

UFZ-Diskussionspapiere

Department of Economics

12/2010

Agrarökonomische Kostenberechnungen für Biodiversitätsschutzmaßnahmen

Melanie Mewes

*in Zusammenarbeit mit Frank Wätzold, Martin Drechsler, Karin Johst
und Astrid Sturm*

November 2010

Software-basierte Entscheidungshilfe zur Bestimmung kosteneffizienter **Kompensations-**zahlungen für **Biodiversitätsschutzmaßnahmen** in einer sich ändernden Umwelt



Agrarökonomische Kostenberechnungen für Biodiversitätsschutzmaßnahmen

bearbeitet und erstellt von Melanie Mewes¹

in Zusammenarbeit mit Frank Wätzold², Martin Drechsler³, Karin Johst³ und Astrid Sturm⁴

¹Department Ökonomie, Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ, melanie.mewes@uzf.de

²Professor für Volkswirtschaftslehre, insbesondere Umweltökonomie, Universität Cottbus

³Department Ökologische Systemanalyse, Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ

⁴Freie Universität Berlin, Institut für Informatik

gefördert durch



Deutsche Bundesstiftung Umwelt

www.dbu.de

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung: Hintergrund des SOKO Bio-Projektes	1
2	Agrarökonomische Berechnung der Kosten von Maßnahmen im Grünland (ökonomisches Modul).....	2
2.1	Grundlagen der Berechnungen für das ökonomische Modul.....	6
2.2	Grünlandertrag	7
2.2.1	Referenzwerte – Wiesen (Quantität, Qualität)	9
2.2.2	Referenzwerte – Weiden (Quantität, Qualität).....	10
2.2.3	Masseertrag im Grünland im Jahresverlauf	12
2.2.3.1	Tägliche Zuwachsrate der Trockenmasse im Jahresgang	12
2.2.3.2	Absoluter Trockenmasse-Ertrag im Jahresgang.....	13
2.2.3.3	Berechnung im Modell für unterschiedliche Mahdzeitpunkte.....	13
2.2.4	Ertrag-Qualität im Jahresverlauf	15
2.2.4.1	Energieertrag im Jahresgang	15
2.2.4.2	Berechnung im Modell für unterschiedliche Mahdzeitpunkte.....	18
2.2.5	Energieertragsverlust bei verändertem Mahdzeitpunkt insgesamt.....	20
2.2.6	Energieertragsverlust bei Mahdstreifen	22
2.2.7	Energieertragsverlust bei veränderter Beweidung	23
2.2.8	Energieertragsverlust bei veränderter Mähweide.....	27
2.2.9	Bewertung des Energieverlustes mit Zukauf von Kraftfutter	27
2.3	Variable Kosten.....	28
2.4	Kalkulation der Ausgleichszahlungen.....	31
3	Zusammenfassung.....	31
4	Literatur.....	32

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Jahresgang des absoluten Trockenmasseertrags im Grünland und des Energiegehaltes pro kg erntbarer TS in Abhängigkeit vom Schnittzeitpunkt, schematisch bezogen auf den 1. Aufwuchs	13
Abb. 2: Abnahme der Heuqualität verschiedener Wiesentypen mit zunehmender Alterung (Wiese auf 800-900 m ü M). Bei dieser Abbildung ist eine sehr starke Abnahme der Qualität von Extensivwiesen zu sehen; dies ist nicht so, wenn die Bestände richtig geführt und genutzt werden. Entnommen Koch et al. (2003, S. 96 Abb. 32)	16
Abb. 3: Veranschaulichung der Berechnung der Energieertragsverluste durch eine geänderte Bewirtschaftung bei einer Nutzung als Wiese	20
Abb. 4: Veranschaulichung der Berechnung der Energieertragsverluste durch eine geänderte Bewirtschaftung bei einer Nutzung als saisonale Standweide	24
Abb. 5: Veranschaulichung der Berechnung der Energieertragsverluste durch eine geänderte Bewirtschaftung bei einer Nutzung als Umtriebs-/Koppelweide oder als Hutung	26
Abb. 6: Veranschaulichung der Berechnung der Energieertragsverluste durch eine geänderte Bewirtschaftung bei einer Nutzung als Mähweide	27

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Bewirtschaftungsmaßnahmen und Verfahren, die in der Software berücksichtigt werden und ihre Parameter.....	3
Tab. 2: Posten einer Deckungsbeitragsrechnung sowie in fetter Schrift die Parameter für den Vergleich vor und nach einer Bewirtschaftungsänderung	5
Tab. 3: Charakterisierung der Agrarstrukturgebiete Sachsens (aus: LfULG 2010).....	6
Tab. 4: Für das Projekt SOKO Bio relevante Grünlandverfahren für Sachsen mit Bruttoerträgen in dt FM (verändert nach LfULG 2010).....	7
Tab. 5: Vorschlag für eine Zuordnung von Erträgen zu Grünlandzahlen.....	7
Tab. 6: Beispiel zur Berechnung des Nettoenergieertrags aus dem Frischmasseertrag in Anlehnung an Planungsrichtwerte Sachsen für eine 3-Schnittnutzung mit 1x Anwelksilage (AWS), 2x Heu.....	9
Tab. 7: Erträge bei 3- und 2-Schnittnutzung (Werte in Klammern: halbes N-Düngeniveau), Zahlen aus Planungsrichtwerte Sachsen	10
Tab. 8: Beispiel zur Berechnung des Nettoenergieertrags aus dem Frischmasseertrag in Anlehnung an Planungsrichtwerte Sachsen für eine Weide mit 360 dt FM (vgl. Tab. 10)	10
Tab. 9: Beispiel zur Berechnung des Nettoenergieertrags aus dem Frischmasseertrag in Anlehnung an Planungsrichtwerte Sachsen für eine Mähweide mit 350 dt FM (vgl. Tab. 10)....	11
Tab. 10: Erträge bei Weide und Mähweide (Werte in Klammern: halbes N-Düngeniveau), Agrarstrukturgebiet Löß nur mit Mähweide, alle anderen ASG jeweils beide Nutzungsformen, Zahlen aus Planungsrichtwerte Sachsen	12
Tab. 11: Beispielhafte Darstellung möglicher Kombinationen bei der Mahdzeitpunktverschiebung in Monatsvierteln (7,5 Tage), S: 1. Schnitt – Silage, H: 2. Schnitt – Heu, alternativ werden verschiedene Abstände zum ersten Schnitt berücksichtigt 4 (H ₄), 6 (H ₆), 8 (H ₈) und 10 (H ₁₀) Monatsviertel	13
Tab. 12: Ertragsänderung einer 2-Schnittnutzung in % für die vier Ertragsniveaus in Sachsen bei einer Verschiebung des Mahdzeitpunktes. Da es hier um den Vergleich der Erträge ohne und mit Mahdzeitpunktverschiebung geht, die Nutzung aber ansonsten identisch ist, kommt es in der Regel zu einer Erhöhung des geernteten Gesamttrockenmasseertrages. Zugrunde gelegt wird der TS-Ertrag der optimalen 2-Schnitt-Nutzung in Monatsviertel 19.	15
Tab. 13: Futterwerte (Energieerträge) verschiedener Grünlandaufwüchse und Grünlandnutzungen an verschiedenen Schnittzeitpunkten in MJ NEL/kg TS nach DLG (1997). Der Zeitpunkt von Ähren- und Rispenstücken kann je nach Standort sehr unterschiedlich sein, vgl. z.B. http://naturbegleiter.org/graeserprojekt/beginn.php	17
Tab. 14: Standardisierte relative Qualitätsminderung einer 2-Schnittnutzung bei einer Verschiebung des Mahdzeitpunktes in Prozent in Abhängigkeit vom Schnittzeitpunkt, für vier Ertragsniveaus (in Anlehnung an Mährlein 1993a, S. 39)	19
Tab. 15: Verminderung der Energieerträge (gemittelt) gegenüber konventioneller Nutzung bei Wiesennutzung ohne Düngung sowie PSM-Einsatz in % in Sachsen (SMUL 2007)	21
Tab. 16: Ableitung der Verminderung der Energieerträge (gemittelt) gegenüber konventioneller Nutzung bei Wiesennutzung ohne Düngung sowie PSM-Einsatz in % in Sachsen (SMUL 2007) für unterschiedliche Mahdtermine und vier Ertragsniveaus. Berechnung der absoluten Energieerträge, Vergleich mit den Erträgen einer 2-Schnittnutzung mit halber Düngung	21
Tab. 17: Berechnung der Nettoerträge TS Heu in dt/ha für eine 1-Schnittnutzung zur Heugewinnung (vgl. Tab. 6).....	22
Tab. 18: Veränderung der Qualität in MJ NEL/kg TS bei einer 1-Schnittnutzung mit Heunutzung bei unterschiedlichen Mahdterminen (vgl. Tab. 13)	22

Tab. 19: Überblick über die betrachteten Besatzdichten innerhalb der (saisonalen) Standweide: Entsprechung von Beweidungsdichte in Tierzahlen, Faktoren zur Umrechnung von Großvieheinheiten (1 GV = 500 kg Tierlebensmasse) in Tierzahlen verändert nach KTBL 2005 .	25
Tab. 20: Tierarten mit Angabe ihrer Lebendmasse, angegeben in Großvieheinheiten (1 GV = 500 kg Tierlebensmasse) sowie ihrer durchschnittlichen täglichen Aufnahme in MJ NEL umgerechnet nach KTBL 2005	25
Tab. 21: Beispiele für Saatgutkosten aus den Planungs- und Bewertungsdaten Sachsen.....	28
Tab. 22: Beispiele für Düngungskosten aus den Planungs- und Bewertungsdaten Sachsen (Kosten N 0,8 €/kg, P ₂ O ₅ 0,8 €/kg, K ₂ O 0,5 €/kg).....	28
Tab. 23: Beispiele für Grünlandverfahren aus den Planungs- und Bewertungsdaten Sachsen	29
Tab. 24: Beispiel für ein Verfahren Heuernte auf Grünland zur Berechnung der variablen Maschinenkosten (Mewes 2006)	29
Tab. 25: Beispiele für Grünlandverfahren aus den Planungs- und Bewertungsdaten Sachsen	30

Abkürzungen

Akh	Arbeitskraftstunde
ASG	Agrarstrukturgebiet
AWS	Anwelksilage
DE	Digestible Energie
dt	Dezitonne
ELER	Europäischer Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raums
FM	Frischmasse
GV	Großvieheinheit
ha	Hektar
K ₂ O	Kaliumoxid
KTBL	Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft
LfULG	Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie
LUA BB	Landesumweltamt Brandenburg
ME	Metabolische Energie = umsetzbare Energie
MJ	Mega Joule
MLUR	Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein
N	Stickstoff
NEL	Nettoenergielaktation
P ₂ O ₅	Phosphat
PSM	Pflanzenschutzmittel
SH	Schleswig-Holstein
SMUL	Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft
SOKO Bio	Software-basierte Entscheidungshilfe zur Bestimmung kosteneffizienter Kompensationszahlungen für Biodiversitätsschutzmaßnahmen in einer sich ändernden Umwelt
TS (=TM)	Trockensubstanz (=Trockenmasse)
üNN	über Normalnull

1 Einleitung: Hintergrund des SOKO Bio-Projektes

In den letzten Jahrhunderten war die Landwirtschaft durch eine Vielzahl unterschiedlicher Nutzungsformen gekennzeichnet, die zu einer großen Arten- und Habitatvielfalt führten (Hampicke 1991). Eine zunehmende Intensivierung der Produktion in der Landwirtschaft hat diese Vielfalt in den letzten Jahrzehnten jedoch stark reduziert. Um dieser Entwicklung entgegenzuwirken und eine biodiversitätsfördernde agrarische Landnutzung zu gewährleisten, wurden Programme entwickelt (z.B. im Kontext von Agrarumweltmaßnahmen vgl. Osterburg & Nieberg 2001), mit denen die Landwirte für die Kosten der Durchführung biodiversitätsfördernder Nutzungsformen kompensiert werden. Eine wichtige Anforderung an die Ausgestaltung dieser Programme ist, dass sie kosteneffizient sind, d.h. dass mit den vorhandenen finanziellen Ressourcen ein möglichst hohes Biodiversitätsniveau erzielt wird. Als eine geeignete Methode zur Bestimmung kosteneffizienter Kompensationszahlungen für biodiversitätsfördernde Maßnahmen hat sich die ökologisch-ökonomische Modellierung erwiesen.

So wurde von den Projektbearbeitern in bisherigen Arbeiten ein ökologisch-ökonomisches Modellierungsverfahren entwickelt, mit dessen Hilfe am Beispiel eines Schutzkonzeptes für den Weißstorch (*Ciconia ciconia*) mit unterschiedlichen Mahdregimen kosteneffiziente und ökologisch wirksame Kompensationszahlungen bestimmt werden können. Das Verfahren wurde in einer hypothetischen Landschaft entwickelt (Johst et al. 2002). Um das Verfahren relevanter für die Naturschutzpraxis zu machen, wurde es in einem nächsten Schritt zur Entwicklung von kosteneffizienten und wirksamen Kompensationszahlungen für den Schutz von zwei gefährdeten Schmetterlingsarten (*Maculinea teleius* und *Maculinea nausithous*) über unterschiedliche Mahdregime in einer realen Landschaft (einem ca. 60 km² großen Gebiet in der pfälzischen Rheinebene östlich von Landau) angewandt (Drechsler et al. 2007b, Wätzold et al. 2007 und Drechsler et al. 2007a für konzeptionelle Überlegungen zum Mehr-Arten-Schutz). Auf der Grundlage des Verfahrens wurde eine Software zur Entscheidungsunterstützung entwickelt, die im Internet verfügbar ist, und mit deren Hilfe der Softwarenutzer die Kosteneffizienz und Wirksamkeit von Wiesenmahdprogrammen für das oben erwähnte Gebiet analysieren kann (<http://www.macman.ufz.de>). Die Nutzung der Software für Naturschutzzwecke ist jedoch begrenzt: Sie ist auf nur zwei Arten und ein relativ kleines Gebiet beschränkt. Weiterhin muss die Ermittlung des kosteneffizienten Programms vom Nutzer manuell durch Vergleich unterschiedlicher Programme durchgeführt werden, da noch kein Optimierungsmodul integriert wurde. Außerdem ermöglicht sie nicht die Berücksichtigung veränderter ökonomischer oder ökologischer Rahmenbedingungen wie sie beispielsweise durch globalen Wandel besonders Klimawandel hervorgerufen werden können.

Basierend auf diesem Forschungsstand ergeben sich folgende notwendige Weiterentwicklungen für eine softwarebasierte Entscheidungshilfe: (1) die Berücksichtigung der Tatsache, dass oft nicht nur eine Art geschützt werden soll, sondern mehrere Arten mit unterschiedlichen Ansprüchen (Biodiversitätsschutz), (2) der Einbezug größerer räumlicher Skalen (z.B. der Ebene eines Bundeslandes), um der Entscheidungsebene für die Ausgestaltung von Naturschutzprogrammen zu entsprechen und räumlich umfassende Empfehlungen abgeben zu können, (3) die Nutzbarmachung dieser beiden Weiterentwicklungen für die Naturschutzpraxis in Form von Entscheidungshilfe-Software, (4) die Einbeziehung eines Optimierungsmoduls zur Bestimmung kosteneffizienter Naturschutzprogramme in die Software und (5) die Flexibilisierung der Entscheidungshilfesoftware, um sich wandelnde ökologische und ökonomische Rahmenbedingungen (etwa hervorgerufen durch Klimawandel) berücksichtigen zu können.

Gegenstand und Ziele des Projektes SOKO Bio sind deshalb, eine softwarebasierte Entscheidungshilfe zu entwickeln, die diese Weiterentwicklungen berücksichtigt und mit der kosteneffiziente Kompensationszahlungen für Maßnahmen zum Schutz gefährdeter Grünlandarten am Beispiel der Bundesländer Sachsen und Schleswig-Holstein bestimmt werden können. Die Software besteht aus den vier Modulen Agrarökonomische Kostenberechnungen, Ökologi-

sche Modellierung, Optimierung sowie Softwareentwicklung einschließlich Benutzeroberfläche. In diesem Diskussionspapier wird die Konzeption des ökonomischen Moduls zur agrar-ökonomischen Kostenberechnungen der Biodiversitätsschutzmaßnahmen vorgestellt. Eine besondere Herausforderung ist dabei, die Komplexität der realen Verhältnisse wie Standortbedingungen, individuelle Betriebsführung und -struktur, Vielzahl an beeinflussenden Bewirtschaftungsfaktoren etc. so zu vereinfachen und zu abstrahieren, dass sich eine Modellierung auf Bundeslandebene durchführen lässt und die Ergebnisse der Zielstellung des Projektes entsprechend aussagekräftige Hinweise zur einer kosteneffizienten Ausgestaltung von Maßnahmenprogrammen liefern. Die konzeptionelle Arbeit entwickelt dabei die einzelnen Schritte hin zu einer Gesamtlösung zur Berechnung der Kosten für unterschiedliche Maßnahmen.

2 Agrarökonomische Berechnung der Kosten von Maßnahmen im Grünland (ökonomisches Modul)

Auswirkungen von (Biodiversitätsschutz-)Maßnahmen im Grünland sind in der Regel eine Ertrags- und Qualitätsminderung und langfristige Veränderung der Grünlandgesellschaften. So führt nach Voigtländer & Jacob (1987, S. 288) eine Änderung im Nutzungsrhythmus stets zu Änderungen im botanischen Aufbau der Pflanzenbestände, wobei die Änderungen in den Artanteilen und im Artenspektrum im Zusammenhang zum Standort stehen. Besonders bei niedriger Intensitätsstufe unterscheiden sich die Erträge oberirdischer Biomasse der Wiesen innerhalb gleicher Intensitätsstufen sehr stark.

Tab. 1 gibt einen Überblick über die Maßnahmen und den zugehörigen Parametern, die in die Software des SOKO Bio-Projektes eingehen. Grundsätzlich werden nur die langfristigen Auswirkungen von Maßnahmen betrachtet und keine Zwischenstadien wie z.B. Aushagerungsprozesse berücksichtigt. Maßnahmen haben sowohl Auswirkungen auf das ökologische Modul (z.B. Vegetationshöhe, Struktur, Trittverluste) als auch auf das ökonomische (Grünlandertrag sowohl im Hinblick auf Quantität als auch Qualität, variable Kosten), wobei in diesem Bericht die ökonomischen Auswirkungen behandelt werden. Im Folgenden werden kurz alle Maßnahmen aus Tab. 1 vorgestellt.

Walzen und Schleppen wird vor einem Stichtag (vor Brutbeginn, Annahme erlaubt bis Ende März) zugelassen. In diesem Fall sind keine negativen Auswirkungen auf die Ökologie oder Ökonomie zu verzeichnen. Wird später gewalzt oder geschleppt, kommt es z.B. zu einer Mortalität von 100% der zu diesem Zeitpunkt bestehenden Vogelgelege, während keine ökonomischen Auswirkungen auftreten. Ein Unterlassen von Walzen und Schleppen beeinflusst dagegen den Ertrag und die Entwicklung des Grünlandes. Je nach Standort würde es ggf. zu einem verminderten Ertrag und/oder einer verminderten Qualität kommen – Verschmutzung der Ernte vgl. Mährlein 1993a, Opitz von Boberfeld 1994, Voigtländer & Jacob 1987)¹. Diese möglichen und schwer zu quantifizierenden Auswirkungen werden für das Projekt nicht berücksichtigt. Auch eine Wasserregulierung sowie Auswirkungen von Verboten bezüglich Narbenumbruch und Pflanzenschutz können derzeit nicht quantifiziert und betrachtet werden.

