

Forschungsbericht BWPLUS

**Nachwachsende Energieträger und Biodiversität:
naturschutzbezogene und ökonomische
Entwicklung und Bewertung von Anbauszenarien
(NawEnNat)
und
Abschätzung der Produktionspotenziale für den Anbau von
Energiepflanzen zur CO₂-Bindung in Baden-Württemberg
und deren ökologische und ökonomische Bewertung**

Institut für Landschaftsplanung und Ökologie - Universität Stuttgart
Institut für Bodenkunde und Standortslehre - Universität Hohenheim
Institut für Landwirtschaftliche Betriebslehre - Universität Hohenheim

Förderkennzeichen: BWB 27003-27006, BWK 27003

Die Arbeiten des Programms Lebensgrundlage Umwelt und ihre Sicherung werden mit Mitteln des
Landes Baden-Württemberg gefördert

April 2011

Projektleitung

| | |
|------------------------|---|
| Kaule, Giselher | Institut für Landschaftsplanung und Ökologie (ILPÖ) / Universität Stuttgart |
| Stahr, Karl | Institut für Bodenkunde und Standortlehre (IBS) / Universität Hohenheim |
| Zeddies, Jürgen | Institut für Landwirtschaftliche Betriebslehre (ILB) / Universität Hohenheim |

Bearbeitung

| | |
|-------------------------------------|------------------------------|
| Angenendt, Elisabeth | ILB / Universität Hohenheim |
| Bakara, Heike | IBS / Universität Hohenheim |
| Billen, Norbert | IBS / Universität Hohenheim |
| Konold, Angelika | ILB / Universität Hohenheim |
| Jooß, Rüdiger | ILPÖ / Universität Stuttgart |
| Marggraff, Verena | ILPÖ / Universität Stuttgart |
| Schwarz-v.Raumer, Hans-Georg | ILPÖ / Universität Stuttgart |

Mitarbeit

| | |
|------------------|------------------------------|
| Diez, Kathrin | ILPÖ / Universität Stuttgart |
| Kolditz, Thomas | ILB / Universität Hohenheim |
| Prade, Christoph | IBS / Universität Hohenheim |
| Ramirez, Andrea | IBS / Universität Hohenheim |
| Worsch, Rüdiger | IBS / Universität Hohenheim |

Mitwirkung

Arbeitsgruppe für Tierökologie und Planung, Filderstadt

| | | |
|----------|---|-----------|
| 0 | Zusammenfassung | 1 |
| 1 | Motivation und Ziel des Vorhabens | 4 |
| 2 | Projektaufbau und methodischer Ansatz | 7 |
| 2.1 | Partner, Aufgabenteilung und Projektablauf | 7 |
| 2.2 | Methodischer Ansatz | 8 |
| 2.3 | Regionale Gliederung der Untersuchungsregion Baden-Württemberg für die ökonomische Modellierung | 9 |
| 3 | Stand der Forschung | 12 |
| 3.1 | Produktionslinien und Entwicklung der Bioenergieproduktion | 12 |
| 3.2 | Naturschutzfachliche Wirkungszusammenhänge | 13 |
| 3.3 | Standortkundliche Wirkungszusammenhänge | 15 |
| 3.4 | Ökologisch-ökonomische Modellansätze | 18 |
| 4 | Szenarien | 21 |
| 4.1 | Definition der Szenarien | 21 |
| 4.2 | Ökonomische Annahmen | 23 |
| 4.3 | Naturschutzfachliche Annahmen | 23 |
| 4.3.1 | Quantifizierung der Naturschutzvorgaben für die Bioenergie-Szenarien und das Business as usual-Szenario (BAU) | 26 |
| 4.3.2 | Ableitung und Quantifizierung der Maßnahmen für das Naturschutz-Szenario | 29 |
| 4.3.3 | Regionalisierung der über Zielarten abgeleiteten Naturschutzmaßnahmen | 40 |
| 4.3.4 | Zusammenfassung der Vorgaben im Naturschutz-Szenario | 44 |
| 4.3.5 | Naturschutz-„Extremszenario“ | 47 |
| 4.3.6 | Ableitung von Ausschlussflächen für Kurzumtriebsplantagen und Miscanthus | 49 |
| 4.4 | Standortkundliche Annahmen | 52 |
| 4.5 | Annahmen zur Landnutzungsverteilung im Ackerland | 55 |
| 5 | Ökonomische Analyse und Bewertung | 61 |
| 5.1 | Modellbeschreibung und Modellanpassung von EFEM | 61 |
| 5.1.1 | Berechnung der Treibhausgasemissionen | 62 |
| 5.1.2 | Produktionsmodul | 64 |

| | | |
|----------|--|------------|
| 5.1.3 | Auswahl der Betriebsmodelle und Hochrechnungsmodul | 71 |
| 5.2 | Berechnung der Referenzsituation 2003 | 73 |
| 5.3 | Modellergebnisse der Szenarien | 74 |
| 5.3.1 | Szenarienannahmen..... | 74 |
| 5.3.2 | Modellergebnisse Business as usual 2015..... | 79 |
| 5.3.3 | Modellergebnisse Szenario „Bioenergie“ | 84 |
| 5.3.4 | Modellergebnisse Szenario „Naturschutz“ | 94 |
| 5.4 | Auswirkungen der Szenarienannahmen auf die Tierhaltung und die Fütterung..... | 104 |
| 5.5 | Auswirkungen unterschiedlicher Preisannahmen auf das Anbaupotenzial von Bioenergieträgern..... | 108 |
| 5.6 | Zusammenfassende Darstellung der Modellergebnisse | 112 |
| 6 | Ressourcenschutzfachliche Analyse und Bewertung | 117 |
| 6.1 | Agrarökologische Modellierung von Anbauszenarien | 117 |
| 6.1.1 | Die SLYSIS-BW – Datenbank..... | 117 |
| 6.1.2 | Agrarökosystemmodell EPIC | 118 |
| 6.1.3 | Aufbau der LUSACs | 120 |
| 6.1.4 | Feldbewirtschaftung bei den Szenarien..... | 122 |
| 6.1.5 | Auswertung | 128 |
| 6.1.6 | Wirkungen auf Umweltressourcen | 129 |
| 6.2 | Vergleichende Feldmessungen | 138 |
| 6.2.1 | Repräsentativer Ackerstandort | 139 |
| 6.2.2 | Entwicklungsfähiger Niedermoorstandort | 142 |
| 6.2.3 | Resumé der Feldmessungen..... | 144 |
| 6.3 | Fazit zu den abiotischen Umweltwirkungen..... | 144 |
| 7 | Naturschutzfachliche Analyse und Bewertung..... | 146 |
| 7.1 | Wirkungsanalyse Ackerland..... | 146 |
| 7.2 | Wirkungsanalyse Grünland..... | 151 |
| 7.2.1 | Nutzungsanalyse ohne Berücksichtigung der Naturschutz- Vorgaben | 151 |
| 7.2.2 | Grünlandumbruch | 155 |
| 7.2.3 | Vergleich Nutzungsspektrum mit und ohne Naturschutz- Szenario..... | 155 |
| 7.2.4 | Vergleich der Bioenergie-Szenarien mit den rechtlich bindenden Mindestumfängen extensiver Nutzungen | 156 |

| | | |
|----------|---|------------|
| 7.2.5 | Wirkungsanalyse Zielarten | 157 |
| 7.3 | Wirkungsanalyse Kurzumtriebsplantagen / Miscanthus | 162 |
| 7.4 | Analyse der Wechselwirkungen durch Naturschutz-Vorgaben | 164 |
| 7.4.1 | Zunahme Silomais durch Naturschutz-Vorgaben | 164 |
| 7.4.2 | Regional differenzierte Grünland-Intensivierung durch extensive Grünlandnutzung | 166 |
| 7.4.3 | Auswirkung der Limitierung des Silomais | 167 |
| 8 | Zusammenführung und Einordnung der Ergebnisse..... | 170 |
| 8.1 | Plausibilität und Aussagekraft der Projektergebnisse | 170 |
| 8.2 | Bioenergiepotenziale unter Berücksichtigung von Natur- und Umweltschutz..... | 173 |
| 8.3 | Implikationen der Modellannahmen und -ergebnisse: Chancen und Herausforderungen für die Nutzung der Bioenergiepotenziale | 176 |
| 8.4 | Ökonomische und ökologische Bewertung der Bioenergiepotenziale | 178 |
| 8.5 | Wechselwirkungen zwischen Naturschutz und Ressourcenschutz | 181 |
| 8.6 | Weiterer Forschungsbedarf | 183 |
| 9 | Handlungsempfehlungen für Politik, Natur- und Ressourcenschutz..... | 186 |
| 9.1 | Die Ausgangssituation in Baden-Württemberg und die Ziele in Klima-, Natur- und Umweltschutz..... | 186 |
| 9.2 | Handlungsempfehlungen | 189 |
| 9.2.1 | Handlungsempfehlungen für die Politik | 189 |
| 9.2.2 | Handlungsempfehlungen für den Naturschutz..... | 190 |
| 9.2.3 | Handlungsempfehlungen für den Ressourcenschutz | 196 |
| 9.3 | Abschließende Bewertung der Handlungsempfehlungen | 197 |
| | Literaturverzeichnis | 199 |
| | Anhang..... | 211 |

Abkürzungsverzeichnis

Gesetze / Verordnungen

| | |
|--------------------|--|
| BNatSchG: | Bundes-Naturschutzgesetz |
| DirektZahlVerpflG: | DirektzahlungenVerpflichtungengesetz |
| DüngeV / DÜV | Düngeverordnung |
| FFH-RL: | Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie |
| LWaldG: | Landeswaldgesetz |
| MEKA: | Markt-Entlastungs- und Kulturlandschafts-Ausgleichsprogramm |
| NatSchG: | Landesnatschutzgesetz Baden-Württemberg |
| SchALVO: | Schutzgebiets- und Ausgleichsverordnung |
| UVPG | Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung |
| WG: | Wasserhaushaltsgesetz und Wassergesetz für Baden-Württemberg |

Weitere Abkürzungen

| | |
|-------------------|---|
| ALK | Automatisierte Liegenschaftskarte |
| ATKIS | Amtl. Topographisch-Kartographisches Informationssystem |
| ATP | Arbeitsgruppe für Tierökologie und Planung, Filderstadt |
| BioE1 | Bio-Energie Szenario 1 (mit mehrjährigen Miscanthus und KUP) |
| BioE3 | Bio-Energie Szenario 1 (ohne mehrjährigen Miscanthus und KUP) |
| BMU | Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit |
| BÜK200 | Bodenübersichtskarte Baden-Württemberg, Maßstab 1:200000 |
| CBD | Convention on Biological Diversity (Übereinkommen über die Biol. Vielfalt) |
| CC | Cross Compliance |
| CO ₂ e | Summe der betrachteten Treibhausgasemissionen in CO ₂ -Äquivalente |
| DLM25 | Digitales Landschaftsmodell 1:25.000 |
| DTV | durchschnittlicher täglicher Verkehr |
| DWD | Deutscher Wetterdienst |
| EFEM | Economic Farm Emission Model |
| EPIC | Erosion Productivity Impact Calculator (Version 0509) |
| FFH-LRT | Lebensraumtypen des Anhangs I der Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie |
| GEMIS | Globales Emissions-Modell Integrierter Systeme |
| GfP | Gute fachliche Praxis in der Landwirtschaft |
| GVE | Großvieheinheit |
| IBS | Institut für Bodenkunde und Standortslehre, Universität Hohenheim |
| IKSR | Internationale Kommission zum Schutz des Rheins |
| ILB | Institut für Landwirtschaftliche Betriebslehre, Universität Hohenheim |
| ILN | Institut für Landschaftsökologie und Naturschutz, Singen |
| ILPÖ | Institut für Landschaftsplanung und Ökologie, Universität Stuttgart |
| INLB | InformationsNetz Landwirtschaftlicher Buchführungen |
| LGRB | Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau |
| LNF | Landwirtschaftliche Nutzfläche |
| LRP | Landschaftspflege-Richtlinie |
| LUBW | Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg |
| MLR | Ministerium für Ernährung und Ländlichen Raum Ba.-Wü. |
| NSG | Naturschutzgebiet |
| PSM | Pflanzenschutzmittel |

| | |
|--------|---|
| RIPS | Räumliches Informations- und Planungssystem Ba.-Wü. |
| SLISYS | Soil and Land Resources Information System |
| SPA | special protection area: Europäisches Vogelschutzgebiet |
| StatLa | Statistisches Landesamt Baden-Württemberg |
| THG | Treibhausgasemissionen |
| USLE | Universal Soil Loss Equation (Allgemeine Boden Abtrags Gleichung) |
| VG | Vergleichsgebiet |
| VGG | Vergleichsgebietsgruppe |
| WABOA | Wasser- und Bodenatlas Baden-Württemberg |
| WSG | Wasserschutzgebiete |
| ZAK | Zielartenkonzept-Baden-Württemberg |

Die Nahrungs-, Futtermittel- bzw. Energiepflanzen

| | |
|-----|--------------------------------------|
| KG | Kleegras |
| KM | Körnermais |
| SM | Silomais, auch als Energiemais |
| WW | Winterweizen (für Wintergetreide) |
| SG | Sommergerste (für Sommergetreide) |
| ZR | Zuckerrübe |
| KUP | Kurzumtriebplantagen (Pappel, Weide) |

0 Zusammenfassung

Das **Oberziel** der vorliegenden Projekte besteht darin, Rahmenbedingungen zu untersuchen, mit denen die mit Energie- und Klimaschutz begründete Förderung des Anbaus landwirtschaftlicher Bioenergieträger verknüpft sind. Dabei stehen gleichzeitig agrarökonomische Bedingungen (Anbaustrukturen, Einkommenseffekte) und die Belange des Ressourcen- und Naturschutzes (Boden- und Grundwasserbelastung, Artenrückgang) im Fokus, aber auch die Bilanzierung von Treibhausgasemissionen und der potenzielle Beitrag zur Energieversorgung von Baden-Württemberg

Durch Modellrechnungen zu strategischen Szenarien mit unterschiedlichen Anbauintensitäten der Energiepflanzen und variabler Berücksichtigung des Naturschutzes in der Agrarlandschaft werden Konflikte, „Trade-Offs“ aber auch Synergien von Zielen der Bioenergiegewinnung und des Naturschutzes sowie des Boden- und Grundwasserschutzes im Acker- und Grünland analysiert. Die unter Betracht genommenen Szenarien werden dabei mit einer Referenzsituation (Business-as-usual) verglichen und differenziell hinsichtlich zu erwartender Einkommenseffekte und ökologischer Wirkungen bewertet. Um die Szenarien realitätsrelevant zu entwerfen, werden umfangreiche Datenrecherchen sowie Sach- und Wirkungsanalysen zusammengestellt.

Als zentrale Ergebnisse der Modellrechnungen können die folgenden Resultate festgehalten werden:

Agrarökonomische Effekte

- Die Förderung des Anbaus von Bioenergieträger führt in Baden-Württemberg zu einem Rückgang des Anbaus von pflanzlichen Rohstoffen für die Nahrungsmittelproduktion, insbesondere des Getreideanbaus. Der Umfang der Tierproduktion bleibt zwar weitgehend unbeeinflusst, allerdings finden Verschiebungen im Bereich der Futtermittelproduktion statt.
- Die erzielten Deckungsbeiträge steigen in den „Biomasseszenarien“ insbesondere in den Ackerbauregionen stark an. Dabei kann der Anstieg gegenüber dem Vergleichszenario bis max 38 % (Rheintal/Bodensee) betragen. Die Futterbauregionen, wie z.B. das Allgäu, profitieren von der Option des Bioenergieanbaus am wenigsten.
- Es ist - auch ohne weitergehende Naturschutzrestriktionen - mit einer Intensivierung der Grünlandbewirtschaftung und mit einer Ausdehnung des Klee-grasanbaus zu rechnen. Der Anbau von Silomais nimmt in Baden-Württemberg – je Szenario – 10 bis 40 % der ein Ackerfläche ein. Die Erträge werden auf Landesebene in allen Biomasseszenarien zu mehr als 90 % der Vergärung in Biogasanlagen zugeführt.
- Die Option des im gesetzlich gesetzten Rahmen erlaubten Grünlandumbruchs wird weitestgehend ausgeschöpft. Bekommen die Betriebe die Option zum Anbau von mehrjährigen Energiepflanzen, so wird diese insbesondere in den Ackerbauregionen für die aus ökonomischer Sicht attraktiveren Kultur Miscanthus auf den potenziell zur Verfügung stehenden Flächen genutzt.

- Die in den Szenarien eingeführten Naturschutzvorgaben führen zu einer Extensivierung der Zielflächen und verursachen in allen untersuchten Szenarien eine Intensivierung der restlichen landwirtschaftlichen Fläche, insbesondere des Grünlandes. Ebenso wird der Silomaisanbau für Energiezwecke in Baden-Württemberg etwas weiter ausgedehnt.
- Die betrieblichen Deckungsbeiträge gehen unter den Auflagen der untersuchten Naturschutzmaßnahmen je nach Untersuchungsregion und Szenarioannahmen zwischen 0,6 % und 10 % zurück. Ein stärkerer Rückgang kann durch die Zahlung von MEKA-Prämien verhindert werden.

Energiewirtschaftliche Effekte

- Die höchste Energieproduktion wird erreicht, wenn der Anbau mehrjähriger Energiepflanzen stattfindet. Die produzierte Energie entspricht dann einem Anteil des Primärenergieverbrauchs in Baden-Württemberg von etwa 5 %. Die Treibhausgasemissionen können im Vergleich zum Ausgangsszenario stark reduziert werden, so dass eine nahezu ausgeglichene Bilanz bzw. leichte Senke entsteht.

Naturschutz

- Für die Zielarten des Ackerlands ist in den Bioenergie-Szenarien ohne Berücksichtigung der Naturschutz-Vorgaben eine deutliche Abnahme von Kulturen mit sehr guter bis neutraler mäßiger Habitataignung und mit neutraler Wirkung zu verzeichnen. Gleichzeitig nehmen Kulturen mit beeinträchtigender Wirkung stark zu. Wesentliche Gründe sind die Zunahme der Anbaufläche für Silomais um das drei bis vierfache und die starke Abnahme bei Sommergerste und Winterweizen.
- Für die Zielarten des Grünlands ergibt sich eine starke Abnahme der geeigneten Lebensräume durch die – mit Ausnahme bei extensiver Beweidung – starke Zunahme intensiver Grünland-Nutzungen. Landesweit nehmen diese Nutzungen um ca. ein Drittel im Vergleich zum „Business-as-usual“ zu. Die mit Abstand größten Verluste extensiv genutzten Grünlands treten im Gebiet „Schwäbische Alb / Baar“ auf.
- Die alle Zielarten stark beeinträchtigenden KUP sind zu ca. 60 % innerhalb des aus Sicht der Arten abgeleiteten Ausschlussgebiets verbreitet. Da jedoch nur geringe Flächenumfänge auftreten (2,5 % der Ackerfläche) und die Kultur durch geringe Standortansprüche flexibel angebaut werden kann, werden geringe Konfliktpotenziale angenommen.
- Der für alle Zielarten (sehr) beeinträchtigend wirkende Miscanthus tritt in den Szenarien dagegen in deutlich größeren Flächenumfängen auf (14 % der Ackerfläche). Weil die Kultur zudem in einem engeren Standortspektrum angebaut wird, sind hieraus höhere Konfliktpotenziale abzuleiten.
- Die Naturschutzvorgaben bewirken aus Naturschutzsicht unerwünschte Wechselwirkungen. Die Vorgaben zu extensivem Grünland und Restriktionen für KUP / Miscanthus bewirken eine Zunahme des Maisanbaus in den Naturschutz-Szenarien. Eine regional eingeführte Limitierung des Maisanteils auf 40 % Anteil an der Ackerfläche würde zu einer Erhöhung des Maisanteils außerhalb dieser Regionen führen.

- Auch mit Berücksichtigung der Naturschutzvorgaben kann durch verstärkten Bioenergieanbau die Treibhausgasbilanz des gesamten Agrarsektors Baden-Württembergs im Wesentlichen ausgeglichen werden. Das Einkommen der Landwirtschaft nähme im Vergleich zum Szenario „Business-as-usual“ zu. Dabei ist eine Erhöhung der MEKA-Förderung in die Größenordnung von ca. 20 Mio. € berücksichtigt.

Ressourcenschutz

- Für die Szenarien mit Förderung des Energiepflanzenanbaus ergeben die Modellrechnungen *landesweit* eine Zunahme von Bodenerosion durch Wasser, Nitrat Auswaschung, CO₂- und Lachgasemissionen gegenüber der Ausgangssituation im Jahre 2003 (z.B. +333 Gg Boden/Jahr (entspricht +333000 t/Jahr) = +23 % Bodenerosion, +38 Gg NO₃ /Jahr Nitrat Auswaschung = +48 %, +2406 Gg CO₂/Jahr CO₂-Emissionen = -0,64 % C-Vorratsänderung/Jahr und 2076 Gg CO₂eq/Jahr = +55 % N₂O-Emissionen *zusätzlich* im extremen Bioenergieszenario ohne mehrjährige Energiepflanzen).
- Diese Tendenzen sind bei der Integration von mehrjährigen Energiepflanzen wie Kurzumtriebplantagen oder Miscanthus schwächer ausgeprägt.
- Das landesweite Ergebnis resultiert besonders aus den zusätzlich gewonnenen Ackerflächen durch Grünlandumbruch.
- Eine Differenzierung nach regionalen Vergleichsgebietsgruppen ergibt auf einzelnen Flächen aber auch ein abnehmendes Risiko einzelner Umweltbelastungen wie z.B. der Rückgang der Bodenerosion im Gebiet „Rheintal/Bodensee“ um mehr als 20 % beim Bioenergieszenario mit mehrjährigen Kulturpflanzen.
- Das prinzipielle Flächenpotenzial zur Humus-/CO₂-Anreicherung spiegelt sich auf einzelnen Flächen sowohl bei der regionalen Differenzierung wider, wird durch die vergleichenden Feldanalysen bestätigt und kann den Messungen zufolge z.B. durch pfluglose Bodenbearbeitung noch verstärkt werden.

Maßnahmen

- Die Projektergebnisse haben gezeigt, dass mit gezielter Förderung über Agrarumweltprogramme wie z.B. MEKA in überschaubarem Kostenrahmen ein natur- und ressourcenverträglicher Ausbau des Energiepflanzenanbaus möglich ist.
- Die erarbeiteten Analysen geben Hinweise zur Regionalisierung von Maßnahmen und unterstreichen die Notwendigkeit der Einhaltung bestehender Gesetze und Verordnungen.
- Die Abstimmung des EEG mit Natur- und Ressourcenschutzzielen sowie die Berücksichtigung zielartenspezifischer Förderkulissen und die planerische Festlegung von Vorrang und Vorbehaltsgebieten für Anbau- und Produktionslinien können künftige Konflikte verhindern und Synergien erschließen.

1 Motivation und Ziel des Vorhabens

Weltweit steigende Energiepreise aufgrund immer knapper werdender Ressourcen sowie der globale Klimawandel bestimmen seit längerem die internationale und nationale Energie- und Umweltpolitik. Die Abhängigkeit von fossilen Energieimporten kann durch die Nutzung erneuerbarer Energien wesentlich minimiert werden und trägt zur Reduktion des Treibhausgasemissionen bei. Das Ziel der langfristig angelegten Klimaschutzpolitik des Landes Baden-Württemberg ist es, die Treibhausgasemissionen nachhaltig und effizient zu senken. Dabei werden landesweite Klimaschutzmaßnahmen eng mit den Klimaschutzaktivitäten des Bundes und der EU sowie den globalen Klimaschutzvereinbarungen abgestimmt.

Im Zuge des Kyoto-Protokolls hat sich Baden-Württemberg verpflichtet, die Treibhausgasemissionen im Land um 2 bis 4 Mio. Jahrestonnen im Durchschnitt der Jahre 2008 bis 2012 durch eigene Minderungsmaßnahmen zu reduzieren. Im Klimaschutzkonzept 2010 von Baden-Württemberg wird auf Landesebene die rechtliche Bindung des Kyoto-Protokolls nach Sektionen spezifiziert. Hierin kommt der Biomasse unter den erneuerbaren Energien eine besondere Bedeutung zu. Bei ihr strebt man einen Ausbau von 10,9 TWh im Jahr 2006 auf 18,1 TWh im Jahr 2020 an, womit dann 13,2 % des prognostizierten Wärmebedarfs aus Biomasse erzeugt würden. Im Vergleich zu anderen Energieträgern bietet die Biomasse den Vorteil, alle Energieformen wie Wärme, Strom und Kraftstoffe substituieren zu können. Ihre Produktion zur energetischen Verwertung steht allerdings in Konkurrenz zur stofflichen Verwertung und zur Verwertung im Nahrungsmittelsektor. Außerdem erfordert die geringere Energiedichte und der dezentrale Anfall der Biomasse angepasste Nutzungsstrategien. Deshalb setzt sich die Landesregierung nicht nur für eine Flexibilität bezüglich der Einsatzstoffe (z.B. einjährige Anbaubiomasse, mehrjährige Energiepflanzen), sondern auch bezüglich der erzeugten Energieform (Wärme, Strom, Kraftstoff) ein. Biogasanlagen mit der Möglichkeit der Einspeisung in öffentliche Gasnetze oder Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen (KWK's) sollen hierbei im Vordergrund stehen.

Für die Landwirtschaft im ländlichen Raum bedeutet die Nutzung nachwachsender Rohstoffe ein Wertschöpfungspotential durch die sich eröffnenden neuen Verwertungs- und Absatzalternativen. Der ländliche Raum kann daher von der verstärkten Biomassenutzung profitieren. Sie kann dazu beitragen, dass durch Bereitstellung von neuen Arbeitsplätzen der Strukturwandel in der Landwirtschaft abgefedert wird. Zwar haben das landesspezifische MEKA Programm als auch die GAP Reform aus dem Jahre 2003 in der Landwirtschaft zu einem Extensivierungsprozess geführt, die Schaffung eines neuen Marktes für nachwachsende Rohstoffe und Energiepflanzen könnte diese Entwicklung aber zum Stillstand bringen oder sogar zu einer Trendwende führen.

Insgesamt liegt gemäß Aktionsplan Biomasse Baden-Württemberg vom Jahr 2006 das Bioenergiepotenzial in Baden-Württemberg bei 8 -10 % des Primärenergieverbrauchs von rund 55 Mio. t Steinkohleeinheiten. Die Verteilung kann je zur Hälfte der Land- und der Forstwirtschaft zugerechnet werden. Zukünftig sollen das Förderprogramm Klimaschutz Plus und das Programm zur Förderung von Demonstrationsvorhaben der rationellen Energieverwendung wichtige Beiträge zum effizienten Ausbau der Bioenergienutzung leisten.

Die Energiepflanzen, die im Forschungsprojekt untersucht werden, stellen einen Teilbereich der Biomasse dar, der jedoch auch feste, flüssige und gasförmige Energieträger bereitstellen kann. Der gegenwärtige Trend zeigt eine Zunahme des Energiepflanzenanbaus. So hat dieser um ca. 85 % innerhalb eines Jahres von 2008 bis 2009 zugenommen (STALA). In Baden-Württemberg steht die Erzeugung von Biogas durch Silomais im Vordergrund. Hier ist die Anbaufläche von 2003 bis 2007 um 23 % gestiegen. Entsprechend ist die Zahl der Biogasanlagen von 283 im Jahr 2004 auf 612 im Jahr 2009 angewachsen.

Die Intensivierung des Energiepflanzenanbaus hat vielfältige Auswirkungen. Auf der einen Seite kann die Substituierung fossiler Energieträger positiv für die Treibhausgasbilanz sein, andererseits kann es durch eine Intensivierung der landwirtschaftlichen Produktion zu erheblichen Gefahren für Boden, Gewässer, Biodiversität und Klima kommen, die im Moment aber noch kontrovers diskutiert werden. Auf Europäischer Ebene bestehen Verpflichtungen (FFH Richtlinien, WRRL, Gemeinsame Agrarreform etc.) zum Erhalt der Artenvielfalt und zur Erreichung eines guten Zustandes der Gewässer. In Baden-Württemberg wurden in den 80er und 90er Jahren große Anstrengungen unternommen punktförmige und diffuse Emissionsquellen (insbesondere aus der Landwirtschaft) in die Gewässer zu reduzieren. Veröffentlichte Ergebnisse aus dem Jahre 2010 zeigen, dass es nach wie vor Wasserkörper gibt, deren Zustand bzgl. physikalisch-chemischer Kenngrößen mit „schlecht“ bewertet wurden. Somit steht die Produktion von nachwachsenden Rohstoffen und Energiepflanzen im Interessenkonflikt unterschiedlicher Parteien wie der Umweltpolitik, der Landwirte und des Natur- und Umweltschutzes. Der nachhaltige Einsatz regenerativer Energie erfordert also bei gewährleisteter Versorgungssicherheit als Nachhaltigkeitsziel die Vermeidung von Beeinträchtigungen mehrerer Umweltschutzziele.

Das **Oberziel** der vorliegenden Projekte besteht darin, Rahmenbedingungen zu untersuchen, mit denen die mit Energie- und Klimaschutz begründete Förderung des Anbaus landwirtschaftlicher Bioenergieträger verknüpft sind. Dabei stehen gleichzeitig agrarökonomische Bedingungen (Anbaustrukturen, Einkommenseffekte) und die Belange des Ressourcen- und Naturschutzes (Boden- und Grundwasserbelastung, Artenrückgang) im Fokus, aber auch die Bilanzierung von Treibhausgasemissionen und der potenzielle Beitrag zur Energieversorgung von Baden-Württemberg

Dazu wurde auf die bereits im BWPLUS Projekt „Bewertung von Strategien zur Vermeidung von CO₂-Emissionen aus der landwirtschaftlichen Nutzung in Baden-Württemberg“ (Angenendt et al. 2007) erfolgreich etablierte Modellkopplung des Landnutzungsinformationssystem SLISYS-BW (Soil and Land Resource Information System - Baden-Württemberg und EFEM (Economic Farm Emission Model) zurückgegriffen. Durch eine erweiterte Kooperation mit dem „NawEnNat“ Projekt wurde noch das Schutzgut „Arten und Biotope“ implementiert. Der vorliegende Bericht fasst zwei Forschungsprojekte zusammen. Das Projekt: „Abschätzung der Produktionspotentiale für den Anbau von Energiepflanzen zur Reduktion der CO₂-Emissionen in Baden-Württemberg und deren ökologische und ökonomische Bewertung“ sowie „Nachwachsende Energieträger und Biodiversität: naturschutzbezogene und ökonomische Entwicklung und Bewertung von Anbauszenarien“ („NawEnNat“). Die sich inhaltlich ergänzenden Projekte wurden gemeinsam geplant, durchgeführt und ausgewertet. Durch diesen interdisziplinären Ansatz kommt es zu Synergieeffekten, die eine umfassende Betrachtung und Bewertung des Energiepflanzenanbaus ermöglichen.

Durch die Modellierung von Szenarien (Strategien) mit unterschiedlichen Anbauintensitäten der Energiepflanzen und variabler Berücksichtigung des Naturschutzes in der Agrarlandschaft werden Konflikte („Trade-Offs“) aber auch Synergien von Zielen der Bioenergiegewinnung und des Naturschutzes im Acker- und Grünland analysiert. Der Wirtschaftswald bleibt hierbei unberücksichtigt. Für jedes der Szenarien werden Kennwerte zur Ökonomie, Ökologie (Treibhausgasemissionen, Bodenerosion und Nitratauswaschung) und zum Schutzgutes „Arten und Biotope“ zur Folgenabschätzung ausgegeben und bewertet. Zudem werden landesweite Flächenkulissen zur Eignung „neuer“ Energiekulturen wie Miscanthus, Kurzumtriebsplantagen (KUP) aus Sicht des Naturschutzes erarbeitet.

Die regionalisierten Projektaussagen beziehen sich neben den Anforderungen beim Naturschutz im Besonderen auf die Emission klimarelevanter Gase, aber auch auf Bodenerosion und andere diffuse Emissionen und können somit als richtungweisend für zukünftige Förderprogramme der Landesregierung zum Natur- und Klimaschutz und zur Sicherung der Energieversorgung betrachtet werden. Ohne regionalisierte Kenntnisse über Stoff- und Gasflüsse sowie Biotopentwicklungspotenziale in der Landschaft sind tragfähige Empfehlungen und Handlungsanweisungen für Entscheidungsträger, besonders bei einer sinnvollen Ausweitung der energetischen Nutzung von Biomasse, nicht zu formulieren. Somit kann das Projekt als Instrument betrachtet werden, das die Effizienz klimapolitischer Maßnahmen unter ausgewählten Aspekten des Natur- und Ressourcenschutzes überprüft und gegebenenfalls modifizierte Maßnahmen entwickelt.

2 Projektaufbau und methodischer Ansatz

2.1 Partner, Aufgabenteilung und Projektablauf

Laufzeit:

Die hier vorgestellten Forschungsprojekte hatten einen Förderzeitraum vom 01.09.2007 bis 30.04.2010 und wurden von folgenden Instituten und deren Mitarbeitern bearbeitet:

Universität Stuttgart

Institut für Landschaftsplanung und Ökologie (Prof. Dr. G. Kaule)

Dr. Rüdiger Jooß, Verena Marggraff, Dr. Hans-Georg Schwarz-v.Raumer

Universität Hohenheim

Institut für Landwirtschaftliche Betriebslehre (Prof. Dr. J. Zeddies)

Dr. Elisabeth Angenendt, Angelika Konold

Institut für Bodenkunde und Standortslehre (Prof. Dr. K. Stahr)

Heike Bakara, Dr. Norbert Billen, Andrea Ramirez, Christoph Prade, Rüdiger Worsch

Dabei waren die Hauptaufgaben wie folgt verteilt:

Institut für Landschaftsplanung und Ökologie

Ermittlung von naturschutzfachlich bedeutsamen Restriktions- und Vorzugsflächen
Konfliktanalyse Arten/Biotope

Institut für Landwirtschaftliche Betriebslehre

Betriebswirtschaftlicher Überblick über Verwertungslinien und Kennzahlen von
Energiepflanzen
Ökonomische Modellierung sowie Definition von Markt- und Förderszenarien

Institut für Bodenkunde und Standortslehre

Standortkundlicher Überblick über Kennzahlen von Energiepflanzen
Abschätzung der Flächenpotenziale für Energiepflanzen in Baden-Württemberg
Ökologische Analyse (Modellierung von Veränderungen im Stoffhaushalt und Feldmessungen)

Die Bearbeitung erfolgte in enger Zusammenarbeit aller drei Institute. Hierzu fanden i. d. R. alle vier bis sechs Wochen Projektsitzungen statt. In der 1. Forschungsphase wurde der verwendete Analyseansatz einem Projektbeirat vorgestellt und in einer konstruktiven Diskussion auf den Weg gebracht. Dabei gab es für beide Projekte eine Diskussionsveranstaltung mit Vertretern aus Wissenschaft, Politik und Interessensverbänden. Mit diesen Beiräten wurde insbesondere die Berücksichtigung der für Baden-Württemberg relevanten Produktionslinien landwirtschaftlicher Bioenergieträger und die Definition der Modellszenarien abgestimmt. Dabei herrschte großer Konsens, dass die Szenarien „realitätsnah“ zu gestalten sind, um eine größtmögliche Verwendung der Projektergebnisse in Planungsprozessen, bei der Politikberatung, etc. zu erreichen. Die Teilnehmerliste der beiden Diskussionsveranstaltungen sind in Anhang 1 zu finden. Neben den eigentlichen

Veranstaltungen wurde der Kontakt zu den Teilnehmern immer wieder gesucht. Hierdurch konnte die fachliche Kompetenz des breit gefächerten Expertenkreises für die Forschungsprojekte intensiv genutzt werden. Die Mehrzahl der Mitglieder des Projektbeirates waren auch bei der Vorstellung der Forschungsergebnisse im Rahmen einer Abschlussveranstaltung am 20.05.2010 in Hohenheim. Informationen hierzu:

<https://www.uni-hohenheim.de/i410b/Veranstaltung/BWPLUS.html>

Ein besonderer Dank gilt PD E. Schmit von der Universität für Bodenkultur Wien für die Überlassung der Pflanzenparameter zum Miscanthus im EPIC-Modell, W. Hermann und H. Kärcher mit Team für die intensive Begleitung der Feldmessungen auf dem Ihinger Hof sowie E.Kozyreva für die Erstellung der Karten zum Ressourcenschutz.

2.2 Methodischer Ansatz

Das Ziel, Trade-Offs und Synergien zwischen der Ausweitung des Anbaus energetisch nutzbarer Biomasse und den Belangen des Arten-, Biotop- und Ressourcenschutz herzu-leiten verfolgt das Projekt über die gekoppelte Modellierung sowohl ökonomischer als auch ökologischer Effekte. Mit den Modellrechnungen werden Szenarien abgebildet die eine Aussage über die Größenordnung und die regionale Spezifik von Trade-Offs und Synergien zulassen.

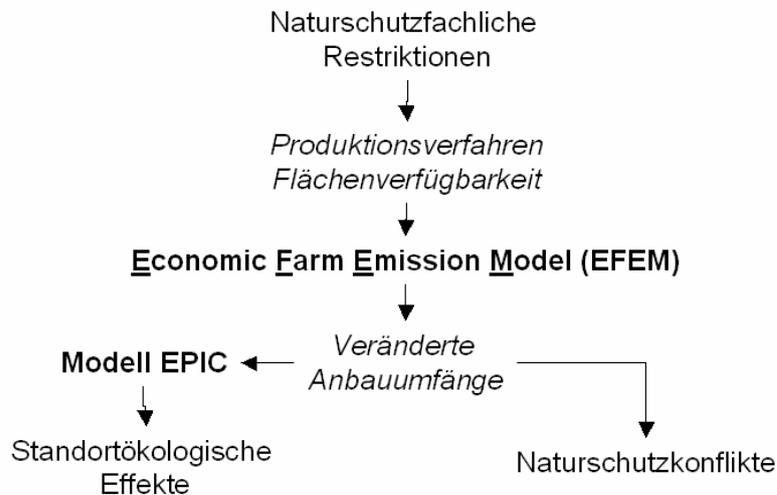


Abbildung 1: Ablaufschema der Szenariorechnungen

Im Zentrum steht hierbei der Einsatz des ökonomisch-ökologischen Regionalmodells EFEM (Economic Farm Emission Model) (s. Abbildung 1). Dieses basiert auf statisch linearer Programmierung und stellt ein Angebotsmodell dar, in welchem Betriebsrestriktionen festgelegt, Produktionsverfahren definiert und aus betrieblichen Daten für Regionen Anbauumfänge hochgerechnet werden. Dabei spielen naturschutzfachliche Belange bei der Definition von Ackerbau- und Grünlandbewirtschaftungsverfahren eine entscheidende Rolle sowohl hinsichtlich der zur Verfügung stehenden Flächen wie auch der Produktionskosten unter Berücksichtigung von Prämien. Der Biomasseausbau geht in das Modell durch die Berücksichtigung ein- und mehrjähriger Kulturen zum Anbau für die Bioenergie-

produktion ein. Da standortökologische Effekte nur über eine räumlich explizite Zuordnung von Anbaukultur und -form zu landschaftsökologischen Gegebenheiten (Klima, Boden, Relief) möglich ist, werden die mit EFEM in Szenarien ermittelten Anbauumfänge über einen Disaggregationschritt in homogene Standorteinheiten übertragen (s. Kapitel 6.1.3). Für diese Standorteinheiten wird mit einer weiteren Modellrechnung (Modell EPIC = Environmental Policy Integrated Climate; siehe Kapitel 6.1.2) der mit der Landnutzungsänderung einhergehende veränderte Stoffhaushalt (Erosion, Nitrat) bilanziert. Schließlich werden die veränderten Anbauumfänge auch mit der Verbreitung schutzwürdiger Arten in einen räumlichen Zusammenhang gebracht, um Regionen mit erhöhtem naturschutzfachlichem Konfliktpotenzial abgrenzen zu können.

Die Definition der Szenarien orientiert sich an der Aufgabe, Trade-offs und Synergien zwischen Naturschutz und Bioenergie-Anbau zu quantifizieren, und folgt dem Schema in Abbildung 2.

| | | | |
|---------------------|-------------------|--------------------------|--------------------------|
| <i>Szenarien</i> | | Bioenergie-Anbau | |
| | | Status quo | Ausbau |
| Natur-schutz | Status quo | Status quo | Bioenergie |
| | Förderung | Status quo + Naturschutz | Bioenergie + Naturschutz |

Abbildung 2: Szenarioschema

Die mit dem Projektbeirat intensiv abgestimmten Szenarien versuchen eine jeweils plausible und nicht utopische Zukunft auf der Basis einer sorgfältigen Ist-Analyse abzubilden. Die Rahmenbedingungen werden in Kapitel 4 und 5 detailliert beschrieben. Die Szenarien bilden dabei eine Diskussionsbasis mit Antworten auf „Was – Wenn“ - Fragen. Im Gegensatz zum Ziel von Prognosen ist die Erwartung an das Ergebnis einer Szenariorechnung qualitativer Natur. Szenarien verzichten auf eine Präzisierung von Wirkungszusammenhängen und begnügen sich mit vergleichsweise schwacher Evidenz. Dennoch ist der Einsatz der Szenariotechnik als Methode der Entscheidungsfindung gerade dort willkommen, wo hochaktuell diskursiv wahrgenommene Nutzungsoptionen bewertet werden müssen.

2.3 Regionale Gliederung der Untersuchungsregion Baden-Württemberg für die ökonomische Modellierung

Die landwirtschaftliche Produktion ist, wie kaum ein anderer Wirtschaftszweig, stark von naturräumlichen Gegebenheiten geprägt und wird entscheidend durch unterschiedlichen Boden-, Klima-, Landnutzungs-, und Bewirtschaftungsparameter bestimmt. Das Ministerium für Ernährung und Ländlichen Raum (MLR) hat unter Einbeziehung der Landesanstalt für die Entwicklung der Landwirtschaft und der ländlichen Räume (LEL) eine Untergliederung des Landes Baden-Württemberg in 21 Vergleichsgebiete durchgeführt. In dieser wird das Land in Gebiete ähnlicher natürlicher landwirtschaftlicher Ertragsfähigkeit unterteilt,

wobei Höhenlage, Oberflächenform, Boden, Klima und Vegetation den Ausschlag gaben (LEL/MLR, 2010). Ähnliche Vergleichsgebiete wurden wiederum zu insgesamt acht Vergleichsgebietsgruppen (VGG) zusammengefasst (vgl. Tabelle 1). Hierbei zeigt sich die Heterogenität der landwirtschaftlichen Produktionsbedingungen in Baden-Württemberg. So kann man die Region Unterland/Gäue (VGG 1) dank ihren guten standörtlichen Rahmenbedingungen, wie hohe Bodenklimazahlen und vergleichsweise hohe Jahresdurchschnittstemperaturen als landwirtschaftliche Gunstregion bezeichnen. Demgegenüber ermöglichen die Produktionsbedingungen in der Region Schwarzwald (VGG 3) mit geringen durchschnittlichen Temperaturen, niedrigen Bodenklimazahlen und hohen Niederschlägen nur eine extensive Landbewirtschaftung.

Tabelle 1: Natürliche Verhältnisse der Vergleichsgebietsgruppen

| Nummer (VGG) | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|--|--------------------|-------------------------|------------------|---------------|----------------|-------------------------|---|----------------------------|
| Bezeichnung | Unterland/ Gäue | Rhein/ Boden- see | Schwarz- wald | Alb/ Baar | Allgäu | Ober- land/ Donau | Albvor- land/ Schwä- bischer Wald | Bauland/ Hohen- lohe |
| Höhenlage (m) | 100 - 400 | 100 - 600 | 300 - 1000 | 750 - 1000 | 600 - 900 | 500 - 800 | 400 - 600 | 150 - 550 |
| durch. Temperatur (°C) | 8 - 9 | 8 - 9 | 5 - 7 | 6 - 7,5 | 6 - 7,5 | 7 - 8 | 6,5 - 8 | 6,5 - 8 |
| durchschn. Jahres- niederschläge (mm) | 650 -750 | 550 - 1000 | 800 - 1500 | 600 - 1100 | 1000 - 1600 | 650 - 800 | 700 - 1000 | 650 - 1000 |
| Bodenklimazahl | 60 - > 80 | 40 - 70 | < 20 - 40 | 20 - 40 | 30 - 50 | 30 - 60 | 30 - 60 | 30 - 50 |

Quelle: nach MLR, 2002

In diesem Forschungsprojekt wird der Unterteilung Baden-Württembergs in acht Vergleichsgebietsgruppen gefolgt, da sie zum einen die natürlichen Standortverhältnisse hinreichend abgrenzt und zum anderen auf dieser Ebene die Zahl von Buchführungsbetrieben ausreicht, um typische Betriebsmodelle für die Modellierung charakterisieren zu können. Hochrechnungen und Schichtungen der Betriebe nach verschiedenen Kriterien sind somit aussagefähig, was bei der weiteren Unterteilung der Vergleichsgebietsgruppen in die 21 Vergleichsgebieten nicht mehr der Fall wäre. Die Betriebsstruktur wird an anderer Stelle (vgl. Kap. 5.1.3) in diesem Bericht behandelt. In Abbildung 3 sind die Abgrenzungen der definierten Vergleichsgebietsgruppen und ihre geographische Lage in Baden-Württemberg dargestellt.

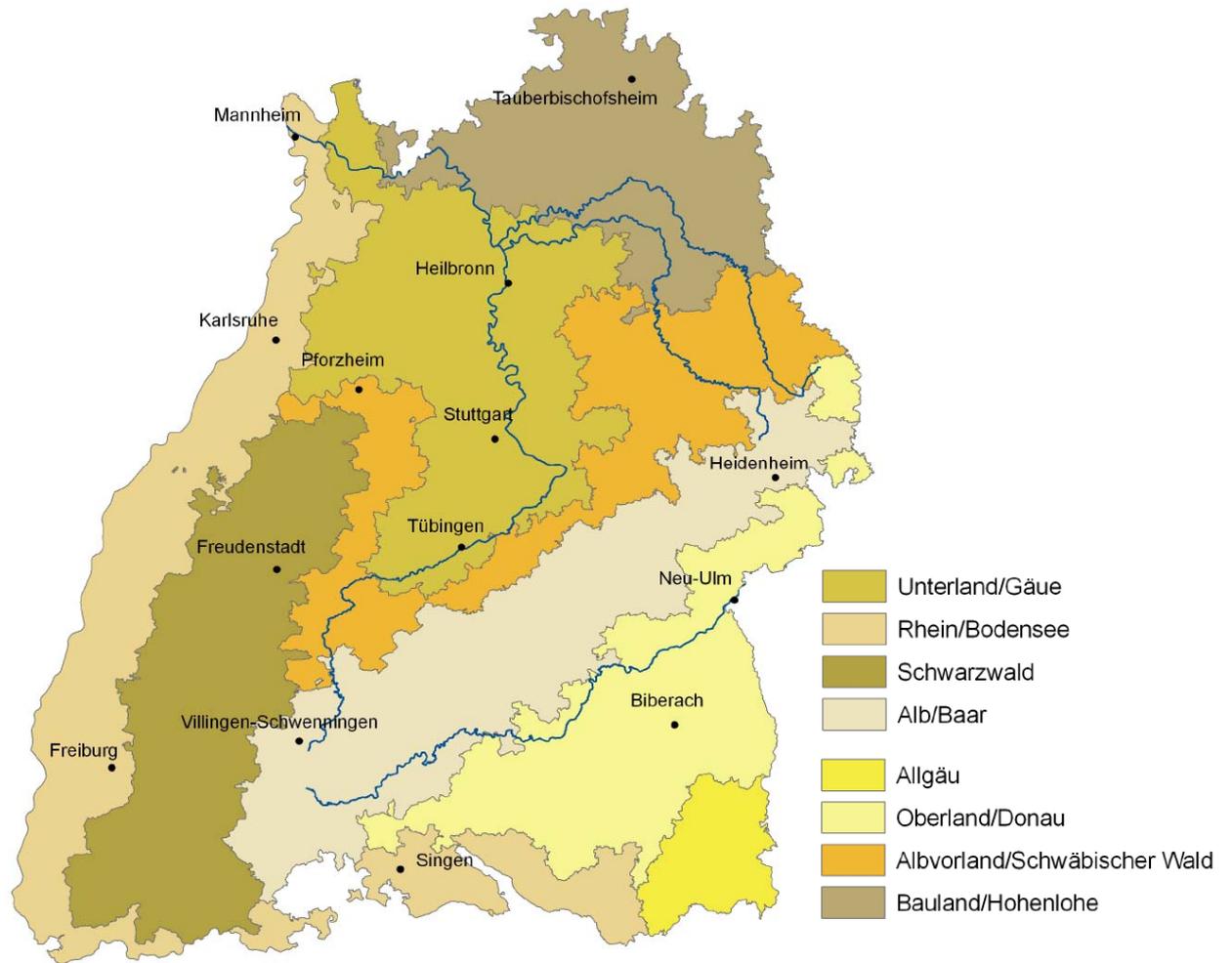


Abbildung 3: Einteilung Baden-Württembergs in Vergleichsgebietsgruppen (MLR/LEL, pers. Mitt.)

3 Stand der Forschung

3.1 Produktionslinien und Entwicklung der Bioenergieproduktion

In Deutschland wurden im Jahr 2009 auf fast zwei Millionen Hektar der landwirtschaftlich genutzten Fläche nachwachsende Rohstoffe angebaut. Abbildung 4 zeigt eindrücklich wie stark der Anbau nachwachsender Rohstoffe in den letzten Jahren zugenommen hat. Die nachwachsenden Rohstoffe lassen sich unterscheiden in Industriepflanzen und Energiepflanzen. Etwa 85 % der Anbaufläche wurde 2009 für den Anbau von Energiepflanzen genutzt, weshalb diese im vorliegenden Projekt auch fokussiert wurden.

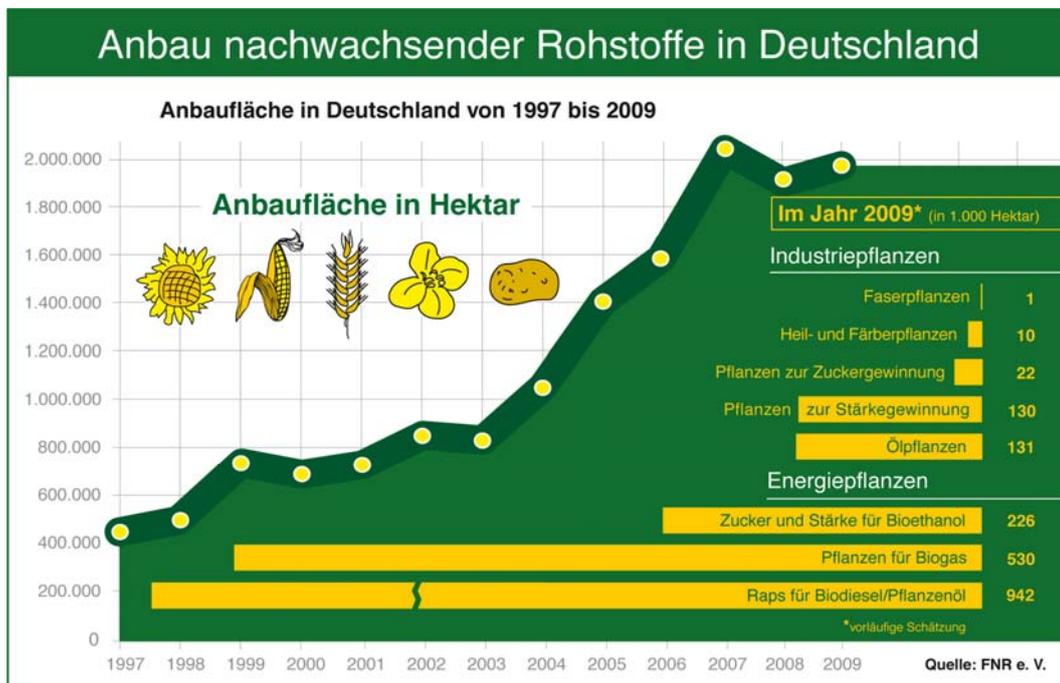
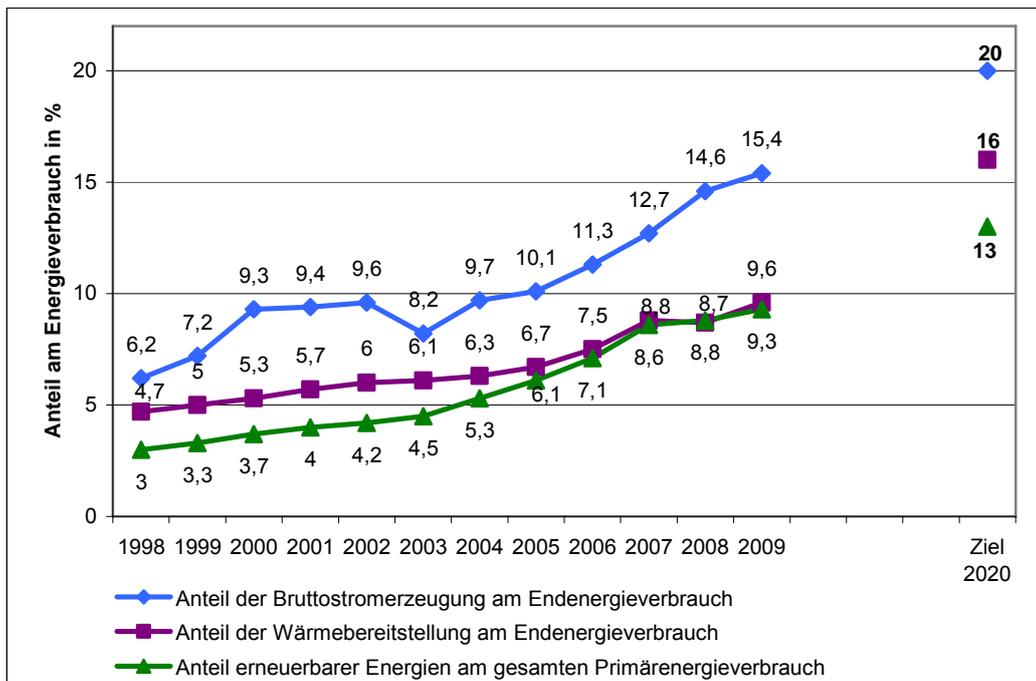


Abbildung 4: Anbauflächen nachwachsender Rohstoffe in Deutschland

Grundsätzlich lässt sich die Nutzung von Energiepflanzen in drei Hauptverwertungspfade unterscheiden. Eine Möglichkeit, die überwiegend für Silomais, Grünland und Getreide genutzt wird, ist die Biogasanlage. Gegenwärtig wird in Biogasanlagen die Energie hauptsächlich in Form von Wärme und Strom erzeugt. Jedoch ist auch die Aufreinigung des Gasmisches auf Erdgasqualität und dessen Einspeisung ins Erdgasnetz möglich. Der zweite große Verwertungspfad ist die Kraftstoffproduktion. Dabei wird vorwiegend aus Raps Biodiesel hergestellt oder aus Getreidekörnern und teilweise auch Zuckerrüben Ethanol, das als Ersatz für Benzin dienen kann. Eine dritte Möglichkeit der Energiepflanzenverwertung ist die Verbrennung. Diese Nutzungsmöglichkeit kommt hauptsächlich für Holz, Getreide und Miscanthus in Frage.

In Baden-Württemberg stammten 2009 etwa 30 TWh aus erneuerbaren Energien. Das entspricht 10,3 % des Endenergieverbrauchs. Etwa die Hälfte wurde dabei in Form von Wärme bereitgestellt. Der Rest wurde zu zwei Drittel in Form von Strom und zu einem Drittel als Kraftstoff bereitgestellt (UVM, WM, 2010).

Die Ziele der Landesregierung in Bezug auf die erneuerbaren Energien sind im „Energiekonzept Baden-Württemberg 2020“ festgelegt. Bis zum Jahr 2020 sollen mindestens 20 % des Stroms, 16 % der Wärme und 13 % der Primärenergie aus erneuerbaren Energien bereitgestellt werden (WM, 2009). Bei der Stromerzeugung wurden 2009 bereits 15,4 % erreicht, bei der Wärme 9,6 %. Der Primärenergieverbrauch wurde im Jahr 2009 zu 9,3 % aus erneuerbaren Energien gedeckt (UVM, WM, 2010). Die Entwicklung der jeweiligen Energiebereitstellung aus erneuerbaren Energien in den letzten Jahren sowie die Ziele sind in Abbildung 5 dargestellt.



Quelle: eigene Darstellung nach UVM, WM, 2010

Abbildung 5: Entwicklung der Energiebereitstellung aus erneuerbaren Energien in Baden-Württemberg

3.2 Naturschutzfachliche Wirkungszusammenhänge

Obwohl bereits in den 1970er Jahren auf den weltweit zu beobachtenden, dramatischen Verlust an Artenvielfalt hingewiesen wurde, ist dieser Trend bis heute ungebrochen. In Deutschland werden 26,8 % der ca. 3.000 Farn- und Blütenpflanzen, 36 % der einheimischen Tierarten sowie 72,5 % der Lebensraumtypen als gefährdet eingestuft (BMU 2007: 17). Nach der Analyse der Gefährdungsursachen planungsrelevanter Tiergruppen in Deutschland des Bundesamts für Naturschutz ist die Landwirtschaft der mit Abstand bedeutendste Ursachen-Komplex (GÜNTHER et al. 2005). Bezogen auf Arten des Hauptlebensraumtyps Offenland werden die in Tabelle 2 dargestellten 10 wichtigsten Gefährdungsursachen genannt, die zum überwiegenden Teil dem Ursachenkomplex Landwirtschaft angehören.

Tabelle 2: Die 10 wichtigsten Gefährdungsursachen für Arten planungsrelevanter Tiergruppen im Hauptlebensraumtyp Offenland (GÜNTHER et al. 2005: 409).

| Komplex | Code | Gefährdungsursache | HK | Arten |
|---------|--------|---|-----|-------|
| LAW | 1.2.2 | Beseitigung von Weg- und Ackerrainen, Krautsäumen, Brachestreifen und -inseln | 140 | 36 |
| LAW | 1.1.8 | Wiesenbewirtschaftung | 135 | 34 |
| LAW | 1.1.3 | Trockenlegen von Feuchtgrünland, Kleingewässern und Söllen | 132 | 32 |
| LAW | 1.1.9 | Düngung und Kalkung von Grünland (v. a. Frisch-, Feuchtwiesen und Magerrasen) | 130 | 36 |
| LAW | 1.1.12 | Ausbringung von Gift und Fallen zum Pflanzen- oder Vorratsschutz oder zur Hygiene | 118 | 33 |
| SCH | 11.7 | Diffuser Nährstoffeintrag | 110 | 33 |
| LAW | 1.1.19 | Umwandlung von Grünland in Äcker | 107 | 28 |
| BAU | 12.1 | Bebauung (Siedlung, Gewerbe, Industrie) | 102 | 30 |
| LAW | 1.3.1 | Brachfallen von Magerrasen | 99 | 27 |
| LAW | 1.2.4 | Beseitigung von Hecken, Knicks, Steinrücken | 90 | 25 |

Ursachenkomplexe: LAW Landwirtschaft, SCH Emissionen, BAU Bauliche Maßnahmen / Rohstoffgewinnung

Eine vermehrte Bioenergieerzeugung in der Landwirtschaft birgt Chancen und Risiken für den Naturschutz in der Agrarlandschaft. Verschiedene mögliche Vorteile werden angeführt: Für die Biomasseproduktion ist kein sortenreiner Anbau und kein hoher Anspruch an die Qualität der Früchte erforderlich. So können Zweikultur-Mischsysteme und das Belassen von Wildkräutern bzw. der Verzicht auf Herbizide die Kultur- und Artenvielfalt erhöhen (GRASS & SCHEFFER 2005). Auf ertragsschwachen Standorten, die für die Nahrungs- oder Futtermittelproduktion nicht rentabel sind, ist der Anbau sog. „low-input low-output“-Systeme denkbar. Damit wäre ggf. eine angepasste Nutzung und damit verbundene Sicherung und Entwicklung ökologisch hochwertiger Standorte möglich (WICHTMANN & SCHÄFER 2005). Da Landschaftspflegegut unter bestimmten Voraussetzungen energetisch genutzt werden kann, ist eine teilweise Refinanzierung von Pflegemaßnahmen denkbar (OECHSNER 2005). Da Kurzumtriebsplantagen nicht gedüngt werden, führen sie im Vergleich zur konventionellen Landwirtschaft zu deutlich geringeren Nitratkonzentration im Sickerwasser. Auch eine mögliche Bereicherung der Landschaftsstruktur und des Landschaftsbilds ist möglich. Den Vorteilen des Verzichts auf Pflanzenschutzmittel und der Humusaufbau durch Bodenruhe während der Wachstumsphase ist jedoch die Praxis der Anwendung eines Totalherbizids und ggf. der Humuszerstörung nach der Ernte gegenüber zustellen. Auch die beobachtete Besiedlung mit Gehölz- und Waldarten ist im Kontext möglicher Zielkonflikte mit regionalen und lokalen Naturschutzzielen zu sehen (BFN 2010A, BFN 2010B, DOYLE et al. 2007, DRL 2006, RODE 2005).

In den letzten Jahren rückt immer mehr der einseitige und intensive Anbau von Energiepflanzen in die Kritik. Die Entwicklung ist Folge der zunehmenden Flächenkonkurrenz zwischen Nahrungs- und Futtermittel- sowie der Energieproduktion. Auch hohe Investitionskosten der Verwertungsanlagen tragen zu einer Intensivierung bei (BfN 2010a). Obwohl prinzipiell eine Vielzahl von Energieträgern verwendbar ist, werden vorwiegend großflächige Monokulturen von Mais zur Gewinnung von Biogas und Raps zur Erzeugung von Biokraftstoffen bevorzugt (DOYLE et al. 2007: 533, SRU 2007: 44). Beide Kulturen haben besonders negative ökologische Auswirkungen im Hinblick auf artenarme Begleitflora und -fauna sowie Eutrophierung von Boden und Wasser (DOYLE et al. 2007). Im Dauergrün-

land ist durch den zunehmenden Bedarf an Biomasse sowohl Umbruch in der Regel für Maisanbau als auch eine intensivere Nutzung der verbleibenden Fläche festzustellen (BFN 2010A).

Neben den bekannten negativen Folgen intensiver Acker- und Grünlandnutzung für Arten und Biotope der Agrarlandschaft treten bei Energiekulturen spezifische Gefährdungsfaktoren hinzu: Eine frühe Ernte vor der Reife allein zum Zweck der Biomasseverwertung bewirkt das Ausfallen der Blüh- und Fruchtphase der Ackerwildkräuter und eine Verringerung des Diasporenvorrats im Boden (DOYLE et al. 2007). Zudem kann auf diesen Flächen der Bruterfolg von Bodenbrütern ausfallen (DZIEWIATY & BERNARDY 2007). Durch die Ernte von Ganzpflanzen verringert sich der Humusgehalt im Boden kontinuierlich (RODE 2005). KUP und andere hochwüchsigen Kulturen wie Miscanthus oder Hanf können standortabhängig Bodenbrüter des Offenlands – darunter hochgradig gefährdete Arten wie Großer Brachvogel, Braunkehlchen oder Kiebitz - beeinträchtigen, da diese eine weite Einsehbarkeit der Landschaft benötigen. Für eine fundierte Bewertung der ökologischen Auswirkung „neuer“ Energiepflanzen wie Topinambur oder Sudangras besteht Forschungsbedarf.

In verschiedenen mehrjährigen Geländeuntersuchungen wurde mittlerweile die Wirkung von ökologischen Ausgleichsflächen wie Brachen, Blühstreifen oder Säumen insbesondere auf Vögel und Wirbellose der Ackerlandschaft quantitativ untersucht. Nach einer 9-jährigen Untersuchung in der Schweiz resümieren JENNY et al. (2002: 119), dass ab einem Anteil von etwa 5 % vernetzt angelegter, hochwertiger Ausgleichsflächen, und bei gleichzeitiger Aufwertung naturnaher Elemente außerhalb der landwirtschaftlichen Nutzfläche, die Bestände einiger bedrohter Brutvogelarten bestandsrelevant gefördert werden können. Sie bezeichnen diesen Anteil als absolutes Mindestmaß für Ackerbaugebiete und fordern den Anteil mittelfristig auf 10 % anzusetzen. Ein zentrales Ergebnis des 7-jährigen Schorfheide-Chorin-Projekts ist nach FLADE et al. (2003: 90) die Schlüsselrolle von Brachen insb. auf armen Böden für fast alle untersuchten Arten und Artengruppen der Ackerlandschaft. Sie bezeichnen einen Brachenanteil von 10 % als unteren Schwellenwert aus Naturschutzsicht. Im Rahmen des BMU-Projekts „Auswirkungen zunehmender Biomassenutzung auf die Artenvielfalt“ (DZIEWIATY & BERNARDY 2007) fand u.a. ein Expertengespräch mit Ornithologen statt, das als eine wesentliche Forderung den Mindestanteil von 10 % an ökologischen Ausgleichsflächen im Landschaftsraum (möglichst auf Betriebsebene) ergab.

3.3 Standortkundliche Wirkungszusammenhänge

Der Anbau von Biomasse zur Energieerzeugung ist wie jede andere Landnutzung im wesentlichen von der Verfügbarkeit und den Eigenschaften potenzieller Produktionsstandorte abhängig.

Bei der Standortverfügbarkeit, also dem Flächenangebot sind die Ressourcen begrenzt und stehen somit in direkter Konkurrenz zu anderen Standortnutzungen wie z.B. Nahrungs-/Futtermittelproduktion, Naturschutz oder Siedlungsentwicklung (WBGU 2009, KBU 2008, Meyer-Marquart und Feldwisch N. 2006, Wiehe und Rode 2007). Diese Standortkonkurrenz kann zwar für die Energiepflanzenproduktion mit Maßnahmen wie Rekultivierung von landwirtschaftlichen Brachen sowie Nutzung von Straßenseitenräumen, von ehemaligen Truppenübungsplätzen oder auch von Schutzflächen (in Abhängigkeit des

Rechtsrahmens) sowie für die technischen Produktionsanlagen z.B. mittels Rekultivierung von Industrie- oder Siedlungsbrachen verringert werden (KBU 2008), der prinzipielle Standortnutzungskonflikt bleibt damit aber bestehen.

Bei den Standorteigenschaften unterliegt der Anbau von Energiepflanzen prinzipiell den gleichen Regeln und Verfahren wie die Produktion von Nahrungs-/Futtermitteln. Für eine standortgerechte Energiepflanzenproduktion geben also ebenso die Standorteigenschaften den Produktionsrahmen vor, an den sich die Pflanzenansprüche orientieren müssen. Dies ist in Südwestdeutschland zumeist problemlos, weil viele Energiepflanzen aus dem Spektrum der konventionellen Nahrungs- und Futtermittelpflanzen stammen. Allerdings bieten sich aus anderen Erdregionen weitere Pflanzen zur Biomasseproduktion für den Energiesektor an, bei denen die Übereinstimmung ihrer Standortansprüche mit den südwestdeutschen Standorteigenschaften noch nicht abschließend überprüft bzw. durch Züchtungen verbessert wurden (z.B. Rutenhirse, Sudangras oder Sorghum).

Tabelle 3: Qualitative Bewertung von potenziellen Bodenschadwirkungen beim Anbau nachwachsender Rohstoffe gemäß einer Synopsis aus mehreren Studien in KBU 2008

| Gefährdungen | 1) Erosion | 2) Schad- verdichtungen | 3) Eutrophierung von Gewässern und Nachbarbiotopen | 4) Belastung mit Pflanzenschutz- mitteln | 5) Verlust an Artenvielfalt bzw. Lebensräumen |
|----------------------------|---------------|-------------------------------|--|---|---|
| Mais | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 |
| Zuckerrüben | 4 | 4 | 3 | 3 | 3 |
| Kartoffeln | 4 | 4 | 3 | 3 | 3 |
| Raps | 2 (.3) | 2 | 3 | 4 | 2..3 |
| Sonnenblumen | 3 | 2 | 2..3 | 2..3 | 2 |
| Getreide | 1 (.2) | 1 | 2 | 2 | 2..3 |
| Ackergras | 1 | 1..2 | 2 | 2 | 2..3 |
| Wiese | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Miscanthus | 1 | 2 | 1 | 1 | 1, anfänglich 3 |
| Kurzumtriebs- plantagen | 1 | 2 | 1 | 1 | 1, anfänglich 3 |

* 1 bedeutet geringe, 4 hohe Gefährdung/Beeinträchtigung.

Falls die generelle Standorteignungsprüfung positiv ausfällt, gelten für den praxisorientierten Anbau von Energiepflanzen die gleichen Regeln wie für die Nahrungs-/Futtermittel – Pflanzen, die zumeist aus landwirtschaftlichen und wasserwirtschaftlichen Rechtsvorgaben hervorgehen. Dazu zählt besonders die Einhaltung der guten fachlichen Praxis. Den zentralen Rahmen hierzu geben u.a. das Bundesnaturschutzgesetz und das Bodenschutzgesetz, die durch eine große Anzahl weiterer Gesetze und untergeordneter Verordnungs- und Regelwerke präzisiert werden (DWA 2010). Aufgrund der o.g. Standort-

nutzungskonkurrenz und der Qualitätssicherung von empfindlichen Standorten wurden inzwischen aber auch spezielle Verordnungen zur nachhaltigen Bioenergieproduktion verabschiedet (z.B. Biomassestrom- oder Biokraftstoff-Nachhaltigkeitsverordnung). Trotzdem wird häufig auf die Belastungen für Standorte, Böden und Gewässer hingewiesen, die sich durch den zunehmenden Energiepflanzenanbau ergeben (KBU 2008, Buttler et al. 2008, siehe Tabelle 3). Die wesentliche Gründe hierfür sind (1) die veränderten Fruchtfolgen verbunden mit einem engeren Spektrum an Kulturpflanzen und (2) der veränderte Nährstoffkreislauf aufgrund größerer Düngegaben und Wirtschaftsdüngermengen wie z.B. Gärreste.

Der Grund (1) führt bezogen auf einzelne Ackerstandorte häufig zu kürzerer Bodenbedeckung oder verstärkter Abfuhr organischer Substanz durch Ganzpflanzenernte mit negativen Folgen für den Erosionsschutz und die Humusbilanz, also auch CO₂-Bilanz.

Der Grund (2) kann bezogen auf einzelne Ackerstandorte zu erhöhtem Nährstoffbedarf der Pflanzen und damit erhöhter Düngung führen mit negativen Folgen für ausgeglichene Nährstoffbilanzen und Gewässerschutz, so dass in der Praxis ein neuer Düngeplan erforderlich wird (DWA 2010). Eine Folge kann die Zunahme bodenbürtiger N₂O-Emissionen sein (Crutzen et al. 2007). Allerdings sind diese Effekte noch ungeklärt, wenn die N-Zufuhr durch vermehrte Rückführung von Gärresten stattfindet (Butterbach-Bahl et al. 2010).

Auf einzelne Ackerstandorte bezogen können sich mit ausgewählten Energiepflanzen jedoch auch Chancen für eine standortgerechte Energiepflanzenproduktion ergeben. So wird in den ersten 15-30 Jahren beim Anbau von Miscanthus oder Kurzumtriebplantagen häufig von Humusanreicherung, also Kohlenstoffspeicherung im Boden zwischen 0,5 und 3,3 t C/ha berichtet. Dabei stützen sich die Aussa-

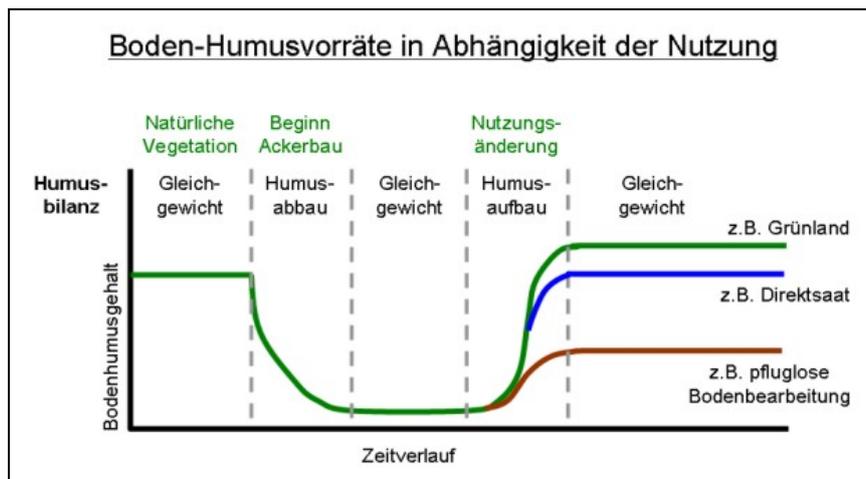


Abbildung 6: Relative Veränderung des Bodenhumusgehaltes in Abhängigkeit von Zeit und Standortbewirtschaftung. Humusabbau und Humusaufbau finden häufig innerhalb von 10 bis 100 Jahren statt (Zusammengestellt nach Johnson 1995 und Sauerbeck 2001)

gen entweder auf Messungen oder auf Modellierungen (Murach 2008, Kahle et al. 2007, Weik 2009, Nabu 2008, TFZ 2009). Dabei handelt es sich allerdings um einen sehr sensiblen C-Speicher (siehe Abbildung 6). Außerdem führt die stark reduzierte N-Düngung zu einer erheblichen Nmin-Reduktion im Boden und damit auch meistens zu verringerter Nitratauswaschung (Burger 2006, Gauder 2009, Weik 2009, Worsch 2010). Darüber hinaus mindert die nahezu ganzjährige Bodenbedeckung durch die Pflanzen oder zumindest deren Blattstreu das Erosionsrisiko, was exemplarische Erosionsmodellierungen ergaben (Weik 2009).

Im überregionalen Maßstab verlieren diese Potenziale allerdings rasch ihre Wirkung, wenn der erforderliche Flächenbedarf durch Landnutzungsänderungen wie z.B. Waldrodung, Moorkultivierung oder Grünlandumbruch erfolgt. Bei letztgenanntem kommt es in den ersten 20-30 Jahren einerseits zum Abbau von Humus, also merklichen CO₂-Emissionen zwischen 0,5 - 4 t CO₂/ha*Jahr (eigene Berechnungen mit Prognosetool nach IPCC 2003, Fritsche und Wiegmann 2008, Hülsbergen & Schmid 2008), wobei bis zu 80 % des Gesamtverlustes bereits in den ersten 5 Jahren auftreten (UBA 2006). Andererseits zu einer Vermehrung der Ackerflächen und mithin vermehrten Erosions- und Abflussrisiken aufgrund beseitigter Bodenbedeckung. Außerdem kann die Verdrängung der Nahrungs-/Futtermittelproduktion auf den Ausweichflächen zu weiteren bodenbürtige THG-Emissionen führen, die sog. indirekten Bodenemissionen (WBGU 2009).

Somit kann sich eine überregionale Bewertung der abiotischen Wirkungen der zunehmenden Energiepflanzenproduktion nicht auf einen Standort mit anschließender Hochrechnung auf eine Region oder ein Land beschränken. Vielmehr muss auch die Veränderung der Standortnutzungsverteilung im regionalen oder landesweiten Kontext betrachtet werden, was nur durch die Verknüpfung von Modellen für ganzheitliche (Öko-)Bilanzen und für ökosystemare Simulationen erfolgen kann (Butterbach-Bahl 2010) und in diesem Vorhaben durchgeführt wird

3.4 Ökologisch-ökonomische Modellansätze

Bei den hier vorgestellten Forschungsvorhaben ging es nicht allein darum, das Potenzial landwirtschaftlicher Biomasse für die Energiebereitstellung abzuschätzen, sondern es sollten insbesondere Wechselwirkungen des Anbaus auf ökologische Parameter abgebildet werden. Reine Potenzialstudien wurden in den letzten Jahren zahlreiche durchgeführt. Für Baden-Württemberg sei an dieser Stelle exemplarisch die Studie vom IFEU in 2005 genannt. Eine wichtige Arbeit über den Beitrag von Überschussgrünland zur Energiegewinnung in Baden-Württemberg liefern Rösch et al. (2007).

Bei der Untersuchung von Umweltschäden durch die landwirtschaftliche Produktion und deren Vermeidung haben ökonomische Modelle in den letzten Jahren einen wichtigen Beitrag geleistet. Hierfür stehen zahlreiche ökonomisch-ökologische Modellansätze zur Verfügung, die sich hinsichtlich der betrachteten Ebene (Betrieb, Region, Land) und dem Disaggregationsgrad des landwirtschaftlichen Produktionsprozesses unterscheiden lassen. Je differenzierter die Produktionsprozesse in agrarökonomischen Modellen abgebildet werden, desto genauer können auch die von der Produktion ausgehenden Umweltwirkungen analysiert werden. Ein sehr prozessorientiertes agrarökonomisches Modell ist z.B. das am Leibniz-Zentrum für Agrarlandforschung angewendete Modell MODAM (Multi-Objective Decision Support Tool for Agro ecosystem Management), das eine detaillierte Analyse ökonomischer und ökologischer Parameter von landwirtschaftlichen Produktionsprozessen auf Betriebsebene erlaubt (Happe et al., 2006; Zander, 2003).

Ein regionaler agrarökonomischer Modellansatz, der schon für verschiedene umweltökonomische Fragestellungen eingesetzt wurde, ist RAUMIS (Regionales Agrar- und Umweltinformationssystem). RAUMIS arbeitet auf Landkreisebene und enthält zahlreiche umweltrelevante Größen wie z.B. Nährstoffbilanzen, gasförmige Emissionen, Energieverbrauch oder Pflanzenschutzmitteleinsatz. So liefert RAUMIS beispielsweise im Rahmen der Um-

weltökonomischen Gesamtrechnung (UGR) die Datenbasis für den Agrarsektor (Osterburg et al., 2009).

Die Tatsache, dass die landwirtschaftliche Produktion immer mit der Nutzung von natürlichen Ressourcen und somit auch mit Umweltwirkungen verbunden ist, hat in den letzten Jahren zu zahlreichen Forschungsvorhaben im Bereich der Kopplung von agrarökonomischen Modellen und Ökosystemmodellen geführt. Eine große Herausforderung hierbei ist, dass die miteinander zu koppelnden Modelle bzw. Analysetools auf unterschiedlichen räumlichen und zeitlichen Skalenebenen arbeiten (Ewert et al., 2006). Die Tagung "Integrated Assessment of Agriculture and Sustainable Development (AgSAP 2009)" beleuchtete die Thematik und Methodik von integrierten Bewertungsansätzen im Bereich landwirtschaftlicher Produktion und Landnutzung. Ein wichtiger Teilaspekt ist hierbei auch die Problematik der unterschiedlichen Skalenebenen in interdisziplinären Bewertungsansätzen und den damit verbundenen methodischen Lösungsansätzen. Für die Vielzahl der Beiträge sei an dieser Stelle auf die Arbeiten von Valdiva et al. (2009), Righi et al. (2009) und Zasada et al. (2009) verwiesen.

Die Eingabedaten für Ökosystemmodelle auf regionaler Ebene werden meist aus GIS-basierten Datenbanken gewonnen. Hierbei bekommen die benötigten Eingabeparameter wie z.B. Klima- oder Bodendaten einen räumlichen Bezug. Die Ergebnisse ökonomischer Modelle, die zur Bewertung der Umweltwirkungen als Eingabeparameter von Ökosystemmodellen dienen, haben i. d. R. keinen expliziten räumlichen Bezug und müssen daher regelbasiert in GIS-Datenbanken integriert werden. Von den zahlreichen Ansätzen zu diesem Forschungsfeld soll nachfolgend exemplarisch auf zwei wichtige, sich methodisch grundsätzlich unterscheidende Ansätze eingegangen werden.

Zum einen wird in einem ersten Schritt die Landnutzung unter ökonomischen Effizienzkriterien modelliert. Diese punktförmigen Ergebnisse werden dann mit Hilfe von definierten Kriterien, wie z.B. Bodenarten, Klimabedingungen, unter der Bildung von so genannten homogenen Landnutzungseinheiten, räumlich verteilt.

Diese Methode wurde im Rahmen des EU-Forschungsprojekts CAPRI-Dynaspat gewählt. Es wurde ein Ansatz des statistischen Downscalings entwickelt, der es erlaubt, agrarökonomische Modellierungsergebnisse aus dem Agrarsektormodell CAPRI (Common Agricultural Policy Regional Impact Assessment) kleinräumig aufzulösen. Zur Verteilung der Landnutzung wurde eine georeferenzierte Datenbank erstellt, auf deren Grundlage die Ergebnisse aus CAPRI für die EU-27 auf Gitterzellen von 1x1 km disaggregiert werden können. Dazu wurden Bodenkarten, Klimadaten, digitale Bodenerhebungsmodelle, Landnutzungskarten und Verwaltungsbezirks-Grenzen in 1x1 km Raster aufgelöst und dann so genannte Homogenous Soil Mapping Units (HSMUs), die identisch sind in Bodenart, Hangneigung, vorherrschende Bodenbedeckung und Verwaltungsbezirken, erstellt. Ein statistisches Schätzverfahren verteilt die Anteile einzelner Kulturarten auf die HSMUs. Dabei werden die ganze Fläche der HSMUs und alle regionalen Hektardaten für jede Landnutzungs- und Kulturart abgedeckt. Die a-priori Verteilung der Anteile wurde anhand von Parametern aus den LUCAS-Daten (Land Use / Cover Area Frame Statistical Survey) vorgenommen. Die Verteilung der Erträge stammt aus dem MARS (Monitoring Agricultural ResourceS) Projekt des JRC Ispra; die Bewässerungsdaten entstammen der Bewässerungskarte der FAO (Food and Agriculture Organisation). Die in dieser Form räumlich differenzierten Daten von CAPRI können dann bspw. von Agrarökosystemmodellen wie

DNDC (DeNitrification-DeComposition) zur Abschätzung des Kohlenstoff- und Stickstoffhaushaltes landwirtschaftlicher Böden genutzt werden (Britz and Leip, 2009; Leip et al., 2008).

Diese prinzipielle methodische Vorgehensweise wird in zahlreichen interdisziplinären Forschungsvorhaben genutzt (z.B. Göman et al., 2004, Henseler et al., 2009) oder in ökonomischen Studien weiter entwickelt (z.B. Chakir, 2009).

Den zweiten Weg beschreibt die Vorgehensweise bei der Modellentwicklung von ProLand, das im Rahmen des DFG-Sonderforschungsbereiches 299 „Landnutzungskonzepte für periphere Regionen“ entwickelt wurde. ProLand ist ein ökonomisches Simulationsmodell mit dessen Hilfe für Regionen räumlich exakte Allokation von Landnutzungssystemen unter Berücksichtigung von naturräumlichen und wirtschaftlichen Standortgegebenheiten sowie polit-ökonomischen Rahmenbedingungen prognostiziert werden können. Im Gegensatz zu der bei CAPRI beschriebenen gewählten Landnutzungsverteilung werden bei ProLand auf Basis von Flächenelementen (25 x 25 m Raster) der modellierten Nutzflächeneinheit ökonomische Größen wie Kosten- und Leistungen in Abhängigkeit der simulierten Landnutzungsaktivität direkt zugeordnet. ProLand optimiert die Landnutzung unter der Bedingung der Bodenrentenmaximierung. Da die Ergebnisse räumlich explizit zugeordnet werden können, lassen sie sich ohne weitere Annahmen in GIS-Datenbanken integrieren und mit ökologischen und hydrologischen Parametern bzw. Ökosystemmodellen verknüpfen (Weinmann & Kuhlmann, 2004; Weinmann et al., 2006).

Insgesamt ist festzuhalten, dass sowohl auf einzelbetrieblicher als auch auf regionaler Ebene, eine Vielzahl von ökonomisch-ökologischen Modellansätzen zur Untersuchung von abiotischen Umweltwirkungen entwickelt wurde. Großflächige Untersuchungen aus dem Blickwinkel des Naturschutzes sind bisher nur wenige durchgeführt worden. Auf der Ebene eines gesamten Bundeslandes, wie in diesem Forschungsvorhaben realisiert, liegen noch keine ökonomisch-ökologischen Modellansätze mit naturräumlichem Bezug vor.

4 Szenarien

4.1 Definition der Szenarien

Wie in 2.2 erläutert erfolgt die Szenarienanalyse über den Vergleich einer sorgfältig definierten Modellrechnung zum Status Quo mit Szenarien welche den

- (1) Ausbau der Bioenergienutzung
- (2) Die Förderung von Naturschutzmaßnahmen in der Landwirtschaft
- (3) Eine Kombination von (1) und (2)

abbilden.

Als das den Status Quo abbildende und für den Szenarienvergleich als Referenz dienende Szenario wird das Szenario BAU_2015 (Business as Usual) verwendet. Dieses stellt die Projektion der Referenzmodellierung („REF_2003“ = bestmögliche Modellierung der Landwirtschaft) auf das Jahr 2015 dar, die auf der Agrarstatistik der Jahre 2001-2005 basiert („Ist_2003“). Neben der Anpassung der politischen Rahmenbedingungen wurden auch die Erzeuger- und Betriebsmittelpreise sowie die Erträge der Ackerbaukulturen angepasst.

Der Ausbau des Anbaus von Kulturen zur Bioenergienutzung wird dabei in unterschiedlichen Intensitäten angenommen. Tabelle 4 stellt die Basisannahmen in den sich ergebenden drei Biomasseszenarien zusammen. Dabei ist zu beachten, dass der Intensivierungsgradient entsprechend der Reihung BioE_1 > BioE_3 > BioE_2 verläuft.

Tabelle 5: Übersicht über die Basisannahmen für die Szenarien

| | Szenario 1 (BioE 1) | Szenario 2 (BioE 2) | Szenario 3 (BioE 3) |
|---|---|---|---|
| Anteil mehrjähriger Kulturen an der Ackerfläche | Anbau auf maximal 30 % der geeigneten Ackerfläche | ohne mehrjährige Kulturen | ohne mehrjährige Kulturen |
| Anteil Energiepflanzen an der Landnutzungsfläche | Anbau auf gesamter Landnutzungsfläche möglich | Anbau auf maximal 30 % der Landnutzungsfläche | Anbau auf gesamter Landnutzungsfläche möglich |
| Anteil Getreide in der Fruchtfolge | max. 75 % der Fruchtfolge | max. 75 % der Fruchtfolge | max. 75 % der Fruchtfolge |
| Anteil Winterraps in der Fruchtfolge | max. 25 % der Fruchtfolge | max. 25 % der Fruchtfolge | max. 25 % der Fruchtfolge |
| Anteil Silomais in der Fruchtfolge | max. 50 – 70 % der Fruchtfolge | max. 50 – 70 % der Fruchtfolge | max. 50 – 70 % der Fruchtfolge |

Die Förderung von Naturschutzmaßnahmen in der Landwirtschaft wird unter moderaten wie auch unter extremen Annahmen betrachtet. Beide Varianten beziehen sich auf ein fachlich ausführlich abgeleitetes Maßnahmenbündel. Die extreme Variante **BAU_Nat_XL** überzieht dabei die Quantifizierungen der moderaten Variante **BAU_Nat** um 40 %.

Die Herleitungen, Begründungen und genauen Spezifikationen der Szenarioannahmen können in den folgenden Abschnitten sowie den Darlegungen zu den Modellrechnungen entnommen werden. Aus der Kombination der Szenarioannahmen hinsichtlich des Ausbaus Bioenergie und der Förderung des Naturschutzes ergeben sich die Szenarien **BioE_1_Nat**, **BioE_1_Nat_XL**, **BioE_2_Nat**, **BioE_2_Nat_XL** und **BioE_3_Nat**. Abbildung 1 fasst die Systematik der Szenarien zusammen.

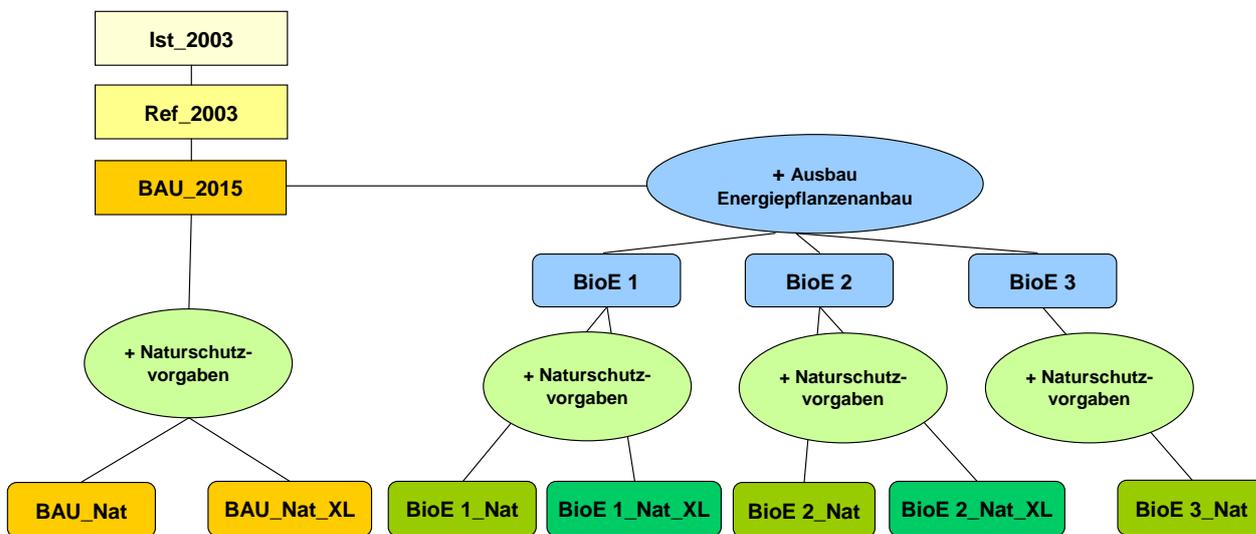


Abbildung 7: Übersicht über die untersuchten Modellszenarien

4.2 Ökonomische Annahmen

EFEM basiert auf statisch linearer Programmierung (LP) und ist ein Angebotsmodell. Das Modellergebnis wird durch die Optimierung einer Zielfunktion generiert. Hierbei wird unterstellt, dass die Betriebsorganisation unter den gültigen agrar- und umweltpolitischen Rahmenbedingungen sowie gegebenen Erzeuger- und Betriebsmittelpreisen so angepasst wird, dass der Gesamtdeckungsbeitrag maximiert wird. Die Preise für Input- und Outputfaktoren sind dabei exogen vorgegeben. Restriktiv wirken die Produktionskapazitäten der Modellbetriebe und die für das jeweilige Szenario geltenden agrarpolitischen Rahmenbedingungen. Während diese für die Modellvalidierung maßgebliche Referenzjahr 2003 noch durch Produktprämien bestimmt waren, sind sie mittlerweile durch Betriebsprämien bzw. produktunabhängige Flächenprämien gekennzeichnet.

Um die zu untersuchenden Szenarien zum Biomassepotenzial hinsichtlich ihrer Effektivität und Effizienz insbesondere ohne diesen Einfluss der sich stark geänderten agrarpolitischen Rahmenbedingungen beurteilen zu können, erfolgt eine Projektion der Basisdaten auf das Jahr 2015. Dieses Jahr wurde gewählt, da davon ausgegangen wird, dass bis 2015 die „Luxemburger Beschlüsse“ zur Reform der Gemeinsamen Agrarreform (GAP) vollständig umgesetzt sind. Die wichtigsten Kernpunkte dieser Beschlüsse sind:

- Von der Produktion entkoppelte Direktzahlungen
- Bindung der Direktzahlungen an die Einhaltung von Umwelt-, Tierschutz- und Qualitätsvorschriften (Cross-Compliance)
- obligatorische Modulation, d. h. Mittelaufstockung zu Lasten der direkten Einkommensübertragungen für die Stärkung der ländlichen Entwicklung ab 2005

Neben diesen drei Kernpunkten der Gemeinsamen Agrarreform wurden weitere Maßnahmen beschlossen, die insbesondere den Milch- und den Zuckermarkt betreffen. Die Milchquotenregelung soll im Jahr 2015 auslaufen. Die neue Zuckermarktordnung ist bis zum Jahr 2014/2015 gültig und sieht eine Zusammenfassung der A- und B- Quoten vor. Der Referenzpreis für Zuckerrüben wird reduziert, wobei den Landwirten ein Ausgleich für diese Absenkung gewährt wird (BMVEL, 2006a, BMVEL, 2006b).

In dieser Studie wird von den Basisdaten der Jahre 2001-2005 ausgehend eine Referenz für das Jahr 2015 erstellt. Im Vergleich dazu werden Alternativrechnungen für verschiedene Szenarien errechnet und aus dem Vergleich Wirkungszusammenhänge zwischen Bioenergie und Natur- und Umweltschutz herausgearbeitet.

4.3 Naturschutzfachliche Annahmen

Um die Anforderungen des Naturschutzes in einem ökonomischen Regionalmodell berücksichtigen zu können, müssen die Vorgaben für landwirtschaftliche Nutzungen bzw. Produktionsbeschränkungen definiert und deren Flächenumfänge quantifiziert werden. Gemäß des Projektziels der Analyse von „trade-offs“ zwischen Bioenergieproduktion und Naturschutz in der Agrarlandschaft wurden verschiedene Umfänge der Berücksichtigung des Naturschutzes szenarisch definiert sowie die Situation des Referenzjahres 2003 bestmöglich aus vorhandenen Daten abgeleitet:

- **Szenario Business as usual:** Berücksichtigung des Naturschutzes wie in der Referenzsituation 2003.
- **Bioenergie-Szenarien:** Belange des Naturschutzes wurden nur in Form rechtlich verbindlicher Vorgaben berücksichtigt.
- **Szenario Naturschutz:** Ableitung wünschenswerter naturschutzfachlicher Anforderungen auf realitätsnaher / optimistischer Grundlage. Es wird die Erfüllung der Zielsetzung des Umweltplans Baden-Württemberg 2007-2012 (UM 2007) im Bereich des Schutzes der biologischen Vielfalt angestrebt (vgl. Kap. 4.3.2).
- **Extremszenario-Naturschutz:** Rein rechnerisch ermitteltes Szenario, indem die Vorgaben des Naturschutz-Szenarios um 40 % erhöht wurden. Dieses Szenario dient der weiteren Prüfung von qualitativen und quantitativen Auswirkungen durch die Naturschutz-Vorgaben und dem Test von Sensitivitäten des Modellansatzes (vgl. Kap. 4.3.5).

Tabelle 6 vermittelt einen Überblick der Berücksichtigung des Naturschutzes in den Szenarien. Während die Naturschutz-Vorgaben für das Business as usual und die Bioenergie-Szenarien aus vorhandenen Daten bzw. rechtlichen Bestimmungen vglsw. eindeutig zusammengestellt werden konnten, war für das Szenario Naturschutz die normative Festlegung einer übergeordneten Zielsetzung („Wie viel Naturschutz?“) erforderlich. Erst wenn die Ziele im gesellschaftlichen Diskurs definiert sind, kann mit wissenschaftlichen Methoden und Experteneinschätzungen ermittelt werden, welche Maßnahmen in welchem Umfang für die Zielerreichung erforderlich sind. Im Folgenden werden die wesentlichen politischen Zielsetzungen auf verschiedenen Planungsebenen genannt, die als Legitimationsgrundlage für die davon abgeleiteten Naturschutz-Vorgaben (s. Kap. 4.3.2) zu betrachten sind.

Tabelle 6: Übersicht zur Berücksichtigung des Naturschutzes in den Szenarien.

| | Bioenergie Szenarien | Business as usual | Szenario Naturschutz ¹ |
|-----------------------------------|---|--|--|
| Prinzipieller Ansatz | <u>Acker und Grünland</u> Einhaltung nur der rechtlich verbindlichen Naturschutzvorgaben | <u>Ackerland</u> Einhaltung nur der rechtlich verbindlichen Naturschutzvorgaben <u>Grünland</u> Übernahme des Anteils extensiver Nutzungsformen aus dem Jahr 2002 | <u>Acker und Grünland</u> Naturschutzfachliche Vorgaben auf „realitätsnaher / optimistischer“ Grundlage |
| Grünland-umbruch | zugelassen laut DirektZahlVerpflG ¹ | nicht zugelassen | nicht zugelassen |
| MEKA-Förderung² | MEKA III besteht als freiwilliges Angebot | MEKA III besteht als freiwilliges Angebot | Honorierung der vorgegebenen Naturschutzmaßnahmen lt. MEKA III |

Berücksichtigung Naturschutz

Anmerkungen

- ¹ Zusätzlich wurde für verschiedene Fragestellungen ein rein rechnerisch erzeugtes Naturschutz-Extrem Szenario analysiert (vgl. Kap. 4.3.5).
- ² Der Anteil des Grünlands an der landwirtschaftlichen Fläche darf gegenüber dem Referenzjahr 2003 um maximal 5 % abnehmen.
- ³ Marktentlastungs- und Kulturlandschaftsausgleichsprogramm.

Die Fördersätze und -umfänge der Landschaftspflegerichtlinie konnten aufgrund der Heterogenität der Ausgestaltung nicht berücksichtigt werden.

Die Mitgliedsstaaten des 1993 in Kraft getretenen Übereinkommens über die Biologische Vielfalt (Convention on Biological Diversity, CBD) – darunter die EU – verpflichten sich mit ihrem Beitritt u.a. zum Erhalt der globalen biologische Vielfalt. Auf der Vertragsstaatenkonferenz der CBD des Jahres 2002 wurde das sog. „2010-Ziel“ formuliert: „...to achieve, by 2010, a significant reduction of the current rate of biodiversity loss at the global, regional and national level...“. In der 2001 beschlossenen Nachhaltigkeitsstrategie der EU wurde dieses Ziel verschärft mit der Forderung nach einem „...Stopp des Verlusts der biologischen Vielfalt in der Europäischen Union und weltweit“ bis 2010 (KOMMISSION DER EUROPÄISCHEN GEMEINSCHAFTEN 2001: 34). Auf Ebene des Bundes übernimmt die Nationale Strategie zur Biologischen Vielfalt diese Zielsetzung: „Bis 2010 ist der Rückgang der Biodiversität gemäß dem EU-Ziel von Göteborg in Deutschland aufgehalten. Danach findet eine positive Trendentwicklung statt“ (BMU 2007: 26). Im Umweltplan Baden-Württemberg 2007-2012 werden als Zielvorgaben für den Naturschutz weniger dezidiert u.a. der „Erhalt der in Baden-Württemberg vorkommenden Lebensraumtypen in ausreichender Größe und Qualität“ und der „Erhalt der heimischen Arten in ihren Lebensräumen in ausreichender Populationsgröße“ gefordert (UM 2007: 136). Es ist erkannt, dass dies nicht nur über „klassische“ Schutzprogramme und -gebiete, sondern insbesondere durch

eine verstärkte Integration von Naturschutzziele in die Landnutzung erreicht werden kann (UM 2007: 139):

„Das Land strebt an, flächendeckend eine dauerhaft umweltgerechte Nutzung von Natur und Landschaft auch außerhalb von Schutzgebieten zu etablieren, die eine zukunftsbeständige Bodennutzung ohne die vermeidbare Beeinträchtigung anderer Umweltmedien mit der Erzeugung hochwertiger und schadstoffarmer Lebensmittel verbindet. Hierfür ist es besonders wichtig, dass Naturschutzziele verstärkt im Rahmen der Landwirtschaft berücksichtigt werden. Das Land setzt hierbei jedoch nicht auf eine noch stärkere Reglementierung der Landwirtschaft, sondern auf das Angebot für die Landwirte im Marktentlastungs- und Kulturlandschaftsausgleich (MEKA) und in der Landschaftspflegerichtlinie, sich freiwillig zu Umwelt- und Naturschutzleistungen gegen Ausgleichszahlungen zu verpflichten. MEKA und die Landschaftspflegerichtlinie sollen verstärkt dazu dienen, die Umsetzung der FFH- und der Vogelschutzrichtlinie mit Hilfe freiwilliger Maßnahmen zu erreichen. Das Land begrüßt daher die Absicht der EU-Kommission, Umweltgesichtspunkte bei der Ausgestaltung der Agrarförderprogramme noch stärker zu berücksichtigen.“

Hierzu wird in der Naturschutzstrategie 2020 des Landes als ein Ansatz der Konkretisierung ein Mindestanteil von 10 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche als ökologische Vorrangflächen mit Verzicht auf Düngemittel und chemisch-synthetischen Pflanzenschutzmitteln genannt (MLR 2010: 11).

4.3.1 Quantifizierung der Naturschutzvorgaben für die Bioenergie-Szenarien und das Business as usual-Szenario (BAU)

Im Folgenden werden die Annahmen der Berücksichtigung des Naturschutzes in den Bioenergie-Szenarien und im BAU erläutert. In Kap. 4.3.2 folgt eine Zusammenschau dieser Angaben mit den Annahmen des Naturschutz-Szenarios.

In den Bioenergie-Szenarien wurden nur rechtlich bindende Anforderungen des Naturschutzes vorgegeben. Für Ackernutzung bestehen kaum entsprechende Rechtsvorschriften. Zur Minderung der Eutrophierung von Gewässern wird in der Düngeverordnung (§3, DÜV 2007) die Düngung in einem 3 Meter breiten Streifen ab dem Ufer verboten bzw. in Hanglage bis 20 Meter eingeschränkt. Für die Berechnung der betroffenen Fläche wurden zunächst die linienhaft vorliegenden Flüsse des DLM25 mit der angegebenen Flussbreite gepuffert und dann zusammen mit den Seen um die Breite des Randstreifens gepuffert. Dies ergab jedoch nur 0,44 % der Ackerfläche mit Lage innerhalb der Randstreifen. Einen noch geringeren Anteil (0,01%) ergab die Analyse gesetzlich geschützter Saumbiotope mit Lage innerhalb der Ackerfläche inkl. eines 20 Meter Puffers. Deshalb wurde von einer Berücksichtigung der Saumbiotope abgesehen. Die Vorgaben sind in Tabelle 7 dargestellt.

Die Maßnahmen des MEKA III standen als freiwillige Angebote zur Verfügung.

Tabelle 7: Quantifizierung der rechtlich bindenden Naturschutzvorgaben im Ackerland für die Bioenergie-Szenarien und das Business as usual-Szenario.

| Ackerland Bioenergie-Szenarien / Business as usual | Umsetzung | Anteil an Ackerfläche |
|---|----------------------|-----------------------|
| Gewässerrandstreifen (§3 Düngeverordnung) - innerhalb 3m Breite vom Gewässerrand: keine Düngung - > 10 % Neigung von 3 - 20m Breite: reduzierte Düngung | keine Düngung | 0,44% |
| gesetzlich geschützte Saumbiotope ¹ (§32 NatSchG) - Saumvegetation mittlerer/trockenwarmer Standorte mit Lage in Ackerfläche zzgl. 20m-Puffer | nicht berücksichtigt | 0,01% |

Anmerkung

- ¹ berücksichtigte Biotoptypen: Saumvegetation mittlerer Standorte (35.10), nitrophytische Saumvegetation (35.11), mesophytische Saumvegetation (35.12), Saumvegetation trockenwarmer Standorte (35.20)

Im Bereich des Grünlands bestehen dagegen deutlich mehr rechtliche Vorgaben, die in den Bioenergie-Szenarien einzuhalten sind. In den Zonen 1 und 2 der Wasserschutzgebiete ist laut SCHALVO (2001, §4) kein flüssiger Wirtschaftsdünger (z.B. Gülle) und Sekundärrohstoffdünger (z.B. Klärschlamm) zugelassen. Für eine Zuordnung zu Nutzungsformen wurde das Grünland dieser Zonen mit der Bodenübersichtskarte (BÜK200) überlagert und anhand der nutzbaren Feldkapazität (nFk) dem einschürigen Grünland ohne Düngung bzw. extensiver Beweidung (geringste Klasse der nFk) oder dem zweischürigen Grünland mit geringer Düngung (alle weiteren nFk-Klassen) zugeordnet (s. Tabelle 8). In gesetzlich geschützten Grünlandbiotopen ist in der Regel über MEKA-Förderung oder Landschaftspflegeverträge eine angepasste Nutzung gewährleistet. Das trockene Biotopgrünland und die Pfeifengras-Streuwiesen aus dem feuchten Bereich wurden dem 1-Schnitt Grünland / extensive Beweidung zugeordnet. Für die weiteren Biotoptypen des feuchten Biotopgrünlands wurde zweischürige Nutzung mit geringer Düngung angenommen. Derselben Nutzungsintensität wurden die FFH-Lebensraumtypen Magere Flachland- und Bergmähwiesen (sofern kartiert) zugeordnet sowie die Gewässerrandstreifen laut Düngeverordnung (§3 DÜV 2007) im Grünland. Diese wurden mittels eines Geographischen Informationssystems (GIS) auf Basis der Gewässer des DLM 25 erzeugt. Die rechtliche Verbindlichkeit einer extensiven Nutzung des FFH-Grünlands auch außerhalb von FFH-Gebieten ist noch nicht vollständig geklärt. Jedoch kann nach Umweltschadengesetz (§3 (2) USCHADG 2007) in Kombination mit dem Bundesnaturschutzgesetz (§19 (3) BNATSchG 2009) eine Intensivierung – zumindest in größerem Umfang mit Beeinträchtigung des Erhaltungszustands - als Umweltschaden interpretiert werden, der eine Sanierung erforderlich machen würde. Da im Projekt nur kartiertes FFH-Grünland berücksichtigt wurde, wäre eine entsprechende Beweisführung möglich.

Tabelle 8: Quantifizierung der rechtlich bindenden Naturschutzvorgaben im Grünland für die Bioenergie-Szenarien.

| Grünland Bioenergie-Szenarien | Umsetzung | Anteil am Grünland |
|---|--|-----------------------|
| - Grünland in WSG Zone 1 und 2 (SCHALVO), trocken ¹ - trockenes Biotopgrünland ² - feuchtes Biotopgrünland ² : nur Pfeifengras-Streuwiesen | 1 Schnitt, keine Düngung / ext. Beweidung ⁴ | 2,27% |
| - Grünland in WSG Zone 1 und 2, mittel/feucht ¹ - feuchtes Biotopgrünland ² (ohne Pfeifengras-Streuwiesen) - FFH-LRT Magere Flachland-/Bergmähwiesen (6510, 6520) ³ - Gewässerrandstreifen (§3 Düngeverordnung) | 2 Schnitte, Dün- gung < 40kg N/ha/a | 13,05% |

Anmerkungen

- ¹ „trocken“ und „mittel / feucht“ spezifizieren die standörtlichen Verhältnisse, die in den jeweiligen Grünlandkulissen berücksichtigt wurden. „Trocken“ bedeutet, dass nur diejenigen Flächen in der Kulisse enthalten sind, die in der Bodenübersichtskarte (BÜK 200) mit der geringsten Stufe der nutzbaren Feldkapazität („sehr gering – gering“) gekennzeichnet sind. „Mittel / feucht“ bedeutet, dass alle anderen 8 Kategorien der nutzbaren Feldkapazität laut BÜK 200 enthalten sind.
- ² „trockenes“ und „feuchtes“ Biotopgrünland (§32 NatSchG): s. Anhang 2
- ³ soweit kartiert und digital verfügbar: Regierungsbezirk Karlsruhe vollständig, sonst nur in FFH-Gebieten.
- ⁴ 1 Weidegang pro Jahr, max. 2,5 Großvieheinheiten (GVE) / Hektar

Für die Annahmen zu Art und Umfang der extensiven Grünlandnutzung im BAU wurden Daten aus dem Jahr 2002 herangezogen. Für die Evaluierung der MEKA-Förderung artenreichen Grünlands (KRISMANN & OPPERMANN 2003) wurden an 903 landesweit zufällig im Grünland verteilten Untersuchungsflächen die Nutzung in 10 Kategorien erfasst (vgl. Tabelle 9).

Die Daten wurden auf Ebene von 9 naturräumlichen Einheiten zur Verfügung gestellt und mussten zunächst in die 8 landwirtschaftlichen Vergleichsgebietsgruppen umgerechnet werden. Zudem wurde die Kategorie „2-3 schüriges Grünland“ anhand der Definition der Gunsträume (Annahme 3-schüriges Grünland) und Ungunsträume (2-schüriges Grünland) laut LTZ (2008: 3) aufgeteilt. Das Resultat für das 2-schürige Grünland (17,86%) steht dabei nicht im Widerspruch zum Anteil des artenreichen Grünlands (MEKA-B4) von 25% laut (KRISMANN & OPPERMANN 2003: 37), für das ebenfalls eine 2-schürige Nutzung anzunehmen ist. Der erste Wert (17,86%) bezieht sich auf das Gesamt-Grünland in Baden-Württemberg gemäß DLM25 während der letztere Wert (25%) auf das landwirtschaftlich genutzte Dauergrünland gemäß Agrarstatistik bezogen ist. Dieses deckt nur einen Teil des Gesamt-Grünlands laut DLM25 ab. Unter Verwendung der Dauergrünlandfläche des Statistischen Landesamts 2002 (568.200 ha) ergibt sich eine absolute Fläche des MEKA-B4-Grünlands von ca. 142.000 ha. Bezieht man diese Fläche auf das Gesamt-Grünlands laut DLM25 mit Stand 2005 (ca. 715.000 ha) reduziert sich der Anteil des artenreichen Grünlands von 25% auf ca. 20%.

Tabelle 9: Ableitung der Anteile extensiver Nutzungsformen im Grünland für das Business as usual-Szenario aus der Grünlanduntersuchung von KRISMANN & OPPERMANN (2003).

| Grünland-Nutzung | Extensive Grünlandnutzung im Business as usual-Szenario | | | | | | |
|----------------------------|---|---|-------------------|---|--------------|--|--------|
| | Anteil der Nutzungsformen an der Grünlandfläche | | | | | | |
| | KRISMANN & OPPERMANN (2003) | Aufteilung der Kategorie „2-3 Schnitte“ und Umrechnung in die 8 Vergleichsgebietsgruppen (VGG) → | Umrechnung in VGG | Übernahme der Anteile der extensiven Nutzungsformen als Mindestvorgaben für das BAU-Szenario → | BAU Szenario | | |
| 1 Schnitt | 3,39% | | | | 3,42% | | 3,42% |
| 2 Schnitte | 56,65% | | | | 17,86% | | 17,86% |
| 3 Schnitte | | | | | 33,09% | | |
| > 3 Schnitte | 18,77% | | | | 22,30% | | |
| Standweide | 2,46% | | | | 1,77% | | |
| Koppel-/ Umtriebs-Mähweide | 11,71% | | | | 13,99% | | |
| Hut-/Standweide | 1,42% | | | | 1,50% | | 1,50% |
| Mulchmahd | 2,13% | | | | 2,86% | | |
| Brache | 2,33% | | | | 1,92% | | |
| Sonstiges | 1,13% | | | | 1,28% | | |
| Summe | 100,00% | | | | 100,00% | | 22,78 |

Als extensive Nutzungsformen wurden das 1- und 2-schürige Grünland sowie die Hut- und Standweiden berücksichtigt und die entsprechenden Nutzungsanteile als Mindestvorgabe für das BAU vorgegeben. Der Anteil der Grünlandbrachen wurde aufgrund geringerer Lebensraumqualitäten aus naturschutzfachlicher Sicht im Vergleich zum extensiv genutzten Grünland nicht als Forderung übernommen. Eine Zusammenschau der Annahmen steht am Ende des folgenden Kapitels.

4.3.2 Ableitung und Quantifizierung der Maßnahmen für das Naturschutz-Szenario

Wie in Kap. 3.2 dargestellt, ist die Bestandsentwicklung zahlreicher Arten insbesondere der Agrarlandschaft stark rückläufig (s.a. Tabelle 11). Immer mehr Arten insbesondere des Offenlandes werden in die Roten Listen der gefährdeten Arten aufgenommen bzw. dort in höhere Gefährdungskategorien eingestuft (vgl. Bewertung Populationstrend in HÖLZINGER et al. 2007). Die Bestände vieler Arten wie Brachvogel, Braunkehlchen oder Kiebitz sind bereits so stark reduziert, dass eine Sicherung des Status quo voraussichtlich kein dauerhaftes Überleben sichern würde, sondern nur eine deutliche Vergrößerung der Populationen. Da die Populationen meist zeitverzögert auf Änderungen des Lebensraum reagieren ist anzunehmen, dass auch für weitere Arten ein Stopp des Bestandsrückgangs nur durch eine Ausdehnung und/oder Aufwertung der Lebensräume – nicht jedoch durch eine Sicherung des Status quo - erreicht werden kann.

Daher wurde für die Ableitung quantitativer Flächenumfänge für Naturschutzmaßnahmen die Bestandssituation ausgewählter Zielarten des Zeitraums um 1980 gewählt. Zielzustände aus noch früheren Jahrzehnten anzustreben, hätte der Zielvorgabe des Projekts realitätsnahe Szenarien zu analysieren sicher nicht entsprochen.

Die qualitative Ableitung der Maßnahmen für das Naturschutz-Szenario erfolgte über die in Tabelle 10 dargestellten Zielarten der Agrarlandschaft.

