz ist nach Ansicht der Autoren trotz des hohen Aufwands für die Ermittlung des Flächenpotenzials auf Gemeindeebene gut geeignet. Da es die tatsächlichen Wachstumsbedingungen berücksichtigt, ist es aussagekräftiger als der nachfrageorientierte Ansatz, der in früheren Studien zum Flächenpotenzial in Deutschland verfolgt wurde (Schultze u. a. 2008, Simon 2007). Darüber hinaus lassen sich aus den Ergebnissen zu den Produktionsbedingungen und den Agrarstrukturen in der Modellregion interessante Ergebnisse ableiten.

Die gewählte Methode zur Erfassung der landwirtschaftlichen Produktion in Getreideeinheiten (GE) eignet sich auch für die Darstellung des Verbrauchs und der landwirtschaftlichen Produktion. Die Bilanzierungsmethode von Kreitmair (1989) wurde erfolgreich auf kommunale Ebene übertragen unter Berücksichtigung des regionalen Ertragsniveaus. Die quantitative Berechnung von GE hat jedoch auch ihre Grenzen. Beispielsweise wird der Nährwert der Produkte bei der Aggregation über GE nicht berücksichtigt (Besch & Wöhlken 1973). Die Besonderheit des gewählten Ansatzes ist u. a., dass die regionalen Ertragsbedingungen – durch Konsultation des örtlichen Bauernverbandes Südbrandenburg e. V. und Landwirten vor Ort – berücksichtigt sind. Darüber hinaus werden wirtschaftliche Aspekte der Produktion, infrastrukturelle Besonderheiten, Traditionen, Erfahrungen und regionales Wissen im Pflanzenbau und der Tierzucht, ignoriert.

Die Methodik wurde so konzipiert, dass sie auf andere Untersuchungsregionen und andere räumliche Skalen übertragen werden kann. Die Verwendung von Daten aus dem Integrierten Verwaltungs- und Kontrollsystem (InVeKoS-Daten) in dieser Arbeit kann in diesem Zusammenhang kritisiert werden. Es ist jedoch davon auszugehen, dass diese Daten in Zukunft zunehmend in der Agrarforschung Anwendung finden werden. Auf Bundes- oder Länderebene könnten die erforderlichen Daten beispielsweise auch aus der Landnutzungserhebung gewonnen werden. Auf Landkreisebene wird die Anzahl der Tiere und die Landnutzung häufig von den Landwirtschaftsverwaltungen erhoben (Herkunftssicherungs- und Informationssystem für Tiere – HI-Tier).

Nur etwa 90 % der landwirtschaftlichen Nutzflächen in der Modellregion verfügten über InVeKoS-Daten. Beispielsweise fehlen Daten von Betrieben, die aufgrund einer zu geringen Betriebsgröße keinen Mehrfachantrag gestellt haben. Darüber hinaus fallen weitere Betriebe mit ihren Daten heraus, obwohl sie Gebiete innerhalb der Modellregion verwalten, ihr Firmensitz jedoch außerhalb der Grenzen der beteiligten Kommunen liegt. Die Extrapolation der Flächen, die im Rahmen der Beantragung von Agrarzahungen für die gesamte LF der Modellregion im Rahmen dieser Arbeit beantragt wurden, stellt eine Unsicherheit bei der Berechnung des Flächenpotenzials dar.

Insgesamt ist die Qualität und Aktualität der Daten entscheidend für die Gültigkeit der Berechnung. Folgende Vorschläge zur Verbesserung des Modells werden daher gemacht:

- Daten zur internen Verwendung in der Tierproduktion und zu Fremdfutter wurden aus Gründen der Vereinfachung aus der Literatur und der Bundesstatistik herangezogen und

pauschal in die Modellregion übertragen. Die Regionalisierung und Anpassung an die örtlichen Tier- und Landwirtschaftspraktiken könnte die Genauigkeit der Landnutzungsdurchschnittsberechnung auf Gemeindeebene erheblich verbessern.

