



INSTITUT FÜR TECHNIKFOLGEN-ABSCHÄTZUNG

# manu:script

## Ein integratives Konzept zur Messung von Nachhaltig- keit – das Beispiel Energiegewinnung aus Grünland

Volker Stelzer  
Christine Rösch  
Konrad Raab

[http://epub.oeaw.ac.at/ita/ita-manuscript/ita\\_07\\_01.pdf](http://epub.oeaw.ac.at/ita/ita-manuscript/ita_07_01.pdf)



**OAW**

Österreichische Akademie  
der Wissenschaften

Wien, März/2007  
ITA-07-01  
ISSN 1681-9187



# **Ein integratives Konzept zur Messung von Nachhaltigkeit – das Beispiel Energiegewinnung aus Grünland**

**Volker Stelzer<sup>\*)</sup>, Christine Rösch<sup>\*)</sup>, Konrad Raab<sup>\*\*)</sup>**

<sup>\*)</sup> Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS), Karlsruhe

<sup>\*\*)</sup> Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg

## **Keywords**

Nachhaltigkeit, integrativ, Bewertung, Bioenergie, Grünland

## **Abstract**

Der Beitrag stellt das „Integrative Konzept Nachhaltiger Entwicklung“ – IKoNE – vor und präsentiert seine Anwendung auf die Fragestellung: „Ist die Energiegewinnung aus Grünland nachhaltig?“ IKoNE beruht auf den konstitutiven Elementen „inter- und intragenerative Gerechtigkeit“, „globale Verantwortung“, „anthropozentrisches Naturverständnis“ und „integrative Betrachtung“. Diese Elemente werden in 15 substanziellen und 10 instrumentellen Grundvoraussetzungen der Nachhaltigkeit als „Regeln“ konkretisiert. Bei konkreten Projekten der Nachhaltigkeitsbewertung von Maßnahmen, Politiken oder Technologien kann durch ein Regel-Screening der Umfang der Bearbeitung deutlich eingeschränkt werden, ohne auf einzelne Aspekte der Nachhaltigkeit verzichten zu müssen. Im Projekt „Energie aus Grünland – eine nachhaltige Entwicklung?“ wird IKoNE dazu verwendet, für unterschiedliche Nutzungsmöglichkeiten der Energiegewinnung aus überschüssigen Grünlandflächen die Vor- und die Nachteile für eine nachhaltige Entwicklung in Baden-Württemberg zu bestimmen. Die ersten Abschätzungen ergaben, dass sowohl die Verbrennung des Grünlandaufwuchses von Extensivstandorten, die Biogasnutzung von Intensivstandorten und die Umwandlung in Maisacker jeweils positive und negative Beiträge zu einer nachhaltigen Entwicklung liefern. In der jeweiligen Zusammenschau wurde auch deutlich, dass die Heuverbrennung am ehesten als positiv für eine nachhaltige Entwicklung gesehen werden kann. Die Biogasnutzung hatte eine leicht positive und die Umwandlung in Maisacker eine leicht negative Bilanz. Die dargelegten Bewertungen beruhen auf ersten Abschätzungen. Diese werden im weiteren Verlauf des Projektes durch Stoffflussrechnungen zu Emissionen, Energieaufwendungen und ökonomischen Parametern konkretisiert und abgesichert.

## Inhalt

1	Konzeptuelle Erfassung nachhaltiger Entwicklung.....	3
2	Das Integrative Konzept nachhaltiger Entwicklung.....	4
2.1	Konstitutive Elemente .....	4
2.2	Generelle Ziele nachhaltiger Entwicklung .....	6
2.3	Mindestanforderungen einer nachhaltigen Entwicklung .....	7
3	Stand und Perspektiven der Grünlandnutzung in Baden-Württemberg.....	8
4	Anpassung des IKoNE-Konzepts an den Projektkontext.....	11
4.1	Flächennutzungs- und Anlagenarten .....	12
4.2	Schutz der menschlichen Gesundheit (Regel 1.1) .....	13
4.3	Selbstständige Existenzsicherung (Regel 1.3).....	17
4.4	Gerechte Verteilung der Umweltnutzungsmöglichkeiten (Regel 1.4).....	22
4.5	Nachhaltige Nutzung erneuerbarer Ressourcen (Regel 2.1).....	25
4.6	Nachhaltige Nutzung nicht erneuerbarer Ressourcen (Regel 2.2).....	27
4.7	Nachhaltige Nutzung der Umwelt als Senke (Regel 2.3).....	29
4.8	Erhaltung der kulturellen Funktion der Natur (Regel 3.4).....	31
4.9	Vergleichende Nachhaltigkeitsbewertung der energetischen Grünlandnutzung.....	33
5	Literatur.....	35

## IMPRESSUM

### Medieninhaber:

Österreichische Akademie der Wissenschaften  
 Juristische Person öffentlichen Rechts (BGBl 569/1921 idF BGBl I 130/2003)  
 Dr. Ignaz Seipel-Platz 2, A-1010 Wien

### Herausgeber:

Institut für Technikfolgen-Abschätzung (ITA)  
 Strohgassee 45/5, A-1030 Wien  
<http://www.oeaw.ac.at/ita>

Die ITA-manuscripts erscheinen unregelmäßig und dienen der Veröffentlichung von Arbeitspapieren und Vorträgen von Institutsangehörigen und Gästen. Die manuscripts werden ausschließlich über das Internetportal „epub.oeaw“ der Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt:

<http://epub.oeaw.ac.at/ita/ita-manuscript>

ITA-manuscript Nr.: ITA-07-01 (März/2007)

ISSN-online: 1818-6556

[http://epub.oeaw.ac.at/ita/ita-manuscript/ita\\_07\\_01.pdf](http://epub.oeaw.ac.at/ita/ita-manuscript/ita_07_01.pdf)

© 2007 ITA – Alle Rechte vorbehalten

# I Konzeptuelle Erfassung nachhaltiger Entwicklung

Das Konzept der nachhaltigen Entwicklung als allgemeingültiges Leitbild gewinnt zunehmend an Bedeutung. Dies kann man an der Vielzahl von Publikationen aus Forschungseinrichtungen, Universitäten, Institutionen, Verbänden und Parteien zu diesem Thema erkennen. Bei der Konkretisierung dieses Leitbildes gehen die Vorstellungen allerdings nach wie vor auseinander.

Die bisher vorliegenden Nachhaltigkeitsbetrachtungen sind aus methodischen Gründen bzw. wegen unzureichender wissenschaftlicher Erkenntnisse und fehlender Datenbasis oft mit einem begrenzten Spektrum an Indikatoren durchgeführt worden. In der Regel ist deren Auswahl zudem ungleichgewichtig für die verschiedenen Nachhaltigkeitsdimensionen.

Oft konzentrieren sich die Arbeiten zur Nachhaltigkeit auf die ökologischen Problemstellungen. Hier kann teilweise bereits auf politisch festgelegte Ziele zurückgegriffen werden oder es besteht generell Konsens über die Schutzwürdigkeit der Umweltbereiche. In den Nachhaltigkeitsbetrachtungen wird in der Regel der Bodenschutz (Erosion, Verdichtung), der Grundwasser- und Gewässerschutz (vor Nitrat- und Pflanzenschutzmitteleinträgen), der Erhalt der Artenvielfalt und der Ressourcenschutz (fossile Energieträger, Phosphat) betrachtet. Bei den ökonomischen (z. B. Einkommen landwirtschaftlicher Betriebe) und sozialen Indikatoren ist die Diskussion und Konsensfindung dagegen noch nicht so weit fortgeschritten.

Zur Schließung dieser konzeptionellen Lücke und zur Austerierung der „ökologischen Schlagseite“ der vorliegenden Nachhaltigkeitsbetrachtungen ist das von der Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren entwickelte „Integrative Konzept nachhaltiger Entwicklung“ (IKoNE), das die unterschiedlichen Bereiche der Nachhaltigkeit zusammenhängend betrachtet (Kopfmüller et al. 2001; Grunwald et al. 2001; Coenen/Grunwald 2003), mittlerweile in unterschiedlichen thematischen Zusammenhängen erfolgreich angewendet worden.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Das Integrative Konzept nachhaltiger Entwicklung wurde in unterschiedlichen Untersuchungen auf folgende Bereiche angewendet: Entwicklung Deutschlands (Coenen/Grunwald 2003), regionale Branchen (Schäfer 2006), börsennotierte Unternehmen in Österreich (Paulesich 2006), die Abfallwirtschaft (Hartlieb et al. 2006), die Aktivitätsfelder Mobilität und Verkehr (Keimel 2006; Keimel et al. 2004) und Wohnen und Bauen (Jörissen et al. 2005; Stelzer/Jörissen 2005). Es dient aber auch der Entwicklung von kommunalen Indikatorenssystemen (Hartmuth et al. 2006), der Planung einer Bioraffinerie (Schidler 2006), der Risikoabschätzung für eine nachhaltige Entwicklung von Megacities (Kopfmüller/Lehn 2006) und als Baustein der Bildung für eine nachhaltige Entwicklung (Emmerich/Melzer 2006).

## 2 Das Integrative Konzept nachhaltiger Entwicklung<sup>2</sup>

Nachhaltigkeit wird im Konzept IKoNE in Anlehnung an den Bericht der Brundtland-Kommission und die Rio-Dokumente als eine globale Vision für die Entwicklung der menschlichen Zivilisation verstanden. Ausgehend von dem Postulat der intra- und intergenerativen Gerechtigkeit werden Mindestbedingungen einer nachhaltigen Entwicklung benannt, auf deren Gewährleistung alle Mitglieder der globalen Gesellschaft, unter Einschluss kommender Generationen, einen moralischen Anspruch haben. Diese Mindestbedingungen, die als Handlungsleitlinien oder „Regeln“ formuliert sind, bilden den normativen Bezugsrahmen, der als Leitorientierung für die Nachhaltigkeitsbetrachtungen dient.

Die Entwicklung des „Integrativen Konzepts nachhaltiger Entwicklung“ basiert auf einer umfassenden Analyse bisheriger Ansätze zur Operationalisierung des Leitbildes der Nachhaltigkeit in wissenschaftlichen Studien und in politischen Plänen und Programmen (nationale Nachhaltigkeitsstrategien, Umweltpläne und -programme etc.).<sup>3</sup>

Die meisten der bisherigen Nachhaltigkeitskonzepte<sup>4</sup> haben die Definition der Brundtland-Kommission als Ausgangspunkt ihrer Überlegungen gewählt, nach der eine Entwicklung dann nachhaltig ist, „wenn sie die Bedürfnisse der Gegenwart befriedigt, ohne zu riskieren, dass künftige Generationen ihre Bedürfnisse nicht befriedigen können“ (Hauff 1987, S. 46). Was die Kommission unter dem Begriff der Bedürfnisse versteht, erläutert sie gleich im Anschluss an diese Definition. Es geht „insbesondere um die Grundbedürfnisse der Ärmsten dieser Welt, die die überwiegende Priorität haben sollten“. Armut ist nach Ansicht der Kommission nicht nur ein Übel per se, sondern gleichzeitig eine der Hauptursachen für Umweltzerstörung, Bürgerkriege, Vertreibung, Migration und andere Krisenphänomene. Die Erfüllung der Grundbedürfnisse setzt voraus, dass Ländern, in denen die Mehrheit der Bevölkerung arm ist, ein gerechter Anteil an den Ressourcen zugestanden wird. Nachhaltige Entwicklung erfordert daher eine Entwicklungspolitik, die auf Veränderung bezüglich des Zugangs zu Ressourcen, Gütern, Einkommen und sozialen Positionen sowie auf eine Umverteilung von Rechten und Pflichten, Chancen und Lasten, Kosten und Nutzen ausgerichtet ist (ebd.). Die Verantwortung für soziale Gerechtigkeit zwischen aufeinander folgenden Generationen bezieht aus der Sicht der Kommission „logischerweise die Gerechtigkeit innerhalb jeder Generation“ mit ein. Eine gerechte Gegenwart ist Voraussetzung für eine gerechte Zukunft.

### 2.1 Konstitutive Elemente

Aus der Nachhaltigkeitsdefinition der Brundtland-Kommission und den von ihr selbst dazu gegebenen Erläuterungen lassen sich vier normative Grundannahmen oder konstitutive Elemente des Leitbildes herausarbeiten, über die auf einer sehr abstrakten Ebene mehr oder weniger Konsens besteht:

<sup>2</sup> Die folgenden Ausführungen basieren im Wesentlichen auf Jörissen et al. (2005).

<sup>3</sup> Zu den Ergebnissen dieser Analysen siehe Jörissen et al. (2001) sowie Coenen (2001).

<sup>4</sup> Die folgenden Aussagen beschränken sich im Wesentlichen auf die deutsche Nachhaltigkeitsdebatte.

### **2.1.1 Nachhaltigkeit ist ein globales Konzept**

Schon der von der UN-Vollversammlung an die Brundtland-Kommission vergebene Auftrag lautete „ein weltweites Programm des Wandels“ zu formulieren. Die Kommission betrachtete das Auftreten globaler ökologischer Probleme und das wachsende Wohlstandsgefälle zwischen Nord und Süd als miteinander verknüpfte Krisenphänomene der industriellen Moderne (Brand/Jochum 2000, S. 174). Ausgehend von diesem Problemverständnis entfaltet sie das Konzept einer nachhaltigen Entwicklung als ein auf lange Sicht tragfähiges Modell für das Überleben und Wohlergehen der Weltgesellschaft. Auf der Basis des in der Kommission erreichten Grundkonsenses über die Erfordernisse einer global nachhaltigen Entwicklung sollten dann die einzelnen Staaten spezifische Ziele und Strategien zur Umsetzung der allgemeinen Forderungen auf der nationalen Ebene erarbeiten.

Die Notwendigkeit dieser Stufenweisen Operationalisierung, die sich in der gängigen Parole „global denken, lokal handeln“ zusammenfassen lässt, ist allgemein anerkannt. Dennoch wird die globale Perspektive in vielen Nachhaltigkeitskonzepten hauptsächlich bei der Formulierung von ökologischen Zielen, insbesondere dem der CO<sub>2</sub>-Reduktion berücksichtigt, während ansonsten eine nationale oder regionale Sicht im Vordergrund steht.

### **2.1.2 Nachhaltigkeit ist ein integratives Konzept**

Der Brundtland-Report betont die engen Beziehungen zwischen ökologischer, ökonomischer, sozialer, kultureller und institutioneller Entwicklung. Für diese verschiedenen Facetten der gesellschaftlichen Entwicklung hat sich die Bezeichnung „Dimensionen“ oder „Säulen“ eingebürgert. Es gehört zu den allgemein geteilten Grundeinsichten der Nachhaltigkeitsdebatte, dass die Umsetzung des Leitbildes eines umfassenden Strategieansatzes bedarf, der die verschiedenen Dimensionen integriert. Ökologische, ökonomische und soziale Fragen sollen in ihrer wechselseitigen Abhängigkeit betrachtet und Zielkonflikte und Trade-off-Probleme in einem „magischen Dreieck“ (Simonis) oder auch Viereck oder Fünfeck je nach Konzeption und damit nach Anzahl der Dimensionen<sup>5</sup> zum Ausgleich gebracht werden. Obwohl die Notwendigkeit der Integration auf dieser allgemeinen Ebene unbestritten ist, liegen die Auffassungen über das Verhältnis der Dimensionen nach wie vor weit auseinander.

### **2.1.3 Nachhaltigkeit beinhaltet Verantwortung gegenüber heutigen und kommenden Generationen**

Dass die Idee der Nachhaltigkeit sehr wesentlich mit der Anerkennung von moralischen Verpflichtungen gegenüber künftigen Generationen zusammenhängt, ist ganz unstrittig. Wie jedoch das künftigen Generationen zu hinterlassende Erbe strukturiert sein müsste, was bewahrt werden soll und was verändert werden darf, ist nach wie vor kontrovers. Noch problematischer ist die Frage, was Verantwortung gegenüber den heute Lebenden bedeutet. Hierzu werden nicht nur unterschiedliche Deutungen vertreten, sondern es gibt auch nur einen relativ schwach ausgeprägten Grundkonsens. Trotz der klaren Position der Brundtland-Kommission, dass die beiden Gerechtigkeitspostulate un-

<sup>5</sup> Vorgeschlagen wird z. B., dem Bereich „Kultur und Bildung“ die Rolle einer vierten Dimension zuzuweisen, so etwa Rochlitz in seinem Sondervotum zum Abschlussbericht der Enquete-Kommission „Schutz des Menschen und der Umwelt“ (1998, 225). Andere Autoren plädieren für die Einführung einer „institutionellen Dimension“, so Minsch et al. (1998) und Forum Umwelt & Entwicklung (1997).

trennbar zusammengehören, gehen viele Nachhaltigkeitskonzepte entweder auf die Frage der internationalen Verteilungsgerechtigkeit nicht ein oder sie vertreten den Standpunkt, dass nur der Aspekt der Verantwortung für künftige Generationen konstitutiv für das Leitbild der Nachhaltigkeit sei.

### **2.1.4 Nachhaltigkeit ist ein anthropozentrisches Konzept**

Als primäres Ziel einer nachhaltigen Entwicklung wird im Brundtland-Report die Befriedigung menschlicher Bedürfnisse heute und in Zukunft betrachtet. Die Bewahrung der natürlichen Umwelt wird nicht als Ziel an sich angestrebt, sondern als Voraussetzung für eine dauerhafte soziale und ökonomische Entwicklung. Der Mensch trägt Verantwortung für diese Natur, weil er als Naturwesen auf bestimmte Güter und Leistungen der Natur, auf die Funktionsfähigkeit natürlicher Kreisläufe und Wachstumsprozesse angewiesen ist. Auch dort, wo der Natur ein Eigenwert als Lebens- und Erfahrungsraum zugeschrieben wird, geschieht dies aus der Sicht und nach den Wertmaßstäben des Menschen.

Biozentrische oder physiozentrische Argumente haben bisher in der Nachhaltigkeitsdebatte keine wesentliche Rolle gespielt (Ott 2001). Die meisten Nachhaltigkeitskonzepte gehen von der Position eines „aufgeklärten“ Anthropozentrismus aus, der die Pflicht zu einem behutsamen Umgang mit der Natur aus einem wohlverstandenen Eigeninteresse des Menschen heraus begründet (Gorke 1999, 211 ff.). Der Begriff des „menschlichen Selbstinteresses“ darf dabei nicht mit einer kurzfristigen ausbeuterischen „Benutzung“ der Natur gleichgesetzt werden, sondern bezieht sich auf die vielfältigen Funktionen, welche die Natur für den Menschen erfüllt.<sup>6</sup> Da künftigen Generationen dieselben Rechte zugebilligt werden wie den heutigen, ergibt sich die Verpflichtung, die bestehende Vielfalt an Möglichkeiten menschlicher Interaktion mit der Natur für die Zukunft zu bewahren.

## **2.2 Generelle Ziele nachhaltiger Entwicklung**

Der erste Schritt der Operationalisierung besteht in einer „Übersetzung“ der vier konstitutiven Elemente von Nachhaltigkeit in drei „generelle Ziele nachhaltiger Entwicklung“, die dann in einem zweiten Schritt durch die Angabe von Mindestvoraussetzungen für eine nachhaltige Entwicklung, die „Regeln“, präzisiert werden. Die generellen Ziele zur Operationalisierung des Nachhaltigkeitsleitbildes im Sinne der obigen Ausführungen sind:

- Sicherung der menschlichen Existenz
- Erhaltung des gesellschaftlichen Produktivpotenzials
- Bewahrung der Entwicklungs- und Handlungsmöglichkeiten.

Diese Ziele werden durch Mindestbedingungen einer nachhaltigen Entwicklung konkretisiert, auf deren Gewährleistung alle Mitglieder der globalen Gesellschaft – unter Einschluss kommender Generationen – einen moralischen Anspruch haben. Diese Mindestanforderungen, die als Handlungsleitlinien oder „Regeln“ formuliert sind, beinhalten sowohl ökologische als auch ökonomische und soziale Aspekte. Sie bilden den normativen Bezugsrahmen, der als Leitorientierung für die Kontextualisierung von Nachhaltigkeitsbetrachtungen dient.

<sup>6</sup> Auf die Implikationen eines „aufgeklärten Anthropozentrismus“ kann hier nicht im Einzelnen eingegangen werden, siehe dazu ausführlich Kopfmüller et al. (2001, 152 ff.).