Tabelle 10: Übersicht der Zielarten für die Ableitung von Maßnahmen und Flächenforderungen im Szenario Naturschutz

| Lebensraumtyp | Zielart | Rote Liste Status ¹ | ZAK-Status ² |
|--|--|--------------------------------|-------------------------|
| Ackerland | Feldlerche (<i>Alauda arvensis</i>) | 3 | N |
| Acker-/Grünland Mischgebiete | Graumammer (<i>Miliaria calandra</i>) | 2 | LA |
| | Kiebitz (<i>Vanellus vanellus</i>) | 2 | LA |
| offenes Grünland mittlerer Standorte | Großer Brachvogel (<i>Numenius arquata</i>) | 1 | LA, ZIA |
| | Braunkehlchen (<i>Saxicola rubetra</i>) | 1 | LA, ZIA |
| | Dunkler / Heller Wiesenknopf-Ameisenbläuling (<i>Maculinea nausithous / teleius</i>) | 1/3 | LA/LB, ZIA |
| | Lilagold Feuerfalter (<i>Lycaena hippothoe</i>) | 3 | LB |
| | Wanstschrecke (<i>Polysarcus denticauda</i>) | 3 ! | LB, ZIA |
| Ackerlandschaft mit hoher Strukturvielfalt | Rebhuhn (<i>Perdix perdix</i>) | 2 | LA, ZIA |
| | Neuntöter (<i>Lanius collurio</i>) | V | |
| Streuobstgebiete ³ | Wendehals (<i>Jynx torquilla</i>) | 2 | LB, ZIA |
| | Halsbandschnäpper (<i>Ficedula albicollis</i>) | 3 | LB |
| | Steinkauz (<i>Athene noctua</i>) | V | N |

Anmerkungen

¹ Rote Liste Status Baden-Württemberg (Vögel: HÖLZINGER et al. 2007 (Stand 2004), Schmetterlinge: EBERT et al. 2008 (Stand 2004), Heuschrecken: DETZEL 1998). (1 vom Erlöschen bedroht, 2 stark gefährdet, 3 gefährdet, V Vorwarnliste, ! besondere Schutzverantwortung für Baden-Württemberg aus bundesweiter Sicht)

² Einstufung nach Informationssystem Zielartenkonzept Ba.-Wü. (MLR & LUBW 2009)

- Landesarten: Zielarten von herausragender Bedeutung auf Landesebene:
 - LA: Landesart Gruppe A; vom Aussterben bedrohte Arten und Arten mit meist isolierten, überwiegend instabilen bzw. akut bedrohten Vorkommen, für deren Erhaltung umgehend Artenhilfsmaßnahmen erforderlich sind.
 - LB: Landesart Gruppe B; Landesarten mit noch mehreren oder stabilen Vorkommen in einem wesentlichen Teil der von ihnen besiedelten ZAK-Bezugsräume sowie Landesarten, für die eine Bestandsbeurteilung derzeit nicht möglich ist und für die kein Bedarf für spezielle Sofortmaßnahmen ableitbar ist.
- N = Naturraumarten: Zielarten mit besonderer regionaler Bedeutung und mit landesweit hoher Schutzpriorität.
- ZIA = Zielorientierte Indikatorarten: Zielarten mit besonderer Indikatorfunktion, für die die Entwicklungsziele in Steckbriefen dokumentiert sind und für die in der Regel eine deutliche Ausdehnung der Bestände angestrebt wird.

³ Für diesen Lebensraumtyp wurden nicht wie für die anderen Arten über Zielarten Maßnahmen und Flächenforderungen abgeleitet, da die Nutzung von Streuobstgebieten nicht in EFEM implementiert ist. In den Szenarien ist daher keine Umnutzung möglich, sodass ein landesweiter Bestandsschutz der Streuobstgebiete angenommen wird.

Zielarten dienen der Definition von Zielzuständen von Lebensräumen und Landschaften sowie der Ableitung von Schutz- und Entwicklungsmaßnahmen. Meist werden sehr empfindliche Arten ausgewählt, da hiervon abgeleitete Schutzmaßnahmen gleichzeitig einer Vielzahl weiterer Arten mit ähnlichen Habitatsprüchen aber geringerer Empfindlichkeit zugute kommen. Die „Zielartenhypothese“ postuliert einen „Mitnahmeeffekt“ durch den Schutz besonders anspruchsvoller „Schirmarten“ für viele weitere ähnlich eingensichte Arten mit geringeren Habitatsprüchen (HOVESTADT et al. 1991, KRATOCHWIL & SCHWABE 2001, RECK et al. 1996).

Wie eingangs des Kapitels begründet, wurde für die Zielarten der Vögel die Bestandssituation um 1980 als Ziel der anzustrebenden Populationsgröße im Szenario Naturschutz festgelegt. In Tabelle 11 ist die Bestandsentwicklung der Zielarten der Avifauna im Zeitraum von ca. 1980 bis 2000/2004 auf Grundlage verschiedener Datenquellen dargestellt. Da die Zahlen durch die Hochrechnung von Stichprobenerhebungen ermittelt werden sind Schwankungen unvermeidbar. Die Gegenüberstellung soll die Größenordnung der Bestandsrückgänge verdeutlichen und zudem auf die Notwendigkeit regelmäßiger, systematischer Erhebungen (Monitoring) hinweisen.

Tabelle 11: Veränderung der Bestandssituation der Zielarten der Avifauna von 1980 bis 2000/2004 nach verschiedenen Datengrundlagen.

| Zielart | Grundlage: HÖLZINGER et al. (2007) | | | Grundlage: ADEBAR ³ | |
|-------------------|------------------------------------|------------------------------|-------------------|----------------------------------|-------------------|
| | Bestand Brutpaare Ba-Wü | | Differenz zu 1980 | Brutpaare 2000/2004 ³ | Differenz zu 1980 |
| | 1980 ¹ | 2000/2004 ² | | | |
| Feldlerche | 310.000 | 200.000 (150.000-250.000) | - 35% | 85.000 | - 73% |
| Grauammer | 2.600 | 650 (500 – 800) | - 75% | 250 | - 90% |
| Kiebitz | 5.000 | 2.500 (2.000 – 3.000) | - 50% | 650 | - 87% |
| Großer Brachvogel | 170 | 50 (48 – 51) | - 71% | 50 | - 71% |
| Braunkehlchen | 2.000 | 600 (500 – 700) | - 70% | 350 | - 83% |
| Rebhuhn | 2.500 | 2.250 (1.500 – 3.000) | - 10% | 1.500 | - 40% |
| Neuntöter | 12.500 | 11.000 (10.000 – 12.000) | - 12% | 10.000 | - 20% |

Anmerkungen

- ¹ tel. Mitteilung von J. Hölzinger am 28.11.2008 (z.T. auf 1980 hochgerechnete Werte)
- ² in Klammern die Originalangaben, darüber der für die Berechnungen verwendete Mittelwert
- ³ Experteneinschätzung (Arbeitsgruppe für Tierökologie und Planung, Filderstadt) auf Grundlage von ADEBAR-Daten („Atlas Deutscher Brutvogelarten“, ADEBAR in Vorb.).

Über die Annahme von durchschnittlichen Siedlungsdichten, wie sie in artspezifisch aufgewerteten Lebensräumen beobachtet werden können, wurde die für den Zielbestand erforderliche „aufzuwertende Lebensraumfläche“ berechnet (vgl. Tabelle 12). Darunter wird die Fläche verstanden, auf der die in Tabelle 14 und Tabelle 15 genannten Maßnahmen mit den jeweiligen Anteilen umgesetzt werden. Davon zu unterscheiden ist die (Netto-)Maßnahmenfläche: Bei der Aufwertung von 10 ha Lebensraumfläche mit bspw. 10% Brachen ergibt sich eine Maßnahmenfläche (= Brachfläche selbst) von 1 ha. Dieser Ansatz wurde gewählt, da die berechnete aufzuwertende Lebensraumfläche für jede Art in Form von Zielräumen für die Maßnahmenumsetzung räumlich abgebildet wurde. Damit wird eine plausible Regionalisierung der Naturschutzmaßnahmen in Baden-Württemberg erreicht, die vom Verbreitungsgebiet der Zielarten ausgeht (s. Kap. 4.3.3). Für die ökonomisch-ökologische Analyse in EFEM wurde pro Vergleichsgebietsgruppe die Netto-Maßnahmenfläche summiert und an das Modell übergeben.

Für die Annahmen bzgl. Siedlungsdichten der Arten wurden zunächst Angaben aus der Fachliteratur zusammengetragen (z.B. BAUER et al. 2005a, b; FLADE 1994; GLUTZ VON BLOTZHEIM 2001; Grundlagenwerke zu den Vögeln Baden-Württembergs). Unter Mitwirkung von Experten (Arbeitsgruppe für Tierökologie und Planung, Filderstadt) wurden dann landestypische Werte festgelegt.

Der Methode für die Ableitung der Flächenumfänge liegt die Annahme zu Grunde, dass die Aufwertungsmaßnahmen immer zunächst auf der aktuell besiedelten Fläche umgesetzt werden und – falls für den Zielbestand erforderlich - darüber hinaus (Erläuterung s. Kap. 4.3.3). Da die Zielarten alle eine rückläufige Bestandsentwicklung aufweisen, können in der aktuell besiedelten Fläche keine dauerhaft stabilen Populationen angenommen werden. Damit sind dort auch Aufwertungsmaßnahmen erforderlich. Die aufzuwertende Lebensraumfläche wird also gedanklich nicht „neben“ der besiedelten Fläche lokalisiert sondern umfasst – je nach Art – nur einen Teilbereich davon oder geht über sie hinaus. Dadurch erklärt sich auch, dass nicht die Differenz zwischen Zielbestand und aktuellem Bestand für die Berechnung der aufzuwertenden Lebensraumfläche verwendet wurde, sondern der gesamte Zielbestand.

Die räumliche Umsetzung der so abgeleiteten „aufzuwertenden Lebensraumfläche“ in „Zielräume“ für die artspezifischen Maßnahmen wird in Kap. 4.3.3 erläutert. Da für die wirbellosen Arten keine vergleichbaren Bestandsdaten vorliegen, konnten die Flächenforderungen nicht in derselben Methodik abgeleitet werden. Hier wurden als Zielräume die Verbreitungssituation Stand 2006 und die FFH-Gebiete mit Meldung der Arten verwendet (s. Erläuterung in Kap. 4.3.3).

Tabelle 12: Berechnung der mit artenspezifischen Maßnahmen aufzuwertenden Lebensraumfläche für die Erreichung des Zielbestands (BP: Brutpaare).

| Zielart | Bestand 1980 (Zielbestand) [BP] | angenommene Siedlungsdichte nach Aufwertung ¹ [BP / ha] | Erforderliche aufgewertete Lebensraumfläche für den Zielbestand ² [ha] |
|------------------------------|---------------------------------|--|---|
| Grauammer | 2.600 | 0,2 | 13.000 |
| Kiebitz ³ | 5.000 | 0,6 | (8.333) 83.333 |
| Großer Brachvogel | 170 | 0,05 | 3.400 |
| Braunkehlchen | 2.000 | 0,5 | 4.000 |
| Rebhuhn | 2.500 | 0,05 | 50.000 |
| Neuntöter ⁴ | 12.500 | 1,0 (0,5 ohne Aufwertung) | 5.000 (15.000) |
| Feld- lerche ⁵ | rechnerisch | 0,33 | 939.394 |
| | potent. möglich | | 346.000 |

Anmerkungen

- ¹ Die Aufwertungsmaßnahmen und ihre Zuordnung zu den Zielarten werden in den folgenden Kapiteln erläutert, insb.:
 - Maßnahmen Ackerland: Tabelle 13 und Tabelle 14
 - Maßnahmen Grünland: Tabelle 15 und Tabelle 16
- ² Unter „aufgewerteter Lebensraumfläche“ wird die Fläche verstanden, auf der Maßnahmen mit den in Tabelle 14 und Tabelle 15 genannten Anteilen umgesetzt werden. Es handelt sich also nicht um die Netto-Maßnahmenfläche selbst. Werden z.B. 10 Hektar Ackerfläche durch einen Bracheanteil von 10% aufgewertet, ist die „aufgewertete Lebensraumfläche“ 10 Hektar, während die eigentliche „Maßnahmenfläche“ nur der 1 Hektar Brache darstellt.
- ³ Durch die sehr starke Habitatbindung des Kiebitz an Blänken, musste die in den Blänken („Maßnahmenfläche“) zu erwartende Siedlungsdichte für die Berechnung herangezogen werden. Der „aufzuwertende Lebensraum“ ergab sich durch die Multiplikation mit 10, da hier Blänken auf 10% der Fläche angenommen werden.
- ⁴ Der Zielbestand ergibt sich durch 5.000 ha aufgewertete Fläche (Dichte 1,0 BP/ha: 5.000 BP) und 15.000 ha Fläche durchschnittlicher Eignung (Dichte 0,5 BP/ha: 7.500 BP)
- ⁵ Die sich rechnerisch für den Zielbestand ergebende Lebensraumfläche (939.394 ha) steht im Ackerland nicht mehr zur Verfügung. Im Projekt wurde die potentiell für die Art zur Verfügung stehende Ackerfläche modellhaft abgebildet (346.000 ha). Auf dieser Fläche könnte nach einer Aufwertung ein Bestand in der Größenordnung von 114.180 Brutpaaren entwickelt werden (Erläuterung in Anhang 3).

4.3.2.1 Ackerland

In Tabelle 13 sind die im Szenario Naturschutz für das Ackerland verwendeten Maßnahmen dargestellt. Die Auswahl der Maßnahmen beruht auf einer umfangreichen deutsch- und englischsprachigen Literaturrecherche sowie der engen Abstimmung mit Naturschutz-Praktikern in Baden-Württemberg (Arbeitsgruppe für Tierökologie und Planung ATP, Filderstadt). Wesentliche Quellen waren: FLADE et al. (2003), ILLNER et al. (2004), JENNY et al. (2002) ; MLR / LUBW (2009), PLACHTER et al. (2005) sowie die Grundlagenwerke zur Avifauna, zu Heuschrecken und Schmetterlingen in Baden-Württemberg. Spezifische Literaturangaben z.B. zu Schwellenwerten folgen wo erforderlich.

In Anhang 5 ist die Operationalisierung der Maßnahmen in EFEM und die Zuordnung von MEKA III-Maßnahmen für die ökonomische Analyse dargestellt.

Tabelle 13 Erläuterung der Naturschutzmaßnahmen für das Ackerland und Bezug zu den Naturschutzqualitätszielen (NQZ) nach PLACHTER et al. (2005)..

| Nr. | Maßnahme (NQZ: Plachter et al. 2005) | Erläuterung |
|------|---|--|
| A1 | Lerchenfenster (A15) | Anlage von „Fehlstellen“ im Wintergetreide durch Aussetzen der Saat auf 4 x 4 Meter großen Flächen, hiervon 2 pro Hektar. Ansonsten normale Bearbeitung der Flächen (Q1) |
| A2 | extensivierte Ackerstreifen (A14, L14) | Anlage von extensivierten Ackerstreifen in Getreidekulturen durch Saat mit erweitertem Drillreihenabstand von 24 cm (Q2, Q3) sowie Verzicht auf Dünger und Pflanzenschutzmittel |
| A3 | Saumstrukturen / Blühstreifen (A13, L08, L14) | Zusammenfassung von ökologischen Aufwertungsmaßnahmen wie Ackersäumen, Ackerwildkräuterstreifen, Blühstreifen (5-10m Breite) |
| A4.1 | selbstbegrünte Brache (A11, L14) | Ackerbrachen ohne Ansaat mit 2-3 jähriger Ruhephase |
| A4.2 | Blänken / Flutmulden (insb. für Kiebitz) (A12, L03) | Brache/Mulde mit stark wechselndem Wasserstand. Einmaliges Pflügen pro Jahr auf der gesamten Blänke sowie einmaliges Abschieben von Oberboden auf 10% der Blänke bei der Einrichtung (E) |
| A5 | Aufweitung der Fruchtfolge | MEKA-Maßnahme „Viergliedrige Fruchtfolge“ (MEKA II: A6, MEKA III: N-A2) - 4 Kulturen / Kulturgruppen mit jew. mind. 15 % Anteil an der Ackerfläche - max. 40 % Maisanteil an der Ackerfläche |
| A6 | Mindestanteil an Winterstoppeln | Belassen von Winterstoppeln auf 25% Flächenanteil an den Kulturen (Q4). |
| A7.1 | Pufferstreifen um naturnahe Lebensräume (A07, A10, A14) | Verzicht auf Düngung und Pflanzenschutzmitteln in einem 20m-Puffer um nährstoffarme §32-Biotope (vgl. Anhang 4). |
| A7.2 | Gewässerrandstreifen (A08, A14) | Verzicht auf Düngung und Pflanzenschutzmittel in einem Puffer um Gewässer mit (E): - 10m Breite bei < 10% Hangneigung - 20m Breite bei > 10% Hangneigung |

Korrespondenz mit Naturschutzqualitätszielen nach PLACHTER et al. (2005)

- A07: Schutz benachbarter terrestrischer Biotope vor Nährstoffeinträgen aus Ackerflächen
- A08: Schutz von Still- und Fließgewässern vor Nährstoffeinträgen aus Ackerflächen
- A10: Schutz benachbarter naturnaher Lebensräume vor Eintrag von Pflanzenschutzmitteln aus Ackerflächen
- A11: Artenreiche Zönosen früher Sukzessionsstadien auf Rotationsbrachen
- A12: Dauerbrachen auf Flächen mit hohem Naturpotential
- A13: Artenreiche, standortangepasste Ackerwildkrautgemeinschaften
- A14: Hohe Lebensraumqualität der Ackerflächen für wirbellose Tierarten
- A15: Ausreichende Brutplatzqualität für die Feldlerche (*Alauda arvensis*)
- L03: Große standörtliche Unterschiede und Gradienten auf Landschaftsniveau
- L08: Hohe Dichte hochwertiger Feldraine, Säume u.a. linienhafter Landschaftselemente
- L14: Überlebensfähige Populationen des Rebhuhn (*Perdix perdix*) in Agrarlandschaften

Quellen

Q1: DONALD & MORRIS (2005)

Q2: FLADE et al. (2003): 167

Q3: ILLNER et al. (2004): 34

Q4: FISCHER & SCHNEIDER (1996): 232

E : Experteneinschätzung: ATP, ILPÖ

Tabelle 14 enthält die Zuordnungsmatrix der Zielarten zu den Maßnahmen inkl. Angabe der verwendeten Anteile der Maßnahmenfläche an der Ackerfläche. Die Prozentangaben wurden aus der Literatur zu wissenschaftlichen Untersuchungen entnommen und z.T. durch Experten angepasst.

Tabelle 14 Zuordnungsmatrix der Zielarten zu den Maßnahmen mit Angabe des Anteils der Maßnahmenfläche an der Ackerfläche.

| Nr. | Maßnahme | Flächenanteile der Maßnahmen in den Zielräumen der Zielarten (zusammen 44% der Ackerfläche) | | | | | Maßnahmen in der Restfläche (56%) | Anteil an der Ackerfläche Ba-Wü | Anteile kumuliert |
|----------------------------------|---|---|------------|------------|------------|-----------|-----------------------------------|---------------------------------|-------------------|
| | | Feldlerche | Grauhammer | Kiebitz | Rebhuhn | Neuntöter | | | |
| A1 | Lerchenfenster | 0,32% | | | | | | 0,13% | 0,13% |
| A2 | extensivierte Ackerstreifen | 5% | 2,5% | 5% | 5% | 5% | | 2,17% | 2,30% |
| A3 | Saumstrukturen / Blühstreifen | 2,5% | 2,5% | | 4% | 3% | 2% | 2,56% | 4,86% |
| A4.1 | selbstbegrünte Brache | 2,5% | 5% | | 3% | | 3% | 3,23% | 8,09% |
| A4.2 | Blänken / Flutmulden | | | 5% | | | | 0,26% | 8,35% |
| Summe der Anteile pro Art | | 10,32% | 10% | 10% | 12% | 8% | 5% | | |
| A7.1 | Pufferstreifen um naturnahe Lebensräume | nicht über Zielarten abgeleitet | | | | | | 1,77% | 10,12% |
| A7.2 | Gewässerrandstreifen | nicht über Zielarten abgeleitet | | | | | | 1,49% | 11,61% |
| A5 | Aufweitung der Fruchtfolge | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | | 44,7% | |
| A6 | Mindestanteil an Winterstoppelein | | 25% | | 25% | | | 25,7% | |
| Quellen | | Q1, Q2 | Q3 | E | Q4, Q5 | Q6,E | Q3 | | |

Quellen

Q1: NABU (2004)

Q2 : STÖCKLI et al. (2006)

Q3: FLADE et al. (2003: 67)

Q4. JENNY et al. (2002: 102)

Q5: SPITTLER (2000)

Q6: JAKOBER & STAUBER (1987)

E Experteneinschätzung: ATP

Die Überlagerung der Zielräume aller Acker-Zielarten ergab eine Abdeckung von 44% der Ackerfläche des Landes (vgl. Kap. 4.3.3, Abbildung 8). Für die restlichen Ackerfläche wurde eine Grundausstattung mit 2% Säumen und 3% Brachen angenommen. In der zweiten Spalte von rechts sind die Anteile der Maßnahmen an der Ackerfläche dargestellt. In der rechten Spalte sind die Anteile von oben nach unten kumulativ summiert. Bei Betrachtung nur der zielartenspezifischen Maßnahmen ergibt sich ein Anteil von ca. 8% an der Ackerfläche des Landes. Rechnet man die Randstreifen um Biotope und Gewässer hinzu erhöht sich der Anteil mit Nutzungsverzicht oder -vorgaben auf knapp 12%. Da die Aufweitung der Fruchtfolgen und des Belassen von Winterstoppelein keine so erheblichen Ertrags- und Einkommenseinbußen bewirken, sind die Anteile nicht mit bilanziert. Die Regionalisierung der Zielräume im Ackerland Baden-Württembergs wird in Kap. 4.3.3 erläutert und dargestellt.

4.3.2.2 Grünland

Tabelle 15 enthält die Zuordnungsmatrix der Zielarten zu den extensiven Nutzungsformen des Grünlands inkl. der angenommenen Flächenanteile innerhalb des Zielraums der Art.

Tabelle 15 Zuordnungsmatrix der Zielarten zu extensiven Grünlandnutzungen mit Angabe des umgesetzten Anteils der Nutzungsform am Grünland im Zielraum der Art.

| Nr. | Nutzung / zugeordnete MEKA III-Honorierung | Flächenanteile der Maßnahmen in den Zielräumen der Zielarten (Zielräume zusammen: 28% des Grünlands ¹) | | | | | | |
|----------------------------------|---|---|-------------------|---------------|-----------------------------|----------------------|--------------|------------|
| | | Kiebitz | Großer Brachvogel | Braunkehlchen | Wiesenkopf-Ameisenbläulinge | Lilagold-Feuerfalter | Wanuschrecke | Neuntöter |
| G1.1 | 1 Schnitt, keine Düngung MEKA: N-B4 | | | | | 10% | 12,5% | 5% |
| G1.2 | 2 Schnitte, keine Düngung MEKA: N-B4 | | | | 15% | | | |
| G1.3 | 2 Schnitte, < 40kg N-Düngung, MEKA: N-B4 | | | 95% | | | 12,5% | 5% |
| G1.4 | 2 Schnitte, < 40kg N-Düngung, „Feuchtgrünland“ ² MEKA: N-B4 | | 100% | | | | | |
| G1.5 | 3 Schnitte, < 40kg N-Düngung | Quantifizierung über Auenkulisse abgeleitet | | | | | | |
| G2 | Saumstreifen: keine Düngung, Mahd alle 2-3 Jahre MEKA: N-B4 | | | 5% | 5% | | 10% | 3% |
| G3 | extensive Beweidung: 1 Weidegang/a, max. 2,5 GVE/ha MEKA: N-B1, N-B2 | 5% | | | | | | |
| G4 | Blänke/Flutmulden: 1 Schnitt + Beweidung mit 1 Rind (1RGVA) /ha (Erstanlage: 2.400,00 € / ha) | 5% | | | | | | |
| Summe der Anteile pro Art | | 10% | 100% | 100% | 20% | 10% | 35% | 13% |

Anmerkungen

N-B1: MEKA III-Maßnahme „Extensive Grünlandbewirtschaftung“

N-B2: MEKA III-Maßnahme „Extensive Bewirtschaftung des Dauergrünlandes mit höchstens 1,4 RGV/ha Hauptfutterfläche“

N-B4: MEKA III-Maßnahme „Bewirtschaftung von artenreichem Grünland“

¹ Die Überlagerung der Zielräume aller Zielarten ergibt eine Abdeckung von 28% des Grünlands des Landes (lt. DLM25). Außerhalb dieser Zielräume wurden über weitere Flächenkulissen extensive Grünlandnutzungen angenommen (vgl. Tabelle 16).

² „Feuchtgrünland“: Annahme von 2 Schnitten mit Heunutzung schlechter Futterqualität, jedoch gleicher Menge im Vergleich zu einem normalwüchsigen Standort.

Angaben zur Düngung beziehen sich auf Hektar und Jahr.

Die Prozentangaben wurden durch Experten (ATP) bestimmt. Die Überlagerung der Zielräume aller Zielarten des Grünlands ergab eine Abdeckung von 28% des Gesamt-Grünlands des Landes laut DLM25. Der relativ geringe Anteil begründet sich durch die vorwiegende Wahl von Zielarten des Grünlands mittlerer Standorte. Grund hierfür war der Fokus des Projekts auf dem landwirtschaftlich rentabel nutzbaren Wirtschaftsgrünland. Zudem konnten Vorarbeiten zur landesweiten Abbildung potentieller Habitate dieser Arten im Rahmen des Projekts „Informationssystem ZAK“ (MLR & LUBW 2009) verwendet werden. Weitere Flächenumfänge extensiver Nutzungen, die das Grünland trockener und nasser Standorte betreffen, wurden nicht über Zielarten sondern über Flächenkategorien abgeleitet, die im Folgenden erläutert werden.

In Tabelle 16 ist ein Vergleich der Annahmen zu extensiven Grünlandnutzungen für die Bioenergie-Szenarien, das Business as usual- und das Naturschutz-Szenario zusammengestellt. Im Vergleich zum BAU ergibt sich im Naturschutz-Szenario bezüglich des ein- und zweischürigen Grünlands sowie der extensiven Beweidung jeweils in etwa eine Verdopplung der Anteile am Gesamt-Grünland. Die nur über rechtlich verbindliche Vorgaben abgeleiteten Werte der Bioenergie-Szenarien liegen deutlich unter denen des BAU. Diese Differenz ist als das freiwillig extensiv genutzte Grünland zu betrachten, für das die Landwirte im Rahmen von MEKA oder der Landschaftspflege-Richtlinie finanziellen Ausgleich erhalten.

Die Flächenkategorien für die in den Bioenergie-Szenarien eine rechtlich verbindliche extensive Nutzung angenommen wurde sind in Kap. 4.3.1 erläutert. Im Naturschutz-Szenario treten nun weitere Grünlandkulissen hinzu. Neben den bereits erläuterten **Zielräumen für die Zielarten des Grünlands** wurden für das **Grünland innerhalb der Europäischen Vogelschutzgebiete (SPA) mit Schutzziel Wiesenbrüter** (LUBW 2008b) extensive Nutzungen angenommen. Gleiches gilt für das **Grünland in Naturschutzgebieten über das Biotopgrünland hinaus**. Ebenso wurde das **Grünland innerhalb der „potentiellen Verbundräume“ um Biotopgrünland-Flächen** extensiven Nutzungen zugeordnet. Hierzu wurde Arbeiten aus dem „Informationssystem Zielartenkonzept Baden-Württemberg“ (MLR & LUBW 2009) verwendet. Im Rahmen dieses Projekts wurden mit einem GIS-basierten Algorithmus potentielle Habitate von Zielarten, die näher als 500m beieinander liegen, zu einem sog. „potentiellen Verbundraum“ arrondiert (vgl. JOOSS et al. 2006). Die Anspruchstypen, deren potentielle Verbundräume für die Zuordnung extensiver Grünlandnutzungen berücksichtigt wurden, sind in Anhang 4 dargestellt.

Die Zuordnung zu zwei- oder einschüriger Nutzung oder extensiver Beweidung wurde von standörtlichen Eigenschaften gemäß BÜK200 abhängig gemacht (vgl. Anmerkung 1 zu Tabelle 16). Zum zweischürigen Bereich wurden zudem **60% der Streuobstgebiete** laut DLM25 zugeordnet. Dieser Anteil wurde gewählt, da im Antragsjahr 2003 etwa 30% der Streuobstwiesen als artenreiches Grünland über MEKA (Maßnahme B4) gefördert wurden. Es wurde für das Naturschutz-Szenario eine Verdopplung des Anteils angenommen, jedoch keine vollständige extensive Nutzung, da sich ein großer Teil in Privatbesitz mit z.T individuellen Nutzungen (z.B. Garten) befindet.

Da **Auenräumen** hinsichtlich Lebensraum- und Korridorfunktion für Arten sowie als Retentionsraum bei Hochwasser eine sehr hohe Bedeutung zukommt, wurde dieser Lebensraumtyp gesondert bearbeitet. Wie in Anhang 6 dargestellt, wurde eine potentielle Auenflächenkulisse erarbeitet. Hierfür wurden im Wesentlichen Aue- und Überflutungskartie-

rungen von Rhein, Donau, Neckar, Iller, Kocher, Jagst, Tauber und Enz sowie Puffer um kleinere Gewässer überlagert. Für das Grünland innerhalb dieser Kulisse – und außerhalb anderer Flächen mit strengeren Naturschutzvorgaben – wurde eine maximale Düngung von 40 kg Stickstoff pro Hektar und Jahr angenommen. Da hier insbesondere der Schutz der Auen und Flüsse vor Eutrophierung und Schadstoffeinträgen im Vordergrund stand, wurden bis zu drei Schnitte zugelassen.

Anmerkungen zu Tabelle 16 (folgende Seite)

- ¹ „trocken“ und „mittel / feucht“ spezifizieren in der gesamten Tabelle die standörtlichen Verhältnisse, die in den jeweiligen Grünlandkulissen berücksichtigt wurden. „Trocken“ bedeutet, dass nur diejenigen Flächen in der Kulisse enthalten sind, die in der Bodenübersichtskarte (BÜK 200) mit der geringsten Stufe der nutzbaren Feldkapazität („sehr gering – gering“) gekennzeichnet sind. „Mittel / feucht“ bedeutet, dass alle anderen 8 Kategorien der nutzbaren Feldkapazität laut BÜK 200 enthalten sind.
- ² „trockenes“ und „feuchtes“ Biotopgrünland: Erläuterung s. Anhang 2.
- ³ Bekassine, Braunkehlchen, Grauammer, Großer Brachvogel, Heidelerche, Kiebitz, Schwarzkehlchen, Wachtel, Wachtelkönig, Wiesenschafstelze (LUBW 2008b)
- ⁴ Grünland innerhalb von Naturschutzgebieten und außerhalb von Biotop-Grünland
- ⁵ Grünland in Biotopverbundräumen laut „Informationssystem Zielartenkonzept Baden-Württemberg (MLR & LUBW 2009) (vgl. Anhang 3). Es handelt sich nicht um die Umsetzung des § 20 (1) BNatSchG.

In den dargestellten Flächenkulissen des Grünlands treten vielfach räumliche Überlagerungen auf. Diese wurden durch Überlagerung in einem Geographischen Informationssystem (GIS) und entsprechender Flächenbilanzierungen herausgerechnet.

Tabelle 16 Zusammenstellung der Ableitung der Flächenanteile extensiver Nutzungen an der Grünlandfläche für die Szenarien.

| Nr. | Maßnahme | Bioenergie-Szenarien nur Berücksichtigung rechtlich binden- der Naturschutzvorgaben | Business as usual extensive Nutzungen wie 2002 (s. Tabelle 9) | Naturschutz-Szenarien naturschutzfachlich wünschenswerte Vorgaben auf realitätsnaher / optimistischer Grundlage |
|---|--|--|---|---|
| G1.1 | 1 Schnitt, keine Düngung | <ul style="list-style-type: none"> - Grünland in Wasserschutzgebieten Zone 1 und 2, trocken¹ - trockenes Biotopgrünland² - feuchtes Biotopgrünland²: nur Pfeifengras-Streuwiesen | (s. Tabelle 9) | <ul style="list-style-type: none"> - Maßnahmenfläche Zielarten (s. Tabelle 15) - trockenes Biotopgrünland - feuchtes Biotopgr.: nur Pfeifengras-Streuwiesen - Grünland in SPA für Wiesenbrüter³, trocken - Grünland in NSG⁴, trocken - Grünland in Verbundräumen⁵, trocken |
| Summe 1 Schnitt, keine Düngung | | 1,4% | 3,4% | 7,2% |
| G1.2 | 2 Schnitte, keine Düngung | | (s. Tabelle 9) | - Maßnahmenfläche Zielarten (s. Tabelle 15) |
| G1.3 | 2 Schnitte, Düngung < 40kg N/ha/a | <ul style="list-style-type: none"> - Grünland in Wasserschutzgebieten Zone 1 und 2, mittel / feucht - FFH-LRT Magere Flachland-/Bergmähwiesen (6510, 6520) (sofern kartiert) - Gewässerrandstreifen | | <ul style="list-style-type: none"> - Maßnahmenfläche Zielarten (s. Tabelle 15) - FFH-LRT Magere Flachland-/Bergmähwiesen - Grünland in SPA für Wiesenbrüter, mittel / feucht¹ - Grünland in NSG, mittel / feucht - Grünland in Verbundräumen, mittel / feucht - Streuobstgebiete (60% der Fläche laut DLM25) |
| G1.4 | 2 Schnitte, Düngung < 40kg N/ha/a „Feuchtgrünland“ | <ul style="list-style-type: none"> - feuchtes Biotopgrünland (ohne Pfeifengras-Streuwiesen) | feuchtes Biotopgrünland (ohne Pfeifengras-Streuwiesen) | <ul style="list-style-type: none"> - Maßnahmenfläche Zielarten (s. Tabelle 15) - feuchtes Biotopgrünland (ohne Pfeifengras-Streuwiesen) |
| Summe 2 Schnitte, < 40kg N/ha/a | | 13,1% | 17,9% | 31,1% |
| G1.5 | 3 Schnitte, Düngung < 40kg N/ha/a | - | | - Grünland in Auen laut Szenario Naturschutz und außerhalb der o.g. Flächenkulissen |
| Summe 3 Schnitte, < 40kg N/ha/a | | - | - | 9,6% |
| G2 | Saumstreifen | - | - | - Maßnahmenfläche Zielarten (s. Tabelle 15) |
| Summe Saumstreifen | | - | - | 1,4% |
| G3 | extensive Beweidung | <ul style="list-style-type: none"> - trockenes Biotopgrünland - feuchtes Biotopgrünland: nur Pfeifengras-Streuwiesen | (s. Tabelle 9) | <ul style="list-style-type: none"> - Maßnahmenfläche Zielarten (s. Tabelle 15) - externer Fachbeitrag (HOLZ 2009) |
| Summe extensive Beweidung | | 0,9% | 1,5% | 2,7% |
| Summe extensiver Nutzungen | | 15,4% | 22,8% | 52,0% |

4.3.3 Regionalisierung der über Zielarten abgeleiteten Naturschutzmaßnahmen

In Kap. 4.3.2 wurde die Quantifizierung der „aufzuwertenden Lebensraumfläche“ über normativ gesetzte Ziel-Bestandsgrößen erläutert (vgl. Tabelle 12). Da für die wirbellosen Arten keine vergleichbaren Bestandsdaten wie bei den Vogelarten vorliegen, wurde eine einfachere Methodik gewählt. Im Folgenden wird die räumliche Abbildung der aufzuwertenden Lebensraumfläche in Baden-Württemberg in Form einer Zusammenfassung dargestellt. Eine ausführliche Erläuterung enthält Anhang 7.

Ziel der Vorgehensweise war es, die aufzuwertende Lebensraumfläche – und damit die Zielräume für die Umsetzung der Maßnahmen der Tabelle 14 und Tabelle 15 - artspezifisch dort zu platzieren, wo der größtmögliche Erfolg erwartet werden kann. Dies wurde im Bereich und im direkten Umfeld von Räumen gesehen, in denen aktuell die landesweit größten Populationen der Zielarten angenommen werden können. Daher wurden in einem ersten Schritt die Verbreitungssituation der Zielarten aus verschiedenen, möglichst aktuellen Quellen – die jedoch landesweit einheitlich vorliegen mussten – zusammengetragen.

In einem zweiten Schritt wurde für jede Zielart die landesweite „potentielle Lebensraumfläche“ über Objekte des DLM25 abgebildet. Die Umsetzung ist in den Anhängen 7 und 8 dargestellt. Die Überlagerung der Verbreitungskarten mit der „potentiellen Lebensraumfläche“ ergab die bestmögliche Abbildung der Potentialfläche im Verbreitungsgebiet der Art. Dass hierbei aufgrund des zum Teil veralteten Stands der Verbreitungsdaten „historische“ Siedlungsräume abgebildet wurden mindert nicht die Plausibilität des Ansatzes, da eine Wiederausbreitung der Art insbesondere in diesen ehemaligen Verbreitungsgebieten erfolgen sollte. Auch die unbestrittene Tatsache, dass in der so ermittelten Potentialfläche bedeutende Anteile ungeeigneter Flächen enthalten sein können, ist nicht entscheidend. Die Potentialfläche im Verbreitungsgebiet der Art dient nur der plausiblen Lokalisierung – nicht der Quantifizierung - der „aufzuwertenden Lebensraumfläche“. Deren Flächenumfänge wurden, wie in Kap. 4.3.2 erläutert, rechnerisch aus den Zielbeständen der Arten abgeleitet.

In einem dritten Schritt wurde die Potentialfläche im Verbreitungsgebiet mit der rechnerisch ermittelten „aufzuwertenden Lebensraumfläche“ abgeglichen. Dies ergab für Grausammer und Feldlerche eine weitgehende Übereinstimmung der Potentialfläche im Verbreitungsgebiet mit der für den Zielbestand aufzuwertenden Lebensraumfläche, sodass die Umsetzung der Maßnahmen auf der gesamten Potentialfläche angenommen wurden. Für Braunkehlchen und Neuntöter ergab sich nur eine erforderliche Maßnahmenumsetzung auf einem Teil der Potentialfläche im Verbreitungsgebiet. Für Kiebitz, Großer Brachvogel und Rebhuhn war dagegen eine Ausdehnung der Aufwertungsfläche über die Potentialfläche im Verbreitungsgebiet hinaus erforderlich. Die Auswahl der Potentialfläche, die in diesen Situationen als Aufwertungsfläche verwendet wurde, wird in Anhang 7 erläutert. Für die Analyse in EFEM wurde der Flächenumfang der regionalisierten Maßnahmen pro Vergleichsgebietsgruppe summiert und an das Modell übergeben.

Die Abbildung 8 bis Abbildung 10 stellen in aggregierter Form die aufzuwertende Lebensraumfläche und damit die Zielräume für die Umsetzung der Naturschutz-Maßnahmen dar. Räumliche Überlagerungen von Zielräumen sind aus Gründen der Lesbarkeit nicht gesondert dargestellt, wurden jedoch bei den Flächenberechnungen berücksichtigt.

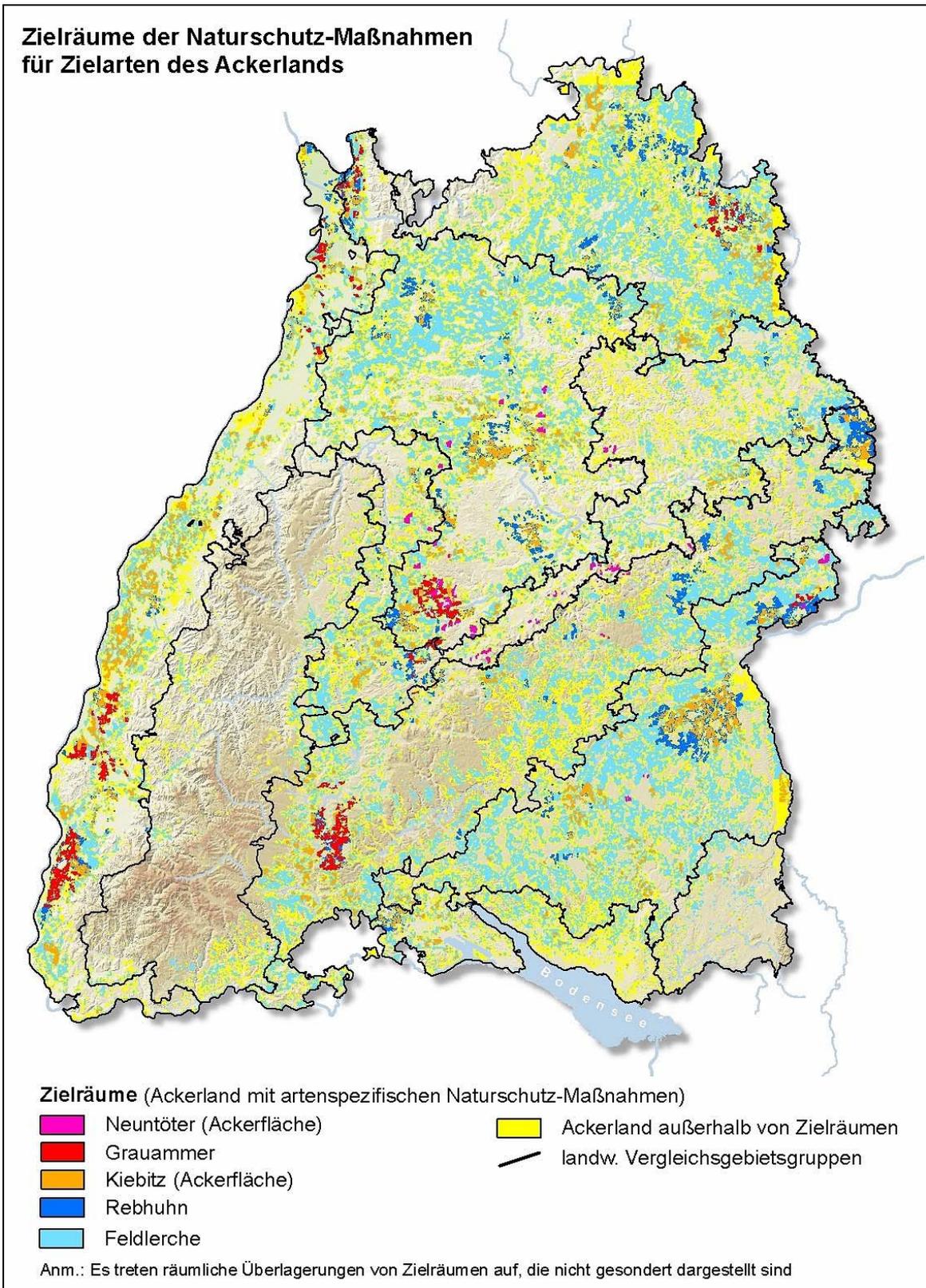


Abbildung 8: Zielräume mit Umsetzung artenspezifischer Naturschutz-Maßnahmen im Ackerland (vgl. Tabelle 14). Die Zielräume decken zusammen 44% der Ackerfläche ab.

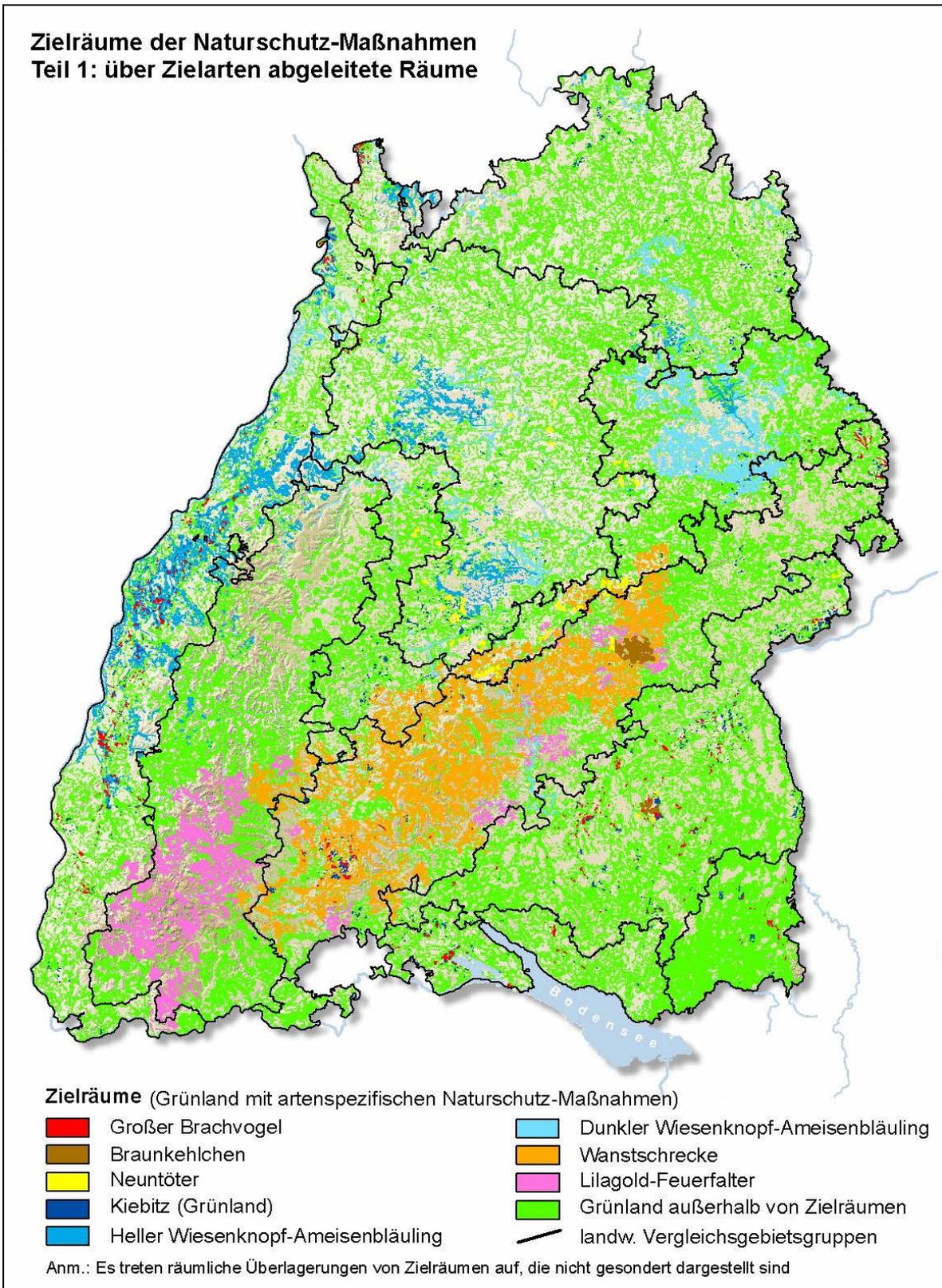


Abbildung 9: Zielräume mit Umsetzung artenspezifischer extensiver Nutzungen im Grünland (vgl. Tabelle 15). Die Zielräume decken zusammen 28% des Gesamt-Grünlands nach DLM25 ab.

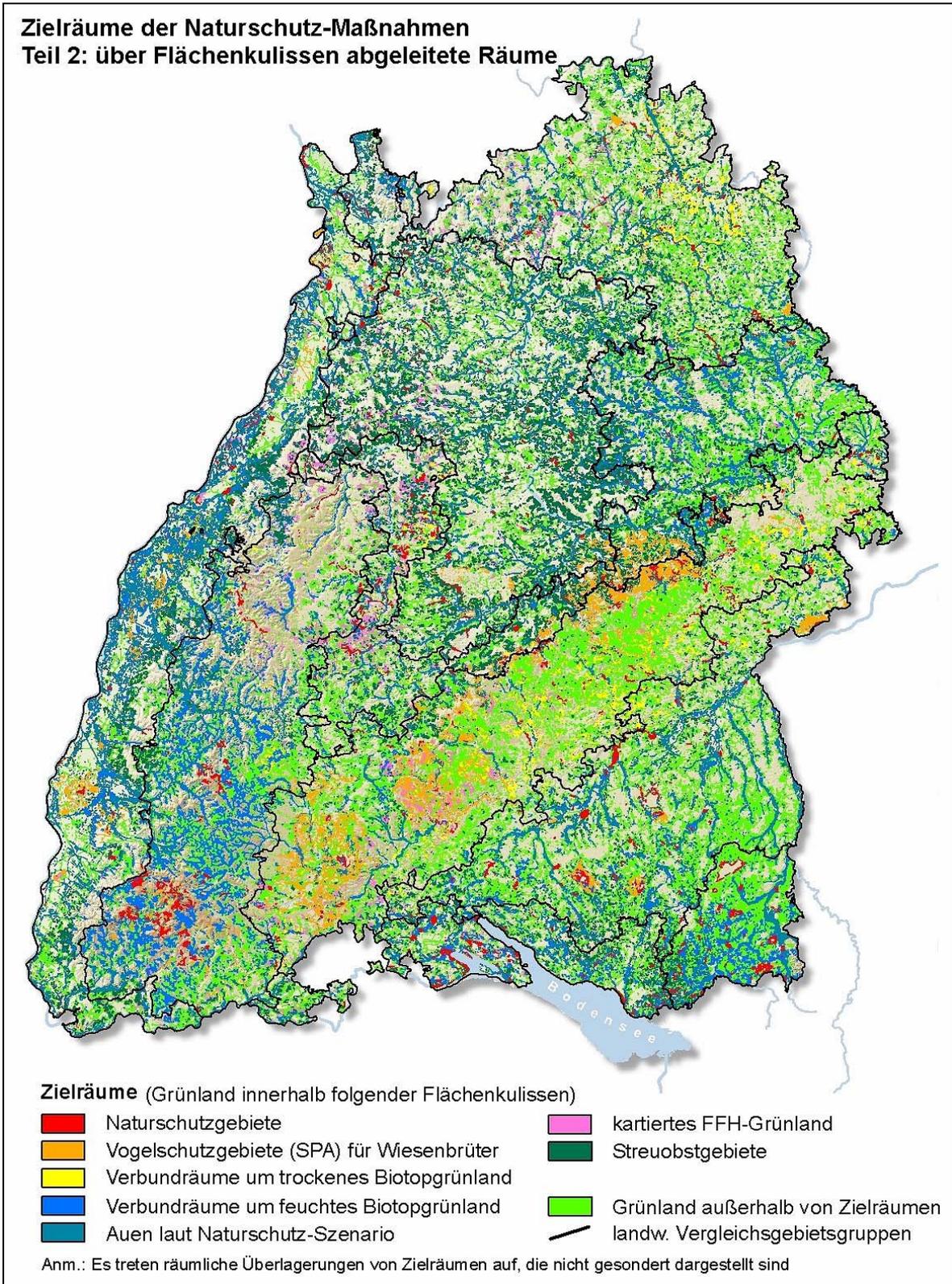


Abbildung 10: Zielräume mit Umsetzung von extensiven Grünlandnutzungen die über Flächenkategorien abgeleitet wurden (vgl. Tabelle 16). Die Zielräume decken zusammen 36% des Gesamt-Grünlands nach DLM25 ab.

4.3.4 Zusammenfassung der Vorgaben im Naturschutz-Szenario

In Tabelle 17 sind die Annahmen des Naturschutz-Szenarios zum Anteil von Naturschutzmaßnahmen im Ackerland zusammenfassend dargestellt. Neben dem Anteil am Ackerland Baden-Württembergs ist auch der Anteil an der Landesfläche angegeben.

Tabelle 17: Zusammenfassende Darstellung der Annahmen zum Anteil von Naturschutz-Maßnahmen im Ackerland.

| Nr. | Maßnahme | Anteil am Ackerland | kumulierter Anteil | kum. Anteil an der Landesfläche |
|------|---|---------------------|--|---------------------------------|
| A1 | Lerchenfenster | 0,13% | 0,13% | 0,03% |
| A2 | extensivierte Ackerstreifen | 2,17% | 2,30% | 0,59% |
| A3 | Saumstrukturen / Blühstreifen | 2,56% | 4,86% | 1,25% |
| A4.1 | selbstbegrünte Brache | 3,23% | 8,09% | 2,09% |
| A4.2 | Blänken / Flutmulden | 0,26% | 8,35% | 2,15% |
| A7.1 | Pufferstreifen um naturnahe Lebensräume | 1,77% | 10,12% | 2,61% |
| A7.2 | Gewässerrandstreifen | 1,49% | 11,61% | 2,99% |
| A5 | Aufweitung der Fruchtfolge | 44,7% | Maßnahmen sind nicht mit erheblichen Ertragseinbußen verbunden | |
| A6 | Mindestanteil an Winterstoppeln | 25,7% | | |

Die Maßnahmen A1 – A7.2 sind zum überwiegenden Teil als „Schutz vor Nutzung“ zu betrachten, da die Flächen sehr extensiv oder genutzt oder aus der Nutzung genommen werden. Die Aufweitung der Fruchtfolgen (A5) und der Mindestanteil an Winterstoppeln (A6) sind nicht in die Summierung der Anteile aufgenommen, da sie nicht mit erheblichen Ertragseinbußen verbunden sind. Es ist darauf hinzuweisen, dass die speziell über die Zielarten abgeleiteten Maßnahmen, zuzüglich der außerhalb der Zielräume der Zielarten angenommene Grundausstattung mit einem Anteil von 2% Säumen und 3% Brachen die Maßnahmen A1 – A 4.2 umfassen. Diese summieren sich auf ca. 8% der Acker- bzw. ca. 2% der Landesfläche. Die weiteren ca. 3% Anteile an Pufferstreifen um naturnahe Lebensräume (A7.1) und Gewässer (A7.2) dienen vorwiegend dem Biotop- und Gewässerschutz.

In Abbildung 11 und Abbildung 12 sind die Vorgaben des Naturschutz-Szenarios für das Ackerland pro Vergleichsgebietsgruppe als Anteil an der Ackerfläche und als absolute Flächenumfänge dargestellt. Bei der Darstellung der Anteile treten bei den über die Zielarten abgeleiteten Maßnahmen (Lerchenfenster, extensivierte Ackerstreifen, Säume/Blühstreifen, Brachen, Blänken/Flutmulden) relativ homogene Werte in den VGG auf. Dies begründet sich durch die geringe räumliche Übereinstimmung der Zielräume der Zielarten mit den Grenzen der VGG. Da außerhalb der Zielräume eine Grundausstattung von 2% Säumen/Blühstreifen und 3% Brachen und innerhalb der Zielräume höhere Anteile angenommen wurde, ergeben sich auf Ebene der VGG etwas höhere, vglsw. homogene Werte. Die Pufferstreifen um Biotope und Gewässer weisen dagegen eine stärkere Variation auf, die einmal eng an den Umfang kartierter §32-Biotope und Gewässer und zum anderen an die absolute Ackerfläche der VGG gekoppelt ist. Wie aus Abbildung 12 erkennbar ist, werden die vglsw. hohen Anteile im Schwarzwald und im Allgäu auch dadurch erreicht, dass dort sehr wenig Ackerfläche vorhanden ist.

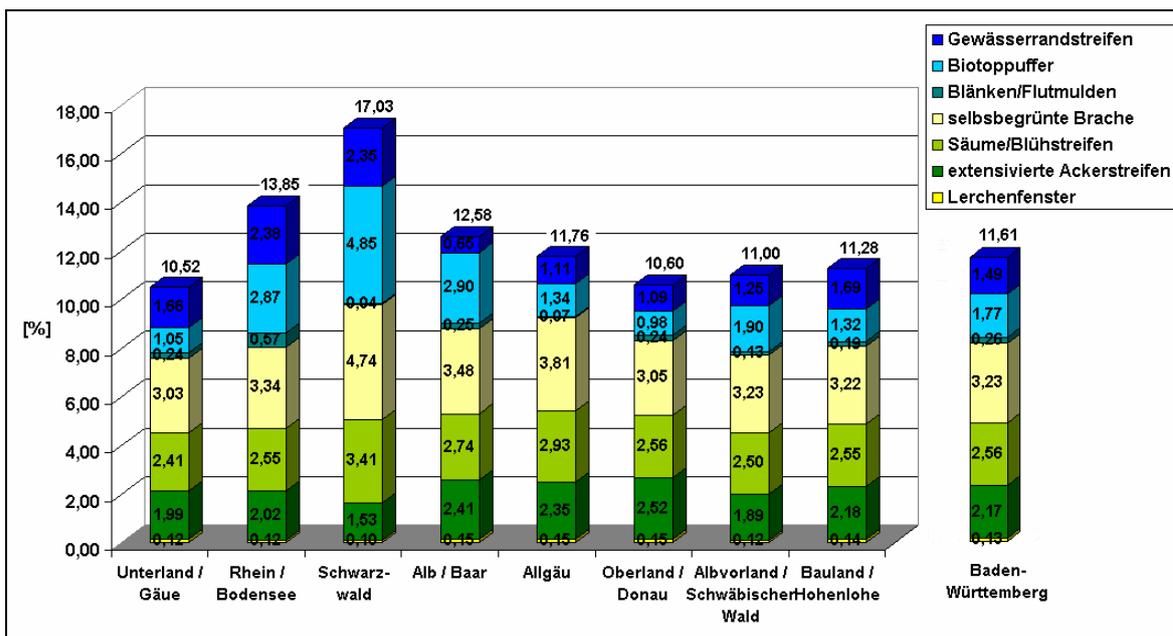


Abbildung 11: Anteile der Naturschutzmaßnahmen im Ackerland an der Ackerfläche auf Ebene der landwirtschaftlichen Vergleichsgebietsgruppen und landesweit (Erläuterung der Maßnahmen in Tabelle 13).

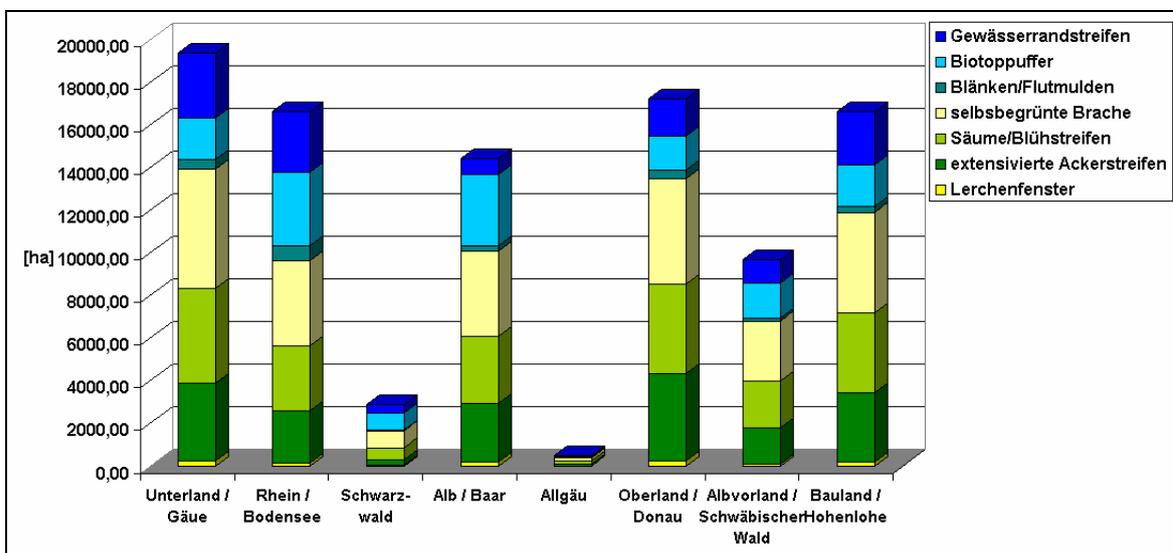


Abbildung 12: Flächenumfänge der Naturschutzmaßnahmen im Ackerland auf Ebene der landwirtschaftlichen Vergleichsgebietsgruppen.

In Tabelle 18 sind die Vorgaben zu extensiven Grünlandnutzungen im Naturschutz-Szenario zusammengefasst.

Tabelle 18: Zusammenfassende Darstellung der Annahmen zum Anteil extensiver Nutzungen im Grünland.

| Nr. | Nutzung | Anteil am Grünland | kumulierter Anteil | kum. Anteil an der Landesfläche |
|---------------|--|--------------------|--------------------|---------------------------------|
| G1.1 | 1 Schnitt, keine Düngung | 7,2% | 7,2% | 1,5% |
| G1.2- G1.4 | 2 Schnitte, Düngung < 40kg N-Düngung | 31,1% | 38,3% | 7,8% |
| G3 | extensive Beweidung: 1 Weidegang / Jahr, max. 2,5 GVE / ha | 2,7% | 41,0% | 8,4% |
| G2 | Saumstreifen: keine Düngung, Mahd alle 2-3 Jahre | 1,4% | 42,4% | 8,7% |
| G1.5 | 3 Schnitte, Düngung < 40kg N-Düngung | 9,6% | 52,0% | 10,7% |

Die Vorgaben im Grünland sind flächenmäßig weitaus umfangreicher. Jedoch ist hier im Sinne des „Schutz durch Nutzung“ weiterhin eine – wenn auch extensive – Bewirtschaftung möglich bzw. zum Erhalt der Lebensraumqualitäten erforderlich.

In Abbildung 13 und Abbildung 14 sind die Anteile bzw. Flächenumfänge extensiver Grünlandnutzungen in den drei berücksichtigten Ausprägungen der Naturschutzvorgaben dargestellt.

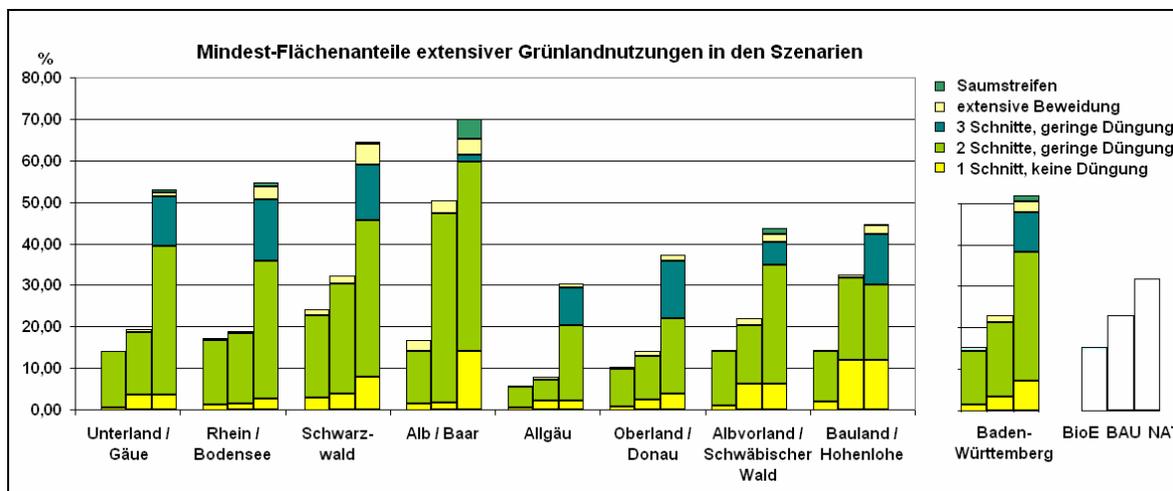


Abbildung 13: Mindest-Anteile extensiver Nutzungen an der Grünlandfläche in den Bioenergie-Szenarien (BioE) ohne und mit Berücksichtigung der Vorgaben des Naturschutz-Szenarios (NAT) sowie im Business as usual-Szenario (BAU) (Erläuterung der Maßnahmen in Tabelle 15).

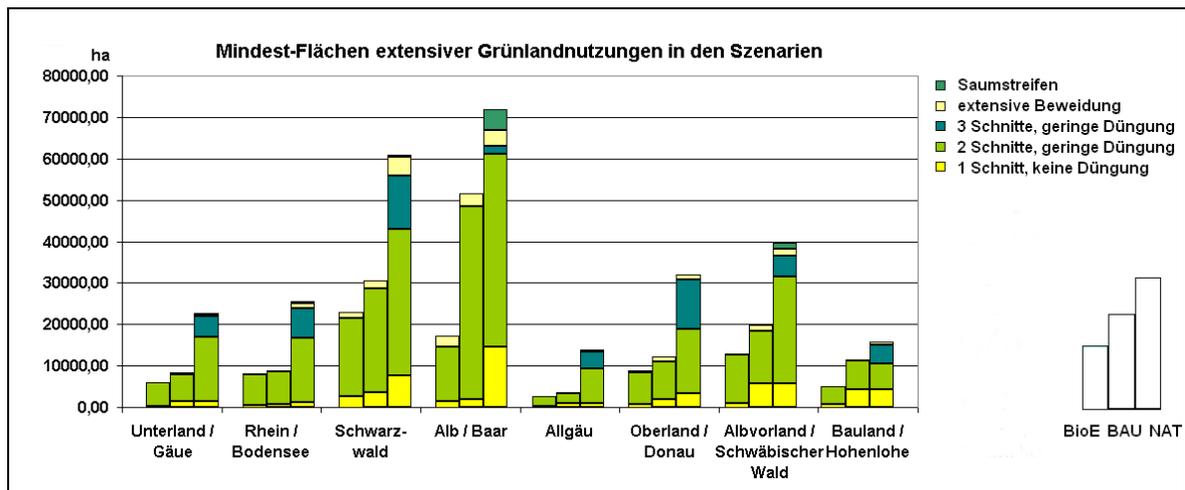


Abbildung 14: Mindest-Flächenumfänge extensiver Grünlandnutzungen in den Szenarien (vgl. Abbildung 13).

Hohe Anteile des 1-Schnitt-Grünlands treten im Naturschutz-Szenario insbesondere in VGG mit hohem Anteil an sehr trockenem Grünland wie auf der Schwäbischen Alb oder in Hohenlohe auf. Das 2-Schnitt-Grünland dominiert in den VGG, die bereits im BAU bzw. BioE-Szenarien hohe Anteile aufweisen, da insbesondere hier auch aktuell noch Zielarten verbreitet sowie Grünlandbiotope und Schutzgebiete vorhanden sind, die für die Ableitung der Flächenforderungen herangezogen wurden. Dass für Grünland in Auenbereiche vorgesehene 3-Schnitt Grünland mit geringer Düngung tritt insbesondere in VGG mit Anteilen an vielen mittleren bis kleineren Fließgewässern (Schwarzwald) oder an Rhein (Rhein / Bodensee) und Donau (Oberland / Donau) auf.

4.3.5 Naturschutz-„Extremszenario“

Neben dem Naturschutz-Szenario auf „realitätsnaher / optimistischer“ Grundlage wurde noch ein Naturschutz-„Extremszenario“ definiert. Dies geschah rein rechnerisch durch eine Erhöhung der Werte des Naturschutz-Szenarios um 40%. Ursprünglich war eine Erhöhung um 50% vorgesehen. Dabei zeigten erste Modellrechnungen, dass diese extremen Einschränkungen zur Aufgabe der landwirtschaftlichen Produktion der Modellbetriebe z.B. in VGG 5 geführt hätten.

Im Unterschied zum fachlich detailliert abgeleiteten Naturschutz-Szenario (s. vorhergehendes Kapitel) wird das Extremszenario nicht als weitere, „noch optimistischere“ Option betrachtet. Vielmehr dient das Extremszenario der Prüfung von qualitativen Zusammenhängen, die beim Vergleich der Bioenergie-Szenarien mit und ohne Anwendung der Vorgaben des „normalen“ Naturschutz-Szenarios auftreten. Ein Beispiel ist die Zunahme des Silomaisanbaus infolge der Naturschutz-Vorgaben (s. Kap. 7.4.1). Zudem lassen sich durch die Anwendung derselben Naturschutz-Vorgaben in unterschiedlicher Dimensionierung quantitative Zusammenhänge (z.B. Über-/Unterproportionalitäten) bei den Auswirkungen auf Anbauumfänge, Deckungsbeiträge etc. erkennen. Nicht zuletzt werden auch Sensitivitäten des Modellansatzes erkennbar.

Die sich ergebenden Naturschutz-Vorgaben im Extremszenario sind in Tabelle 19 und Tabelle 20 im Vergleich mit dem Naturschutz-Szenario dargestellt.

Tabelle 19: Vergleich der Annahmen im Naturschutz-Szenario und im Naturschutz-Extremszenario für das Ackerland.

| Nr. | Maßnahme | Naturschutz-Szenario | | Naturschutz-„Extrem-Szenario“ | |
|------|---|----------------------|--------------------|-------------------------------|--------------------|
| | | Anteil am Ackerland | kumulierter Anteil | Anteil am Ackerland | kumulierter Anteil |
| A1 | Lerchenfenster | 0,13% | 0,13% | 0,18% | 0,18% |
| A2 | extensivierte Ackerstreifen | 2,17% | 2,30% | 3,04% | 3,22% |
| A3 | Saumstrukturen / Blühstreifen | 2,56% | 4,86% | 3,58% | 6,80% |
| A4.1 | selbstbegrünte Brache | 3,23% | 8,09% | 4,52% | 11,32% |
| A4.2 | Blänken / Flutmulden | 0,26% | 8,35% | 0,36% | 11,68% |
| A7.1 | Pufferstreifen um naturnahe Lebensräume | 1,77% | 10,12% | 2,48% | 14,16% |
| A7.2 | Gewässerrandstreifen | 1,49% | 11,61% | 2,09% | 16,25% |

Tabelle 20: Vergleich der Annahmen im Naturschutz-Szenario und im Naturschutz-Extremszenario für das Grünland.

| Nr. | Nutzung | Naturschutz-Szenario | | Naturschutz-„Extrem-Szenario“ | |
|---------------|--|----------------------|--------------------|-------------------------------|--------------------|
| | | Anteil am Grünland | kumulierter Anteil | Anteil am Grünland | kumulierter Anteil |
| G1.1 | 1 Schnitt, keine Düngung | 7,2% | 7,2% | 10,1% | 10,1% |
| G1.2- G1.4 | 2 Schnitte, Düngung < 40kg N-Düngung | 31,1% | 38,3% | 43,5% | 53,6% |
| G3 | extensive Beweidung: 1 Weidegang / Jahr, max. 2,5 GVE / ha | 2,7% | 41,0% | 3,8% | 57,4% |
| G2 | Saumstreifen: keine Düngung, Mahd alle 2-3 Jahre | 1,4% | 42,4% | 2,0% | 59,4% |
| G1.5 | 3 Schnitte, Düngung < 40kg N-Düngung | 9,6% | 52,0% | 13,4% | 72,8% |

4.3.6 Ableitung von Ausschlussflächen für Kurzumtriebsplantagen und Miscanthus

Als „neue“ Energiepflanzen-Kulturen wurden im Projekt Kurzumtriebsplantagen (KUP) und Miscanthus (Chinaschilf) berücksichtigt. Die vielfach als positiv für die Artenvielfalt herausgehobene Wirkung von KUP durch die Besiedlung mit Gehölzarten verschiedener Artengruppen und die damit verbundene Erhöhung der Artenvielfalt ist im Kontext möglicher Zielkonflikte mit regionalen und lokalen Naturschutzzielen zu sehen (vgl. Kap 3.2). Hintergrund ist die umfangreiche Diskussion zur Diskrepanz zwischen rein quantitativen Analysen von Biodiversität - insbesondere auf Ebene der Artenvielfalt (z.B. Diversitäts-Indizes) - und der naturschutzfachlichen Analyse, die auch qualitative Aspekte wie Gefährdungsstatus oder Schutzverantwortung mit einbezieht. Aus naturschutzfachlicher Sicht können Lebensräume mit vgsllw. geringer Artenvielfalt, deren Arteninventar jedoch zu einem Großteil selten und / oder gefährdet ist (z.B. Moore) eine deutlich höhere Wertigkeit aufweisen als Lebensräume mit vgsllw. hoher Artenvielfalt, die sich jedoch überwiegend aus ubiquitären Arten zusammensetzt (z.B. Gehölze, Hecken). PLACHTER et al. (2003: 423) warnen in diesem Zusammenhang vor einer „...unreflektierten Anwendung allgemeiner Naturschutzziele (z.B. möglichst hohe Artenzahlen)...“ da dies „...die Gefahr der Uniformierung von Ökosystemen und Landschaften auf Landschaftsebene den Trend zur Herabsetzung der Biodiversität...“ birgt. MAYER et al. (2002: 462) weisen ebenfalls auf Zielkonflikte zwischen dem Biodiversitätsgedanken und anderen Naturschutzzielen durch Maßstabeffekte hin. Sie führen aus, dass die Nichtbeachtung von Maßstabsfragen problematisch ist, „... weil dem Naturschutzoberziel der Erhaltung der globalen Biodiversität eine Maximierung der lokalen Biodiversität widersprechen kann“. Exemplarisch verdeutlicht kann die Beeinträchtigung eines der letzten Brachvogel-Vorkommens Baden-Württembergs durch eine KUP nicht durch das damit verbundene Auftreten weit verbreiteter Gehölz-Arten wie der Goldammer, Mönchsgrasmücke oder Amsel „ausgeglichen“ werden.

KUP und Miscanthus können beträchtliche Wuchshöhen erreichen. KUP werden meist mit einer Umtriebszeit von ca. 2-4 Jahren bewirtschaftet. In diesem Zeitraum erreicht die Pappel eine Wuchshöhe von ca. 3-5 Meter (MLR 2008, FNR 2007). Miscanthus erreicht im Oberrheingraben ab dem dritten Bestandsjahr eine Wuchshöhe von 4 Metern (LTZ 2008) und kann dann das standorttypische Ertragspotential erreicht haben. Aufgrund der Wuchshöhe von mehreren Metern ist eine Störwirkung dieser Kulturen für Bodenbrüter des Offenlands anzunehmen, wie sie von ähnlichen Strukturen (Hecken, Feldgehölze, Streuobst, Waldränder) bekannt ist. Diese Arten meiden Strukturen, die ihren Prädatoren Schutz bieten können und brüten nur in weithin einsehbaren Landschaftsteilen. In Anhang 9 sind beobachtete Effektdistanzen für die Bodenbrüter der Zielarten des Projekts aus der Fachliteratur zusammengestellt und durch Experteneinschätzungen ergänzt. Für alle Zielarten des Projekts sind die eigentlichen Anbauflächen von KUP und Miscanthus als ungeeignete Lebensräume zu betrachten (vgl. Kap. 7.1 und 7.2). Darüber hinaus sind im Umfeld der Kulturen in den hochwüchsigen Phasen Störwirkungen für die Bodenbrüter des Offenlands bis mehrere 100 Meter Distanz zu erwarten.

Daher wurden im Szenario Naturschutz für KUP und Miscanthus – neben den Ausschlussflächen aus standörtlich-/klimatischer Sicht - auch Ausschlussgebiete aus naturschutzfachlicher Sicht berücksichtigt. Aus Sicht der Planung wäre diese Gebietskulisse sicher nicht als absolutes Ausschlussgebiet zu betrachten. Vielmehr sollte hier – im Sinne von Vorbehaltsgebieten – Prüfbedarf der Auswirkungen der Kulturen auf das vorhandene Arteninventar und eine planerische Bewältigung von Konflikten vorgeschrieben sein.

Neben den Zielräumen der Bodenbrüter wurden die in Tabelle 21 dargestellten weiteren Gebietskategorien in die Ausschlussfläche integriert.

Tabelle 21: Überblick der Flächenkategorien, die im Szenario Naturschutz als Ausschlussgebiete für Kurzumtriebsplantagen und Miscanthus berücksichtigt wurden.

| Grünland | Ackerland |
|---|---|
| Flächenkulisse Bodenbrüter des Grünlands Grünland in den Zielräumen von: Großer Brachvogel, Braunkehlchen, Wiesenpieper, Rebhuhn | Flächenkulisse Bodenbrüter des Ackerlands Ackerfläche in den Zielräumen von: Grauammer, Rebhuhn, Kiebitz, Feldlerche |
| Flächenkulisse Biotopverbund im Offenland¹ Biotopverbundräume mit 500m Distanz um Kernflächen der Lebensraumtypen: Kalkmagerrasen Silikatmagerrasen, Offene Sandbiotop, Nährstoffreiches Feucht- und Nassgrünland, Nährstoffarmes (Wechsel-)Feucht- und Nassgrünland, Offene Hoch- und Übergangsmoore, Moorgewässer, Verlandungszonen an Stillgewässern (vgl. Anhang 4) | |
| „Wasserabhängige Natura2000-Gebiete“ (LFU 2003) nur Ausschluss für Miscanthus | |
| Flächenkulisse gesetzliches Umbruchsverbot s. Anhang 10 | |
| Flächenkulisse Zielarten Mittleres Grünland Grünland in Zielräumen von: Heller/Dunkler Wiesenknopf-Ameisenbläuling, Lilagold-Feuerfalter, Wanstschrecke (s. Kap 4.3.3) | |
| Flächenkulisse Auen laut Szenario Naturschutz s. Anhang 6 | |
| Streuobstgebiete (laut DLM25) | |

Anmerkungen

¹ Hierbei handelt es sich nicht um die Umsetzung des § 20 (1) BNatSchG sondern um Arbeiten im Rahmen des Projekts „Informationssystem Zielartenkonzept Baden-Württemberg“ (MLR & LUBW 2009).

Als weitere Gebietskulisse wurden die **Biotop-Verbundräume** um Kernflächen gesetzlich geschützter Biotop des Offenlands in die Ausschlussflächen integriert. Wie in Anhang 4 dargestellt, konnten hierfür Arbeiten aus dem „Informationssystem Zielartenkonzept“ (MLR & LUBW 2009) herangezogen werden. Im Rahmen dieses Projekts wurden die näher als 500m gelegenen Kernflächen trockener bzw. feuchter Offenlandbiotop mit einem GIS-basierten Algorithmus zu Verbundräumen arrondiert. Da der Biotopverbund das Ziel verfolgt Populationen durch eine Verbesserung des Individuenaustausch zu stärken, sollten diese Verbundräume zwischen den Kernflächen von Offenland-Lebensräumen möglichst frei von hochwüchsigen Lebensraumtypen bzw. Kulturen gehalten werden. Diese beeinträchtigen in der Regel die Durchlässigkeit der Landschaft für Arten des Offenlands.

Die von der LUBW ausgewählten „**wasserabhängigen**“ **Natura2000-Gebiete** (LFU 2003) wurden aufgrund des hohen Wasserbedarfs von *Miscanthus* als Ausschlussgebiet für diese Kultur verwendet. Die Auswahl der Natura2000-Gebiete erfolgte im Rahmen der Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie (RL 2000/60/EG), deren übergeordnetes Ziel „Schutz und Verbesserung des Zustandes aquatischer Ökosysteme und des Grundwassers einschließlich von Landökosystemen, die direkt vom Wasser abhängen“ ist. Nach einer Arbeitshilfe der Bund-Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) ermitteln die Länder „wasserabhängige“ Natura2000-Gebiete „...für den Schutz von Lebensräumen oder Arten, sofern die Erhaltung oder Verbesserung des Wasserzustandes ein wichtiger Faktor für diesen Schutz ist, einschließlich der NATURA 2000-Standorte, die im Rahmen der Fauna-Flora-Habitat- Richtlinie (FFH-RL: 92/43/EWG) und EG-Vogelschutzrichtlinie (79/409/EWG) ausgewiesen wurden“ (LfU 2003). Nach BOELCKE et al. (1998) kann bei großflächigem *Miscanthus*-Anbau, die sehr starke Ausschöpfung des Bodenwasserspeichers zu Grundwasserabsenkungen führen.

Die **Grünlandflächen mit gesetzlichem Umbruchsverbot** müssen definitionsgemäß Teil der Ausschlussfläche sein. Diese Kulisse wird in Anhang 10 erläutert. Die **Zielräume der Zielarten des Grünlands mittlerer Standorte** wurden als Ausschlussgebiete verwendet, da hier Grünlandumbruch den direkten Verlust potentieller Lebensräume für diese Arten - und alle weiteren die sie repräsentieren - bedeutet. Das **Grünland innerhalb der Auen-Kulisse** laut Naturschutz-Szenario ist Teil der Ausschlussflächen, da Umbruch hier zu Konflikten mit der Lebensraum-, Korridor- und Retentionsfunktion von Auen führt. Die **Streuobst-Gebiete** wurden integriert, da dieser ohnehin stark im Rückgang befindliche Lebensraumtyp hohe Habitatpotenziale für Vogelarten, baumhöhlenbewohnende Kleinsäuger sowie Fauna und Flora extensiv genutzter Wiesen bietet.

In Tabelle 22 sind die Anteile der Ausschlussfläche im Grünland und Ackerland dargestellt, wobei zwischen Berücksichtigung nur der standörtlich-/klimatischen und zusätzlich der erläuterten naturschutzfachlichen Kriterien unterschieden wurde. Im Grünland ergibt sich durch die naturschutzfachlichen Kriterien eine moderate Ausdehnung der standörtlich-/klimatischen Ausschlussfläche. Im Ackerland ist die Vergrößerung jedoch erheblich, insbesondere bei KUP, da diese eine sehr viele kleinere Ausschlussfläche bereits aus standörtlich-/klimatischen Gründen aufweisen als *Miscanthus*.

*Tabelle 22: Anteil der Ausschlussflächen für KUP und *Miscanthus* am Acker- und Grünland mit und ohne Berücksichtigung naturschutzfachlicher Kriterien.*

| Ausschlusskriterium | Grünland [Anteil am Grünland] | | Ackerland [Anteil am Ackerland] | |
|---|----------------------------------|-------------------|------------------------------------|-------------------|
| | KUP | <i>Miscanthus</i> | KUP | <i>Miscanthus</i> |
| nur standörtlich-/klimatische Faktoren | 55% | 70% | 21% | 42% |
| standörtlich-/klimatische und naturschutzfachliche Faktoren | 82% | 90% | 73% | 81% |

4.4 Standortkundliche Annahmen

Für einen standortgerechten und nachhaltigen Anbau von Energiepflanzen ist es erforderlich, die Pflanzenansprüche an Böden und Klima mit den Standorteigenschaften zu vergleichen und zu klassifizieren. Nur so können prinzipielle Produktions- und Umweltrisiken beim Anbau von Energiepflanzen bereits im Vorfeld der Untersuchungen aufgedeckt und ungeeignete Standorte als Ausschlussflächen gekennzeichnet werden. Deshalb werden mit den standortkundlichen Annahmen die natürlichen Rahmenbedingungen für den Energiepflanzenanbau definiert.

Dazu fand in einem ersten Schritt zu Beginn des Projekts im Rahmen eines Expertenworkshops, dessen Teilnehmer sowohl aus der Energiewirtschaft, dem Naturschutz, der Forschung aber auch aus der praktischen Landwirtschaft kamen, eine Vorauswahl von repräsentativen Energie- und Nahrungs-/Futtermittel – Pflanzen statt. Um die entsprechenden Standortansprüche der im Forschungsprojekt zu untersuchenden Pflanzen zu ermitteln, wurden aus Fachliteratur und in einschlägigen Pflanzendatenbanken die notwendigen Informationen herausgearbeitet. Dem Projekt zur Verfügung standen die institutsinterne SLISYS-BW Datenbank (s. Kapitel 6.1.1) der die Angaben von Sys et al. 1993 zugrunde liegen und die FAO-Ecocrop Datenbank (FAO 2007). Die Angaben zu den Standortansprüchen der Nutzpflanzen sowie den Eigenschaften der Standorte und Böden in den Datenquellen erfolgen teilweise mit quantitativen Kennwerten, teilweise aber auch nur qualitativ mit gruppierten bzw. klassifizierten Kennwerten. Ebenso heterogen stellte sich der Flächenbezug dar, der teilweise in unterschiedlichen Maßstäben, teilweise aber auch nur aus punktuellen Informationen bestand. Aufgrund der schlechten Vergleichbarkeit der Datenquellen mussten die Standortansprüche an Klima und Boden auf geringe Anforderungen reduziert werden. Zu diesen Mindestanforderungen gehören: maximale Hangneigung, maximaler Steingehalt, minimale Gründigkeit, die Bodenart, die einen Anbau ausschließt, minimale durchschnittliche jährliche Jahrestemperatur, minimale durchschnittliche jährliche Niederschläge und die maximale Meereshöhe. Die Mindestanforderungen aller Energiepflanzen an Klima und Boden sind in Tabelle 23 einzusehen.

Um die Anforderungen der Pflanzen räumlich abbilden zu können, mussten entsprechende landesweit verfügbare Geodaten beschafft, erfasst und analysiert werden. Dies geschah mit Hilfe eines Geographischen Informationssystem (ArcINFO).

Um die maximalen Hangneigungen abzuleiten, bei denen eine technische Bewirtschaftung noch möglich ist, wurde ein Digitales Höhenmodell (DHM) mit einer geometrischen Auflösung von 100 m herangezogen. Für die Analyse des Steingehalts, der Gründigkeit sowie der Bodenart wurden flächendeckende ATKIS DLM 25 Datensätze verwendet. Anschließend wurde aus dem Objektartenkatalog der ATKIS Daten das Acker- und das Grünland extrahiert. Gemäß des Zuordnungsschlüssels in Tabelle 24 (Billen 2008) wurden zu den in ATKIS mitgeführten Wertebereichen der Acker- und Grünlandzahlen die Kennwerte des Steingehalts, der Gründigkeit und der Bodenart zugeordnet. Um die klimatischen Anforderungen räumlich abbilden zu können wurden Rasterdatensätze mit einer Pixelauflösung von 1 km des DWD zu durchschnittlichen jährlichen Niederschlägen und zur durchschnittlichen jährlichen Temperatur benutzt.

Tabelle 23: Anforderungen der ausgewählten Energiepflanzen an Klima und Boden

| Pflanze | Hangneigung % max. | Steingehalt % max. | Gründigkeit cm min. | Bodenart exkl. | Durchschnittliche Jahrestemperatur °C min. | Durchschnittliche Jahresniederschläge mm min. | GW-Stand cm max. | Meereshöhe ü.NN max. |
|---------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|-------------------|--|---|---------------------|-------------------------|
| Weizen | 20 | 50 | 20 | S, Su, T | 5 | 300 | 60 | - |
| Gerste | 20 | 50 | 30 | S, Su, T | 3 | 200 | 60 | - |
| Triticale | 20 | 50 | 20 | S, T | 4,5 | 200 | 60 | - |
| Roggen | 20 | 50 | 20 | S, T | 4 | 400 | 60 | - |
| Mais (Silo) | 20 | 50 | 20 | S, T | 6 | 400 | 60 | - |
| Mais (Körner) | 20 | 50 | 20 | S, T | 7,5 | 400 | 60 | - |
| Zuckerhirse | 20 | 50 | 30 | S, Su, T | 7 | 300 | 60 | - |
| Miscanthus | 20 | 50 | 50 | S, T | 8 | 700 | 90 | 700 |
| Raps | 20 | 50 | 50 | S, T | 5 | 500 | 60 | - |
| Sonnenblumen | 20 | 50 | 50 | T | 8 | 300 | 60 | - |
| Zuckerrüben | 15 | 25 | 30 | S, Su, TI, T | 7,5 | 500 | 90 | - |
| Futterrüben | 15 | 33 | 30 | S, T | 6 | 500 | 90 | - |
| Kartoffeln | 12 | 33 | 30 | S, T | 6 | 250 | 90 | - |
| Leguminosen | 25 | 50 | 20 | S | 4 | 350 | 60 | - |
| -Alfalfa | s.o. | s.o. | 50 | T | 5 | 300 | s.o. | - |
| -Klee | s.o. | s.o. | 20 | S | 4 | 350 | s.o. | - |
| Grünland | 35 | 50 | 20 | - | 3 | 250 | 30 | - |
| -Weidelgras | s.o. | s.o. | s.o. | - | 2 | 200 | s.o. | - |
| -Rotschwingel | s.o. | s.o. | s.o. | - | 4 | 300 | s.o. | - |
| Pappeln | 15 | 50 | 50 | S, Su, T | 7 | 400 | 60 | - |
| Weiden | 15 | 50 | 50 | S, Su, T | 7 | 500 | 30 | - |
| Hafer | 20 | 50 | 20 | S, T | 5 | 250 | 60 | - |

Nach Generierung aller Datenkategorien wurden für jede der 18 Energiepflanzen eine individuelle Ausschlussmaske erstellt. Für die Anbaufrüchte Miscanthus sowie KUP wurden von Seiten des Naturschutzes weitere Ausschlussflächen vorgegeben. Zusätzlich wurden für Miscanthus und KUP Flächen extrahiert, für die ein Umbruchsverbot gilt. (s. Kapitel 4). Die GIS- Ergebnisdatensätze stellen Ausschlussmasken dar, die landesweit Gebiete ausweisen, die für den Anbau der jeweiligen Kulturart geeignet oder ungeeignet sind. In Abbildung 15 ist exemplarisch die Ausschlussmaske für Mais dargestellt.

Tabelle 24: Zuordnungsschlüssel (Billen 2008) der Acker- und Grünlandzahlenwerte

| Kultur | Zusandsstufe+g für Steingehalt ungeeignet | Ackerzahl oder Grünlandzahl für Gründigkeit ungeeignet | Bodenart der Bodenschätzung ungeeignet |
|--------------------|---|---|--|
| Wheat | - | <12 | S ³⁾ |
| Barley | - | <19 | S ³⁾ |
| Triticale | - | <12 | - |
| Rye | - | <12 | - |
| Maize, Sil. | - | <12 | - |
| Maize, Corn | - | <12 | - |
| Sorghum (bic.) | - | <19 | S ³⁾ |
| Miscanthus | - | <34 | - |
| Rape | - | <34 | - |
| Sunflower | - | <34 | - |
| Sugar Beet | 6Xg, 7Xg | <19 | S ³⁾ , T ⁴⁾ |
| Fodder Beet | 7Xg | <19 | - |
| Potatoe | 7Xg | <19 | - |
| Legumes (mix) | - | <12 | - |
| - Alfalfa | - | <34 | - |
| - Red/White Clover | - | <12 | - |
| Grassland (mix) | - | <12 | - |
| - Rayegrass | - | <12 | - |
| - Red Fescue | - | <12 | - |
| Poplar | - | <34 | S ³⁾ |
| Willow | - | <34 | S ³⁾ |

1) ableitbar nur aus Acker-Bodenschätzung: Zustandsstufe (Zst: 6, 7), alle Bodenarten (X), immer g-Zusatz bei Bodenart

2) ableitbar aus Ackerzahl (AZ) od. Grünlandzahl (GZ): depth [cm] = (0428 + 0,136 * AZ od. GZ) * 10

3) beinhaltet: Mo/S, MoS, MoS/T, S, S/Mo, S/T

4) beinhaltet: MoT, T, T/Mo, TMo

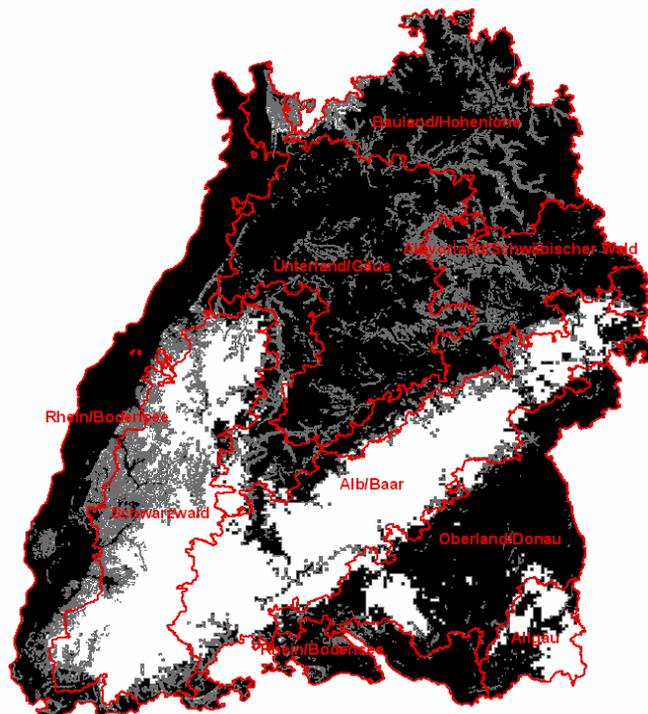


Abbildung 15: Die Ausschlussmaske „Silomais“ mit für den Anbau ungeeigneten (weißen) und geeigneten (schwarz) Bereichen.

Diese Ausschlussmasken stellen die räumliche Grundlage für den automatisierten Verteilalgorithmus der Kulturpflanzen gemäß den prozentualen Vorgaben der unterschiedlichen Szenarien dar. Die für die Modellierung der ökologischen Parameter der Energiepflanzen in EPIC notwendigen klimatischen und bodenkundlichen Kennwerte wurden in der SLISYS-BW Datenbank erfasst und werden in Kapitel 6 beschrieben.

4.5 Annahmen zur Landnutzungsverteilung im Ackerland

Ein Ziel im Projekt war es, Natur- und Ressourcenschutzkonflikte durch veränderte Landnutzungsmuster im Zuge der verstärkten energetischen Nutzung von Ackerfrüchten und Grünlandschnitt räumlich so explizit als möglich darzustellen. Hierzu sind aus den ökonomisch bedingt veränderten Landnutzungsumfängen (ha-Angaben), wie sie sich aus der ökonomischen Optimierung mit EFEM räumlich stark aggregiert für Vergleichsgebietsgruppen ergeben, räumliche Landnutzungsmuster zu generieren. Diese werden auf Ebene eines 1-Hektar-Rasters (im Folgenden „ha-Zellen“) flächendeckend für Baden-Württemberg erzeugt. Zur Bewerkstelligung dieser Aufgabe wird folgendes Vorgehen verfolgt:

1. Priorisierte Verteilung der Anbaufrüchte in Abhängigkeit ihres Deckungsbeitrags bzw. der Nutzungsintensität beim Grünland

2. Sukzessive Belegung der ha-Zellen nach Standorteignung für Kulturpflanzen entsprechend der Bodenbewertung LUBW-„Heft 31“ (ein entsprechender GIS-Datensatz wurde aus der BÜK sowie aus der bodenbewerteten ALK erzeugt), innerhalb der Eignungsklassen erfolgt die Belegung zufällig
3. Verteilung der Umfänge unter Berücksichtigung von standörtlich-/klimatischen Ausschlussmasken für Ackerfrüchte und Grünlandnutzung.

Entsprechend des in Abbildung 16 dargestellten Schemas wurde eine GIS-Routine entwickelt, welche automatisiert den Verteilungsvorgang durchführt. Die Routine ist als Visual Basic Script™ codiert. Sie liest Nutzungsumfänge, Verteilprioritäten und die Dateispezifikation der Ausschlussmasken ein und prozessiert die Belegung der ha-Zellen. In Abbildung 17 wird beispielhaft das Ergebnis eines räumlichen Verteilungsvorgangs der Anbauumfänge dargestellt.

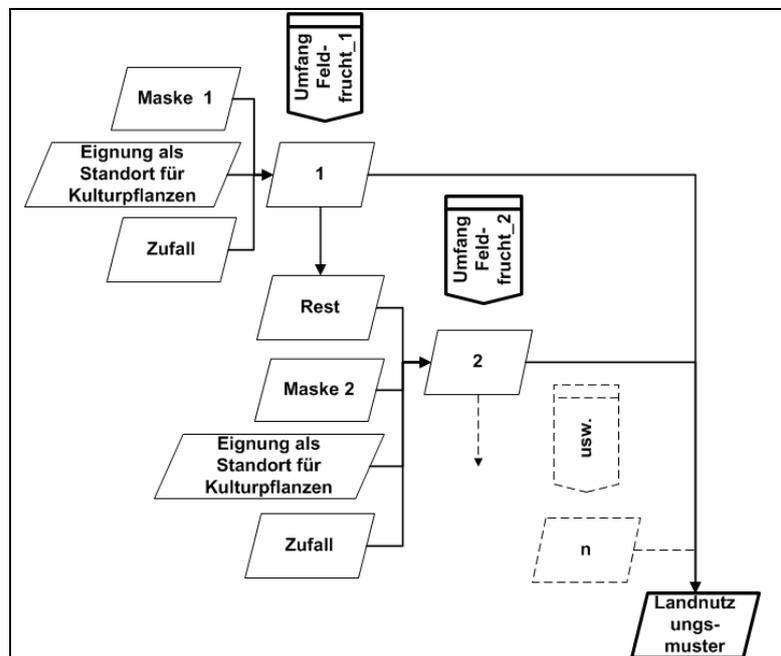


Abbildung 16: Ablaufschema der GIS-Prozedur zur räumlichen Verteilung der Anbauumfänge

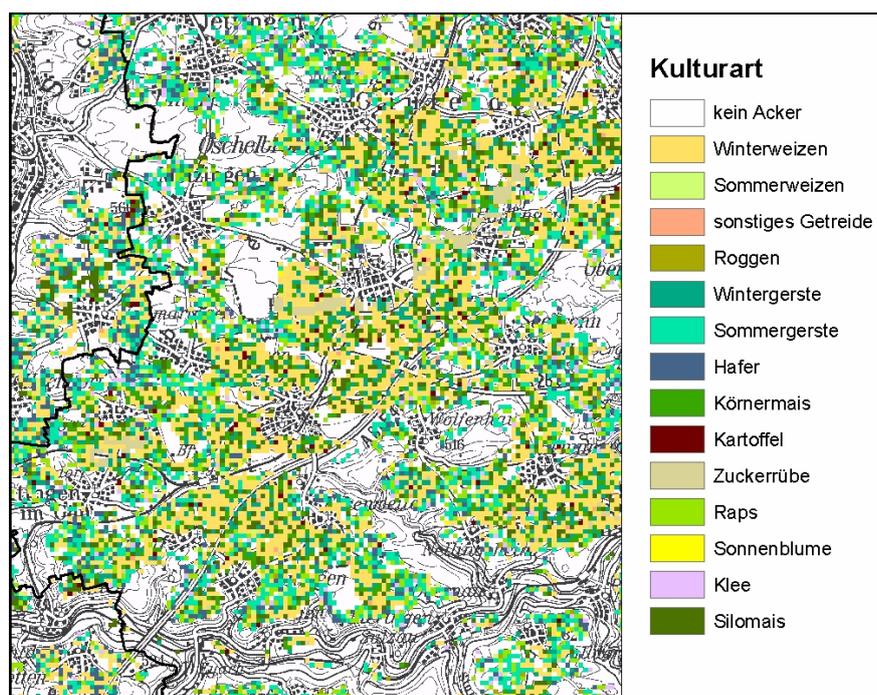


Abbildung 17: Exemplarische Darstellung der räumlichen Verteilung der Anbauumfänge auf Ebene des 1ha-Rasters (Kreis Böblingen, landw. Vergleichsgebietsgruppe „Unterland/Gäue“).

Die Verteilungsroutine erzeugt Landnutzungsmuster¹, deren exakte Verifizierung aus Datenmangel nicht möglich und sachlich nicht zu erwarten ist. Als Gütemaß der Verteilung kann aber der Vergleich der Aggregation der auf die ha-Zellen verteilten Anbauumfänge je Gemeinde mit den für die Gemeinden in der amtlichen Statistik geführten Anbauumfängen verwendet werden. Dieser Vergleich wurde für die Verteilung der statistisch festgestellten Anbauumfänge in den Vergleichsgebieten durchgeführt, um die Qualität der Verteilungsprozedur abzuschätzen. Der durchschnittliche Fehler zwischen Verteilungsergebnis und Gemeindestatistik beläuft sich auf 41% und ist annähernd normalverteilt.

Die Größenordnung des Fehlers rät also von einer kleinräumigen Verwendung des Verteilungsergebnisses ab und legt nahe, methodische Alternativen zu erproben. Die methodisch ideale Lösung, die Anbauumfänge über einen Anteilsschlüssel direkt auf die Gemeinden zu verteilen wurde verworfen, da der Fehler zwischen Ackerfläche nach ATKIS-DLM25 und Ackerfläche nach Bodennutzungshaupterhebung in den Gemeinden bei diesem Ansatz ein besseres Ergebnis verhindert. Als Ziel führende Strategie erwies sich die Bildung von so genannten ‚Verteilgruppen‘ durch die Zusammenfassung von Gemeinden mit ähnlicher Ackerbaustruktur (zur Methodik siehe nächster Abschnitt). Die Anbauumfänge der landwirtschaftlichen Vergleichsgebiete werden zunächst unter Verwendung der Aufschlüsselung aus den Flächenanteilen in der Bodennutzungshaupterhebung den Verteilgruppen in einem landwirtschaftlichen Vergleichsgebiet anteilig zugeordnet. Diese Anbauumfänge werden dann mit dem entwickelten räumlichen Verteilungsverfahren zur Be-

¹ Hier und im Folgenden ist die Verteilung der Anbauumfänge der Ackerfrüchte auf die Ackerfläche nach ATKIS-DLM25 gemeint

legung der ha-Zellen verteilt. Die hierdurch verbesserte Verteilungsqualität ist in Abb. 3 exemplarisch dargestellt.

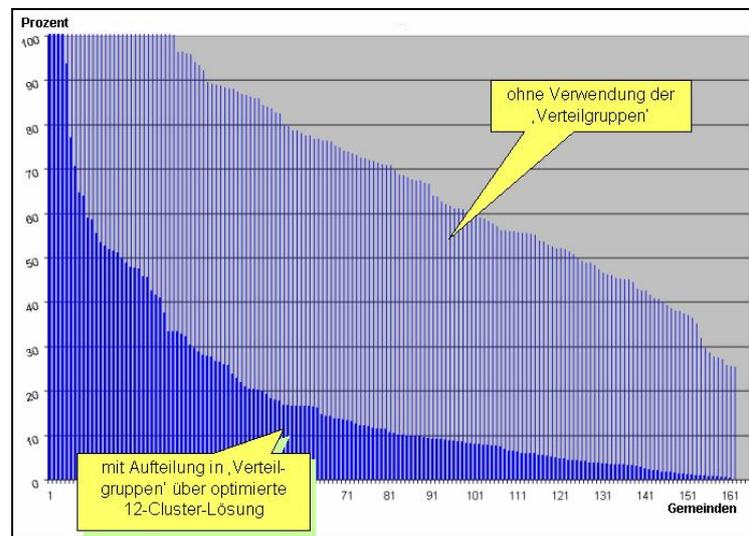


Abbildung 18: Fehler (Prozentbeträge) der Verteilungsprozeduren mit und ohne Verwendung der ‚Verteilgruppen‘ im Vergleich zur Gemeinde-Agrarstatistik. Ausgewertet wurden die 161 Gemeinden des landwirtschaftlichen Vergleichsgebiets 3 („Oberrheinebene“).

Das oben erwähnte Verfahren zur Festlegung von Verteilgruppen basiert auf dem multivariaten Typisierungsverfahren der Clusteranalyse. Gemeinden mit ähnlicher Anbaustruktur wurden zu einer Verteilgruppe zusammengefasst. Grundlage der Analyse ist die Flächenstatistik der Bodennutzungshaupterhebung 2003, jedoch in der Aggregation der Fruchtarten, wie sie für das Projekt festgelegt wurde. Hierzu wurde das Statistische Landesamt Baden-Württemberg beauftragt, entsprechende Aggregationen durchzuführen bzw. die Daten zu einzelnen Fruchtarten zu übermitteln. Die in der Datentabelle fehlenden Angaben bei zu geringer Anzahl meldender Betriebe wurden durch ein Iterationsverfahren² ersetzt. Eine Zusammenfassung der Fruchtarten über eine Faktorenanalyse wurde teilweise durchgeführt. Die Verwendung des Ergebnisses aber wegen mangelnder Interpretierbarkeit wieder verworfen. Die Clusteranalyse und die Sichtung des Ergebnisses ergaben, dass eine Gruppierung der Gemeinden in Baden-Württemberg nach ihrer Anbaustruktur zum hier vorliegenden Zweck optimalerweise in 12 Verteilgruppen erfolgt. Abb. Abbildung 19 zeigt die unterschiedlichen Anbaustrukturen der Gruppen sowie deren (diskriminanzanalytisch optimierten) räumliche Verteilung.

²siehe SCHWARZ-V.RAUMER et al (2010).

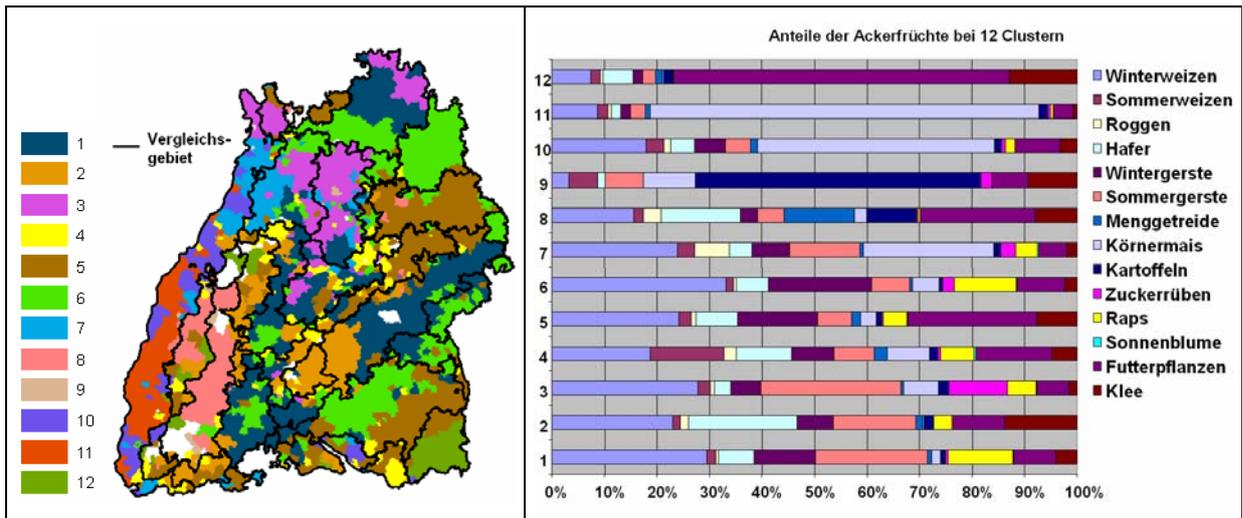


Abbildung 19: Räumliche Verteilung (links) und Anbauspektrum der 12 Verteilgruppen (1 – 12).

Bevor nun die mit EFEM für die Vergleichsgebietsgruppen ermittelten Anbauumfänge der zu Anfang des Kapitels erläuterten Verteilungsprozedur unterzogen werden (Feinverteilung), erfolgt eine grobe Zuordnung von Anteilen der Anbauumfänge zu den Gebieten der Verteilgruppen innerhalb des Gebiets einer Vergleichsgebietsgruppe (Grobverteilung). Abbildung 20 verdeutlicht dieses Vorgehen. Die Grobverteilung in einem Szenario wird dabei über ein iteratives Verfahren erreicht, welches eine Vergleichsverteilung (z.B. Referenzverteilung aus Bodennutzungshaupterhebung) bestmöglich annähert. Eine detaillierte Darstellung des Verfahrens befindet sich in SCHWARZ-V.RAUMER et al (2010).

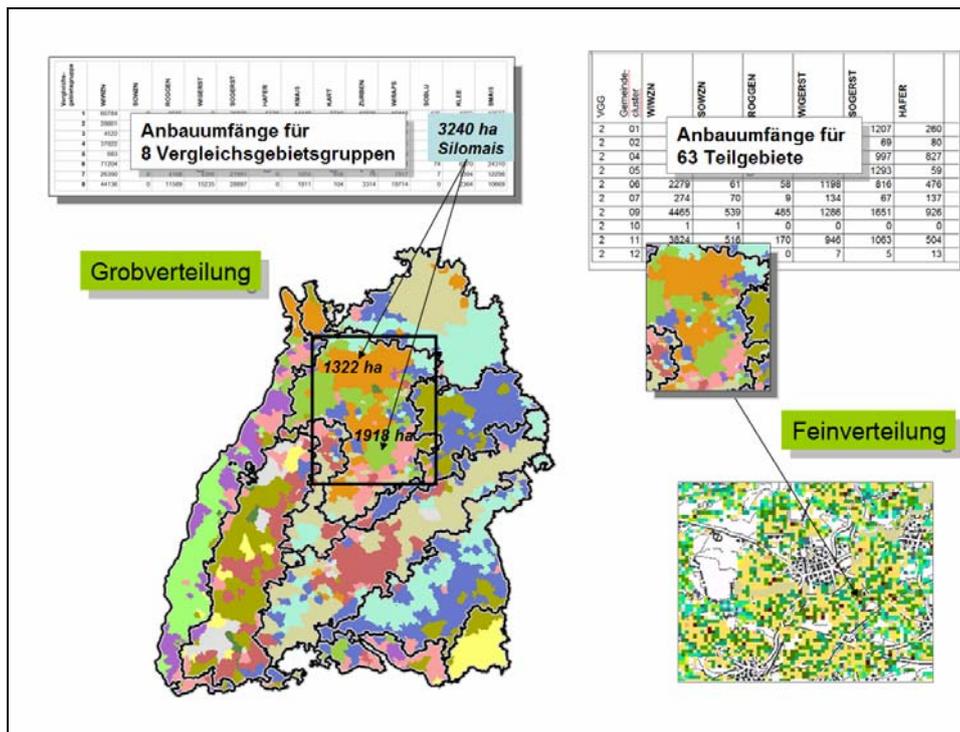


Abbildung 20: Zusammenfassende Darstellung der Disaggregation von Anbauumfängen

Die eingesetzte Vorgehensweise muss als pragmatisches Behelfsverfahren verstanden werden, denn zunächst ist nicht zu erwarten, dass kulturartspezifische räumlich explizite Landnutzungsmuster über ein Modell mit hoher Abbildungsgüte aus aggregierten Daten reproduziert werden können. Die Varianz der landwirtschaftlichen Praxis einerseits, aber auch die Standortelastizität der Kulturen lassen ein solches Ziel zur Utopie werden. Als unumgänglicher Zwischenschritt in der zum Einsatz kommenden Modellkette erweist sich allerdings die grobe Definition von Ausschlussgebieten und die Orientierung an bodenbür-tigen Standortbedingungen als erste Näherung plausibel und ist in jedem Falle einer rein zufälligen Zuordnung der Nutzung vorzuziehen. Die exemplarische Quantifizierung des Zuordnungsfehlers zeigt zumindest für die Mittelung über die Gemeindegebiete, dass das Verfahren nicht verworfen werden muss. Allerdings verpflichten sowohl Verfahrensaufbau wie auch die Fehlerquantifizierung dazu, aus den ökologischen Analysen, die sich an die Nutzungsverteilung anschließen, nur räumlich aggregierte Schlüsse zu ziehen. Dies und die gebotene Interpretation der Nutzungsmuster im Zyklus einer Fruchtfolge wurde in den Analysen in Kapitel 6 und 7 beachtet.

5 Ökonomische Analyse und Bewertung

Mit Hilfe der modellbasierten ökonomisch-ökologischen Analyse wird nachfolgend das Anbaupotenzial von Bioenergieträgern auf landwirtschaftlichen Flächen abgeleitet werden. Anhand der definierten Modellszenarien lässt sich abbilden, wie sich ein verstärkter Anbau von Bioenergie auf die Anbaustrukturen und landwirtschaftliche Einkommen in Baden-Württemberg auswirken würde. Dabei werden die damit verbundenen Reduktionsmöglichkeiten für landwirtschaftlichen Treibhausgasemissionen und der potenzielle Beitrag zur Energieversorgung untersucht. Gleichzeitig sollen auch mögliche Wechselwirkungen zwischen verstärktem Energiepflanzenanbau und Natur- und Umweltschutz in Baden-Württemberg bewertet werden.

5.1 Modellbeschreibung und Modellanpassung von EFEM

Um die Wechselwirkungen zwischen verstärktem Energiepflanzenanbau und Natur- und Umweltschutz in Baden-Württemberg abschätzen zu können, wird das ökonomisch-ökologische Regionalmodell EFEM (Economic Farm Emission Model) genutzt.

EFEM basiert auf statisch linearer Programmierung (LP) und ist ein Angebotsmodell. Die Betriebsmittel- und Erzeugerpreise sind dabei exogen vorgegeben. Ebenso die Kapazitätsgrenzen der im Modell abgebildeten Betriebe (vgl. Abbildung 21).

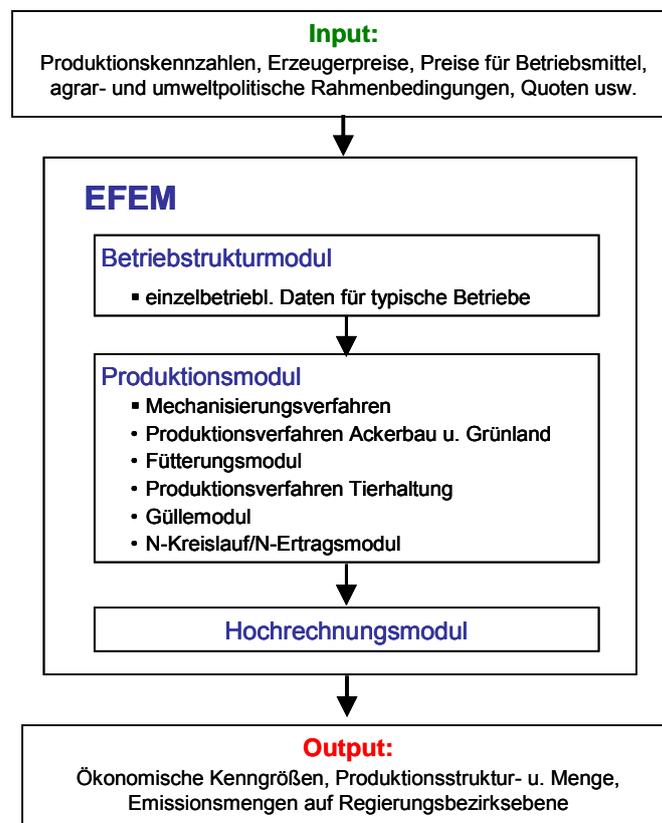


Abbildung 21: Modellaufbau von EFEM

Kernstück von EFEM ist das Produktionsmodul. Hiermit werden die für die deutsche Landwirtschaft wichtigsten Produktionsverfahren der Tier- und Pflanzenproduktion abge-

bildet. Diese lassen sich hinsichtlich Erträgen, Intensitäten, Leistungen und Kosten regional unterscheiden. Im Produktionsmodul sind auch die Komponenten zur Ermittlung der produktionsbedingten Emissionen (Klimagase, Ammoniak und Feinstaub) integriert. Dabei werden die erwarteten Emissionen nach verschiedenen Produktionsbereichen unterschieden. Demnach wird das Aufkommen Emissionen je nach Entstehungsort dem vorgelagerten Bereich, der Landwirtschaft und dem nachgelagerten Bereich zugeordnet (vgl. Abbildung 22).

Mit Hilfe des Teilmoduls Betriebsstruktur lassen sich alle für die Untersuchungsregionen bedeutenden Betriebstypen abbilden. Als Datenbasis zur Identifizierung dieser regionaltypischen Betriebsmodelle werden für ein Referenzjahr vorliegende einzelbetriebliche Buchführungsabschlüsse des Testbetriebsnetzes (INLB) ausgewertet. Die Einteilung und die Auswahl der typischen Betriebe erfolgt nach Betriebstypen anhand der EU-Klassifizierung. Durch die Verknüpfung der beiden Teilmodule „Produktion“ und „Betriebsstruktur“ erhält man monetäre Erfolgsgrößen wie den betrieblichen Deckungsbeitrag, den Faktoreinsatz, Struktur und Mengen der landwirtschaftlichen Produktion sowie die hierbei entstehenden Umweltwirkungen.

Die Projektion der einzelbetrieblichen Ergebnisse von repräsentativen Betriebstypen auf die regionale Ebene erfolgt mit Hochrechnungsfaktoren, die mit Hilfe eines linearen Optimierungsansatzes ermittelt werden (vgl. 5.1.3).

5.1.1 Berechnung der Treibhausgasemissionen

In EFEM werden die Treibhausgase Kohlendioxid, Lachgas und Methan berücksichtigt. Dabei wird das Aufkommen klimarelevanter Gase je nach Entstehungsort dem vorgelagerten Bereich, der Landwirtschaft selbst und dem nachgelagerten Bereich zugeordnet (vgl. Abbildung 22). Der vorgelagerte Bereich umfasst die bei der Düngemittelproduktion entstehenden Treibhausgas-Emissionen. Außerdem werden die bei der Herstellung von Saatgut, Pflanzenschutz- und Futtermitteln entstehenden Emissionen klimarelevanter Gase berücksichtigt.

