

TEPagro – Zwischenbericht

Bericht zu den Projektjahren 2008 - 2013

Lioy R., Dusseldorf T., Kloecker D., Frieden L., Meier A., Turmes S., Reding R.

Inhalt

Inhalt	2
1) Einleitung	4
2) Ansatzpunkte der Beratung	5
2.1) Berechnung und Besprechung der Ergebnisse von Hoftorbilanzen auf den Betrieben	5
2.2) Durchführung von Düngeplänen auf den Betrieben	6
2.3) Durchführung einer Futterberatung auf den Betrieben	6
2.4) Organisation und Durchführung vom Tag der Beratung	7
2.5) Statistik der teilnehmenden Betriebe	8
3) Resultate der klassischen Bilanzierungen	9
3.1) Methoden	9
3.1.1) Methodik zur Erstellung von Nährstoff- und Energiebilanzen.....	9
3.1.2) Humusbilanzierung	11
3.1.3) Futterautarkie	12
3.1.4) CO ₂ -Bilanz (Treibhausgasemissionen und „carbon credits“)	12
3.2) Kennzahlen der ausgewerteten Betriebe	13
3.2.1) Die Flächen der TEPagro-Betriebe	13
3.2.2) Der Viehbesatz und die Produktionsausrichtung.....	15
3.2.3) Kennzahlen der Milchproduktion	17
3.3) Nährstoffbilanzierungen	18
3.3.1) Stickstoff.....	18
3.3.2) Phosphor und Kalium.....	20
3.3.3) Schwefel, Calcium, Magnesium	23
3.3.4) Schlussfolgerungen aus der Nährstoffbilanzierung	24
3.4) Energiebilanzierung	25
3.4.1) Ergebnisse	25
3.4.2) Schlussfolgerungen	27
3.5) Futterautarkie	27
3.5.1) Ergebnisse	28
3.5.2) Schlussfolgerungen	29

3.6)	Humusbilanzierung	30
3.6.1)	Ergebnisse	30
3.6.2)	Schlussfolgerungen	31
3.7)	Treibhausgase	31
3.7.1)	Ergebnisse	32
3.7.2)	Schlussfolgerungen	33
4)	Neue Beratungsinhalte	34
4.1)	Fiche technico-économique.....	34
4.2)	Lebenszyklusanalyse landwirtschaftlicher Produkte	34
4.2.1)	Allgemeines.....	34
4.2.2)	Produktionsintensität der ausgewerteten Produktionsbranchen	36
4.2.3)	Treibhausgasemissionen.....	37
4.2.4)	Energieverbrauch.....	39
4.2.5)	Schlussfolgerungen aus der Lebenszyklusanalyse landwirtschaftlicher Produkte	42
4.3)	Komplexe Betriebsoptimierung	42
4.3.1)	Nomogramme	42
4.3.2)	Lineare Programmierung (LP), Lineare Betriebsoptimierung	45
4.3.3)	Sensitivitätsanalysen.....	48
5)	Schlussfolgerungen und Ausblick.....	53
6)	Seminare	54
7)	Weiterführende Literatur	55
8)	Anhang.....	57

1) Einleitung

Das vom Landwirtschaftsministerium Luxemburg co-finanzierte TEPagro Projekt (Technico-Economical and Environmental Performances in Agriculture) wurde von CONVIS s.c. am 01.01.2008 gestartet und hatte eine Laufzeit von fünf Jahren bis zum 31.12.2012.

Aufgrund der aktuellen agrarpolitischen Situation (national und EU-Niveau) wurde in der 58^{ten} Sitzung vom 12.12.2013 vom Conseil Consultatif de Coordination de la Vulgarisation Agricole beschlossen, das Projekt um insgesamt 2 Jahre bis zum 31.12.2014 zu verlängern. Der vorliegende Bericht ist der vorläufige Endbericht vom Projekt TEPagro basierend auf den Arbeiten der Jahre 2008 bis 2013. Struktur, Inhalte und Ergebnisse basieren auf dem Projektantrag vom 15.02.2008.

Neben der routinemäßig durchgeführten ON-FARM Beratung (horizontale Achse) hauptsächlich bestehend aus der Nährstoff- und Energiebilanzierung, der Düngplanung, Futterberatung Bewertung der betrieblichen CO₂-Emissionen und carbon credits sowie allgemeinen Rinderberatungsfragen wurde eine vertikale Achse zum Testen von potentiell neuen Beratungsaktivitäten aufgebaut. In diesem Zusammenhang wurden hauptsächlich 3 Themen behandelt:

- Typologiebasierte Auswertungen und Darstellung von Resultaten in Form einer fiche „fiches técnico-économiques“.
- Anwendung der Methode der LCA (Life Cycle Assessment) für die Berechnung der produktbezogenen Umweltbeeinträchtigungen landwirtschaftlicher Produktionsprozesse
- Anwendung von unterschiedlichen Rechenverfahren mit dem Ziel, mathematisch angesetzte Betriebsoptimierungsalgorithmen speziell auf die Bedürfnisse von Luxemburg anzupassen. Im Speziellen wurden Ansätze der linearen Programmierung (LP) mit den diesbezüglichen Möglichkeiten der Sensitivitätsanalyse und Nomogrammtechnik getestet.

Das Jahr 2014 wird neben den normalen ON FARM Beratungs- und Bilanzierungsaktivitäten dem Testen von neuen Kriterien gewidmet.

2) Ansatzpunkte der Beratung

Eine komplette Übersicht über die Anzahl der Betriebe, die im Laufe des Projektes an den einzelnen Beratungsbereichen teilgenommen haben, ist der Tabelle in Punkt 2.5) zu entnehmen. Die wichtigsten Beratungsfelder des gesamten Projektzeitraumes von 2008 bis 2013 sind nachfolgend jeweils in den Punkten 2.1) bis 2.4) zusammengefasst worden.

2.1) Berechnung und Besprechung der Ergebnisse von Hoftorbilanzen auf den Betrieben

Einmal jährlich wurden auf den Betrieben Hoftorbilanzen durchgeführt: diese Messung der Effizienz des Betriebsmitteleinsatzes hat das doppelte Ziel, die Kosten zu reduzieren und die Umweltbelastung durch Ressourcenvergeudung zu minimieren. Hierbei handelt es sich um die Bilanzierungen von:

- Hauptnährstoffen (Stickstoff, Phosphor, Kalium),
- Sekundärnährstoffen (Schwefel, Calcium, Magnesium),
- Treibhausgasen und Kohlenstoffbindung (carbon credits),
- Futterbilanz für Rinderbetriebe und Stallbilanz für schweinehaltende Betriebe.

Allgemein wurden die Betriebe angefahren und in Absprache mit dem Landwirt die Daten der Materialbewegungen am Hoftor über die betriebliche Buchführung aufgezeichnet. Auf der Basis der Ergebnisse wurden Möglichkeiten und Grenzen der Optimierung des Ressourceneinsatzes erörtert und diskutiert. Als Basis für das Gespräch diente auch der Betriebsbericht mit den Bilanzen des Betriebes, dem langjährigen Mittel der Betriebsbilanzen und dem Mittel der Resultate aller CONVIS-Betriebe. Die Betriebe wurden über vorhandene Schwachstellen bzw. Verbesserungspotentiale auf den verschiedenen Bilanzierungsfeldern aufgeklärt und Lösungsansätze zu deren Behebung besprochen. Für die CONVIS-Beratung ist es von eminenter Bedeutung, dass die Betriebsleiter ihre Chancen auf Verbesserung ihres ökonomischen Betriebsergebnisses über die Steigerung der Effizienz des Ressourceneinsatzes verstehen und wahrnehmen.

Konkret handelte es sich bei der Nährstoffbilanz um die jährliche Beurteilung, ob die Ein- und Austräge im Betrieb in Gleichgewicht sind bzw. ob ein Mangel oder ein Überschuss vorhanden ist. Mit der Entwicklung und dem Wachstum der Betriebe werden die Stoffflüsse des landwirtschaftlichen Betriebes wesentlich komplexer. Es ist somit wichtig, die Stoffflüsse vom Betrieb richtig zu erfassen, um so die Aussagekraft der berechneten Salden garantieren zu können. Gekoppelt mit der Düngeplanung (siehe Punkt 2.2) war die Nährstoffbilanzierung ein unabdingbares Instrument zur Optimierung des Düngemitelesatzes. Auch die Energiebilanz wird durch viele Faktoren beeinflusst. Bei der Bilanzaufnahme musste definiert werden, wie viel Energie effektiv vom Betrieb für die landwirtschaftliche Produktion genutzt wird. Insbesondere in Betrieben, welche Lohnarbeiten durchführen, musste die verbrauchte Gesamtenergie richtig gesplittet und angerechnet werden. Für private Zwecke genutzte Energie floss ebenfalls nicht in die Bilanz ein. Somit war zur korrekten

Durchführung der Energie- und Nährstoffbilanz eine Betriebsvisite mit einem Gespräch mit dem Landwirt unabdingbar.

Das Beratungsfeld der Treibhausgase und Kohlenstoffbindung wurde schon gegen Ende des NEB-plus-Projektes aktiviert. Bei diesen Bilanzen wurden die Landwirte mit den berechneten Inhalten vertraut gemacht und auf deren Verbesserungsmöglichkeiten mittels Reduzierung der Emissionen bzw. Erhöhung der Kohlenstoffbindung hingewiesen. Die Bewusstseinsbildung der Landwirte für das öffentlich und politisch diskutierte Problem der Treibhausgase war von eminenter Bedeutung für die CONVIS-Beratung.

Die Futter- und Stallbilanzen dienen der Bewertung der Effizienz der Futtermittelverwertung im Rindvieh- und im Schweinebetrieb. Sie erlauben es, die Selbstversorgung des Betriebes (Futterautarkie) mit eigenen Futtermitteln hinsichtlich Eiweiß, Energie und Trockensubstanz zu beurteilen. Im Falle eines niedrigen Selbstversorgungsgrades wurde versucht, die Ursache für den hohen Fremdfutterimport zu ermitteln. Dies war angesichts der hohen und weiterhin steigenden Futterpreise, denen die Erzeugungspreise nicht in gleichem Maße gefolgt sind, von wachsender Bedeutung.

2.2) Durchführung von Düngeplänen auf den Betrieben

Die Düngeplanung ist das wichtigste Beratungsinstrument, um den Düngemiteleinsatz ökonomisch und ökologisch korrekt zu gestalten. Die Betriebe wurden in der Regel im Herbst bzw. Anfang des Winters angefahren. Auf der Basis von Betriebsunterlagen erfolgten die Berechnung des organischen Düngeanfalls sowie die Verteilung der organischen Dünger und die Verplanung von mineralischem Düngemittel unter Berücksichtigung der administrativen Vorgaben. Bei Flächen im Ausland müssen zusätzlich die lokalen Bestimmungen eingehalten werden. Diese Tätigkeiten setzen sich schwerpunktmäßig mit der Optimierung des Düngemiteleinsatzes auseinander. Dennoch werden auch andere Beratungsfelder mit berücksichtigt: konservierende Bodenbearbeitung, Zwischenfruchtanbau, Gestaltung der Fruchtfolge und der Humushaushalt. Letzteres dient neben der Funktion als wichtiger Indikator für die Bodenfruchtbarkeit, der Erfüllung von einer Bedingung der Cross Compliance. Außerdem stellt der CONVIS-Düngeplan eine wichtige Stütze für den Landwirt zur Erfüllung wichtiger Bedingungen für die Landschaftspflegeprämie dar. Die Einzelheiten des Düngeplans werden vor Ort mit dem Landwirt besprochen, der außer dem Beratungsgespräch eine schriftliche Fassung des Düngeplans sowie eine Schlagkartei zur Eintragung der erfolgten Düngungs- und Pflanzenschutzmaßnahmen erhält.

2.3) Durchführung einer Futterberatung auf den Betrieben

Die Rationsberechnung hat als Hauptziel die bedarfsoptimierte Planung der Nährstoffversorgung aller Tierkategorien eines Betriebes. Wesentlich ist auch der höchstmögliche und optimale Einsatz der betriebseigenen Futtermittel. Grundlage jeder Rationsberechnung, welche mittels des Rechnungsprogramms „Hybrimin“ durchgeführt wird, ist eine vollständige Datenbasis von allen eingesetzten Futtermitteln, d.h. Grund- sowie den gängigsten Zusatz- und Ergänzungsfuttermitteln. Die

Grundfutteranalyse erfolgt labortechnisch im Centre de Michamps in Belgien oder bei CONVIS mit dem letzten Jahr erworbenen AgriNIR Gerät. Die Rationsberechnung basiert stets auf dem Prinzip, das vorhandene Grundfutter so gut wie möglich zu verwerten, fehlende Nährstoffe optimal zu ergänzen und die angestrebten Herdenleistungen zu erreichen. Dabei werden neben einer Optimierung von möglichst vielen Bedarfsparametern wie Energie, Eiweiß sowie Mengen- und Spurenelementen auch wirtschaftliche Aspekte berücksichtigt. Besonders Betriebe mit Fruchtbarkeits-, Euter-, und Klauenproblemen werden vermehrt bezüglich einer ausreichenden Mineralstoff- und Vitaminversorgung beraten.

Bei der Beratung muss auch auf die jährlich wechselnden Wetterbedingungen reagiert werden, mit den damit verbunden Problemen bei der Futtergewinnung und folglich variierenden Futterinhaltsstoffen. Die jeweiligen Gegebenheiten wurden in den letzten Zwischenberichten des jeweiligen Jahres kommentiert und auch unter anderem durch Publikationen in der Zeitschrift „Ziichter“ den Bauern vermittelt.

2.4) Organisation und Durchführung vom Tag der Beratung

Der Tag der Beratung findet immer einmal jährlich im Frühjahr auf einem landwirtschaftlichen Betrieb statt, mit Ausnahme von 2012, wo die Veranstaltung bei CONVIS in Ettelbrück stattgefunden hat. Hier werden Themen rund um die Beratung aufgegriffen und in Workshops behandelt. Nachstehend sollen kurz die Themen der vergangenen Jahre (2008-2013) vorgestellt werden. Detailliertere Angaben hierzu können den jeweiligen Jahresberichten entnommen werden. Die Anzahl der Teilnehmer sind der Tabelle in Punkt 2.5) zu entnehmen.

08.02.2008 in Ospern, Betrieb Schroeder Luc und Pletgen-Bonifas Henri

Vorstellung der aktuellsten Arbeiten im Rahmen des NEB-plus-Projektes (*CONVIS*)
 Wirtschaftlichkeitsfragen im Rindviehbereich (Milch und Fleisch) am Beispiel der Arbeiten vom réseau d'élevage „Lorraine, Champagne-Ardenne, Alsace“ (*Institut de l'Élevage*)
 R+V Ertragsschadensversicherungen für Rinder und Schweinebetriebe in Luxemburg sowie die Vorgehensweise zu Bestimmung von finanziellen Verluste im Schadensfall (*Vereinigte Tierversicherung Gesellschaft A.G. Wiesbaden*)
 Mastbullenproduktion (*Betrieb Schroeder*)
 Milchvieh- und Jungviehfütterung (*Betrieb Pletgen*)

05.03.2009 in Fentange, Betrieb De Jong Adam

Referat: Milchproduktion 2015 (Prof. Dr. Folkhard Isermeyer, Braunschweig)
 Vorstellung der aktuellen EDF Resultate (Vollkostenberechnungen) von Luxemburger Betrieben
 Atelier 1: Management und Fütterung der Milchviehherde (Betrieb De Jong)
 Atelier 2: Das neue Beratungsprojekt TEPagro (Betrieb De Jong, CONVIS)
 Atelier 3: Bullenanpaarung mit System

18.03.2010 in Erpeldange, Betrieb Leider Gilbert

Referat: Kälber und Jungviehaufzucht im Milchviehbetrieb. Welche Ziele sind heute zu erreichen? (Dipl. Ing. Claudia Verhülsdonk, Haus Riswick)

Praxiseinsatz von Hypometer und Maßband (Betrieb Leider)

Gewichtsschätzen von Jungrindern (Betrieb Leider)

Vorstellung der CONVIS Dienstleistungen auf dem Betrieb Leider

06.04.2011 in Hosingen, Centre ecologique im Parc Housen

Referat: Top Futter vom Grünland – auf was kommt es an? (Dr. Michael Diepolder, LfL)

Wie erzeugt man nachhaltig „Top Futter“ vom Grünland? – Möglichkeiten (und Grenzen):
Richtiger Standort, optimale Nutzungsintensität; optimale Düngung; optimale Pflege (Dr. Michael Diepolder, LfL)

Grünlandbegehung vor Ort (Besprechen einer Reihe von wichtigen Zusammenhängen mit dem parallel laufenden OPTIGRAS Projekt) (Dr. Michael Diepolder, LfL; Romain Gengler, ASTA; Dorothee Klöcker, CONVIS)

04.04.2012 in Ettelbrück bei CONVIS

Referat: Arbeitseffizienz in wachsenden Milchviehbetrieben. Verfahrenstechnische und arbeitswirtschaftliche Möglichkeiten zur Produktivitätssteigerung in der Milchviehhaltung (PD Dr. habil. Matthias Schick, Institut Agroscope, Tänikon)

28.02.2013 in Boevange, Betrieb Elsen

Referat: Energiesparpotentiale in der Milchproduktion (Klaus Dieter Golze, LWK Niedersachsen)
Betriebsbesichtigung vor Ort (Betrieb Elsen)

2.5) Statistik der teilnehmenden Betriebe

	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Düngeplan	88	95	97	98	93	95
Tag der Beratung	-	43	34	87	51	40
Futterberatung	77	70	69	69	58	60
Hoftorbilanzen	89	93	98	94	95	95

3) Resultate der klassischen Bilanzierungen

Die in diesem Kapitel präsentierten Ergebnisse beziehen sich auf den Mittelwert von 71 TEPagro-Betrieben, die ununterbrochen in den Jahren 2006 bis 2011 (6 Jahre) am Bilanzierungsprogramm teilgenommen haben. Dies gewährleistet eine hohe Belastbarkeit der Ergebnisse und der darauf aufbauenden Aussagen.

3.1) Methoden

Die hier dargestellten Methoden beschreiben die Vorgehensweise bei der Erstellung von folgenden Bilanzierungsansätzen auf gesamtbetrieblicher Ebene:

- Nährstoff- und Energiebilanzen
- Humusbilanzen
- Futtermittelaufbereitung
- CO₂-Bilanz (Treibhausgasemissionen und „carbon credits“)

Die für weitere Kapitel dieses Berichtes angewendeten Methoden werden gesondert im jeweiligen Abschnitt behandelt.

3.1.1) Methodik zur Erstellung von Nährstoff- und Energiebilanzen

Die Nährstoffbilanzen für die Nährstoffe N (Kap.3), P und K (Kap.4) sowie S, Ca und Mg (Kap.10) wurden anhand der Methode der Hoftorbilanz erstellt. Das gleiche Prinzip wurde für die Erstellung der Energiebilanzen (Kap.5) angewendet, wobei bei dieser Bilanz ein Vergleich zwischen der fossilen Energie im Input (Betriebsmittel) und der biogenen Energie im Output (Produkte) gezogen wird. Ein Muster der Vorgehensweise ist Abb. 3.1 zu entnehmen. Der Vorteil der Methode ist, dass die innerbetrieblichen Stoffflüsse ignoriert werden können, und man sich nur auf Importe und Exporte konzentrieren kann. Das System wird dementsprechend als „black box“ verstanden und die Beurteilung der Effizienz (Verhältnis Output : Input) erfolgt global, das heißt, für den Betrieb als Ganzes.

Ein weiterer wichtiger Vorteil dieser Methode ist, dass die Daten zur Berechnung der Bilanz mit wenigen Ausnahmen aus der betrieblichen Buchführung entnommen werden können. Diese enthält nämlich entweder die Mengen an Betriebsmitteln bzw. Produkten oder zumindest ökonomische Zahlen, aus denen eine Rückrechnung der Mengen möglich ist. Da die Buchführung im Schnitt 8 bis 10 Monate nach Ende des Wirtschaftsjahres erscheint, erfolgte die Erfassung der Energie- und Nährstoffbilanzen bei den meisten Betrieben erst 1 Jahr nach Abschluss des Wirtschaftsjahres. In den folgenden Kapiteln werden die Ergebnisse der Nährstoff- und Energiebilanzierung für die Wirtschaftsjahre 2006 bis 2011 aufgezeigt.

