

Schriftenreihe der FAL / Les cahiers de la FAL 53

ÖKOBILANZIERUNG DES LANDWIRTSCHAFTSBETRIEBS

Methode und Anwendung in 50 Landwirtschaftsbetrieben

Dominique Rossier, SRVA; Gérard Gaillard, FAL



 agroscope

FAL RECKENHOLZ

Forschung für Landwirtschaft und Natur

Impressum:

Auftraggeber	Bundesamt für Landwirtschaft, BLW
Projektleiter	Stephan Pfefferli, FAT
Kerngruppe	Thomas Alföldi, FiBL Anton Candinas, BLW Stefan Erzinger, FAT Gérard Gaillard, FAL Martin Graf, LBL Hans-Jörg Lehmann, BLW Stephan Pfefferli, FAT Dominique Rossier, SRVA
Begleitgruppe	Urs Gantner, BLW Michel Gygax, SBV Félix Mettraux, BWL Patrik Mouron, FAW Andreas Mürner, RAP Franz Murbach, BFS Christoph Rentsch, BUWAL Otto Schmid, FiBL Peter Schwab, SRVA Franz X. Stadelmann, FAL
Redaktion	Dominique Rossier, SRVA; Gérard Gaillard, FAL
Wissenschaftliche Mitarbeiter	Claudia Kopp, FAT; Thomas Nemecek, FAL
Vertrieb	Bibliothek FAL Telefon: 01/377 72 64 Telefax: 01/377 72 01 E-mail: bibliothek@fal.admin.ch
Layout	Iris Turke, 9506 Lommis; Ursus Kaufmann, FAL; Jessica Hügli, SRVA
Übersetzung	Frieda Lüscher, 6648 MINUSIO
Datum	März 2001



FAL RECKENHOLZ

Forschung für Landwirtschaft und Natur

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	3
Zusammenfassung	4
Résumé	7
Summary	10
Kapitel 1: Allgemeine Aspekte	12
1.1 Mandat	12
1.2 Umfeld der Studie	12
1.3 Ziele	16
1.4 Aufbau des Berichts	16
Kapitel 2: Beschreibung der Methode der Ökobilanzierung	17
2.1 Grundkonzept	17
2.2 Die vier Phasen einer Ökobilanz	18
Kapitel 3: Ziele und Rahmen der Ökobilanz eines Landwirtschaftsbetriebes	21
3.1 Einleitung	21
3.2 Ziele und Zielpublikum	21
3.3 Funktionen und funktionelle Referenzeinheiten	21
3.4 Beschreibung eines Produktionssystems	24
3.5 Betrachtete Ressourcen, Emissionen und Umweltwirkungen	27
3.6 Auswertungskonzept	28
3.7 Beschreibung und Qualität der Daten	29
3.8 Kritische Prüfung	30
Kapitel 4: Sachbilanz	31
4.1 Einleitung	31
4.2 Produktionszahlen	31
4.3 Umweltinventar	34
4.4 Kontextuelle Daten	34
Kapitel 5: Umweltwirkungen	36
5.1 Auswahl der Umweltwirkungen	36
5.2 Betrachtete Umweltwirkungen	36
Kapitel 6: Auswertungskonzept	38
6.1 Einleitung	38
6.2 Vergleichbarkeit	38
6.3 Analyse des Umweltinventars	40
6.4 Analyse der Umweltwirkungen	40
6.5 Umweltbezogene Positionierung	41
6.6 Suche nach Vereinfachungen	42

Kapitel 7: Ergebnisse und Diskussion	44
7.1 Einleitung	44
7.2 Analyse der Inventardaten	44
7.3 Analyse der Umweltwirkungen pro Produktgruppe	48
7.4 Landwirtschaftsbetriebe	60
7.5 Einzelanalyse	61
Kapitel 8: Evaluation des Werkzeugs	71
8.1 Evaluationskriterien	71
8.2 Qualität und Eignung der Methode	71
8.3 Einführung in die Praxis	72
8.4 Einführung eines vereinfachten Werkzeugs des Umweltmanagements für Landwirtschaftsbetriebe	73
Kapitel 9: Schlussfolgerungen	78
Liste der Symbole und Abkürzungen	80
Literatur	85
Anhänge	89

Vorwort

((fehlt))

A handwritten signature in black ink, consisting of several stylized, cursive letters followed by a horizontal line that ends in an arrowhead pointing to the right.