- In den InVeKoS-Daten fehlt eine Differenzierung der Anbaufläche nach Verwendung als Futtermittel, Lebensmittel oder Material oder energetischer Nutzung, was zu Ungenauigkeiten bei der Berechnung führt. Auch hier könnte eine regionale Anpassung das Ergebnis verfeinern.
- Sinnvoll wäre auch eine Differenzierung der Landpotenziale nach Grünland und Ackerland. Im Rahmen dieser Arbeit wurde jedoch auf Grund der Komplexität der Berechnungen und der fehlenden Datenbasis für die Tierfütterung in der Modellregion verzichtet. Für die einzelnen Produktionsrichtungen der Tiere müsste eine genaue Aufschlüsselung der Futtermittelnutzung der verschiedenen Ackerkulturen vorliegen.
- Letztendlich könnte das Ergebnis auch durch Berücksichtigung anderer Verwendungsansprüche wie z. B. Naturschutz oder nichtlandwirtschaftliche Flächennutzung (Simon 2007). Für die Zwecke dieser Arbeit wurden andere Verwendungen als die für die Nahrungs- und Futtermittelerzeugung nur berücksichtigt, indem Bodennutzungen wie Brachflächen, freiwillige Stilllegungsflächen und ökologische Vorrangflächen (ÖVF) nicht in die Berechnung der Flächen einbezogen wurden Potenzial.

4.2 Ergebnisse der Potenzialschätzung und Vergleich mit anderen Studien

Die Ergebnisse zeigen, dass das Potenzial für die Nichtnahrungs-/Nichtfutterproduktion in der Modellregion derzeit bei etwa 8.504 ha liegt, was rund 60 % der LF entspricht, bei Beibehaltung des derzeitigen Grades der Selbstversorgung. Das Szenario 20 % der gesamten LF mit AFS auszustatten beträgt maximal 2.830 ha.

Aus diesem Ergebnis kann abgeleitet werden, dass die Landnutzungskonflikte in Bezug auf die landwirtschaftliche Fläche mit lediglich einer Versorgung der Bevölkerung der Modellregion oder auch unter Berücksichtigung eines Versorgungsauftrags für das Bundesland Brandenburg gering sind. Eine Versorgung der Bevölkerung der Modellregion und eine Erfüllung des Liefervertrages für Brandenburg können auch bei einer großflächigen Umsetzung von AFS garantiert werden.

Bei der Betrachtung der vollständigen Lieferverantwortung für das Stadtgebiet von Berlin sowie Brandenburg oder ganz Deutschland (anteilig) gibt es derzeit keine Flächen für die Nutzung als Energieholz in AFS oder anderen Nutzungen im Bereich der NaWaRo aufgrund der geringen Ertragsfähigkeit der Böden in der Modellregion. Das geringe Produktionspotenzial vor Ort spiegelt sich in den landwirtschaftlichen Erträgen der Modellregion wider. Beispielsweise liegen die Winterroggen- und Weizenausbeuten mit 20 % bzw. respektive 25 % deutlich unter dem nationalen Durchschnitt (Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) 2015). Laut Zeddies u. a. (2012), mit einem durchschnittlichen Flächenertrag von 6,7 Tonnen Getreide in Deutschland und einem Bedarf von $11,78 \text{ GE} \cdot \text{Kopf} \cdot \text{a}^{-1}$, könnten ca. 5,7 Menschen pro Hektar mit Lebensmitteln versorgt werden, verglichen mit nur 3,3 in der Modellregion. Um eine Person zu ernähren, sind unter den Produktionsbedingungen der Modellregion $2.936 \text{ m}^2 \text{ LF}$ erforderlich. Dieser Wert liegt deutlich über dem, anderer Studien in Regionen mit höherer landwirtschaftlicher Flächenproduktivität. Graf u. a. (2010) zum Beispiel berechneten, dass der Nährstoffbedarf Thüringens nur $1.370 \text{ m}^2 \text{ LF}$ pro Einwohner betrug.