## 2.3 Mindestanforderungen einer nachhaltigen Entwicklung

Zu den Voraussetzungen für eine nachhaltige Entwicklung gehören die 15 substanziellen Mindestanforderungen (Tab. 1), die den Nachhaltigkeitsbegriff in Bezug auf gesellschaftliche Bereiche, wie z. B. den Umgang mit natürlichen Ressourcen, konkretisieren. Sie werden ausführlich in Kopfmüller et al. (2001) dargestellt.

*Tabelle 1: Substanzielle Mindestanforderungen nachhaltiger Entwicklung*

<i>Generelle Nachhaltigkeitsziele</i>		
<i>Sicherung der menschlichen Existenz</i>	<i>Erhaltung des gesellschaftlichen Produktivpotenzials</i>	<i>Bewahrung der Entwicklungs- und Handlungsmöglichkeiten</i>
<b>Mindestanforderungen (Regeln)</b>		
Schutz der menschlichen Gesundheit (1.1)	Nachhaltige Nutzung erneuerbarer Ressourcen (2.1)	Chancengleichheit im Hinblick auf Bildung, Beruf, Information (3.1)
Gewährleistung der Grundversorgung (1.2)	Nachhaltige Nutzung nicht erneuerbarer Ressourcen (2.2)	Partizipation an gesellschaftlichen Entscheidungsprozessen (3.2)
Selbstständige Existenzsicherung (1.3)	Nachhaltige Nutzung der Umwelt als Senke (2.3)	Erhaltung des kulturellen Erbes und der kulturellen Vielfalt (3.3)
Gerechte Verteilung der Umwelt-nutzungsmöglichkeiten (1.4)	Vermeidung unvertretbarer technischer Risiken (2.4)	Erhaltung der kulturellen Funktion der Natur (3.4)
Ausgleich extremer Einkommens- und Vermögensunterschiede (1.5)	Nachhaltige Entwicklung des Sach-, Human- und Wissenskapitals (2.5)	Erhaltung der sozialen Ressourcen (3.5)

*Quelle: Kopfmüller et al. (2001, 172; verändert)*

Darüber hinaus gibt es Bedingungen, die definieren, welche institutionellen Anforderungen eine Einhaltung der substanziellen Mindestbedingungen ermöglichen, die institutionellen Mindestanforderungen. Diese werden an dieser Stelle nicht weiter ausgeführt, da sie auf Grund des regionalen Bezuges des Forschungsvorhabens und der speziellen Themenstellung nur marginale Berührungspunkte zu dem Projekt, das im Folgenden vorgestellt wird, aufweisen.

### 3 Stand und Perspektiven der Grünlandnutzung in Baden-Württemberg

In den meisten Anwendungsfällen wurde das Regelwerk des IKoNE nicht unverändert übernommen, sondern jeweils an die speziellen Bedingungen des Vorhabens angepasst. Dabei wurden teils Regeln als nicht relevant für das Vorhaben erachtet, teils wurden Regeln abgeändert und in wieder anderen Fällen wurden neue Regeln eingeführt.

Im Projekt „Energie aus Grünland – eine nachhaltige Entwicklung?“ wird das IKoNE angewandt, um die Nutzung überschüssiger Grünlandflächen zur Energieerzeugung im Bundesland Baden-Württemberg unter Nachhaltigkeitsgesichtspunkten zu bewerten. Hier werden zum einen der Umfang der Grünlandüberschussflächen und deren Potenzial für die Energieerzeugung ermittelt, zum zweiten die vorhandenen und in der Entwicklung befindlichen Technologien zur Nutzung des Grünlandaufwuchses untersucht und zum dritten die Auswirkungen der Nutzungen bewertet.

Die Potenzialermittlung und die Untersuchung der Technologien sind weitgehend abgeschlossen und in einem Nachhaltigkeits-Screening sind die Regeln von IKoNE auf ihre Relevanz hin untersucht worden. Im Zuge der weiteren Konkretisierung wurden Indikatoren und Zielwerte für die Regelerfüllung abgeleitet und weitere Anpassungen des Regelwerkes und eine vorläufige Nachhaltigkeitsbewertung vorgenommen. Diese beruhen auf der Auswertung der relevanten Statistiken, der Literatur, zweier Umfragen unter den Landwirtschaftsämtern der Landkreise und zweier Workshops<sup>7</sup> sowie erster Ergebnisse der Stoffflussanalysen. Zurzeit werden detaillierte ökonomische Berechnungen sowie Stoff- und Energieflussrechnungen auf der Basis von GEMIS durchgeführt. Eine detaillierte Bewertung erfolgt, wenn die Berechnungen zu Emissionen, Energieaufwendungen und ökonomischen Parametern ausgewertet worden sind.

In Baden-Württemberg werden derzeit 39 % der landwirtschaftlich genutzten Fläche als Dauergrünland zur Tierfütterung eingesetzt, wobei die Anteile in den einzelnen Kreisen von wenigen Prozent bis über 70 % reichen (Abb. 1).

<sup>7</sup> Es wurde jeweils ein Workshop im Zollernalbkreis und im Kreis Ravensburg durchgeführt. Anwesend waren jeweils Vertreter der unterschiedlichen Verwaltungseinheiten, die mit dem Thema Bioenergie aus Grünland befasst sind und Nicht-Regierungsorganisationen sowie lokale Experten und Praktiker.

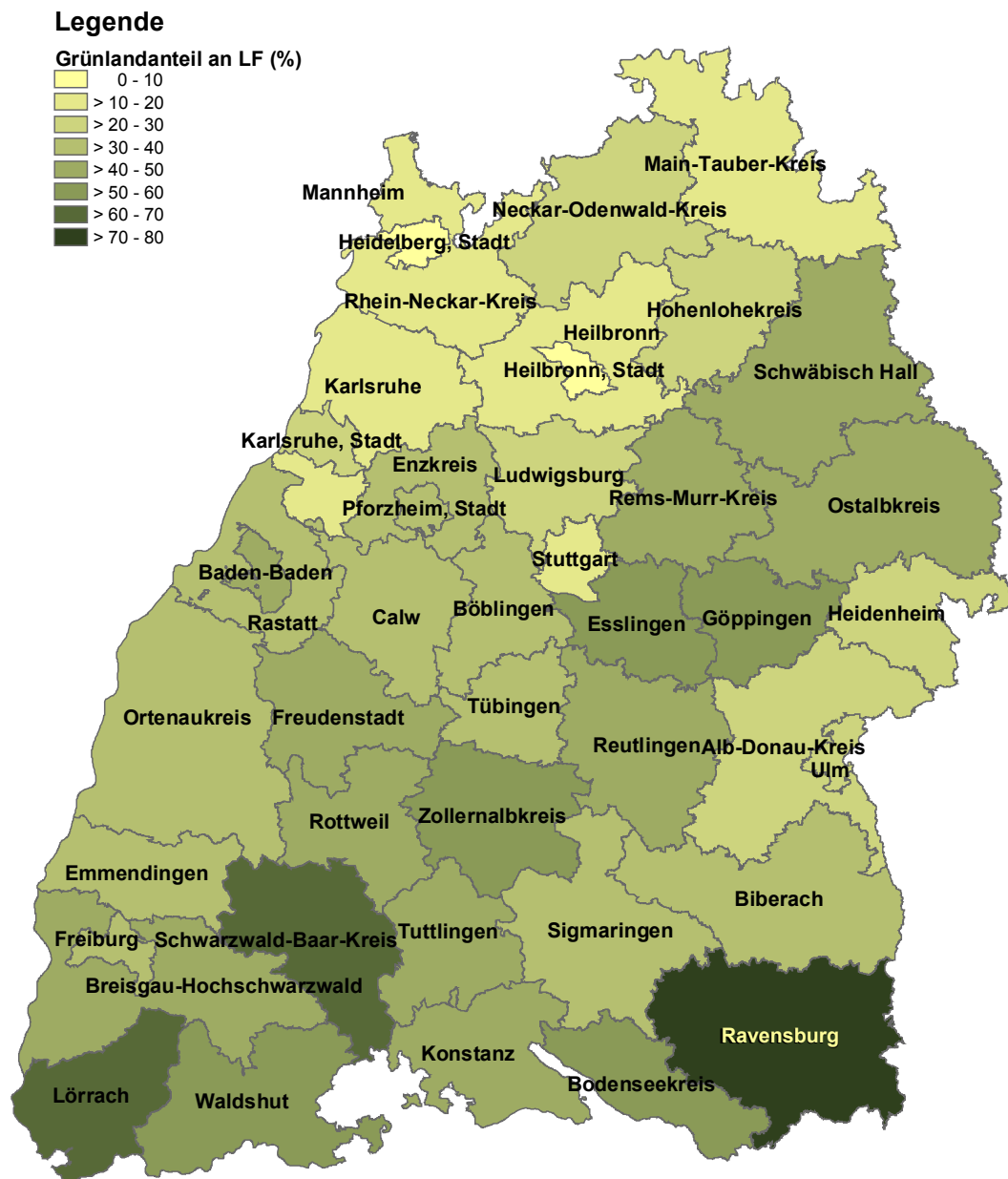


Abbildung 1: Grünanteil an der landwirtschaftlich genutzten Fläche  
Quelle: Eigene Darstellung auf Basis von StLABW (2006a)

Die traditionelle Grünlandnutzung als Futtergrundlage für Rinder ist jedoch seit Jahren rückläufig (Abb. 2). Ursache hierfür sind vor allem züchterische und technische Fortschritte in der Milchviehwirtschaft.

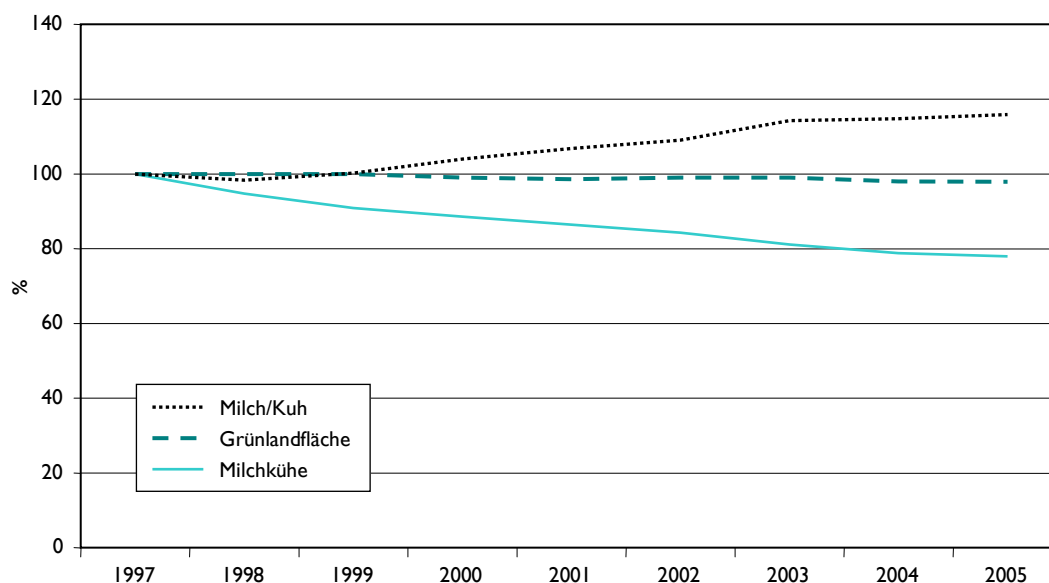


Abbildung 2: Entwicklung der Milchleistung der Grünlandfläche und des Milchkuhbestandes (1997 = 100)

Quelle: StLABW (2006a), StLABW (2006b), eigene Darstellung

Durch die jüngste EU-Agrarreform (vgl. Kommission der Europäischen Gemeinschaften 2004) ist festgelegt, dass die Tierprämien abschmelzen, eine Grünlandprämie eingeführt wird und die Milchpreise weitgehend freigegeben werden. Hierdurch kommen zukünftig erhebliche Anforderungen auf die Milchviehbetriebe zu. Noch stärker als bisher ist der Landwirt gefordert, die Kosten der Milcherzeugung zu senken. Dies kann er durch eine möglichst hohe Milchleistung je Kuh erreichen. Um diese auszuschöpfen, benötigt er ein Futter mit einem hohen spezifischen Energiegehalt. Da nicht alle Grünlandflächen das Potenzial zur Erzeugung energiereicher Futtermittel haben, ist in der Vergangenheit vor allem an ungünstigen Standorten die traditionelle Grünlandnutzung zurückgegangen. Zukünftig werden aber auch verstärkt intensiv genutzte Flächen überschüssig<sup>8</sup> werden (Raab/Rösch 2005). Häufig werden überschüssige Grünlandflächen zu Ackerland umgebrochen oder aufgeforstet. Eine Umwandlung von Grünland- in Ackerflächen ist zukünftig allerdings nur noch begrenzt möglich, da im Rahmen von Cross Compliance<sup>9</sup> der maximal zulässige Umbruch von Grünland zu Ackerland begrenzt ist.<sup>10</sup>

Der Rückgang der traditionellen Grünlandnutzung beeinflusst nicht nur die Landwirtschaft, sondern auch den Natur- und Umweltschutz, die Kulturlandschaft, den Tourismus, die regionale Wirtschaft und den ländlichen Raum.

<sup>8</sup> Im Folgenden werden die Grünlandflächen, die nicht mehr für die Erzeugung von Raufutter benötigt werden, als überschüssig bezeichnet.

<sup>9</sup> EU-Fördermittel werden nur noch bei Einhaltung bestimmter Mindeststandards beim Umwelt-, Tier- und Verbraucherschutz gewährt.

<sup>10</sup> Verringert sich der Anteil des Dauergrünlands an der landwirtschaftlichen Nutzfläche landesweit um mehr als 5 %, so kann das Land eine Verordnung erlassen, nach der der Umbruch von Dauergrünland einer vorherigen Genehmigung bedarf. Bei einer Verringerung um 8 % kann das Land Direktzahlungsempfänger, die Grünland umgebrochen haben, zur Wiederansaat verpflichten. Bei einer Reduktion um über 10 % muss neues Dauergrünland angelegt werden. Das bedeutet, dass in Baden-Württemberg der Grünlandanteil an der Landwirtschaftsfläche von gegenwärtig rund 38 % auf 34 % sinken könnte. Dies entspricht etwa 65.000 ha.

## 4 Anpassung des ICoNE-Konzepts an den Projektkontext

Unter Berücksichtigung erster Ergebnisse wurde die Fragestellung des Projekts, ob eine energetische Nutzung des Grünlandes nachhaltig ist oder nicht, einem Regel-Screening unterzogen. Bei der Anwendung der vorgestellten 15 konstitutiven Regeln des Integrativen Konzeptes nachhaltiger Entwicklung auf die Themenstellung des Projekts stellte sich heraus, dass viele Regeln in dem Projektkontext keine wesentliche Rolle spielen, da die „Energiegewinnung aus dem Grünland“ keine oder nur unwesentliche Berührungspunkte mit diesen Nachhaltigkeitsregeln aufweisen. Auswirkungen der Projektfragestellung ergeben sich bei sieben Nachhaltigkeitsregeln:

- Schutz der menschlichen Gesundheit (1.1)
- Selbständige Existenzsicherung (1.3)
- Gerechte Verteilung der Umweltnutzungsmöglichkeiten (1.4)
- Nachhaltige Nutzung erneuerbarer Ressourcen (2.1)
- Nachhaltige Nutzung nicht erneuerbarer Ressourcen (2.2)
- Nachhaltige Nutzung der Umwelt als Senke (2.3)
- Erhalt der kulturellen Funktion der Natur (3.4).

Es zeigt sich, dass die Projektfragestellung alle drei Nachhaltigkeitsziele anspricht. Es wird allerdings auch deutlich, dass „die Sicherung der menschlichen Entwicklung“ und „die Erhaltung des gesellschaftlichen Produktivpotenzials“ die Schwerpunkte bilden und Auswirkungen auf das Ziel der „Bewahrung der Entwicklungs- und Handlungsmöglichkeiten“ eher gering sind.

Die „betroffenen“ Nachhaltigkeitsregeln werden im Weiteren durch Indikatoren operationalisiert. Für die Auswahl der Indikatoren und der Zielwerte wurden die Publikationen zur Nachhaltigkeit in der Landwirtschaft, regionale Literatur und Statistiken ausgewertet.

Es wurde ein Indikatorengerüst erstellt, das erlaubt, Aussagen darüber zu machen, ob die energetische Nutzung des Grünlandaufwuchses in Baden-Württemberg eher einen positiven oder einen negativen Beitrag zur nachhaltigen Entwicklung leisten kann (Tab. 2).

*Tabelle 2: Regeln und Indikatoren zur Bewertung der Nachhaltigkeit im Grünlandprojekt*

Regel	Indikatoren
Schutz der menschlichen Gesundheit (1.1)	Gesundheitlich relevante Feinstaub-, CO-, NO <sub>x</sub> -, HCl-, Dioxinmissionen
Selbstständige Existenzsicherung (1.3)	Arbeitsstunden, Einkommen
Gerechte Verteilung der Umweltnutzungsmöglichkeiten (1.4)	Erzeugung regenerativer Energie, Treibhausgas-Emissionen
Nachhaltige Nutzung erneuerbarer Ressourcen (2.1)	Biodiversitäts-, Boden-, Wasserschutz, Versauerungs-, Eutrophierungspotenzial der Emissionen
Nachhaltige Nutzung nicht erneuerbarer Ressourcen (2.2)	Erzeugung regenerativer Energie
Nachhaltige Nutzung der Umwelt als Senke (2.3)	Treibhausgas-Emissionen
Erhalt der kulturellen Funktion der Natur (3.4)	Veränderungen des Landschaftsbildes

Für die Auswahl der Indikatoren war das Hauptkriterium die Validität, d. h. der Indikator muss die Auswirkungen der „Energieerzeugung aus Grünlandaufwuchs“, dargestellt als potenzielle Verletzung der jeweiligen Nachhaltigkeitsregel, sachgerecht widerspiegeln. Als weitere Kriterien wurden die Reliabilität<sup>11</sup> und die Objektivität des Indikators sowie die Datenverfügbarkeit herangezogen. Außerdem musste eine Richtungssicherheit vorhanden sein. Dies bedeutet, dass aus Nachhaltigkeits-sicht klar sein muss, ob ein Ansteigen des Indikatorwertes positiv oder negativ zu bewerten ist.

Da bei den meisten Indikatoren keine Zielwerte vorhanden sind, dient in der Regel die Richtung der zeitlichen Entwicklung und die Höhe des Beitrags, den die unterschiedlichen energetischen Nutzungen des Grünlandes zur Verbesserung der Nachhaltigkeitssituation leisten können, als Orientierung für die Nachhaltigkeitsbewertung. Um zu ermitteln, welchen Beitrag die energetische Nutzung des überschüssigen Grünlandes effektiv leistet, ist es notwendig, dass die energetische Nutzung der Situation gegenüber gestellt wird, dass überschüssiges Grünland nicht energetisch genutzt wird. Im Referenzszenario wird davon ausgegangen, dass der Nutzer der Grünlandfläche nur den minimalen Aufwand betreibt, um die EU-Flächenprämie zu erhalten. Hierzu muss die Fläche einmal im Jahr gemulcht werden. Dies bedeutet, dass der Grünlandaufwuchs geschnitten wird, aber auf dem Feld verbleibt.

#### **4.1 Flächennutzungs- und Anlagenarten**

Bei den Ergebnissen der Nachhaltigkeitsbewertung handelt es sich um relative Aussagen. Das heißt, die Auswirkungen der betrachteten energetischen Nutzungsverfahren hängen davon ab, mit welchen Alternativen sie verglichen werden. Im Rahmen des Projekts werden die Verfahren zur Energiegewinnung aus Gras mit der Nichtnutzung der Grünlandflächen verglichen. Darunter wird verstanden, dass die Grünlandflächen einmal im Jahr gemulcht (s. o.) werden. Diese Mindestpflege der Flächen ist erforderlich, damit der Landwirt seinen Anspruch auf die EU-Grünland-Flächenprämie realisieren kann.