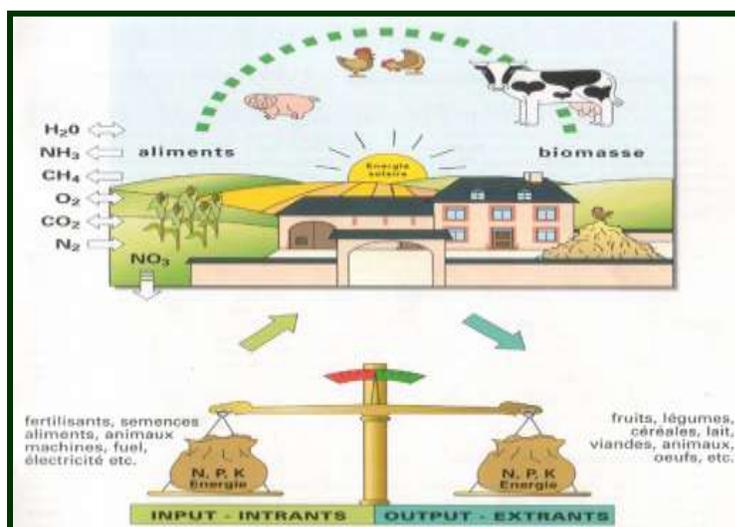


Abb.3.1: Schema der Hoftorbilanz

Zur Beurteilung der Stickstoffbilanz wurde auch im TEPagro-Projekt eine obere Grenze (Soll-Saldo) für den N-Saldo festgelegt. Diese wurde im Gegensatz zum NEBplus und zum Bio80-Projekt nicht in Funktion der GVE sondern in Funktion von der N-Ausscheidung der Tiere gerechnet. Letztere erlauben eine präzisere Einschätzung der N-Verlustgefahr im Vergleich zu einem GVE-Schlüssel. Der Vorteil dieser Berechnung ist nach wie vor, dass diese nämlich in Funktion des Viehbesatzes variiert, so dass dadurch eine betriebspezifische Anpassung der Soll-Marke ermöglicht wird. Angenommen werden:

- ein Basisverlust von 40 kg N/ha in der Pflanzenproduktion;
- ein zusätzlicher Verlust von 50% der N-Ausscheidung in der Tierhaltung.

So errechnet sich für den Durchschnitt der TEPagro-Betriebe mit einem mittleren Viehbesatz von 1,17 DE/ha der Soll-Saldo wie folgt:

$$\text{Betrieblicher Soll-Saldo: } 40 \text{ kg N/ha} + 1,17 \text{ DE/ha} * 85 \text{ kg N} * 50\% = 90 \text{ kg N/ha}$$

Diese Obergrenze ermöglicht es zu beurteilen, ob der Betrieb innerhalb des vorgegebenen Verlustniveaus gewirtschaftet hat oder nicht. Der so berechnete Soll-Saldo stellt kein ökologisches Optimum dar, sondern ein Verlustniveau das die produktionstechnischen und wirtschaftsbedingten Gegebenheiten des Standortes Luxemburgs berücksichtigt.

Die Festlegung der Zielsalden für Phosphor und Kalium orientiert sich im Gegensatz zu Stickstoff an den Bodengehalten des Betriebes. Die Anpassung der Zielwerte erfolgte in Anbetracht eines vom Optimum abweichenden Bodengehaltes nach dem VDLUFA-Ansatz. Die Zielintervalle von $\pm 5 \text{ kg P}_2\text{O}_5/\text{ha}$ und $\pm 20 \text{ kg K}_2\text{O}/\text{ha}$ gelten für die optimale Situation einer mittleren Versorgungsstufe C (Tab. 3.1). Eine Korrektur bis zu $25 \text{ kg P}_2\text{O}_5/\text{ha}$ nach oben bzw. nach unten sowie bis zu $50 \text{ kg K}_2\text{O}/\text{ha}$ nach oben bzw. nach unten erfolgt, wenn die mittlere Versorgungsstufe des Betriebes zu niedrig (Stufe B) bzw. zu hoch (Stufe D) ist.

Boden-Versorgungsstufe	B	C	D
Zielintervall (kg/ha)	Toleriert	Optimum	Toleriert
P-Saldo (P_2O_5)	+5 ⇔ +25	±5	-5 ⇔ -25
K-Saldo (K_2O)	+20 ⇔ +50	±20	-20 ⇔ -50

Tab. 3.1: Zielintervalle der P- und K-Bilanzen in abhängig vom Bodengehalt

Schließlich hat man sich bei der Festlegung des Zielsaldos in der Fossilenergiebilanz an den Zahlen des Viehbesatzes bzw. des Futterflächenanteils orientiert. Das Ergebnis der Energiebilanz hängt sehr stark vom Veredelungsgrad des Betriebes ab. Daher wurde klar, dass das Ziel einer Energiebilanz mit Gewinn (Output größer als Input) nicht für alle Betriebe anwendbar ist. Bei Betrieben mit hohem Veredelungsniveau muss somit ein Verlust in Kauf genommen werden, bei Betrieben mit hohem Marktfruchtanteil dagegen ist mit einem höheren Energiegewinn zu rechnen als bei Betrieben mit einem höheren Futterflächenanteil. Daher können, abhängig vom Viehbesatz und vom Marktfruchtanteil, die Zielsalden fließend in einer Spannweite zwischen -10 und +30 GJ/ha variieren.

3.1.2) Humusbilanzierung

Die Berechnung der Humusbilanzen erfolgt über den Düngeplan, der um die Jahreswende für die am Programm angeschlossenen Betriebe erstellt wird. Die Methodik folgt der Arbeit von Leithold und Hülsbergen, die zusammen mit anderen Autoren die Vorgehensweise der Humusbilanzierung 1997 veröffentlicht haben. Folgende Größen werden bei der Berechnung berücksichtigt:

- Humusmenge, die von humuszehrenden Kulturen (Getreide und Hackfrüchte) verbraucht wird.
- Humusmenge, die von humusmehrenden Kulturen (Feldfutter, Körnerleguminosen, Zwischenfrüchte) geliefert wird.
- Humusmenge, die über Erntereste sowie über Stroh im Boden verbleiben.
- Humusmenge, die über organische Dünger geliefert wird (Gülle, Stallmist, Kompost, Klärschlamm).

Als Basis für die Berechnung dient die Humuseinheit (HE). Diese entspricht einer Tonne Humus mit 580 kg Kohlenstoff und 50 kg Stickstoff. Zur Berechnung der Humuszehrung aus den Kulturen bzw. der Humusmehrung aus Kulturen, Ernteresten sowie organischen Düngern stehen Mineralisierungs- bzw. Humifizierungskoeffizienten zur Verfügung, die von den genannten Autoren aus langjährigen Feldversuchen abgeleitet worden sind. Die Humusbilanz wird entweder als Humussaldo (HE/ha), oder als Humusversorgungsgrad dargestellt. In diesem letzten Fall wird die Humusmehrung als % der Humuszehrung (Bedarf der Fruchtfolge) ausgedrückt. Angepeilt wird ein Versorgungsgrad von $100 \pm 10\%$, was eine ausgeglichene Humusbilanz darstellt.

3.1.3) Futterautarkie

Zur Berechnung der Futterautarkie werden nur Daten verwendet, die bei der Datenerfassung für die Energie- und Nährstoffbilanzen aufgenommen werden. Daher läuft die Berechnung der Futterautarkie parallel zur Energie- und Nährstoffbilanzierung und bedient sich zum Teil derselben Datenbanken. Zur Erstellung einer Futterbilanz werden folgende Daten benötigt:

- Viehbestand des Betriebes gegliedert nach Viehkategorien zur Berechnung des Erhaltungsbedarfs.
- Exporte an Milch und Fleisch zur Bestimmung des Leistungsbedarfs.
- Importe an Futtermitteln.

Nach der Datenerfassung berechnet sich die Futterautarkie in drei Schritten:

- Futterbedarf = Erhaltungsbedarf + Leistungsbedarf
- Eigenproduktion = Futterbedarf – Futterzukauf
- Futterautarkie = Eigenproduktion / Futterbedarf * 100

Die Futterautarkie wird zurzeit für drei Hauptbereiche berechnet: Trockensubstanz (TS), Energie (VEM) und Eiweiß (XP). Als Bezug für die Auswertung dient die Futterfläche des Betriebes, so dass schlussendlich die Ergebnisse wie folgt ausgedrückt werden:

dt TS/ha FF; kVEM/ha FF; kg XP/ha FF
--

3.1.4) CO₂-Bilanz (Treibhausgasemissionen und „carbon credits“)

Die CO₂-Bilanz eines landwirtschaftlichen Betriebes setzt sich aus zwei Teilen zusammen: Die Emissionen der Treibhausgase Kohlendioxid (CO₂), Methan (CH₄) und Lachgas (N₂O) einerseits, und die so genannten „carbon credits“ andererseits. Erstere werden in drei Hauptgruppen oder Module eingeteilt (Emissionen aus der Herstellung der importierten Betriebsmittel, aus der Tierhaltung und aus dem Pflanzenbau). Die „carbon credits“ stellen die Mengen an Kohlendioxid dar, welche über Bindung im Boden oder durch Ersetzung von mit regenerativen fossilen Energiequellen von den Betrieben angesammelt werden. Der Unterschied zwischen diesen beiden Bereichen ist die CO₂-Bilanz des Betriebes. Abb. 3.2 fasst die Berechnungsmethode zusammen:

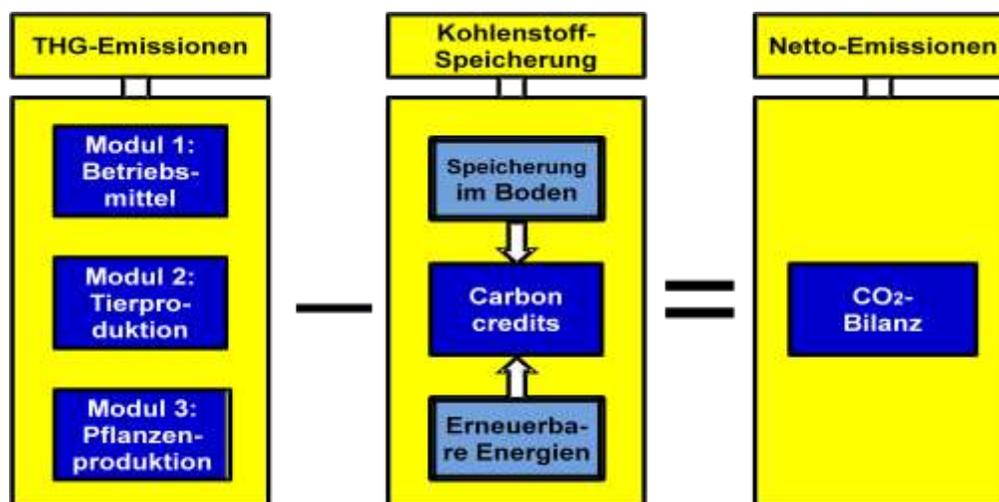


Abb. 3.2: Schema der CO₂-Bilanzierung

Zur Berechnung der CO₂-Bilanz werden nicht nur Daten aus der Hoftorbilanz sondern auch aus dem Düngeplan (Verteilungsplan organischer Dünger) herangezogen. Außerdem wird in die CO₂-Bilanz auch die Humusbilanz mit integriert. Die Emissionen und die Senken werden in CO₂-Äquivalenten umgerechnet, um eine einzige einheitliche Berechnungsgröße zu verwenden. Dies erfolgt nach dem Treibhauspotential der verschiedenen Gase, die im Hinblick auf ihre Treibhauswirksamkeit zueinander in folgendem Verhältnis stehen: CO₂ : CH₄ : N₂O = 1 : 21 : 310. Dies erlaubt, sowohl Emissionen als auch „credits“ in CO₂-Äq/ha auszudrücken, so dass eine Bilanz gezogen werden kann.

3.2) Kennzahlen der ausgewerteten Betriebe

3.2.1) Die Flächen der TEPagro-Betriebe

Im Projektzeitraum (2006-2011) wiesen die ausgewerteten Betriebe eine durchschnittliche LN von 121 ha auf. Die Aufschlüsselung der Flächen (Tab. 3.2) zeigt, dass knapp 80% der LN als Futterfläche benutzt wurde, in erster Linie als Grasland (Dauergrünland und Feldfutter mit 60%), dann Mais (ca. 14%) und Futtergetreide (7%). Die Marktfruchtfläche (etwa 21%) besteht vor allem aus Getreide (13%) und Raps (5%). Diese Prozent-Zahlen decken sich weitgehend mit den Betriebsflächen aus den Projekten Bio80 und NEBplus, so dass man von einer relativ stabilen Produktionsstruktur der bilanzierten Betriebe ausgehen kann.

Jahr	Einheit	LN	Acker	Getr	GetrFF	Mais	Raps	Andere AK	Feldf	Dgl	Sonstige	Futterfläche
2006	ha	116,11	55,15	22,84	7,29	13,92	5,87	2,91	9,61	60,79	0,17	91,73
2007	ha	116,40	55,60	22,03	7,30	14,39	6,39	3,15	9,63	60,77	0,03	91,60
2008	ha	118,40	59,83	25,70	9,92	16,70	5,54	0,43	11,46	58,48	0,09	94,43
2009	ha	120,92	58,84	26,16	9,44	17,74	5,11	0,00	9,83	62,04	0,06	96,12
2010	ha	124,53	60,85	25,56	8,37	17,54	6,65	0,98	10,12	63,50	0,19	98,41
2011	ha	124,84	60,71	25,42	8,40	18,24	5,81	0,00	11,23	64,05	0,08	101,29
MW 06-11	ha	120,57	58,86	24,62	8,45	16,42	5,89	1,50	10,42	61,61	0,10	95,60
MW 06-11	%	100%	48,8%	20,4%	7,0%	13,6%	4,9%	1,2%	8,6%	51,1%	0,1%	79,3%

Tab. 3.2: Die Anbauflächen der TEPagro-Betriebe

Dennoch gab es im TEPagro-Projekt auch Unterschiede zu den vorigen Projekten: Insbesondere die gesamte LN pro Betrieb hat, wie aus Abb. 3.3 ersichtlich ist, in den genannten Projektzeiträumen stetig zugenommen. Von im Schnitt 96 ha pro Betrieb im Projekt Bio80 ist man mittlerweile auf durchschnittlich 121 ha LN pro Betrieb gestiegen. Dies ist eine Zunahme im Schnitt von 1 ha pro Betrieb gegenüber dem NEBplus-Projekt, wobei der jährliche Maximalwert aus dem TEPagro-Projekt mit 125 LN um 2 ha höher liegt als beim entsprechenden NEBplus-Wert. Als Fazit kann man sagen, dass die Flächen im Projektzeitraum weiter zugenommen haben, dass aber die Zunahme in der TEPagro-Periode deutlich geringer war als in der NEBplus-Periode.

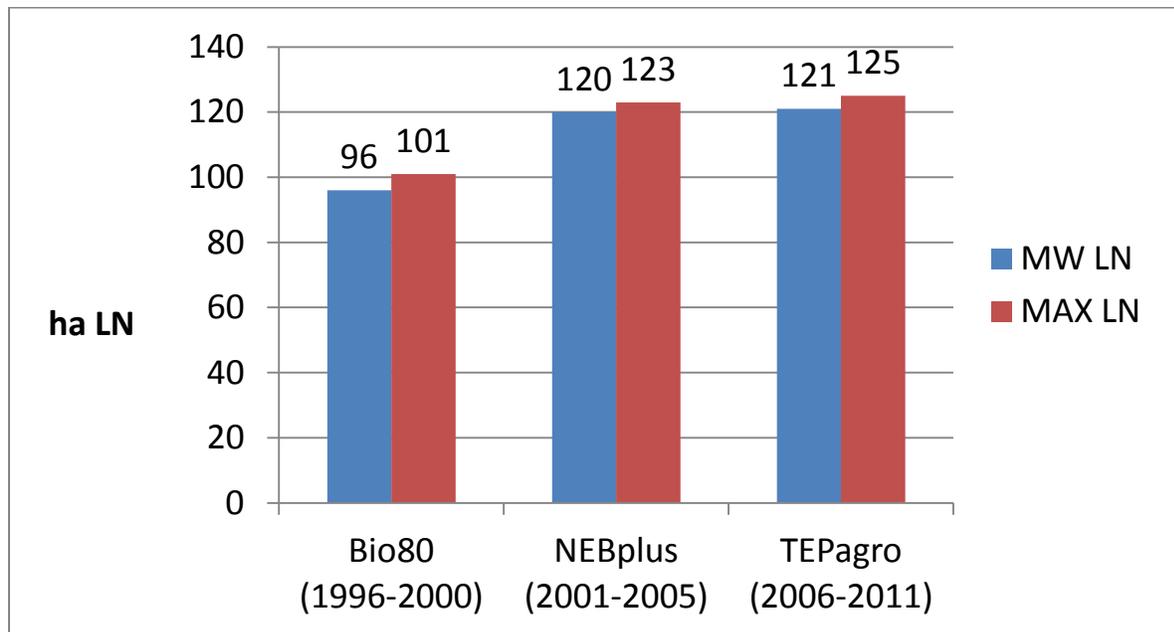


Abb.3.3: Landwirtschaftliche Nutzfläche der TEPagro-Betriebe im Vergleich zu den Zahlen vorheriger Projekte

3.2.2) Der Viehbesatz und die Produktionsausrichtung

Zur Bewertung des Viehbesatzes der Betriebe wurden verschiedene Kennzahlen herangezogen. Neben dem GVE-Schlüssel der ASTA wurden auch die Düngeeinheiten pro ha (1 DE = 85 kg ausgeschiedener organischer Stickstoff) und ein GVE-Schlüssel nach Lebendgewicht (1 GVE = 500 kg LG) berücksichtigt. Letzterer Schlüssel wurde herangezogen, da dieser erlaubt, entgegen dem Schlüssel von der ASTA, auch die Schweine und andere Tierarten in die Bewertung mit einzubeziehen. Außerdem erlaubt dieser Schlüssel eine bessere Vergleichbarkeit mit Daten vergangener Jahre. Aus Tab. 3.3 geht hervor, dass im Schnitt aller Betriebe über die 6 Projektjahre ein Viehbesatz nach ASTA von 1,16 GVE/ha bzw. 1,17 DE/ha vorhanden war: Dies entspricht eine N-Ausscheidung in Höhe von rund 100 kg N_{org}/ha.

Jahr	GVE500/ha	DE/ha	Norg/ha	GVEASTA/ha
2006	1,39	1,07	91	1,05
2007	1,50	1,14	97	1,12
2008	1,54	1,20	102	1,18
2009	1,61	1,25	106	1,24
2010	1,59	1,22	104	1,21
2011	1,51	1,16	99	1,16
MW 06-11	1,52	1,17	100	1,16

Tab. 3.3: Viehbesatz der TEPagro-Betriebe

Wie sich die Zahlen des Viehbesatzes in den Jahren geändert haben, zeigt Abb. 3.4. Es ist eine klare abfallende Tendenz zu erkennen, wobei die Betriebe des TEPagro-Projektes zwischen 7 und 8% weniger Vieh gehalten haben, als die Betriebe im Bio80-Projekt.

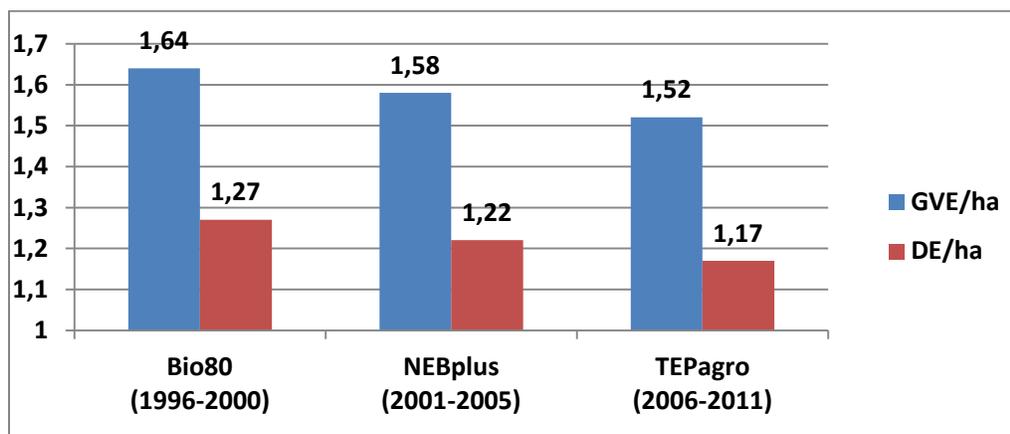


Abb. 3.4: Viehbesatz der TEPagro-Betriebe im Vergleich zu den Zahlen vorheriger Projekte

Die Einteilung der Betriebe nach Produktionsausrichtung (Tab. 3.4) macht deutlich, dass der Schwerpunkt der ausgewerteten TEPagro-Betriebe eindeutig auf der Milchproduktion liegt. Die reinen Fleischrinderbetriebe sind eine Minderheit, genauso wie Gemischtbetriebe mit Schweinen. Es gibt allerdings wie in den vergangenen Projekten eine Reihe von Betrieben die neben der Milchproduktion auch Fleischrinderhaltung betreiben. Ein Teil davon mästet lediglich Bullen neben der Milchproduktion, andere halten auch Mutterkühe. Letztere Gruppe wurde weiter unterteilt in Betriebe mit unterschiedlichem Produktionsschwerpunkt (Milch, Fleisch oder keinen Schwerpunkt). Abb. 3.5 gibt die Zahlen der Betriebe nach Produktionsausrichtung in Prozent wieder.