All dies sind Argumente, die einer Erfüllung eines vollständigen (flächenanteiligen) Versorgungsauftrags für städtische Gebiete widersprechen. Regionen mit geringerem Ertrag wären im Vergleich zu Gebieten mit hohem Ertragspotenzial stark benachteiligt. Bei einem nationalen

Versorgungsauftrag oder einer Berechnung auf Ebene der Bundesländer Berlin / Brandenburg berücksichtigt daher, wie bei Schulze Mönking (2013) bei solchen Berechnungen das Ertragspotenzial des Agrarlandes und gleicht dies durch die durchschnittliche regionale Bodenzahlen im Verhältnis der durchschnittlichen nationalen Ertragsmesszahlen aus.

Die berechnete Potenzialfläche bezieht sich auf die aktuelle Fruchtfolge in der Modellregion. Weitere Potenziale könnten geschaffen werden, wenn landwirtschaftliche Flächen zugunsten von ertragsstarken Pflanzen in Bezug auf GE pro Hektar, wie zum Beispiel Hackfrüchte und Dauerkulturen, ausgeweitet würden. Der Wettbewerb zur Nahrungsmittel- und Futtermittelproduktion könnte durch die Berücksichtigung der Landnutzungsproduktivität bei der Errichtung von AFS weiter abgeschwächt werden. Auf Grünland mit einer GE-Produktion von etwa $21 \text{ GE} \cdot \text{ha}^{-1}$ und somit etwa 50 % weniger als bei Ackerland, können Landnutzungskonflikte bei der Debatte um „Tank oder Teller“ weniger gravierend sein, als auf Ackerland.

Auch durch eine Leistungssteigerung in der Tierproduktion durch Züchtung und technischen Fortschritt, beispielsweise durch Verbesserung der Futteraufnahme und -nutzung sowie durch Erhöhung der Milchleistung, könnten in Zukunft weitere Flächen frei werden. Berechnungen zur Flächenfreisetzung im Hinblick auf Leistungssteigerungen sind jedoch aufgrund des Mangels an Daten und der Komplexität der Berechnungen (Schönleber 2009) schwierig durchzuführen und werden in den meisten Studien zur Schätzung von Flächenpotenzialen für Biomasse in Deutschland nicht berücksichtigt. Darüber hinaus wird das Potenzial in diesem Sektor als eher gering angesehen. Laut Thrän (2005) hielt sich die Futterverwertung in Deutschland in den letzten Jahrzehnten relativ konstant, und hat sich lediglich um etwa 0,5 % pro Jahr verbessert. Die Tierproduktion beansprucht aufgrund der vergleichsweise geringen Effizienz der Futterverwertung durch die Tiere eine große Fläche. Hier hat die Rindfleischproduktion, die in der Modellregion eine deutliche Überproduktion aufweist, den größten Flächenbedarf. Der Selbstversorgungsgrad in Deutschland liegt weit über 100 %. Die Verringerung der Überproduktion könnte auch zusätzliche Flächen zur Verfügung stellen. Der Preisverfall nach dem Auslaufen der Quotensysteme für Milch im Jahr 2015 führt zu einer gewissen Marktkonsolidierung bei der Milchproduktion und kann Auswirkungen auf das Grünlandpotenzial haben (Schönleber 2009).

Darüber hinaus gelangt ein Großteil von prinzipiell für den Verzehr geeigneter Nahrungsmitteln vor allem aus dem Obst- und Gemüsebau aufgrund von strengen staatlichen Vermarktungsnormen sowie durch Normen und Qualitätsstandards des Handels in Verbindung mit Verbraucheransprüchen gar nicht in den Handel. Nach Runge & Lang (2017) sind dies bis zu 40 % der Ernte. Da zwar aktuell vergleichsweise wenig Fläche für diese Produktgruppe genutzt wird, ist das hierin liegende Potenzial natürlich begrenzt, dürfte aber ansteigen, so sich die Verzehrsgewohnheiten – hin zu mehr Obst und Gemüse statt Fleisch und Milchprodukte – ändern. Bestenfalls hätte eine Änderung der Ess- und Konsumgewohnheiten einen großen Einfluss auf das potenzielle Gebiet. Die Versorgung mit fleischbasierter Nahrung liegt über dem wissenschaftlich empfohlenen Niveau. Nach Witowitz (2007) würde eine Reduzierung des Verzehrs von tierischer Nahrung in Deutschland nach Empfehlung der Deutschen Gesellschaft für Ernährung dazu führen, dass in GV gemessen, die Hälfte des derzeitigen Viehbestands abgeschafft würde, was zu einer enormen Freisetzung von Flächen führen würde.