Bei der Beurteilung der Verfahren wird berücksichtigt, dass die standörtlichen Voraussetzungen für eine Grünlandnutzung in Baden-Württemberg recht unterschiedlich sind. Zum einen werden Standorte bewirtschaftet, die über gute Bodeneigenschaften (annähernd lehmige Textur, gute Struktur, keine Staunässe, hoher Gehalt an organischem Material u. a.), ein nur geringes Gefälle und günstige klimatische Voraussetzungen verfügen. Sie werden bisher in der Regel intensiv mit drei und mehr Schnitten im Jahr, einer angepassten Düngung und der Einsatz von Nutzgrasmischungen genutzt (Beispiel: Allgäu). Demgegenüber stehen Flächen, die durch schlechte Bodeneigenschaften, ein mittleres bis hohes Gefälle oder ungünstige klimatische Voraussetzungen verfügen und nur extensiv (ein bis zwei Schnitte pro Jahr) genutzt werden.

Zu den betrachteten Verfahren der Energiegewinnung aus überschüssigem Grünland gehören die Verbrennung von Heu sowie die Vergärung von Grassilage mit Gülle oder Maissilage. Bei den Verfahren der Heuverbrennung wird davon ausgegangen, dass hierfür nur Aufwuchs von wenig ertragreichen Flächen, die schon heute extensiv genutzt (d. h. nicht zusätzlich gedüngt und ein- bis zweimal gemäht) werden, zur Anwendung kommt. Die Verbrennung erfolgt in Anlagen, wie sie zur Stroh- bzw. Getreideverbrennung entwickelt und auch für die Heuverbrennung erfolgreich getestet oder eingesetzt werden (REKA-, Herlt-, Agroflam-Anlage).

<sup>11</sup> Die Reliabilität (Zuverlässigkeit) bezeichnet die formale Genauigkeit.

Bei der Grassilageproduktion zur Biogasnutzung wird davon ausgegangen, dass es sich um Flächen mit guten Standorteigenschaften und relativ hohen Grünlandzahlen handelt, auf denen bisher Intensivgrünlandwirtschaft betrieben wurde. Auf ihnen wird mehrfach im Jahr gemäht und auf Entzug gedüngt. Als weitere Variante der Erzeugung von Biogas aus dem Grünland wird der – in begrenztem Umfang rechtlich zulässige – Umbruch von Grünland und die Erzeugung von Maissilage, die allein oder als Kofermentat mit Grassilage fermentiert wird, betrachtet. Bei allen Anlagen gehen wir von einem ordnungsgemäßen Betrieb derselben aus.

Bei allen Verfahren zur Energieerzeugung aus Heu oder Grassilage wird angenommen, dass durch die energetische Nutzung des Grünlandaufwuchses fossile Energieträger ersetzt werden.

In den folgenden Abschnitten wird die energetische Grünlandnutzung unter Anwendung der relevanten Nachhaltigkeitsregeln analysiert. Dabei wird jeweils der Inhalt der Regel kurz erläutert, im Anschluss daran werden die speziellen Ergebnisse vorgestellt.

## **4.2 Schutz der menschlichen Gesundheit (Regel 1.1) <sup>12</sup>**

Zur Operationalisierung der Nachhaltigkeitsregel „Schutz der menschlichen Gesundheit“ wird der Indikator „Gesundheitlich relevante Schadstoffemissionen“ herangezogen, da bei der Energiegewinnung aus dem Grünland gesundheitlich relevante Schadstoffe freigesetzt werden können. Die Schadstoffemissionen, die bei der Nutzung des Grünlandaufkommens auftreten können, werden den gesetzlichen Grenzwerten gegenübergestellt. In Tabelle 3 sind die wichtigsten gesundheitlich relevanten Luftschadstoffe für die Verfahren der Energiegewinnung aus dem Grünland sowie die aktuellen Grenz- und Richtwerte aufgeführt.

Gesundheitlich relevante Schadstoffemissionen resultieren in erster Linie aus der Freisetzung von Verbindungen über den Luftpfad, die größtenteils bei der thermischen Umwandlung von Heupellets oder Heuballen, aber auch bei der Verstromung von Biogas entstehen können. Art und Menge der Schadstoffemissionen sind dabei abhängig von der Art und dem Zustand des Energieträgers, der Verfahrenskette zur Bereitstellung des Energieträgers, der Umwandlungstechnik, der Prozesssteuerung und dem Einsatz von Emissionsminderungstechnologien.

### **4.2.1 Emissionen aus der Biogasgewinnung und -verstromung**

Bei der Verbrennung von Biogas können die NO<sub>x</sub>- und CO-Emissionen sowohl bei Gas- als auch bei Zündstrahlmotoren die Richtwerte der TA Luft<sup>13</sup> überschreiten, wenn die Motoren nicht optimal eingestellt sind (LfL 2005). Zündstrahlmotoren emittieren zusätzlich Staub bzw. Ruß (Reitberger 2002). Da bei Biogasmotoren aufgrund der im Biogas enthaltenen Begleitstoffe, wie z. B. Schwefelwasserstoff, keine Katalysatoren eingesetzt werden können, kommt zur Minimierung der Stickoxidemissionen nur der Magerbetrieb zur Absenkung der Verbrennungstemperatur in Frage. Die bei der Verbrennung des im Biogas enthaltenen Schwefelwasserstoffs entstehenden Schwefeldioxidemissionen können durch eine gute Entschwefelung des Biogases deutlich gesenkt werden.

<sup>12</sup> Die allgemeinen Erläuterungen zu den einzelnen Regeln basieren im Wesentlichen auf den Publikationen von Kopfmüller et al. (2001), Grunwald et al. (2001), Coenen/Grunwald (2003), Jörissen et al. (2005), die an die jeweiligen Projektbedingungen angepasst wurden.

<sup>13</sup> Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – Erste allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz.

Tabelle 3: Grenzwerte gesundheitlich relevanter Schadstoffemissionen bei der energetischen Nutzung von Grünlandaufwuchs

Nutzung	Feuerungswärmeleistung/ Technik	Relevante Vorschrift	O <sub>2</sub> -Bezugswert	Staub	NO <sub>x</sub>	CO	SO <sub>2</sub>	HCl	Dioxine/ Furane
			Vol.-%						mg/m <sup>3</sup>
Verfeuerung	15 – 100 kW	I.BImSchV <sup>14</sup>	13	150	-	4.000	-	-	-
	0,1 – 1 MW	TA Luft	11	50	500	250	350	30	0,1
	1 – 50 MW		11	20	400	250	350	30	0,1
Biogas-BHKW	1 – 3 MW Gasmotor*	TA Luft	5	20	500	1.000	350		
	1 – 3 MW Zündstrahlmotor*		5	20	1.000	2.000			
Schädlichkeit für Menschen				Atemwegs-, Herz-Kreislauf- Erkrankungen	Atemwegs-, Herz-Kreislauf- Erkrankungen, akut toxisch	Herz-Kreislauf- Erkrankungen, akut toxisch	ätzend	ätzend	kanzerogen, teratogen

\* Die aufgeführten Werte gelten für Anlagen unter 1 MW Leistung als Richtwerte<sup>15</sup>

Quelle: Raab et. al. (2005); FNR (2004); eigene Ergänzungen

<sup>14</sup> Die 1. BImSchV ist die erste Verordnung nach dem Bundes-Immissionsschutzgesetz und regelt die Immissionsschutzanforderungen an Kleinfeuerungsanlagen.

<sup>15</sup> Richtwerte stellen – im Gegensatz zu Grenzwerten – keine festen gesetzlich fixierten Grenzen dar, sondern dienen eher der Orientierung.



Diese Maßnahme verlängert auch die Lebenserwartung der Motoren. Die spezifischen Emissionen pro erzeugter Energieeinheit sind bei der Biogasnutzung zur Stromgewinnung mit Motoren vergleichsweise hoch, wenn – und das ist die Regel – deren Abwärme nicht genutzt wird.

Gerüche sind zwar nicht per se gesundheitsschädigend, sie können jedoch – je nach Art des Geruchs, der Intensität und der Dauer – zu einer großen psychischen Belastung werden. Bei der Nutzung von Grassilage zur Biogaserzeugung können unangenehme Gerüche freigesetzt werden. Zu den geruchsintensiven Stoffen aus Biogasanlagen zählen u. a. Ammoniak, organische Säuren, Phenole und Schwefelwasserstoff ( $H_2S$ ). Auftretende Gerüche sind oftmals der Ausgangspunkt von Belästigungen bzw. Beschwerden über Biogasanlagen. Die Geruchsemissionen hängen vor allem von der Zusammensetzung der Einsatzstoffe (Gülle, Kofermente) ab. Obwohl die anaerobe Behandlung von Gülle zu einer Verringerung Geruch verursachender Substanzen um rund 30 % führt (Reitberger 2002), kann es bei der Entnahme der Grassilage aus dem Silo, bei Betriebsstörungen mit Gasaustritt, bei Nachgärungen im Gärrückstandslager und durch austretenden Silosickersaft (Baumann 2006) zu Geruchsbelästigungen kommen.

## 4.2.2 Emissionen aus der Heuverbrennung

Die Entstehung und Freisetzung von Emissionen durch die Verbrennung von Heupellets oder Heuballen sind vergleichbar denen aus Anlagen zur Verbrennung von Stroh- bzw. Holzpellets oder Hackschnitzelanlagen. Neben der angewandten Technik (z. B. Unterschub-, Rostfeuerung), der Kontinuität der Brennstoffbeschickung und der Betriebsführung (Schwankung zwischen Volllast und Teillast) hängt es besonders von dem Zustand des Ausgangsmaterials (Trocknungsgrad, Chlorgehalt) ab, inwieweit dabei gesundheitsschädigende Verbindungen emittiert werden (Hartmann et al. 2004; Raab et al. 2005).

Kleine Feuerungsanlagen wie sie in privaten Haushalten, Handwerks- und Gewerbebetrieben anzutreffen sind, müssen zwar nicht genehmigt werden, unterliegen im Betrieb aber den Anforderungen der 1. Verordnung zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (1. BImSchV-Verordnung über kleine Feuerungsanlagen). Die Bundesregierung plant eine Novellierung dieser Verordnung. Dabei sollen die Grenzwerte für den Ausstoß von Staub verschärft werden, da Feinstaub die menschliche Gesundheit erheblich beeinträchtigen kann. Er wirkt negativ auf die Atemwege – Husten und die Zunahme asthmatischer Anfälle sind die Folge – sowie auf das Herz-Kreislauf-System. Dies kann die Lebenserwartung vermindern. Eine Verschärfung der Grenzwerte ist wahrscheinlich, da Biomasseverbrennungsanlagen inzwischen eine bedeutende Quelle für Staubemissionen darstellen: Die mehreren Millionen kleinen Holzfeuerungsanlagen stoßen in Deutschland insgesamt etwa soviel gesundheitsschädlichen Feinstaub aus wie die Motoren von Pkw, Lkw und Motorrädern (UBA 2006).

In kleinen Verbrennungsanlagen von 15 bis 100 kW (1. BImSchV) sind halmgutartige Brennstoffe wie Stroh und Heu als Regelbrennstoffe zugelassen. Viele Kessel sind allerdings für den Brennstoff Holz ausgelegt und nicht an die Verfeuerung von Heu oder andere Halmgüter angepasst. Beim Einsatz von Halmgütern wird deshalb der derzeit gültige Grenzwert für Staubemissionen von  $150 \text{ mg/m}^3$  Rauchgas (1. BImSchV) häufig überschritten. Da die Staubemissionen zum Großteil aus Feinstaub bestehen, lassen sich diese nur mit sekundären Entstaubungseinrichtungen (z. B. Gewebefilter, Elektrofilter) deutlich verringern, was allerdings eine Erhöhung der Investitionskosten zur Folge hat. Durch technische Neuentwicklungen, wie z. B. beim Halmgut-Pelletkessel der Fa. Agrofamm, sind jedoch auch Kessel ohne sekundäre Entstaubung in der Lage, die bestehenden Grenzwerte deutlich zu unterschreiten bzw. teilweise auch die geplanten verschärften Grenzwerte für Staubemissionen (z. B.  $50 \text{ mg/m}^3$ ) einzuhalten.

Für  $\text{NO}_x$  besteht bei Anlagen bis 100 kW Feuerungswärmeleistung nach der 1. BImSchV für Kleinfeuerungsanlagen derzeit kein Grenzwert. Der in der Diskussion befindliche Grenzwert von  $500 \text{ mg NO}_x/\text{m}^3$  kann für Brennstoffe mit einem relativ hohen Proteingehalt wie Heu möglicherweise problematisch werden. Trotz der erhöhten Proteingehalte im Heu können die  $\text{NO}_x$ -Grenzwerte der TA Luft ( $500 \text{ mg}/\text{m}^3$ ) in geeigneten Anlagen eingehalten werden. Auf der Brennstoffseite bestehen hier Möglichkeiten zur Minderung von  $\text{NO}_x$ -Emissionen, indem nur überständige, proteinarme Aufwüchse für die Verbrennung eingesetzt werden. In größeren Verbrennungsanlagen oberhalb von 100 kW gilt die 4. BImSchV mit den weitaus strengeren Staub- und  $\text{CO}$ -Emissionsgrenzwerten der TA Luft (Tab. 3).

Aufgrund des Chlorgehalts im Heu besteht bei der Heuverbrennung auch die Gefahr der Freisetzung von Chloremissionen. Diese sind besonders schädlich für die Gesundheit wenn es sich um Dioxine und Furane handelt. Da HCl durch Feinstaub adsorbiert wird, kann durch Einrichtungen zur Staubrückhaltung auch die Gefahr der Freisetzung von HCl verringert werden.

Bei der Heuverbrennung können im Teillastbetrieb und beim An- und Abfahren der Anlage auch Geruchsemissionen auftreten. Abhilfe kann durch ausreichend große Pufferspeicher und Vermeidung von Gluteraldehydbetrieb geschaffen werden.

### 4.2.3 Einordnung der zusätzlichen Emissionen

In Baden-Württemberg ist die Belastung mit luftgängigen Schadstoffen insgesamt gesehen eher gering. Im ländlichen Raum liegen die großflächigen Schadstoffgehalte sogar deutlich unter den gesetzlichen Grenzwerten (Tab. 4).

Tabelle 4: Schadstoffbelastung im ländlichen Raum in Baden-Württemberg

Schadstoff	Belastung 2004	Grenzwert
CO	$0,5 \text{ mg}/\text{m}^3$	$10 \text{ mg}/\text{m}^3$
Staub (PM10) <sup>16</sup>	$15 \text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$	$40 \text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$
$\text{NO}_2$	$10 \text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$	$40 \text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ <sup>*)</sup>

\*) Zielwert ab 2010

Quelle: StLABW (2005a)

Allerdings sagen die Hintergrundwerte nichts darüber aus, ob nicht punktuell höhere Konzentrationen als die gesetzlich zugelassenen vorkommen. Außerdem können Schadstoffemissionen durch Ferntransport die Schadstoffbelastung in Räume mit bereits bestehender hoher Belastung zusätzlich erhöhen. Bei den Staubemissionen werden beispielsweise die seit 2005 gültigen Feinstaub-Immissions-Grenzwerte an mehreren Orten in Baden-Württemberg überschritten (UMBW 2006; Höpfner, Gundert-Remy 2005). Für  $\text{NO}_x$  ist außerdem zu beachten, dass mit der Verabschiedung der NEC-Richtlinie<sup>17</sup> durch die EU bis 2010 flächendeckend Immissionsgrenzwerte eingehalten werden müssen.

<sup>16</sup> Als PM10 werden Partikel bezeichnet, die kleiner als  $10 \mu\text{m}$  sind.

<sup>17</sup> Die NEC-Richtlinie bestimmt, dass die Mitgliedstaaten nationale Programme zur fortschreitenden Verminderung der  $\text{SO}_2$ -,  $\text{NO}_x$ -,  $\text{NH}_3$ - und NMVOC-Emissionen erstellen. Diese Emissionsbegrenzungen der nationalen Gesamtemissionen sind bis zum Jahr 2010 einzuhalten.

#### **4.2.4 Verfahrensvergleich**

Wenn man die drei Nutzungen Gras/Biogas, Mais/Biogas und Heuverbrennung der Referenz Mulchen/fossile Energieträger gegenüberstellt, ergeben sich für die einzelnen Schadstoffe unterschiedliche Ergebnisse. Die SO<sub>2</sub>-Emission der Biogaserzeugung liegt deutlich unter den Referenzwerten, die der Verbrennung unterschreiten sie knapp. Die NO<sub>x</sub>-Emissionen der Biogasnutzung liegen über den Referenzwerten, die der Verbrennung überschreiten sie erheblich. Die Werte der Staubemissionen der Biogasnutzung entsprechen in etwa den Referenzwerten und bei der Verbrennung liegen sie über diesen. Am deutlichsten unterscheiden sich die CO-Werte. Hier liegen die Biogaswerte höher und die Verbrennungswerte deutlich niedriger als die Referenzwerte. Zusammenfassend lässt sich weder für die eine, noch für die andere Art der Nutzung ein eindeutiger Vorteil bezüglich der gesundheitlichen Auswirkungen erkennen.

### **4.3 Selbstständige Existenzsicherung (Regel 1.3)**

Die Erfüllung der Nachhaltigkeitsforderung, allen Gesellschaftsmitgliedern die Möglichkeit zu geben, ihre Existenz durch eine frei übernommene Tätigkeit selbst zu sichern, hängt entscheidend von der Arbeitsplatz- und Einkommenssituation ab. Deshalb werden die Indikatoren „Beschäftigung“ und „Verdienstmöglichkeiten“ zur Operationalisierung des Nachhaltigkeitsziels der selbständigen Existenzsicherung verwendet. Insbesondere für die nachhaltige Entwicklung des ländlichen Raums kommt diesen beiden Indikatoren eine zentrale Rolle zu.

#### **4.3.1 Beschäftigung**

Obwohl die Lage auf dem Arbeitsmarkt in Baden-Württemberg besser aussieht als in den meisten anderen Teilen Deutschlands, ist sie auch hier mit einer Arbeitslosenzahl von ca. 385.000 (2005) und einer Arbeitslosenquote von 7,0 % nicht nachhaltig<sup>18</sup>. Hinzu kommt, dass das Wirtschaftswachstum in den Jahren 2002 und 2003 abgenommen und in 2005 nur um 1,3 % gestiegen ist. Diese Entwicklung war einer der Hauptgründe, dass die Arbeitslosigkeit nach einem Tiefststand von 5,5 % in 2001 wieder zugenommen hat. Ein Anstieg der Arbeitslosigkeit ist besonders für den ländlichen Raum problematisch, da hier das Arbeitsplatzangebot in der Regel geringer ist als in den Verdichtungsräumen (Brachat-Schwarz 2003), was die Alternativen für einmal verloren gegangene Arbeitsplätze deutlich einschränkt. Die Auswirkungen hiervon zeigen sich auch darin, dass sowohl die Bevölkerungsentwicklung als auch die Zahl der Beschäftigten im ländlichen Raum hinter den Entwicklungen im Landesdurchschnitt zurückbleiben (Meister-Scheufelen 2005).

Die Zahl der Beschäftigten in der Landwirtschaft, die früher den Hauptteil der Beschäftigten im ländlichen Raum ausgemacht haben, ist von 1981 bis 2005 um 41 % auf 207.600 zurückgegangen (Abb. 3). Auch wenn sich der Rückgang der Beschäftigten in den letzten Jahren etwas abgeschwächt hat, so ist dennoch davon auszugehen, dass der Strukturwandel in der Landwirtschaft und der damit verbundene Verlust an Arbeitsplätzen anhalten werden.

<sup>18</sup> Eine Arbeitslosenquote von ca. 3 % gilt als Vollbeschäftigung (Brandl et al. 2003, 100) und damit als nachhaltig.