Produktionsausrichtung	Kürzel	Anzahl
Reine Fleischrinderbetriebe	FR	7
Milchvieh und Mastbullen	MiB	11
Reine Milchviehbetriebe	MiK	20
Gemischtbetriebe mit Schwerpunkt auf Milchviehhaltung	MiK>FR	5
Gemischtbetriebe ohne Schwerpunkt	MiK=FR	11
Gemischtbetriebe mit Schwerpunkt auf Fleischrinderhaltung	MiK<FR	11
Gemischtbetriebe mit Schweinen	S	6
Summe	-	71

Tab. 3.4: Die Produktionsausrichtung der ausgewerteten TEPagro-Betriebe

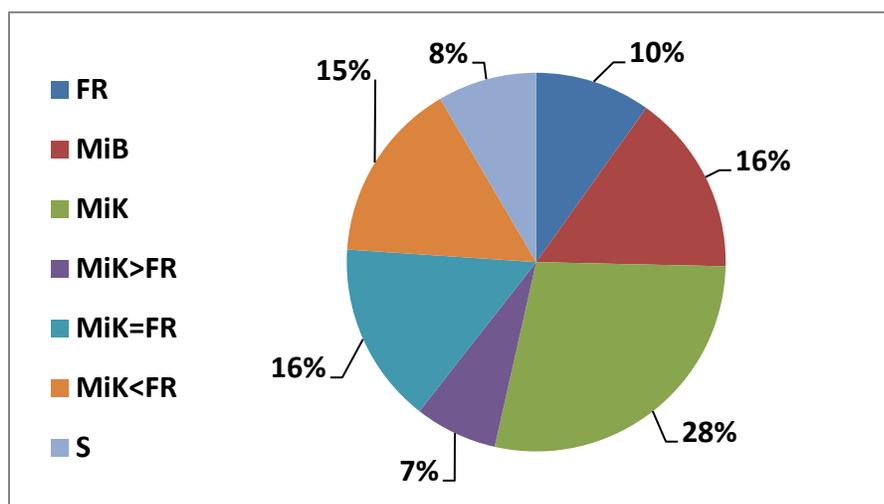


Abb. 3.5: Die Produktionsausrichtung der ausgewerteten TEPagro-Betriebe in %

Eine letzte Bemerkung verdient die Anzahl der Betriebe, die eine Biogasanlage besitzen bzw. an einer Biogasanlage angeschlossen sind. Von den 71 ausgewerteten Betrieben waren 9 an einer Biogasanlage (interne oder externe) angeschlossen. Das ergibt einen Prozentsatz von knapp 13% und macht deutlich, dass mittlerweile die Energieproduktion ein fester Bestandteil der TEPagro-Betriebe geworden ist.

3.2.3) Kennzahlen der Milchproduktion

Da der Schwerpunkt der TEPagro-Betriebe auf der Milchproduktion liegt, verdient diese eine besondere Betrachtung. Die Zahlen der Milchproduktion der TEPagro-Betriebe (Tab. 3.5) besagen, dass im Schnitt aller Betriebe und Jahre eine Milchquote pro Betrieb von knapp 450.000 l gemolken wurde bei einer Gesamtleistung pro Kuh von ca. 7.400 l und einer durchschnittlichen Anzahl von Kühen pro Betrieb von 60 Stück. Bemerkenswert ist die stetige Verbesserung der Grundfutterleistung in den 6 Projektjahren von 38 auf 45% der Gesamtleistung.

Jahr	Anzahl	Quote	kg Milch je Kuh	GFL	GFL %	kg KfjeMikTag	kg KfjekgMilch	dt KfjeBetrieb
2006	54	399.251	7.364	2.823	38%	6,22	0,308	1.231
2007	56	408.904	7.349	2.807	38%	6,22	0,309	1.263
2008	59	432.429	7.309	2.870	39%	6,08	0,304	1.313
2009	63	461.288	7.298	3.074	42%	5,79	0,289	1.335
2010	64	482.252	7.521	3.297	44%	5,79	0,281	1.354
2011	64	484.127	7.529	3.362	45%	5,71	0,277	1.340
MW 06-11	60	444.709	7.398	3.052	41%	5,95	0,294	1.306

Tab. 3.5: Kennzahlen der Milchproduktion der TEPagro-Betriebe

Im Vergleich zu den Resultaten vergangener Projekte weisen die TEPagro-Zahlen eine deutlich höhere Milchquote und auch 25% mehr Milchkühe pro Betrieb auf als im Projekt Bio80 (Abb. 3.6). Bemerkenswert ist aber auch, dass die Gesamtleistung pro Kuh im TEPagro-Projekt gegenüber dem NEB-Projekt nicht gestiegen ist, sondern etwas rückläufig war. Wahrscheinlich hängt das mit der Tatsache zusammen, dass der Zwang, mehr Quote zu melken mit deutlich mehr Kühen erzielt wurde, die aber nicht zwingend eine bessere Genetik aufweisen.

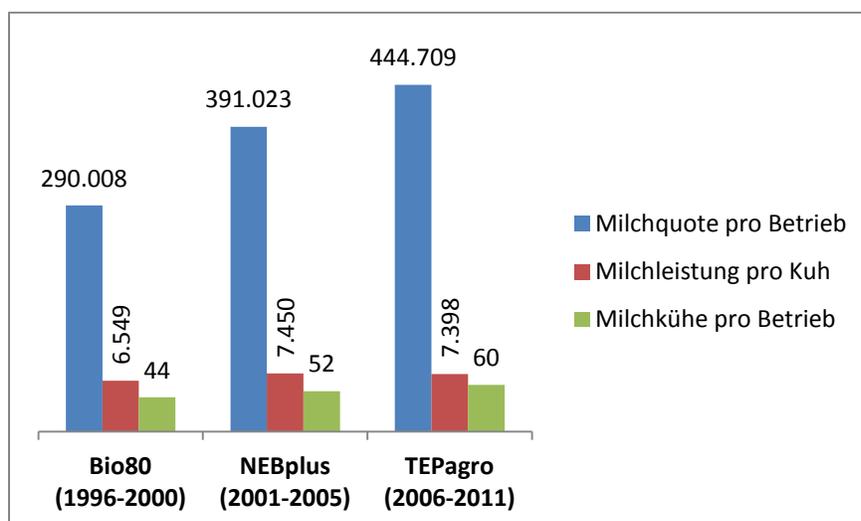


Abb. 3.6: Vergleich von Schlüsselkennzahlen der Milchproduktion von TEPagro-Betrieben mit den entsprechenden Zahlen aus vorherigen Projekten

3.3) Nährstoffbilanzierungen

3.3.1) Stickstoff

Die TEPagro-Betriebe haben im Schnitt der Jahre 2006-2011 einen N-Saldo von 111 kg/ha gehabt. Innerhalb der einzelnen Jahre gab es dennoch erhebliche Schwankungen im Hinblick auf das Zustandekommen des N-Überschusses (Tab. 3.6). Das Erste Jahr (2006) war in dieser Hinsicht besonders günstig, dann gab es einen Rückschlag im Jahr 2007 gefolgt von 3 Jahren mit abfallendem N-Überschuss. Schließlich im Jahr 2011 war das Ergebnis wieder schlechter, dies wohl als Folge schlechter Witterung (Trockenheit). Die Schwankungen im Betriebsoutput waren vergleichsweise gering, dagegen folgen die Schwankungen im Input ziemlich genau denen des N-Saldos.

	N-Input	N-Output	N-Saldo
2006	155,5	57,3	98,1
2007	175,4	55,4	120,0
2008	166,0	55,4	110,7
2009	169,2	60,0	109,2
2010	163,9	58,9	104,9
2011	180,5	57,8	122,7
MW 06-11	168,6	57,5	111,1

Tab. 3.6: N-Saldo der TEPagro-Betriebe

Was den Stofffluss angeht (Abb. 3.7), kann gesagt werden, dass die drei Posten Mineraldünger, Kraftfutter<30XP und Eiweisskonzentrat über 90% des N-Inputs ausmachen, davon zwei Drittel alleine die Mineraldünger. Dagegen verteilt sich der Stickstoff im Output über mehrere Posten, an erster Stelle die Marktfrüchte, gefolgt von der Milch, vom Rindfleisch und vom Export organischer Dünger. Diese Zahlen weichen nicht wesentlich von denen der vergangenen Projekte ab, es ist dennoch einen Rückgang des Anteils der Mineraldünger im Input zu verzeichnen.

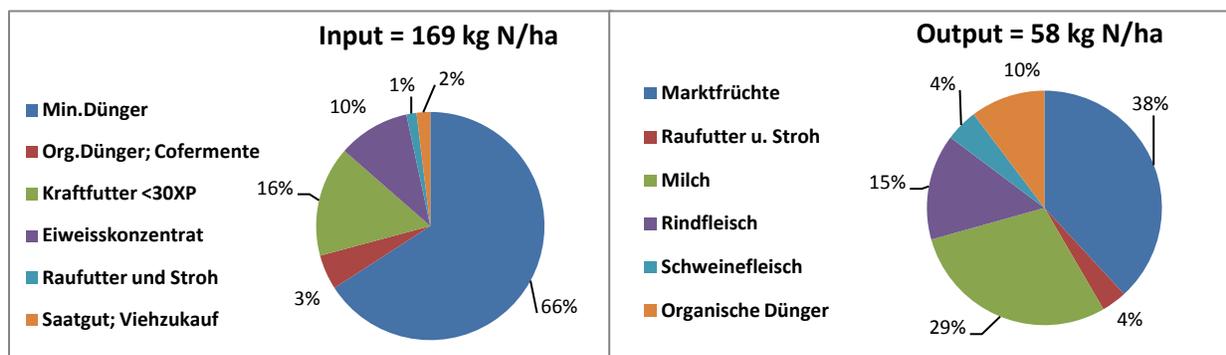


Abb. 3.7: Input- und Outputströme von Stickstoff der TEPagro-Betriebe

Im Vergleich zu den Zahlen vergangener Projekte ist schließlich festzustellen, dass die N-Salden der TEPagro-Betriebe deutlich niedriger liegen als in den Jahren zuvor. Die Tendenz zur Reduzierung der N-Überschüsse hat sich auch im TEPagro-Projekt bestätigt. Wie Abb. 3.8 zeigt, liegt nicht nur der N-Saldo der TEPagro-Betriebe 12 kg/ha niedriger als im Schnitt des NEB-Projektes, sondern der Abstand zum Soll der N-Bilanz (die Obergrenze) hat sich um 10 kg reduziert und liegt zurzeit 22 kg niedriger als zu der Zeit des Bio80-Projekts.

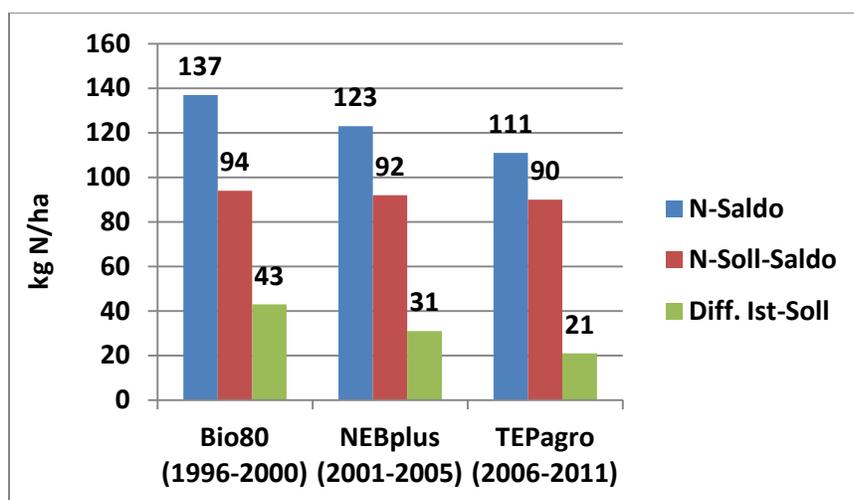


Abb. 3.8: N-Saldo der TEPagro-Betriebe im Vergleich zum N-Saldo in vorigen Projekten

3.3.2) Phosphor und Kalium

Im Schnitt aller Jahre wiesen die TEPagro-Betriebe einen P-Überschuss von 6,4 kg/ha; Der entsprechende K-Überschuss betrug im selben Zeitraum 10,7 kg/ha (Tab. 3.7). Im Vergleich zu den Zahlen der N-Bilanz waren bei beiden Bilanzen die Schwankungen eher gering. Man kann davon ausgehen, dass in der nächsten Zukunft diese Zahlen relativ konstant bleiben werden, da nur selten in großen Mengen mineralisch mit P und K gedüngt wird.

	P-Input	P-Output	P-Saldo	K-Input	K-Output	K-Saldo
2006	34,1	25,9	8,2	34,6	23,9	10,8
2007	36,3	25,1	11,2	38,0	22,7	15,3
2008	30,9	24,8	6,1	35,3	21,8	13,5
2009	30,4	27,2	3,2	29,9	22,5	7,4
2010	31,9	26,9	5,1	26,1	22,2	3,9
2011	31,1	26,3	4,8	35,5	21,8	13,7
MW 06-11	32,4	26,0	6,4	33,1	22,5	10,7

Tab. 3.7: P- und K-Saldo der TEPagro-Betriebe

In der Tat ist aus Abb. 3.9 ableitbar, dass der Input an Mineraldüngern nur noch 23% beim Phosphor und sogar 15% bei Kalium ausmacht. Der größte Teil des Inputs in die Betriebe an P und K erfolgt mittlerweile über Futter (Ausgleichsfutter bzw. Eiweißkonzentrat oder auch Mineralien im Fall von P) oder über organische Dünger. Dieser Posten hat an Bedeutung zugenommen, seitdem die Biogasproduktion an Gewicht gewonnen hat. Das Ergebnis ist, dass viel größere Massen organischer Stoffe (organische Dünger aber auch Cofermente) in die und aus den Betrieben fließen. Letztere Stoffe spielen aus demselben Grund auch im Output eine wichtige Rolle. Im Output unterscheiden sich auch Phosphor und Kalium erheblich: Im Fall vom Kalium spielt der Export an Raufutter neben dem organischen Dünger eine herausragende Rolle, während im Fall vom Phosphor der Export von Rind- und Schweinefleisch von großer Bedeutung ist. Milch und Marktfrüchte sind bei beiden Nährstoffen als Exportquellen wichtig.

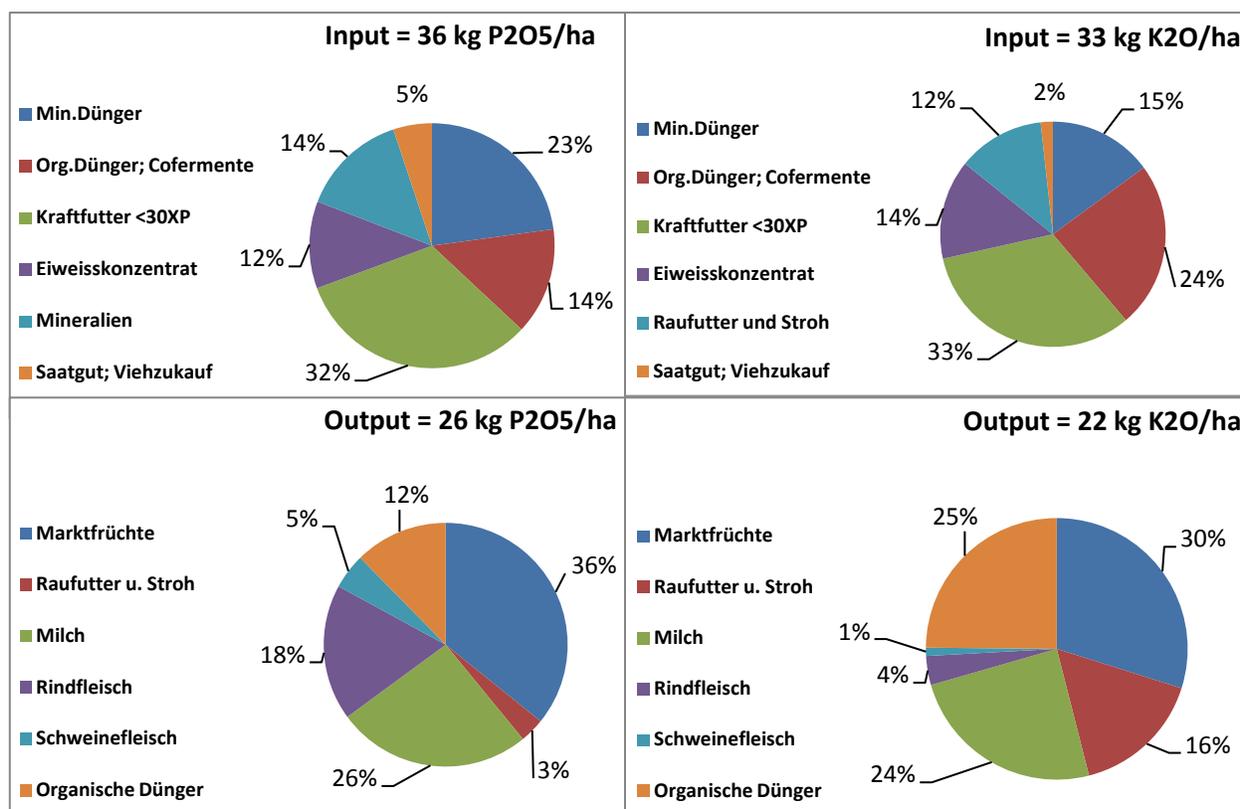


Abb. 3.9: Input- und Outputströme von Phosphor und Kalium der TEPagro-Betriebe

Wie schon in den Abschlussberichten der Bio80- und NEBplus-Projekte betont, sind die P- und K-Bilanzen in Abhängigkeit vom mittleren Bodengehalt der bilanzierten Betriebe zu beurteilen. Im Schnitt der Jahre 2006-2011 konnte ein mittlerer Bodengehalt von **15,5 mg P** und von **17,6 mg K** festgestellt werden. Dies entspricht der Versorgungsstufe C (optimaler Bodengehalt) nach VDLUFA, der für beide Nährstoffe die optimale Spannweite zwischen 12 und 20 mg ansetzt. Somit sind für den durchschnittlichen TEPagro-Betrieb die Zielintervalle von ± 5 kg P_2O_5 /ha bzw. ± 20 kg K_2O /ha anstrengenswert. Gemessen an diesen Zielintervallen ist der mittlere P-Saldo der TEPagro-Betriebe nur geringfügig höher als das Maximum und bei Kalium deutlich in der Toleranz. Dies bedeutet, dass mittlerweile die Betriebe weitgehend nachhaltig mit diesen beiden Nährstoffen umgehen. Erfreulich ist auch die Tatsache, dass sich die mittleren Bodengehalte der ausgewerteten Betriebe nach einer langanhaltenden abfallenden Phase stabilisiert haben bzw. leicht gestiegen sind (Abb. 3.10). Besonders in den Jahren 2010 und 2011 waren die P- und K-Bodengehalte spürbar höher, als in den Jahren davor. Sehr wahrscheinlich war die Übernahme von Fläche aus Betrieben, die ihre Produktion aufgegeben haben mit verantwortlich für diesen Sachverhalt. Auf jeden Fall sind die Bodengehalte an P und K weiterhin in einem komfortablen optimalen Bereich, so dass auch in der Zukunft dieselben Zielintervalle für die P- und K-Bilanz angesetzt werden können.

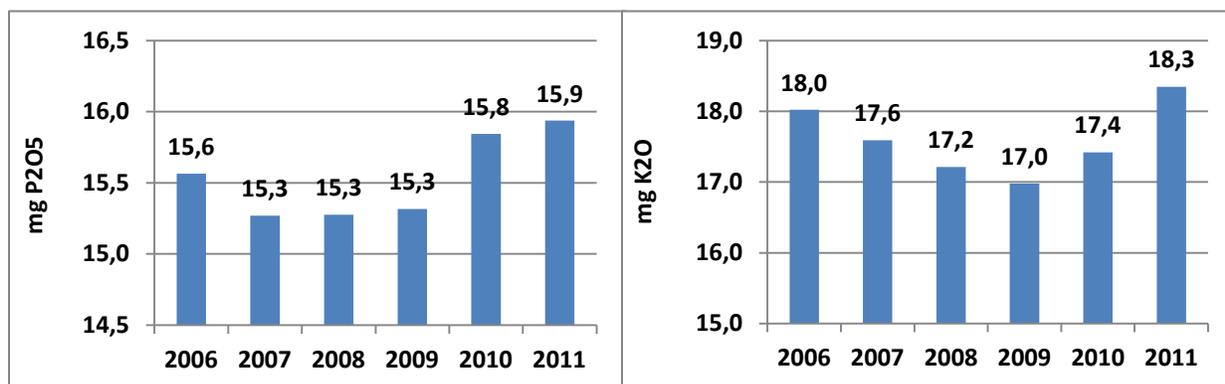


Abb. 3.10: Mittlere Bodengehalte an P und K der TEPagro-Betriebe im Projektzeitraum

Im Vergleich zu Zahlen der vorherigen Projekte ist die abfallende Tendenz sowohl in der P- als auch in der K-Bilanz eindeutig festzustellen (Abb. 3.11). Wenn die Ergebnisse des Bio80-Projektes als Maß genommen werden, dann haben sich die TEPagro-Salden im Vergleich dazu auf ein Viertel im Fall von P und auf weniger als die Hälfte im Fall von K reduziert. Beim Gleichbleiben vom Viehbesatz werden sich die P –und K-Salden in der Zukunft auf einem im Vergleich zum TEPagro-Projekt ähnlichen Niveau einpendeln, das mittlerweile als nachhaltig bezeichnet werden kann.