Bei einer Stickstoffdüngung wird davon ausgegangen, dass eine verminderte Düngeintensität einen positiven Effekt auf die Arten hat. Eine völlige Unterlassung von Düngung kann dagegen langfristig negativ wirken, indem die Flächen z.B. für Vogelarten unattraktiv werden. Es werden sowohl die ökonomischen Auswirkungen einer verminderten als auch unterlassenen Düngung berechnet. Der Zeitpunkt der Düngung wird nicht gesondert berücksichtigt.

¹ Nach Mährlein (1993a) besteht bei einem Beginn des Verbotszeitraumes für das Walzen zwischen dem 1. März und dem 1. April für die Landwirte nur in sehr wenigen Ausnahmen die Möglichkeit, das Walzen bereits vorher durchzuführen, so dass kein schadensmindernder Einfluss mehr vorgenommen werden kann (S. 65). In Schleswig-Holstein müsste ein Verbot früher als März greifen, um keine negativen Auswirkungen auf Gelege von Wiesenbrütern zu haben (mdl. Mitteilung Hötter 2010).

Wird Grünland als Wiese genutzt, werden verschiedene Schnitthäufigkeiten und Mahdzeitpunkte in ihrer Auswirkung auf die Ökonomie berücksichtigt. Als weitere Variante geht eine Streifenmahd mit in die Betrachtungen ein. Eine Streifenmahd kann für Vogelkücken von Bedeutung sein, die in den ungemähten Streifen Schutz vor dem Mähwerk finden, und wird vor allem hinsichtlich des Wachtelkönigschutzes diskutiert und umgesetzt (vgl. Tyler et al. 1998, Broyer 2003, Junker et al. 2007). Inwiefern solche Rückzugsstreifen ein im wahrsten Sinne gefundenes Fressen für Prädatoren sind, lässt sich hier nicht beantworten.

Bei einer Nutzung von Grünland als Weide sind verschiedene Weidesysteme denkbar, die sich in Besatzdichte, Weidebeginn, Dauer der Beweidung und Viehart unterscheiden. Für festgelegte Beweidungsmaßnahmen werden die ökonomischen Auswirkungen quantifiziert.

Tab. 1: Bewirtschaftungsmaßnahmen und Verfahren, die in der Software berücksichtigt werden und ihre Parameter

	Referenz-situation	Beschreibung für Verfahrensänderung	Parameter
Walzen	ja	entspricht einer Mortalität der Gelege von 100%. Vor dem Brutbeginn unkritisch.	Zeitpunkt (1x bis Ende März)
Schleppen	ja	bis Ende März unkritisch	Zeitpunkt (1x bis Ende März)
Vernässung	nein	Keine Änderung berücksichtigt	-
PSM-Einsatz	ja	bedingt	-
Narbenumbruch	ja	Je nach Standort	-
Neuansaat	ja	Keine Änderung berücksichtigt	-
Stickstoff-düngung	ja	Intensität entscheidend: vollständiges Unterlassen kann Flächen unattraktiv machen. Eine reduzierte Düngung ist schwer kontrollierbar.	Intensität > Reduzierte (halbe) und keine Düngung
P/K-Düngung	ja	Keine Änderung berücksichtigt	-
Mahdregime	3-Schnitt	2-Schnitt- (AWS/Heu) sowie 1-Schnitt-Nutzung (Heu) bei veränderten Mahdzeitpunkten, Streifenmahd	Mahdzeitpunkt und Häufigkeit
Ganzjahres-standweide		Extensive Weide z.B. Weidesystem Schäferheide SH, Nebenbedingung: nur für zusammenhängende Flächen >60 ha	Besatzdichte 0,3-1 GV/ha, Berechnung mit 0,5 GV/ha als Mittelwert, Viehart
(Sommer-/Saisonale) Standweide	ja	Häufigste Form der extensiven Nutzung, Walzen, Schleppen, Pflegeschnitte zu erlaubten Terminen	Zeitpunkt Weidebeginn, Besatzdichte*, Viehart
Koppelweide/ Umtriebsweide	ja	Behandlung wie Mahd: kurze Fresszeiten, lange Ruhezeiten auf einer Fläche	Zeitpunkt Weidebeginn,
Hutung	ja	Behandlung wie Koppelweide aber mit Schafen, Hutung verlangt eine ausreichend große Fläche und große Herde	Zeitpunkt Weidebeginn, Besatzdichte max. 1,4 GV/ha, Viehart (Schafe)
Mähweide	ja	Nach der Schnittnutzung Beweidung	Zeitpunkt der Mahd, Weidebeginn, Besatzdichte, Viehart
Nachmahd	teilweise	Keine Änderung berücksichtigt	-

* Für eine saisonale Standweide werden Besatzdichten je nach Tierart von 1-5 GV/ha in 0,5 GV/ha-Schritten berücksichtigt. Dabei wird die Produktivität der Standorte unterschieden. „Bisheriges Ziel ist, die Wiesen kurz in den Winter gehen zu lassen. Auf weniger produktiven Standorten bedeutet dies 1,5 GV/ha. Bei stark wüchsigen Standorten sind es 3-4 GV/ha“ (schriftliche Mitteilung Meier 2009 für Schleswig-Holstein). Als Weidezeitraum wird der 1.4.-31.10. festgelegt.

Innerhalb des Projektes SOKO Bio werden somit die Verschiebung des Schnittzeitpunktes bei reduzierter Düngung sowie keiner Düngung und verschiedene extensive Beweidungsregime als (Biodiversitätsschutz-)Maßnahmen betrachtet. Durch eine derart geänderte Bewirtschaftung entstehen dem Landwirt in der Regel Kosten je Hektar (vgl. z.B. Bahner 2005) durch:

- den Ertragsrückgang auf der Fläche sowohl bezüglich Menge als auch Qualität,
- Auswirkungen dieses Ertragsrückganges auf den Betriebszweig: Verwertung des Aufwuchses sowie Ersatz und
- Auswirkungen von weiteren Nutzungsbeschränkungen (Walzen, Schleppen, ...) auf die Nutzbarkeit der Fläche.

Im Folgenden werden zunächst grundsätzliche Anmerkungen zu den Berechnungen der Kosten angeführt. Ziel der Berechnungen ist die Bestimmung der Kompensationszahlungen, die nötig sind, damit Landwirte bestimmte Nutzungsregime implementieren.

Die Höhe der Zahlungen hängt ab von:

- a) Kosten durch den Verzicht auf eine betriebswirtschaftlich optimale Bewirtschaftung,
- b) Interesse des Landwirtes am Naturschutz und
- c) Transaktionskosten der Teilnahme.

Um dem Landwirt die Teilnahme an Programmen attraktiver zu machen, war es vor der Förderperiode 2007-2013 erlaubt, zusätzlich zu den Kosten durch den Verzicht auf eine betriebswirtschaftliche optimale Bewirtschaftung (a) eine Anreizkomponente zu zahlen. Im ELER-Programm (Europäische Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raums) ist die Einbeziehung einer Anreizkomponente in die Berechnung der Kompensationszahlungen nicht erlaubt. Die EU-Vorschrift lautet auf Kostendeckung. Stattdessen können nun bis 20% Transaktionskosten geltend gemacht werden. Es ist aber unklar, ob die Transaktionskosten die Funktion der Anreizkomponente erfüllen können. Außerdem ist nicht abzusehen, wie sich die agrarpolitischen Rahmenbedingungen weiter verändern. In der Software des Projektes SOKO Bio sollen deshalb auch Anreizzahlungen berücksichtigt werden können, was sich durch eine zusätzliche Funktion ausstellen lassen kann. So kann flexibel gehandhabt werden, ob solche Zahlungen berücksichtigt werden oder nicht und es wäre sogar ein Vergleich möglich.

Es wird davon ausgegangen, dass die Landwirte immer von einem intensiven Referenzzustand aus kompensiert werden, weil sie für ihre erbrachte Naturschutzleistung bezahlt werden sollen. Der förderpolitische Rahmen ist aber auf jeden Fall mit zu berücksichtigen. Die Entwicklungen in der Landwirtschaft lassen sich nicht ohne Weiteres absehen, da sie sich aus einem Zusammenspiel ökonomischer, agrarpolitischer und rechtlicher Rahmenbedingungen auf globaler, EU-Ebene, nationaler und regionaler Ebene ergeben (s. Beispiel Biomasse) (vgl. Bahner 2005). Entwicklungen können dahin gehen, dass die gewünschten Maßnahmen mehr Kompensation erfordern, weil andere Nutzungen an Wert gewinnen. Andererseits kann aber das Gegenteil eintreten: Alternativnutzungen werden unattraktiv und die Kompensation kann billiger werden. Sie muss sich aber immer noch finanziell gegenüber dem „nichts-tun“ bzw. einer Mindestpflege nach Cross-Compliance lohnen. Nach Bahner (2005) müsste als Grundlage der Kostenermittlung zunächst in den Projektregionen ein unbeeinflusster Entwicklungspfad A prognostiziert werden, um die gewünschten Veränderungen hin zur Situation B als Kosten des Verzichtes auf Situation A zu quantifizieren (z.B. könnte es ohnehin einen Trend in Richtung extensiver Nutzungssysteme geben).

Exkurs: Fragen zum Referenzzustand für die Berechnungen

Was ist der Referenzzustand für die Berechnungen für Flora-Fauna-Habitat-Gebiete, in denen z.B. keine Intensivierung der Nutzung zulässig ist, wenn sich der Zustand des Gebietes dadurch verschlechtern würde (Verschlechterungsverbot)? Wie verhält es sich bei anderen schon bestehenden Schutzgebieten? Verringert der Schutzstatus Zahlungen bei NSGs? Auf diese Fragen lässt sich wie folgt antworten: wenn nur über eine extensive Bewirtschaftung der Schutzwert der Flächen erhalten werden kann, muss ein Bewirtschafter für die Fläche gefunden werden. Aus diesem Grund spielen Kompensationszahlungen eine wichtige Rolle und sind auch für ausgewiesene Naturschutzflächen in voller Höhe zu berechnen.

Die Kosten, die dem Landwirt durch eine geänderte Bewirtschaftung entstehen, lassen sich als Teilbereichs- und Gesamtbetriebskalkulationen berechnen. Die Berechnungen in diesem Projekt beruhen auf **Teilbereichskalkulationen** (Deckungsbeitragsrechnungen, vgl. Tab. 2). Dem liegt die Annahme zugrunde, dass die Landwirte nur soweit am Programm teilnehmen, wie sie es mit ihrem Betriebsablauf vereinbaren können. Damit wird die Struktur des Betriebes als solcher nicht in Frage gestellt bzw. berührt. Tab. 2 lassen sich die einzelnen Posten einer Deckungsbeitragsrechnung entnehmen. Im Grünland wird anders als bei Ackerland nicht direkt eine Marktleistung erzeugt, sondern in der Regel erst über eine Veredlung mit Vieh. Deshalb erfolgt der Vergleich der Kosten vor und nach der Bewirtschaftungsänderung nicht direkt über den Deckungsbeitrag, sondern über die beiden Parameter Nettoenergieertrag MJ NEL/ha und die variablen Kosten €/ha (vgl. Tab. 2).

Tab. 2: Posten einer Deckungsbeitragsrechnung sowie in fetter Schrift die Parameter für den Vergleich vor und nach einer Bewirtschaftungsänderung

Bezeichnung	Einheit	
Bruttoertrag Frischmasse	dt/ha	Bewertung der Differenz der Leistung über Ausgleich mit Kraftfutter
Nettoertrag Trockenmasse	dt/ha	
Nettoenergiekonzentration MJ NEL im Mittel je dt TS	MJ NEL/dt	
Nettoenergieertrag MJ NEL	MJ NEL/ha	
Marktleistung	€/ha	
Saatgutkosten	€/ha	Vergleich der variablen Kosten
Pflanzenschutzkosten	€/ha	
Düngungskosten	€/ha	
Hagelversicherung	€/ha	
variable Maschinenkosten	€/ha	
Lohnarbeit/Personalkosten*	€/ha	
Maschinenmiete	€/ha	
Silierungs-/sonstige Kosten	€/ha	
Variable Kosten gesamt	€/ha	
= Deckungsbeitrag	€/ha	

* Bei der Berechnung der Agrarumweltmaßnahmen in Sachsen werden die eingesparten und zusätzlichen Personalkosten bei einer Bewirtschaftungsänderung mit berücksichtigt (SMUL 2007).

Ertragsrückgänge sowohl in Menge als auch Qualität können auf verschiedene Weise ausgeglichen werden. Zum Beispiel könnte Vieh abgestockt oder Flächen zugepachtet werden (zusammengefasst: Futtereinsparung, inner- oder außerbetrieblicher Ersatz, vgl. Mährlein 1993a S. 83: Überblick über mögliche Anpassungsmaßnahmen zum Ausgleich naturschutzbedingter Nachteile). Die Nutzungsmöglichkeiten des Aufwuchses von extensiv bewirtschaftetem Grünland in der Viehhaltung sind je nach ihrer Qualität stark eingegrenzt (vgl. z.B. Nitsche & Nitsche 1994, S. 172). Wenn es darum geht, wie Ertragsrückgänge bei der Viehfütterung ausgeglichen werden können, muss zusätzlich berücksichtigt werden, dass es ernährungsphysiologisch Grenzen gibt, inwieweit zum Ausgleich Kraftfutter eingesetzt werden kann.

Gleichzeitig findet ein Wandel in der Landwirtschaft statt. Nach Kiesevalter et al. (2007) haben die Wiederkäuerbestände in Sachsen stark abgenommen mit der Folge, dass weniger Grünland als Futtergrundlage benötigt wird (in Sachsen ca. 22% des Grünlandes laut Wachs 2002). Mögliche alternative Verwertungswege für Grünlandaufwuchs gewinnen dabei an Bedeutung. Zum Beispiel wurde in einem Projekt des LfULGs untersucht, wie Grünlandaufwüchse energetisch bzw. stofflich genutzt werden können (Kiesevalter et al. 2007). Dies soll an dieser Stelle nicht weiter vertieft werden, der interessierte Leser wird an die entsprechenden Quellen verwiesen (z.B. auch Rösch et al. 2007).

Für das ökonomische Modul des SOKO Bio-Projektes wird in Anlehnung an die Vorgehensweise im LfULG und des Vorgängerprojektes aus Vereinfachungsgründen zur Bewertung des Ertragsverlustes näherungsweise ein Ausgleich über Kraftfutter angenommen und berechnet. Es wird unterstellt, dass eine Bewertung des Grünlandes über Kraftfutter ein hinreichend

gutes Ergebnis liefert. Berechnungen von Mährlein (1993a) ergaben, dass Anpassungsmaßen wie z.B. Ersatzfutterbeschaffung auf betriebseigenen Flächen oder Futterzukauf im Bereich zwischen 0,04-0,06 DM pro entgangener MJ NEL bewegen. Dabei kostete eine Ersatzfutterbeschaffung mit 0,06 DM/MJ NEL gleich viel wie ein Einsatz von Kraftfutter. Die im Folgenden berechneten Grünlandnutzungsverfahren stellen **Durchschnittsverfahren** dar. Die zahlreichen Kombinationsmöglichkeiten von möglichen Bewirtschaftungsmaßnahmen, betrieblichen Unterschieden sowie Standorteigenschaften können nicht alle abgebildet werden.

2.1 Grundlagen der Berechnungen für das ökonomische Modul

Soweit möglich, werden **bestehende Datenbanken und Richtwerte** für die betrachteten Bundesländer genutzt, um die Software kompatibel für ihre Anwendung zu halten. Für Sachsen liegen Planungsrichtwerte des Sächsischen Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG) vor, die im Internet frei verfügbar sind und die vom LfULG für die Berechnung von Kompensationszahlungen für Agrarumweltprogramme genutzt werden. Auf diese Planungs- und Bewertungsdaten im Internet (<http://www.landwirtschaft.sachsen.de/landwirtschaft/254.htm>) wird in Verbindung mit einem Erläuterungsdokument (LfULG 2010) zurückgegriffen. In der Datenbank sind die Pflanzenbauverfahren standortdifferenziert für fünf Agrarstrukturgebiete (ASG) dargestellt (vgl. Tab. 3). Neben den standortdifferenzierten Erträgen werden laut LfULG (2010) Kosten beeinflussende Auswirkungen der natürlichen Standortverhältnisse berücksichtigt und in den Verfahren differenziert (z.B. Niederschläge – im Heidegebiet rund 500 mm, auf dem Erzgebirgskamm 1000 mm).

Tab. 3: Charakterisierung der Agrarstrukturgebiete Sachsens (aus: LfULG 2010)

Agrarstrukturgebiete:	% - Anteil			haupts. Bodenart	Niederschlag [mm]	Ø Jahres- temp. [°C]	Ø Höhe [m über NN]
	Acker	GL	NStE				
I Heidegebiet, Elbtal	18	22	A13, D1-D6	D2-D4	550-656	8,3	134
II Oberlausitz, Sächs. Schweiz = Hügel	17	16	D4-D5, L03-L06, V5-V8	L04-L06	695-899	7,4	264
III Mittelsächs. L03 gebiet	40	26	D3-D6, L01-L06, V6-V7	L03-L06	535-838	8	199
IV Erzgebirgsvorland, Vogtland, Elsterbergland	19	26	L06, V2-V9	V5-V8	643-875	6,4	418
V Erzgebirgskamm = Gebirge	6	10	V5, V8-V9	V8-V9	896-954	5,5	621

Exkurs: Einfluss der Höhe über NN auf die Vegetationsperiode

Die Vegetationsperiode wird durch Tageslänge und Temperatur bestimmt. Mit zunehmender Höhe üNN kommt es zu einer Verkürzung der Vegetationsperiode, was sich auf die Pflanzenbestände auswirkt. Bei den Lebensraumtypen nach Flora-Fauna-Habitatrichtlinie wird zwischen Flachland-Mähwiesen bis ca. 500 müNN und Berg-Mähwiesen ab ca. 500 müNN unterschieden. Diese Grenze wird auch im SOKO Bio-Projekt berücksichtigt. Während Schleswig-Holstein vollständig dem Flachland zuzuordnen ist, liegen Teile Sachsens über 500 müNN und weisen geringere Durchschnittstemperaturen auf (vgl. Tab. 3). Nach Ellenberg (1996) kommt es pro 100 m Höhenzuwachs zu einer Verkürzung der Vegetationsperiode um ca. 6-7 Tage und zu einer Abnahme der Ertragsleistung um ca. 6%. In der Regel sinkt auch die Bewirtschaftungsintensität mit zunehmender Höhe üNN. Die Auswirkungen auf den Ertrag sind in den zur Verfügung stehenden Daten schon implizit erfasst. In Bezug auf die Bewirtschaftung wird für die Flächen über 500 müNN angenommen, dass die Vegetationsperiode und damit der Zeitpunkt der ersten Nutzung durchschnittlich zwei Wochen später beginnt und zudem zwei Wochen früher endet als für Flächen unter 500 müNN.

2.2 Grünlandertrag

Tab. 4 stellt die für das Projekt SOKO Bio relevanten Verfahren für Sachsen mit Bruttoerträgen in dt FM dar (LfULG 2010). „Die Festlegung der Ertragsleistungen erfolgte auf der Grundlage agrarstatistischer Erhebungen (besondere Erntermittlung der letzten 8 Jahre; Kreismittel sächsischer Verwaltungsbezirke) sowie von Ertragsfeststellungen des Sächsischen Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (Durchschnittserträge für LÖ-, V- und D- Standorte, Versuchsauswertungen).“ (LfULG 2010, S. 7).