Der Landwirtschaft werden die direkten N_2O -Emissionen aus dem Boden (Düngung) und die bei der Lagerung und der Ausbringung von Wirtschaftsdünger verursachten N_2O -Emissionen angerechnet. Weiterhin sind die indirekten N_2O -Emissionen durch Leaching (Auswaschung) und Runoff (Oberflächenabfluss) sowie durch atmosphärische Deposition gasförmiger Stickstoffverbindungen berücksichtigt. Die Quantifizierung der indirekten und direkten N_2O -Emissionen erfolgt im Wesentlichen anhand den Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (siehe Anhang 11). Im Jahr 2006 veröffentlichte das IPCC neue Guidelines für die Berechnung nationaler Treibhausgasinventare. Da das Johann Heinrich von Thünen-Institut (vTI), das für die Erstellung des Emissionsinventar für die Landwirtschaft verantwortlich ist, erst im Laufe des hier vorgestellten Forschungsprojekt auf die neue Methode des IPCC umgestellt hatte, wurde für die EFEM Modellierung zur Vergleichbarkeit ebenfalls die IPCC Methode von 1996 gewählt (Dämmgen et. al., 2007, Haenel, 2010). Die Emissionsfaktoren der Methode von 2006 haben sich gegenüber von 1997 nicht drastisch geändert, lediglich der Emissionsfaktor der indirekten N_2O -Emissionen durch Leaching wurde deutlich reduziert. Hierdurch kommt es in dieser Studie zu einer Überschätzung der indirekten Lachgasemissionen durch EFEM, die sich in der Gesamtbilanz aber nur unwesentlich auswirkt.

Eine detaillierte Vorgehensweise zur Emissionsberechnung geben Angenendt (2003) und Schäfer (2006). Die in EFEM implementierte Methode zur Berechnung der Kohlenstoffbilanzen im Boden findet sich in Triebe (2007).

5.1.2 Produktionsmodul

5.1.2.1 Bezugs- und Absatzaktivitäten

Die Verfahren der Tier- und Pflanzenproduktion sind durch technische Koeffizienten und Erzeuger – und Betriebsmittelpreisen gekennzeichnet, die in den Tabelle 25 und Tabelle 26 aufgeführt sind. Diese wurden hauptsächlich den Marktbilanzen der Zentralen Markt- und Preisberichtsstelle (ZMP) sowie dem Statistisches Jahrbuch über Ernährung, Landwirtschaft und Forsten 2006 (Stat. Jahrbuch) entnommen. Um die Preisschwankungen der einzelnen Jahre, insbesondere des ungewöhnlich warmen und trockenen Jahres 2003, auszugleichen, wurden, wenn möglich, Durchschnittspreise über drei bzw. vier Jahre gebildet. Alle Preise werden ohne Mehrwertsteuer ausgewiesen.

Tabelle 25: Durchschnittliche Erzeugerpreise für das Referenzjahr 2003

| Produkt | Einheit | €/Einheit | Zeitspanne | Quelle |
|---------------------------|---------|-----------|-------------------|---|
| Pflanzenproduktion | | | | |
| Winterweizen | dt | 12,11 | 2001/02 - 2003/04 | ZMP 2005b |
| Sommerweizen | dt | 11,60 | 2001/02 - 2003/04 | ZMP 2005b |
| Wintergerste | dt | 10,15 | 2001/02 - 2003/04 | ZMP 2005b |
| Sommergerste | dt | 12,94 | 2001/02 - 2003/04 | ZMP 2005b |
| Hafer | dt | 9,55 | 2001/02 - 2003/04 | ZMP 2005b |
| Roggen | dt | 10,00 | 2001/02 - 2003/04 | ZMP 2005b |
| Körnermais | dt | 13,33 | 2001/02 - 2003/04 | ZMP 2005b |
| Winterraps | dt | 23,67 | 2001/02 - 2003/04 | ZMP 2005b |
| Sonnenblumen | dt | 21,64 | 2001/02 - 2003/04 | KTBL 2004, KTBL-Datenbank |
| Zuckerrüben | dt | 3,78 | 2001/02 - 2003/04 | Stat. Jahrbuch 2006 |
| Kartoffeln | dt | 9,38 | 2001/02 - 2003/04 | ZMP 2004c |
| Bioenergie | | | | |
| Raps (Non Food) | dt | 20,45 | 2001/02 - 2003/04 | nach ZMP 2005b |
| Silomais | dt | 1,63 | 2001/02 - 2003/04 | KTBL 2004 |
| tier. Produkte | | | | |
| Bullenkalb | Stück | 170,17 | 2001/02 - 2003/04 | ZMP 2003, ZMP 2005c |
| Kuhkalb | Stück | 89,97 | 2001/02 - 2003/04 | ZMP 2003, ZMP 2005c |
| Milch | kg | 0,23 | 2001/02 - 2003/04 | ZMP 2004d |
| Altkuh | Stück | 669,28 | 2001/02 - 2003/04 | ZMP 2004e |
| Mastbulle | kg | 2,55 | 2001/02 - 2003/04 | ZMP 2004e |
| Färse | kg | 2,20 | 2001/02 - 2003/04 | ZMP 2004e |
| Ferkel | Stück | 43,33 | 2001/02 - 2003/04 | ZMP 2003 |
| Mastschwein | kg | 1,30 | 2001/02 - 2003/04 | ZMP 2003, ZMP 2005c |
| Altsau | Stück | 160,11 | 2001/02 - 2003/04 | ZMP 2003, ZMP 2005c |
| Küken | Stück | 0,49 | 2003-2004 | Landwirtschaftliches Wochenblatt ¹ |
| Junghenne | Stück | 4,13 | 2003-2004 | Landwirtschaftliches Wochenblatt ¹ |
| Eier | Stück | 0,08 | 2001/02 - 2003/04 | Stat. Jahrbuch 2006 |
| Schlachthenne | kg LG | 0,08 | 2001/02 - 2003/04 | ZMP 2004a |
| Broiler | Stück | 1,08 | 2001/02 - 2003/04 | ZMP 2004a |

¹ Landwirtschaftliches Wochenblatt Westfalen-Lippe (2003/2004)

Tabelle 26: Durchschnittliche Betriebsmittelpreise für das Referenzjahr 2003

| Produkt | Einheit | €/Einheit | Zeitspanne | Quelle |
|-------------------------|---------|-----------|-------------------|---------------------|
| Dünger | | | | |
| Stickstoff | kg | 0,55 | 2001/02 - 2003/04 | Stat. Jahrbuch 2006 |
| Phosphor | kg | 0,56 | 2001/02 - 2003/04 | Stat. Jahrbuch 2006 |
| Kali | kg | 0,30 | 2001/02 - 2003/04 | Stat. Jahrbuch 2006 |
| Kalk | kg | 0,07 | 2001/02 - 2003/04 | Stat. Jahrbuch 2006 |
| Futtermittel | | | | |
| Trockenschnitzel | dt | 11,36 | 2001/02 - 2003/04 | Stat. Jahrbuch 2006 |
| Soja | dt | 24,10 | 2000/01 - 2003/04 | Stat. Jahrbuch 2006 |
| Milchleistungsfutter | dt | 15,33 | 2000/01 - 2003/04 | Stat. Jahrbuch 2006 |
| Weizenkleie | dt | 8,00 | 2000/01 - 2003/04 | Stat. Jahrbuch 2006 |
| Milchaustauscher | dt | 138,28 | 2000/01 - 2003/04 | Stat. Jahrbuch 2006 |
| Alleinfutter Legehennen | dt | 20,93 | 2000/01 - 2003/04 | Stat. Jahrbuch 2006 |
| Alleinfutter Broiler | dt | 23,17 | 2001/02 - 2003/04 | Stat. Jahrbuch 2006 |
| Energie | | | | |
| Diesel | l | 0,75 | 2001/02 - 2003/04 | Stat. Jahrbuch 2006 |
| Strom | kWh | 0,12 | 2001/02 | Stat. Jahrbuch 2006 |
| Heizöl leicht | l | 0,31 | 2001/02 - 2003/04 | Stat. Jahrbuch 2006 |

5.1.2.2 Produktionsverfahren

Bei den Produktionsverfahren werden in EFEM folgende Bereiche unterschieden: Ackerbau, Grünland, Bioenergieträger und Tierhaltung. Die integrierten Produktionsverfahren werden im Folgenden näher beschrieben.

1.) Ackerbau

Insgesamt sind in EFEM 13 verschiedene Ackerbaukulturen sowie mehrere Stilllegungsvarianten integriert. Damit werden die wichtigsten Ackerbaukulturen für Baden-Württemberg zur Bereitstellung von Futter- und Nahrungsmitteln sowie Energiepflanzen berücksichtigt. Die einzelnen Kulturen sind in Tabelle 27 aufgeführt, ebenso wie die Fruchtfolgeanteile beispielhaft für die Vergleichsgebietsgruppe 1. Als Sommergetreide werden in EFEM Sommerweizen, Sommergerste und Hafer berücksichtigt. Die Wintergetreideformen sind Winterweizen, Wintergerste und Roggen. Für die Stilllegungsflächen gibt es die Möglichkeit der Selbstbegrünung ebenso wie die gezielte Begrünung und den Anbau nachwachsender Rohstoffe.

Die Erträge für den Basiszeitraum ergeben sich aus den Durchschnittswerten der Jahre 2001 bis 2005, um die witterungsbedingten Schwankungen in den einzelnen Jahren auszugleichen. Die Erträge der Jahre 2001 bis 2005 wurden vom Statistischen Landesamt Baden-Württemberg nach Vergleichsgebieten unterteilt bereitgestellt. Die ermittelten Durchschnittswerte bilden als Basiserträge die Grundlage für die standortspezifischen Ertragsfunktionen. Sie sind im Anhang 13 beigefügt.

In Baden-Württemberg wird die nachhaltige und umweltfreundliche Landbewirtschaftung durch den Marktentlastungs- und Kulturlandschaftsausgleich (MEKA) gefördert. Um diese umweltgerechten Bewirtschaftungsweisen im Modell abzubilden, gibt es für die einzelnen Kulturen bis zu acht verschiedene Anbauverfahren (z.B. mit und ohne Einsatz von Pflan-

zenschutzmitteln) mit entsprechend angepassten Erträgen. Zusätzlich gibt es für jedes Anbauverfahren noch verschiedene Düngeintensitäten zwischen 0 und 260 kg N/ha, unterteilt in Schritte von je 20 kg N/ha.

Um die reale Situation im Modell möglichst gut abzubilden, kommt der Fruchtfolge eine besondere Bedeutung zu. Mit Hilfe der Fruchtfolgerestriktionen, die für jede Vergleichsgebietsgruppe separat erstellt und angepasst wurden, ist es möglich die Anbauumfänge im Modell an das Referenzjahr 2003 anzugleichen. Daneben wird der Kartoffelanbau durch beschränkte Vermarktungsmöglichkeiten begrenzt und der Zuckerrübenanbau aufgrund der Zuckermarktordnung durch die Quoten der einzelnen Betriebe.

Tabelle 27: Fruchtfolgeanteile in der Vergleichsgebietsgruppe 1 für das Referenzjahr 2003

| Kultur | max. Fruchtfolgeanteil |
|---------------------------|-------------------------------|
| Getreide insgesamt | 70% |
| Wintergetreide | 50% |
| Sommergetreide | 25% |
| Weizen gesamt | 33% |
| Gerste gesamt | 30% |
| Mais gesamt | 30% |
| Silomais | 20% |
| Körnermais | 9% |
| Winterraps | 6% |
| Sonnenblumen | 0,80% |
| Zuckerrüben | 15% |
| Kartoffeln | 30% |
| Kleegras | 25% |

2.) Grünland

Das Dauergrünland spielt in Baden-Württemberg mit einem Anteil von etwa 40 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche eine wichtige Rolle. Um die unterschiedlichen Nutzungsformen für Baden-Württemberg möglichst genau abzubilden, werden in EFEM drei verschiedene Nutzungsmöglichkeiten unterschieden: Weide, Heu und Silage. Für jede dieser Nutzungsmöglichkeiten gibt es bis zu fünf Schnittintensitäten (s. Tabelle 28). Die in Tabelle 28 aufgeführten Erträge basieren auf standortunabhängigen Erträgen, die mithilfe eines regionalen Ertragsfaktors an die jeweilige Vergleichsgebietsgruppe angepasst werden (vgl. dazu auch Kazenwadel, 1999). Wie auch im Ackerbau stellen diese Basiserträge die Grundlage für die standortspezifischen Ertragsfunktionen dar. Ebenso gibt es für jede Schnittintensität verschiedene Düngeintensitäten zwischen 0 und bis zu 300 kg N/ha, unterteilt in Schritte von je 20 kg N/ha.

Tabelle 28: Basiserträge für Dauergrünland in den Vergleichsgebietsgruppen

| | | VGG_1 | VGG_2 | VGG_3 | VGG_4 | VGG_5 | VGG_6 | VGG_7 | VGG_8 |
|---------------|------------|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | dt TM/ha | | | | | | | |
| Weide | 1 Schnitt | 33,9 | 33,9 | 28,6 | 33,9 | 42,8 | 37,5 | 33,9 | 33,9 |
| | 2 Schnitte | 56,5 | 56,5 | 47,6 | 56,5 | 71,4 | 62,5 | 56,5 | 56,5 |
| | 3 Schnitte | 68,6 | 68,6 | 57,8 | 68,6 | 86,7 | 75,9 | 68,6 | 68,6 |
| | 4 Schnitte | 77,5 | 77,5 | 65,3 | 77,5 | 97,9 | 85,7 | 77,5 | 77,5 |
| | 5 Schnitte | 82,4 | 82,4 | 69,4 | 82,4 | 104,0 | 91,0 | 82,4 | 82,4 |
| Heu | 1 Schnitt | 31,9 | 31,9 | 26,9 | 31,9 | 40,3 | 35,3 | 31,9 | 31,9 |
| | 2 Schnitte | 53,2 | 53,2 | 44,8 | 53,2 | 67,2 | 58,8 | 53,2 | 53,2 |
| | 3 Schnitte | 64,6 | 64,6 | 54,4 | 64,6 | 81,6 | 71,4 | 64,6 | 64,6 |
| Silage | 3 Schnitte | 68,6 | 68,6 | 57,8 | 68,6 | 86,7 | 75,9 | 68,6 | 68,6 |
| | 4 Schnitte | 77,5 | 77,5 | 65,3 | 77,5 | 97,9 | 85,7 | 77,5 | 77,5 |
| | 5 Schnitte | 82,4 | 82,4 | 69,4 | 82,4 | 104,0 | 91,0 | 82,4 | 82,4 |

Quelle: nach Schäfer (2006)

Um die Naturschutzvorgaben in den Szenarien für das Dauergrünland abbilden zu können, wurden verschiedene Restriktionen in EFEM integriert. Unterschieden wird dabei nach Anzahl der Schnitte und Düngeintensität. Folgende Nutzungsformen sind möglich:

- 1 Schnitt ohne Düngung
- 1 Schnitt mit Düngung
- 2 Schnitte ohne Düngung
- 2 Schnitte mit weniger als 40 kg Dünger / ha
- Feuchtgrünland (ebenfalls 2 Schnitte mit weniger als 40 kg Dünger / ha)
- 2 Schnitte mit mindestens 40 kg Dünger / ha
- Auengrünland (maximal 3 Schnitte und 40 kg Dünger / ha)
- Saumstreifen (Mahd nur alle 2-3 Jahre, keine Düngung)
- Extensive Weide (ein Weidegang pro Jahr, Besatzdichte max. 2,5 GVE / ha)
- Blänke / Flutmulde (Brache / Mulde mit stark wechselndem Wasserstand, ein Schnitt und ein Weidegang pro Jahr)
- Intensive Nutzung mit Düngung und mehreren Schnitten / Weidegängen

Mit Hilfe dieser differenzierten Nutzungsformen ist es vor allem in den Naturschutzszenarien möglich, den Ansprüchen des Naturschutzes an die Nutzungshäufigkeiten und –intensitäten gerecht zu werden

3.) Bioenergieträger

Das Produktionsverfahren der Bioenergieträger umfasst in EFEM den Anbau von Getreide für die Ethanolproduktion, die Verbrennung von Stroh, die Verwertung von Silomais und Kleegras in Biogasanlagen und den Anbau von Raps für die Biodieselproduktion. Um den Energiepflanzenanbau in seiner Vielfalt möglichst differenziert darstellen zu können, wurden neben den in EFEM bereits vorhandenen Bioenergieträgern noch Dauergrünland für die Vergärung in der Biogasanlage sowie Pappeln, Weiden und Miscanthus für die Verbrennung integriert.

Das Dauergrünland kann in Form von Silage in der Biogasanlage vergoren werden. Für Grassilage, die verfüttert wird, gibt es auch hier fünf Schnittintensitäten mit verschiedenen Düngeintensitäten zwischen 0 und 300 kg N/ha. Die Erträge sind die gleichen, wie in der Futtermittelvariante und der Tabelle 28 zu entnehmen. Die Energieerträge sind in Tabelle 29 beispielhaft für eine Silage mit 3 Schnitten und 60 kg N-Düngung aufgeführt.

Daneben wurden auch die drei mehrjährigen Kulturen Pappeln, Weiden und Miscanthus neu in das Modell integriert. Alle drei werden dem Verwertungspfad der Verbrennung zugeführt. Für jede der mehrjährigen Kulturen gibt es die zwei Nutzungsintensitäten mittlere und niedrige Erträge. Eine Tonne Pappel- oder Weidenhackschnitzel liefern 2795 kWh in Form von Wärme, Eine Tonne Miscanthus 3305 kWh (vgl. Tabelle 29). Überwiegend alle diesen Kulturen zugrunde liegenden Daten wurden dem KTBL (2006) entnommen.

Für die Ethanolherzeugung stehen im Modell Winterweizen und Winterroggen zur Verfügung. Aus einer Tonne Winterweizen können etwa 304 kg Ethanol hergestellt werden, aus einer Tonne Winterroggen etwa 293 kg. Als Nebenprodukt fällt Schlempe an, die getrocknet als eiweißreiches Futtermittel eingesetzt werden kann und der Substitution von Sojасhrot dient (siehe dazu auch Triebe, 2007 und KTBL, 2006). Für jedes Getreideanbauverfahren, außer Sommerweizen, gibt es im Modell die Möglichkeit das Stroh zu Ballen zu pressen und anschließend der Verbrennung zuzuführen. Der Energieertrag in Form von Wärme pro Tonne Stroh beträgt 3446 kWh (vgl. Tabelle 29). Durch eine modellinterne Bilanzzeile wird die Einhaltung der Humusbilanz gewährleistet, so kann bspw. Humuslieferung alternativ auch durch den Anbau von Zwischenfrüchten erfolgen.

Für die Verwertung in Biogasanlagen sind im Modell die Kulturen Silomais, Klee gras und Dauergrünland vorgesehen. Mit einer Tonne Silomais können ca. 674 kWh erzeugt werden, aus einer Tonne Klee gras oder Gras 685 kWh (vgl. Tabelle 29). Etwa 46 % dieser Energie fallen in Form von Strom an, die restlichen 54 % sind Wärme. Bei der Biogasproduktion wird unterstellt, dass die den angelieferten Substratmengen entsprechenden Gärrestmengen zurückgenommen und als Dünger auf den landwirtschaftlichen Flächen ausgebracht werden.

Bei der Verarbeitung von Raps zu Biodiesel entstehen pro Tonne 347 kg Biodiesel. Als Nebenprodukte fallen Rapsschrot und nach einer Umesterung Glycerin an. Ebenso wie das Nebenprodukt Schlempe aus der Ethanolherzeugung stellt auch Rapsschrot ein proteinreiches Futtermittel dar. Glycerin kommt beispielsweise als Frostschutzmittel oder in Kosmetika zum Einsatz.

Bei allen Energiepflanzen wird angenommen, dass sie an die erforderlichen weiterverarbeitenden Anlagen verkauft werden können. Es wird also vereinfacht von einer vollkommen elastischen Nachfrage ausgegangen. D.h., annahmegemäß können mit dem Anbau von Pflanzen gleichzeitig auch Biogasanlagen bzw. Verbrennungsanlagen für deren Verwertung erstellt werden.

Tabelle 29: Erträge und Energieerträge der in EFEM integrierten Energiepflanzen

| | Ertrag | Energieertrag | |
|------------------------------|--------|---------------|---------|
| | dt/ha | kWh/dt TM | kWh/ha |
| Winterweizenstroh | 59,2 | 344,6 | 20407,0 |
| Roggenstroh | 49,3 | 344,6 | 16974,7 |
| Winterweizen, Ethanol | 65,8 | 235,7 | 15510,9 |
| Roggen, Ethanol | 54,7 | 214,3 | 11728,0 |
| Winterraps | 33,7 | 384,3 | 12948,8 |
| Silomais | 435,9 | 67,4 | 29382,4 |
| Kleegrass, Silage | 369,8 | 68,5 | 25344,7 |
| Dauergrünland, Silage * | 62,3 | 68,5 | 4269,9 |
| Miscanthus, mittlere Erträge | 187,5 | 330,5 | 61966,1 |
| Miscanthus, niedrige Erträge | 125,0 | 330,5 | 41310,7 |
| Pappeln, mittlere Erträge | 114,3 | 279,5 | 31930,2 |
| Pappeln, niedrige Erträge | 68,5 | 279,5 | 19144,1 |
| Weiden, mittlere Erträge | 80,0 | 279,5 | 22358,1 |
| Weiden, niedrige Erträge | 45,8 | 279,5 | 12786,1 |

*3 Schnitte, 60 kg N-Düngung

Alle Angaben gelten für kWh thermisch und für Trockenmasseerträge

Quelle: eigene Berechnungen nach KTBL, 2006 und GEMIS 4.5, Triebe, 2007

Im folgenden wird die Nutzung der Energiepflanzen hinsichtlich ihrer Klimafreundlichkeit sowie ihrer Koppelprodukte im Vergleich zu fossilen Energieträgern bewertet.

In Tabelle 30 sind die Nutzung der Energiepflanzen, ihr Substitutionspotential und die daraus resultierenden Gutschriften in CO₂-Äquivalenten dargestellt. Die vergleichende Einheit ist eine Dezitonne Frischmasse bezogen auf den Prozessinput (Referenzfluss). Bewertet wird hier ausschließlich der dem Anbau nachgelagerte Bereich. Die folgenden CO₂-Äquivalent-Nettogutschriften werden modellintern den Anbauverfahren der Energiepflanzen gutgeschrieben.

Treibhausgasemissionen die durch die Umwandlung der Energieträger in ihre energetischen Outputs und Koppelprodukte anfallen, sind bei den Biokraftstoffen aufgrund aufwendiger Konversionsprozesse deutlich höher als bei den Biofestbrennstoffen und Biogas.

Der Energieertrag je eingesetzte Dezitonne Frischmasse variiert aufgrund verschiedener Trockenmassegehalte und Beschaffenheiten zwischen den Bioenergieträgern stark. Die untersuchten Biofestbrennstoffe haben einen Energieertrag von 195,6 (KUP) – 327,19 (Stroh) kWh je Dezitonne Frischmasse (vgl. Tabelle 30). Aus diesem Grund und da verursachte Treibhausgasemissionen im nachgelagerten Bereich variieren (vgl. Tabelle THG-Emissionen Konversion) unterscheiden sich auch die netto bzw. brutto CO₂-Äquivalent Gutschriften. Die flächenbezogene Nettogutschrift ist für den Miscanthusanbau mit 11680 kg CO₂-Äquivalenten aufgrund des vergleichsweise hohen Ertrages am höchsten.

Die Verwertung von Biomasse in Biogasanlagen generiert einen Energieertrag je Dezitonne Frischmasse von 36 kWh Wärme und 31 kWh Strom. Bezogen auf einen Hektar entspricht dies einem Energieertrag für Mais (bei einem Frischmasseertrag von 445 dt/ha) von 16 MWh Wärme und 13 MWh Strom. Für die auf Grasmasse, -silage basierte Biogasanlage ist der Energieertrag je Hektar aufgrund des geringeren Frischmasseertrags

(104 dt FM/ha) deutlich geringer (vgl. Tabelle 30). Die CO₂-Äquivalent Nettogutschriften sind je eingesetzte Dezitonne mit 26 bzw. 27 kg CO₂-Äquivalenten deutlich geringer als für die Biofestbrennstoffe. Flächenbezogene Nettogutschriften sind beim Mais aufgrund des hohen Frischmasseertrages von 445 dt je Hektar mit 11951 CO₂-Äquivalenten vergleichbar und besser als die der Biofestbrennstoffe.

Tabelle 30: Vergleich Klimafreundlichkeit der Bioenergieträger Hackschnitzel, Miscanthus Häckselballen, Stroh, Biogas, RME und Ethanol

| Kultur | KUP | Miscanthus | Getreidestroh | Silomais | Grasgemenge | Raps | Winterweizen | Roggen |
|--|---------------|-----------------|-----------------|----------------|---------------|---------------|-------------------|-------------------|
| Referenzfluss: 1dt Frischmasse | | | | | | | | |
| Prozess/Verwertung | HS-HW | Misc.-HW | Stroh-HW | Biogas | Biogas | RME | Bioethanol | Bioethanol |
| Heizwert [kWh/dt FM] | 224,9 | 269,0 | 367,6 | | | | | |
| Nutzungsgrad [%] | 87,0 | 86,0 | 89,0 | | | | | |
| THG-Emissionen Konversion [kg CO ₂ e/dt FM] | 4,3 | 5,5 | 7,0 | 2,6 | 2,6 | 29,2 | 25,1 | 23,4 |
| Hauptoutput | | | | | | | | |
| kWh Thermisch | 195,6 | 231,3 | 327,2 | 36,3 | 36,9 | | | |
| kWh Elektrisch | | | | 31,1 | 31,6 | | | |
| kg RME | | | | | | 34,7 | | |
| kg Ethanol | | | | | | | 30,4 | 29,3 |
| Koppelprodukte | | | | | | | | |
| kg Rapsschrot | | | | | | 59,1 | | |
| kg Glycerin | | | | | | 3,4 | | |
| kg DDGS | | | | | | | 30,8 | 29,7 |
| Brutto Gutschriften [kg CO₂e/dt] | 57,4 | 67,8 | 95,9 | 29,4 | 29,9 | 148,2 | 68,1 | 65,6 |
| Netto Gutschriften [kg CO₂e/dt] | 53,0 | 62,3 | 88,9 | 26,9 | 27,3 | 119,1 | 43,0 | 42,2 |
| Frishmasse Ertrag [dt FM/ha] | 114,3 | 187,5 | 55,1 | 445,1 | 104,1 | 33,9 | 68,9 | 53,5 |
| Brutto Gutschriften [kg CO₂e /ha] | 6553,8 | 12718,8 | 5288,1 | 13085,9 | 3111,3 | 5025,4 | 4692,3 | 3508,6 |
| Netto Gutschriften [kg CO₂e/ha] | 6059,4 | 11680,7 | 4902,1 | 11951,2 | 2841,5 | 4036,7 | 2963,0 | 2258,7 |

Biokraftstoffe erreichen Nettogutschriften vergleichbar mit denen der Biofestbrennstoffe. Die Nettogutschrift für eine Dezitonne Raps ist allerdings deutlich höher als für eine Dezitonne Winterweizen bei Bioethanolproduktion. Dies hat zwei Ursachen. Erstens ist der Emissionsfaktor für das Substitutionsprodukt Diesel mit 3,1 kg CO₂-Äquivalenten je Liter höher als der des Benzins (2,9 kg CO₂-Äquivalente je Liter). Zweitens fallen bei der Konversion mehr Koppelprodukte (DDGS, Glycerin) an, die mit 53 kg CO₂-Äquivalenten erheblich zur Nettogutschrift beitragen. Flächenbezogen liegen die Nettogutschriften mit

2258 kg CO₂-Äquivalenten (Roggen) bis 4036 kg CO₂-Äquivalenten (Raps) unterhalb der der anderen Bioenergieträger.

4.) Tierhaltung

In Baden-Württemberg spielt die Tierhaltung eine wichtige Rolle. Um sie im Modell möglichst genau abbilden zu können, werden drei große Verfahren unterschieden: Rinderhaltung, Schweinehaltung und Geflügelhaltung. Diese Verfahren sind noch weiter differenziert. Zudem sind die wichtigsten Verfahren in mehrere Leistungsstufen eingeteilt und die Fütterung disaggregiert formuliert. Die Zusammensetzung der Futtermittel orientiert sich an dem jeweiligen Bedarf, der im Modell für jede Leistungsstufe formuliert ist. Auf diese Weise können die Anpassungen an verschiedene Rahmenbedingungen gut abgebildet werden. Die Formulierung der einzelnen Verfahren wurden überwiegend von Triebe (2006) übernommen und an den Basiszeitraum 2001-2005 angepasst.

Die Rinderhaltung wird unterteilt in Milchkuhhaltung, Mutterkuhhaltung, Kälberaufzucht, Färsenaufzucht und –mast und Bullenmast.

In der Schweinehaltung wird unterschieden zwischen Ferkelproduktion, Jungsauenaufzucht und Mastschweinehaltung.

Bei der Geflügelproduktion wird zwischen Legehennenhaltung und Hähnchenmast unterschieden.

Bei der Legehennenhaltung wird eine jährliche Legeleistung von 270 Eiern angenommen.

Eine ausführliche Beschreibung der einzelnen Tierhaltungsverfahren geben Angenendt et al. (2007) und Triebe (2007).

5.1.3 Auswahl der Betriebsmodelle und Hochrechnungsmodul

Wie bereits beschrieben, wird mit EFEM die Landwirtschaft auf regionaler Ebene auf Basis von einzelbetrieblichen Ergebnissen modelliert. Zur Auswahl der hierfür benötigten typischen Betriebsmodelle werden die einzelbetrieblichen Datensätze des Informations-Netzes Landwirtschaftlicher Buchführungen (INLB) genutzt. Die regionale Untergliederung der ökonomischen Modellierung erfolgt auf der Ebene der Vergleichsgebietsgruppen. Diese wurde gewählt, da die Datenanonymität der für die Modellierung benötigten einzelbetrieblichen INLB-Datensätze³ eine höhere regionale Auflösung nicht ermöglicht. Die Einteilung und die Auswahl der typischen Betriebe erfolgt nach Betriebstypen anhand der EU-Klassifizierung. Die Kapazitäten der ausgewählten typischen Betriebes bilden die Restriktionen des Betriebsstrukturmoduls.

Für die Projektion der einzelbetrieblichen Ergebnisse auf die regionale Ebene wurde das von KAZENWADEL (1999) entwickelte Hochrechnungsmodul verwendet. Hierbei werden mit Hilfe eines linearen Optimierungsansatzes die Hochrechnungsfaktoren der ausgewählten typischen Betriebe berechnet. Bei dieser Vorgehensweise werden die regionalen Kapazitäten, die der landwirtschaftlichen Regionalstatistik entnommen wurden, als Vektor

³ Die INLB-Daten für Baden-Württemberg wurden dem Institut für Landwirtschaftliche Betriebslehre vom Ministerium für Ernährung und Ländlichen Raum Baden-Württemberg für Forschungszwecke zur Verfügung gestellt.

dargestellt, der als Linearkombination der Vektoren der einzelbetrieblichen Kapazitäten abgebildet werden soll (Statistisches Landesamt Baden-Württemberg, 2008). Durch den Optimierungsansatz wird die Summe der absoluten Unter- und Überschätzungen der einzelnen Kapazitäten minimiert. Um zu gewährleisten, dass Kapazitäten, die für die betrachtete Region von untergeordneter Bedeutung sind, nicht überschätzt werden, wird jede erfasste Kapazität mit ihrem jeweiligen Standarddeckungsbeitrag gewichtet.

Der Modellansatz lässt sich für i Kennzahlen und j Betriebe wie folgt darstellen: es sollen die Variablen $x_1, x_2, \dots, x_n, y_1, y_2, \dots, y_n, z_1, z_2, \dots, z_n$ so bestimmt werden, dass sich für die Funktion:

$$B = \sum_{i=1}^m c_i \times y_i + \sum_{i=1}^m d_i \times z_i \quad (i = 1, 2, \dots, m) \quad (1)$$

unter den Bedingungen:

$$r_i = \left(\sum_{j=1}^n a_{ij} \times x_j \right) + y_i - z_i \quad (j = 1, 2, \dots, n) \quad (2)$$

$$\text{und} \quad x_i \geq 0, y_i \geq 0, z_i \geq 0 \quad (3)$$

ein Minimum ergibt.

| | | |
|------|------------|---|
| mit: | B | Summe des Betrages der Abweichungen |
| | c_i, d_i | Zielfunktionswerte |
| | r_i | regionale Faktorkapazitäten |
| | x_j | Hochrechnungsfaktoren (Anzahl der Betriebe) |
| | y_i, z_i | Unterschätzungen, Überschätzungen |
| | a_{ij} | einzelbetriebliche Kennzahlen |

Als Ergebnis erhält man zum einen die Hochrechnungsfaktoren (x_j) für die typischen Betriebsmodelle auf die Region und zum anderen die Abweichung der hochgerechneten Kapazitäten, d.h. die Summe der Produkte der jeweiligen einzelbetrieblichen Kapazitäten mit dem jeweiligen Hochrechnungsfaktor, von den regionalen Kapazitäten (y_i, z_i). Die ermittelten Unter- bzw. Überschätzungen einzelner Kapazitäten werden kompensiert, indem die einzelbetrieblichen Kapazitäten so verändert werden, dass die hochgerechneten Kennzahlen der modifizierten Betriebe mit den Regionskennzahlen konsistent sind.

Tabelle 31 zeigt die betrieblichen Kapazitäten der ausgewählten typischen Betriebe am Beispiel der Untersuchungsregion „Unterland/Gäue“ (VGG 1). Die hohe Anzahl an Ackerbaubetrieben und die vergleichsweise große Anbaufläche an Zuckerrübenanbau, verdeutlichen die Bedeutung der Untersuchungsregion als günstigen Ackerbaustandort in Baden-Württemberg. Die ausgewählten typischen Betriebe für alle Untersuchungsregionen sind im Anhang 12 zu finden.

Tabelle 31: Betriebliche Kapazitäten der ausgewählten typischen Betriebe in der Untersuchungsregion VGG 1 (Unterland/Gäue)

| | | Region VGG 1 (Unterland/Gäue) | | | | | Regionale Kapazitäten |
|---------------------|--------|-------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------------------|
| | | Ackerbau | Verbund 1 | Futterbau | Veredlung | Verbund 2 | |
| Ackerfläche | ha | 85,0 | 35,0 | 40,0 | 45,0 | 50,0 | 184194 |
| Grünland | ha | 7,0 | | 63,1 | | | 42885 |
| Zuckerrüben | ha | 7,1 | | 4,2 | | 6,6 | 15431 |
| Kartoffeln | ha | 1,7 | | | | | 2715 |
| Rinder | Platz | 6,0 | | | | | 10389 |
| Milchkühe | Platz | | | 63,0 | | | 31621 |
| Mutterkühe | Platz | 3,0 | | | | | 4881 |
| Mastschweine | Platz | | 342,0 | | | 2,0 | 106664 |
| Zuchtsauen | Platz | | 54,0 | | | 75,0 | 39273 |
| Legehennen | Platz | | | | 13118,0 | | 666377 |
| Masthähnchen | Platz | | | | 1650,0 | | 83625 |
| Hochrechnungsfaktor | Anzahl | 1599,5 | 310,1 | 501,9 | 50,8 | 300,3 | |

5.2 Berechnung der Referenzsituation 2003

Im ersten Schritt der Modellierung wird die Abbildungsgüte des Modells geprüft bzw. validiert. Dazu wird für den Basiszeitraum 2001-2005 (Ref_2003) ein Modellergebnis errechnet, die sog. Optimierte Basis. Sie dient zur Modellvalidierung. Sie stellt eine optimierte Ist-Situation für den hier gewählten Basiszeitraum 2001 bis 2005 dar. Hierbei wird unterstellt, dass die Betriebsorganisation unter den gültigen agrar- und umweltpolitischen Rahmenbedingungen sowie gegebenen Erzeuger- und Betriebsmittelpreisen so angepasst wird, dass der Gesamtdeckungsbeitrag maximiert wird. Der Abgleich der modellierten Tierzahlen, Flächenanteile und der Flächennutzung mit den Daten der Agrarstrukturerhebungen 2003 des Statistischen Landesamtes Baden-Württemberg dient der Validierung der Abbildungsgüte von EFEM. Hierzu war eine Sonderabfrage der statistischen Daten auf Vergleichsgebietsgruppenebene notwendig. Der bei der Modellierung verwendete Hochrechnungsansatz und die in EFEM integrierten Fruchtfolgerestriktionen dienen zur Kalibrierung des Modells.

Die Ergebnisse der Berechnung der Referenzsituation und der Vergleich mit der Statistik ist in Tabelle 32 dargestellt. Die Abweichung der berechneten Grünlandfläche von dem statistischen Wert erklärt sich dadurch, dass in der berechneten Referenzsituation das Grünland nicht vollständig genutzt wird. Die Anbauumfänge der Kulturen in der Referenzsituation stimmen gut mit der Statistik überein. Nur der Anbau von Sonnenblumen ist in der berechneten Referenz deutlich niedriger, als in der Realität. Aufgrund der geringen gesamten Anbaufläche von Sonnenblumen im Jahr 2003 ist dies aber zu vernachlässigen. Ebenso wie die Anbauumfänge der einzelnen Kulturen, zeigen auch die in der Referenzsituation gehaltenen Tiere nur geringe Abweichungen von den statistischen Werten.

Tabelle 32: Vergleich der berechneten Referenzsituation mit den statistischen Werten des Jahres 2003 für Baden-Württemberg

| | | Referenz (Modell) | Statistik | Abweichung |
|--------------------------|--------|----------------------|-----------|------------|
| Grünland | ha | 524.903 | 544.105 | -3,5% |
| Ackerfläche | ha | 837.330 | 837.323 | 0,0% |
| Wintergetreide | ha | 323.114 | 316.738 | 2,0% |
| Sommergetreide | ha | 171.184 | 163.120 | 4,9% |
| Mais (Körner-, Silomais) | ha | 150.995 | 146.706 | 2,9% |
| Winterraps | ha | 70.896 | 70.141 | 1,1% |
| Sonnenblumen | ha | 297 | 859 | -65,4% |
| Zuckerrüben | ha | 22.036 | 20.624 | 6,8% |
| Kartoffeln | ha | 6.371 | 6.820 | -6,6% |
| Milchkühe | Plätze | 387.201 | 398.290 | -2,8% |
| Zuchtsauen | Plätze | 299.661 | 299.859 | -0,1% |
| Mastschweine | Plätze | 662.094 | 652.419 | 1,5% |
| Broiler | Plätze | 863.010 | 873.591 | -1,2% |
| Legehennen | Plätze | 2.661.451 | 2.662.045 | 0,0% |

Quelle: eigene Berechnungen und Stala (2008)

5.3 Modellergebnisse der Szenarien

Im Folgenden werden zunächst die Szenarienannahmen beschrieben, auf denen die einzelnen Ergebnisse beruhen. Im Anschluss daran werden die Modellergebnisse dargestellt. Eine Zusammenfassung dieser Ergebnisse befindet sich im Kapitel 5.6.

5.3.1 Szenarienannahmen

Um die möglichen zukünftigen Entwicklungsvarianten der baden-württembergischen Landwirtschaft unter verschiedenen Voraussetzungen betrachten zu können, wurden mehrere Szenarien definiert, die im Folgenden beschrieben werden.

Als erstes wurde das Business as usual 2015 – Szenario definiert. Es stellt eine Projektion der optimierten Referenzsituation auf das Jahr 2015 dar und dient als Vergleichsmaßstab der zu untersuchenden Wechselwirkungen zwischen verstärktem Energiepflanzenanbau und Natur- und Umweltschutz in Baden-Württemberg. Das Jahr 2015 wurde, wie bereits in Kapitel 4.2 beschrieben, gewählt, da zu diesem Zeitpunkt alle agrarpolitischen Änderungen bereits umgesetzt sind. Sowohl für die Acker- als auch für die Grünlandflächen wurde unterstellt, dass ihr Umfang bis zum Jahr 2015 erhalten bleibt und gegenüber dem Referenzjahr 2003 keine Veränderungen auftreten. Eine Abnahme der landwirtschaftlichen Nutzfläche zugunsten von Siedlungs- und Verkehrsflächen wurde nicht angenommen.

Zunächst wird nun dargestellt, wie die politischen Rahmenbedingungen der gemeinsamen Agrarreform, die in Kapitel 4.2 beschrieben worden sind, in dem Regionalmodell EFEM umgesetzt werden.

Wie bereits beschrieben, werden die Direktzahlungen bis zum Jahr 2015 auf einen regionalen Zielwert, der in Baden-Württemberg bei 308,05 €/ha liegt, angeglichen. Dies wurde

in EFEM umgesetzt, indem jedem genutzten Hektar ein Zahlungsanspruch von 308,05 €/ha, abzüglich der Modulation, zugewiesen wurde.

Von der Stilllegungsverpflichtung, die bis zum Jahr 2009 obligatorisch war, wird angenommen, dass sie auch weiterhin ausgesetzt wird. Der Erhalt der Direktzahlungen ist an bestimmte, i. d. R. umweltrelevante, Bewirtschaftungsauflagen geknüpft, die als Cross-Compliance-Regelungen bezeichnet werden. Eine dieser Vorgaben ist die Erhaltung der organischen Bodensubstanz- und -struktur. Dies wird in EFEM unter anderem mit einer integrierten Humusbilanz umgesetzt.

Ohne, dass der Landwirt eine Genehmigung braucht, darf der Grünlandumbruch im Zuge dieser Verordnung auf 5 % des Dauergrünlandanteils erfolgen. D.h. 95 % des Basiswertes, der sich aus dem Dauergrünlandanteil des Jahres 2003 ergibt, sollen möglichst erhalten bleiben (vgl. dazu BMELV, 2006a). Eine weitere Ausdehnung des Grünlandumbruchs bedarf einer Genehmigung. Laut dem Statistischen Landesamt Baden-Württemberg gab es im Jahr 2003 etwa 544.000 ha Dauergrünland in Baden-Württemberg. Ohne, dass es genehmigungspflichtig wäre, dürften davon 5 %, also etwa 27.200 ha umgebrochen werden. In dem Modell können daher maximal 5 % des Grünlandanteils des Referenzjahres 2003 umgebrochen werden. Der Grünlandumbruch ist jedoch im Business as usual 2015 – Szenario (BAU_2015) noch nicht zulässig, da durch die Modellrechnungen der Biomassenszenarien aufgezeigt werden soll, welcher Konkurrenzdruck auf die Flächen ausgelöst werden könnte.

Da die Milchquote 2015 laut den Health Check - Beschlüssen auslaufen soll, wurde diese Annahme auch im Modell umgesetzt. Allerdings sind keine Investitionsaktivitäten in EFEM integriert, so dass die Stallplatzkapazität einschränkend auf eine mögliche Ausdehnung der Milchproduktion wirkt. Auch die Zuckerrübenquoten gelten nicht mehr im BAU_2015.

Aus den im Rahmen des „Health Check“ veröffentlichten agrarpolitischen Untersuchungen konnten wichtige, für die Modellierung mit EFEM benötigten Eingangsparameter gewonnen werden. Die für das Szenario benötigten Betriebsmittel- und Erzeugerpreise für 2015 wurden von dem Institut für Marktanalyse und Agrarhandelspolitik des Bundesforschungsinstituts für Ländliche Räume, Wald und Fischerei (Johann Heinrich von Thünen-Institut, vTI) zur Verfügung gestellt. Sie wurden für die Studie Health Check der EU-Agrarpolitik - Auswirkungen der Beschlüsse mit Hilfe des partiellen Gleichgewichtsmodell AGMEMOD berechnet (GÖMANN et al., 2009). Diese Preise sind Durchschnittspreise für ganz Deutschland, die Preise werden ab 2002 ausgewiesen und die Zeitreihe bis 2020 fortgesetzt. Die im Health Check für 2003 ermittelten Preise stimmen nicht mit den in EFEM für das Referenzjahr 2003 ermittelten Preisen überein. Daher wurden auch für das Jahr 2015 nicht die absoluten Preise übernommen, sondern lediglich die relativen Veränderungen zum Referenzjahr. Die so errechneten Betriebsmittel- und Erzeugerpreise für 2015 sind in Anhang 14 und Anhang 15 dargestellt.

Die Abschätzungen der im Jahr 2015 zu erwartenden Erträge erfolgte anhand von Ertragsdaten des Statistischen Landesamtes Baden-Württemberg auf Vergleichsgebietsgruppenebene. Anhand der Erträge von 1989 bis 2005 wurden mit Hilfe von Regressionsgleichungen (nach der Methode der kleinsten Quadrate) die Erträge für 2015 berechnet. Diese sind in Anhang 16 aufgeführt.

Für die Belange des Naturschutzes wird in diesem Szenario von der aktuellen Situation ausgegangen. Das Business as usual 2015 – Szenario, im Folgenden auch als **BAU_2015** bezeichnet, dient als Grundlage für die Entwicklung aller weiteren Szenarien und auch als Vergleichsszenario für die folgenden Szenarien.

In den Biomassesszenarien, im Folgenden auch als BioE 1, BioE 2 und BioE 3 bezeichnet, werden die Anbauverfahren von EFEM um Verfahren und Verwertungspfade zur Bioenergieproduktion erweitert (Dauergrünland für Biogas, Miscanthus und KUPS zur Verbrennung). Während im BAU_2015 – Szenario der Anbau von Energiepflanzen nur auf 5 % der Ackerfläche zulässig ist, wird er in diesen Szenarien erweitert. Die drei Biomassesszenarien BioE 1, BioE 2 und BioE 3 unterscheiden sich durch die vorgegebenen Möglichkeiten die mehrjährigen Kulturen Miscanthus, Pappeln und Weiden anzubauen und die Einschränkungen im Bereich des Energiepflanzenanbaus insgesamt. Die genauen Anteile der Energiekulturen in den einzelnen Szenarien sind aus Tabelle 35 ersichtlich. Um den vermehrten Energiepflanzenanbau zu ermöglichen, wurden auch die Fruchtfolgeanteile geändert. Besonders für Mais wurden sie erhöht (vgl. dazu Tabelle 35). Die möglichen Anbauflächen für die mehrjährigen Kulturen Miscanthus und Kurzumtriebsplantagen sind in Tabelle 33 aufgeführt. Der Ausschluss verschiedener Flächen erfolgte für die Biomassesszenarien ausschließlich aufgrund standörtlichen Gegebenheiten (Klima, Bodenart etc. vgl. dazu auch Kapitel 4.4). Hierdurch können sich die potenziellen Anbauflächen in den Vergleichsgebietsgruppen stark unterscheiden. In VGG 1 sind beispielsweise für den Anbau von Pappeln und Weiden fast 96 % der Ackerfläche geeignet und in VGG 4 lediglich 24 %. Unter der Annahme, dass nicht die vollständige, geeignete Fläche eines Gebietes für den Anbau mehrjähriger Kulturen genutzt wird, wurde die mögliche Anbaufläche auf 30 % der geeigneten Fläche beschränkt. Weitere Gründe für die Begrenzung sind außer ökonomische Verhaltensweisen, Aversion gegen langfristige Bindung, Bürgerwiderstand u.a. Die absoluten Zahlen in ha sind in Tabelle 33 angegeben. In VGG 1 bedeutet dies z.B., dass bei einer gesamten Ackerfläche von 184.194 ha und einer geeigneten Fläche von ca. 96 % der Anbau von Pappeln und Weiden auf etwa 176.458 ha durchführbar wäre. Unter der Vorgabe, dass auf 30 % dieser Fläche der Anbau möglich sein soll, ergibt sich für VGG 1 eine maximale Anbaufläche für Pappeln und Weiden von 52.921 ha. In den Gebieten Schwarzwald, Alb/Baar und Allgäu ist der Anbau von Miscanthus nicht möglich.

Tabelle 33: Geeignete Anbaufläche für die mehrjährigen Kulturen in den Biomassesszenarien

| Vergleichsgebietsgruppe | Ackerfläche | geeignete Fläche für Pappeln und Weiden | | geeignete Fläche für Miscanthus | |
|----------------------------------|---------------|---|---------------|---------------------------------|---------------|
| | | ha | % | ha | % |
| 1 Unterland / Gäue | 184194 | 95,8 | 52921 | 92,7 | 51221 |
| 2 Rhein / Bodensee | 120000 | 89,4 | 32185 | 80,9 | 29119 |
| 3 Schwarzwald | 16946 | 24,9 | 1266 | 0,0 | 0 |
| 4 Alb / Baar | 114603 | 24,1 | 8282 | 0,0 | 0 |
| 5 Allgäu | 4028 | 78,3 | 946 | 0,0 | 0 |
| 6 Oberland / Donau | 162473 | 89,0 | 43362 | 29,8 | 14512 |
| 7 Albvorland / Schwäbischer Wald | 87965 | 66,4 | 17524 | 49,7 | 13104 |
| 8 Bauland / Hohenlohe | 147114 | 78,5 | 34661 | 72,7 | 32089 |
| Baden-Württemberg | 837323 | 76,1 | 191146 | 55,8 | 140045 |

Die Anforderungen des Naturschutzes werden für die Biomassesszenarien auf diejenigen Vorgaben reduziert, die derzeit rechtlich bindend geregelt sind. Naturschutzfachliche Vorgaben mit Empfehlungscharakter werden nicht berücksichtigt. Jedoch wird auch keine „Aufweichung“ der aktuell geltenden Rechtslage angenommen. Dies bedeutet, die Modellierung nimmt an, dass über MEKA geförderte Nutzungsformen aufgegeben werden, wenn eine Alternativnutzung mit höherem ökonomischem Ertrag möglich ist. Auch eine Intensivierung von Extensiv-Grünland sowie Grünlandumbruch - innerhalb der derzeitigen Rechtslage – werden zugelassen. Dagegen bleibt die extensive Nutzung in rechtlich festgesetzten Schutzgebieten wie Natura2000-Gebiete, Wasserschutzgebiete, §32-Biotope u. a. m., wie sie im Szenario „Referenz“ definiert wurde, unberührt.

In den Naturschutzszenarien werden zusätzlich zu den rechtlich bindenden Vorgaben fachliche Empfehlungen für den Naturschutz in der Agrarlandschaft umgesetzt (vgl. Kap.4.3). Sie bauen auf dem BAU_2015-Szenario und den Biomassesszenarien auf und sind als Subszenarien zu bezeichnen. Die aus dem Szenario BAU_2015 entwickelten Naturschutzszenarien werden als **BAU_Nat**, und **BAU_Nat_XL** (BAU-Naturschutz) bezeichnet. Die auf den Biomassesszenarien beruhenden Naturschutzszenarien werden **BioE 1_Nat**, **BioE 1_Nat_XL**, **BioE 2_Nat**, **BioE 2_Nat_XL** und **BioE 3_Nat** genannt (Biomasse-Naturschutz).

Die Szenarien BAU_Nat, und BAU_Nat_XL sollen aufzeigen, wie sich weitergehende Naturschutzvorgaben auf das BAU_2015 auswirken. Die in Tabelle 35 aufgeführten Vorgaben bilden neben den Biomassesszenarien auch für die Naturschutzszenarien die Ausgangsbasis. Bspw. gelten die Annahmen in Tabelle 35 für Szenario 1 sowohl für das Biomassesszenario BioE 1, als auch für BioE 1_Nat und BioE 1_Nat_XL. Zusätzlich dazu werden weitere Annahmen für den Bereich Naturschutz getroffen, die im Modell mit Hilfe verschiedener Flächenrestriktionen umgesetzt werden und in Kapitel 4.3 näher erläutert werden. Die Szenarien BAU_NAT, BioE 1_Nat, BioE 2_Nat und BioE 3_Nat sind Naturschutzszenarien, bei denen eher moderate Naturschutzannahmen getroffen wurden. Die „XL – Szenarien“ BAU_Nat_XL, BioE 1_Nat_XL und BioE 2_Nat_XL dagegen zeichnen sich durch extremere Naturschutzannahmen aus. Für sie wurden die Annahmen aus den einfachen Naturschutzszenarien um 40 % erhöht. Ziel dieser extremen Annahmen war es, die Entwicklungen der baden-württembergischen Landwirtschaft, die durch Naturschutzrestriktionen ausgelöst werden können, zu verdeutlichen.

Ebenso, wie für die Biomassesszenarien sind auch für die Naturschutzszenarien Ausschlussflächen für die mehrjährigen Kulturen formuliert worden. Diese sind in Tabelle 34 aufgeführt. Die Ausschlusskriterien sind hier neben den standörtlichen Bedingungen auch naturschutzfachliche Aspekte. Dadurch werden die möglichen Anbauflächen weiter eingeschränkt. Auch hier ist der Anbau von Miscanthus in den Vergleichsgebietsgruppen Schwarzwald, Alb/Baar und Allgäu nicht möglich. Der Anbau von Pappeln und Weiden ist nur in der Vergleichsgebietsgruppe Alb/Baar vollständig ausgeschlossen.

Tabelle 34: Geeignete Anbaufläche für die mehrjährigen Kulturen in den Naturschutzszenarien

| Vergleichsgebietsgruppe | Ackerfläche ha | geeignete Fläche für Pappeln und Weiden | | geeignete Fläche für Miscanthus | |
|----------------------------------|-------------------|--|--------------|------------------------------------|--------------|
| | | % | ha | % | ha |
| 1 Unterland / Gäue | 184194 | 27,8 | 15371 | 26,4 | 14572 |
| 2 Rhein / Bodensee | 120000 | 16,1 | 5790 | 13,4 | 4837 |
| 3 Schwarzwald | 16946 | 4,6 | 233 | 0,0 | 0 |
| 4 Alb / Baar | 114603 | 0,0 | 0 | 0,0 | 0 |
| 5 Allgäu | 4028 | 37,0 | 447 | 0,0 | 0 |
| 6 Oberland / Donau | 162473 | 23,1 | 11267 | 1,5 | 709 |
| 7 Albvorland / Schwäbischer Wald | 87965 | 19,5 | 5158 | 11,1 | 2938 |
| 8 Bauland / Hohenlohe | 147114 | 17,9 | 7898 | 16,1 | 7102 |
| Baden-Württemberg | 837323 | 18,4 | 46163 | 12,0 | 30157 |

Der Projektbeirat hatte die Entwicklung realitätsnaher, praxisorientierter Modellannahmen gewünscht. Dieser Vorgabe wird nach Ansicht der ProjektbearbeiterInnen sowohl in Szenario „Naturschutz“ als auch in Szenario „Biomasse“ entsprochen.

Tabelle 35: Übersicht über die Basisannahmen für die Szenarien

| | Szenario 1 | Szenario 2 | Szenario 3 |
|--|--|--|---|
| Anteil mehrjähriger Kulturen an der Ackerfläche | Anbau auf maximal 30% der geeigneten Ackerfläche | ohne mehrjährige Kulturen | ohne mehrjährige Kulturen |
| Anteil Energiepflanzen an der landwirtschaftlichen Nutzfläche | Anbau auf gesamter Landnutzungsfläche möglich | Anbau auf maximal 30% der Landnutzungsfläche | Anbau auf gesamter Landnutzungsfläche möglich |
| Anteil Getreide in der Fruchtfolge | max. 75% der Fruchtfolge | max. 75% der Fruchtfolge | max. 75% der Fruchtfolge |
| Anteil Winterraps in der Fruchtfolge | max. 25% der Fruchtfolge | max. 25% der Fruchtfolge | max. 25% der Fruchtfolge |
| Anteil Silomais in der Fruchtfolge | max. 50 - 70% der Fruchtfolge | max. 50 - 70% der Fruchtfolge | max. 50 - 70% der Fruchtfolge |

Die Zusammenhänge zwischen den einzelnen Szenarien sowie die Naturschutzannahmen sind in Kapitel 4.1 noch einmal als Übersicht dargestellt.

5.3.2 Modellergebnisse Business as usual 2015

Das Szenario **BAU_2015**, ist eine Projektion der Basissituation 2001-2005 auf das Jahr 2015. Neben der Anpassung der politischen Rahmenbedingungen wurden auch die Erzeuger- und Betriebsmittelpreise sowie die Erträge der Ackerbaukulturen angepasst.

5.3.2.1 Veränderung der Anbaustruktur und der Tierproduktion

In Tabelle 36 sind die Anbauumfänge, die für das Szenario BAU_2015 berechnet wurden, der optimierten Basis (Ref_2003) gegenübergestellt. Ebenso sind in der Tabelle die Deckungsbeiträge und die Ausgleichsleistungen aus MEKA (Marktentlastungs- und Kulturlandschaftsausgleich) aufgeführt. Um die Werte für die Jahre 2003 und 2015 vergleichbar zu machen, wurden sowohl die Deckungsbeiträge, als auch die MEKA-Ausgleichsleistungen inflationsbereinigt. Beide Werte werden sowohl als Gesamtbetrag für die jeweilige Region, als auch pro Hektar landwirtschaftliche Nutzfläche angegeben. Neben Baden-Württemberg werden zusätzlich noch beispielhaft zwei Vergleichsgebietsgruppen in Tabelle 36 dargestellt, da die Veränderungen in den einzelnen Gebieten teilweise sehr unterschiedlich sind. Die Vergleichsgebietsgruppe 1 (Unterland/Gäue) ist ein typisches Ackerbaugebiet, wohingegen die Vergleichsgebietsgruppe 5 (Allgäu) ein klassisches Futterbaugebiet repräsentiert.

Bei der Betrachtung der Anbauumfänge in Baden-Württemberg fällt auf, dass vermehrt Getreide, aber auch Hackfrüchte, Winterraps und Klee gras angebaut werden. Dagegen geht der Maisanbau um mehr als die Hälfte zurück, ebenso werden weniger Zwischenfrüchte angebaut. Die Kultivierung von Sonnenblumen spielt kaum noch eine Rolle, ebenso wie die Flächenstilllegung zu vernachlässigen ist. Auf Ebene der Vergleichsgebietsgruppen ergibt sich dagegen ein etwas anders Bild.

Auffällig ist, dass sowohl in VGG 1, als auch in VGG 5 der Wintergetreideanbau zunimmt, der Anbau von Winterraps und Klee gras sogar stark zunimmt. Diese Entwicklung ist vergleichbar mit der in ganz Baden-Württemberg. In VGG 1 gewinnt auch der Zuckerrübenanbau leicht an Bedeutung. Der Sommergetreideanbau wird in VGG 1 ausgedehnt, in VGG 5 dagegen wird er stark eingeschränkt. Interessant ist auch die Entwicklung beim Maisanbau. Während er in VGG 1 stark reduziert wird, nimmt er in VGG 5 zu.

Die Deckungsbeiträge nehmen ohne eine Inflationsbereinigung zu. Berücksichtigt man eine durchschnittliche Inflationsrate von jährlich 2 %, so steigen die Deckungsbeiträge lediglich noch im Allgäu stark an. In Baden-Württemberg nimmt der Gesamtdeckungsbeitrag nur leicht zu, in VGG 1 sinkt er sogar um mehr als 10 %. Die für das Szenario BAU_2015 berechneten Deckungsbeiträge pro Hektar liegen in Baden-Württemberg bei etwa 1000 €/ha. In VGG 1 liegen sie etwa 25 % darunter, in VGG 5 etwa 67 % darüber. Diese Werte sind stark von den getroffenen Preisannahmen abhängig und daher mit den Buchführungsergebnissen, die für Baden-Württemberg erfasst werden nur bedingt vergleichbar. Die Inanspruchnahme der MEKA-Förderung ist im Szenario BAU_2015 gegenüber dem Ref_2003 stark rückläufig. Wie bereits in der Referenz Ref_2003 findet die höchste Förderung pro Hektar in der Futterbauregion statt.

Tabelle 36: Vergleich der Anbaustrukturen und ökonomischen Kennzahlen der optimierten Referenzsituation 2003 und dem Szenario BAU_2015

| | | VGG 1 | | VGG 5 | | Baden-Württemberg | |
|--|--------|----------|----------|----------|----------|-------------------|----------|
| | | Ref_2003 | BAU_2015 | Ref_2003 | BAU_2015 | Ref_2003 | BAU_2015 |
| Deckungsbeitrag insgesamt | Mio. € | 207 | 227 | 69 | 110 | 1401 | 1835 |
| Deckungsbeitrag inflationsbereinigt | Mio. € | 207 | 179 | 69 | 87 | 1401 | 1447 |
| | €/ha | 910 | 789 | 1393 | 1753 | 1014 | 1048 |
| Änderung | | | -13,2% | | 25,8% | | 3,3% |
| Förderung MEKA | Mio. € | 14 | 8 | 4 | 3 | 89 | 62 |
| Förderung MEKA inflationsbereinigt | Mio. € | 14 | 7 | 4 | 2 | 89 | 49 |
| | €/ha | 64 | 29 | 72 | 45 | 65 | 35 |
| Änderung | | | -54,8% | | -37,5% | | -45,7% |
| Wintergetreide | ha | 67349 | 73785 | 683 | 706 | 323114 | 333196 |
| Veränderung | | | 9,6% | | 3,3% | | 3,1% |
| Sommergetreide | ha | 42365 | 52005 | 362 | 86 | 171184 | 243292 |
| Veränderung | | | 22,8% | | -76,1% | | 42,1% |
| Mais | ha | 26977 | 15116 | 1980 | 2444 | 150995 | 80056 |
| Veränderung | | | -44,0% | | 23,4% | | -47,0% |
| Kartoffeln | ha | 2719 | 2719 | | | 6371 | 6439 |
| Veränderung | | | 0,0% | | | | 1,1% |
| Zuckerrüben | ha | 16626 | 17856 | | | 22036 | 23643 |
| Veränderung | | | 7,4% | | | | 7,3% |
| Winterraps | ha | 10412 | 16301 | 9 | 29 | 70896 | 89957 |
| Veränderung | | | 56,6% | | 204,2% | | 26,9% |
| Sonnenblumen | ha | 105 | | 14 | | 297 | 76 |
| Veränderung | | | | | | | -74,5% |
| Kleegras | ha | 1803 | 6393 | 662 | 763 | 23314 | 59995 |
| Veränderung | | | 254,5% | | 15,3% | | 157,3% |
| Miscanthus | ha | | | | | | |
| Veränderung | | | | | | | |
| KUPs | ha | | | | | | |
| Veränderung | | | | | | | |
| Brache | ha | 15841 | | 314 | | 69122 | 586 |
| Veränderung | | | | | | | -99,2% |
| Zwischenfrüchte | ha | 52220 | 50330 | 2009 | 1440 | 225153 | 215496 |
| Veränderung | | | -3,6% | | -28,3% | | -4,3% |

Die Nutzung des Dauergrünlandes in Baden-Württemberg ändert sich zunächst einmal dahingehend, dass die gesamte Grünlandfläche genutzt wird. In dem optimierten Referenzszenario war dies auf etwa 3,7 % der Fläche nicht der Fall, da aufgrund einer sehr guten Ausstattung der Betriebsmodelle mit Grünland vor allem die Nutzung des pflegeaufwändige Hanggrünlandes ökonomisch nicht sinnvoll war. Im Szenario BAU_2015 wird dieses Grünland jedoch wieder in die Nutzung aufgenommen, da auch für diese Flächen ein Zahlungsanspruch besteht, dessen Einlösung jedoch an die Pflege der Flächen gebunden ist. Gleichzeitig mit der Zunahme der bewirtschafteten Dauergrünlandfläche nimmt in BAU_2015 aber auch die Intensität der Nutzung ab. Im Gegenzug nimmt das extensive Grünland (bis 3 Schnitte und 40 kg N vgl. Kapitel 5.1.2.2) zu. Dies verdeutlicht auch Abbildung 23 noch einmal.

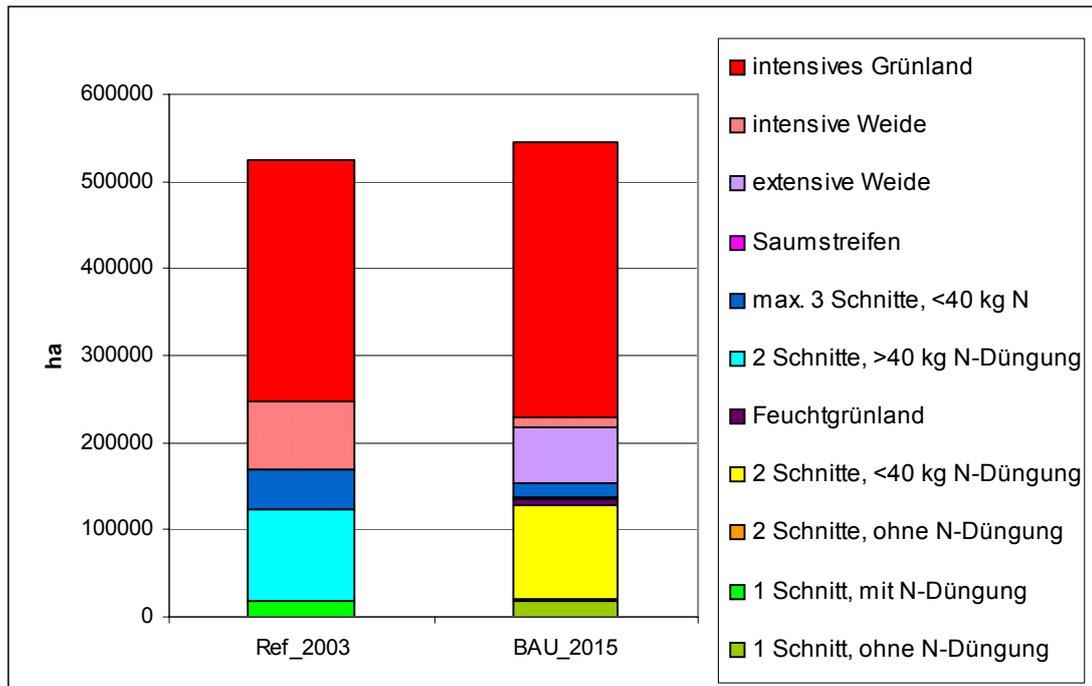


Abbildung 23: Grünlandnutzung in dem optimierten Referenzszenario_2003 und im Szenario BAU_2015 in Baden-Württemberg

Für das Vergleichsgebiet 1 (Unterland/Gäue) zeigt sich ein ähnliches Bild, wie für Baden-Württemberg. Jedoch wurde hier bereits in der Referenz das gesamte Grünland genutzt. Im Allgäu (VGG 5) findet eine gegensätzliche Entwicklung statt. Hier wird das Dauergrünland in der Referenz zwar auch schon vollständig genutzt, jedoch findet im BAU_2015 eine Intensivierung statt (vgl. Abbildung 24).

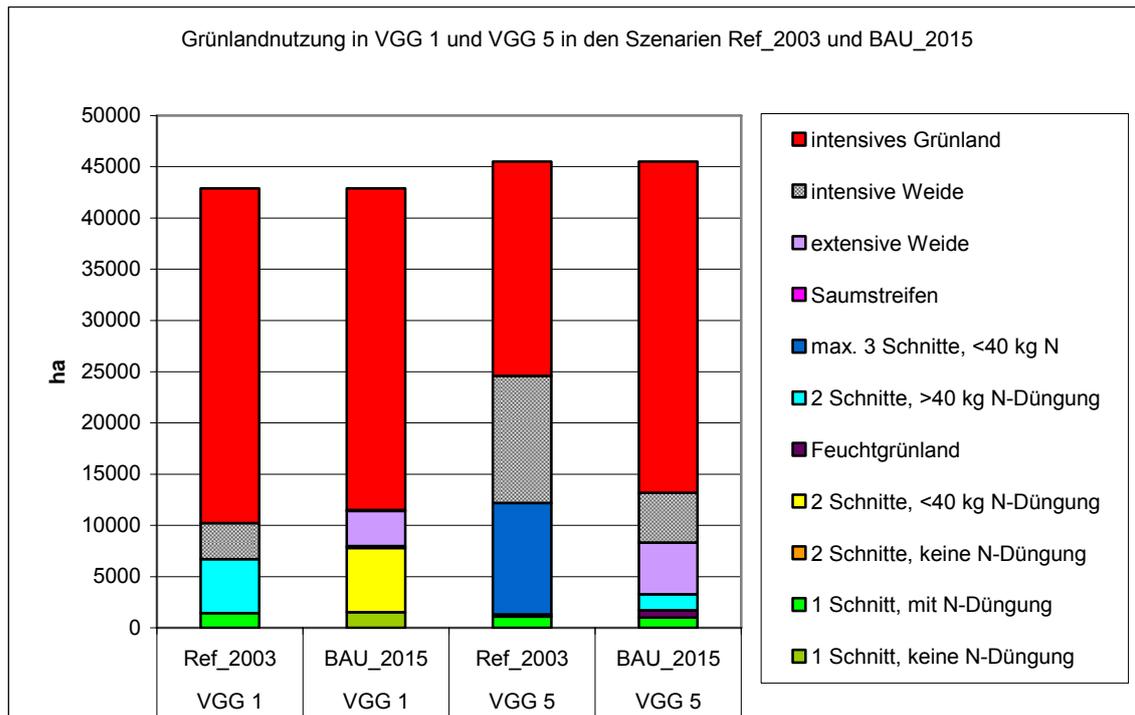


Abbildung 24: Grünlandnutzung in dem optimierten Referenzszenario_ und dem Szenario BAU_2015 in VGG 1 und VGG 5

Die Anzahl der gehaltenen Tiere verändert sich im Vergleich zur Referenz nur unwesentlich, weshalb an dieser Stelle nicht weiter darauf eingegangen werden soll.

5.3.2.2 Bioenergieerzeugung

Der Anbau von Energiepflanzen beschränkt sich sowohl im Szenario Ref_2003, als auch im BAU_2015 auf die Produktion von Raps zur Produktion von Biodiesel und Silomais für die Verwertung in der Biogasanlage. Der Anbau von Raps geht auf Ebene Baden-Württembergs betrachtet im BAU_2015 stark zurück, in VGG 1 wird gar kein Raps mehr angebaut. Da das Allgäu für den Anbau von Raps eher ungeeignet ist und die Ackerfläche knapp bemessen ist, findet bereits in der Referenz kein Rapsanbau statt. Der Anbau von Silomais steigt zwar sowohl auf Ebene der Vergleichsgebietsgruppen, als auch in ganz Baden-Württemberg an, dennoch geht die Netto-Energieproduktion und damit auch der Beitrag zur Deckung des Primärenergiebedarfs zurück (vgl. Tabelle 37). Auch insgesamt nimmt die Fläche, die im BAU_2015 noch für den Anbau von Energiepflanzen genutzt wird, zurück. Dies ist hauptsächlich auf die Ausdehnung des Getreideanbau zurückzuführen.

Tabelle 37: Darstellung des Energiepflanzenanbaus in der Basis_2003 und im Szenario BAU_2015

| | | VGG_1 | | VGG_5 | | Baden-Württemberg | |
|---|----|----------|----------|----------|----------|-------------------|----------|
| | | Ref_2003 | BAU_2015 | Ref_2003 | BAU_2015 | Ref_2003 | BAU_2015 |
| Raps (Biodiesel) | ha | 4907 | | | | 13093 | 1635 |
| Mais (Biogas) | ha | 4273 | 9209 | 36 | 201 | 30019 | 40228 |
| Energieproduktion | TJ | 732 | 942 | 30 | 35 | 5200 | 4282 |
| Anteil am Primärenergiebedarf (in Form von Nettoenergie) | % | | | | | 0,32% | 0,27% |

5.3.2.3 Auswirkungen auf die Treibhausgasemissionen

In Tabelle 38 sind die Treibhausgasemissionen die mit EFEM für das Referenzszenario_2003 und das Szenario BAU_2015 berechnet wurden, dargestellt. Sie können je nach Herkunft dem vorgelagerten Bereich, der Landwirtschaft selber oder dem nachgelagerten Bereich zugeordnet werden. Neben den Emissionen, die in diesen drei Bereichen entstehen, sind auch die Gutschriften, die durch den Anbau von Energiepflanzen entstehen, aufgeführt. In der Bilanzzeile werden die Emissionen und die Gutschriften bilanziert und auch als CO₂-Äquivalente in kg pro Hektar ausgewiesen.

Die Gesamtemissionen nehmen vom Referenzszenario hin zum BAU_2015 sowohl in Baden-Württemberg, als auch in den betrachteten Vergleichsgebietsgruppen 1 und 5 leicht zu. Mit etwa 8 % ist die Zunahme im Ackerbaugebiet Unterland/Gäue etwas höher, als in gesamt Baden-Württemberg. Der Anstieg der Emissionen ist hauptsächlich durch die Aufhebung der konjunkturellen Flächenstilllegung, mit einer insgesamt intensiveren Pflanzenproduktion und dem Zukauf von Futtermitteln zu begründen, da verstärkt Mais für die Verwertung in der Biogasanlage angebaut wird und somit eine geringere Anbaufläche für Futtermittel zu Verfügung steht. Der größte Einfluss des Energiepflanzenanbaus auf die Reduktion der Gesamtbilanz ist in VGG 1 zu beobachten. Wobei der im Modell verwendeten Bilanzrahmen, eine durch den vermehrten Anbau von Bioenergie verursachten Import von Nahrungsmitteln und den damit verbundenen Treibhausgasemissionen nicht berücksichtigt (Verlagerungs- bzw. Leakage Effekte). Auch mögliche indirekte Landnutzungsänderungen ausserhalb Baden-Württembergs und die dadurch entstehende Kohlenstofffreisetzung wird bei der Berechnung nicht mit einbezogen.

Tabelle 38: Treibhausgasemissionen in den Szenarien Ref_2003 und BAU_2015

| | | VGG 1 | | VGG 5 | | Baden-Württemberg | |
|----------------------------------|--------------------------------|----------|----------|----------|----------|-------------------|----------|
| | | Ref_2003 | BAU_2015 | Ref_2003 | BAU_2015 | Ref_2003 | BAU_2015 |
| vorgelagerter Bereich | 1000 t CO ₂ -Äquiv. | 194,1 | 218,3 | 6,3 | 10,3 | 782,8 | 843,0 |
| Landwirtschaft | 1000 t CO ₂ -Äquiv. | 656,3 | 707,1 | 358,3 | 372,8 | 5014,8 | 5268,0 |
| nachgelagerter Bereich | 1000 t CO ₂ -Äquiv. | 13,5 | 9,9 | 0,2 | 0,2 | 69,8 | 47,1 |
| Treibhausgasemissionen insgesamt | 1000 t CO ₂ -Äquiv. | 863,9 | 935,3 | 364,7 | 383,3 | 5867,3 | 6158,1 |
| | t CO ₂ -Äquiv./ha | 3,8 | 4,1 | 7,4 | 7,7 | 4,2 | 4,5 |
| Änderung | | | 8,3% | | 5,1% | | 5,0% |
| Gutschrift Energiepflanzen | 1000 t CO ₂ -Äquiv. | -97,4 | -114,1 | -2,3 | -2,5 | -702,4 | -517,5 |
| Bilanz mit Energiepflanzen | 1000 t CO ₂ -Äquiv. | 766,5 | 821,2 | 362,4 | 380,7 | 5165,0 | 5640,5 |
| | t CO ₂ -Äquiv./ha | 3,4 | 3,6 | 7,3 | 7,7 | 3,7 | 4,1 |
| Änderung | | | 7,1% | | 5,1% | | 9,2% |

5.3.3 Modellergebnisse Szenario „Bioenergie“

5.3.3.1 Veränderung der Anbaustruktur und der Tierproduktion

In der Tabelle 41 werden die Biomassesszenarien dem Szenario Business as usual 2015 gegenübergestellt und auch untereinander verglichen. Die drei Biomassesszenarien unterscheiden sich durch Möglichkeiten für den Anbau der ein- und mehrjährigen Energiepflanzen. In Szenario **BioE 1** ist der Anbau der mehrjährigen Kulturen Miscanthus, Pappeln und Weiden in Baden-Württemberg auf ca. 191.000 möglich (vgl. Tabelle 40). Diese Fläche ist vollständig für Kurzumtriebsplantagen nutzbar. Auf etwa 140.045 ha dieser Fläche ist auch der Anbau von Miscanthus möglich. Der Anbau von einjährigen Energiepflanzen ist in diesem Szenario auf der gesamten Ackerfläche möglich und wird nur durch die Fruchtfolgerestriktion eingeschränkt.

In den Szenarien **BioE 2** und **BioE 3** ist der Anbau von Miscanthus und Kurzumtriebsplantagen nicht möglich. Diese beiden Szenarien unterscheiden sich im möglichen Anbau der einjährigen Energiepflanzen. In Szenario **BioE 2** ist der Anbau nur auf 30 % der Fläche möglich, in Szenario **BioE 3** auf der gesamten Fläche (vgl. dazu auch Tabelle 35).

Zudem ist in den Biomassesszenarien der Grünlandumbruch im gesetzlich erlaubten Rahmen möglich. Im Rahmen der Modellrechnungen wurde diese Option so umgesetzt, dass jeder Betrieb die Möglichkeit hat 5 % seines Grünlandanteils umzubrechen.

Tabelle 39: Veränderung der Acker- und Grünlandflächen durch Grünlandumbruch

| | | | BAU_2015 | BioE 1 | BioE 2 | BioE 3 |
|-----------------------|-----------------------|----|----------|--------|--------|--------|
| VGG_1 | Ackerfläche | ha | 184176 | 185778 | 185778 | 185778 |
| | <i>Veränderung</i> | | | 0,9% | 0,9% | 0,9% |
| | Grünlandfläche | ha | 42883 | 41299 | 41299 | 41299 |
| | <i>Veränderung</i> | | | -3,7% | -3,7% | -3,7% |
| VGG_5 | Ackerfläche | ha | 4028 | 6304 | 6304 | 6304 |
| | <i>Veränderung</i> | | | 56,5% | 56,5% | 56,5% |
| | Grünlandfläche | ha | 45525 | 43249 | 43249 | 43249 |
| | <i>Veränderung</i> | | | -5,0% | -5,0% | -5,0% |
| Baden- Württemberg | Ackerfläche | ha | 837324 | 863401 | 859699 | 859699 |
| | <i>Veränderung</i> | | | 3,1% | 2,7% | 2,7% |
| | Grünlandfläche | ha | 544128 | 518119 | 521820 | 521821 |
| | <i>Veränderung</i> | | | -4,8% | -4,1% | -4,1% |

Tabelle 40: Ausnutzung der möglichen Anbauflächen für die mehrjährigen Kulturen im Szenario BioE 1

| Vergleichsgebietsgruppe | | geeignete Fläche für Pappeln und Weiden | Anbaufläche Pappeln und Weiden in BioE 1 | geeignete Fläche für Miscanthus | Anbaufläche Miscanthus BioE 1 |
|-------------------------|--|---|--|---------------------------------|-------------------------------|
| | | ha | | ha | |
| 1 | Unterland / Gäue | 52921 | 1416 | 51221 | 51219 |
| | <i>Ausnutzung der geeigneten</i> | | 2,7% | | 100,0% |
| 5 | Allgäu | 946 | 68 | 0 | 0 |
| | <i>Ausnutzung der geeigneten</i> | | 7,2% | | |
| | Baden-Württemberg | 191146 | 21816 | 140045 | 136882 |
| | <i>Ausnutzung der geeigneten Anbaufläche</i> | | 11,4% | | 97,7% |

Die Veränderungen der Anbaustrukturen in den einzelnen Biomassenszenarien ist in Tabelle 41 detailliert aufgeführt. Im Szenario **BioE 1** ist aufgrund des Grünlandumbruchs mehr Ackerfläche verfügbar, als im BAU_2015-Szenario. Auf der Ebene Baden-Württembergs betrachtet geht der Anbau von Getreide, Kartoffeln, Zuckerrüben und Winterraps stark zurück zugunsten von Mais, Klee gras und mehrjährigen Energiepflanzen. Besonders stark steigt die Anbaufläche von Silomais an, was besonders mit dessen Nutzung in Biogasanlagen zu erklären ist. Ein ganz ähnliches Bild zeigt sich auch in VGG 1. Im Allgäu (VGG 5) dagegen nimmt die Ackerfläche aufgrund des Grünlandumbruchs so stark zu, dass der Anbauumfang aller im BAU_2015 bereits angebaute Kulturen stark zunimmt. Die einzigen Ausnahmen sind Raps, der nicht mehr angebaut wird und Sommergetreide, dessen Bedeutung rückläufig ist.

Für das Szenario **BioE 2** ergibt sich eine ganz ähnliche Anbaustruktur, wie bereits für BioE 1. Da in diesem Szenario jedoch der Energiepflanzenanbau nicht so stark ausgedehnt werden darf, wie in BioE 1 und der Anbau mehrjähriger Kulturen nicht zulässig ist, nimmt der Maisanbau zwar ebenfalls stark zu, aber weniger, als in BioE 1. Dagegen wird

der Getreideanbau weniger stark eingeschränkt, in den Vergleichsgebietsgruppen 1 und 5 nimmt er sogar zu.

Im Szenario **BioE 3** ist der Anbau mehrjähriger Kulturen ebenfalls nicht möglich, der Anbau einjähriger Energiepflanzen jedoch auf der gesamten Landfläche. Das Bild, das sich in diesem Szenario zeigt ist zwar ebenfalls ähnlich dem von BioE 1, jedoch sind die Ausprägungen der relativen Veränderungen etwas anders. Der Getreideanbau nimmt nicht ganz so stark ab, wie in BioE 1. Genauso verhält es sich mit den Umfängen von Kartoffeln und Zuckerrüben.

Auf Ebene der Vergleichsgebiete nimmt der Wintergetreideanbau zu und der Sommergetreideanbau ab. Alle anderen Änderungen der Anbauumfänge in den VGGs 1 und 5 sind mit denen Baden-Württembergs vergleichbar.

Tabelle 41: Vergleich der Anbaustrukturen der Biomassesszenarien mit BAU_2015

| | VGG 1 | | | | VGG 5 | | | | Baden-Württemberg | | | |
|------------------------|----------|--------|--------|--------|----------|--------|--------|--------|-------------------|--------|--------|--------|
| | BAU_2015 | BioE 1 | BioE 2 | BioE 3 | BAU_2015 | BioE 1 | BioE 2 | BioE 3 | BAU_2015 | BioE 1 | BioE 2 | BioE 3 |
| Wintergetreide | 73785 | 53339 | 74426 | 74426 | 706 | 972 | 1010 | 1003 | 333196 | 218282 | 327537 | 281590 |
| Veränderung | | -27,7% | 0,9% | 0,9% | | 37,8% | 43,0% | 42,1% | | -34,5% | -1,7% | -15,5% |
| Sommergetreide | 52005 | 19922 | 53135 | 44467 | 86 | 63 | 88 | 77 | 243292 | 111582 | 222813 | 152579 |
| Veränderung | | -61,7% | 2,2% | -14,5% | | -27,4% | 1,9% | -10,4% | | -54,1% | -8,4% | -37,3% |
| Mais | 15116 | 51016 | 46512 | 55558 | 2444 | 3678 | 3683 | 3701 | 80056 | 284471 | 219101 | 331301 |
| Veränderung | | 237,5% | 207,7% | 267,5% | | 50,5% | 50,7% | 51,4% | | 255,3% | 173,7% | 313,8% |
| Kartoffeln | 2719 | 2719 | 2719 | 2719 | | | | | 6439 | 4791 | 5603 | 4966 |
| Veränderung | | 0,0% | 0,0% | 0,0% | | | | | | -25,6% | -13,0% | -22,9% |
| Zuckerrüben | 17856 | 784 | 2575 | 2196 | | | | | 23643 | 1252 | 3203 | 2811 |
| Veränderung | | -95,6% | -85,6% | -87,7% | | | | | | -94,7% | -86,5% | -88,1% |
| Winterraps | 16301 | 1344 | 997 | 997 | 29 | | | | 89957 | 14855 | 9831 | 15260 |
| Veränderung | | -91,8% | -93,9% | -93,9% | | | | | | -83,5% | -89,1% | -83,0% |
| Sonnenblumen | | | | | | | | | 76 | | | |
| Veränderung | | | | | | | | | | | | |
| Kleegras | 6393 | 4020 | 5415 | 5415 | 763 | 1523 | 1524 | 1523 | 59995 | 69400 | 71542 | 71123 |
| Veränderung | | -37,1% | -15,3% | -15,3% | | 99,7% | 99,8% | 99,7% | | 15,7% | 19,2% | 18,5% |
| Miscanthus | | 51219 | | | | | | | | 136882 | | |
| Veränderung | | | | | | | | | | | | |
| KUPs | | 1416 | | | | 68 | | | | 21816 | | |
| Veränderung | | | | | | | | | | | | |
| Brache | | | | | | | | | 586 | | | |
| Veränderung | | | | | | | | | | | | |
| Zwischenfrüchte | 50330 | 36002 | 50318 | 50318 | 1440 | 2362 | 2385 | 2388 | 215496 | 200695 | 241527 | 245775 |
| Veränderung | | -28,5% | 0,0% | 0,0% | | 64,0% | 65,7% | 65,9% | | -6,9% | 12,1% | 14,1% |

Die Grünlandnutzung und die Änderungen in der Intensität sind in Abbildung 25 für Baden-Württemberg dargestellt. Deutlich ersichtlich wird bei einem Vergleich des Szenarios BAU_2015 mit den Biomassesszenarien zunächst, dass der zulässige Grünlandumbruch in den Biomassesszenarien nahezu vollständig ausgenutzt wird. Am meisten Grünland wird mit einem Anteil von 4,8 % der Grünlandfläche in Szenario BioE 1 umgebrochen. Dagegen wird in den Szenarien BioE 2 und BioE 3 nur 4,1 % umgebrochen. In allen Biomassesszenarien nimmt die Intensität der Dauergrünlandbewirtschaftung gegenüber dem BAU_2015 zu. In BioE 2 jedoch nicht so stark, wie in den beiden anderen Biomassesszenarien, da hier der Anbau von mehrjährigen Kulturen nicht möglich ist und einjährige Energiekulturen nur auf 30 % der Fläche angebaut werden dürfen. In den Szenarien BioE 1 und BioE 3 wird kaum mehr Grünland extensiv bewirtschaftet, als durch die Naturschutzrestriktionen vorgegeben wird. Auf Ebene der Vergleichsgebietsgruppen ergibt sich für die Verteilung der intensiven und extensiven Nutzung ein ähnliches Bild. Die Abbildungen dazu finden sich in Anhang 17 und Anhang 18.

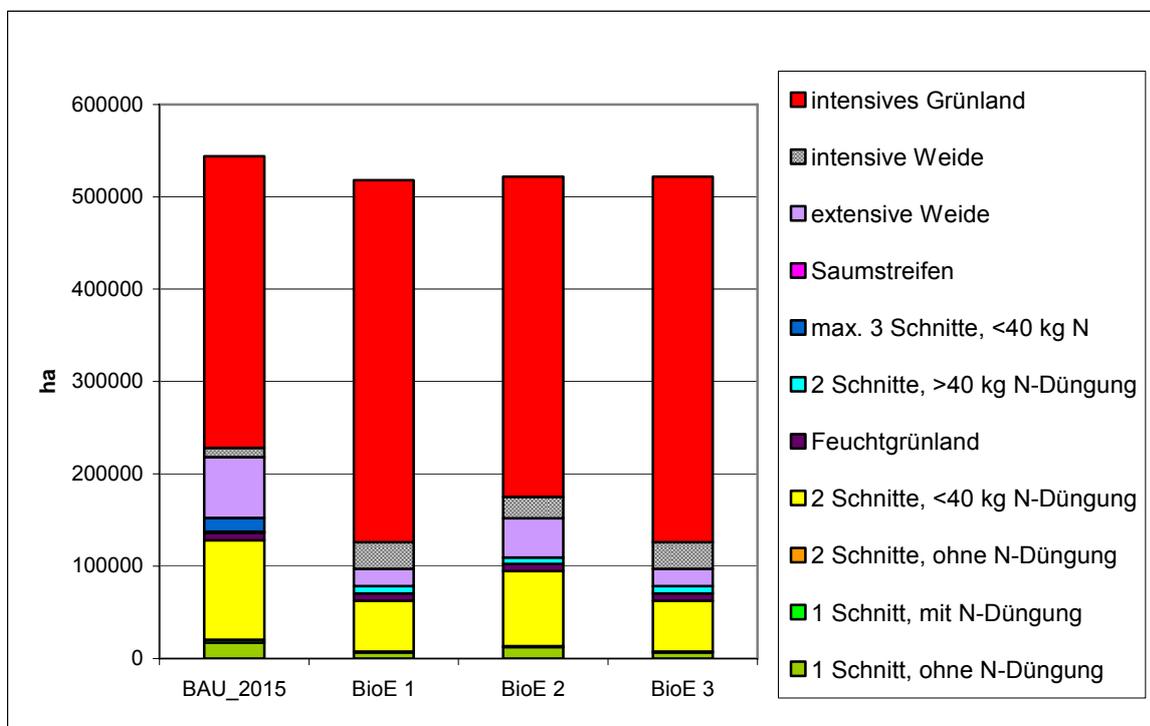


Abbildung 25: Grünlandnutzung in dem Szenario BAU_2015 und den Biomassesszenarien in Baden-Württemberg

Da die Anzahl der gehaltenen Tiere sich auch in den Biomassesszenarien im Vergleich zu den Szenarien BAU_2015 und Ref_2003 nicht verändern, wird an dieser Stelle auf eine weitere Beschreibung verzichtet.

5.3.3.2 Bioenergieerzeugung

Im Vergleich zum Szenario BAU_2015 steigt der Energiepflanzenanbau in den Biomassesszenarien stark an. Die Entwicklung des Energiepflanzenanbaus ist in der Tabelle 42 für Ba-

den Württemberg und in Tabelle 43 für die Vergleichsgebietsgruppen 1 und 5 dargestellt. Auf Ebene Baden-Württembergs betrachtet nimmt bei allen Energiepflanzen der Anbauumfang zu. In Baden-Württemberg wird das Getreidestroh, ebenso wie in den beiden Vergleichsgebietsgruppen 1 und 5, in allen Biomasseszenarien nahezu vollständig der Verbrennung zugeführt. Da das Stroh in diesen Szenarien größtenteils verbrannt wird und nicht mehr für die Humusreproduktion zur Verfügung steht, wird die Humusbilanz durch den Anbau von Zwischenfrüchten ausgeglichen.

Der Rapsanbau für die Biodieselproduktion nimmt zwar auf Ebene Baden-Württembergs zu, jedoch zeigt sich in den hier betrachteten Gebieten VGG 1 und VGG 5 eine völlig andere Entwicklung. Im Unterland/Gäue geht der Rapsanbau stark zurück, in VGG 5 wird, wie bereits im Szenario BAU_2015 schon, gar kein Raps angebaut. Der Anbau von Silomais für die Biogasanlage gewinnt sowohl in Baden-Württemberg insgesamt, als auch in den beiden Vergleichsgebietsgruppen 1 und 5 stark an Bedeutung. Zwar wird dessen Anbau im Szenario BioE 2 nicht ganz so stark ausgedehnt, was auf die Restriktion zurückzuführen ist, dass hier nur auf 30 % der Fläche Energiepflanzen angebaut werden dürfen. Dennoch nimmt der Silomais insgesamt in den Biomasseszenarien zwischen 25 % und 39 % der Ackerfläche ein. Besonders stark ist diese Entwicklung im Allgäu zu beobachten, wo sogar nahezu 60 % der Ackerfläche mit Silomais bestellt werden. Die Möglichkeit Dauergrünland für die Biogasproduktion zu verwenden wird stark genutzt und ist ein Grund für die in Kapitel 5.3.3.1 angesprochene Grünlandintensivierung in den Biomasseszenarien. In den Szenarien BioE 1 und BioE 3 findet die Nutzung von Dauergrünland für die Biogasanlage sowohl auf Ebene Baden-Württembergs, als auch der beiden Vergleichsgebietsgruppen 1 und 5 auf rund 50 % der Fläche statt. Im Szenario BioE 2 sinkt der Anteil der Nutzung in Baden-Württemberg auf etwa 38 %, in VGG 5 auf 32 %. Dieser Rückgang ist durch die Anbaurestriktion für Energiepflanzen auf 30 % der Fläche zurückzuführen. In VGG 1 bleibt der Anteil nahezu konstant. Die Anbaumöglichkeit von mehrjährigen Kulturen in Szenario BioE 1 wird genutzt und trägt einen großen Teil zur Energieproduktion bei (siehe dazu auch Tabelle 40).

Die höchste Energieproduktion wird im Biomasseszenario BioE 1 erreicht. Dies ist hauptsächlich auf den Anbau der mehrjährigen Kulturen Miscanthus und Kurzumtriebsplantagen zurückzuführen. Dagegen ändert sich der Beitrag zur Deckung des Primärenergiebedarfs zwischen den Szenarien BioE 2 und BioE 3 kaum, obwohl im Szenario BioE 3 der Energiepflanzenanbau auf der gesamten Ackerfläche zulässig ist, im Vergleich zu BioE 2, wo er nur auf 30 % möglich ist. Dennoch findet der Energiepflanzenanbau auch im Szenario BioE 3 nur auf etwa 44 % der Fläche statt.

Tabelle 42: Darstellung des Energiepflanzenanbaus in dem Szenario BAU_2015 und den Biomassesszenarien in Baden-Württemberg

| | | Baden-Württemberg | | | |
|--|----|-------------------|--------|--------|--------|
| | | BAU_2015 | BioE 1 | BioE 2 | BioE 3 |
| Strohverbrennung | ha | | 322921 | 549293 | 430531 |
| Raps (Biodiesel) | ha | 1635 | 14855 | 9831 | 15260 |
| Mais (Biogas) | ha | 40228 | 270041 | 204157 | 317563 |
| Dauergrünland (Biogas) | ha | | 264365 | 198888 | 268208 |
| KUPs | ha | | 21816 | | |
| Miscanthus | ha | | 136882 | | |
| Energieproduktion | TJ | 4282 | 86785 | 70374 | 74227 |
| Anteil am Primärenergiebedarf (in Form von Nettoenergie) | % | 0,27% | 5,41% | 4,39% | 4,63% |

Tabelle 43: Darstellung des Energiepflanzenanbaus in dem Szenario BAU_2015 und den Biomassesszenarien in VGG 1 und VGG 5

| | | VGG 1 | | | | VGG 5 | | | |
|------------------------|----|----------|--------|--------|--------|----------|--------|--------|--------|
| | | BAU_2015 | BioE 1 | BioE 2 | BioE 3 | BAU_2015 | BioE 1 | BioE 2 | BioE 3 |
| Strohverbrennung | ha | | 72441 | 127561 | 118893 | | 1035 | 1098 | 1081 |
| Raps (Biodiesel) | ha | | 1344 | 997 | 997 | | | | |
| Mais (Biogas) | ha | 9209 | 48448 | 44414 | 53643 | 201 | 869 | 863 | 891 |
| Dauergrünland (Biogas) | ha | | 22278 | 22169 | 22267 | | 20517 | 14003 | 20501 |
| KUPs | ha | | 1416 | | | | 68 | | |
| Miscanthus | ha | | 51219 | | | | | | |
| Energieproduktion | TJ | 942 | 20689 | 15393 | 15662 | 21 | 654 | 508 | 654 |

5.3.3.3 Auswirkungen auf die Treibhausgasemissionen

Die Treibhausgasemissionen nehmen in den Biomassesszenarien im Vergleich zum BAU_2015 zu. Dies wird in Tabelle 34 für Baden-Württemberg dargestellt. Durch den Anbau von Energiepflanzen ist es in den Biomassesszenarien BioE 1 und BioE 3 jedoch möglich eine negative Bilanz, d.h. eine Einsparung von Treibhausgasemissionen zu erreichen. Auch in BioE 2 wird eine starke Einsparung gegenüber dem Szenario BAU_2015 erreicht. Bezieht man allerdings den Grünlandumbruch und die dadurch freigesetzten CO₂ Emissionen mit ein, der in allen drei Biomassesszenarien möglich ist und auch umgesetzt wird, so kann nur noch im Szenario BioE 1 eine negative Bilanz und in BioE 3 eine schwach negative Bilanz erreicht werden: Hingegen werden im Szenario BioE 2 weiterhin Treibhausgase freigesetzt, wenn auch fast 90 % weniger, als im Szenario Bau_2015. Die zusätzliche Freisetzung von CO₂ durch den Grünlandumbruch tritt hauptsächlich in den ersten etwa fünf Jahren nach dem Umbruch auf, danach gleichen sich die Emissionen wieder an die Situation vor dem Umbruch an (vgl. dazu auch Kapitel 3.3).

Auffällig im Szenario BioE 1 ist, dass die Emissionen im vorgelagerten Bereich stark rückläufig sind, im nachgelagerten Bereich dagegen stark zunehmen. Dies ist durch den Anbau der mehrjährigen Kulturen Miscanthus, Pappeln und Weiden zu erklären. Da sie kaum Dünger

benötigen, werden die Emissionen aus der Düngerproduktion reduziert. Durch die Verbrennung von Miscanthusstroh und Hackschnitzeln steigen die Treibhausgasemissionen im nachgelagerten Bereich an. Auch die Verbrennung von Getreidestroh und die Vergärung von Gras und Mais in der Biogasanlage trägt zu einer Erhöhung der Emissionen im nachgelagerten Bereich bei. Durch den Energiepflanzenanbau ergibt sich eine negative Gesamtbilanz, was einer hohen Treibhausgasemissions Einsparung gleichkommt.

Der Anstieg der Treibhausgasemissionen des vorgelagerten Bereichs in BioE 2 ist hauptsächlich auf eine intensivierete Düngung zurückzuführen. Eine intensivere Bewirtschaftungsweise insgesamt ist die Erklärung für den Anstieg der Emissionen im Bereich Landwirtschaft, da es durch den vermehrten Einsatz von Maschinen zu einem höheren Kraftstoffverbrauch kommt. Im nachgelagerten Bereich erklärt sich die Zunahme, wie bereits im Szenario BioE 1 durch die Strohverbrennung und den zunehmenden Einsatz von Biogasanlagen. In diesem Szenario ist die Gesamtbilanz trotz der Ausdehnung des Energiepflanzenanbaus positiv, d.h. es werden noch Treibhausgase freigesetzt, wenn auch viel weniger, als in BAU_2015

Die größte Änderung der Treibhausgase insgesamt ist dabei im Szenario BioE 3 zu sehen. Im vorgelagerten Bereich nehmen die Emissionen zunächst ab, da durch die hohe Nutzung von Mais und Gras für die Biogasanlage auch vermehrt Gärsubstrat für die Düngung zu Verfügung steht und daher weniger Mineraldünger produziert werden muss. Da insgesamt jedoch eine Intensivierung des Anbaus stattfindet, erhöhen sich auch in diesem Szenario die Emissionen. Da im Szenario BioE 3 der Energiepflanzenanbau stark ausgedehnt wird, sind auch die Emissionen im nachgelagerten Bereich höher, als im BAU_2015.

Bei der Bewertung der Einsparungspotenziale durch den Anbau von Bioenergieträger, muss allerdings berücksichtigt werden, dass durch die gewählten Bilanzierungsgrenzen (vgl. Kap. 5.1.1) Treibhausgasemissionen die sich durch mögliche Importe von Nahrungsmittel nach Baden-Württemberg und auch durch denkbare indirekte Landnutzungsänderungen ausserhalb Baden-Württembergs, nicht berücksichtigt werden.

Tabelle 44: Treibhausgasemissionen in dem Szenario BAU_2015 den Biomassesszenarien in Baden-Württemberg

| | | Baden-Württemberg | | | |
|--|--------------------------|-------------------|---------|---------|---------|
| | | BAU_2015 | BioE 1 | BioE 2 | BioE 3 |
| vorgelagerter Bereich | 1000 t CO ₂ e | 843,0 | 673,9 | 875,1 | 839,7 |
| Landwirtschaft | 1000 t CO ₂ e | 5268,0 | 5305,6 | 5482,2 | 5589,1 |
| nachgelagerter Bereich | 1000 t CO ₂ e | 47,1 | 706,6 | 547,7 | 638,2 |
| Treibhausgasemissionen insgesamt | 1000 t CO ₂ e | 6158,1 | 6686,1 | 6905,0 | 7067,0 |
| | t CO ₂ e/ha | 4,5 | 4,8 | 5,0 | 5,1 |
| Änderung | | | 8,6% | 12,1% | 14,8% |
| Gutschrift Energiepflanzen | 1000 t CO ₂ e | -517,5 | -8395,6 | -6738,1 | -7576,1 |
| Bilanz mit Energiepflanzen | 1000 t CO ₂ e | 5640,5 | -1709,5 | 166,9 | -509,1 |
| | t CO ₂ e/ha | 4,1 | -1,2 | 0,1 | -0,4 |
| Änderung | | | -130,3% | -97,0% | -109,0% |
| CO₂ Freisetzung durch Grünlandumbruch | 1000 t CO ₂ e | | 572,2 | 490,8 | 490,8 |
| Bilanz mit Grünlandumbruch und Energiepflanzen | 1000 t CO ₂ e | | -1137,3 | 657,7 | -18,3 |
| | t CO ₂ e/ha | | -0,8 | 0,5 | 0,0 |
| Änderung (Änderung im Vergleich zu BAU_2015 Bilanz mit Energiepflanzen) | | | -120,2% | -88,3% | -100,3% |

Für die Vergleichsgebietsregionen 1 und 5 sind die Ergebnisse in Tabelle 45 dargestellt. Die Veränderungen in den Biomassesszenarien im Vergleich zum BAU_2015 sind im vorgelagerten Bereich denen in Baden-Württemberg sehr ähnlich. Im Bereich der Landwirtschaft weist VGG 5 ähnliche Änderungen auf, wie Baden-Württemberg. In VGG 1 dagegen nehmen die Emissionen in der Landwirtschaft zu, was auf eine intensivere Bewirtschaftung und damit einem höheren Treibstoffverbrauch zurückzuführen ist. Vergleicht man die emittierten Treibhausgase pro Hektar in den Vergleichsgebieten mit denen in Baden-Württemberg, so zeigt sich, dass sie in VGG 1 etwas niedriger sind und in VGG 5 rund 70 % höher liegen. Bezieht man den Energiepflanzenanbau mit ein, so zeigt sich in VGG 1 ein ähnliches Bild, wie in Baden-Württemberg, die eingesparten Emissionen pro Hektar sind jedoch höher. In VGG 5 sinkt die Menge an freigesetzten CO₂-Äquivalenten zwar, ist aber dennoch deutlich höher, als in Baden-Württemberg. Unter Einbezug des Grünlandes in die Bilanz ändert sich die Freisetzung von Treibhausgasemissionen in VGG 1 kaum, da hier nur sehr wenig Grünland umgebrochen werden kann. In VGG 5, wo der Grünlandumbruch in größerem Umfang möglich ist, verschlechtert sich die Bilanz in allen drei Biomassesszenarien um etwa eine Tonne pro Hektar.

Tabelle 45: Treibhausgasemissionen in dem Szenario BAU_2015 den Biomasse-szenarien in VGG 1 und VGG 5

| | | VGG 1 | | | | VGG 5 | | | |
|---|--------------------------|----------|---------|---------|---------|----------|--------|--------|--------|
| | | BAU_2015 | BioE 1 | BioE 2 | BioE 3 | BAU_2015 | BioE 1 | BioE 2 | BioE 3 |
| vorgelagerter Bereich | 1000 t CO ₂ e | 218,3 | 164,3 | 220,6 | 220,7 | 10,3 | 12,0 | 13,1 | 12,1 |
| Landwirtschaft | 1000 t CO ₂ e | 707,1 | 624,8 | 697,7 | 705,6 | 372,8 | 396,1 | 389,2 | 396,1 |
| nachgelagerter Bereich | 1000 t CO ₂ e | 9,9 | 156,2 | 115,8 | 121,7 | 0,2 | 6,4 | 4,9 | 6,4 |
| Treibhausgasemissionen insgesamt | 1000 t CO ₂ e | 935,3 | 945,3 | 1034,0 | 1048,0 | 383,3 | 414,5 | 407,2 | 414,7 |
| | t CO ₂ e/ha | 4,1 | 4,2 | 4,6 | 4,6 | 7,7 | 8,4 | 8,2 | 8,4 |
| Änderung | | | 1,1% | 10,6% | 12,1% | | 8,2% | 6,2% | 8,2% |
| Gutschrift Energiepflanzen | 1000 t CO ₂ e | -114,1 | -1900,0 | -1451,6 | -1511,2 | -2,5 | -75,3 | -57,6 | -75,3 |
| Bilanz mit Energiepflanzen | 1000 t CO ₂ e | 821,2 | -954,7 | -417,6 | -463,1 | 380,7 | 339,2 | 349,6 | 339,3 |
| | t CO ₂ e/ha | 3,6 | -4,2 | -1,8 | -2,0 | 7,7 | 6,8 | 7,1 | 6,8 |
| Änderung | | | -216,3% | -150,9% | -156,4% | | -10,9% | -8,2% | -10,9% |
| CO ₂ Freisetzung durch Grünlandumbruch | 1000 t CO ₂ e | | 34,9 | 34,9 | 34,9 | | 50,1 | 50,1 | 50,1 |
| Bilanz mit Grünlandumbruch und Energiepflanzen | 1000 t CO ₂ e | | -919,8 | -382,8 | -428,3 | | 389,3 | 399,6 | 389,4 |
| | t CO ₂ e/ha | | -4,1 | -1,7 | -1,9 | | 7,9 | 8,1 | 7,9 |
| Änderung (Änderung im Vergleich zu BAU_2015 Bilanz mit Energiepflanzen) | | | -212,0% | -146,6% | -152,2% | | 2,3% | 5,0% | 2,3% |

5.3.3.4 Ökonomische Kennzahlen

Tabelle 46 gibt einen Überblick über die Änderungen der Deckungsbeiträge und der Förderung durch MEKA (Marktentlastungs- und Kulturlandschaftsausgleich) sowohl für Baden-Württemberg, als auch für die Vergleichsgebietsgruppen 1 und 5 in den Biomasseszenarien gegenüber BAU_2015.

In Baden-Württemberg steigt der Deckungsbeitrag in allen drei Biomasseszenarien gegenüber dem Szenario BAU_2015 an. Der höchste Anstieg ist in BioE 1 zu verzeichnen. Dies ist hauptsächlich auf die Möglichkeit des Anbaus mehrjähriger Energiepflanzen zurückzuführen. Auch die Nutzung der MEKA-Förderung nimmt in allen drei Szenarien zu. Am höchsten ist sie im Szenario BioE 3, da hier extensivere Verfahren vor allem im Getreideanbau genutzt werden und vermehrt Zwischenfrüchte angebaut werden.

Die gleichen Entwicklungen sind auch in VGG 1 zu beobachten. Jedoch wird die MEKA-Förderung im Szenario BioE 1 nicht so stark genutzt, wie im BAU_2015-Szenario.

In VGG 5 steigen die Deckungsbeiträge zwar in den Biomasseszenarien auch leicht an, jedoch sind die Veränderungen weniger ausgeprägt, als in Baden-Württemberg. Dies ist vor allem darauf zurückzuführen, dass die zusätzlichen Anbaumöglichkeiten für Energiepflanzen hier aufgrund der geringen verfügbaren Ackerfläche sehr eingeschränkt sind. Die Nutzung der MEKA-Förderung geht im Allgäu in den Biomasseszenarien zurück, da der Anbau intensiviert wird.

Tabelle 46: Deckungsbeiträge und MEKA-Förderung in dem Szenario BAU_2015 und den Biomassesszenarien für Baden-Württemberg, VGG 1 und VGG 5

| | | BAU_2015 | BioE 1 | BioE 2 | BioE 3 |
|----------------------------------|--------|----------|--------|--------|--------|
| Baden-Württemberg | | | | | |
| Deckungsbeitrag insgesamt | Mio. € | 1835 | 2169 | 2089 | 2112 |
| | €/ha | 1329 | 1570 | 1512 | 1529 |
| Änderung | | | 18,2% | 13,8% | 15,1% |
| Förderung MEKA | Mio. € | 62 | 64 | 69 | 70 |
| | €/ha | 45 | 46 | 50 | 51 |
| Änderung | | | 3,9% | 12,2% | 14,2% |
| VGG 1 | | | | | |
| Deckungsbeitrag insgesamt | Mio. € | 227 | 294 | 272 | 273 |
| | €/ha | 1001 | 1296 | 1200 | 1202 |
| Änderung | | | 29,5% | 19,9% | 20,1% |
| Förderung MEKA | Mio. € | 8 | 8 | 9 | 9 |
| | €/ha | 37 | 35 | 39 | 41 |
| Änderung | | | -5,2% | 7,9% | 13,2% |
| VGG 5 | | | | | |
| Deckungsbeitrag insgesamt | Mio. € | 110 | 115 | 114 | 115 |
| | €/ha | 2224 | 2312 | 2305 | 2312 |
| Änderung | | | 4,0% | 3,7% | 4,0% |
| Förderung MEKA | Mio. € | 3 | 3 | 3 | 3 |
| | €/ha | 57 | 54 | 54 | 54 |
| Änderung | | | -5,6% | -5,5% | -5,5% |

5.3.4 Modellergebnisse Szenario „Naturschutz“

5.3.4.1 Veränderung der Anbaustruktur und der Tierproduktion

In den Szenarien BAU_Nat und BAU_Nat_XL wurde die Referenz BAU_2015 unter Naturschutzbedingungen betrachtet (vgl. dazu auch Kapitel 5.3.1). Die Ergebnisse dieser Berechnungen sind gemeinsam mit den Ergebnissen der Naturschutzszenarien, die auf den Biomassesszenarien beruhen, in Tabelle 47, Tabelle 48 und Tabelle 49 dargestellt.

Zunächst führen stärkere Naturschutzrestriktion in allen Szenarien auf Ebene Baden-Württembergs betrachtet zu einer Reduktion des Getreideanbaus. Ähnlich verhält es sich in den beiden Vergleichsgebietsgruppen 1 und 5, wobei in den „XL-Szenarien“ in VGG 5 der Wintergetreideanbau leicht zunimmt. Der Kartoffelanbau bleibt in den Szenarien BAU_Nat und BAU_Nat_XL konstant, während der Zuckerrübenanbau leicht zunimmt. Das gleiche gilt auch für die Vergleichsgebietsgruppen, allerdings bleibt der Zuckerrübenanbau in VGG 5 konstant. In den Biomasse-Naturschutz-Szenarien verlieren jedoch beide Kulturen an Attraktivität und sind kaum noch von Bedeutung. Während der Anbau von Sonnenblumen im Szenario BAU_Nat noch in sehr kleinem Umfang stattfindet, wird er in den anderen Naturschutzszenarien vollständig eingestellt. Die Flächenstilllegung in Form von selbstbegrünter Brache wird in jedem Szenario in der durch den Naturschutz geforderten Höhe angelegt.

In den Szenarien BAU_Nat und BAU_Nat_XL nimmt der Maisanbau zwar leicht zu im Vergleich zu dem Szenario BAU_2015 jedoch ist diese Zunahme durch Futtermais bedingt, während der Anbauumfang von Mais für die Biogasanlage reduziert wird. In den Biomasse-Naturschutzszenarien steigt der Maisanbau, ebenso, wie auch in den Biomassesszenarien ohne Naturschutz stark an. Auffällig ist, dass in Szenario BioE 3_Nat mehr Silomais ange-

baut wird, als in BioE 3 ohne Naturschutzaufgaben. Dieser zusätzliche Mais findet überwiegend in der Fütterung Verwendung. Diese Entwicklung ist auch in den anderen Naturschutzszenarien zu beobachten und hauptsächlich auf die Einschränkungen im Grünland und damit auf die Aufrechterhaltung der Futtergrundlage zurückzuführen. Während der Anbau von Klee gras in den Szenarien BAU_Nat und BAU_Nat_XL noch eingeschränkt wird, da vermehrt Silomais in die Fütterung fließt, tritt in den Biomasse-Naturschutz-Szenarien das Gegenteil ein. Die Option zum Energiepflanzenanbau und die Naturschutzrestriktionen für das Grünland führen zu einer verstärkten Nutzung von Klee gras und Dauergrünland als Grundfutter und Silomais für die Biogasanlage. Ein etwas anderes Bild zeigt sich für die beiden Vergleichsgebietsgruppen 1 und 5. Im Gegensatz zu Baden-Württemberg reduziert sich der Klee grasanteil in VGG 1 stark. Dies erklärt sich durch einen intensiveren Anbau von Mais, der nicht nur in der Biogasanlage zum Einsatz kommt, sondern auch verstärkt in der Fütterung. Das aufgrund von Naturschutzvorgaben extensivierte Grünland kommt in der Fütterung zu Einsatz, weist aber schlechte Nährwerte auf. In VGG 5 weist der Maisanbau eine gegenläufige Entwicklung zu Baden-Württemberg auf. Abgesehen von den „XL-Szenarien“ wird dennoch mehr Mais als im BAU_2015 in der Biogasanlage eingesetzt. Um das fehlende Grundfutter auszugleichen, wird der Klee grasanbau ausgedehnt. In den „XL-Szenarien“ wird der Maisanbau für die Fütterung nicht eingeschränkt, die Option der Silomaisnutzung in der Biogasanlage dagegen wird weniger genutzt.