Generell ist der hohe Anteil produzierter und auch in den Handel gelangter Nahrungsmittel die aus verschiedenen Gründen nicht genutzt werden, kritisch zu sehen. So es sich um Milch- und Fleischprodukte handelt, ist das Flächeneinsparpotenzial immens.

Alle genannten Faktoren können das potenzielle Gebiet beeinflussen. Letztendlich entscheidet neben den Bedürfnissen der Landwirtschaftsbetriebe (Futterbedarf, Bedarf an Substrat für Biogasanlagen) vor allem auch die erzielte Marktleistung über die Nutzung landwirtschaftlicher Flächen.

5 AUSBLICK

Die Berechnung eines Agroforstpotenzials liefert einen Hinweis auf das Ausmaß von Landnutzungskonflikten im Fokus der AUFWERTEN Modellregion und kann damit zur Minderung des Wettbewerbs für die Lebens- und Futtermittelproduktion beitragen.

Das Modell kann den Dialog zwischen Wissenschaft und (politischen) Entscheidungsträgern fördern, um Argumente zu schaffen, ob das vorgeschlagene AFS ein geeigneter Beitrag zur Abschwächung der heutigen Probleme in der landwirtschaftlichen Produktion ist. Die Berechnung dieses Flächenpotenzials könnte durch regionale Anpassung der Datenbasis verbessert werden, beispielsweise durch Expertenworkshops zu Ernährungstrends, Auswirkungen des Klimawandels auf landwirtschaftliche Erträge, Tierhaltung und -ernährung, Entwicklung der Selbstversorgung usw.

Es wäre auch interessant, den Konflikt auf der Landschaftsebene mit GIS zu bewerten. Mit dem GIS Tool Meta-AFS (siehe **Loseblatt # 54** von Böhm u. a. (2019a)) steht bereits eine Expertenlösung zur Bewertung von Agroforstschlägen auf Standortebeine zur Verfügung. Für die geplante Weiterentwicklung und Ausweitung auf andere Regionen über die AUFWERTEN Modellregion hinaus, sollten die Erkenntnisse zur Flächenkonkurrenz mit eingebaut werden.

Durch eine gezielte Standortbewertung hinsichtlich konfliktrelevanter Kriterien wie hohe Produktivität und Synergieeffekte, etwa Erosionsgefährdung etc., könnten in der Empfehlung zur Einrichtung von Agroforstwirtschaft geeignete Flächen für die Etablierung von Agroforstwirtschaft ausgewiesen bzw. ungeeignete Flächen für die Energieholzproduktion ausgeschlossen werden. Auf Basis der Entwicklung verschiedener Agroforsttypen und der Abstimmung dieser mit der Eignung für das Gebiet könnte der Flächenbedarf für AFS noch genauer quantifiziert werden und der Flächenwettbewerb für die Lebens- und Futtermittelproduktion, unabhängig von Verwaltungsgrenzen, weiter optimiert werden.

DANKSAGUNG

Die Autoren bedanken sich herzlichst für die Unterstützung durch das Landwirtschaftsamt Elbe-Elster, den Bauernverband Südbrandenburg e.V. sowie Landwirt Thomas Domin.