Tab. 4: Für das Projekt SOKO Bio relevante Grünlandverfahren für Sachsen mit Bruttoerträgen in dt FM (verändert nach LfULG 2010)

Verfahren	Nutzung	Bruttoertrag [dt FM]	
		von	bis
Wiese			
3-Schnitt	Anwelksilage	350	450
	Anwelksilage/Heu (1. Schnitt AWS (40% des Ertrags), 2.+3. Schnitt Heu) (Referenz)	325	450
2-Schnitt	Anwelksilage/Heu (halbes N-Düngeniveau) (1. Schnitt AWS (40% des Ertrags), 2. Schnitt Heu)	225	325
Weide			
Vollweide	Weide	360	500
	Weide (halbes N-Düngeniveau)	250	360
Mähweide	Mähweide (1. Schnitt AWS (30% des Ertrags), Restnutzung Weidefutter)	350	485
	Mähweide (halbes N-Düngeniveau) (1. Schnitt AWS (35% des Ertrags), Restnutzung Weidefutter)	240	350

Die Erträge pro Verfahren sind in vier Ertragsniveaus (sehr hoch, hoch, mittel, niedrig) unterteilt. Die Ertragsniveaus sind dabei in den Agrarstrukturgebieten (ASG) unterschiedlich vertreten. Es liegt aber keine räumlich explizite Zuteilung vor. Für die Software ist es aber wichtig, eine differenzierte räumliche Darstellung vornehmen zu können. Für eine weitere Differenzierung der Ertragsniveaus und Zuordnung zu räumlichen Parametern werden Grünlandzahlen zu Hilfe genommen. Für Sachsen liegt eine Bodenschätzung als Mittelwert pro Gemeinde mit Bezugsjahr 1976 für Gesamtsachsen mit Bodenwertzahlen digital vor. Daraus lassen sich sowohl Grünlandzahlen als auch Ackerzahlen entnehmen. Für Schleswig-Holstein stehen ebenfalls digitale Daten mit durchschnittlichen Grünlandzahlen zur Verfügung, die sich auf die als Grünland geschätzten Flächen jeweils einer gesamten Gemeinde beziehen. Diese kann in der Datenbank durch mehrere, räumlich getrennte Polygone vertreten sein. Es gibt kein festes Bezugsjahr für diese durchschnittlichen Grünlandzahlen. Zugrunde gelegt wurden die jeweils aktuellen Grablochbeschriebe, die sehr verschieden sein können. Sie können 70 Jahre alt sein oder auch aus dem letzten Jahr stammen (email Dirk Elsner, 19.1.10). In Tab. 5 findet sich ein Vorschlag für eine Zuordnung von Ertragsniveaus zu Grünlandzahlen sowie daraus abgeleitet die Zuordnung von Frischmasseerträgen pro Grünlandzahl.

Im Folgenden werden zunächst die Referenz-Trockenmasseerträge berechnet (Kapitel 2.2.1 und 2.2.2), bevor die Entwicklung von Trockenmasseerträgen im Jahresverlauf vorgestellt wird. Auf dieser Grundlage lassen sich die Auswirkungen von Mahdzeitpunktverschiebungen auf den Trockenmasseertrag angeben (Kapitel 2.2.3). Wie einleitend erwähnt, wird bei einer Verschiebung von Mahdzeitpunkten auch die Qualität des Grünlandes beeinflusst. Dies wird in Kapitel 2.2.4 erläutert und die Auswirkungen auf die Erträge dargestellt. Eine Zusammenführung der Quantitäts- und Qualitätsverluste erfolgt in Kapitel 2.2.5. Der resultierende Nettoenergieverlust insgesamt bei einer Mahdzeitpunktverschiebung wird abschließend über den Zukauf von Kraftfutter bewertet (vgl. Kapitel 2.2.9). Damit liegt der erste Teil der Kosten zur Berechnung der Kompensationszahlungen vor (vgl. Tab. 2).

Tab. 5: Vorschlag für eine Zuordnung von Erträgen zu Grünlandzahlen

Ertragsniveau	Grünlandzahl	Ø Ertrag dt FM/ha					
		Wiese		Weide		Mähweide	
		3-Schnitt	2-Schnitt	Int.	Ext.	Int.	Ext.
niedrig	< 35	325	225	360	250	350	240
mittel	35-44	350	250	390	275	375	265
hoch	45-54	400	300	450	310	430	295
sehr hoch	> 54	450	325	500	360	485	350
Einteilung pro Grünlandzahl		Abstufung in 5 dt FM/ha Schritten		Berechnung notwendig, da keine einheitliche Abstufung			
			
	31	310	210				
	32	315	215				
	33	320	220				
	34	325	225	360	250	350	240
	35	330	230		255	355	245
	36	335	235		260	360	250
	37	340	240		265	365	255
	38	345	245		270	370	260
	39	350	250	390	275	375	265
	40	355	255				
	41	360	260				
	42	365	265				
	43	370	270				
			

Exkurs: Grünlandzahlen und Bewirtschaftungsintensität nach Agrarstrukturgebieten (ASG)

Bei dem Vergleich der ASG und ihren zugewiesenen Erträgen nach Planungsrichtwerten mit den Grünlandzahlen fallen kleine Unstimmigkeiten auf, d.h. nach den Grünlandzahlen wären entgegen der Angaben zu den ASG z.B. die höchsten Grünlanderträge in den ASG Löß und Hügelland zu erwarten. Deswegen sowie zur Korrelation der Grünlandzahlen mit Ertragsintensitäten wurde Rücksprache mit dem LfULG gehalten: Die Daten der Planungsrichtwerte beziehen sich grundsätzlich auf wirtschaftlich genutztes Grünland. Erfahrungen und Untersuchungen zeigen, dass gerade bei Grünland die Grünlandzahl nicht der maßgebliche Einflussfaktor auf den Ertrag ist, sondern das Intensivierungsniveau (Düngung, Pflanzenschutzmittel, Umbruch und Neuansaat bzw. Nachsaat, Wasser). Auch der Betriebseinfluss – verfügbare Grundfutterfläche – d.h. Mangel oder Überschuss an Grünland beeinflussen die Grünlandverfahren. Deshalb stehen in der Datenbank zugeordnete Intensitätsstufen anstelle rein standortbezogener Verfahren. Zusammengefasst sind fachlich die „Intensitätsstufen“ zutreffender hinsichtlich der Erträge und nicht jeder Standort wird nach den tatsächlichen Ertragsmöglichkeiten bewirtschaftet. Allerdings gibt es keine flächendeckenden und belastbaren Daten über die Verteilung der Intensitätsstufen auf dem Grünland in Sachsen. Insofern ist der Bezug auf die feststehende Grünlandzahl sicherer und wird angewandt.

2.2.1 Referenzwerte – Wiesen (Quantität, Qualität)

Für die Referenzsituation sowie die aus verfahrenstechnischer Sicht optimalen Mahdzeitpunkte bei Zweischnitt- und Einschnittwiesen werden Werte aus der Planungsrichtlinie Sachsen für die vier verschiedenen Ertragsniveaus in den fünf Agrarstrukturgebieten zugrunde gelegt. Zur Bewertung der Verfahren muss eine Umrechnung von Frischmasseerträgen zu Nettoenergieerträgen erfolgen. Für die Futterbauverfahren sind in der Datenbank u.a. der Bruttoertrag Frischmasse [dt/ha], der Nettoertrag Trockenmasse [dt/ha], und Nettonährstofftrag [MJ ME/ha] angegeben. In der Literatur werden in Bezug auf Milchkühe Nettoenergielaktationswerte (MJ NEL) angegeben², deshalb werden für das Projekt SOKO Bio die MJ ME-Angaben entsprechend in MJ NEL umgerechnet, um die Ertragsverluste anzugeben³. Tab. 6 gibt ein Beispiel für eine Umrechnung ausgehend von der geernteten Frischmasse in dt/ha für eine 3-Schnittnutzung. Am Ende steht der Nettoenergieertrag für das Verfahren. Tab. 7 gibt einen Überblick über die Erträge aller Varianten (Umrechnung von Frischmasse zu Nettoenergieertrag, nach Planungsrichtwerte Sachsen).

Tab. 6: Beispiel zur Berechnung des Nettoenergieertrags aus dem Frischmasseertrag in Anlehnung an Planungsrichtwerte Sachsen für eine 3-Schnittnutzung mit 1x Anwelksilage (AWS), 2x Heu

	Bezeichnung	Wert	Einheit	Rechnung
	Anzahl Schnitte (1x AWS, 2x Heu)	3		vorgegeben
	1. Nutzung = 40% des Gesamtertrages			vorgegeben
(1)	Bruttoertrag Frischmasse AWS (40%)	180	dt/ha	0,4*(3)
(2)	Bruttoertrag Frischmasse Heu (60%)	270	dt/ha	0,6*(3)
(3)	Bruttoertrag Frischmasse gesamt	450	dt/ha	vorgegeben
(4)	TS-Gehalt zur Ernte	20	%	vorgegeben
(5)	Bruttoertrag Trockenmasse AWS	36	dt/ha	(1)*(4)/100
(6)	Bruttoertrag Trockenmasse Heu	54	dt/ha	(2)*(4)/100
	Bruttoertrag Trockenmasse gesamt	90	dt/ha	Summe(5)(6)
(7)	TS-Verluste AWS	15	%	vorgegeben
(8)	Nettoertrag Trockenmasse AWS	31	dt/ha	(5)*[100-(7)]/100
(9)	TS-Verluste Heu	20	%	vorgegeben
(10)	Nettoertrag Trockenmasse Heu	43	dt/ha	(6)*[100-(9)]/100
(11)	Nettoertrag Trockenmasse gesamt	74	dt/ha	Summe(8)(10)
(12)	Nettoenergiekonzentration MJ ME je dt TS AWS	1070	MJ ME/dt	vorgegeben
(13)	Nettoenergiekonzentration MJ ME je dt TS Heu	910	MJ ME/dt	vorgegeben
(14)	Nettoenergiekonzentration MJ ME im Mittel je dt TS (40/60)	974*	MJ ME/dt	(12)*0,4+(13)*0,6
	Nettonährstofftrag MJ ME gesamt	72076*	MJ ME/ha	(11)*(14)
(15)	Umrechnung mit 0,61 MJ ME= 1 MJ NEL**			(14)*0,61
	Nettoenergieertrag MJ NEL gesamt	43966	MJ NEL/ha	(11)*(15)

* nach eigenen Nachrechnungen, in der Tabelle für Sachsen werden 977 MJ ME/dt bzw. 72300 MJ ME/dt angegeben

** MJ NEL = $0,6 \cdot [1 \cdot 0,004 (q-57)]$ MJ ME, wobei q (Umsetzbarkeit) = $ME/GE \cdot 100$, GE = Bruttoenergie = Gesamtenergie eines Futtermittels, wird bei vollständiger Verbrennung als Wärme frei

² NEL steht für Netto-Energie-Laktation und ist ein Maß für die Energiedichte im Futter bezogen auf die Milchleistung. Gemessen wird in der Energieeinheit Megajoule (MJ) pro kg Trockenmasse (TS). Bei Mast- und Aufzuchtsrindern wird die umsetzbare Energie (ME) herangezogen.]

³ Nach mündlicher Rücksprache mit Frau Münnich vom LfULG (April 2010) stellt dies für die Anwendbarkeit der Software in Sachsen kein Problem dar, da entsprechende Umrechnungen vorgenommen werden können. In den Planungsrichtwerten wird ein fester Umrechnungsfaktor von 1,65 für Futterenergie verwendet. (MJ ME/1,65= MJ NEL) (schriftl. Mitteilung LfULG 2010).

Tab. 7: Erträge bei 3- und 2-Schnittnutzung (Werte in Klammern: halbes N-Düngeniveau), Zahlen aus Planungsrichtwerte Sachsen

Bruttoertrag Frischmasse dt FM/ha			
325 (225)	350 (250)	400 (300)	450 (325)
Vorkommen in ASG			
Heide, Hügel	Heide, Hügel, Löß, Vorland, Gebirge	Hügel, Löß, Vorland, Gebirge	Löß, Vorland
3-Schnittnutzung*			
Nettoertrag Trockenmasse dt TS/ha			
1 AWS/2 Heu 53	1 AWS/2 Heu 58	1 AWS/2 Heu 65	1 AWS/2 Heu 74
Nettoenergiekonzentration MJ ME im Mittel je dt TS: 974 MJ ME/dt**			
Nettonährstoffenergieertrag MJ ME, MJ ME/ha			
51662	56492	63310	72076
Nettoenergieertrag MJ NEL/ha [näherungsweise: 0,61 MJ ME=MJ NEL] ¹			
31489	34460	38619	43966
2-Schnittnutzung mit halbem N-Düngeniveau*			
Nettoertrag Trockenmasse dt TS/ha			
1 AWS/1 Heu 37	1 AWS/1 Heu 41	1 AWS/1 Heu 49	1 AWS/1 Heu 53
Nettoenergiekonzentration MJ ME im Mittel je dt TS: 974 MJ ME/dt**			
Nettonährstoffenergieertrag MJ ME, MJ ME/ha			
36038	39934	47726	51622
Nettoenergieertrag MJ NEL/ha [näherungsweise: 0,61 MJ ME=MJ NEL]			
21983	24360	29113	31489

* Das Verhältnis von Silage zu Heuertrag beträgt 2/3, d.h. dass mit der 1. Nutzung ca. 40% des Gesamtertrages erwirtschaftet werden. ** Eigene Berechnung nach Tabelle 6

2.2.2 Referenzwerte – Weiden (Quantität, Qualität)

Für die Referenzsituation der Weide und Mähweide werden ebenfalls die Werte aus der Planungsrichtlinie Sachsen für die vier verschiedenen Ertragsniveaus in den fünf Agrarstrukturgebieten zugrunde gelegt. Zur Bewertung der Verfahren erfolgt eine Umrechnung von Frischmasseerträgen zu Nettoenergieerträgen (vgl. Kapitel 2.2.1). Tab. 8 gibt ein Beispiel für eine Umrechnung ausgehend von dem Bruttoertrag Frischmasse in dt/ha für eine Weide, Tab. 9 für eine Mähweide. Am Ende steht der Nettoenergieertrag für das Verfahren. Tab. 10 gibt einen Überblick über die Erträge aller Varianten.

Tab. 8: Beispiel zur Berechnung des Nettoenergieertrags aus dem Frischmasseertrag in Anlehnung an Planungsrichtwerte Sachsen für eine Weide mit 360 dt FM (vgl. Tab. 10)

Bezeichnung	Wert	Einheit	Rechnung
(1) Bruttoertrag Frischmasse	360	dt/ha	vorgegeben
(2) TS-Gehalt zur Ernte Weidefutter	18	%	vorgegeben
(3) Bruttoertrag Trockenmasse	65	dt/ha	(1)*(2)/100
(4) TS-Verluste Weidefutter	20	%	vorgegeben
(5) Nettoertrag Trockenmasse	52	dt/ha	(3)*[100-(4)]/100
(6) Nettoenergiekonzentration MJ ME je dt TS Weidefutter	990	MJ ME/dt	vorgegeben
(7) Umrechnung mit 0,61 MJ ME= 1 MJ NEL	604	MJ NEL/dt	(6)*0,61
Nettoenergieertrag MJ NEL gesamt	31408	MJ NEL/ha	(5)*(7)

Tab. 9: Beispiel zur Berechnung des Nettoenergieertrags aus dem Frischmasseertrag in Anlehnung an Planungsrichtwerte Sachsen für eine Mähweide mit 350 dt FM (vgl. Tab. 10)

Bezeichnung	Wert	Einheit	Rechnung
Anzahl Schnitte AWS	1		
(1) Bruttoertrag Frischmasse AWS (1/3)*	105		1/3*(3)
(2) Bruttoertrag Frischmasse Weidefutter (2/3)*	245		2/3*(3)
(3) Bruttoertrag Frischmasse gesamt	350	dt/ha	vorgegeben
(4) TS-Gehalt zur Ernte AWS	20	%	vorgegeben
(5) Bruttoertrag Trockenmasse AWS	21	dt/ha	(1)*(4)/100
(6) TS-Gehalt zur Ernte Weidefutter	18	%	vorgegeben
(7) Bruttoertrag Trockenmasse Weidefutter	44	dt/ha	(2)*(6)/100
Bruttoertrag Trockenmasse gesamt	65		Summe(5)(7)
(8) TS-Verluste Weidefutter AWS	15	%	vorgegeben
(9) Nettoertrag Trockenmasse AWS	18	dt/ha	(5)*[100-(8)]/100
(10) TS-Verluste Weidefutter	20	%	vorgegeben
(11) Nettoertrag Trockenmasse Weidefutter	35	dt/ha	(7)*[100-(10)]/100
(12) Nettoertrag Trockenmasse gesamt	53		Summe(9)(11)
(13) Nettoenergiekonzentration MJ ME je dt TS AWS	1010	MJ ME/dt	vorgegeben
(14) Nettoenergiekonzentration MJ ME je dt TS Weidefutter	1040	MJ ME/dt	vorgegeben
(15) Nettoenergiekonzentration MJ ME je dt TS im Mittel (1/3 und 2/3)	1030	MJ ME/dt	(13)*1/3+(14)*2/3
(16) Umrechnung mit 0,61 MJ ME= 1 MJ NEL	628	MJ NEL/dt	(15)*0,61
Nettoenergieertrag MJ NEL gesamt	33284	MJ NEL/ha	(12)*(16)

* Die Anteile Silage und Weideertrag am Gesamtertrag betragen ca. 33 und 67%.

In den Planungsrichtwerten von Sachsen ist dem Grünlandverfahren Weide kein spezielles Beweidungsverfahren unterstellt. Die Aufwendungen für ein bestimmtes Weideverfahren (Standweide, Umtriebsweide, etc.) sind dem Weidetier anzulasten. Es werden zwei reine Weideverfahren angezeigt: eine Beweidung mit einem Tierbesatz von 2,5 GV/ha und eine Beweidung mit halbem Düngenniveau mit einem Tierbesatz von 1,5 GV/ha (vgl. Tab. 10, Tierbesatz = Besatzstärke). Bei letzterem sind sowohl der Grünlandertrag als auch die variablen Kosten geringer als bei der Referenzsituation. Die variablen Kosten sinken hauptsächlich aufgrund eingesparter N-Düngelkosten und geringfügig durch die mit der reduzierten Düngung eingesparten variablen Maschinenkosten.

Exkurs: Begriffe und Definitionen bei der Beweidung (KTBL 2005, Oppermann & Luick 2002)

Besatzstärke [dt/ha]: Gewicht aller Weidetiere [dt] bezogen auf die gesamte Weidefläche [ha] und Weideperiode

Da sich die Besatzstärke auf die Weideperiode bezieht, die je nach Standort einen anderen zeitlichen Rahmen hat, schwankt auch die Einwirkungszeit der Tiere auf eine bestimmte Fläche. Außerdem sind Schwankungen im Viehbesatz innerhalb eines Jahres u.a. durch Geburten, Zu- und Verkauf möglich.

Besatzdichte [dt/ha]: Gewicht aller Weidetiere [dt] oder Anzahl GV (=500 kg Masse) bezogen auf die zugewiesene Weidefläche [ha]

Besatzdichte bezeichnet die tatsächliche Zahl an Weidetieren, die sich zu einem bestimmten Zeitpunkt auf der Fläche (bezogen auf einen ha) befindet. Daher kann eine hohe Besatzdichte über einen kurzen Zeitraum durchaus eine sehr geringe Besatzstärke bedeuten. Nach Oppermann & Luick (2002) sind das wichtigste Kriterium eines extensiven und auf nachhaltige Nutzung ausgerichteten Weidesystems daher Besatzdichten, die sich an den Witterungsverhältnissen und den jahreszeitabhängigen Aufwuchsbedingungen orientieren.