Zusammenfassung

Der vorliegende Bericht entstand im Auftrag des Bundesamtes für Landwirtschaft (BLW) mit dem Ziel, ein Arbeitsinstrument für das Umweltmanagement von Landwirtschaftsbetrieben zu entwickeln und zu prüfen, das auf der Methode der Ökobilanzierung basiert. Entsprechend dem strategischen Ziel des BLW muss dieses Arbeitsinstrument dem einzelnen Landwirtschaftsbetrieb erlauben, mittels Indikatoren seine Umweltverträglichkeit zu prüfen, sich mit anderen Betrieben zu vergleichen und, falls nötig, Korrekturmassnahmen auszuarbeiten. Um dieses Ziel zu erreichen, wurde die Methode der Ökobilanzierung an die umweltbedingten Eigenheiten gängiger Schweizer Betriebstypen und an ihre wichtigsten Produktionszweige – mit Ausnahme von Gemüse – angepasst (Milch, Fleisch, Ackerkulturen, Futterbau, Früchte, Reben).

Um den Einfluss einzelner Produktionszweige zu analysieren, wurde als erstes eine schematische Beschreibung des Landwirtschaftsbetriebs gemäss den ISO-Normen für die Ökobilanzierung (14 040 und folgende) vorgenommen. Dadurch wurde es möglich, die Stoff- und Energieflüsse den einzelnen Produktgruppen zuzuweisen und zu quantifizieren. Die oft komplexen Zuweisungsverfahren konnten mit Hilfe der Produzenten realisiert werden.

Das vollständige Inventar der Produktions- und Umweltdaten konnte aus Dokumenten der Bewirtschaftenden zusammengetragen werden, hauptsächlich aus Buchhaltungen und Daten verschiedener Betriebsnetze. Ein Besuch der Betriebe war zur Vervollständigung der Daten nötig.

Die Berechnungsmodelle für die Feld- und Hofemissionen und deren Einfluss auf die Umwelt wurden aktualisiert. Einige Datengrundlagen über Emissionen sollten noch verbessert werden, insbesondere für landwirtschaftliche Gebäude und Einrichtungen, die Aufzucht von Tieren und die Produktion von Futtermitteln. Zudem bestehen lückenhafte Kenntnisse zu den direkten Emissionen von Schwermetallen aus Düngern sowie von Pestizid-Wirkstoffen. In diesen Bereichen sind Weiterentwicklungen nötig, um die Zuverlässigkeit der Ökobilanzmethode in der Landwirtschaft zu verbessern.

Eine Berücksichtigung des Einflusses auf die Bodenfruchtbarkeit, die Biodiversität und die Landschaftsästhetik war nicht möglich, da entsprechende Methodenentwicklungen noch im Gang sind.

Ein Auswertungskonzept konnte an die Situation des Landwirtschaftsbetriebes angepasst werden. Folgende neun Umweltwirkungen wurden berechnet:

- Verbrauch an fossilen Energieressourcen
- Ozonbildung
- Versauerung
- gesamte, aquatische und terrestrische Eutrophierung
- Ökotoxizität von Böden und Gewässern
- Humantoxizität.

Sie wurden im Detail für 50 Betriebe und die Produktionszweige Milchwirtschaft, Fleischproduktion und Ackerbau (Nahrungsmittelproduktion) evaluiert sowie die wichtigsten Emissionen analysiert. Die Produktionszweige Futter-, Obst- und Weinbau wurden einer eingeschränkten Analyse unterzogen.