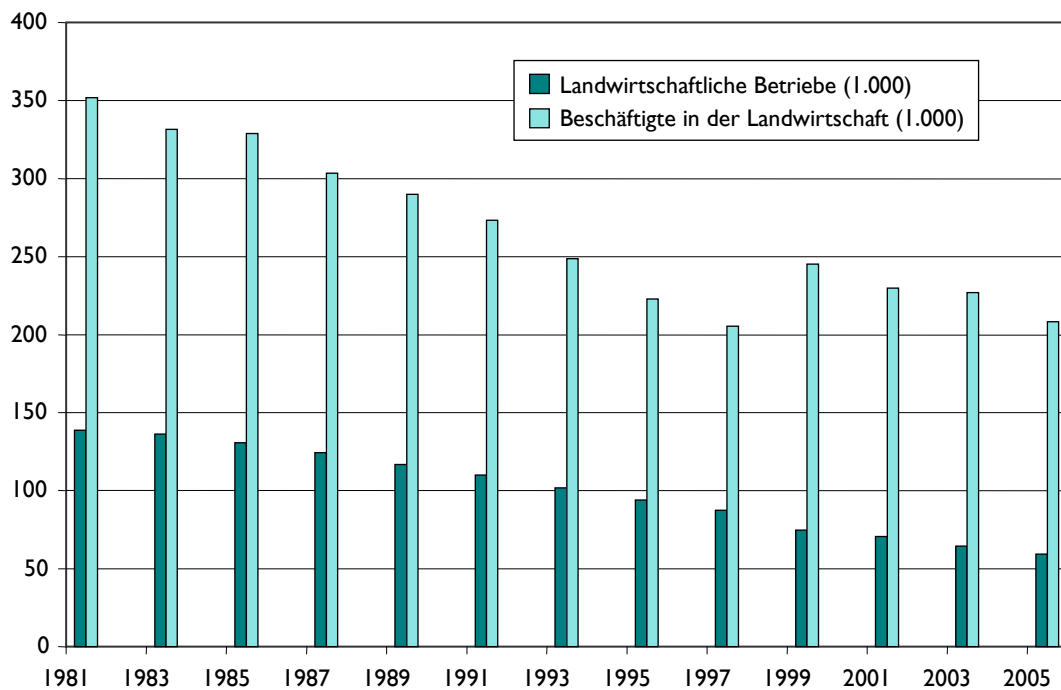


Abbildung 3: Entwicklung der Anzahl landwirtschaftlicher Betriebe und der in der Landwirtschaft Beschäftigten in Baden-Württemberg

Quelle: StLABW (2005b); aus Stelzer et al. (2006, 241); eigene Darstellung

Die Verfahren zur energetischen Verwertung von Grünlandaufwuchs sind weniger arbeitsintensiv als die Milchviehhaltung; aber im Vergleich zur reinen Flächenpflege sind sie mit einem deutlich höheren Arbeitseinsatz verbunden. Während für das Mulchen einer Fläche nur eine Arbeitskraftstunde (Akh) pro Hektar benötigt wird, sind dies für die energetische Nutzung von Grünlandaufwuchs zwischen 11 Akh/ha und 22 Akh/ha (Abb. 4). Je nach Nutzung wird der größere Teil der Arbeit in der Bereitstellung des Grünlandaufwuchses oder im Betrieb der Konversionsanlage benötigt. So liegt der Arbeitsaufwand bei den Verfahren, bei denen die Energiegewinnung über Biogas erfolgt, deutlich auf der Seite der Substratbereitstellung und bei den Verbrennungsprozessen in der Regel auf der Seite des Anlagenbetriebs. Außerdem wird deutlich, dass z. B. für die Brennstoffbereitstellung mittels Rundballen oder Pellets zur Verbrennung deutlich weniger Arbeitszeit aufzuwenden ist, als für die Bereitstellung mittels Kleinballen oder den Anbau von Mais.

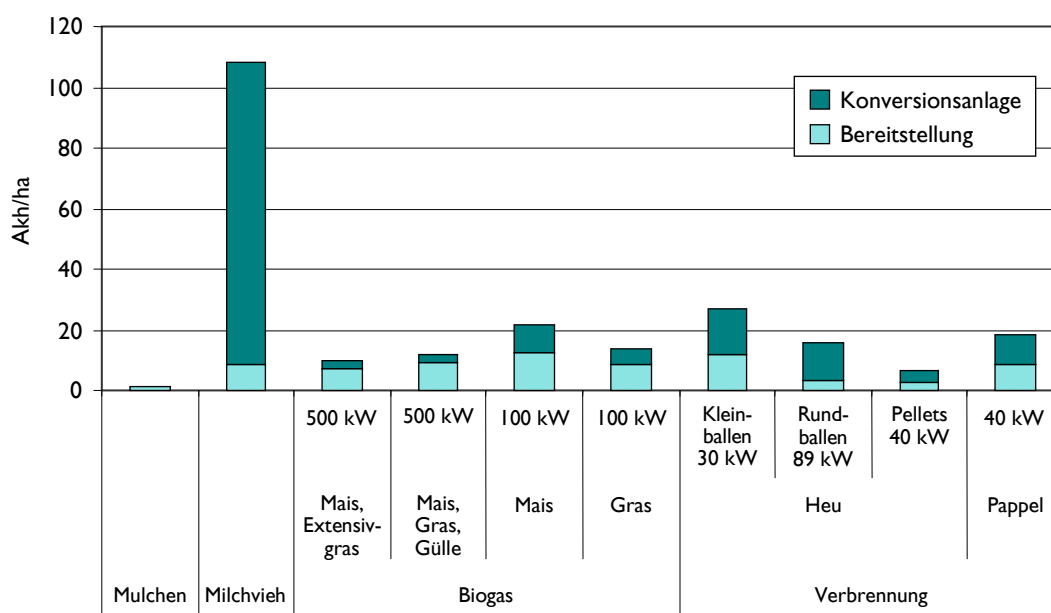


Abbildung 4: Arbeitsstunden pro Hektar  
Quelle: Eigene Berechnungen

Durch den relativ hohen Bedarf an Wissenstransfer, Aus- und Weiterbildung und Support insbesondere bei der Nutzung von Grünlandaufwuchs in Verbrennungs- oder Biogasanlagen werden zusätzliche Beschäftigungsmöglichkeiten im ländlichen Raum geschaffen. Vor allem kleinere Betriebseinheiten werden – falls sie sich entscheiden, selbst in die Anlagentechnik zu investieren – auf fachliche Unterstützung seitens externer Berater zurückgreifen müssen. Dies werden zum einen fachlich kompetente Mitarbeiter bei überbetrieblichen Einrichtungen (u. a. Maschinenringe) sein, aber auch Berater im Bereich Anlagenbau und Pflanzenproduktion, die sich die notwendigen Kompetenzen gezielt aneignen. Hierdurch können zusätzliche, relativ anspruchsvolle und hoch bezahlte Tätigkeiten im ländlichen Raum entstehen.

### 4.3.2 Einkommen

Die durchschnittlichen Einkommen der Landwirte bewegen sich im unteren Bereich der Einkommensskala. Etwa 70 % der landwirtschaftlichen Haupterwerbsbetriebe erreichen kein Einkommen entsprechend dem gewerblichen Vergleichslohn (BMVEL 2002). Der Einkommensabstand zwischen der Landwirtschaft<sup>19</sup> und dem gewerblichen Vergleichslohn liegt gegenwärtig bei rund 34 % (DBV 2005) und viele der kleinen und mittleren landwirtschaftlichen Betriebe erwirtschaften lediglich Einkommen im Bereich der Armutsgrenze.

In Baden-Württemberg ist der Gewinn der landwirtschaftlichen Betriebe vom Betriebsjahr 2000/2001 bis zum Betriebsjahr 2003/2004 um über 20 % gesunken (MLRBW 2005, 80), hat sich aber im Betriebsjahr 2004/2005 auf einen Wert von knapp 8 % unter dem Wert von 2003/2004 erholt (StLABW 2006c). Der Gewinn je nicht entlohnter Arbeitskraft sank bis 2003/2004 auf gut 21.800 Euro und erholte sich in 2004/2005 auf 25.065 Euro. Dies entspricht lediglich 47 % des durch-

<sup>19</sup> Ein selbständig tätiger Landwirt verdiente im Jahr 2003/04 im Bundesdurchschnitt 17.600 Euro brutto; dies entspricht einem Monatseinkommen von 1.470 Euro.

schnittlichen Bruttojahresverdienstes eines Angestellten, bzw. 71 % eines Arbeiters im produzierenden Gewerbe (StLABW 2005c, 230). Die Gewinnentwicklung pro Arbeitskraft liegt in den Milchviehbetrieben Baden-Württembergs noch unter dem Durchschnitt der landwirtschaftlichen Betriebe insgesamt. Sie erreichte im Wirtschaftsjahr 2004/2005 lediglich 21.259 Euro (StLABW 2006c).

Von entscheidender Bedeutung für das Einkommen der Milchviehbetriebe ist der Milchpreis. Die Umsatzerlöse aus dem Verkauf von Milch machen rund 60 % der gesamten betrieblichen Erträge aus, so dass Preisschwankungen dort unmittelbar auf die Unternehmensergebnisse durchschlagen. Dies zeigt auch die durchschnittliche Einkommensentwicklung der Milchviehbetriebe in Baden-Württemberg (Tab. 5). Außerdem besteht – wie bei allen anderen betrieblichen Ausrichtungen auch – ein erheblicher Einkommensunterschied zwischen den erfolgreich wirtschaftenden und den weniger erfolgreich wirtschaftenden Betrieben.

Tabelle 5: Einkommensentwicklung der spezialisierten Milchbetriebe in Baden-Württemberg

Jahr	Gewinn in €		Milchkühe/ Betrieb	Milchleistung in kg/Kuh
	Unternehmen	nAK <sup>*)</sup>		
1999/00	22.875	15.801	36,2	5.601
2000/01	31.944	22.702	37,2	5.701
2001/02	33.008	22.444	39,1	5.917
2002/03	28.112	18.815	40,1	6.054
2003/04	29.034	19.805	40,9	6.129

<sup>\*)</sup> Nicht entlohnte Arbeitskräfte (in der Regel Familienarbeitskräfte)

Quelle: MLRBW (2005)

Die mittel- bis langfristige Entwicklung der Milchpreise lässt sich nicht genau prognostizieren. Es ist jedoch davon auszugehen, dass der Milchpreis künftig in viel stärkerem Maße vom Marktgeschehen abhängen und damit auch größeren Schwankungen unterliegen wird. Dies ist eine Folge der Beschlüsse der EU-Agrarreform 2003: Neben der Entkopplung der Prämien von der Produktion und der Einführung von Flächenprämien (s. o.) wurden die Milchquoten ab 2006 um 1,5 % erhöht, die Interventionspreise für Magermilchpulver um 15 % und für Butter um 25 % gesenkt sowie die Interventionsmengen für Butter begrenzt. Die neu eingeführte Milchprämie gleicht die hierdurch zu erwartenden (bzw. teilweise bereits eingetretenen) Milchpreistrückgänge nicht aus. Vor diesem Hintergrund und wegen des Milchüberschusses in der EU – in Höhe von 15 % bis 30 % der Milcherzeugung – sowie der starken Position der Discounter beim Absatz von Milch und Milchprodukten muss von einem weiter sinkenden Milchpreis mit entsprechenden Folgen auf das Einkommen der Landwirte ausgegangen werden.

Bei weiter sinkenden Milchpreisen ist eine wirtschaftliche Milcherzeugung nur noch dann möglich, wenn die Produktionskosten gesenkt werden können. Dieser Zwang zur Kostenreduktion wird dazu führen, dass die Konzentration der Milchproduktion auf den guten Standorten (im Osten Baden-Württembergs) weiter fortschreitet – zu Lasten der Milchproduktion in Ungünstlagen (z. B. Schwarzwald). Andererseits führt die Einführung eines Zahlungsanspruches für Grünland und dessen Gleichstellung mit der Flächenprämie für Acker bis zum Jahr 2013 mittel- bis langfristig zu einer Begünstigung von Milchviehbetrieben an ungünstigen Standorten (z. B. Mittelgebirgslagen von Baden-Württemberg), da diese meist hohe Grünlandanteile haben. Dennoch ist zu befürchten, dass das Einkommen aus der Milchviehhaltung weiter zurückgehen und der Strukturwandel in der Milchviehhaltung in Baden-Württemberg – die im Vergleich zu den anderen Bundesländern (mit Ausnahme von Bayern) immer noch klein strukturiert ist – weiter anhalten wird.

Eine weitere Einkommensquelle für Grünlandbetriebe stellen Direktzahlungen aus dem Marktentlastungs- und Kulturlandschaftsprogramm (MEKA)<sup>20</sup> dar. Die spezifische Einkommenswirkungen der Grünlandförderung im Rahmen dieses Agrar-Umweltprogramms lassen sich allerdings nur schwer quantifizieren, da mit der Gewährung von Ausgleichsleistungen meist höhere Aufwendungen oder Nutzungsbeschränkungen, die zu Mindererträgen führen, verbunden sind. Für die Förderperiode ab 2007 ist zudem eine Neukonzeption des gesamten Maßnahmen- und Entwicklungsplanes vorgesehen. Bei den Überlegungen zur Ausgestaltung der 2. Säule der Agrarpolitik für die Programmplanungsperiode 2007 bis 2013 aufgrund der Verordnung des Rates über die Förderung der Entwicklung ländlicher Räume sollen Grünland und Milchviehhaltung eine zentrale Rolle spielen. Allerdings werden Kürzungen der EU-Mittel für die 2. Säule dazu führen, dass die staatlichen Transferleistungen im Rahmen von MEKA zurückgehen werden. Es ist deshalb davon auszugehen, dass es für einen Teil der Milchbetriebe zukünftig noch schwerer als bisher wird, aus der Landwirtschaft ein Einkommen zu erwirtschaften, das ausreicht, um den Bestand des Betriebes zu sichern (Dreier 2004).

Im Gegensatz dazu kann die Nutzung von Grassilage zur Biogasstromerzeugung und deren Einspeisung ins Netz ein Einkommen bieten, das über einen langen Zeitraum gesetzlich gesichert ist. Beim Betrieb einer Biogasanlage mit Grassilage, Maissilage und Gülle kann über 20 Jahre eine durchschnittliche Entlohnung zwischen 11 und 30 Euro pro Arbeitskraftstunde erzielt werden. Im Vergleich zur Milcherzeugung stellt dies eine teilweise deutlich bessere Arbeitszeitverwertung dar. Dies zeigen folgende Zahlen des Rinderreports 2005 (LEL 2006): In Baden-Württemberg verdiente demnach der durchschnittliche Milchviehbetrieb im Jahr 2005 rd. 480 Euro pro Kuh und Jahr. Bei einem Arbeitsaufwand von 60 Arbeitskraftstunden (Akh) pro Kuh und Jahr entspricht dies einem Stundenlohn von 8 Euro. Das schlechteste Viertel der Betriebe verdiente sogar nur 2,34 Euro je Akh (Vorjahr: 2,48 Euro), während das beste Viertel eine Entlohnung von 13,58 Euro je Akh (Vorjahr: 14,15) erzielten.

### **4.3.3 Einkommen aus dem Tourismus**

In bestimmten Regionen Baden-Württembergs mit teilweise hohen Grünlandanteilen (z. B. Allgäu) trägt der Tourismus zur Stabilität der Einkommenssituation in der Landwirtschaft und im ländlichen Raum bei und ist teilweise zu einem wichtigen Wachstumsmarkt geworden. In Baden-Württemberg wurden durch den Tourismus rund 200.000 Arbeitsplätze geschaffen und sein Anteil am Bruttoinlandsprodukt beträgt 5 %.<sup>21</sup> Dabei finden von den Übernachtungen im Tourismus 45 % im ländlichen Raum statt (Kössler 2003).

Für einige Bauernfamilien, insbesondere im Allgäu und im Schwarzwald, ist der Landtourismus ein wichtiger Unternehmenszweig geworden, der zur Existenzsicherung beiträgt; einige erzielen damit auch ihr Haupteinkommen. Auch die Gastronomie, der Handel, das Handwerk und die Freizeiteinrichtungen in der Region profitieren davon. Zur Orientierung: In Bayern gibt es rd. 7.000 Ferienbauernhöfe, die mit rund einer Million Urlaubern einen Jahresumsatz von rund einer halben Milliarde Euro im ländlichen Raum erwirtschaften (Miller 2005); zehn Prozent der Anbieter verdienen sich dadurch ihr Haupteinkommen. In Baden-Württemberg dürften der Urlaub auf dem Lande im Allgemeinen und der Bauernhoftourismus im Besonderen ebenfalls eine nennenswerte Rolle spielen, wenn auch nicht in der gleichen Größenordnung wie in Bayern.

<sup>20</sup> Im Rahmen von MEKA werden Maßnahmen der Grünlandbewirtschaftung vom Land Baden-Württemberg, kofinanziert durch die EU, gefördert.

<sup>21</sup> Alleine im Schwarzwald erwirtschaftete der Tourismus einen Umsatz von 10 Mrd. Euro (Touristik nördlicher Schwarzwald e.V. 2002).

Bei der Auswahl von Reisezielen spielt die Ausstattung und Schönheit von Natur und Landschaft eine wichtige Rolle, weshalb das naturräumliche Potenzial als zentrales Element der touristischen Entwicklung gilt (Garbe et al. 2005, 12). Grünlandflächen tragen in weiten Teilen im Allgäu, auf der Schwäbischen Alb und im Schwarzwald in erheblichem Maße zu den Kultur- und Naturlandschaften von besonders charakteristischer Eigenart und Schönheit mit hohem touristischem Erlebnis- oder Erholungswert bei. Da Wiesen und Weiden bei der Beliebtheit der Touristen an vorderer Stelle stehen (Briemle et al. 1995, 241), könnte eine sichtbare Verringerung der Grünlandflächen zu einem Verlust an touristischer Attraktivität und damit auch zu Einkommensrückgängen in den betroffenen Regionen führen (Hutter et al. 2004; Nowak/Schulz 2002; Brenner 1999).

Die Biogasnutzung und die Verbrennung sind jeweils arbeitsintensiver als die Referenznutzung und generieren auch mehr Einkommen für den ländlichen Raum.

#### **4.4 Gerechte Verteilung der Umweltnutzungsmöglichkeiten (Regel 1.4)**

Im Hinblick auf die Nutzung der Umwelt sehen manche Autoren hauptsächlich die Sicherstellung gleichwertiger Nutzungschancen für künftige Generationen als konstitutiv für eine nachhaltige Entwicklung an und klammern die Frage nach einer international gerechten Verteilung von Umweltnutzungsrechten innerhalb der heutigen Generationen aus. Im Gegensatz dazu wird im ICoNE die Beseitigung der heutigen Ungleichheit bezüglich des Zugangs zu den globalen Umweltgütern als Voraussetzung für die Gewährleistung gleichwertiger Handlungschancen in der Zukunft gesehen.

##### **4.4.1 Gerechter Zugang zu moderner Energie**

Der Zugang zu Energie ist global gesehen sehr unterschiedlich verteilt (WRI 2004). So müssen die Menschen in den ärmsten Ländern dieser Welt (Least Developed Countries) wie Jemen, Niger, Bangladesh u. a. mit einem Hundertstel der kommerziellen Energie auskommen, die ein Nordamerikaner verbraucht (BMU 2004, 11). Gerade in den Entwicklungs- und Schwellenländern, in denen der Bevölkerung nur wenig Energie zur Verfügung steht, weist die Energieversorgung meist eine Reihe weiterer Probleme auf:

- Die Ausgaben für Energieimporte nehmen oft einen erheblichen Teil des Staatsbudgets in Anspruch.
- In der Regel sind nur die städtischen Zentren an Energieversorgungsnetze angeschlossen.
- Die Energieversorgung wird, bedingt durch technische Defekte oder Rohstoffmangel, häufig unterbrochen.
- Die Verwendung alter, energieineffizienter Maschinen und Motoren führt zu einer schlechten Ausnutzung des Energiegehalts der Energieträger.
- Die veralteten Motoren setzen große Schadstoffmengen frei, was gesundheitsschädliche CO-, NO<sub>x</sub>-, SO<sub>2</sub>-, VOC-, PM10- und Ozon-Immissionen, vorzugsweise in den Städten, zur Folge hat.

Als allgemeines Ziel für eine nachhaltige Energieversorgung könnte man fordern, dass zur Sicherung einer menschenwürdigen Existenz allen Mitgliedern der Weltgesellschaft ausreichende und bezahlbare Energiedienstleistungen zur Verfügung stehen müssten, ohne dass die natürlichen Lebensgrundlagen und die Umweltnutzungsmöglichkeiten künftiger Generationen gefährdet werden.



Der Wissenschaftliche Beirat Globale Umweltveränderungen (WBGU) stellt als Mindestbedingung die Forderung auf, dass bis 2020 weltweit allen Haushalten Zugang zu 500 kWh „moderner Energie“ pro Jahr eingeräumt wird (WBGU 2003, 125). Unter „moderner Energie“ wird dabei zum einen Elektrizität und zum anderen die Nutzung emissionsarmer Brennstoffe, vorzugsweise auf Biomassebasis, unter Ausschluss der traditionellen Brennstoffe Holz und Dung verstanden. Dieser Wert ergibt sich aus den Annahmen über den Energieverbrauch zur Deckung der elementaren Grundbedürfnisse. Es handelt sich hierbei nur um ein absolutes Mindestmaß, da weder Warmwasserbereitung und Heizung, noch Transport, noch die Unterstützung von landwirtschaftlichen und handwerklichen Tätigkeiten einbezogen sind.