LITERATUR

- Aretz, A., Salecki, S. & Buchmann, L. (2019): Bewertung und Quantifizierung des Potenzials regionalwirtschaftlicher Entwicklung und hieraus ableitbarer Wirtschaftsfaktoren auf Basis der ökonomischen Analyse von ökonomischen Wertschöpfungsketten aus agroforstlichen Nutzungssystemen in der Modellregion des Forschungsprojekts AUFWERTEN. In: Böhm, C. (Hrsg.): AUFWERTEN Loseblattsammlung, Berlin: Institut für ökologische Wirtschaftsforschung GmbH.
- Becker, J. W. (1988): Aggregation in landwirtschaftlichen Gesamtrechnungen über physische Maßstäbe: Futtergersteneinheiten als Generalnenner. PhD Thesis, Universität Gießen.
- Besch, M. & Wöhlken, E. (1973): Zielsetzung, Aussagemöglichkeiten und Aussagegrenzen von mengen- und wertmäßigen Gesamtrechnungen: Studie erstellt im Auftrag des Statistischen Amtes der Europäischen Gemeinschaften Luxemburg, Gießen, Institut für Agrarpolitik der Universität.
- Böhm, C., Kanzler, M. (2019a): Auswirkungen von Agrarholzstrukturen auf die Windgeschwindigkeit in Agrarräumen. In: Böhm, C. (Hrsg.): AUFWERTEN Loseblattsammlung, Cottbus: BTU Cottbus-Senftenberg.

- Böhm, C. (2019b): Short rotation riparian strips as an option to protect surface water quality in Germany. 4th World Congress on Agroforestry, Montpellier.
- Böhm, C., Busch, G., Tsonkova, P., Hübner, R. & Ehrhrt, J. (2019a): Multikriterielle Auswahl potentieller Agroforstflächen mit dem Entscheidungswerkzeug META-AfS (1.0) am Beispiel ausgewählter Gemeinden in Südbrandenburg – Werkzeugdokumentation und Anwendungsbeispiel. In: Böhm, C. (Hrsg.): AUFWERTEN Loseblattsammlung, Cottbus-Freising-Göttingen-Potsdam.
- Böhm, C., Domin, T. & Kanzler, M. (2019b): Auswirkungen eines mit Agrarholz bestockten Gewässerrandes auf den Stickstoffaustrag in Oberflächengewässer. In: Böhm, C. (Hrsg.): AUFWERTEN Loseblattsammlung, Cottbus: BTU Cottbus-Senftenberg.
- Böhm, C. & Domin, T. (2017): AUFWERTEN: Agroforstliche Umweltleistungen für Wertschöpfung und Energie. Statuskonferenz 2017: BMBF-Fördermaßnahme „Innovationsgruppen f. ein Nachhaltiges Landmanagement“.
- Böhm, C., Kanzler, M., Mirck, J. & Freese, D. (2015): Effekte agroforstlicher Wirtschaftsweisen auf die Grundwasserqualität von Ackerstandorten. In: Kage, H., Sieling, K. & Francke-Weltmann, L. (Hrsg.): Multifunktionale Agrarlandschaften – Pflanzenbaulicher Anspruch, Biodiversität, Ökosystemdienstleistungen: Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften (Tagungsband).
- Brankatschk, G. & Finkbeiner, M. (2014): Application of the Cereal Unit in a new allocation procedure for agricultural life cycle assessments. *Journal of Cleaner Production*, 73, 72-79.
- Broggi, M. F. (2004): Ist Wildnis schön und “nützlich”?, *Handbuch Naturschutz und Landschaftspflege*.
- Bundesministerium für Ernährung Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) (2012): *Charta für Landwirtschaft und Verbraucher*, Berlin, Bundesministerium für Ernährung Landwirtschaft und Verbraucherschutz.
- Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) (2015): *Statistisches Jahrbuch über Ernährung, Landwirtschaft und Forsten 2015*. Münster - Hiltrup.
- Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR) (2019): Entwicklung der Anbaufläche für nachwachsende Rohstoffe [Online]. Gülzow. Available: <https://mediathek.fnr.de/grafiken/daten-und-fakten/entwicklung-der-anbauflaeche-fuer-nachwachsende-rohstoffe.html> [Abfragedatum: 30.06.2019].
- Fachagentur Nachwachsender Rohstoffe e.V. (FNR) (2016): Tabelle der Anbaufläche für nachwachsende Rohstoffe 2015 [Online]. Available: <http://mediathek.fnr.de/grafiken/daten-und-fakten/anbau.html> [Abfragedatum: 11.01.2016 2016].
- Graf, C., Vetter, A. & Warsitzka, C. (2010): Regionale Biomassepotenziale zur energetischen Nutzung im Freistaat Thüringen, Jena, Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (TLL).
- Grünewald, H., Brandt, B. K. V., Schneider, B. U., Bens, O., Kendzia, G. & Hüttl, R. F. (2007): Agroforestry systems for the production of woody biomass for energy transformation purposes. *Ecological Engineering*, 29, 319-328.
- Grünewald, H., Wöllecke, J., Schneider, B. U. & Hüttl, R. (2005): Alley-Cropping als alternative Folgenutzung von Kippstandorten. *Natur und Landschaft*, 80, 440.
- Henze, A. & Zeddies, J. (2007): Flächenpotenziale für die Erzeugung von Energiepflanzen der Landwirtschaft der Europäischen Union: Potential for the production of energy crops of