Tabelle 47: Vergleich der Anbaustrukturen der Naturschutzszenarien mit BAU_2015 in Baden-Württemberg

| | Baden-Württemberg | | | | | | | |
|------------------------|-------------------|---------|------------|------------|---------------|------------|---------------|------------|
| | BAU_2015 | BAU_Nat | BAU_Nat_XL | BioE 1_Nat | BioE 1_Nat_XL | BioE 2_Nat | BioE 2_Nat_XL | BioE 3_Nat |
| Wintergetreide | 333196 | 320925 | 318329 | 173398 | 172196 | 243245 | 220742 | 190007 |
| Veränderung | | -3,7% | -4,5% | -48,0% | -48,3% | -27,0% | -33,8% | -43,0% |
| Sommergetreide | 243292 | 236950 | 231679 | 181197 | 179297 | 215041 | 205099 | 190761 |
| Veränderung | | -2,6% | -4,8% | -25,5% | -26,3% | -11,6% | -15,7% | -21,6% |
| Mais | 80056 | 82737 | 80917 | 324009 | 310520 | 257534 | 269518 | 335762 |
| Veränderung | | 3,3% | 1,1% | 304,7% | 287,9% | 221,7% | 236,7% | 319,4% |
| Kartoffeln | 6439 | 6439 | 6439 | 1972 | 983 | 1972 | 2072 | 1972 |
| Veränderung | | 0,0% | 0,0% | -69,4% | -84,7% | -69,4% | -67,8% | -69,4% |
| Zuckerrüben | 23643 | 24147 | 24137 | 494 | 502 | 974 | 952 | 530 |
| Veränderung | | 2,1% | 2,1% | -97,9% | -97,9% | -95,9% | -96,0% | -97,8% |
| Winterraps | 89957 | 61155 | 53207 | 859 | 664 | 830 | 781 | 899 |
| Veränderung | | -32,0% | -40,9% | -99,0% | -99,3% | -99,1% | -99,1% | -99,0% |
| Sonnenblumen | 76 | 27 | | | | | | |
| Veränderung | | -64,8% | | | | | | |
| Klee gras | 59995 | 54217 | 51600 | 66269 | 65422 | 67000 | 67142 | 66667 |
| Veränderung | | -9,6% | -14,0% | 10,5% | 9,0% | 11,7% | 11,9% | 11,1% |
| Miscanthus | | | | 29449 | 29449 | | | |
| Veränderung | | | | | | | | |
| KUPs | | | | 8951 | 7273 | | | |
| Veränderung | | | | | | | | |
| Brache | 586 | 27073 | 37903 | 27073 | 37903 | 27073 | 37903 | 27073 |
| Veränderung | | 4520,5% | 6368,7% | 4520,5% | 6368,7% | 4520,5% | 6368,7% | 4520,5% |
| Zwischenfrüchte | 215496 | 287495 | 303144 | 336502 | 337070 | 339301 | 341873 | 349998 |
| Veränderung | | 33,4% | 40,7% | 56,2% | 56,4% | 57,5% | 58,6% | 62,4% |

Tabelle 48: Vergleich der Anbaustrukturen der Naturschutzszenarien mit BAU_2015 in VGG 1

| | VGG 1 | | | | | | | |
|------------------------|----------|---------|------------|------------|---------------|------------|---------------|------------|
| | BAU_2015 | BAU_Nat | BAU_Nat_XL | BioE 1_Nat | BioE 1_Nat_XL | BioE 2_Nat | BioE 2_Nat_XL | BioE 3_Nat |
| Wintergetreide | 73785 | 71767 | 70957 | 55150 | 53135 | 67917 | 63992 | 64686 |
| Veränderung | | -2,7% | -3,8% | -25,3% | -28,0% | -8,0% | -13,3% | -12,3% |
| Sommergetreide | 52005 | 49815 | 48671 | 43879 | 44592 | 47988 | 47466 | 47988 |
| Veränderung | | -4,2% | -6,4% | -15,6% | -14,3% | -7,7% | -8,7% | -7,7% |
| Mais | 15116 | 15962 | 16112 | 53984 | 51247 | 51912 | 52272 | 55143 |
| Veränderung | | 5,6% | 6,6% | 257,1% | 239,0% | 243,4% | 245,8% | 264,8% |
| Kartoffeln | 2719 | 2719 | 2719 | | | | | |
| Veränderung | | 0,0% | 0,0% | | | | | |
| Zuckerrüben | 17856 | 17856 | 17856 | 429 | 437 | 465 | 473 | 465 |
| Veränderung | | 0,0% | 0,0% | -97,6% | -97,6% | -97,4% | -97,4% | -97,4% |
| Winterraps | 16301 | 10604 | 9357 | 509 | 404 | 556 | 501 | 556 |
| Veränderung | | -35,0% | -42,6% | -96,9% | -97,5% | -96,6% | -96,9% | -96,6% |
| Kleegras | 6393 | 5001 | 3863 | 4489 | 4436 | 4886 | 4833 | 4886 |
| Veränderung | | -21,8% | -39,6% | -29,8% | -30,6% | -23,6% | -24,4% | -23,6% |
| Miscanthus | | | | 14572 | 14572 | | | |
| Veränderung | | | | | | | | |
| KUPs | | | | 714 | 714 | | | |
| Veränderung | | | | | | | | |
| Brache | | 5588 | 7824 | 5588 | 7824 | 5588 | 7824 | 5588 |
| Veränderung | | | | | | | | |
| Zwischenfrüchte | 50330 | 77213 | 81884 | 73944 | 75371 | 80834 | 81661 | 80833 |
| Veränderung | | 53,4% | 62,7% | 46,9% | 49,8% | 60,6% | 62,3% | 60,6% |

Tabelle 49: Vergleich der Anbaustrukturen der Naturschutzszenarien mit BAU_2015 in VGG 5

| | VGG 5 | | | | | | | |
|------------------------|----------|---------|------------|------------|---------------|------------|---------------|------------|
| | BAU_2015 | BAU_Nat | BAU_Nat_XL | BioE 1_Nat | BioE 1_Nat_XL | BioE 2_Nat | BioE 2_Nat_XL | BioE 3_Nat |
| Wintergetreide | 706 | 595 | 726 | 636 | 771 | 662 | 787 | 651 |
| Veränderung | | -15,6% | 2,8% | -9,9% | 9,3% | -6,2% | 11,5% | -7,8% |
| Sommergetreide | 86 | 84 | 83 | 66 | 63 | 78 | 67 | 69 |
| Veränderung | | -3,0% | -4,2% | -24,2% | -27,2% | -9,8% | -22,6% | -20,0% |
| Mais | 2444 | 2290 | 2065 | 2093 | 1862 | 2086 | 1874 | 2106 |
| Veränderung | | -6,3% | -15,5% | -14,4% | -23,8% | -14,6% | -23,3% | -13,8% |
| Winterraps | 29 | 23 | 18 | | | | | |
| Veränderung | | -19,7% | -37,9% | | | | | |
| Kleegras | 763 | 761 | 752 | 927 | 916 | 927 | 916 | 928 |
| Veränderung | | -0,2% | -1,4% | 21,6% | 20,1% | 21,6% | 20,1% | 21,7% |
| KUP | | | | 32 | 32 | | | |
| Veränderung | | | | | | | | |
| Brache | | 154 | 215 | 154 | 215 | 154 | 215 | 154 |
| Veränderung | | | | | | | | |
| Zwischenfrüchte | 1440 | 1744 | 1875 | 1675 | 1858 | 1794 | 1874 | 1691 |
| Veränderung | | 21,1% | 30,2% | 16,3% | 29,0% | 24,6% | 30,1% | 17,4% |

Die Nutzung der mehrjährigen Energiepflanzen Miscanthus und Kurzumtriebsplantagen ist nur in den Szenarien BioE 1_Nat und BioE 1_Nat_XL möglich. Die Ausnutzung der maximal möglichen Fläche zeigt Tabelle 50. Deutlich wird, dass auch hier, wir bereits in den Biomassenszenarien die mögliche Anbaufläche von Miscanthus nahezu vollständig ausgenutzt wird und die ökonomisch attraktivere Variante als Pappeln oder Weiden ist.

Tabelle 50: Ausnutzung der möglichen Anbauflächen für die mehrjährigen Kulturen in den Szenarien BioE 1_Nat und BioE 1_Nat_XL

| Vergleichsgebietsgruppe | | geeignete Fläche für Pappeln und Weiden | Anbaufläche Pappeln und Weide in BioE 1_Nat | Anbaufläche Pappeln und Weiden in BioE 1_Nat_XL | geeignete Fläche für Miscanthus | Anbaufläche Miscanthus in BioE 1_Nat | Anbaufläche Miscanthus in BioE 1_Nat_XL |
|-------------------------|--|---|---|---|---------------------------------|--------------------------------------|---|
| | | ha | | | ha | | |
| 1 | Unterland / Gäue | 15371 | 714 | 714 | 14572 | 14572 | 14572 |
| | <i>Ausnutzung der geeigneten Anbaufläche</i> | | 4,6% | 4,6% | | 100,0% | 100,0% |
| 5 | Allgäu | 447 | 32 | 32 | 0 | 0 | 0 |
| | <i>Ausnutzung der geeigneten Anbaufläche</i> | | 7,2% | 7,2% | | | |
| | Baden-Württemberg | 46163 | 8951 | 7273 | 30157 | 29449 | 29449 |
| | <i>Ausnutzung der geeigneten Anbaufläche</i> | | 19,4% | 15,8% | | 97,7% | 97,7% |

Die Nutzung des Dauergrünlandes für Baden-Württemberg ist aus Abbildung 26 ersichtlich. Da die Nutzungsverteilung und deren Entwicklung in den Szenarien in den Vergleichsgebietsgruppen 1 und 5 ähnlich der in Baden-Württemberg insgesamt ist, sind die Abbildungen dafür hier nicht aufgeführt, sondern in Anhang 19 und Anhang 20 zu finden.

In den Naturschutzszenarien ist kein Grünlandumbruch möglich. Aufgrund der Naturschutzvorgaben nimmt der Anteil des extensivierten Grünlandes in allen Naturschutzszenarien gegenüber dem BAU_2015 zu. In den Szenarien, in denen es keine Restriktionen bezüglich der Anbaufläche für Energiepflanzen gibt, wird über die Naturschutzvorgaben hinaus kaum Grünland extensiv bewirtschaftet. D.h., dass es außer auf den aufgrund von Naturschutzzwecken extensivierten Grünlandflächen zu einer Intensivierung kommt. Dies betrifft die Szenarien BioE 1_Nat, BioE 1_Nat_XL, BioE 3_Nat und BioE 3_Nat_XL.

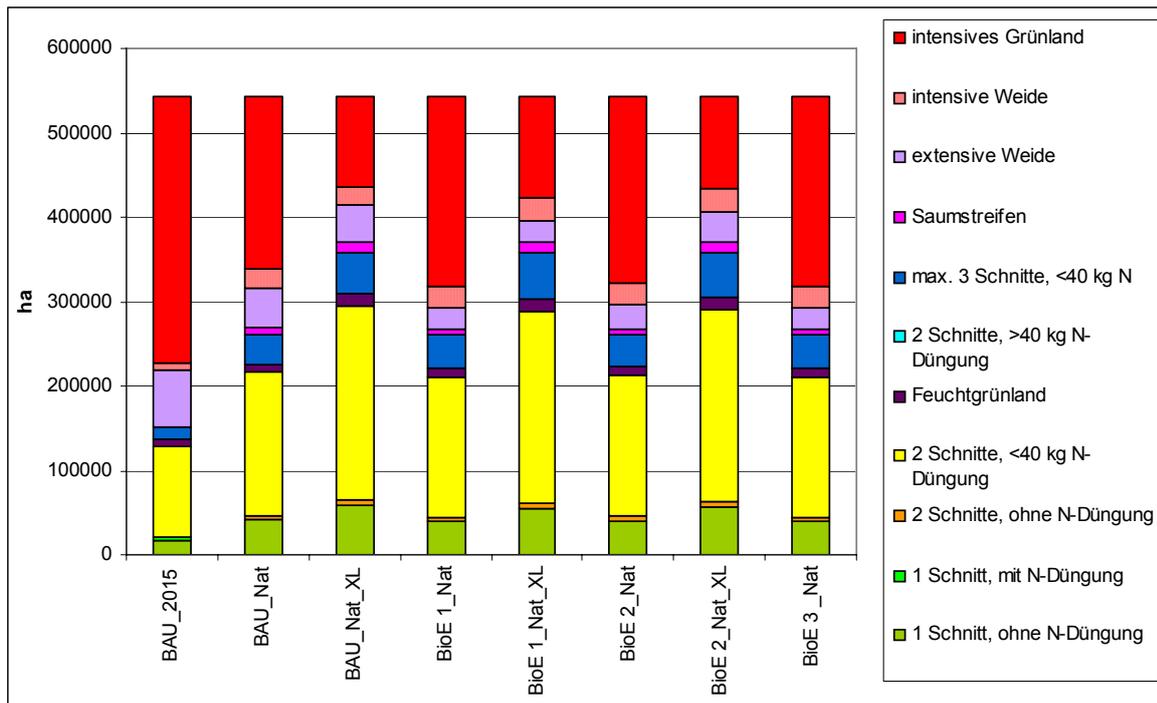


Abbildung 26: Grünlandnutzung in dem Szenario BAU_2015 und den Naturschutzszenarien in Baden-Württemberg

Der Tierbestand ist auch in den Naturschutzszenarien nahezu konstant. Nur der Mutterkuhbestand geht in den „XL-Szenarien“ um etwa 10 % zurück, da aufgrund der starken Nutzungseinschränkungen des Grünlandes die Futtergrundlage stark reduziert wird. Somit führen die Naturschutzmaßnahmen im Grünland tendenziell zu einer Intensivierung der Rinderhaltung.

5.3.4.2 Bioenergieerzeugung

Zunächst soll die Entwicklung der Energiepflanzenproduktion in den Naturschutzszenarien auf Ebene Baden-Württembergs näher beschrieben werden. Die genauen Werte dazu finden sich in Tabelle 51. In den BAU-Naturschutzszenarien ist die Strohverbrennung noch nicht möglich. In den Biomasse-Naturschutzszenarien wird das Stroh in Baden-Württemberg in allen Szenarien zu über 90 % verbrannt. Der Anbau von Raps für die Produktion von Biodiesel nimmt in den BAU-Szenarien mit Naturschutz leicht ab, in den Biomasse-Naturschutzszenarien sinkt der Rapsanbau stark. Dabei führen höhere Naturschutzvorgaben zu weniger Rapsanbau. Der Anbau von Silomais für Biogas wird in allen Naturschutzszenarien gegenüber dem Vergleichsszenario ohne Naturschutz eingeschränkt. Der geringste Silomaisanbau innerhalb der Biomasse-Naturschutzszenarien findet in den „XL-Naturschutzszenarien“ und dem Szenario BioE 2_Nat, in dem die Anbaufläche der Energiepflanzen auf 30 % der Fläche beschränkt ist, statt. Das gleiche Bild ergibt sich auch für die Verwendung von Grünland in der Biogasanlage. Jedoch wird dies im Szenario BioE 2_Nat_XL am wenigsten genutzt. Die höchste Nutzung erfährt das Grünland im Szenario BioE 1_Nat. Der Anbau der mehrjährigen Energiepflanzen ist auch hier nur in den Szenarien BioE 1_Nat und BioE1_Nat_XL möglich. Ebenso, wie im Biomasseszenario BioE 1, wird auch in diesen Szenarien der Miscanthusanbau in einem höheren Maße durchgeführt, als der Anbau von Pappeln und Weiden. Im Vergleich zum Biomasseszenario BioE 1 wird der

mögliche Umfang des Miscanthusanbaus aber nicht so stark genutzt. Im Gegenzug dazu wird jedoch das Anbaupotenzial von Kurzumtriebsplantagen etwas besser ausgenutzt.

Da der Anbau von Raps und Silomais in Baden-Württemberg in den Szenarien BAU_Nat und BAU_Nat_XL reduziert wird, sinkt auch die Energieproduktion und damit der Anteil des Primärenergiebedarfs, der durch die Verwertung von Energiepflanzen gedeckt werden könnte. Obwohl der Anbau von Raps in den Biomasse-Naturschutzszenarien ebenfalls zurück geht, steigt die Energieproduktion und damit auch der Anteil des Primärenergiebedarfs, der durch Energiepflanzen gedeckt werden kann, an. Dies ist vor allem auf die starke Ausdehnung des Maisanbaus, sowie die Nutzung von Stroh, Grünland und im Szenario BioE 1_Nat auch mehrjährige Energiepflanzen, zurückzuführen. Am höchsten ist die Energieproduktion im Szenario BioE 1_Nat, da hier der Anbau von Miscanthus und Kurzumtriebsplantagen, die hohe Energieerträge haben, möglich ist. Zusätzlich dazu kann der Anbau einjähriger Energiepflanzen auf der gesamten verbleibenden Fläche stattfinden.

Tabelle 51: Darstellung des Energiepflanzenanbaus in dem Szenario BAU_2015 und den Naturschutzszenarien in Baden-Württemberg

| | | Baden-Württemberg | | | | | | | |
|--------------------------------------|----|-------------------|---------|------------|------------|---------------|------------|---------------|------------|
| | | BAU_ 2015 | BAU_Nat | BAU_Nat_XL | BioE 1_Nat | BioE 1_Nat_XL | BioE 2_Nat | BioE 2_Nat_XL | BioE 3_Nat |
| Strohverbrennung | ha | | | | 335304 | 325073 | 443857 | 401688 | 360300 |
| Raps (Biodiesel) | ha | 1635 | 1587 | 1569 | 859 | 664 | 830 | 781 | 899 |
| Mais (Biogas) | ha | 40228 | 39045 | 38489 | 309227 | 292192 | 243346 | 254131 | 321315 |
| Dauergrünland (Biogas) | ha | | | | 174806 | 105515 | 153975 | 90588 | 173753 |
| KUPs | ha | | | | 8951 | 7273 | | | |
| Miscanthus | ha | | | | 29449 | 29449 | | | |
| Energieproduktion | TJ | 4282 | 4156 | 4097 | 67510 | 63328 | 62575 | 59064 | 64659 |
| Anteil am Primärenergiebedarf | % | 0,27% | 0,26% | 0,26% | 4,21% | 3,95% | 3,90% | 3,68% | 4,03% |

In VGG 1 ergibt sich ein ähnliches Bild in Bezug auf den Energiepflanzenanbau, wie auch in Baden-Württemberg. Lediglich der Rapsanbau entwickelt sich anders. Während im Szenario BAU_2015 kein Raps für die Produktion von Biodiesel angebaut wurde, findet er in den Biomasse-Naturschutzszenarien in geringem Umfang statt. Auch die Energieproduktion in den einzelnen Szenarien entwickelt sich parallel zu Baden-Württemberg. Die höchste Produktion findet auch hier in Szenario BioE 1_Nat statt.

Tabelle 52: Darstellung des Energiepflanzenanbaus in dem Szenario BAU_2015 und den Naturschutzszenarien in VGG 1

| | | VGG 1 | | | | | | | |
|-------------------------------|----|-----------|---------|------------|------------|---------------|------------|---------------|------------|
| | | BAU_ 2015 | BAU_Nat | BAU_Nat_XL | BioE 1_Nat | BioE 1_Nat_XL | BioE 2_Nat | BioE 2_Nat_XL | BioE 3_Nat |
| Strohverbrennung | ha | | | | 94206 | 90903 | 111022 | 106030 | 107325 |
| Raps (Biodiesel) | ha | | | | 509 | 404 | 556 | 501 | 556 |
| Mais (Biogas) | ha | 9209 | 8966 | 8868 | 51534 | 48705 | 49620 | 49632 | 52851 |
| Dauergrünland (Biogas) | ha | | | | 15157 | 10109 | 15159 | 10113 | 15159 |
| KUPs | ha | | | | 714 | 714 | | | |
| Miscanthus | ha | | | | 14572 | 14572 | | | |
| Energieproduktion | TJ | 942 | 917 | 907 | 15755 | 15070 | 14281 | 13706 | 14302 |

Die Entwicklung des Energiepflanzenanbaus im Allgäu dagegen weicht von der Entwicklung in ganz Baden-Württemberg stärker ab. Das Stroh wird in allen Biomasse-Naturschutzszenarien nahezu vollständig verbrannt, während kein Anbau von Raps stattfindet. Der Silomaisanbau für die Biogasanlage geht in den „XL-Naturschutzszenarien“ stark zurück. Der Silomaisanbau für die Fütterung dagegen ist kaum rückläufig, jedoch nimmt die Düngeintensität zu. Diese Entwicklung ist auch in den anderen Naturschutzszenarien zu beobachten und hauptsächlich auf die Einschränkungen im Grünland und damit auf die Reduzierung des Grundfutterangebots zurückzuführen. Dies zeigt sich auch bei der Nutzung des Dauergrünlandes in den Biomasse-Naturschutzszenarien. Bei höheren Restriktionen für die Grünlandnutzung in den „XL-Szenarien“ steht auch weniger Grünland zur Vergärung in Biogasanlagen zur Verfügung. Durch die starken Nutzungsrestriktionen im Acker- und im Grünland werden die Flächen für die Futterproduktion so wertvoll, dass der Anbau von mehrjährigen Kulturen für die Bioenergieerzeugung nur noch auf 32 ha stattfindet. Der Anbau mehrjähriger Kulturen findet nur in sehr geringem Umfang statt und nur der Anbau von Kurzumtriebsplantagen ist zulässig. Die Energieproduktion ist im Szenario BioE 1_Nat am höchsten, in BioE 3_Nat wird jedoch nur geringfügig weniger produziert.

Tabelle 53: Darstellung des Energiepflanzenanbaus in dem Szenario BAU_2015 und den Naturschutzszenarien in VGG 5

| | | VGG 5 | | | | | | | |
|------------------------|----|----------|---------|------------|------------|---------------|------------|---------------|------------|
| | | BAU_2015 | BAU_Nat | BAU_Nat_XL | BioE 1_Nat | BioE 1_Nat_XL | BioE 2_Nat | BioE 2_Nat_XL | BioE 3_Nat |
| Strohverbrennung | ha | | | | 701 | 830 | 740 | 848 | 719 |
| Raps (Biodiesel) | ha | | | | | | | | |
| Mais (Biogas) | ha | 201 | 145 | 40 | 325 | 108 | 331 | 120 | 338 |
| Dauergrünland (Biogas) | ha | | | | 16368 | 13989 | 14535 | 13029 | 15806 |
| KUPs | ha | | | | 32 | 32 | | | |
| Miscanthus | ha | | | | 0 | 0 | | | |
| Energieproduktion | TJ | 21 | 15 | 4 | 465 | 394 | 437 | 391 | 464 |

5.3.4.3 Auswirkungen auf die Treibhausgasemissionen

Die Treibhausgasemissionen in den verschiedenen Naturschutzszenarien sind für Baden-Württemberg in Tabelle 54 dargestellt. In allen Naturschutzszenarien sind die Emissionen im vorgelagerten Bereich geringer, als im Szenario BAU_2015. Dies ist auf die geringere Düngeintensität aufgrund der Extensivierung zurückzuführen. Besonders stark gehen die Treibhausgasemissionen daher auch in den „XL-Szenarien“ zurück. Auch im Bereich der Landwirtschaft bedeutet eine Extensivierung reduzierte Emissionen, da weniger Treibstoff für die Maschinen gebraucht wird und die düngungsinduzierten Lachgasemissionen zurückgehen.

Dagegen sinken die Emissionen aus der Landwirtschaft in Szenario BioE 1_Nat jedoch nur minimal, in den Szenarien BioE 2_Nat und BioE 3_Nat steigen sie sogar, was auf eine Intensivierung der Anbaufläche, die keinen Restriktionen unterliegt, zurückzuführen ist. In den Szenarien BAU_Nat und BAU_Nat_XL sinken die Treibhausgasemissionen im nachgelagerten Bereich, da der Energiepflanzenanbau eingeschränkt wird. In den Biomasse-Naturschutzszenarien steigen diese Emissionen jedoch stark an, was auf die Ausdehnung des Energiepflanzenanbaus in Vergleich zu BAU_2015 zurückzuführen ist. Unter Einbezug des Energiepflanzenanbaus in die Bilanz verbessert sich diese etwas. Jedoch wird in den

Szenarien BAU_Nat und BAU_Nat_XL noch Treibhausgase freigesetzt. In den Szenarien BioE 1_Nat, BioE 1_Nat_XL und BioE 3_Nat wird eine leicht negative Bilanz und damit eine Treibhausgas Speicherung erreicht. In den Szenarien BioE 2_Nat und BioE 2_Nat_XL dürfen Energiepflanzen nur auf 30 % der Ackerfläche angebaut werden, weshalb keine negative Bilanz möglich ist.

Tabelle 54: Treibhausgasemissionen in dem Szenario BAU_2015 den Naturschutzszenarien in Baden-Württemberg

| | | Baden-Württemberg | | | | | | | |
|----------------------------------|--------------------------|-------------------|---------|------------|------------|---------------|------------|---------------|------------|
| | | BAU_2015 | BAU_Nat | BAU_Nat_XL | BioE 1_Nat | BioE 1_Nat_XL | BioE 2_Nat | BioE 2_Nat_XL | BioE 3_Nat |
| vorgelagerter Bereich | 1000 t CO ₂ e | 843,0 | 733,3 | 683,8 | 606,0 | 559,3 | 690,6 | 616,6 | 647,4 |
| Landwirtschaft | 1000 t CO ₂ e | 5268,0 | 5142,1 | 5032,1 | 5231,9 | 5080,1 | 5278,1 | 5108,3 | 5310,3 |
| nachgelagerter Bereich | 1000 t CO ₂ e | 47,1 | 45,7 | 45,1 | 568,8 | 529,7 | 502,2 | 481,1 | 553,9 |
| Treibhausgasemissionen insgesamt | 1000 t CO ₂ e | 6158,1 | 5921,1 | 5760,9 | 6406,7 | 6169,1 | 6471,0 | 6206,0 | 6511,5 |
| | t CO ₂ e/ha | 4,5 | 4,3 | 4,2 | 4,6 | 4,5 | 4,7 | 4,5 | 4,7 |
| Änderung | | | -3,8% | -6,4% | 4,0% | 0,2% | 5,1% | 0,8% | 5,7% |
| Gutschrift Energiepflanzen | 1000 t CO ₂ e | -517,5 | -502,4 | -495,2 | -6911,3 | -6449,6 | -6219,4 | -5931,9 | -6730,0 |
| Bilanz mit Energiepflanzen | 1000 t CO ₂ e | 5640,5 | 5418,7 | 5265,7 | -504,6 | -280,5 | 251,6 | 274,1 | -218,5 |
| | t CO ₂ e/ha | 4,1 | 3,9 | 3,8 | -0,4 | -0,2 | 0,2 | 0,2 | -0,2 |
| Änderung | | | -3,9% | -6,6% | -108,9% | -105,0% | -95,5% | -95,1% | -103,9% |

In VGG 1 sinken die Treibhausgasemissionen aus dem vorgelagerten Bereich in allen Biomasseszenarien, was auch hier auf eine geringere Düngeproduktion zurückzuführen ist. Ebenso werden im Bereich der Landwirtschaft in allen Szenarien weniger Emissionen erzeugt. Im Gegensatz zu Baden-Württemberg wird hier der Anbau auf den Flächen ohne Restriktionen kaum intensiviert. In den Szenarien BAU_Nat und BAU_Nat_XL sinken die Emissionen im nachgelagerten Bereich aufgrund des reduzierten Energiepflanzenanbaus. In den Biomasse-Naturschutzszenarien steigen diese Emissionen stark an, was auf die Ausdehnung des Energiepflanzenanbaus zurückzuführen ist. Die Treibhausgasemissionen insgesamt sind pro Hektar im Unterland/Gäue 6 % bis 9 % niedriger, als in Baden-Württemberg. Durch den Anbau von Energiepflanzen ist es in allen Biomasse-Naturschutzszenarien möglich, Treibhausgasemissionen Einsparungen zu erreichen.

Tabelle 55. Treibhausgasemissionen in dem Szenario BAU_2015 und den Naturschutzszenarien in VGG 1

| | | VGG 1 | | | | | | | |
|----------------------------------|--------------------------|----------|---------|------------|------------|---------------|------------|---------------|------------|
| | | BAU_2015 | BAU_Nat | BAU_Nat_XL | BioE 1_Nat | BioE 1_Nat_XL | BioE 2_Nat | BioE 2_Nat_XL | BioE 3_Nat |
| vorgelagerter Bereich | 1000 t CO ₂ e | 218,3 | 196,0 | 185,9 | 176,1 | 165,2 | 197,2 | 186,3 | 194,9 |
| Landwirtschaft | 1000 t CO ₂ e | 707,1 | 688,1 | 671,5 | 652,4 | 632,9 | 681,5 | 663,0 | 680,6 |
| nachgelagerter Bereich | 1000 t CO ₂ e | 9,9 | 9,6 | 9,5 | 121,7 | 115,6 | 110,3 | 106,3 | 111,9 |
| Treibhausgasemissionen insgesamt | 1000 t CO ₂ e | 935,3 | 893,7 | 866,9 | 950,2 | 913,7 | 989,0 | 955,6 | 987,3 |
| | t CO ₂ e/ha | 4,1 | 3,9 | 3,8 | 4,2 | 4,0 | 4,4 | 4,2 | 4,3 |
| Änderung | | | -4,4% | -7,3% | 1,6% | -2,3% | 5,7% | 2,2% | 5,6% |
| Gutschrift Energiepflanzen | 1000 t CO ₂ e | -114,1 | -111,1 | -109,9 | -1504,1 | -1432,7 | -1376,3 | -1325,6 | -1391,1 |
| Bilanz mit Energiepflanzen | 1000 t CO ₂ e | 821,2 | 782,6 | 757,1 | -553,9 | -519,0 | -387,4 | -369,9 | -403,8 |
| | t CO ₂ e/ha | 3,6 | 3,4 | 3,3 | -2,4 | -2,3 | -1,7 | -1,6 | -1,8 |
| Änderung | | | -4,7% | -7,8% | -167,5% | -163,2% | -147,2% | -145,0% | -149,2% |

Im Allgäu sinken die Emissionen aus dem vorgelagerten Bereich ebenso, wie auch in Baden-Württemberg. In der Landwirtschaft dagegen steigen die Emissionen in allen Naturschutzszenarien an, bzw. sinken in den Szenarien BAU_Nat und BAU_Nat_XL nur leicht. Dies ist auf eine starke Intensivierung der Anbaufläche zurückzuführen, die ohne Naturschutzvorgaben bewirtschaftet werden kann. Im BAU_2015 sind die Emissionen aus dem nachgelagerten Bereich schon gering, da kaum Energiepflanzen angebaut werden. Während diese im Szenario BAU_Nat konstant bleiben, gehen sie im Szenario BAU_Nat_XL noch zurück. Dagegen steigen sie in den weiteren Naturschutzszenarien aufgrund des ausgedehnten Energiepflanzenanbaus an. Am niedrigsten sind die Treibhausgasemissionen aus dem nachgelagerten Bereich in den „XL-Szenarien“. Die Treibhausgasemissionen insgesamt sind in den BAU-Szenarien relativ konstant. Aufgrund des vermehrt möglichen Energiepflanzenanbaus steigen diese aber in den Biomasse-Naturschutzszenarien um etwa 3 % bis 5 % an. Da in den Szenarien BAU_Nat und BAU_Nat_XL kaum Energiepflanzen angebaut werden, sinken auch die Treibhausgasemissionen nicht, wenn der Energiepflanzenanbau in die Bilanz mit einbezogen wird. In den weiteren Naturschutzszenarien sinken die Emissionen durch den Anbau von Energiepflanzen um etwa eine Tonne pro Hektar. Dennoch werden pro Hektar mehr Emissionen freigesetzt, als in Baden-Württemberg.

Tabelle 56: Treibhausgasemissionen in dem Szenario BAU_2015 und den Naturschutzszenarien in VGG 5

| | | VGG 5 | | | | | | | |
|----------------------------------|--------------------------|----------|---------|------------|------------|---------------|------------|---------------|------------|
| | | BAU_2015 | BAU_Nat | BAU_Nat_XL | BioE 1_Nat | BioE 1_Nat_XL | BioE 2_Nat | BioE 2_Nat_XL | BioE 3_Nat |
| vorgelagerter Bereich | 1000 t CO ₂ e | 10,3 | 9,7 | 8,6 | 8,4 | 8,4 | 8,4 | 6,5 | 8,5 |
| Landwirtschaft | 1000 t CO ₂ e | 372,8 | 372,5 | 371,4 | 388,1 | 384,3 | 386,8 | 386,9 | 388,4 |
| nachgelagerter Bereich | 1000 t CO ₂ e | 0,2 | 0,2 | 0,0 | 4,6 | 3,8 | 4,3 | 3,8 | 4,6 |
| Treibhausgasemissionen insgesamt | 1000 t CO ₂ e | 383,3 | 382,3 | 380,0 | 401,1 | 396,5 | 399,5 | 397,2 | 401,5 |
| | t CO ₂ e/ha | 7,7 | 7,7 | 7,7 | 8,1 | 8,0 | 8,1 | 8,0 | 8,1 |
| Änderung | | | -0,3% | -0,9% | 4,7% | 3,4% | 4,2% | 3,6% | 4,8% |
| Gutschrift Energiepflanzen | 1000 t CO ₂ e | -2,5 | -1,8 | -0,5 | -53,8 | -44,8 | -50,5 | -44,5 | -53,8 |
| Bilanz mit Energiepflanzen | 1000 t CO ₂ e | 380,7 | 380,4 | 379,5 | 347,3 | 351,7 | 349,0 | 352,7 | 347,7 |
| | t CO ₂ e/ha | 7,7 | 7,7 | 7,7 | 7,0 | 7,1 | 7,0 | 7,1 | 7,0 |
| Änderung | | | -0,1% | -0,3% | -8,8% | -7,6% | -8,3% | -7,4% | -8,7% |

5.3.4.4 Ökonomische Kennzahlen

In Tabelle 57 sind die Entwicklungen der Deckungsbeiträge sowie die Förderung durch MEKA in den einzelnen Szenarien für Baden-Württemberg ebenso dargestellt, wie für die Vergleichsgebietsgruppen 1 und 5. Sowohl in Baden-Württemberg, als auch in VGG 1 und VGG 5 sinken die Deckungsbeiträge in den Szenarien BAU_Nat und BAU_Nat_XL, während die Förderung durch MEKA steigt. Diese beiden Effekte sind auf die Restriktionen durch den Naturschutz und die damit verbundene Extensivierung zurückzuführen. Die Naturschutzmaßnahmen werden teilweise durch MEKA gefördert.

In den Biomasse-Naturschutzszenarien nehmen die Deckungsbeiträge in Baden-Württemberg um 9 % bis 12 % im Vergleich zum BAU_2015 zu. Die MEKA-Förderung steigt um etwa ein Drittel, in den XL-Szenarien etwas stärker, als in den anderen Naturschutzszenarien. Die Deckungsbeiträge und die MEKA-Förderung nehmen auch in VGG 1 stark zu, hier sind die Effekte sogar noch ausgeprägter, als in Baden-Württemberg insgesamt. Die Zunahme der MEKA-Förderung in Baden-Württemberg und in VGG 1 ist auf eine Extensivierung des Getreideanbaus zurückzuführen, die über die Naturschutzforderungen hinaus geht. Besonders hohe Deckungsbeiträge werden im Szenario BioE 1_Nat erzielt, was auf den Anbau mehrjähriger Energiepflanzen zurückzuführen ist. Da ein Teil der Naturschutzmaßnahmen durch MEKA kompensiert wird, sind in den „XL-Szenarien“ auch die MEKA-Förderungen am höchsten. Im Allgäu schwanken weder die Deckungsbeiträge zwischen den Biomasse-Naturschutzszenarien besonders stark, noch die MEKA-Förderung. Aufgrund des geringen Anteils von Ackerfläche an der gesamten landwirtschaftlichen Fläche sind die Anpassungsmöglichkeiten an veränderte Rahmenbedingungen in diesem Gebiet sehr eingeschränkt. Da die Milchproduktion im Allgäu einer potenziellen Biomasseproduktion zur Bioenergieerzeugung aus ökonomischer Sicht weiterhin überlegen ist, wird die landwirtschaftliche Nutzfläche hauptsächlich für die Futterproduktion genutzt. Unter den in den Modellsze-

narien gesetzten Rahmenbedingungen zeigt sich eine intensive Futterbauregion wie das VGG 5 nur wenig variabel.

Tabelle 57: Deckungsbeiträge und MEKA-Förderung in dem Szenario BAU_2015 und den Naturschutzszenarien für Baden-Württemberg, VGG 1 und VGG 5

| | | BAU_2015 | BAU_Nat | BAU_Nat_XL | BioE 1_Nat | BioE 1_Nat_XL | BioE 2_Nat | BioE 2_Nat_XL | BioE 3_Nat |
|---------------------------|--------|----------|---------|------------|------------|---------------|------------|---------------|------------|
| Baden-Württemberg | | | | | | | | | |
| Deckungsbeitrag insgesamt | Mio. € | 1835 | 1822 | 1805 | 2058 | 2016 | 2035 | 1998 | 2045 |
| | €/ha | 1329 | 1319 | 1307 | 1490 | 1459 | 1473 | 1447 | 1480 |
| Änderung | | | -0,7% | -1,7% | 12,1% | 9,8% | 10,9% | 8,9% | 11,4% |
| Förderung MEKA | Mio. € | 62 | 68 | 70 | 80 | 83 | 80 | 83 | 82 |
| | €/ha | 45 | 49 | 51 | 58 | 60 | 58 | 60 | 59 |
| Änderung | | | 9,6% | 14,3% | 30,6% | 34,5% | 29,5% | 35,2% | 33,3% |
| VGG 1 | | | | | | | | | |
| Deckungsbeitrag insgesamt | Mio. € | 227 | 225 | 224 | 270 | 266 | 264 | 260 | 264 |
| | €/ha | 1001 | 991 | 986 | 1190 | 1170 | 1162 | 1144 | 1163 |
| Änderung | | | -0,9% | -1,5% | 18,9% | 16,9% | 16,1% | 14,3% | 16,2% |
| Förderung MEKA | Mio. € | 8 | 10 | 10 | 12 | 12 | 12 | 13 | 12 |
| | €/ha | 37 | 43 | 45 | 51 | 53 | 53 | 55 | 53 |
| Änderung | | | 19,0% | 24,0% | 39,7% | 43,8% | 44,6% | 50,9% | 46,3% |
| VGG 5 | | | | | | | | | |
| Deckungsbeitrag insgesamt | Mio. € | 110 | 109 | 108 | 110 | 109 | 110 | 109 | 110 |
| | €/ha | 2224 | 2197 | 2173 | 2221 | 2194 | 2221 | 2195 | 2221 |
| Änderung | | | -1,2% | -2,3% | -0,1% | -1,3% | -0,1% | -1,3% | -0,1% |
| Förderung MEKA | Mio. € | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| | €/ha | 57 | 58 | 59 | 57 | 59 | 57 | 59 | 57 |
| Änderung | | | 0,6% | 2,3% | -1,1% | 2,2% | -0,9% | 2,2% | -1,0% |

5.4 Auswirkungen der Szenarienannahmen auf die Tierhaltung und die Fütterung

In diesem Kapitel soll aufgezeigt werden, welche Auswirkungen die Ausdehnung des Energiepflanzenanbaus und die Naturschutzrestriktionen, insbesondere die das Grünland betreffenden Einschränkungen, auf die Grundfutterbereitstellung und -zusammensetzung haben.

Abbildung 27 zeigt die Verschiebung der Nutzungshäufigkeit sowie der Düngintensität in den einzelnen Biomasse- und Naturschutzszenarien auf Ebene Baden-Württembergs auf. Da die jeweiligen Effekte in der Futterbauregion VGG 5 (Allgäu) noch deutlicher werden, werden diese in Abbildung 28 gesondert dargestellt.

Zunächst verdeutlicht Abbildung 27, dass in Baden-Württemberg mit zunehmenden Naturschutzforderungen, die auch eine Ausweitung des extensiven Grünlandes einschließen, weniger Flächen drei- oder viermal genutzt werden. Die Grünlandfläche, auf der fünf Schnitte stattfinden, ist nur leichten Schwankungen unterworfen. Deutlich wird jedoch auch, dass besonders in den Naturschutzszenarien die Fläche, die keinen Restriktionen unterworfen ist, intensiver gedüngt wird. Bedingt wird dies durch die Rinderhaltung. Während moderate Naturschutzforderungen kaum Einfluss auf die Mutterkuhhaltung haben, führen starke Naturschutzrestriktionen wie in den „XL-Szenarien“ dazu, dass der Mutterkuhbestand um etwa

10 % reduziert wird. Die Anzahl der Milchkühe ist hingegen keinen Änderungen unterworfen, jedoch ist tendenziell eine Extensivierung hin zu niedrigeren Leistungen zu beobachten. Die Naturschutzszenarien führen nicht, wie zu erwarten wäre, zu einer Ausdehnung des Ackerfutterbaus, weil durch die gute Grünlandausstattung der Betriebsmodell und auch durch das Verbot von Grünlandumbruch in den Naturschutzszenarien eine ausreichende Grundfutterversorgung durch Grünland gewährleistet ist. Bei einem höheren Anteil extensiven Grünlandes wird die Intensivierung der verbleibenden Fläche ökonomische interessanter, da auf diese Weise der Energie- und Nährstoffbedarf der Milchkühe weiterhin gedeckt werden kann.

Besonders deutlich treten die beschriebenen Änderungen im Allgäu auf. Dies ist aus Abbildung 28 ersichtlich und soll anhand des Szenarios BioE 2 und dessen Naturschutzszenarien BioE 2_Nat und BioE 2_Nat_XL beschrieben werden. Aufgrund der Naturschutzvorgaben sind bis zu 42 % der Grünlandflächen durch Nutzungsrestriktionen eingeschränkt. Das reduziert also die Grünlandflächen, die ohne Bewirtschaftungsrestriktionen den Landwirten zur Verfügung steht, stark. Um nun die Futtergrundlage der Rinder sicher zustellen, wird die restliche Grünlandfläche deutlich intensiver bewirtschaftet. Das dreischnittige Grünland wird intensiver gedüngt, nimmt aber im Umfang anteilmäßig deutlich ab. Das vierschnittige Grünland wird ausgedehnt und verstärkt gedüngt. Der gleiche Effekt ergibt sich auch für das fünfschnittige Grünland. Im Allgäu bleibt sowohl der Umfang der Rinderhaltung, als auch die Milchleistungen durch die Naturschutzvorgaben nahezu unbeeinflusst.

Es kann also festgehalten werden, dass eine Ausdehnung des extensiv bewirtschafteten Grünlandes zu Naturschutzzwecken eine Intensivierung des verbleibenden Dauergrünlandes nach sich zieht, sowohl bezüglich der Schnitthäufigkeit, als auch der Düngeintensität.

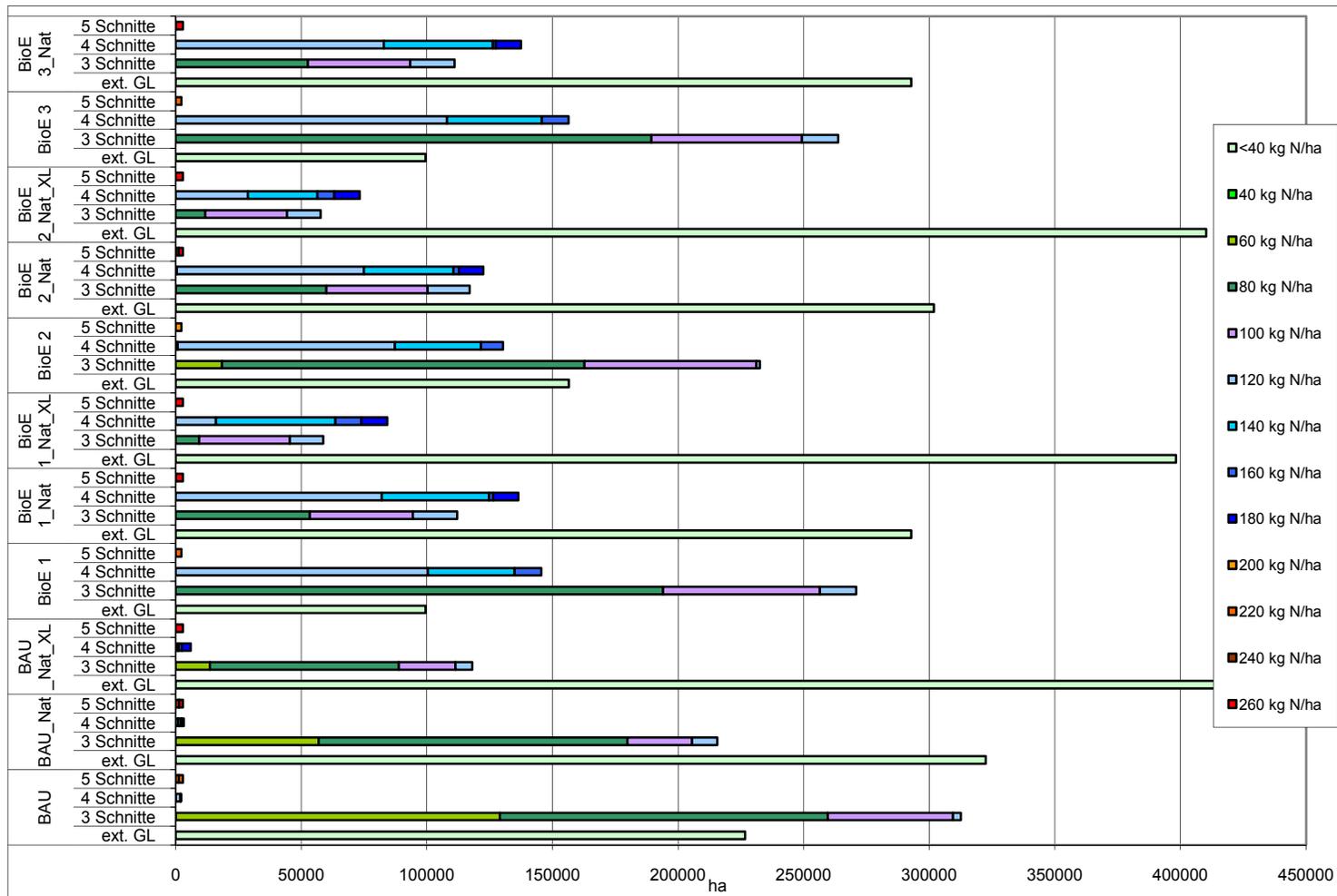


Abbildung 27: Intensitäten der Grünlandnutzung in Baden-Württemberg

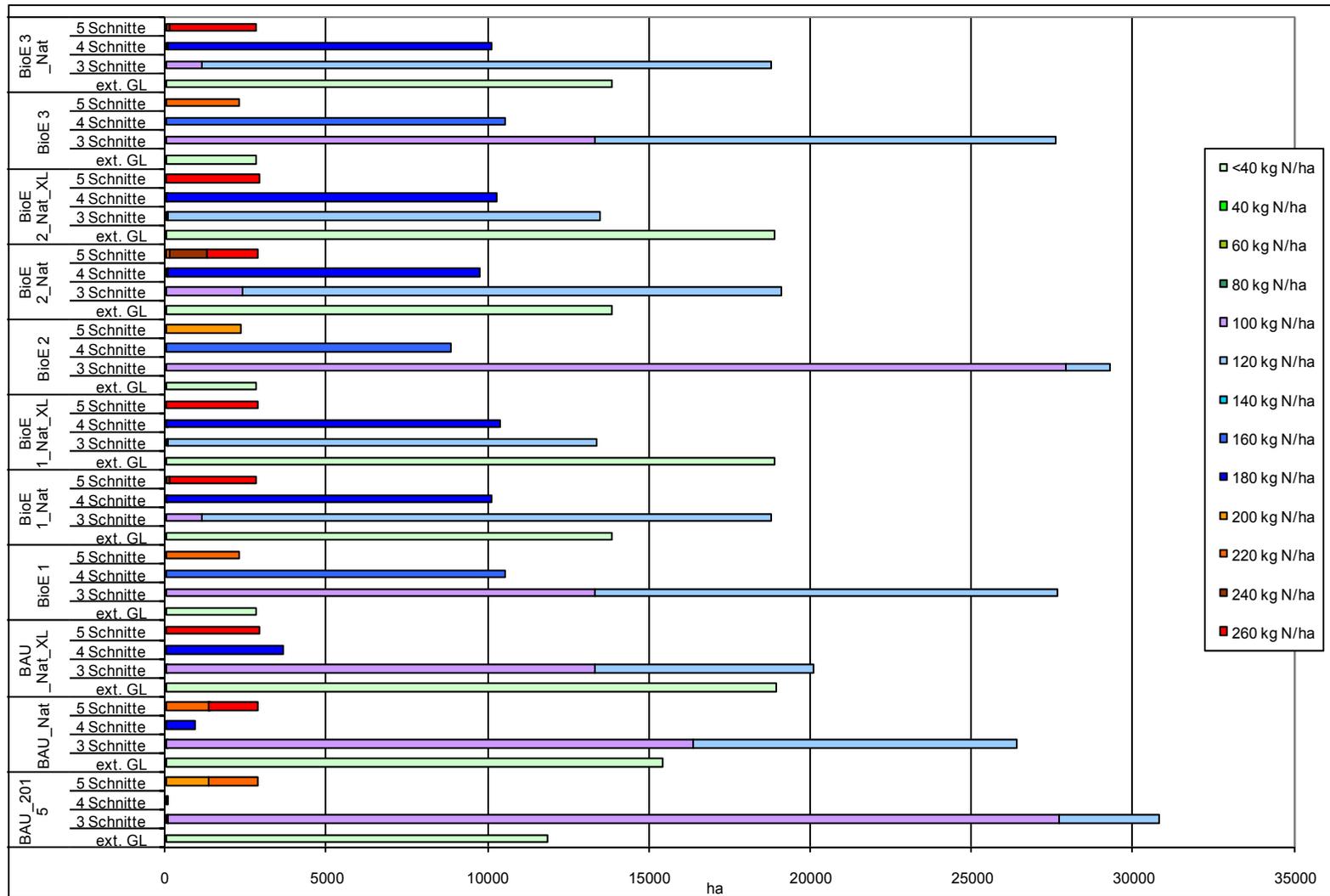


Abbildung 28: Intensitäten der Grünlandnutzung in VGG 5

5.5 Auswirkungen unterschiedlicher Preisannahmen auf das Anbaupotenzial von Bioenergieträgern

Die Ergebnisse von statischen linearen Programmierungsmodellen, wie das hier verwendete EFEM-Modell, sind insbesondere von den exogen vorgegebenen Preisen abhängig. Mit Hilfe von Sensitivitätsanalysen lässt sich der Einfluss einzelner Parameter, wie z.B. der Preise auf das Modellergebnis untersuchen. Um zu überprüfen in welchem Umfang die in den Modellrechnungen angenommenen Preise, das Anbaupotenzial der Bioenergieträger beeinflussen, bzw. welche Anbauumfänge sich unter anderen Preisbedingungen eintreten, wurde eine Sensitivitätsanalyse durchgeführt. Dafür wurden Preise für bestimmte Produkte systematisch geändert, wobei alle anderen Preise des jeweiligen Szenarios unverändert blieben und den Vorgaben aus dem BAU_2015-Szenario entsprechen. Da insbesondere das Potenzial für den Energiepflanzenanbau von Interesse für dieses Projekt ist, wurde als Basisszenario für die Sensitivitätsanalysen das Szenario BioE 1 ausgewählt. In diesem Szenario ist neben der Ausdehnung des Energiepflanzenanbaus auf die gesamte landwirtschaftliche Nutzfläche auch die Option des Anbaus mehrjähriger Energiepflanzen gegeben.

Zunächst wurden die Nahrungs- und Futtermittelpreise schrittweise angehoben. Dadurch ergaben sich folgende Szenarien:

- BioE 1_Nm_+10%: Erhöhung der Nahrungs- und Futtermittelpreise um 10 %
- BioE 1_Nm_+20 %: Erhöhung der Nahrungs- und Futtermittelpreise um 20 %
- BioE 1_Nm_+50 %: Erhöhung der Nahrungs- und Futtermittelpreise um 50 %

Im Weiteren wurde noch die Änderung des Milchpreises überprüft, da diesem Preis besonders in Futterbauregionen wie dem Allgäu große Bedeutung zukommt. Es wurde sowohl eine Erhöhung, als auch eine Reduktion überprüft:

- BioE 1_Milch+20%: Erhöhung des Milchpreises um 20 %
- BioE 1_Milch-20%: Senkung des Milchpreises um 20 %

Die vorherigen Modellszenarien zeigten, dass der Anbau von mehrjährigen Energiepflanzen, insbesondere von Miscanthus, gegenüber einjährigen Kulturen aus ökonomischer Sicht durch konkurrenzfähig ist. Um zu überprüfen, inwieweit dies auch bei sinkenden Preisen für Hackschnitzel und Miscanthus der Fall wäre, wird dieser um 20 % reduziert:

- BioE 1_mjKult-20%: Senkung der Preise für Hackschnitzel und Miscanthus um 20 %

Für den Stickstoffpreis wurde im BAU_2015-Szenario die Annahme getroffen, dass er stark steigt. Daher wurde in zwei Szenarien überprüft, welches Bild sich bei einem niedrigeren Stickstoffpreis ergibt. Dazu wurden folgende Szenarien gerechnet:

- BioE 1_N-20%: Senkung des Stickstoffpreises um 20 %
- BioE 1_N-50%: Senkung des Stickstoffpreises um 50 %

Im Anschluss an die Preissensitivitätsanalysen wurde noch eine Sensitivitätsanalyse für den Grünlandumbruch durchgeführt. Auch hier wurde als Basisszenario das BioE 1 verwendet. Zunächst wurde der Umbruch von Grünland vollständig verboten und im anderen Extrem die Option gegeben die gesamte Dauergrünlandfläche unbegrenzt umzubereiten:

- BioE 1_ohne_GIUb: kein Grünlandumbruch möglich

- BioE 1_frei_GIUb: Umbruch der gesamten Dauergrünlandfläche möglich

Da die Szenarien mit den Sensitivitätsanalysen auf dem Szenario BioE 1 basieren, wurden der Vergleichbarkeit halber neben den Ergebnissen des BAU_2015-Szenarios auch die Ergebnisse von BioE 1 dargestellt. Um die Übersichtlichkeit zu wahren, wird nur auf besonders auffällige Änderungen in den einzelnen Sensitivitätsrechnungen eingegangen.

Wie aus Tabelle 58 ersichtlich nimmt der Grünlandumbruch bei steigenden Nahrungs- und Futtermittelpreisen in den Szenarien BioE 1_Nm_+10%, BioE 1_Nm_+20% und BioE 1_Nm_+50% zu. Die höheren Preise lassen das Getreide sowohl gegenüber der Nutzung des Grünlandes für die Futterwerbung als auch gegenüber dem Maisanbau für die Biogasanlage attraktiver werden. Da auch der Milchpreis in den einzelnen Szenarien entsprechend erhöht wurde, wird die Milchkuhhaltung intensiviert, was auch in einem verstärkten Einsatz von Ackerfutter in der Fütterung zum Ausdruck kommt. Im Gegenzug wird weniger Fläche für den Anbau von Silomais für die Biogasanlage oder für mehrjährige Energiepflanzen genutzt. Auch das Grünland gewinnt als Grundfutterlieferant wieder deutlich an Bedeutung.

Im Vergleich zu BioE 1 findet im Szenario BioE 1_mjKult-20% ein etwas geringerer Grünlandumbruch statt. Dies lässt den Schluss zu, dass zumindest ein Teil des umgebrochenen Grünlandes im Szenario BioE 1 für den Anbau mehrjähriger Kulturen genutzt wird. Sinken die Preise für Hackschnitzel und Miscanthusstroh, wird besonders viel Silomais für die Verwertung in der Biogasanlage angebaut und der Anbau der mehrjährigen Kulturen eingeschränkt.

Demgegenüber wird der Anbauumfang von Miscanthus und KUP besonders stark ausgedehnt, wenn der Milchpreis im Szenario BioE 1_Milch-20% sinkt, da infolgedessen die Milchkuhhaltung extensiviert wird und weniger Ackerfutter für die Fütterung notwendig ist. Lässt man im Szenario BioE 1_frei_GIUb den Grünlandumbruch oberhalb der 5 %-Grenze zu, würde dies in Baden-Württemberg zu einer dramatischen Reduzierung der Grünlandfläche (-43,6 %) führen. Da die Rindviehhaltung in diesem Szenario nicht eingeschränkt wird, lässt dieses Ergebnis Rückschluss auf den Grünlandüberschuss in Baden-Württemberg zu. Im Vergleich zum BAU_2015 würden etwas mehr als 230 000 ha Grünland umgebrochen. Die Studie von Rösch et al. (2007) zur Ableitung der Nutzung von Grünland in Baden-Württemberg zu Energiezwecken, kommt zu dem Ergebnis, dass in 2015 in Baden-Württemberg mit 167.000 ha Grünlandüberschuss zu rechnen ist. Die im Szenario BioE 1 durch Umbruch zusätzlich zur Verfügung stehende Ackerfläche wird dann insbesondere für den Energiepflanzenanbau genutzt. Durch eine deutliche Intensivierung der Milchkuhhaltung wird auch der Ackerfutterbau ausgedehnt. Das für die Fütterung verwendete Grünland nimmt in diesem Szenario kaum ab, die Verwendung in der Biogasanlage sinkt dagegen stark zugunsten der Umwandlung in Ackerland.

In Tabelle 58 ist auch die Energiepflanzenproduktion für Baden-Württemberg in den Szenarien der Sensitivitätsanalysen dargestellt. Es wird deutlich, dass die Menge des Stroh, das für die Verbrennung zur Verfügung steht, dann steigt, wenn die Nahrungsmittelpreise steigen, die Preise für mehrjährige Kulturen sinken oder die Ackerfläche durch Grünlandumbruch stark zunimmt. Dies ist auf die Ausdehnung des Getreideanbaus in diesen Szenarien zurückzuführen.

Der Rapsanbau für die Biodieselproduktion wird bei steigenden Nahrungs- und Futtermittelpreisen unattraktiver. Dagegen wird der Anbau ausgedehnt, wenn die Preise für Hackschnit-

zel und Miscanthusstroh gesenkt werden oder der Stickstoffpreis reduziert wird. Ist der Grünlandumbruch unbeschränkt möglich, so wird der Rapsanbau aufgrund der vermehrt zur Verfügung stehenden Ackerfläche ausgedehnt.

Der Anbau von Silomais für die Vergärung in der Biogasanlage verliert mit steigenden Nahrungsmittelpreisen zunehmend an Bedeutung und geht im Extremfall im Vergleich zu BioE 1 um mehr als 60 % zurück. Der Rückgang der Silomaisfläche für Biogasanlagen ist neben den Preisen, aber insbesondere auch von dem Bedarf der bestehenden Biogasanlagen abhängig. In allen anderen Szenarien bleibt der Anbau auf hohem Niveau vergleichsweise stabil. Eine weitere Ausdehnung (+30 %) würde bei ungebremsten Grünlandumbruch stattfinden.

Die Nutzung von Grünland in der Biogasanlage wird mit steigenden Futter- und Nahrungsmittelpreisen reduziert, da die Nutzung als Grundfutter aufgrund des ebenfalls erhöhten Milchpreises attraktiver wird. Auch bei sinkendem Milchpreis, wird das Dauergrünland vermehrt in der Fütterung eingesetzt, während der Silomais verstärkt in der Biogasanlage Verwendung findet. Besonders wenig Grünland wird in der Biogasanlage genutzt, wenn die Umwandlung von Grünland in Ackerland uneingeschränkt möglich ist. Stärker als in BioE 1 wird das Grünland der Vergärung in der Biogasanlage dann zugeführt, wenn die Milchpreise höher sind, da der Silomais stärker als Grundfutter Verwendung findet. Auch niedrigere Preis für mehrjährige Kulturen und Stickstoff, sowie das Verbot des Grünlandumbruchs lassen die Verwertung von Grünland in der Biogasanlage interessanter werden.

Der Anbau von Miscanthus wird nur bei sehr hohen Nahrungs- und Futtermittelpreisen, bzw. einer Reduktion der Preise für Hackschnitzel und Miscanthusstroh deutlich eingeschränkt. In alle anderen Szenarien unterliegt er kaum Schwankungen. Die Änderungen der Anbauumfänge der mehrjährigen Kulturen in Tabelle 58 ergeben sich im Wesentlichen durch die Reduzierung des Flächenumfangs für Kurzumtriebsplantagen. Bei sehr hohen Nahrungs- und Futtermittelpreisen werden sie nahezu vollständig eingeschränkt und auch wenn die Preise für mehrjährige Energiepflanzen oder die Stickstoffpreise sinken. Eine Ausdehnung über den Wert des Szenarios BioE 1 hinaus findet lediglich dann statt, wenn die Ackerfläche durch Grünlandumbruch stark ausgedehnt wird.

Der Anteil des Primärenergieverbrauchs, der durch den Anbau von Energiepflanzen unter den unterschiedlichen Preisszenarien erzeugt werden kann liegt zwischen 4,9 % bei sehr hohen Nahrungs- und Futtermittelpreisen und knapp 6,3 %, wenn der Grünlandumbruch unbeschränkt möglich ist. Die Energieproduktion nimmt in diesem Szenario zu, da mit dem Anbau von Mais, Raps, Kurzumtriebsplantagen und Miscanthus eine höhere Energieproduktion möglich ist als mit Dauergrünland auf der gleichen Fläche. Jedoch ist kein hoher Anstieg der Energiebereitstellung zu beobachten, da zum einen die Energiebereitstellung aus Grünland stark zurückgeht. Zum anderen wird der Maisanbau für die Biogasanlage zwar noch ausgedehnt, jedoch ist die Fläche begrenzt, da einerseits die Rinderhaltung und damit der Anbau von Grundfutter weiterhin attraktiv ist und andererseits die Fruchtfolgerestriktion einschränkend wirkt. Der Anbau der mehrjährigen Kulturen wird zwar auch noch etwas ausgedehnt, jedoch besteht nur auf 30 % der aus klimatischer Sicht eingeschränkten Anbaufläche die Option Miscanthus oder Kurzumtriebsplantagen anzubauen. Dass die Energieproduktion bei höheren Nahrungs- und Futtermittelpreisen nur wenig sinkt im Vergleich zu BioE 1, hängt mit der Ausdehnung des Getreideanbaus und der daraus resultierenden höheren Strohmenge sowie der nur moderaten Einschränkung des Miscanthusanbaus zusammen.

Tabelle 58: Veränderung der Acker- und Grünlandfläche sowie der Anbaumfänge in den Sensitivitätsanalysen gegenüber dem Szenario BioE_1 auf Ebene von Baden-Württemberg

| | | BioE 1 | BioE 1 _Nm_+10% | BioE 1 _Nm_+20% | BioE 1 _Nm_+50% | BioE 1 _Milch+20% | BioE 1_ Milch-20% | BioE 1 _mjKult-20% | BioE 1 _N-20% | BioE 1 _N-50% | BioE 1 _ohne_GIUb | BioE 1 _frei_GIUb |
|---|----|--------|--------------------|--------------------|--------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|------------------|------------------|----------------------|----------------------|
| Ackerfläche | ha | 863401 | 863400 | 863981 | 864540 | 863400 | 863401 | 859699 | 861780 | 862104 | 837391 | 1074559 |
| <i>Änderungen</i> | % | | 0,0% | 0,1% | 0,1% | 0,0% | 0,0% | -0,4% | -0,2% | -0,2% | -3,0% | 24,5% |
| Grünlandfläche | ha | 518119 | 518119 | 517539 | 516979 | 518119 | 518119 | 521820 | 519740 | 519415 | 544128 | 306961 |
| <i>Änderungen</i> | % | | 0,0% | -0,1% | -0,2% | 0,0% | 0,0% | 0,7% | 0,3% | 0,3% | 5,0% | -40,8% |
| Getreide | ha | 329864 | 401464 | 466973 | 550924 | 329922 | 328938 | 342033 | 331009 | 337927 | 322207 | 405397 |
| <i>Änderungen</i> | % | | 21,7% | 41,6% | 67,0% | 0,0% | -0,3% | 3,7% | 0,3% | 2,4% | -2,3% | 22,9% |
| Ackerfutter | ha | 83830 | 84506 | 85159 | 87837 | 84241 | 81320 | 85126 | 83047 | 83523 | 78983 | 104101 |
| <i>Änderungen</i> | % | | 0,8% | 1,6% | 4,8% | 0,5% | -3,0% | 1,5% | -0,9% | -0,4% | -5,8% | 24,2% |
| Mais Biogas | ha | 270041 | 201138 | 143000 | 104074 | 269561 | 270315 | 279798 | 268032 | 263759 | 257435 | 352088 |
| <i>Änderungen</i> | % | | -25,5% | -47,0% | -61,5% | -0,2% | 0,1% | 3,6% | -0,7% | -2,3% | -4,7% | 30,4% |
| Mehrfährige | ha | 158698 | 156269 | 151082 | 103986 | 158709 | 161861 | 131592 | 158702 | 156288 | 158105 | 184739 |
| <i>Änderungen</i> | % | | -1,5% | -4,8% | -34,5% | 0,0% | 2,0% | -17,1% | 0,0% | -1,5% | -0,4% | 16,4% |
| Sonstige | ha | 20899 | 19955 | 17698 | 17651 | 20899 | 20899 | 21081 | 20921 | 20538 | 20593 | 28166 |
| <i>Änderungen</i> | % | | -4,5% | -15,3% | -15,5% | 0,0% | 0,0% | 0,9% | 0,1% | -1,7% | -1,5% | 34,8% |
| Grünland Futter | ha | 253754 | 260145 | 269203 | 368057 | 251851 | 257250 | 253383 | 253482 | 251488 | 255703 | 244403 |
| <i>Änderungen</i> | % | | 2,5% | 6,1% | 45,0% | -0,8% | 1,4% | -0,1% | -0,1% | -0,9% | 0,8% | -3,7% |
| Grünland Biogas | ha | 264365 | 257974 | 248337 | 148922 | 266268 | 260870 | 268437 | 266258 | 267927 | 288425 | 62558 |
| <i>Änderungen</i> | % | | -2,4% | -6,1% | -43,7% | 0,7% | -1,3% | 1,5% | 0,7% | 1,3% | 9,1% | -76,3% |
| Energiepflanzen | | | | | | | | | | | | |
| Strohverbrennung | ha | 322921 | 392137 | 458309 | 549236 | 322978 | 321994 | 339461 | 318359 | 318722 | 315602 | 394914 |
| Raps (Biodiesel) | ha | 14855 | 13960 | 10961 | 8268 | 14855 | 14855 | 15037 | 15327 | 15215 | 14549 | 22123 |
| Mais (Biogas) | ha | 270041 | 201138 | 143000 | 104074 | 269561 | 270315 | 279798 | 268032 | 263759 | 257435 | 352088 |
| Dauergrünland (Biogas) | ha | 264365 | 257974 | 248337 | 148922 | 266268 | 260870 | 268437 | 266258 | 267927 | 288425 | 62558 |
| KUP | ha | 22611 | 19310 | 15052 | 113 | 21816 | 21816 | 15031 | 21744 | 19331 | 21816 | 44694 |
| Miscanthus | ha | 137226 | 136959 | 136031 | 103873 | 136893 | 140045 | 116561 | 136957 | 136957 | 136289 | 140045 |
| Energieproduktion | TJ | 86785 | 85352 | 83638 | 78404 | 86729 | 87244 | 84967 | 86638 | 86489 | 85124 | 100520 |
| Anteil am Primärenergiebedarf (in Form von Nettoenergie) | % | 5,41% | 5,33% | 5,22% | 4,89% | 5,41% | 5,44% | 5,30% | 5,41% | 5,39% | 5,31% | 6,28% |

5.6 Zusammenfassende Darstellung der Modellergebnisse

Die Modellszenarien zeigen, dass der Getreideanbau auf Ebene Baden-Württembergs betrachtet in allen Biomasse- und Naturschutzszenarien rückläufig ist. Nur in den Futterbauregionen, wie z.B. dem Allgäu, ist in den Biomasseszenarien eine Zunahme des Wintergetreideanbaus zu beobachten, ebenso wie in den „XL-Naturschutzszenarien“. Die Option den Energiepflanzenanbau auszudehnen führt in allen Szenarien zu einer Reduktion des Zuckerrüben- und Kartoffelanbaus, während der Anbau von Mais und Klee gras ausgedehnt wird. Der Mais kommt auf Landesebene zu über 90 % in Biogasanlagen zum Einsatz.

Während die Anbauoptionen für die mehrjährigen Kulturen Miscanthus und Kurzumtriebsplantagen in den Ackerbauregionen besonders für Miscanthus stark genutzt werden, werden in den Futterbauregionen nur in geringem Umfang mehrjährige Energiepflanzen angebaut. Dies hängt hauptsächlich damit zusammen, dass die Milchviehhaltung in Regionen wie z.B. dem Allgäu ökonomisch attraktiver ist, als der Anbau von Energiepflanzen. Besonders deutlich wird diese Entwicklung auch noch einmal in den Naturschutzszenarien. Hier werden in den Futterbauregionen noch weniger mehrjährige Energiepflanzen angebaut, als im Biomasseszenario, da die Fläche durch Naturschutzauflagen verknappt wird und dadurch die restliche Fläche für die Futterproduktion intensiver genutzt werden muss.

Wenn die Option der Grünlandverwertung in der Biogasanlage gegeben ist und der Bioenergieanbau auf 100 % der LF erlaubt ist, dann werden die Naturschutzvorgaben nur als Minimum erfüllt. Das übrige Grünland wird intensiv genutzt, besonders in den Futterbauregionen. Dort wird es dann sogar intensiver genutzt, als in den entsprechenden Biomasseszenarien. Ist dagegen die Nutzung der Energiepflanzen auf 30 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche beschränkt, so werden die Naturschutzvorgaben teilweise auch übererfüllt. Dies verdeutlicht die Nutzungskonkurrenz insbesondere zwischen den Naturschutzforderungen und einer intensiven Bioenergie- und Futterproduktion.

Die Anzahl der gehaltenen Tiere ändert sich in den einzelnen Szenarien kaum. Nur in den „XL-Naturschutzszenarien“ nimmt die Anzahl der Mutterkühe um etwa 10 % ab, da aufgrund der Naturschutzvorgaben die für die Grundfutterproduktion genutzte Fläche eingeschränkt wird. Die zur Verfügung stehende Futterfläche wird vorzugsweise für die aus ökonomischer Sicht vorzüglicheren Verfahren wie die Milchviehhaltung genutzt. D.h. mit zunehmenden Naturschutzrestriktionen werden zuerst die extensiven Tierhaltungsverfahren eingeschränkt.

Abbildung 20 zeigt die flächenbezogenen Deckungsbeiträge der unterschiedlichen Modellszenarien auf Ebene der Untersuchungsregionen und der Anteil der in einer optimalen Betriebsorganisation dabei aus den in EFEM integrierten MEKA-Maßnahmen stammen würde. Die Deckungsbeiträge zeigen zum einen den Unterschied der Regionen untereinander und zum anderen die Auswirkungen der untersuchten Modellannahmen. Hinsichtlich der Varianz zwischen den Regionen fällt der deutliche Unterschied zwischen der intensiven Futterbauregion, dem württembergischen Allgäu (VGG 5) und den Markfruchtregionen Rhein/Bodensee und dem Unterland/Gäue (VGG 2 und VGG 1) auf. So liegt im BAU_2015 der Deckungsbeitrag je ha in VGG 5 mit etwa 2200 €/ha mehr als doppelt so hoch wie in VGG 2 (ca. 850 €/ha). Vergleicht man diese Zahlen mit den aktuellsten Buchführungsergebnissen der Landesanstalt für Entwicklung der Landwirtschaft und der Ländlichen Räume (LEL/MLR, 2010) für das Wirtschaftsjahr 2008/2009 so stimmen der dort veröf-

fentlichte Deckungsbeitrag je ha im VGG 5 mit ca. 2.200 €/ha sehr gut mit den Modellergebnissen überein, aber die Ergebnisse von VGG 1 und VGG 2 liegen bei den EFEM Ergebnisse deutlich niedriger als die veröffentlichten Werte. Dies liegt an dem hohen Anteil von Dauerkulturbetrieben in diesen Regionen, die in diesem Forschungsvorhaben nicht berücksichtigt wurden. Vergleicht man nur die Werte der untersuchten Betriebsformen so zeigt sich wiederum eine gute Übereinstimmung (LEL, 2010). Betrachtet man die Höhe der MEKA-Prämien in den unterschiedlichen Untersuchungsregionen so liegen die in VGG 3 (Schwarzwald) erwartungsgemäß am höchsten. Die Gesamtausgaben für MEKA in Baden-Württemberg würden im BAU_2015 unter der in EFEM zugrunde liegenden Optimierung der betrieblichen Deckungsbeiträgen 62 Mio. € betragen. Die tatsächlichen Auszahlungen für MEKA betragen 2007 hingegen 97,2 Mio.€. Zwar liegt die für das BAU_2015 modellierte MEKA-Auszahlung unter dem Wert des Jahres 2007, jedoch sind im Modell nicht alle durch MEKA geförderten Maßnahmen integriert, wie beispielsweise die Förderung für den ökologischen Landbau oder Sonderkulturen.

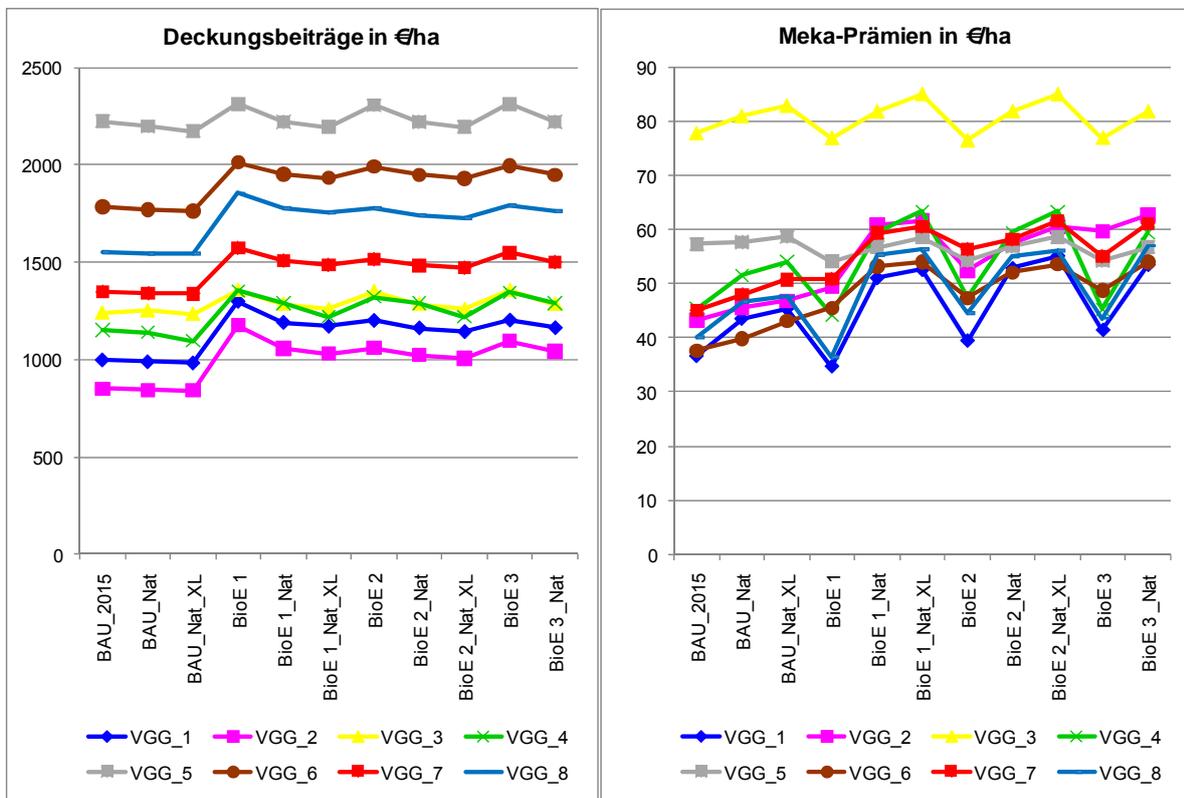


Abbildung 29: Auswirkung der Modellszenarien auf die Deckungsbeiträge und MEKA-Prämien in den betrachteten Untersuchungsregionen (in €/ha LF)

Der Verlauf der Deckungsbeiträge zeigt in allen Untersuchungsregionen das gleiche Bild. Die untersuchten Naturschutzaufgaben führen in allen Regionen zu einem Rückgang der Deckungsbeiträge im Vergleich zum BAU_2015. Die Einkommenseinbußen liegen im BAU_Nat zwischen 0,6 % (VGG 8) und maximal 1,2 % (VGG 5). In VGG 3 können die Einkommensrückgänge durch die mit den Naturschutzmaßnahmen verbundenen MEKA-Zahlungen sogar leicht überkompensiert werden und es kommt zu einem leichten Anstieg der Deckungsbeiträge von 1 %. Mit bis zu knapp 5 % Verluste wäre das Szenario BAU_Nat_XL im Vergleich zum BAU_2015 verbunden. Demgegenüber führt die Option des

Biomasseanbaus durchweg zu einem Anstieg der landwirtschaftlichen Einkommen. Am höchsten fällt dieser Zuwachs mit fast 38 % in VGG 2 und dem Szenario Bio_E1 aus, das ist das Szenario der Anbauoption von mehrjährigen Kulturen. Am geringsten kann das VGG 5 vom Bioenergieanbau profitieren. Hier liegen die Zuwachsraten bei allen Biomasseszenarien relativ konstant um die 4 %. Vergleicht man nun die Szenarien des Biomasseanbaus mit und ohne Naturschutzaufgaben so führen die Auflagen insbesondere beim Szenario mit der Option zum Anbau von mehrjährigen Energiepflanzen zu vergleichsweise hohen Einkommenseinbußen und liegen zwischen 3 % (VGG 6) und 10 % in VGG 2. Die Kosten des Naturschutzes fallen bei den Biomasseszenarien mit nur einjährigen Energiepflanzen etwas geringer aus. Insgesamt bleibt festzuhalten, dass die Naturschutzaufgaben zwar die Einkommenszuwächse der Biomasseoption schmälern, dass sie aber in allen Vergleichsgebieten über den Deckungsbeiträgen vom BAU_2015 liegen. Eine ausführliche Grafik hierzu ist im Anhang 21 zu finden.

In der Realität würden die Kosten für die hier angenommenen Naturschutzmaßnahmen mit Sicherheit höher ausfallen, da der verwendete Optimierungsansatz die Anpassungsfähigkeit der landwirtschaftlichen Betriebe überschätzt. Hinzu kämen noch mögliche staatliche Transferleistungen als Anreizfunktionen und Kosten für einen potenziellen Überwachungsaufwand der einzuhaltenden Naturschutzleistungen. Diese Größen lassen sich aus dem hier verwendeten Analyseansatz nicht ableiten

Die Grafik der flächenbezogenen MEKA-Ausgaben zeigt, dass in einigen Untersuchungsregionen (z.B. VGG 7 und VGG 8) auch bei den reinen Biomasseszenarien die Auszahlung für MEKA ansteigen würden. Dies liegt insbesondere an der Ausdehnung des Silomaisanbaus und einer damit verbundenen größeren potenziellen Fläche für Zwischenfrüchte. Mit 85 €/ha LF würden die höchsten Prämien in VGG 3 und den Szenarien BioE 1_Nat_XL und BioE 2_Nat_XL zu Buche schlagen. Auf Ebene von Baden-Württemberg würden je nach Szenario die Gesamtausgaben für die MEKA-Maßnahmen zwischen 62 Mio € (BAU_2015) und 83 Mio € (BioE2_Nat_XL) liegen.

In Abbildung 30 ist für jede Vergleichsgebietsgruppe und jedes Szenario die Netto-Energieproduktion aus Energiepflanzen in kWh/ha dargestellt. Besonders auffällig sind die VGGs 3 (Schwarzwald) und 5 (Allgäu). Hier ist zum einen die Netto-Energiebereitstellung in allen Szenarien deutlich geringer, als in den anderen Vergleichsgebietsgruppen. Zum anderen ist die Steigerung der Energieproduktion trotz der Option einer potenziellen Ausweitung des Energiepflanzenanbaus auf der gesamten landwirtschaftlichen Fläche nicht in dem Rahmen gegeben, wie in den anderen sechs Regionen. In beiden Regionen wird das knapp vorhandene Ackerland vorzugsweise zur Futter- und Nahrungsmittelproduktion genutzt.

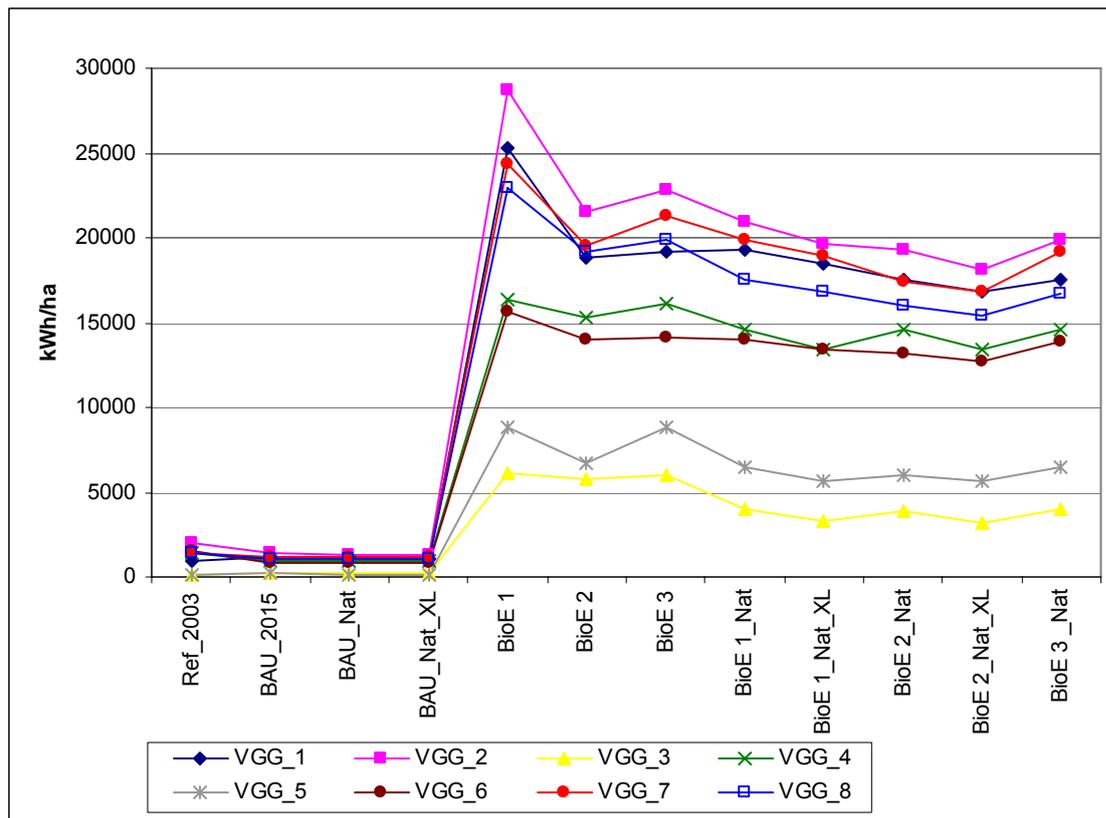


Abbildung 30: Flächenbezogene Energieproduktion in den Untersuchungsregionen

Die hohe Energieproduktion in Szenario BioE 1 ist auf den Anbau mehrjähriger Energiepflanzen und deren vergleichsweise hohen Energieerträge pro Hektar zurückzuführen. Innerhalb der Biomasse- und der Naturschutzszenarien weist das VGG 3 (Schwarzwald) mit einem Unterschied von etwa 47 % zwischen den Szenarien BioE 1 und BioE 2_Nat_XL die höchste relative Schwankungsbreite in der potenziellen Energieproduktion auf. Die geringsten Veränderungen zeigen sich mit 18 % im VGG 4 (Alb/Baar). Die größten absoluten Schwankungen weist VGG 2 auf, die geringsten VGG 3. In den Biomassesszenarien ist grundsätzlich eine höhere Energieproduktion möglich, als in den Naturschutzszenarien. Innerhalb der Biomassesszenarien wird die höchste Energieproduktion dann erreicht, wenn die Option zum Anbau mehrjähriger Energiepflanzen gegeben ist. Unter diesen Umständen beträgt die Netto-Energiebereitstellung aus dem Energiepflanzenanbau etwa 6 % des Primärenergiebedarfs in Baden-Württemberg.

Sowohl in den Biomassesszenarien, als auch in den Naturschutzszenarien ist auf Ebene Baden-Württembergs eine deutliche Verbesserung der Treibhausgasbilanz gegenüber dem BAU_2015 möglich. Es wird eine nahezu ausgeglichene Bilanz oder sogar eine Senke erreicht. Eine Kohlenstoffsenke wird besonders dann erreicht, wenn mehrjährige Energiepflanzen angebaut werden. Eine besonders hohe Einsparung von Treibhausgasemissionen ist vor allem in den Ackerbauregionen möglich, da hier eine ausgeprägte Flexibilität bezüglich der angebauten Kulturen besteht. In den Futterbauregionen wird die Ackerfläche primär für die Grundfutterproduktion genutzt, was eine geringe Anpassungsfähigkeit an veränderte Rahmenbedingungen zur Folge hat. Daher werden in den Futterbauregionen kaum Treibhausgaseinsparungen erreicht.

Die Sensitivitätsanalysen aus Kapitel 5.5 zeigten aber, dass die Modellergebnisse hinsichtlich des Anbauumfangs der Bioenergieträger, insbesondere des Anbaus der mehrjährigen Kulturen sehr stabil sind. Inwieweit sich der Anbau von Silomais ausdehnt, hängt weitestgehend von den Getreidepreisen ab.

Fazit

Die Modellrechnungen zeigen, dass der Anbau von Bioenergieträger zu einem Rückgang des Anbaus von pflanzlichen Rohstoffen für die Nahrungsmittelproduktion, insbesondere des Getreideanbaus, in Baden-Württemberg führen würde. Der Umfang der Tierproduktion bleibt dagegen weitgehend unbeeinflusst. Die Modellrechnungen zur Bewertung der Biomasseproduktion ohne weitergehende Naturschutzrestriktionen gehen mit einer Intensivierung des Grünlandes und mit einer Ausdehnung des Kleegrasanbaus einher. Der Anbau von Silomais wird von etwa 10% auf maximal 39% ausgedehnt und die Erträge würden zu mehr als 90 % der Vergärung in Biogasanlagen zugeführt. Die Option des im gesetzlichen Rahmen erlaubten Grünlandumbruchs wird weitestgehend ausgeschöpft. Bekommen die Betriebe die Option zum Anbau von mehrjährigen Energiepflanzen, so wird diese insbesondere in den Ackerbauregionen für die aus ökonomischer Sicht attraktivere Kultur Miscanthus auf den potenziell zur Verfügung stehenden Flächen genutzt. Die integrierten Naturschutzvorgaben führen zu einer Extensivierung der Zielflächen und verursachen in allen untersuchten Szenarien eine leichte Intensivierung der restlichen landwirtschaftlichen Fläche, insbesondere des Grünlandes. Ebenso würde der Silomaisanbau für Energiezwecke in Baden-Württemberg etwas weiter ausgedehnt.

Die erzielten Deckungsbeiträge steigen in den Biomasseszenarien insbesondere in den Ackerbauregionen stark an. Dabei kann der Anstieg gegenüber dem Vergleichszenario bis max 38 % (VGG 2 „Rhein/Bodensee) betragen. Die Futterbauregionen, wie z.B. VGG 5 (Allgäu), profitieren von der Option des Bioenergieanbaus am geringsten. Die betrieblichen Deckungsbeiträge würden unter den Auflagen der untersuchten Naturschutzmaßnahmen je nach Untersuchungsregion und Szenarioannahmen zwischen 0,6 % und 10 % zurückgehen. Ein stärkerer Rückgang kann durch die Zahlung von MEKA-Prämien verhindert werden.

Die höchste Energieproduktion wird erreicht, wenn der Anbau mehrjähriger Energiepflanzen stattfindet. Die produzierte Energie entspricht dann einem Anteil des Primärenergieverbrauchs in Baden-Württemberg von etwa 6 %. Die Treibhausgasemissionen können im Vergleich zum Ausgangsszenario BAU_2015 stark reduziert werden, so dass eine nahezu ausgeglichene Bilanz bzw. leichte Senke entsteht.

6 Ressourcenschutzfachliche Analyse und Bewertung

In diesem Kapitel werden die Wirkungen von ökonomisch relevanten Anbauszenarien auf die Bodenerosion, den Humusvorrat und die bodenbürtigen Treibhausgasemissionen mittels Szenarienmodellierung und Feldmessungen dargestellt und bewertet. Dazu werden die Ergebnisse des EFEM Modells zu den prognostizierten Anbauumfängen der Feldkulturen mit dem Landnutzungsinformationssystem SLISYS-BW verknüpft um die homogenen LUSAC-Standorteinheiten zu generieren, die dann in das agrarökologische EPIC Model eingehen.

6.1 Agrarökologische Modellierung von Anbauszenarien

6.1.1 Die SLYSIS-BW – Datenbank

Das SLISYS-BW Landnutzungsinformationssystem wurde bereits im BW-Plus-Projekt BWK 24001 (Angenendt et al. 2007) erstellt und wird seitdem weiterentwickelt. In SLISYS-BW werden Daten gehalten, mit denen spezielle Methoden und Analysen (z.B. Ertragsabschätzungen) durchgeführt werden können (siehe Abbildung 31). Das Informationssystem koppelt eine RDBMS (IBM DB2) mit einem Geographischen Informationssystem (ArcINFO) und dem EPIC-Modell. In der Datenbank sind alle Sachdaten abgelegt, die über eine ID mit den Datensätzen im GIS verortet sind. Zu den Sachdaten gehören die Klimadaten, die nach dem internationalen Standard SOTER dokumentierten sind, Boden – und Geländedaten sowie die für die EPIC-Simulationen notwendige modellspezifische Parameter. Bezüglich der Klimadaten liegen für 21 Klimastationen des DWD und der LUBW, die für die jeweils 21 landwirtschaftlichen Vergleichsgebiete repräsentativ sind, Tageswerte von Temperatur (min. und max.), Niederschlag, Regentage, Luftfeuchtigkeit, Wind und Globalstrahlung vor (siehe Anhang 22). Die Boden und Geländedaten wurden den analogen Erläuterungen der badenwürttembergischen Bodenübersichtskarte 1:200000 (BÜK200-BW) entnommen und durch die Bodenprofilensammlung des IBS und die Musterprofile des Landesamtes für Geologie ergänzt. Durch die Zuordnung der insgesamt über 300 punktförmigen Bodenprofilinformationen über die dominante Bodenform der BÜK200-BW zu den Kartiereinheiten, kann die Landesfläche von den Boden- und Horizontdaten abgedeckt werden. Die in SLISYS-BW verarbeiteten Informationen und Daten wurden freundlicherweise für das Vorhaben zur Verfügung vom Deutschen Wetterdienst, der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Ba.-Wü., dem Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Ba.-Wü. sowie dem Institut für Bodenkunde und Standortslehre der Universität Hohenheim.

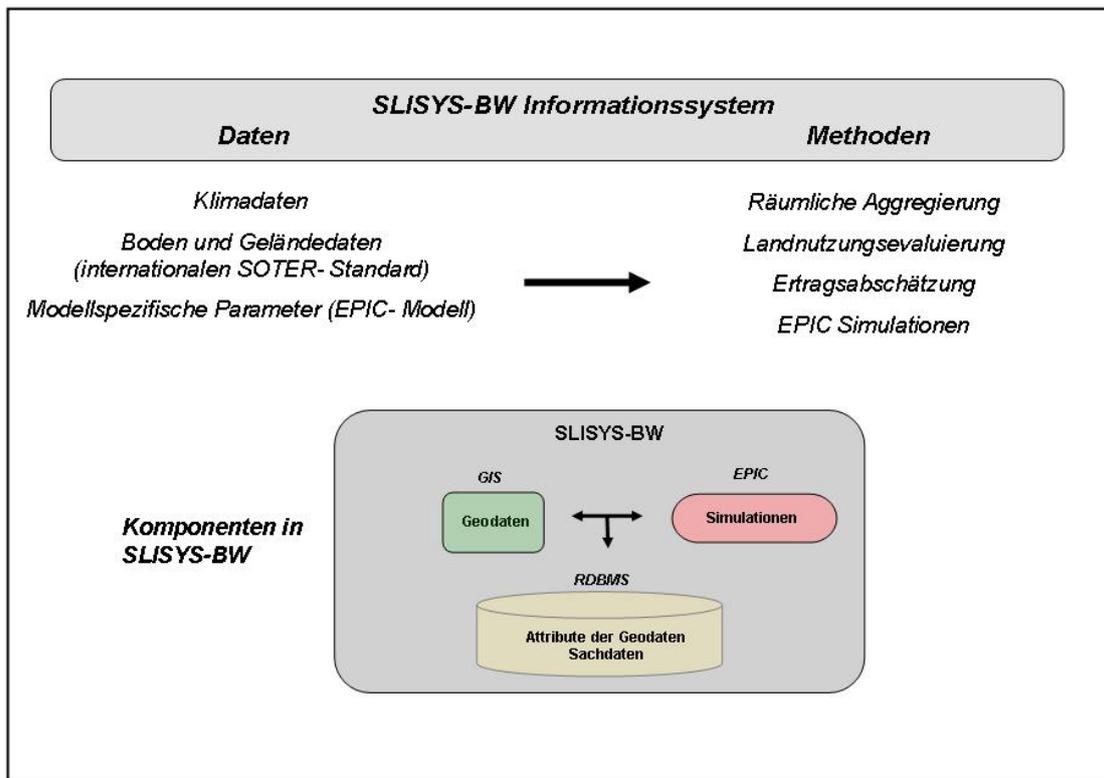


Abbildung 31: Aufbau und Komponenten des Informationssystems SLISYS-BW

6.1.2 Agrarökosystemmodell EPIC

Das Agrarökosystemmodell EPIC (Erosion Productivity Impact Calculator / Version 0509, Williams 1995, Williams et al. 1983, 2006) umfasst die Hauptkomponenten Wettersimulator, Boden-/Standortmodul sowie Bewirtschaftungskomponenten. Es ist in der Lage Erosion, Nitratauswaschung und Spurengasemissionen (indirekt: CO₂ mittels Humusveränderungen, N₂O mittels Umrechnungsfaktoren) in Abhängigkeit von Klima, Bodeneigenschaften und unterschiedlichen Bewirtschaftungsmaßnahmen wie Zufuhrmenge und Zusammensetzung von organischem Material oder Art der Bodenbearbeitung zu berechnen. Dies umfasst auch die Möglichkeit die Wirkungen mehrjähriger Kulturpflanzen, inklusive verholzender Arten zu simulieren und neue Pflanzenarten in das Modell zu integrieren. Neben den standardmäßigen Feldkulturen wurden weitere Energiepflanzen folgendermaßen in das Modell eingebunden:

- Die mehrjährigen Kurzumtriebsplantagen wurden stellvertretend mit der bereits im EPIC integrierten Pappel (Crop No. 90) simuliert
- Für Chinaschilf wurde ein Parameter-Datensatz dankenswerterweise von E. Schmid (2008, pers. Mitt.) zur Verfügung gestellt (Crop No. 135).
- Das Klee gras wurde durch Parallelmodellierung der im EPIC verfügbaren Pflanzen Rotklee (Crop No. 33) und Rotschwingel (Crop No. 78) modelliert.

Die Emissionen klimarelevanter Gase werden indirekt aus verschiedenen EPIC-Ausgabeparametern berechnet. Für die **CO₂-Emissionen** ist die Veränderung an organischem Kohlenstoff im Boden zu verrechnen. Dabei haben vorangegangene Untersuchungen

gezeigt (Angenendt et al. 2007, Billen et al. 2009), dass die strukturförmige Litter-Fraktion nicht berücksichtigt werden sollte. Die Veränderung an Corg wurde also wie folgt berechnet:

$$C_{org} = C_{ph} + C_{sh} + C_{bm} + C_{ml}$$

mit

- C_{os} = Total organic C Pool nach EPIC-Simulation
- C_{ph} = Passiv Humus Pool
- C_{sh} = Slow Humus Pool
- C_{bm} = Biomass Pool
- C_{ml} = Metabolic Litter Pool

Die CO_2 -Emissionen werden folgendermaßen berechnet:

$$CO_2\text{-Emission} = C_{org} * 3,667$$

mit:

- $3,667 = 44 \text{ g } CO_2 / 12 \text{ g C}$

Die **N_2O Emissionen** werden nach einem bei Schmid et al. 2006 zitierten Verfahren durch Multiplikation verschiedener EPIC-Ausgabeparameter mit Anrechnungsfaktoren berechnet und abschließend aufsummiert, so dass die indirekten und die direkten N_2O -Emissionen als zusammengefasstes Ergebnis vorliegen:

| | | |
|---|---|----------|
| | NO ₃ Loss Runoff | * 0,0250 |
| + | NO ₃ Leaching | * 0,0250 |
| + | Denitrification | * 0,1100 |
| + | N Volatization | * 0,0100 |
| + | Nitrification | * 0,0054 |
| | | |
| = | N ₂ O-Emission in kg N/ha*Jahr (direkte und indirekte) | |
| | | |

Anschließend erfolgt die Umrechnung in Lachgas (N_2O):

$$N_2O\text{-Emission} = N_2O\text{-N} * 3,143$$

mit

- $3,143 = 44 \text{ g } N_2O / 14 \text{ g N}$

Vorhabenbezogene Eingabeparameter in das agrarökologische Modell EPIC sind Vorgaben aus dem agrarökonomischen Modell EFEM, Informationen zu Bodenbewirtschaftung und Fruchtfolgen sowie die quasi homogenen Landnutzungseinheiten (LUSAC, s. folgendes Kapitel). Eine Übersicht zu den Verknüpfungen befindet sich in Abbildung 32.

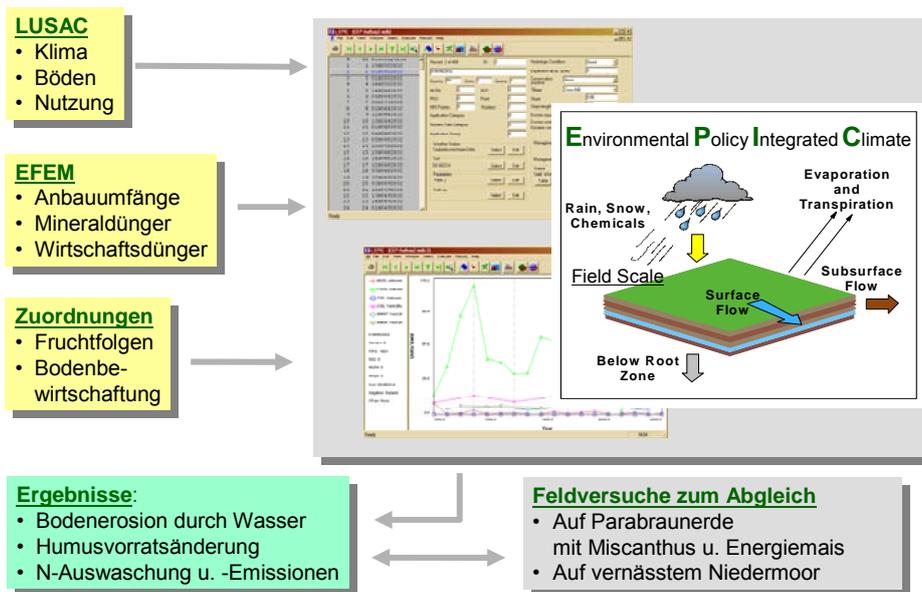


Abbildung 32: Übersicht zum Dateneingang und zur Datenausgabe bei den agrarökologischen Modellierungen mit EPIC sowie der Abgleich mit repräsentativen Feldmessungen

6.1.3 Aufbau der LUSACs

Da die Vergleichsgebiete unter anderem durch ähnliche klimatische Verhältnisse definiert sind, wurden diese für die Abgrenzung von Regionen mit ähnlichen klimatischen Bedingungen herangezogen. In jedem VG wurde eine repräsentative Klimastation ausgewählt, die möglichst über langjährige, statistisch abgesicherte Mittelwerte für die monatlichen Minimum- und Maximumtemperaturen, sowie für die monatlichen Niederschlagssummen verfügt (siehe Anhang 22). Die landwirtschaftlich genutzte Fläche in jedem der 21 landwirtschaftlichen Vergleichsgebiete wurde weiter unterteilt nach der Nutzung in Einheiten von ≥ 1 ha unter Verwendung von zwei Datenquellen: ATKIS DLM 25 (LV-BW) und Bodennutzungshaupterhebung des Statistischen Landesamtes Baden-Württemberg (StaLa 2003).

Durch eine im GIS ausgeführte geometrische Verschneidung der Klimastationen, der Landnutzung (siehe Kapitel 4.5) und der Kartiereinheiten der BÜK200-BW entstanden quasi homogene Raumeinheiten, die sogenannten LUSACs (Landuse-Soil Association-Climate). Jede dieser LUSAC ist durch eine eindeutige ID mit den Daten der Klimastationen, der Boden- und Horizontdatenbank und der energiepflanzen-spezifischen Kennwerte verknüpft. Die LUSACs wurden für jedes der definierten Anbauszenarien generiert und dienen als Input für die nachgeschalteten Simulationsläufe in EPIC (siehe Abbildung 33). Ein Beispiel zu den mittels dieses Verfahrens zusammengestellten Informationen in einem LUSAC befindet sich in Tabelle 59, die Anzahl der LUSACs je Vergleichsgebietsgruppe in Tabelle 60.

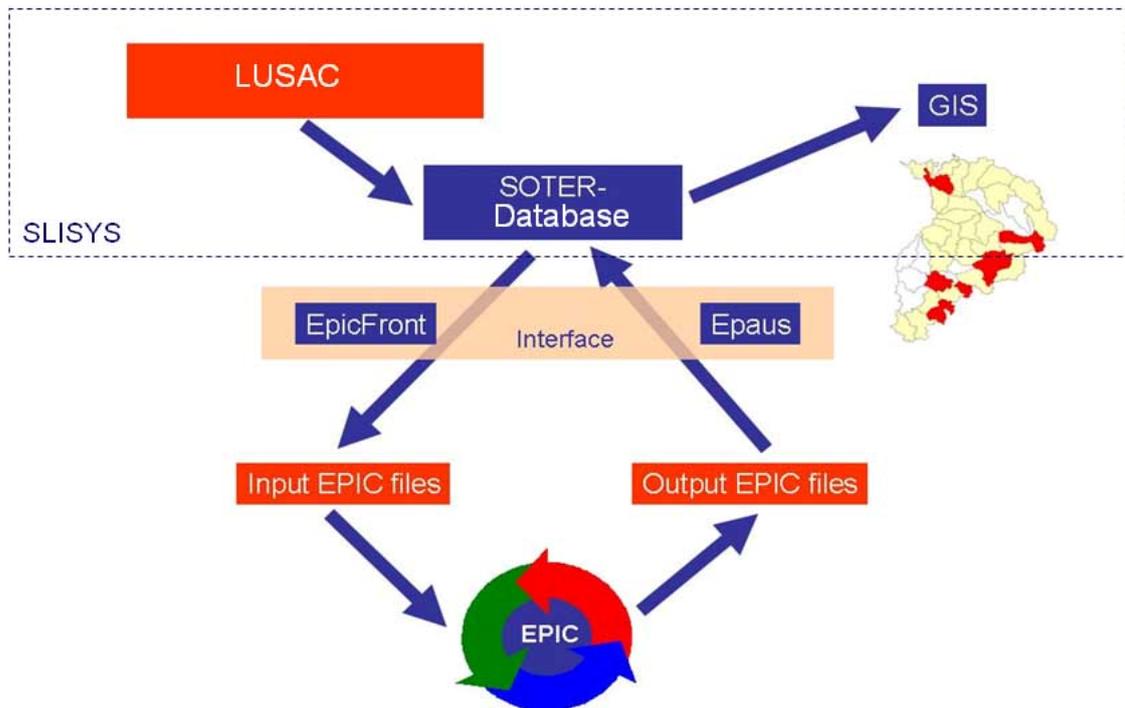


Abbildung 33: Interaktion der Landnutzungseinheiten (LUSAC) mit dem EPIC-Modell

Tabelle 59: Exemplarische Aufzählung von zehn zufällig ausgewählten LUSACs beim Szenario BioE1 auf Böden der Vergleichsgebietsgruppe 1

| LUSAC | Nutzpflanze | Boden Code | Bodentyp | Klima-Station | Fläche in ha |
|------------|-------------|------------|---------------|---------------|--------------|
| 01B0510006 | WW | B051 | Braunerde | Ihinger Hof | 10,2 |
| 01B0784461 | WW | B078 | Braunerde | Heilbronn | 392,8 |
| 01B1124461 | WW | B112 | Pelosol | Heilbronn | 299,8 |
| 01B1350006 | WW | B135 | Auenbraunerde | Ihinger Hof | 37,3 |
| 03B1350006 | WR | B135 | Auenbraunerde | Ihinger Hof | 1,0 |
| 09B0694461 | ZR | B069 | Parabraunerde | Heilbronn | 6,9 |
| 12B0660006 | KG | B066 | Pararendzina | Ihinger Hof | 1,2 |
| 13B1194461 | SM | B119 | Parabraunerde | Heilbronn | 776,0 |
| 13B3784461 | SM | B378 | Auenbraunerde | Heilbronn | 586,1 |
| 15B1024461 | KUP | B102 | Auenbraunerde | Heilbronn | 3,4 |

Tabelle 60: Anzahl der LUSACs in jeder Vergleichsgebietsgruppe

| VGG | Anzahl Klima- stationen | Anzahl Boden- einheiten | Szenario | Anzahl LUCACs | Anzahl Nutz- pflanzen |
|-----|----------------------------|----------------------------|----------|------------------|--------------------------|
| 1 | 2 | 92 | Ist2003 | 1169 | 12 |
| | | | BioE1 | 1111 | 11 |
| | | | BioE3 | 868 | 9 |
| 2 | 3 | 166 | Ist2003 | 1412 | 11 |
| | | | BioE1 | 1014 | 11 |
| | | | BioE3 | 756 | 9 |
| 3 | 3 | 72 | Ist2003 | 604 | 12 |
| | | | BioE1 | 457 | 8 |
| | | | BioE3 | 401 | 6 |
| 4 | 4 | 131 | Ist2003 | 1459 | 12 |
| | | | BioE1 | 1053 | 10 |
| | | | BioE3 | 932 | 8 |
| 5 | 1 | 28 | Ist2003 | 133 | 10 |
| | | | BioE1 | 113 | 6 |
| | | | BioE3 | 95 | 5 |
| 6 | 2 | 117 | Ist2003 | 1303 | 12 |
| | | | BioE1 | 1016 | 9 |
| | | | BioE3 | 882 | 8 |
| 7 | 3 | 98 | Ist2003 | 1194 | 13 |
| | | | BioE1 | 814 | 11 |
| | | | BioE3 | 613 | 9 |
| 8 | 2 | 40 | Ist2003 | 590 | 11 |
| | | | BioE1 | 355 | 10 |
| | | | BioE3 | 271 | 9 |

6.1.4 Feldbewirtschaftung bei den Szenarien

6.1.4.1 Repräsentative Fruchtfolgen

In jedem LUSAC ist eine Feldkultur eines Anbaujahres hinterlegt. Weil eine Modellierung von Monokulturen allerdings nicht der Praxis entsprechen würde, müssen Fruchtfolgen modelliert werden. Eine Abbildung der vollständigen Fruchtfolgevielfalt ist allerdings nicht möglich, so dass repräsentative Fruchtfolgen zusammengestellt werden. Dabei orientieren sich die Anbauumfänge der Feldkulturen in den Fruchtfolgen in einem ersten Schritt bei den Szenarien an folgende Informationsquellen:

- Ist2003 = Landw. Haupterhebung 2003 des Statistischen Landesamtes Ba.-Wü.
- BioE1 = modellierte Prognose mit EFEM
- BioE3 = modellierte Prognose mit EFEM

Weil insbesondere die Feldkulturen mit geringem Anbauumfang nicht mit einer begrenzten Anzahl an repräsentativen Fruchtfolgen abgebildet werden können, wurden in einem zweiten Schritt die 16 Feldkulturen aus den o.g. Informationsquellen zu 8 Feldkulturgruppen aggregiert.

giert. Die EPIC-Modellierungen werden dann mit der häufigsten Feldkultur innerhalb dieser Gruppen durchgeführt (siehe Tabelle Tabelle 61).

Tabelle 61: Die Codierung der Nutzpflanzen bei der räumlichen Verteilung und im EPIC-Modell sowie die Aggregation zur Vereinfachung der repräsentativen Fruchtfolgen (Kursiv = modellierte Nutzpflanze)

| Aggregationsebene EPIC-Modellierung | für Nutzpflanzen | Abkürzung | Verteilungs- code | EPIC-Code |
|--|---------------------|-----------|----------------------|-------------------|
| Wintergetreide | <i>Winterweizen</i> | WW | 1 | 10 |
| | Winterroggen | WR | 3 | 19 |
| | Wintergerste | WG | 4 | 129 |
| | Winterraps | Ra | 10 | 23 |
| Sommergetreide | <i>Sommergerste</i> | SG | 5 | 14 |
| | Sommerweizen | SW | 2 | 11 |
| | Hafer | Ha | 6 | 16 |
| Körnermais, Sonnenblume | <i>Körnermais</i> | KM | 7 | 2 |
| | Sonnenblume | SB | 11 | 7 |
| Reihenfrüchte, sonstige | <i>Zuckerrübe</i> | ZR | 9 | 62 |
| | Kartoffel | Ka | 8 | 51 |
| Silomais | <i>Silomais</i> | SM | 13 | 29 |
| Kleegras | <i>Rotschwingel</i> | KG | 12 | 78 |
| | <i>Kleegras</i> | KG | 12 | 33 |
| Miscanthus | <i>Miscanthus</i> | Mi | 14 | 135 ¹⁾ |
| Kurzumtriebplantage | <i>Pappel</i> | KUP | 15 | 90 |
| | Weide | KUP | 16 | - |

1) basierend auf Schmid 2008

In einem dritten Schritt wurde weiterhin die Vorruchteignung nach KTBL 2005, Freyer 2003, Hermann 2009 / pers. Mitt. und ergänzenden Expertenbefragungen berücksichtigt.

Die endgültig aufgestellten Fruchtfolgen sind in der zweiten Spalte der Tabelle 63 dargestellt.

6.1.4.2 Zuordnung der Fruchtfolgen zu den LUSACs

Nach der Aufstellung der repräsentativen Fruchtfolgen müssen diese den einzelnen Feldkulturen in jedem LUSAC zugeordnet werden. Deshalb ist der Anbauumfang jeder Feldkultur auf die repräsentativen Fruchtfolgen zu verteilen. Ein Beispiel zum Verteilungsprinzip befindet sich in Abbildung 34. Ist in diesem stark vereinfachten Beispiel aus den Informationsquellen zur Anbauverteilung bekannt, dass WW auf 2 ha, SG auf 2 ha, SM auf 1 ha und ZR auf 1 ha

angebaut wird, können drei LUSACs á 1 ha mit der repräsentativen Fruchtfolgen A (WW-SG-SM) belegt werden und drei LUSACs á 1 ha mit der Fruchtfolge B (WW-SG-ZR). Dieses Prinzip der Verteilung entspricht einer linearen Optimierung (Lueneberger und Ye 2008) und fand letztendlich getrennt für jede Vergleichsgebietsgruppe und jedes Szenario, also für 24 Varianten, mit der Solver-Funktion im Tabellenkalkulationsprogramm Excel statt (Programmierung: T. Kolditz am ILB, Uni Hohenheim; Beispiel siehe Tabelle 62). Die zusammengefassten Ergebnisse zum flächenmäßigen Anbauumfang jeder Fruchtfolge in Abhängigkeit der Anbauumfänge jeder Kulturpflanze gemäß den statistischen Informationen und den agrarökonomischen Szenarienmodellierungen sind in Tabelle 63 dargestellt.