Um die weltweite Versorgung der Haushalte mit mindestens 500 kWh moderner Energie pro Jahr zu gewährleisten, ist es wichtig, dass weltweit weniger Energie aus den begrenzten nicht regenerativen Energieträgern verbraucht wird, um den bisher nicht ausreichend versorgten Ländern eine nachholende Entwicklung zu ermöglichen. Auf den Beitrag, den die Nutzung überschüssiger Grünlandflächen zur Einsparung nicht regenerativer Energieträger leisten kann, wird bei den Ausführungen zur Regel 2.2 eingegangen.

#### **4.4.2 Gerechte Verteilung der klimawirksamen Emissionen**

Da die Nutzung fossiler Energieträger weltweit sehr ungleich verteilt ist, gilt dies auch für die dadurch verursachten CO<sub>2</sub>-Emissionen (Abb. 5). Während ein Bewohner der Least Developed Countries nur für rund 0,1-0,2 t CO<sub>2</sub> pro Jahr verantwortlich ist und ein großer Teil der Entwicklungsländer einen Wert zwischen 0,5 und 4 t pro Kopf aufweist, bewegt sich der CO<sub>2</sub>-Ausstoß in den Industriestaaten zwischen 8 und 21 t pro Kopf und Jahr. Deutschland liegt derzeit bei 10 t pro Kopf und schneidet damit im OECD-Vergleich etwas besser als der Durchschnitt (11 t) ab.

Der Vorstellung, dass allen Menschen im Prinzip gleiche Umweltnutzungsrechte einzuräumen sind, wurde im Kyoto-Prozess Rechnung getragen. So wurden nur für die Industriestaaten (sog. Anlageländer) Reduktions- bzw. Emissionsbegrenzungsziele festgelegt, während den Entwicklungsländern wegen ihres wirtschaftlichen Nachholbedarfs implizit das Recht zugestanden wurde, ihren CO<sub>2</sub>-Ausstoß weiter zu erhöhen. Da allerdings in einer Reihe von Ländern, die bisher keine Reduktionsverpflichtung haben, die CO<sub>2</sub>-Emissionen erheblich steigen (z. B. in China und Indien), wird von verschiedenen Seiten gefordert, in dem anstehenden Kyoto-Folgeprozess, in dem Regelungen für die Zeit nach 2012 gefunden werden sollen, auch für diese Länder quantitative Emissionsziele zu vereinbaren.

In der internationalen Debatte wird in der langfristigen Perspektive des Jahres 2050 das Ziel einer Gleichverteilung der CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Kopf ins Auge gefasst (WBGU 2003, 78 f.). Vor dem Hintergrund einer notwendigen Halbierung der globalen CO<sub>2</sub>-Emissionen sowie der Prognose eines Wachstums der Weltbevölkerung zwischen 50 und 100 %, wird daraus vielfach das Ziel einer Reduktion der weltweiten CO<sub>2</sub>-Emissionen auf ungefähr 2 t pro Kopf und Jahr bis 2050 abgeleitet.

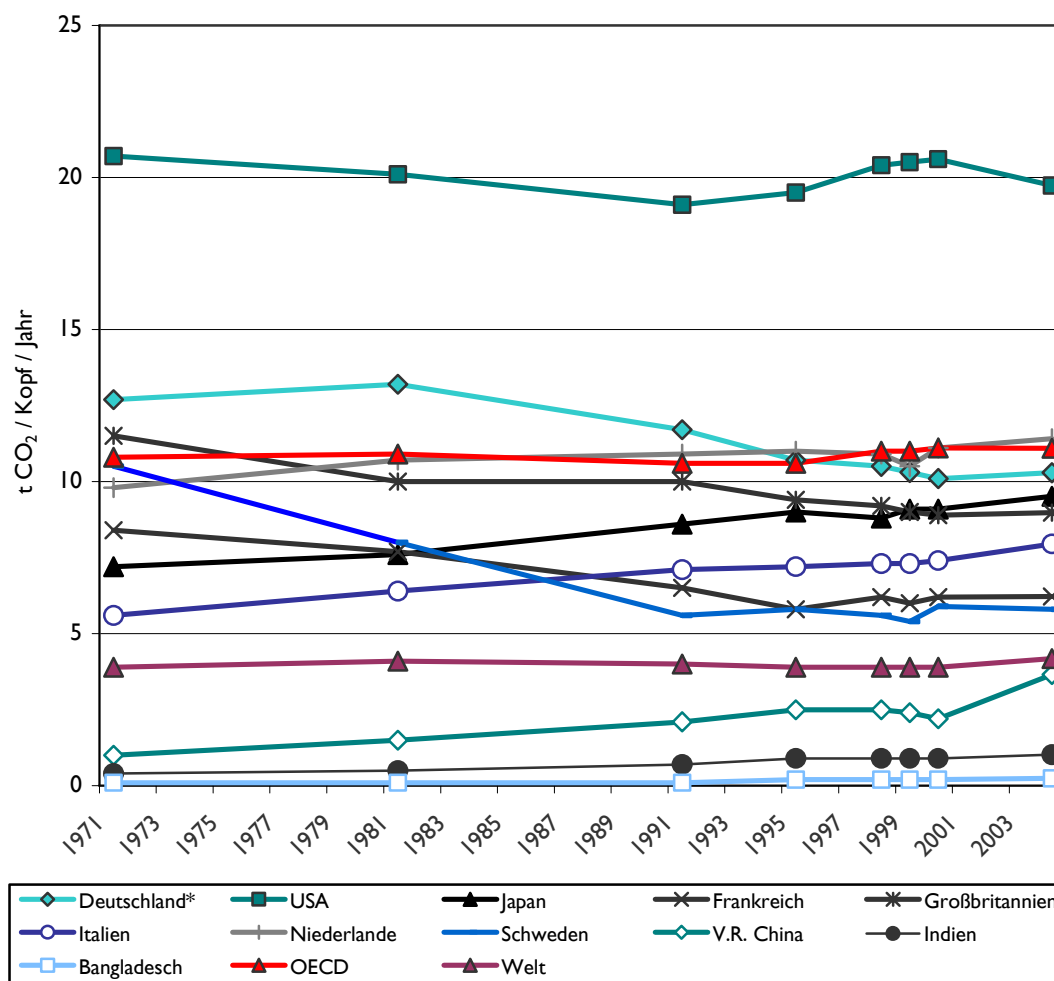


Abbildung 5: CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Kopf aus der Verbrennung fossiler Brennstoffe im internationalen Vergleich

Quelle: IEA (2001, 2002, 2004, 2006); eigene Darstellung

Die Enquete-Kommission „Nachhaltige Energieversorgung unter den Bedingungen der Globalisierung und der Liberalisierung“ schlägt in ihrem Endbericht (2002, 74), basierend auf den Arbeiten des IPCC<sup>22</sup>, als Ziel für Deutschland einen Wert von 2,5 t CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Kopf im Jahr 2050 vor. Bezogen auf den gegenwärtigen Wert würde dies in etwa mit der schon 1995 von der Enquete-Kommission „Schutz der Erdatmosphäre“ geforderten Reduktion der nationalen CO<sub>2</sub>-Emissionen um 80 % bis 2050 korrespondieren (WBGU 2003). Von diesem Fernziel ausgehend, wurden in einem Projekt zur Ermittlung der dringendsten Nachhaltigkeitsprobleme Deutschlands<sup>23</sup> die Werte 8 t/Kopf bis 2010 und 6 t/Kopf bis 2020 als Zielorientierungen für Deutschland vorgeschlagen (Coenen/Grünwald 2003, 119 ff.).

Die energetische Nutzung überschüssiger Grünlandflächen kann dazu beitragen, diese notwendige Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen zu erreichen (s. Regel 2.3).

<sup>22</sup> Intergovernmental Panel on Climate Change (Zwischenstaatlicher Ausschuss über Klimaänderung).

<sup>23</sup> Siehe Kopfmüller et al. (2001); Grünwald et al. (2001); Coenen/Grünwald (2003).

## **4.5 Nachhaltige Nutzung erneuerbarer Ressourcen (Regel 2.1)**

Eine wesentliche Voraussetzung nachhaltiger Entwicklung ist, dass die Nutzungsrate sich erneuernder Ressourcen deren Regenerationsrate nicht überschreiten sowie die Leistungs- und Funktionsfähigkeit des jeweiligen Ökosystems nicht gefährden darf. Diese Forderung betrifft im Kontext der Energiegewinnung aus dem Grünland vor allem die nachfolgend betrachteten Aspekte des Schutzes der Biodiversität, des Bodens und der Grund- und Oberflächengewässer.

### **4.5.1 Erhalt der Biodiversität**

Die Landwirtschaft im Allgemeinen und die Grünlandnutzung im Besonderen haben entscheidend zur heutigen Vielfalt an wildlebenden Pflanzen und Tieren in Baden-Württemberg beigetragen. Heute ist die Landwirtschaft jedoch einer der Hauptverursacher des Artenschwundes in Deutschland. Während früher die auf Grünland beheimateten Arten vor allem durch Melioration des Standorts (z. B. Drainage) oder Intensivierung der Nutzung gefährdet waren, stellt heute die Aufgabe ertragsschwacher oder schlecht zu bewirtschaftender Grünlandflächen die wichtigste Bedrohung der Artenvielfalt dar.

Für den Erhalt der Biodiversität stellt das Grünland eine wichtige Basis dar, weil es zu den artenreichsten Ökosystemen Mitteleuropas gehört und über die Hälfte der in Deutschland vorkommenden Pflanzenarten beherbergt. Ein Großteil (58 %) der 870 gefährdeten Pflanzenarten Deutschlands haben ihren Standort auf extensiv bewirtschafteten Grünlandflächen. Auch für die Tierökologie haben sie eine große Bedeutung. Im Vergleich aller Biotoptypen weisen z. B. Trocken- und Halbtrockenrasen die höchsten Zahlen an seltenen Insektenarten auf (Briemle et al. 1995, 239).

Wie ist aber das einmal jährliche Mulchen ökologisch einzuordnen? Hierzu haben die Deutschen Umweltschutzverbände eine Gemeinsame Stellungnahme verfasst, in der das Mulchen als ökologisch bedenklich eingeschätzt wird, da es zu einer Nährstoffanreicherung im Boden und zu einer Verarmung der Flora und Fauna führen würde (Deutsche Umweltschutzverbände 2004). Allerdings ist nach Briemle (2005) diese Aussage in dieser Absolutheit nicht eindeutig belegt, da die „Aulendorfer Extensivierungsversuche“, die Versuche von Schreiber (2001) und die von Arens und Neff (1997) keine eindeutigen Ergebnisse zeigen. Sicher ist jedoch, dass mit Mulchen keine Ausmagerung eines Standortes erfolgt und dass die floristische Artenverarmung umso größer ist, je später der Mulchzeitpunkt im Sommer respektive im Herbst liegt.

Die Nutzung von überschüssigen Grünlandflächen zur Energiegewinnung kann – speziell wenn es sich hierbei um artenreiches Extensivgrünland handelt – zu einer Veränderung der Artenzusammensetzung führen, wenn damit eine Intensivierung der Nutzung einhergeht, wie dies bei der Erzeugung von Grassilage möglich ist (Tab. 6).

Tabelle 6: Auswirkungen unterschiedlicher Nutzungen auf die Biodiversität

Nutzung	Auswirkungen auf die Biodiversität
Mulchen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hochwüchsige Pflanzenbestände</li> <li>• Ruhe- und Deckungsraum für Vögel und Säugetiere</li> <li>• Lebensraum z. B. für seltene Langgrasheuschrecken und andere Insekten</li> <li>• Nahrungsbiotop für Greif- und Stelzvögel bei nicht sehr wüchsigen Standorten</li> </ul>
Heuverbrennung (zweischnittig ohne Düngung)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ausbildung kräuterreicher Wiesen</li> <li>• Lebensraum für zahlreiche Insektenarten wie z. B. Heuschrecken</li> <li>• Nahrungsbiotop für Greif- und Stelzvögel</li> </ul>
Grassilage-Biogas (mind. dreischnittig mit Düngung)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Relativ kräuter- und insektenarmes Grünland</li> </ul>
Mais	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zeitweise ohne Vegetation</li> <li>• Neben dem Mais kaum Vegetation</li> <li>• Verringerung der Wertigkeit für Pflanzen und Tiere</li> </ul>

Quelle: Briemle et al. (1995); Briemle (2005); Nowak/Schulz (2002).

## 4.5.2 Bodenschutz

Der Boden gehört als nicht vermehrbare Ressource zum endlichen Naturkapital der Menschheit. Er ist die Basis für die Produktion von Biomasse und die Bereitstellung von Lebensmitteln, Lebensraum für Flora und Fauna und vieles mehr. Daneben erfüllt der Boden zahlreiche ökologische Funktionen wie die Bindung und Lieferung von Nährstoffen, die Speicherung von Kohlendioxid, die Aufrechterhaltung des Wasserhaushalts und den Abbau von Schadstoffen. Durch diese vielfältigen Funktionen des Bodens für den Naturhaushalt und den Menschen ist der Erhalt des Bodens und seiner Funktionen von großer Wichtigkeit für eine nachhaltige Entwicklung.

Grund und Boden können zwar im eigentlichen Sinne nicht „verbraucht“, wohl aber in einer Weise genutzt werden, die das Spektrum künftiger Nutzungsoptionen erheblich einschränkt. Da das Angebot an Fläche begrenzt und nicht vermehrbar ist, stehen die verschiedenen Nutzungsformen untereinander in Konkurrenz. Auch wenn bestimmte Nutzungen miteinander kompatibel sind – so kann z. B. eine Grünlandfläche gleichzeitig der Produktion von Milch und Fleisch dienen, den Lebensraum für Tiere und Pflanzen bilden und eine Erholungsfunktion für den Menschen erfüllen – schließen sich die meisten Nutzungsformen gegenseitig ganz oder teilweise aus. Außerdem tragen viele Arten der Flächennutzung dazu bei, die ökologischen Funktionen des Bodens (Puffer- und Filterkapazität, Regulierung des Wasserhaushalts etc.) schwerwiegend zu beeinträchtigen oder ganz zu zerstören (BVB 2001). Böden können sich zwar im Prinzip erneuern; da Neubildung und Regeneration aber äußerst lange Zeiträume beanspruchen, sind viele Schädigungen praktisch irreversibel (Wissenschaftlicher Beirat Bodenschutz 2000).

Die ganzjährige Bedeckung des Bodens unter Grünland stellt eine der effektivsten Bodenschutzmaßnahmen dar, die insbesondere an hängigen Standorten den Bodenverlust durch Erosion effektiv verhindern kann. Die Umwandlung von Grünland in Ackerfläche und deren Nutzung z. B. für den Anbau von Mais kann zu Erosion und anderen Beeinträchtigungen der Bodenfunktionen führen.

Neben der Erosion ist die Versauerung das größte Problem sowohl für natürliche als auch landwirtschaftliche Böden. Versauerung führt zu einer Abfuhr von Nährstoffen und kann zu einer Zerstörung von Huminstoffen und Tonmineralen führen. Auswirkungen hiervon sind, dass die angeführten Bodenfunktionen immer weniger erfüllt werden können. In Extremfällen kann die Versauerung darüber hinaus zu einer Freisetzung von phytotoxischen  $Al^{3+}$ -Ionen führen.

Sowohl die Gras-, als auch die Maisnutzung zur Energieerzeugung durch Biogas verursacht Mehrmissionen an versauernden Substanzen gegenüber dem Mulchen und auch die Heuverbrennung weist eine negative Bilanz an versauernden Stoffen auf, die aber nicht so hoch ausfällt, wie bei der Biogasnutzung.

### **4.5.3 Schutz der Grund- und Oberflächengewässer**

Der Gewässerschutz gehört zu den wichtigen Voraussetzungen für eine nachhaltige Entwicklung. Seit der Novellierung des baden-württembergischen Wassergesetzes 1996 gibt es entlang von Flüssen, Bächen und Seen geschützte Gewässerrandstreifen. Auf einer Länge von rund 50.000 km darf hier Grünland nicht mehr umgebrochen werden, damit Nähr- und Schadstoffe nicht in die Gewässer abgeschwemmt werden. Durch die seit 1987 gültige und am 01.03.2001 novellierte Schutzgebiets- und Ausgleichsverordnung (SchALVO) existiert in Baden-Württemberg ein Instrument zur nachhaltigen Landwirtschaft in Wasserschutzgebieten. Trotzdem ist das Grundwasser in Baden-Württemberg immer noch mit Nitraten und Pestizidrückständen oder deren Metabolite belastet. Belastungsschwerpunkte sind vor allem Gebiete mit landwirtschaftlichen Intensivkulturen und leicht durchlässigen Böden.

Grünland ist neben Wald die optimale Flächennutzung, um die Qualität des Grundwassers zu sichern. In empfindlichen Gebieten kann die Umwandlung von Acker- in Grünland dazu beitragen, die Nitratwerte im Grundwasser zu senken. Teilweise bieten die Wasserversorger den Landwirten einen finanziellen Ausgleich für eine derartige Umwandlung an. Trotzdem sind die Landwirte zurückhaltend, insbesondere in Gebieten, wo der Aufwuchs aufgrund fehlender Tierbestände nicht als Tierfutter verwendet werden kann.

Nach dem Eintrag von Schad- und Feststoffen (durch Erosion und Deflation) sind eutrophierende Stoffe eine große Gefährdung von Gewässern. Von allen Verfahren, die für eine energetische Grünlandnutzung in Frage kommen, gehen mehr eutrophierende Emissionen aus, als beim Mulchen freigesetzt werden. Dabei sind die Emissionen aus der Verbrennung deutlich niedriger als die aus der Biogasnutzung.

## **4.6 Nachhaltige Nutzung nicht erneuerbarer Ressourcen (Regel 2.2)**

In Anbetracht des langen Zeithorizonts, den das IKoNE berücksichtigt, stellt die Frage, in welchem Umfang nicht erneuerbare Ressourcen verbraucht werden dürfen, ein schwer lösbares Problem dar: Entscheidet man sich für den Abbau, gehen die Ressourcen für spätere Generationen verloren; entscheidet man sich gegen den Abbau, sind sie weder der gegenwärtigen noch den kommenden Generationen von Nutzen, die dann ebenfalls an das Abbauverbot gebunden wären. Entscheidet man sich für einen auch noch so minimalen Teilabbau, schließt man auf lange Sicht künftige Generationen gleichwohl von jeder Nutzungsmöglichkeit aus.

Anhänger einer vermittelnden Position sehen die Nutzung nicht erneuerbarer Ressourcen, zumindest für einen Übergangszeitraum, als akzeptabel an, sofern ihre Funktionen äquivalent ausgeglichen werden. Das Nutzungspotenzial des verringerten Ressourcenbestandes muss dabei mindestens ebenso groß sein wie das Nutzungspotenzial des ursprünglichen Bestandes (Lerch/Nutzinger 1996; Knaus/Renn 1998). Dies kann über eine Effizienzsteigerung bei der Nutzung nicht erneuerbarer Ressourcen, über die Substitution nicht erneuerbarer Ressourcen durch erneuerbare oder über die Erschließung neuer Rohstoffvorkommen erreicht werden.

#### **4.6.1 Inanspruchnahme von nicht erneuerbaren Energierohstoffen**

Unter den nicht erneuerbaren Ressourcen nehmen die nicht erneuerbaren Energierohstoffe – bestehend aus fossilen Energieträgern (Erdöl, Kohle, Erdgas) und Uran – eine zentrale Rolle ein, da moderne Gesellschaften auf eine hohe Verfügbarkeit von Energie angewiesen sind. Dem steht gegenüber, dass diese Ressourcen begrenzt sind, dass neue Vorkommen immer aufwändiger und damit teurer zu erschließen sind und dass sich ein Grossteil der Vorkommen in politisch instabilen Regionen befindet oder durch diese geleitet wird, in denen immer wieder mit Unterbrechungen der Versorgung zu rechnen ist (Afghanistan, Irak, Iran, Tschetschenien, Nigeria u. a.).