Fresszeit [Tage]: Dauer der Beweidung je Koppel

Besatzleistung [dt/ha]: Besatzdichte multipliziert mit der Fresszeit (Zahl der Fresstage)

Tab. 10: Erträge bei Weide und Mähweide (Werte in Klammern: halbes N-Düngeniveau), Agrarstrukturgebiet Löß nur mit Mähweide, alle anderen ASG jeweils beide Nutzungsformen, Zahlen aus Planungsrichtwerte Sachsen

Bruttoertrag Frischmasse dt FM/ha: Weide/Mähweide*			
360 (250)/350 (240)	390 (275)/375 (265)	450 (310)/430 (295)	500 (360)/485 (350)
Heide, Hügel	Heide, Hügel, [Löß], Vorland, Gebirge	Hügel, [Löß], Vorland, Gebirge	[Löß], Vorland
Weide: Tierbesatz 2,5 (1,5) GV/ha			
Nettoertrag Trockenmasse dt TS/ha			
52 (36)	56 (40)	65 (45)	72 (52)
Nettoenergiekonzentration MJ ME im Mittel je dt TS: 990 MJ ME/dt			
Nettonährstoff ertrag MJ ME, MJ ME/ha			
51480 (35640)	55440 (39600)	64350 (44550)	71280 (51480)
Nettoenergieertrag MJ NEL/ha [näherungsweise: 0,61 MJ ME=MJ NEL]			
31403 (21740)	
Mähweide: Tierbesatz 2,5 (1,5) GV/ha			
Nettoertrag Trockenmasse dt TS/ha*			
1 AWS/Weide 53 (36)	1 AWS/Weide 58 (41)	1 AWS/Weide 65 (45)	1 AWS/Weide 74 (53)
Nettoenergiekonzentration MJ ME im Mittel je dt TS, 1010/1040 MJ ME/dt			
Nettonährstoff ertrag MJ ME, MJ ME/ha			
54580 (37020)	59720 (42190)	66940 (46260)	76210 (54520)
Nettoenergieertrag MJ NEL/ha [näherungsweise: 0,61 MJ ME=MJ NEL]			

*Die Anteile Silage und Weideertrag am Gesamtertrag betragen ca. 33 und 67%.

2.2.3 Masseertrag im Grünland im Jahresverlauf

2.2.3.1 Tägliche Zuwachsrate der Trockenmasse im Jahresgang

Die tägliche TS-Produktion hat im Jahresverlauf zwei Höhepunkte (vgl. Opitz von Boberfeld 1994, Abb. 51, Kurve 4). Mit dem Beginn der Vegetationsperiode (exogen ausgelöst durch die Wärmeverhältnisse) findet als erstes ein Massenwuchs statt, der je nach Lage des Standortes von Mai bis Juni sein Maximum hat. Dieser Höhepunkt der täglichen Zuwachsraten wird nach Opitz von Boberfeld (1994) maßgeblich durch den Schoßeffect der Gräser endogen bestimmt; das Verhältnis von Obergräsern zu Untergräsern zu Kräutern, der Termin der ersten Nutzung und die Höhe der N-Düngung seien für das Maximum ausschlaggebend. Diesem Maximum folgt in Abhängigkeit vom Standort gewöhnlich eine Sommerdepression, daran schließt sich ein erneuter Anstieg der täglichen Zuwachsraten mit zweitem Maximum an. Dieses wird nachhaltig durch die geographische Lage geprägt, je südlicher der Standort, desto markanter ist der zweite Gipfel. Im Anschluss an das zweite Maximum, das vorrangig exogen (=Niederschläge, Wärme) ausgelöst wird, nehmen die Zuwachsraten strahlungsbedingt bis zum Ende der Vegetationszeit kontinuierlich ab (Opitz von Boberfeld, 1994). Nach Voigtländer & Jacob (1987) wird der Tiefstpunkt des Wachstumsabschwunges in Zentraleuropa in der Regel zwischen Ende Juni und Mitte Juli erreicht. Die Ursachen der Sommerdepression sind nicht gänzlich geklärt. Nach Nitsche & Nitsche (1994, S. 95) nimmt mit dem Beginn der Gräserblüte die tägliche Zuwachsraten ab, gleichzeitig sinken Nährstoffgehalt, Schmackhaftigkeit, Verdaulichkeit und die Eignung zur Konservierung (als Heu oder Silage).

Den Wachstumsverlauf zwischen zwei Nutzungen beschreiben Voigtländer & Jacob (1987, S. 293) wie folgt: „Ähnlich der Jahreszuwachskurve nimmt die Regeneration nach der Nutzung einen ebenfalls dreiphasigen Verlauf: Vorbereitungsstadium, Stadium starken Zuwachses, Rückgang des Zuwachses.“ Bei Dahmen (1990 S. 57, S. 77) finden sich Beispiele für die Entwicklung von Trockensubstanzerträgen bei unterschiedlichen Nutzungen (2- und 4-Schnitt).

2.2.3.2 Absoluter Trockenmasse-Ertrag im Jahresgang

Im Frühjahr beginnt das Massenwachstum der Gräser und Kräuter und erreicht in Abhängigkeit von Höhenlage und Temperaturverhältnissen von Juni bis Mitte August (im zweiten Jahr) seinen Höhepunkt (Opitz von Boberfeld 1994, S. 258). Der absolute TS-Ertrag ist demnach eine zunächst stetig zunehmende Funktion mit Höhepunkt im Juni bzw. Mitte August und danach fallenden Werten zum Ende der Vegetationsperiode hin (vgl. Abb. 1).

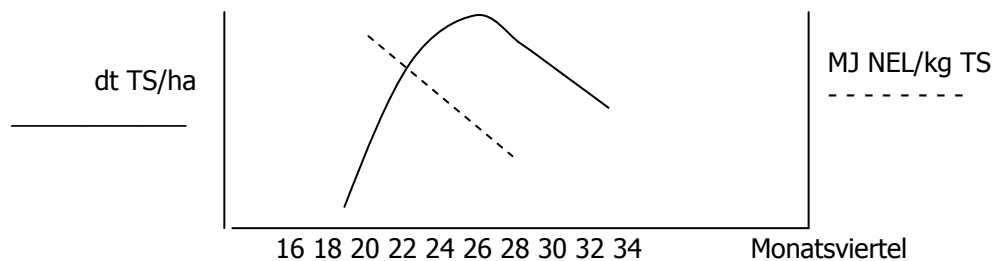


Abb. 1: Jahresgang des absoluten Trockenmasseertrags im Grünland und des Energiegehaltes pro kg erntbarer TS in Abhängigkeit vom Schnittzeitpunkt, schematisch bezogen auf den 1. Aufwuchs

Geerntet werden sollte, wenn Energiedichte und Verdaulichkeit des Grünlandes besonders hoch sind, der Rohfasergehalt aber noch niedrig ist. (Dies entspricht nicht dem Zeitpunkt mit größter Masse.) Nach Mährlein (1993b, S. 237) wird seitens der Wirtschaftsberatung seit langem als Termin für den ersten Schnitt in durchschnittlichen Jahren die zweite Maihälfte empfohlen. Grasbestände weisen dann einen Rohfasergehalt von 22-25% auf. Ein späterer erster Schnitt erzielt zwar einen höheren Trockenmasseertrag aber die Qualität des Futters geht stark zurück (Reduktion der Energiekonzentration und des Rohproteingehaltes, Rohfaseranstieg mit Abnahme der Verdaulichkeit). Ein fixer Schnittzeitpunkt für einen Standort ist aufgrund unterschiedlicher Witterungsbedingungen von Jahr zu Jahr bedingt geeignet. Gleiches gilt für die Folgeaufwüchse.

2.2.3.3 Berechnung im Modell für unterschiedliche Mahdzeitpunkte

Für die Modellierung wird das Jahr in Monatsviertel eingeteilt. Ein Viertel entspricht 7,5 Tagen und es wird vereinfachend angenommen, dass jeder Monat 30 Tage hat. Folglich gibt es insgesamt 48 Monatsviertel in einem Jahr. Für eine Mahdzeitpunktverschiebung werden im Modell folgende Annahmen getroffen (vgl. Tab.11): Es wird eine fortlaufende Verschiebung des 1. Schnitts um jeweils ein Monatsviertel betrachtet. Für den zweiten Schnitt werden folgende Abstände zum ersten Schnitt berechnet 0, 4, 6, 8 oder 10 Monatsviertel nach dem 1. Schnitt. Tab. 11 stellt beispielhaft die möglichen Kombinationen dar. Die Mahdregime 19-4 und 19-6 stellen die durchschnittliche konventionelle 2-Schnitt-Nutzung dar.

Um Grünlandtrockenmasseerträge zu unterschiedlichen Zeitpunkten im Jahresverlauf abbilden zu können, sind **Ertragsfunktionen** denkbar. Zum Beispiel ermittelte Bergmann (2004, S. 13) nach Daten von Dahmen (1990 S. 123, 128) folgende Ertragsfunktionen für den Standort Marienheide für den ersten Schnitt mit $Y = \text{Ertrag in dt TS/ha}$ und mit $x = \text{Tage}$:

$$y=2,305+0,643*x \text{ bzw. } y=0,691*x$$

Durchschnittliche Ertragsfunktionen für verschiedene Grünlandtypen sind allerdings schwer zu ermitteln. Außerdem müsste eine zweite Ertragsfunktion für die Zeit nach dem 1. Schnitt entwickelt werden. Insbesondere müssen Kenntnisse zu Pflanzenbestand, Standort und Nutzungsweise vorliegen. Da dieses Vorgehen nicht praktikabel erscheint, soll deshalb der Trockenmasse-Ertrag im Jahresgang wie folgt dargestellt werden:

Tab. 11: Beispielhafte Darstellung möglicher Kombinationen bei der Mahdzeitpunktverschiebung in Monatsvierteln (7,5 Tage), S: 1. Schnitt – Silage, H: 2. Schnitt – Heu, alternativ werden verschiedene Abstände zum ersten Schnitt berücksichtigt 4 (H₄), 6 (H₆), 8 (H₈) und 10 (H₁₀) Monatsviertel

Mahdkombinationen	Monatsviertel (20 = 22.5., 25 = 1.7., 30 = 8.8, 35 = 15.9.)																
	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
1.	S				H ₄		H ₆		H ₈		H ₁₀						
2.		S				H ₄		H ₆		H ₈		H ₁₀					
3.			S				H ₄		H ₆		H ₈		H ₁₀				
4.				S				H ₄		H ₆		H ₈		H ₁₀			
5.					S				H ₄		H ₆		H ₈		H ₁₀		
6.						S				H ₄		H ₆		H ₈		H ₁₀	
7.							S				H ₄		H ₆		H ₈		H ₁₀
8.								S				H ₄		H ₆		H ₈	

Beachtet werden muss, dass sich für die Flächen über 500 mÜNN die Vegetationsperiode verkürzt (vgl. Kapitel 2.1, Exkurs). Damit beginnt der früheste Mahdtermin zwei Monatsviertel später (Monatsviertel 22), der späteste Mahdtermin endet dagegen zwei Monatsviertel früher.

Ausgehend von den durchschnittlichen Trockenmasseerträgen der Grünlandtypen werden die durchschnittlichen Auswirkungen der Veränderung der Schnittzeitpunkte als **TS-Verluste in Prozent vom Ausgangszustand** angegeben (qualitative Berechnung). Beispiele hierfür finden sich z.B. in Mährlein (1993b, S. 206). Nach vier Versuchsjahren wurde ein Rückgang der Trockenmasseerträge für die mit der Zielsetzung „Schutz der Wiesenbrüter“ geltenden Auflagen (1. Schnitt ab 1.7. bzw. 15.7., 50 kg zum 2. Schnitt) von ca. 25% (83,4 bzw. 84,8 dt/ha gegenüber 112,6 dt/ha bei 3-Schnitt und 200 kg N) verzeichnet. Nach Bergmann (2004, S. 21) fand Treptow 1998 als durchschnittliche TS-Verluste bei einer Veränderung des Schnittzeitpunktes und reduzierter Düngung bis 60 kg N/ha in Bezug auf die Referenzsituation (erster konventioneller Silageschnitt 20.-25.5. 0%): 15.6. 20%, 1.7. 15% 10.7. 15%.

Allerdings wird in Studien oftmals eine andere Ausgangssituation zugrunde gelegt, als es in dem SOKO Bio-Projekt der Fall ist. Bei SOKO Bio wird zunächst nur die reine Mahdzeitpunktverschiebung für bestehende 2-Schnitt-Verfahren dargestellt. Das bedeutet, dass der Trockenmasseertrag mit späterem Schnitt zunächst ansteigt (vgl. Jahresgang des Ertrages). In Anlehnung an die Untersuchungen von Dahmen (1990, vgl. Abb. 26, 27, 41, 42) werden mögliche Ertragsänderungen in % für die vier Ertragsniveaus zunächst je Monatsviertel abgeleitet (Tab. 12). Dabei findet ein Trockenmasseertragsanstieg bis zum Höhepunkt des Ertrages im Sommer (Annahme: durchschnittlich Mitte Juli = 27 Monatsviertel) für den 1. Schnitt statt. Für den 2. Schnitt wird angenommen, dass der Abstand zum 1. Schnitt in der Referenzsituation bei 6 Wochen liegt. Wird früher geschnitten, ist weniger Trockenmasse vorhanden, bei einem späteren 2. Schnitt ist mit einem leichten Zuwachs zu rechnen. Unter der Berücksichtigung, dass mit dem 1. Schnitt 40% und dem 2. Schnitt 60% des Gesamtertrages erzielt werden, lässt sich eine Änderung des Gesamtertrages insgesamt angeben (vgl. Tab. 12). Da die Entwicklung stark von den Standortbedingungen und der Bewirtschaftung im Detail abhängt, sind die Angaben als Näherung zu verstehen. Für die räumliche Differenzierung sind entsprechend Tab. 5 den Ertragsniveaus Grünlandzahlen zugeordnet.

Tab. 12: Ertragsänderung einer 2-Schnittnutzung in % für die vier Ertragsniveaus in Sachsen bei einer Verschiebung des Mahdzeitpunktes. Da es hier um den Vergleich der Erträge ohne und mit Mahdzeitpunktverschiebung geht, die Nutzung aber ansonsten identisch ist, kommt es in der Regel zu einer Erhöhung des geernteten Gesamttrockenmasseertrages. Zugrunde gelegt wird der TS-Ertrag der optimalen 2-Schnitt-Nutzung in Monatsviertel 19.

Rechnung	Grünlandzahl nach Tab. 5*	Trockenmasseertragsänderung in % für die vier Ertragsniveaus mit ihren zugeteilten Grünlandzahlen			
		54	49	39	34
	Monatsviertel	Sehr hoch	hoch	mittel	niedrig
(1)		1. Schnitt (40% Anteil am Gesamtertrag): Faktor 0,4			
(2) vorgegeben	19*	0	0	0	0
gerade Monatsviertel berechnen nach: [(2)+(3)]/2	20				
(3) vorgegeben	21	20	15	15	10
(4) vorgegeben	23	30	25	20	20
(5) vorgegeben	25	40	35	30	25
vorgegeben	27	50	45	40	30
vorgegeben	29	40	35	30	25
vorgegeben	31	25	20	20	20
vorgegeben	33	0	0	0	0
(6)		2. Schnitt in Abhängigkeit vom 1. (60% Anteil am Gesamtertrag): 0,6			
(7) vorgegeben	4	-8	-6	-6	-4
(8) vorgegeben	6	0	0	0	0
(9) vorgegeben	8	5	4	4	2
(10) vorgegeben	10	8	6	6	4
Berechnet wird:		Änderung gesamt (1. + 2. Schnitt)			
(2)*(1)+(7)*(6)	19	4	-5	-4	-2
(2)*(1)+(8)*(6)		6	0	0	0
(2)*(1)+(9)*(6)		8	3	2	1
(2)*(1)+(10)*(6)		10	5	4	2
Die Berechnungen für gerade Monatsviertel sind entsprechend zu ergänzen					
(3)*(1)+(7)*(6)	21	4	3	2	2
(3)*(1)+(8)*(6)		6	8	6	4
(3)*(1)+(9)*(6)		8	11	8	5
(3)*(1)+(10)*(6)		10	13	10	6
...	23	4	7	6	6
		6	12	10	8
		8	15	12	9
		10	17	14	10

* Entsprechend Tab. 5 lassen sich die Ertragsniveaus Grünlandzahlen zuordnen. Diese Einteilung wird am Anfang vorgenommen. Sie lässt sich wenn notwendig ändern und anpassen. Die Werte für die Grünlandzahlen zwischen den schon vorgegebenen lassen sich durch Interpolation ermitteln.

2.2.4 Ertrag-Qualität im Jahresverlauf

2.2.4.1 Energieertrag im Jahresgang

Futterwerte von Grünlandbeständen können sehr unterschiedlich ausfallen, z.B. haben artenreiche Wiesen zum Teil mittlere bis gute Futterwerte von 5,0-6,0 MJ NEL, z.T. aber auch niedrige Werte von nur 4,3-5,0 MJ NEL. Energiegehalte von über 6,0 MJ NEL/kg TS sind nur von intensiv genutzten Wiesen zu erreichen wie artenarme Wiesen mit frühem Schnittzeitpunkt (Anfang-Mitte Mai) (Elsässer & Oppermann 2003, vgl. Tab. 13). Zur Umstellung artenarmer zu artenreichen Beständen durch Extensivierung schreibt Knauer (1992), dass vor 50 Jahren für extensive Wiesen der alte Bauernspruch galt „späte Mahd gibt Haufen, stolz, doch

merke Dir, Du erntest Holz“. Artenarme, mastige, gräserbetonte Wiesen können zu einem Nutzungszeitpunkt Ende Mai (in Hochlagen Mitte Juni) schon überständig sein und daher niedrige Futterwerte haben. Hingegen können artenreiche in der Regel weniger wuchsstarke Wiesen zu diesem Nutzungszeitpunkt noch einen optimalen kräuterreichen und eiweißreichen Aufwuchs haben, was sich dementsprechend auch in einem höheren Futterwert ausdrückt (Elsässer & Oppermann 2003). Allerdings sind auch geringe Futterwerte möglich, z.B. wenn die Wiesen sehr mager sind.

Grund für eine mögliche mittlere bis gute Futterqualität bei artenreichen Wiesen ist ihre Nutzungselastizität, d.h. die Futterqualität sinkt beim Altern der Bestände deutlich weniger schnell ab als bei artenarmen, grasdominierten Beständen (vgl. Abb. 2). Bei Elsässer & Oppermann (2003) ergaben Untersuchungen, dass der Futterwert artenarmer Wiesen innerhalb von 2 ½ Wochen um durchschnittlich 0,6 MJ NEL abnahm, während er von artenreichen Wiesen nur um 0,3 MJ NEL abgenommen hat.