Die Betriebe wurden aufgrund des Verbrauchs an nicht erneuerbaren Energieträgern rangiert. Für alle Umweltwirkungen waren die Unterschiede zwischen den Betrieben teilweise sehr gross. Lineare Korrelationen zwischen einzelnen Schlüsselgrössen (Produktions- und kon-

textuelle Daten, welche die Situation der Betriebe widerspiegeln) und Umweltwirkungen wurden gefunden; sie erklären jedoch bei weitem nicht alle Unterschiede. Dies zeigt, dass die Umweltwirkungen eines Betriebs stark durch das Verhalten der Bewirtschaftenden bestimmt werden, weshalb die Entwicklung eines Konzeptes für die individuelle Umweltberatung auf der Ebene des Landwirtschaftsbetriebs gerechtfertigt ist.

Die Berechnung von Korrelationen zwischen den neun Umweltwirkungen hat gezeigt, dass einzelne zusammengefasst werden können. Somit wurde auch die Beurteilung der Ergebnisse einfacher. Die Umweltwirkungen sind drei Wirkungsgruppen zugeteilt, welche drei wichtigen Quellen von Emissionen in der Landwirtschaft entsprechen:

- **Verbrauch an nicht erneuerbaren Energieressourcen**, von denen der Treibhauseffekt, die Ozonbildung und die Humantoxizität stark abhängen. Dieser Indikator zeigt die Effizienz der Nutzung der Infrastruktur und zahlreicher Produktionsmittel wie Treibstoffe.
- **Gesamt-Eutrophierung**, welche stark mit der terrestrischen Eutrophierung und der Versauerung der Böden korreliert. Dieser Indikator erlaubt eine Beurteilung des effizienten Managements der Stickstoff- und Phosphorflüsse im landwirtschaftlichen Pflanzenbau und in der Tierproduktion.
- **Terrestrische und aquatische Ökotoxizität**. Diese eng verknüpften Indikatoren geben Aufschluss über punktuell stark toxische Belastungen, wie Pestizideinsatz oder Anwendung von Düngern mit hohen Schwermetallgehalten.

Bezogen auf diese drei Gruppen von Wirkungskategorien wurden die Landwirtschaftsbetriebe positioniert, wobei das arithmetische Mittel pro Produktgruppe und pro Betriebstyp als Referenz diente. Diese Bezugsgrösse wurde mangels verfügbarer Umweltkennzahlen gewählt, welche jeder Landwirtschaftsbetrieb einhalten müsste. Der Vergleich erlaubte, die Stärken und Schwächen jedes Betriebs in Bezug auf die Umwelt aufzuzeigen, die Ursachen zu finden und Massnahmen vorzuschlagen. Die letzteren können in vier Klassen eingeteilt werden:

- eine rationellere Nutzung der oft überdimensionierten Infrastruktur
- eine Senkung des Verbrauchs an fossilen Energieträgern mit Suche nach Alternativen
- ein besseres Management des Stickstoffkreislaufs
- grössere Vorsicht bei der Auswahl von Hilfsstoffen mit toxischen Substanzen.

Im Allgemeinen müssen Massnahmen, welche die Infrastruktur betreffen, langfristig geplant werden. Jene betreffend den Stickstoffkreislauf und die Auswahl von Hilfsstoffen mit möglichst wenig toxischen Substanzen können mehr oder weniger kurzfristig ergriffen werden. Alle diese Massnahmen setzen spezifische agronomische Kenntnisse voraus.

Die analysierten Betriebe zeigen sehr unterschiedliche Umweltwirkungen. Im Vergleich schneidet ein Drittel der Betriebe überall zufriedenstellend bis gut ab. Ein Fünftel der Betriebe zeichnet sich durch gute Umweltleistungen aus und könnte die Resultate der Ökobilanz für das Umweltmarketing verwenden. Für zwei Drittel der Betriebe, welche in mindestens einem Bereich schlecht abschneiden, sind Verbesserungsmaßnahmen angezeigt.