Vor diesem Hintergrund sind eine deutliche Senkung des Energieverbrauchs und eine Erhöhung des Anteils an regenerativ erzeugter Energie erforderlich, um die Verringerung der Reichweite der nicht erneuerbaren Energieträger zu verlangsamen und die Versorgung mit Energierohstoffen auch mittelfristig zu gewährleisten.

In Baden-Württemberg ist der Primärenergieverbrauch von gut 1,51 Mio. TJ<sup>24</sup> in 1991 auf 1,62 Mio. TJ in 2002 gestiegen (StLABW 2005d). Der Anteil der nicht erneuerbaren Energierohstoffe liegt im Jahr 2002 bei rund 97 %, wobei ca. 69 % aus fossilen Quellen stammen. Der Einsatz von Wasserkraft und anderen erneuerbaren Energieträgern hat in den letzten Jahren auf niedrigem Niveau zugenommen.

Bis zum Jahr 2010 will Baden-Württemberg den Anteil erneuerbarer Energie am Primärenergieverbrauch (PEV) im Land von derzeit 5,1 % (2005) deutlich erhöhen (LUBW 2006a). Als weiteres Ziel ist vorgesehen, den Anteil regenerativer Quellen an der Stromproduktion von ca. 8,2 % im Jahr 2004 (NBBW 2005, 39) auf 11,5 % in 2010 zu erhöhen. Bis zum Jahr 2020 soll der Anteil auf rd. 20 % gesteigert werden.

Die energetische Nutzung überschüssiger Grünlandflächen in Baden-Württemberg könnte einen – wenn auch bescheidenen Beitrag zur Erreichung der genannten Ziele bei der Nutzung regenerativer Energiequellen leisten. Die Berechnungen zeigen, dass in Baden-Württemberg im Jahr 2015 rund 167.000 ha Grünland überschüssig sind. Dies entspricht einem Grünlandüberschuss von 26 % bezogen auf die gesamte Grünlandfläche. Nach Abzug der aus technischen Gründen nicht geeigneten Grünlandflächen verbleibt für die Biogasnutzung ein technisches Potenzial von knapp 79.000 ha. Bei einer vollständigen Nutzung der auf dieser Fläche produzierbaren Biomasse in Biogasanlagen könnten ca. 430 GWh Strom erzeugt werden. Das entspricht knapp 0,3 % des Stromverbrauchs in Baden-Württemberg. Von den bis 2010 fehlenden 3,3 % der Stromerzeugung aus regenerativen Quellen könnten demnach 12,4 % durch die vollständige energetische Nutzung des technischen Potenzials des überschüssigen Grünlandaufwuchses bereitgestellt werden.

Alle betrachteten Verfahren zur Nutzung von Grünlandaufwuchs weisen eine positive Energiebilanz auf, d. h. dass hierdurch mehr Energie zur Verfügung gestellt, als verbraucht wird. In der Nettotbetrachtung erreicht die Biogasnutzung aus Mais deutlich höhere Werte als die Biogasnutzung aus Gras und die Verbrennung.

<sup>24</sup> Ein Terajoule (TJ) beträgt 10<sup>12</sup> Joule.

## 4.7 Nachhaltige Nutzung der Umwelt als Senke (Regel 2.3)

Die Forderung nach einer nachhaltigen Nutzung der Umwelt als Senke bezieht sich auf den Erhalt der für den Menschen unentbehrlichen Regulations- und Trägerfunktionen der Natur. Dabei beinhaltet die Regulationsfunktion die Fähigkeit der Umwelt, die essenziellen stofflichen, energetischen und biochemischen Prozesse des Naturhaushalts aufrechtzuerhalten sowie die Folgen anthropogener Eingriffe auszugleichen. Die Nutzung der Umwelt als Senke darf deren Assimilationskapazität für anthropogene Stoffeinträge nicht überschreiten.

### 4.7.1 Beitrag zum Klimawandel

Im Falle der zusätzlichen Freisetzung klimarelevanter Gase, insbesondere von CO<sub>2</sub> durch die Verbrennung fossiler Energierohstoffe, scheinen die Grenzen der Puffer- und Aufnahmefähigkeit der Umwelt bereits nahezu erreicht zu sein mit der Folge, dass ein anthropogen verstärkter Klimawandel stattfindet, mit stellenweise dramatischen Auswirkungen (IPCC 2007; IPCC 2001, 99 ff.; WBGU 2003; EEA 2004). Die Phänomene und Auswirkungen des Klimawandels, wie etwa die gestiegene globale mittlere Temperatur und die veränderten globalen Niederschlagsverteilungen und das Abschmelzen von Gletschern sowie die Folgeeffekte hiervon, werden von der weit überwiegenden Mehrheit der Experten als eines der zentralen globalen Nachhaltigkeitsprobleme eingestuft.

Unter Experten ist unstrittig, dass die negativen Effekte bei weitem bedeutsamer sind als die positiven. Aus diesem Grund wird gefordert, die globale Mitteltemperatur, von vorindustriellen Werten aus gesehen (1861 bis 1890), bis 2100 um nicht mehr als 2°C ansteigen zu lassen, da nur so die gravierendsten negativen Auswirkungen des Klimawandels vermieden werden können. Da bisher ein Anstieg der globalen Mitteltemperatur um ca. 0,7°C (Europa 0,8°C) stattgefunden hat, sollte die Temperaturzunahme in den nächsten 95 Jahren höchstens 1,3°C (Europa 1,2°C) betragen. Voraussetzung dafür wäre, entsprechend den Modellrechnungen, eine Stabilisierung der atmosphärischen CO<sub>2</sub>-Konzentration bei 420 ppm gegenüber 375 ppm in 2003 und 280 ppm in der vorindustriellen Zeit. Um die Schwelle von 420 ppm nicht zu überschreiten, müssten die weltweiten Treibhausgasemissionen bis 2050 gegenüber heute um 48–86 % reduziert werden (IPCC 2007).

In Deutschland wurden im Jahr 2003 rd. 842 Mio. t CO<sub>2</sub> emittiert; diese machen fast 88 % der anthropogen bedingten zusätzlichen Treibhausgasemissionen aus (StBA 2003, 42). Andere, vor allem längerfristige Ziele sind in der Diskussion. So erachtet die Enquete-Kommission „Nachhaltige Energieversorgung unter den Bedingungen der Globalisierung und der Liberalisierung“ für 2020 eine Reduzierung um 40 % und für 2050 um 80 % gegenüber 1990 als notwendig (Enquete-Kommission 2002, 143). Obwohl die CO<sub>2</sub>-Gesamtemissionen in Deutschland in den letzten 15 Jahren um fast 17 % reduziert werden konnten, ist die Erreichung des Kioto-Ziels in Gefahr, da mit mehr als 80 % der Hauptteil der seit 1990 erreichten CO<sub>2</sub>-Emissionsminderungen vor 1995 – vornehmlich durch die Deindustrialisierung, die Modernisierung des Kraftwerksparks und die Heizungsumstellung in den neuen Ländern – erzielt worden ist. Die durchschnittliche Minderung seit 1995 betrug nur noch 4 Mio. t CO<sub>2</sub> pro Jahr. Zur Zielerfüllung ist in den nächsten Jahren eine weitere Reduktion von 14 bis 18 Mio. t CO<sub>2</sub>-Äquivalenten notwendig (Ziesig 2006). Selbst wenn die beschlossenen und in die Wege geleiteten Maßnahmen (CO<sub>2</sub>-Zertifikathandel, EEG<sup>25</sup>, EnEV<sup>26</sup> u. a.) konsequent umgesetzt werden, sind voraussichtlich zusätzliche Maßnahmen notwendig, um die Zielwerte zu erreichen.

<sup>25</sup> Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG).

<sup>26</sup> Energie-Einspar-Verordnung (EnEV).

Baden-Württemberg strebte an, die energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen auf unter 70 Mio. t im Jahr 2005 (MUVBW 2000, 67) und im Rahmen der Umsetzung des EU Burden Sharing bis 2010 weiter auf 65 Mio. t CO<sub>2</sub> zu reduzieren. Da bisher keine Verringerung des CO<sub>2</sub>-Emissionsniveaus zu erkennen ist (Abb. 6) und der CO<sub>2</sub>-Ausstoß 2003 noch bei 77,6 Mio. t gelegen hat (StLABW 2005e), ist davon auszugehen, dass der Zielwert für 2005 verfehlt wurde und die Erreichung des Wertes für 2010 nicht leicht sein wird. Erschwerend kommt hinzu, dass der beschlossene Ausstieg aus der Kernenergie Baden-Württemberg, wegen seines hohen Kernenergieanteils an der Energieversorgung, vor besondere Aufgaben stellt.

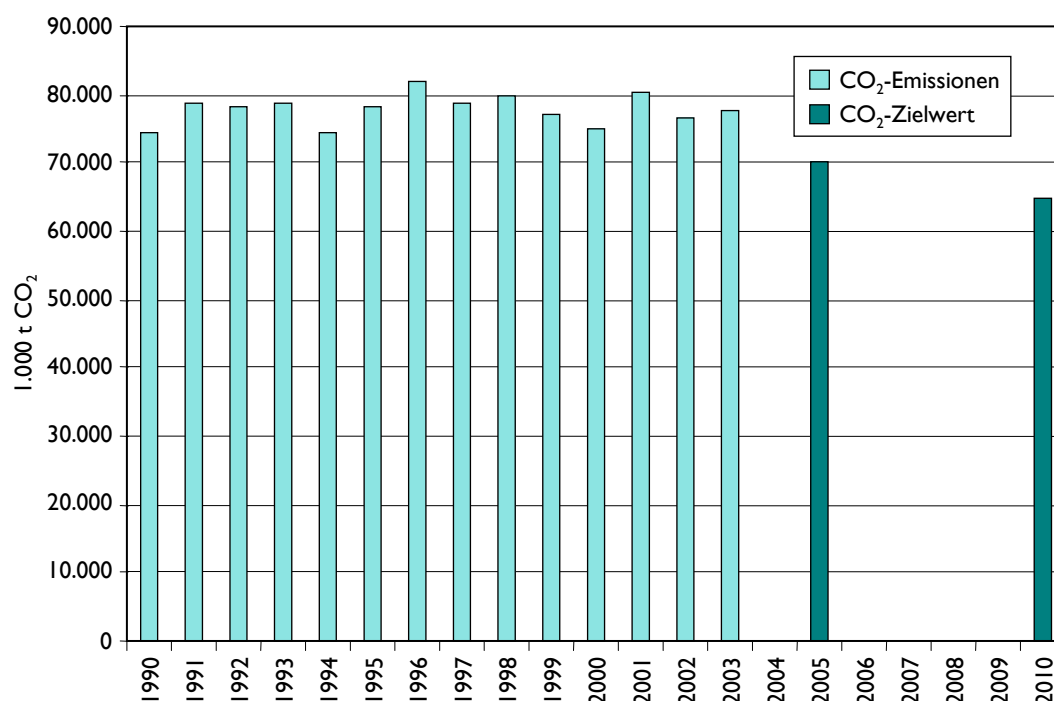


Abbildung 6: Entwicklung der energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen in Baden-Württemberg

Quelle: StLABW (2005e); aus: Stelzer et al. (2006, 246); eigene Darstellung

Vor diesem Hintergrund könnte die Nutzung überschüssiger Grünlandflächen zur Energiegewinnung einen, wenn auch bescheidenen Beitrag zur Erreichung der CO<sub>2</sub>-Landesreduktionsziele leisten. Die erzielbare Netto-CO<sub>2</sub>-Äquivalent-Minderung hängt zum einen vom Energiebedarf der Prozesskette und der Freisetzung anderer klimarelevanter Emissionen, wie Methan (CO<sub>2</sub>-Äquivalent: 21), Lachgas (CO<sub>2</sub>-Äquivalent: 310) oder Ammoniak (CO<sub>2</sub>-Äquivalent: 3,1) ab. Bei der Erzeugung von Biogas, dessen Hauptbestandteil (50 bis 65 %) und Energieträger Methan (CH<sub>4</sub>) ist, können insbesondere während der Lagerung der Gärreste erhebliche Methanverluste auftreten (FNR 2004). Um diese zu verhindern, ist auf eine geeignete Abdeckung des Gärrestlagers zu achten.

Ähnlich wie bei der Regel 2.2, so leisten auch bei den Treibhausgasen alle untersuchten energetischen Verfahren einen Beitrag zur Verringerung der Belastung. Dabei sind die positiven Beiträge bei der Biogasnutzung aus Mais höher als bei der Biogasnutzung aus Gras und der Verbrennung.



## 4.8 Erhaltung der kulturellen Funktion der Natur (Regel 3.4)

Die Nachhaltigkeitsforderung zum Erhalt der kulturellen Funktion der Natur bezieht sich auf ihren instrumentellen Wert als Basis für die Befriedigung essenzieller Bedürfnisse. Ausgehend von dem Gedanken einer universalen Gesellschaft (unter Einschluss kommender Generationen) werden Handlungsmaximen aufgestellt, deren Befolgung sicherstellen soll, dass die unverzichtbaren ökologischen Voraussetzungen menschlichen Lebens und Wirtschaftens (erneuerbare und nicht erneuerbare Ressourcen, Produktivität und Regulationsfähigkeit des Naturhaushaltes) über die Zeit erhalten bleiben. Ein nur auf die lebenserhaltende Funktion der Natur ausgerichtetes Nachhaltigkeitskonzept würde jedoch die lebensbereichernde Funktion der Natur als Gegenstand sinnlicher, kontemplativer, spiritueller und ästhetischer Erfahrung außer Acht lassen und wäre daher unvollständig. Das Spektrum der ethischen Begründungen zum Erhalt der Natur wurde deshalb im Nachhaltigkeitskonzept um eudämonistische<sup>27</sup> Argumente erweitert (Kopfmüller et al. 2001, 262 ff.).

Während der instrumentelle Wert der Natur unbestreitbar ist, müssen eudämonistische Werte nicht für alle Menschen gleichermaßen nachvollziehbar sein. Dennoch stellt die Naturerfahrung nicht nur eine subjektive Präferenz gewisser Leute dar, sondern wird als eine allgemein zugängliche wesentliche Option eines „guten Lebens“ betrachtet (SRU 2002, 17 f.). Die Rücksicht auf die Entfaltungsmöglichkeiten jener Menschen, für die das Erleben der Natur einen hohen Wert darstellt, gebietet es, ihre Schönheit und Vielfalt zu erhalten. Moralische Pflichten bestehen dabei nicht gegenüber der Natur, sondern in Ansehung von Natur (Ott 1998, 232 f.). Dies bedeutet z. B., dass das Grünland nicht um seiner selbst willen zu schützen ist, sondern deshalb, weil viele Menschen dem Erleben von Grünland einen hohen Wert zuschreiben.

In einer sehr allgemeinen Form besteht in Baden-Württemberg heute Übereinstimmung über die Notwendigkeit, Natur- und Kulturlandschaften zu erhalten. Dieser gesellschaftliche Grundkonsens liefert jedoch keine Antwort auf die Frage, welche Objekte, Bereiche oder Zustände der Natur unter Schutz gestellt werden sollen. Vielen Menschen gilt in erster Linie der Status quo als der erhaltenswürdige Zustand, der sich jedoch aufgrund der Dynamik von Natur und Kultur und der Wechselwirkungen zwischen naturräumlichen Gegebenheiten und menschlicher Einflussnahme prinzipiell nicht erhalten lässt (DRL 2005).

Nicht nur die Kulturlandschaft, sondern auch die Einstellung des Menschen zur Natur hat sich im Laufe der Zeit gewandelt. Die Frage, welche Landschaft bewahrt werden soll, lässt sich deshalb nicht wissenschaftlich entscheiden, sondern bedarf der Bildung eines gesellschaftlichen Konsenses. Vielen Bundesbürgern gilt z. B. die Lüneburger Heide als der Inbegriff einer erhaltenswerten extensiv bewirtschafteten Kulturlandschaft, obwohl sie das Ergebnis einer dauerhaften Übernutzung der natürlichen Ressourcen durch den Menschen darstellt. Ohne landschaftspflegerische Maßnahmen, die den historischen Raubbau mit moderner Technik simulieren, würde diese Landschaft ihre charakteristische Eigenart und damit ihren „Heimatwert“ verlieren. Ließe man der Natur freien Lauf, ginge die Heide in dichten Wald über. Ähnliches gilt für andere Gebiete, in denen der Status quo erhalten werden soll, wie Streuobstwiesen oder Hudewälder (Häpke 1990). Das heißt, die Gesellschaft muss sich entscheiden, wo sie eine bestimmte Kulturlandschaft erhalten oder die Landschaft der natürlichen Sukzession überlassen will. Notwendig ist daher vor allem eine offene und öffentliche Debatte über die weitere Entwicklung der Kulturlandschaft, in der zumindest Konsens über Leitbilder für die regionale und lokale Ebene hergestellt werden sollte (DRL 2005). Da eine umfassende Erhebung zur Einstellung der Bevölkerung zu den Grünlandflächen in Baden-Württemberg im Rah-

<sup>27</sup> Eudämonistische Werte (von Griechisch „eudaimonia“ = Glück) beziehen sich auf Erfahrungen oder Praktiken im Umgang mit der Natur, die sich für ein wertendes Subjekt „um ihrer selbst willen“ lohnen (Ott 2000, 20).

men des Projektes nicht möglich war, wurde die Bedeutung aus allgemeinen Überlegungen und regionaler Literatur abgeleitet. So wird in Zeitungsberichten, Faltblättern und anderen Veröffentlichungen immer wieder auf die Schönheit der Grünlandflächen in Baden-Württemberg hingewiesen.

Wiesen und Weiden prägen mit ihrer typischen landwirtschaftlichen Nutzung und ihrer Artenvielfalt in weiten Teilen Baden-Württembergs die Kulturlandschaft und tragen wesentlich zu ihrer Eigenart, Vielfalt und Schönheit bei (Nowak/Schulz 2002, 9; Briemle/Elsässer 1997). Die Ausprägung der Natur ist ein entscheidender Faktor für das Wohlbefinden der Bewohner einer Region. Diese Gefühle werden bestimmt durch Aspekte wie Abwechslungsreichtum, Farbigkeit, Pflanzenbedeckung, Naturnähe, Erlebbarkeit, gewohnte Bilder. Mit einer über tausendjährigen Tradition bilden die Grünlandflächen darüber hinaus einen Erinnerungswert, d. h. sie sind für einen Teil der individuellen Identität der in den durch Grünland geprägten Regionen Baden-Württembergs behimateten Menschen von Bedeutung, vermitteln ihnen Geborgenheit und sollten deshalb für kommende Generationen erhalten werden.

Welche hohe kulturelle Bedeutung der Erhalt des Grünlands in Baden-Württemberg hat, ist daran zu erkennen, dass dieses bereits seit vielen Jahren durch das Umbruchverbot im Rahmen der MEKA-Förderprogramme (s. o.), durch die rund 80 % des Dauergrünlands erfasst sind, geschützt wird. Andere baden-württembergischen Agrarumweltmaßnahmen, wie die Landschaftspflege-Richtlinie und die SchALVO begünstigen ebenfalls die nachhaltige Nutzung und den Erhalt von Grünland. Hinzu kommt, dass im Rahmen von Cross Compliance der maximal zulässige Umbruch von Grünland zu Ackerland begrenzt ist (s. o.) und in allen Gebietskulissen von PLENUM<sup>28</sup> haben Grünlandgebiete einen wichtigen Stellenwert (LUBW 2006b).

Allerdings wirkt sich nicht jede Grünlandnutzung gleich auf das Landschaftsbild aus (Tab. 7). So verhindert das einmalige Mulchen mit einem Schnitt nach dem 15.07. zwar das Aufkommen von Buschwerk, das Landschaftsbild verändert sich allerdings dahingehend, dass die Flächen lange Zeit des Jahres entweder mit einer hohen Gras- oder Krautvegetation bewachsen ist oder das sich langsam zersetzende Mulchmaterial auf der Fläche liegt (Briemle 2005). Die so behandelte Fläche weist in der Regel nur wenige Blühaspekte auf. Diesen letzten Aspekt hat die Fläche gemein mit dem Intensivgrünland, das allerdings deutlich niedrigeren Pflanzenwuchs und in weiten Regionen wie z. B. dem Allgäu zumindest den Löwenzahnblühaspekt aufweist.