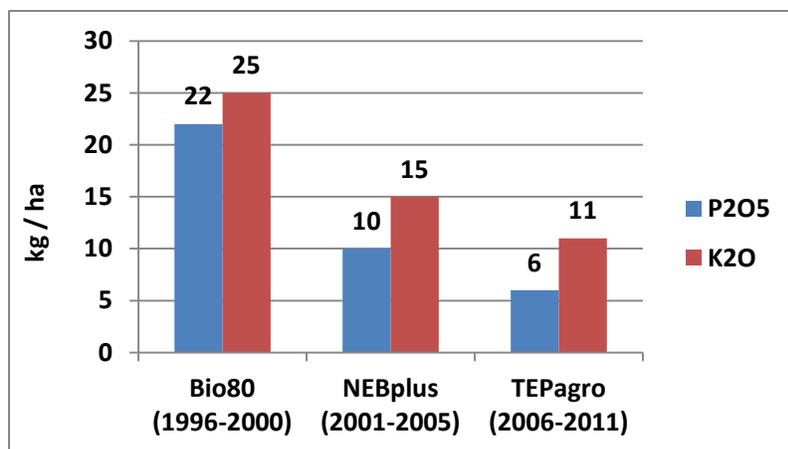


Abb. 3.11: P und K-Saldo der TEPagro-Betriebe im Vergleich zur P- und K-Bilanz in vorherigen Projekten

3.3.3) Schwefel, Calcium, Magnesium

Die Nährstoffsalden der S-, Ca- und Mg-Bilanzen waren für die TEPagro-Betriebe allesamt positiv (Tab. 3.8). Mit Ausnahme vom Schwefel unterlagen die Salden für Ca und Mg im Projektzeitraum erheblichen Schwankungen. Besonders in den letzten zwei Projektjahren haben die Salden dieser Nährstoffe deutlich zugenommen.

	S	Ca	Mg
2006	9,2	93,9	15,2
2007	8,6	79,3	10,0
2008	8,0	84,6	15,6
2009	7,0	80,9	14,1
2010	8,7	114,8	16,8
2011	9,6	104,7	19,4
MW 06-11	8,5	93,5	15,3

Tab. 3.8: Nährstoffsalden der S-, Ca- und Mg-Bilanzen der TEPagro-Betriebe

Dabei ist festzustellen, dass auch die mittleren Boden-pH-Werte und die Mg-Bodengehalte der TEPagro-Betriebe in der Projektzeit Unterschiede aufgewiesen haben (Abb. 3.12). Auffällig ist, dass die pH-Werte in den letzten beiden Projektjahren niedriger waren als zuvor. Das könnte eine erhöhte Kalkung als Folge gehabt haben und dadurch auch erhöhte Ca- und Mg-Salden. Desweiteren ist festzustellen, dass die Mg-Bodengehalte sehr hoch sind, vor allem in den Jahren 2010 und 2011. Man sollte eine systematische Kalkung mit Mg-armen Kalkdüngern in Erwägung ziehen, um eine weitere, möglicherweise für das Nährstoffgleichgewicht schädigende Anhebung des Mg-Bodengehaltes zu vermeiden.

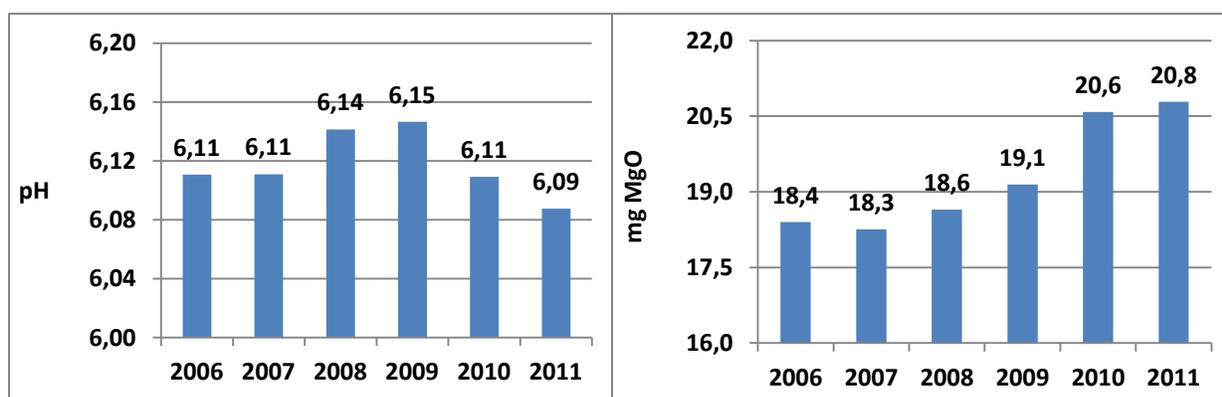


Abb. 3.12: Mittlerer Bodengehalt an Mg sowie mittlerer Boden-pH-Wert der TEPagro-Betriebe im Projektzeitraum

Im Vergleich zu den vorherigen Projekten (Abb. 3.13) ist festzustellen, dass die Salden an S, Ca und Mg der TEPagro-Betriebe leicht zugenommen haben. Bei S könnte dies das Ergebnis eines vermehrten Anbaus an Raps, das notwendigerweise die Düngung mit schwefelhaltigen N-Düngern mit sich bringt. Im Fall von Ca und Mg bedingt die Notwendigkeit der Kalkung auch höhere Salden. Im Fall von Ca ist das zu begrüßen, im Fall von Mg gelten die Ausführungen wie weiter oben.

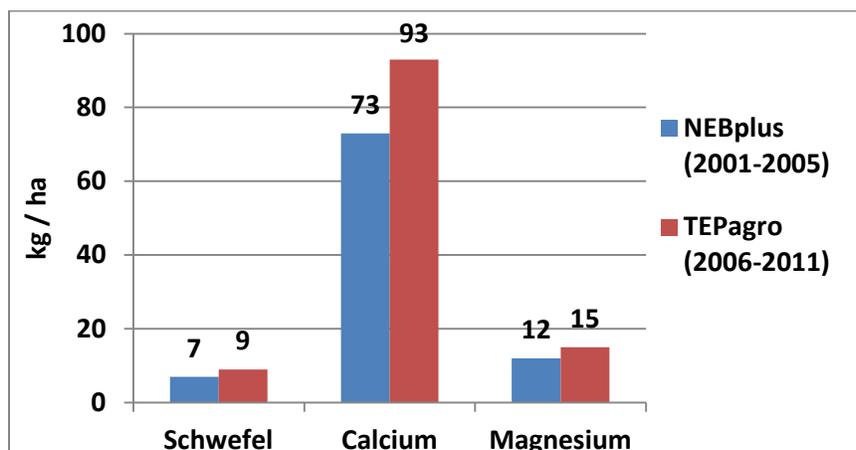


Abb. 3.13: S-, Ca- und Mg-Saldo der TEPagro-Betriebe im Vergleich zu den gleichen Bilanzen in vorigen Projekten

3.3.4) Schlussfolgerungen aus der Nährstoffbilanzierung

Die N-Salden der TEPagro-Betriebe haben ein Tief gegenüber den vorangegangenen Projekten Bio80 und NEBplus erfahren. Der mittlere N-Saldo im TEPagro-Projekt liegt fast ein dt KAS/ha niedriger als im Schnitt der Bio80-Betriebe.

Diese gewaltige Reduzierung der N-Überschüsse kann nicht oder nicht alleine über die Erhöhung der KAS-Preise erklärt werden, zumal diese Preise erhebliche Schwankungen im Projektzeitraum erfahren haben. Hier ist das Wirken einer Betriebsberatung, die sich systematisch für die Optimierung des Betriebsmitteleinsatzes eingesetzt hat, unverkennbar.

Auch die P- und K-Salden haben sich in der TEPagro-Projektzeit weiter reduziert. Mittlerweile sind diese Salden entweder vollnachhaltig (Kalium) oder an der Schwelle zur Nachhaltigkeit angelangt. Auch dies ist als Ergebnis einer gezielten Beratung zu deuten.

Die Entwicklung der Bodengehalte von P und K im Boden ist zufriedenstellend. Trotz abfallender Salden sind die Bodengehalte an P und K der TEPagro-Betriebe nicht ins bodenlose gestürzt, sondern haben sich sogar leicht erhöht. Für die Zukunft kann demnach der aktuelle Beratungskurs in diesem Bereich aufrechterhalten werden.

Die Salden an Schwefel, Calcium und Magnesium haben im Projektzeitraum im Vergleich zur Vergangenheit leicht zugenommen. Maßgeblich an diesem Ergebnis sollen der vermehrte Anbau von Raps bei Schwefel und die Notwendigkeit der Kalkung bei Calcium und Magnesium sein.

Besonders die hohen Mg-Salden geben Anlass zu Bedenken, auch in Anbetracht der hohen Bodenversorgung der TEPagro-Betriebe mit diesem Nährstoff. Für die Zukunft sollte man darauf Acht geben, dass vor allem mit Mg-armen Kalkdüngern die pH-Korrektur der Böden vorgenommen wird. Eine unkontrollierte Erhöhung der Mg-Gehalte könnte Nährstoffungleichgewichte und die Notwendigkeit der Düngung mit anderen Nährstoffen mit sich bringen.

3.4) Energiebilanzierung

3.4.1) Ergebnisse

Die mittlere Energiebilanz der TEPagro-Betriebe ist stark positiv (Tab. 3.9). Die Zahlen des Inputs (fossile Energie der Betriebsmittel und Investitionen) sowie des Outputs (biogene Energie der Produkte) in der Energiebilanz variieren in den Projektjahren eher gering; Dagegen ist der Saldo der Bilanz (Output minus Input) zwischen den Jahren recht unterschiedlich. Besonders in den Jahren 2007 und 2008, wohl infolge ungünstiger Witterungsbedingungen, die geringere Erträge bewirkt haben (siehe Outputzahlen dieser Jahre), waren die Ergebnisse nicht gut. Die Trockenheit hat auch bewirkt, dass mehr Futter zugekauft werden musste und 2007 und 2008 sind auch die Jahre, in denen der Energieinput am höchsten war. Darauf folgte aber eine starke Erholung und 2010 konnten die TEPagro-Betriebe das beste Ergebnis des ganzen Projektes einfahren.

Jahr	Input (Fossil)	Output (Biogen)	Output-Input
2006	30,5	40,2	9,8
2007	32,8	37,0	4,3
2008	33,2	37,1	3,9
2009	32,6	40,9	8,3
2010	31,0	42,5	11,4
2011	31,6	41,2	9,6
MW 06-11	31,9	39,9	8,0

Tab. 3.9: Energiebilanz in GJ/ha der TEPagro-Betriebe

Zum Input an fossiler Energie tragen verschiedene Betriebsmittel in bedeutendem Umfang bei. Am stärksten wirken die Futtermittel, gefolgt von Diesel, Dünger und Strom (Abb. 3.14). Auch die Investitionen spielen dabei eine bedeutende Rolle. Im Output dagegen dominiert der Anteil der Marktfrüchte mit 50% des gesamten Energieexports. Bedeutende Anteile haben auch die Milch, das Fleisch und der Biogasstrom. Hier ist festzustellen, dass sich der Anteil an Biogasstrom am Gesamtoutput gegenüber dem NEB-Projekt nahezu verdoppelt hat.

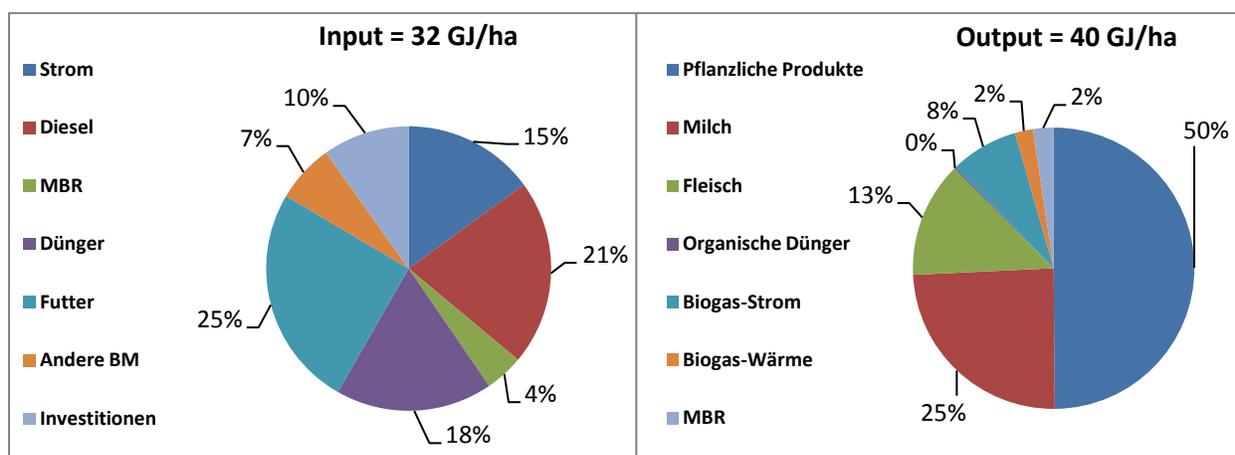


Abb. 3.14: Input- und Outputströme der Energiebilanz der TEPagro-Betriebe

Aus dem Vergleich zu den vorherigen Projekten (Abb. 3.15) fällt auf, dass die Zahlen der Energiebilanz gegenüber der NEBplus-Periode unverändert geblieben sind. Gegenüber dem erwarteten Ergebnis (Soll-Saldo) bleiben die Betriebe nach wie vor etwas zurück. Dieser Sachverhalt lässt sich dadurch erklären, dass die Ausdehnung der Biogasproduktion im TEPagro-Projekt vor allem über die Vergärung interner Co-Fermente erfolgt ist. Bei der Vergärung interner Co-Fermente muss berücksichtigt werden, dass nicht immer die Erweiterung der Anbauflächen zwecks Biogaserzeugung gewinnbringend realisiert werden kann. Wenn zum Beispiel Silomais anstelle von Verkaufsgetreide vergoren wird, werden bis zu zwei Drittel der Energie vom Silomais aus dem Betrieb nicht mehr exportiert, und ein Teil des Gewinns über den Biogasstrom wird über den mangelnden Export zunichte gemacht.

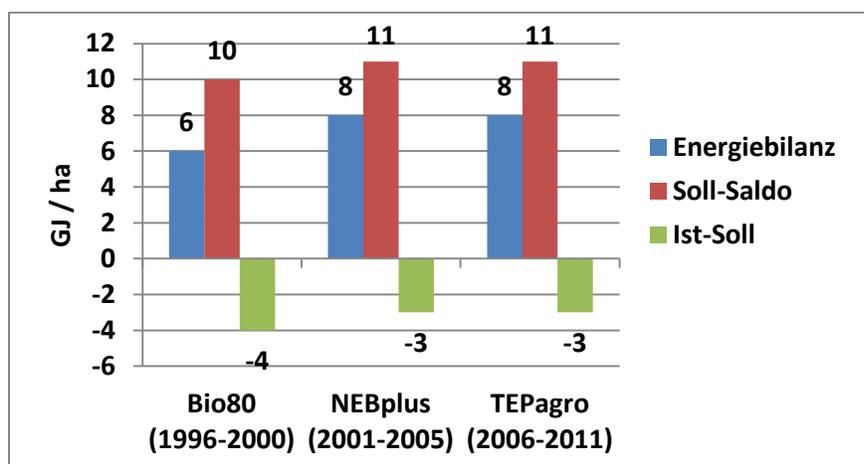


Abb. 3.15: Energiebilanz der TEPagro-Betriebe im Vergleich mit den Resultaten aus vorherigen Projekten

3.4.2) Schlussfolgerungen

Die Energiebilanz der TEPagro-Betriebe weist einen deutlichen Gewinn auf, bleibt aber etwas hinter den Erwartungen.

Der Beitrag des Biogasstroms ist von großer Bedeutung und beträgt mittlerweile zusammen mit der Biogawärme rund 10% des gesamten Energieexports.

Gegenüber den Resultaten des NEB-Projektes verzeichnet man eine Stagnation, weil das Biogas überwiegend aus betriebseigenen Cofermenten erzeugt wurde. Dies erhöht nicht zwingend den Output, da aufgrund der Flächenkonkurrenz weniger Marktfrüchte erzeugt werden. Diesbezüglich müssen künftig Biogasbetriebe aufgeklärt werden.

In der Zukunft wird sich die Beratung zwecks Verbesserung der Energiebilanz neben der Optimierung von Futtermittel- und Düngemittleinsatz auch auf die Optimierung vom Einsatz an Diesel und Strom (letzterer vor allem in der Milchproduktion) konzentrieren. Diesbezüglich wird man anhand von Checklisten vorgehen, ähnlich wie in anderen Nachbarländern.

3.5) Futterautarkie

Die hier dargestellten Ergebnisse der Futterautarkie sind, zwecks Vergleichbarkeit mit den Zahlen der Vergangenheit, ohne Rücksicht auf die Zusammensetzung der Herden (Milch und Fleischrinder) der ausgewerteten Betriebe. Eine detailliertere Betrachtung der Futterautarkiezahlen besonders der Milchviehherden gegliedert nach Betriebstyp ist im Kapitel „Fiche technico-économique“ zu finden.

3.5.1) Ergebnisse

Im Projektzeitraum weisen die TEPagro-Betriebe durchschnittliche Autarkiegrade von 85% in der Trockensubstanz, 78% in der Energie und 57% im Rohproteinbereich auf (Tab. 3.10). Vor allem die Energiewerte spiegeln in ihrem Ablauf die Einflüsse der Witterung. Die Jahre mit der niedrigeren Futtermittelautarkie im Bereich Energie waren nämlich 2007 und 2008 sowie 2011, analog zu den Beobachtungen in der Energiebilanz. Schlechte Erträge bedingen einen erhöhten Import an Zukauffuttermitteln. Beim Rohprotein dagegen spiegelt die Reihenfolge der jährlichen Ergebnisse eher den Trend der Grundfutterleistung (siehe Abschnitt 3.2.3), die in den späteren Projektjahren stetig zugenommen hat.

	TS-Aufnahme	TS-Zukauf	TS-Eigenprod	TS-Autarkie
2006	83	12	71	86%
2007	85	13	72	85%
2008	84	13	72	85%
2009	87	12	74	86%
2010	83	12	71	86%
2011	80	13	67	84%
MW 06-11	83	12	71	85%
	VEM-Bedarf	VEM-Zukauf	VEM-Eigenprod	VEM-Autarkie
2006	5.824	1.280	4.544	78%
2007	5.999	1.354	4.645	77%
2008	5.910	1.336	4.574	77%
2009	6.064	1.326	4.738	78%
2010	5.862	1.254	4.608	79%
2011	5.830	1.320	4.510	77%
MW 06-11	5.913	1.311	4.602	78%
	RP-Bedarf	RP-Zukauf	RP-Eigenprod	RP-Autarkie
2006	714	310	403	57%
2007	737	320	417	57%
2008	728	328	399	55%
2009	756	311	445	59%
2010	732	300	432	59%
2011	732	303	429	59%
MW 06-11	733	312	421	57%

Tab. 3.10: Futtermittelautarkie der TEPagro-Betriebe

Verglichen mit den Ergebnissen aus dem NEBplus-Projekt (Abb. 3.16) sind die Zahlen der Futterautarkie leicht schlechter im Trockensubstanzbereich, leicht besser im Energiebereich und zwei Prozentpunkte besser beim Rohprotein. Die Steigerung der Rohproteinautarkie, gekoppelt auch mit hohen Soja- und niedrigen Milchpreisen, hat allerdings als Nebenwirkung ein Rückgang der Leistung pro Milchkuh gehabt (Tab. 3.5).