MJ NEL/kg TS

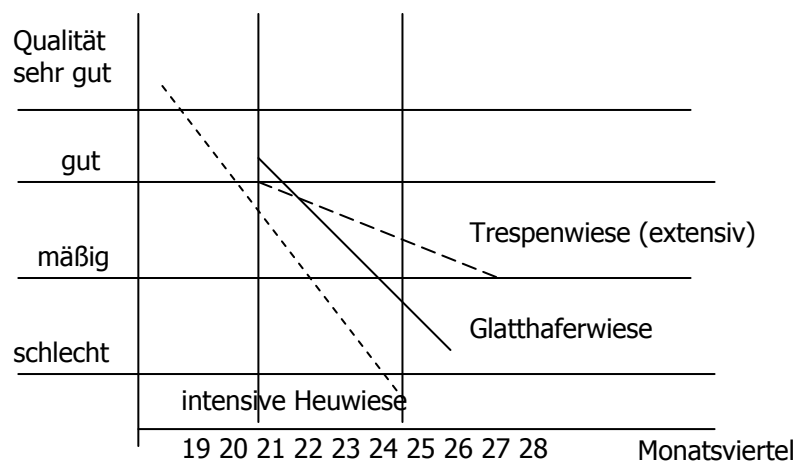


Abb. 2: Abnahme der Heuqualität verschiedener Wiesentypen mit zunehmender Alterung (Wiese auf 800-900 m ü M). Bei dieser Abbildung ist eine sehr starke Abnahme der Qualität von Extensivwiesen zu sehen; dies ist nicht so, wenn die Bestände richtig geführt und genutzt werden. Entnommen Koch et al. (2003, S. 96 Abb. 32)

Nach Koch et al. (2003, S. 96) können somit artenreiche Wiesen vier bis sechs Wochen später geschnitten werden als intensiv bewirtschaftete Wiesen, ohne dass das Gras „überständig“ wird. „Die sehr artenreichen einschürigen Wiesen können ohne wesentliche Qualitätseinbuße Ende Juni oder in höheren Lagen sogar erst im Juli oder August geschnitten werden“ (S. 96). Bei günstigem Schnittzeitpunkt und geringen Konservierungsverlusten weist Futter von artenreichen trockenen Glatthafer-Wiesen über 5 MJ NEL/kg TS auf. Die Folgeaufwüchse unterscheiden sich bis auf einen geringeren Ertragsanteil kaum von denen artenarmen Graslandes. „Die geernteten Futtermengen artenreicher Wiesen sind mit 40-60 dt TS/ha in der Regel um 20-50% niedriger als die von intensiv genutzten artenarmen Wiesen (70-100 dt TS/ha)“ (Koch et al. 2003, S. 96). Untersuchungen zur Futterqualität extensiver Grünlandaufwüchse von Weber (2005) ergaben ebenfalls, dass auch artenreiche, Mitte Juni erstmals genutzte Pflanzengesellschaften beachtliche Energiegehalte aufweisen können, die einen partiellen Einsatz in der Milchviehfütterung erlauben.

Tab. 13: Futterwerte (Energieerträge) verschiedener Grünlandaufwüchse und Grünlandnutzungen an verschiedenen Schnittzeitpunkten in MJ NEL/kg TS nach DLG (1997). Der Zeitpunkt von Ähren- und Rispenstieben kann je nach Standort sehr unterschiedlich sein, vgl. z.B. <http://naturbegleiter.org/graeserprojekt/beginn.php>.

MJ NEL/kg TS Nutzungsart	1. Aufwuchs				2. Aufwuchs		
	Beginn Ähren/Rispenstieben	Volles Ähren/Rispenstieben	Beginn Blüte	Mitte bis Ende der Blüte	< 4 Wochen	4-6 Wochen	7-9 Wochen
Grünfütter							
GL, ≥ 4 Nutzungen, grasreich (untergrasbetont)	6,99	6,58	6,3		6,3	6,09	5,92
GL, 2-3 Nutzungen, grasreich (obergrasbetont)	6,9	6,27	5,88	5,5	6,12	5,95	5,74
GL, 2-3 Nutzungen, klee- und kräuterreich	7,03	6,5	6,18	5,71	6,87	6,25	5,97
	Ende Juni/ Anfang Juli	Mitte/Ende Juli	August	September			> 7 Wochen
GL, 1-2 Nutzungen, späte 1. Nutzung, grasreich	5,48	4,92	-	4,02			4,76
GL, 1-2 Nutzungen, späte 1., klee- und kräuterreich	4,53						
Silage							
GL, ≥ 4 Nutzungen, grasreich (untergrasbetont)	6,58	5,92	5,97		5,93	5,76	5,4
GL, 2-3 Nutzungen, grasreich (obergrasbetont)	6,69	5,89	5,76	5,38	5,98	5,68	5,46
GL, 2-3 Nutzungen, klee- und kräuterreich	6,51	6,41	5,84	5,66	6,28	5,82	5,34
	Ende Juni/ Anfang Juli	Mitte/Ende Juli	August	September			> 7 Wochen
GL, 1-2 Nutzungen, späte 1. Nutzung, grasreich							3,55
GL, 1-2 Nutzungen, späte 1., klee- und kräuterreich	4,35		3,77	2,5			4,81
Heu							
GL, ≥ 4 Nutzungen, grasreich (untergrasbetont)		6,05	5,73	5,07	6,12	5,52	5,14
GL, 2-3 Nutzungen, grasreich (obergrasbetont)		5,32	4,93	4,55	5,71	5,28	4,76
GL, 2-3 Nutzungen, klee- und kräuterreich		5,54	5,31	4,96	5,67	5,28	4,66
	Ende Juni/ Anfang Juli	Mitte/Ende Juli	August	September			> 7 Wochen
GL, 1-2 Nutzungen, späte 1. Nutzung, grasreich	4,85	4,7	4,22				
GL, 1-2 Nutzungen, späte 1., klee- und kräuterreich	5,14	5,07	4,44				5,38

Mährlein (1993b) hat die Konsequenzen von Spätschnittnutzungen für die Ernährung von Wiederkäuern zusammengefasst (S. 237ff). Zentrales Problem der Futterbaubetriebe ist nach dem Autor die zeitlich eng begrenzte Übergangsphase eines Grünlandbestandes vom vegetativen zum generativen Wachstum. Dabei komme es darauf an, das günstigste Verhältnis von Trockenmasseertrag und Nährwert zu bestimmen, d.h. dass nicht die Masse des produzierten Futters von vorrangiger Bedeutung ist, sondern dessen Qualität. Erfolgt der erste Schnitt später als Mitte/Ende Mai, nehmen Verdaulichkeit und – damit eng korreliert – die Energiekonzentration des Aufwuchses rasch ab. Da das Aufnahmevermögen der Milchkuh an Futter be-

grenzt ist und Wiederkäuer zudem einen Mindestanteil an strukturiertem Futter – Rohfutter benötigen, ist der Kraftfutteranteil als Ausgleich an der Ration begrenzt (Mährlein 1993b).

Nach Steinhöfel (2002) wuchsen die Pflanzen in der Hauptvegetationszeit der Grasaufwüchse in Sachsen täglich etwa 3 cm in die Höhe und bewirkten einen Ertragszuwachs von 15 dt Frischmasse bzw. 3-5 dt TS/ha. Der Gehalt an Energie sank täglich um 0,1 MJ NEL. „Da der Masseertrag deutlich schneller zunimmt, als der Futterwert sich verschlechtert, steigt der Energieertrag kontinuierlich an und kommt erst mit der Todreife der Pflanze zum Erliegen. Wer den höchsten Energieertrag will, muss bis Mitte Juli mit dem ersten Schnitt warten („Ertragssicht“). Dann erntet er viel Futter und Futterenergie, kann aber die Milchquote nur mit vielen Kühen mit geringem Leistungsniveau erfüllen bzw. die Grassilage durch ein besseres Grundfuttermittel aus der Ration verdrängen.“

2.2.4.2 Berechnung im Modell für unterschiedliche Mahdzeitpunkte

Um Grünlandenergieerträge zu unterschiedlichen Zeitpunkten im Jahresverlauf abbilden zu können, muss die Ausgangssituation bestimmt werden. Für den Referenzzustand kann angenommen werden, dass die **erste Nutzung** zur Silagegewinnung am 15. Mai erfolgt und in Sachsen nach den Planungsrichtwerten eine Energiekonzentration von 6,53 MJ NEL/kg TS in der Silage erzielt wird. Zum Zeitpunkt der zweiten Nutzung nach 4-6 Wochen können 5,55 MJ NEL/kg TS beim Heu erzielt werden. Eine Verzögerung des Schnittzeitpunktes hat wie oben dargelegt einen negativen Einfluss auf den Energiegehalt des Futters.

Da keine detaillierten Informationen vorliegen, ob z.B. ein Grünlandaufwuchs grasreich oder klee- und kräuterreich ist, können die Berechnungen nur eine durchschnittliche Annäherung an die tatsächlichen Werte darstellen. Wie bei der Berechnung der durchschnittlichen Trockenmasseerträgen der verschiedenen Grünlandtypen (Kapitel 2.2.3.3) sollen die Energieertragsverluste durch eine Veränderung der Schnittzeitpunkte qualitativ über einen Energieverlust in Prozent vom Ausgangszustand berechnet werden. Diese Berechnung folgt Mährlein (1993a, **Ableitung der durchschnittlichen Energieertragsverluste (qualitativ)** aus den Massenertragsverlusten). Aus in den Versuchen des Autors ermittelten durchschnittlichen Energieertragsverlusten gehen dabei auch deutlich die Ertragsschwankungen um den Mittelwert hervor, die auf den verschiedenen natürlichen Ertragspotentialen beruhen. Mährlein (1993a) definierte deshalb die Ertragsverluste außer für ein mittleres zusätzlich für ein hohes und ein niedriges natürliches Ertragspotential. Ferner legte er im Abstand von jeweils 10 000 MJ NEL/ha fünf Stufen der Nutzungsintensität in der Bewirtschaftung ohne Auflagen fest (Ertragskategorien I bis V). Daraus ergibt sich ein Schema mit fünf Ertragsniveaus mit je drei natürlichen Ertragsniveaus zur Ermittlung der relativen Energieertragsverluste. Bei Mährlein sowie bei Treptow steigen die Verluste an Energieertrag pro ha nicht mehr mit einer Verlegung des Schnittzeitpunktes vom 1. auf den 10 Juli an.

In Anlehnung an Mährlein finden sich in Tab. 14 die standardisierten relativen Ertragsminderungen in Prozent in Abhängigkeit vom Schnittzeitpunkt für die 4 Ertragsniveaus. Für den **zweiten Schnitt** werden vier alternative Zeitpunkte berücksichtigt (4, 6, 8 oder 10 Monatsviertel nach der ersten Mahd, vgl. Kapitel 2.2.3.3). Für den zweiten Schnitt ist nach DLG (1997) davon auszugehen, dass im Zeitraum nach ca. 6 Wochen der optimale Zeitpunkt für eine zweite Schnittnutzung liegt, da hier die Kombination aus Trockensubstanzertrag und Energiekonzentration ihr Maximum erreicht. Das heißt, es würden in Abhängigkeit vom Zeitraum der ersten Schnittnutzung keine Energieertragsverluste des zweiten Aufwuchses auftreten. Bergmann (2004) geht für eine 2. Nutzung nach einem Zeitraum von 8 Wochen von einem Energieverlust in Höhe von 10% aus, d.h. von ca. 3,5% Verlust auf den Gesamtenergieertrag/ha, bei 4 Wochen von einem erhöhten Energiegehalt pro kg und gleichzeitig geringeren Erträgen in dt/ha: 2-5% und damit Verlusten in Höhe von 0,7-1,75%.

Ausgangslage für das Projekt SOKO Bio ist, wie oben geschildert, die extensive 2-Schnittnutzung mit halbem Düngenniveau nach Planungsrichtwerten für Sachsen. Bei der Umrechnung

der Masseerträge in Energieerträge wird nicht zwischen den verschiedenen Ertragsniveaus unterschieden (vgl. Tab. 10). Der Referenzenergiefaktor entspricht 594,1 MJ NEL/dt (bei einer Umrechnung von 0,61 MJ ME=1 MJ NEL). Dabei wurden für Silage 1070 MJ ME je dt TS AWS (=652,7 MJ NEL/dt) und für Heu 910 MJ ME je dt TS Heu (555,1 MJ NEL/dt) zugrunde gelegt (durchschnittlich bei einer Verteilung von Silage und Heuertrag von 40/60 an Gesamtertrag).

Für die Energieertragsminderung im Jahresverlauf wird Tab. 13 zu Hilfe genommen. Die Werte von Silage beim 1. Schnitt bei einer 2-Schnittnutzung starten mit ca. 6,51 MJ NEL/kg TS und fallen nach DLG (1997) für Heu im 2. Schnitt bis auf einen Wert von 2,5 MJ NEL/kg TS im September. Dies entspricht einer relativen Minderung um 62%. Dass ertragschwächere Standorte etwas artenreicher sind und dadurch möglicherweise weniger schnell an Qualität verlieren, wird nur für den 2. Schnitt berücksichtigt (vgl. Tab. 13, Heu).

Tab. 14: Standardisierte relative Qualitätsminderung einer 2-Schnittnutzung bei einer Verschiebung des Mahdzeitpunktes in Prozent in Abhängigkeit vom Schnittzeitpunkt, für vier Ertragsniveaus (in Anlehnung an Mährlein 1993a, S. 39)

Rechnung	Grünlandzahl nach Tab. 5*	Qualitätsminderung in % für die vier Ertragsniveaus mit ihren zugeteilten Grünlandzahlen			
		54	49	39	34
	Monatsviertel	Sehr hoch	hoch	mittel	niedrig
Ausgangswert	Silage 1070 MJ ME je dt TS AWS (=652,7 MJ NEL/dt)				
(1)	1. Schnitt (40% Anteil am Gesamtertrag): Faktor 0,4				
(2) vorgegeben	19	0	0	0	0
gerade Monatsviertel berechnen nach: [(2)+(3)]/2	20				
(3) vorgegeben	21	13	13	13	13
(4) vorgegeben	23	23	23	23	23
(5) vorgegeben	25	33	33	33	33
vorgegeben	27	38	38	38	38
vorgegeben	29	42	42	42	42
vorgegeben	31	52	52	52	52
vorgegeben	33	62	62	54	54
(6)	2. Schnitt in Abhängigkeit vom 1. (60% Anteil am Gesamtertrag) = 0,6				
(7) vorgegeben	4	0	0	0	0
(8) vorgegeben	6	0	0	0	0
(9) vorgegeben	8	16	12	8	3
(10) vorgegeben	10	16	12	8	3
Ausgangswert	Heu 910 MJ ME je dt TS Heu (555,1 MJ NEL/dt)				
Berechnet wird:	Änderung gesamt (1. + 2. Schnitt)				
(2)*(1)+(7)*(6)	19	4	0	0	0
(2)*(1)+(8)*(6)		6	0	0	0
(2)*(1)+(9)*(6)		8	10	7	2
(2)*(1)+(10)*(6)		10	10	7	2
Die Berechnungen für gerade Monatsviertel sind entsprechend zu ergänzen					
(3)*(1)+(7)*(6)	21	4	5	5	5
(3)*(1)+(8)*(6)		6	5	5	5
(3)*(1)+(9)*(6)		8	15	13	7
(3)*(1)+(10)*(6)		10	15	13	7
...	23	4	5	5	5

* Entsprechend Tab. 5 lassen sich die Ertragsniveaus Grünlandzahlen zuordnen. Diese Einteilung wird am Anfang vorgenommen. Sie lässt sich wenn notwendig ändern und anpassen. Die Werte für die Grünlandzahlen zwischen den schon vorgegebenen lassen sich durch Interpolation ermitteln.

Exkurs: Alternative Berechnung

Alternativ könnten aus Vereinfachungsgründen linear abnehmende Energieerträge unterstellt werden, wie z.B. ein Rückgang bei einem späterer Schnitt des Energieertrages pro Monatsviertel um ca. 0,2-0,28 MJ NEL/kg TS (vgl. Bergmann 2004). Die Funktion würde entsprechend $y=6,53-0,26x$ mit y Energieertrag und x als abweichend späterer Erntetermin mit einfacher Zählung pro Monatsviertel ($x=1$ für 1 Monatsviertel später) lauten. Für extensiv genutzte Wiesen könnte davon ausgegangen werden, dass der Energieverlust geringer ausfällt und ggf. 0,15-0,18 MJ NEL/kg TS für ein Monatsviertel beträgt.

2.2.5 Energieertragsverlust bei verändertem Mahdzeitpunkt insgesamt

Abb. 3 veranschaulicht die Berechnung des Energieverlustes bei Bewirtschaftungsänderungen einer Wiese. Es können verschiedene Produktionsverfahren mit optimalen Mahdzeitpunkten durchgeführt werden (3-, 2- oder 1-Schnittnutzung), wobei die 3-Schnittnutzung als Referenzzustand festgelegt wurde. Eine Mahdzeitpunktverschiebung bei einer 2- oder 1-Schnittnutzung hat wie dargelegt Auswirkungen auf Quantität und Qualität. Die entstehenden verminderten Energieerträge lassen sich mit dem Energieertrag der Referenzsituation vergleichen. Im Folgenden wird für die unterschiedlichen Produktionsverfahren dieser Differenzbetrag berechnet.

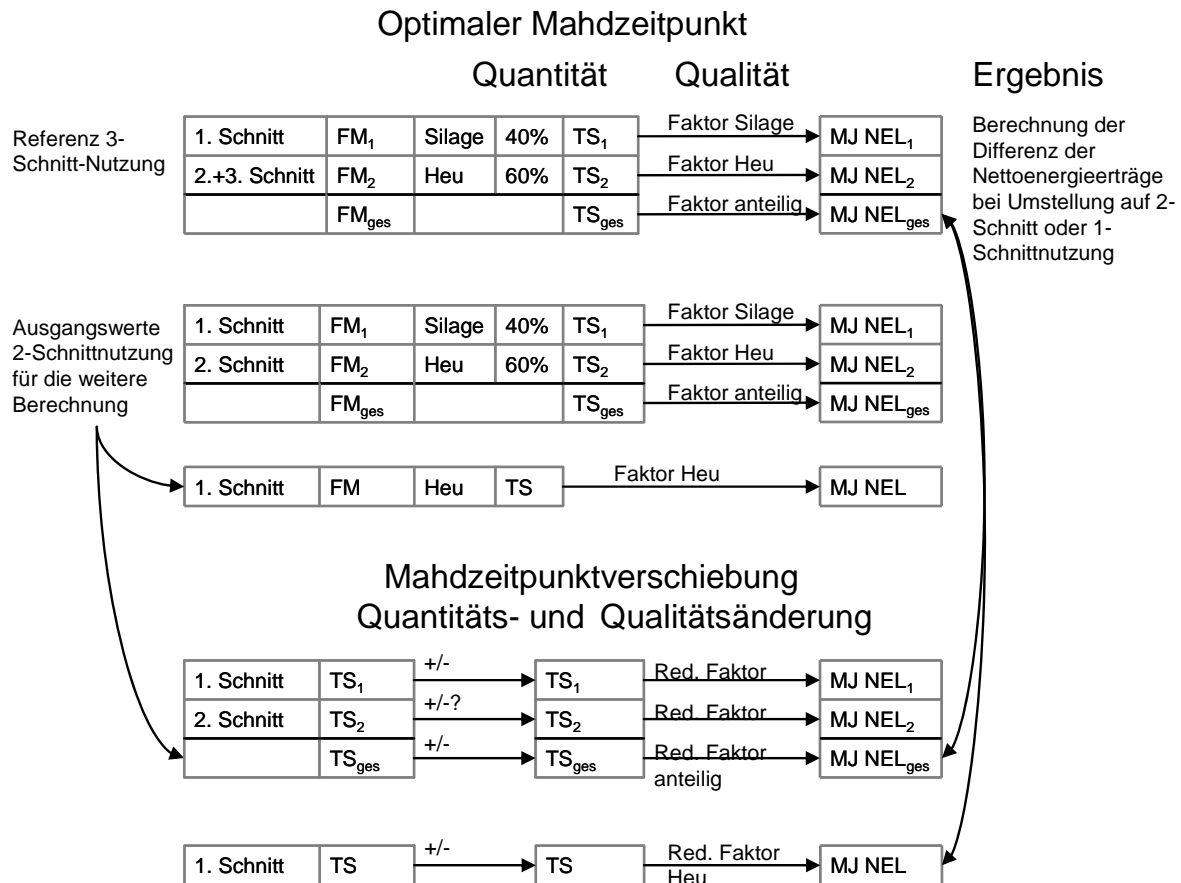


Abb. 3: Veranschaulichung der Berechnung der Energieertragsverluste durch eine geänderte Bewirtschaftung bei einer Nutzung als Wiese

2-Schnittnutzung mit halbem Düngenniveau

Um die Auswirkungen einer 2-Schnittnutzung mit unterschiedlichen Mahdterminen insgesamt zu erhalten, werden die relativen Quantitätsänderungen und Qualitätsreduktionen (Tab. 12 und 14) zusammengeführt, d.h. die veränderten absoluten Trockensubstanzerträge (berechnet aus den Referenzerträgen einer „optimalen“ 2-Schnittnutzung Tab. 10 mit den Ertragsänderungen aus Tab. 12) werden mit den entsprechenden Qualitäten (Tab. 14) multipliziert und

ergeben so die absoluten Gesamtenergieerträge in MJ NEL/ha. Diese lassen sich nun mit den Energieerträgen in der Referenzsituation vergleichen (vgl. Abb. 2) und ergeben so den Energieverlust durch die veränderte Bewirtschaftung.