Tabelle 7: Auswirkungen der unterschiedlichen Nutzungsformen auf das Landschaftsbild

Grünlandnutzung	Positiv	Negativ
Mulchen	Grünland	Wenig Blühaspekte
Heugewinnung zur Verbrennung	Grünland, viel Blühaspekte	
Grassilageproduktion für Biogasanlage	Grünland	Kaum Blühaspekte
Mais	Die meiste Zeit Offenland	Vegetationsbedeckung nur zeitweise im Jahr, zeitweise keine „Fernsicht“

Die extensive Wiese mit einem oder zwei Schnitten und dem Abtransport des Mähgutes bietet durch ihre Kombination aus langer Wuchszeit und Vermagerung die ideale Kombination für ein buntes, sich im Jahresverlauf veränderndes Landschaftsbild, ohne die „Verbraunungsphase“ des Mulchens nach der Mahd. Der Umbruch zum Maisacker ist gegenüber jeder anderen Nutzungsart landschaftlich als negativ zu betrachten, da er ein sehr monotones Erscheinungsbild abgibt, sehr hoch wächst und zeitweise der braune Boden zu Tage tritt.

<sup>28</sup> Projekte des Landes zur Erhaltung und Entwicklung von Natur und Umwelt.

## 4.9 Vergleichende Nachhaltigkeitsbewertung der energetischen Grünlandnutzung

Wie in den Ausführungen an Hand der Nachhaltigkeitsregeln gezeigt werden konnte, haben die unterschiedlichen Nutzungstypen für überschüssiges Grünland zur Energieproduktion in vielen Fällen Vorteile im Vergleich zum Mulchen (Tab. 8). Nachteile ergeben sich vor allem im Bereich der Nutzung erneuerbarer Ressourcen. Wie sich die HCl-Emissionen und die Dioxin-/Furanentstehung entwickeln werden, kann noch nicht gesagt werden. Tabelle 8 zeigt, dass sich bei der Nutzung extensiver Standorte durch Heuverbrennung die größten Vorteile für eine nachhaltige Entwicklung ergeben, dass aber auch bei der Biogasnutzung aus Intensivstandorten die Bilanz eher positiv ist.

Tabelle 8: Vorläufige Bewertung der Nachhaltigkeit der unterschiedlichen Nutzungsmöglichkeiten überschüssiger Grünlandflächen zur Energieerzeugung im Gegensatz zum Mulchen<sup>29</sup>

Nachhaltigkeitsindikator	Grasland		Umbruch
	Heu (Verbrennung)	Silage (Biogas)	Maissilage (Ackerbau)
SO <sub>2</sub> -Emissionen	0	++	++
NO <sub>x</sub> -Emissionen	--	-	-
Staub-Emissionen	-	0	0
CO-Emissionen	++	-	-
HCl-Emissionen	?	?	?
Dioxine/Furane	?	?	?
Gesundheit	0	0	0
Arbeit	+	+	+
Einkommen	+	+	+
Selbst. Existenzsicherung	+	+	+
Gerechte Energienutzung	+	+	++
Gerechte CO <sub>2</sub> -Äquivalentverteilung	+	+	++
Umweltnutzungsmöglichkeiten	+	+	+
Biodiversität	+	0 bis -	--
Physischer Boden-/Wasserschutz	0	0	--
Versauerung	-	--	--
Eutrophierung	-	--	--
Nutzung erneuerbarer Ressourcen	0	-	--
Nutzung von Energieressourcen	+	+	++
Klimawandel	+	+	++
Landschaft	+	+ bis 0	-

Legende: ++ = erheblich besser,  
 + = besser,  
 0 = gleich;  
 - = geringer,  
 -- = erheblich geringer

<sup>29</sup> Mulchen regelmäßig einmal pro Jahr.

In der Gesamtheit betrachtet, weist auf Extensivstandorten die Verbrennung von Heu bessere Werte auf als das Mulchen. Den größten Vorteil erreicht die Verbrennung bei der Entstehung von CO<sub>2</sub>, aber auch in den Bereichen der Arbeit und des Einkommens, der gerechten Energienutzung und CO<sub>2</sub>-Äquivalentverteilung, dem Schutz der Biodiversität sowie der Nutzung von Energieressourcen, dem Klimawandel und dem Erhalt der Landschaft weist die Verbrennung Vorteile gegenüber dem Mulchen auf. Diesen Vorteilen stehen die deutlich erhöhten NO<sub>x</sub>-Emissionen und die stark mit ihnen zusammen hängenden höheren Versauerungs- und Eutrophierungspotenziale gegenüber. Zusätzlich weist die Verbrennung höhere Staubemissionswerte auf. Auf Extensivstandorten ist die Verbrennung des überschüssigen Grünlandaufwuchses demnach in der Regel ein Beitrag zur Nachhaltigkeit. Allerdings sollten Anstrengungen unternommen werden, eine weitergehende Reduktion der NO<sub>x</sub>- und Staubemissionen zu erreichen.

Für die Biogasnutzung von Intensivstandorten ist das Ergebnis nicht so eindeutig. Aber auch hier haben wir in der Zusammenschau ein leichtes Übergewicht der Biogasnutzung gegenüber dem Mulchen zum Positiven. Den deutlich geringeren SO<sub>2</sub>-Emissionen stehen vor allem deutlich schlechtere Werte bei der Versauerung und den Eutrophierungspotenzialen gegenüber. Dieses Übergewicht an deutlich negativen Effekten wird dadurch ausgeglichen, dass die Biogasnutzung sowohl in den Bereichen Arbeit und Einkommen als auch bei der gerechten Energie- und CO<sub>2</sub>-Nutzung, der Schonung von Energieressourcen und dem Beitrag zum Klimawandel Vorteile gegenüber dem Mulchen aufweist, die auch durch leicht negative Ergebnisse in den Bereichen NO<sub>x</sub>- und CO-Emissionen nicht neutralisiert werden. Ob sich für die Biodiversität ein negativer Effekt ergibt, hängt von den Ausgangsbedingungen an dem jeweiligen Standort und der Art des Mulchens ab. Hieraus ergibt sich in der Gesamtbetrachtung, dass in der Regel auch die Nutzung intensiver Grünlandflächen zur Energiegewinnung aus Biogas als ein Schritt hin zu mehr Nachhaltigkeit gesehen werden kann, dass allerdings noch stärker als bei der Verbrennung die jeweiligen Standortbedingungen berücksichtigt werden sollten und weiter technische und verfahrensmäßige Verbesserungen vor allem bei der Reduktion von versauernden und eutrophierenden Emissionen erfolgen sollte.

Betrachtet man die Umwandlung des Grünlands in Maisacker, so überwiegen die Effekte, die negativ zu bewerten sind. Zwar hat der Maisanbau deutliche Vorteile bezüglich der Nutzung von Energieressourcen und dem Beitrag zum Klimawandel und auch die SO<sub>2</sub>-Emissionen sind deutlich geringer als beim Mulchen und der Nutzung fossiler Energiequellen. Hinzu kommen leichte Vorteile bei der Arbeit und dem Einkommen. Allerdings werden diese Vorteile mehr als wett gemacht durch die sehr negativen Auswirkungen auf die Biodiversität, den physischen Boden- und Wasserschutz, die Versauerung und die Eutrophierung sowie die negative Bilanz bei den CO-Emissionen und der Landschaft. Diese Mischung aus positiven und negativen Wirkungen machen deutlich, dass die Nachhaltigkeitsbewertung im Einzelfall, je nach Standort, Bewirtschaftungsform und Betriebsführung zu unterschiedlichen Bewertungsergebnissen führen kann.

Die hier vorgelegten Ergebnisse beruhen auf ersten Abschätzungen der Auswirkungen der unterschiedlichen Nutzungen Mulchen, Verbrennung, Silage mit Biogasnutzung und Umbruch in Maisacker. Detailliertere Ergebnisse wird die Auswertung der Stoffflussberechnungen zu Emissionen, Energieaufwendungen und ökonomischen Parametern liefern. Hierbei wird auch zusätzlich auf die Trockenfermentation von Gras und Mais sowie auf die Nutzung der überschüssigen Grünlandflächen durch Pappel-Kurzumtriebsplantagen eingegangen. Der Projekt-Abschlussbericht wird im Frühjahr 2007 vorliegen<sup>30</sup>.

<sup>30</sup> Die Ergebnisse werden unter <http://www.itas.fzk.de/deu/Itaslit/p/gruen.htm> veröffentlicht.

## 5 Literatur

- Arens, R.; Neff, R. (1997): Versuche zum Erhalt von Extensivgrünland: Aus dem wissenschaftlichen Begleitprogramm zum E+E-Vorhaben des BfN „Renaturierung des NSG Rotes Moor/ Hohe Rhön“. *Angewandte Landschaftsökologie* 13, Bonn Bad-Godesberg: Landwirtschaftsverlag.
- Baumann, T. (2006): Wenn Biogas aufstößt. Mit der Zahl der Anlagen nehmen die Akzeptanzprobleme zu. In: *Bayrisches Landwirtschaftliches Wochenblatt* 35, 43-45.
- BMU – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2004): *Umweltpolitik. Ökologisch optimierter Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien in Deutschland*. Berlin: BMU.
- BMVEL – Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft (2002): *Agarpolitischer Bericht der Bundesregierung 2002*. Bonn: BMVEL.
- Brachat-Schwarz, W. (2003): Zur Struktur und Entwicklung des Ländlichen Raumes in Baden-Württemberg. *Statistisches Monatsheft Baden-Württemberg*, 9/2003, 53-56.
- Brand, K. W.; Jochum, G. (2000): *Der deutsche Diskurs zu nachhaltiger Entwicklung. Abschlussbericht zum DFG-Forschungsprojekt Sustainable Development – Nachhaltige Entwicklung: Zur sozialen Konstruktion globaler Handlungskonzepte im Umweltdiskurs*. München: Münchner Projektgruppe für Sozialforschung e.V.  
[[http://www.m.shuttle.de/mpsev/de/doc/deutscher\\_nachh\\_diskurs.pdf](http://www.m.shuttle.de/mpsev/de/doc/deutscher_nachh_diskurs.pdf)].
- Brandl, V.; Kopfmüller, J.; Sardemann, G. (2003): Arbeitslosigkeit. In: Coenen, R.; Grunwald, A. (Hg.): *Nachhaltigkeitsprobleme in Deutschland. Analyse und Lösungsstrategien*. Berlin: sigma, 97-100.
- Brenner, J. (1999): Urlaubsregion ländlicher Raum? In: Brenner, J.; Nehring, M.; Steierwald, M. (Hg.): *Tourismus – ein Beitrag zur wirtschaftlichen und strukturellen Entwicklung für Baden-Württemberg? Arbeitsbericht der TA Akademie, Nr. 129*. Stuttgart: TA-Akademie, 71-77.
- Briemle, G. (2005): Effekte einer Grünland-Mindestpflege nach „Cross-Compliance“. In: *Berichte über Landwirtschaft*, Bd. 83, Berlin: BMELV, 376-387.
- Briemle, G.; Elsässer, M. (1997): Die Funktionen des Grünlandes. In: *Berichte über Landwirtschaft*, Bd. 75, Berlin: BMELV, 272-290.
- Briemle, G.; Elsässer, M.; Jilg, T.; Müller, W.; Nussbaum, H. (1995): Nachhaltige Grünlandbewirtschaftung in Baden-Württemberg. In: Lindeh, G.; Sprich, H.; Mohr, H. (Hg.): *Nachhaltige Land- und Forstwirtschaft – Voraussetzungen*. Berlin, Heidelberg, New York: Springer, 215-256.
- BVB – Bundesverband Boden e. V. (2001): *Bodenschutz in der Bauleitplanung: Vorsorgeorientierte Bewertung. BVB-Materialien. Bd. 6*. Berlin: BVB.
- Coenen, R. (2001): Die Umsetzung des Leitbildes in nationalen Nachhaltigkeitsstrategien. In: Grunwald, A.; Coenen, R.; Nitsch, J.; Sydow, A.; Wiedemann, P. (Hg.): *Forschungswerkstatt Nachhaltigkeit. Wege zur Diagnose und Therapie von Nachhaltigkeitsdefiziten. Reihe: Global zukunftsfähige Entwicklung – Perspektiven für Deutschland, Bd. 2*, Berlin: sigma, 59-75.
- Coenen, R.; Grunwald, A. (Hg.) (2003): *Nachhaltigkeitsprobleme in Deutschland. Analyse und Lösungsstrategien*. Berlin: sigma.

- DBV – Deutscher Bauernverband (2005): Situationsbericht 2005. Berlin: DBV.
- Deutsche Umweltschutzverbände (2004): Gemeinsame Stellungnahme von AbL, Bioland, BUND, Deutschem Tierschutzbund, DVL, NABU, EURONATUR, VZBV und WWF zum Entwurf des Bundesministeriums für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft für ein „Gesetz zur Umsetzung der Reform der gemeinsamen Agrarpolitik“ vom 22.12.2003.
- Dreier, H. (2004): Gewinnsturz im Kuhstall. Agrarreform: Vielen Milcherzeugern drohen bis 2013 hohe Einbußen. Bayerisches Landwirtschaftliches Wochenblatt vom 25.09.2004, 48-49.
- DRL – Deutscher Rat für Landschaftspflege (2005): Landschaft und Heimat – ein Resümee. In: Schriftenreihe des Deutschen Rates für Landschaftspflege, H. 77, Landschaft und Heimat, 5-16.
- EEA – European Environment Agency (2004): Impacts of Europe's Changing Climate. An Indicator-based Assessment. In: EEA Report, Nr. 2.
- Emmerich, R.; Melzer, M. (2006): Das Integrative Konzept Nachhaltiger Entwicklung der HGF als Baustein der Bildung für eine Nachhaltige Entwicklung. In: Kopfmüller, J. (Hg.): Das Integrative Nachhaltigkeitskonzept der HGF in der Forschungspraxis. Berlin: sigma, 171-188.
- Enquete-Kommission „Nachhaltige Energieversorgung unter den Bedingungen der Globalisierung und der Liberalisierung“ (2002): Endbericht. BT-Drucksache 14/9400. Berlin: Bundesanzeiger.
- Enquete-Kommission „Schutz des Menschen und der Umwelt“ des 13. Deutschen Bundestages“ (1998): Konzept Nachhaltigkeit: Vom Leitbild zur Umsetzung. Abschlussbericht. BT-Drucksache 13/11200. Bonn: Bundesanzeiger.
- FNR – Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (Hg.) (2004): Handreichung – Biogasgewinnung und -nutzung. Gülzow: FNR.
- Forum Umwelt & Entwicklung (1997): Wie zukunftsfähig ist Deutschland? Entwurf eines alternativen Indikatorensystems. Werkstattbericht des Arbeitskreises Indikatoren. Bonn: Forum Umwelt & Entwicklung.
- Garbe, C.; Pröbstel, U.; Meyer, M.; Räth, B. (2005): Natura 2000 und nachhaltiger Tourismus in sensiblen Gebieten. Bonn: Bundesamt für Naturschutz.
- Gorke, M. (1999): Artensterben: Von der ökologischen Theorie zum Eigenwert der Natur. Stuttgart: Klett-Cotta.
- Grunwald, A.; Coenen, R.; Nitsch, J.; Sydow, A.; Wiedemann, P. (Hg.) (2001): Forschungswerkstatt Nachhaltigkeit. Wege zur Diagnose und Therapie von Nachhaltigkeitsdefiziten. Berlin: sigma.
- Häpke, U. (1990): Die Unwirtlichkeit des Naturschutzes: Böse Thesen zum Naturschutz. In: Kommune, 1, 48-53.
- Hartlieb, N.; Bräutigam, R.; Kopfmüller, J.; Sardemann, G.; Achternbosch, M.; Kupsch, C. (2006): Das Integrative Konzept Nachhaltiger Entwicklung im Kontext der Abfallwirtschaft – Anwendung auf das Beispiel der Cadmiumstoffströme. In: Kopfmüller, J. (Hg.): Das Integrative Nachhaltigkeitskonzept der HGF in der Forschungspraxis. Berlin: sigma, 213-233.
- Hartmann, H.; Schmid, V.; Link, H.; von Puttkamer, T.; Unterberger, S.; Hering, T.; Pilz, M.; Thrän, M.; Härdtlein, M. (2004): Verbrennung. In: Härdtlein, M.; Eltrop, V.; Thrän, D. (Hg.): Voraussetzungen zur Standardisierung biogener Festbrennstoffe. Münster: Landwirtschaftsverlag.

- Hartmuth, G.; Huber, K.; Rink, D. (2006): Downscaling von Nachhaltigkeit: Das Integrative Nachhaltigkeitskonzept als Bauplan für kommunale Indikatorensysteme. In: Kopfmüller, J. (Hg.): Das integrative Nachhaltigkeitskonzept der HGF in der Forschungspraxis. Berlin: sigma, 99-114.
- Hauff, V. (Hg.) (1987): Unsere gemeinsame Zukunft. Greven: Eggenkamp.
- Höpfner, U.; Gundert-Remy, U. (2005): Emission und Immission von Partikeln (PM10). In: Der Nachhaltigkeitsbeirat der Landesregierung Baden-Württemberg (Hg.): Statusbericht 2005 zum Umweltplan Baden-Württemberg. Stuttgart, 67-70.
- Hutter, C.-P.; Konold, W.; Link, F.-G. (2004): Beweidung mit großen Wild- und Haustieren. Bedeutung für Offenland und Markt. In: Beiträge der Akademie für Natur- und Umweltschutz Baden-Württemberg, Bd. 36, Stuttgart: Hirzel.
- IEA – International Energy Agency (2001): CO<sub>2</sub>-Emissions from Fuel Combustion 1971-1999. Paris: IEA.
- IEA – International Energy Agency (2002): Key World Energy Statistics 2002. Paris: IEA.
- IEA – International Energy Agency (2003): World Energy Investment Outlook 2003. Zusammenfassung. Paris: IEA.
- IEA – International Energy Agency (2004): Key World Energy Statistics 2004. Paris: IEA.
- IEA – International Energy Agency (2006): Key World Energy Statistics 2006. Paris: IEA.
- IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (2001): Climate Change 2001. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the IPCC. Cambridge.
- IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (2007): Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Summary for Policymakers. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the IPCC. Genf.
- Jörissen, J.; Coenen, R.; Stelzer, V. (2005): Zukunftsfähiges Wohnen und Bauen. Herausforderungen, Defizite, Strategien. Berlin: sigma.
- Jörissen, J.; Kneer, G.; Rink, D. (2001): Wissenschaftliche Konzeptionen zur Nachhaltigkeit. In: Grunwald, A.; Coenen, R.; Nitsch, J.; Sydow, A.; Wiedemann, P. (Hg.): Forschungswerkstatt Nachhaltigkeit. Wege zur Diagnose und Therapie von Nachhaltigkeitsdefiziten. Reihe: Global zukunftsfähige Entwicklung – Perspektiven für Deutschland, Bd. 2. Berlin: sigma, 33-57.
- Keimel, H. (2006): Nachhaltigkeitsberichterstattung im Verkehrsbereich. In: Kopfmüller, J. (Hg.): Das Integrative Nachhaltigkeitskonzept der HGF in der Forschungspraxis. Berlin: sigma, 299-309.
- Keimel, H.; Berghof, R.; Borken, J.; Klann, U. (2004): Nachhaltigkeitsberichterstattung im Verkehrsbereich. Berlin: sigma.
- Knaus, A.; Renn, O. (1998): Den Gipfel vor Augen. Unterwegs in eine nachhaltige Zukunft. Marburg: Metropolis.
- Kommission der Europäischen Gemeinschaften (2004): Verordnung (EG) Nr. 795/2004 der Kommission vom 21. April 2004 mit Durchführungsbestimmungen zur Betriebsprämienregelung gemäß der Verordnung (EG) Nr. 1782/2003 des Rates mit gemeinsamen Regeln für Direktzahlungen im Rahmen der Gemeinsamen Agrarpolitik und mit bestimmten Stützungsregelungen für Inhaber landwirtschaftlicher Betriebe. Brüssel: Kommission der Europäischen Gemeinschaften.