Ein wichtiges Ziel des Projekts besteht darin, ein vereinfachtes Werkzeug für das betriebliche Umweltmanagement vorzuschlagen, welches einfach, schnell und benutzerfreundlich ist. Dazu wurden die drei oben beschriebenen Gruppen von Indikatoren vereinfacht, um den Aufwand für die Datenerhebung zu vermindern und die Interpretation durch einen landwirtschaftlichen Berater zu vereinfachen. Dieses vereinfachte Werkzeug wird durch die laufenden Entwicklungen in der agrarökologischen Forschung verbessert, was mittelfristig die Zuverlässigkeit der Methode erhöhen wird. Durch die Überprüfung an einer unabhängigen Stichprobe sollte gesichert werden, dass die Wissenslücken keinen Einfluss auf das Umweltmanagement haben.

Für eine erfolgreiche Einführung in der Praxis müssen in zwei Bereichen Verbesserungen erreicht werden:

- Automatisierung der Erhebung von Produktionsdaten auf Landwirtschaftsbetrieben, um die Kosten zu reduzieren und die Akzeptanz bei den Landwirtinnen und Landwirten zu erhöhen
- Bildung von Kompetenzzentren für das Umweltmanagement – basierend auf Ökobilanzen in der landwirtschaftlichen Beratung und ihren angegliederten Organisationen –, damit die Landwirte über kompetente, anerkannte und effiziente Ansprechpartner verfügen. Zudem sollte das Umweltmanagement besser in die landwirtschaftliche Grundausbildung integriert werden.

Werden diese Voraussetzungen seitens der Forschung und der Beratung erfüllt, könnte ein zuverlässiges und relativ günstiges Werkzeug des Umweltmanagements erfolgreich und mit akzeptablem Arbeitsaufwand in der Praxis eingeführt werden.

Résumé

Le présent rapport résulte d'un mandat décerné par l'Office fédéral de l'agriculture (OFAG) et visant à développer et tester un outil de management environnemental de l'exploitation agricole basé sur la méthode du bilan écologique. Conformément à l'objectif stratégique de l'OFAG, cet outil doit mettre à la disposition de l'agriculteur des indicateurs lui permettant d'apprécier la conformité de son exploitation avec l'environnement, de se comparer avec les autres exploitations, et, le cas échéant, d'élaborer des mesures correctrices. En accord avec ces objectifs, la méthode du bilan écologique a été adaptée aux particularités environnementales des types courants d'exploitations agricoles de la Suisse et à leurs principales productions (lait, viande, grandes cultures, fourrages, fruits, vigne), à l'exception du type maraîcher.

Pour évaluer l'impact des différentes productions, il a tout d'abord fallu réaliser une description schématique de l'exploitation agricole, conforme aux normes ISO sur le bilan écologique 14040 et suivantes, qui nous a permis d'attribuer les flux de matière et d'énergie à différents groupes de produits agricoles et de les quantifier. Les procédures d'allocation, souvent complexes, ont pu être réalisées avec l'aide du producteur.

Le catalogue complet de données de production et relatives à l'environnement a pu être établi à partir des documents fournis par l'agriculteur, principalement la comptabilité et les données de réseaux d'exploitation. Une visite d'exploitation s'est avérée nécessaire afin de compléter ces données.

Les procédures de calcul des émissions agricoles au champ et à la ferme et les impacts correspondants sur l'environnement ont été actualisés. Certaines améliorations sont cependant encore à envisager, notamment en ce qui concerne les émissions liées à la construction des bâtiments agricoles, d'installations spécifiques à l'agriculture, aux animaux d'élevage et aux fourrages. D'autre part, les connaissances concernant les émissions directes de métaux lourds contenus dans les engrais et de matières actives des pesticides sont lacunaires. A ce niveau, des développements sont encore nécessaires afin d'améliorer la fiabilité de la méthode du bilan écologique en agriculture.

Les impacts sur la fertilité du sol, la biodiversité et le paysage n'ont pu être calculés, les développements méthodologiques les concernant étant actuellement en cours.