Beispielrechnung: Ertrag 2-Schnittnutzung 37 dt TS/ha (Tab. 5) * 1,02 (2 % Trocken-substanz-Ertragserhöhung bei der Mahdkombination 21-4 aus Tab. 10) = 37,74 dt TS/ha

Veränderter Ertrag 37,74 dt TS/ha * (0,95*594 MJ NEL/dt) (Qualitätsverlust bei der Mahdkombination 21-4 aus Tab. 12) = 21300 MJ NEL/ha als resultierender Energieertrag.

Dieser Energieertrag lässt sich nun mit dem Energieertrag der 3-Schnittnutzung (vgl. Tab. 10) vergleichen: 31.500 MJ NEL/ha – 21.300 MJ NEL/ha = 10.200 MJ NEL/ha Verlust an Energieertrag durch die Umstellung von 3-Schnittnutzung auf 2-Schnittnutzung bei der Mahdkombination 21-4. Dies entspricht einem Energieertragsverlust von ca. 33%.

2-Schnittnutzung ohne Düngung

Bei den bisher dargestellten 2-Schnittnutzungsveränderungen ist eine reduzierte Düngung zulässig. Wird Düngung verboten, gibt es nur noch wenige Anhaltspunkte für die Änderung der Energieerträge. In SMUL (2007) werden für Sachsen folgende Angaben gemacht (Tab. 15):

Tab. 15: Verminderung der Energieerträge (gemittelt) gegenüber konventioneller Nutzung bei Wiesennutzung ohne Düngung sowie PSM-Einsatz in % in Sachsen (SMUL 2007)

Wiese mit Verzicht auf Düngung sowie PSM-Einsatz	
Beschreibung	Minderung Energieertrag (gemittelt) gegenüber konventioneller Nutzung
erste Nutzung ab 15.06.	ca. 54%
erste Nutzung ab 15.07.	ca. 60%
Aushagerung - Düngungsverzicht N	ca. 48%
lange Nutzungsphase (10.06. - 15.09.) – Düngungsverz. N	ca. 56%

Aus diesen Energieertragsverlusten in % gegenüber einer konventionellen Nutzung lassen sich die absoluten Energieerträge einer Nutzung ohne Düngung für die vier Ertragsniveaus berechnen (vgl. Tab. 16). Außerdem lassen sich aus den Nutzungsbeschreibungen die entsprechenden Mahdregime ablesen. Für diese können die Energieerträge der 2-Schnittnutzung mit halbem Düngenniveau angegeben werden. Jetzt lassen sich die Erträge einer 2-Schnittnutzung mit halbem Düngenniveau mit denen einer Nutzung ohne Düngung vergleichen (vgl. Tab. 16 letzte Spalten).

Tab. 16: Ableitung der Verminderung der Energieerträge (gemittelt) gegenüber konventioneller Nutzung bei Wiesennutzung ohne Düngung sowie PSM-Einsatz in % in Sachsen (SMUL 2007) für unterschiedliche Mahdtermine und vier Ertragsniveaus. Berechnung der absoluten Energieerträge, Vergleich mit den Erträgen einer 2-Schnittnutzung mit halber Düngung

%	Minderung ungedüngter Ertrag gegenüber 3-Schnitt MJ NEL/ha				Monats- viertel	2-Schnitt mit Düngung MJ NEL/ha				ungedüngter Ertrag in %
	44000	38600	34500	31500						
56	24640	21616	19320	17640	22-10 (12)	30212	27915	23998	21715	82 77 81 81
54	23760	20844	18630	17010	23-6	31968	29027	23847	21520	74 72 78 79
60	26400	23160	20700	18900	27-6	32044	29131	23962	20879	82 80 86 91

Grob überschlagen lässt sich aus Tab. 16 letzte Spalte ableiten, dass ein **Düngungsverzicht** bei einer 2-Schnittnutzung zu einer **Ertragsverminderung von 20%** führt. Von einer genaueren Unterscheidung wird aufgrund der Datenlage abgesehen. Damit lassen sich für alle Mahdregime aus den Ergebnissen der 2-Schnittnutzung bei halbem Düngenniveau die Erträge einer 2-Schnittnutzung ohne Düngung berechnen.

1-Schnittnutzung mit halbem Düngeneiveau

Um die Nettoerträge einer 1-Schnittnutzung abbilden zu können, wird der Frischmasseertrag des 1. Schnittes der 2-Schnittnutzung zugrunde gelegt (vgl. Tab. 17). Da bei der 1-Schnittnutzung von einer Heuwerbung ausgegangen wird, werden entsprechend die Qualitäten nach DLG (1997) an Heu angepasst (vgl. Tab. 18 in Verbindung mit Tab. 13).

Tab. 17: Berechnung der Nettoerträge TS Heu in dt/ha für eine 1-Schnittnutzung zur Heugewinnung (vgl. Tab. 6)

Verfahren 1-Schnittwiese (halbes N-Düngeneiveau), 1x Heu Ertragsniveau	Sehr hoch	hoch	mittel	niedrig
Bruttoertrag FM in dt/ha	130	120	100	90
TS-Gehalt zur Ernte in %	20	20	20	20
Bruttoertrag TS in dt/ha	26	24	20	18
TS-Verluste Heu in %	20	20	20	20
Nettoertrag TS Heu in dt/ha	21	19	16	14

Tab. 18: Veränderung der Qualität in MJ NEL/kg TS bei einer 1-Schnittnutzung mit Heunutzung bei unterschiedlichen Mahdterminen (vgl. Tab. 13)

Qualität MJ NEL/kg TS, Heu	5,55	5,12	4,99	4,89	4,33	3,5
Monatsviertel	19	21	23, 25	27	29, 31	33

1-Schnittnutzung ohne Düngung

Wie bei der Berechnung der Energieerträge einer 2-Schnittnutzung ohne Düngung wird angenommen, dass sich der **Ertrag um 20% gegenüber der 1-Schnittnutzung mit halbem Düngeneiveau reduziert**.

Neben diesen direkten Verlusten an Futterenergie ist auch die qualitative Verschlechterung des gewonnenen Futters von großer Bedeutung für die Verwertbarkeit. Dieser Aspekt kann in der Studie aber nicht berücksichtigt werden, weil er (noch mehr) von der betriebsspezifischen Ausstattung und Bewirtschaftungsweise abhängt.

Mährlein (1993b, S. 260) gibt zu bedenken, dass das Abschleppen, Walzen und die Mahd vor einem bestimmten Termin zum Schutz der Wiesenbrüter fast immer gleichzeitig verboten werden und deshalb die Folgen ihres Verbotes aufzuaddieren sind. Die in der starken Futterverschmutzung zum Ausdruck kommenden Qualitätsverschlechterungen, zu denen die des Spätschnittes hinzuzurechnen sind, schließen den Einsatz von unter diesen Auflagen produziertem Winterfutter in der Milchviehfütterung aus. Diese Wirkungen können derzeit nicht in der Software abgebildet werden, weil hierzu flächen- und betriebsgenaue Kenntnisse vorhanden sein müssten.

2.2.6 Energieertragsverlust bei Mahdstreifen

Auf den Brachstreifen fällt der Ertrag bei einer 2-Schnittnutzung für die 1. Nutzung vollständig weg. Werden die Streifen erst bei der zweiten Nutzung gemäht, haben sie einen geringeren Energieertrag, da das Gras überständig ist. Die Flächengröße, die von diesem Ertragsverlust betroffen ist, beträgt näherungsweise nach den Annahmen des ökologischen Moduls 8% einer Fläche. Für diese wird zunächst ein vollständiger Ertragsverlust unterstellt. Zusätzlich können die variablen Kosten der Restfläche betroffen sein, wenn es z.B. für den Landwirt zeitaufwendiger ist, mit ungemähten Streifen zu mähen.

Exkurs: Mahd – von innen nach außen: Landwirtschaftliche Umsetzung

Mährlein (1993b, S. 160) weist darauf hin, dass dadurch, dass üblicherweise die Mahd von außen nach innen erfolgt, alle seitlich am Schlepper mitgeführten Mähgeräte rechtsseitig

montiert sind und die Arbeitsrichtung im Uhrzeigersinn verläuft. Soll von innen nach außen gemäht werden, ist die Mahd nur in einer Richtung möglich, was zu unvermeidbaren Leerfahrten führe. Verläuft die Arbeitsrichtung entgegen dem Uhrzeigersinn benötigen Mähgerät am Feldäußeren einen größeren Weg als der Schlepper. Beide Vorgänge erfolgen unter Beibehaltung der vollen Motordrehzahl und sind je nach dem technischen Stand des verwendeten Schleppers, mehr oder weniger verschleißträchtig. Erhöhter Zeitbedarf (ca. 10-20%). Bei Frontmähergeräten sind nur Reststreifen separat zu mähen.

2.2.7 Energieertragsverlust bei veränderter Beweidung

Um eine ökonomische Bewertung von Bewirtschaftungsänderungen in Bezug auf Beweidung durchzuführen, müssten im Vorfeld zahlreiche naturwissenschaftliche Fragen zu quantitativen und qualitativen Ertragsveränderungen unter Berücksichtigung verschiedener Standortverhältnisse und Betrachtungszeiträume geklärt werden (vgl. Mährlein 1997). Während Mahd mit ihren Auswirkungen sehr gut untersucht ist, besteht bei Beweidung ein sehr viel größerer Forschungsbedarf. So lassen sich bei der Beweidung auch nicht die gleichen Berechnungsschritte zur ökonomischen Bewertung der Ertragsänderungen durchführen wie bei der Mahd. Stattdessen besteht eine Möglichkeit in der Gegenüberstellung von bisheriger Netto-Weideleistung und der Verwertung durch den reduzierten Bestand (Mährlein 1993a, 1997, vgl. Box mit Beispielrechnung). Mährlein (1997, S. 280) konnte ableiten, dass eine Beschränkung der Besatzdichte auf 2 Tiere/ha im Frühjahr bis zum 20.6. Weideverluste von ca. 20-35% bedeutete; wurde die Besatzdichte ganzjährig auf 2 Tiere/ha reduziert, kommt es zu Verlusten von ca. 20-65%; bei einer ganzjährigen Beschränkung auf 1 Tier/ha steigt der Wert auf zwischen ca. 65-85%. Des Weiteren hat die Praxis nach dem Autor gezeigt, dass im Gegensatz zu gelegentlichen Äußerungen, dass durch eine gezielte Nutzung der Nachmahd die Verluste verringert werden können, die äußerst schlechte Qualität der nicht gefressenen und zudem durch Tritt und Kot verschmutzten Bestandesreste eine sinnvolle Verwertung und damit Werbung nur sehr selten rechtfertigt.

Exkurs: Beispielrechnung nach Mährlein (1993a)

Mährlein (1993a, S. 61) gibt eine **Beispielrechnung, wie Beweidungsauflagen ökonomisch bewertet werden können** und welche Größenordnungen die durch eine Begrenzung der Besatzdichte hervorgerufenen Verluste annehmen können (vgl. Tab. in Box):

Referenzsituation:

„Der Besatz wird dem natürlichen Ertragsverlauf der Weidefläche angepasst, d.h. es wird in der Hauptwachstumsphase von Mitte/Ende April bis Mitte Juni ein relativ hoher Besatz aufgetrieben, der in der Lage ist, den gesamten Aufwuchs möglichst verlustarm zu verwerten. Mit zurückgehender Aufwuchsleistung wird dann der Besatz reduziert.“

Referenz: bisherige Nutzung Färsenweide, Brutto-Trockensubstanzertrag 85 dt/ha, Nettoertrag 59,5 dt/ha (= 30% Weideverluste), Auftrieb 2./3. Aprilwoche

Auflage: bis 15./20.6. maximale Besatzdichte von 2 Tieren/ha sowie Bearbeitungsverbot

Bis zum 15./20.6 sind nach KTBL (1990) unter normalen Verhältnissen bereits ca. 45% der Jahres-Trockensubstanz-Weideleistung erbracht worden (für das Beispiel: 26,8 dt). Bei einer angenommenen Energieertragskonzentration des Weidegrases für den betreffenden Zeitraum von 6,5 MJ NEL/kg TS wird bis Mitte Juni ein Energieertrag von 17.420 MJ NEL/ha erzielt. Wird davon ausgegangen, dass bei einer Beweidung mit 1-2 ½ jährigen Färsen je Tier und Tag im Frühjahr durchschnittlich 39,8 MJ NEL aufgenommen werden (nach dem 15./20.6. noch 37,6 MJ NEL), bietet die Weide eine Leistung zur Aufnahme von ca. 7 Färsen. Ab Mitte Juni bleiben 32,7 dt/ha des Gesamtaufwuchses bei einer Energiekonzentration von durchschnittlich 6,0 MJ NEL/kg TS. Dies entspricht 19.620 MJ NEL/ha bzw. bei ca. 150 Tagen 130,8 MJ NEL/ha und Tag (= durchschnittlich 3,5 Färsen).

Unter der Auflage einer maximalen Besatzdichte von 2 Tieren/ha, können in der 9-wöchigen Beschränkungsphase nur 5015 MJ NEL/ha verwertet werden (= 28,8%). Dies bedeutet einen Verlust von 12.405 MJ NEL/ha (=71,2%) des Frühjahrsaufwuchses. Ist der Besatz ganzjährig auf 2 Weidetiere/ha beschränkt und ist zudem die Düngung vollständig untersagt, so fällt der Verlust wesentlich höher aus. Gegenüber der Beweidung ohne Auflagen entspricht der genutzte Ertrag einem Anteil von 44%. Mährlein (1993a, S. 96) weist explizit darauf hin, dass eine Ermittlung der Ertragsverluste mangels verfügbarer einschlägiger Untersuchungsergebnisse nicht empirisch abgesichert ist.

Tab.: Ermittlung der Ertragsminderung infolge einer Begrenzung der Besatzdichte auf maximal 1-3 Weidetiere/ha bis zum 15./20.6. (Angaben in MJ NEL/ha) nach Ertragsniveaus I-V

Bisheriger Nettoweideertrag ohne Auflagen	Weideertrag MJ NEL/ha				
	60000	50000	40000	30000	20000
Bis zum 15./20.6. verfügbarer Energieertrag (45%)	27000	22500	18000	13500	9000
Davon bei 3 Weidetieren verwertbar (63 Tage)	7522	7522	7522	7522	7522
Verlust bis zum 15./20.6.	19478	14978	10478	5978	1475
Davon bei 2 Weidetieren verwertbar (63 Tage)	5015	5015	5015	5015	5015
Verlust bis zum 15./20.6.	21985	17485	12985	8485	3985
Davon bei 1 Weidetier verwertbar (63 Tage)	2508	2508	2508	2508	2508
Verlust bis zum 15./20.6.	24492	19992	15492	10992	6492
Nach dem 15./20.6. verfügbarer Energieertrag (55%) (ohne Düngung)	33000	27500	22000	16500	11000
Davon bei 2 Weidetieren verwertbar (150 Tage)	11280	11280	11280	11280	11280
Verlust nach dem 15./20.6.	21720	16220	10720	5220	0
Gesamtverlust	43705	33705	23705	13705	3985
Davon bei 1 Weidetier verwertbar (150 Tage)	5640	5640	5640	5640	5640
Verlust nach dem 15./20.6.	27360	21860	16360	10860	5360
Gesamtverlust	51822	41852	31852	21852	11852

Berechnung der Energieertragsverluste bei einer Umstellung der saisonalen Standweide

Bei einer saisonalen Standweide werden die Referenzenergieerträge der Weidenutzung mit einer Besatzstärke von 2,5 GV/ha aus den Planungsrichtwerten von Sachsen zugrunde gelegt, die auf eine Weideperiode vom 1.4.-31.10. (= 214 Tage) bezogen werden. Ausgehend hiervon werden die Energieertragsverluste (nicht-genutzte Weideleistung) bei vorgeschriebenen Besatzdichten sowie einer Verschiebung des Weidebeginns in Anlehnung an Mährlein (1993a) über den Futterbedarf der aufgetriebenen Tiere berechnet (vgl. Abb. 4).

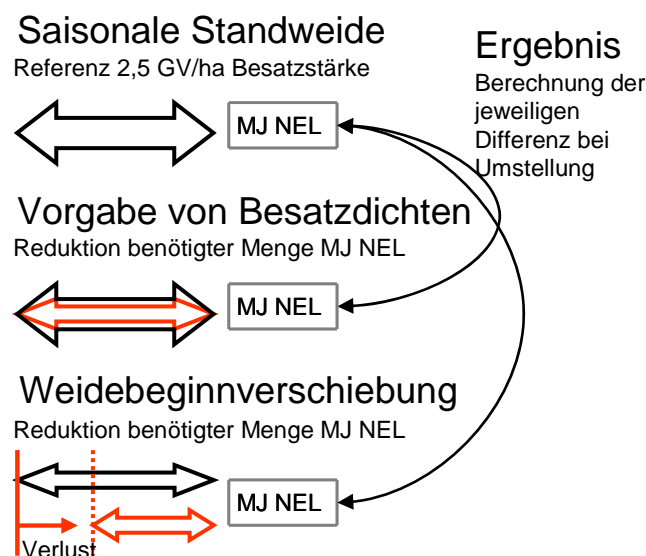


Abb. 4: Veranschaulichung der Berechnung der Energieertragsverluste durch eine geänderte Bewirtschaftung bei einer Nutzung als saisonale Standweide

Für die ökonomische Berechnung ist es wichtig, dass eine Umrechnung der Anzahl an Tieren in GV/ha und umgekehrt erfolgen kann. Dazu werden Angaben aus KTBL (2005) herangezogen (vgl. Tab. 19).