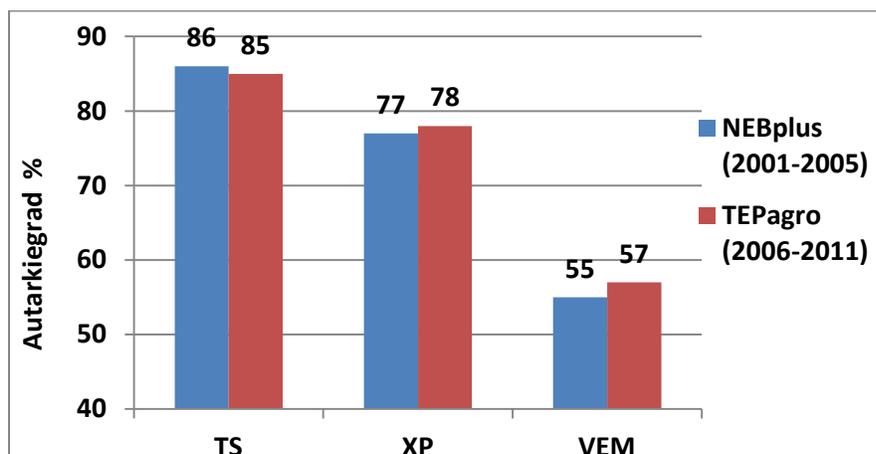


Abb. 3.16: Futterautarkie der TEPagro-Betriebe im Vergleich mit den Resultaten aus vorigen Projekten

3.5.2) Schlussfolgerungen

Die Futterautarkie der TEPagro-Betriebe hat sich vor allem im Energie- und Rohproteinbereich gegenüber der jüngsten Vergangenheit verbessert.

Diese Zahlen paaren sich mit der Steigerung der Grundfutterleistung der Milchkühe im TEP-Projekt sowie mit der Verringerung der Gesamtleistung pro Kuh. Diesen Resultaten sind Einwirkungen der Milchkrise in den Jahren 2008 und 2009 sowie die zwischendurch hohen Sojapreise nicht fremd.

In der Zukunft wird sich die Beratung vermehrt auf Situationen einstellen müssen, die mit einer unstabilen Marktlage der Milch und der Futtermittel einhergeht. Die Futtermitteloptimierung von Kühen, die nicht bis zum letzten Liter Milch gemolken werden, ist eine Herausforderung, die damit verbunden ist. Dies könnte die Zahlen der Futterautarkie weiter verbessern.

3.6) Humusbilanzierung

3.6.1) Ergebnisse

Die Humusbilanz der TEPagro-Betriebe war in allen Projektjahren deutlich positiv (Tab. 3.11). Dabei waren die Ergebnisse innerhalb der Jahre eher unterschiedlich: In den ersten zwei Jahren gab es mittlere Ergebnisse, gefolgt von einer Senke in den Jahren 2008 und 2009. Schließlich kletterte die Humusbilanz auf die höchsten Werte in den Jahren 2010 und 2011. Letzteres war vor allem das Ergebnis einer erhöhten organischen Düngung und einer vermehrten Einarbeitung von Stroh und Ernteresten (dies vor allem 2010) als in den Jahren davor.

	ha Ackerfläche	Zehrende Kulturen	Mehrende Kulturen	Erntereste- Stroh	Organische Dünger	Humus- Bilanz	Versor- gungsgrad
2006	54,19	-0,73	0,20	0,10	0,70	0,27	137%
2007	55,02	-0,73	0,21	0,11	0,70	0,29	139%
2008	56,51	-0,77	0,18	0,10	0,70	0,21	127%
2009	57,44	-0,79	0,18	0,10	0,71	0,20	125%
2010	58,03	-0,78	0,19	0,14	0,85	0,40	151%
2011	58,11	-0,75	0,21	0,09	0,77	0,32	143%
MW 06-11	56,55	-0,76	0,19	0,11	0,74	0,28	137%

Tab. 3.11: Humusbilanz der TEPagro-Betriebe

Das mittlere Humusbilanz-Ergebnis des TEPagro-Projektes war somit deutlich höher als der entsprechende Wert der Humusbilanz im NEBplus-Projekt. Wahrscheinlich hat zu diesem Ergebnis auch der Einsatz von Gärresten aus Biogasanlage beigetragen. Es wurde bereits erwähnt, dass ca. 13 Prozent der ausgewerteten Betriebe an einer Biogasanlage angeschlossen ist. Über externe Cofermente kommen daher vermehrt organische Stoffe in den Betrieb, die letztendlich zu Biogasgülle werden. Kommt diese Gülle dann auf den Acker, verbessert sich die Humusbilanz.

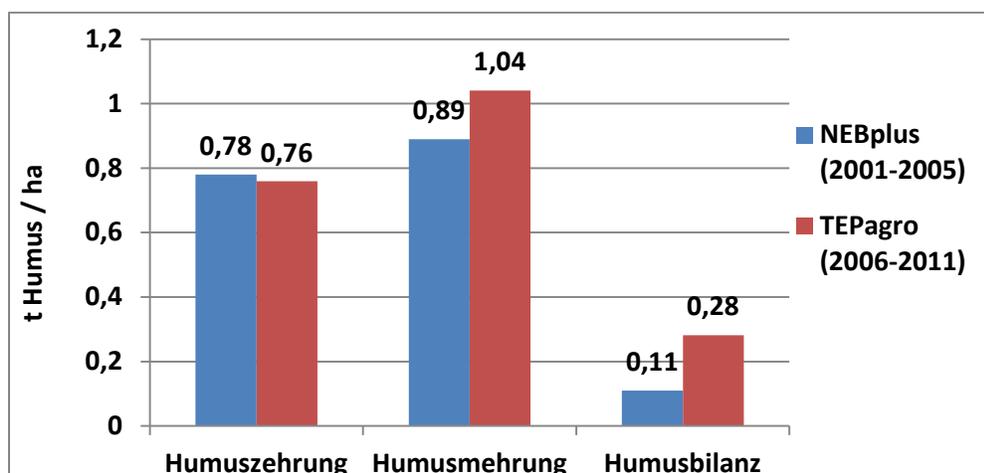


Abb. 3.17: Humusbilanz der TEPagro-Betriebe im Vergleich mit den Resultaten aus vorherigen Projekten

3.6.2) Schlussfolgerungen

Die Humusbilanz der TEPagro-Betriebe ist positiv und gibt zurzeit keinen Anlass zur Besorgnis.

Zur Verbesserung der Humusbilanz gegenüber der Vergangenheit hat sehr wahrscheinlich auch der Einsatz von Biogasgülle beigetragen, die vermehrt über die Vergärung von betriebsexternen Cofermenten zustande kommt.

Ist die Gesamtversorgung mit Humus der Ackerflächen zurzeit auf einem guten Niveau, so kann es dennoch geschehen, dass einzelne Flächen oder Teile von Betrieben eine schlechte Humusversorgung aufweisen: entweder weil Maismonokultur betrieben wird oder weil die Flächen weit liegen und daher keine organische Düngung bekommen. Es ist Aufgabe der Beratung, daran zu arbeiten, dass diese unerwünschten Zustände behoben werden.

3.7) Treibhausgase

Die hier dargestellten Ergebnisse der CO₂-Bilanz sind zwecks Vergleichbarkeit mit den Zahlen der Vergangenheit ohne Rücksicht auf die unterschiedlichen Produktionsparten der Betriebe. Eine detailliertere Betrachtung der Netto-Emissionen einzelner Sparten (Milch, Rindfleisch, Markfruchtbau, Energiepflanzenbau und Schweinehaltung) sowohl flächen- als auch produktbezogen befindet sich im Abschnitt „Lebenszyklusanalyse landwirtschaftlicher Produkte“.

3.7.1) Ergebnisse

Im Schnitt haben die TEPagro-Betriebe im Zeitraum 2006-2011 netto 7,4 t CO₂-Äquivalente pro ha ausgestoßen (Tab. 3.12). Es fällt auf, dass die Ergebnisse 2010 und 2011 von denen der vorherigen Jahre abweichen: Die CO₂-Bilanz der ausgewerteten Betriebe ist nämlich in diesen zwei Jahren deutlich besser. Dies nicht aufgrund niedriger Emissionen, sondern wegen der Zunahme der „carbon credits“, d.h. die Speicherung von Kohlenstoff im Boden (via Mulchsaat oder positive Humusbilanz, letztere war ja in den Jahren 2010 und 2011 sehr hoch, siehe Abschnitt 3.6) oder via Biogasproduktion. Wie mehrmals erwähnt, hat im Projektzeitraum von TEPagro die Biogasproduktion deutlich zugenommen, was zum Gesamtergebnis der „carbon credits“ positiv beigetragen hat. Die meisten Emissionen stammen aus der Tierhaltung, gefolgt von den Betriebsmitteln und dem Pflanzenbau.

	Betriebs- mittel	Tier- haltung	Pflanzen- bau	Emissionen gesamt	Carbon credits	CO ₂ - Bilanz
2006	2,6	3,6	2,0	8,2	0,8	7,4
2007	2,9	3,7	2,2	8,8	1,2	7,6
2008	2,8	3,6	2,3	8,8	0,9	7,8
2009	3,1	3,7	2,4	9,3	1,3	7,9
2010	3,3	3,6	2,4	9,3	2,2	7,1
2011	3,3	3,5	2,2	8,9	2,1	6,8
MW 06-11	3,0	3,6	2,3	8,9	1,4	7,4

Tab. 3.12: CO₂-Bilanz der TEPagro-Betriebe

Vergleicht man die Ergebnisse aus dem Projekt TEPagro mit denen aus dem Projekt NEBplus, so fällt auf, dass sich die CO₂-Bilanz von 8,0 auf 7,4 t CO₂-Äquivalente pro ha verbessert hat. Auch hier sind nicht die Emissionen dafür verantwortlich: Das Gesamtniveau der Emissionen unterscheidet sich kaum zwischen den beiden Projekten. Dagegen hat das Niveau der „carbon credits“ im TEPagro-Projekt deutlich zugenommen, so dass ein erhöhter Anteil an Emissionen über die Kohlenstoffspeicherung abgefangen werden konnte.

Es sei hier noch erwähnt, dass zwecks Vergleichbarkeit der Ergebnisse wurden einige Emissionsposten aus dem NEBplus-Projekt ergänzt (Investitionen) oder anhand von aktuelleren Emissionsfaktoren aus der mittlerweile CONVIS zur Verfügung stehenden ECOINVENT-Datenbank für Emissionen und Lebenszyklusanalisen neu berechnet wurden.

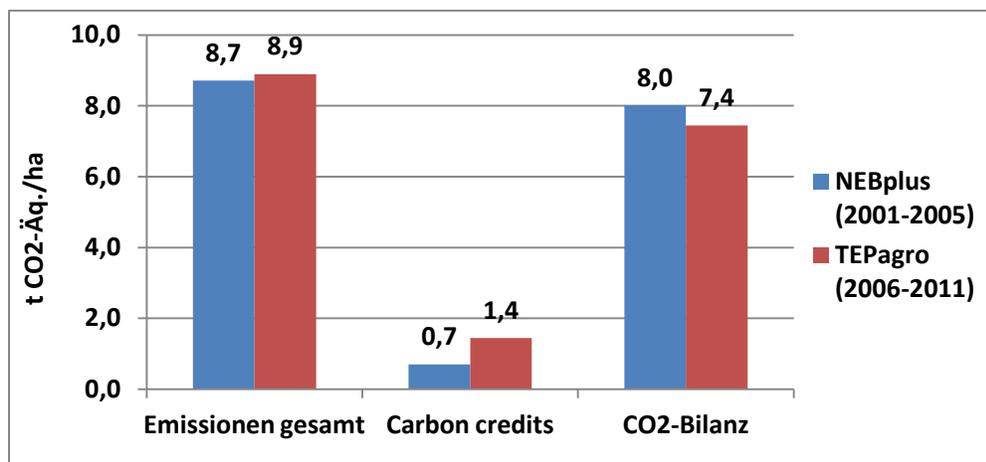


Abb. 3.18: CO₂-Bilanz der TEPagro-Betriebe im Vergleich mit den Resultaten aus vorherigen Projekten

3.7.2) Schlussfolgerungen

Das Niveau der CO₂-Bilanz der TEPagro-Betriebe lag im Projektzeitraum bei 7,4 t CO₂-Äq. pro ha und ist mehr als eine halbe t CO₂-Äq. pro ha niedriger als im NEBplus-Projekt.

Die positive Veränderung ist vor allem das Ergebnis der erhöhten Speicherung von Kohlenstoff im Boden bzw. die Herstellung von regenerativer Energie via Biogas.

Die Optimierung des Betriebsmitteleinsatzes, die erweiterte Anwendung von Mulchsaat-Anbauverfahren sowie der Ausbau der Biogaserzeugung sind die wichtigsten Ansatzpunkte für die Beratung, um künftig die CO₂-Bilanz der TEPagro-Betriebe zu verbessern.

4) Neue Beratungsinhalte

4.1) Fiche technico-économique

Das Hauptziel der Ausarbeitung einer „fiche technico-économique“ (im Folgenden FTE) bestand darin, die produktionstechnischen und ökonomischen Zahlen von ähnlichen Betriebsgruppen miteinander zu vergleichen. Nachdem im Projektverlauf diesbezüglich verschiedene Ansätze getestet wurden, hat man sich bei CONVIS für die Typologisierung nach der Methode vom Institut de l'Élevage entschieden und somit die Betriebe in homogene Gruppen eingeteilt. Im Rahmen von diesem Bericht wurden exemplarisch 4 verschiedene „FTE“ für die Produktionssparte Milch ausgearbeitet. Die 4 Gruppen differenzieren sich hauptsächlich nach

- den Bestandteilen der Futtermittelration der Milchkühe,
- der Intensität der Produktion, ausgedrückt in produzierten kg Milch pro ha Futterfläche,
- dem Viehbesatz in GVE pro ha Futterfläche sowie
- den verbrauchten Mengen an Betriebsmitteln.

Für die Bereiche Betriebskennzahlen, Energie- und Nährstoffbilanzen handelt es sich bei den Durchschnittswerten um einen Schnitt der Jahre 2006-2011. Für die im Rahmen des TEPagro-Projektes neu entwickelten Bereiche, die spartenorientierten LCA-Werte und die Futterautarkie, wurden die Mittelwerte für die Jahre 2008 bis 2011 gerechnet.

Generell sind die hier vorgestellten FTE als Muster für die Betriebsauswertung der Zukunft zu verstehen. In diesem Bericht konnten insbesondere wegen einer noch nicht umgesetzten Spartenaufteilung der Betriebskosten noch keine ökonomischen Zahlen ausgewertet werden. In der Zukunft sollen außerdem neben FTE für die Sparte Milch auch FTE für die Sparte Rindfleisch erstellt werden. Die vier ausarbeiteten FTE befinden sich im Anhang.

4.2) Lebenszyklusanalyse landwirtschaftlicher Produkte

4.2.1) Allgemeines

Eine der wichtigsten Erweiterungen des Beratungsprogramms betraf die Auswertung von Treibhausgasemissionen und Energieverbrauch bei der Herstellung landwirtschaftlicher Produkte. Der Ansatz ist jener der Lebenszyklusanalyse oder Ökobilanz und die Auswertung wird nicht mehr auf Betriebsebene sondern auf Spartenebene durchgeführt. Das bedeutet, wenn man z.B. die Lebenszyklusanalyse der Milchproduktion in einem Betrieb mit mehreren Produktionssparten durchführen will, diese anderen Sparten aus der Analyse ausgeschlossen werden müssen. Um das zu

tun, hat man bei CONVIS Allokationsverfahren definiert, mit denen die Stoffflüsse, die Emissionsquellen und die Carbon credits auf die verschiedenen Produktionsparten der Betriebe aufgeteilt werden. Das Verfahren ist schematisch in Abb. 4.1 dargestellt.

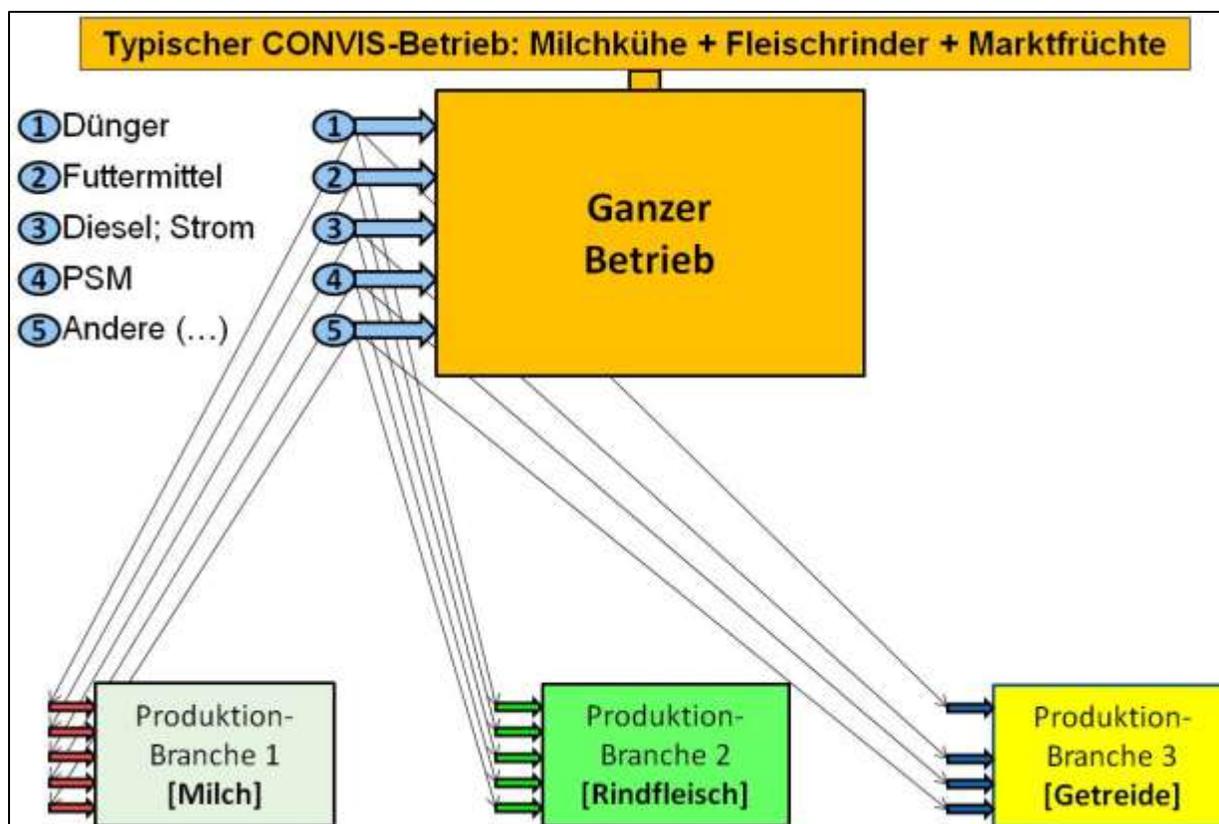


Abb. 4.1: Schematische Darstellung der Spartenaufteilung

Die angewendeten Allokationsverfahren sind unter www.Optenerges.eu (manuel méthodologique „Gaz à effet de serre“) dokumentiert und abrufbar. Die ausgewerteten Produktionsparten waren:

- Milch
- Rindfleisch
- Schweinefleisch
- Marktfruchtbau
- Energiepflanzenbau zur Biogasgewinnung (im Folgenden: Biogas)

Die hier vorgelegten Ergebnisse beziehen sich für alle Sparten auf den Mittelwert von 4 Jahren (2008 bis 2011). Für die Sparten Milch, Rindfleisch und Marktfruchtbau konnte eine relativ große Anzahl an Betrieben ausgewertet werden. Da bei den Sparten Biogas und Schweinefleisch nur eine kleine Zahl an Betrieben über den genannten Zeitraum ausgewertet werden konnte, sind die Ergebnisse für diese zwei

Sparten nicht im selben Umfang wie bei den anderen Sparten aussagekräftig. Die unten aufgeführten Ergebnisse für Biogas- und Schweinesparten dienen daher als Beispiel für die zur Verfügung stehenden Möglichkeiten der Bewertung solcher Produktionsbranchen.

4.2.2) Produktionsintensität der ausgewerteten Produktionsbranchen

Als erster Parameter in der LCA-Auswertung der TEP-Betriebe wird hier die Produktionsintensität aufgeführt. Dieser Parameter ermöglicht es, die Betriebe in Funktion des Mittelwertes einzuordnen in mehr oder weniger intensiv. Als Auswertungsbasis dient hier die branchenspezifische Produktionsfläche. Diese ist für die Branchen Milch, Rindfleisch, Marktfruchtbau und Biogas immer eine eigene Betriebsfläche, im Fall von Schweinefleisch wurden die Branchen als „hor sol“ betrachtet und als Bezugsfläche wurde die gesetzliche Ausbringungsfläche herangezogen (Ausscheidungen der Schweine in kg N durch 170). Als weitere Besonderheit ist die produzierte Menge der Marktfrüchte zu nennen: Es handelt sich um die Getreideeinheit, eine Einheit in der alle Ackererzeugnisse umgewandelt werden können durch einen Schlüssel, der auf dem Energiegehalt eines dt Gerste basiert.