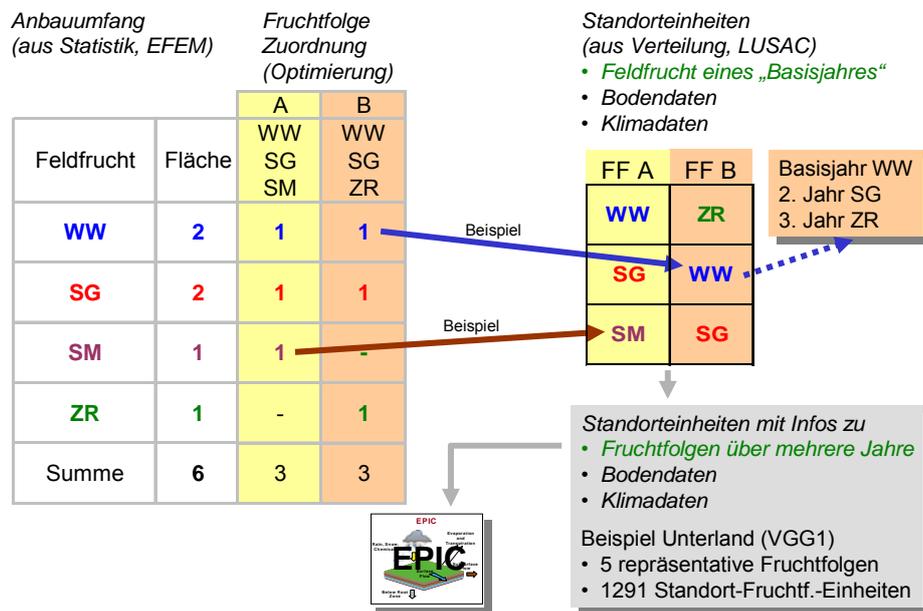


Abbildung 34: Prinzipielles Vorgehen bei der Optimierung der Verteilung von repräsentativen Fruchtfolgen basierend auf den Daten zum Anbauumfang der Feldfrüchte eines (Basis)-Jahres (Ist 2003, BioE1, BioE3)

Tabelle 62 Exemplarisches Ergebnis zur optimierten Verteilung von repräsentativen Fruchtfolgen beim Szenario BioE1 auf den Ackerflächen der Vergleichsgebietsgruppe 1 (Unterland/Gäue). Zahlen 0 bis 1 in der Matrix = Anteil einer Feldkultur in der Fruchtfolge

| Lösung der Optimierung: Anbaufläche in ha Fruchtfolge | 29094 FF102 | 27235 FF205 | 21141 FF306 | 4125 FF328 | 9230 FF436 | 25657 FF191 | 2770 FF192 | Lösungssumme (= Zeilensumme) 119252 Szenario-Vorgabe |
|---|----------------|----------------|----------------|---------------|---------------|----------------|---------------|--|
| Wintergerste | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Winterweizen (incl. restl. Wi-Getr.) | 0 | 0 | 0,333 | 0,333 | 0 | 0 | 0 | 8422 |
| Sommergetreide | 0 | 0,5 | 0,333 | 0 | 0,25 | 0 | 0 | 22972 |
| Silomais | 1,0 | 0,5 | 0,333 | 0,333 | 0,25 | 0 | 0 | 53441 |
| Körnermais (incl. CCM+SoBlu) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Winterraps | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Zuckerrübe | 0 | 0 | 0 | 0,333 | 0 | 0 | 0 | 1375 |
| Kartoffel | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Kleegrass | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,5 | 0 | 0 | 4615 |
| Energiemais | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Miscanthus | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,0 | 0 | 25657 |
| Pappel+Weide | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,0 | 2770 |
| | | | | | | | | Zielsumme (= Spaltensumme) 119252 |

Tabelle 63: Die Anbauumfänge der repräsentativen Fruchtfolgen zur agrarökologischen Modellierung der drei Szenarien mit EPIC in den acht Vergleichsgebietsgruppen gemäß der optimierten Fruchtfolgerverteilung

| Code | Fruchtfolge | VGG1 | | | VGG2 | | | VGG3 | | | VGG4 | | |
|-------|-------------|---------|-------|--------|---------|-------|-------|---------|-------|-------|---------|-------|--------|
| | | Ist2003 | BioE1 | BioE3 | Ist2003 | BioE1 | BioE3 | Ist2003 | BioE1 | BioE3 | Ist2003 | BioE1 | BioE3 |
| FF101 | KM | 0 | 0 | 0 | 19768 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| FF102 | SM | 0 | 0 | 0 | 0 | 29094 | 31819 | 0 | 4190 | 4215 | 0 | 3398 | 3129 |
| FF191 | Mi | 0 | 48390 | 0 | 0 | 25657 | 0 | 0 | 6 | 0 | 0 | 9 | 0 |
| FF192 | KUP | 0 | 1344 | 0 | 0 | 2770 | 0 | 0 | 112 | 0 | 0 | 6402 | 0 |
| FF201 | WW-KM | 0 | 0 | 0 | 19807 | 0 | 0 | 822 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| FF202 | WW-SM | 0 | 61857 | 25351 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| FF204 | WW-SG | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1184 | 0 | 0 | 10474 | 0 | 0 |
| FF205 | SG-SM | 0 | 0 | 23398 | 0 | 27235 | 33556 | 0 | 6936 | 6963 | 0 | 0 | 0 |
| FF301 | WW-WG-SM | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4580 | 0 | 0 |
| FF304 | WW-WG-ZR | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1923 | 0 | 0 |
| FF306 | WW-SG-SM | 0 | 46538 | 0 | 12074 | 21141 | 41388 | 8087 | 2661 | 2733 | 0 | 0 | 0 |
| FF307 | WW-SG-KM | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| FF308 | WW-SG-Ra | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| FF309 | WW-SG-ZR | 8758 | 9919 | 13917 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1788 | 1791 |
| FF323 | WW-SG-WR | 58060 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 45079 | 37044 | 39315 |
| FF327 | WW-WR-KM | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 444 | 0 | 0 |
| FF328 | WW-ZR-SM | 0 | 0 | 0 | 7860 | 4125 | 4128 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| FF329 | WW-SM-SM | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| FF401 | WW-WG-Ra-SM | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| FF405 | WW-WG-ZR-KM | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| FF408 | WW-SM-SG-ZR | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1469 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| FF411 | WW-SG-Ra-KM | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| FF412 | WW-KM-SG-ZR | 63012 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| FF420 | WW-KG-KG-SM | 5870 | 7609 | 10246 | 4218 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 16714 | 16726 |
| FF426 | WW-KM-SG-KM | 0 | 0 | 0 | 33898 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| FF427 | WW-SG-KG-KG | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3864 | 0 | 0 | 13642 | 0 | 0 |
| FF428 | WW-SM-SG-Ra | 0 | 0 | 102736 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 28601 | 0 | 0 |
| FF434 | WW-SM-SG-SM | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| FF435 | WW-WG-KG-KG | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| FF436 | SG-KG-KG-SM | 0 | 0 | 0 | 0 | 9230 | 9620 | 0 | 5936 | 5934 | 0 | 0 | 0 |
| FF437 | WW-SM-SM-Ra | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 50667 | 55063 |
| FF438 | SM-SM-KG-KG | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | VGG5 | | | VGG6 | | | VGG7 | | | VGG8 | | |
| | | Ist2003 | BioE1 | BioE3 | Ist2003 | BioE1 | BioE3 | Ist2003 | BioE1 | BioE3 | Ist2003 | BioE1 | BioE3 |
| FF101 | KM | 263 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| FF102 | SM | 0 | 177 | 139 | 0 | 21052 | 21423 | 0 | 9144 | 8457 | 0 | 14225 | 17918 |
| FF191 | Mi | 0 | 2 | 0 | 0 | 12898 | 0 | 0 | 10711 | 0 | 0 | 29528 | 0 |
| FF192 | KUP | 0 | 56 | 0 | 0 | 4846 | 0 | 0 | 3607 | 0 | 0 | 1954 | 0 |
| FF201 | WW-KM | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| FF202 | WW-SM | 0 | 0 | 0 | 15138 | 3334 | 10200 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| FF204 | WW-SG | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| FF205 | SG-SM | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| FF301 | WW-WG-SM | 0 | 0 | 0 | 32293 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 12222 | 85951 | 116866 |
| FF304 | WW-WG-ZR | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 210 | 219 |
| FF306 | WW-SG-SM | 554 | 220 | 268 | 6085 | 68670 | 78090 | 19932 | 13196 | 19889 | 0 | 0 | 0 |
| FF307 | WW-SG-KM | 72 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1188 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| FF308 | WW-SG-Ra | 0 | 0 | 0 | 73467 | 0 | 0 | 35865 | 0 | 0 | 81024 | 258 | 219 |
| FF309 | WW-SG-ZR | 0 | 0 | 0 | 0 | 1179 | 2163 | 0 | 0 | 0 | 3450 | 0 | 0 |
| FF323 | WW-SG-WR | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| FF327 | WW-WR-KM | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| FF328 | WW-ZR-SM | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 183 | 186 | 0 | 0 | 0 |
| FF329 | WW-SM-SM | 984 | 2223 | 2271 | 0 | 0 | 0 | 0 | 22544 | 30848 | 0 | 0 | 0 |
| FF401 | WW-WG-Ra-SM | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 11684 | 0 | 0 | 26272 | 0 | 0 |
| FF405 | WW-WG-ZR-KM | 0 | 0 | 0 | 6508 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 8564 | 0 | 0 |
| FF408 | WW-SM-SG-ZR | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| FF411 | WW-SG-Ra-KM | 0 | 0 | 0 | 6272 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| FF412 | WW-KM-SG-ZR | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2896 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| FF420 | WW-KG-KG-SM | 0 | 0 | 0 | 11610 | 0 | 0 | 7400 | 0 | 0 | 0 | 17666 | 17706 |
| FF426 | WW-KM-SG-KM | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| FF427 | WW-SG-KG-KG | 0 | 0 | 0 | 0 | 49064 | 50388 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| FF428 | WW-SM-SG-Ra | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| FF434 | WW-SM-SG-SM | 610 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| FF435 | WW-WG-KG-KG | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5246 | 0 | 0 |
| FF436 | SG-KG-KG-SM | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 24846 | 24846 | 0 | 0 | 0 |
| FF437 | WW-SM-SM-Ra | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| FF438 | SM-SM-KG-KG | 1220 | 2504 | 2504 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Im letzten Zuordnungsschritt wird die zuvor ermittelte Anbaufläche für eine Fruchtfolge, z.B. 46538 ha für FF306 mit WW-SG-SM anschließend zu je einem Drittel auf die entsprechenden LUSACs mit den jeweiligen Feldkulturen der Fruchtfolge verteilt. Dies bedeutet im Beispiel 15513 ha WW auf LUSAC 01B0510006, 01B... etc., 15513 ha SG auf LUSAC 05B0510006, 05B... etc und 15513 ha SM auf LUSAC 13B119446, 13B... etc. (siehe Tabelle

64). Dabei werden aus dem Pool der LUSAC-Flächen für jede Feldkultur solange einzelne LUSAC-Flächen zufällig ausgewählt, bis die Anbaufläche der Feldkultur ausgeschöpft ist. Damit ist die Belegung für das Basisjahr (= 1. Modelljahr) abgeschlossen. Weil bei den weiteren Modellierungen auf jeder LUSAC-Fläche Fruchtfolgen berechnet werden, wird im 2. Modelljahr auf den LUSACs mit WW im Basisjahr nun SG modelliert, im 3. Modelljahr SM, im 4. Modelljahr wieder WW etc. bis zum Modellierungsende nach 24 Jahren. In diesem Zeitraum wiederholen sich 2-gliedrige Fruchtfolgen 12 mal, 3-gliedrige 8 mal und 4 gliedrige 6 mal.

Tabelle 64: Beispiel zur Verteilung einer Fruchtfolge auf die LUSACs einer Vergleichsgebietsgruppe

| <i>Beispiel: 46538 ha Fruchtfolge FF306 mit WW-SG-SM in VGG1 bei BioS1</i> | | | | | | | |
|--|--------------|----------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|
| <i>Anbaufläche [ha]</i> | <i>LUSAC</i> | <i>Basisjahr (1. Modelljahr)</i> | <i>2. Modelljahr</i> | <i>3. Modelljahr</i> | <i>4. Modelljahr</i> | <i>n. Modelljahr</i> | <i>24. Modelljahr</i> |
| 15513 | 01B0510006 | WW | SG | SM | WW | ... | SM |
| | 01B... | WW | SG | SM | WW | ... | SM |
| | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 15513 | 05B0510006 | SG | SM | WW | SG | ... | WW |
| | 05B... | SG | SM | WW | SG | ... | WW |
| | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 15513 | 13B119446 | SM | WW | SG | SM | ... | SG |
| | 13B... | SM | WW | SG | SM | ... | SG |
| | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |

6.1.4.3 Ackerbauliche Flächenbewirtschaftung

Die erforderlichen Eingangsinformationen über die Landbewirtschaftung der einzelnen LUSAC-Flächen basieren auf Expertengesprächen und wurden mittels regionaler Klimainformationen zu jahreszeitlichen Temperatur- und Niederschlagsverläufen der Situation in den einzelnen Vergleichsgebietsgruppen angepasst. Die für die Modellierung mit EPIC erforderlichen Grundinformationen, Informationsquellen und Dokumentationstabellen sind in der Tabelle 65 zusammengefasst.

Tabelle 65: Informationsquellen für die Grundinformationen zur landwirtschaftlichen Produktion der Energie- und Nutzpflanzen bei den EPIC-Modellierungen

| Grundinformation | Informationsquellen | Dokumentation |
|---|--|-----------------|
| Fruchtfolge | KTBL 2005, Freyer 2003, Hermann (2009, pers. Mitt.) und ergänzenden Expertenbefragungen | Kapitel 6.1.4.1 |
| Bewirtschaftungstermine (Bodenbearbeitung, Aussaat, Düngung, Ernte, Bestandesdichten) | Angenendt et al. 2007, KTBL 2005 Expertenbefragungen | Anhang 23 |
| Düngemengen | EFEM-Modellierungsergebnisse Entzugsorientiert nach Erträgen gemäß Stat. Landesamt 2003 | Anhang 24 |
| Nährstoffgehalte (Wirtschaftsdünger) | Konold 2009 KTBL 2005 LAP 1998 Schilling 2000 bios-kontrolle 2010 nährstoffbörse 2010 IfL Bayern 2010 | Anhang 26 |
| Potential Heat Unit (Wärmeangebot) | BRC (2010) | Anhang 27 |
| Landmaschinen-Einsatz | EPIC-Datenblatt „Operations“ | Anhang 28 |
| Code für das Bewirtschaftungsverfahren (Management ID) | regelfrei, deshalb interne Definition (Bestandteile: VGG-/VG-Nr., FF-Nr., erste Feldkultur in der FF, Bodenbearbeitungs-/Düngeverfahren) | Anhang 29 |

6.1.5 Auswertung

Obwohl die EPIC-Modellierungen innerhalb der landwirtschaftlichen Vergleichsgebietsgruppen, die bereits regionale Unterschiede widerspiegeln, durchgeführt werden, liegen weitere Standortunterschiede innerhalb der Gruppen vor. Deshalb werden die Ausgabeparameter der EPIC-Modellierungen, die auf Hektar-Basis ausgegeben werden (z.B. kg Nitrat-N/ha), nicht als einfache Summen oder arithmetische Mittelwerte dargestellt, sondern flächengewichtet für jede Vergleichsgebietsgruppe und jedes Szenario:

1. PL_{mwa} = Arithmetischer Mittelwert eines Parameters für ein LUSAC über alle Modellierungsjahre
2. PHB_{mwa} = Arithmetischer Mittelwert von PL_{mwa} über alle LUSACs mit gleicher Hauptbodengruppe (Gruppierungsregel siehe Anhang 30)
3. PHB_{ff} = $PHB_{mwa} \cdot$ Gesamtfläche aller LUSACs mit gleicher Hauptbodengruppe (entspricht dem hauptbodenbezogenen Flächenfaktor für einen Parameter)
4. $PVGG_s$ = Summe der PHB_{ff} innerhalb einer VGG (entspricht der Gesamtsumme bzw. -menge eines Ausgabeparameters in der VGG)
5. $PVGG_{mwg}$ = $PVGG_s /$ Gesamtfläche des VGG (entspricht flächengewichtetem Mittelwert eines Ausgabeparameters in der VGG)

6.1.6 Wirkungen auf Umweltressourcen

6.1.6.1 Erosion

Die Wassererosion von Böden nimmt bei der Projektion auf die Landesfläche bei beiden Bio-Energieszenarien gegenüber den Anbauverhältnissen von 2003 zu. Dabei ist die Entwicklung beim Bio-Energie Szenario 3 (BioE3) deutlicher als bei BioE1 (Tabelle 66). Außerdem zeichnen sich auf einem insgesamt niedrigem Durchschnittsniveau teilweise deutliche regionale Unterschiede ab (siehe Abbildung 35). So nimmt die Erosion z.B. im Schwarzwald (VGG3) besonders deutlich zu. In den Vergleichsgebietsgruppen Unterland/Gäue (VGG1), Rhein/Bodensee (VGG2) und Oberland/Donau (VGG6) nimmt die Bodenerosion beim Bio-Energieszenario 1 mit Miscanthus und Kurzumtriebplantagen sowie im Allgäu (VGG5) bei beiden Bio-Energie Szenarien gegenüber der Anbausituation 2003 sogar geringfügig ab (siehe Abbildung 37 und Abbildung 38). Ein bedeutender Grund hierfür die Abnahme des Sommerungen-Anteils an den Fruchtfolgen sein, der parallel verläuft mit der zu- bzw. abnehmenden Erosion (vergleiche Abbildung 35 mit Abbildung 36).

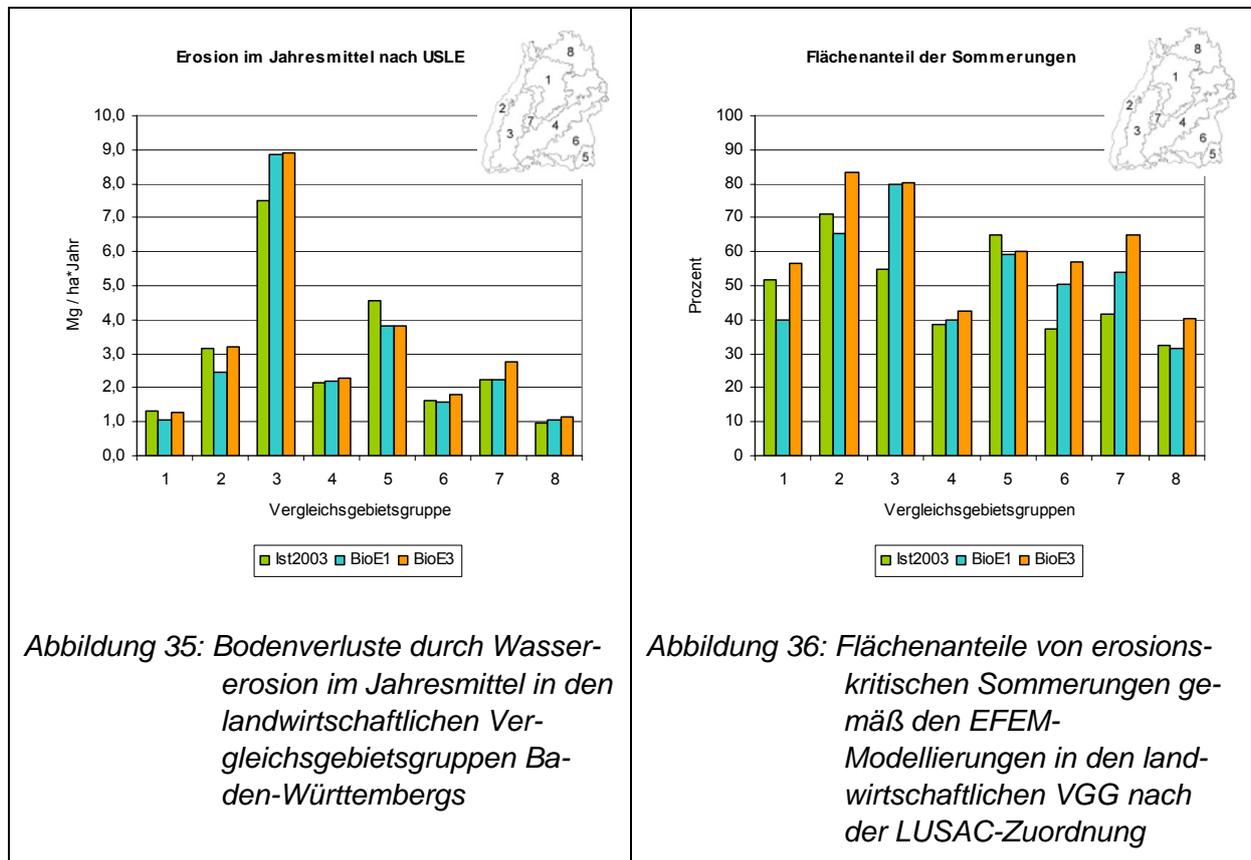


Tabelle 66: Gesamtbodenverlust im Jahresmittel durch Wassererosion bei zwei verschiedenen Szenarien zur Produktion von Energiepflanzen in den landwirtschaftlichen Vergleichsgebietsgruppen in Ba.-Wü. und die mit EFEM prognostizierte Veränderung der Anbauflächen nach der räumlichen Verteilung

| Szenario | Vergleichsgebiet Nr. | mittl. Gesamt-erosion [Gg Boden/ Jahr] ²⁾ | Veränderung gegenüber Situation 2003 [%] | Ackerbauliche Anbaufläche [ha] | Veränderung gegenüber Anbau 2003 [%] |
|----------|-----------------------------|--|--|--------------------------------|--------------------------------------|
| BioE1 | 1 | 189 | -14 | 174500 | 7 |
| | 2 | 297 | -5 | 119473 | 22 |
| | 3 | 176 | +52 | 19832 | 29 |
| | 4 | 252 | +12 | 115750 | 11 |
| | 5 | 20 | +17 | 5182 | 40 |
| | 6 | 251 | +3 | 157371 | 4 |
| | 7 | 187 | +5 | 83805 | 7 |
| | 8 | 155 | +18 | 149703 | 10 |
| | Gesamt ¹⁾ | | 1527 | +6 | 825617 |
| BioE3 | 1 | 227 | +4 | 174498 | 7 |
| | 2 | 384 | +24 | 119663 | 22 |
| | 3 | 176 | +53 | 19838 | 29 |
| | 4 | 261 | +16 | 113519 | 9 |
| | 5 | 20 | +18 | 5183 | 40 |
| | 6 | 294 | +20 | 161879 | 7 |
| | 7 | 234 | +32 | 83798 | 7 |
| | 8 | 176 | +34 | 152838 | 12 |
| | Gesamt ¹⁾ | | 1773 | +23 | 831215 |

1) Summe bei Gesamterosion und Fläche, flächengewichteter Mittelwert bei Veränderung

2) Gg = Gigagramm = 1000 Tonnen

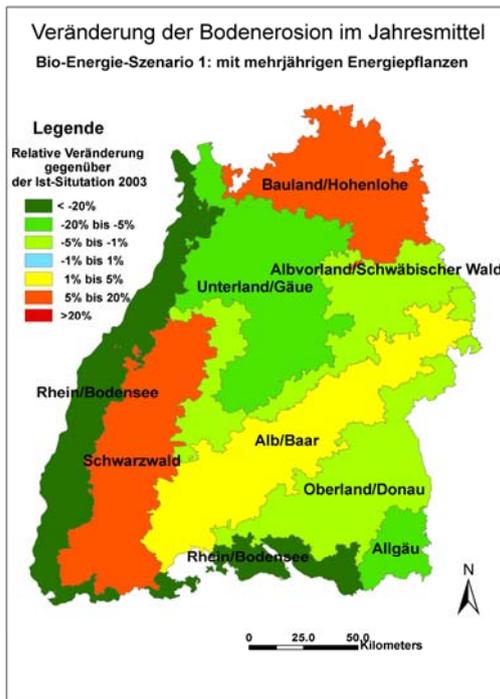


Abbildung 37: Relative Veränderung der mittleren Bodenerosion pro Jahr durch Wasser beim Bio-EnergieSzenario 1 in den landwirtschaftlichen Vergleichsgebietsgruppen Baden-Württembergs (Kartografie: E. Kozyreva)

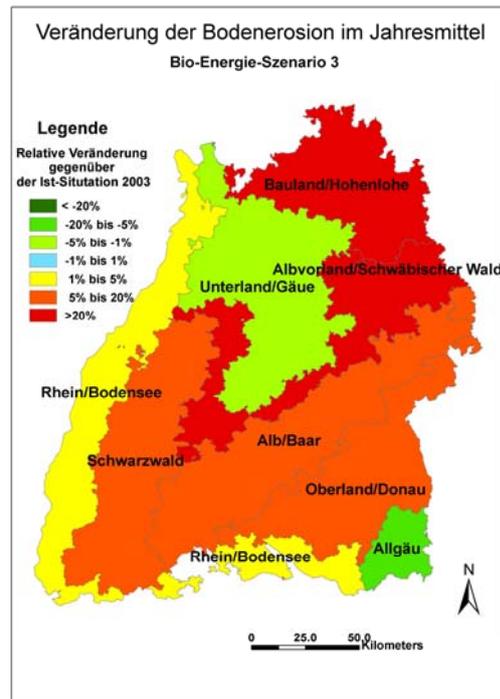


Abbildung 38: Relative Veränderung der mittleren Bodenerosion pro Jahr durch Wasser beim Bio-EnergieSzenario 3 in den landwirtschaftlichen Vergleichsgebietsgruppen Baden-Württembergs (Kartografie: E. Kozyreva)

6.1.6.2 Kohlenstoff (Humus, CO₂-Emissionen)

Die Kohlenstoffvorräte im Bodenumus nehmen beim vermehrten Anbau von Bioenergiepflanzen auf Landesebene gegenüber der Ausgangssituation 2003 ab. Im Umkehrschluss bedeutet diese Mineralisierung von Humus eine zunehmende Freisetzung von CO₂. Diese Entwicklung ist bis auf eine Ausnahme in allen Vergleichsgebietsgruppen beim Bio-Energie Szenario 3 (BioE3) deutlicher als bei BioE1 (siehe Tabelle 67). Besonders stark betroffen von den Veränderungen sind die Vergleichsgebietsgruppen 3 (Schwarzwald) und 5 (Allgäu) (siehe Abbildung 39). Hierbei handelt es sich um die Vergleichsgebietsgruppen mit der relativ stärksten Zunahme an ackerbaulichen Flächen für die Energiepflanzenproduktion. Andersherum ist in der Vergleichsgebietsgruppe 1 (Unterland/Gäue) ist beim BioE1 Szenario die einzige Zunahme an Corg im Boden zu verzeichnen (siehe Abbildung 39 und Abbildung 40). Ein Grund ist möglicherweise in der relativ starken Abnahme des Anteils an humuszehrenden Mais gegenüber der Zunahme an humusmehrenden KUP und Miscanthus zu sehen.

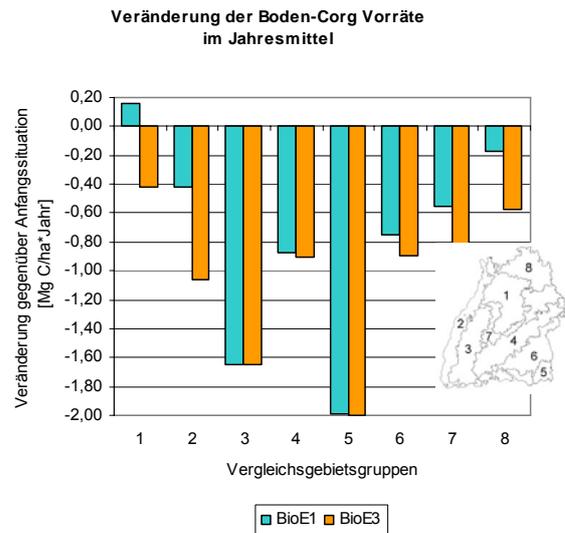


Abbildung 39: Veränderung der Vorräte an organischem Kohlenstoff in Böden (Corg) im Jahresmittel durch die Bio-Energie Szenarien 1 u. 3

Tabelle 67: Mittlere Gesamtveränderung an organischem Kohlenstoff (Corg) pro Jahr in den Böden der landwirtschaftlichen Vergleichsgebietsgruppen in Ba.-Wü. bei zwei verschiedenen Szenarien zur Produktion von Energiepflanzen sowie die Auswirkungen auf die Humusgehalte und CO₂-Emissionen der Böden

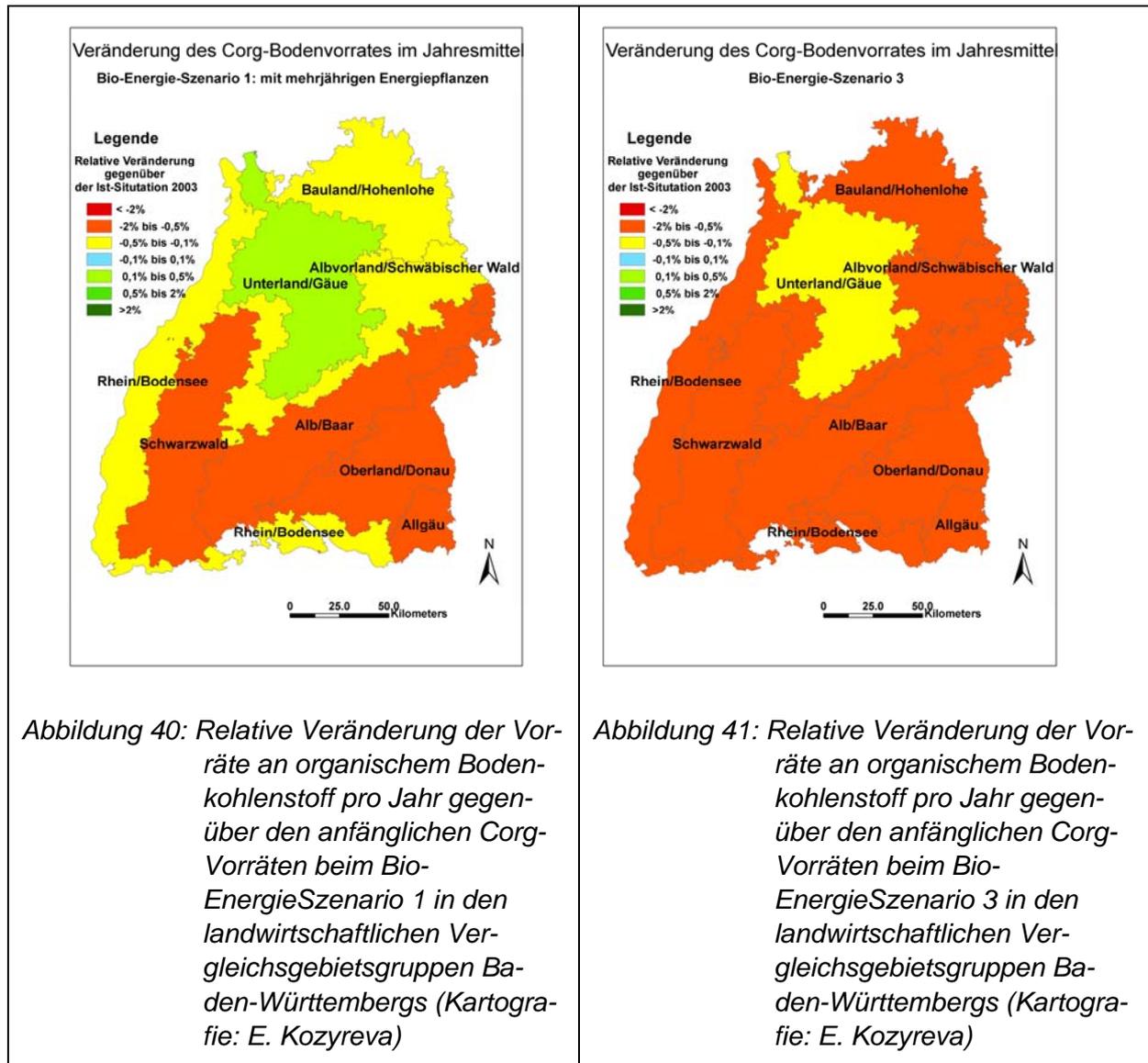
| Szenario | Vergleichs- gebietsgrup- pe Nr. | Corg- Veränderung [Gg/Jahr] ¹⁾ | Corg- Veränderung pro Jahr [% v. Vorrat 2003] ²⁾ | Humus- Veränderung pro Jahr [Punkte v. Gehalt 2003] ²⁾ | CO ₂ - Emission [Gg/Jahr] ³⁾ | CO ₂ - Emission [Mg/ha ³⁾ Jahr] |
|----------|---------------------------------------|---|---|--|--|---|
| BioE1 | 1 | 27 | 0,18 | 0,007 | 100 | -0,57 |
| | 2 | -50 | -0,32 | -0,020 | -185 | 1,54 |
| | 3 | -33 | -1,26 | -0,079 | -120 | 6,06 |
| | 4 | -102 | -0,68 | -0,042 | -373 | 3,21 |
| | 5 | -10 | -1,24 | -0,095 | -38 | 7,28 |
| | 6 | -119 | -0,54 | -0,036 | -438 | 2,77 |
| | 7 | -47 | -0,48 | -0,026 | -171 | 2,03 |
| | 8 | -26 | -0,17 | -0,008 | -94 | 0,63 |
| | Gesamt ⁴⁾ | -360 | -0,37 | -0,021 | -1319 | 1,59 |
| BioE3 | 1 | -74 | -0,44 | -0,020 | -272 | 1,55 |
| | 2 | -128 | -0,75 | -0,051 | -468 | 3,88 |
| | 3 | -33 | -1,26 | -0,079 | -120 | 6,05 |
| | 4 | -103 | -0,70 | -0,043 | -376 | 3,31 |
| | 5 | -10 | -1,23 | -0,095 | -38 | 7,33 |
| | 6 | -146 | -0,63 | -0,043 | -534 | 3,29 |
| | 7 | -75 | -0,74 | -0,043 | -277 | 3,28 |
| | 8 | -88 | -0,52 | -0,027 | -321 | 2,10 |
| | Gesamt ⁴⁾ | -656 | -0,64 | -0,038 | -2406 | 2,88 |

1) Mg = Megagramm = Tonne, Gg = Gigagramm = 1000 Tonnen

2) bei 30 cm Oberboden und 1,2 kg/dm³ Lagerungsdichte, ohne C-Verluste durch Erosion

3) ohne C-Verluste durch Erosion

4) Summe bei Mengen-Veränderung, flächengewichteter Mittelwert bei Relativ-Veränderung



Insgesamt werden die Ergebnisse tendenziell sogar eher noch unterschätzt, weil die Zunahme der Ackerflächen durch Grünlandumbruch erreicht wird und die zusätzliche C-Freisetzung dadurch nicht bei den Modellierungen berücksichtigt wurde sowie die C-Verluste durch erodiertes Bodenmaterial auch nicht einberechnet wurden.

6.1.6.3 Stickstoff (Nitrat, Lachgas)

Die Stickstoffverluste aus Böden durch Nitratauswaschung und Lachgasemissionen nehmen bei der Projektion auf die Landesfläche bei beiden Bio-Energieszenarien gegenüber den Anbauverhältnissen von 2003 zu. Dabei ist die Entwicklung beim Bio-Energie Szenario 3 (BioE3) in der Regel etwas deutlicher als bei BioE1 (siehe

Tabelle 68). Die regionalen Unterschiede sind bei den zunehmenden Stickstoffverlusten nicht besonders groß (siehe Abbildung 42 bis Abbildung 47).

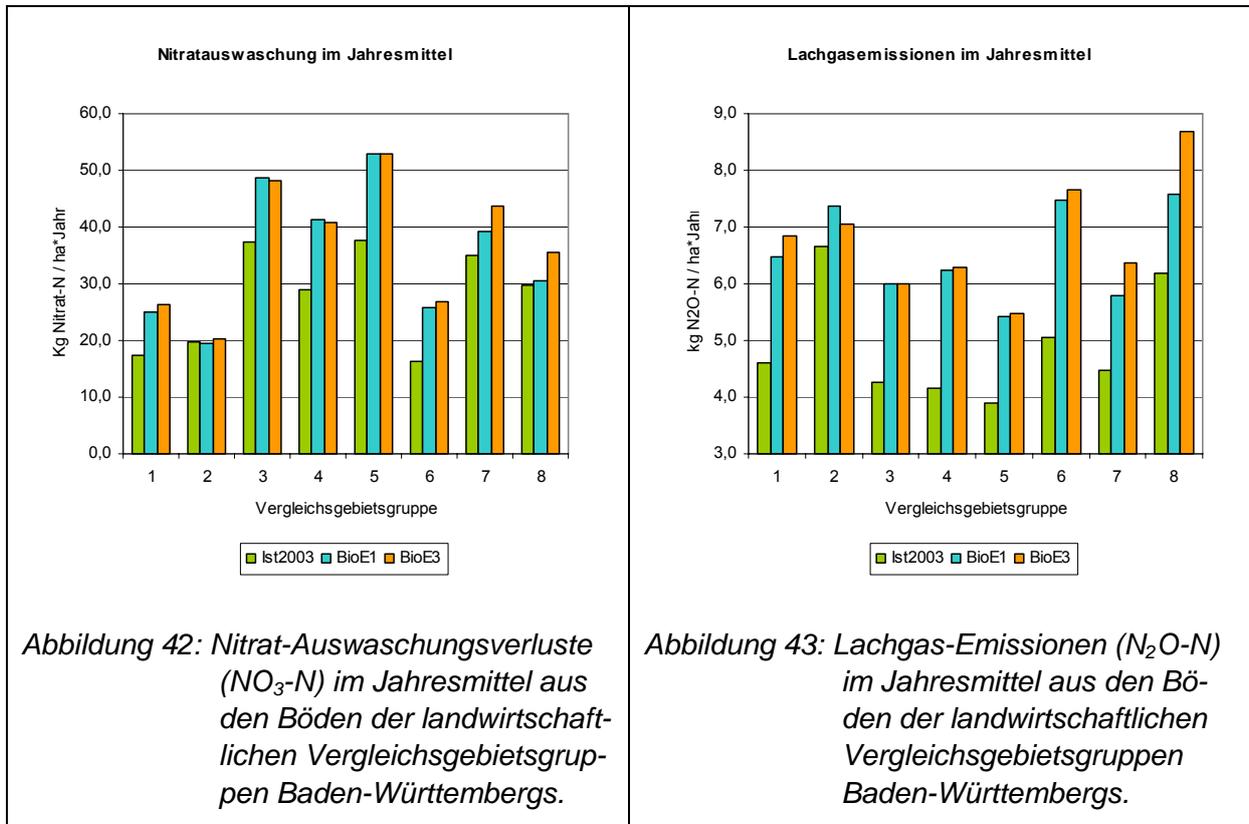


Tabelle 68: Stickstoffverluste durch Nitrat Auswaschung und Lachgasemissionen im Jahresmittel von den landwirtschaftlichen Vergleichsgebietsgruppen in Ba.-Wü. bei zwei verschiedenen Szenarien zur Produktion von Energiepflanzen

| Szenario | Vergleichsgebietgruppe Nr. | Gesamtverluste durch Nitrat-Auswaschung [Gg NO ₃ ⁻ /Jahr] ¹⁾ | Nitrat-Auswaschungsveränderung gegenüber Anbau 2003 [%] | Gesamtverluste durch Lachgas-Emissionen [Gg N ₂ O-N/Jahr] ¹⁾ | Lachgas-Emissionsveränderung gegenüber Anbau 2003 [%] |
|----------|----------------------------|---|---|--|---|
| BioE1 | 1 | 4,41 | 54 | 1,14 | 51 |
| | 2 | 2,35 | 21 | 0,89 | 35 |
| | 3 | 0,97 | 68 | 0,12 | 82 |
| | 4 | 4,78 | 57 | 0,72 | 66 |
| | 5 | 0,27 | 97 | 0,03 | 95 |
| | 6 | 4,07 | 66 | 1,18 | 55 |
| | 7 | 3,31 | 20 | 0,49 | 38 |
| | 8 | 4,57 | 12 | 1,14 | 34 |
| | Gesamt²⁾ | | 24,73 | 39 | 5,70 |
| BioE3 | 1 | 4,60 | 60 | 1,20 | 59 |
| | 2 | 2,45 | 26 | 0,85 | 29 |
| | 3 | 0,96 | 66 | 0,12 | 82 |
| | 4 | 4,63 | 52 | 0,72 | 64 |
| | 5 | 0,27 | 97 | 0,03 | 97 |
| | 6 | 4,37 | 78 | 1,24 | 63 |
| | 7 | 3,68 | 34 | 0,54 | 51 |
| | 8 | 5,45 | 34 | 1,33 | 57 |
| | Gesamt²⁾ | | 26,41 | 48 | 6,02 |

1) Gg = Gigagramm = 1000 Tonnen

2) Summe bei Mengen-Veränderung, flächengewichteter Mittelwert bei Relativ-Veränderung

Die Insgesamt relativ starken Zunahmen gegenüber der Anbausituation 2003 sind wahrscheinlich auch durch die vermehrte Düngung mit Gärresten bedingt und wiederum auf die zunehmende Ackerfläche bei der Produktion von Bioenergiepflanzen zurückzuführen. Insbesondere bei den Lachgasemissionen besteht jedoch eine Unsicherheit aufgrund der indirekten Berechnung aus EPIC-Ausgabeparametern durch Multiplikation mit pauschalen Anrechnungsfaktoren, die im Rahmen der vorliegenden Untersuchung nicht auf ihre regionale Gültigkeit hin geprüft werden konnten.

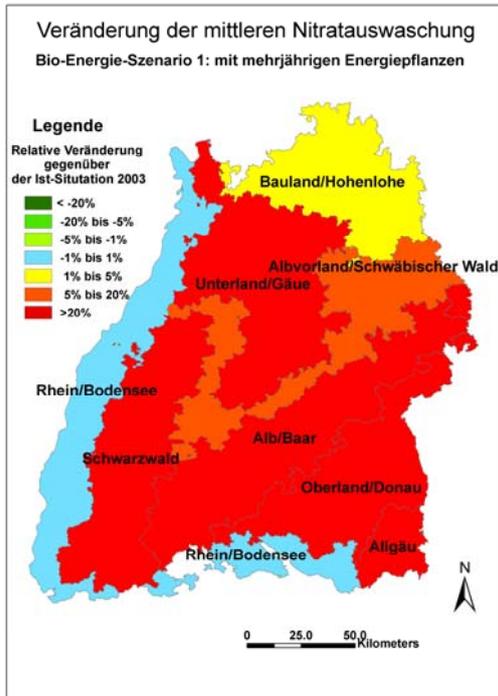


Abbildung 44: Relative Veränderung der mittleren Nitratauswaschung pro Jahr beim BioE1 in den landwirtschaftlichen VGG Ba.-Wü. (Kartografie: E. Kozyreva)

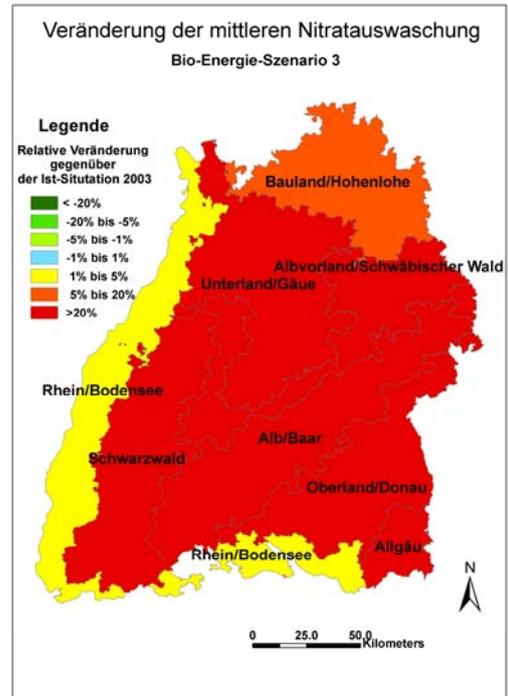
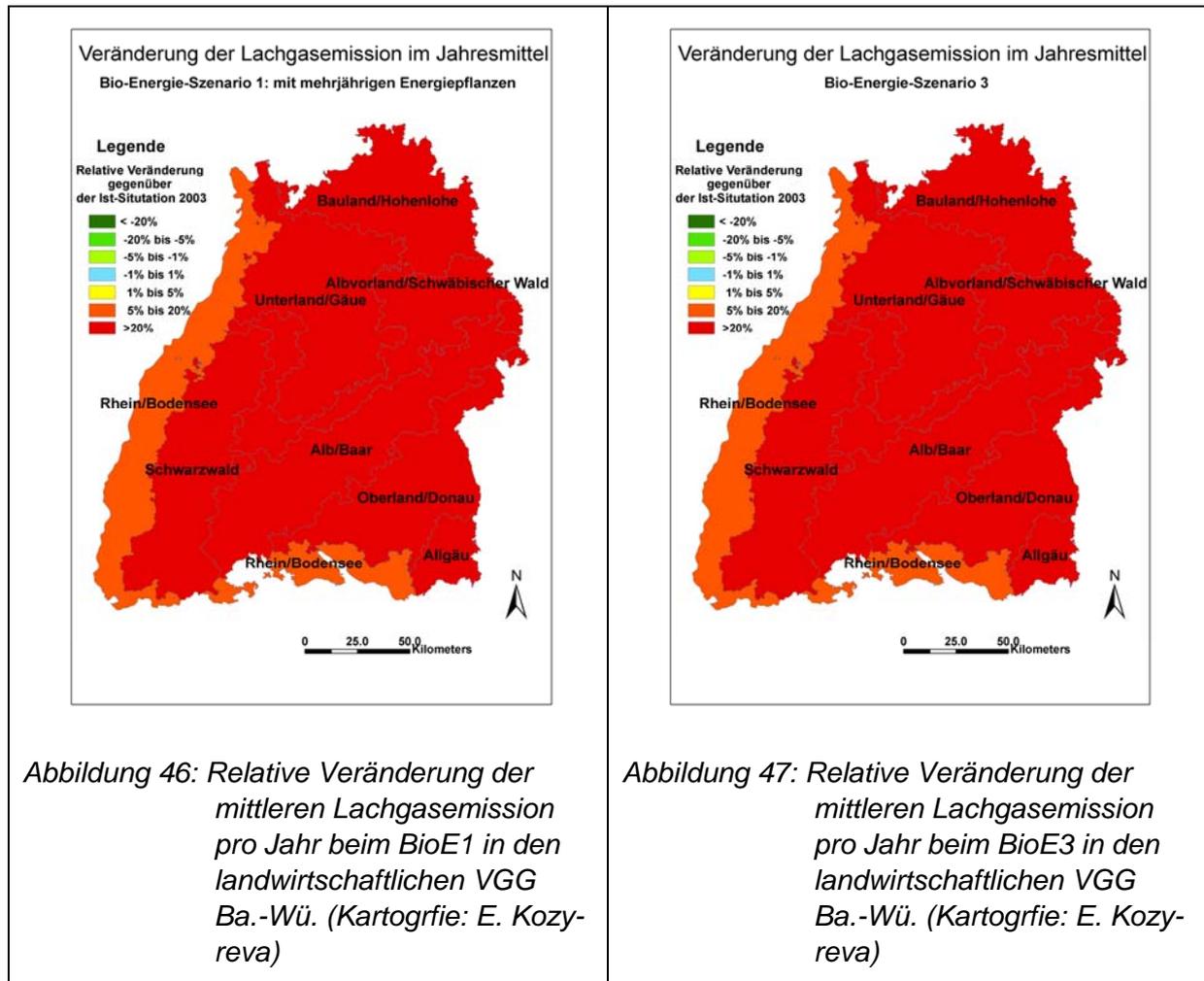


Abbildung 45: Relative Veränderung der mittleren Nitratauswaschung pro Jahr beim BioE3 in den landwirtschaftlichen VGG Ba.-Wü. (Kartografie: E. Kozyreva)



6.2 Vergleichende Feldmessungen

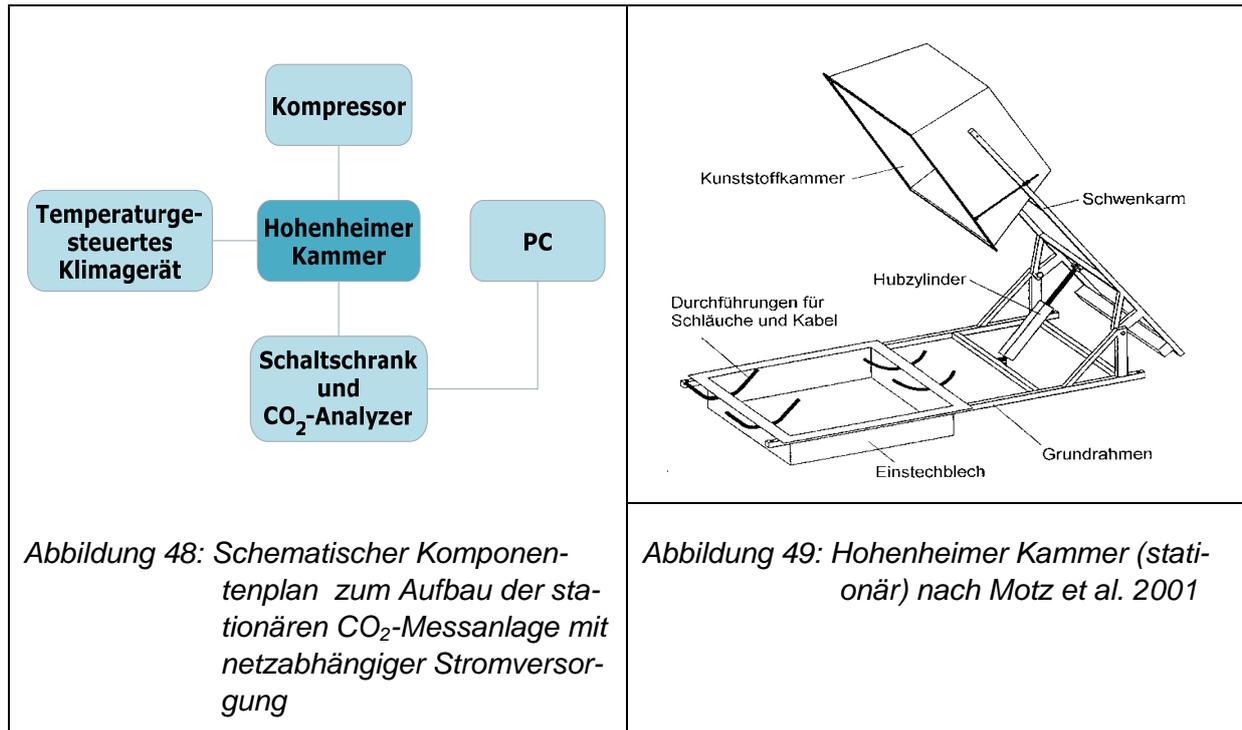
Um Anhaltspunkte für die Plausibilität der Modellierungen mit EPIC zu erhalten, wurden an bedeutenden Standorten vergleichende Feldmessungen vorgenommen werden. In Baden-Württemberg sind zum einen die Parabraunerden aufgrund ihrer weiten Verbreitung die bedeutsamsten Böden (ca. 30 % der LN mit ca. 30 % des landesweiten Boden-C-Vorrates in Ackerböden, n. Gaiser et al. 2007a, Neufeldt 2005). Zum anderen sind Böden mit nahezu unbegrenztem Speicherpotenzial wie z.B. (wiedervernässte) Niedermoore bedeutend (Gaiser et al. 2007a, Neufeldt 2005). Entsprechend wurden die Erhebungen und Versuche an den Standorten, Ihinger Hof (Magstadt) und Langenauer Ried (Langenau) durchgeführt (siehe Tabelle 69). Die Messreihen im Feld liefern also den Orientierungsrahmen für die Ein- und Ausgabegrößen des EPIC-Modells.

Tabelle 69: Die Untersuchungsstandorte für die vergleichenden Feldmessungen

| Standort | Bodentyp | Kulturpflanze | Variante | Feldanalysen |
|------------------------|---------------|---------------------------|--|---|
| Ihinger Hof | Parabraunerde | V3:Miscanthus | ohne Bodenbearb. | <ul style="list-style-type: none"> • ökosystemare Emissionsanalysen mit stationären Kammern + IR-Analysator • Biomasse |
| bei Magstad | | V1:Energiemais | ohne Pflug | |
| | | V2:Energiemais | mit Pflug | |
| Donauried bei Langenau | Niedermoor | V4:SG-Tri.-Ra Grünland | mit Pflug trocken feucht nass | <ul style="list-style-type: none"> • modulare Emissionsanalysen mit mobilen Kammern + GC-Analysen <ul style="list-style-type: none"> • Pflanzenatmung • Bodenatmung • Biomasse |

6.2.1 Repräsentativer Ackerstandort

Die Feldmessungen auf einem repräsentativen Ackerstandort wurden auf der Versuchsstation Ihinger Hof im Kreis Böblingen bei Stuttgart durchgeführt. Die Versuchsfläche liegt etwa 470 m über NN, durchschnittliche Lufttemperatur und Niederschlag liegen bei 7,9 °C bzw. 690 mm a⁻¹. Der Boden wurde als Parabraunerde über Muschelkalk angesprochen. Die kontinuierliche Erfassung des Netto-CO₂-Ökosystem-Austauschs erfolgt mit einem automatisierten Messsystem (siehe Abbildung 48). Ein Teil des Systems ist die Hohenheimer Kammer, die sich in 4-stündigen Intervallen für jeweils 10 Minuten schließt und dann wieder öffnet (Motz et al. 2001, siehe Abbildung 49). Untersucht wurden vier Parzellen mit den in Tabelle 69 genannten vier verschiedenen Varianten.



Die eineinhalb jährigen Felduntersuchungen ergaben, dass der Anbau von Miscanthus im Vergleich zu den anderen untersuchten Anbausystemen, den größten CO₂-Entzug aus der Atmosphäre führt (siehe Abbildung 51). Dabei bedeuten in der Abbildung negative Werte eine CO₂-Aufnahme aus der Atmosphäre, positive Werte eine CO₂-Abgabe an die Atmosphäre. Die lange Wachstumsphase von Frühjahr bis in den Herbst hinein, der hohe Ertrag an Biomasse und die ausbleibende Bodenbearbeitung können einen Beitrag zur deutlichen CO₂-Aufnahme der Miscanthus-Variante leisten. Die pfluglose Maisvariante zeigt nach dem Miscanthus die zweitgünstigste CO₂-Bilanz, vor der gepflügten Maisvariante. An letzter Stelle der untersuchten Anbausysteme steht die Fruchtfolge. Ein Grund für diese Tatsache kann die Kürze der Wachstumsperioden der angebauten Kulturen sein, was zu längeren Phasen ohne CO₂-Aufnahme der Pflanzen bei gleichzeitiger CO₂-Abgabe des Bodens führt. Außerdem wird im Vergleich zu Miscanthus und Mais erheblich weniger Biomasse aufgebaut was ergänzende Trockenmassenanalysen ergaben. Dies führt letztendlich auch zu einem verminderten CO₂-Entzug aus der Atmosphäre. In Abbildung 50 sind für den Zeitraum April 2008 bis Mai 2009 die gemittelten Emissionsraten der einzelnen Varianten zu den jeweiligen Messzeitpunkten dargestellt. 2008 war das Jahr der Miscanthus-Pflanzung und die höhere CO₂-Aufnahme der beiden Mais-Varianten (V1 u. V2) deuten darauf hin, dass Miscanthus (V4) im ersten Anbaujahr noch erheblich vom endgültigen Leistungspotenzial entfernt ist.

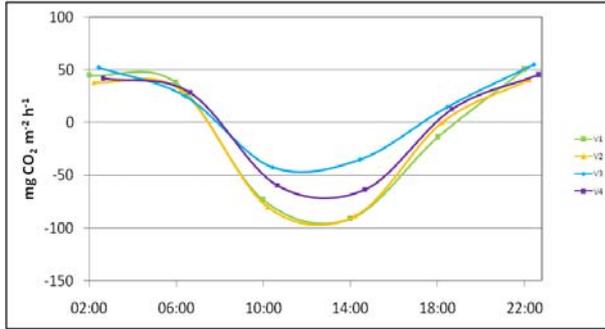


Abbildung 50: Mittlere CO₂-Emissionsraten in mg CO₂ m⁻² h⁻¹ von April 2008 bis Mai 2009

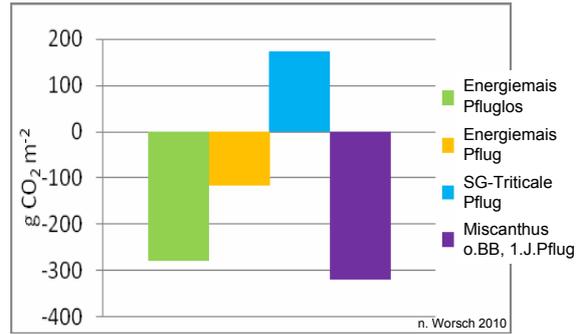


Abbildung 51: Gesamt Netto-CO₂-Ökosystemaustausch von April 2008 bis November 2009

Die Ergebnisse der begleitenden Nmin-Beprobungen im Jahre 2008 zeichnen die gegebenen Düngegaben und Zeitpunkte sowie die wetter- und pflanzenbedingten Schwankungen gut nach. Außerdem bestätigen die höheren Mengen unter den Maisvarianten eine höhere Auswaschungsgefahr, so wie auch mit den EPIC-Modellierungen bei vermehrtem Anbau von einjährigen Energiepflanzen prognostiziert. Miscanthus deutet sein Potenzial zur Minderung von Nitrat auswaschung an, konnte es im ersten Anbaujahr wegen zusätzlicher Mineralisierung bei der Bodenbearbeitung zur Pflanzung und geringerem Wachstum im Pflanzjahr allerdings noch nicht ausschöpfen.

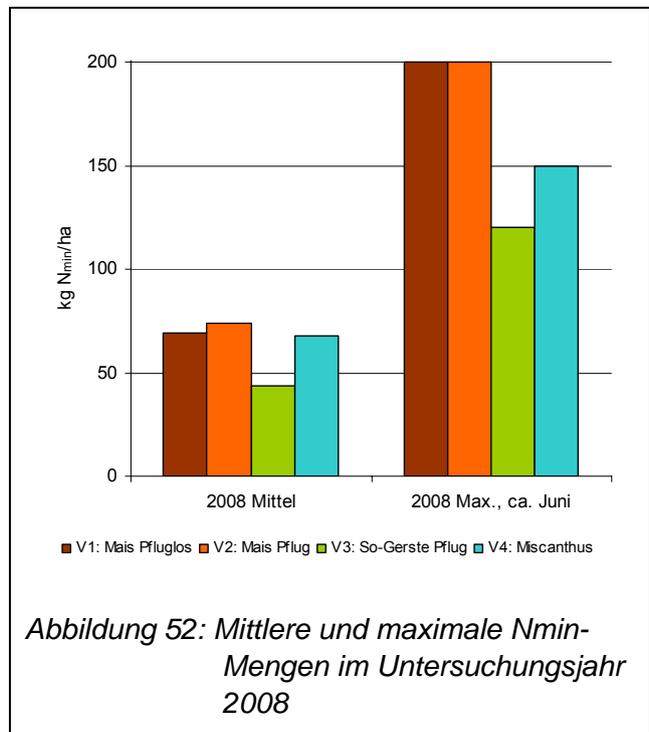


Abbildung 52: Mittlere und maximale Nmin-Mengen im Untersuchungsjahr 2008

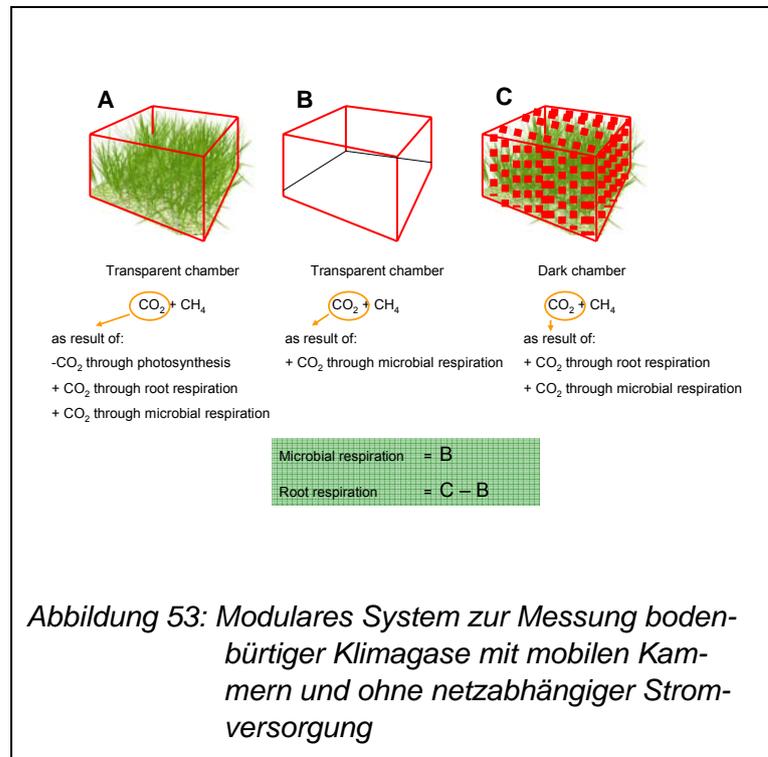
Eine ausführliche Darstellung aller Ergebnisse und statistische Analysen der Feldmessungen auf dem repräsentativen Ackerstandort erfolgen durch eine Promotionsarbeit und werden in den Hohenheimer Bodenkundlichen Heften veröffentlicht.

6.2.2 Entwicklungsfähiger Niedermoorstandort

Die orientierenden Feldmessungen zum Leistungspotenzial von Niedermooren fanden im *Donauried* statt, das ca 25 km nordöstlich von Ulm liegt und knapp 3000 ha umfasst. Bei den untersuchten Böden handelt es sich um mehr oder weniger stark vererdete und kalkreiche Niedermoore. Die WRB-Klassifikation und Nutzung der drei untersuchten Varianten ist wie folgt:

- Sapric Histosol (Calcaric): wiedervernässtes Naturschutzgebiet
- Calcic Folic Histosol: tief entwässertes und intensiv genutztes Grünland
- Fibric Histosol (Calcaric): schwach entwässertes Grünland mit periodischer Vernässung

Die CO_2 - und N_2O - Emissionen wurden wöchentlich gemessen mittels mobilen, teils transparenten und teils dunklen Hauben-Messkammern (Matson and Harriss 1995). Im Gelände wurden je Variante sechs Hauben auf Rahmen gesetzt, die auf eine Tiefe von 30 cm eingegraben wurden. Von jeweils zwei Messrahmen wurde die Vegetation entfernt, um die Wurzelatmung ermitteln zu können. Die Gasproben wurden 0, 15 und 30 Minuten nach aus den geschlossenen Kammern entnommen und im Labor an einem Gaschromatograph analysiert. Parallel dazu wurden in jeder Variante der Grundwasserstand mit einem Piezometer, die Bodensaugspannung mit Tensiometern in 10, 40 and 60 cm Tiefe sowie das Redoxpotenzial mit Platinelektroden in 5, 10, 20, 40 and 60 cm Tiefe gemessen. Die Bodentemperaturen wurden in 5, 10, 20, 40, 60 cm Tiefe stündlich mit einem Datalogger aufgezeichnet.



Die eineinhalbjährigen Analysen ergaben im Gesamtmittel folgende Rangfolge bei den gemessenen Klimagasemissionen:

- CO_2 : tief entwässert ($4,4 \text{ g C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$) > wiedervernässt ($1,9 \text{ mg C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$) > schwach entwässert ($0,3 \text{ mg C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$)
- N_2O : wiedervernässt ($25,7 \text{ mg N m}^{-2} \text{ d}^{-1}$) > tief entwässert ($-11,2 \text{ mg N m}^{-2} \text{ d}^{-1}$) > schwach entwässert ($-14,8 \text{ mg N m}^{-2} \text{ d}^{-1}$)

Demzufolge kann von tief entwässerten Niedermooren eine CO_2 -Abgabe und eine N_2O -Aufnahme erwartet werden bzw. umgekehrte Emissionen bei wiedervernässten Niedermooren. Das Verhalten des schwach entwässerten Niedermoors ist indifferenter und offenbar stärker abhängig von Grundwasserschwankungen. Aber auch die Emissionen aus dem tief entwässerten und dem wiedervernässten Niedermoor sind von saisonalen Schwankungen und Grundwasserständen abhängig (siehe Abbildung 54 und Abbildung 55)

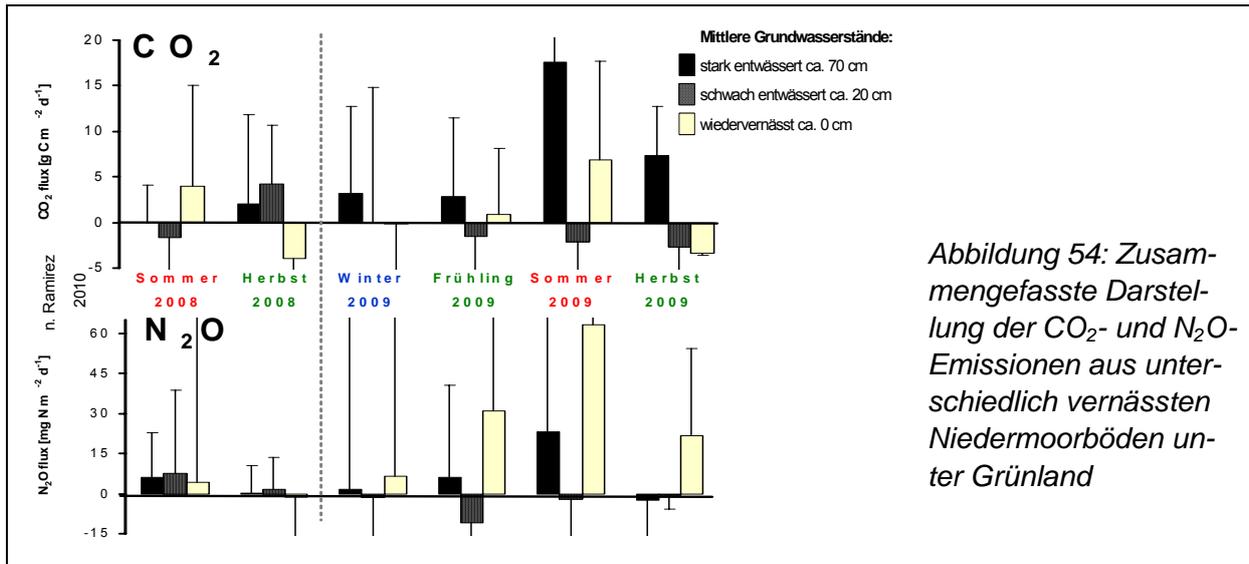


Abbildung 54: Zusammengefasste Darstellung der CO₂- und N₂O-Emissionen aus unterschiedlich vernässten Niedermoorböden unter Grünland

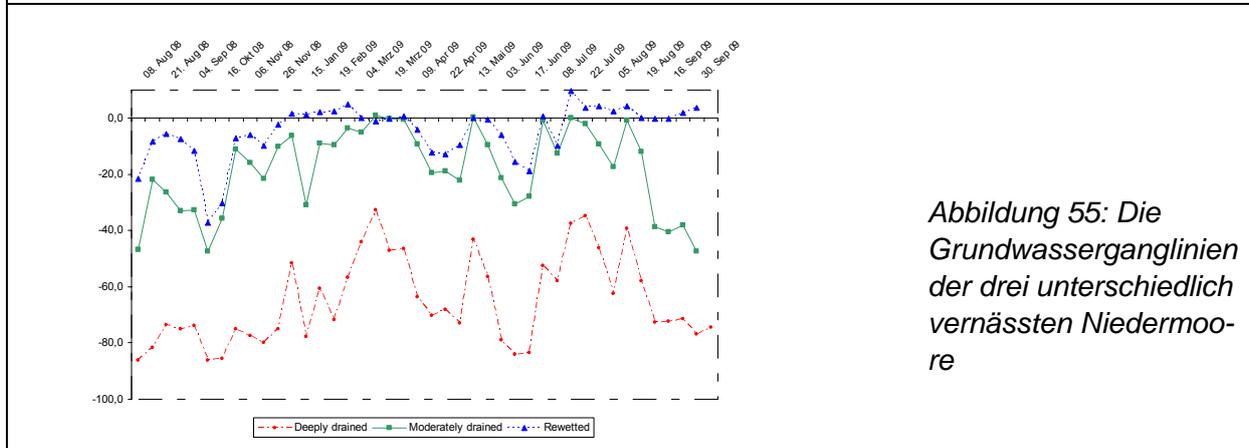


Abbildung 55: Die Grundwasserganglinien der drei unterschiedlich vernässten Niedermoo-re

Die Feldmessungen haben eine grundsätzlich entgegengesetzte Entwicklung der CO₂- und N₂O-Emissionen bei wiedervernässten und stark entwässerten Niedermoorböden aufgezeigt, so dass beim Anbau von Energiepflanzen eine besonders sorgfältige Abwägung der Umweltwirkungen empfohlen wird. Dies ist mit den dargestellten Untersuchungen allerdings kaum möglich, weil die Abhängigkeiten mit dem gewählten Untersuchungsansatz nicht nachweisbar sind. Unter anderem konnten aufgrund der begrenzten Ressourcen keine Tagesgänge der CO₂-Emissionen gemessen werden, was aber Voraussetzung für die erforderliche Separation der Pflanzenatmung ist (siehe z.B. Brak et al. 2009, Drösler 2005).

Eine ausführliche Darstellung aller Ergebnisse und statistische Analysen der Feldmessungen auf den Niedermoorstandorten erfolgen durch eine Promotionsarbeit und werden in den Hohenheimer Bodenkundlichen Heften veröffentlicht.

6.2.3 Resumé der Feldmessungen

Die Vergleichenden Emissionsmessungen weisen bei einer Acker-Parabraunerde auf eine größere CO₂-Bindung der Energiepflanzen hin gegenüber einer CO₂-Freisetzung bei einer konventionellen Fruchtfolge. Die Potenziale hierfür wurden auch bei einigen der o.g. Modellierungen mit EPIC deutlich wie z.B. in der VGG1 (Unterland/Gäue). Allerdings sind die bodenbürtigen Komponenten bei den ökosystemaren Messungen integriert, so dass belastbare Vergleiche mit den regionalen Modellierungen erst möglich sind, wenn auch die Feldversuche modelliert werden. Die Messungen im Niedermoor mit Grünlandnutzung deuten auf eine ausgeglichene CO₂-Bilanz hin bei Vernässung gegenüber CO₂-Freisetzung bei Entwässerung und auf verstärkte N₂O-Freisetzung bei Vernässung gegenüber schwacher N₂O-Bindung bei Entwässerung. Um letztendlich die Eignung von wiedervernässten Niedermooeren für den Energiepflanzenanbau beurteilen zu können, müssten die Boden- und Pflanzen-Emissionen integriert betrachtet werden, also auch Tagesmessungen der CO₂-Emissionen umfassen und die THG zu CO₂-Äquivalenten zusammenfassen. Ein grundsätzliches Potenzial zur THG-Speicherung ist mit den durchgeführten Begleituntersuchungen nicht auszuschließen.

6.3 Fazit zu den abiotischen Umweltwirkungen

Die Modellierung der abiotischen Umweltwirkungen des vermehrten Anbaus von Bioenergiepflanzen mit EPIC zeigt für alle untersuchten Parameter (Bodenerosion durch Wasser, CO₂-Emissionen durch Humusveränderungen und Lachgasemissionen, Nitratauswaschung) eine landesweite Zunahme auf (siehe Abbildung 56), sind also negativ zu bewerten. Die Tendenz ist bei der Integration von mehrjährigen Energiepflanzen wie Kurzumtriebplantagen oder Miscanthus (Szenario BioE1) schwächer ausgeprägt als bei der Energiegewinnung aus einjährigen Feldkulturen wie z.B. Silomais (Szenario BioE3). Maßgeblichen Anteil dabei hat das zunehmende Ackerland durch Grünlandumbruch, wodurch zusätzliche aber ungeprüfte Effekte wie z.B. CO₂-Emissionen durch Humusmineralisierung zu erwarten sind. Werden die landesweit aufsummierten Veränderungen auf ein einheitliches Flächenmaß wie z.B. einen Hektar bezogen, zeichnen sich aber auch vereinzelte Verbesserungspotenziale besonders durch den Anbau von Miscanthus und Kurzumtriebplantagen ab. Diese könnten auch im überregionalen Kontext ihre positiven Umweltwirkungen entfalten, wenn auf der anderen Seite die intensiv bewirtschafteten Ackerflächen aufgrund der Standortkonkurrenz nicht zunehmen würden.

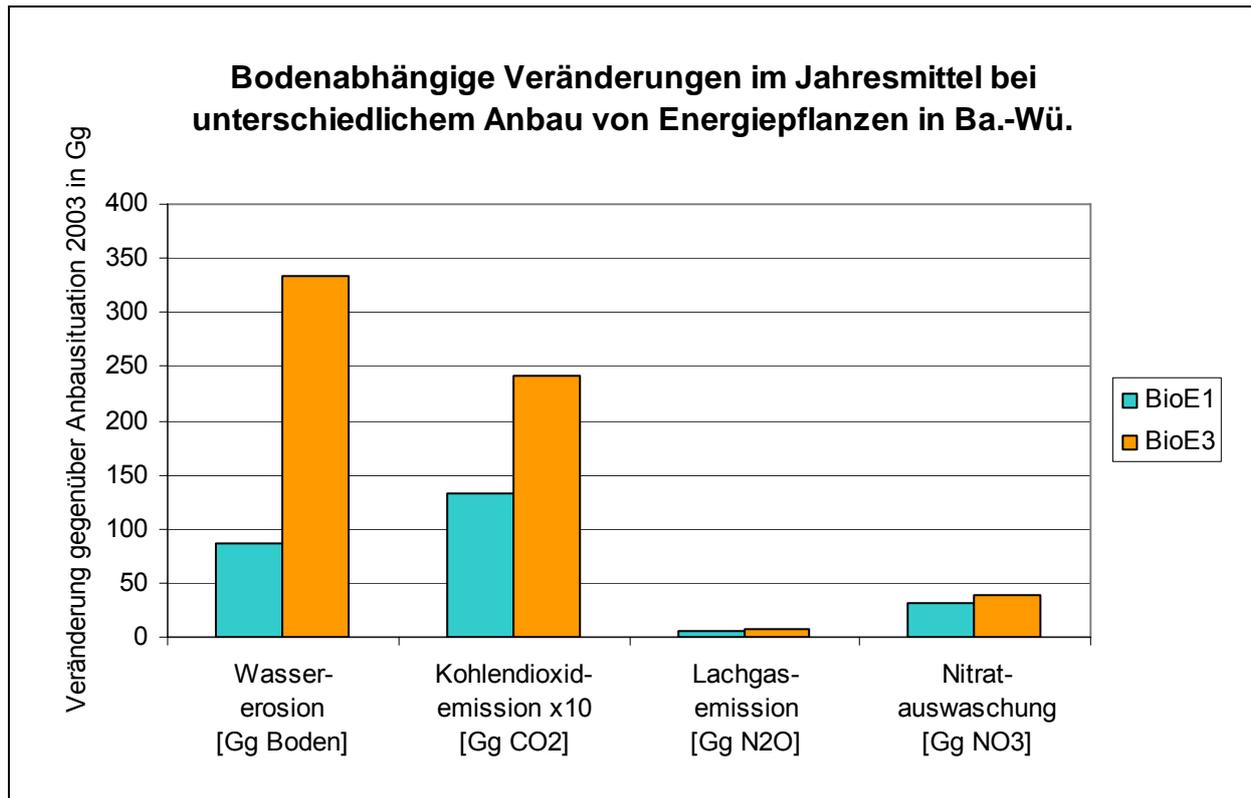


Abbildung 56: Mittlere Veränderung der ausgewählten Umweltwirkungen pro Jahr bei den Anbauszenarien zur landwirtschaftlichen Produktion von Bioenergieträgern ohne Schutzmaßnahmen auf der Ackerbaufläche Baden-Württembergs (BioE1 = mit mehrjährigen Energiepflanzen, BioE3 = ohne mehrjährige Energiepflanzen, Gg = Gigagramm = 1000 Tonnen).

Verbesserungspotenziale deuten sich beispielsweise an, indem beim zunehmenden Anbau von mehrjährigen Energiepflanzen eine Abnahme der Bodenerosion in den Vergleichsgebietsgruppen Unterland/Gäue, Rheinebene und Allgäu berechnet wurde oder eine zunehmende C-Speicherung im Bodenumus, also verringerte CO₂-Emissionen, in der Unterland-/Gäu-Landschaft. Diese Potenziale werden durch die vergleichenden Feldmessungen bestätigt und können diesen Ergebnissen zufolge noch verstärkt werden z.B. durch pfluglose Bodenbearbeitung. Somit zeigen die ökologischen Modellierungen zu den abiotischen Umweltwirkungen zwar eindeutige Tendenzen auf, allerdings bestehen auch Unsicherheiten aufgrund unzureichender Möglichkeiten der Modellvalidierung und Sensitivitätsprüfungen oder fehlender Signifikanzen aufgrund großer Einzelwertstreuungen. Entsprechende Qualitätsverbesserungen könnten mit weiteren Modellierungen ebenso erreicht werden wie zusätzliche Informationen zum Minderungspotenzial der abiotischen Schadwirkungen durch das integrieren von Schutzmaßnahmen wie reduzierte Bodenbearbeitung, Zwischenfruchtanbau oder Alternative Feldkulturen wie Klee gras oder Ganzpflanzensilage von Getreide.

7 Naturschutzfachliche Analyse und Bewertung

Die naturschutzfachliche Analyse der Auswirkungen des Energiepflanzenanbaus gliedert sich in drei Abschnitte bzw. Kapitel: Für das Ackerland wurden die Anbauumfänge der Ackerkulturen der jeweiligen Szenarien räumlich verteilt (vgl. Kap. 4.5). Daher war hier eine raum- und artspezifische Wirkungsanalyse der Ackerkulturen innerhalb der Zielräume der Zielarten möglich. Für das Grünland wurde eine vergleichbare räumliche Disaggregation der Nutzungsformen nicht durchgeführt, da im Teilprojekt zum Ressourcenschutz keine Stoffbilanzen für das Grünland ermittelt wurden. Zudem hätte die starke Diskrepanz zwischen Grünlandfläche gemäß Agrarstatistik und den raumbezogenen Daten des DLM25 methodische Probleme bereitet. Daher ist für das Grünland keine raumspezifische Wirkungsanalyse bezogen auf die Zielräume der Zielarten möglich. Stattdessen wurden Flächenbilanzen der Grünlandnutzungen auf Ebene von VGG mit hoher Übereinstimmung mit dem Verbreitungsgebiet von Zielarten erstellt. Abschließend werden die aus naturschutzfachlicher Sicht unerwünschten Neben-Effekte der Naturschutz-Vorgaben diskutiert, die sich in einem dynamischen, ökonomisch-optimierten landwirtschaftlichen System ergeben können.

Zur besseren Lesbarkeit der folgenden Grafiken sind in Tabelle 70 die wesentlichen Unterschiede der Annahmen zum Energiepflanzenanbau in den Szenarien zusammengefasst. Eine ausführliche Erläuterung der Szenarien enthält Kap. 5.3.1.

Tabelle 70: Vergleich der Annahmen zum Energiepflanzenanbau in den analysierten Szenarien (vgl. Kap. 5.3.1) (LN: landwirtschaftliche Nutzfläche).

| Kriterium | Referenz | Business as usual | Bioenergie-Szenarien | | |
|---|------------|------------------------|---------------------------|-------------------------------|---|
| | REF_2003 | BAU_2015 | BioE 2 | BioE 3 | BioE 1 |
| Agrarpreise | 2003 | Preisannahmen für 2015 | | | |
| Anteil mehrjähriger Kulturen (KUP, Miscanthus) | kein Anbau | kein Anbau | kein Anbau | kein Anbau | Anbau auf max. 30% der geeigneten Ackerfläche |
| Anteil Energiepflanzen | kein Anbau | 5% an Ackerfläche | Anbau auf max. 30% der LN | Anbau auf gesamter LN möglich | Anbau auf gesamter LN möglich |

Energiepflanzenanbau

7.1 Wirkungsanalyse Ackerland

Für die naturschutzfachliche Analyse der Flächenumfänge der einzelnen Kulturarten im Ackerland wurden nur die Szenarien ohne Berücksichtigung der Naturschutz-Vorgaben analysiert. Es wird davon ausgegangen, dass in den Szenarien mit Berücksichtigung der in Kap. 4.3.2.1 erläuterten ökologischen Ausgleichsflächen ein ausreichendes Lebensraumangebot für die Zielarten – und die sie repräsentierende Artenvielfalt – zur Verfügung steht. Da jedoch anzunehmen ist, dass diese Maßnahmen in absehbarer Zeit nicht im dargestellten Umfang umgesetzt werden, ist es erforderlich mit den folgenden Analysen auf die Gefährdungspotentiale in den Szenarien ohne Berücksichtigung der Naturschutz-Vorgaben hinzuweisen.

Für die naturschutzfachliche Analyse wurden zunächst die Kulturen hinsichtlich Habitataeignung bzw. beeinträchtigender Wirkung für die Zielarten über eine Literaturlauswertung (DZIEWIATY & BERNARDY 2007) und durch Experten (ATP) bewertet. Die Überlagerung der räumlich disaggregierten Ackerkulturen mit den Zielräumen der Zielarten ermöglichte die Bilanzierung der Flächenumfänge der jeweiligen Eignungsstufe innerhalb der Verbreitungsbzw. Entwicklungsschwerpunkte der Arten (vgl. Kap 4.3.3). Da die Analyse auf den Ergebnissen der in Kap. 4.5 erläuterten Landnutzungsverteilung aufsetzt, beinhaltet sie die dort erläuterten Unsicherheiten (vgl. Kap. 8.1).

Tabelle 71 enthält die Wirkungsbewertung der analysierten Ackerkulturen auf die Zielarten des Ackerlands. Es ist erkennbar, dass für Graumammer und Rebhuhn die Kulturen selbst - mit Ausnahme von Klee gras, KUP und Miscanthus – keine Auswirkung auf die Habitataeignung der Agrarlandschaft haben. Vielmehr ist bei diesen Arten das Angebot an ökologischen Ausgleichsflächen entscheidend. Da deren Flächenumfänge nur zwischen den Szenarien mit und ohne Berücksichtigung der Naturschutz-Vorgaben variiert, nicht jedoch beim Vergleich der Bioenergie-Szenarien untereinander, wurde keine Wirkungsanalyse für diese Arten durchgeführt. Für das Naturschutz-Szenario, mit Annahme der in Kap. 4.3.2.1 erläuterten Ausgleichsflächen, wird ein ausreichendes Habitatangebot für die Entwicklung der Zielbestände dieser Arten angenommen.

Tabelle 71: Wirkungsbewertung der analysierten Ackerkulturen auf die Zielarten des Ackerlands.

| Kultur | Feldlerche | Kiebitz | Graumammer | Rebhuhn |
|----------------------|------------|---------|------------|---------|
| Weizen, Sommer | ++ | 0 | 0 | 0 |
| Weizen, Winter | + | - | 0 | 0 |
| Gerste, Sommer | ++ | 0 | 0 | 0 |
| Gerste, Winter | + | - | 0 | 0 |
| Hafer, Sommer | ++ | 0 | 0 | 0 |
| Roggen, Winter | + | - | 0 | 0 |
| Körnermais | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Winterraps | + | - | 0 | 0 |
| Sonnenblumen | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Zuckerrüben | + | 0 | 0 | 0 |
| Kartoffeln | + | 0 | 0 | 0 |
| Silomais | - | - | 0 | 0 |
| Zwischenfrüchte | + | 0 | 0 | 0 |
| Klee gras | - | - | - | - |
| Miscanthus | - | - | - | - |
| KUP: Weiden, Pappeln | -- | -- | -- | -- |

Erläuterung

- ++ sehr gute Habitataeignung
- + gute bis mäßige Habitataeignung
- 0 wirkungslos aber nicht beeinträchtigend
- beeinträchtigende Wirkung
- stark beeinträchtigende Wirkung

In Abbildung 57 sind die Anbauumfänge der Kulturen aggregiert auf Ebene der Eignungsstufen bezogen auf das Zielgebiet der Feldlerche dargestellt. Insgesamt betrachtet kann im Vergleich von BAU mit BioE2, BioE3 und BioE1 in dieser Reihenfolge eine stetige Abnahme geeigneter Kulturen und eine deutliche Zunahme beeinträchtigt wirkender Kulturen festgestellt werden.

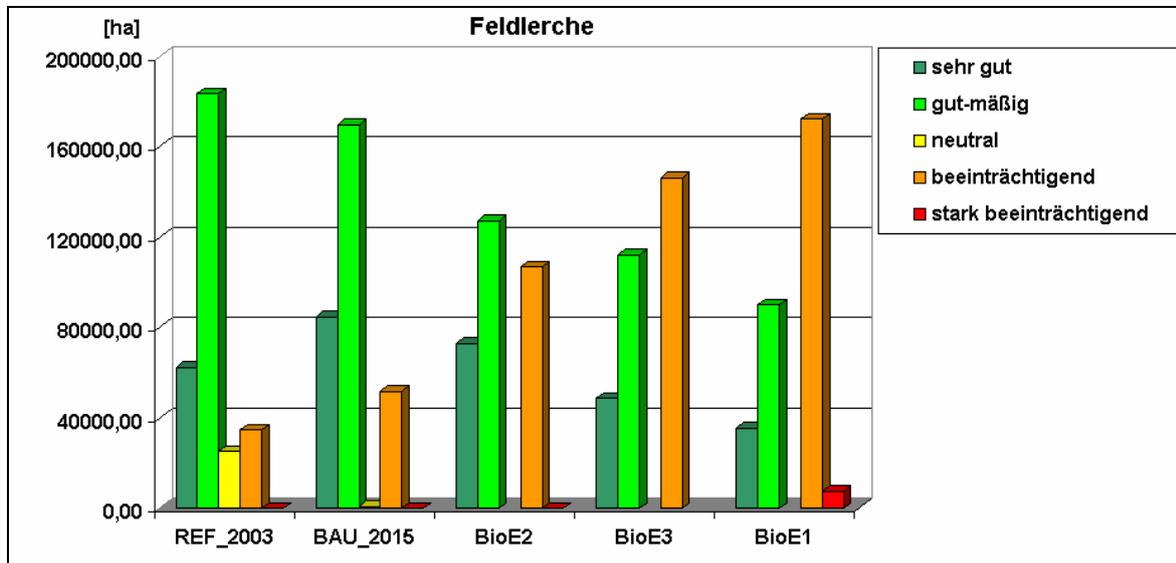


Abbildung 57: Vergleich der Flächenumfänge der Ackerkulturen aggregiert auf Ebene der Wertstufen im Zielraum der Feldlerche.

Der Anstieg der Anbaufläche mit sehr guter Habitateignung von der Referenzsituation (REF_2003) zum Business as usual-Szenario (BAU) ist im Wesentlichen auf die Zunahme der Sommergerste um ca. 50% zurück zu führen. Die leichte Abnahme der gut - mäßig bewerteten Kulturen begründet sich durch den starken Rückgang von Winter-Roggen und Winter-Gerste, während der mit deutlichen größeren Flächenumfängen vertretene Winterweizen leicht zunimmt. Das fast völlige Verschwinden der neutralen Eignungsstufe liegt am Wegfall der Sonnenblumen und am drastischen Rückgang des Körnermais. Die Zunahme der beeinträchtigt Wertstufe ist mit einer Verdopplung des Klee gras bei leichtem Rückgang des Silomais zu begründen.

Im Vergleich von BAU zu den Bioenergie-Szenarien begründet sich der deutliche Rückgang der Anbaufläche sehr guter Eignung mit einer starken Abnahme der Sommergerste. Die deutliche Abnahme der Kulturen mit guter – mäßiger Eignung ist zum überwiegenden Teil auf eine Abnahme des Winterweizens und weiter auf Rückgänge der Anbauumfänge bei Winterraps, Zuckerrüben und Kartoffeln zurück zu führen. Die sehr starke Zunahme der beeinträchtigt Kulturen liegt fast ausschließlich an einer Verdreifung bis Vervielfachung der Anbaufläche des Silomais und zu einem geringen Teil an der Ausdehnung von Klee gras. Dabei wird der leichte Rückgang von Klee gras und Silomais von BioE3 zu BioE1 durch das Hinzutreten von Miscanthus in BioE1 überkompensiert. Ebenso ist in diesem Szenario das Auftreten von stark beeinträchtigt Kulturen allein mit dem Anbau von KUP zu erklären.

In Abbildung 58 ist entsprechende Auswertung für den Zielraum des Kiebitz dargestellt. Auch hier zeigt sich im Vergleich von BAU zu BioE2, BioE3 und BioE1 eine stetige Zunahme beeinträchtigungswirkender Kulturen bei Abnahme der als neutral eingeschätzten Anbaufrüchte.

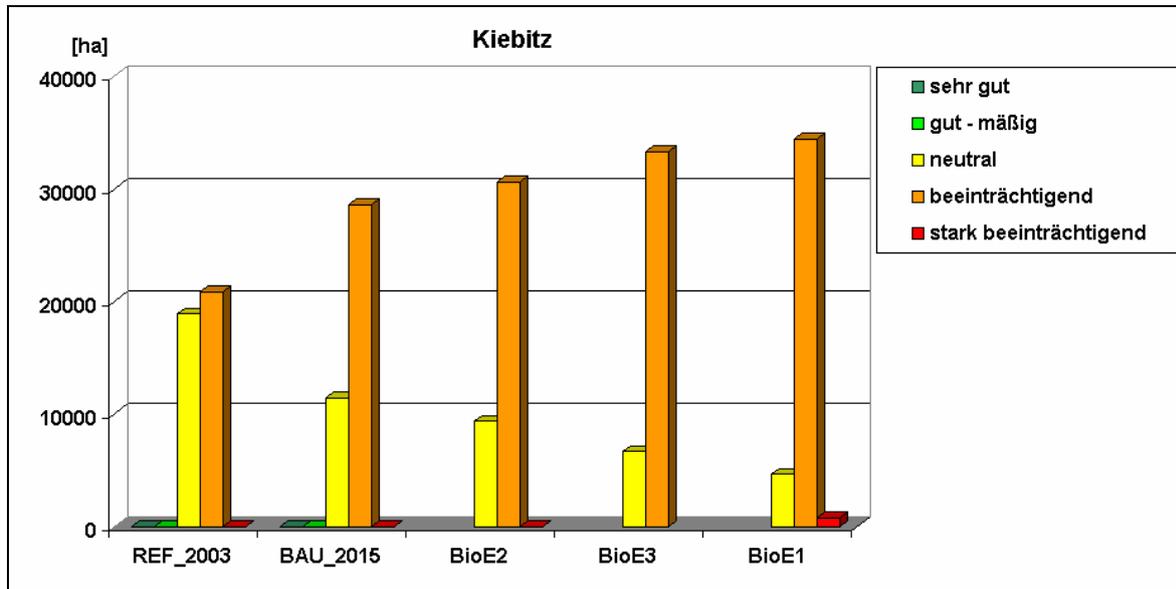


Abbildung 58: Vergleich der Flächenumfänge der Ackerkulturen aggregiert auf Ebene der Wertstufen im Zielraum des Kiebitz.

Die deutliche Zunahme der beeinträchtigungswirkenden Kulturen von REF zu BAU begründet sich im Wesentlichen in einer Zunahme des Winterweizens und in geringerem Umfang in Zunahmen von Winterraps, Klee gras und Silomais. Die Abnahme der als wirkungslos eingestufteten Kulturen ist zum überwiegenden Teil auf das völlige Verschwinden des Körnermais und etwa Halbierung der Zuckerrüben zurück zu führen. Die Zunahme der Sommergerste wirkt dem Rückgang entgegen, kann ihn aber nicht ausgleichen.

Die weitere Zunahme der beeinträchtigung bewerteten Kulturen vom BAU zu den BioE-Szenarien ist mit der sehr starken Zunahme des Silomais-Anbaus und in BioE1 mit dem Auftreten von Miscanthus zu begründen. Obwohl der ebenfalls beeinträchtigungswirkende Winterweizen deutlich abnimmt bleibt in der Bilanz eine Zunahmen dieser Eignungsstufe. Die Abnahme der neutralen Kulturen ist überwiegend auf den starken Rückgang der Sommergerste und zu geringen Teilen von Sommerhafer, Kartoffeln und Zuckerrüben zurück zu führen. In BioE1 treten zudem KUP als stark beeinträchtigungswirkende Kulturen hinzu.

Die starke Zunahme des Silomaisanbaus – landesweit um das drei- vierfache – ist eine der wesentlichen Auswirkungen der Bioenergie-Szenarien. Daher wurde eine räumlich möglichst differenzierte, aber dennoch belastbare Darstellung dieser Entwicklung angestrebt. Jedoch erhöht sich die Fehlerquote der räumlichen Verteilung der Kulturen mit zunehmender Kleiräumigkeit der Betrachtungsebene (vgl. Kap. 4.5). Die Naturräume 4. Ordnung - eine für naturschutzfachliche Fragestellungen weit verbreitete Bezugsebene – stellen akzeptable räumliche Aggregate dar. Abbildung 59 stellt die Maisanbaufläche in den Szenarien auf dieser Ebene dar. Im Vergleich zum BAU treten in den Bioenergie-Szenarien insbesondere im Bereich des mittleren Oberrheins, dem Kraichgau und Neckarbecken sowie in Hohenlohe sehr starke Zuwächse auf.

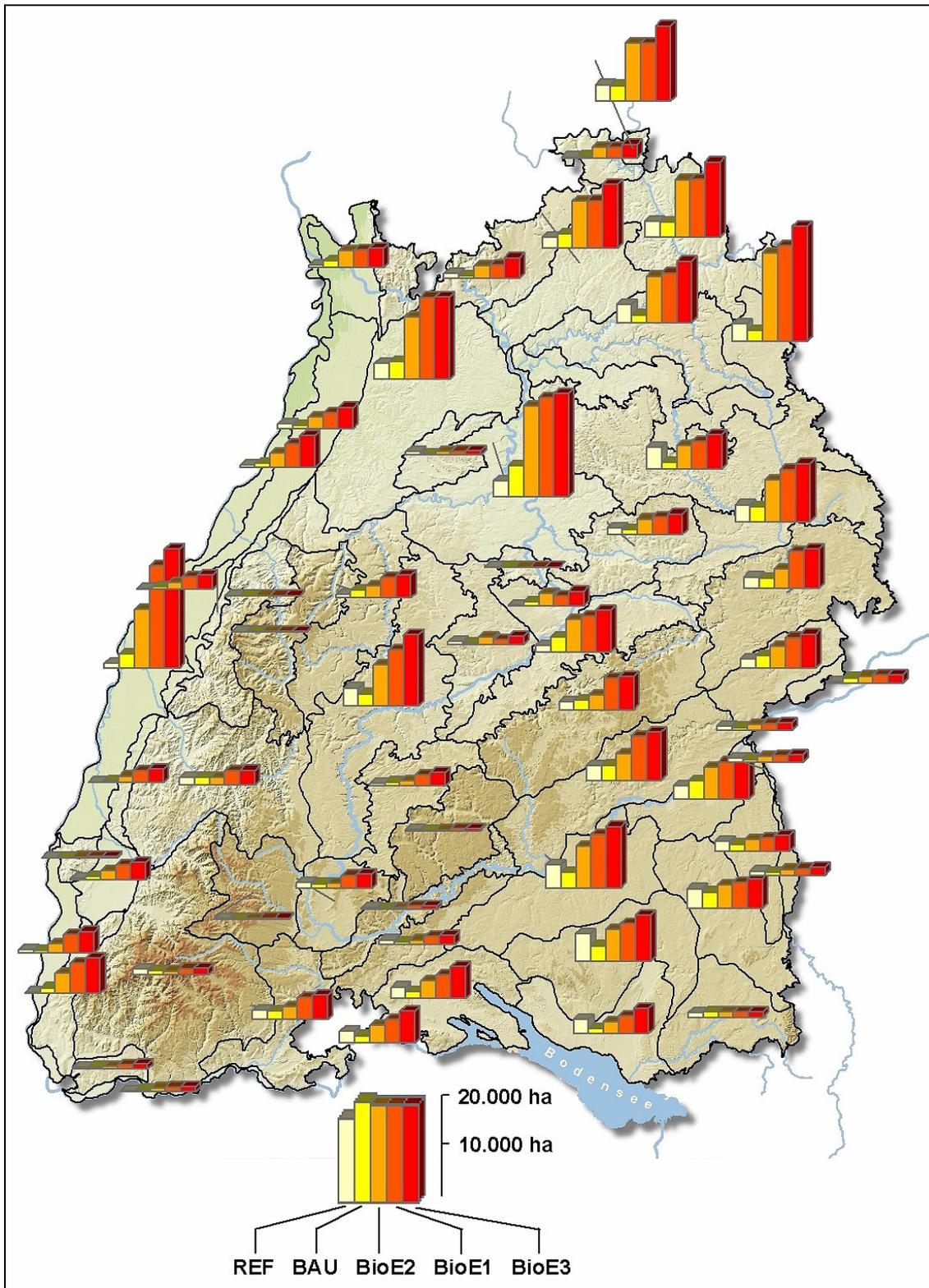


Abbildung 59: Anbauumfänge des Silomais in den analysierten Szenarien auf Ebene der Naturräume 4. Ordnung.

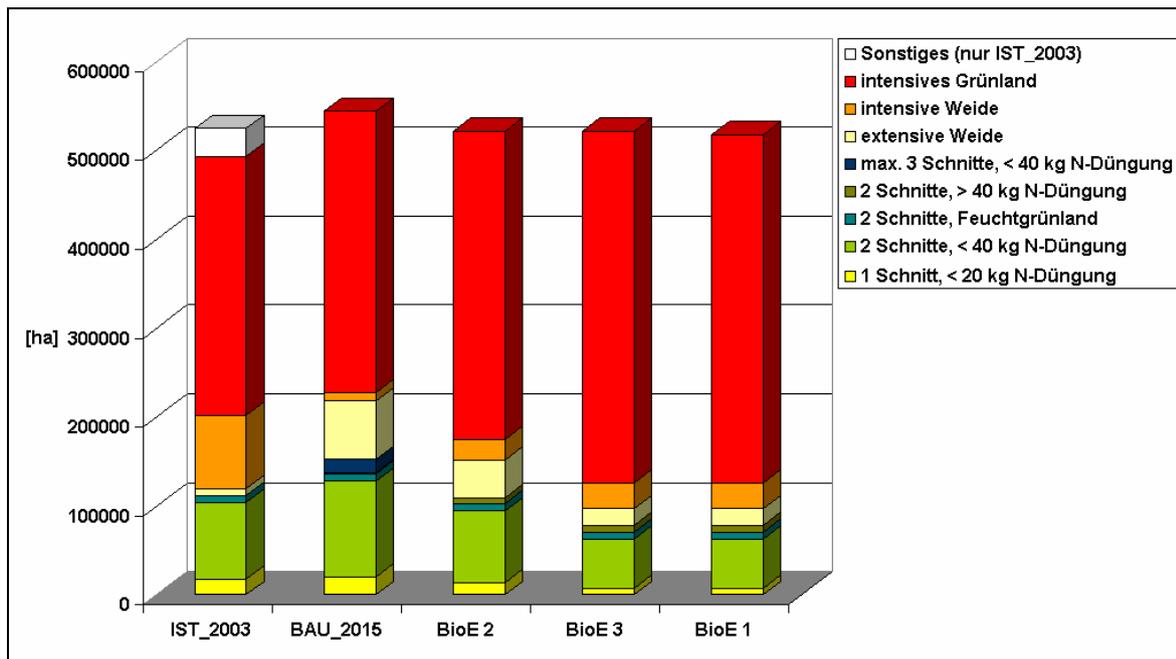
7.2 Wirkungsanalyse Grünland

Im Grünland wird die Lebensraumeignung für charakteristische Arten weniger durch kleinräumige Begleitstrukturen wie im Ackerland beeinflusst, als vielmehr durch die Form und Intensität der flächenhaften Nutzung. Daher werden im Folgenden Flächenbilanzen der analysierten Nutzungsformen für die Szenarien mit und ohne Berücksichtigung der Naturschutz-Vorgaben dargestellt. Wie eingangs des Kapitel erläutert, wurde für das Grünland keine vergleichbare räumliche Disaggregation der Nutzungen wie im Ackerland durchgeführt. Daher ist keine raumspezifische Wirkungsanalyse bezogen auf die Zielräume der Zielarten möglich. Es werden daher landesweite Ergebnisse dargestellt und artspezifische Wirkungsanalysen nur für ausgewählte Zielarten, deren Zielräume eine vglsw. hohe räumliche Übereinstimmung mit einzelnen VGG aufweisen.

7.2.1 Nutzungsanalyse ohne Berücksichtigung der Naturschutz-Vorgaben

In Abbildung 60 sind aus Gründen der Übersichtlichkeit zunächst nur die Flächenumfänge der Grünlandnutzungen in den Szenarien ohne Berücksichtigung der Vorgaben des Naturschutz-Szenarios dargestellt. Zudem werden damit die derzeit plausibelsten Entwicklungen dargestellt, wenn davon ausgegangen wird, dass die Vorgaben des Naturschutz-Szenarios mittelfristig – bspw. über entsprechende Aufstockung der MEKA-Programms - nicht realisiert werden. Wie in Kap. 4.3.1 erläutert, bestehen auch in den Szenarien ohne Berücksichtigung der Vorgaben des Naturschutz-Szenarios die Fördersätze von MEKA III als freiwilliges Angebot. Rechtlich bindende Naturschutz-Vorgaben sind als Mindestumfang, der auch in den Bioenergie-Szenarien nicht unterschritten werden darf, berücksichtigt. Als Vergleichs-Szenario des Zeitraums 2003 wurde nicht das mit EFEM ökonomisch optimierte Referenz-Szenario (REF_2003) verwendet, sondern die Anteile der Grünland-Nutzungen, die basierend auf KRISMANN & OPPERMANN (2003) abgeleitet wurden (vgl. Kap 4.3.1). Diese stellen die bestmögliche Annäherung an die landesweite Nutzungsstruktur 2003 im Grünland dar. Sie werden im Folgenden als Ist-Situation (IST_2003) bezeichnet.

Wie in Kap. 5.3.2.1 erläutert, ist die in Abbildung 60 erkennbare tendenzielle Zunahme extensiver Grünlandnutzungen von der Ist-Situation 2003 zum BAU mit Einführung der produktionsunabhängigen Flächenprämie zu erklären. Im Vergleich des BAU mit den Bioenergie-Szenarien wird jedoch deutlich, dass mit zunehmender energetischer Nutzung eine Intensivierung der Grünland-Nutzung einhergeht. In Szenario BioE 2 ist die Anbaufläche für Energiepflanzen noch auf 30 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche beschränkt. Dies führt in Vergleich zu BioE 1 und BioE 3, in denen der Energiepflanzenanbau nicht beschränkt ist, dazu, dass weniger Grünland in der Biogasanlage verwertet wird. Dadurch steht mehr Grünland für die Fütterung bereit, das aufgrund der geringeren Flächenkonkurrenz extensiver genutzt wird als in BioE1 und BioE 3. Ist der Energiepflanzenanbau dagegen nicht beschränkt, so wird das Grünland intensiver genutzt und verstärkt in der Biogasanlage eingesetzt.



Anmerkungen

- intensives Grünland: ≥ 3 Schnitte und ≥ 40 kg N-Düngung, ohne Beweidung
- extensive Weide: 1 Weidegang / Jahr und Besatzdichte max. 2.5 GVE / Hektar
- Angaben zur Düngung beziehen sich jeweils auf Hektar und Jahr
- IST_2003: Flächenumfänge modifiziert nach KRISMANN & OPPERMAN (2003), vgl. Tabelle 9 und Erläuterung in Kap. 4.3.1 (Sonstiges: Zsf. von Mulchmahd, Brachen, Sonstiges).

Abbildung 60: Landesweite Flächenumfänge der Grünlandnutzungen in den Szenarien jeweils ohne Vorgaben des Naturschutz-Szenarios.

In BioE2 ist eine ähnliche Ausprägung extensiver Nutzungen wie in der Ist-Situation 2003 bei mehr extensiver Beweidung und etwas weniger 1- und 2-Schnitt-Grünland zu erkennen. Für die Bioenergie-Szenarien 3 und 1 ist dann ein sehr starker Rückgang extensiver Grünlandnutzungen – mit Ausnahme der extensiven Beweidung - sowohl im Vergleich zum BAU als auch zur Ist-Situation 2003 festzustellen. Dies bedeutet, dass in diesen beiden Szenarien, bei einer Beibehaltung der gegenwärtigen MEKA-Fördersätze, ein Rückgang des Flächenumfangs extensiver Nutzungen unter das Niveau des Jahres 2003 zu erwarten ist. Eine Ausnahme stellt der Umfang der extensiven Beweidung dar, der auch in BioE3 und BioE1 über dem Wert von 2003 bleibt.

Dieser vglsw. hohe Anteil an extensiver Grünlandnutzung und insbesondere der extensiven Beweidung ergibt sich in der Modellierung dadurch, dass die Einlösung der Zahlungsansprüche an die Pflege der jeweiligen Fläche gebunden ist. Die extensive Weidenutzung stellt ein sehr kostengünstiges Verfahren dar, weil keine Werbungskosten für die Futterbereitstellung anfallen. Hinzu kommt eine gute Ausstattung der Betriebsmodelle, die aus den Buchführungsergebnissen von Baden-Württemberg ausgesucht wurden, mit Grünland. In der Realität würden Faktoren wie Entfernung der Flächen, unterschiedliche Aufwuchsqualitäten oder Arbeitsspitzen, die im Modell nicht detailliert berücksichtigt werden, dem hohen Weideanteil entgegenwirken. Somit ist davon auszugehen, dass EFEM den extensiven Weideanteil überschätzt. Durch diese Rahmenbedingungen lässt sich in den Szenarien folgender Trend beobachten: Je geringer der erlaubte Umfang des Energiepflanzenanbaus in einem Szenario

angenommen wird, desto attraktiver wird das Verfahren der extensiven Weidenutzung, da dann weniger Grünland zum Zweck der Bioenergieerzeugung genutzt wird. Zudem ist bei einer Begrenzung des Energiepflanzenanbaus die Nutzung von Mais für die Bioenergiegewinnung aus ökonomischer Sicht sinnvoller als die von Grünland. Eine Einschränkung der energetischen Grünlandnutzung bewirkt somit eine Verlagerung der Nutzung in die kostengünstigste Bewirtschaftungsform (extensive Beweidung), um die Flächenprämie geltend machen zu können.

In Abbildung 61 ist wiederum das Nutzungsspektrum für die Szenarien, jeweils ohne Berücksichtigung der Vorgaben des Naturschutz-Szenarios, hier auf Ebene der Vergleichsgebietsgruppen dargestellt.

Es wird deutlich, dass die Intensivierungstendenzen in den Bioenergie-Szenarien eine starke räumliche Differenzierung aufweisen. In VGG mit derzeit bereits vglsw. intensiver Grünlandnutzung wie dem Allgäu, Rhein / Bodensee oder Unterland / Gäue nimmt der Flächenumfang extensiver Nutzungen nur wenig ab. Vielfach sind extensive Nutzungsformen hier bereits auf die Flächen mit entsprechenden rechtlich bindenden Vorgaben reduziert, die auch in den Bioenergie-Szenarien nicht unterschritten werden dürfen. Dagegen sind in den VGG mit bislang großem Umfang extensiver Nutzungen wie Schwäbische Alb / Baar und Schwarzwald deutliche Verluste extensiver Nutzungsformen zu beobachten. Insbesondere in VGG Schwäbische Alb / Baar ist ein drastischer Rückgang extensiv genutzter Grünlandflächen, vor allem im Bereich des zweisechürigen Grünlands mit geringer Düngung, fest zu stellen. Im Schwarzwald fällt der Rückgang des 2-schürigen Grünlands weniger stark aus. Hier wirken die schlechteren naturräumlichen Voraussetzungen (steile Hanglagen, höhere Niederschlagshäufigkeit) einer Intensivierung entgegen. In dieser VGG nehmen in den Bioenergie-Szenarien, im Vergleich zum BAU, insbesondere extensiv beweidete Flächen ab. Jedoch bleibt deren Flächenumfang immer größer als in der Ist-Situation 2003.

Damit kann die VGG Schwäbische Alb / Baar als zentraler Konfliktraum in Baden-Württemberg bzgl. Grünland-Intensivierung durch zunehmende Bioenergieerzeugung identifiziert werden. Neben dem Rückgang von Lebensräumen für Tier- und Pflanzenarten charakteristischer extensiv genutzter Wiesentypen (z.B. Goldhaferwiesen) ist zudem eine Zunahme des Konfliktpotenzials für die Qualität des Grundwassers anzunehmen, da dieser Landschaftsraum einer der wichtigsten Hauptaquifere des Landes darstellt.

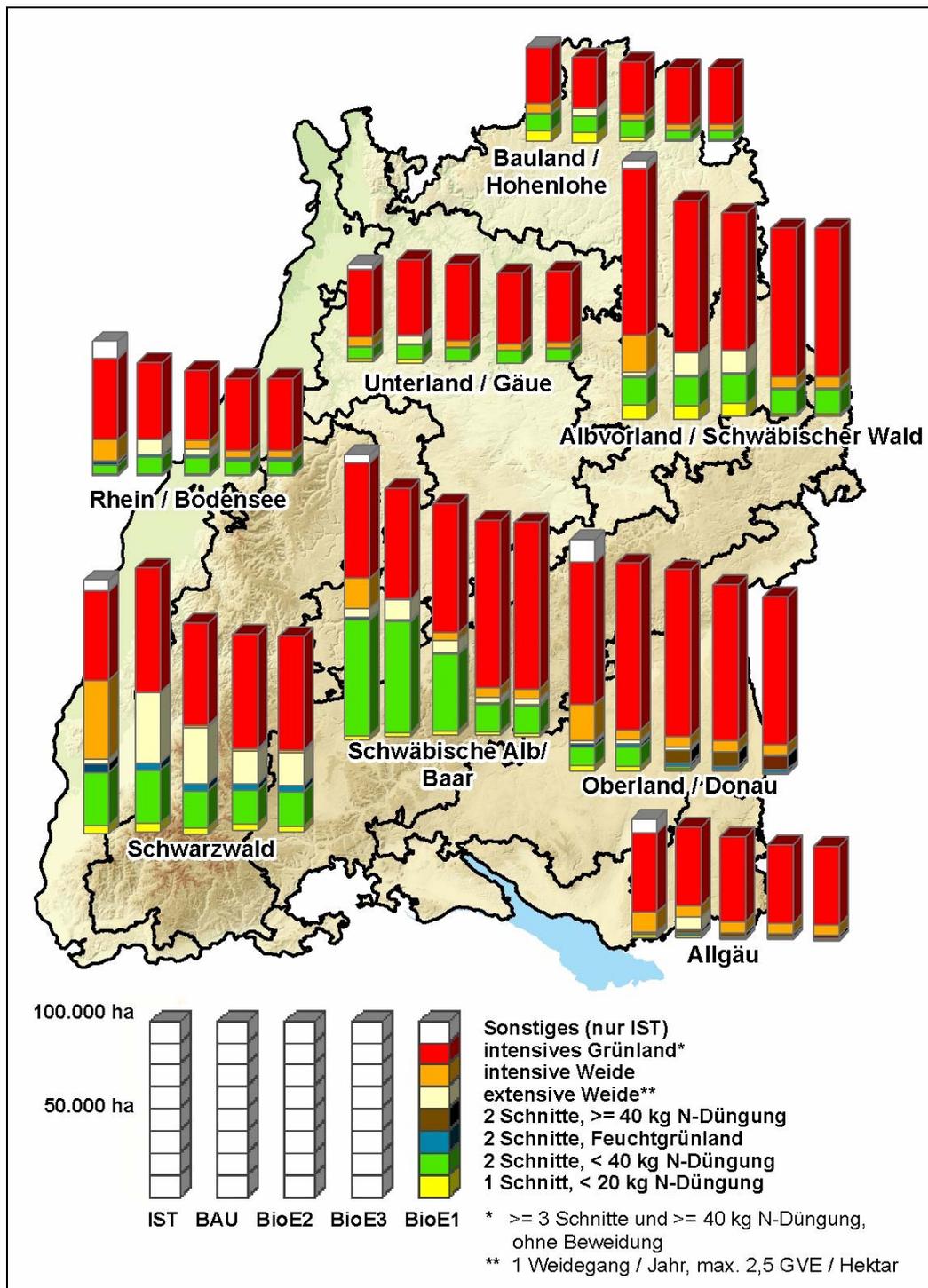


Abbildung 61: Flächenumfänge der Nutzungsformen im Grünland in den Szenarien jeweils ohne Naturschutz-Vorgaben. Zur genauen Abgrenzung der VGG siehe Abbildung 3

7.2.2 Grünlandumbruch

Die Abnahme der Grünlandfläche insgesamt vom BAU zu den Bioenergie-Szenarien ist durch Grünland-Umbruch zu erklären. Wie in Abbildung 62 dargestellt, wird in fast allen VGG der rechtlich mögliche Maximalanteil von 5% der Grünlandfläche des BAU-Szenarios umbrochen (zur genauen Umsetzung dieser Vorgabe s. 5.3.3.1). Die einzige Ausnahme bildet die VGG 6 (Oberland/Donau). Solange KUP und Miscanthus ausgeschlossen sind (BioE2 und BioE3), ist die Nutzung des Grünlands für die energetische Verwertung attraktiver als der Umbruch für eine andere Nutzung. Erst wenn die beiden mehrjährigen Kulturen zugelassen werden, findet hier Grünlandumbruch statt.

Große Grünlandflächen gehen somit insbesondere in den VGG Schwarzwald, Schwäbische Alb / Baar und Albvorland / Schwäbischer Wald sowie in BioE1 in Oberland / Donau verloren.

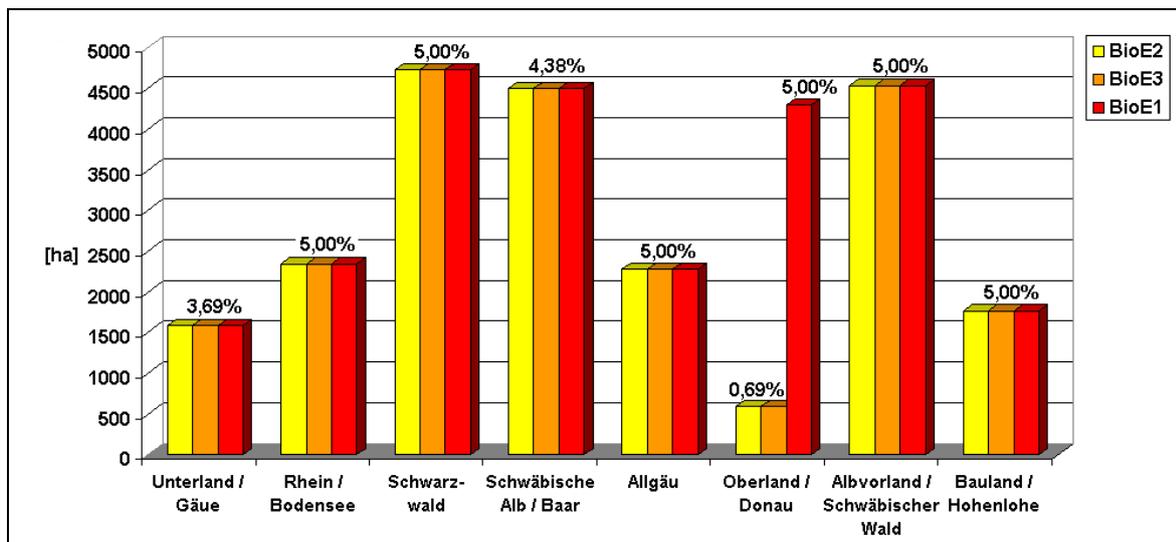
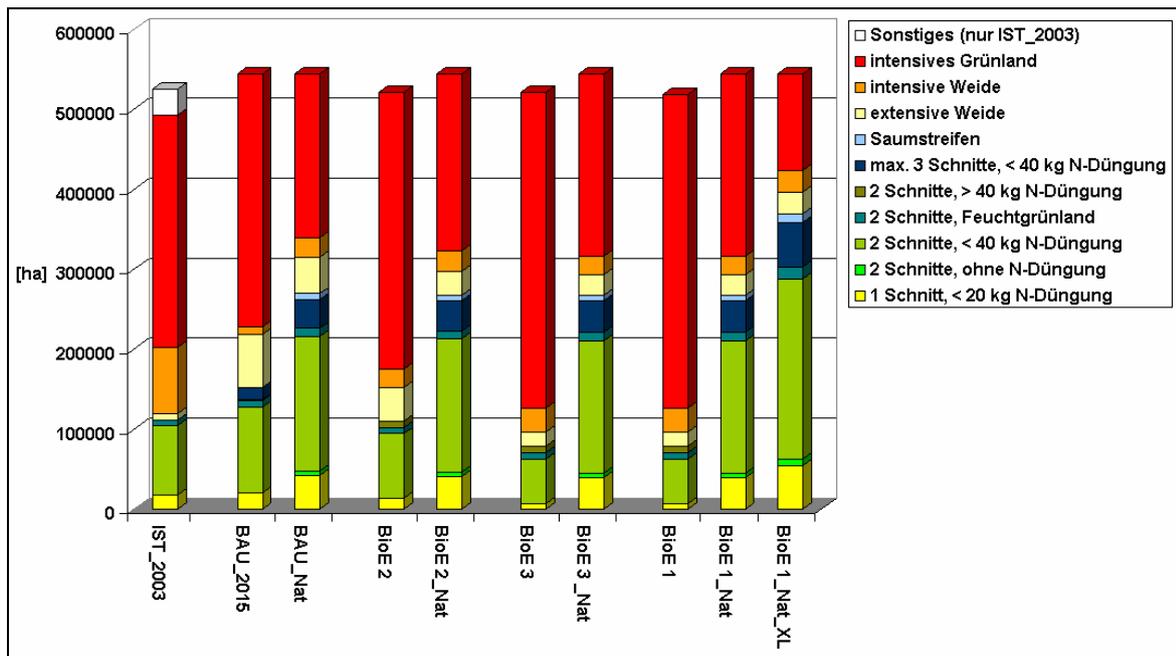


Abbildung 62: Flächenumfänge und –anteile umbrochenen Grünlands in den Bioenergie-Szenarien.