Tab. 19: Überblick über die betrachteten Besatzdichten innerhalb der (saisonalen) Standweide: Entsprechung von Beweidungsdichte in Tierzahlen, Faktoren zur Umrechnung von Großvieheinheiten (1 GV = 500 kg Tierlebensmasse) in Tierzahlen verändert nach KTBL 2005

Maßnahme	Milchkühe	Jungrinder	Schafe	Pferde	Ponys
	Mittlere Tierlebensmasse GV/Tier				
Besatzdichte [GV/ha]	Kühe + Rinder > 2 Jahre=1,2	im Ø=~0,5	über 1 Jahr=0,1	über 3 Jahre=1,1	0,7
	Tierzahl/ha				
0,5	0,4	1	5	0,5	0,7
1	0,8	2	10	0,9	1,4
1,5	1,3	3	15	1,4	2,1
2	1,7	4	20	1,8	2,9
2,5	2,1		25	2,3	3,6
3	2,5			2,7	4,3
3,5	2,9*			3,2	
4	3,3			3,6	
4,5	3,8*			4,1	
5	4,2				

*Schleswig-Holstein (MLUR 2007): max. 3 Tiere/ha bei Geest/Hügelland (<54 Grünlandzahl) gestrichelt umrandet, max. 4 Tiere bei Marschen (>54 Grünlandzahl) durchgezogen umrandet, Umrechnung 1 Tier = 1 Rind oder 1 Pferd oder 3 Mutterschafe (jeweils mit säugenden Jungtieren bei Fuß)
 Sachsen (SMUL 2007): Vorlage und Einhaltung eines jährlichen von der zuständigen Naturschutzbehörde bestätigten Weideplans (z.B. Tierart, Nutzungspause, Viehbesatz)
 nach Dokument „Mähstandweide“: intensive Nutzung Besatzstärke 2-4 GV/ha, extensive Nutzung < 2 GV/ha http://www.landwirtschaft.sachsen.de/landwirtschaft/download/Maehstandweide_NEU.pdf

Der Ansatz von Mährlein fordert, dass man eine tägliche Aufnahmerate für die jeweilige Viehart kennt (Tab. 20). Entsprechend der Beispielrechnung von Mährlein (s. Box) kann als tägliche Aufnahmerate für Färsen im Durchschnitt von maximal 40 MJ NEL ausgegangen werden (vgl. auch KTBL 2005, S. 642). Nach KTBL (2005, S. 636 f) ist der tägliche Erhaltungsbedarf an Energie bei Milchkühen 0,293 MJ NEL je kg LG^{0,75}, dies entspricht z.B. bei 650 kg LG 37,7 MJ NEL. Zusätzlich zu dem Erhaltungsbedarf ist bei Milchkühen noch der Leistungsbedarf anzusetzen [GfE (Gesellschaft Ernährungsphysiologie) 2001: Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Milchkühe und Aufzuchtrinder. DLG-Verlag, Frankfurt am Main]. In der Trockenperiode, 6.-4. Woche vor dem Kalben sind z.B. bei Milchkühen mit 650 kg LG 50 MJ NEL notwendig, ab der 3. Woche bis zum Kalben 56 MJ NEL, für Erhaltung + 10 kg Milch knapp 71 MJ NEL (Bedarf für 1 kg Milch 3,3 MJ NEL).

Tab. 20: Tierarten mit Angabe ihrer Lebensmasse, angegeben in Großvieheinheiten (1 GV = 500 kg Tierlebensmasse) sowie ihrer durchschnittlichen täglichen Aufnahmerate in MJ NEL umgerechnet nach KTBL 2005

Tierart	Mittlere Tierlebensmasse GV/Tier	Tägliche Aufnahmerate MJ NEL
Milchkühe über 2 Jahre	1,2	>40 (s. Text) 71 (10 kg Milch) 104 (20 kg Milch)
(Jung-)Rinder bis 2 Jahre	im Ø=~0,5	...
Schafe über 1 Jahr	0,1	40
Pferde über 3 Jahre*	1,1	10
Pferde bis 3 Jahre, Ponys*	0,7	100 MJ DE 65 MJ DE

*Bei Pferden wird mit verdaulicher Energie MJ DE (Digestible Energie) gerechnet.

Entsprechend der Tierart und der Anzahl der Tiere kann die Futterration und der verbrauchte Energieertrag für die Weidetage berechnet werden. Die Differenz zum Energieertrag der Referenzsituation stellt den Verlust dar, der durch die Maßnahmen (Festlegung Besatzdichte sowie Weidebeginn) entsteht.

Beispiele einer Nutzung mit Färsen:

- keine Begrenzung des Weidebeginns, aber eine Obergrenze der Beweidungsdichte je nach Produktivität des Standortes

möglicher Beweidungszeitraum 1.4.-31.10. = 214 Tage

Tägliche Aufnahme rate Färsen im Durchschnitt: 40 MJ NEL

Maximale Beweidungsdichte für ein sehr hohes Ertragsniveau: z.B. 4 Tiere/ha

Die Färsen benötigen $4 \text{ Tiere/ha} \cdot 40 \text{ MJ NEL} \cdot 214 \text{ Tage} = 34240 \text{ MJ NEL/ha}$ für den Beweidungszeitraum.

Pro ha stehen in der Referenzsituation 43480 MJ NEL zur Verfügung, dies entspricht einem Energieertragsverlust von $43480 - 34240 = 9240 \text{ MJ NEL}$, den es zu kompensieren gilt.

- Weidebeginn erst ab 15.6., Obergrenze der Beweidungsdichte je nach Produktivität des Standortes

möglicher Beweidungszeitraum 15.6.-31.10. = 139 Tage

Tägliche Aufnahme rate Färsen im Durchschnitt: 40 MJ NEL

Maximale Beweidungsdichte für ein sehr hohes Ertragsniveau: z.B. 4 Tiere/ha

Die Färsen benötigen $4 \text{ Tiere/ha} \cdot 40 \text{ MJ NEL} \cdot 139 \text{ Tage} = 22240 \text{ MJ NEL/ha}$ für den Beweidungszeitraum.

Pro ha stehen in der Referenzsituation 43480 MJ NEL zur Verfügung, dies entspricht einem Energieertragsverlust von $43480 - 22240 = 21240 \text{ MJ NEL}$, den es zu kompensieren gilt.

Berechnung der Energieertragsverluste bei einer Umstellung der Koppel-/Umtriebsweide sowie Hutung

Bei der Koppel-/Umtriebsweide sowie Hutung (Beweidung mit Schafen) wird angenommen, dass sie gleiche Auswirkungen wie die Mahd haben (vgl. Tab. 1), d.h. die Tiere werden für ein Monatsviertel auf die Fläche getrieben und weiden sie ab. Sollen die Tiere erst ab einem bestimmten Zeitpunkt auf der Fläche weiden, kommt es im Vergleich zu einem aus landwirtschaftlicher Sicht „optimalen“ Auftriebszeitpunkt wie bei einer Mahdzeitpunktverschiebung zu Quantitäts- und Qualitätsänderungen des Grünlands (vgl. Abb. 5).

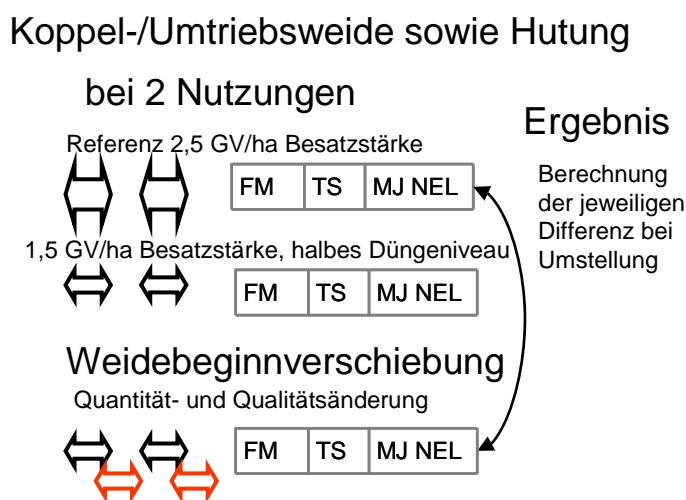


Abb. 5: Veranschaulichung der Berechnung der Energieertragsverluste durch eine geänderte Bewirtschaftung bei einer Nutzung als Umtriebs-/Koppelweide oder als Hutung

Es wird näherungsweise angenommen, dass die relativen Änderungen in Menge und Qualität mit denen bei der Mahd übereinstimmen (vgl. Kapitel 2.2.3.3 und 2.2.4.2). Es wird unterstellt,

dass der Landwirt die Anzahl der Tiere entsprechend der Futtermenge anpasst. Im Gegensatz zu der Nutzung als Wiese gibt es keine Angaben darüber, wie viel % des Grünlandertrags mit der 1. oder Folgenutzungen gewonnen werden. Daher wird zunächst davon ausgegangen, dass einzelnen Nutzungen jeweils 50% des Gesamtertrags entsprechen. Dieser Wert lässt sich in der Software ändern.

2.2.8 Energieertragsverlust bei veränderter Mähweide

Eine Mischform zwischen Wiese und Weide stellt die Nutzung als Mähweide dar. In der Regel findet im Frühjahr ein Schnitt statt und es wird Winterfutter als Anwelksilage gewonnen. Anschließend wird die Fläche beweidet (vgl. Tab. 1). Der Energieertrag setzt sich somit aus zwei unterschiedlichen Nutzungen zusammen (vgl. Abb. 6).

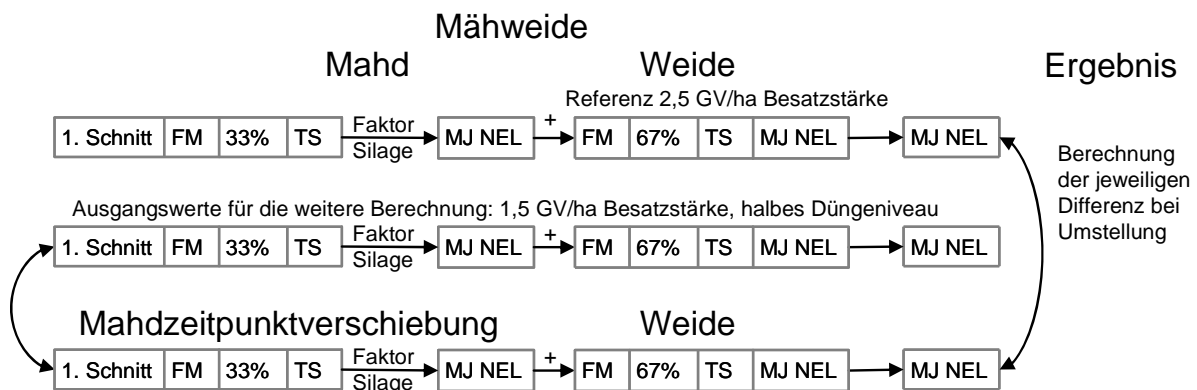


Abb. 6: Veranschaulichung der Berechnung der Energieertragsverluste durch eine geänderte Bewirtschaftung bei einer Nutzung als Mähweide

Als (Biodiversitätsschutz-)Maßnahme kann wieder eine Verschiebung des Mähzeitpunktes mit den entsprechenden Energieertragsverlusten durchgeführt werden (vgl. Kapitel 2.2.5). Es kann auf die Berechnungen zum 1. Schnitt bei der 2-Schnittnutzung zurückgegriffen werden. Dazu müssen die geernteten Frischmasseerträge entsprechend Planungsrichtwerte Sachsen angepasst werden. Weiterhin ist zu berücksichtigen, dass die Nettoenergiekonzentration mit 1010 MJ ME/dt TS AWS geringer ist als bei der reinen Wiesennutzung (1070 MJ ME/dt).

Anstelle eines 2. Schnittes wird bei der Mähweide die Fläche beweidet. Auch dabei spielt der Zeitpunkt eine Rolle und lässt sich mit dem Abstand zum 2. Schnitt vergleichen. Als Referenz wird auch hier ein Abstand 6 Wochen als bester Zeitpunkt nach dem 1. Schnitt angenommen. Die Berechnung für den Beweidungszeitraum kann analog der saisonalen Standweide durchgeführt werden.

2.2.9 Bewertung des Energieverlustes mit Zukauf von Kraftfutter

Die für die verschiedenen Nutzungsverfahren berechneten Energieertragsdifferenzen werden nun mit dem Preis für den Zukauf von Kraftfutter bewertet. **Durchschnittliche Kraftfutterkosten** betragen nach Planungsrichtwerte Sachsen **17 Euro/dt mit ca. 6,7 MJ NEL/kg TS Kraftfutter**. Dies entspricht ca. 0,03 €/MJ NEL Kraftfutter. (Zum Vergleich: Nach Mährlein (1993a, S. 108) betragen die Kosten je MJ NEL aus Kraftfutter zum damaligen Zeitpunkt 0,06 DM/MJ NEL und waren identisch mit denjenigen der teuersten Ersatzbeschaffungsmaßnahmen für Grundfutter. Dies rechtfertigt zusätzlich diese Herangehensweise.)

Beispielrechnung:

Eine veränderte Bewirtschaftung führt im Vergleich zu der Referenzsituation zu einem Verlust von 15.000 MJ NEL/ha. Um diesen Verlust auszugleichen sind 22,4 dt Kraftfutter zuzukaufen, was ca. 380 Euro entspricht.

2.3 Variable Kosten

Wie bereits erläutert, werden für Sachsen die ökonomischen Berechnungen eng an den derzeit bestehenden Berechnungen für die Agrarumweltmaßnahmen angelehnt (Planungs- und Bewertungsdaten im Internet in Verbindung mit LfULG (2010)). Dazu werden die Verfahrensschritte und Kostendaten für die Silage- und Heugewinnung den Planungsrichtwerten von Sachsen (vgl. <http://www.landwirtschaft.sachsen.de/landwirtschaft/254.htm/>, >konventionelle Wirtschaftsweise, >Produktionsrichtungen, >Futterbau, >Grünland-Futternutzung, >Wiese, >Verfahren anklicken, >Verfahren detailliert anzeigen, >berechnete Maschinenkosten) in die Datenbank der Software übernommen.

Für die Referenzsituation der Wiesennutzung werden dabei die Kostendaten der Verfahren der 3-Schnittnutzungen (1xAWS und 2xHeu) in den Agrarstrukturgebieten zugrunde gelegt. Als Ausgangspunkt für einen veränderten Schnittzeitpunkt wird die Referenzsituation der 2-Schnitt-Nutzung (halbes Düngenniveau) angenommen. Des Weiteren wird für die Verfahren ohne Düngung dieser Verfahrensschritt weggelassen. Bei der 1-Schnittnutzung wird sich an SMUL (2007) orientiert.

Auf dieser Grundlage lassen sich mit der Software neben den Energieertragsänderungen (s.o.) auch die veränderten variablen Kosten berechnen.

Im Folgenden werden die einzelnen Posten der variablen Kosten mit den entsprechenden Erläuterungen nach LfULG 2010 vorgestellt (vgl. Tab. 2). Generell ist für Sachsen folgendes zu beachten:

- Alle Preise sind ohne Mehrwertsteuer kalkuliert.
- Eine Verzinsung des Umlaufkapitals ist bei der Berechnung in Sachsen nicht berücksichtigt.
- Die Richtwerte für den Arbeitszeitbedarf sind progressiv kalkuliert.

Saatgut

Die Saatgutkosten berechnen sich über Saatstärke * Saatgutpreis = Saatgutkosten. Es wird eine Nutzungsdauer der Schnittwiese von fünf Jahren unterstellt, so dass die jährlich anzusetzenden Saatgutkosten noch einmal durch fünf geteilt werden: Saatgutkosten/5 (vgl. Beispiel Tab. 21).

Tab. 21: Beispiele für Saatgutkosten aus den Planungs- und Bewertungsdaten Sachsen

Nutzungsdauer 5 Jahre	2-Schnittwiese (halbes N-Düngenniveau) Hügel; 225 dt FM; 5 ha	3-Schnittwiese AWS/Heu Hügel; 325 dt FM; 5 ha
Saatstärke	15,00 kg/ha	21,00 kg/ha
Saatgutpreis	2,50 EUR/kg	2,50 EUR/kg
Saatgutkosten	7,50 EUR/ha	10,50 EUR/ha

Düngung

Für die Düngemittel sind die mehrjährigen Netto-Einkaufspreise in Sachsen zugrunde gelegt. In den Düngerpreisen sind die Kosten für Transport, Umschlag und Lagerung der Düngemittel enthalten. Die Gesamtdüngerkosten errechneten sich aus der Summe der Düngerkosten der jeweiligen eingesetzten Nährstoffe (vgl. Beispiel Tab. 22). Ertrag [dt/ha] * Entzug [kg/dt] = Düngeraufwand [kg/ha] * Preis [€/kg] = Düngerkosten [€/ha] des jeweiligen Nährstoffs.

Tab. 22: Beispiele für Düngungskosten aus den Planungs- und Bewertungsdaten Sachsen (Kosten N 0,8 €/kg, P₂O₅ 0,8 €/kg, K₂O 0,5 €/kg)

	Einheit	2-Schnittwiese (halbes N-Düngenniveau) 250 dt FM; 5 ha	3-Schnittwiese AWS/Heu 350 dt FM; 5 ha
Düngeraufwand			
Stickstoff	kg/ha	6,6	93,3
Phosphor	kg/ha	22,5	40,2
Kalium	kg/ha	43	100,4
Düngungskosten	EUR/ha	44,78	157

Bei den Grünlandverfahren 2-Schnittnutzung (halbes N-Düngeniveau) ist eine N-Düngung unterstellt, die nur 50% des tatsächlichen N-Entzugs ausgleicht. Berücksichtigt wird u.a. eine N- Lieferung durch Leguminosen von 2 kg N je % Leguminosenanteil. Bei einer 2-Schnittnutzung (halbes N-Düngeniveau) wird von einem Leguminosenanteil von 10% ausgegangen bei einer 3-Schnittnutzung von 5%. Außerdem erfolgt eine Berücksichtigung von Weideexkrementen mit anrechenbaren Nährstoffen bei 175 Weidetagen von N 20 kg/GV, P₂O₅ 11 kg/GV und K₂O 44 kg/GV.

Pflanzenschutz

In den Planungsdaten des LfULGs wird ausschließlich ein Einsatz von Herbiziden berücksichtigt. Jedem Nutzungsverfahren sind zur Ermittlung der Pflanzenschutzkosten ein spezifischer Behandlungsumfang und spezifische Pflanzenschutzmittel unterstellt worden. Beim extensiven Grünland ist ein nichtselektives Blattherbizid und beim intensiven Grünland sind Mittel zur Ampferbekämpfung unterstellt. Die Durchschnittspreise variieren in Abhängigkeit vom Verfahren zwischen ca. 19 Euro (bei 2-Schnitt-Nutzung und 3-Schnitt-Nutzung mit halbem Düngeniveau) und 8 Euro bei 3-Schnitt-Nutzung (vgl. Beispiel Tab. 23).

Tab. 23: Beispiele für Grünlandverfahren aus den Planungs- und Bewertungsdaten Sachsen

	Einheit	2-Schnittwiese (halbes N-Düngeniveau) 250 dt FM; 5 ha	3-Schnittwiese AWS/Heu Hügel; 350 dt FM; 5 ha
Anzahl Anwendungen Herbizid	Behandlung/ha	0,75	0,25
Preis pro Anwendung Herbizid	EUR/Behandlung	25	30
Pflanzenschutzkosten	EUR/ha	18,8	7,5

Hagelversicherung

Eine Hagelversicherung scheint bei Grünland nicht einschlägig zu sein. Für den Parameter werden in den Verfahrenstabellen von Sachsen keine Kosten angesetzt. Der Parameter sollte deshalb zwar in der Software mit angelegt sein, aber nicht weiter gefüllt werden.