- the European agriculture. *Agrarwirtschaft: Zeitschrift für Betriebswirtschaft, Marktforschung und Agrarpolitik*, 56, 255-263.
- Hübner, R. (2019a): The agroforestry governance nexus: an exploratory assessment in Germany and Europe. 6th North American Agroforestry Conference, Corvallis, OR, USA.
- Hübner, R. (2019b): Globale Ziele, lokale Praxis: Agroforstwirtschaft im Licht der UN-Nachhaltigkeitsziele. BMBF Konferenz: INNOVATIONSLANDSCHAFTEN – Impulse aus Wissenschaft und Praxis für Landschaften der Zukunft, Berlin.
- Hübner, R., Augenstein, I. & Förster, B. (2019a): Agroforst und Landschaftsbild – Teil 3: Landschaftsstrukturanalytische Eignungsbewertung – Flächenklassifizierung mit GIS und Landschaftsstrukturmaßen. In: Böhm, C. (Hrsg.): AUFWERTEN Loseblattsammlung, Freising: Technische Universität München.
- Hübner, R., Härtl, J., Pukall, K., Augenstein, I. & Zehlius-Eckert, W. (2019b): Agroforst und Landschaftsbild – Teil 1: Sicht der Bevölkerung – Einführung zur Landschaftsbildbewertung und Ergebnisse einer Umfrage mit Fotomontagen. In: Böhm, C. (Hrsg.): AUFWERTEN Loseblattsammlung, Freising: Technische Universität München.
- Hübner, R., Härtl, J., Zehlius-Eckert, W. & Pukall, K. (2016): Definition von Agroforsttypen und Bewertung der landschaftsästhetischen Wirkung durch Laien. In: Böhm, C. (Hrsg.): 5. Forum Agroforstsysteme – Bäume in der Land(wirt)schaft – von der Theorie in die Praxis, Brieske: Innovationsgruppe AUFWERTEN.
- Hübner, R., Härtl, J., Zehlius-Eckert, W. & Pukall, K. (2017a): Agroforst-Standardtypen und deren Wahrnehmung – erste Ergebnisse, In: Böhm, C. (Hrsg.): Bäume in der Land(wirt)schaft – von der Theorie in die Praxis. Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg, IKMZ – Universitätsbibliothek.
- Hübner, R. & Hoffmann, H. (2010): Auswirkungen nachwachsender Rohstoffe zur Energieerzeugung auf Natur und Landschaft in Bayern – unter Berücksichtigung wasserwirtschaftlicher Aspekte – Endbericht an das Bayerische Landesamt für Umwelt. Freising - Weihenstephan: Bayerisches Landesamt für Umwelt.
- Hübner, R., Lu, J. & Wiesmeier, M. (2017b): Risk assessment within agricultural production: soil conservation strategies and its environmental and economic aspects - a case study for Bavaria. *International Journal of Agricultural Resources, Governance and Ecology*, 13, 1-20.
- Hübner, R. & Winterling, A. (2018): A transferable strategy to reduce competition for food and feed production in the establishment of agroforestry systems for energy production. In: IFSA – European Group (Hrsg.): The 13th European Farming Systems Symposium (IFSA) – Farming systems: facing uncertainties and enhancing opportunities, Chania, Greece.
- Hübner, R., Zehlius-Eckert, W. & Augenstein, I. (2018): Agroforstsysteme und Landschaftsbild: Expertenbewertung der ästhetischen Effekte. 6. Forum Agroforstsysteme „Brücken bilden“, Göttingen.
- Klapp, C. (2011): Getreide- und Vieheinheitenschlüssel als Bewertungsmaßstäbe in der Landwirtschaft: Internationaler Vergleich und Konsequenzen alternativer Viehbewertungen, Göttingen, Cuvillier.
- Klapp, C. & Theuvsen, L. (2011): Bilanzierung der Versorgung mit landwirtschaftlichen Produkten: Internationaler Vergleich und Entwicklungsbedarf. *Berichte über Landwirtschaft: Zeitschrift für Agrarpolitik und Landwirtschaft*, 89, 306-330.