7.2.3 Vergleich Nutzungsspektrum mit und ohne Naturschutz-Szenario

In Abbildung 63 sind die landesweiten Flächenumfänge der Grünlandnutzungen jeweils mit und ohne Berücksichtigung der Naturschutz-Vorgaben dargestellt. Für das BioE 1 Szenario ist neben den Naturschutzvorgaben auf „realitätsnaher / optimistischer“ Grundlage auch die Umfänge für das rechnerische Naturschutz-Extremszenario dargestellt.

Wie in Kap. 4.3.2 ausführlich erläutert, sind im Naturschutz-Szenario deutlich höhere Umfänge extensiver Nutzungen als in der Ist-Situation 2003 definiert, da als Zielhorizont für die Bestandsgröße der Zielarten in etwa der Stand der 80er Jahre angenommen wurden. Im BAU ist durch die Extensivierungstendenzen (produktionsunabhängige Flächenprämie) im Vergleich zur Ist-Situation eine Annäherung an die Werte des Naturschutz-Szenarios zu beobachten. Sie werden im Bereich der extensiven Beweidung sogar überschritten. In den Bioenergie-Szenarien treten durch die Intensivierungstendenzen in diesen Szenarien sehr starke Unterschiede zwischen der Situation mit und ohne Berücksichtigung der Naturschutz-Vorgaben auf. Ausnahme ist wiederum die extensive Beweidung in BioE2, die ohne Naturschutz-Vorgaben mehr Fläche umfasst, als im BioE2-Naturschutz-Szenario.



Anmerkungen (s.a. Abbildung 60)

- Nat: Berücksichtigung der Naturschutzvorgaben auf „realitätsnaher / optimistischer“ Grundlage laut Kap. 4.3.4.
- Nat_XL: rechnerisches Naturschutz-„Extremszenario“, vgl. Kap. 4.3.5.

Abbildung 63: Landesweite Flächenumfänge der Nutzungsformen im Grünland in den Szenarien jeweils mit und ohne Naturschutzvorgaben.

Der Grund liegt darin, dass in Szenario BioE 2 nur maximal 30% der landwirtschaftlichen Nutzfläche für energetische Verwertung genutzt werden darf. Dadurch stellt in BioE2 (ohne Nat) die extensive Beweidung aus ökonomischer Sicht eine attraktive Nutzungsform für das nicht durch Naturschutzrestriktionen beschränkte Grünland dar. In BioE 2_Nat dagegen nimmt die Grünlandfläche, die Naturschutzrestriktionen unterliegt, insgesamt zu. Dadurch verbleibt weniger Grünland, das intensiv für die Fütterung und die Verwertung in der Biogasanlage genutzt werden kann. Die extensive Weide wird damit uninteressanter und wird weniger genutzt.

7.2.4 Vergleich der Bioenergie-Szenarien mit den rechtlich bindenden Mindestumfängen extensiver Nutzungen

Wie in Kap. 4.3.2.2 erläutert, wurden in den Szenarien ohne Berücksichtigung der Vorgaben des Naturschutz-Szenarios auch Mindestumfänge an extensiven Grünlandnutzungen angenommen. Diese wurden aus rechtlich bindenden Nutzungsvorgaben bspw. in Biotopgrünland, kartiertem FFH-Grünland und Wasserschutzgebieten Zonen 1 und 2 zusammengestellt (vgl. Tabelle 16). In Abbildung 64 sind die abgeleiteten Flächenumfänge dieser als rechtlich bindend angenommenen extensiven Nutzungsformen im Vergleich mit den Bioenergie-Szenarien und zur Orientierung auch mit der Ist-Situation und dem BAU dargestellt.

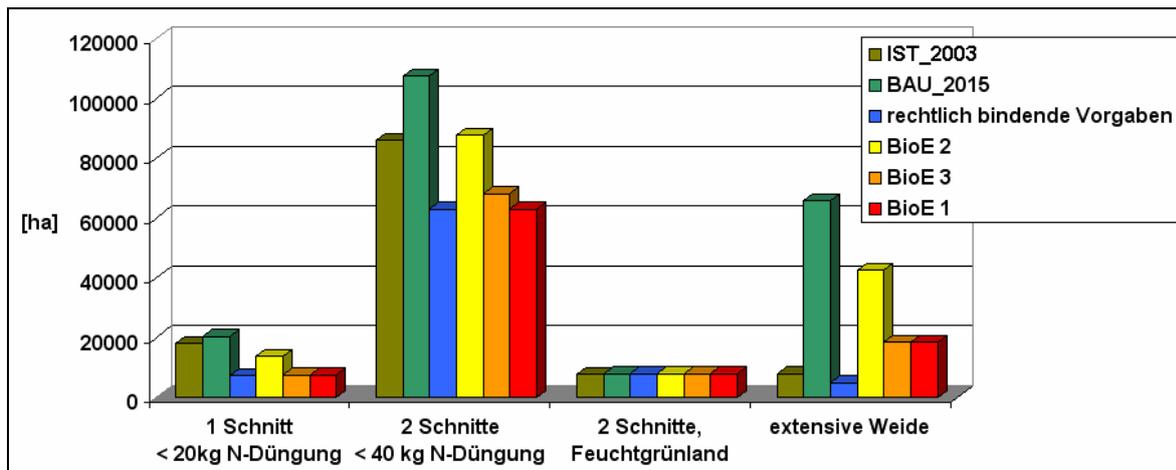


Abbildung 64: Vergleich extensiver Grünlandnutzungen in den Szenarien ohne Berücksichtigung des Naturschutz-Szenarios mit den rechtlich bindenden Mindest-Vorgaben.

Es wird deutlich, dass diese Nutzungsformen – trotz bestehendem Angebot der Honorierung gemäß MEKA III - in BioE1 mit Ausnahme der extensiven Beweidung bis auf den als rechtlich bindend angenommenen Mindestumfang zurückgehen. In BioE3 verhält es sich ähnlich bis auf einen leicht höheren Wert für das 2-Schnitt Grünland mit geringer Düngung. In BioE2 dagegen werden die Mindestumfänge in allen Nutzungen übertroffen und mit Ausnahme der extensiven Beweidung eine vergleichbare Situation wie in der Ist-Situation erreicht. Damit wird erkennbar, dass unter den Annahmen der Szenarien BioE1 und BioE3 von der Honorierung der extensiver Grünlandnutzungen gemäß MEKA III kaum noch Anreizfunktionen zur Umsetzung ausgehen.

7.2.5 Wirkungsanalyse Zielarten

In Tabelle 72 ist die expertenbasierte Wirkungsbewertung der Nutzungsformen des Grünlands dargestellt. Da sich bei einer Veränderung der Grünlandnutzung auch Auswirkungen auf Ackerarten ergeben können, wurde diese in die Bewertung mit aufgenommen.

Wie eingangs des Kapitels erläutert, konnten die Nutzungsformen des Grünlands nicht regelbasiert räumlich verteilt werden, wie dies bei den Ackerfrüchten möglich war. Daher stehen die Flächenumfänge der jeweiligen Nutzungen nur auf Ebene der VGG zur Verfügung. Spezifische Flächenbilanzen für die Zielräume der Zielarten waren daher nicht möglich. Um zumindest eine Annäherung an eine Wirkungsabschätzung vorzunehmen, wurden für Zielarten mit vglsw. großen Zielräumen, die zudem eine hohe Übereinstimmung mit einem VGG aufweisen, Flächenbilanzen für diese VGG erstellt. Dagegen wurde für Zielarten mit vglsw. kleinen Zielräumen, die zudem häufig in Schutzgebieten liegen (z.B. Braunkehlchen, Großer Brachvogel, letzterer mit speziellem Schutzprogramm) angenommen, dass allgemeine Trends der Grünlandnutzung wenig Einfluss auf deren Bestandsentwicklung haben.

Tabelle 72: Wirkungsbewertung der Grünlandnutzungen auf die Zielarten des Grünlands und des Ackerlands.

| Nutzung | Zielarten Grünland | | | | | | | Zielarten Ackerland | | |
|---|--------------------|------------|---------------|--|----------------------|---------------|-----------|---------------------|------------|---------|
| | Kiebitz | Brachvogel | Braunkehlchen | Heller/Dunkler Wiesenknopf-Ameisenbläuling | Lilagold Feuerfalter | Wanstschröcke | Neuntöter | Feldlerche | Grauhammer | Rebhuhn |
| Nutzungen mit Vorgaben aus Sicht des Naturschutzes | | | | | | | | | | |
| 1 Schnitt, keine Düngung | 0 | 0 | + | 0 | ++ | + | ++ | + | + | 0 |
| 2 Schnitte, keine Düngung | ++ | ++ | ++ | ++ | ++ | ++ | ++ | ++ | + | 0 |
| 2 Schnitte, geringe Düngung | + | + | ++ | + | + | ++ | + | + | + | 0 |
| 2 Schnitte, geringe Düngung, Wiedervernässung | ++ | + | ++ | 0 | 0 | 0 | + | + | + | 0 |
| Saumstreifen, Gras-/Krautsäume | 0 | 0 | + | + | 0 | + | 0 | 0 | + | 0 |
| extensive Beweidung | 0 | 0 | + | 0 | + | - | ++ | + | + | 0 |
| Blänken | ++ | ++ | + | - | - | - | 0 | + | + | 0 |
| 3 Schnitte, geringe Düngung | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | 0 |
| Nutzungen ohne Vorgaben | | | | | | | | | | |
| 3 und mehr Schnitte | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| intensive Beweidung | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| Miscanthus | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | - | - | - |
| KUP: Weiden, Pappeln | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |

Erläuterung

- ++ sehr gute Habitateignung
- + gute bis mäßige Habitateignung
- 0 wirkungslos aber nicht beeinträchtigend
- beeinträchtigende Wirkung
- stark beeinträchtigende Wirkung

Anmerkungen

- Erläuterung der Maßnahmen s. Tabelle 15
- geringe Düngung: < 40kg N/ha/a
- bei der Bewertung wurde von angepassten Mahdterminen ausgegangen

In Abbildung 65 und Abbildung 66 sind Flächenbilanzen der Grünlandnutzung in VGG Schwäbische Alb / Baar auf Ebene der Wertstufen für den Lilagold Feuerfalter (*Lycaena hippothoe*) und die Wanstschröcke (*Polysarcus denticauda*) dargestellt. Die vglsw. großen Zielräume und die hohe Übereinstimmung mit VGG Schwäbische Alb / Baar sind aus Abbildung 9 erkennbar, wobei der Zielraum des Lilagold-Feuerfalter auf der Albhochfläche zu einem Großteil von demjenigen der Wanstschröcke überlagert wird.

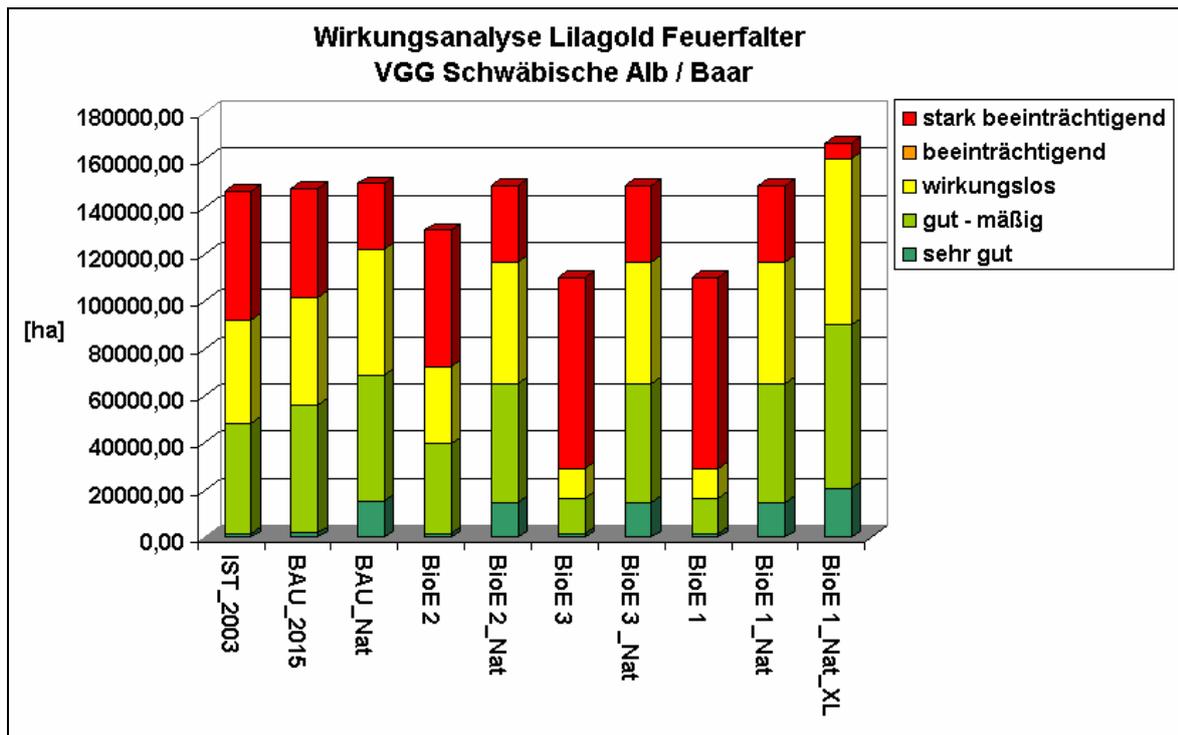


Abbildung 65: Vergleich der Flächenumfänge der Grünlandnutzungen in den Szenarien aggregiert auf Ebene der Eignungsstufen für den Lilagold-Feuerfalter (*Lycaena hippothoe*) in der VGG Schwäbische Alb / Baar.

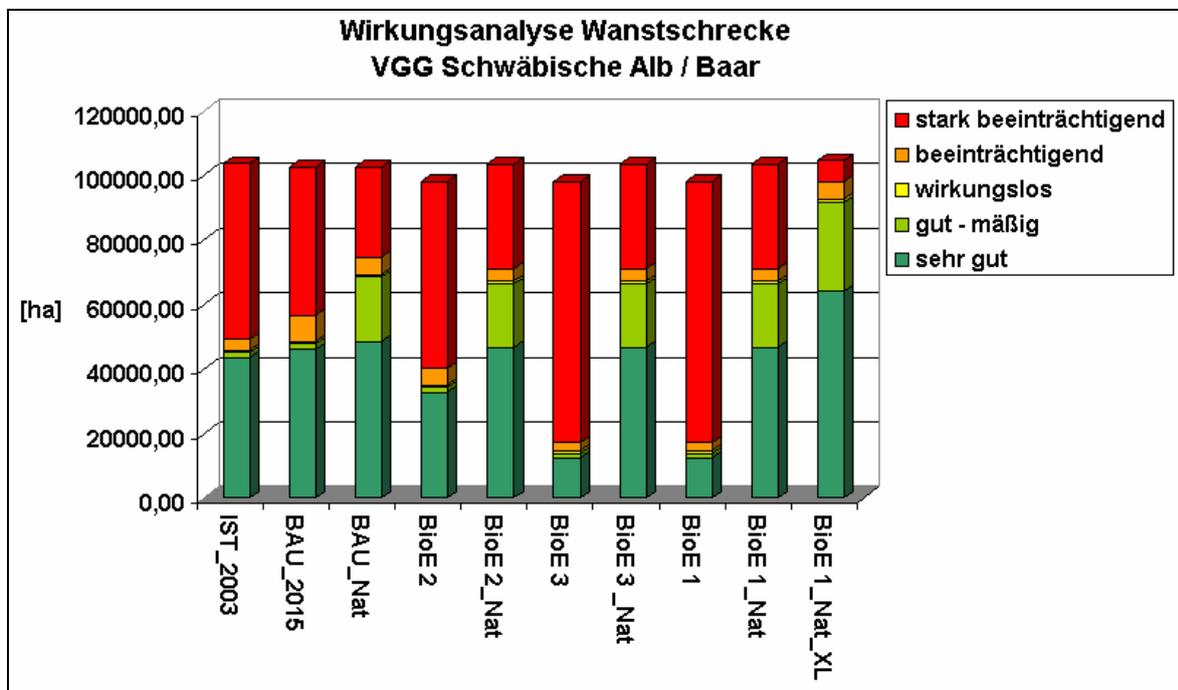


Abbildung 66: Vergleich der Flächenumfänge der Grünlandnutzungen in den Szenarien aggregiert auf Ebene der Eignungsstufen für die Wantschaftrecke (*Polysarcus denticauda*) in der VGG Schwäbische Alb / Baar.

Die Flächenbilanzen verdeutlichen, dass für beide Zielarten insbesondere in den Szenarien BioE3 und BioE1 (ohne Naturschutz-Vorgaben) extrem wenig geeignete Grünlandfläche zur Verfügung steht. Vergleicht man die Flächenumfänge mit denen der Ist-Situation 2003 und berücksichtigt, dass beide Arten aktuell bereits als gefährdet (Rote Liste 3) eingestuft sind, scheint ein weiterer drastischer Rückgang sehr wahrscheinlich. Das Szenario BioE2 weist deutlich größere Flächenumfänge von geeigneten Nutzungen auf, wenngleich auch hier eine Verschlechterung gegenüber der Ist-Situation bzw. dem BAU fest zu stellen ist.

In Abbildung 67 und Abbildung 68 sind die entsprechenden Wirkungsanalysen für den Hellen und Dunklen Wiesenknopf-Ameisenbläuling sowie den Kiebitz bezogen auf die VGG Rhein / Bodensee dargestellt. Die Lage der Zielräume und der VGG ist ebenfalls in Abbildung 9 erkennbar. Da die VGG Rhein / Bodensee neben dem Oberrheingraben auch Teile des Hegau und des Bodenseebeckens umfasst und die Zielräume der Arten kleiner als diejenigen von Lilagold-Feuerfalter und Wanstschrecke sind, ist diese Auswertung weniger spezifisch.

Auch für diese Arten gehen geeignete Nutzungsformen in BioE 3 und BioE1 (ohne Naturschutz-Vorgaben) insbesondere im Vergleich zur Ist-Situation, weniger im Vergleich zum BAU, zurück. Das BioE2 unterscheidet sich lediglich durch einen höheren Anteil wirkungsloser, nicht jedoch geeigneter Nutzungen. Insgesamt ist der Rückgang nicht so stark wie bei der Wirkungsanalyse in der VGG Schwäbische Alb / Baar. Jedoch ist angesichts der aktuellen Gefährdungseinstufungen eine weitere Verschlechterung der Bestandsituation anzunehmen (Kiebitz: stark gefährdet (RL 2), Dunkler / Heller Wiesenknopf-Ameisenbläuling: vom Erlöschen bedroht (RL 1) / gefährdet (RL 3)).

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass für die analysierten Zielarten und VGG in den Bioenergieszenarien ohne Naturschutz-Vorgaben eine deutliche Abnahme geeigneten Grünlands zu erwarten ist. In wie weit sich diese pauschal auf Ebene der VGG ermittelten Abnahmen auf die aktuellen Lebensräume der Arten auswirken, kann im Rahmen des landesweiten Projektansatzes nicht abschließend geklärt werden. Angesichts der Größenordnung der Abnahme extensiver Nutzungen ist jedoch von einem deutlichen Gefährdungspotential insbesondere in den Szenarien BioE1 und BioE3 auszugehen.

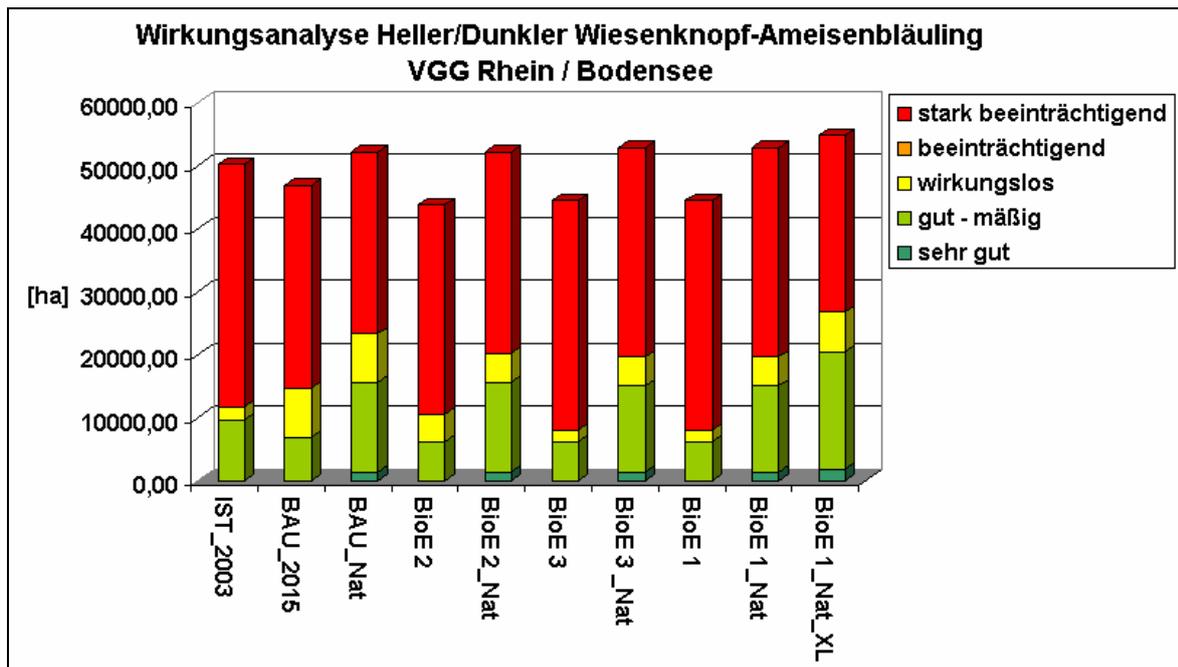


Abbildung 67: Vergleich der Flächenumfänge der Grünlandnutzungen in den Szenarien aggregiert auf Ebene der Eignungsstufen für den Hellen und den Dunklen Wiesenknopf-Ameisenbläuling (*Maculinea teleius* und *nausithous*) in der VGG Rhein / Bodensee.

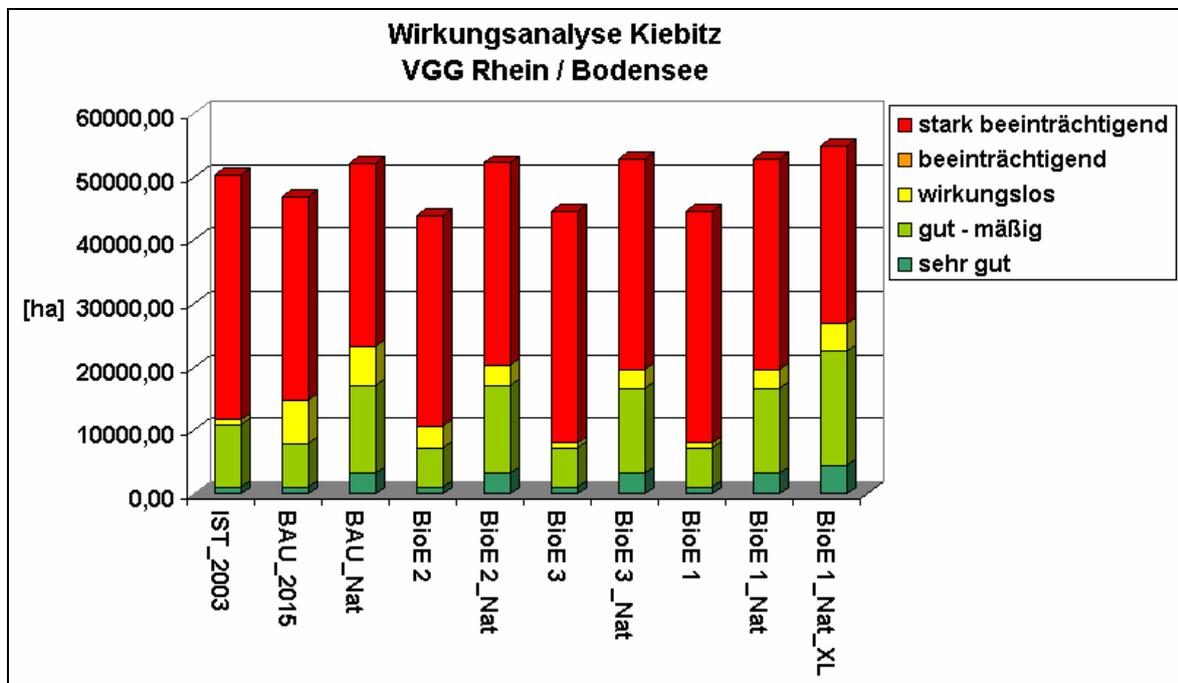


Abbildung 68: Vergleich der Flächenumfänge der Grünlandnutzungen in den Szenarien aggregiert auf Ebene der Eignungsstufen für den Kiebitz (*Vanellus vanellus*) in der VGG Rhein / Bodensee.

7.3 Wirkungsanalyse Kurzumtriebsplantagen / Miscanthus

Wie in Kap. 4.3.6 erläutert wurden für Kurzumtriebsplantagen (KUP) und Miscanthus – neben den Ausschlussflächen aus standörtlich-/klimatischer Sicht – auch Ausschlussgebiete aus naturschutzfachlicher Sicht ausgewiesen.

In Abbildung 69 ist die KUP-Anbaufläche laut Bioenergie-Szenario 1 dargestellt und der Anteil, der gemäß der räumlichen Verteilung der Ackerkulturen, innerhalb der Ausschlussfläche auftritt. Da für die räumliche Verteilung die Ausschlussfläche aus standörtlich-/klimatischer Sicht von vorneherein nicht zur Verfügung steht, beziehen sich die Anteile allein auf die Ausschlussfläche aus Naturschutzsicht. Es treten durchweg hohe Anteile innerhalb der Ausschlussfläche auf, jedoch ist bei einem landesweiten Gesamtanteil von KUP an der Ackerfläche von ca. 2,5% die absolute Anbaufläche vgs. gering. Landesweit ergeben sich ca. 12.500 ha KUP-Anbaufläche mit Lage in Ausschlussgebieten, die somit ein erhöhtes Konfliktpotenzial aufweisen können. Insbesondere hier sollten Beeinträchtigungen von Arten der offenen Agrarlandschaft (insb. Bodenbrüter des Offenlands) vor Anlage einer KUP geprüft und berücksichtigt werden (vgl. Kap 8).

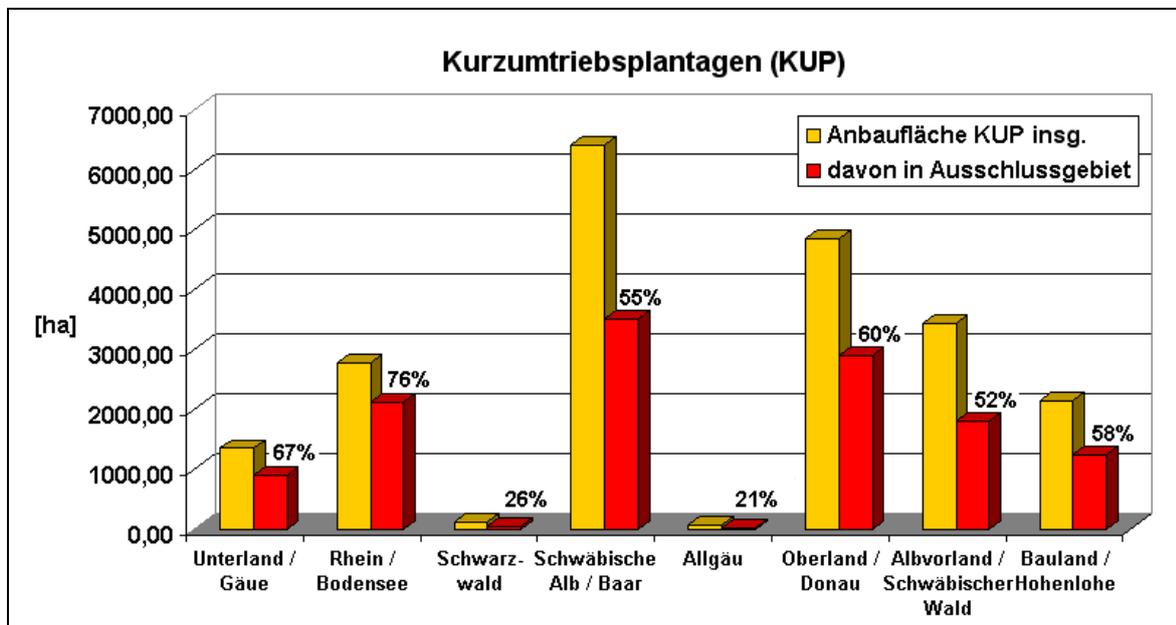


Abbildung 69: KUP-Anbaufläche pro Vergleichsgebietsgruppe laut BioE1 und der Anteil, der in der Ausschlussfläche gemäß naturschutzfachlicher Kriterien liegt. Landesweit treten 21.092 ha auf, wovon 59% (12.476 ha) innerhalb der Ausschlussfläche liegen. (KUP sind nur in BioE 1 zugelassen, in BioE1_Nat kommen KUP nur außerhalb der Ausschlussfläche vor).

Abbildung 70 zeigt die Anbaufläche von Miscanthus und den Teil, der gemäß räumlicher Verteilung innerhalb der Ausschlussfläche aus Sicht des Naturschutzes auftritt. Da diese Kultur deutlich größere Ausschlussflächen aus standörtlich-/klimatischer Sicht aufweist als KUP und diese in großen Teilen mit der Ausschlussfläche aus naturschutzfachlicher Sicht übereinstimmt, treten hier deutlich weniger Kulturen in der Ausschlussfläche auf. Angesichts der deutlich größeren Flächenumfänge insgesamt (14% an der Ackerfläche) ergibt sich jedoch ein sehr ähnlicher Flächenumfang von ca. 18.000 ha mit Lage in der Ausschlussfläche wie bei KUP.

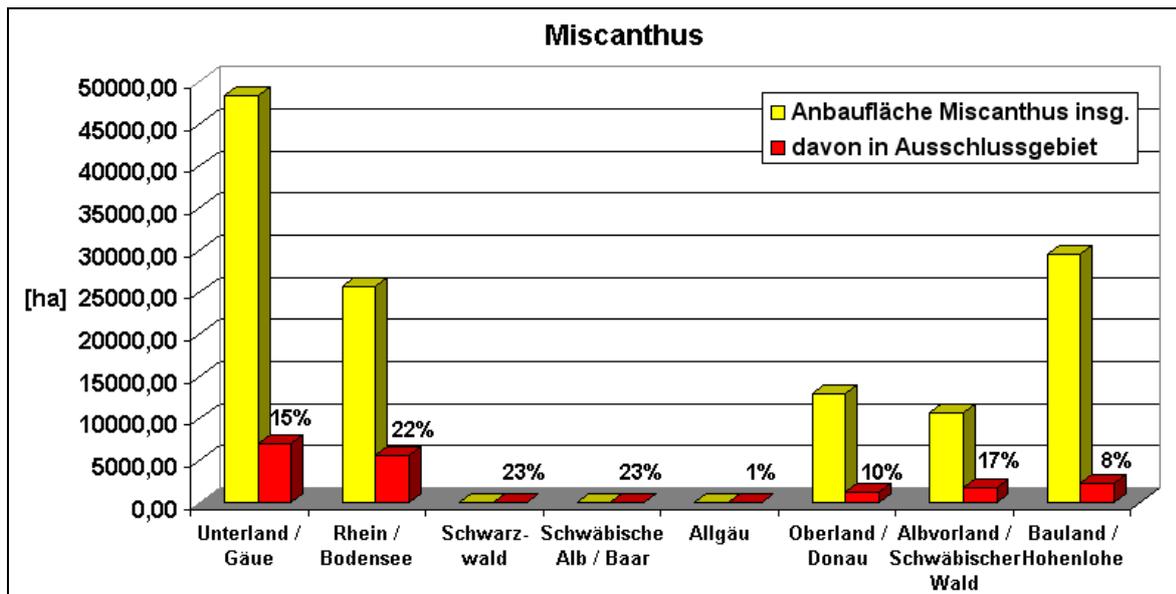


Abbildung 70: Miscanthus-Anbaufläche pro Vergleichsgebietsgruppe laut BioE1 und der Anteil, der in der Ausschlussfläche gemäß naturschutzfachlicher Kriterien liegt. Landesweit treten 127.203 ha auf, wovon 14% (17.882 ha) innerhalb der Ausschlussfläche liegen. (Miscanthus ist nur in BioE 1 zugelassen, in BioE1_Nat kommt Miscanthus nur außerhalb der Ausschlussfläche vor).

Die Ergebnisse sind unter Berücksichtigung der Unschärfen sowohl der räumlichen Verteilung der Kulturen (vgl. Kap. 4.5) als auch der aus GIS-Daten über Lebensraumpotenziale abgeleiteten Ausschlusskulisse zu interpretieren. Für KUP ist jedoch erkennbar, dass sich abzeichnende naturschutzfachliche Konflikte mit dem Instrumentarium räumlicher Planung erfolgversprechend gelöst werden könnten – sofern die Bereitschaft zu planerischen Vorgaben besteht. Es sind keine großen Flächenumfänge zu erwarten und die Kultur ließe sich aufgrund geringer Ansprüche an standörtlich / klimatische Faktoren räumlich flexibel (z.B. in Waldrandlage statt auf freier Flur) anbauen. Bei Miscanthus dagegen sind deutlich höhere Flächenumfänge zu erwarten und die spezifischeren Standortansprüche engen die räumliche Flexibilität des Anbaus zur Vermeidung von Konflikten mit dem Artenschutz ein. Damit ist bei dieser Kultur ein prinzipiell höheres Konfliktpotenzial zu erwarten (vgl. Kap. 8).

7.4 Analyse der Wechselwirkungen durch Naturschutz-Vorgaben

Ein wesentlicher Vorteil des gewählten Modellansatzes, mit Verwendung des ökonomisch-ökologischen Regionalmodells EFEM, ist die Möglichkeit der Analyse dynamischer Wechselwirkungen innerhalb der Anbau- bzw. Nutzungssysteme. Unter Annahme der ökonomischen Optimierung der landwirtschaftlichen Nutzung, können die Auswirkungen von sektoralen Nutzungsvorgaben, wie sie im Naturschutz-Szenario definiert wurden, auf das Gesamtsystem abgebildet werden.

Als wesentliche Wechselwirkungen durch die Vorgaben des Naturschutz-Szenarios wurden die Zunahme des Maisanbaus, die Intensivierung auf Grünland-Flächen ohne Nutzungs-Restriktionen durch Vorgaben zu Extensiv-Grünland sowie die Auswirkung der räumlich begrenzten Limitierung des Maisanteils an den Kulturen auf 40% laut MEKA III-Maßnahme „Viergliedrige Fruchtfolge“ auf Verschiebungen des Maisanbaus außerhalb dieser Maßnahmenkulisse untersucht.

7.4.1 Zunahme Silomais durch Naturschutz-Vorgaben

In Abbildung 71 sind für die Bioenergie-Szenarien die landesweiten Flächenumfänge für extensiv und intensiv genutztes Grünland, Maisanbau, Klee gras (Ackerfutter) und KUP / Miscanthus dargestellt. Die Maisanbaufläche nimmt in allen drei Szenarien bei Berücksichtigung der Naturschutzvorgaben (Nat) zu. In BioE2 ist bei Vorgabe des Naturschutz-„Extremszenarios“ (BioE2_Nat_XL) ein weiterer Anstieg zu verzeichnen, in BioE1_Nat_XL dagegen eine Abnahme.

Diese aus Sicht des Naturschutzes nicht angestrebte Entwicklung hat mehrer Gründe. Im Szenario BioE1, in dem KUP und Miscanthus zugelassen sind, ist ein wesentlicher Grund, dass deren Anbau im zugehörigen Naturschutz-Szenario stark eingeschränkt ist. Dadurch wird vermehrt Silomais für die Energienutzung angebaut. Im Szenario BioE2, ohne Zulassen mehrjähriger Kulturen, bewirken die Vorgaben zu Extensivierung im zugehörigen Naturschutz-Szenario, dass weniger Grünland energetisch verwertet wird, da das Extensivgrünland hierfür ungeeignet ist. Dieser Aufwuchs wird verstärkt verfüttert. Da durch die Naturschutz-Vorgaben weniger Intensiv-Grünland zur Verfügung steht und in diesem Szenario nur maximal 30 % der landwirtschaftlich genutzten Fläche für Bioenergieerzeugung genutzt werden darf, wird mehr Silomais zur energetischen Verwertung angebaut. In BioE3_Nat besteht eine vergleichbare Verknappung von Intensiv-Grünland die einen Anstieg des Silomaisanbaus zu Folge hat.

Das im Naturschutz-Szenario angenommene Maislimit von 40% Anteil an den Kulturen auf 44% der Ackerfläche (Zielräume der Zielarten) bewirkt landesweit keine Verhinderung dieser Zunahme. Bei Berücksichtigung der Naturschutz-Vorgaben des „Extremszenarios“ (Nat_XL) in Szenario BioE1 ist keine weitere Zunahme des Maisanbaus zu beobachten. Vielmehr tritt eine leichte Abnahme auf, da hier die für Viehfutter zur Verfügung stehende Grünland- und Ackerfläche so knapp wird, dass eine geringere Flächenverfügbarkeit für die energetische Nutzung von Silomais und Grünlandaufwuchs als im normalen Naturschutz-Szenario (Nat) besteht. Die Anzahl der Tiere bleibt in den einzelnen Szenarien, bis auf die Mutterkühe im Naturschutz-Extremszenario, konstant.

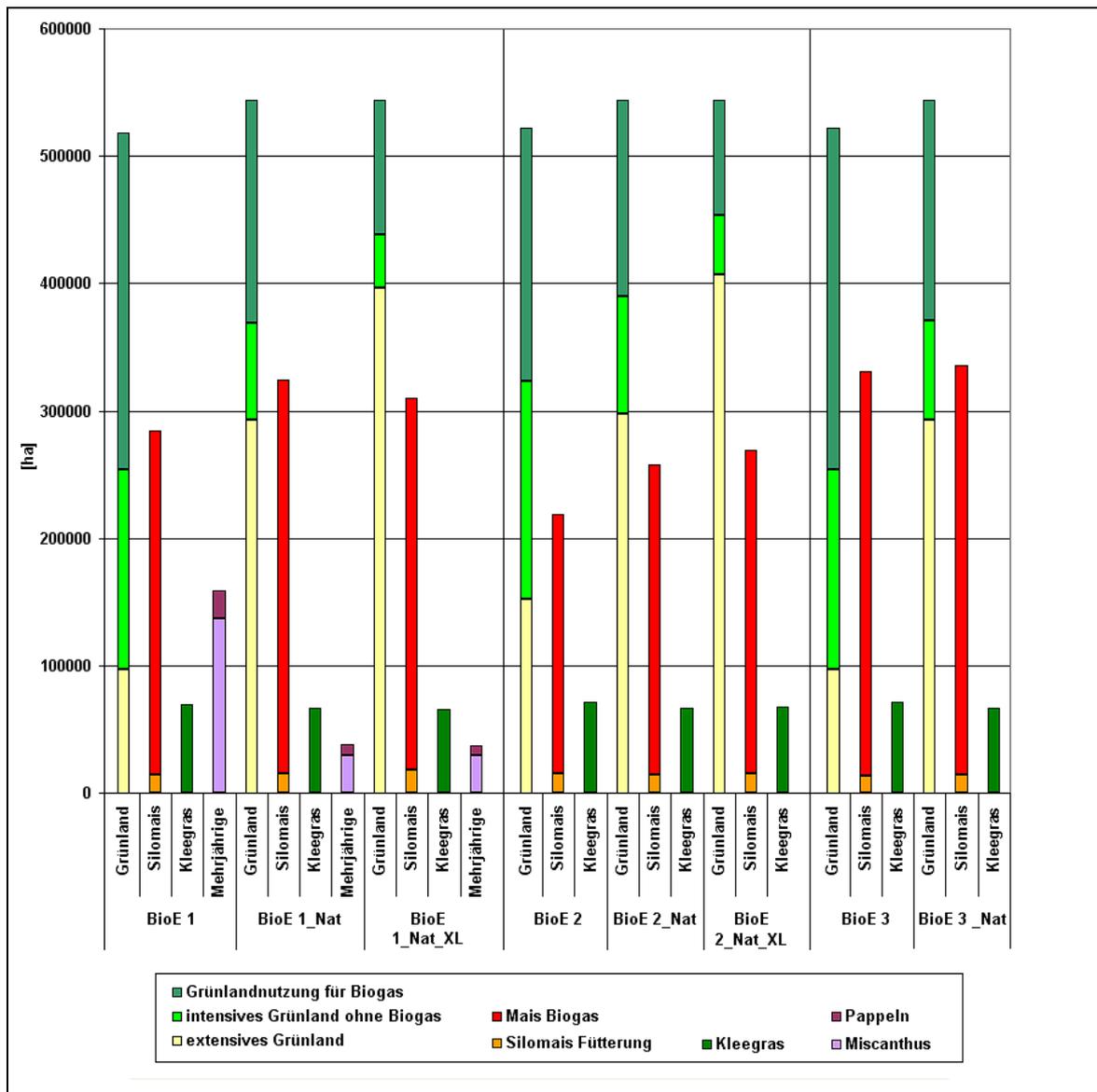


Abbildung 71: Verschiebung von Anbauumfängen durch Berücksichtigung der Naturschutz-Vorgaben. Erläuterung im Text.

Damit beeinflussen zwei Faktoren die sehr starke Zunahme des Silomais in den Bioenergie-Szenarien: überwiegend ist diese Entwicklung Folge der Attraktivität der Kultur aus Sicht der Energienutzung und damit eine Folge des EEG. Jedoch ist zudem durch die Berücksichtigung der Naturschutz-Vorgaben wie oben erläutert eine Zunahme der Maisfläche zu beobachten. Diese aus Sicht des Naturschutzes nicht wünschenswerte Auswirkung ist bei der Ausgestaltung von Förderprogrammen für den Naturschutz in der Agrarlandschaft zu berücksichtigen. Wie hier dargestellt, können sektorale Ansätze naturschutzfachlich unerwünschte Folgen an anderer Stelle des Landwirtschaftssystems bewirken (vgl. Kap. 8).

7.4.2 Regional differenzierte Grünland-Intensivierung durch extensive Grünlandnutzung

Als weitere Auswirkung der Naturschutz-Vorgaben wurde untersucht, in wie weit die räumlich begrenzten Vorgaben zu extensiver Grünlandnutzung zu einer Intensivierung von Grünland außerhalb der Gebiete mit Restriktionen führen. In Abbildung 72 sind für das BAU und das Bioenergie-Szenario mit den größten Anbauumfang von Energiekulturen (BioE1) die Flächenumfänge des Extensiv-Grünlands und der höheren Intensitätsstufen dargestellt. Verglichen wurde jeweils das Szenario ohne Naturschutz-Vorgaben, mit Berücksichtigung der fachlich abgeleiteten Vorgaben (Nat) sowie des rechnerisch ermittelten Naturschutz-Extremszenarios (Nat_XL).

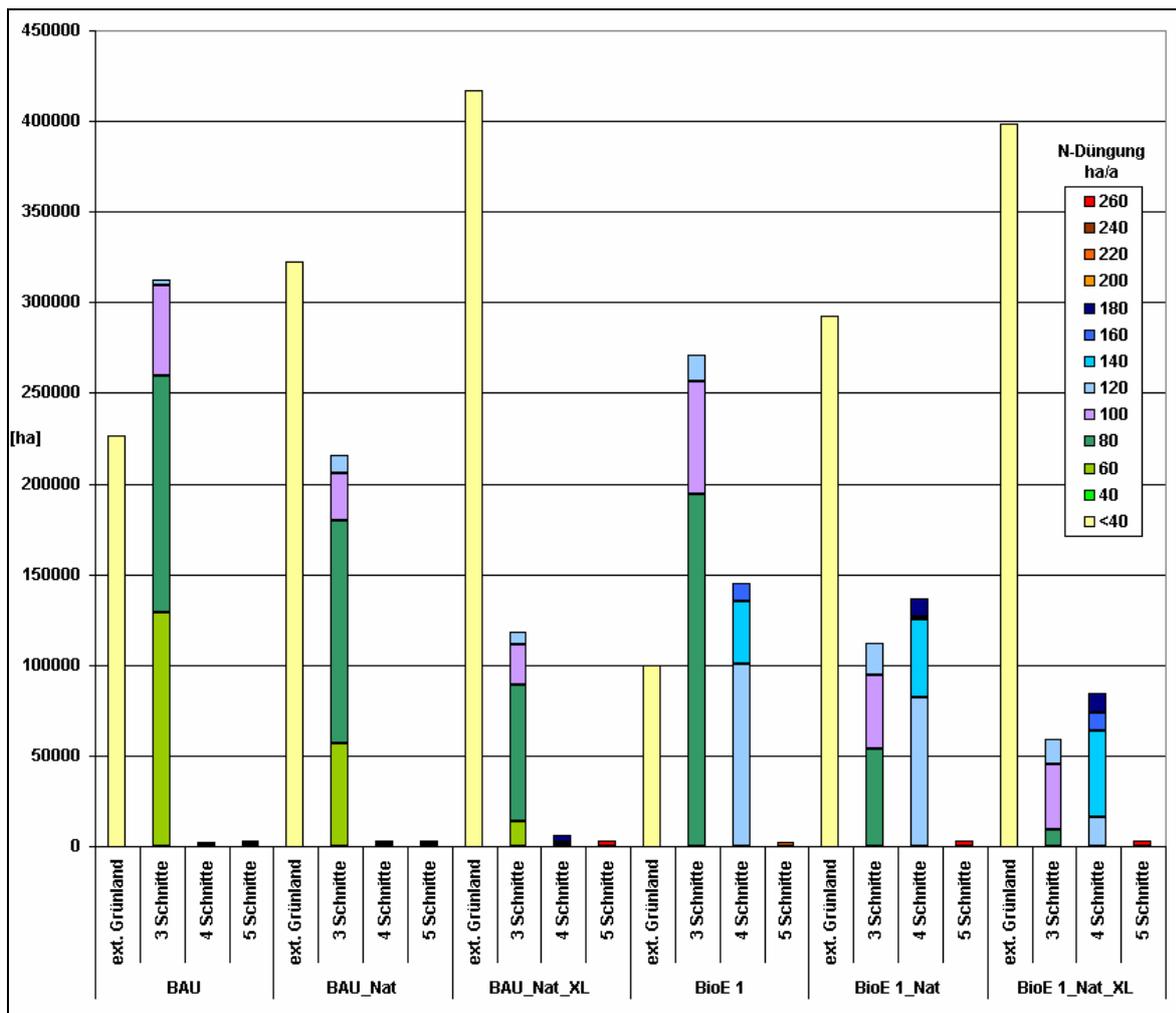


Abbildung 72: Intensitätsverschiebung im Grünland durch Naturschutz-Vorgaben.

Im BAU-Szenario ist durch die Ausdehnung der extensiven Grünlandnutzung in BAU_Nat kaum eine Zunahme intensiver Nutzungsformen zu beobachten. Im Naturschutz-Extremszenario des BAU ist ein geringfügiger Anstieg des vierschürigen Grünlands auszumachen. Wie bereits erläutert weist das BAU-Szenario ohnehin deutliche Extensivierungstendenzen der Grünlandnutzung auf. Im Bioenergie-Szenario ist dagegen durch die stärkere Flächenkonkurrenz als Folge der Naturschutz-Vorgaben eine Intensivierung außerhalb der Extensivierungsfläche zu beobachten. Das vierschürige Grünland wird verstärkt gedüngt und, insbesondere in VGG Allgäu, ist eine geringfügige Ausdehnung und Intensivierung des fünfschürigen Grünlands festzustellen.

Im Vergleich mit der deutlichen Ausdehnung des extensiv genutzten Grünlands in den Naturschutz-Szenarien tritt die dadurch ausgelöste weitere Intensivierung des vier- und fünf-schürigen Grünlands nur in geringem Flächenumfang auf. Es kann daher gefolgert werden, dass trotz dieser Intensivierungstendenzen mit der Ausdehnung des Extensiv-Grünlands die gewünschte Stabilisierung und Ausdehnung der Zielarten erreicht werden könnte. Dies wird durch die Regionalisierung des Extensiv-Grünlands anhand der Verbreitungsschwerpunkte der Zielarten unterstützt (vgl. Kap. 4.3.3). Zudem ist anzumerken, dass vier- und mehrschüriges Grünland in der Regel ohnehin kaum mehr Habitatpotenziale aus tierökologischer Sicht aufweist, sodass eine weitere Intensivierung keine Verschlechterung der Habitatsituation bewirkt.

7.4.3 Auswirkung der Limitierung des Silomais

In den Bioenergie-Szenarien tritt eine sehr starke Zunahme des Silomaisanbaus auf und zugleich wird in den jeweiligen Naturschutz-Szenarien eine Limitierung des Maisanteils auf 40% an den Kulturen - angewendet auf 44% der Ackerfläche (Zielräume der Zielarten) – angewendet. Daher wurde der Frage nachgegangen, ob durch das Maislimit deutliche Maiskonzentrationen außerhalb des Zielraums dieser Maßnahme auftreten können. Damit wird die Gesamtabwägung einer räumlich begrenzten Maislimitierung angestrebt, auch um mögliche Verlagerungen bei der Minderung von Naturschutzkonflikten in erhöhte Risiken für den abiotischen Ressourcenschutz zu thematisieren.

In Abbildung 73 ist der Silomaisanteil für das BAU und das BioE3-Szenario, in dem die höchsten Maisanteile auftreten, auf Ebene der VGG dargestellt. Differenziert wurde dabei in den Maisanteil innerhalb und außerhalb des Zielgebiets für die Anwendung des Maislimits von 40% an der Ackerfläche.

Die innerhalb der Zielgebiete des Maislimits auftretenden Maisfläche, die das Limit von 40% Anteil an der Ackerfläche überschreitet, wurde in den jeweiligen Naturschutz-Szenarien demselben VGG jedoch außerhalb der Zielgebiete zugeordnet. Im BAU-Szenario wird nur im VGG Allgäu der Mais-Anteil von 40% innerhalb des Zielgebiets überschritten. Durch die Verschiebung dieser Maisfläche in die Fläche außerhalb des Zielgebiets erhöht sich dort der Maisanteil geringfügig von ca. 65% auf 68%. Im BioE3-Szenario treten in allen VGG deutlich höhere Maisanteile auf, mit Ausnahme des Allgäu, wo der hohe Anteil des BAU erhalten bleibt. Das 40%-Limit innerhalb des Zielgebiets wird neben dem Allgäu noch in den VGG Rhein / Bodensee, Schwarzwald, Albvorland / Schwäbischer Wald und Bauland / Hohenlohe überschritten. Dort treten in den zugehörigen Naturschutz-Szenarien mit Ausnahme des Allgäu entsprechend höhere Maisanteile in der außerhalb des Zielgebiets gelegenen Ackerfläche auf. Als maximale Zunahme ist im VGG Bauland / Hohenlohe eine Zunahme um ca. 17 Prozentpunkte zu beobachten. Dies ist zum Teil mit der Verlagerung der Maisfläche aus dem Zielgebiet heraus zu begründen. Zum Teil wirken sich aber auch weitere Verschiebungen im Anbauspektrum infolge der Naturschutz-Vorgaben aus. Dies verdeutlicht im VGG Allgäu die Beibehaltung des Maisanteils außerhalb des Zielgebiets, weil dort der Maisanteil im Naturschutz insgesamt abnimmt, oder auch die prinzipielle Zunahme des Maisanteils im VGG Oberland / Donau im Rahmen des Naturschutz-Szenarios.

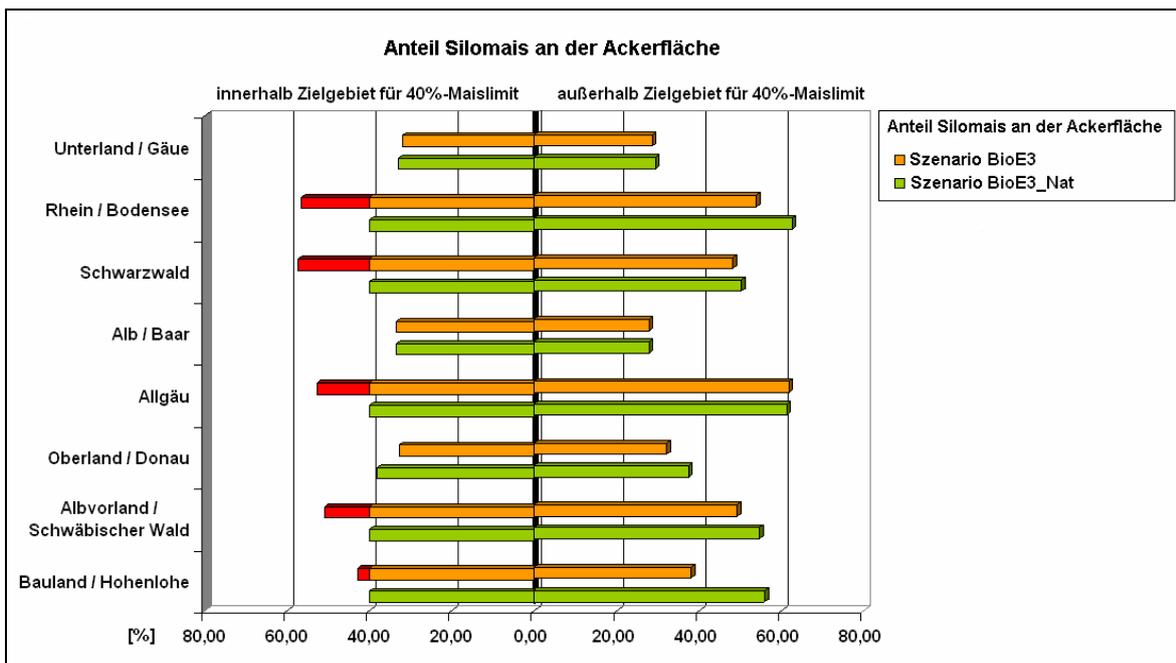
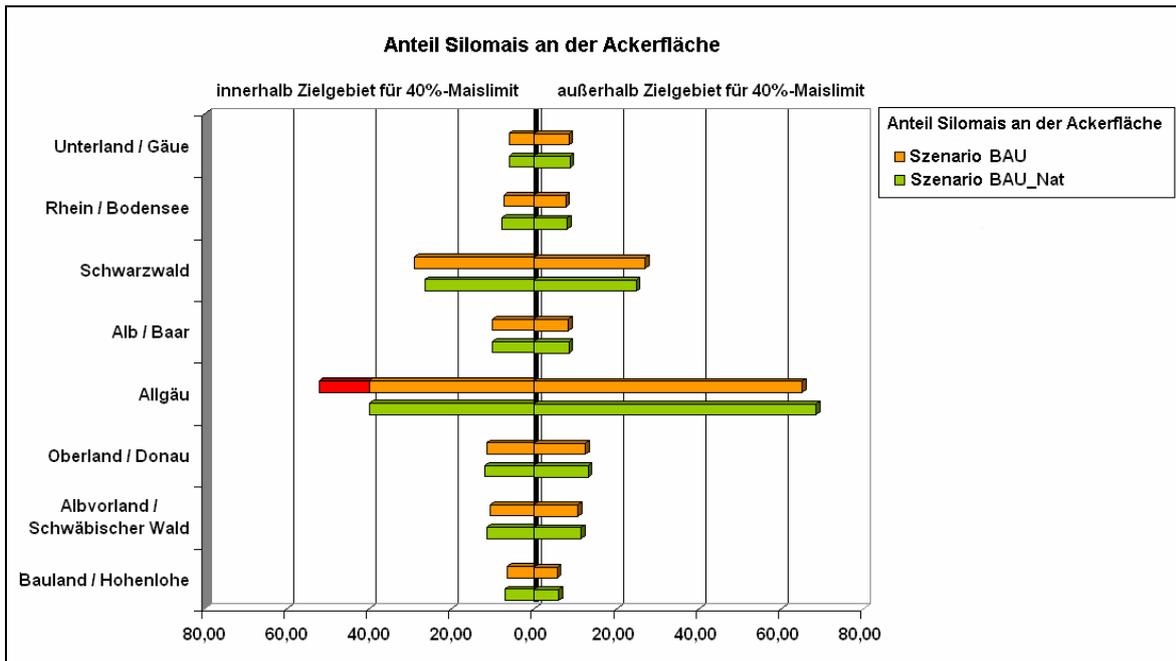


Abbildung 73: Anteil des Silomais an der Ackerfläche innerhalb und außerhalb des Zielgebiets für die Anwendung der Limitierung des Maisanteils auf 40% für das BAU (oben) und BioE3-Szenario (unten, jeweils ohne und mit Berücksichtigung der Naturschutz-Vorgaben (_Nat)). Rot eingefärbt sind innerhalb des Zielgebiets auftretende Anteile über 40%. Die Flächenumfänge wurden im jeweiligen Naturschutz-Szenario der außerhalb des Zielgebiets liegenden Fläche zuge-schlagen.

Bei der Interpretation ist zu berücksichtigen, dass mit der Angabe des Maisanteils bzw. von Fruchtfolgen bezogen auf sehr große räumliche Einheiten wie die VGG, kleinräumige Konzentrationen von Kulturen auf lokaler bis regionaler Ebene nicht abgebildet werden können. Dies bedeutet, dass ein Maisanteil von 50% - 60% wie er für die VGG Rhein / Bodensee und

Allgäu im BioE3 bzw. BioE3_Nat auftritt, in der Landschaft auf lokaler bis regionaler in Form weitaus höherer Einengungen der Fruchtfolge realisiert sein kann. In den durchgeführten Analysen sind Verschiebungseffekte durch die regionale Anwendung eines Maislimits erkennbar. Jedoch treten diese zumindest auf Ebene der VGG nicht in einer Größenordnung auf, die die Wirkung der Maßnahme in Frage stellen sollte – sofern sie im Anwendungsgebiet die Lebensraumqualität von Zielarten erhöht.

Fazit

- Für die Zielarten des Ackerlands ist in den Bioenergie-Szenarien ohne Berücksichtigung der Naturschutz-Vorgaben im Vergleich zum BAU eine deutliche Abnahme von Kulturen mit sehr guter und, guter-mäßiger Habitateignung sowie mit neutraler Wirkung zu beobachten. Gleichzeitig nehmen Kulturen mit beeinträchtigender Wirkung stark zu.
- Wesentliche Ursache ist die Zunahme der Anbaufläche für Silomais um das drei bis vierfache. Für die Feldlerche kommt die starke Abnahme bei Sommergerste und Winterweizen hinzu.
- Bei den Zielarten des Grünlands tritt ebenfalls eine starke Abnahme der geeigneten Lebensräume auf. Wesentliche Ursache ist die – mit Ausnahme der extensiven Beweidung – starke Zunahme intensiver Grünland-Nutzungen. Landesweit nehmen diese Nutzungen um ca. ein Drittel im Vergleich zum BAU zu. Die mit Abstand größten Verluste extensiv genutzten Grünlands treten in der VGG Schwäbische Alb / Baar auf.
- Die alle Zielarten stark beeinträchtigenden KUP sind zu ca. 60% innerhalb des aus Sicht der Arten abgeleiteten Ausschlussgebiets verbreitet. Da jedoch nur geringe Flächenumfänge auftreten (2,5% der Ackerfläche) und die Kultur durch geringe Standortansprüche flexibel angebaut werden kann, werden geringe Konfliktpotenziale angenommen.
- Der für alle Zielarten (sehr) beeinträchtigend wirkende Miscanthus tritt dagegen in deutliche größeren Flächenumfängen auf (14% der Ackerfläche). Weil die Kultur zudem in einem engeren Standortspektrum angebaut wird, werden höhere Konfliktpotenziale angenommen.
- Die Naturschutzvorgaben bewirken aus Naturschutzsicht unerwünschte Wechselwirkungen wie die Zunahme des Maisanbaus. Die regional begrenzte Limitierung des Maisanteils auf 40% führt zu einer Erhöhung des Maisanteils außerhalb dieser Regionen. In geringem Umfang tritt eine Intensivierung von Grünland durch die regional begrenzten Vorgaben zu Grünland-Extensivierung auf.

8 Zusammenführung und Einordnung der Ergebnisse

In diesem abschließenden Kapitel werden die Ergebnissen aus den zwei von BW+ geförderten Forschungsprojekten vor dem Hintergrund der Ausgangssituation und Zielsetzungen für das Jahr 2020 im Natur- und Umweltschutz und im Energiebereich in einer Zusammenschau diskutiert um in Kap. 9 Handlungsempfehlungen ableiten zu können. In Ergänzung zu den in den vorausgegangenen Kapiteln dargelegten Ergebnissen zu Potenzialen, Konflikten und Synergieeffekten zwischen Bioenergiegewinnung, Natur- und Umweltschutz werden die Ergebnisse auch unter dem Aspekt der Realisierbarkeit der Potenziale sowie die daraus entstehenden Anforderung an Investitionen und Investitionsbereitschaft zusammengeführt diskutiert.

8.1 Plausibilität und Aussagekraft der Projektergebnisse

Zur Bewertung und Verwendung von Modellergebnissen ist die Abbildungsqualität des eingesetzten Modells von großer Bedeutung. Wie bei jeder Modellanwendung, ist auch im vorliegenden Projektbericht, eine Analyse über mögliche Unsicherheiten einer inhaltlichen Auseinandersetzung mit den Modellergebnissen voranzustellen. Dabei sind generell a) Struktur, Parametrisierung und Eingangsdatenqualität zu beschreiben sowie b) die Übereinstimmung zwischen modellweltlichen Rechenergebnissen und realweltlichen Messergebnissen zu quantifizieren. Beides ist mit dem vorliegenden Modellzweck abzustimmen.

Die im Projekt zum Einsatz kommende Modellkette ist ein Prognoseansatz und soll Vorhersagen über das Verhalten eines schon existierenden Systems unter bisher nicht beobachteten Bedingungen erlauben. Die qualitative Verwendung der Ergebnisse zur differenziellen Beurteilung von Strategien erlaubt dabei (im Gegensatz beispielsweise zur dem Anspruch einer möglichst genauen und absoluten Quantifizierung unterliegenden Wetter- oder Hochwasservorhersage), von hohen Anforderungen an die Abbildungstreue des Modells abzusehen und die Analyse von Unsicherheiten auf qualitative Plausibilitätsaussagen zu beschränken. Dies wird im Folgenden systematisch abgearbeitet.

Ökonomische Modellierung mit EFEM. Da es sich bei EFEM um ein statisch lineares Programmierungsmodell mit exogen vorgegebenen Preisen handelt, wird vermutlich die Anbaufläche der Bioenergiepflanzen zum Teil überschätzt. Eine so starke Einschränkung der Lebensmittel- und Futtermittelproduktion, wie es die Modellergebnisse zeigen, könnte in der Realität zu Preisänderungen bei diesen Produkten führen. Da diese Preisinterdependenzen mit dem Modellansatz nicht abgebildet werden können, sind Sensitivitätsrechnungen mit unterschiedlichen Preisannahmen unerlässlich und wurden im Rahmen des Forschungsprojektes auch durchgeführt (vgl. 5.5). Sie zeigten aber, dass die Modellergebnisse hinsichtlich des Anbauumfangs der Bioenergieträger, insbesondere des Anbaus der mehrjährigen Kulturen sehr stabil sind. Inwieweit sich der Anbau von Silomais ausdehnt, hängt weitestgehend von den Getreidepreisen ab.

Das EFEM-Modell berechnet die N₂O- Emissionen nach IPCC- Vorgaben. Die dabei zugrunde gelegten Koeffizienten für die N₂O- Faktoren, die Emissionen in der Größenordnung von 2-4 kg N₂O-N/ha ergeben würden, erscheinen gemessen an inzwischen vorliegenden Literaturauswertungen für süddeutsche Standorte und den Ergebnissen der EPIC- Modellierung

(etwa 4-8 kg N₂O-N/ha) eher als zu gering angesetzt. Da im Fall eines Verzichts auf Bioenergieproduktion aber Nahrungsmittel produziert würden, blieben die Treibhausgasemission der Landwirtschaft Baden-Württembergs weitgehend unverändert, das heißt die höheren N₂O-Faktoren würden insgesamt zu einer höheren Treibhausgasbilanz führen. Die Bilanzierung des Klimaschutzbeitrages für Bioenergieträger würde sich in Bezug auf die Situation in Baden-Württemberg nicht wesentlich durch eine Verwendung höherer N₂O-Faktoren ändern. Bei einer Bilanzierung des Klimaschutzeffektes im globalen Kontext wäre von höheren als den von IPCC vorgegebenen Werten auszugehen. Bliebe dann die hier ausgewiesene Energiepflanzenfläche irgendwo an marginalen Agrarstandorten ungenutzt, wäre aber die „Hintergrundemission“ dieser dann wahrscheinlich brach liegenden Fläche in Abzug zu bringen.

Die Ergebnisse der Modellszenarien zeigen vergleichsweise geringe Einkommensrückgänge für die Umsetzung der Naturschutzmaßnahmen. In der Realität würden diese mit Sicherheit höher ausfallen, da der verwendete Optimierungsansatz die Anpassungsfähigkeit der landwirtschaftlichen Betriebe überschätzt. Zudem wurde keine Limitierung der MEKA-Förderung von Seiten des Landes angenommen. Hinzu kämen noch mögliche staatliche Transferleistungen als Anreizfunktionen und Kosten für einen potenziellen Überwachungsaufwand der einzuhaltenden Naturschutzleistungen. Diese Größen lassen sich aus dem hier verwendeten Analyseansatz nicht ableiten.

Räumliche Disaggregation. Der in Kapitel 4.5 beschriebene Ansatz zur Generierung räumlich expliziter Landnutzungsverteilungen wurde dort schon einer Plausibilitätsprüfung unterzogen. Das Verfahren reproduziert auf Gemeindeebene Landnutzungsmuster mit einem mittleren Fehler von 15%. Dabei müssen als strukturelle Ursachen die Fehlzurordnung von Hof und Flur zu einer Gemeinde und die nur schwach belegten Annahmen zur Zuordnung von Kultur und Standort angeführt werden. Unschärfen der Eingabedaten hingegen resultieren aus groben Generalisierungen (Bodenübersichtskarte) und den ATKIS-DLM25 inhärenten Fehlklassifikationen der Landnutzung. Die Interpretation und Weiterverwendung der Ergebnisse ist, wie in 4.5 erläutert, nur für größere, die 1ha-expliziten Nutzungszuordnungen aggregierende Räume sinnvoll.

Naturschutzfachliche Analyse. Für die Zielarten des Ackerlands setzt die Wirkungsanalyse auf die räumliche Verteilung der Ackerkulturen mit ihren spezifischen Unsicherheiten auf. Hinzu kommen die Unschärfen bei der räumlichen Abbildung der Zielräume für die Förderung der Zielarten, auf die sich die Wirkungsanalyse bezieht. Wie in Kapitel 4.3.3 erläutert, wurden jedoch möglichst aktuelle Verbreitungsdaten recherchiert, um die Zielräume bestmöglich an den derzeitigen Verbreitungsschwerpunkten der Zielarten – auch als Quellen für Wiederbesiedlungen - zu orientieren. Für die Zielarten des Grünlands konnten keine raumspezifischen Wirkungsanalysen für die jeweiligen Zielräume durchgeführt werden, da die Grünlandnutzungen nicht räumlich disaggregiert wurden. Die Analysen wurden daher auf Ebene von Vergleichsgebietsgruppen durchgeführt, die eine hohe Übereinstimmung mit dem Zielraum der Arten aufweisen. Dennoch ist die räumliche Übereinstimmung, und damit die Belastbarkeit der Wirkungsabschätzung, mit einer größeren Unsicherheit behaftet als bei den Ackerarten.

Angesichts der starken Veränderungen, die in den Bioenergie-Szenarien erkennbar werden, und unter Berücksichtigung von Erfahrungswerten der letzten Jahre, erscheinen die Ergebnisse der naturschutzfachlichen Analyse in der Tendenz plausibel.

Modellierung mit EPIC. Das EPIC-Modell wurde bereits bei früheren Vorhaben für die Standort- und landwirtschaftlichen Produktionsverhältnisse in Südwestdeutschland kalibriert. Dabei ergaben sich für den einzigen flächendeckend verfügbaren Kennwert „Ertrag“ Regressionskoeffizienten zwischen den Ertragswerten des statistischen Landesamtes und der Modellierung von 0,85 bis 0,87 (Angenendt et al. 2007, Othmanli 2009) in Abhängigkeit der Untersuchungsebene. Beim Vergleich von Modellierungen ausgewählter Flächen und den Ertragsangaben der entsprechenden Landbewirtschaftler lag der Regressionskoeffizient bei 0,64 (Billen et al. 2009). Darüber hinaus wurden bei repräsentativen Vergleichen von gemessenen und modellierten Humusveränderungen in Südwestdeutschland Regressionskoeffizienten von 0,83 bis 0,96 erreicht, je nach Art der Landbewirtschaftung. Für die anderen untersuchten Kennwerte Bodenerosion, Nitratauswaschung und Lachgasemissionen liegen keine flächendeckenden oder repräsentativen Vergleichsinformationen vor. Die Plausibilität der untersuchten Kennwerte ist jedoch folgendermaßen zu bewerten:

- Bodenerosion durch Wasser: Die modellierten Ergebnisse bewegen sich häufig mit 1 bis 9 t/ha*a auf einem niedrigen Niveau. Demgegenüber wird häufig von Erosionsmessungen berichtet, die zumeist deutlich höhere Abtragsraten von bis zu 100 t/ha*a aufweisen. Allerdings beziehen sich diese Ergebnisse in der Regel auf extreme Niederschläge, Beregnungsversuche, erosionsgefährdete Standorte oder einzelne Feldfrüchte (keine Fruchtfolgen), so dass eine flächendeckende oder repräsentative Plausibilitätsprüfung und Validierung der modellierten Ergebnisse kaum möglich ist. Darüber hinaus basiert das EPIC-Modell auf der Allgemeinen Bodenabtrags Gleichung, die wiederum die Basis für die DIN 19708, also einem etablierten und genormten Verfahren.
- Humus- bzw. bodenbürtige CO₂-Bilanz: Die modellierten Corg-Veränderungen zeigten bei einem früheren Vergleich mit repräsentativen Messungen gute Übereinstimmungen. Auch die in dieser Studie modellierte Veränderungsspanne von 0,2 bis 2 t/ha*a entsprechend 0,2 bis 1,2 % des Corg-Bodenvorrates bewegt sich im Rahmen anderenorts erhobener Werte zur Zu- und Abnahme bei Landnutzungsänderungen (Billen et al. 2009, UBA 2006).
- Nitratverluste durch Auswaschung: Die Stickstoffverluste durch Nitrat-Auswaschung bewegen sich mit 20 bis 50 kg NO₃-N/ha*a in einem Rahmen, der sich mit 20 bis 40 kg auswaschungsgefährdeten NO₃-N/ha*a auch in den landesweiten Ergebnissen der Nitratuntersuchungen von Böden aus Wasserschutzgebieten in den letzten 20 Jahren widerspiegelt. Weiterhin haben Prade et al. (2009) an exemplarischen Untersuchungen in Südwestdeutschland gezeigt, dass unter Pflugbewirtschaftung die mit Saugkerzen ermittelten Nitrat-Sickerwasserfrachten und die mit EPIC simulierte N-Auswaschung im Jahresmittel um 1% bis höchstens 20% voneinander abweichen.
- Lachgas-Emissionen: Die zentrale Unsicherheit besteht darin, dass auf direktem Wege mit EPIC keine Lachgasemissionen modelliert können werden. Allerdings können aus anderen EPIC-Ausgabegrößen mittels Faktoren Lachgasemissionen hochge-

rechnet werden (siehe Kapitel 6). Dadurch ergaben sich für Südwestdeutschland 4 bis 8 kg N₂O-N/ha*a. Allerdings fehlt es an direkten, flächendeckenden oder repräsentativen Vergleichsmöglichkeiten. Bei Einzeluntersuchungen, die Kaiser und Ruser (2000) zusammengestellt haben, wird über Lachgasemissionen von 0,5 bis 16,8 kg N₂O-N/ha*a berichtet. Damit befinden sich die modellierten und hochgerechneten Emissionen im Rahmen der Ergebnisse von Langzeituntersuchungen.

Insgesamt ist also auf der einen Seite die Plausibilität der EPIC-Modellierungsergebnisse im Vergleich zu einzelnen und repräsentativen Erhebungen zufrieden stellend, so dass die erzielten Aussagen auf der generalisierenden Ebene der Vergleichsgebietsgruppen als richtungsweisend gelten können. Dies wurde u.a. erreicht, indem die Veränderungen einzelner Parameter entsprechend des Flächenanteils einzelner Bodentypen gewichtet wurden. Somit können entsprechende Gebietsbilanzen mit hinreichender Genauigkeit aufgestellt werden. Eine umfassende Prüfung ist aufgrund der lückenhaften Datenlage allerdings nicht möglich. Auf der anderen Seite unterliegen die Modellierungsergebnisse mit EPIC innerhalb der Vergleichsgebietsgruppen jedoch Standardabweichungen von teilweise über hundert Prozent, so dass in keinem Fall bei den Veränderungen Signifikanzen nachgewiesen werden konnten. Dies kann aber aufgrund der großen Standortvielfalt in Südwestdeutschland und in den Vergleichsgebietsgruppen auch kaum erwartet werden. Selbst die differenzierte Betrachtung von einzelnen Bodentypen ergab aufgrund der Spannweite anderer Standortfaktoren wie Klima, Hangneigung oder Gründigkeit keine nachvollziehbaren Abhängigkeiten der Veränderungen bei den modellierten Szenarien. Eine größere Sicherheit der Ergebnisse kann deshalb nur erwartet werden, wenn für den räumlichen Bezug kleinere Einheiten mit homogeneren Standort- und Nutzungseigenschaften gewählt werden. Allerdings müssten dann ebenfalls die vorgeschalteten Berechnungen mit dem agrarökonomischen EFEM-Modell angepasst werden.

8.2 Bioenergiepotenziale unter Berücksichtigung von Natur- und Umweltschutz

Die Ergebnisse der im Rahmen dieser Studie durchgeführten Berechnungen zur Quantifizierung von Bioenergiepotenzialen sind im Überblick in Tabelle 73 zusammengestellt. Das Szenario BAU_2015 weist für Baden-Württemberg nur etwa 42.000 ha, das sind knapp 3% der landwirtschaftlichen Nutzfläche Baden-Württembergs, für Energiepflanzen aus. Überwiegend handelt es sich hier um den Maisanbau für Biogasanlagen. Mit der so gewonnenen Energie aus Biomasse kann nur etwa 0,3% des Primärenergieverbrauchs Baden-Württembergs des Jahres 2007 gedeckt werden. Im Vergleich dazu könnte bei finanzieller Förderung der Bioenergie in dem Biomasseszzenario I, (das heißt, ohne Berücksichtigung der Naturschutzziele) auf fast 708.000 ha, das entspricht 51% der LN Baden-Württembergs, Bioenergie produziert werden. In diesem Szenario ist es zulässig, dass das in der Humusbilanz nicht benötigte Stroh von rund 323.000 ha der Verbrennung zugeführt wird. Die Maisfläche für Biogasanlagen würde auf rund 270.000 ha, also gegenüber der Referenzsituation mehr als versechsfacht werden und von rund 264.000 ha Grünland würden Biogasanlagen gespeist.

Tabelle 73: Zusammenfassung der wichtigsten Kennzahlen in den verschiedenen Szenarien

| | Einheit | BAU_2015 | BAU_Nat | BAU_Nat_XL | BioE 1 | BioE 1_Nat | BioE 1_Nat_XL | BioE 2 | BioE 2_Nat | BioE 2_Nat_XL | BioE 3 | BioE 3_Nat |
|--|------------------------|----------|---------|------------|---------|------------|---------------|--------|------------|---------------|---------|------------|
| Ackerland | ha | 837324 | 813670 | 804209 | 863401 | 813671 | 804209 | 859699 | 813670 | 804210 | 859699 | 813670 |
| Grünland | ha | 544128 | 544128 | 544128 | 518119 | 544128 | 544129 | 521820 | 544128 | 544128 | 521821 | 544128 |
| Strohverbrennung | ha | | | | 322921 | 335304 | 325073 | 379615 | 443857 | 401688 | 430531 | 360300 |
| Ethanol Getreide | ha | | | | | | | | | | | |
| Biodiesel (RME) Raps | ha | 1635 | 1587 | 1569 | 14855 | 859 | 664 | 9831 | 830 | 781 | 15260 | 899 |
| Biogas Silomais | ha | 40228 | 39045 | 38489 | 270041 | 309227 | 292192 | 204157 | 243346 | 254131 | 317563 | 321315 |
| Biogas Grünland | ha | | | | 264365 | 174806 | 105516 | 198888 | 153975 | 90588 | 268208 | 173753 |
| Mehrfährige: Miscanthus | ha | | | | 136882 | 29449 | 29449 | | | | | |
| Mehrfährige: Pappeln, Weiden | ha | | | | 21816 | 8951 | 7273 | | | | | |
| Summe Energiepflanzenfläche | ha | 41863 | 40632 | 40058 | 707959 | 523292 | 435094 | 412876 | 398151 | 345500 | 601031 | 495967 |
| dgl. Anteil an LF | % | 3,03 | 2,99 | 2,97 | 51,24 | 38,54 | 32,27 | 29,89 | 29,32 | 25,62 | 43,51 | 36,53 |
| Energiepflanzen- und Strohfäche | ha | 41863 | 40632 | 40058 | 1030880 | 858596 | 760167 | 792491 | 842008 | 747188 | 1031562 | 856267 |
| Netto-Bioenergieproduktion | TJ | 4922 | 4779 | 4716 | 99461 | 79373 | 74964 | 81449 | 73420 | 69647 | 85331 | 76217 |
| Anteil am Primärenergieverbrauch 2007 | % | 0,31 | 0,30 | 0,29 | 6,21 | 4,95 | 4,68 | 5,08 | 4,58 | 4,35 | 5,33 | 4,76 |
| THG Emissionen Landwirtschaft, vor- und nachgelagertem Bereich insgesamt | 1000 t CO ₂ | 6158 | 5921 | 5761 | 6686 | 6407 | 6169 | 6905 | 6471 | 6206 | 7067 | 6511 |
| Abz. Bioenergiegutschrift | 1000 t CO ₂ | 518 | 502 | 495 | 8396 | 6911 | 6450 | 6738 | 6219 | 5932 | 7576 | 6730 |
| Zuzügl. Grünlandumbruch | 1000 t CO ₂ | 0 | 0 | 0 | 572 | 0 | 0 | 491 | 0 | 0 | 491 | 0 |
| Bilanz Emissionen Landwirtschaft | 1000 t CO ₂ | 5640 | 5419 | 5266 | -1138 | -504 | -281 | 658 | 252 | 274 | -18 | -219 |
| dgl. je ha LF | t CO ₂ / ha | 4,1 | 3,9 | 3,8 | -0,8 | -0,4 | -0,2 | 0,5 | 0,2 | 0,2 | 0,0 | -0,2 |
| Deckungsbeitrag Landwirtschaft | Mio € | 1835 | 1822 | 1805 | 2169 | 2058 | 2016 | 2089 | 2035 | 1998 | 2112 | 2045 |
| dgl. in % zu BAU_2015 | % | | -0,7 | -1,7 | 18,2 | 12,1 | 9,8 | 13,8 | 10,9 | 8,9 | 15,1 | 11,4 |
| MEKA- Ausgaben Mio € | Mio € | 120 | 132 | 138 | 125 | 157 | 162 | 135 | 156 | 163 | 137 | 161 |
| dgl. in % zu BAU_2015 | % | | 9,6 | 14,3 | 3,9 | 30,6 | 34,5 | 12,2 | 29,5 | 35,2 | 14,2 | 33,3 |

Ein wesentlicher Beitrag der Biomasse kommt darüber hinaus in diesem Szenario dem Potenzial von rund 190.000 ha für den Anbau mehrjähriger Kulturen, also Weiden, Pappeln und Miscanthus zu. Mit der Ausdehnung der Energiepflanzen würde der Anbau von Getreide zurückgehen und insofern mehr Futtermittel und Brotgetreide nach Baden-Württemberg importiert werden müssen. Würde dieses Szenario umgesetzt, könnte der Anteil von Bioenergie am Primärenergieverbrauch auf fast 6%, bezogen auf das Jahr 2007, steigen. Als Folge davon würde der Beitrag zu den Treibhausgasemissionen aus der Landwirtschaft Baden-Württembergs von gut 4t CO₂-Äquivalente/ha auf -0,8 t/ha zurückgeführt werden. Ohne Berücksichtigung der Nahrungsmittelimporte⁴ wäre der landwirtschaftliche Sektor von einer deutlichen Quelle von Treibhausgasen in eine Senke überführt. Gleichzeitig wächst das Einkommen der Landwirtschaft und die Beschäftigung nimmt im Agrarsektor zu. Öffentliche Ausgaben, im Rahmen von gezielten Förderprogrammen (MEKA) nehmen nur unwesentlich zu. Stattdessen werden über die existierenden Einspeisevergütungen Zahlungen von Verbrauchern an die Landwirtschaft transferiert.

Eine Einführung strengerer Restriktionen für die Durchsetzung von Natur- und Umweltschutzziele, einhergehend mit Schutzflächen für Zielarten, Acker-Gewässerrandstreifen, Pufferzonen, Grünlandextensivierung usw. wirkt sich im Szenario Business As Usual (BAU) vergleichsweise geringfügig aus. Die Nutzungseinschränkungen verursachen Einkommensverluste, die aber durch schon bestehende Förderinstrumente nahezu ausgeglichen werden. Es steigt allerdings der Einsatz dieser Fördermittel (vgl. Tabelle 73) Die bilanzierten Treibhausgasemissionen werden durch Naturschutzaufgaben in der Größenordnung von 4-6% verringert. Hier wirken sich Synergieeffekte der Naturschutzmaßnahmen durchaus positiv auf den Klimaschutz aus. Andererseits werden durch die Naturschutzaufgaben und -maßnahmen potenzielle Flächen für Energiepflanzen und die Energieproduktion aus Biomasse insgesamt reduziert, sodass sich auch insgesamt ein geringerer Anteil der Biomasse am Primärenergiebedarf ergibt, allerdings nur in der Größenordnung einer einstelligen prozentualen Verminderung.

Diese Wirkungszusammenhänge bleiben bestehen, wenn die Rahmenbedingungen eines auf Bioenergie fokussierten Szenarios betrachtet werden. Stärkere Naturschutzaufgaben gehen mit einer Reduzierung des Energiepflanzenanbaus einher und reduzieren auch die Biogaspotenziale aus dem Dauergrünland. Die Treibhausgasemissionen reduzieren sich durch Naturschutzaufgaben, gleichwohl kann der gesamte Agrarsektor Baden-Württembergs von einer Quelle in eine Senke oder nur noch geringfügige Quelle überführt werden, ohne dass die Ziele des Natur- und Umweltschutzes verletzt werden. Allerdings setzt dies eine flächendeckende effektive Kontrolle weiterer Natur- und Umweltschutzmaßnahmen voraus. Bei unverändertem Nahrungsmittelkonsum, würden dann aber wiederum Substitutionseffekte eintreten, da der „Ökologische Fußabdruck“ in andere Länder übertragen würde. Diese zu erfassen ist aber mit einem betriebsbasierten ökonomischen Modell nicht möglich.

⁴ Die durch Futtermittelimporte verursachten Treibhausgasemissionen werden in EFEM der Gesamtbilanz angerechnet.

8.3 Implikationen der Modellannahmen und -ergebnisse: Chancen und Herausforderungen für die Nutzung der Bioenergiepotenziale

Wie die vorangegangene Darstellung der Ergebnisse gezeigt hat, verfügt das Land Baden-Württemberg über vergleichsweise große Potenziale für Bioenergie. Je nach Szenario könnte auch bei Berücksichtigung der Naturschutzforderungen 30 bis sogar 40% der landwirtschaftlichen Nutzfläche in Baden-Württemberg für die Bereitstellung von Bioenergie genutzt werden, gegenüber nur 3% in der Referenzsituation. Dabei handelt es sich nicht um ein technisches Potenzial für Bioenergie sondern um ein wirtschaftliches Potenzial. Denn in dem ökonomischen Modell kommen die Produktionsalternativen für Bioenergie gegen die Konkurrenz der Nahrungsmittelproduktion aufgrund der attraktiven Wettbewerbsvorteile zum Zuge. Im Einzelnen zeigt sich, dass die Ausdehnung des Maisanbaus und die zunehmende Grünlandnutzung für Biogas wegen der hohen Einspeisungsvergütungen attraktiv sind. Die mehrjährigen Kulturen (Pappeln, Weiden, Miscanthus) und die Strohverbrennung sind wettbewerbsfähig ohne substantielle Subventionen aufgrund der für das Jahr 2015 angenommenen Referenzpreise für fossile Energie. Allerdings ist die Realisierung der Bioenergieszenarien an Voraussetzungen geknüpft, die teilweise erst noch geschaffen werden müssen. Das bedeutet für die einzelnen Bioenergieproduktlinien folgendes:

- Die Zahl der Biogasanlagen müsste von derzeit etwa 600 verdoppelt oder sogar verdreifacht werden. Selbst bei einer Beschränkung der Bioenergiefläche auf 30% der LN würden in Baden-Württemberg weitere 100.000 ha Mais für Biogasanlagen die Errichtung von etwa 500 weiteren Biogasanlagen mit einer Kapazität von je 500 kW erfordern. Bei Maximierung der Bioenergieproduktion unter Berücksichtigung von Naturschutz und anderen Restriktionen könnte die Silomaisfläche für Biogasanlagen auf über 380.000 ha steigen (etwa 1/3 der Ackerfläche in Baden-Württemberg). Aus Sicht des Natur- und Ressourcenschutzes wäre dann aber eine sorgfältige Beachtung der hier unterstellten Standorteinschränkungen des Maisanbaus erforderlich. Voraussetzung wäre, dass etwa 1.400 neue Biogasanlagen mit einer Leistung von je 500 kW errichtet werden. Dazu wären etwa 2-3 Milliarden Euro Investitionskapital erforderlich. Bei anhaltend gesicherter Rentabilität der Anlagen wäre die Kapitalaufbringung das geringere Problem, zumal sich zunehmend außerlandwirtschaftliche Investoren für diese Anlageklasse interessieren.
- Natur- und Umweltschutzrisiken sind in der Berechnungsmethodik berücksichtigt. Das Problem besteht nach Erfahrungsberichten der Praxis aber darin, dass die Einhaltung von gesetzlichen Vorschriften und Verordnungen insbesondere der Gärrestausrückführung schwer oder nicht kontrollierbar ist und als Folge davon Umweltbelastungen nicht auszuschließen sind.
- Darüber hinaus ist im Zuge einer solchen Expansion der Biogaserzeugung die Voraussetzung zu schaffen, dass die Abwärme der Biogasanlagen – wie im Modell unterstellt – auch genutzt wird. Konventionelle Wärmeabnehmer wird es in der benötigten Zahl und regionalen Verteilung nicht geben.
- Eine zumindest theoretisch elegante Lösung würde darin bestehen, mehrere Biogasanlagen an eine zentrale Biogasaufbereitung anzuschließen und das Biogas nach Aufreinigung in das Erdgasnetz einzuspeisen. Voraussetzung dafür wäre allerdings die zusätzliche Investition in ein Gasnetzwerk. Dabei ist nicht die Investitionssumme sondern die Ver-

legung der Erdgasleitungen in einer überwiegend zersplitterten Agrarbesitzstruktur das Problem.

- Neben der Biogasproduktion aus Silomais würde in einem Bioenergieszenario ein großes Grünlandflächenpotenzial für Biogas genutzt werden können. Bei Beschränkung des Energiepflanzenanbaus auf 30% der landwirtschaftlichen Nutzfläche handelt es sich um rund 90.000 ha Grünland, bei Verzicht auf Beschränkungen sogar um rund 260.000 ha Grünland. Voraussetzung für die Nutzung wären zusätzlich bis zu 3500 Biogasanlagen für die Grünlandnutzung mit einer Kapazität von je 150 kW. Dafür wären wiederum mindestens 2 Milliarden Euro Investitionskapital erforderlich und die Voraussetzungen für eine effektive Wärmenutzung zu schaffen.
- Wenn der Energiepflanzenanbau auf 30 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche beschränkt wäre und moderate Naturschutzanforderungen eingehalten werden, könnte mit etwa 444.000 ha Strohaufkommen für die energetische Nutzung gerechnet werden. Nach Berechnungen des Wissenschaftlichen Beirates für Agrarpolitik (2008) könnte die effizienteste Verwendung von Stroh in Heizanlagen für Nahwärmenetze erfolgen. Diese müssten in großer Zahl neu gebaut werden und die Voraussetzungen für eine ausreichende Kapazitätsauslastung erfüllen. Der Investitionsbedarf wäre sehr hoch und der Zubau von Anlagen zeitaufwändig. Der Einsatz von Stroh in Kraftwerken in Form einer Co-Verbrennung ist nur dann eine effiziente Verwendung, wenn dies in bestehenden Kraftwerken erfolgt, und zur Substitution von Steinkohle führen würde. Voraussetzung für die Nutzung des verfügbaren Strohs wären dezentral lokalisierte Kraftwerke in der Nähe der Ackerbaugebieten Baden-Württembergs. Gut zehn große Kohlekraftwerke (500 MW) könnten bei mit einem angestrebten Anteil von 10 % Co-Verbrennung eine Kapazität von je 50 MW (ca. 30.000 ha Stroh) bereitstellen und das anfallende Stroh verbrennen. Die zusätzlichen Investitionskosten von ca. 20 Mio € je Steinkohlekraftwerk sind vor allem für die Lagerung, Auflösung und anlagentechnische Zuführung in die Co-Verbrennung erforderlich. Die zusätzlichen Investitionskosten in der Größenordnung von 200 Millionen Euro wären im Vergleich zu Neuanlagen vergleichsweise gering. Wenn die Transportentfernung von den landwirtschaftlichen Produktionsflächen zu den Heizkraftwerken 30-40 km überschreitet, wird die Strohverbrennung unrentabel. Es wäre zu prüfen, welche Heizkraftwerke für die Co-Verbrennung geeignet wären, und welche Menge des potenziell verfügbaren Strohs von diesen Anlagen verwertet werden könnte.
- Mehrjährige Energiepflanzen (holzartige und Miscanthus) könnten in Baden-Württemberg unter Berücksichtigung der Natur- und Umweltschutzrestriktionen eine Fläche bis zu 158.000 ha einnehmen. Wirtschaftlichkeitsrechnungen des WBA (2008) weisen nach, dass mehrjährige Kulturen zur Wärmeerzeugung in mittelgroßen Heizanlagen (400 kW) nebst Nahwärmenetz ohne zusätzliche Subventionen rentabel sind. Allerdings müssten in Baden-Württemberg für den genannten Produktionsumfang mehr als 6000 Anlagen installiert werden oder rund 3-4 Steinkohlekraftwerke (5000 MW) mit einer Kapazität von je 50 MW für eine Co-Verbrennung umgerüstet werden.
- Das Problem der mehrjährigen Kulturen liegt darin, dass die Produzenten von Hackenschnitzel mit der Anlage mehrjähriger Kulturen eine höhere Investition tätigen und die Nutzung für die Sicherstellung der Rentabilität mindestens 20 Jahre gesichert sein muss. Mit der Entscheidung für mehrjährige Energiepflanzenanlagen legen sich die Produzenten auf lange Zeit fest und können nicht mehr von Preisentwicklungen auf Nahrungsmittel-

märkten und attraktiven dynamischen Veränderungen in anderen Betriebsentwicklungen profitieren. Dies gilt im Prinzip auch für Biogasanlagen. Allerdings ist hier durch das Energieeinspeisegesetz eine vergleichsweise hohe wirtschaftliche Attraktivität über einen Zeitraum von 20 Jahren garantiert. Produzenten für mehrjährige Energiepflanzen werden die Produktion in dem berechneten Umfang nur dann aufnehmen, wenn eine entsprechende Gesetzesgrundlage die Rentabilität in ähnlicher Weise sichert wie bei Biogasanlagen.

- Eine starke Ausrichtung der Agrarproduktion Baden-Württembergs auf Energiepflanzen würde auch Handelsströme signifikant beeinflussen. So ergibt sich ein höherer Einfuhrbedarf an Brotgetreide, Futtergetreide und Ölsaaten. Die Selbstversorgung ist bei Getreide ohnehin nur um 50% und bei den anderen Agrarrohstoffen noch geringer. Da die Zulieferer dieser Produkte aber in unmittelbarer räumlicher Nähe liegen und die EU insgesamt ein Getreideüberschussgebiet ist, wirken sich diese Effekte nicht auf die Realisierbarkeit von Bioenergiestrategien aus. Bei Annahme deutlich erhöhter Bioenergieerzeugung in diesen Räumen erfolgt auch dort eine Abnahme der Nahrungs- und Futtermittelproduktion. Die EU-übergreifenden Effekte müssten mit einem erweiterten Forschungsansatz analysiert werden.
- Veränderungen im Betriebsmitteleinsatz, wie beispielsweise höherer Mineraldünger- und Treibstoffbedarf sowie geringere Bedarfsmengen an Pflanzenschutzmitteln und Energie für die Trocknung von Marktfrüchten, können in diesem Zusammenhang vernachlässigt werden.
- Insgesamt ergibt sich aus den Überlegungen, dass unter den gegebenen Rahmenbedingungen lediglich mit einer kräftigen weiteren Expansion bei Biogasanlagen gerechnet werden kann. Der für die volle Nutzung des Potenzials erforderliche Zubau von mehr als 1.000 großen und bis zu 3000 kleinen Biogasanlagen in Baden-Württemberg bedarf zumindest einer gesetzlich vorgeschriebenen, intensiveren Standortprüfung und Kontrolle zur Vermeidung von Natur- und Umweltschutzrisiken. Für eine Nutzung der zweifellos beträchtlichen Strohpotenziale bedarf es eines eher marginalen finanziellen Anreizes und eine Anpassung der gesetzlichen Rahmenbedingungen (siehe Sondergutachten des Nachhaltigkeitsbeirats Baden-Württemberg NBBW 2008). Hier wäre zu prüfen, welche verfügbaren Heizkraftwerke die Voraussetzungen für die Co-Verbrennung von Stroh schaffen können und welche Strohpotenziale aus vertretbarer Entfernung genutzt werden können. Für die Nutzung der Potenziale mehrjähriger Energiepflanzen, die wirtschaftlich sehr sinnvoll erscheint, müssen Voraussetzungen hinsichtlich der Lokalisierung entsprechender Anlagen und des Ausbaus von Wärmenetzen geprüft und geschaffen werden. Von dem zweifellos großen Potenzial der mehrjährigen Kulturen sind erhebliche Einschränkungen in der Realisierbarkeit anzunehmen.

8.4 Ökonomische und ökologische Bewertung der Bioenergiepotenziale

Neben der Einschätzung technischer Potenziale und deren Realisierbarkeit aufgrund gegebener bzw. nicht vorhandener Nutzungsvoraussetzungen, spielen die Kosten und Beiträge zu den ökologischen Zielen eine wichtige Rolle. Die übergeordnete Zielsetzung der Landesregierung besteht darin agrarische Ressourcen so zu nutzen, dass sie einen möglichst hohen Beitrag zur Minderung der Treibhausgasemissionen erbringen. Dabei muss der Klima-

schutzbeitrag von Bioenergie aus der Netto-Vermeidung von CO₂-Äquivalenten abgeleitet werden. Dieser ist hoch bei der Wärmegewinnung und bei der Strom- und Wärmegewinnung aus mehrjährigen Energiepflanzen und vergleichsweise gering bei der Herstellung von Biokraftstoffen aus Getreide.

Für die Bewertung der Bioenergielinien werden im Folgenden die Berechnungen des Wissenschaftlichen Beirats Agrarpolitik aus dem Jahr 2008 verwendet, die nach dem neuerlichen Preisanstieg für Agrarrohstoffe durchaus noch aktuell sind (Tabelle 74).

Tabelle 74: Bewertungsansätze für Bioenergieszenarien

| Produktionslinie | Rohstoffpreis | Ertrag | Energieertrag kWh | | CO ₂ Vermeidung | CO ₂ Verm.Kosten | Subvention |
|--|----------------|-----------------|-------------------|----------|----------------------------|-----------------------------|------------|
| | | | brutto ha | netto ha | | | |
| | €/t TM oder FM | t TM oder FM/ha | | | kg je kWh | €/t CO ₂ | €/kWh |
| Hackschnitzel Heizung 400 kW th. | 115 | 10 | 39434 | 34785 | 0,247 | -11 | 0,007 |
| Hackschnitzel Co-Verbrennung Steink. 50 MW | 115 | 10 | 19989 | 16534 | 0,909 | 68 | 0,002 |
| Stroh Co-Verbrennung Steinkohle 50 MW | 91 | 5,4 | 9291 | 8631 | 0,909 | 68 | 0,002 |
| Silomais Biogas mit Wärmenutzung 500 KW | 28 | 44,5 | 16048 | 15455 | 0,475 | 267 | 0,131 |
| Grünland (600 ha) mit Gülle Biogas 150 KW | 3,3 | 35 | 12000 | 10000 | 1,237 | 52 | 0,134 |
| Raps Biodiesel RME (100000 t/a) | 340 | 3,7 | 15213 | 11552 | 0,162 | 175 | 0,031 |

Ein weiteres wichtiges Kriterium für die Bewertung sind die volkswirtschaftlichen Kosten und daraus abgeleitet die volkswirtschaftlichen Vermeidungskosten, bezogen auf eine Tonne CO₂-Äquivalente. Die volkswirtschaftlichen Kosten von Bioenergieträgern werden aus dem Vergleich mit fossilen Referenzenergien abgeleitet. Der Wissenschaftliche Beirat Agrarpolitik hat dazu als Referenz den Preis der Strombörse Leipzig mit 4 Cent/kWh zugrunde gelegt.

Bei den Berechnungen ergeben sich nur marginale Mehrkosten bei der Nutzung von Biomasse im Wärmebereich. Dem gegenüber entstehen allerdings Mehrkosten im Strom- und kWh-Bereich von bis zu 12 Cent/kWh bei der Biogaserzeugung und Kosten in mittlerer Höhe bei der Kraftstoffherstellung in der Größenordnung von 4-6 Cent/kWh. Mit Ausnahme der Ausdehnung mehrjähriger Pflanzen zur Wärmenutzung ist mit der Verwendung von Biomasse mit zusätzlichen volkswirtschaftlichen Kosten zu rechnen, die herangezogen werden, um die volkswirtschaftlichen Vermeidungskosten je Tonne CO₂-Äquivalent zu berechnen.

Ein weiterer Indikator für die ökonomische Bewertung sind die Subventionsanteile, die zur Realisierung nicht selbstständig rentabler Bioenergielinien aufgewendet werden müssen. Diese sind bekanntlich hoch bei Biogas und Biokraftstoffen.

In Tabelle 75 sind die ökonomischen und ökologischen Indikatoren für ausgewählte Szenarien der Studienergebnisse dargestellt. Dabei wurde angenommen, dass die in den Szenarien ausgewiesenen Produktionsumfänge zu 100% in überschaubarem Zeitraum realisiert werden. Um die Grenzen des Potenzials aufzuzeigen ist die Berechnung zunächst für ein Bioenergieszenario durchgeführt worden, dass insgesamt den höchsten Beitrag zur Substitution des Primärenergieverbrauchs erbringt. Dabei werden auf rund 323.000 ha Getreideflä-

che das anfallende Stroh der Verbrennung zugeführt. Bei gegebenem Ertrag entspricht die gesamte Bioenergieproduktion einer Vermeidung von ca. 10 Mio. t CO₂-Äquivalente. Die Subventionen werden hier im Umfang von 917 Mio € eingesetzt. Die Mehrkosten zur Referenzenergie führen zu zusätzlichen volkswirtschaftlichen Kosten von über einer Milliarde Euro/Jahr.

Insgesamt zeigt die Bewertungsmatrix, dass die Potenziale für Bioenergie groß sind. Die leicht realisierbaren Bioenergielinien verursachen vergleichsweise hohe volkswirtschaftliche Kosten und Treibhausgas Vermeidungskosten. Dem gegenüber sind für die ökologisch und ökonomisch attraktiven Bioenergielinien Reststroh und mehrjährige Energiepflanzen die Verwendungsvoraussetzungen nicht hinreichend erfüllt. Ferner folgt aus den Untersuchungen, dass eine hohe Ausnutzung der vorhandenen Bioenergiepotenziale ohne begleitende Maßnahmen mit starken Beeinträchtigungen der Biodiversität und mit Belastungen der Umwelt verbunden sind. Wenn bislang nur auf freiwilliger Basis durchgeführte Maßnahmen verbindlich würden, ließe sich eine hohe Bioenergieproduktion mit weitergehenden Zielen des Natur- und Umweltschutzes vereinbaren. Allerdings besteht auch dann trotz strenger Gesetzgebung ein Risikopotenzial. Belange des Natur- und Umweltschutzes können relativ leicht umgangen werden, was strengere Kontrollen erfordert.

8.5 Wechselwirkungen zwischen Naturschutz und Ressourcenschutz

Anforderungen aus Sicht des Naturschutzes und des Ressourcenschutzes an eine angepasste landwirtschaftliche Nutzung können Synergiewirkung entfalten aber auch Zielkonflikte untereinander aufweisen. Im Folgenden werden die in den Kapiteln 6 und 7 ausführlich erläuterten, separaten Auswirkungen auf den Ressourcenschutz und den Naturschutz im Sinne einer Synergie- / Konfliktanalyse zusammengefasst. Dies betrifft einmal die wesentlichen Entwicklungen, die sich in den Bioenergie-Szenarien abzeichnen, aber auch die aus Sicht des Naturschutzes wünschenswerten Aufwertungsmaßnahmen. Die Analyse fokussiert dabei auf das Ackerland, da eine Analyse des Grünlands im Teilprojekt zum Ressourcenschutz nicht beantragt und durchgeführt wurde.

In Tabelle 76 ist - bezogen auf das Ackerland - die Wirkung der wesentlichen Entwicklungen in den Bioenergie-Szenarien sowie der Naturschutzmaßnahmen aus Sicht von Naturschutz und Ressourcenschutz vergleichend dargestellt.

Bei den wesentlichen Auswirkungen verstärkter Bioenergienutzung wirken sich der Grünlandumbruch und die Ausdehnung des Maisanbau sowohl aus Sicht des Naturschutzes als auch des Ressourcenschutzes negativ aus. Maßnahmen zur Einschränkung dieser Entwicklungen würden somit in Synergiewirkung beiden Schutzgütern zu Gute kommen. Die Ausdehnung von KUP und Miscanthus dagegen weist Konfliktpotenziale zwischen den Schutzgütern auf. Aus Sicht des Naturschutzes bieten diese hochwüchsigen Kulturen keine Habitatpotenziale für die charakteristischen und gefährdeten Arten der offenen Kulturlandschaft. Zudem können sie für Bodenbrüter des Offenlands eine Meidung des Umfelds als Brutplatz bewirken. Aus Sicht des Ressourcenschutzes sind umgekehrt die positiven Wirkungen auf den Erosionsschutz, auf die Humus-/CO₂-Anreicherung und auf die verminderte Nitratauswaschung durch weitgehenden Verzicht der N-Düngung hervorzuheben. Dadurch ergibt sich hinsichtlich Ressourcenschutz auch ein Ausgleichspotenzial gegenüber zunehmenden Maisanbau.

In Bezug auf die Aufwertungsmaßnahmen aus Sicht des Naturschutzes sind natürlich durchweg positive Wirkungen auf Arten und Biotope der Agrarlandschaft zu erwarten. Sie werden durch ein erhöhtes Nahrungs- und Lebensraum- bzw. Deckungsangebot insbesondere für Wirbellose, die Avifauna und zum Teil Kleinsäuger realisiert. Synergiewirkung mit dem Ressourcenschutz tritt bei allen Maßnahmen auf, die mit einer Einschränkung oder dem Verzicht auf Düngung und Pflanzenschutzmitteln verbunden sind. Lediglich selbstbegrünte Brachen besitzen in der Etablierungsphase ein erhöhtes Erosionsrisiko, was allerdings weitgehend auf erosionskritische Standorte beschränkt ist.

Lerchenfenster haben aus Sicht des Ressourcenschutzes neutrale Wirkung da sie ohne gezielte Begrünung angelegt werden und dadurch zum einen zwar keinen negativen Erosionsschutz oder Schutz vor Nitratauswaschung bieten, zum anderen aber durch die Kleinräumigkeit und Einbindung in die umgebenden Feldkulturen auch kein großflächiges Risiko bei den untersuchten Umweltressourcen verursachen. Das Belassen von Winterstoppeln hat aus Sicht des Ressourcenschutzes eine neutrale Wirkung da einerseits zwar eine Bodenbedeckung zum Erosionsschutz vorhanden ist, andererseits aber durch die fehlende Vegetation kein Stickstoff dem Boden entzogen werden kann und somit die Gefahr der Nitratauswaschung zunimmt.

Tabelle 75: Bewertungsindikatoren für die Bioenergie- und Naturschutzszenarien (nach WBA, 2008) ¹

| | BAU_2015 | BAU_Nat | BAU _Nat_XL | BioE 1 | BioE 1 _Nat | BioE 1 _Nat_XL | BioE 2 | BioE 2 _Nat | BioE 2 _Nat_XL | BioE 3 | BioE 3 _Nat |
|--|----------|---------|----------------|----------|----------------|-------------------|----------|----------------|-------------------|----------|----------------|
| Zielbeiträge | | | | | | | | | | | |
| Energiepflanzen | 41862 | 40633 | 40058 | 1030880 | 858596 | 760166 | 962170 | 842007 | 747188 | 1031562 | 856267 |
| Brutto-Bioenergieprod. TJ | 4282 | 4156,23 | 4097,27 | 86784,78 | 67510,22 | 63328,25 | 70374,36 | 62574,92 | 59063,62 | 74226,54 | 64659,33 |
| Primärenergiebeitrag % | 0,3 | 0,26 | 0,26 | 5,41 | 4,21 | 3,95 | 4,39 | 3,90 | 3,68 | 4,63 | 4,03 |
| Klimaschutz Mio. t CO ₂ | 0,298 | 0,290 | 0,285 | 10,111 | 6,908 | 6,554 | 6,956 | 7,175 | 6,139 | 9,055 | 7,337 |
| CO ₂ -Bilanz Landwirt. t/ha | 4,1 | 3,9 | 3,8 | -0,8 | -0,4 | -0,2 | 0,5 | 0,2 | 0,2 | 0,0 | -0,2 |
| Naturschutzziel % | 0 | 100 | >100 | 0 | 100 | >100 | 0 | 100 | >100 | 0 | 100 |
| Einkommen Landwirte Mio. €DB | 1835 | 1822 | 1805 | 2169 | 2058 | 2016 | 2089 | 2035 | 1998 | 2112 | 2045 |
| Änderung zu BAU_2015 % | | -0,7 | -1,7 | 18,2 | 12,1 | 9,8 | 13,8 | 10,9 | 8,9 | 15,1 | 11,4 |
| Ausgaben MEKA Mio. € | 62 | 68 | 70 | 64 | 80 | 83 | 69 | 80 | 83 | 70 | 82 |
| Volksw. kosten Mio. € | 79 | 77 | 76 | 1040 | 836 | 852 | 734 | 813 | 771 | 1030 | 934 |
| Subventionen Biomasse Mio. € | 82 | 80 | 78 | 917 | 868 | 740 | 690 | 707 | 643 | 1015 | 890 |
| Anlagen | | | | | | | | | | | |
| Biogas 500 kW Anlagen | 173 | 168 | 165 | 1159 | 1327 | 1254 | 876 | 1044 | 1091 | 1363 | 1379 |
| Biogas 150 kW Anlagen | | | | 3525 | 2331 | 1407 | 2652 | 2053 | 1208 | 3576 | 2317 |
| Strohverbrenn. 50 MW Anl. | | | | 6,85 | 7,11 | 6,90 | 11,65 | 9,42 | 8,52 | 9,13 | 7,64 |
| Hackschnitzel 50 MW Anl. | | | | 3,37 | 0,76 | 0,78 | | | | | |

¹ Ergebnisse aus EFEM, bewertet mit Ansätzen vom WBA 2008

Tabelle 76: Synergie-/Konfliktanalyse zwischen Naturschutz und Ressourcenschutz im Ackerland.

| Nutzung / Maßnahme | Wirkung aus Sicht von | |
|--|-----------------------|------------------|
| | Naturschutz | Ressourcenschutz |
| Wesentliche Auswirkungen verstärkter Bioenergienutzung | | |
| Grünlandumbruch | - | - |
| Ausdehnung Maisanbau | - | - |
| Ausdehnung KUP / Miscanthus | - | + |
| Aufwertungsmaßnahmen aus Sicht des Naturschutzes | | |
| Lerchenfenster | + | 0 |
| extensivierte Ackerstreifen | + | + |
| Saumstrukturen/Blühfenster | + | + |
| selbstbegrünte Brache | + | 0 |
| Blänken / Flutmulden | + | - |
| Pufferstreifen um naturnahe Lebensräume | + | + |
| Gewässerrandstreifen | + | + |
| Aufweitung Fruchtfolge | + | + |
| Mindestanteil Winterstoppelein | + | 0 |

Wirkung: + positiv 0 neutral - negativ

Zielkonflikte treten bei den Blänken / Flutmulden auf, da für deren Einrichtung Oberboden abgeschoben wird, sodass Lebensraum für Bodenorganismen oder natürliches Wasserretentionspotenzial zerstört wird. Jedoch ist darauf hinzuweisen, dass es in früheren Zeiten zahlreiche natürliche Vernässungsstellen in der Agrarlandschaft gab, die im Zuge von Meliorationen trockengelegt oder verfüllt wurden.

8.6 Weiterer Forschungsbedarf

Aus den Ergebnissen der Studie sind auch Schlussfolgerungen zu weiteren Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten in Baden-Württemberg ableitbar.

Politik und Energieunternehmen verfügen über unzureichende Informationen, wo auf kleinräumiger Ebene die Biomasse anfällt bzw. wie sie verfügbar gemacht werden kann. Für eine Wärmenutzung müssten Kosten, Produktionsmengen, Logistik, Transportempfindlichkeit, Investitionsbedarf und weitere ökonomische Fragen auf kleinräumiger Ebene analysiert und beantwortet werden. Der in dieser Studie verfolgte Ansatz muss dazu auf Gemeinde- und Landkreisebene angewendet werden. In Zusammenarbeit mit Energieversorgern können die optimale Lokalisierung und Produktionskapazitäten von Konversionsanlagen ebenso quantifiziert werden, wie die Einkommenseffekte für die Rohstofflieferanten.

Aus Sicht des Naturschutzes

- Fundierte, langfristige Wirkungsanalysen „neuer“ Energiekulturen wie KUP, Miscanthus, Topinambur und andere Energiepflanzen als Ersatz oder im Mixanbau mit Mais sind erforderlich, um Wirkungsprognosen und damit Planungsaussagen zu verbessern.
- Weiterer Forschungsbedarf besteht im Zusammenhang von Populationsgrößen von Arten der Kulturlandschaft und Flächenumfängen bzw. –konfiguration von Aufwertungsflächen wie Extensivgrünland oder Kleinbiotopen.
- Die Analyse der Bioenergie-Potenziale von Landschaftspflegegut ist fortzuführen, um Synergieeffekte zwischen Naturschutz und Bioenergieerzeugung zu unterstützen.
- Insbesondere für Moore und organischen Böden sind Nutzungen zu analysieren, die Synergieeffekte zwischen Klima, Natur- und Ressourcenschutz ermöglichen.
- Als Grundlage für viele landschaftsökologischen Fragestellungen ist eine landesweit flächendeckende Grünlandkartierung, wie sie für den Regierungsbezirk Karlsruhe bereits vorliegt, dringend erforderlich.
- Systematische, repräsentative Kartierungen von Zielarten sind ebenfalls unerlässlich für ein tieferes Verständnis der Auswirkungen von Landschaftsveränderungen wie sie bspw. durch Klimawandel, Ausbau der Bioenergienutzung prognostiziert werden.

Aus Sicht des Agrarökonomie

- Erweiterung der ökonomischen Modelle durch höhere Auflösung der räumlichen Verteilung der Anbaustrukturen und des Angebotspotenzials (Gemeinde- und Landkreis-ebene).
- Räumlich hoch aufgelöste Analyse der tatsächlichen und potenziellen Biomassekonversionsanlagen zur Bereitstellung von Bioenergieträgern.
- Abschätzung der Bioenergiepotenziale im Zeitablauf im Kontext mit bestehenden und neuen Fördermaßnahmen, wenn die Landesregierung zum Beispiel stärker auf die in der Studie nach Klima-, Naturschutz- und Umweltzielen orientierte Bioenergieförderung umstellen möchte (Anlagenkonfiguration, Kapitalbedarf, Förderinstrumente und –höhe usw.)
- Ökonomische Untersuchungen zu den einjährigen und mehrjährigen Energiekulturen die zur Reduzierung der Nachteile bisher bevorzugter Monokulturen (Mais, KUP) geeignet sind, da bisher nur wenige Vergleichsstudien vorliegen.
- Verbesserung der Erkenntnis über Grünlandnutzungsintensitäten und Nutzungsmöglichkeiten für Bioenergie auf regionaler Ebene

Aus Sicht des Ressourcenschutzes

- Die besonders klimawirksamen N₂O-Emissionen konnten nur unbefriedigend abgebildet werden,
- die Kompensationsmöglichkeiten durch pfluglose Bodenbearbeitung, zusätzlichem Zwischenfruchtanbau, 2-Kultur-Systemen oder Energiepflanzenproduktion auf Moorböden, stellen zusätzliche Optionen dar, die in dem verfügbaren Zeitraum nicht zielgerichtet in die Modellierungen integriert werden konnten und
- Die Wirkungen des Grünlandumbruchs oder des zu erwartenden Klimawandels waren nicht Bestandteil der Ressourcenanalysen.

Die aus diesen drei Punkten resultierenden Unsicherheiten müssten anhand von repräsentativen Standorten und Anbaustrategien gezielt untersucht werden, um verlässlichere Bilanzen und Maßnahmeneffekte auf die abiotischen Umweltressourcen zu erhalten.