Die Ergebnisse der Produktionsintensität zeigen, dass sich die ausgewerteten Betriebe in Bezug auf die Intensität des Produktionsprozesses erheblich unterscheiden (Tab. 4.2.). Am stärksten sind die Schwankungen beim Rindfleisch, was allerdings durch die Heterogenität der Produktionssysteme zu erklären ist. Diese Branche fasst nämlich geschlossene Betriebe (Mutterkühe und Bullenmast), reine Mastbetriebe und Mutterkuhbetriebe mit Fresserverkauf zusammen. Tab. 4.2 wie die folgenden Tabellen führt auch die Mittelwerte aus dem Projekt Optenerges (Jahre 2008 und 2009) auf. In diesem Projekt war die Auswertungsbasis breiter als die im TEP-Projekt und die Mittelwerte bilden eine gute Vergleichsbasis für die TEP-Betriebe.

Intensität	Einheit	MW 08-11	Max. 08-11	Min. 08-11	Δ % max.	Δ % min.	MW Optenerges	n TEP	n Opt.ges
Milch	kg Milch/ha	6.234	9.943	3.634	159	58	6.230	42	58
Rindfleisch	kg LG Rind/ha	783	3.777	271	482	35	718	35	51
Marktfrucht	dt Getr.Einheit/ha	67	104	33	155	50	71	30	57
Biogas	m3 Biogas/ha	12.257	16.727	8.726	136	71	8.965	4	6
Schwein	kg LG Schwein /ha	4.274	7.269	3.560	170	83	5.468	3	6

Tab. 4.1: Produktionsintensität der TEP-Betriebe

Es ist festzustellen, dass im Bereich Milch und auch in den Bereichen Rindfleisch bzw. Marktfrucht die Produktionsintensität der Betriebe zwischen beiden Projekten sehr ähnlich ist. Unterschiede gibt es im Bereich Biogas und Schweinefleisch, was sich mit der Beschränktheit der Betriebe in Verbindung zu bringen ist.

4.2.3) Treibhausgasemissionen

Die Ergebnisse der branchenspezifischen Treibhausgasemissionen werden sowohl flächenbezogen (Tab. 4.2) als auch produktbezogen dargestellt. Die flächenbezogenen Emissionen beziehen sich auf die Produktionsflächen der einzelnen Branchen mit Ausnahme der Sparte Schwein (siehe Abschnitt 4.2.2). Die Emissionen sind Netto-Emissionen, das heißt, von den Gesamtemissionen wurden die „carbon credits“ (Kohlenstoffbindung über Biogas oder Speicherung im Boden) abgezogen. Verglichen mit den Ergebnissen auf gesamtbetrieblicher Ebene (vgl. Kap. 3.6) sind die CO₂-Bilanzen der Branchen Milch, Rindfleisch und Schweinefleisch höher, die der Sparte Marktfrucht sowie des Energiepflanzenbau zur Biogasgewinnung deutlich niedriger. Bei der Sparte Biogas hat man sogar eine negative CO₂-Bilanz, weil in dieser Branche die „carbon credits“ höher liegen als die Emissionen. In allen Produktionssparten gibt es erhebliche Schwankungen zwischen Minima und Maxima der Ergebnisse.

	Einheit	MW 08-11	Max. 08-11	Min. 08-11	Δ % max.	Δ % min.	MW Optenerges	n TEP	n Opt.ges
Milch	kg CO ₂ -Äq. / ha	9.132	13.828	1.366	151	15	9.267	42	58
Rindfleisch	kg CO ₂ -Äq. / ha	9.927	23.723	4.787	239	48	9.961	35	51
Marktfrucht	kg CO ₂ -Äq. / ha	1.743	4.810	-10.286	276	-590	1.211	30	57
Biogas	kg CO ₂ -Äq. / ha	-13.242	-9.476	-18.069	72	136	-8.289	4	6
Schwein	kg CO ₂ -Äq. / ha	14.755	16.425	11.259	111	76	12.776	3	6

Tab. 4.2: Flächenbezogene CO₂-Bilanz von unterschiedlichen Produktionssparten der TEPagro-Betriebe

Um festzustellen, woher die Unterschiede zwischen den einzelnen Branchen herkommen, ist es hilfreich, sich Abb. 4.2 anzuschauen. Aus dieser Abbildung geht hervor, dass die Branchen mit der höchsten THG-Emission aus der Tierhaltung die Milch- und die Rindfleischsparte sind. Dies hängt wesentlich mit dem Methanausstoß aus dem Pansen der Wiederkäuer zusammen. Weiterhin fällt auf, dass die Schweinebranche extrem intensiv bzgl. des Verbrauchs von Betriebsmitteln ist. Von diesen ist in der Schweinebranche der Posten Futtermittel mit weitem Abstand der wichtigste Verursacher der Emissionen. Die Emissionen der Branche Marktfrucht sind in allen Bereichen am niedrigsten und außerdem bringt diese Produktionssparte es fertig, mehr Kohlenstoffkredite zu akkumulieren als die Tierbranchen, und dies obwohl in dieser Branche der Beitrag des Biogases null ist. Es sind nämlich die Kohlenstoffmengen, die über Mulchsaat angehäuft werden, die dafür verantwortlich sind, dass bei den Marktfrüchten viele „carbon credits“ anfallen. Schließlich ist der Energiepflanzenbau zur Biogasgewinnung zu nennen: Die Emissionen aus den Modulen Betriebsmittel und Pflanzenbau sind sehr hoch, sie werden aber allesamt von den extrem hohen Kohlenstoffmengen wettgemacht, die über das Biogasstrom und über die Biogaswärme akkumuliert werden können.

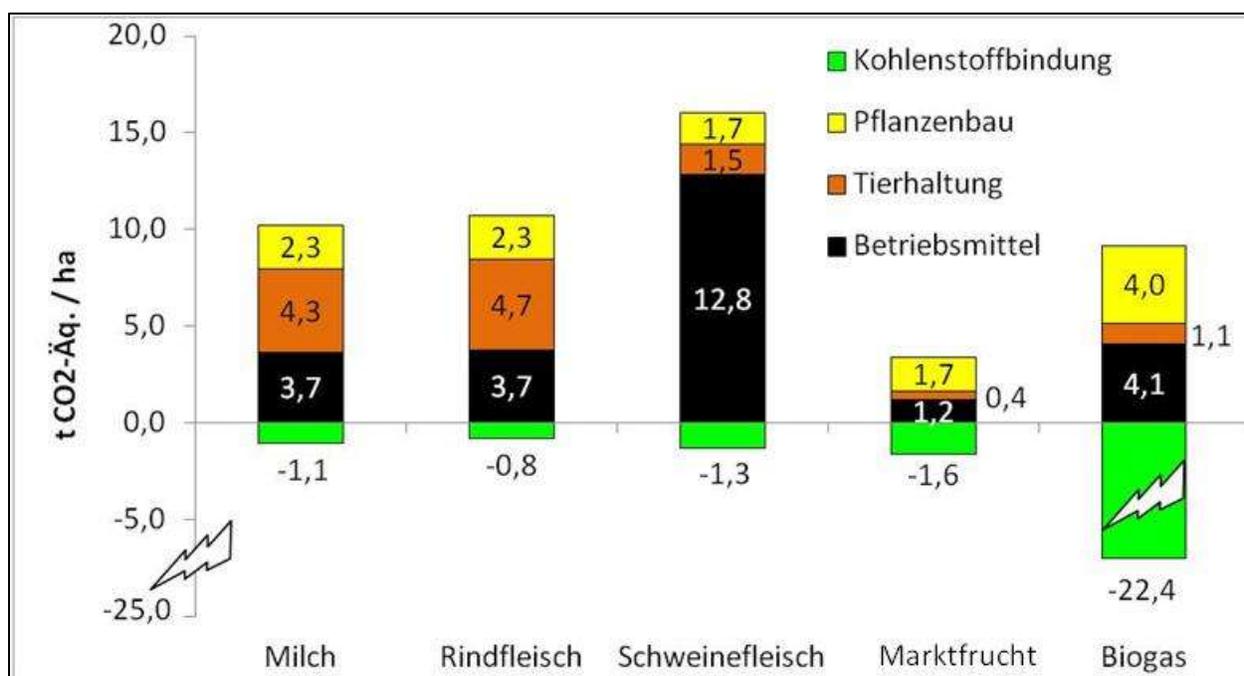


Abb. 4.2: Aufteilung der Emissionsposten und der „carbon credits“ für die unterschiedlichen Produktionssparten

Produktbezogen wiederholt sich das Muster einer erheblichen Schwankung der Ergebnisse in allen Bereichen (Tab. 4.3). Diesmal ist aber das Produkt Rindfleisch dasjenige mit dem höchsten netto CO₂-Ausstoß, mit Abstand gefolgt vom Schweinefleisch und der Milch, und mit weiterem Abstand von den Marktfrüchten und dem Biogas. In diesen Ergebnissen spiegelt sich die Tatsache wieder, dass die Effizienz der Konversion von Futtermittel in Fleisch beim Rind deutlich niedriger ist als beim Schwein, und am höchsten im Pflanzenbau ist. Daher sind Vergleiche nur innerhalb der eigenen Branche zulässig.

	Einheit	MW 08-11	Max. 08-11	Min. 08-11	Δ% max.	Δ% min.	MW Optenerges	n TEP	n Opt.ges
Milch	kg CO ₂ -Äq. je kg Milch	1,3	2,1	0,1	166	10	1,3	42	58
Rindfleisch	kg CO ₂ -Äq je kg LG Rind	12,7	25,8	6,1	203	48	13,9	35	51
Marktfrucht	kg CO ₂ -Äq je kg Getr.Einheit	0,3	0,7	-1,2	259	-474	0,2	30	57
Biogas	kg CO ₂ -Äq je m ³ Biogas	-1,1	-1,0	-1,3	97	116	-0,9	4	6
Schwein	kg CO ₂ -Äq je kg LG Schwein	3,5	4,6	2,1	134	59	2,3	3	6

Tab. 4.3: Produktbezogenebezogene CO₂-Bilanz von unterschiedlichen Produktionssparten der TEPagro-Betriebe

Eine wichtige Erkenntnis aus der Auswertung der flächen- und produktbezogenen Emissionen ist die Tatsache, dass wenn man beide CO₂-Bilanzen in Bezug auf die Produktionsintensität setzt, die flächenbezogenen Emissionen mit der Produktionsintensität tendenziell steigen, und umgekehrt dass die produktbezogenen Emissionen mit Zunahme der Produktionsintensität eine abfallenden Tendenz aufweisen (Abb. 4.3). Dies macht deutlich, dass eine einseitige Betrachtung der Ergebnisse im Bereich der Emissionen irreführend sein kann, weil Betriebe die in einem Bilanzbereich gut abschneiden, im anderen Bilanzbereich schlecht sein können. Ziel sollte es sein, dass die Betriebe in beiden Bilanzbereichen (flächen- und produktbezogen) gut abschneiden, da der Flächenbezug die Umwelteinwirkung und der Produktbezug die Effizienz des Produktionsprozesses widerspiegeln.

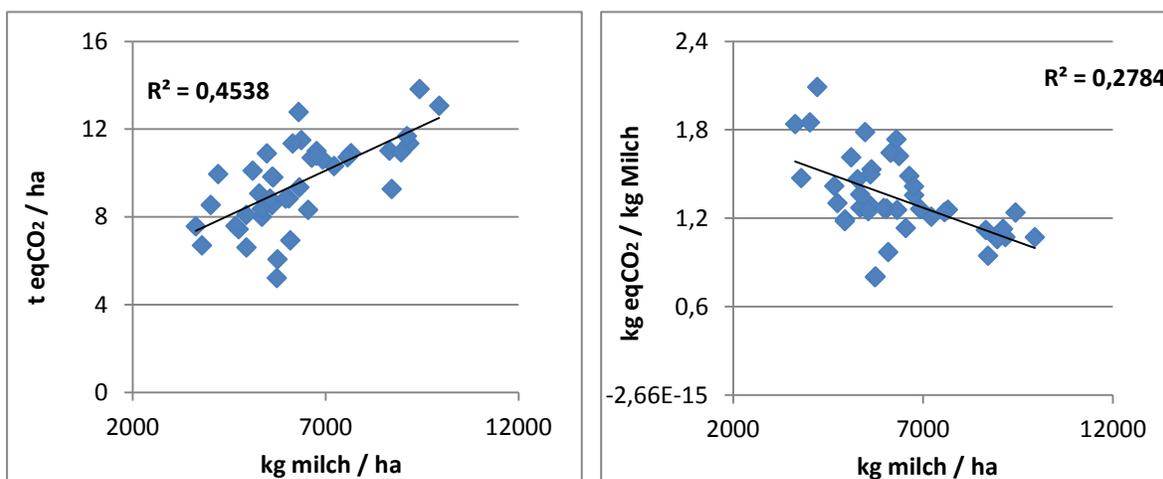


Abb. 4.3: Verhalten der flächen- und produktbezogenen CO₂-Bilanzen in Funktion der Produktionsintensität

Im folgenden Abschnitt wird nochmals auf den Zusammenhang zwischen beiden Bilanztypen eingegangen und versucht zu zeigen, welche Vorteile aus einer kombinierten Betrachtung von flächen- und produktbezogenen Ergebnisse resultieren können.

4.2.4) Energieverbrauch

Auch die Ergebnisse des branchenspezifischen Energieverbrauchs sowohl flächen- (Tab. 4.4) als auch produktbezogen (Tab. 4.5) zeigen erhebliche Schwankungen um den Mittelwert. Flächenbezogen sind die Marktfrüchte die Branche mit dem geringsten Verbrauch. Sehr hohe Verbräuche sind sowohl beim Schweinefleisch als auch bei der Branche Biogas festzustellen. Letzteres erklärt sich mit dem Gewicht der Investitionen für die Biogasanlage aber auch mit dem hohen Düngemittleinsatz zur Biomasseerzeugung.

	Einheit	MW 08-11	Max. 08-11	Min. 08-11	$\Delta\% \text{ max.}$	$\Delta\% \text{ min.}$	MW Optenerges	n TEP	n Opt.ges
Milch	GJ/ha	36	63	22	175	61	34	42	58
Rindfleisch	GJ/ha	28	57	15	205	54	28	35	51
Marktfrucht	GJ/ha	15	20	8	140	55	15	30	57
Biogas	GJ/ha	57	75	37	131	65	57	4	6
Schwein	GJ/ha	141	165	89	117	63	121	3	6

Tab. 4.4: Flächenbezogener Energieverbrauch von unterschiedlichen Produktionssparten der TEPagrobetriebe

Produktbezogen (Tab. 4.5) sind zwar die Ergebnisse zwischen den verschiedenen Sparten nicht zu vergleichen, es fällt dennoch auf, dass Rind- und Schweinefleisch bei derselben Größenordnung des produktspezifischen Energieverbrauchs liegen. Der Ausstoß pro t Getreide beträgt weniger als die Hälfte des Ausstoßes pro t Milch.

	Einheit	MW 08-11	Max. 08-11	Min. 08-11	$\Delta\% \text{ max.}$	$\Delta\% \text{ min.}$	MW Optenerges	n TEP	n Opt.ges
Milch	GJ/1000 kg Milch	4,9	9,9	3,2	200	65	4,7	42	58
Rindfleisch	GJ/100 kg LG Rind	3,5	8,0	1,2	226	34	3,8	35	51
Marktfrucht	GJ/t Getr.Einheit	2,1	2,8	1,3	134	64	1,9	30	57
Biogas	GJ/1000 m ³ Biogas	4,9	5,4	2,8	110	56	6,4	4	6
Schwein	GJ/100 kg LG Schwein	3,3	4,6	1,2	141	37	2,8	3	6

Tab. 4.5: Produktbezogener Energieverbrauch von unterschiedlichen Produktionssparten der TEPagrobetriebe

Exemplarisch für die Branche Milch wurden die Betriebe in Gruppen eingeteilt nach der Güte ihrer flächen- und produktbezogenen Ergebnisse (Abb. 4.4). So wurde eine Gruppe von Betrieben definiert (Eco-Eff), bei denen das Ergebnis in beiden Bereichen (flächen- und produktbezogener Energieverbrauch) besser war als der Durchschnitt. Auf der anderen Seite wurde eine Gruppe aus Betrieben gebildet, deren flächen- und produktbezogenen Ergebnis schlechter war als der Durchschnitt (nEco-nEff). Beim Vergleich der einzelnen Posten im Energieverbrauch (Abb. 4.4) fällt auf, dass vor allem in den Bereichen Futtermittel, Strom, Diesel und Investitionen erhebliche Unterschiede zwischen den beiden Gruppen festzustellen sind. Wenn man betrachtet, dass die Produktionsintensität beider Gruppen (Tab. 4.6) nahezu identisch ist, kann man sagen, dass die Unterschiede fast ausschließlich in der Effizienz des Betriebsmitteleinsatzes liegen.

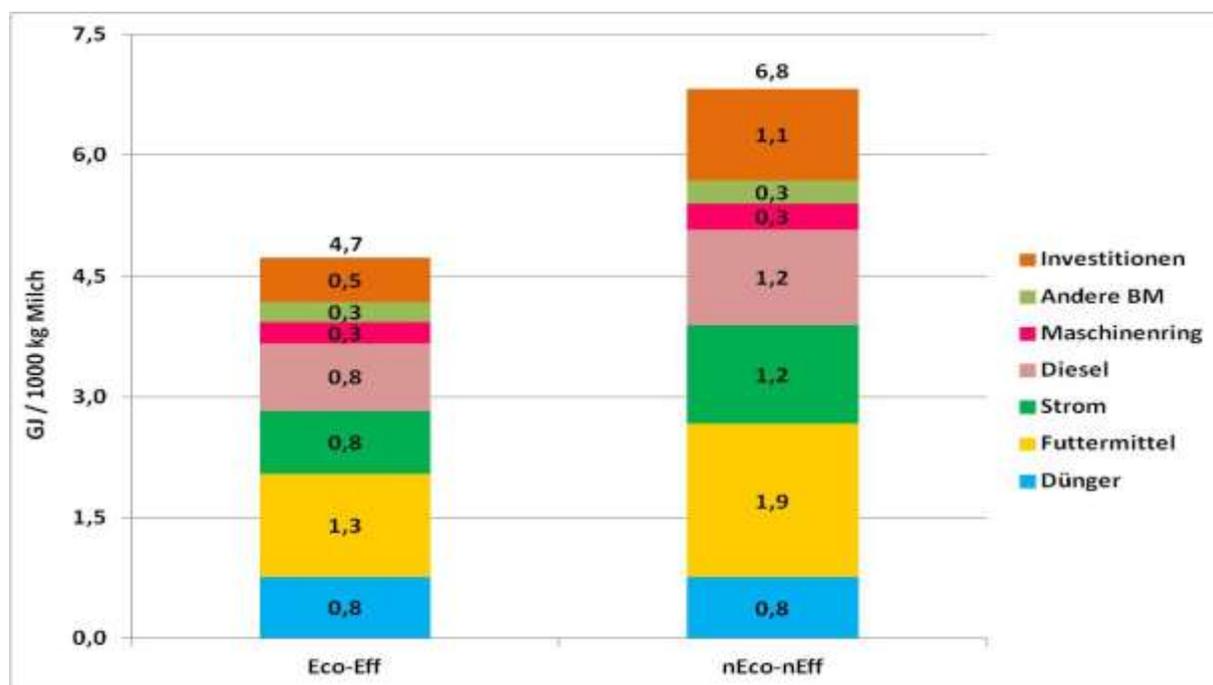


Abb. 4.4: Aufteilung der Betriebsmittel beim Energieverbrauch in unterschiedlichen Effizienzgruppen

	Intensität kg milch / ha	Viehichte kg N-org/ha
Eco-Eff	5.854	119
nEco-nEff	6.066	129

Tab. 4.6: Intensität und Viehdichte unterschiedlicher Effizienzgruppen

Dies macht deutlich, dass Energieverbrauch und Treibhausgasemissionen nicht einfach ein Produkt unabänderlicher Gegebenheiten (Intensität, Viehbesatz) sind, und dass Missstände im Gebrauch von Betriebsmitteln vorzugsweise über eine intensive Beratung anzugehen und zu beheben sind.

4.2.5) Schlussfolgerungen aus der Lebenszyklusanalyse landwirtschaftlicher Produkte

Die Lebenszyklusanalyse von landwirtschaftlichen Produktionsprozessen erlaubt es, die Schwachstellen des Betriebes genauer zu definieren, da die Analyse auf Branchenebene und nicht auf Spartenebene durchgeführt wird.

Es wurde eine große Streuung an Ergebnissen sowohl in der Produktionsintensität, als auch im Treibhausgasausstoß wie im Energieverbrauch quer durch die Produktionssparten verzeichnet. Dies spiegelt nicht nur die Vielfalt von Produktionssystemen sondern auch große Unterschiede in der Effizienz des Betriebsmitteleinsatzes wider.

Um Fehlinterpretationen zu vermeiden, sollten flächenbezogene und produktbezogene Resultate nicht gegeneinander ausgespielt werden (erste bevorzugen extensive, letztere intensive Betriebe), sondern sollten zusammen betrachtet werden. Ziel soll es sein, die Betriebe in beiden Bereichen „fit“ zu machen.