- Kreitmair, S. (1989): Neuberechnung der Gesamtversorgung mit landwirtschaftlichen Erzeugnissen: Neuberechnung auf der Basis eines revidierten Getreideeinheitenschlüssels. *Agrarwirtschaft*, 38, 120-126.
- Lovett, A. A., Sünnerberg, G. M., Richter, G. M., Dailey, A. G., Riche, A. B. & Karp, A. (2009): Land Use Implications of Increased Biomass Production Identified by GIS-Based Suitability and Yield Mapping for *Miscanthus* in England. *BioEnergy Research*, 2, 17-28.
- Mirck, J., Kanzler, M. & Böhm, C. (2016): Ertragsleistung eines Energieholz Agroforstsystems. In: Böhm, C. (Hrsg.): 5. Forum Agroforstsysteme – Bäume in der Land(wirt)schaft – von der Theorie in die Praxis, Brieske.
- Murach, D., Murn, Y. & Hartmann, H. (2008): Ertragsermittlung und Potenziale von Agrarholz. *Forst und Holz*, 63, 21–23.
- Padberg, K. (1970): Berechnungen zur Revision des Getreideeinheitenschlüssels, Bonn.
- Palma, J. H. N., Graves, A. R., Bunce, R. G. H., Burgess, P. J., de Filippi, R., Keesman, K. J., van Keulen, H., Liagre, F., Mayus, M., Moreno, G., Reisner, Y. & Herzog, F. (2007): Modeling environmental benefits of silvoarable agroforestry in Europe. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 119, 320-334.
- Reeg, T. (2008): Agroforstsysteme als interessante Landnutzungsalternative? Entscheidungsfaktoren für Landnutzer. *Cottbuser Schriften zur Ökosystemgenese und Landschaftsentwicklung*, 6, 53-68.
- Reeg, T. & Brix, M. (2008): Zielgebietsauswahl für Agroforstsysteme – Vorschläge unter Berücksichtigung der verschiedenen Interessen in der Landnutzung. *Naturschutz und Landschaftsplanung*, 40, 173.
- Runge, F. & Lang, H. (2017): Lebensmittelverluste in der Landwirtschaft durch Ästhetik-Ansprüche an Obst und Gemüse – Gründe, Ausmaß und Verbleib. *Berichte über die Landwirtschaft*, 94, 1-12.
- Schäfer, A. (2006): Agroforstsysteme in Mecklenburg-Vorpommern – Flächenauswahl und Flächenpotenziale. In: Bemann, A. & Franke, E. (Hrsg.): *Anbau und Nutzung von Bäumen auf Landwirtschaftlichen Flächen*. 1. Fachtagung, Tharandt: Technische Universität Dresden.
- Schneider, R., Heiles, E., Salzeder, G., Wiesinger, K., Schmidt, M. & Urbatzka, P. (2012): Auswirkungen unterschiedlicher Fruchtfolgen im ökologischen Landbau auf den Ertrag und die Produktivität. In: Wiesinger, K. & Cais, K. (Hrsg.): *Öko-Landbau-Tag 2012*, Freising-Weihenstephan, Germany.
- Schönleber, N. (2009): Entwicklung der Nahrungsmittelnachfrage und der Angebotspotenziale der Landwirtschaft in der Europäischen Union, Stuttgart.
- Schultze, C., Korte, B., Demmeler, M., Heißenhuber, A., Köppel, J., Kleinschmit, B. & Förster, M. (2008): Übertragbare Strategien zur naturverträglichen Biomassebereitstellung auf Landkreisebene – am Beispiel der Regionen Ostprignitz-Ruppin/ Brandenburg und Chiemgau/ Bayern.
- Schulze Mönking, S. (2013): Berechnung von Getreide- und Vieheinheiten als Aggregationsschlüssel in der Agrarwirtschaft, Göttingen, Cuvillier.
- Simon, S. M. (2007): Szenarien nachhaltiger Bioenergiepotenziale bis 2030. PhD Thesis, Technische Universität München.
- Statistisches Bundesamt (2016a): Bevölkerung: Deutschland 1950 bis 2015 [Online]. Wiesbaden. Available: <https://www-genesis.destatis.de/genesis/online/data.jsessionid=E5E87FA702B496747AC7AB77B2CA8>