9 Handlungsempfehlungen für Politik, Natur- und Ressourcenschutz

Hier werden politische Handlungsempfehlungen abgeleitet, nachdem die Ergebnisse ökonomisch und ökologisch nach Kriterien der Vermeidung von Treibhausgasemissionen, des Subventionsbedarfs, der volkswirtschaftlichen Kosten und der Effektivität der Bioenergieerzeugung diskutiert worden sind.

9.1 Die Ausgangssituation in Baden-Württemberg und die Ziele in Klima-, Natur- und Umweltschutz

Das Land Baden-Württemberg hat sich verpflichtet im Rahmen des Kyoto-Protokolls die Treibhausgasemissionen zu reduzieren und diese im Klimaschutzkonzept 2010 nach Sektionen spezifiziert.

| Ziele Bioenergie | | | | | Ziele Naturschutz | |
|------------------|---------------------------------------|---------------|--------------------|------------------|-------------------|--|
| | EE / Bioenergie | 2006 | 2010 | 2020 | | CBD: Übereinkommen über die biologische Vielfalt (1992) |
| EU | Anteil EE am PEV | 6% | | 20% ¹ | global | 2010-Ziel: „...the achievement by 2010 of a significant reduction in the current rate of loss of biological diversity“ (Johannesburg, 2002) |
| | Biotreibstoffe* ('05) | 1,4% | 5,75% ² | 10% ¹ | | |
| | EE / Bioenergie | 2006 | 2020 | | | Nachhaltigkeitsstrategie (2001) |
| BRD ³ | Anteil EE am PEV | 5,8% | 20% | | EU | 2010-Ziel: „biodiversity decline should be halted with the aim of reaching this objective by 2010“ (Göteborg, 2001) |
| | Strom aus EE* - aus Biomasse | 11,6% 3,0% | 25-30% | | | |
| | Wärme aus EE* - aus Biomasse | 6,0% 5,5% | 14% | | | |
| | Biotreibstoffe* | >6,0% | 17% (energ.) | | | |
| | EE / Bioenergie | 2006 | 2020 | | | Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt (2007) |
| BW ⁴ | Anteil EE am PEV | 6,5% | 12% | | BRD | 2010-Ziel: „Bis 2010 ist der Rückgang der Biodiversität gemäß dem EU-Ziel von Göteborg in Deutschland <u>aufgehalten</u> . Danach findet eine <u>positive Trendentwicklung</u> statt.“ |
| | Strom aus EE* ('05) - aus Biomasse | 10,0% 2,4% | 20,0% 6,5% | | | |
| | Wärme aus EE* - aus Biomasse | 6,7% 6,1% | 16,0% 13,2% | | | |
| | Biotreibstoffe* | 6,3% | ? | | | |
| | EE / Bioenergie | 2006 | 2020 | | | Umweltplan Baden-Württ. (2007) |
| BW | Anteil EE am PEV | 6,5% | 12% | | BW | - „Erhalt der in BW vorkommenden Lebensraumtypen in ausreichender Größe und Qualität“ - „Erhalt der heimischen Arten in ihren Lebensräumen in ausreichender Populationsgröße“ - „Integration von Naturschutzzielen in die Landnutzung“ |
| | Strom aus EE* ('05) - aus Biomasse | 10,0% 2,4% | 20,0% 6,5% | | | |
| | Wärme aus EE* - aus Biomasse | 6,7% 6,1% | 16,0% 13,2% | | | |
| | Biotreibstoffe* | 6,3% | ? | | | |

¹ Fahrplan für erneuerbare Energien, KOM(2006) 848

² Richtlinie 2003/30/EG

³ Meseberg-Programm (2007)

⁴ Energiekonzept Baden-Württemberg 2020 (2007)

EE: Erneuerbare Energien

PEV: Primärenergieverbrauch

* Anteil an Erzeugung

Nationale Strategie zur Biologischen Vielfalt: BMU (2007)

Umweltplan Baden-Württ.: UM (2007)

Abbildung 74: Energiebereitstellung aus erneuerbaren Energien sowie die Ziele in diesem Bereich und wesentliche Naturschutzziele.

Wie Abbildung 74 zeigt, bleibt Baden-Württemberg mit einem Anteil erneuerbarer Energien am Primärenergieverbrauch mit einem Zielanteil von 12 % im Jahr 2020 hinter den Zielen der Europäischen Union und der Bundesrepublik Deutschland deutlich zurück. Angesichts der begrenzten Biomasseressourcen, bei einem vergleichsweise hohen Primärenergieverbrauch, wäre ein höheres Ziel für Baden-Württemberg aber auch unrealistisch.

In den Verwendungsbereichen Strom und Wärme ist jeweils eine Erhöhung des Anteils aus Biomasse in der Größenordnung einer Verdoppelung von 2006 bis 2020 vorgesehen. Im Bereich Biokraftstoffe hat das Land Baden-Württemberg keine konkreten Ziele formuliert. Hier stehen diesem Bundesland auch nicht die derzeit für Biokraftstoffe der ersten Generation benötigten Agrarrohstoffe Getreide und Zucker in ausreichender Menge zur Verfügung.

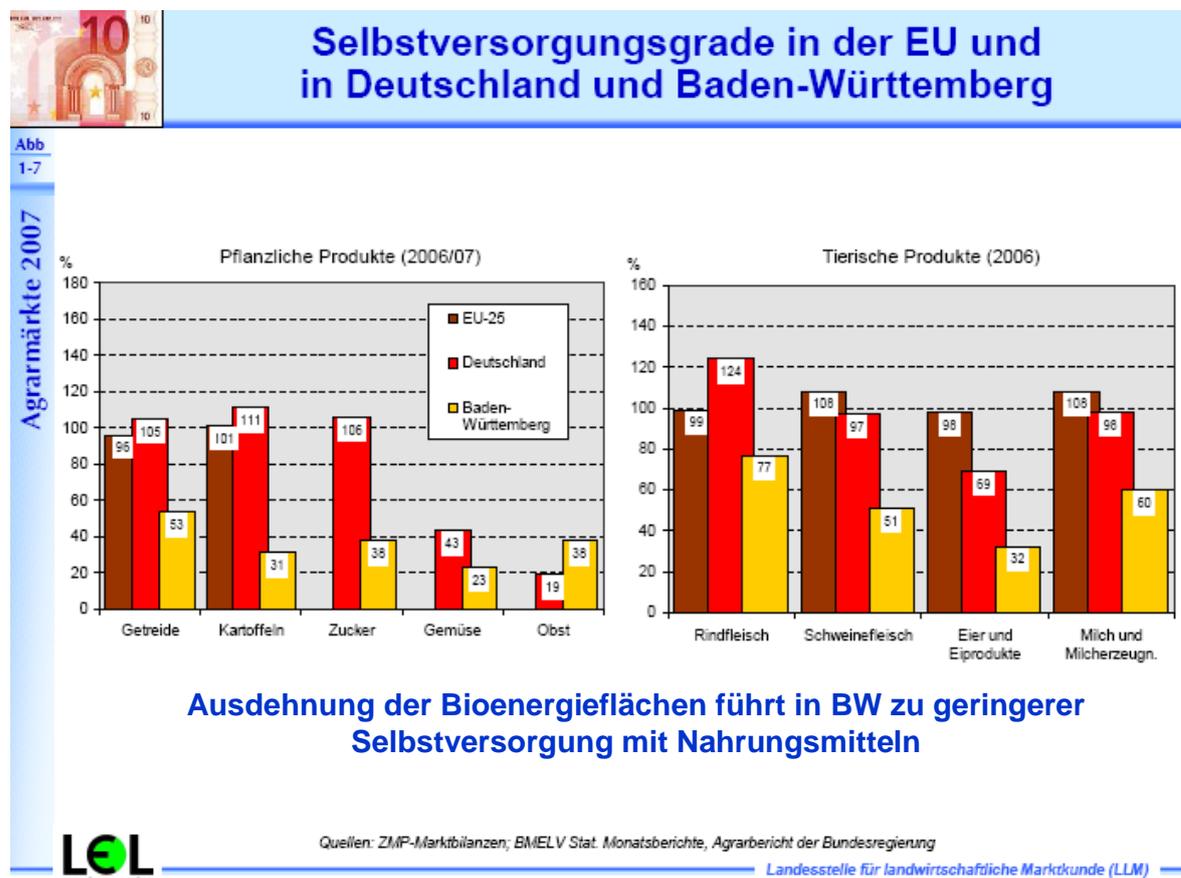


Abbildung 75: Selbstversorgung mit Lebensmitteln

Im Gegenteil: wie Abbildung 75 zeigt, erreichte die Selbstversorgung in Baden-Württemberg mit Agrarrohstoffen und tierischen Produkten Größenordnungen von nur 20 bis 80%. Die Nutzung von Agrarrohstoffen von Acker- und Grünlandflächen stehen grundsätzlich in Konkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion. Wegen der ausgeglichenen Selbstversorgung mit Nahrungsmitteln in Deutschland, können größere Defizite in einem Bundesland aber stets durch höhere Überschüsse in anderen flächenreichen Bundesländern oder aus EU-Mitgliedsstaaten ausgeglichen werden. Baden-Württemberg könnte durch erhöhte Bioenergieproduktion seine Treibhausgasbilanz durch die Substitution von fossilen Energieträgern zwar verbessern, aber es würde bei gleich bleibendem Nahrungsmittel-

telkonsum zu einem Substitutions- Effekt führen, also zu höheren Einfuhren an Nahrungsmitteln.

Im Bereich des Naturschutzes ist die Situation in Baden-Württemberg – wie die Studie eindrucksvoll belegt – durch eine rapide Abnahme wesentlicher Indikatorarten (Zielarten) der Agrarlandschaft gekennzeichnet, die damit ungünstige Habitatbedingungen auch für viele weitere Arten der Kulturlandschaft anzeigen. Der Bestand der in der Studie als Zielarten verwendeten Vogelarten ist im Zeitraum ca. 1980 – 2000/2004 teilweise nur um 10% - 20% überwiegend aber um 70% und mehr zurückgegangen. Die Zielsetzung „Erhalt der in Baden-Württemberg vorkommenden Lebensraumtypen in ausreichender Größe und Qualität“ würde dringenden Handlungsbedarf erfordern, ganz unabhängig davon, ob mehr Biomasse für den Klimaschutz produziert wird oder nicht. Gleichwohl kann schlüssig dargelegt werden, dass eine stärkere Forcierung des Energiepflanzenanbaus ohne begleitende Maßnahmen zu verstärkten Bestandsrückgängen bzw. zum regionalen Erlöschen von Zielarten und der durch sie repräsentierten Artenvielfalt führen würde.

Damit einhergehen würde auch eine Intensivierung der Agrarproduktion. In Baden-Württemberg sind in den letzten drei Jahrzehnten große Anstrengungen unternommen worden diffuse Emissionsquellen aus der Landwirtschaft für Fließ- und Stillgewässer, sowie Saumbiotope zu reduzieren. Flächendeckend sind auch beachtliche Erfolge erzielt worden. Deshalb sollten neue Gefahren erkannt und verhindert werden, zumal es immer noch Gewässer gibt, deren Zustand als noch unbefriedigend zu bewerten ist.

Aus den Ergebnissen der Studie folgt, dass in der Ausgangssituation trotz weitgehender Verschärfung von Nutzungseinschränkungen durch die Gesetzeslage und Schutzprogramme, insbesondere Cross Compliance und Verpflichtungen zur guten landwirtschaftlichen Praxis, Handlungsbedarf insbesondere für Naturschutzziele besteht. Zusätzliche Maßnahmen zum Naturschutz – die in dieser Studie berücksichtigt werden – reichen

im **Ackerland** von Saatfenstern über extensivierte Ackerrandstreifen, Blühstreifen, Brache, Blänken/Flutmulden, Ausweitungen der Fruchtfolgen, Winterstoppeln, Pufferstreifen in naturnahen Lebensräumen bis zu Gewässerrandstreifen.

Im **Grünland** werden Mindestumfänge extensiver Nutzungen wie ein- und zweischüriges Mahd mit geringer Düngung oder extensive Beweidung vorgegeben.

Ein anderes Handlungsfeld betrifft die bessere Kontrolle des Missbrauchs im Umgang mit Vorschriften der Düngeverordnung, insbesondere bei der Ausbringung von Reststoffen aus der Biogaserzeugung sowie auch der Tierhaltung. Bei einer Ausdehnung bewährter Energiepflanzen und einer Einführung neuer Energiepflanzen, wie beispielsweise Miscanthus, Pappeln und Weiden, sind Mindestanforderungen an Boden und Klima, wie Hangneigung, Gründigkeit, Bodenart, Jahresdurchschnittstemperatur und -niederschläge zu beachten (Kapitel 4.4). In Gunstgebieten für bestimmte Energiepflanzen sind auch Höchstanteile am Anbauverhältnis zu berücksichtigen.

Veränderungen in der Ausgangssituation, die mit einem gegebenenfalls stärkeren Anbau von Energiepflanzen einhergehen, müssen sorgfältig beobachtet werden und gegebenenfalls zu noch sorgfältigeren Kontrollen und Bewirtschaftungsbeschränkungen führen. Deshalb sind in der vorliegenden Studie relevante Nutzungseinschränkungen und zielführende Natur- und Umweltschutzmaßnahmen mit hoher regionaler Auflösung berücksichtigt worden.

9.2 Handlungsempfehlungen

Eine stärkere Ausrichtung der Agrarproduktion in Baden-Württemberg auf Bioenergie bietet große Potenziale, die bisher nur in geringerem Umfang genutzt wurden. Selbst bei konsequenter Berücksichtigung von weitergehenden Zielen des Naturschutzes und konsequenter Beachtung bestehender Ziele des Umweltschutzes im ländlichen Raum, könnte der Agrarsektor Baden-Württembergs von einer Kohlenstoffquelle mit beträchtlichem Anteil an der gesamten Treibhausgasemission des Landes zu einer Senke dieser Emissionen umgestaltet werden. Dazu sind vor allem Reststoffe (Stroh) und mehrjährige Energiepflanzen, sowie ein nur noch restriktiver Ausbau der Biogaslinie, insbesondere zur Nutzung anderweitig nicht genutzten Grünlandes erforderlich. Die damit verbundenen Chancen und Risiken sind von einer Vielzahl von regionalen Bedingungen und Entwicklungen abhängig. Die folgende Diskussion politischer Handlungsempfehlungen wird deshalb von den verschiedenen Handlungsebenen mit Blick auf Empfehlungen geführt, die Chancen und Risiken in positive Richtung zu verändern.

9.2.1 Handlungsempfehlungen für die Politik

Baden-Württemberg ist einer der (weltweit) größten Verbraucher je Einwohner an fossilen Energieträgern. Wegen der Endlichkeit und Klimarelevanz fossiler Energieträger müssen erneuerbare Energien und in Baden-Württemberg vor allem Biomasse mit besonderem Nachdruck, zukunftsorientiert aber mit angemessenem finanziellem Aufwand erforscht, entwickelt und in den Markt gebracht werden.

Bei einem Ausbau weiterer Ressourcen in Baden-Württemberg für Bioenergie sind zusätzliche Förderinstrumente aber vornehmlich auf das Ziel der Minderung von Treibhausgasemissionen auszurichten. Dabei sind die Schwerpunkte nach den volkswirtschaftlichen Emissionsminderungskosten zu setzen. Daraus folgt, dass in Ackerbaugebieten mehrjährige Energiepflanzen zur Wärme und/oder zur Wärme- und Stromgewinnung favorisiert werden sollten. Damit würde auch ein Beitrag zu einem ausgewogenen Energiemix und somit zur Versorgungssicherheit gewährleistet. Besonders vorteilhaft wäre die Nutzung der Biomasse in dieser Form dort, wo die Infrastruktur für Wärmegewinnung und -verbrauch bereits etabliert sind.

Eine Überförderung des Ausbaus der Bioenergie ist insbesondere zu vermeiden, wo sie in Konkurrenzbeziehung mit der Nahrungs- und Futtermittelproduktion steht. Baden-Württemberg ist ein Zuschussland für fast alle Nahrungs- und Futtermittel. Andererseits liegen die komparativen Vorteile der baden-württembergischen Landwirtschaft eindeutig in der Produktion und dem Export qualitativ hochwertiger, variantenreicher Nahrungsmittel und nicht bei den eher homogenen Massengütern der Bioenergie. Die zukünftige Marktentwicklung für höherwertige Nahrungsmittel wird positiv eingeschätzt. Daraus ergibt sich ein Risiko für alle in der Konkurrenz mit Nahrungs- und Futtermittel stehenden Bioenergielinien. Die Schlussfolgerung daraus ist nicht etwa ein Verzicht auf ökologisch und ökonomisch effiziente Formen der Bioenergieproduktion auch von Flächen, die wahlweise zu Nahrungs- und Futtermittelproduktion herangezogen werden können, sondern es sind alle Anstrengungen zu unternehmen, die agrarischen Ressourcen auch in Baden-Württemberg auf eine effektivere und effizientere Nutzung auszurichten. Die Politik muss

zukünftig stärker darauf achten, dass die politischen Rahmenbedingungen durch Stabilität und Verlässlichkeit gekennzeichnet sind. Bei Biogasanlagen und Photovoltaik sind diese Forderungen bisher erfüllt. Sollen die Potenziale Baden-Württembergs für Reststoffe und Energiepflanzen genutzt werden, sind stabile politische Rahmenbedingungen vorrangig zu sichern. Damit wäre sichergestellt, dass der weitere Ausbau der Bioenergienutzung in Baden-Württemberg weniger als bisher in Konkurrenz zur Nahrungs- und Futtermittelproduktion steht, die Methan-Emission aus Gülle abgesenkt wird und Vermeidungskosten für Treibhausgasemissionen verringert werden und damit bei gegebenen Ressourcen ein höheres Vermeidungspotenzial erreicht wird. Setzen sich die seit Jahren laufenden Trends kontinuierlich fort, werden weitere Biogasanlagen auf der Basis von Silomais errichtet. Das beansprucht nicht nur sehr viel Investitionskapital, sondern einen sehr hohen Subventionsbeitrag, der den Stromverbrauchern angelastet wird, und hohe Vermeidungskosten. Dem gegenüber würden wärmegeführte KWK-Anlagen und Heizanlagen auf Basis von Hackschnitzeln und Reststoffen weniger Investitionskapital binden und deutlich geringere bzw. keine Subventionen zu Lasten der Verbraucher nach sich ziehen.

9.2.2 Handlungsempfehlungen für den Naturschutz

Wesentliche Gefährdungsfaktoren

Zahlreiche Untersuchungen bestätigen, dass traditionell weit verbreitete Tierarten der Agrarlandschaft in ihren Hauptlebensräumen durch Veränderungen der Agrarstruktur und Bewirtschaftungsmethoden der Landwirtschaft gefährdet sind. Die Bestände von Charakterarten der Vögel wie Grauammer, Kiebitz, Großer Brachvogel und Braunkehlchen sind in Baden-Württemberg im Zeitraum ca. 1980 – 2000/2004 um über 70% zurückgegangen. Auch Rebhuhn und Neuntöter weisen Verluste von ca. 10% - 20% auf. Selbst eine ehemals sehr weit verbreitete Art wie die Feldlerche weist deutliche Rückgänge auf und muss neuerdings in die Rote Liste der gefährdeten Arten aufgenommen werden.

Die Bioenergie-Szenarien ohne Berücksichtigung der Naturschutz-Vorgaben zeigen als wesentliche Folgen einer verstärkten Bioenergienutzung (BioE3 und BioE1) im Vergleich zum BAU folgende Entwicklungen auf:

- eine drastische Zunahme des Maisanbaus, landesweit eine Flächenausdehnung um ca. das Dreifache
- eine starke Zunahme der intensiv genutzten Grünlandfläche (landesweit um ca. ein Drittel) und eine weitere Intensivierung auf dieser Fläche durch eine Zunahme der Schnittfrequenz und Düngung
- auf über 10% der Ackerfläche würde Miscanthus angebaut

In den Bioenergieszenarien findet zudem Umbruch von Grünland bis an die gesetzlich vorgeschriebene Grenze (5%) statt. Dies kann jedoch nicht als direkte Auswirkung des Bioenergiepflanzenanbaus interpretiert werden, sondern ist Folge der hohen Wettbewerbsfähigkeit der Ackerkulturen insgesamt. Daher würden - wie bereits zu beobachten ist - nicht Grenzertragsstandorte sondern produktive Standorte umgebrochen. Dann können vielfach auch Bioenergiekulturen auf diesen Standorten folgen, doch darf diese Standortwahl nicht als primäre Ursache des Umbruchs missverstanden werden.

Da mit Grünlandumbruch eine gravierende Belastung sowohl für den Naturschutz als auch für den Ressourcenschutz verbunden ist, insbesondere bei extensiv genutztem Grünland, ist aus Sicht beider Schutzgüter ein völliger Verzicht fordern. In Baden-Württemberg wird im Vergleich zu anderen Bundesländern wenig Grünland umgebrochen, weil eine Teilnahme am MEKA dem entgegenwirkt.

Die negativen Auswirkungen dieser Grünlandnutzungen und Ackerkulturen auf zahlreiche Arten der offenen Kulturlandschaft mit bereits rückläufigem Bestandstrend sind bekannt bzw. bei *Miscanthus* anzunehmen. Damit wird diese Entwicklung, ohne eine deutliche Ausdehnung und Optimierung des Status quo von Naturschutz-Maßnahmen, unweigerlich zu weiteren Verlusten der Artenvielfalt in der Agrarlandschaft führen. Es tritt damit ein grundlegender Konflikt mit den Zielen des Umweltplans Baden-Württemberg im Bereich Biologische Vielfalt und mit der Nationalen Strategie zur Biologischen Vielfalt auf.

Ableitung erforderlicher Naturschutz-Maßnahmen

Um die politischen Ziele im Bereich Naturschutz anzustreben, wurde in dieser Studie Flächenforderungen zu ökologischen Ausgleichsflächen im Ackerland und extensiven Nutzungen im Grünland näherungsweise aus der Definition von Ziel-Bestandsgrößen für charakteristische Zielarten abgeleitet. Hierfür wurde für die Avifauna die Bestandssituation um 1980 normativ gesetzt. Dies steht im Einklang mit dem in der Nationalen Strategie zur Biologischen Vielfalt verankerten „2010-Ziel“, das - ursprünglich bis 2010 - einen Stopp des Verlusts der Artenvielfalt vorsieht und in der Folge eine Trendumkehr anstrebt.

Um dies zu erreichen, sollten konkrete Zielbestände für bestimmte Zielarten definiert und davon Entwicklungsmaßnahmen abgeleitet werden. Wie dies für die Planung operationalisiert werden kann, indem Flächenumfänge aufzuwertender Lebensräume quantifiziert und regionalisiert werden, zeigt diese Studie. Als weiter zu entwickelnde Grundlagen stehen mit dem „Zielartenkonzept Baden-Württemberg“ (ZAK) (RECK et al. 1996) und dem „Informationssystem Zielartenkonzept“ (MLR & LUBW 2009) bereits fachlich fundierte Zielsysteme und Werkzeuge zur Verfügung. Von der erfolgreichen Stabilisierung und Wieder-Ausdehnung der empfindlichen Zielarten, kann dann ein „Mitnahmeeffekt“ für einen überwiegenden Teil der lebensraumtypischen Artenvielfalt angenommen werden.

Gemäß den Annahmen der Studie sind in Baden-Württemberg im Bereich des Ackerlands etwa 400.000 ha aufzuwertende Fläche erforderlich, was ca. 44% der Ackerfläche entspricht. Innerhalb der aufzuwertenden Lebensraumfläche ist allerdings nur ein kleiner, nach Maßnahmen variierender, Flächenanteil von Maßnahmen betroffen. Produktionsverzicht wird dabei auf 0,13% der Ackerfläche für Lerchenfenster, auf 2,5% für Saumstrukturen/Blühstreifen und auf 3% für selbstbegrünte Brachen gefordert. Eine Produktion mit Einschränkungen wird auf ca. 2% der Ackerfläche für extensivierte Ackerrandstreifen und auf weiteren 3% für extensiv genutzte Randstreifen um nährstoffarme Biotope und entlang von Gewässern verlangt. Außerhalb dieser über Zielarten abgeleiteten aufzuwertenden Fläche wird eine Grundausrüstung von 2% Säumen und 3% Brachen angenommen. Die Maßnahmenflächen mit Produktionseinschränkungen und –verzicht summieren sich landesweit auf ca. 11% der Ackerfläche.

Gravierender sind die naturschutzfachlich wünschenswerten Nutzungseinschränkungen auf der Grünlandfläche. Weitgehende Einschränkungen betreffen etwa 7%, moderate

Restriktionen etwa 40% des Grünlandes. Die Modellrechnungen zeigen allerdings, dass ein Teil des Grünlandes ohnehin nicht mit höchster Intensität bewirtschaftet wird und die Nutzungseinschränkungen für Naturschutzmaßnahmen weniger gravierende Einkommensminderungen nach sich ziehen als beispielsweise auf dem Ackerland.

Für mehrjährige Kulturpflanzen werden aus naturschutzfachlicher Sicht Obergrenzen begründet. Etwa $\frac{3}{4}$ der Ackerlands wurden als Vorbehaltsgebiete für Kurzumtriebsplantagen und gut 80% für Miscanthus ermittelt. Insbesondere in diesen Räumen ist eine gründliche Prüfung der Auswirkungen dieser Kulturen auf Arten der offenen Agrarlandschaft erforderlich. Für die Modellierung wurden sie als Ausschlussflächen verwendet, wobei aus standörtlich-/klimatischer Sicht bereits ca. 20% der Ackerfläche für KUP und 40% für Miscanthus nicht für den Anbau geeignet waren.

Ökonomische Analyse der Naturschutz-Maßnahmen

Die Ergebnisse der Modellrechnungen zeigen, dass sowohl die naturschutzfachlichen als auch die Anforderungen des Ressourcenschutzes weder die Einkommen der landwirtschaftlichen Betriebe noch die Produktionspotenziale, insbesondere auch für Bioenergie, gravierend beeinträchtigen. Die Einkommenseffekte bleiben gering, weil das Förderinstrument MEKA für viele nutzungseinschränkende Anforderungen von Natur- und Umweltschutz in Anspruch genommen werden kann und die betrieblichen Einkommensverluste zumindest teilweise kompensieren. Allerdings wurde bei den Modellrechnungen davon ausgegangen, dass die hierfür benötigten MEKA Zahlungen ohne Limitierung vom Land zur Verfügung gestellt werden.

In den Bioenergie-Szenarien ohne Berücksichtigung der Naturschutzvorgaben werden zwischen 64 bis 70 Mio. € MEKA-Prämien in Anspruch genommen. Durch die Berücksichtigung der Naturschutz-Vorgaben erhöhen sich die Summen auf 80 und 82 Mio. €. Für die beiden gemäßigten Bioenergie-Szenarien ergibt sich eine Zunahme um ca. 16% während im Szenario ohne Einschränkung der Bioenergienutzung und mit Zulassen mehrjährigen Kulturen (BioE1) der Zuwachs 26% beträgt. Da sich die Abnahme der Deckungsbeiträge infolge der Naturschutz-Vorgaben im unteren einstelligen Prozentbereich bewegt, könnten die Ertragseinbußen somit weitgehend durch das MEKA-Instrumentarium ausgeglichen werden, sofern die genannten Summen vom Land zur Verfügung gestellt würden.

Damit unterscheiden sich die nachgefragten MEKA-Prämien der Bioenergie-Szenarien nicht wesentlich vom BAU-Szenario (jeweils ohne Naturschutzvorgaben) für das ein Förderumfang von 62 Mio. € ermittelt wurde. Dieser Wert liegt deutlich unter der im Jahr 2007 ausbezahlten Fördersumme von 97,2 Mio. €. Die beiden Summen sind jedoch nur bedingt vergleichbar, da nicht alle durch MEKA förderfähigen Maßnahmen in EFEM integriert sind.

Die Produktionseinschränkungen bleiben begrenzt, weil sich die Anforderungen beim Ackerland nur auf eine vergleichsweise kleine Fläche ertragsmindernd auswirken und beim Grünland im Fall von räumlich determinierten Nutzungseinschränkungen Intensivierungsmaßnahmen auf anderen Flächen ergeben. Es wird jedoch davon ausgegangen, dass insgesamt ausreichend extensives Grünland zur Verfügung steht, um die festgelegten Ziel-Bestandsgrößen der Zielarten zu erreichen und damit zahlreiche weitere, weniger anspruchsvolle Grünlandarten der verschiedensten Artengruppen mit zu fördern.

Analyse aus Sicht des Klimaschutzes

Ein wesentliches Projektergebnis ist, dass in den Bioenergie-Szenarien auch mit Berücksichtigung der Naturschutz-Vorgaben die Treibhausgasbilanz des gesamten Agrarsektors Baden-Württembergs - im Unterschied zum BAU im wesentlichen ausgeglichen würde. Die Treibhausgasminderung ist in der Bilanz ohne Berücksichtigung der Naturschutz-Vorgaben stärker ausgeprägt. Jedoch reduzieren sich durch die Einhaltung der Naturschutz-Vorgaben die Treibhausgasemissionen aufgrund extensiver Bewirtschaftung, sodass auch direkte Synergieeffekte zwischen Naturschutz und Klimaschutz erkennbar werden.

Fazit

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass gemäß der Modellrechnungen auch mit Berücksichtigung der Naturschutz-Vorgaben:

- die Treibhausgasbilanz des gesamten Agrarsektors Baden-Württembergs - im Gegensatz zum BAU - im wesentlichen ausgeglichen würde
- das Einkommen der Landwirtschaft im Vergleich zum BAU zunimmt
- die MEKA-Förderung müssten für einen verbesserten Naturschutz im Vergleich zum BAU je nach Szenario um 8 bis 20 Mio € bzw. 14 bis 35 % ansteigen

Für die Politik ergibt sich daraus die Schlussfolgerung, dass die Anforderungen des Naturschutzes in der hier erläuterten Qualität und Quantität weitgehend erfüllbar erscheinen. Damit ist eine Landschaftsentwicklung mit Ausbau der Bioenergienutzung ohne hohe Verluste für die Biodiversität möglich. Es könnten sogar positiv die Ziele des Umweltplans Baden-Württemberg für die biologische Vielfalt erreicht werden. Dies bedingt eine Umfinanzierung, eine Umstrukturierung und eine weit stärkere Regionalisierung von Agrarumweltprogrammen. Dabei sollte nicht übersehen werden, dass mit dem Ausbau der Bioenergienutzung auch eine Wertschöpfung in verschiedenen Branchen (z.B. Energiewirtschaft) verbunden ist, die in Transfers zur Minderung negativer Auswirkungen eingebunden werden könnte.

Handlungsempfehlungen

Die hier skizzierten und in den jeweiligen Kapitel ausführlich dargestellten Entwicklungen legen eine bevorstehende drastische Veränderung der Landwirtschaft nahe. Derartige Entwicklungen, die es immer wieder gab, können und müssen nicht aufgehoben werden, zumal von der aktuellen Entwicklung auch positive Effekte für den Klimaschutz ausgehen. Angesichts der aktuellen Umweltsituation und der Diskrepanz mit den politischen Zielen müssen sie aber dringend auch als Chance bzw. gerade als Auslöser für die Gestaltung einer natur- und umweltverträglichen Nutzung gesehen werden.

Neben der oben angedeuteten finanziellen Ausstattung ist auch die inhaltliche Optimierung von Förderprogrammen ein entscheidendes Erfolgskriterium. Insbesondere die naturschutzfachlich begründete, räumliche Steuerung von Maßnahmen in Zielregionen mit

hohen Entwicklungspotentialen ist im derzeitigen MEKA-Instrumentarium kaum ausgeprägt. Eine rein auf ökonomischen Gründen basierende Akzeptanz bzw. räumliche Umsetzung kann ineffektiv und sogar kontraproduktiv sein. Durch die Berücksichtigung dynamischer Wechselwirkungen innerhalb der Landwirtschaft konnte die Studie interessante Ergebnisse zu Folgen von Naturschutz-Maßnahmen aufzeigen, die aus naturschutzfachlicher Sicht unerwünscht sind:

- In den Bioenergie-Szenarien tritt bei Berücksichtigung der Naturschutz-Vorgaben jeweils *mehr* Maisanbau auf, obwohl dann auf knapp der Hälfte der landesweiten Ackerfläche ein Maislimit von 40% Anteil an der Ackerfläche angenommen wird. Hintergrund ist die Ausdehnung der extensiven Grünlandnutzung und die Beschränkung des Anbaus von KUP und Miscanthus.
- Die räumlich spezifische Anwendung des Maislimits erhöht bei ökonomisch unveränderter Attraktivität der Kultur den Maisanteil außerhalb des Zielgebiets dieser Maßnahme
- Die Vorgaben zur Grünland-Extensivierung führen auf Flächen ohne Restriktionen zu einer weiteren Nutzungsintensivierung

Dies verdeutlicht, dass nur ein raumspezifisches Konzept eine effiziente Aufwertung von Lebensräume in der Agrarlandschaft gewährleisten kann. Die skizzierten und ähnliche Verlagerungseffekte (Leakage-Effekte) sind systematischer Bestandteil der bestehenden ökonomischen Rahmenbedingungen. Eine immer größere Ausdehnung extensiver Nutzungen in Baden-Württemberg hätte unweigerlich eine Verlagerung von Intensivierungsprozessen in benachbarte bis hin zu fernen Regionen der Erde zur Folge. Daher sollten Wechselwirkungen zwischen Extensivierung und Intensivierung in einem Planungsraum abgewogen und durch eine integrierte Planung ausgeglichen werden. Aus naturschutzfachlicher Sicht ist gerade keine einheitlich-nivellierte Ausstattung der Landschaft mit Pauschal-Maßnahmen in Pauschal-Umfängen angestrebt, sondern eine auf Artenverbreitung und Habitatpotentialen gründende spezifische Umsetzung. Hierzu unterstreichen auch die Ergebnisse der Studie, dass schlussendlich nicht sehr viel Fläche erforderlich wäre, um die Bestandssituation z.T. hochgradig gefährdete Arten der Agrarlandschaft wieder deutlich zu verbessern. Jedoch müssen die richtigen Maßnahmen an der richtigen Stelle dauerhaft gesichert umgesetzt werden.

Im folgenden werden konkrete Empfehlungen kurz erläutert:

- Es ist erforderlich **Gesetze und Verordnungen mit gegenläufiger Wirkung auf die Agrarlandschaft abzustimmen**. Dies betrifft insbesondere das EEG und die Förderpolitik in Landwirtschaft und Naturschutz. Die Förderung erneuerbarer Energien sollte um ökologische Mindestanforderungen ergänzt werden, um bspw. Mais-Monokulturen und Grünlandumbruch bzw. -intensivierung zu vermeiden (ähnlich Biomassestrom-Nachhaltigkeitsverordnung). In der Diskussion ist zudem die Bindung der Förderung nach EEG an Eignungsgebiete aus Sicht des Natur- und Ressourcenschutzes, auch um die Konkurrenz verschiedener Subventions-Instrumente zu reduzieren.

- Auf landesweiter Ebene kann eine Abstimmung zwischen Extensivierung und Intensivierung über eine agrarstrukturelle Rahmenplanung bspw. auf Ebene der landwirtschaftlichen Vergleichsgebietsgruppen umgesetzt werden. Dabei wären die Ziele für die biologische Vielfalt und den physischen Ressourcenschutz in hohem Maße zu berücksichtigen. Neben der Regionalisierung von Schwerpunkträumen für die Umsetzung spezifischer Schutz- und Entwicklungsmaßnahmen, wären im Gegenzug auch Regionen mit zunehmender Intensivierung im Rahmen der guten fachlichen Praxis zu akzeptieren. In den „Extensivierungsregionen“ wäre die Umsetzung der Maßnahmen (z.B. Grünlandextensivierung, Kleinbiotope im Ackerland) über attraktive Anreize und/oder Bewirtschaftungsauflagen dauerhaft zu gewährleisten. Die Realisierung alleine auf freiwilliger Basis dürfte dabei vglsw. hohe finanzielle Anreize voraussetzen. Beispiele für Extensivierungsregionen sind Verbreitungsschwerpunkte von Zielarten, Natura2000-Gebiete, PLENUM-Gebiete, Biosphärengebiet Schwäbische Alb, Auenräume und Vorranggebiete für den Biotopverbund im Offenland. Eine flächendeckende Grünlandkartierung, wie sie für den Regierungsbezirk Karlsruhe vorliegt, ist dabei eine unerlässliche Planungsgrundlage. In diese agrarstrukturelle Rahmenplanung wären die im Folgenden erläuterten Ansätze zu integrieren. Für ein solches Instrument könnte in Baden-Württemberg an die Tradition der „Agrarstrukturellen Rahmenplanung“ (MELWF 1972) sowie des „Albprogramms“ und „Schwarzwaldprogramms“ (MELU 1972, 1973) angeknüpft werden.
- Aus konkreten Zielbeständen für Zielarten sollten – wie in dieser Studie – die Quantifizierung von Aufwertungsmaßnahmen und die Regionalisierung in **zielartspezifische Förderkulissen** abgeleitet werden. (Analog zur Ableitung von Klimaschutzmaßnahmen aus dem 2°-Ziel). Mit diesem Ansatz werden über Schutz und Entwicklung empfindlicher Arten viele weitere, weniger anspruchsvolle Arten effizient mit gefördert. Zudem sind Zielvorgaben für Bestandsgrößen und Verbreitungsgebiete klar definierbar und überprüfbar. Zur Zielüberprüfung ist ein **Monitoringprogramm** und eine Reaktion auf die Ergebnisse erforderlich.
- Das bewährte Instrumentarium der **MEKA-Maßnahmen** sollte für die betrachteten Maßnahmen in dem oben genannten Umfang bereitgestellt werden. Eine flexible Angleichung an geänderte Marktpreise ist erforderlich, um die Attraktivität bei veränderten Rahmenbedingungen zu gewährleisten. Zudem ist eine räumliche Steuerung der Maßnahmenumsetzung auf Grundlage der o.g. Extensivierungsregionen anzustreben. Denkbar wäre bspw. eine regionale Differenzierung der Fördersätze. Damit könnte die Effizienz des Einsatzes der MEKA-Mittel gesteigert werden. Weitere Maßnahmen wie Lerchenfenster für die Feldlerche oder Blänken für den Kiebitz sind zu ergänzen. Die Maßnahme des erweiterten Drillreihenabstand sollte in zwingender Kombination mit Dünger- und Herbizidverzicht ebenfalls wieder aufgenommen werden.
- Auch das sehr viel differenziertere Instrument der **Landschaftspflege-Richtlinie** ist finanziell besser auszustatten und das Budget dauerhaft zu sichern. Die Maßnahmen und Förderumfänge konnten in der landesweit angelegten Studie aufgrund der – wünschenswerten – Differenziertheit nicht berücksichtigt werden.

- **Vorbehaltsgebiete für KUP, Miscanthus und Energiemais** sollten planerisch festgelegt und rechtlich fixiert werden. In diesen sollen die Kulturen keineswegs pauschal ausgeschlossen werden. Sie müssen aber aus naturschutzfachlicher Sicht räumlich differenziert werden und ggf. räumlich limitiert werden. Hierfür ist als Grundlage eine gründliche naturschutzfachliche Prüfung mit Geländeerhebungen vorzuschreiben. Wesentliche Bestandteile der Gebietskulisse sollten Biotop-Verbundräume für Offenland-Lebensräume aber auch Verbreitungsgebiete von Bodenbrütern der Agrarlandschaft sein.
- Die **Umfeldwirkungen von Biogasanlagen** in Abhängigkeit der Kapazitäten sind mittlerweile bekannt. Daher sind anlagenbezogene Umweltverträglichkeitsprüfungen (UVP) vorzuschreiben, die auch sekundäre Folgewirkungen entsprechend UVPG analysieren und Ausgleichs- und Minderungsmaßnahmen definieren. Für jede Anlage ist dann eine Bestandsaufnahme und ein Maßnahmenkonzept erforderlich, das mindestens den Status quo langfristig sichert. Damit dürften auch keine Biogasanlagen pauschal in UVP-geprüften Gewerbegebieten zugelassen werden.

9.2.3 Handlungsempfehlungen für den Ressourcenschutz

Für den Ressourcen- bzw. abiotischen Umweltschutz bei der landwirtschaftlichen Pflanzenproduktion existieren vielfältige Rechtsvorgaben, die auch bei der Produktion von Energiepflanzen gelten. Für die in dieser Studie untersuchten Kenngrößen Bodenerosion, Humus-/CO₂-Haushalt, Nitratauswaschung und Lachgasemissionen sind dies z.B. Wasserrahmenrichtlinie, Nitratrichtlinie, Erosionsschutzverordnung, Cross-Compliance-Regelungen, Bodenschutzverordnung, Düngeverordnung u.a. (Übersicht siehe z.B. DWA 2010). Hinzu kommen orientierende Vorgaben wie z.B. „Gute Fachliche Praxis“, gebietsbezogene Regelungen wie z.B. „Schutzgebiets- und Ausgleichs-Verordnung“, ereignisbezogene Empfehlungen wie z.B. „Merkblatt Gefahrenabwehr bei Bodenerosion“ (in Bearbeitung bei der LUBW) oder Agrarumweltprogramme wie MEKA. Bei konsequenter Einhaltung dieser Vorgaben kann der derzeit erreichte Umweltqualitätsstandard auf vielen Ackerflächen Baden-Württembergs, unabhängig von den Standorteigenschaften, eingehalten werden. Risiken ergeben sich allerdings

- bei zunehmendem Anteil von Mais in den Fruchtfolgen hinsichtlich Bodenerosion, Nitratauswaschung und Humus-/CO₂-Haushalt
- bei der Abfuhr von Stroh für die Verbrennung hinsichtlich Humus-/CO₂-Haushalt
- beim Umbruch von Grünland für die Ausdehnung der Anbauflächen hinsichtlich Bodenerosion, Nitratauswaschung und Humus-/CO₂-Haushalt
- Auf der anderen Seite können sich Chancen ergeben durch
- zunehmendem Anteil von Miscanthus oder KUP hinsichtlich Bodenerosion, Nitratauswaschung und Humus-/CO₂-Haushalt.

Die regionalen Risiken für eine Vergleichsgebietsgruppe werden umso größer, je mehr die Ackerflächen beispielsweise durch Grünlandumbruch zunehmen und je weniger mehrjährige Energiepflanzen wie Miscanthus oder KUP angebaut werden. Überschreiten andererseits die Flächen mit mehrjährigen Energiepflanzen die Umbruchs- und Maisflächen, kann das sich das Risiko sogar verringern, wie die Beispiele Bodenerosion beim Bioenergieszenario 1 in den Vergleichsgebietsgruppen Unterland/Gäue (VGG3) oder Rhein/Bodensee (VGG2) zeigen.

Für zukünftige Handlungsstrategien bedeutet dies besonders für regionale oder lokale Brennpunkte einerseits die konsequente Anwendung der aktuellen Regelungen zu gewährleisten oder besser zu unterstützen wie z.B. durch gezielte Kooperationsverträge zwischen Landwirtschaft und Vollzug oder kommunale Umweltprogramme.

Andererseits sollte durch überregionale Regelungen gewährleistet werden, dass:

- Grünlandumbruch möglichst unterbleibt
- Humusbilanzen durch Begrenzung der Strohabfuhr ausgeglichen bleiben
- Mehrjährige Energiepflanzen zur Wärmeengewinnung den Vorzug vor Mais zur Biogasproduktion erhalten

9.3 Abschließende Bewertung der Handlungsempfehlungen

Zusammenfassend gehen wir davon aus, dass ein mit diesen Anstrengungen verbundener sehr hoher Planungsaufwand nicht realisiert werden kann, dass die Investitionsmittel kurzfristig nicht aufgebracht werden und dass die Landwirte aufgrund zu erwartender stabiler hoher Nahrungsmittelpreise sich nicht langfristig festlegen wollen. Um daher einerseits Bioenergie auszubauen, andererseits die Biodiversität und Ressourcenschutz der Agrarlandschaft zu fördern, sollten besonders die „Bioenergielinien“ gefördert werden, die einen besonders hohen überlagernden Nutzen haben (Ressourcenschutz, Reststoffverwertung, geringe volkswirtschaftliche Kosten bei hoher Einsparung von Treibhausgasemissionen, nur begrenzt langfristige Investitionen erfordern und die wenig zusätzliche Subventionen benötigen sondern durch Anpassung von Gesetzen und Verordnungen steigerbar sind (Reststroh).

In diesem Kontext werden durch die bestehenden Förderinstrumente (EEG; Biokraftstoffgesetz und –verordnungen) Biodieselerzeugung und Biogasanlagen weiter produzieren; letzte mit anhaltender Expansion. Baden-Württemberg kann auf die Art des Maisanbaus durch geeignete MEKA- Maßnahmen einwirken. Bei der Genehmigung neuer Biogasanlagen kann die Reststoffverwertung, wie Gülle und „Restgrünland“, zusätzlich gefördert werden, indem z. B. der Verbund und Anschluss solcher Anlagen an Gasnetze staatlich oder von Energieversorgern gefördert wird. Wichtigster Ansatzpunkt bei neuen Bioenergielinien ist die Strohverbrennung unter Berücksichtigung einer ausgeglichenen Bodenumusbilanz. Die Landesregierung könnte mit den Energieversorgern Förderkonzepte für die Bereitstellung der Anlagen für die Strom- und Wärmeerzeugung (Kraft-Wärme-Kopplung) und zur Co- Verbrennung in Steinkohlekraftwerken auflegen und die Organisationen der Landwirtschaft zur Bereitstellung des Reststrohs unterstützen. Vorsicht ist bei langfristiger Bindung geboten, z.B. durch hohe Investitionen in Strohheizwerke und Wär-

menetze, weil neue Innovationen zu einer effizienteren Verwertung von Stroh für Biokraftstoffe der zweiten Generation nicht auszuschließen sind. Mehrjährige Kulturen, Holzhack-schnitzel und Miscanthus, bieten eine sehr produktive Ressource. Zusätzliche staatliche Förderung könnte durch die zur Strohverbrennung vorgeschlagenen Maßnahmen auch diesen Kulturen zugute kommen. Bei stärkerer Ausdehnung des Anbaus mehrjähriger Kulturen müssen die in dieser Studie definierten Auflagen beachtet werden. Auf übergeordneter Politikebene könnte sich Baden-Württemberg aber dafür einsetzen, die Nutzung der Biomasse von Reststroh und mehrjährigen Kulturen zur Strom- und Wärme-gewinnung in das EEG bei adäquaten Vergütungen mit einzubeziehen.

Literaturverzeichnis

- ADEBAR – Atlas deutscher Brutvogelarten (in Vorb.). (www.dda-web.de/adebar aufgerufen am 15.09.2010).
- ALTEMÜLLER, M.J. & M. REICH (1997): Einfluss von Hochspannungsfreileitungen auf Brutvögel des Grünlands. - Vogel und Umwelt. Zeitschrift für Vogelkunde und Naturschutz Hessen, Band 9, Sonderheft Vögel und Freileitungen: 111-127.
- ANGENENDT, E. (2003): Entwicklung eines ökologisch-ökonomischen Modells für extensive Futterbaubetriebe zur Abbildung der Emissionen klimarelevanter Gase aus der Landwirtschaft und zur Bewertung von Vermeidungsstrategien. Agrarwirtschaft Sonderheft Nr. 176.
- ANGENENDT, E., BILLEN, N., GAISER, T., TRIEBE, S., STAHR, K., ZEDDIES, J. (2007): Bewertung von Strategien zur Vermeidung von CO₂-Emissionen aus der landwirtschaftlichen Nutzung in Baden-Württemberg. - Endbericht zum BWPlus-Vorhaben BWK 24001. In: <http://www.fachdokumente.lubw.baden-wuerttemberg.de/> Abrufdatum: 4.8.2010.
- BAUER, H.G.; BEZZEL, E. & W. FIEDLER (2005a): Das Kompendium der Vögel Mitteleuropas. Passeriformes – Sperlingsvögel (2. Aufl.), Wiebelsheim, 622 S.
- BAUER, H.G.; BEZZEL, E. & W. FIEDLER (2005b): Das Kompendium der Vögel Mitteleuropas. Nonpasseriformes – Nichtsperlingsvögel (2. Aufl.), Wiebelsheim, 808 S.
- BAYERISCHES LANDWIRTSCHAFTLICHES WOCHENBLATT (2008): Preis für Raps. Heft Nr. 3. Deutscher Landwirtschaftsverlag GmbH, München.
- BERG, A.; LINDBERG, T. & K.G. KÄLLEBRINK (1992): Hatching success of lapwings on farmland: differences between habitats and colonies of different sizes. - Journal of Animal Ecology 61: 469-476.
- BFN – BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ (2010a): Bioenergie und Naturschutz, Synergien fördern, Risiken vermeiden. Bonn, 32 S.
- BfN – BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ (2010b): Energieholzanbau auf landwirtschaftlichen Flächen. Auswirkungen von Kurzumtriebsplantagen auf Naturhaushalt, Landschaftsbild und biologische Vielfalt. Bonn, 15 S.
- BILLEN (2008): Evaluierung von Pflanzenansprüchen für die Bewertung einer standortdifferenzierten Anbaueignung von Energiepflanzen. – Literaturlauswertung und Bericht für das Institut für Bodenkunde und Standortslehre, Universität Hohenheim
- BILLEN, N., RÖDER, C., GAISER, T., STAHR, K. (2009): Carbon sequestration in soils of SW-Germany as affected by agricultural management - Calibration of the EPIC model for regional simulations. – Ecol. Model. 220, 71–80
- BIOS-Biokontrollservice Österreich (2010): Orientierungswerte für Nährstoff-Gehalte von in der Praxis vorkommenden Wirtschaftsdüngern in m³. – internet: http://www.bioskontrolle.at/phplib/webaMedia.php?file=//wirtschaftsduengernaehrstoffgehalte_tabelle.pdf&basepath=/var/www/html/media_db (3/2010)
- BLÜHDORN, I. (1998): Auswirkungen potentieller Störeize auf das Verhalten brütender und jungführender Kiebitze *Vanellus vanellus*. – Vogelwelt 119: 105-113.
- BMU – BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT (Hrsg.) (2007): Nationale Strategie zur Biologischen Vielfalt. Berlin.
- BMVEL – BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND VERBRAUCHERSCHUTZ (2006A): Die EU-Agrarreform – Umsetzung in Deutschland, Ausgabe 2006. Bonifatius GmbH, Paderborn.

- BMVEL– BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND VERBRAUCHERSCHUTZ (2006B): Merkblatt für den Zuckerausgleich. http://www.bmelv.de/cae/servlet/contentblob/384098/publicationFile/22545/Merkblatt_Zucker.pdf, Abrufdatum: 19.7.2010.
- BNatSchG – BUNDESNATURSCHUTZGESETZ. GESETZ ÜBER NATURSCHUTZ UND LANDSCHAFTSPFLEGE (2009).
- BOELCKE, B., BEUCH, S., ZACHARIAS, S., KAHLE, P., BELAU, L., AMELUNG, D. (1998): Bewertung der Umweltwirkung des Anbaus von *Miscanthus* als nachwachsender Rohstoff. In: Mitteilungen der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern. 16: 1 – 184.
- BOSCHERT, M. (1993): Auswirkungen von Modellflug und Straßenverkehr auf die Raumnutzung beim Großen Brachvogel (*Numenius arquata*). – Zeitschrift für Ökologie und Naturschutz 2: 11-18.
- BRAK, M., REUCHLIN, M., STAHR, K., FIEDLER S. (2009) N₂O, CH₄ und CO₂ – Flüsse aus anthropogen genutzten organischen Böden in der Rheinebene – erste Ergebnisse. - Berichte der DBG (nicht begutachtete online Publikation) <http://www.dbges.de>
- BRC (2010): Potential Heat Unit (PHU) Program. – Blackland Research Center / Texas AgriLife ftp://ftp.brc.tamus.edu/pub/swat/pc/otherexe/phu/PHU_program.pdf
- BRITZ, W. AND LEIP, A. (2009): Development of marginal emission factors for N losses from agricultural soils with the DNDC-CAPRI meta-model. In: Agric. Ecosyst. Environ. 133 (2009), pp. 267-279.
- BRUNOTTE, E., DISTER, E., GÜNTHER-DIRINGER, D., KOENZEN, U. & D. MEHL (2009): Flussauen in Deutschland - Erfassung und Bewertung des Auenzustandes. – Naturschutz und Biologische Vielfalt, Heft 87.
- BURGER, F. (2006): Zur Ökologie von Energiewäldern. In: Deutscher Rat für Landespflege (DRL) "Stellungnahme - Auswirkungen erneuerbarer Energien auf Natur und Landschaft" Schriftenreihe des LRL, Heft 79, Meckenheim. Seiten 74-80.
- BUTTERBACH-BAHL, K., LEIBLE, L., KÄLBER, S., KAPPLER, G., KIESE, R. (2010): Treibhausgasbilanz nachwachsender Rohstoffe – eine wissenschaftliche Kurzdarstellung. - Karlsruhe Institute of Technology, KIT Scientific Reports 7556, 45 S.
- BUTTLAR, V.C., BUTTLAR, V.H.-B., REULEIN, J., RODE, A., GÖDECKE, B. (2008): Gewässerschonender Betrieb von Biogasanlagen. - Studie im Auftrag des Ministeriums Landwirtschaft, Umwelt und Verbraucherschutz Mecklenburg-Vorpommern, erstellt durch Ingenieurgemeinschaft für Landwirtschaft und Umwelt, Göttingen.
- CHAKIR, RAJA (2009): Spatial Downscaling of Agricultural Land-Use Data: An Econometric Approach Using Cross Entropy. Land Economics 85(2):238-251.
- Crutzen, P.J., Mosier, A.R., Smith, K.A., Winniwarter, W. (2007): N₂O release from agro-BIOFUEL PRODUCTION NEGATES GLOBAL WARMING REDUCTION by replacing fossil fuels. Atmos. Chem. Phys. Discuss., 7, 11191–11205
- DÄMMGEN, U. (HERAUSGEBER) (2007): Calculations of emissions from German agriculture - National Emission Inventory Report (NIR 2007 for 2005 : introduction, methods and data (GAS-EM). Landbauforschung Völkenrode Sonderheft 304, englisch; deutsch, Braunschweig.
- DETZEL, P. (1998): Die Heuschrecken Baden-Württembergs. - Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- DIREKTZAHLVERPFLG - DIREKTZAHLUNGEN-VERPFLICHTUNGSGESETZ (2004): Gesetz zur Regelung der Einhaltung anderweitiger Verpflichtungen durch Landwirte im Rahmen gemeinschaftsrechtlicher Vorschriften über Direktzahlungen und sonstige Stützungsregelungen (Stand 2008).

- DONALD, P.F. & T.J. MORRIS (2005): Saving the Sky Lark: new solutions for a declining farmland bird. – *British Birds* 98: 570-578.
- DOYLE, U.; VOHLAND, K.; ROCK, J.; SCHÜMANN, K. & M. RISTOW (2007): Nachwachsende Rohstoffe – eine Einschätzung aus Sicht des Naturschutzes. – *Natur und Landschaft* 82 (12): 529-535.
- DRL - Deutscher Rat für Landespflege (2006): Die Auswirkungen erneuerbarer Energien auf Natur und Landschaft. 134 S.
- DRÖSLER, M. (2005): Trace gas exchange and climatic relevance of bog ecosystems, Southern Germany. Dissertation an der Technischen Universität München, 179 S.
- DÜV – DÜNGEVERORDNUNG (2007): Verordnung über die Anwendung von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln nach den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis beim Düngen. Stand 2009.
- DWA (2010, Hrsg): Erzeugung von Biomasse für die Biogasgewinnung unter Berücksichtigung des Boden- und Gewässerschutzes. – Autoren: Beisecker, R., Buttlar, v.C., Drechsler, H., Eulenstein, F., Feldwischj, N., Luyten-Naujocks, K., Richter, S. et al., DWA Regelwerk - Merkblatt DWA M 907, 50 S., Hennef
- DZIEWIATY, K. & P. BERNARDY (2007): Auswirkungen zunehmender Biomassennutzung (EEG) auf die Artenvielfalt - Erarbeitung von Handlungsempfehlungen für den Schutz der Vögel der Agrarlandschaft – Endbericht. Im Auftrag des Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit.
- EBERT, G.; HOFMANN, A.; KARBIENER, O.; MEINEKE, J.-U.; STEINER, A. & R. TRUSCH (2008): Rote Liste und Artenverzeichnis der Großschmetterlinge Baden-Württembergs (Stand: 2004). LUBW Online-Veröffentlichung.
- ELSÄSSER, M. & R. OPPERMANN (2003): Futterwert, Schnitzeitpunkt und Düngung artenreicher Wiesen – Erfahrungen und Empfehlungen aus der Praxis. In: Oppermann, R. & H.-U. Gujer (Hrsg.): Artenreiches Grünland bewerten und fördern – MEKA und ÖGV in der Praxis: 100-110. Stuttgart, 199 S.
- EWERT, F., VAN KEULEN, H., VAN ITTERSUM, M.K., GILLER, K.E., LEFFELAAR, P.A. AND ROETTER, R.P (2006): Multi-scale analysis and modelling of natural resource management. In: Voinov, A., Jakeman, A., Rizzoli, A. (eds). Proceedings of the iEMSs Third Biannual Meeting “Summit on Environmental Modelling and Software”. International Environmental Modelling and Software Society, Burlington, USA, 9-12 July 2006. (<http://www.seamless-ip.org/> Stand: August 2009)
- FISCHER, S. & R. SCHNEIDER (1996): Die Grauwammer als Leitart der Agrarlandschaft. – *Vogelwelt* 117: 225-234.
- FLADE, M. (1994) : Die Brutvogelgemeinschaften Mittel- und Norddeutschlands. Eching, 879 S.
- FLADE, M., PLACHTER, H., HENNE, E. & K. ANDERS (HRSG.) (2003): Naturschutz in der Agrarlandschaft. Ergebnisse des Schorfheide-Chorin-Projektes. Saarbrücken, 388 S.
- FNR – FACHAGENTUR NACHWACHSENDE ROHSTOFFE (Hrsg.) (2007): Energieholzproduktion in der Landwirtschaft. Rostock, 43 S.
- FNR- FACHAGENTUR NACHWACHSENDE ROHSTOFFE (2010): Anbau nachwachsender Rohstoffe in Deutschland.
<http://www.energiepflanzen.info/pflanzen/statistiken/anbau-nr/>, Abrufdatum: 15.7.2010
- FREYER, B. (2003): Fruchtfolgen. – Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart

- FRITSCH, U. R., WIEGMANN, K. (2008): Ökobilanzierung der Umweltauswirkungen von Bioenergie-Konversionspfaden. Expertise für das WBGU-Hauptgutachten „Welt im Wandel: Zukunftsfähige Bioenergie und nachhaltige Landnutzung“. Internet: http://www.wbgu.de/wbgu_jg2008_ex04.pdf. Berlin.
- GAISER, T.; STAHR, K.; BILLEN, N.; MOHAMMAD, M.A.-R. (2008): Modeling carbon sequestration under zero tillage at the regional scale I. The effect of soil erosion. *Ecological Modelling* 218 (1-2), pp. 110-120.
- GAISER, T; ABDEL-RAZEK, M. ; BAKARA, H. (2009): Modeling carbon sequestration under zero-tillage at the regional scale II. The influence of crop rotation and soil type. *Ecological Modelling* 220 (23), pp. 3372-3379.
- GARNIEL, A., DAUNICHT, W.D., MIERWALD, U. & U. OJOWSKI (2007): Vögel und Verkehrslärm. Quantifizierung und Bewältigung entscheidungserheblicher Auswirkungen von Verkehrslärm auf die Avifauna. Schlussbericht November 2007 / Langfassung. – FuE-Vorhaben 02.237/2003/LR des Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Stadtentwicklung. 273 S.. – Bonn, Kiel.
- GAUDER, M. (2010): Erträge KUP und Miscanthus in Versuchsanlagen der Versuchstation Ihinger Hof. – Pers. Mitteilung, Inst. für Kulturpflanzenwissenschaften, Universität Hohenheim.
- GEMIS 4.5: Globales Emissions-Modell Integrierter Systeme (GEMIS) Version 4.5. Institut für angewandte Ökologie e.V. (Öko-Institut) Freiburg. Freie Software. <http://www.oeko.de/service/gemis/>, Abrufdatum: 14.7.2010.
- GLÄNZER, U.; HAVELKA, P. & K. THIEME (1993): Rebhuhn-Forschung in Baden-Württemberg. Beihefte zu den Veröffentlichungen für Naturschutz und Landschaftspflege in Baden-Württemberg 70.
- GLUTZ VON BLOTZHEIM, U. (Hrsg.) (2001): Handbuch der Vögel Mitteleuropas. Bearb. u. a. von Kurt M. Bauer und Urs N. Glutz von Blotzheim. AULA-Verlag, Wiesbaden.
- GÖMANN, H., ET AL. (2009): Health Check der EU-Agrarpolitik – Auswirkungen der Beschlüsse. Arbeitsbericht aus der vTI-Agrarökonomie.
- GÖMANN, H., KREINS., JULIUS, C. UND WECHSUNG, F. (2004): Landwirtschaft unter dem Einfluss des globalen Wandel sowie sich ändernden gesellschaftlichen Anforderungen – Interdisziplinäre Untersuchung künftiger Landnutzungsänderungen und resultierender Umwelt- und sozioökonomischer Aspekte. In: Schriften der Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaues e.V. Band 39, S. 201-208.
- GÖMANN, H., W. KLEINHANß, P. KREINS, O. VON LEDEBUR, F. OFFERMANN, B. OSTERBURG, P. SALAMON (2009): health Check der EU-Agrarpolitik – Auswirkungen der Beschlüsse. Studie im Auftrag des BMELV. Arbeitsberichte aus der vTI-Agrarökonomie, 1/2009.
- GRASS, R. & K SCHEFFER (2005): Alternative Anbaumethoden: Das Zweikulturnutzungssystem. – *Natur und Landschaft* 80 (9/10): 435-439.
- GÜNTHER, A.; NIGMANN, U.; ACHTZIGER, R. & H. GRUTTKE (BEARB.) (2005): Analyse der Gefährdungsursachen planungsrelevanter Tiergruppen in Deutschland. – *Naturschutz und Biologische Vielfalt* 21. Bonn, 605 S.36.
- HAENEL, H.D. (HERAUSGEBER) (2010): Calculations of emissions from German agriculture - national emission inventory report (NIR) : 2010 for 2008. vTI Sonderheft 334, englisch; deutsch ,Braunschweig.
- HANSSON, L. (1994): Vertebrate distributions relative to clear-cut edges in a boreal forest landscape. – *Landscape Ecology* 9 (2): 105-115.

- HAPPE, K., DAMGAARD, M., OSUCH, A., SATTLER, C., ZANDER, P., UTHES, S., SCHULER, J., PIORR, A. (2006): CAP-reform and the provision of non-commodity outputs in Brandenburg. - *Agrarwirtschaft*.55 (5-6): 268-279.
- HENSELER, M., WIRSIG, A., HERRMANN, S., KRIMLY, T., DABBERT, S. (2009): Modeling the impact of climate change on regional agricultural land use through an activity-based non-linear programming approach. In: *Agricultural Systems*, 100, S. 31-42.
- HERMANN, W. (2009): persönliche Mitteilung zu praxisüblichen Fruchtfolgen in Südwestdeutschland. - Versuchstation für Pflanzenbau, Universität Hohenheim
- HOLZ, B. (2009): Flächenbedarf extensiver Weidesysteme in Baden Württemberg. Eine Kurzstudie zur Bewertung von Flächenverfügbarkeit und Viehbestand in den Vorranggebieten für Beweidung aus naturschutzfachlicher Sicht. Unveröff. Projektbericht am Institut für Landschaftsplanung und Ökologie, Universität Stuttgart.
- HÖLZINGER, J. & M. BOSCHERT (BEARB.) (2001): Die Vögel Baden-Württembergs. Band 2.2: Nicht-Singvögel 2. Stuttgart, 880 S.
- HÖLZINGER, J. (BEARB.) (1997): Die Vögel Baden-Württembergs. Band 3.2, Singvögel 2 (Teil 2). Stuttgart, 939 S.
- HÖLZINGER, J. (BEARB.) (1999): Die Vögel Baden-Württembergs. Band 3.1: Singvögel 1. Stuttgart, 861 S.
- HÖLZINGER, J., BAUER, H.-G., BERTHOLD, P., BOSCHERT, M. & U. MAHLER (Bearb.) (2007): Rote Liste und kommentiertes Verzeichnis der Brutvogelarten Baden-Württembergs. 5. Fassung. Stand 31.12.2004.
- HOVESTADT, T.; ROESER, J. & M. MÜHLENBERG (1991): Flächenbedarf von Tierpopulationen – Berichte aus der ökologischen Forschung. Forschungszentrum Jülich 1. Eschweiler, 277 S.
- HÜLSBERGEN, K.J., SCHMID, H. (2008): Humusbilanzen und C-Kreisläufe in Betriebssystemen mit Bioenergieerzeugung. *KTBL-Schrift* 468, 151-171
- IDP / RP TÜBINGEN – Integriertes Donau-Programm (Hrsg.) (2006): Hochwasseraktionsplan baden-württembergische Donau.
- IFEU UND PARTNER (2005): Nachhaltige Biomassepotenziale in Baden-Württemberg. Kurzgutachten, Heidelberg.
- IKONE / MUV – Integrierte Konzeption Neckar-Einzugsgebiet / Ministerium für Umwelt und Verkehr (Hrsg.) (2004): Hydrodynamisch – numerisches Flussmodell Neckar.
- IKSR – Internationale Kommission zum Schutz des Rheins (Hrsg.) (2001): Atlas der Überschwemmungsgefährdung und möglichen Schäden bei Extremhochwasser am Rhein.
- ILLNER, H.; SALM, P. & D. BRABAND (2004): Modellvorhaben „Extensivierte Ackerstreifen im Kreis Soest“. – *LÖBF-Mitteilungen* 2/04: 33-38.
- IPCC – INTERGOVERNMENTAL PANEL OF CLIMATE CHANGE (1997): Revised 1996 IPCC Guidelines for National Green-house Gas Inventories. Reference Manual (Volume 3), Paris. Und im Internet: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/invs5.html> (Stand: 30.7.2010).
- IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change (2003): Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry. Institute for Global Environmental Strategies, Japan. Darauf aufbauend der Prognosetool als Kalkulationssoftware: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpglulucf/annex4a1.htm>, download 19.1.2007)

- JAKOBER, H. & W. STAUBER (1987): Habitatansprüche des Neuntötters (*Lanius collurio*) und Maßnahmen für deren Schutz. – Beihefte zu den Veröffentlichungen für Naturschutz und Landschaftspflege Baden-Württemberg 48: 25-53.
- JENNY, M.; WEIBEL, U.; LUGRIN, B.; JOSEPHY, B. REGAMEY, J.-L. & N. ZBINDEN (2002): Rebhuhn – Schlussbericht 1991-2000. – BUWAL Schriftenreihe Umwelt Nr. 335, Bern.
- JOOSS, R., GEIßLER-STROBEL, S., TRAUTNER, J., HERMANN, G. & G. KAULE (2006): Besondere Schutzverantwortung von Gemeinden für Zielarten in Baden-Württemberg. – Naturschutz und Landschaftsplanung 38 (12): 370-377.
- JUNGKUNST, H. F., FREIBAUER, A., NEUFELDT, H. UND BARETH, G. (2006): Review Article: Nitrous oxide emissions from agricultural land use in Germany – a synthesis of available annual field data. In: J. Plant Nutr. Soil Science 2006, 169, S. 341-351.
- KAHLE, P., HILDEBRAND, E., BAUM, C., BOELCKE, B. (2007): Long-term effects of short rotation forestry with willows and poplar on soil properties. - Archives of Agronomy and Soil Science, [http://www.informaworld.com/smpp/title~db=all~content=t713453776~tab=issueslist~branches=53 - v5353, 673 - 682](http://www.informaworld.com/smpp/title~db=all~content=t713453776~tab=issueslist~branches=53-v5353,673-682)
- KAULE, G. (1981a): Der Flächenanspruch des Artenschutzes. Berichte über Landwirtschaft, Sonderheft 197: 264-271.
- KAULE, G. (1981B): Biotoperhaltung und Biotopentwicklung in Agrarlandschaften. Landwirtschaftliche Forschung, Kongressband, Sonderheft 37: 30-45.
- KAULE, G. (1986): Arten- und Biotopschutz. 1. Aufl. Stuttgart, 461 S.
- KAULE, G. (1991): Arten- und Biotopschutz. 2. Aufl. Stuttgart, 519 S.
- KAZENWADEL, G. (1999): Ökonomisch/ökologische Beurteilung von regionalen Agrar- und Umweltprogrammen in der Europäischen Union. Agrarwirtschaft Sonderheft 162, Agrimedia Verlag, Bergen/Dumme.
- KBU - Kommission Bodenschutz beim Umweltbundesamt (2008): Bodenschutz beim Anbau nachwachsender Rohstoffe. – Umweltbundesamt Berlin, 81 S.
- KOMMISSION DER EUROPÄISCHEN GEMEINSCHAFTEN (2001): Umwelt 2010: Unsere Zukunft liegt in unserer Hand. Sechstes Umweltaktionsprogramm.
- KONOLD, A. (2009): persönliche Mitteilung zu Nährstoffgehalten in Wirtschaftsdüngern im EFEM-Modell. – Institut für landwirtschaftliche Betriebslehre, Universität Hohenheim.
- KRATOCHWIL, A. & A. SCHWABE (2001) Ökologie der Lebensgemeinschaften. Stuttgart, 756 S.
- KRISMANN, A. & R. OPPERMAN (2003): Evaluierung artenreiches Grünland in Baden-Württemberg. In: OPPERMAN, R. & H.-U. GUJER (Hrsg.): Artenreiches Grünland bewerten und fördern – MEKA und ÖQV in der Praxis: 32-38. Stuttgart, 199 S.
- KTBL - KURATORIUM FÜR TECHNIK UND BAUWESEN IN DER LANDWIRTSCHAFT (2004/05): Daten für die Betriebskalkulation in der Landwirtschaft, 19. Auflage, Darmstadt.
- KTBL – KURATORIUM FÜR TECHNIK UND BAUWESEN IN DER LANDWIRTSCHAFT (2004): Standarddeckungsbeiträge 2000/01, 2002/02, 2002/03, mit CD. Darmstadt.
- KTBL - KURATORIUM FÜR TECHNIK UND BAUWESEN IN DER LANDWIRTSCHAFT (2006): Energiepflanzen, KTBL-Datensammlung mit Internetangebot. KTBL, Darmstadt.

- KTBL – Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (2005): Faustzahlen für die Landwirtschaft. – 13. Auflage, KTBL Schriftenvertrieb im Landwirtschaftsverlag Münster-Hiltrup
- KTBL-DATENBANK - KURATORIUM FÜR TECHNIK UND BAUWESEN IN DER LANDWIRTSCHAFT: Datensammlung Standarddeckungsbeiträge, Internetangebot.
- LAND&FORST (2008): Preise für Silomais und Grassilage. Hefte Nr. 9, 38, 50. Deutscher Landwirtschaftsverlag GmbH, Hannover.
- LANDWIRTSCHAFTLICHES WOCHENBLATT WESTFALEN-LIPPE (2003/2004): Preise für Junghennen. Hefte 2003: 3,21,48, Hefte 2004: 4, 27, 53. Landwirtschaftsverlag GmbH, Münster.
- LAP – Landesanstalt für Pflanzenbau BW (1998): Beratungsgrundlagen für die Düngung im Ackerbau und auf Grünland. – Im Auftrag des Ministeriums Ländlicher Raum Baden-Württemberg.
- LEIP, A., MARCHI, G., KOEBLE, R., KEMPEN, M. BRITZ, W. AND LI, C. 2008): Linking an economic model for European agriculture with a mechanistic model to estimate nitrogen losses from cropland soil in Europe. In: Biogeosciences, 5(1): 73-94, 2008.
- LEL/MLR (2010): Landwirtschaftliche Betriebsverhältnisse und Buchführungsergebnisse Baden-Württemberg. Wirtschaftsjahr 2008/2009, Heft 58
- LfL – Landesanstalt für Landwirtschaft BY (2010): Nährstoffgehalte, Nährstoffwirkung, Mengenanfall, Ausbringung verschiedener Güllen. – internet: <http://www.lfl.bayern.de/iab/duengung/organisch/09556/> (3/2010)
- LFU – LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG (2001): Naturschutz Praxis, Allgemeine Grundlagen 2: §24a-Kartierung Baden-Württemberg – Kartieranleitung für die besonders geschützten Biotope nach §24a Naturschutzgesetz. 5. Aufl., Karlsruhe, 215 S.
- LFU - LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG (2003): Auswahl der wasserabhängigen FFH- und EG-Vogelschutzgebiete zur Umsetzung der EG- Wasserrahmenrichtlinie in Baden-Württemberg.
- LTZ – LANDWIRTSCHAFTLICHES TECHNOLOGIEZENTRUM AUGUSTENBERG (Hrsg.) (2008): Düngung von Wiesen und Weiden. – Merkblätter für die umweltgerechte Landwirtschaft 13, 4. Auflage.
- LTZ – LANDWIRTSCHAFTLICHES TECHNOLOGIEZENTRUM AUGUSTENBERG (Hrsg.) (2008): Kurzumtriebshölzer und Miscanthus. Taagungsband der Fachtagung am 28. und 29. Januar 2008.
- LUBW – LANDESANSTALT FÜR UMWELT, MESSUNGEN UND NATURSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG (2008a): Aufstellung der nach §32 NatSchG geschützten Grünlandbiotope Baden-Württembergs. (Übermittelt von Ref. 25).
- LUBW – LANDESANSTALT FÜR UMWELT, MESSUNGEN UND NATURSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG (2008B): Aufstellung der Vogelschutzgebiete (SPA) mit Schutzziel „Erhalt der Wiesenbrüter“. (Übermittelt von Ref. 25).
- LUENEGER, D. G., YE, Y. (Editor) (2008): Linear and Nonlinear Programming. Springer Verlag, Third Edition.
- MATSON, P., HARRISS, R. (ED., 1995): Biogenic Trace Gases - Measuring Emissions from Soil and Water. – Wiley VCH
- MAYER, P.; ABS, C. & A. FISCHER (2002): Biodiversität als Kriterium für Bewertungen im Naturschutz – eine Diskussionsanregung. – Natur und Landschaft 77 (11): 461-463.
- MELU – MINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND UMWELT BADEN-WÜRTTEMBERG (1972): Albprogramm.

- MELU – MINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND UMWELT BADEN-WÜRTTEMBERG (1973): Schwarzwaldprogramm.
- MELWF – MINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT, WEINBAU UND FORSTEN BADEN-WÜRTTEMBERG (1972): Agrarstrukturelle Rahmenplanung.
- MEYER, B.C.; MAMMEN, K. & R. GRABAUM (2007): A spatially explicit model for integrating species assessments into landscape planning as exemplified by the Corn Bunting (*Emberiza calandra*) – Journal for Nature Conservation 15 (2): 94-108.
- MEYER-MARQUART, D., FELDWISCH, N. (2006): Vorstudie – Rahmenbedingungen und Potenziale für eine natur- und umweltverträgliche energetische Nutzung von Biomasse im Freistaat Sachsen – Abschlussbericht für Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Dresden, 251 S.
- MLR - MINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG UND LÄNDLICHEN RAUM BADEN-WÜRTTEMBERG (Hrsg.) (2008): Anlage und Bewirtschaftung von Kurzumtriebsflächen in Baden-Württemberg. Freiburg, 49 S.
- MLR – MINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG UND LÄNDLICHEN RAUM BADEN-WÜRTTEMBERG (HRSG.) (2010): Naturschutzstrategie 2020. Beitrag der Facharbeitsgruppe Erhaltung der Biologischen Vielfalt.
- MLR & LUBW - MINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG UND LÄNDLICHEN RAUM BADEN-WÜRTTEMBERG & LANDESANSTALT FÜR UMWELT, MESSUNGEN UND NATURSCHUTZ (Hrsg.) (2009, 2. Version): Informationssystem Zielartenkonzept Baden-Württemberg, Planungswerkzeug zur Erstellung eines kommunalen Zielarten- und Maßnahmenkonzepts Fauna. www.lubw.baden-wuerttemberg.de
- MOTZ, I., KOCH, I., KUTZBACH, H.D., STAHR, K. (2001): Erfassung klimarelevanter Spurengase. - Agrartechnische Forschung 7, Heft 1, S. 28-31.
- MURACH, D., KNUR, L., SCHULTZE, M. (2008): DENDROM – Zukunftsrohstoff Dendromasse - Systemische Analyse, Leitbilder und Szenarien für die nachhaltige energetische und stoffliche Verwertung von Dendromasse aus Wald- und Agrarholz. – Endbericht, 504 S., Eberswalde / Berlin / Cottbus
- NABU – NATURSCHUTZBUND – INSTITUT FÜR VOGELSCHUTZ (2004): Zielvorstellungen und Entwicklungsperspektiven für den Ökolandbau aus Naturschutzsicht. Endbericht des gleichnamigen Projekts. Singen, 168 S.
- NABU – Naturschutzbund Deutschland e.V. (2008, Hrsg.): Energieholzproduktion in der Landwirtschaft - Chancen und Risiken aus Sicht des Natur- und Umweltschutzes. - NABU-Bundesverband, Berlin, 68 S.
- NÄHRSTOFFBÖRSE (2010): Verwertung von Wirtschaftsdüngern – Organische Dünger sind gefragt. - internet: <http://www.naehrstoffboerse.de/data/OrganischeDuengersindwertvollundgefragt.pdf> (3/2010)
- NBBW – NACHHALTIGKEITSBEIRAT DER LANDESREGIERUNG BADEN-WÜRTTEMBERG BADEN-WÜRTTEMBERG (2008): Energie und Biomasse: Potenziale und Empfehlungen für Baden-Württemberg. Stuttgart, 26 S.
- NEUFELDT, H. (2005): Carbon Stocks and Sequestration Potentials of Agricultural Soils in the Federal State of Baden-Württemberg, SW Germany. – J Plant Nurt. Soil Sci. 168: 202-211
- OECHSNER, H. (2005): Möglichkeiten zur energetischen Verwertung von Landschaftspflegeheu – Natur und Landschaft 80 (9/10): 426-429.
- OELKE, H. (1968): Wo beginnt bzw. wo endet der Biotope der Feldlerche? – Journal of Ornithology, 109 (1): 25 – 29.

- OPPERMANN, R. & R. SPAAR (2003): Artenreiches Grünland – Lebensraum für Wiesenbrüter. In: Oppermann, R. & H.-U. Gujer (Hrsg.): Artenreiches Grünland bewerten und fördern – MEKA und ÖGV in der Praxis: 129-133. Stuttgart, 199 S.
- OSTERBURG, B., NIEBERG, H., RÜTER, S., ISERMEYER, F., HAENEL, H.-D., HAHNE J., KRENTLER, J.-G., PAULSEN H.M., SCHUCHARDT, F., SCHWEINLE, J. UND WEINGARTEN, P. (2009): Erfassung, Bewertung und Minderung von Treibhausgasemissionen des deutschen Agrar- und Ernährungssektors. Arbeitsberichte aus der vTI-Agrarökonomie 03/2009.
- OTHMANLI, H. (2009): Abschätzung der Erträge in Südwest-Deutschland mit dem EPIC Modell in Abhängigkeit von Klima, Böden und Bewirtschaftungsmanagement zur ackerbaulichen Standortbewertung im Vergleich zu der Bodenschätzung. - Masterarbeit am Institut für Bodenkunde und Standortlehre, Universität Hohenheim
- PLACHTER, H., BERNOTAT, D., MÜSSNER, R. & U. RIECKEN (2003): Entwicklung und Festlegung von Methodenstandards im Naturschutz. In – Bundesamt für Naturschutz (Hrsg.): Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz 70, 2. Aufl., 566 S.
- PLACHTER, H., STACHOW, U. & A. WERNER (2005): Methoden zur naturschutzfachlichen Konkretisierung der „Guten fachlichen Praxis“ in der Landwirtschaft. - Naturschutz und Biologische Vielfalt 7. Bonn, 330 S.
- RECK, H., WALTER, R., OSINSKI, E., HEINL, T. & G. KAULE (1996): Räumlich differenzierte Schutzprioritäten für den Arten- und Biotopschutz in Baden-Württemberg (Zielartenkonzept). Unveröff. Gutachten. Erstellt im Auftrag des Landes Baden-Württemberg, gefördert durch die Stiftung Naturschutzfonds.
- REIJNEN, M.J.S.M., VEENBAS, G. & R.P.B. FOPPEN (1995): Predicting the effects of motorway traffic on breeding bird populations. Road and Hydraulic Engineering Division, DLO-Institute for Forestry and Nature Research.
- RIGHI, E., PACINI, G.C., DOGLIOTTI, S., AGUERRE, V., ROSSING, W.A.H. (2009): Farm typology identification by multi-variate analysis as a method to scale-up results of integrated impact assessment. In: Integrated Assessment of Agriculture and Sustainable Development (AgSAP 2009), Proceedings, S. 60-61.
- RODE, M. (2005): Energetische Nutzung von Biomasse und Naturschutz. – Natur und Landschaft 80 (9/10): 403-412.
- RÖSCH, CH., RAAB, K., SKARKA, J.; STELZER, V. (2007): Energie aus dem Grünland - eine nachhaltige Entwicklung? Karlsruhe: Forschungszentrum Karlsruhe, (Wissenschaftliche Berichte, FZKA 7333).
- SACHS, N. & G. KAULE (2000): Vorprojekt zur Entwicklung und Anwendung eines räumlich differenzierten Indikatorsystems zur Messung einer nachhaltigen Entwicklung in Baden-Württemberg (ERDI-BW). Forschungsbericht FZKA-BWPLUS.
- SAUERBECK, D.R. (2001). CO₂ emissions and C sequestration by agriculture – perspectives and limitations. Nutrient Cycling in Agroecosystems, 60: 253-266.
- SCHÄFER, M. (2006): Abschätzung der Emissionen klimarelevanter Gase aus der Landwirtschaft Baden-Württembergs und Bewertung von Minderungsstrategien unter Nutzung eines ökonomisch-ökologischen Regionalmodells. Shaker Verlag, Aachen.
- SchALVO – Schutzgebiets- und Ausgleichsverordnung (2001): Verordnung des Ministeriums für Umwelt und Verkehr über Schutzbestimmungen und die Gewährung von Ausgleichsleistungen in Wasser- und Quellenschutzgebieten. Stand 2008.
- SCHILLING, G. (2000). Pflanzenernährung und Düngung. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- SCHMID, E. (2009): persönliche Mitteilung zu den Pflanzenwachstumsparametern von *Miscanthus* für das EPIC-Modell. - Institut für Nachhaltige Wirtschaftsentwicklung, Universität für Bodenkultur Wien

- SCHMID, E., BALKOVIC, J., MOLTCHANOVA, E., SKALSKY, R., POLTARSKA, K., MÜLLER, B., BUJNOVSKY, R. (2006): Biophysical Process Modeling for EU25: Concept, Data, Methods, and Results. - Final Research Report, 76 S.
- SCHWÄBISCHER BAUER (2008): Preise für Heu, Stroh und Raps. Hefte Nr. 6 – 9, 16,28,50. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- SCHWARZ-V.RAUMER, H.-G. & K. DIEZ (2010): Verfahren zur Disaggregation von Anbauumfängen für das Projekt NawEnNat. Technischer Arbeitsbericht. ILPÖ, Universität Stuttgart. unveröffentlicht
- SOSSINKA, R. & H. BALLASUS (1997): Verhaltensökologische Betrachtungen von Effekten der Industrielandschaft auf freilebende Vögel unter besonderer Berücksichtigung von Freileitungen. – Vogel und Umwelt. Zeitschrift für Vogelkunde und Naturschutz Hessen, Band 9, Sonderheft Vögel und Freileitungen: 19-27.
- SPITTLER, H. (2000): „Niederwildgerechte“ Flächenstilllegung. Umsetzung und Ergebnisse eines Modells. – LÖBF-Mitteilungen 1/00.
- SRU – SACHVERSTÄNDIGENRAT FÜR UMWELTFRAGEN (Hrsg.) (2007): Klimaschutz durch Biomasse. Sondergutachten. Berlin, 200 S.
- STALA - STATISTISCHES LANDESAMT BADEN-WÜRTTEMBERG (2008): Sonderabfrage aus der Bodennutzungshaupterhebung, 2003.
- StaLa (2003): Bodennutzung in den Gemeinden und Bezirken der Ämter für Landwirtschaft, Landschafts- und Bodenkultur Baden-Württemberg 1999. Statistische Berichte Baden-Württemberg, Agrarwirtschaft 16/00. Statistisches Landesamt Baden-Württemberg, Stuttgart, Germany. 63 S.
- StaLa (2009): persönliche Mitteilung zur Abfrage von Ertragsdaten in den landwirtschaftlichen Vergleichsgebieten Baden-Württembergs für die Jahre 1989-2005
- STATISTISCHES JAHRBUCH (2006): Statistisches Jahrbuch über Ernährung, Landwirtschaft und Forsten. Hrsg.: Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten. Landwirtschaftsverlag, Münster-Hiltrup.
- STEINER, H. (1994): Zu Siedlungsdichte, Habitat und Verlustursachen einer Kiebitzpopulation (*Vanellus vanellus*) des Alpenvorlandes in Oberösterreich. – Vogelkundliche Nachrichten Oberösterreichs, Naturschutz aktuell 1994 II/1: 13-16.
- STÖCKLI, S.; JENNY, M.- & R. SPAAR (2006): Eignung von landwirtschaftlichen Kulturen und Mikrohabitat-Strukturen für brütende Feldlerchen *Alauda arvensis* in einem intensiv bewirtschafteten Ackerbaugebiet. - Der Ornithologische Beobachter 103 (3): 145–158.
- SUKOPP, H. (1981a): Veränderungen von Flora und Vegetation in Agrarlandschaften. Berichte über Landwirtschaft 197, Sonderheft: 225-264.
- SUKOPP, H. (1981b): Stellungnahme zur Flurbereinigung und Artenrückgang. – Natur und Landschaft 56: 284.
- TFZ - Technologie- und Förderzentrum im Kompetenzzentrum für nachwachsende Rohstoffe (2009): Miscanthus: Anbau und Nutzung – Informationen für die Praxis. – Berichte aus dem TFZ 19, Straubing, 37 S.
- TRIEBE, S. (2007): Möglichkeiten zur Verminderung von Treibhausgasen aus der Landwirtschaft in den Bundesländern Brandenburg und Niedersachsen. Josef EUL Verlag, Lohmar - Köln.
- UBA – UMWELTBUNDESAMT (2006): Nationaler Inventarbericht zum deutschen Treibhausgasinventar 2006 – Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen 2006. - Hrsg.: Umweltbundesamt, Dessau, 563 S.

- UM – UMWELTMINISTERIUM BADEN-WÜRTTEMBERG (Hrsg.) (2007): Umweltplan 2007 – 2012.
- USCHADG – Umweltschadengesetz (2007): Gesetz über die Vermeidung und Sanierung von Umweltschäden. Stand 2009.
- UVM, WM – MINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND VERKEHR BADEN-WÜRTTEMBERG, WIRTSCHAFTSMINISTERIUM BADEN-WÜRTTEMBERG (2010): Erneuerbare Energien in Baden-Württemberg 2009, Erste Abschätzung, Stand Juni 2010. Hrsg: Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Verkehr Baden-Württemberg und Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg, Stuttgart.
- VALDIVA, R.O., ANTELE, J.M., STOOBVOGEL, J.J. (2009): Coupling integrates assessment models to market equilibrium models to analyse economic and agricultural-environment interaction across different scales. In: Integrated Assessment of Agriculture and Sustainable Development (AgSAP 2009), Proceedings, S. 68-69.
- VALKAMA, J.; ROBERTSON, P. & D. CURRIE (1998): Habitat selection by breeding curlews (*Numenius arquata*) on farmland: the importance of grassland. – *Annales Zoologici Fennici* 35: 141-148.
- WBGU - Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (2009, Hrsg.): Welt im Wandel - Zukunftsfähige Bioenergie und nachhaltige Landnutzung. – Berlin, 388 S.
- WEIK, C. (2009): Umweltverträglicher Anbau von Energiepflanzen - Bewertung verschiedener Standorte in Hohenlohe mit Hilfe des EPIC – Modells. – Diplomarbeit, Universität Stuttgart, Institut für Geographie, 131 S.
- WEINMANN, B., KUHLMANN, F. (2004): Neue Herausforderungen der Landnutzungsmodellierung. Standorttheoretische Überlegungen zur Abbildung Multifunktionalität von Landschaften. In: Schriften der Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaues e.V. Band 39, S. 181- 189.
- WEINMANN, B., SCHROERS, J. O. AND SHERIDAN, P. (2006): Simulation the effects of decoupled transfer payments using the land use mode ProLand. In: *Agrarwirtschaft* 55 (2006), Heft 5/6, S. 248-255.
- WFS – WILDFORSCHUNGSSTELLE AULENDORF (2010): Kurzmitteilung zum Rebhuhnbestand in Baden-Württemberg (Stand Frühjahr 2009). – WFS–Mitteilungen 2/2010.
- WICHTMANN, W. & A. SCHÄFER (2005): Energiegewinnung von ertragsschwachen Ackerstandorten und Niedermooren – *Natur und Landschaft* 80 (9/10): 421-425.
- WIEHE, J., RODE, M. (2007): Auswirkungen des Anbaus von Pflanzen zur Energiegewinnung auf den Naturhaushalt und andere Raumnutzungen. Rundgespräche der Kommission für Ökologie, Band 33 "Energie aus Biomasse". Verlag Dr. Friedrich Pfeil, München. S. 101-113
- WILLIAMS, J.R. (1995): The EPIC Model. In *Computer Models of Watershed Hydrology*, pp 909-1000. Edited by V.P. Singh. Highlands Ranch, Water Resources Publications, Colorado.
- WILLIAMS, J.R., DYKE, P.T., JONES, C.A. (1983): EPIC: a model for assessing the effects of erosion on soil productivity. In *Analysis of Ecological Systems: State-of-the-Art in Ecological Modeling*. Eds. W.K. Lauren-roth et al.. Elsevier, Amsterdam, pp553-572.
- WILLIAMS, J.R., WANG, E., MEINARDUS, A., HARMAN, W.L., SIEMERS, M., ATWOOD, J.D. (2006): EPIC Users Guide v. 0509. - I_EPIC Website: http://www.public.iastate.edu/~elvis/i_EPIC_main.html
- WM - WIRTSCHAFTSMINISTERIUM BADEN-WÜRTTEMBERG (2009): Energiekonzept Baden-Württemberg 2020. Hrsg: Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg, Stuttgart.

- WM - WIRTSCHAFTSMINISTERIUM BADEN-WÜRTTEMBERG (2010): www.wm.baden-wuerttemberg.de, Abrufdatum: 12.07.2010.
- WORSCH, R. (2010): Erfassung des Netto-CO₂-Ökosystemaustausches beim Anbau der Energiepflanzen Mais und Chinaschilf. – Universität Hohenheim, Institut für Bodenkunde und Standortlehre, Zwischenbericht an die Bertsch Stiftung Stuttgart, 38 S.
- ZANDER, P. (2003): Agricultural land use and conservation options: a modelling approach. Dissertation, Universität Wageningen.
In: <http://library.wur.nl/wda/dissertations/dis3372.pdf> (Stand August 2009).
- ZASADA, I., PIORR, A., BERGES, R. (2009): A generic downscaling approach for scenario driven modelling outputs from European to regional scale. In: Integrated Assessment of Agriculture and Sustainable Development (AgSAP 2009), Proceedings, S.78-79.
- ZMP – ZENTRALE MARKT- UND PREISBERICHTSTELLE (2003): ZMP-Marktbilanz Vieh und Fleisch. Bonn.
- ZMP – ZENTRALE MARKT- UND PREISBERICHTSTELLE (2004a): ZMP-Marktbilanz Eier und Geflügel. Bonn.
- ZMP – ZENTRALE MARKT- UND PREISBERICHTSTELLE (2004b): ZMP-Marktbilanz Getreide, Ölsaaten, Futtermittel. Bonn.
- ZMP – ZENTRALE MARKT- UND PREISBERICHTSTELLE (2004c): ZMP-Marktbilanz Kartoffeln. Bonn.
- ZMP – ZENTRALE MARKT- UND PREISBERICHTSTELLE (2004d): ZMP-Marktbilanz Milch. Bonn.
- ZMP – ZENTRALE MARKT- UND PREISBERICHTSTELLE (2004e): ZMP-Marktbilanz Vieh und Fleisch. Bonn.
- ZMP – ZENTRALE MARKT- UND PREISBERICHTSTELLE (2005a): ZMP-Marktbilanz Eier und Geflügel. Bonn.
- ZMP – ZENTRALE MARKT- UND PREISBERICHTSTELLE (2005b): ZMP-MARKTBILANZ GETREIDE, ÖLSAATEN, FUTTERMITTEL. BONN.
- ZMP – ZENTRALE MARKT- UND PREISBERICHTSTELLE (2005c): ZMP-Marktbilanz Vieh und Fleisch. Bonn.

Anhang

Anhang 1: Projektbeiräte der beiden Forschungsprojekte

Projektbeirat

“Nachwachsende Energieträger und Biodiversität: naturschutzbezogene und ökonomische Entwicklung und Bewertung von Anbauszenarien (NawEnNat)“

BWPLUS-Projekt: BWB 27003-27006

Teilnehmer am Treffen vom 22. Februar 2008 an der Universität Stuttgart

| Name | Institution | Adresse |
|----------------------------|--|---|
| Elsässer, PD Dr. Martin | Staatliche Lehr- und Versuchsanstalt für Viehhaltung und Grünlandwirtschaft LVVG | Atzenberger Weg 99 88326 Aulendorf |
| Krebs, Dr. Stephan | Landesanstalt für Entwicklung der Landwirtschaft und der ländlichen Räume (LEL) | Oberbettringer Straße 162 73525 Schwäbisch Gmünd |
| Krieglstein, Bruno | Ministerium für Ernährung und Ländlichen Raum | Kernerplatz 10 70182 Stuttgart |
| Leible, Dr. Ludwig | Forschungszentrum Karlsruhe in der Helmholtz- Gemeinschaft Institut für Technikfolgenabschätzung und System- analyse (ITAS) | Postfach 3640 76021 Karlsruhe |
| Raab, Konrad | Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg | Theodor-Heuss-Straße 4 70174 Stuttgart |
| Schulz, Michael | Landesbauernverband in Baden-Württemberg | Gartenstraße 63 88212 Ravensburg |
| Sick, E. Rathard | Geschäftsführer des Verbandes bad-württ. Grundbesitzer e.V. | Hölderlinstraße 32 70174 Stuttgart |
| Schaal, Reinhold | Landratsamt Ravensburg Umweltamt | Postfach 1940 88189 Ravensburg |
| Schott, Bernd | BUND Landesverband Baden-Württemberg | Paulinenstr. 47 70178 Stuttgart |

Projektbeirat:

„Abschätzung der Produktionspotenziale für den Anbau von Energiepflanzen zur CO₂-Bindung in Ba.-Wü. und deren ökonomisch-ökologische“

BWPLUS-Projekt BWK27003

Teilnehmer am Treffen 29.2.2008 an der Universität Stuttgart-Hohenheim

| Name | Institution | Adresse |
|---|--|--|
| Dr. Wilfried Hermann | Versuchsstation für Pflanzenbau und Pflanzenschutz (301) | Versuchsstation Ihinger Hof, 71272 Renningen |
| Dr. Helga Pfeleiderer | Referat 23, MLR | Ministerium für Ernährung und Ländlichen Raum (MLR), Kernerplatz 10, 70182 Stuttgart |
| Kathrin Steinfatt | Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg, Außenstelle Forchheim, Referat 11: Allgemeiner Pflanzenbau, Nawaro, Tabak | Kutschenweg 20, 76287 Rheinstetten |
| Dr. Peter Dreher | Referat 56 Boden | Umweltministerium Ba.-Wü. Postfach 10 34 39 70029 Stuttgart |
| Dr. Raimund Kohl | LUBW - Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Ba.-Wü. Referat 22 (Boden) | Griesbachstr. 1 76185 Karlsruhe |
| Dr. Hans Oechsner | Landesanstalt für Landwirtschaftliches Maschinen- und Bauwesen (740) | 70593 Stuttgart-Hohenheim |
| Dr. Thomas Gaiser | Institut für Pflanzenernährung | Universitaet Bonn Karlobert-Kreiten-Str. 13 53115 Bonn |
| Pascal Kiczinski Für Herrn Dr. G. Göttlicher | Forschung und Entwicklung | ENBW Durlacher Allee 76131 Karlsruhe |
| Werner Schmid | Landesstelle für Landw. Marktkunde | Oberbettringer Straße 162 73525 Schwäbisch Gmünd |
| Andreas König Für Herrn Dr. Ludger Eltrop | Universität Stuttgart, Inst. für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER), Abt. Systemanalyse u. Erneuerbare Energien (SEE) | Heißbrühlstr. 49a 70565 Stuttgart |

Anhang 2: Aggregation des Biotopgrünlands feucht / trocken aus Biotoptypen der §32-Biotopkartierung (basierend auf LUBW 2008a).

| Biotopgrünland | | | |
|----------------|---|---------|-----------------------------------|
| feucht | | trocken | |
| Code | Biotoptyp /-untertyp (LFU 2001) | Code | Biotoptyp /-untertyp (LFU 2001) |
| 32.10 | Kleinseggen-Ried basenarmer Standorte | 36.20 | Zwergstrauch- und Ginsterheide |
| 32.20 | Kleinseggen-Ried basenreicher Standorte | 36.30 | Wacholderheide |
| 32.21 | Kopfbinsen-Ried | 36.40 | Magerrasen bodensaurer Standorte |
| 32.22 | Davallseggen-Ried | 36.41 | Borstgrasrasen |
| 32.31 | Waldsimsen-Sumpf | 36.42 | Flügelginsterweide |
| 33.10 | Pfeifengras-Streuwiese | 36.43 | Besenginsterweide |
| 33.20 | Nasswiese | 36.50 | Magerrasen basenreicher Standorte |
| 33.21 | Nasswiese basenreicher Standorte der Tieflagen | 36.60 | Sandrasen |
| 33.22 | Nasswiese basenreicher Standorte der montanen Lagen | 36.61 | Sandrasen kalkhaltiger Standorte |
| 33.23 | Nasswiese basenarmer Standorte | 36.62 | Sandrasen kalkfreier Standorte |
| 34.30 | Quellflur | 36.70 | Trockenrasen |
| 34.31 | Quellflur kalkarmer Standorte | | |
| 34.32 | Quellflur kalkreicher Standorte | | |
| 34.63 | Schlankseggen-Ried | | |
| 34.66 | Blasenseggen-Ried | | |
| 34.68 | Kammseggen-Ried | | |
| 36.10 | Feuchtheide | | |

Anhang 3: *Ableitung der aufzuwertenden Lebensraumfläche für die Feldlerche*

Analog zu den anderen Zielarten wurde als Ziel-Bestandsgröße der Feldlerche zunächst der Bestand um 1980 angesetzt. Diese Bestandsgröße wurde nach HÖLZINGER et al. (2007), ergänzt durch eine telefonische Auskunft von Dr. J. Hölzinger mit 310.000 Brutpaaren landesweit geschätzt. Zu dieser Zeit kam die Feldlerche in Baden-Württemberg sowohl im Acker- als auch im Grünland vor. Heute gibt es im Land u.a. aufgrund der Nutzungsintensivierung kaum noch Grünland-Vorkommen. Weil die Art im Grünland nur sehr aufwändig gefördert werden kann, im Ackerland jedoch über Maßnahmen wie Lerchenfenster, extensivierte Ackerstreifen, Säume und Brachen (vgl. Kap. 4.3.2.1) mit relativ geringem Aufwand vielfach gute Erfolge erzielt werden konnten, wurde sie im Projekt als Zielart nur für das Ackerland verwendet. Zudem profitieren von diesen Maßnahmen auch zahlreiche weitere Ackerarten der Avifauna, Kleinsäuger und der Wirbellosen.

Für ein Ackergebiet, in dem die oben genannten Maßnahmen in der Größenordnung von insgesamt ca. 10% der Ackerfläche umgesetzt werden (vgl. Kap. 4.3.2.1), wurde eine erreichbare Siedlungsdichte von 33 Brutpaaren (BP) / 100 ha angenommen. Dieser Wert wurde durch die Analyse umfangreicher Planungsdaten der Arbeitsgruppe für Tierökologie und Planung abgeleitet (153 Probeflächen zufällig verteilt in Baden-Württemberg aus den Jahren 2000-2009). Diese Analyse ergab aus den Daten zunächst eine durchschnittliche Siedlungsdichte unter heutigen Bedingungen von 5 BP / 100 ha. Da die verwendeten Erhebungen aus Planungsprojekten wie UVS, LBP, Artenschutz-Fachbeitrag stammen und daher kaum Gebiete mit höchster Habitategnung enthalten, wurde für die Abschätzung eines aktuellen großräumigen realitätsnahen Mittelwerts die Dichte auf 10 BP / 100 ha verdoppelt. Für die Abschätzung einer Siedlungsdichte, die durch die Umsetzung der oben genannten und in Kap. 4.3.2.1 erläuterten Maßnahmen erreicht werden kann, wurde dieser Wert nochmals auf 33 BP / 100 ha ca. verdreifacht.

Bei Annahme dieser Siedlungsdichte wäre für die Entwicklung der Zielpopulation von 310.000 BP im Ackerland eine aufzuwertende Lebensraumfläche von ca. 939.000 ha erforderlich. Mit ca. 838.000 ha Ackerland laut Statistischem Landesamt (2009) stünde diese Ackerfläche nicht zur Verfügung. Dies überrascht nicht, da wie oben erwähnt, die Art um 1980 sowohl im Acker- wie im Grünland verbreitet war. Auch zu dieser Zeit stand lediglich 848.000 ha Ackerfläche als potentieller Lebensraum zur Verfügung, wobei die Art damals aufgrund extensiverer landwirtschaftlicher Nutzung in weit höheren Dichten vorkam. Für eine Abschätzung der aktuell potentiell zur Verfügung stehenden Ackerfläche wurde, wie in Kap. 4.3.2 erläutert, unter Annahme der in Anhang 8 dargestellten artspezifischen Puffer um Störkulissen und -quellen eine potentiell geeignete Ackerfläche in Baden-Württemberg von nur 346.000 ha ermittelt. Bei Annahme der oben erläuterten Siedlungsdichte von 33 BP / 100 ha wäre somit im Ackerland bestenfalls ein Zielbestand von 114.180 BP erreichbar – ca. ein Drittel des Bestands von 1980. Auch bei einer sehr optimistischen Annahme einer erreichbaren Siedlungsdichte von 50 BP / 100 ha durch Maßnahmenumsetzung ergäbe sich auf dieser Fläche nur ein Zielbestand von 173.000 BP. Somit konnte bei der Feldlerche die Größe des aufzuwertenden Lebensraums (Zielraum für Maßnahmenumsetzung) nicht wie bei den anderen Zielarten über den Zielbestand von ca. 1980 abgeleitet werden. Es musste vielmehr die gesamte überhaupt noch zur Verfügung stehende Potenzialfläche verwendet werden, um eine Annäherung an den Zielbestand zu erreichen.

Wie bereits erwähnt war die Gesamt-Population von 1980 von ca. 310.000 BP sowohl im Acker- als auch im Grünland verbreitet. Da die Feldlerche nur als Zielart für Ackerland berücksichtigt wurde (s.o.) lag es nahe zu prüfen, ob zumindest die geschätzte Größe der damaligen Acker-Population erreichbar wäre. Hierfür wurde von der Grünlandfläche 1980 laut Statistischem Landesamt (647.000 ha) ein Anteil von 25% (161.750 ha) als Extensiv-Grünland mit hoher Eignung für die Feldlerche angenommen. Für diesen Lebensraumtyp wurde nach GLUTZ VON BLOTZHEIM (2001) eine durchschnittliche Siedlungsdichte von 45 BP / 100 ha zugeordnet. Unter diesen Annahmen ergibt sich für 1980 eine Grünland-Population von ca. 73.000 BP und somit eine Acker-Population von 237.000 BP. Für diesen Bestand wäre bei Annahme einer Dichte von 33 BP / 100 ha ein Lebensraum von 718.182 ha erforderlich (bei 50 BP / 100 ha: 474.000 ha). Diese Flächengrößen liegen immer noch deutlich über der mit ca. 346.000 ha ermittelten aktuell geeigneten Fläche unter Berücksichtigung von Ausschlussflächen um Störkulissen (s. Anhänge 7 und 8). Damit scheint durch die Intensivierung der Landwirtschaft, die Abnahme der Ackerfläche und eine Zunahme von Störquellen insbesondere durch Siedlungs- und Straßenbau die Entwicklung des Feldlerchen-Bestands von ca. 1980 nicht möglich, selbst wenn auf der gesamten, für die Art prinzipiell geeigneten Ackerfläche, Maßnahmen im Umfang von ca. 10% Anteil an der Ackerfläche umgesetzt würden.

Rein rechnerisch wäre eine Siedlungsdichte von ca. 68 BP / 100 ha erforderlich, um in der zur Verfügung stehenden geeigneten Ackerfläche (346.000 ha) den geschätzten Acker-Bestand von 1980 (ca. 237.000 BP) zu entwickeln. Siedlungsdichten in dieser Größenordnung sind nur in Optimalhabitaten dieser Art mit sehr viel mehr als 10% Maßnahmenfläche zu erwarten, was im Rahmen des realitätsnahen Projektansatzes nicht akzeptabel erschien.

Mit einer erfolgreiche Entwicklung der Art in extensiv genutztem Grünland – im Rahmen der im Projekt verwendeten Nutzungsformen (vgl. Kap. 4.3.2.2) - kann aufgrund des Fehlens entsprechender Beobachtungen in Modellgebieten mit durchgeführter Grünland-Extensivierung für andere Arten nicht gerechnet werden.

In der folgenden Tabelle sind die wesentlichen Annahmen und Rechenschritte zusammengefasst.

| A. Ableitung ausgehend vom Zielbestand 1980 | | |
|---|---|----------------------------|
| Bestand 1980 laut HÖLZINGER et al. (2007) | 310.000 BP insg. (237.000 BP Acker-Bestand) | |
| Annahme BP-Dichte / 100 ha | 33 | 50 |
| Erforderliche aufzuwertende Lebensraumfläche (in Klammer nur für Ackerbestand) | 939.394 ha (718.182 ha) | 620.000 ha (474.000 ha) |
| B. Ableitung ausgehend von der aktuell zur Verfügung stehenden Potentialfläche | | |
| Aktuell geeignete Ackerfläche laut GIS-Analyse mit Berücksichtigung Puffer um Störkulissen | 346.000 ha | |
| Annahme BP-Dichte / 100 ha | 33 | 50 |
| Durch Aufwertung laut Kap. 4.3.2.1 erreichbarer Bestand | 114.180 BP | 173.000 BP |

Anhang 4: Berücksichtigung des Biotopverbunds und der Pufferstreifen um naturnahe Lebensräume anhand der landesweiten Flächenkulissen potenzieller Habitate von Zielarten des „Informationssystem Zielartenkonzept Baden-Württemberg“ (MLR & LUBW 2009).

| Habitatpotenzialflächen charakteristischer Zielarten bzw. Anspruchstypen des „Informationssystem ZAK“ | Pufferstreifen mit 20m Breite ¹ | Biotopverbund ² | |
|---|--|----------------------------|-----------------------------|
| | | Vorrang Extensivgrünland | Ausschluss KUP / Miscanthus |
| Strukturreiche Weinberggebiete | im Projekt nicht bearbeitet | | |
| Kalkmagerrasen | X | X | X |
| Silikatmagerrasen | X | X | X |
| Offene Sandbiotop | X | X | X |
| Nährstoffreiches Feucht- und Nassgrünland | X | X | X |
| Nährstoffarmes (Wechsel-)Feucht- und Nassgrünland | X | X | X |
| Offene Hoch- und Übergangsmoore, Moor- gewässer | X | X | X |
| Verlandungszonen an Stillgewässern | X | X | X |
| Hartholzauwälder der großen Flüsse | | | |
| Weichholzauwälder der großen Flüsse | | | |
| Bruch- und Sumpfwälder | | | |
| Lichte Trockenwälder | X | | |
| Lössböschungen und Hohlwege | X | | |
| Naturnahe Quellen | X | | |
| Kleingewässer | X | | |
| Größere Stillgewässer | X | | |
| Steinriegel | X | | |
| Trockenmauern | | | |
| Kalkfelsen, Kalkschotterflächen | | | |
| Nicht-Kalkfelsen, Blockhalden | | | |
| Höhlen und Stollen | | | |
| Ackergebiete mit Standort- und Klimagunst aus tierökologischer Sicht | | | |
| Rohbodenbiotop (inkl. entspr. Kleingewässer) | | | |
| Streuobstgebiete | | X | X |
| Mittleres Grünland | | X | X |

Anmerkungen

¹ Verwendung der Habitatpotenzialflächen der gekennzeichneten Anspruchstypen (i.d.R. aus der §32-Biotop-kartierung abgeleitet).

² Verwendung der „potentiellen Verbundräume“ der gekennzeichneten Anspruchstypen. Die Verbundräume fassen alle Habitatpotenzialflächen eines Anspruchstyps, die näher als 500m beieinander liegen, zu einer arrondierten Fläche zusammen (vgl. MLR & LUBW 2009: „Schutzverantwortung.pdf“, zugänglich von der Startseite über „Materialien“; Jooss et al. 2006).

Anhang 5: Operationalisierung der Naturschutzmaßnahmen für das Ackerland in EFEM und Zuordnung von MEKA III-Maßnahmen.

| Nr. | Maßnahme | Operationalisierung in EFEM und ggf. Zuordnung von MEKA III-Maßnahmen |
|------|--|--|
| A1 | Lerchenfenster | kein Ertrag, keine Kosten, keine MEKA-Honorierung |
| A2 | extensivierte Ackerstreifen¹ | EFEM-Verfahren mit reduzierten Erträgen <ul style="list-style-type: none"> • N-E.1: Verzicht auf Wachstumsregulatoren • N-E5.1: Herbizidverzicht im Ackerbau |
| A3 | Saumstrukturen / Blühstreifen | kein Ertrag, Kosten für die Anlage und Pflege berücksichtigt <ul style="list-style-type: none"> • N-E3: Brachebegrünung mit Blümmischungen |
| A4.1 | selbstbegrünte Brache | kein Ertrag, Kosten für Anlage und Pflege berücksichtigt (EFEM-Verfahren), keine MEKA-Honorierung |
| A4.2 | Blänken / Flutmulden | kein Ertrag, Kosten für Anlage und Pflege berücksichtigt (Abschieben Oberboden mit einmaligen Kosten von 2.400,00 € / ha angesetzt, Pflege: 1x Pflügen / Jahr), keine MEKA-Honorierung |
| A5 | Aufweitung der Fruchtfolge | Fruchtfolgerestriktionen sind in EFEM integriert und variabel <ul style="list-style-type: none"> • N-A2: Viergliedrige Fruchtfolge wird nicht zugeordnet² |
| A6 | Mindestanteil an Winterstoppeln | Umsetzung erfolgt über die Zwischenfrucht gelber Senf, der über den Winter stehen bleibt <ul style="list-style-type: none"> • N-E2.1: Begrünung im Acker- und Gartenbau |
| A7.1 | Pufferstreifen um naturnahe Lebensräume | EFEM-Verfahren mit reduzierten Erträgen <ul style="list-style-type: none"> • N-E1: Herbizidverzicht im Ackerbau |
| A7.2 | Gewässerrandstreifen | <ul style="list-style-type: none"> • N-E5.1: Verzicht auf Wachstumsregulatoren |

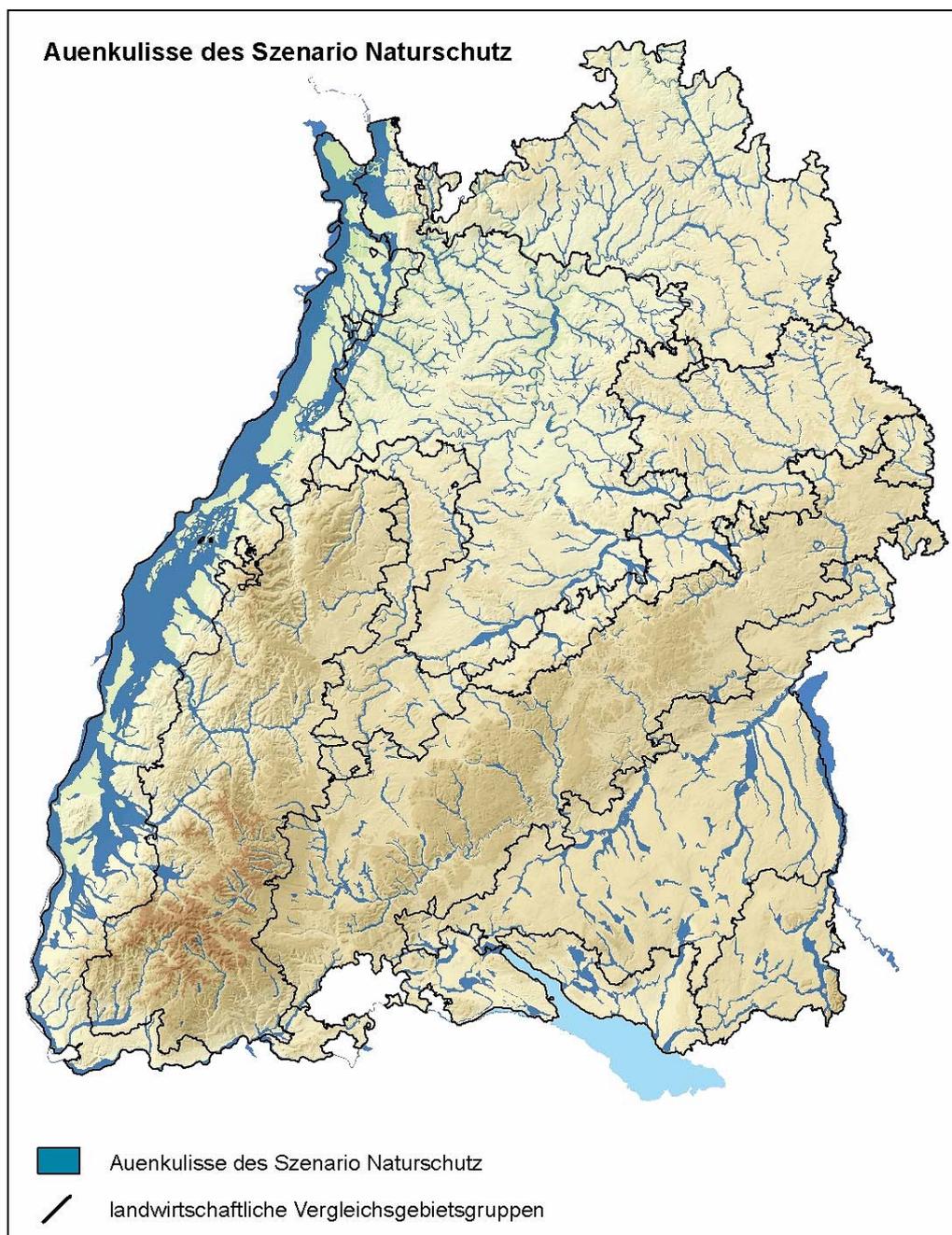
Anmerkungen

¹ In MEKA III ist die MEKA II-Maßnahme E6 „Erweiterung des Drillreihenabstandes bei Getreidekulturen auf mindestens 17 cm“ nicht mehr enthalten. Hintergrund ist, dass sie unabhängig von Verzicht auf Herbizide und Wachstumsregulatoren durchgeführt werden konnte. Dann blieb die angestrebte geringe Dichte des Bewuchses aus. Da die Maßnahme bei zwingender Kombination mit Verzicht auf Herbizide und Wachstumsregulatoren jedoch zu einem hohen Nahrungs- und Deckungsangebot führt wurde sie im Projekt berücksichtigt.