Die Ergebnisse des Energieverbrauchs in der Branche Milch haben gezeigt, dass zwischen den besseren und den schlechteren Betrieben große Unterschiede in der Effizienz des Betriebsmitteleinsatzes vorhanden sind, obwohl die Produktionsintensität und der Viehbesatz nicht weit auseinander liegen. Besonders die Posten Futtermittel, Strom, Diesel und Investitionen zeigen die größten Differenzen zwischen den Betriebsgruppen.

Ausgehend von diesen Ergebnissen bekommt die CONVIS-Beratung genug Anhaltspunkte, um künftig eine gezieltere Beratung durchzuführen, um Missstände auf den Betrieben zu beseitigen. Dies verspricht gleichzeitig die Umwelt zu schonen und die Betriebe finanziell zu entlasten.

4.3) Komplexe Betriebsoptimierung

4.3.1) Nomogramme

Im Rahmen vom TEPagro Beratungsprojekt wurde der Versuch gestartet, ein logisches System zur graphischen Darstellung von rechnerischen Zusammenhängen aus dem Agrarsektor zu entwickeln und in eine für den Alltag nutzbare Form zu bringen. Diese Problematik betrifft sowohl die Bereiche landwirtschaftliche Produktion, Umwelt und Wirtschaftlichkeit als auch ihre Wechselwirkung.

Die Grundidee bestand darin, komplexe und häufig wiederkehrende Rechenvorgänge gleicher oder ähnlicher Art, die sehr oft nur mit speziellen Softwareprogrammen oder iterativen Verfahren gelöst werden können, grafisch darzustellen und so die numerischen Zusammenhänge schaubildlich wiederzugeben. Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass man einen schnellen und aufschlussreichen Überblick über das Ausmaß von Veränderungswirkungen unterschiedlicher Eingangsgrößen auf die jeweiligen Ausgangsgrößen bekommt und somit die Sensitivität eines zusammenhängen Systems bewerten kann.

Die einfachste Darstellungsform ist natürlich stets ein einfaches xy Diagramm, wo ein Endwert in Abhängigkeit von meist einer oder gar mehreren Eingangsgröße dargestellt ist. Interessant wird dann die Verknüpfung von mehreren Diagrammen zu einem Nomogramm. Der Unterschied zwischen Diagramm und Nomogramm beruht auf der Verschiedenheit der Zwecke, die beide zu erfüllen haben: Das Diagramm ist eine einfache graphische Darstellung einer simplen funktionalen Verknüpfung, das Nomogramm ist ein regelrechte Rechentafel.

Ausgewertet und dargestellt werden können statistische Daten und auch logische Zusammenhänge z.B. aus dem Bereich der Düngung. In diesem Beitrag werden drei verschiedene Fälle zwecks Bestimmung der maximalen Kalkamngaben unter Berücksichtigung aller relevanten Parameter dargestellt. Dies kann im Falle einer nicht planmäßigen organischen Düngung beim Ausfüllen vom Düngeplan sehr nützlich sein.

Im Folgenden werden drei Beispiel von Dauergrünland, Mais und Brotweizen dargestellt. Die Eingangsgröße ist jeweils der N-Gehalt im organischen Dünger, die gedüngte Menge und der angepeilte Ertrag. Die Zielgröße ist die laut LPP maximal erlaubte KAS Menge je nach vorliegender Situation.

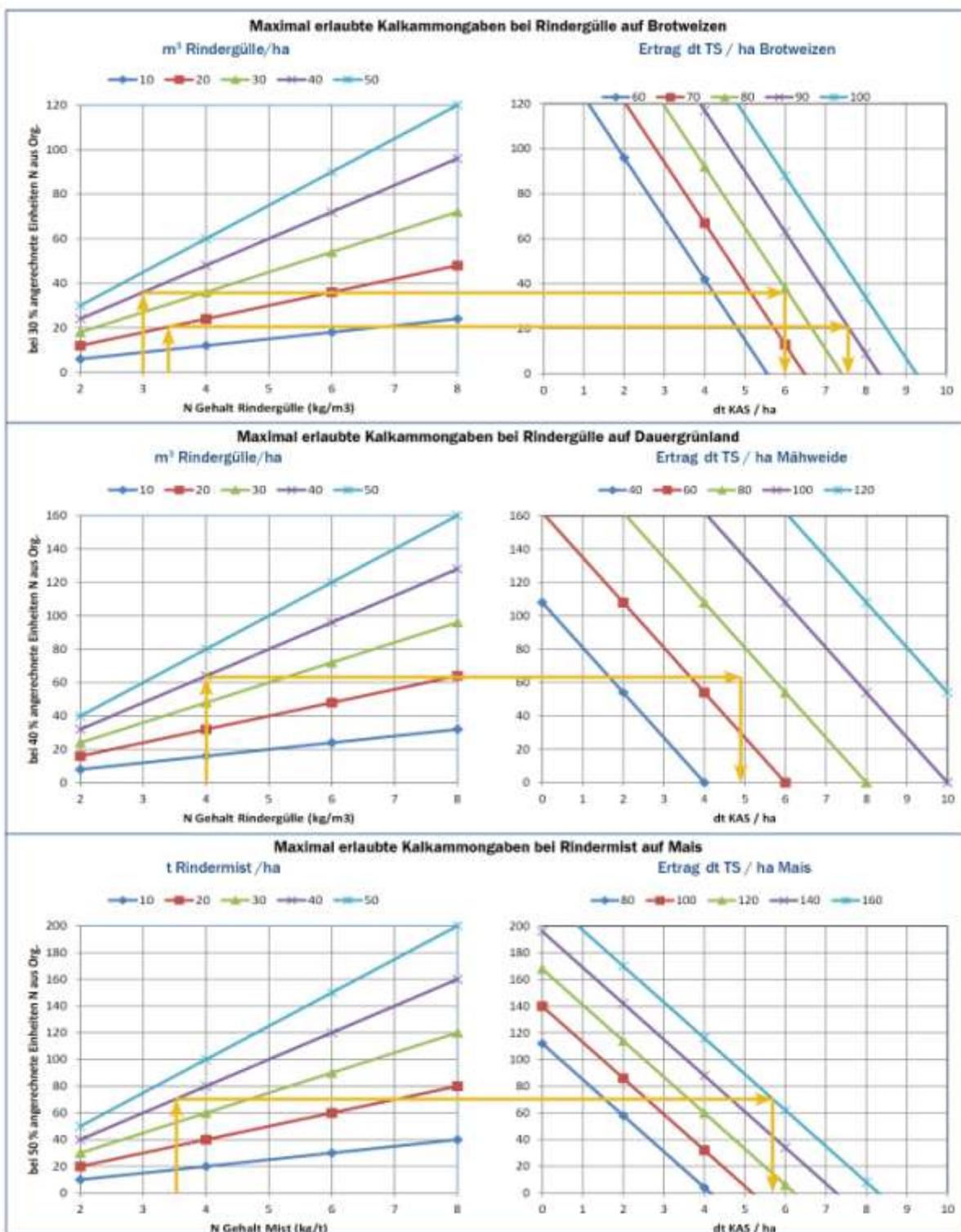


Abb. 4.5: Praktische Anwendungsfälle der Nomographietechnik für den Bereich der Düngung

4.3.2) Lineare Programmierung (LP), Lineare Betriebsoptimierung

Unter dem Begriff lineare Programmierung, lineare Optimierung oder lineare Programmplanung verbirgt sich die Aufgabe, eine lineare Zielfunktion zu optimieren, sprich zu maximieren oder zu minimieren. Hierbei werden Nebenbedingungen beachtet, die den Optimierungsprozess einschränken und typischerweise als lineare Ungleichungen (\leq oder \geq) vorliegen, aber auch als Gleichungen vorkommen können. Diese Einschränkungen können z.B. beschränkte Ressourcen oder gesetzliche Grenzwerte darstellen. Die Zielfunktion "z(x)" kann von mehreren Variablen "x" abhängig sein und setzt sich wie folgt zusammen:

- $Z(x_1, x_2, \dots, x_n) = b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_nx_n$
- mit b als Konstante, deren Wert durch das Optimierungskriterium entschieden wird.

Die Nebenbedingungen haben die allgemeine Form von:

- $a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n \{ \geq, \leq, = \} c_1$
- $a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n \{ \geq, \leq, = \} c_2$
- ...
- $a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n \{ \geq, \leq, = \} c_m$

Weiterhin besteht zumeist eine Nichtnegativitätsbedingung für alle Variablen $x_1, x_2, \dots, x_n \geq 0$

Viele Probleme, die sich durch lineare Programmierung lösen lassen, sind im wirtschaftlichen Sektor zu finden. Ziel ist oft die Maximierung eines Gewinnes, Ertrages oder die Minimierung von Ausgaben, Kosten oder Arbeitsfaktoren. Bei kleinen Problemen mit zwei Variablen ist es möglich, das Problem graphisch zu lösen oder durch Ausprobieren von verschiedenen Lösungen iterativ eine gültige Lösung zu finden.

Allerdings sind bei sehr vielen Variablen (in der Praxis oft tausende) und bei der Suche nach der optimalsten Lösung diese Verfahren nicht mehr möglich. Mehr als 3 Dimensionen kann man nicht mehr anschaulich graphisch darstellen. In solchen Fällen wird das sogenannte Simplexverfahren angewendet. Dies ist im Prinzip einzig und allein ein logisch aufgebautes Gleichungssystem, das nur mit einem hierfür aufgebauten Computerprogramm gelöst werden kann.

Für die Arbeiten in diesem Bericht wurde mit dem Solver von Excel gearbeitet. Excel Solver ist eigentlich nichts anderes als eine Gruppe von Befehlen, die automatisiert nacheinander ausgeführt werden. Diese, eigentliche Was-Wäre-Wenn Analyse ist im Prinzip ein Verfahren, bei dem Zellen geändert werden, um zu überprüfen, in welcher Weise sich die Änderung auf die Ergebnisse von Formeln in einer Tabelle auswirken. Die Tabelle und die respektiven Formeln können auf verschiedene und sehr unterschiedliche Weisen formuliert werden. Die Formulierung hat aber keinen Einfluss auf die Aussagekraft.

In Luxemburg arbeitet neben CONVIS auch noch ein anderes Forscher Team vom CRP Institut Henri Tudor (Projekt LUCAS) ganz intensiv in dieser Materie, wobei sicherlich nicht wie bei den TEPagro Untersuchungen die Handelspreise von CO₂ in der Landwirtschaft die größte Rolle gespielt haben,

sondern vielmehr Fragen über die generelle Landnutzung. Außerdem wurde die Fragestellung in der Computersoftware Lams programmiert.

Bleibt zu erwähnen, dass die LP-Technologie auch in dem von CONVIS eingesetzten Futterrationssoftwareprogram ISALIM von der französischen Agrarinformtikfirma ISAGRI angewendet wird. Im Züchter Artikel „Ist die billigste Hofmischung immer die Beste“ der 3ten Ausgabe vom Jahr 2003 wurde diese Materie aus fütterungstechnischer Sicht dargestellt.

Zu Demonstrationszwecken wird im Rahmen von diesem Bericht ein Beispiel aufgeführt, wobei die Mittelwerte der Jahre 2008 und 2009 von einer ad hoc ausgewählten Liste von TEPagro Betriebe ausgewertet wurden. Als Basis diente dabei die Betriebsfläche von durchschnittlich 72,89 ha, die dem Betriebszweig Milch zugeordnet werden konnte, sowie eine Milchquote pro Betrieb von 458.408 kg. Die verwendeten Standarddeckungsbeiträge für die Getreideflächen und Milchkühe sowie die respektiven Kostenansätze für die Grundfutterproduktionsflächen Silomais und Dauergrünland sind Literaturwerte. Die CO₂ Emissionsfaktoren basieren alle auf TEPagro Erfahrungswerten. Der Preis pro t CO₂ wurde bei jeder neuen Optimierungsrechnung jeweils um 100 EUR/t variiert, insgesamt von 100 bis 800 EUR/t. Die Tabelle 4.7 zeigt das Spiegelbild einer ausgewählten Recheniteration. Die nachfolgenden Tabellen zeigen die Resultate von allen in diesem Rahmen durchgeführten Iterationen.

	Kapazitäten	1 ha Weizen	1 ha Roggen	1 ha Silomais	1 ha Grünland	1 ha Erbsen	1 Milchkuh	CO ₂ Recht (Tonnen)	Restkapazitäten	Ansprüche
Umfang		0,0	0,0	9,4	22,9	18,9	61,1	176,3		
										-
Deckungsbeitrag	102117	1200	1000	-1500	-800	900	2500	-200		
Ackerfläche	28,3	1	1	1		1			0,00	28,30
wirtschaftseigenes Futter	0			-13			2		0,00	0,00
Grünland	44,5				1				21,58	22,92
wirtschaftseigenes Futter 2	0				-8		3		0,00	0,00
Milch Kontingent	458408						7500		0,00	458408,00
CO ₂ Rechte	0	4	4	4	4	2	0,15	-1	0,00	0,00

Tab. 4.7: Spiegelbild einer Recheniteration von der benutzten Matrix

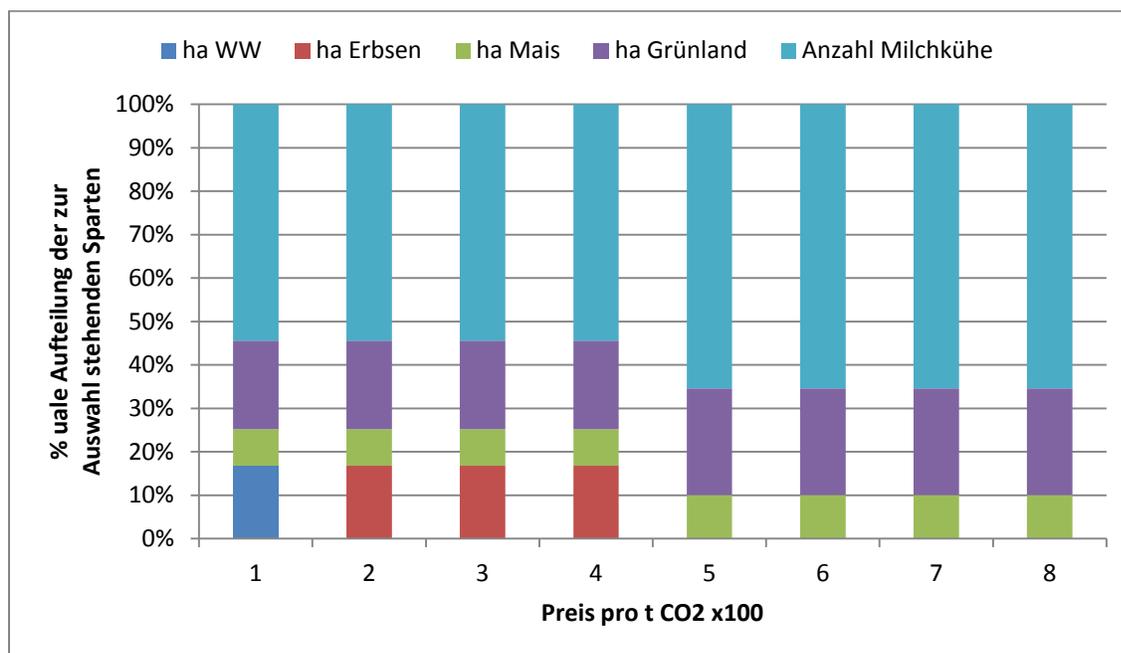


Abb. 4.6: Veränderung der Produktion als Funktion vom CO₂-Preis

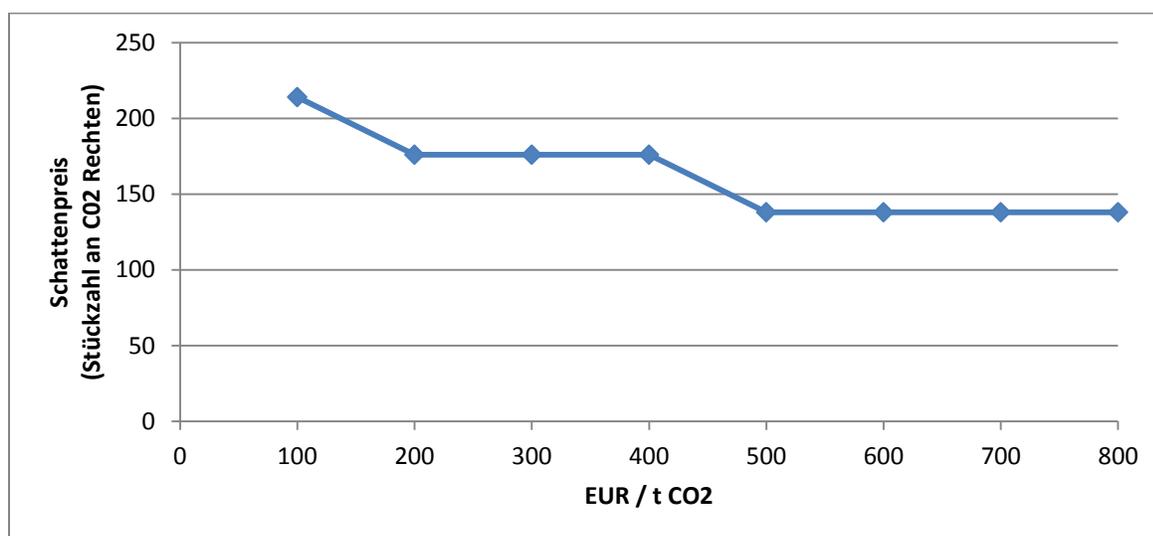


Abb. 4.7: Stückzahl an CO₂-Rechten als Funktion vom CO₂-Preis

Die Resultate wurden dann in der von Excel vorgesehenen Sensitivitätsanalyse via Schattenpreise und reduzierte Kosten analysiert.

4.3.3) Sensitivitätsanalysen

Beispiel 1:

Häufig ist von Interesse, welche Auswirkungen veränderte Daten auf eine optimale Lösung haben. Mittels einer Sensitivitätsanalyse lässt sich feststellen, in welchem Bereich Daten (Koeffizienten) schwanken können, so dass sich die Struktur einer optimalen Lösung nicht verändert.

Die hier gezeigte Sensitivitätsanalyse basiert auf den vom Excel Solver generierten Bericht. Der große Vorteil hiervon besteht darin, dass diese Berichte ohne zusätzliche Programmierungen ausgewiesen werden und im Prinzip von jedem Landwirt durchgeführt werden können, vorausgesetzt der Homecomputer ist mit einem kompletten Office Paket ausgestattet.

Die zwei interessantesten Informationen sind die reduzierten Kosten sowie die Schattenpreise wobei die größte Schwierigkeit hier sehr oft in der Interpretation liegt.

Der im Prinzip grammatisch falsche Ausdruck reduzierte Kosten kennzeichnet die sogenannten reduzierten Zielkoeffizienten. Sie geben an, um welchen Betrag sich ein Zielkoeffizient reduzieren oder erhöhen kann, damit sich bezüglich seines aktuellen Umfangs eine Änderung ergeben könnte. Für den Fall der Tabelle 4.8, die die Resultate einer Solverberechnung darstellt, bedeutet dies z.B. das sich der CO₂ Preis um eine zulässige Zunahme von 50 EUR von ursprünglich -200 auf -150 EUR erhöhen darf, sowie um 250 auf -450 vertiefen darf, bevor eine Änderung für die optimale Lösung vorliegt. Es handelt sich also im Prinzip um einen Test zur Stabilität einer Lösung und genau das war auch die Fragestellung im Bereich TEPagro.

Bei den Schattenpreisen, oder Opportunitätskosten handelt es sich in der Regel um eine Mindestmenge der nächstmöglichen Lösung. Für den aufgeführten Fall spiegeln die Schattenpreise konkret die Stückzahlen an CO₂-Rechten wieder.