Trocknung

Bei Grünland ist Trocknung nicht einschlägig. Die Heuwerbung findet in Sachsen auf dem Feld statt.

Variable Maschinenkosten/Arbeitszeitbedarf

Zur Ermittlung der variablen Maschinenkosten und des Arbeitszeitbedarfs werden alle Arbeitsgänge aufgelistet, die bei dem entsprechenden Grünlandverfahren anfallen (vgl. Tab. 24).

Tab. 24: Beispiel für ein Verfahren Heuernte auf Grünland zur Berechnung der variablen Maschinenkosten (Mewes 2006)

Arbeitsgang	Beschreibung, Gerät in Kombination mit Allradtraktor*
Wiese walzen	Cambridge-Walze, 2,75 t, 6 m
Schleppen	Grünlandegge, 4,0 m
Mineraldünger streuen	Düngerstreuer, angebaut, 1400 l, 1,6 t, 18 m, pneumatisch
Heu ernten/Mähen	Kreiselmäherwerk, mit Mähgutaufbereitung, Frontanbau 3,2 m
Heu ernten/Wenden	Kreiselzettwender, 6,5 m
Heu ernten/Schwaden	Kreiselschwader, 6,0 m
Heu ernten	Rundballenpresse, Ballendurchmesser max. 1,5 m Rundballenzange für Front- oder Heckanbau
Heu ernten/Transport	Dreiseitenkippanhänger bis 25 km/h, einachsige, 8 t (6 t), 2 Anhänger
Mulchen	Schlegelmulcher 4m

*Je nach Arbeitsgang wird das entsprechende Gerät in Kombination mit (nach KTBL sowohl für 5 als auch für 20 ha) einem geeigneten Allradtraktor (z.B. 49-59 kW; 60-74 kW; 75- 92 kW; 93-111 kW; 112-126 kW) oder Frontlader, vollhydraulisch, für 60 kW, 1700 kg genutzt.

Für jeden der Arbeitsgänge werden die entsprechenden Kosten angegeben. Die Ermittlung der Planzahlen der variablen Maschinenkosten [€/ha] und der Arbeitszeitbedarfswerte [Akh/ha]

wurden in Sachsen mit Hilfe der aktuellen KTBL-Datensammlungen (2004/05, 2006/07) durchgeführt. Die variablen Kosten setzen sich aus den Reparatur- und den Betriebsstoffkosten des jeweiligen Gerätes in Kombination mit einem Schlepper (Allradtraktor) zusammen. Innerhalb der Betriebsstoffkosten wurde ein mehrjähriger durchschnittlicher Dieselpreis von 1,00 €/l (ohne Rückerstattungen) und ein Preis für Schmieröl von 2,00 €/l zugrunde gelegt.

Mit steigendem Waldanteil haben die Unternehmen eine ungünstigere Arrondierung. Folgende Parzellengrößen für Grünland sind in den Planungsrichtwerten für die Agrarstrukturgebiete ausgewiesen: Für die ASG Sächsisches Hügelland (II), Gebirgsvorland (IV) und Erzgebirgskamm (V) sind eher kleinere Parzellen (5 und 10 ha) typisch. Im Löß- (III) und Heidegebiet (I) dominieren Parzellen größer 10 ha, es wird mit Parzellengrößen von 5 und 10 ha gerechnet. Für das Projekt SOKO Bio wird zunächst einheitlich eine 5 ha-Parzelle angenommen, der eine Hof-Schlag-Entfernung von 2 km unterstellt ist, da in der derzeitigen Software-Version Grünlandpixel mit einer Größe von 6,25 ha zugrunde gelegt werden.

Bei den Arbeitsgängen Bestellung, Düngung, Pflanzenschutz und Ernte sind in den Verfahrenskosten innerbetriebliche Transportaufwendungen berücksichtigt. Der Transport von Saatgut erfolgt mit einem, Dünger und Erntetransporte mit zwei Anhängern. Für alle Transporte wurde mit einer durchschnittlichen Fahrgeschwindigkeit von 25 km/h kalkuliert. Die Arbeitszeitbedarfswerte ergeben sich aus den unterstellten Arbeitsgängen und kalkulierten Transportzeiten für die unterstellten Transportentfernungen. Die Summe des Arbeitszeitbedarfes je Verfahren wird um einen operativen Zuschlag von 50% bei den Futterbauverfahren erhöht. Dieser Zuschlag gleicht verfahrensgebundene, jedoch nicht termingebundene Arbeitszeiten aus.

In den Vor- und Gebirgslagen sind durch Hanglagen und zunehmende Steinigkeit höhere Arbeitserledigungskosten zu verzeichnen. Dazu sollen die Maschinenkosten und die Lohnarbeitskosten in den ASG IV und V pauschal um 5% erhöht werden. Dieser Prozentsatz wird in dem **zusätzlichen Parameter „Erschwerniszuschlag für Hangneigung“** eingetragen.

Lohnarbeit/Personalkosten

Alle Arbeitsgänge sind in Eigenmechanisierung voreingestellt. Fremdarbeit lässt sich vom Nutzer eingeben, wenn diese stattfindet. Der Parameter ist entsprechend für beides in der Software mit angelegt. Zur Berechnung zusätzlicher und eingesparter Personalkosten bei den einzelnen Verfahrensschritten wird ein Personalkostenansatz von 11 €/Akh zugrunde gelegt (SMUL 2007).

Maschinenmiete

In der Regel scheinen in Sachsen keine Maschinen gemietet zu werden. Der Parameter findet aber sich als Option in den Verfahrenstabellen von Sachsen und sollte deshalb auch in der Software mit angelegt sein.

Silierungs-/Sonstige Kosten

50% der Grassilageherstellung erfolgt in Sachsen mit Siliermittel und 50% ohne – daher erfolgt der Ansatz in den Richtwerten von Sachsen mit Anteil Behandlungen Siliermittel 50% (vgl. Tab. 25).

Tab. 25: Beispiele für Grünlandverfahren aus den Planungs- und Bewertungsdaten Sachsen

	Einheit	2-Schnittwiese (halbes N-Düngeniveau) 250 dt FM; 5 ha	3-Schnittwiese AWS/Heu 350 dt FM; 5 ha
Anteil Behandlungen Siliermittel	%	50	50
Silierungskosten	EUR/ha	10,20	14,30

Die Silierungskosten werden berechnet aus der einzulagernden Erntemenge AWS * Raumgewicht * Kosten je cbm Abdeckfolie (0,15 EUR/cbm) für Horizontalsilo und einen Ansatz für Siliermittelkosten in Höhe von 0,15 EUR/dt einzulagernde Erntemenge AWS (Schriftliche Mitteilung LfULG Frau Bönewitz 2010).

Zinsanspruch

Wie eingangs erwähnt, wird in den Berechnungen zu Sachsen kein Zinsanspruch des Umlaufkapitals berücksichtigt. Der Parameter wird trotzdem in der Software mit angelegt, um die Möglichkeit zu geben, den Zinsanspruch bei Bedarf zu ergänzen.

2.4 Kalkulation der Ausgleichszahlungen

Wie einleitend erläutert, setzen sich die Kompensationszahlungen aus dem Ausgleich des Energieverlustes über Kraftfutter und den angepassten variablen Kosten zusammen:

Kosten für zugekauftes Kraftfutter zum Ausgleich der Energieverluste + Differenz der variablen Kosten = Ausgleichszahlung

Entsprechend der vorgestellten Rechenschritte lassen sich mit der Software die Kosten durch den Verzicht auf eine betriebswirtschaftlich optimale Bewirtschaftung für die berücksichtigten Maßnahmen berechnen.

3 Zusammenfassung

In dem Projekt SOKO Bio wird eine Software zur Bestimmung kosteneffizienter Kompensationszahlungen für Maßnahmen zum Schutz gefährdeter Grünlandarten in den Bundesländern Sachsen und Schleswig-Holstein entwickelt. Die Software besteht aus den vier Modulen Agrarökonomische Kostenberechnungen, Ökologische Modellierung, Optimierung sowie Softwareentwicklung einschließlich Benutzeroberfläche. In diesem Diskussionspapier wird die Konzeption des ökonomischen Moduls zur agrarökonomischen Kostenberechnung der Biodiversitätsschutzmaßnahmen entwickelt und vorgestellt. Soweit möglich, werden bestehende Datenbanken und Richtwerte für die betrachteten Bundesländer genutzt, um die Software kompatibel für ihre Anwendung zu halten. Für die Berechnungen werden die vorliegenden Daten analysiert, ihre Anwendbarkeit überprüft und zusätzlich Literaturquellen ausgewertet. Aufgrund der Komplexität der realen Verhältnisse wie Standortbedingungen, individuelle Betriebsführung und -struktur, Vielzahl an beeinflussenden Bewirtschaftungsfaktoren etc. können nur Durchschnittsverfahren berücksichtigt werden. In der Software voreingestellte Parameter wie z.B. Kraftfutterkosten oder die qualitative Änderung von Grünland im Jahresverlauf lassen sich bei Preisänderungen oder besserem Kenntnisstand anpassen.

Zusammengefasst sieht die Vorgehensweise für die Kostenberechnung für das ökonomische Modul die folgenden drei Schritte vor:

1. Über Grünlandzahlen aus der Bodenschätzung wird ein standörtliches Ertragspotential abgeleitet. Darüber wird der Referenz-Nettoenergieertrag in MJ NEL/ha für vorher festgelegte Referenz-Produktionsverfahren (jeweils für Wiese, Mähweide und Weide) berechnet. Außerdem werden die variablen Kosten dieser Referenz-Produktionsverfahren berechnet.
2. Im Folgenden werden die geänderten Nettoenergieerträge und variablen Kosten nach der Durchführung von Biodiversitätsschutzmaßnahmen berechnet, wie z.B. Mahd zu einem späteren Zeitpunkt.
3. Abschließend wird die Ertragsdifferenz und die Differenz der variablen Kosten berechnet. Der Nettonenergieverlust in MJ NEL/ha wird aus Vereinfachungsgründen über einen Zukauf von Kraftfutter ökonomisch bewertet. Damit ist es möglich, über die folgende Gleichung den entsprechenden Geldverlust durch eine Maßnahme anzugeben:

Kompensationszahlung = Differenz Nettoenergieertrag vorher/nachher bewertet über den Zukauf von Kraftfutter [Euro pro MJ NEL Zukauf] + Differenz der variablen Kosten vorher/nachher [Saldo in Euro] + ggf. Anreizzahlung oder Transaktionskostenzuschlag.

4 Literatur

- Bahner, T. (2005): Neue agrarökonomische Aspekte zum Wiesenvogel- und Wachtelkönigschutz. – In: Mammen, U, Bahner, T. Bellebaum, J., Eikhorst, W., Fischer, S., Geiersberger, I., Helmecke, A., Hoffmann, J., Kempf, G., Kühnast, O., Pfützke, S. & Schoppenhorst, A. (2005): Grundlagen und Maßnahmen für die Erhaltung des Wachtelkönigs und anderer Wiesenvögel in Feuchtgrünlandgebieten. BfN-Skripten 141, Bonn (Bundesamt für Naturschutz) S. 139-181.
- Bellebaum, J., Fischer, S., Helmecke, A. & Sadlik, J. (2008): Corncrake studies and conservation in the Lower Oder Valley NP. Power-Point-Präsentation.
- Bergmann, H. (2004): Berechnung von Kosten für Maßnahmen zum Schutz von gefährdeten Maculinea-Arten. Department Ökonomie, Soziologie und Recht. UFZ-Diskussionspapiere 2/2004.
- Broyer, J. (2003): Unmown refuge areas and their influence on the survival of grassland birds in the Saône valley (France). *Biodiversity and Conservation* 12: 1219–1237.
- Dahmen, P. (1990): Auswirkungen der Extensivierung von Grünland auf Massenbildung, Futterqualität und Arteninventar. Dissertation am Institut für Pflanzenbau der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn. Gießen.
- Drechsler, M., Johst, K., Ohl, C. & Wätzold, F. (2007a): Designing cost-effective payments for conservation measures to generate spatiotemporal habitat heterogeneity. *Conservation Biology*, 21 (6), 1475-1486.
- Drechsler, M., Wätzold, F., Johst, K., Bergmann, H. & Settele, J. (2007b): A Model-based Approach for Designing Cost-effective Compensation Payments for Conservation of Endangered Species in Real Landscapes. *Biological Conservation* 140, 174-186.
- Ellenberg, H. (1996): Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen in ökologischer, dynamischer und historischer Sicht. 5., stark veränd. u. verbess. Aufl., Stuttgart: Ulmer, 1095 S.
- Elsässer, M. & Oppermann, R. (2003): Futterwert, Schnittzeitpunkt und Düngung artenreicher Wiesen – Erfahrungen und Empfehlungen aus der Praxis. In: Oppermann, R. & Gujer, H.-U. (Hrsg.) (2003): Artenreiches Grünland bewerten und fördern – MEKA und ÖQV in der Praxis. S. 100-110
- Hampicke, U. (1991): Naturschutzökonomie. Ulmer, Stuttgart.
- Johst, K., Drechsler, M. & Wätzold, F. (2002): An ecological-economic modelling procedure to design compensation payments for the efficient spatio-temporal allocation of species protection measures. *Ecological Economics* 41, 37-49.
- Junker, S., Düttmann, H. & Ehrnsberger, R. (2007): Nachhaltige Sicherung der Biodiversität in bewirtschafteten Grünlandgebieten Norddeutschlands am Beispiel der Wiesenvögel in der Stollhammer Wisch (Landkreis Wesermarsch, Niedersachsen) – einem Gebiet mit gesamtstaatlicher Bedeutung für den Artenschutz. <http://www.dbu.de/media/201107020514f128.pdf>
- Kiesewalter, S., Riehl, G. Albert, E. & Röhricht, C. (2007): Nutzungsalternativen für Grünland. Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft Heft 2/2007. http://www.landwirtschaft.sachsen.de/lfl/publikationen/download/2768_1.pdf
- Knauer, N. (1992): Grünlandextensivierung – Landschaftsökologische Bedeutung und Möglichkeiten der Realisierung durch die Landwirtschaft. Extensivierung der Grünlandnutzung – Technische und fachliche Grundlagen. NNA-Fachtagung am 1./2. Oktober 1991 in Braunschweig. NNA-Berichte 4/92. S. 59-71.

- Koch, B., Jäckle, S. & Jans, F. (2003): Einbettung der artenreichen Weisen in den Futterbaubetrieb. In: Oppermann, R. & Gujer, H.-U. (Hrsg.) (2003): Artenreiches Grünland bewerten und fördern – MEKA und ÖQV in der Praxis. S. 95-100.
- KTBL (Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V.) (Hrsg.) (1990): Extensive Grünlandbewirtschaftung durch Tierhaltung. KTBL-ALB-Vortragstagung anlässlich der KTBL-Tage 1990 am 25. April 1990 in Würzburg. KTBL-Arbeitspapier 140.
- KTBL (Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft) (Hrsg.) (2005): Faustzahlen für die Landwirtschaft. 13. Auflage.
- LfULG (Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie Sachsen) (2010): Fachliche Informationen zu den Planungsdaten, Stand: 04/2010. http://www.landwirtschaft.sachsen.de/landwirtschaft/download/Hilfe2010_04.pdf
- LUA BB (Landesumweltamt Brandenburg): Artenschutz und Landwirtschaft im Unteren Odertal. Wachtelkönigfreundliche Mahd im Juli/August
- Mährlein, A. (1993a): Kalkulationsdaten für die Grünlandbewirtschaftung unter Naturschutzauflagen. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft. Landwirtschaftsverlag Münster-Hiltrup, KTBL-Arbeitspapiere 179. 115 S.
- Mährlein, A. (1993b): Einzelwirtschaftliche Auswirkungen von Naturschutzauflagen: eine theoretische und empirische Analyse unter besonderer Berücksichtigung Niedersachsens. Arbeit aus dem Institut für Agrarökonomie und dem Forschungs- und Studienzentrum für Veredelungswirtschaft Weser-Ems der Universität Göttingen, 2., durchges. Auflage, Vauk Kiel, 339 S., Zugl.: Göttingen, Univ., Diss., 1989, Schriftenreihe: Landwirtschaft und Umwelt Bd. 5
- Mährlein, A. (1997): Möglichkeiten und Grenzen naturschutzgerechter extensiver Grünlandnutzungsverfahren – eine Wertung aus einzelbetrieblicher und gesamtwirtschaftlicher Sicht. BfN, Bonn-Bad Godesberg. Schr.-R. f. Landschaftspfl. u. Natursch. H. 54, S. 277-290.
- MLUR (Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein) (2007): Entwicklungsprogramm für den ländlichen Raum des Landes Schleswig-Holstein (Deutschland) für den Programmplanungszeitraum 2007-2013 in der mit Entscheidung der Kommission vom 04-XII-2007K(2007)6167 genehmigten Fassung. Zukunftsprogramm ländlicher Raum (ZPLR). CCI 2007 DE 06 RPO 021.
- Nitsche, S. & Nitsche, L. (1994): Extensive Grünlandnutzung. Praktischer Naturschutz. Radebeul: Neumann, 247 S.
- Opitz von Boberfeld, W. (1994): Grünlandlehre: biologische und ökologische Grundlagen. Stuttgart: Ulmer
- Oppermann, R. & Gujer, H.U. (Hrsg.)(2003): Artenreiches Grünland bewerten und fördern: MEKA und ÖQV in der Praxis. Stuttgart: Ulmer, 199 S.
- Oppermann, R. & Luick, R. (2002): Extensive Beweidung und Naturschutz – Charakterisierung einer dynamischen und naturverträglichen Landnutzung. Vogel und Luftverkehr 22. S. 46-54 (Originalbeitrag in Natur und Landschaft 10, 1999, 411-419).
- Osterburg, B. & Nieberg, H. (Hrsg.) (2001): Agrarumweltprogramme: Konzepte, Entwicklungen, künftige Ausgestaltung. Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL). Landbauforschung Völknerode Sonderheft 231.
- Rösch, C., Raab, K., Skarka, J., Stelzer, V. (2007): Energie aus dem Grünland – eine nachhaltige Entwicklung? Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse. Forschungszentrum Karlsruhe in der Helmholtz-Gemeinschaft.

- SMUL (Freistaat Sachsen – Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft) (2007): Entwicklungsprogramm für den ländlichen Raum im Freistaat Sachsen 2007-2013. Entscheidung der Europäischen Kommission K (2007) 4009 vom 5. September 2007. www.smul.sachsen.de/foerderung/238.htm, zuletzt abgerufen 29.5.09.
- Steinhöfel, O. (2002): Viel Milch erzeugt, wer zeitig erntet. Bauernzeitung, 17. Woche, S. 48-51.
- Tyler, G.A., Green, R.E. & Casey, C. (1998): Survival and behaviour of Corncrake *Crex crex* chicks during the mowing of agricultural grassland. *Bird Study* 45, 35-50.
- Voigtländer, G. & Jacob, H. (1987): Grünlandwirtschaft und Futterbau. Stuttgart: Ulmer.
- Wätzold, F., Drechsler, M., Johst, K., Bergmann, H. & Settele, J. (2007): Ein modellbasiertes Verfahren zur Entwicklung ökonomisch effizienter Kompensationszahlungen für Maßnahmen zum Schutz gefährdeter Arten, *Natur und Landschaft* 82 (4), 137-142.
- Weber, R.-P. (2005): Möglichkeiten und Grenzen der Integration des Vertragsnaturschutzes in die Grünlandbewirtschaftung am Beispiel des Biosphärenreservates Flusslandschaft Mittlere Elbe. Weißensee Verlag, Berlin.