² Die Fruchtfolgen werden in EFEM – wie alle Modellergebnisse - auf Ebene der 8 landwirtschaftlichen Vergleichsgebietsgruppen Baden-Württembergs ausgegeben. Durch diese Aggregation von Einzelhöfen auf vglsw. große Raumeinheiten wird in allen VGG die viergliedrige Fruchtfolge eingehalten. Einengungen der Fruchtfolge auf Betriebs- oder regionaler Ebene können nicht abgebildet werden. Aufgrund dieser modellbedingten Abweichung von der Realität der Fruchtfolgen-Ausprägung wurde auf eine Zuordnung der MEKA-Maßnahme verzichtet. Zum Vergleich: im Antragszeitraum 2003 wurde die MEKA II-Maßnahme A6 „Einhaltung einer 4-gliedrigen Fruchtfolge auf Ackerflächen“ landesweit für ca. 35% der Ackerfläche beantragt.

Anhang 6: Übersicht der Datengrundlagen für die Abgrenzung und Darstellung der Auen im Naturschutz-Szenario.

| Fluss / Flusskategorie | Verwendete Flächenkategorie | Datengrundlage |
|-----------------------------------|--|-----------------------------|
| Rhein | - Fläche zwischen Rhein und Hochgestade - nördlich + südlich davon: HQ100 | WABOA IKSR (2001) |
| Donau | HQ1000 | IDP (2006) |
| Neckar | HQextrem | IKONE (2004) |
| Enz, Iller, Jagst, Kocher, Tauber | Abgrenzung der rezenten Aue und der Altaue | BRUNOTTE et al. (2009) |
| restliche Flüsse laut DLM25 | 50m-Puffer um die Flüsse sofern innerhalb der Auenabgrenzung laut SACHS & KAULE (2000) | DLM25, SACHS & KAULE (2000) |



Anhang 7: Erläuterung der Regionalisierung der Naturschutz-Maßnahmen.

Zunächst wurde für die Zielarten, wie in Anhang 7 dargestellt, die landesweite „potentielle Lebensraumfläche“ über Objekte des DLM25 abgebildet. Dabei wurden für die Vogelarten, die senkrechte Strukturen meiden (Kulissenflüchter), die in Anhang 8 enthaltenen Distanzwerte um die entsprechenden Lebensraumtypen und Strukturen als Ausschlussfläche berücksichtigt.

Für die wirbellosen Arten wurden die in A7_1: dargestellten Flächenkulissen als plausible Zielräume für die Aufwertung der Lebensraumfläche verwendet.

A7_1: Definition der Zielräume für artspezifische Maßnahmen für die wirbellosen Zielarten. Zur Erläuterung der potentiellen Lebensraumfläche s. Anhang 7.

| Zielart | Zielräume für artspezifische Maßnahmen („aufzuwertende Lebensraumfläche“) |
|---|--|
| Dunkler / Heller Wiesenknochenknopf-Ameisenbläuling | Potentielle Lebensraumfläche - im Verbreitungsgebiet (TK25-Quadranten, Stand 2006) - in FFH-Gebieten mit Meldung der Art |
| Lilagold Feuerfalter | Potentielle Lebensraumfläche |
| Wantschaftschrecke | - im Verbreitungsgebiet (TK25-Quadranten, Stand 2006) |

Für die Vogelarten war es das Ziel, die über Maßnahmen aufzuwertende Lebensraumfläche artspezifisch dort zu platzieren, wo sie den größtmöglichen Erfolg erwarten lassen. Dies wurde im Bereich und im direkten Umfeld von Räumen gesehen, in denen aktuell die landesweit größten Populationen angenommen werden können. Daher wurde die jeweilige Verbreitungssituation aus verschiedenen, möglichst aktuellen Quellen – die jedoch landesweit einheitlich vorliegen mussten – zusammengetragen. Die Überlagerung der Verbreitungskarten mit der „potentiellen Lebensraumfläche“ ergab die bestmögliche Abbildung der Potentialfläche im Verbreitungsgebiet der Art. In Abbildung A6_4 wird die Vorgehensweise am Beispiel des Rebhuhn verdeutlicht. Dass hierbei aufgrund des zum Teil veralteten Stands der Verbreitungsdaten „historische“ Siedlungsräume abgebildet wurden mindert nicht die Plausibilität des Ansatzes, da eine Wiederausbreitung der Art insbesondere in diesen ehemaligen Verbreitungsgebieten erfolgen sollte. Auch die unbestrittene Tatsache, dass in der so ermittelten Potentialfläche nicht zu vernachlässigende Anteile ungeeigneter Flächen enthalten sein können ist nicht entscheidend. Die Potentialfläche im Verbreitungsgebiet der Art dient nur der plausiblen Lokalisierung – nicht der Quantifizierung - der Aufwertungs-Maßnahmen, bzw. der „aufzuwertenden Lebensraumfläche“. Die Flächenumfänge wurden, wie in Kap. 4.3.2 erläutert, rechnerisch aus den Zielbeständen der Arten abgeleitet, nicht über die GIS-basierte Abbildung der Potentialfläche. In A6_2 sind die für die bestmögliche Annäherung der Verbreitungssituation verwendeten Datengrundlagen dargestellt.

Für Grauammer und Rebhuhn wurden nur diejenigen Minutenrasterzellen mit Nachweis laut Grundlagenwerk berücksichtigt, die innerhalb der TK-Blätter bzw. Gemeinden mit Nachweis laut den aktuelleren Quellen liegen.

A7_2: Für die Regionalisierung der artbezogenen Maßnahmen verwendeten Verbreitungsdaten der Zielarten der Avifauna. Bei mehreren Quellen wurde immer die Schnittmenge verwendet.

| Zielart | Verbreitungssituation | | |
|-------------------|--|---------------------------------|---|
| | Bezugsebene | Stand | Quelle |
| Feldlerche | UTM-Raster (quantitative Brutverbreitung) | 1987-1988 | HÖLZINGER (1999) |
| Grauammer | geogr. Minutenraster TK25-Blattschnitt | 1945 - 1995 (kum.) 2005-2009 | HÖLZINGER (1997) ADEBAR (in Vorb.) |
| Kiebitz | geogr. Minutenraster | 1945 – 1999 (kum.) | HÖLZINGER & BOSCHERT (2001) |
| Großer Brachvogel | TK25-Blattschnitt- Quadranten | 2006 | Informationssystem ZAK (MLR & LUBW 2009) |
| Braunkehlchen | TK25-Blattschnitt- Quadranten | 2006 | Informationssystem ZAK (MLR & LUBW 2009) |
| Rebhuhn | geogr. Minutenraster Gemeinden | 1970 – 2000 (kum.) 2006 | HÖLZINGER & BOSCHERT (2001) WFS (2010) |
| Neuntöter | geogr. Minutenraster | 1995 | HÖLZINGER (1997) |

In einem nächsten Schritt wurde die GIS-basiert ermittelten Potentialfläche der Arten innerhalb des Verbreitungsgebiets mit der rechnerisch aus den Zielbeständen abgeleiteten „aufzuwertenden Lebensraumfläche“ abgeglichen (s. A6_3).

A7_3 Vergleich der für die Zielbestände erforderlichen Lebensraumfläche mit der über GIS-Analysen ermittelten Potentialfläche im Verbreitungsgebiet.

| Zielart | Stand der Verbreitungsdaten | Potentialfläche im Verbreitungsgebiet (P) [ha] | aufzuwertende Lebensraumfläche für den Zielbestand (Z) [ha] | Anteil Z an P |
|-------------------|-----------------------------|--|---|---------------|
| Grauammer | 2005-2009 | 13.057 | 13.000 | 100% |
| Kiebitz | 1945-1999 (kumuliert) | 59.926 | 83.333 | 140% |
| Großer Brachvogel | 2006 | 1.156 | 3.400 | 294% |
| Braunkehlchen | 2006 | 6.188 | 4.000 | 65% |
| Rebhuhn | 2006 | 23.993 | 50.000 | 208% |
| Neuntöter | 1995 | 27.500 | 5.000 | 18% |
| Feldlerche | 1987-1988 | 346.000 | 346.000 ¹ | 100% |

Anmerkung

¹ s. Erläuterung in Anhang 2.

Aus A6_3 wird erkennbar, dass unter den getroffenen Annahmen im Fall der Grauammer 100% der Potentialfläche im Verbreitungsgebiet als aufzuwertende Lebensraumfläche, d.h. als Zielraum für die Grauammer-Maßnahmen (vgl. Tabelle 14) erforderlich sind, um

den Zielbestand zu erreichen. Für die Feldlerche wurde ebenfalls die gesamte Potentialfläche als Zielraum für Umsetzung von Feldlerchen-Maßnahmen verwendet. Jedoch kann damit, wie in Anhang 2 erläutert, nicht der Zielbestand erreicht werden. Vielmehr handelt es sich um die Ackerfläche, die bei Berücksichtigung der Puffer um Störkulissen laut Anhang 8 als prinzipiell besiedelbare Fläche übrig bleibt.

Für Braunkehlchen und Neuntöter musste jeweils nur ein Teil der Potenzialfläche als Zielraum berücksichtigt werden. Für die Auswahl der jeweiligen Potenzialfläche mit Maßnahmenumsetzung lag die Vorstellung zu Grunde, dass Schutz- und Entwicklungsmaßnahmen bei Arten mit rückläufigem Bestandstrend insbesondere in den aktuellen Verbreitungsschwerpunkten effizient sein sollten. Sind die Populationen dort gesichert und gestärkt, kann mglw. von diesen Quell-Populationen aus eine Wiederbesiedlung weiterer Räume stattfinden.

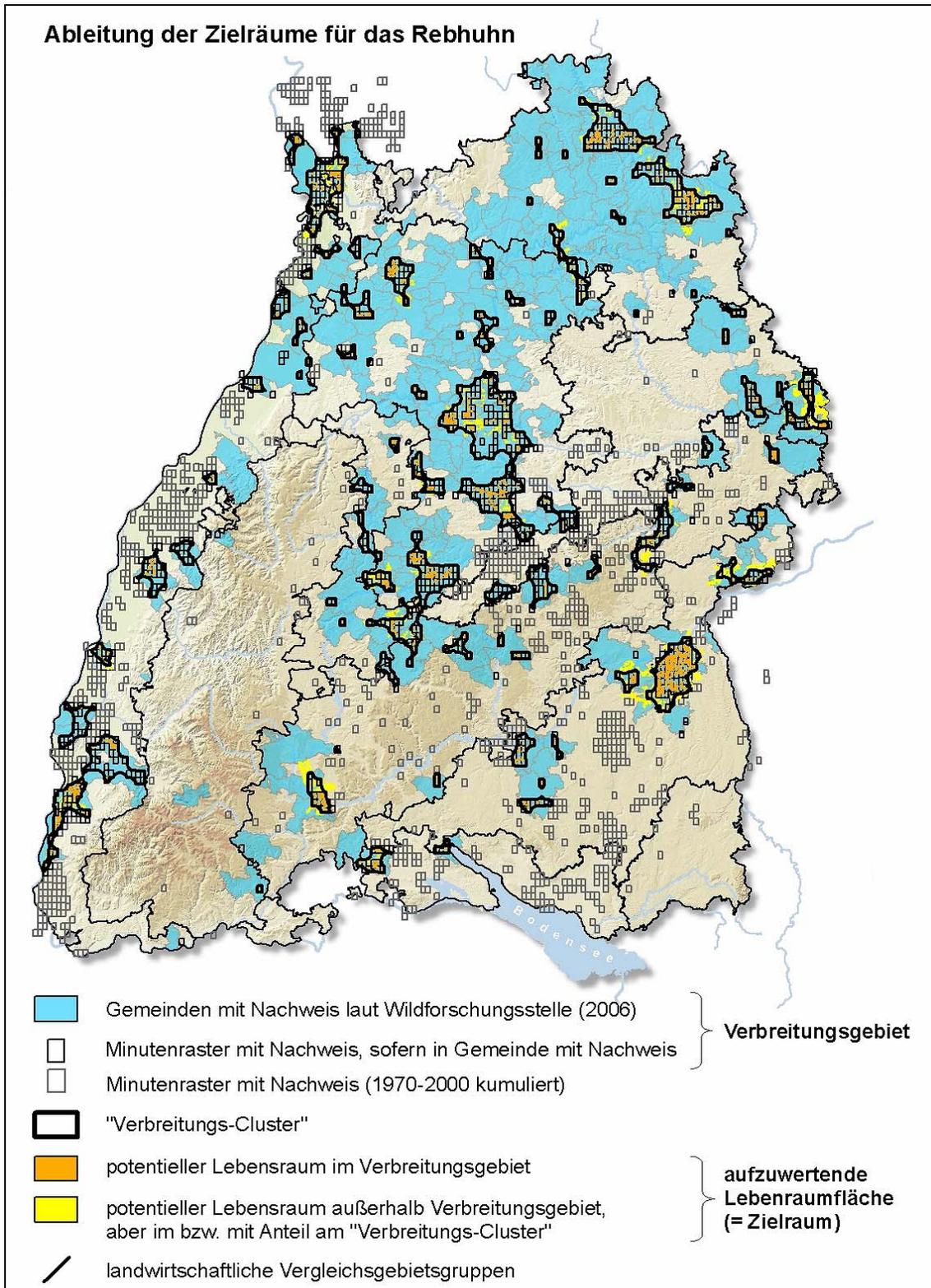
Da landesweite Daten zu Populationsgrößen der Zielarten nicht vorliegen, wurde als Annäherung die Größe der einzelnen Potentialflächen im Verbreitungsgebiet verwendet. Eine Auswahl strikt nach der Flächengröße hätte eine sehr heterogen im Land verteilte, unplausible Verteilung der Flächen ergeben. Daher wurden vorab Flächencluster gebildet, indem alle Rasterzellen des geographischen Minutenrasters mit Nachweis der Art, die näher als 2 km beieinander liegen, zu einem „Verbreitungs-Cluster“ arrondiert wurden. Für diese Cluster wurde dann die enthaltene Potentialfläche summiert und ein Ranking nach enthaltener Potentialfläche berechnet. Die vordersten Plätze des Ranking ergaben ein vglsw. plausible Abbildung von (ehemaligen) Verbreitungsschwerpunkten der Zielarten. Über das Ranking wurden diejenigen Cluster mit der meisten enthaltenen Potentialfläche ausgewählt, die zusammen die Größe der für den Zielbestand erforderlichen aufzuwertenden Lebensraumfläche ergaben. Eine relativ exakte Einhaltung der Flächenvorgabe wurde gewährleistet, indem im letzten gewählten Cluster, die einzelnen enthaltenen Potentialflächen nach absteigender Flächengröße ausgewählt wurden, bis die erforderliche Lebensraumfläche erreicht war.

Für Kiebitz, Großer Brachvogel und Rebhuhn war eine Ausdehnung der Potentialfläche im Verbreitungsgebiet erforderlich, um die für den Zielbestand erforderliche Lebensraumfläche zu erreichen. Für den Kiebitz ergab die zusätzlich Auswahl von Potentialflächen außerhalb des Verbreitungsgebiets nach zwei Kriterien die benötigte Fläche: Zum einen wurde die gesamte Potentialfläche innerhalb der „Verbreitungs-Cluster“ gewählt, die damit immer näher als 2 km von einer Minutenrasterzelle mit Nachweis entfernt liegt. Dadurch wurden die „Verbreitungs-Cluster“ gewissermaßen mit Maßnahmenfläche „gefüllt“. Zum anderen wurde diejenigen Potentialflächen innerhalb der Europäischen Vogelschutzgebiete (SPA) mit Nennung des Kiebitz, die bislang noch nicht abgedeckt waren, ergänzt.

Im Fall des Großen Brachvogel erfolgte die Flächenausdehnung anhand der Potentialfläche innerhalb der Auen-Kulisse, die für das Naturschutz-Szenario erarbeitet wurde. Dabei wurden nur diejenigen Naturräume 4. Ordnung berücksichtigt, in denen historische Vorkommen der Art bekannt sind (Verbreitung 1950-1999 laut HÖLZINGER & BOSCHERT (2001: 500) im Oberrheingraben, Oberschwaben, östliches Albvorland, Baar / Wutach). Die Europäischen Vogelschutzgebiete mit Meldung der Art sind mit dieser Flächenkulisse abgedeckt.

Für das Rebhuhn wurde die Potentialfläche bis zur Größe der erforderlichen Lebensraumfläche innerhalb der „Verbreitungs-Cluster“ um die Minutenrasterzellen mit Nachweis aus-

gedehnt. Hierbei wurden analog zum oben beschriebenen Auswahlverfahren die Potenzialflächen in den Clustern mit der meisten enthaltenen Potenzialfläche ausgewählt, bis der Schwellenwert erreicht wurde.



A7_4: Exemplarische Darstellung der Ableitung der Zielräume für die Maßnahmenumsetzung für das Rebhuhn. (Quelle: der Nachweise im Minutenraster: HÖLZINGER & BOSCHERT 2001).

Anhang 8: Räumliche Abbildung der „potentiellen Lebensraumfläche“ der Zielarten über Objektarten des DLM25.

| Zielart | ACKER | GRÜNLAND | | | | | | | | |
|---|---------------|------------------|----------------------|---------------------|---------------------|-----------------------------------|----------------------|--------------------------|-------------------|---------------|
| | Acker 4101 | Grünland 4102 | | | | Moor/Moos 4105 Sumpf/Ried 4106 | | | Streuobst 4109 | Heide 4104 |
| | | ohne Gehölz | Büsche/ Sträucher | Laub-/ Nadelholz | Röhricht/ Schilf | mit Gras/ Sonstigem | Büsche/ Sträucher | mit Röh- richt/Schilf | | |
| Ackerland | | | | | | | | | | |
| Feldlerche | X | | | | | | | | | |
| Acker/Grünland | | | | | | | | | | |
| Grauammer | X | | | | | | | | | |
| Kiebitz | X | X | X | | | X | X | | | |
| Grünland | | | | | | | | | | |
| Brachvogel ¹ | | X | X | | | X | X | | | |
| Braunkehlchen | | X | X | | | X | X | | | X |
| Wiesenknopf- Ameisenbläulinge ² | | X | X | X | | X | X | | X | |
| Lilagold- Feuerfalter ² | | X | X | X | | X | X | | | X |
| Wantschrecke ² | | X | X | X | | | | | | X |
| Ackerlandschaft mit hoher Strukturvielfalt | | | | | | | | | | |
| Rebhuhn ³ | X | (x) | (x) | (x) | | (x) | (x) | | | (x) |
| Neuntöter ⁴ | (x) | | X | X | | X | X | | X | X |

Anmerkungen

¹ Ergänzung des FFH-Grünlands: Magere Flachland- und Bergmähwiesen (sofern kartiert).

² Nur Verwendung des „Grünlands mittlerer Standorte“ gemäß „Informationssystem Zielartenkonzept“ (MLR & LUBW 2009), (*Mac. teleius / nausithous*).

³ Verwendung Grünland nur, wenn in der Zelle des geographischen Minutenrasters mehr als 50% Ackerland auftraten („Acker-Grünland-Mischgebiete“).

⁴ Ergänzung der geeigneten Ackerfläche im 100m-Umfeld um die Lebensraumfläche im Grünland.

Bei den Vogelarten wurden die in Anhang 8 dargestellten Pufferdistanzen um Störkulissen bzw. -quellen als Ausschlussfläche berücksichtigt.

Anhang 9: Charakteristische Distanzen der Bruthabitate von Bodenbrütern zu Störkulissen bzw. -quellen.

| Art | Wald | Streuobst, Obstplantagen, Gehölze, Baumreihen Hecken | Siedlung | Straßen > 20.000 DTV ¹ | Straßen 1.000 - 20.000 DTV ² | Freileitungen |
|--|---|--|------------------------------|-----------------------------------|---|--------------------|
| Bodenbrüter des Ackerlands | | | | | | |
| Feldlerche | < 500 ha: 100m (E) > 500 ha: 200m (Q1) | 100m (E) | 100m (Q1) | 100m (Q2) | 50m (Q3, E) | 100m (Q4, Q8) |
| Bodenbrüter des Acker- und Grünlands | | | | | | |
| Rebhuhn | 150m (Q14) | 150m (Q14) | 100m (Q14) | 50m (Q2, E) | 50m (Q3, E) | 150m um Mast (Q14) |
| Grauwammer | 300m (Q5, Q6, E) | 100m (Q5) | 200m (Q15) | 100m (Q2) | 50m (Q3, E) | - (Q16) |
| Kiebitz | 300m (Q12, E) | 200m (Q13, E) | 100m (E) | 100m (Q2) | 100 (Q2, Q17) | - (Q8) |
| Bodenbrüter des Grünlands | | | | | | |
| Großer Brachvogel | 500m (Q7, E) | 200m (Q8, E) | 200m (E) | 100m (Q2, Q18) | 50m (Q3, Q18) | - (Q9) |
| Braunkehlchen | 200m (Q10, E) | 100m (Q11, E) | 200m (E) | 100m (Q2) | 50m (Q3, E) | - |
| Wiesenpieper | 200m (E) | 100m (E) | 200m (E) | 100m (Q2) | 50m (Q3, E) | - |
| Quellen | | | Q7 VALKAMA et al. (1998) | | | |
| Q1 OELKE (1968) | | | Q8 PLACHTER et al. (2005) | | | |
| Q2 GARNIEL et al. (2007) | | | Q9 ALTEMÜLLER & REICH (1997) | | | |
| Q3 REIJNEN et al. (1995) | | | Q10 HANSSON (1994) | | | |
| Q4 SOSSINKA & BALLASUS (1997) | | | Q11 HÖLZINGER (1999) | | | |
| Q5 FISCHER & SCHNEIDER (1996) | | | Q12 STEINER (1994) | | | |
| Q6 MEYER et al. (2007) | | | Q13 BERG et al. (1992) | | | |
| E Experteneinschätzung: | | | Q14 GLÄNZER et al. (1993) | | | |
| - Arbeitsgruppe für Tierökologie und Planung | | | Q15 ILLNER et al. (2004) | | | |
| - Institut für Landschaftsplanung und Ökologie | | | Q16 HÖLZINGER (1997) | | | |
| | | | Q17 BLÜHDORN (1998) | | | |
| | | | Q18 BOSCHERT (1993) | | | |

Anmerkungen

¹ GARNIEL et al. (2007) schlagen artspezifische maximale Effektdistanzen von Straßen über 20.000 DTV (durchschnittlicher täglicher Verkehr) vor. Zudem wird für gefährdete und seltene Arten ein 100%iger Lebensraumverlust innerhalb der ersten 100m vom Straßenrand ausgehend erwartet. Bei beobachteten Bruten innerhalb dieses Korridors wird von einem mangelnden Reproduktionserfolg ausgegangen. Im Rahmen des Projekts wurde, im Sinne eines „konservativen“ Ansatzes, die 100m-Distanz mit angenommenem Totalverlust laut GARNIEL et al. (2007) verwendet und nicht die maximalen Effektdistanzen. Für das Rebhuhn wurde der Distanzwert halbiert, da vgs. häufige Bruten in unmittelbarer Straßennähe bekannt sind.

² Gemäß des Ansatzes von REIJNEN et al. (1995) ergibt sich für das Offenland bei Annahme einer durchschnittlichen Geschwindigkeit von 100 km/h und bei der Mittelung der DTV-Bereiche von 5.000-10.000, 10.000-15.000 und 15.000-20.000 eine Effektdistanz für Brutvögel von ca. 200m. Da dieser Wert ähnlich wie bei GARNIEL et al. (2007) als maximale Ausbreitung der Störwirkung zu betrachten ist, wurde „konservativ“ der Wert von 50m verwendet. Dieser wurde gewählt, da bei GARNIEL et al. (2007) die maximalen Effektdistanzen für einen großen Teil der Arten im Bereich 300m – 500m liegen und somit der 100m-Bereich mit Totalverlust auch dort in vielen Fällen ein Viertel der maximalen Störwirkung beträgt.

Anhang 10: Grünland-Kategorien mit gesetzlichem Umbruchsverbot.

| Flächenkategorie | Rechtliche Grundlage | Quelle |
|--|---|--|
| Gesetzlich geschützte Biotoptypen des Grünlands | §30 BNatSchG | LUBW (2008a) |
| Kartierung der FFH-Lebensraumtypen „Magere Flachlandmähwiesen“ (6510) und „Berg-Mähwiesen“ (6520) in FFH-Gebieten sowie auch außerhalb im Regierungsbezirk Karlsruhe ¹ | FFH-Richtlinie (Art 4, Abs. 4) § 33 BNatSchG | LUBW |
| Grünland innerhalb von FFH-Gebieten mit Schutzziel günstiger Erhaltungszustand von Arten, die einen ausreichenden Bestand an Grünland benötigen | FFH-Richtlinie (Art 4, Abs. 4) § 33 BNatSchG | Experten-einschätzung ATP |
| Grünland innerhalb von europäischen Vogelschutzgebieten (SPA-Gebiete) mit Schutzziel - Erhalt der Wiesenbrüter ² - Erhalt der Vögel der Streuobstgebiete ³ - Erhalt von weiteren Vogelarten die in hohem Maße Grünland als Brut- oder Jagdhabitat benötigen | Vogelschutz-Richtlinie (Art. 4 Abs. 1 bis 3) § 33 BNatSchG | LUBW (2008b) Experten-einschätzung ATP |
| Grünland in Wasserschutzgebieten (Zonen I-III) | § 4 SchALVO § 19 WG | RIPS |
| Grünland in Gewässerrandstreifen außerorts mit beidseitiger Breite von 10 m ⁴ . Im DLM25 nur linienhaft vorliegende Fließgewässer wurden vorab mit dem Maximalwert der angegebenen Gewässerbreite gepuffert (1-3m = 3m; 3-6m = 6m; 6-12m = 12m). | § 68b WG | RIPS |
| Grünland in Überschwemmungskernbereichen (Überflutungsbereich des 10-jährlichen Hochwassers HQ10) ⁵ 1. Rhein, Neckar, Donau (Donau: HQ 20) 2. Enz, Iller, Jagst, Kocher, Tauber 3. restliche Flüsse: Auenabgrenzung lt. Erdi-BW | § 5 BNatSchG § 77 WG | 1. Hochwasser-Kartierung ⁶ 2. BRUNOTTE et al. (2009) 3. s. Anhang 5 |

Anmerkungen

Grundlage der Aufstellung bildet die Stellungnahme des Ministeriums für Ernährung und Ländlichen Raum (MLR) zur Anfrage an den Landtag „Grünlandsschwund in Baden-Württemberg“ (Drucksache 14/2288 vom 28.01.2008). Ergänzende Informationen wurden von Hr. Lorho, Referat 57 Biotop- und Artenschutz / Eingriffsregelung des MLR eingeholt.

In Übereinstimmung mit der Stellungnahme des MLR wurde auf eine Ermittlung des Grünlandsschutzes in den einzelnen Natur- und Landschaftsschutzgebieten verzichtet. Die Analyse der Regelung in den jeweiligen Verordnungen hätte einen unverhältnismäßig hohen Aufwand erforderlich gemacht. Zudem handelt es sich bei den Flächen zum überwiegenden Teil um §32-Biotoptypen, Flachland- und Bergmähwiesen in FFH-Gebieten und um Grünland in Vogelschutzgebieten mit Schutzziel „Erhalt der Wiesenbrüter“.

- 1: Nach § 19 BNatSchG kann ein Umweltschaden i.S.d. Umweltschadengesetzes auch dann an Lebensraumtypen (LRT) i.S.d. Anhangs 1 der FFH-RL eintreten, wenn sich dieser LRT außerhalb eines FFH-Gebietes befindet und durch den Umbruch eine erhebliche nachteilige Auswirkung i.S.v. § 19 Abs. 1 BNatSchG verursacht wird.
- 2: Die Schutzbestimmungen des §33 BNatSchG betreffen nicht die SPA-Gebiete insgesamt sondern nur die Habitate von Wiesenbrütern. Der Stellungnahme des MLR zur Landtagsanfrage „Grünlandsschwund in Baden-Württemberg“ folgend, wurde jedoch das gesamte Grünland der entsprechenden SPA-Gebiete in die Kulisse des Umbruchsverbots übernommen.
- 3: Gemäß novelliertem Artenschutzrecht dürfen Fortpflanzungs- und Ruhestätten der europäischen Vogelarten nicht zerstört und der Erhaltungszustand der lokalen Population nicht verschlechtert werden. Dies betrifft also auch in Streuobstgebieten sehr weit verbreitete Arten wie z.B. den Gartenrotschwanz. Aufgrund der bestehenden Ausnahmeregelungen wird hier jedoch daraus kein generelles Umbruchsverbot für das gesamte Streuobst abgeleitet.

4: berücksichtigte Gewässer

- Stillgewässer (Grundlage: ATKIS, §32-Biotopkartierung)
- Fließgewässer (Grundlage: ATKIS)
- Gräben (Grundlage: ATKIS)
- Quellen (Grundlage: ATKIS, §32-Biotopkartierung)

5: Der 10-jährliche Überflutungsbereich (HQ10) lag als GIS-Datensatz nur für Rhein und Neckar vor. Für die Donau wurde der Bereich des HQ20 verwendet. Für Enz, Iller, Jagst, Kocher, Tauber wurde im Rahmen des Projekts „Bilanzierung der Auen und Überschwemmungsgebiete an Flüssen in Deutschland“ (BRUNOTTE et al. 2009) die rezente, morphologische Aue abgegrenzt. Im Rahmen des Projekts „Erdi-BW“ (ILPÖ 2000) wurde aus landesweit vorliegenden GIS-Daten ein Datensatz der Auen erstellt, wobei ausschließlich geologische und pedologische Merkmale verwendet wurden.

6: Hochwasserkartierungen

- Rhein: IKS (2001)
- Neckar: IKONE / MUV (2004)
- Donau: IDP / RP TÜBINGEN (2006)

Freiwilliges Umbruchverbot entsprechend MEKA: Da MEKA-Zahlungen im Modell EFEM integriert sind, ergibt sich in den Bioenergie-Szenarien der Umfang dieser Flächen aus den ökonomischen Rahmenbedingungen (kein dauerhaft er rechtlicher Schutz). In den Szenarien mit Berücksichtigung der Naturschutz-Vorgaben ist kein Umbruch zugelassen.

Anhang 11: Vorgehensweise zur Bestimmung der Treibhausgasemissionen in EFEM

A11_1: Integrierte Faktoren zur Bestimmung der Lachgasemissionen

| Quelle Gas | Ursache | Berechnung in EFEM | Literatur |
|-------------------------------|--|---|------------------|
| 1. Direkt Boden | MD = Min. Dünger WD = Wirtschaftsdünger Nf = Biolog. N-Fixierung Er = Ernterückstände | $\text{N}_2\text{O-N (direkt)} = [\text{NMD} \times (1 - \text{FracGasMD}) + \text{NWD} \times (1 - \text{FracGasWD}) + \text{NNf} + \text{NEr}] \times 0,0125$ | nach IPCC (1997) |
| 2. Indirekt (leaching/runoff) | MD = Min. Dünger WD = Wirtschaftsdünger | $\text{N}_2\text{O-N (indirekt)} = [(\text{NMD} + \text{NWD}) \times \text{FracLeach}] \times 0,025$ | IPCC (1997) |
| 3. Indirekt (Deposition) | MD = Min. Dünger WD = Wirtschaftsdünger | $\text{N}_2\text{O-N (indirekt)} = [(\text{NMD} \times (1 - \text{FracGasMD}) + (\text{NWD} \times (1 - \text{FracGasWD}))] \times 0,01$ | nach IPCC (1997) |
| 4. Direkt Lager/Ausbringung | WDfl = Gülle | $\text{N}_2\text{O-N (Lager)} = (\text{WDfl}) \times 0,001$ | IPCC (1997) |
| | WD Fest = Festmist | $\text{N}_2\text{O-N (Lager)} = (\text{WDFest}) \times 0,02$ | |
| | WD Weide = Weide | $\text{N}_2\text{O-N (Lager)} = (\text{WDWeide}) \times 0,02$ | |

FracGasMD/WD = jeweiliger Verlustkoeffizient in Form von $\text{NH}_3\text{-N}$

Quelle: nach IPCC (1997) - zitiert aus SCHÄFER (2006), S. 48

A11_2: Integrierte Faktoren zur Bestimmung der verdauungsbedingten Methanemissionen

| Tierart | Ursache | Berechnung in EFEM | Literatur |
|--------------|---|--|--------------------------|
| | Input [kg/d] | Output Emission [g CH_4 /d] | |
| Rinder | XP = Rohprotein XF = Rohfaser NfE = N-freie Extraktstoffe XL = Rohfett | $\text{CH}_4 = 63 + 26 \times \text{XP} + 79 \times \text{XF} + 10 \times \text{NfE} - 212 \times \text{XL}$ | nach KIRCHGESSNER (1994) |
| Mastschweine | BFS = bakteriell fermentierbare Substanz | $\text{CH}_4 = 2,85 + 13 \times \text{BFS}$ | |
| Zuchtsauen | | $\text{CH}_4 = 16 \times \text{BFS}$ | |
| | | Output Emission [kg CH_4 /Tier/a] | |
| Schafe | pauschal | 8 | IPCC (1997) |

Quelle: nach IPCC (1997), KIRCHGESSNER (1994)

A11_3: Integrierte Faktoren zur Bestimmung de Methanemissionen bei der Lagerung tierischer Exkrememente

| Tierart | maximale Methanproduktionskapazität [kg CH ₄ /kg org. Substanz] | Lagerungsart | Methankonversionsfaktor [%] | Literatur |
|---|--|--------------|-----------------------------|-------------------|
| Milchkuh | 0,172 | Flüssigmist | 15,0 | HEYER (1994) |
| Rind | 0,122 | Festmist | 1,5 | |
| Schwein | 0,322 | Weidehaltung | 1,5 | |
| Output Emission [kg CH ₄ /Tierplatz/a] | | | | |
| Schaf | 0,19 | | | nach IPCC (1997b) |
| Legehennen/ Masthähnchen | 0,078 | | | |

Quelle: nach IPCC (1997), HEYER (1994)

A11_4: CO₂-Emissionsfaktoren des vorgelagerten Bereichs

| | Einheit | CO ₂ -Emissionsfaktoren [kg CO ₂ -Äquivalente ¹⁾ je Einheit] |
|----------------------|----------------------------------|---|
| Düngemittel | | |
| Stickstoffdünger | kg N | 7,67 |
| Phosphatdünger | kg P ₂ O ₅ | 1,17 |
| Kaliumdünger | kg K ₂ O | 0,67 |
| Zukauffuttermittel | | |
| Winterweizen | dt | 50,0 |
| Wintergerste | dt | 43,0 |
| Hafer | dt | 43,0 |
| Weizenkleie | dt | 55,0 |
| Sojaschrot | dt | 79,5 |
| Milchaustauscher | kg | 2,1 |
| Pflanzenschutzmittel | € | 0,55 |

¹⁾ Berechnet mit dem GWP für 100 Jahre (N₂O=310 und CH₄=21)

Quelle: PATYK und REINHARD (1997), LÖTHE (1999), REINHARDT (1993), GREEN (1987), SHAHBAZI und GOSWAMI (1986) - zitiert aus ANGENENDT (2003), S. 58

A11_5: CO₂-Emissionsfaktoren der verwendeten Energieträger

| | Einheit | CO ₂ -Emissionsfaktoren [kg CO ₂ -Äquivalente je Einheit] |
|-----------------------|---------|---|
| Energieträger | | |
| Heizöl (leicht) | kg | 3,079 |
| Dieselmotortreibstoff | kg | 3,598 |
| Strom | kWh | 0,761 |

Quelle: eigene Berechnungen nach Kaltschmitt und Reinhardt (1997)

Anhang 12: Betriebliche Kapazitäten der ausgewählten typischen Betriebe in den Untersuchungsregionen

| | | Region VGG 1 (Unterland/Gäue) | | | | | |
|---------------------|--------|-------------------------------|-------------|-------------|-----------|-----------|-----------------------|
| | | Ackerbau | Verbund 1 | Futterbau | Veredlung | Verbund 2 | Regionale Kapazitäten |
| Ackerfläche | ha | 85,0 | 35,0 | 40,0 | 45,0 | 50,0 | 184194 |
| Grünland | ha | 7,0 | | 63,1 | | | 42885 |
| Zuckerrüben | ha | 7,1 | | 4,2 | | 6,6 | 15431 |
| Kartoffeln | ha | 1,7 | | | | | 2715 |
| Rinder | Platz | 6,0 | | | | | 10389 |
| Milchkühe | Platz | | | 63,0 | | | 31621 |
| Mutterkühe | Platz | 3,0 | | | | | 4881 |
| Mastschweine | Platz | | 342,0 | | | 2,0 | 106664 |
| Zuchtsauen | Platz | | 54,0 | | | 75,0 | 39273 |
| Legehennen | Platz | | | | 13118,0 | | 666377 |
| Masthähnchen | Platz | | | | 1650,0 | | 83625 |
| Hochrechnungsfaktor | Anzahl | 1599,5 | 310,1 | 501,9 | 50,8 | 300,3 | |
| | | Region VGG 2 (Rhein/Bodensee) | | | | | |
| | | Ackerbau 1 | Ackerbau 2 | Futterbau | Veredlung | Verbund | Regionale Kapazitäten |
| Ackerfläche | ha | 66,4 | 79,2 | 24,3 | 32,4 | 42,7 | 120000 |
| Grünland | ha | | 24,0 | 45,0 | | 15,0 | 46843 |
| Zuckerrüben | ha | 3,3 | | | 4,9 | | 1225 |
| Kartoffeln | ha | 1,0 | 1,6 | | | | 1392 |
| Rinder | Platz | | 4,0 | | | 7,0 | 8579 |
| Milchkühe | Platz | | | 45,0 | | 10,0 | 26435 |
| Mutterkühe | Platz | | 9,0 | | | | 6166 |
| Mastschweine | Platz | 113,0 | 21,0 | | | | 48246 |
| Zuchtsauen | Platz | 20,0 | | | 103,0 | | 10831 |
| Legehennen | Platz | 680,0 | 76,0 | | | | 258291 |
| Masthähnchen | Platz | | | | | | |
| Hochrechnungsfaktor | Anzahl | 300,4 | 680,9 | 406,8 | 46,8 | 813,1 | |
| | | Region VGG 3 (Schwarzwald) | | | | | |
| | | Futterbau 1 | Futterbau 2 | Verbund | | | Regionale Kapazitäten |
| Ackerfläche | ha | 5,3 | 10,0 | 29,0 | | | 16946 |
| Grünland | ha | 39,5 | 58,0 | 19,0 | | | 94474 |
| Zuckerrüben | ha | | | | | | 0 |
| Kartoffeln | ha | 0,3 | 0,2 | 0,1 | | | 376 |
| Rinder | Platz | | 7,0 | 2,0 | | | 9141 |
| Milchkühe | Platz | 28,0 | 21,0 | 8,0 | | | 40503 |
| Mutterkühe | Platz | | 13,0 | 8,0 | | | 17517 |
| Mastschweine | Platz | 14,0 | | 29,0 | | | 7902 |
| Zuchtsauen | Platz | | | 51,0 | | | 2616 |
| Legehennen | Platz | 40,0 | 100,0 | | | | 148423 |
| Masthähnchen | Platz | | | | | | 0 |
| Hochrechnungsfaktor | Anzahl | 455,4 | 1301,6 | 52,3 | | | |
| | | Region VGG 4 (Alb/Baar) | | | | | |
| | | Ackerbau | Futterbau 1 | Futterbau 2 | Veredlung | Verbund | Regionale Kapazitäten |
| Ackerfläche | ha | 57,2 | 21,4 | 44,5 | 45,1 | 78,3 | 114603 |
| Grünland | ha | 28,0 | 52,0 | 57,4 | | | 102642 |
| Zuckerrüben | ha | | | | | | 0 |
| Kartoffeln | ha | 0,4 | | 0,5 | | | 615 |
| Rinder | Platz | 8,0 | | 21,0 | | | 14069 |
| Milchkühe | Platz | 8,0 | 40,0 | | | | 53328 |
| Mutterkühe | Platz | | | 45,0 | | | 10005 |
| Mastschweine | Platz | | | | | 509,0 | 88636 |
| Zuchtsauen | Platz | | | | | 165,0 | 28974 |
| Legehennen | Platz | 256,0 | | | | | 299502 |
| Masthähnchen | Platz | | | | 10000,0 | | 155223 |
| Hochrechnungsfaktor | Anzahl | 1168,5 | 1099,5 | 222,3 | 15,5 | 174,1 | |

Anhang

| | | Region VGG 5 (Allgäu) | | | | | |
|---------------------|--------|---|-------------|-------------|-----------|-----------|-----------------------|
| | | Futterbau 1 | Futterbau 2 | Futterbau 3 | Verbund | | Regionale Kapazitäten |
| Ackerfläche | ha | | 5,8 | 4,0 | 57,9 | | 4028 |
| Grünland | ha | 48,0 | 33,0 | 30,7 | 22,0 | | 45525 |
| Zuckerrüben | ha | | | | | | 0 |
| Kartoffeln | ha | | | | | | 0 |
| Rinder | Platz | | 2,0 | 2,0 | | | 1781 |
| Milchkühe | Platz | 50,0 | 39,0 | 37,0 | 22,0 | | 51873 |
| Mutterkühe | Platz | 2,0 | | | | | 682 |
| Mastschweine | Platz | | 30,0 | | | | 3253 |
| Zuchtsauen | Platz | | 12,0 | | | | 1309 |
| Legehennen | Platz | | 5,0 | 28,0 | | | 22564 |
| Masthähnchen | Platz | | | | | | 0 |
| Hochrechnungsfaktor | Anzahl | 367,9 | 108,4 | 787,6 | 5,0 | | |
| | | Region VGG 6 (Oberland/Donau) | | | | | |
| | | Ackerbau | Futterbau | Veredlung | Verbund 1 | Verbund 2 | Regionale Kapazitäten |
| Ackerfläche | ha | 63,9 | 45,0 | 43,6 | 38,7 | 31,6 | 162473 |
| Grünland | ha | | 30,0 | | | 27,4 | 85811 |
| Zuckerrüben | ha | 3,3 | | | | | 741 |
| Kartoffeln | ha | | | | 0,6 | 1,5 | 885 |
| Rinder | Platz | | 8,0 | | | 5,0 | 22016 |
| Milchkühe | Platz | | 39,0 | | | 16,0 | 103127 |
| Mutterkühe | Platz | | 2,0 | | | 6,0 | 7309 |
| Mastschweine | Platz | 20,0 | | | 460,0 | | 192596 |
| Zuchtsauen | Platz | 43,0 | | 269,0 | 66,0 | | 83751 |
| Legehennen | Platz | 2130,0 | | | | | 480753 |
| Masthähnchen | Platz | | | | | 680,0 | 292967 |
| Hochrechnungsfaktor | Anzahl | 225,7 | 2467,5 | 174,9 | 408,9 | 430,8 | |
| | | Region VGG 7 (Albvorland/Schwäbischer Wald) | | | | | |
| | | Ackerbau | Futterbau | Veredlung | Verbund 1 | Verbund 2 | Regionale Kapazitäten |
| Ackerfläche | ha | 71,3 | 17,9 | 33,9 | 47,7 | 40,3 | 87965 |
| Grünland | ha | | 40,0 | 48,9 | 47,0 | 0,0 | 90594 |
| Zuckerrüben | ha | | | 0,4 | | 1,9 | 75 |
| Kartoffeln | ha | 2,0 | | | 0,3 | 1,6 | 656 |
| Rinder | Platz | | 7,0 | | 9,0 | | 15838 |
| Milchkühe | Platz | | 33,0 | | 31,0 | | 58962 |
| Mutterkühe | Platz | | | 31,0 | 6,0 | | 12167 |
| Mastschweine | Platz | 250,0 | | 168,0 | | | 54021 |
| Zuchtsauen | Platz | | 15,0 | 130,0 | | | 24437 |
| Legehennen | Platz | | | | 280,0 | | 381878 |
| Masthähnchen | Platz | | | | | 25000,0 | 255239 |
| Hochrechnungsfaktor | Anzahl | 129,3 | 509,6 | 129,2 | 1359,5 | 10,2 | |
| | | Region VGG 8 (Bauland/Hohenlohe) | | | | | |
| | | Ackerbau | Futterbau | Veredlung | Verbund 1 | Verbund 2 | Regionale Kapazitäten |
| Ackerfläche | ha | 44,4 | 31,0 | 58,3 | 27,5 | 65,2 | 147114 |
| Grünland | ha | | 35,0 | | 20,0 | 18,3 | 35331 |
| Zuckerrüben | ha | 4,7 | | 2,5 | | | 3122 |
| Kartoffeln | ha | 0,2 | 0,5 | | | | 171 |
| Rinder | Platz | | 5,0 | | | | 9216 |
| Milchkühe | Platz | | 25,0 | | | 20,0 | 32441 |
| Mutterkühe | Platz | | | | 30,0 | | 4492 |
| Mastschweine | Platz | | | 280,0 | | | 151101 |
| Zuchtsauen | Platz | | | 200,0 | | | 108668 |
| Legehennen | Platz | | | 750,0 | | | 404257 |
| Masthähnchen | Platz | 200,0 | | | | | 75553 |
| Hochrechnungsfaktor | Anzahl | 377,3 | 220,6 | 543,3 | 149,7 | 1346,3 | |

Anhang 13: Durchschnittliche Erträge/ha von landwirtschaftlichen Feldfrüchten in den landwirtschaftlichen Vergleichsgebieten Baden-Württembergs 2001 – 2005

| | VGG_1 | VGG_2 | VGG_3 | VGG_4 | VGG_5 | VGG_6 | VGG_7 | VGG_8 |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Winterweizen | 71,3 | 64,5 | 51,7 | 65,0 | 71,6 | 73,8 | 63,8 | 69,4 |
| Sommerweizen | 59,0 | 54,0 | 44,2 | 53,3 | 61,1 | 61,9 | 52,0 | 57,3 |
| Roggen | 60,4 | 49,5 | 47,4 | 52,5 | - | 62,1 | 52,1 | 60,4 |
| Wintergerste | 62,9 | 54,8 | 46,8 | 55,5 | 59,9 | 61,7 | 55,7 | 59,7 |
| Sommergerste | 53,4 | 46,7 | 43,0 | 47,6 | 52,4 | 53,0 | 48,1 | 47,9 |
| Hafer | 52,6 | 50,1 | 45,4 | 50,1 | 54,1 | 54,9 | 49,3 | 49,8 |
| Körnermais | 90,0 | 90,6 | 82,5 | 83,5 | - | 93,6 | 85,2 | 88,7 |
| Winterraps | 36,0 | 31,1 | 31,7 | 33,7 | - | 35,5 | 34,3 | 32,3 |
| Körnersonnenblumen | 29,6 | 26,8 | - | 26,6 | - | 20,9 | 23,1 | 27,4 |
| Zuckerrüben | 619,0 | 554,8 | - | 581,4 | - | 625,2 | 603,1 | 585,9 |
| Spätkartoffeln | 350,3 | 351,3 | 299,7 | 321,8 | - | 357,5 | 312,0 | 327,8 |
| Silomais | 442,7 | 457,8 | 388,4 | 419,9 | 445,6 | 455,5 | 432,1 | 442,9 |
| Kleegrass | 74,7 | 77,0 | 71,5 | 73,0 | 97,6 | 82,6 | 73,9 | 75,6 |

Quelle: Eigene Berechnungen nach Statistisches Landesamt Baden-Württemberg, 2008.

Anhang 14: Erzeugerpreise für die Jahre 2003 und 2015 in EFEM

| | | 2003 | 2015 |
|---------------------------|-------|-------|-------|
| Pflanzenproduktion | | | |
| Winterweizen | dt | 12,1 | 15,6 |
| Sommerweizen | dt | 11,6 | 15,0 |
| Wintergerste | dt | 10,1 | 13,7 |
| Sommergerste | dt | 12,9 | 17,4 |
| Hafer | dt | 9,5 | 15,8 |
| Roggen | dt | 10,0 | 14,4 |
| Körnermais | dt | 13,3 | 15,7 |
| Winterraps | dt | 23,7 | 32,6 |
| Sonnenblumen | dt | 21,6 | 33,4 |
| Zuckerrüben | dt | 3,8 | 2,3 |
| Kartoffeln | dt | 9,4 | 12,3 |
| Bioenergie | | | |
| Raps (Non Food) | dt | 20,5 | 28,1 |
| Silomais | dt | 1,6 | 3,6 |
| tier. Produkte | | | |
| Bullenkalb | Stück | 170,2 | 188,5 |
| Kuhkalb | Stück | 90,0 | 99,7 |
| Milch | kg | 0,2 | 0,3 |
| Altkuh | Stück | 669,3 | 784,4 |
| Mastbulle | kg | 2,5 | 2,8 |
| Färse | kg | 2,2 | 2,4 |
| Ferkel | Stück | 43,3 | 62,5 |
| Mastschwein | kg | 1,3 | 1,6 |
| Altsau | Stück | 160,1 | 230,9 |
| Küken | Stück | 0,5 | 0,5 |
| Junghenne | Stück | 4,1 | 3,9 |
| Eier | Stück | 0,1 | 0,1 |
| Schlachthenne | kg LG | 0,1 | 0,1 |

Anhang 15: Betriebsmittelpreise für die Jahre 2003 und 2015 in EFEM

| Produkt | Einheit | €/Einheit | |
|-------------------------|---------|-----------|--------|
| | | 2003 | 2015 |
| Dünger | | | |
| Stickstoff | kg | 0,55 | 1,14 |
| Phosphor | kg | 0,56 | 1,58 |
| Kali | kg | 0,30 | 0,75 |
| Kalk | kg | 0,07 | 0,18 |
| Futtermittel | | | |
| Trockenschnitzel | dt | 11,36 | 15,78 |
| Soja | dt | 24,10 | 22,57 |
| Milchleistungsfutter | dt | 15,33 | 21,29 |
| Weizenkleie | dt | 8,00 | 11,11 |
| Milchaustauscher | dt | 138,28 | 192,05 |
| Alleinfutter Legehennen | dt | 20,93 | 29,07 |
| Alleinfutter Broiler | dt | 23,17 | 32,18 |
| Energie | | | |
| Diesel | l | 0,75 | 1,47 |
| Strom | kWh | 0,12 | 0,24 |
| Heizöl leicht | l | 0,31 | 0,60 |

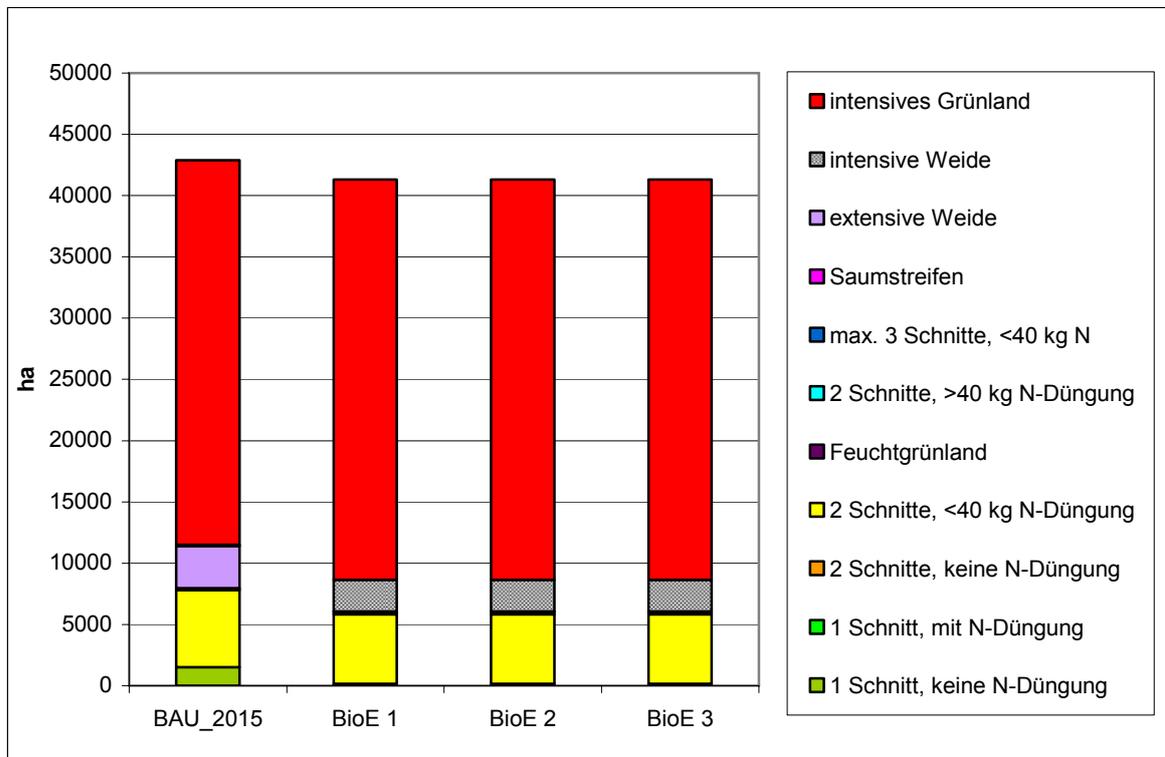
Anhang 16: Prognostizierte Erträge der wichtigsten Ackerbaukulturen für das Jahr 2015

| VGG Nr. | Regionale Einheit | Winterweizen | Sommerweizen | Roggen | Wintergerste | Sommergerste | Hafer | Körnermais einschl. CCM |
|---------------|----------------------------------|--------------|-------------------------|-------------|----------------|--------------|-----------|----------------------------|
| | | dt/ha | dt/ha | dt/ha | dt/ha | dt/ha | dt/ha | dt/ha |
| 1 | Unterland/ Gäue | 77 | 64 | 69 | 64 | 57 | 56 | 107 |
| 2 | Rhein/ Bodensee | 68 | 58 | 52 | 53 | 48 | 52 | 100 |
| 3 | Schwarzwald | 54 | 47 | 51 | 47 | 47 | 50 | 93 |
| 4 | Alb/ Baar | 72 | 61 | 58 | 56 | 50 | 55 | 91 |
| 5 | Allgäu | 85 | 73 | 58 * | 65 | 60 | 61 | 91 * |
| 6 | Oberland/ Donau | 78 | 64 | 68 | 60 | 56 | 57 | 106 |
| 7 | Albvorland/ Schwäbischer Wald | 69 | 57 | 57 | 55 | 51 | 52 | 105 |
| 8 | Bauland/ Hohenlohe | 77 | 64 | 71 | 60 | 50 | 52 | 105 |
| Gesamt | Baden-Württemberg | 76 | 61 | 60 | 59 | 53 | 55 | 107 |
| | | | | | | | | |
| VGG Nr. | Regionale Einheit | Winterraps | Körnersonnen- blumen | Zuckerrüben | Spätkartoffeln | Silomais | Klee gras | Wiesen |
| | | dt/ha | dt/ha | dt/ha | dt/ha | dt/ha | dt/ha | dt/ha |
| 1 | Unterland/ Gäue | 44 | 31 | 713 | 369 | 420 | 82 | 72 |
| 2 | Rhein/ Bodensee | 35 | 27 | 600 | 381 | 427 | 82 | 77 |
| 3 | Schwarzwald | 38 | - ** | - ** | 305 | 361 | 71 | 69 |
| 4 | Alb/ Baar | 40 | 31 | 671 | 370 | 429 | 84 | 70 |
| 5 | Allgäu | 40 * | - ** | - ** | - ** | 430 | 110 | 92 |
| 6 | Oberland/ Donau | 40 | 27 | 729 | 371 | 422 | 89 | 85 |
| 7 | Albvorland/ Schwäbischer Wald | 39 | 19 | 696 | 326 | 433 | 80 | 70 |
| 8 | Bauland/ Hohenlohe | 37 | 29 | 678 | 376 | 462 | 87 | 78 |
| Gesamt | Baden-Württemberg | 39 | 27 | 698 | 376 | 433 | 85 | 74 |

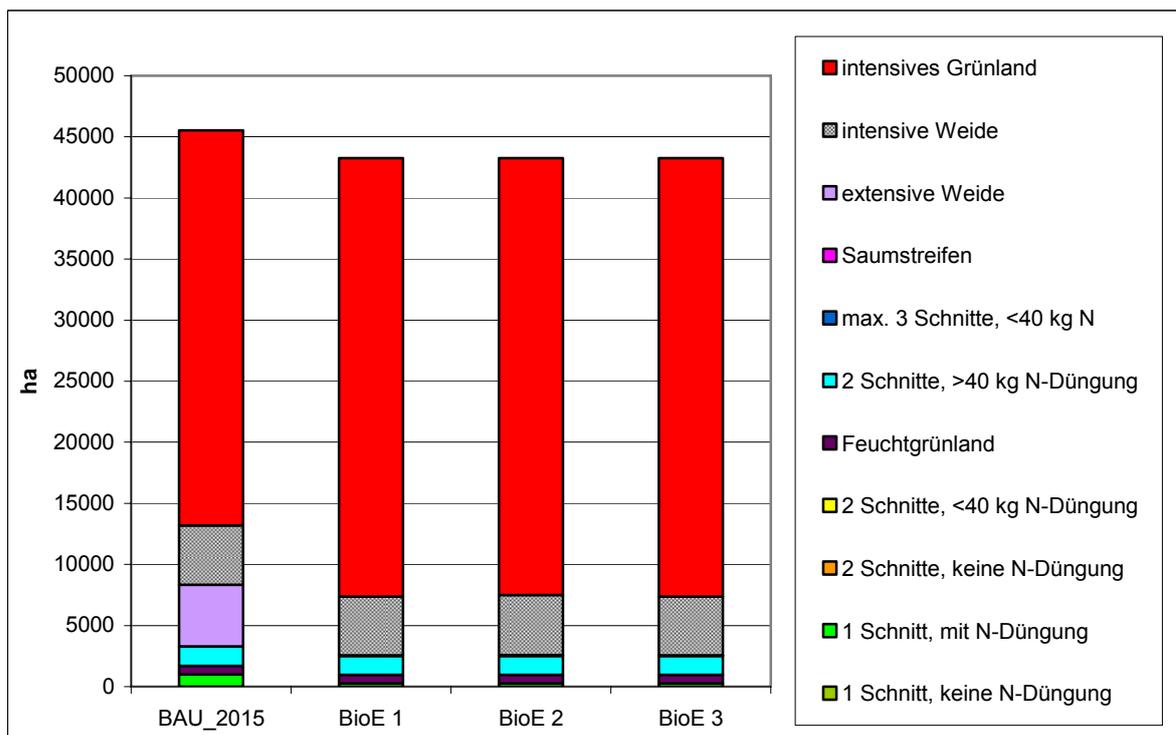
*) Für diese Kulturen lagen keine durchgehenden Ertragsdaten vom statistischen Landesamt für die jeweilige VGG vor. Es wurden die prognostizierten Erträge der ähnlichsten VGG eingesetzt.

**) Diese Kulturen wurden in den jeweiligen VGG in den zur Verfügung stehenden Zeitreihen nicht angebaut.

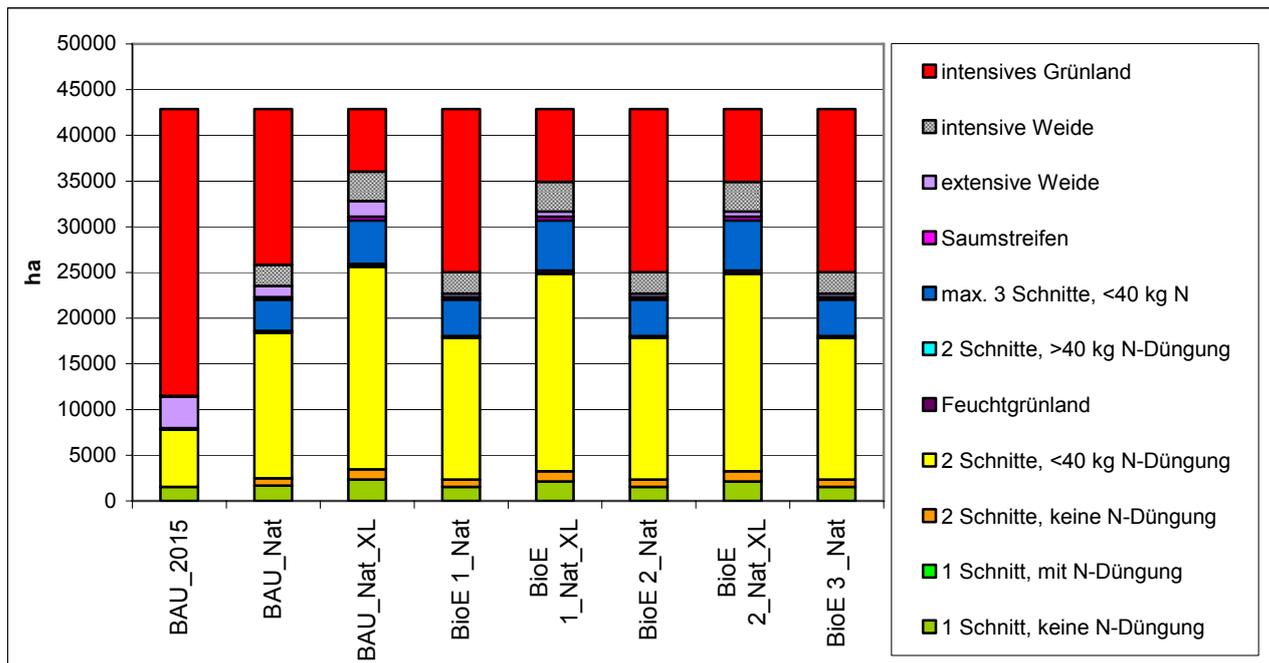
Anhang 17: Grünlandnutzung in dem Szenario BAU_2015 und den Biomasse-szenarien in VGG 1



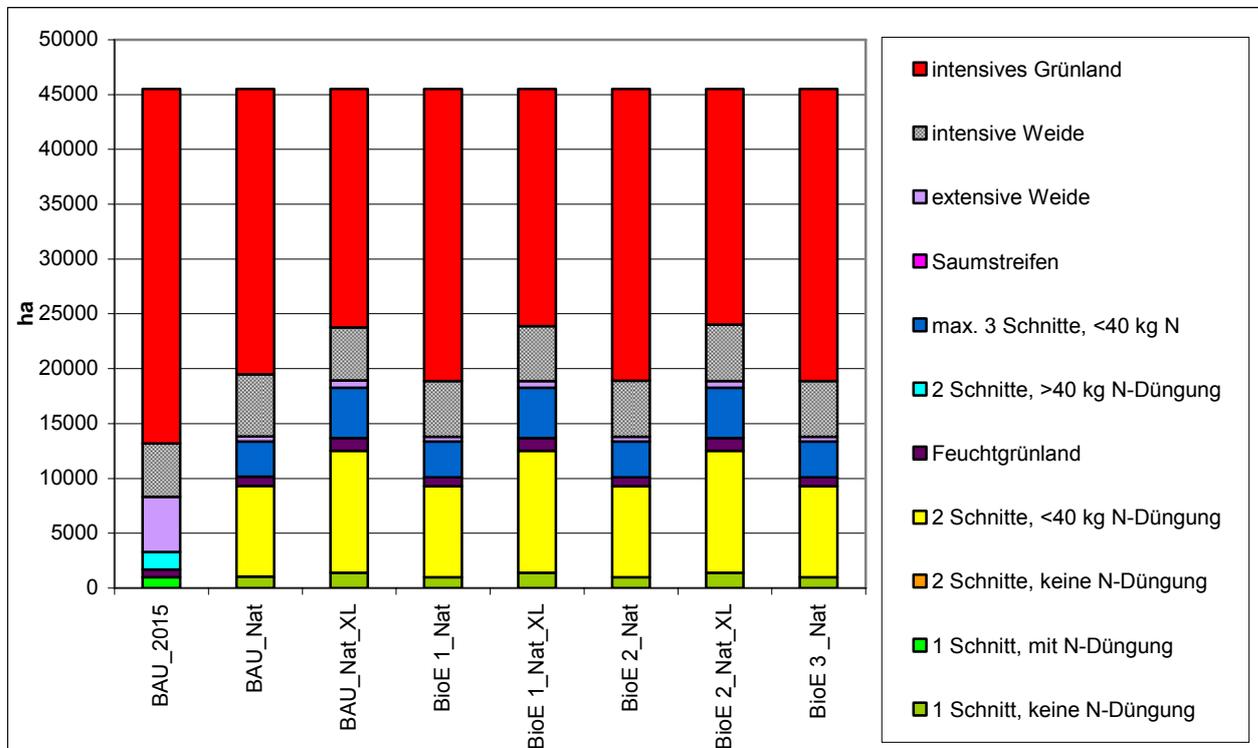
Anhang 18: Grünlandnutzung in den Szenario BAU_2015 und den Biomasse-szenarien in VGG 5



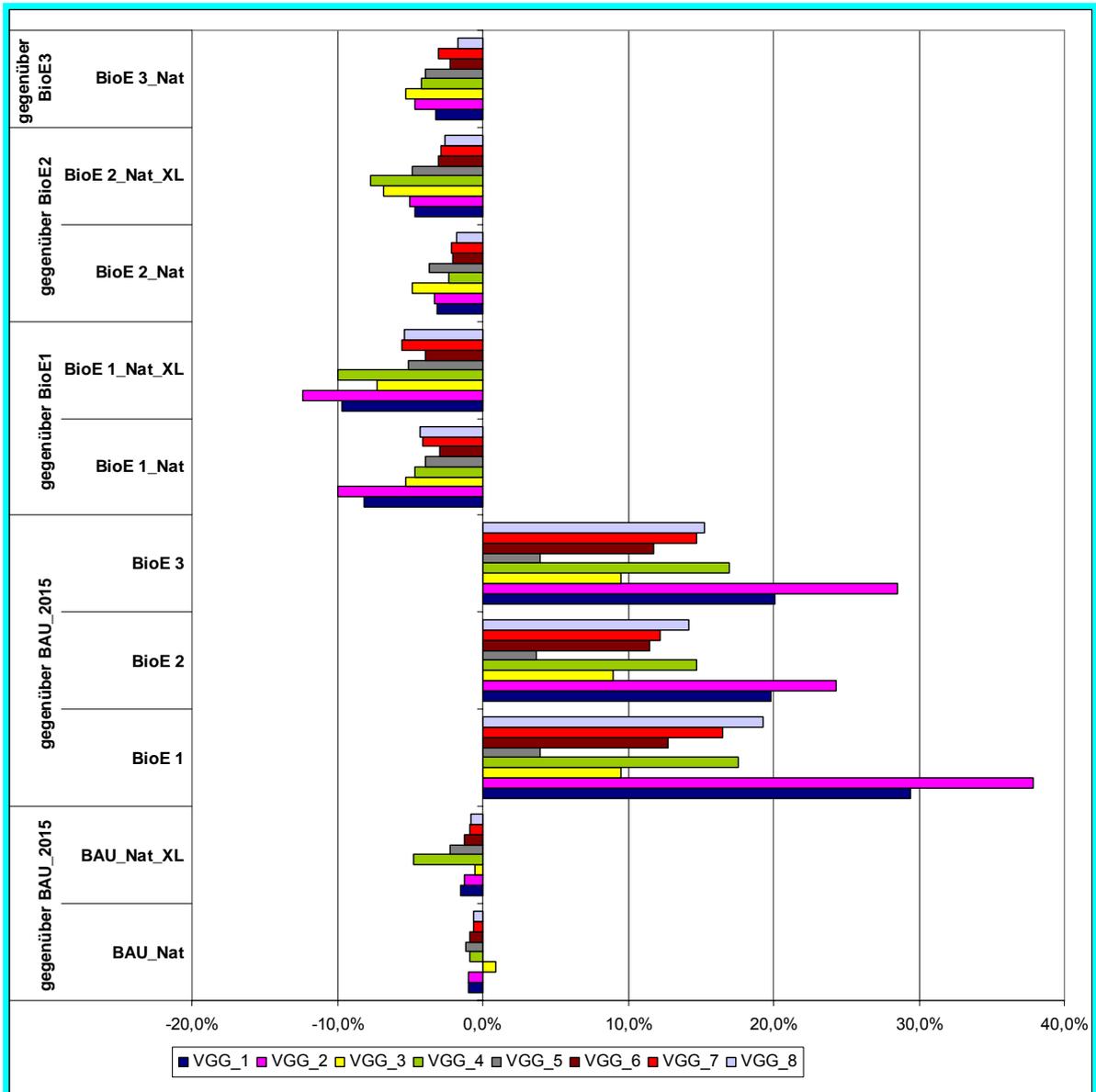
Anhang 19: Grünlandnutzung in dem Szenario BAU_2015 und den Naturschutzszenarien in VGG 1



Anhang 20: Grünlandnutzung in den Szenario BAU_2015 und den Naturschutzszenarien in VGG 5



Anhang 21: Auswirkungen der Modellszenarien auf die Deckungsbeiträge in den Untersuchungsregionen (relative Änderung in %)



Anhang 22: Lage und Kennwerte der repräsentativen Klimastationen für die 21 landwirtschaftlichen Vergleichsgebiete Baden-Württembergs in der LSYSIS-BW- Datenbank zur agrarökologischen Modellierung mit EPIC

| VGG-Nr. | VGG-Name | VG-Nr. | VG-Name | Station | Stations-Nr. | Längengrad | Breitengrad | m ü. NN | mittl. Jahrestemp (max) [°C] | mittl. Jahrestemp (min) [°C] | mittl. Jahresniederschlag [mm] |
|---------|--------------------------------------|--------|---------------------------------------|-----------------------------|--------------|------------|-------------|---------|------------------------------|------------------------------|--------------------------------|
| 1 | Unterland/Gäue | 1 | Unterland/Bergstraße | Heilbronn | 4461 | 49,20 | 9,15 | 152 | 15,3 | 6,6 | 711 |
| 1 | Unterland/Gäue | 2 | bessere und geringere Gäulandschaften | Ihinger Hof | 6 | 48,73 | 8,92 | 479 | 13,2 | 4,1 | 699 |
| 2 | Rhein/Bodensee | 3 | bessere und geringere Rheinebene | Offenburg | 3777 | 48,50 | 7,95 | 200 | 14,9 | 6,6 | 893 |
| 2 | Rhein/Bodensee | 4 | Westlicher Bodensee | Konstanz | 2795 | 47,41 | 9,11 | 443 | 14,0 | 6,0 | 866 |
| 2 | Rhein/Bodensee | 9 | Östlicher Bodensee | Friedrichshafen | 4471 | 47,70 | 9,50 | 500 | 14,2 | 6,4 | 989 |
| 3 | Schwarzwald | 5 | West-schwarzwald | Freiamt-Ottoschwanden | 2318 | 48,12 | 7,56 | 481 | 13,2 | 6,4 | 1027 |
| 3 | Schwarzwald | 6 | Hochschwarzwald | Schw.Süd | 4467 | 48,10 | 8,20 | 800 | 10,3 | 5,0 | 1552 |
| 3 | Schwarzwald | 7 | Ostschwarzwald | Freudenstadt | 4460 | 48,42 | 8,41 | 750 | 11,6 | 4,5 | 1287 |
| 4 | Alb/Baar | 8 | Baar | Vill.-Sch. | 4468 | 48,04 | 8,46 | 715 | 11,6 | 2,8 | 1101 |
| 4 | Alb/Baar | 14 | Geringere Alb | Münsingen-Apfelstetten | 3402 | 48,35 | 9,50 | 650 | 11,5 | 2,7 | 961 |
| 4 | Alb/Baar | 15 | Heuberg | Albstadt-Lautlingen | 2928 | 48,13 | 8,58 | 698 | 12,0 | 3,1 | 950 |
| 4 | Alb/Baar | 16 | Westliches Albvorland | Rottweil | 2757 | 48,11 | 8,38 | 588 | 13,0 | 3,2 | 856 |
| 5 | Allgäu | 10 | Allgäu | Isny | 4138 | 47,41 | 10,03 | 712 | 12,2 | 2,4 | 1627 |
| 6 | Oberland/Donau | 11 | Oberland | Aulendorf-Spiegler | 2764 | 47,58 | 9,40 | 560 | 12,3 | 3,9 | 894 |
| 6 | Oberland/Donau | 12 | Donau - Iller | Ulm | 4469 | 48,39 | 9,97 | 480 | 13,3 | 5,0 | 642 |
| 6 | Oberland/Donau | 13 | Bessere Alb | Ulm | 4469 | 48,39 | 9,97 | 480 | 13,3 | 5,0 | 642 |
| 7 | Albvorland/Schwäb. Wald (u.Odenwald) | 13 | Schwäbischer Wald | Gschwend | 2723 | 48,56 | 9,44 | 492 | 12,7 | 3,9 | 1071 |
| 7 | Albvorland/Schwäb. Wald (u.Odenwald) | 17 | Neckar-Nagoldgebiet | Pforzheim-Mitte | 4458 | 48,89 | 8,70 | 250 | 14,9 | 6,7 | 764 |
| 7 | Albvorland/Schwäb. Wald (u.Odenwald) | 18 | Östliches Albvorland | Schwäbisch-Gmünd-Strassdorf | 2727 | 48,47 | 9,48 | 415 | 14,0 | 4,8 | 963 |
| 8 | Bauland/Hohenlohe | 20 | Hohenlohe | Künzelsau | 2681 | 49,17 | 9,42 | 225 | 14,2 | 5,2 | 865 |
| 8 | Bauland/Hohenlohe | 21 | besseres und geringeres Bauland | Tauberbischofsheim-Dittin | 2832 | 49,37 | 9,41 | 179 | 14,1 | 4,6 | 653 |

Anhang 23: Bewirtschaftungstermine zur Bodenbearbeitung, Aussaat, Düngung und Ernte sowie Bestandesdichten in den einzelnen Vergleichsgebietsgruppen

| Feldfrucht | VGG- Nr. | VGG-Name | Pflug | Egge | Saat | Dgg- N1+P+K | Dgg-N2 | Dgg-N3 | Ernte | Grubber | Pfl./m ² | |
|------------|----------|-----------------------------|---------|-----------|---------|----------------|-----------|------------|----------|----------|---------------------|---------|
| WW | 1 | Unterland/Gäue | 14. Okt | 15. Okt | 15. Okt | 10. Mrz | 20. Apr | 30. Mai | 17. Jul | 19. Jul | 320 | |
| WW | 2 | Rhein/Bodensee | 12. Okt | 14. Okt | 14. Okt | 09. Mrz | 19. Apr | 29. Mai | 16. Jul | 18. Jul | 320 | |
| WW | 3 | Schwarzwald | 10. Nov | 12. Nov | 12. Nov | 07. Apr | 18. Mai | 27. Jun | 14. Aug | 16. Aug | 320 | |
| WW | 4 | Alb/Baar | 05. Nov | 09. Nov | 09. Nov | 04. Apr | 15. Mai | 24. Jun | 11. Aug | 13. Aug | 320 | |
| WW | 5 | Allgäu | 06. Nov | 08. Nov | 08. Nov | 03. Apr | 14. Mai | 23. Jun | 10. Aug | 12. Aug | 320 | |
| WW | 6 | Oberland/Donau | 26. Okt | 28. Okt | 28. Okt | 23. Mrz | 03. Mai | 12. Jun | 30. Jul | 01. Aug | 320 | |
| WW | 7 | Albvorland/Schwäb. Wald (d) | 23. Okt | 25. Okt | 25. Okt | 20. Mrz | 30. Apr | 09. Jun | 27. Jul | 29. Jul | 320 | |
| WW | 8 | Bauland/Hohenlohe | 22. Okt | 24. Okt | 24. Okt | 19. Mrz | 29. Apr | 08. Jun | 26. Jul | 28. Jul | 320 | |
| SG | 1 | Unterland/Gäue | 15. Dez | 16. Mrz | 16. Mrz | 17. Mrz | 16. Apr | - | 24. Jul | 26. Jul | 320 | |
| SG | 2 | Rhein/Bodensee | 15. Dez | 15. Mrz | 15. Mrz | 16. Mrz | 15. Apr | - | 23. Jul | 25. Jul | 320 | |
| SG | 3 | Schwarzwald | 15. Dez | 13. Apr | 13. Apr | 14. Apr | 14. Mai | - | 21. Aug | 23. Aug | 320 | |
| SG | 4 | Alb/Baar | 15. Dez | 10. Apr | 10. Apr | 11. Apr | 11. Mai | - | 18. Aug | 20. Aug | 320 | |
| SG | 5 | Allgäu | 15. Dez | 09. Apr | 09. Apr | 10. Apr | 10. Mai | - | 17. Aug | 19. Aug | 320 | |
| SG | 6 | Oberland/Donau | 15. Dez | 29. Mrz | 29. Mrz | 30. Mrz | 29. Apr | - | 06. Aug | 08. Aug | 320 | |
| SG | 7 | Albvorland/Schwäb. Wald (d) | 15. Dez | 26. Mrz | 26. Mrz | 27. Mrz | 26. Apr | - | 03. Aug | 05. Aug | 320 | |
| SG | 8 | Bauland/Hohenlohe | 15. Dez | 25. Mrz | 25. Mrz | 26. Mrz | 25. Apr | - | 02. Aug | 04. Aug | 320 | |
| KM | 1 | Unterland/Gäue | 15. Dez | 20. Apr | 20. Apr | 19. Apr | 20. Mai | - | 12. Okt | 13. Okt | 10 | |
| KM | 2 | Rhein/Bodensee | 15. Dez | 19. Apr | 19. Apr | 18. Apr | 19. Mai | - | 11. Okt | 11. Okt | 10 | |
| KM | 3 | Schwarzwald | 15. Dez | 18. Mai | 18. Mai | 17. Mai | 17. Jun | - | 09. Nov | 09. Nov | 10 | |
| KM | 4 | Alb/Baar | 15. Dez | 15. Mai | 15. Mai | 14. Mai | 14. Jun | - | 06. Nov | 04. Nov | 10 | |
| KM | 5 | Allgäu | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| KM | 6 | Oberland/Donau | 15. Dez | 03. Mai | 03. Mai | 02. Mai | 02. Jun | - | 25. Okt | 25. Okt | 10 | |
| KM | 7 | Albvorland/Schwäb. Wald (d) | 15. Dez | 30. Apr | 30. Apr | 29. Apr | 30. Mai | - | 22. Okt | 22. Okt | 10 | |
| KM | 8 | Bauland/Hohenlohe | 15. Dez | 29. Apr | 29. Apr | 28. Apr | 29. Mai | - | 21. Okt | 21. Okt | 10 | |
| ZR | 1 | Unterland/Gäue | 15. Dez | 21. Mrz | 21. Mrz | 20. Mrz | 21. Apr | - | 07. Okt | 09. Okt | 12 | |
| ZR | 2 | Rhein/Bodensee | 15. Dez | 20. Mrz | 20. Mrz | 19. Mrz | 20. Apr | - | 06. Okt | 08. Okt | 12 | |
| ZR | 3 | Schwarzwald | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| ZR | 4 | Alb/Baar | 15. Dez | 15. Apr | 15. Apr | 14. Apr | 16. Mai | - | 01. Nov | 03. Nov | 12 | |
| ZR | 5 | Allgäu | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| ZR | 6 | Oberland/Donau | 15. Dez | 03. Apr | 03. Apr | 02. Apr | 04. Mai | - | 20. Okt | 22. Okt | 12 | |
| ZR | 7 | Albvorland/Schwäb. Wald (d) | 15. Dez | 31. Mrz | 31. Mrz | 30. Mrz | 01. Mai | - | 17. Okt | 19. Okt | 12 | |
| ZR | 8 | Bauland/Hohenlohe | 15. Dez | 30. Mrz | 30. Mrz | 29. Mrz | 30. Apr | - | 16. Okt | 18. Okt | 12 | |
| SM | 1 | Unterland/Gäue | 15. Dez | 10. Apr | 10. Apr | 09. Apr | 10. Mai | - | 22. Sep | 24. Sep | 11 | |
| SM | 2 | Rhein/Bodensee | 15. Dez | 04. Apr | 09. Apr | 08. Apr | 09. Mai | - | 21. Sep | 23. Sep | 11 | |
| SM | 3 | Schwarzwald | 15. Dez | 08. Mai | 08. Mai | 07. Mai | 07. Jun | - | 20. Okt | 22. Okt | 11 | |
| SM | 4 | Alb/Baar | 15. Dez | 05. Mai | 05. Mai | 04. Mai | 04. Jun | - | 17. Okt | 19. Okt | 11 | |
| SM | 5 | Allgäu | 15. Dez | 04. Mai | 04. Mai | 03. Mai | 03. Jun | - | 16. Okt | 18. Okt | 11 | |
| SM | 6 | Oberland/Donau | 15. Dez | 23. Apr | 23. Apr | 22. Apr | 23. Mai | - | 05. Okt | 07. Okt | 11 | |
| SM | 7 | Albvorland/Schwäb. Wald (d) | 15. Dez | 20. Apr | 20. Apr | 19. Apr | 20. Mai | - | 02. Okt | 04. Okt | 11 | |
| SM | 8 | Bauland/Hohenlohe | 15. Dez | 19. Apr | 19. Apr | 18. Apr | 19. Mai | - | 01. Okt | 03. Okt | 11 | |
| KG | | | | | | Dgg- N1+N3+P+K | | | | | Pfl./ha | |
| | | | Pflug | Egge | Saat | K | Ernte1+4 | Dgg-N2+4 | Ernte2+5 | Ernte3+6 | Ende | |
| KG | 1 | Unterland/Gäue | 25. Sep | 27. Sep | 27. Sep | 06. Mrz | 10. Mai | 11. Mai | 24. Jun | 08. Aug | 15. Aug | 200 |
| KG | 2 | Rhein/Bodensee | 24. Sep | 26. Sep | 26. Sep | 05. Mrz | 09. Mai | 10. Mai | 23. Jun | 07. Aug | 14. Aug | 200 |
| KG | 3 | Schwarzwald | 25. Sep | 27. Sep | 25. Okt | 03. Apr | 07. Jun | 08. Jun | 22. Jul | 05. Sep | 12. Sep | 200 |
| KG | 4 | Alb/Baar | 20. Okt | 22. Okt | 22. Okt | 31. Mrz | 04. Jun | 05. Jun | 19. Jul | 02. Sep | 09. Sep | 200 |
| KG | 5 | Allgäu | 19. Okt | 21. Okt | 21. Okt | 30. Mrz | 03. Jun | 04. Jun | 18. Jul | 01. Sep | 08. Sep | 200 |
| KG | 6 | Oberland/Donau | 08. Okt | 10. Okt | 10. Okt | 19. Mrz | 23. Mai | 24. Mai | 07. Jul | 21. Aug | 28. Aug | 200 |
| KG | 7 | Albvorland/Schwäb. Wald (d) | 05. Okt | 07. Okt | 07. Okt | 16. Mrz | 20. Mai | 21. Mai | 04. Jul | 18. Aug | 25. Aug | 200 |
| KG | 8 | Bauland/Hohenlohe | 04. Okt | 06. Okt | 06. Okt | 15. Mrz | 19. Mai | 20. Mai | 03. Jul | 17. Aug | 24. Aug | 200 |
| | | | | | | Dgg- N1+P+K | | | | | Pfl./ha | |
| | | | Pflug | Egge1a | Egge1b | Pflanzung | N1+P+K | Ernte1 | Dgg-N2ff | Ernte2ff | Pflug-End | |
| Misc. | 1 | Unterland/Gäue | 06. Jan | 21. Apr | 29. Apr | 01. Mai | 06. Mai | 06. Mrz | 06. Apr | 06. Mrz | 08. Mrz | 2 |
| Misc. | 2 | Rhein/Bodensee | 05. Jan | 20. Apr | 28. Apr | 30. Apr | 05. Mai | 05. Mrz | 05. Apr | 05. Mrz | 07. Mrz | 2 |
| Misc. | 3 | Schwarzwald | 03. Feb | 19. Mai | 27. Mai | 29. Mai | 03. Jun | 03. Apr | 04. Mai | 03. Apr | 05. Apr | 2 |
| Misc. | 4 | Alb/Baar | 31. Jan | 16. Mai | 24. Mai | 26. Mai | 31. Mai | 31. Mrz | 01. Mai | 31. Mrz | 02. Apr | 2 |
| Misc. | 5 | Allgäu | 30. Jan | 15. Mai | 23. Mai | 25. Mai | 30. Mai | 30. Mrz | 30. Apr | 30. Mrz | 01. Apr | 2 |
| Misc. | 6 | Oberland/Donau | 19. Jan | 04. Mai | 12. Mai | 14. Mai | 19. Mai | 19. Mrz | 19. Apr | 19. Mrz | 21. Mrz | 2 |
| Misc. | 7 | Albvorland/Schwäb. Wald (d) | 16. Jan | 01. Mai | 09. Mai | 11. Mai | 16. Mai | 16. Mrz | 16. Apr | 16. Mrz | 18. Mrz | 2 |
| Misc. | 8 | Bauland/Hohenlohe | 15. Jan | 30. Apr | 08. Mai | 10. Mai | 15. Mai | 15. Mrz | 15. Apr | 15. Mrz | 17. Mrz | 2 |
| | | | | | | Grubber1b | Grubber2+ | Ernte5+10f | | | | Pfl./ha |
| | | | Pflug | Grubber1a | Pflzq. | +5+10ff | 6+11ff | f | Ernte | | | |
| KUP | 1 | Unterland/Gäue | 05. Jan | 01. Apr | 06. Apr | 11. Jun | 11. Mai | 27. Jan | 28. Jan | | | 8333 |
| KUP | 2 | Rhein/Bodensee | 04. Jan | 31. Mrz | 05. Apr | 10. Jun | 10. Mai | 26. Jan | 27. Jan | | | 8333 |
| KUP | 3 | Schwarzwald | 02. Feb | 29. Apr | 04. Mai | 09. Jul | 08. Jun | 24. Feb | 25. Feb | | | 8333 |
| KUP | 4 | Alb/Baar | 30. Jan | 26. Apr | 01. Mai | 06. Jul | 05. Jun | 21. Feb | 22. Feb | | | 8333 |
| KUP | 5 | Allgäu | 29. Jan | 25. Apr | 30. Apr | 05. Jul | 04. Jun | 20. Feb | 21. Feb | | | 8333 |
| KUP | 6 | Oberland/Donau | 18. Jan | 14. Apr | 19. Apr | 24. Jun | 24. Mai | 09. Feb | 10. Feb | | | 8333 |
| KUP | 7 | Albvorland/Schwäb. Wald (d) | 15. Jan | 11. Apr | 16. Apr | 21. Jun | 21. Mai | 06. Feb | 07. Feb | | | 8333 |
| KUP | 8 | Bauland/Hohenlohe | 14. Jan | 10. Apr | 15. Apr | 20. Jun | 20. Mai | 05. Feb | 06. Feb | | | 8333 |

Anhang 24: *Düngeaufwand in Abhängigkeit der Feldkulturen und Vergleichsgebietsgruppen*

| Feldfrucht | VGG-Nr | VGG-Name | Ist2003 (n.Entzug, Erträge n. StaLa2089-2005) | | | BioE1+BioE3 (nur mineralisch, n.EFEM) | | | BioE1+BioE3 (mineralisch+organisch n.EFEM) | | | Ist2003 (n.Entzug)+BioE 1+BioE3 | |
|------------|--------|-------------------------|--|----|----|--|----|----|--|----|----|---------------------------------------|-----|
| | | | N1 | N2 | N3 | N1 | N2 | N3 | N1 | N2 | N3 | P | K |
| WW | 1 | Unterland/ Gäue | 37 | 37 | 49 | 55 | 55 | 70 | 120 | 30 | 30 | 24 | 34 |
| WW | 2 | Rhein/ Bodensee | 34 | 34 | 45 | 50 | 50 | 60 | 120 | 20 | 20 | 22 | 32 |
| WW | 3 | Schwarzwald | 27 | 27 | 36 | 40 | 40 | 60 | 120 | 10 | 10 | 17 | 25 |
| WW | 4 | Alb/ Baar | 34 | 34 | 45 | 55 | 55 | 70 | 120 | 30 | 30 | 22 | 31 |
| WW | 5 | Allgäu | 35 | 35 | 47 | 60 | 60 | 80 | 120 | 30 | 50 | 23 | 32 |
| WW | 6 | Oberland/ Donau | 38 | 38 | 51 | 60 | 60 | 80 | 120 | 30 | 50 | 25 | 35 |
| WW | 7 | Albvorland/ Schwäb.Wald | 33 | 33 | 44 | 50 | 50 | 70 | 120 | 20 | 30 | 21 | 30 |
| WW | 8 | Bauland/ Hohenlohe | 36 | 36 | 48 | 55 | 55 | 70 | 120 | 30 | 30 | 23 | 33 |
| SG | 1 | Unterland/ Gäue | 63 | 27 | - | 70 | 30 | - | 90 | 20 | - | 19 | 26 |
| SG | 2 | Rhein/ Bodensee | 56 | 24 | - | 60 | 30 | - | 90 | 10 | - | 16 | 23 |
| SG | 3 | Schwarzwald | 48 | 21 | - | 60 | 30 | - | 90 | 10 | - | 14 | 20 |
| SG | 4 | Alb/ Baar | 56 | 24 | - | 70 | 30 | - | 90 | 20 | - | 16 | 23 |
| SG | 5 | Allgäu | 58 | 25 | - | 70 | 30 | - | 90 | 20 | - | 17 | 24 |
| SG | 6 | Oberland/ Donau | 61 | 26 | - | 60 | 20 | - | 90 | 10 | - | 18 | 26 |
| SG | 7 | Albvorland/ Schwäb.Wald | 55 | 24 | - | 60 | 20 | - | 90 | 10 | - | 16 | 23 |
| SG | 8 | Bauland/ Hohenlohe | 57 | 24 | - | 70 | 30 | - | 90 | 20 | - | 17 | 24 |
| KM | 1 | Unterland/ Gäue | 64 | 64 | - | - | - | - | - | - | - | 22 | 119 |
| KM | 2 | Rhein/ Bodensee | 65 | 65 | - | - | - | - | - | - | - | 23 | 121 |
| KM | 3 | Schwarzwald | 57 | 57 | - | - | - | - | - | - | - | 20 | 107 |
| KM | 4 | Alb/ Baar | 57 | 57 | - | - | - | - | - | - | - | 20 | 106 |
| KM | 5 | Allgäu | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| KM | 6 | Oberland/ Donau | 65 | 65 | - | - | - | - | - | - | - | 23 | 122 |
| KM | 7 | Albvorland/ Schwäb.Wald | 58 | 58 | - | - | - | - | - | - | - | 20 | 108 |
| KM | 8 | Bauland/ Hohenlohe | 62 | 62 | - | - | - | - | - | - | - | 21 | 116 |
| ZR | 1 | Unterland/ Gäue | 53 | 53 | - | 80 | 80 | - | - | - | - | 24 | 125 |
| ZR | 2 | Rhein/ Bodensee | 49 | 49 | - | 80 | 80 | - | - | - | - | 22 | 114 |
| ZR | 3 | Schwarzwald | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| ZR | 4 | Alb/ Baar | 50 | 50 | - | 80 | 80 | - | - | - | - | 22 | 116 |
| ZR | 5 | Allgäu | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| ZR | 6 | Oberland/ Donau | 52 | 52 | - | 80 | 80 | - | - | - | - | 23 | 122 |
| ZR | 7 | Albvorland/ Schwäb.Wald | 50 | 50 | - | 80 | 80 | - | - | - | - | 22 | 116 |
| ZR | 8 | Bauland/ Hohenlohe | 50 | 50 | - | 80 | 80 | - | - | - | - | 22 | 117 |
| SM | 1 | Unterland/ Gäue | 85 | 85 | - | 80 | 80 | - | 180 | 20 | - | 38 | 183 |
| SM | 2 | Rhein/ Bodensee | 87 | 87 | - | 80 | 80 | - | 180 | 20 | - | 39 | 188 |
| SM | 3 | Schwarzwald | 74 | 74 | - | 80 | 80 | - | 180 | 20 | - | 33 | 160 |
| SM | 4 | Alb/ Baar | 75 | 75 | - | 80 | 80 | - | 180 | 20 | - | 33 | 163 |
| SM | 5 | Allgäu | 78 | 78 | - | 90 | 90 | - | 180 | 30 | - | 35 | 170 |
| SM | 6 | Oberland/ Donau | 85 | 85 | - | 80 | 80 | - | 180 | 20 | - | 38 | 185 |
| SM | 7 | Albvorland/ Schwäb.Wald | 80 | 80 | - | 80 | 80 | - | 180 | 20 | - | 36 | 174 |
| SM | 8 | Bauland/ Hohenlohe | 81 | 81 | - | 80 | 80 | - | 180 | 20 | - | 36 | 176 |
| KG | 1 | Unterland/ Gäue | 16 | 24 | - | 20 | 10 | - | 30 | 30 | - | 6 | 33 |
| KG | 2 | Rhein/ Bodensee | 17 | 25 | - | 15 | 10 | - | 30 | 30 | - | 6 | 34 |
| KG | 3 | Schwarzwald | 16 | 24 | - | 10 | 10 | - | 30 | 30 | - | 6 | 33 |
| KG | 4 | Alb/ Baar | 16 | 24 | - | 20 | 10 | - | 30 | 30 | - | 6 | 33 |
| KG | 5 | Allgäu | 20 | 30 | - | 40 | 30 | - | 40 | 30 | - | 8 | 41 |
| KG | 6 | Oberland/ Donau | 17 | 26 | - | 25 | 15 | - | 30 | 30 | - | 7 | 36 |
| KG | 7 | Albvorland/ Schwäb.Wald | 16 | 24 | - | 10 | 10 | - | 30 | 30 | - | 6 | 33 |
| KG | 8 | Bauland/ Hohenlohe | 16 | 24 | - | 20 | 10 | - | 30 | 30 | - | 6 | 33 |
| Misc. | 1 | Unterland/ Gäue | - | - | - | 60 | - | - | 20 | 80 | - | - | - |
| Misc. | 2 | Rhein/ Bodensee | - | - | - | 60 | - | - | 20 | 80 | - | - | - |
| Misc. | 3 | Schwarzwald | - | - | - | 60 | - | - | 20 | 80 | - | - | - |
| Misc. | 4 | Alb/ Baar | - | - | - | 60 | - | - | 20 | 80 | - | - | - |
| Misc. | 5 | Allgäu | - | - | - | 60 | - | - | 20 | 80 | - | - | - |
| Misc. | 6 | Oberland/ Donau | - | - | - | 60 | - | - | 20 | 80 | - | - | - |
| Misc. | 7 | Albvorland/ Schwäb.Wald | - | - | - | 60 | - | - | 20 | 80 | - | - | - |
| Misc. | 8 | Bauland/ Hohenlohe | - | - | - | 60 | - | - | 20 | 80 | - | - | - |
| KUP | 1 | Unterland/ Gäue | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| KUP | 2 | Rhein/ Bodensee | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| KUP | 3 | Schwarzwald | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| KUP | 4 | Alb/ Baar | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| KUP | 5 | Allgäu | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| KUP | 6 | Oberland/ Donau | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| KUP | 7 | Albvorland/ Schwäb.Wald | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| KUP | 8 | Bauland/ Hohenlohe | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |

Anhang 25: Einsatz von Gülle und Gärresten (Gesamtangebot je VGG gemäß EFEM-Modellierung, Zufallsverteilung der Güllegaben auf die LU-SACs, bis Gesamtangebot erschöpft ist, FM = Frischmasse mit 7,5 % Trockenmasse)

| Gülle / Gärreste | SM | KG | KM | WW | SG |
|---|----|----|----|----|----|
| Aufwand in m ³ FM / ha*Jahr | 30 | 20 | 30 | 20 | 20 |

Anhang 26: Nährstoffgehalte des durchschnittlichen Wirtschaftsdünger (Mittelwert aus Rinder-, Schweine-, Hühnergülle und Gärresten)

| EPIC-ID | Name | Mineral Nitrogen | Mineral Phosphorus | Mineral Potassium | Organic Nitrogen | Organic Phosphorus | Ammonia Nitrogen | Organic Carbon |
|---------|-------------------|------------------|--------------------|-------------------|------------------|--------------------|---------------------|----------------|
| | | Anteil an TM | Anteil an TM | Anteil an TM | Anteil an TM | Anteil an TM | Anteil an Mineral N | Anteil an TM |
| 7276 | liquid manure mix | 0,0512 | 0,0185 | 0,0458 | 0,0278 | 0,041 | 0,98 | 0,4736 |

Anhang 27: Wärmeangebot (Potential Heat Unit) für die einzelnen Feldkulturen in Abhängigkeit der Vergleichsgebietsgruppen

| Feldkultur | Vergleichsgebietsgruppe - Nr. repräsentative DWD-Klimastation | | | | | | | | Tmin |
|------------|--|-----------|-------------------|----------------------------|----------------|---------------------|---------------------------------------|------|------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | |
| | Heilbronn | Offenburg | Freuden- stadt | Münsingen- Apfelstetten | Kempten Ulm | Schwä-bisch Hall | Tauber- bischofs- heim-Dittigh. | | |
| Ka | 1750 | 1780 | 1120 | 1140 | 1230 | 1460 | 1530 | 1540 | 6 |
| KG | 2920 | 2980 | 1970 | 1990 | 2100 | 2430 | 2560 | 2560 | 2 |
| KM | 1440 | 1470 | 800 | 820 | 910 | 1150 | 1230 | 1230 | 7,5 |
| KUP | 1850 | 1670 | 940 | 950 | 1040 | 1280 | 1360 | 1360 | 6 |
| MC | 1640 | 1460 | 760 | 790 | 870 | 1080 | 1150 | 1150 | 7 |
| Ra | 2170 | 2220 | 1440 | 1450 | 1530 | 1760 | 1870 | 1880 | 2 |
| SG | 1770 | 1770 | 1560 | 1590 | 1630 | 1720 | 1710 | 1730 | 0 |
| SM | 1620 | 1640 | 1070 | 1100 | 1180 | 1390 | 1450 | 1460 | 6 |
| WG | 2640 | 2690 | 1800 | 1820 | 1900 | 2120 | 2260 | 2270 | 0 |
| WW | 2200 | 2220 | 1630 | 1640 | 1700 | 1820 | 1920 | 1950 | 0 |
| ZR | 1950 | 1980 | 1310 | 1330 | 1430 | 1660 | 1730 | 1740 | 5 |

Berechnung der Potential Heat Unit (PHU ist die Summe aller berechneten Tageswerte):

$$PHU = (Tx_1 - Ti) + \dots + (Tx_k - Ti) + \dots + (Tx_n - Ti)$$

falls $(Tx - Ti) \leq 0$, dann $(Tx - Ti) = 0$

mit:

- PHU = Potential Heat Unit
- Tx1..n = Mittlere Tagestemperatur am Standort vom 1 = ersten bis n = letzten Anbautag der Kulturpflanze
- Tm = Minimale Wachstumstemperatur der Kulturpflanze

Anhang 28: Die bei der EPIC-Modellierung eingesetzten Landmaschinen

| EPIC-ID | Description in EPIC | Beschreibung | Mixing Efficiency | Surface Random Roughness | Tillage Depth | Ridge Height | Ridge Interval | Furrow Dike Height | Furrow Dike Interval | Harvest Pesticide Efficiency Ratio | Override Harvest Index |
|---------|---------------------------|--|-------------------|--------------------------|---------------|--------------|----------------|--------------------|----------------------|------------------------------------|------------------------|
| 124 | POTATO PLANTER | Pflanzmaschine (eingesetzt für Miscanthus und KUP) | 0,2 | 10 | 100 | 25 | 0,17 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 132 | DRILL,PLAIN,DISCGRAIN GT1 | Drillmaschine für Getreidesaat | 0,1 | 10 | 40 | 25 | 0,17 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 215 | MOLDBOARD PLOW REG 4-6B | Streichblech-Pflug | 0,95 | 30 | 150 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 261 | DRY FERT SPRDR TRAILER M | Mineraldüngerstreuer | 0 | 0 | 75 | 25 | 0,3 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 310 | SILAGE HARVESTER | Silage-Ernter | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,98 | 0,95 |
| 336 | BEET HARVESTER | Rüben-Ernter | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,98 | 0,9 |
| 451 | KILL | EPIC-Stopp-Signal | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 457 | CLEARCUT | Vollernte oberirdischer Pflanzenmasse (bei Pappel) | 0 | 0 | -200 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,95 | 0,9 |
| 568 | COMBINE 62 | Mähdrescher | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,98 | 0 |
| 773 | alternative plough - Gru | (Schwer-)Grubber | 0,45 | 20 | 200 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 775 | cultivate 1 | Egge | 0,3 | 13 | 60 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 777 | MANURE SPREADER | org. Düngerverteiler (Gülle) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Anhang 29: Codierung der Bewirtschaftungsverfahren (Management-ID)

| Ziffer | Beschreibung | Code-Nr. | Code-Name |
|---------------|--|--|---|
| 1. | Vergleichsgebietsgruppe | 9 | Kennzeichnung für VGG |
| 2. | | 1...8 | VGG-Nr |
| od. 1.- 2. | Vergleichsgebiet | 01...21 | VG-Nr. |
| 3.-5. | Fruchtfolge | 1xx 2xx 3xx 4xx x01-x89 x91-x99 | 1-gliedrig 2-gliedrig 3-gliedrig 4-gliedrig lfd. Nr. für 1-2.j.Pflanzen lfd. Nr. für mehrj. Pfl. |
| 6.-8. | Kulturpflanze | 001-135 | EPIC-Crop-Nr. der 2. Kulturpfl. in der FF |
| 9. | Bodenbearbeitungs- u. Dünge- system | 0 1 2 3 4 5 | Direktsaat, ohne org. Dünger Pfluglos, ohne org. Dünger Pflug, ohne org. Dünger Direktsaat, mit org. Dünger Pfluglos, mit org. Dünger Pflug, mit org. Dünger |
| Beispiel | Manangement ID | 913010295 | Manangement für VGG1 Fruchtfolge FF301 (WG-SM-WW) Silomais als 2. Kultur in der FF Pflug, mit org. Dünger |

Anhang 30: Gruppierungsregel zur Erstellung der Hauptbodengruppen

| Hauptboden- gruppe | SOTER UNIT ID | EPIC- Soil ID |
|-----------------------|------------------|------------------|-----------------------|------------------|------------------|-----------------------|------------------|------------------|-----------------------|------------------|------------------|-----------------------|------------------|------------------|
| Anmoorgley | B231 | 329 | Braunerde | B001 | 158 | Gley | B106 | 154 | Parabraunerde | B021 | 26 | Pelosol | B049 | 46 |
| | B302 | 330 | | B002 | 158 | | B107 | 276 | | B021 | 232 | | B067 | 46 |
| | B317 | 329 | | B003 | 158 | | B121 | 276 | | B045 | 248 | | B068 | 235 |
| | B318 | 330 | | B004 | 158 | | B136 | 276 | | B060 | 248 | | B080 | 139 |
| Auenbraunerde | B026 | 105 | B006 | 158 | B229 | 276 | B061 | 326 | B080 | 274 | | | | |
| | B027 | 105 | B007 | 158 | B230 | 276 | B069 | 273 | B092 | 139 | | | | |
| | B028 | 104 | B008 | 158 | B251 | 243 | B070 | 326 | B092 | 274 | | | | |
| | B048 | 104 | B009 | 158 | B266 | 276 | B071 | 147 | B111 | 46 | | | | |
| | B101 | 172 | B012 | 43 | B279 | 243 | B079 | 248 | B112 | 235 | | | | |
| | B102 | 172 | B012 | 76 | B301 | 243 | B081 | 26 | B113 | 46 | | | | |
| | B103 | 92 | B013 | 113 | B311 | 206 | B081 | 232 | B114 | 46 | | | | |
| | B104 | 30 | B014 | 43 | B312 | 179 | B084 | 305 | B115 | 315 | | | | |
| | B105 | 104 | B014 | 76 | B312 | 180 | B085 | 305 | B123 | 238 | | | | |
| | B135 | 30 | B015 | 43 | B312 | 219 | B086 | 248 | B137 | 315 | | | | |
| | B178 | 255 | B015 | 76 | B313 | 206 | B087 | 259 | B139 | 235 | | | | |
| | B179 | 255 | B016 | 113 | B314 | 276 | B089 | 13 | B141 | 196 | | | | |
| | B180 | 172 | B017 | 43 | B315 | 206 | B090 | 13 | B141 | 283 | | | | |
| | B181 | 172 | B017 | 76 | B316 | 276 | B091 | 26 | B142 | 17 | | | | |
| | B182 | 172 | B019 | 44 | B365 | 154 | B091 | 232 | B153 | 17 | | | | |
| | B183 | 172 | B020 | 43 | B366 | 227 | B095 | 248 | B154 | 196 | | | | |
| | B226 | 255 | B020 | 76 | B367 | 227 | B096 | 248 | B154 | 283 | | | | |
| | B227 | 105 | B024 | 10 | B368 | 227 | B097 | 4 | B155 | 139 | | | | |
| | B228 | 172 | B025 | 301 | B369 | 179 | B098 | 4 | B155 | 274 | | | | |
| | B298 | 30 | B025 | 316 | B369 | 180 | B100 | 248 | B164 | 46 | | | | |
| | B299 | 30 | B029 | 158 | B369 | 219 | B119 | 248 | B196 | 294 | | | | |
| | B305 | 255 | B030 | 158 | B383 | 49 | B120 | 248 | B197 | 139 | | | | |
| | B306 | 105 | B038 | 77 | B383 | 204 | B132 | 248 | B197 | 274 | | | | |
| | B307 | 172 | B039 | 113 | B386 | 162 | B133 | 26 | B235 | 88 | | | | |
| | B308 | 172 | B040 | 43 | B388 | 206 | B133 | 232 | B235 | 102 | | | | |
| | B309 | 105 | B040 | 76 | B389 | 206 | B148 | 248 | B293 | 17 | | | | |
| | B310 | 255 | B041 | 113 | B390 | 243 | B149 | 26 | B294 | 293 | | | | |
| | B371 | 105 | B044 | 158 | B391 | 276 | B149 | 232 | B326 | 46 | | | | |
| | B372 | 255 | B046 | 28 | Hortisol | B292 | 306 | B158 | 248 | B347 | 17 | | | |
| | B377 | 255 | B047 | 158 | Kolluvisol | B217 | 39 | B175 | 248 | B018 | 254 | | | |
| | B378 | 172 | B050 | 22 | B250 | 39 | B176 | 248 | B031 | 107 | | | | |
| | B379 | 209 | B050 | 27 | B349 | 72 | B204 | 13 | B032 | 107 | | | | |
| | B380 | 172 | B051 | 43 | B350 | 39 | B205 | 328 | B033 | 282 | | | | |
| | B381 | 172 | B051 | 76 | B351 | 39 | B206 | 326 | B034 | 254 | | | | |
| | B384 | 207 | B052 | 44 | Nassgley | B108 | 319 | B207 | 248 | B042 | 254 | | | |
| | B387 | 30 | B059 | 43 | B392 | 319 | B208 | 324 | B043 | 254 | | | | |
| | Auenpararendzina | B267 | 202 | B059 | 76 | B393 | 319 | B209 | 248 | B130 | 303 | | | |
| B303 | | 140 | B078 | 158 | Niedermoor | B005 | 331 | B210 | 18 | B131 | 303 | | | |
| B304 | | 140 | B093 | 10 | B010 | 331 | B211 | 326 | Pseudogley | B053 | 35 | | | |
| B355 | | 140 | B094 | 246 | B011 | 332 | B212 | 26 | B054 | 35 | | | | |
| B373 | | 202 | B117 | 158 | B037 | 332 | B212 | 232 | B055 | 73 | | | | |
| B374 | | 140 | B118 | 43 | B058 | 332 | B218 | 21 | B056 | 73 | | | | |
| B375 | | 140 | B118 | 76 | B122 | 331 | B225 | 241 | B072 | 35 | | | | |
| B376 | | 140 | B124 | 43 | B184 | 331 | B238 | 324 | B073 | 35 | | | | |
| B382 | | 203 | B124 | 76 | B232 | 331 | B239 | 324 | B074 | 242 | | | | |
| B385 | | 140 | B125 | 43 | B319 | 331 | B240 | 93 | B099 | 35 | | | | |
| Pararendzina | B066 | 224 | B125 | 76 | B320 | 331 | B241 | 268 | B116 | 234 | | | | |
| | B082 | 314 | B126 | 308 | B321 | 331 | B242 | 324 | B116 | 317 | | | | |
| | B083 | 314 | B127 | 113 | B322 | 331 | B243 | 93 | B134 | 73 | | | | |
| | B088 | 314 | B128 | 308 | B323 | 332 | B244 | 324 | B150 | 35 | | | | |
| | B160 | 224 | B129 | 308 | B324 | 332 | B245 | 324 | B151 | 234 | | | | |
| | B161 | 224 | B138 | 43 | B394 | 331 | B246 | 248 | B151 | 317 | | | | |
| | B162 | 224 | B138 | 76 | Rigosol | B022 | 320 | B247 | 248 | B156 | 234 | | | |
| | B163 | 224 | B143 | 28 | B023 | 321 | B248 | 248 | B156 | 317 | | | | |
| | B185 | 224 | B144 | 301 | B023 | 322 | B249 | 26 | B159 | 35 | | | | |
| | B186 | 224 | B144 | 316 | B077 | 320 | B249 | 232 | B177 | 35 | | | | |
| | B187 | 224 | B145 | 301 | B109 | 320 | B255 | 241 | B213 | 35 | | | | |
| | B194 | 323 | B145 | 316 | B110 | 321 | B256 | 3 | B214 | 130 | | | | |
| | B195 | 224 | B146 | 43 | B110 | 322 | B257 | 305 | B215 | 198 | | | | |
| | B221 | 224 | B146 | 76 | B140 | 48 | B258 | 26 | B216 | 302 | | | | |
| | B222 | 224 | B147 | 158 | B352 | 320 | B258 | 232 | B259 | 244 | | | | |
| | B233 | 65 | B157 | 43 | B353 | 320 | B260 | 305 | B265 | 244 | | | | |
| | B234 | 314 | B157 | 76 | Stagnogley | B035 | 327 | B262 | 326 | B348 | 35 | | | |
| | B280 | 65 | B165 | 158 | B036 | 327 | B263 | 326 | Rendzina | B062 | 300 | | | |
| | B325 | 323 | B166 | 158 | B057 | 327 | B264 | 26 | B062 | 307 | | | | |
| | B332 | 314 | B167 | 158 | Terra fusca | B174 | 312 | B264 | 232 | B062 | 313 | | | |
| | B333 | 224 | B170 | 158 | B192 | 54 | B273 | 13 | B063 | 300 | | | | |
| | B334 | 65 | B171 | 158 | B193 | 54 | B274 | 4 | B063 | 307 | | | | |
| | B338 | 314 | B172 | 43 | B202 | 54 | B275 | 241 | B063 | 313 | | | | |
| | | | B172 | 76 | B203 | 54 | B276 | 241 | B064 | 300 | | | | |
| | | | B173 | 158 | Tschernosem | B224 | 230 | B277 | 241 | B064 | 307 | | | |
| | | | B191 | 311 | B268 | 230 | B278 | 4 | B064 | 313 | | | | |
| | | | B198 | 278 | | | B282 | 326 | B065 | 71 | | | | |
| | | B199 | 301 | | | B283 | 326 | B065 | 191 | | | | | |
| | | B199 | 316 | | | B284 | 326 | B065 | 299 | | | | | |
| | | B200 | 245 | | | B285 | 326 | B065 | 309 | | | | | |
| | | B201 | 113 | | | B286 | 326 | B075 | 304 | | | | | |
| | | B236 | 22 | | | B287 | 326 | B076 | 71 | | | | | |
| | | B236 | 27 | | | B288 | 326 | B076 | 191 | | | | | |
| | | B237 | 22 | | | B289 | 326 | B076 | 299 | | | | | |
| | | B237 | 27 | | | B290 | 326 | B076 | 309 | | | | | |
| | | B252 | 44 | | | B291 | 258 | B152 | 304 | | | | | |
| | | B253 | 6 | | | B295 | 268 | B168 | 285 | | | | | |
| | | B254 | 246 | | | B296 | 13 | B168 | 286 | | | | | |
| | | B261 | 44 | | | B297 | 256 | B169 | 285 | | | | | |
| | | B269 | 10 | | | B337 | 21 | B169 | 286 | | | | | |
| | | B270 | 44 | | | B339 | 305 | B188 | 304 | | | | | |
| | | B271 | 44 | | | B340 | 305 | B189 | 300 | | | | | |
| | | B272 | 245 | | | B341 | 248 | B189 | 307 | | | | | |
| | | B281 | 44 | | | B342 | 228 | B189 | 313 | | | | | |
| | | B300 | 11 | | | B343 | 228 | B190 | 304 | | | | | |
| | | B327 | 278 | | | B344 | 248 | B219 | 304 | | | | | |
| | | B328 | 43 | | | B345 | 4 | B220 | 304 | | | | | |
| | | B328 | 76 | | | B346 | 305 | B223 | 304 | | | | | |
| | | B329 | 10 | | | B360 | 241 | B330 | 300 | | | | | |
| | | B335 | 43 | | | B361 | 241 | B330 | 307 | | | | | |
| | | B335 | 76 | | | B362 | 4 | B330 | 313 | | | | | |
| | | B336 | 113 | | | B363 | 2 | B331 | 304 | | | | | |
| | | B354 | 158 | | | B364 | 216 | | | | | | | |
| | | B356 | 10 | | | B370 | 228 | | | | | | | |
| | | B357 | 10 | | | | | | | | | | | |
| | | B358 | 11 | | | | | | | | | | | |
| | | B359 | 113 | | | | | | | | | | | |