918.tomcat_GO_2_3?operation=abruftabelleBearbeiten&levelindex=1&levelid=1489836390372&auswahloperation=abruftabelleAuspraegungAuswaehlen&auswahlverzeichnis=ordnungsstruktur&auswahlziel=werteabruf&selectionname=12411-0001&auswahltext=&werteabruf=starten [Abfragedatum: 04.12.2016.

- Statistisches Bundesamt (2016b): Bodenfläche nach Art der tatsächlichen Nutzung. Fachserie 3 Reihe 5.1, Wiesbaden.
- Thiede, G. (1980): Berechnungen über die Versorgungslage der EG-Länder mit landwirtschaftlichen Erzeugnissen. *Berichte über Landwirtschaft: Zeitschrift für Agrarpolitik und Landwirtschaft*, 58, 356-377.
- Thrän, D. (2005): Nachhaltige Biomassenutzungsstrategien im europäischen Kontext: Analyse im Spannungsfeld nationaler Vorgaben und der Konkurrenz zwischen festen, flüssigen und gasförmigen Bioenergieträgern, Leipzig, Institut für Energetik und Umwelt.
- Tsonkova, P., Böhm, C., Hübner, R. & Ehrhrit, J. (Year): Published. Assessing multiple ecosystem functions of linear woody-features in the agricultural landscape. In: Dupraz, C., Gosme, M. & Lawson, G. (Hrsg.): *Agroforestry: strengthening links between science, society and policy*, 20.-22.05.2019 2019a Montpellier, France. 230.
- Tsonkova, P., Böhm, C., Hübner, R. & Ehrhrit, J. (2019b): Managing hedgerows to optimise ecosystem services in agroforestry systems, In: Mosquera-Losada, M. R. & Prabhu, R. (Hrsg.): *Agroforestry for sustainable agriculture*. Cambridge: Burleigh Dodds Science Publishing.
- Wiesmeier, M., Lungu, M., Cerbari, V., Boincean, B. P., Hübner, R. & Kögel-Knabner, I. (2018): Rebuilding Soil Carbon in Degraded Steppe Soils of Eastern Europe: the Importance of Windbreaks and Improved Cropland Management. *Land Degradation & Development*, 29, 875-883.
- Woermann, E. (1944): Ernährungswirtschaftliche Leistungsmaßstäbe. *Mitteilungen für die Landwirtschaft*, 787-792.
- Woitowitz, A. (2007): Auswirkungen einer Einschränkung des Verzehrs von Lebensmitteln tierischer Herkunft auf ausgewählte Nachhaltigkeitsindikatoren dargestellt am Beispiel konventioneller und ökologischer Wirtschaftsweise. PhD Thesis, Technische Universität München.
- Zeddies, J., Bahrs, E. & Schönleber, N. (2012): Globale Analyse und Abschätzung des Biomasse-Flächennutzungspotentials, Stuttgart, Universität Hohenheim.