- Kopfmüller, J.; Brandl, V.; Jörissen, J.; Paetau, M.; Banse, G.; Coenen, R.; Grunwald, A. (2001): Nachhaltige Entwicklung integrativ betrachtet. Konstitutive Elemente, Regeln, Indikatoren. Berlin: sigma.
- Kopfmüller, J.; Lehn, H. (2006): Nachhaltige Entwicklung in Megacities. In: Kopfmüller, J. (Hg.): Das Integrative Nachhaltigkeitskonzept der HGF in der Forschungspraxis. Berlin: sigma, 269-282.
- Kössler, R. (2003): Tourismus in Baden-Württemberg weiterhin vom Ländlichen Raum geprägt – Städtetourismus gewinnt an Bedeutung. In: Statistische Monatshefte Baden-Württemberg 9, 41-46.
- LEL – Landesanstalt für die Entwicklung der Landwirtschaft und der ländlichen Räume (Hg.) (2006): Rinderreport Baden-Württemberg 2005. Ergebnisse der Rinderspezialbetrachtung in Baden-Württemberg. Wirtschaftsjahr 2004/2005. Schwäbisch Gmünd: LEL.
- Lerch, A.; Nutzinger, H. G. (1996): Nachhaltige Entwicklung aus ökonomischer Sicht. In: Morath, K. (Hg.): Welt im Wandel. Wege zu dauerhaft-umweltverträglichem Wirtschaften. Frankfurt am Main, 41-58.
- LfL – Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (2005): Emissionsminderung und Effizienzsteigerung von stationären Biogas-Verbrennungsmotoren zur Stromerzeugung. Freising-Weihenstephan: LfL.
- LUBW – Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (2006a): Umweltdaten 2006. Stuttgart: LUBW.
- LUBW – Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (2006b): Projekt des Landes zur Erhaltung und Entwicklung von Natur und Umwelt, Stuttgart: LUBW. URL: <http://www.plenum-bw.de/> [05.01.2006].
- Meister-Scheufelen, G. (2005): Entwicklung der Bevölkerung im Ländlichen Raum erstmals mit weniger Dynamik. Presseerklärung vom 29.07.2005. Stuttgart: StLABW.
- Miller, J. (2005): Auf nach Bayern – zum Urlaub auf dem Bauernhof. Pressemitteilung. München: StMLF. URL: <http://www.stmlf.bayern.de/presse/2005/10728/index.php> [06.04.2006].
- Minsch, J.; Feindt, P.; Meister, H.; Schneidewind, U.; Schulz, T. (1998): Institutionelle Reformen für eine Politik der Nachhaltigkeit. Enquete-Kommission „Schutz des Menschen und der Umwelt“ des Deutschen Bundestages(Hg.). Berlin, Heidelberg, New York: Springer.
- MLRBW (2005): Landwirtschaftliche Betriebsverhältnisse und Buchführungsergebnisse. Wirtschaftsjahr 2003/04. H. 53. Stuttgart: MLRBW.
- MUVBW – Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg (Hg.) (2000): Umweltplan Baden-Württemberg. Stuttgart: MUVBW.
- NBBW – Der Nachhaltigkeitsbeirat der Landesregierung Baden-Württemberg (Hg.) (2005): Statusbericht 2005 zum Umweltplan Baden-Württemberg. Stuttgart: NBBW.
- Nowak, B.; Schulz, B. (2002): Wiesen. Nutzung, Vegetation, Biologie und Naturschutz am Beispiel der Wiesen des Südschwarzwaldes und Hochrheingebietes. In: Naturschutz-spectrum Themen, Bd. 93, Heidelberg, Ubstadt-Weiher, Basel: regionalkultur.
- Ott, K. (1998): Naturästhetik, Umweltethik, Ökologie und Landschaftsbewertung: Überlegungen zu einem spannungsreichen Verhältnis. In: Theobald, W. (Hg.): Integrative Umweltbewertung. Theorie und Beispiele aus der Praxis. Berlin, Heidelberg, New York: Springer, 221-248.



- Ott, K. (2000): Umweltethik: Einige vorläufige Positionsbestimmungen. In: Ott, K.; Gorke, M. (Hg.): Spektrum der Umweltethik. Marburg: Metropolis, 13-39.
- Ott, K. (2001): Eine Theorie „starker“ Nachhaltigkeit. In: Natur und Kultur 2(2001), 1, 55-75.
- Paulesich, R. (2006): EeseyX. Der HGF-Ansatz in einem Modell zur Bewertung börsennotierter Unternehmen. In: Kopfmüller, J. (Hg.): Das Integrative Nachhaltigkeitskonzept der HGF in der Forschungspraxis. Berlin: sigma, 189-212.
- Raab, K.; Jahraus, B.; Heinrich, P. (2005): Rechtliche Rahmenbedingungen. In: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (Hg.): Leitfaden Bioenergie – Planung, Betrieb und Wirtschaftlichkeit von Bioenergieanlagen. Gülzow: FNR, 181-194.
- Raab, K.; Rösch, C. (2005): Grünlandüberschuss in Baden-Württemberg. In: Berichte über Landwirtschaft, Bd. 83, H. 3, Berlin: BMELV, 388-414.
- Reitberger, F. (2002): Emissionsminderungsmöglichkeiten bei Biogasanlagen entlang der Prozesskette der Biogaserzeugung. In: Bayerisches Landesamt für Umweltschutz (Hg.): Biogasanlagen – Anforderungen zur Luftreinhaltung. München: Bayerisches Landesamt für Umweltschutz, 58-71.
- Schäfer, M. (2006): Der Beitrag wirtschaftlicher Akteure zu nachhaltiger Entwicklung und Lebensqualität. In: Kopfmüller, J. (Hg.): Das Integrative Nachhaltigkeitskonzept der HGF in der Forschungspraxis. Berlin: sigma, 115-137.
- Schidler, S. (2006): Interdisziplinäre Bildung von Nachhaltigkeitskriterien. Fallbeispiel Nachwachsende Rohstoffe – Grüne Bioraffinerie. In: Kopfmüller, J. (Hg.): Das Integrative Nachhaltigkeitskonzept der HGF in der Forschungspraxis. Berlin: sigma, 157-169.
- Schreiber, K.-F. (2001): 25 Jahre Landschaftspflegemaßnahmen in den Bracheversuchsflächen in Baden-Württemberg. NZH Akademie-Berichte 2, Wetzlar: NZH-Akademie, 5-42.
- SRU – Der Rat von Sachverständigen für Umweltfragen (2002): Für eine Stärkung und Neuorientierung des Naturschutzes. Sondergutachten. Juni, Stuttgart: SRU.
- StBA – Statistisches Bundesamt (2003): Umweltnutzung und Wirtschaft. Tabellen zu den Umweltökonomischen Gesamtrechnungen. Wiesbaden: StBA.
- Stelzer, V.; Jörissen, J. (2005): Nachhaltiges Wohnen und Bauen. In: Banse, G.; Kiepas, A. (Hg.): Nachhaltige Entwicklung: Von der wissenschaftlichen Forschung zur politischen Umsetzung. Berlin: sigma, 251-269.
- Stelzer, V.; Rösch, C.; Raab, K. (2006): Regionalstudie zur Nachhaltigkeit der Energiegewinnung aus dem Grünland – erste Ergebnisse. In: Kopfmüller, J. (Hg.): Das Integrative Nachhaltigkeitskonzept der HGF in der Forschungspraxis. Berlin: sigma, 235-249.
- StLABW – Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (2005a): Daten zur Umwelt – Umweltindikatoren 2005. Stuttgart: MLRBW.
- StLABW – Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (2005b): Arbeitskräftebestand und Arbeitseinsatz in den landwirtschaftlichen Betrieben in Baden-Württemberg 1981 bis 2003. Stuttgart: StLABW.  
URL: <http://www.statistik.baden-wuerttemberg.de/Landwirtschaft/Landesdaten/LRt0715.asp> [05.05.2005].
- StLABW – Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (2005c): Statistisches Taschenbuch 2005. Stuttgart: StLABW.

- StLABW – Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (2005d): Energiebilanzen 1992 bis 2002. Stuttgart: StLABW.  
URL: <http://www.statistik.baden-wuerttemberg.de/UmweltVerkehr/GrafikenImages/EnergiebilanzI992bis2002.pdf>.
- StLABW – Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (2005e): Entwicklung und Produktivität der Kohlendioxid-Emissionen in Baden-Württemberg 1990 bis 2003. Stuttgart: StLABW.  
URL: <http://www.statistik.baden-wuerttemberg.de/UmweltVerkehr/Landesdaten/IIbII.asp> [04.05.2005].
- StLABW – Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (2006a): Landwirtschaftlich genutzte Fläche in Baden-Württemberg seit 1979 nach Nutzungs-(Kultur)arten. Stuttgart: StLABW.  
URL: <http://www.statistik-bw.de/Landwirtschaft/Landesdaten/LRt0702.asp> [10.11.2006].
- StLABW – Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (2006b): Milcherzeugung und Milchverwendung in Baden-Württemberg 1992 bis 2004. Stuttgart: StLABW.  
URL: <http://www.statistik-bw.de/Landwirtschaft/Landesdaten/milch01.asp> [10.11.2006].
- StLABW – Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (2006c): Landwirtschaftliche Betriebsverhältnisse und Buchführungsergebnisse Baden-Württemberg. Wirtschaftsjahr 2004/2005, Heft 54. Stuttgart: StLABW.  
URL: [http://www.landwirtschaft-mlr.baden-wuerttemberg.de/servlet/PB/menu/1035145\\_11/index.html](http://www.landwirtschaft-mlr.baden-wuerttemberg.de/servlet/PB/menu/1035145_11/index.html).
- Touristik nördlicher Schwarzwald e. V. (2002): Geschäftsbericht 2002. Freudenstadt, Touristik nördlicher Schwarzwald e. V.
- UBA – Umweltbundesamt (2006): Feinstaub aus Kaminen und Holz-Öfen verringern. UBA-Nachricht vom 10. März. Berlin: UBA.
- UMBW – Umweltministerium Baden-Württemberg (2006): Zahlreiche Grenzwertüberschreitungen bei der Feinstaubbelastung. Pressemitteilung vom 01. Februar. Stuttgart: UMBW.
- WBGU – Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (2003): Über Kyoto hinaus denken – Klimaschutzstrategien für das 21. Jahrhundert. Sondergutachten. Berlin: WBGU.
- Wissenschaftlicher Beirat Bodenschutz beim BMU (2000): Wege zum vorsorgenden Bodenschutz. Fachliche Grundlagen und konzeptionelle Schritte für eine erweiterte Boden-Vorsorge. In: Bodenschutz und Altlasten, Bd. 8, Wissenschaftlicher Beirat Bodenschutz beim BMU, Berlin: BMU.
- WRI – World Resources Institute (2004): Earth Trends Data Tables: Energy and Resources. Paris: IEA.. URL: [http://earthtrends.wri.org/pdf\\_library/data\\_tables/engl\\_2003.pdf](http://earthtrends.wri.org/pdf_library/data_tables/engl_2003.pdf).
- Ziesing, H.-J. (2006): Trotz Klimaschutzabkommen: weltweit steigende CO<sub>2</sub>-Emissionen. Wochenbericht des Deutschen Institut für Wirtschaftsforschung (DIW), 35/2006, Berlin: DIW, 485-499.  
URL: [http://www.diw.de/deutsch/produkte/publikationen/wochenberichte/jahrgang06/index.jsp?wochenbericht\\_diw=wochenbericht\\_diw&mediennr=0046055&ausgabeformat=wwwpublbereich+d+detail](http://www.diw.de/deutsch/produkte/publikationen/wochenberichte/jahrgang06/index.jsp?wochenbericht_diw=wochenbericht_diw&mediennr=0046055&ausgabeformat=wwwpublbereich+d+detail).

## **Bisher erschienene manu:scripte**

- ITA-01-01 Gunther Tichy, Walter Peissl (12/2001): Beeinträchtigung der Privatsphäre in der Informationsgesellschaft. <[http://www.oeaw.ac.at/ita/pdf/ita\\_01\\_01.pdf](http://www.oeaw.ac.at/ita/pdf/ita_01_01.pdf)>
- ITA-01-02 Georg Aichholzer(12/2001): Delphi Austria: An Example of Tailoring Foresight to the Needs of a Small Country. <[http://www.oeaw.ac.at/ita/pdf/ita\\_01\\_02.pdf](http://www.oeaw.ac.at/ita/pdf/ita_01_02.pdf)>
- ITA-01-03 Helge Torgersen, Jürgen Hampel (12/2001): The Gate-Resonance Model: The Interface of Policy, Media and the Public in Technology Conflicts. <[http://www.oeaw.ac.at/ita/pdf/ita\\_01\\_03.pdf](http://www.oeaw.ac.at/ita/pdf/ita_01_03.pdf)>
- ITA-02-01 Georg Aichholzer (01/2002): Das ExpertInnen-Delphi: Methodische Grundlagen und Anwendungsfeld „Technology Foresight“. <[http://www.oeaw.ac.at/ita/pdf/ita\\_02\\_01.pdf](http://www.oeaw.ac.at/ita/pdf/ita_02_01.pdf)>
- ITA-02-02 Walter Peissl (01/2002): Surveillance and Security – A Dodgy Relationship. <[http://www.oeaw.ac.at/ita/pdf/ita\\_02\\_02.pdf](http://www.oeaw.ac.at/ita/pdf/ita_02_02.pdf)>
- ITA-02-03 Gunther Tichy (02/2002): Informationsgesellschaft und flexiblere Arbeitsmärkte. <[http://www.oeaw.ac.at/ita/pdf/ita\\_02\\_03.pdf](http://www.oeaw.ac.at/ita/pdf/ita_02_03.pdf)>
- ITA-02-04 Andreas Diekmann (06/2002): Diagnose von Fehlerquellen und methodische Qualität in der sozialwissenschaftlichen Forschung. <[http://www.oeaw.ac.at/ita/pdf/ita\\_02\\_04.pdf](http://www.oeaw.ac.at/ita/pdf/ita_02_04.pdf)>
- ITA-02-05 Gunther Tichy (10/2002): Over-optimism Among Experts in Assessment and Foresight. <[http://www.oeaw.ac.at/ita/pdf/ita\\_02\\_05.pdf](http://www.oeaw.ac.at/ita/pdf/ita_02_05.pdf)>
- ITA-02-06 Hilmar Westholm (12/2002): Mit eDemocracy zu deliberativer Politik? Zur Praxis und Anschlussfähigkeit eines neuen Mediums. <[http://www.oeaw.ac.at/ita/pdf/ita\\_02\\_06.pdf](http://www.oeaw.ac.at/ita/pdf/ita_02_06.pdf)>
- ITA-03-01 Jörg Flecker und Sabine Kirschenhofer (01/2003): IT verleiht Flügel? Aktuelle Tendenzen der räumlichen Verlagerung von Arbeit. <[http://www.oeaw.ac.at/ita/pdf/ita\\_03\\_01.pdf](http://www.oeaw.ac.at/ita/pdf/ita_03_01.pdf)>
- ITA-03-02 Gunther Tichy (11/2003): Die Risikogesellschaft – Ein vernachlässigtes Konzept in der europäischen Stagnationsdiskussion. <[http://www.oeaw.ac.at/ita/pdf/ita\\_03\\_02.pdf](http://www.oeaw.ac.at/ita/pdf/ita_03_02.pdf)>
- ITA-03-03 Michael Nentwich (11/2003): Neue Kommunikationstechnologien und Wissenschaft – Veränderungspotentiale und Handlungsoptionen auf dem Weg zur Cyber-Wissenschaft. <[http://www.oeaw.ac.at/ita/pdf/ita\\_03\\_03.pdf](http://www.oeaw.ac.at/ita/pdf/ita_03_03.pdf)>
- ITA-04-01 Gerd Schienstock (1/2004): Finnland auf dem Weg zur Wissensökonomie – Von Pfadabhängigkeit zu Pfadentwicklung. <[http://www.oeaw.ac.at/ita/pdf/ita\\_04\\_01.pdf](http://www.oeaw.ac.at/ita/pdf/ita_04_01.pdf)>
- ITA-04-02 Gunther Tichy (6/2004): Technikfolgen-Abschätzung: Entscheidungshilfe in einer komplexen Welt. <[http://www.oeaw.ac.at/ita/pdf/ita\\_04\\_02.pdf](http://www.oeaw.ac.at/ita/pdf/ita_04_02.pdf)>
- ITA-04-03 Johannes M. Bauer (11/2004): Governing the Networks of the Information Society – Prospects and limits of policy in a complex technical system. <[http://www.oeaw.ac.at/ita/pdf/ita\\_04\\_03.pdf](http://www.oeaw.ac.at/ita/pdf/ita_04_03.pdf)>
- ITA-04-04 Ronald Leenes (12/2004): Local e-Government in the Netherlands: From Ambitious Policy Goals to Harsh Reality. <[http://www.oeaw.ac.at/ita/pdf/ita\\_04\\_04.pdf](http://www.oeaw.ac.at/ita/pdf/ita_04_04.pdf)>
- ITA-05-01 Andreas Krisch (01/2005): Die Veröffentlichung des Privaten – Mit intelligenten Etiketten vom grundsätzlichen Schutz der Privatsphäre zum Selbstschutz-Prinzip. <[http://www.oeaw.ac.at/ita/pdf/ita\\_05\\_01.pdf](http://www.oeaw.ac.at/ita/pdf/ita_05_01.pdf)>

- ITA-05-02 Petra Grabner (12/2005): Ein Subsidiaritätstest – Die Errichtung gentechnikfreier Regionen in Österreich zwischen Anspruch und Wirklichkeit.  
<[http://www.oeaw.ac.at/ita/pdf/ita\\_05\\_02.pdf](http://www.oeaw.ac.at/ita/pdf/ita_05_02.pdf)>
- ITA-05-03 Eva Buchinger (12/2005): Innovationspolitik aus systemtheoretischer Sicht – Ein zyklisches Modell der politischen Steuerung technologischer Innovation.  
<[http://www.oeaw.ac.at/ita/pdf/ita\\_05\\_03.pdf](http://www.oeaw.ac.at/ita/pdf/ita_05_03.pdf)>
- ITA-06-01 Michael Latzer (06/2006): Medien- und Telekommunikationspolitik: Unordnung durch Konvergenz – Ordnung durch Mediamatikpolitik.  
<[http://epub.oeaw.ac.at/ita/ita-manuscript/ita\\_06\\_01.pdf](http://epub.oeaw.ac.at/ita/ita-manuscript/ita_06_01.pdf)>
- ITA-06-02 Natascha Just, Michael Latzer, Florian Saurwein (09/2006): Communications Governance: Entscheidungshilfe für die Wahl des Regulierungsarrangements am Beispiel Spam. <[http://epub.oeaw.ac.at/ita/ita-manuscript/ita\\_06\\_02.pdf](http://epub.oeaw.ac.at/ita/ita-manuscript/ita_06_02.pdf)>
- ITA-06-03 Veronika Gaube, Helmut Haberl (10/2006): Sozial-ökologische Konzepte, Modelle und Indikatoren nachhaltiger Entwicklung: Trends im Ressourcenverbrauch in Österreich.  
<[http://epub.oeaw.ac.at/ita/ita-manuscript/ita\\_06\\_03.pdf](http://epub.oeaw.ac.at/ita/ita-manuscript/ita_06_03.pdf)>
- ITA-06-04 Maximilian Fochler, Annina Müller (11/2006): Vom Defizit zum Dialog? Zum Verhältnis von Wissenschaft und Öffentlichkeit in der europäischen und österreichischen Forschungspolitik.  
<[http://epub.oeaw.ac.at/ita/ita-manuscript/ita\\_06\\_04.pdf](http://epub.oeaw.ac.at/ita/ita-manuscript/ita_06_04.pdf)>
- ITA-06-05 Holger Floeting (11/2006): Sicherheitstechnologien und neue urbane Sicherheitsregimes.  
<[http://epub.oeaw.ac.at/ita/ita-manuscript/ita\\_06\\_05.pdf](http://epub.oeaw.ac.at/ita/ita-manuscript/ita_06_05.pdf)>
- ITA-06-06 Armin Spök (12/2006): From Farming to “Pharming” – Risks and Policy Challenges of Third Generation GM Crops. <[http://epub.oeaw.ac.at/ita/ita-manuscript/ita\\_06\\_06.pdf](http://epub.oeaw.ac.at/ita/ita-manuscript/ita_06_06.pdf)>
- ITA-07-01 Volker Stelzer, Christine Rösch, Konrad Raab (3/2007): Ein integratives Konzept zur Messung von Nachhaltigkeit – das Beispiel Energiegewinnung aus Grünland.  
<[http://epub.oeaw.ac.at/ita/ita-manuscript/ita\\_07\\_01.pdf](http://epub.oeaw.ac.at/ita/ita-manuscript/ita_07_01.pdf)>