Un concept d'interprétation des résultats a pu être adapté à la situation de l'agriculteur. Les principales émissions contribuant aux neuf impacts environnementaux pris en considération, à savoir:

- utilisation des ressources énergétiques fossiles;
- formation d'ozone;
- acidification;
- eutrophisation globale, aquatique et terrestre;
- ecotoxicité du sol et des eaux;
- toxicité humaine;

ont été évaluées en détail pour 50 exploitations et trois groupes de produits (lait, viande et grandes cultures alimentaires).

Les groupes de produits fourrages, arboriculture et viticulture ont fait l'objet d'une étude réduite. Un classement des exploitations a été établi sur la base des résultats de l'utilisation des ressources fossiles non renouvelables. Nous avons noté des différences parfois très importantes entre les exploitations pour chaque impact. Nous avons pu établir des corrélations linéaires avec certains chiffres clés, données de production ou contextuelle reflétant la situa-

tion de l'exploitation, mais celles-ci sont loin d'expliquer globalement les différences d'impact. Ceci démontre que le comportement individuel de l'agriculteur est déterminant sur l'impact environnemental et justifie l'élaboration d'un concept de conseil environnemental individualisé au niveau de l'exploitation agricole.

Des corrélations ont été calculées entre les neuf impacts environnementaux et ont montré qu'il est justifié d'en regrouper certains d'entre eux par type d'impact. Ceci nous a amené à simplifier l'interprétation des résultats et à présenter ceux-ci sous la forme d'indicateurs environnementaux représentatifs de trois groupes d'impact reflétant trois types de pollution jouant un rôle majeur en agriculture. Soit:

- **L'utilisation des ressources énergétiques non renouvelables**, dont dépend en grande partie l'effet de serre, la formation d'ozone et la toxicité humaine. Cet indicateur reflète l'efficacité de l'utilisation des infrastructures ainsi que de nombreux moyens de production comme les carburants.
- **L'eutrophisation globale**, impact corrélé à l'eutrophisation terrestre et à l'acidification des sols. Cet indicateur permet de juger de la maîtrise effective des cycles de l'azote et du phosphore lors de la production agricole, tant végétale qu'animale.
- **L'écotoxicité terrestre et l'écotoxicité aquatique**. Ces deux indicateurs, étroitement dépendants, expriment l'impact environnemental causé par des mesures ponctuelles à haute charge en polluants toxiques, comme l'épandage de pesticides ou d'engrais à forte teneur en métaux lourds.

Le positionnement des exploitations agricoles a été réalisé pour ces trois groupes d'impacts environnementaux sur la base de la moyenne arithmétique des impacts par groupe de produits et par type d'exploitation. Cette référence a été choisie faute d'alternatives à notre disposition quant aux valeurs clés environnementales qu'une exploitation agricole se devrait de satisfaire. Il nous a permis de déterminer les points forts et faibles de chaque exploitation analysée, d'en rechercher les causes et de définir les mesures à prendre. Ces dernières peuvent être regroupées en quatre classes:

- une rationalisation des infrastructures trop souvent surdimensionnées;
- une réduction de la consommation des agents énergétiques avec une recherche de solutions alternatives;
- une meilleure gestion du cycle de l'azote;
- un choix plus critique des intrants contenant des substances toxiques.

D'une manière générale, les mesures concernant les infrastructures sont à envisager à long terme, celles concernant le cycle de l'azote et le choix des intrants contenant des substances toxiques à plus ou moins court terme. Toutes ces mesures font appel à des connaissances agronomiques spécifiques.

Les exploitations agricoles analysées présentent des impacts environnementaux très différents. Comparées entre elles, un tiers des exploitations agricoles analysées présentent partout des impacts satisfaisants à bons. Un cinquième des exploitations se distingue toujours positivement et pourrait utiliser le bilan écologique pour le marketing environnemental. Pour deux tiers des exploitations présentant au moins un impact défavorable, des mesures d'amélioration sont à envisager.