Microsoft Excel 12.0 Sensitivitätsbericht						
Tabelle: [Milchkuh CO2_1_TEPagro Beispiel.xlsx]Rechenblatt						
Bericht erstellt am: 02/12/2013 10:23:31						
Zelle	Name	Lösung Endwert	Reduzierte Kosten	Ziel- Koeffizient	Zulässige Zunahme	Zulässige Abnahme
\$E\$3	Umfang 1 ha Weizen	0,00	-100,00	1200	100	1E+30
\$F\$3	Umfang 1 ha Roggen	0,00	-300,00	1000	300	1E+30
\$G\$3	Umfang 1 ha Silomais	9,40	0,00	-1500	2800	9355,00
\$H\$3	Umfang 1 ha Grünland	22,92	0,00	-800	1600	3837,95
\$I\$3	Umfang 1 ha Erbsen	18,90	0,00	900	9355	100,00
\$J\$3	Umfang 1 Milchkuh	61,12	0,00	2500	1E+30	1439,23
\$K\$3	Umfang CO ₂ Recht (Tonnen)	176,26	0,00	-200	50	250,00
\$L\$3	Umfang	0,00	0,00	0	0	1E+30
Zelle	Name	Lösung Endwert	Schatten Schattenpreis	Nebenbedingung Rechte Seite	Zulässige Zunahme	Zulässige Abnahme
\$R\$21	>= -	0,00	0,00	0	1E+30	0
\$R\$6	>= -	28,30	500,00	28,3	1E+30	18,90
\$R\$7	>= -	0,00	215,38	0	122,24	245,66
\$R\$8	>= -	22,92	0,00	44,5	1E+30	21,58
\$R\$9	>= -	0,00	200,00	0	183,36	172,64
\$R\$10	>= -	458408,00	0,19	458408	431592	458408,00
\$R\$11	>= -	0,00	0,00	0	1E+30	0
\$R\$12	>= -	0,00	0,00	0	1E+30	0
\$R\$13	>= -	0,00	200,00	0	176,26	1E+30
\$R\$14	>= -	0,00	0,00	0	1E+30	0

Tab. 4.8: Sensitivitätsbericht aus der Excel Datei zum TEPagro Bericht 2013

Kosten pro t CO ₂	-100	-200	-300	-400	-500	-600	-700	-800	-900
DB (Deckungsbeitrag)	121633	102117	84492	66866	51130	37284	23438	9581,3	negativ
Anzahl CO ₂ Rechte	214	176	176	176	138	138	138	138	0
reduzierte Kosten									
zulässige Zunahme	100	50	150	250	50	150	250	350	30
zulässige Abnahme	50	250	150	50	369	269	169	69	433
Schattenpreise									
zulässige Zunahme	214	176	176	176	138	138	138	138	0
zulässige Abnahme	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
ha WW	18,9	0	0	0	0	0	0	0	0
ha Erbsen	0	18,9	18,9	18,9	0	0	0	0	0
ha Mais	9,4	9,4	9,4	9,4	9,4	9,4	9,4	9,4	0
ha Grünland	22,9	22,9	22,9	22,9	22,9	22,9	22,9	22,9	0
Anzahl Milchkühe	61,12	61,12	61,12	61,12	61,12	61,12	61,12	61,12	0

Tab. 4.9: Detailresultate von verschiedenen Iterationen mit dem Preis von CO₂ / t als Variable

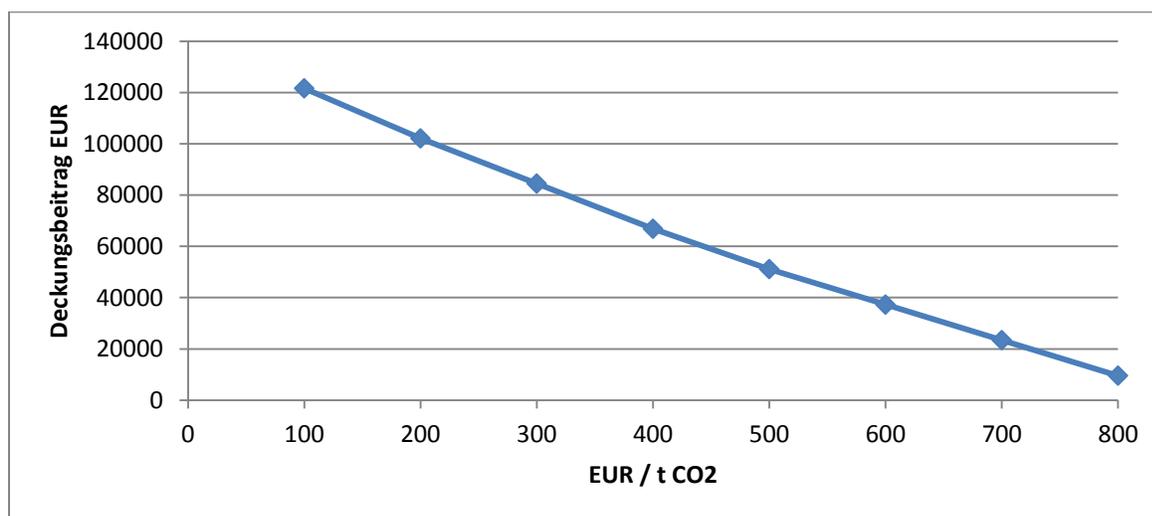


Abb. 4.8: Evolution vom Deckungsbeitrag als Funktion vom Preis pro t CO₂ für einen ausgewählten TEPagro Betriebspool mit Milchproduktion.

Als Schlussinterpretation sollte man bedenken, dass die t CO₂ auf internationaler Ebene derzeit mit ca. 4,65 EUR/t gehandelt wird. In Frankreich gab es vor Jahren Vorhaben, die t CO₂ progressiv bis zum Jahre 2030 mit bis zu maximal 100 EUR zu verbuchen. Jedenfalls steht fest, dass bei Einführung einer CO₂ Taxation auf solchen Preisniveaus die Agrarproduktion nur wenig beeinflusst werden würde. Die Simulation vom ausgewählten Beispiel (Tab. 4.9) zeigt jedenfalls, dass die Agrarproduktion auch noch bei deutlich höheren CO₂ Preisen möglich wäre.

Beispiel 2:

Im Folgenden wird ein Beispiel für eine Sensitivitätsanalyse aufgeführt, das eine praktische Relevanz haben kann. Es handelt sich um eine Einschätzung der Variation des Ertrages auf der Futterfläche (Mais und Grünland) in Funktion des Trockensubstanzgehaltes vom Silomais in 10 ausgewählten Betrieben.

Zunächst die Erläuterung des Hintergrundes: Die Abschätzung des Ertrages auf den Futterflächen von Silomais und Grünland stellt eine besondere Herausforderung dar, da die geerntete Biomasse, geschweige denn der von den Tieren während des Weidegangs aufgenommene Grünlandaufwuchs unter Praxisbedingungen nicht direkt über eine Waage gemessen werden kann. Daher hat man bei CONVIS überlegt, diese Erträge anhand einer Kombination von Daten aus der Berechnung der Futterautarkie und der Tierrationen) zu schätzen. Das Rechenschema ist folgendes:

- a) Eigenerzeugte Trockensubstanz (Aufnahme der Tiere abzüglich Futterzukauf)
- b) Verfüttertes Eigengetreide (Daten aus der Betriebsbilanzierung) x 0,86
- c) Maismenge in Milchkuh- und/oder Bullenrationen x TS-Gehalt% x 365
- d) Grünlandaufwuchs (TS aus Dauergrünland und Feldfutter) = a) – b) – c)

Die Mais- und Grünlanderträge werden schließlich durch Teilung der unter b) und d) berechneten Mengen, die um 10% (Silierungsverluste) erhöht werden, durch die ha Silomais und Grünland (Dauergrünland und Feldfutter) ermittelt. Die Methode ist umso präziser, je größer die Anzahl der Jahre ist, die in die Berechnung einfließen. Dies schließt nämlich Vorratseffekte und Jahresschwankungen weitgehend aus.

Ein Engpass der Methode kann der Trockensubstanzgehalt vom Silomais sein, falls keine Analyse vorliegt. In diesem Fall ist es von Vorteil, zu wissen, wie der Einfluss dieser Größe auf den geschätzten Ertrag ist, um auch im Fall einer fehlenden Analyse eine Abschätzung der Erträge haben zu können. Ausgehend vom tatsächlichen TS-Gehalt vom Silomais wurde eine Sensitivitätsanalyse durchgeführt, um festzustellen, wie der Grünlandertrag schwankt bei einer Veränderung des TS-Gehaltes vom Silomais in Höhe von ±10%. Die Ergebnisse sind in Tab. 4.3.3.1 zusammengefasst:

Betrieb	TS-Mais nach Analyse		10% Mais-TS plus		$\Delta\%$ Mais plus	$\Delta\%$ GrL plus	10% TS-Mais minus		$\Delta\%$ Mais minus	$\Delta\%$ GrL minus
	Ertrag Mais	Ertrag GrL	Ertrag Mais	Ertrag GrL			Ertrag Mais	Ertrag GrL		
1	100,3	78,2	110,3	76,4	10%	-2%	90,3	81,6	-10%	4%
2	116,7	84,0	128,4	82,0	10%	-2%	105,0	86,2	-10%	3%
3	86,0	67,8	94,6	65,4	10%	-4%	77,4	70,2	-10%	4%
4	141,8	60,0	156,0	58,2	10%	-3%	127,6	61,7	-10%	3%
5	98,8	56,7	108,7	53,9	10%	-5%	88,9	59,5	-10%	5%
6	95,2	87,6	104,7	85,8	10%	-2%	85,7	91,0	-10%	4%
7	139,6	58,1	153,6	50,2	10%	-14%	125,7	67,5	-10%	16%
8	141,2	84,2	155,3	82,1	10%	-2%	127,1	88,1	-10%	5%
9	98,3	58,1	108,2	56,3	10%	-3%	88,5	60,0	-10%	3%
10	85,5	75,6	94,0	74,6	10%	-1%	76,9	78,2	-10%	3%

Tab. 4.10: Durchschnittliche Mais- und Grünlanderträge und deren Variation in Funktion einer Trockensubstanzveränderung im Silomais in Höhe von $\pm 10\%$ (Erläuterungen im Text).

Mit Ausnahme des Betriebes Nr. 7 sind die Ertragsschwankungen relativ eng. Im Schnitt aller Betriebe verursacht eine Erhöhung des TS-Gehaltes vom Silomais von 10% einen Ertragsrückgang beim Grünland von 4%, eine Absenkung des TS-Gehaltes dagegen eine Steigerung des Grünlandertrages von 5%. Ist der TS-Gehalt vom Silomais unbekannt, so kann man, bei Annahme eines durchschnittlichen Gehaltes von 30% (Wert aus der Literatur für Mais-Silage), von einer Variation von $\pm 5\%$ beim Grünlandertrag ausgehen bei einer Abweichung vom Literaturwert in Höhe von 10%.

5) Schlussfolgerungen und Ausblick

Das Projekt TEPagro stellt die Fortsetzung einer Beratungstätigkeit dar, die Mittlerweile auf 16 Jahre erfolgreiche Arbeit zurückblicken kann. Die wichtigsten Bilanzparameter haben im Projektzeitraum gezeigt, dass der Beratungsaufwand durch beträchtliche Erfolge in der Steigerung der Effizienz des Betriebsmitteleinsatzes belohnt worden ist. In dieser Richtung sprechen eindeutig vor allem die Ergebnisse aus der Nährstoff, Humus- und CO₂-Bilanzierung. Wenn man bedenkt, dass schon aus dem NEBplus-Projekt eine spürbare Verbesserung gegenüber den Ergebnissen aus dem BIO80-Projekt hervorgegangen war, kann man mit dem Erreichten zufrieden sein, vor allem wenn man bedenkt, dass je näher man an die Ziele der Bilanzierung rückt, um so schwieriger sind die zu erzielenden Fortschritte.

Besonders hervorzuheben ist, dass neben den seit Anfang an verwendeten Beratungsinstrumenten der Nährstoff- und Energiebilanzierung zahlreiche weitere Beratungsinstrumente im Rahmen der Projekte Bio80-, NEBplus- und TEPagro entwickelt wurden. Diese Instrumente haben sich in der Beratungspraxis bewährt, in dem sie eine Antwort auf die immer komplexeren Fragen aus dem Agrarumfeld ermöglichen. Zu diesen Instrumenten gehören die Humusbilanzierung, die Futterautarkie, die Berechnung der Treibhausgasemissionen und der „carbon credits“, um die wichtigsten zu nennen. Daneben konnte innerhalb des Zeitraumes des Beratungsprojektes TEPagro zum ersten Mal eine Auswertung der Betriebsergebnisse auf Spartenebene nach dem Ansatz der Lebenszyklusanalyse durchgeführt werden.

Letztere Entwicklung verspricht auf dem Weg der Betriebsoptimierung eine besondere Rolle zu spielen. Die Lebenszyklusanalyse ermöglicht das Aufspüren von Schwachstellen in den verschiedenen Produktionsbereichen des Betriebes und stellt somit eine notwendige Voraussetzung dar, diese systematisch –d.h. spartenspezifisch - zu beheben. Außerdem wurden im Rahmen des TEPagro-Projektes zahlreiche andere Optimierungswerkzeuge getestet und auf ihre Praxistauglichkeit bei der Beantwortung konkreter Fragen geprüft, wie der aktuelle Abschlussbericht eindeutig dokumentiert.

Dies alles macht deutlich, dass sich im Interesse der Bauern allgemein und der Tierhalter in Luxemburg im Speziellen eine Fortführung des eingeschlagenen Weges empfehlen lässt. Die Notwendigkeit der Betriebsoptimierung erscheint als oberstes Gebot in einem Kontext, in dem Wettbewerb, scharfe Gesetzaufgaben und Druck von der öffentlichen Meinung die Produktionsbedingungen zunehmend schwieriger machen. Wie durch die Zahlen des TEPagro-Projektes belegt, ist eine qualifizierte Beratung in der Lage, diese Leistung zu erbringen und die Landwirte erfolgreich bei ihrer Arbeit zu unterstützen. Die Erfahrungen aus dem Projekt TEPagro stellen in dieser Hinsicht ein wertvolles und solides Fundament dar.

6) Seminare

Es werden im Folgenden die Seminare und Veranstaltungen aufgeführt, die von CONVIS-Beratern im Kalenderjahr 2013 besucht bzw. selber organisiert wurden. Für die Seminare und Veranstaltungen der Jahre zuvor wird auf die jeweiligen jährlichen TEPagro-Berichte verwiesen.

Datum	Anlass/Veranstaltung
07/02/2013	Grünlandtag LTA, Ettelbruck
21/02/2013	Seminar SOC 3 D
22/02/2013	Greening Treffen EU-Agrarkommission, Brüssel
28/02/2013	CONVIS Tag der Beratung, Ettelbruck und Boevange
13/03/2013	MAE Asta, Luxembourg
04/04/2013	Typologie mit IE, Spigva + CRAW, Arlon
30/04/2013	GBX Methan-Seminar
27 - 31/05/13	ICAR + Foss, Hillerode
04/06/2013	Wasserschutz durch Ökolandbau, Boulaide
21/06/2013	EDF-Kongress, Falkenberg
29 - 31/08/13	AGGF Tagung, Triesdorf (München)
17/09/2013	VDLUFA, Berlin
17/09/2013	WGM Tagung, Kiel
18/09/2013	VDLUFA, Berlin
18/09/2013	WGM Tagung, Kiel
02/10/2013	Ökobilanzplattform, Zürich
24/10/2013	SMART-Präsentation, Frankfurt
19/11/2013	Versammlung Gärs substrat, Larochette
25/11/2013	Vortrag Kowalewski Energieeffizienz, Merzig
27/11/2013	IGLT LTA, Ettelbruck
16/12/2013	Beratertag LTA, Ettelbruck

7) Weiterführende Literatur

Anonym (1996): Application of LCA to agricultural products. CML report 130, Leiden University, Centre of Environmental Sciences

Arman Beate (2003): Die Ökobilanz zur Abschätzung von Umweltwirkungen in der Pflanzenproduktion (Dissertation). Universität Hohenheim, Institut für Pflanzenbau und Grünland

Backhaus K., Erichson B., Plinke W., Weiber R. (2003): Multivariate Analysemethoden. 10. Aufl., Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York

Basch G. & Teebrügge (2001): The importance of conservation tillage with regard to the Kyoto protocol. International meeting on climate change and the Kyoto protocol. Evora, Portugal, 15.-16. Nov. 2001

Baumgartner D., Nemecek T., Alig M. (2009): Umweltwirkung der Rind- und Schweinefleischproduktion in der Schweiz: Erste Ergebnisse. 4. Ökobilanzplattform Landwirtschaft, Agroscope Reckenholz-Tänikon, Zürich (CH), Verfügbar unter:
<http://www.agroscope.admin.ch/veranstaltungen/00107/index.html?lang=de&direction=asc&orderby=&archive=2009>

Becker R. (1996): Boden und Landschaft, Schriftenreihe zur Bodenkunde, Landeskultur und Landschaftsökologie, Regional differenzierte Bewertung von Maßnahmen zur Minderung von Stickstoffüberschüssen mittels Stickstoffbilanzen. 11. Band, Justus-Liebig-Universität Gießen, Gießen

Béguin E., Charroin T., Chambaut H., Dollé J.B. (F; 2009): La méthode de diagnostic énergétique et d'évaluation des émissions de ges de l'Institut de l'Élevage. Contribution to download under:
<http://www.optenerges.eu/index.php?page=5>

Béguin Emmanuel und Pavie Jérôme (2009): Les consommations d'énergie dans les systèmes bovins laitiers (Nord, Pas de Calais, Picardie, Normandie). Repères de consommation et pistes d'économie. Institut de l'Élevage - Etude du Département Actions Régionales (DAR)

Dabbert Stephan (2000): Vorlesungsskript zur Entscheidungstheorie. Institut für landwirtschaftliche Betriebslehre, Universität Hohenheim

Diercks H., Euler H. (1942): Praktische Nomographie, Entwerfen von Netztafeln, Nomogramme für beliebig viele Veränderliche mit Hilfe der Leitlinie, Praktische Beispiele. 2. erweiterte Aufl., Verlag Stahleisen m.b.H., Düsseldorf

Goidts Esther (2009): Soil organic carbon evolution at the regional scale & quantifying driving forces. Dissertation, Faculté des sciences, Université catholique de Louvain

Grignard A., Hennart S., Laillet C., Oenema J., Stilmant D. (2013): Bilan gaz à effet serre des ateliers laitiers des fermes pilotes Dayrman wallonnes selon la méthode GHG. In: Acts of the symposium "20 ans Rencontres Recherches Ruminants", December 4-5 2013 Paris, France

Guo L.B. & Gifford R.M. (2002): Soil carbon stocks and land use change: a meta analysis. *Global Change Biology* 8: 345-360

IPCC (1997): IPCC 1996 Revised Good Practice Guidelines for Greenhouse Gas Inventories. IPCC, Institute for Global Environmental Strategies, Tokyo, Japan

Lioy R. (2010): Die Humusbilanz positiv gestalten trotz intensiven Maisanbaus: Ist das möglich? Kurzfassung des Referates anlässlich der Biogasvereinegung-Generalversammlung in Beringen, 1.06.2010. Bauerenkalenner, November 2010

Lioy R. (2012): Manuel méthodologique – Bilan gaz à effet de serre – Méthode CONVIS. Available at: <http://www.optenerges.eu/img/folder/201205029323.pdf>

Lioy R., Reding R. (2008): Abschlussbericht zum NEBplus-Beratungsprojekt: Verbesserung der biologischen Effizienz der landwirtschaftlichen Betriebe und Entwicklung wichtiger, praxisorientierter Kriterien zur Bewertung der ökologischen und sozioökologischen Nachhaltigkeit (2002-2007), Abschlussbericht über ein Beratungsprogramm der CONVIS Herdbuch Service élevage et génétique, Ettelbrück/Luxemburg

Lioy R. und Reding R. (2009): Das neue Beratungsprojekt TEP-Agro: Die erfolgreiche Arbeit von Bio80 und NEBplus wird fortgesetzt. *De Lëtzebuerger Züchter* N°2, Juni 2009

Lioy R., Reding R., Dusseldorf T., Meier A. (2012): CO₂-emissions of 63 Luxembourg livestock farms: a combined environmental and efficiency analysis approach. In: Hassouna M. & Guingand N. (2012): Emissions of gas and dust from Livestock. International Symposium of Emission of Gas and Dust from Livestock (EMILI 2012), im Tagungsband. June 10-13, 2012, in Saint-Malo, France

Nemecek T. (2009): Alternative Rindfleisch- und Milchproduktionsysteme in der Schweiz. 4. Ökobilanzplattform Landwirtschaft, Agroscope Reckenholz-Tänikon, Zürich (CH). Verfügbar unter: <http://www.agroscope.admin.ch/veranstaltungen/00107/index.html?lang=de&direction=asc&orderby=&archive=2009>

Patyk Andreas & Reinhardt Guido (1997): Düngemittel – Energie- und Stoffstrombilanzen, Paderborn

Ross S.A., Chagunda M.G.G., Topp C.F.E., Ennos R.A. (2012): Effects of forage regime and cattle genotype on the global warming potential of dairy production systems. In: Hassouna M. & Guingand N. (2012): Emissions of gas and dust from Livestock. International Symposium of Emission of Gas and Dust from Livestock (EMILI 2012), im Tagungsband. June 10-13, 2012, in Saint-Malo, France

Soussana Jean-François (2006): Consommation d'énergie et gaz à effet de serre : Quelles perspectives à l'échelle d'une exploitation d'élevage ? *Fourrages* (2006) 187, 357-368

Wetterich Frank & Haas Guido (1999): Ökobilanz Allgäuer Grünlandbetriebe, Berlin

8) Anhang

Fiche technico-économique:

- Typ LHerbl = Lait Herbe Intensif
- Typ LMaisl = Lait Mais Intensif
- Typ LMaisSI = Lait Mais Semi Intensif
- Typ LPolycSI = Lait Polyculture Semi Intensif

Beispiel eines TEPagro Betriebsberichts