Un objectif important de ce projet est de proposer un outil simplifié de management environnemental de l'exploitation agricole d'utilisation simple, rapide et conviviale. Ceci a été réalisé en simplifiant les trois groupes d'indicateurs décrits ci-dessus, de manière à limiter les travaux de collecte de données et à rendre leur interprétation plus aisée pour un conseiller agricole. L'outil simplifié sera amélioré par les développements en cours de la recherche agro-

écologique, ce qui assurera à moyen terme une fiabilité accrue. Il conviendrait aussi de le tester sur un échantillon indépendant afin de s'assurer que les manques d'information ne portent pas à conséquence sur le management environnemental.

Une implémentation réussie dans la pratique présuppose, quant à elle, un plan d'action à deux niveaux:

- automatisation de la collecte des données de production à l'échelle de l'exploitation agricole, indispensable pour satisfaire les contraintes budgétaires et accroître les chances de succès auprès des agriculteurs;
- développement de centres de compétence en matière de management environnemental basé sur le bilan écologique dans le conseil agricole et ses organisations affiliées, afin que ces derniers puissent servir d'interlocuteurs compétents, reconnus et efficaces aux agriculteurs. Une intégration accrue du management environnemental dans la formation de base des agriculteurs serait en outre à promouvoir.

C'est au prix de ces investissements, tant de la part de la recherche que du conseil agricole, que l'ambition d'offrir un outil de management environnemental fiable, relativement peu coûteux et avec une charge de travail acceptable, pourra être menée à terme.

Summary

This report is the result of a mandate issued by the Swiss Federal Office for Agriculture (FOAG) with a view to developing and testing an environmental management tool for farms, based on the life cycle assessment method. In keeping with the strategic objective of the FOAG, this tool is meant to make available to the farmer indicators enabling him to gauge the environmental conformity of his farm, to compare his farm with other farms, and to develop corrective measures where appropriate. In harmony with these objectives, the life cycle assessment method has been adapted to the distinctive environmental features of the common farm types in Switzerland, and to their main produce (milk, meat, arable farming, forage, fruit, winegrowing), with the exception of market-gardens.

In order to evaluate the impact of producing the different crops and produce, it was first of all necessary to create a schematic description of the farm in conformity with ISO standards on life cycle assessment 14040 and following, which enabled us to attribute material and energy flows to different groups of agricultural produce, and to quantify them. The often complex allocation procedures were carried out with the help of the producer.

The complete inventory of production and environmental data was drawn up from the documents provided by the farmer, mainly the accountancy and farm network data. A farm visit proved necessary in order to complete these data.

Procedures for calculating agricultural emissions in the field and on the farm and the corresponding impacts on the environment have been updated. However, there are certain improvements still to be envisaged, especially as regards emissions linked to the construction of farm buildings, to installations specific to agriculture, to livestock rearing and forage. Moreover, there are still gaps in our knowledge concerning direct emissions of heavy metals contained in fertilisers and active ingredients in pesticides. In this context, developments are still necessary in order to improve the reliability of the life cycle assessment method in agriculture.

Impacts on soil fertility, biodiversity and landscape could not be calculated, since the methodological developments concerning them are currently in progress.

A concept for interpreting results was adapted to the farm's situation. Nine environmental impacts were taken into account, to wit:

- the use of fossil energy resources;
- ozone formation;
- acidification;
- global, aquatic and terrestrial eutrophication;
- soil and water ecotoxicity;
- human toxicity.

The main emissions contributing to these environmental impacts were evaluated in detail for 50 farms and three product groups (milk, meat and food crops). The forage, fruit-growing and viticulture product groups formed the focus of a scaled-down study.

A ranking of the farms was drawn up on the basis of the results of the use of non-renewable fossil resources. Differences between the farms for each impact – sometimes quite sizeable ones – were observed. We succeeded in establishing linear correlations with certain key figures, production or contextual data reflecting the situation of the farm, but these correlations fall far short of providing an overall explanation for the differences in impact. This

demonstrates that the farmer's individual behaviour is decisive in terms of environmental impact, and justifies the development of a concept for individualised environmental counselling at the farm level.

Correlations between the nine environmental impacts were calculated, and showed that it is justified to group certain ones together according to impact type. This led us to simplify the interpretation of the results and to present the latter in the form of environmental indicators representing three impact groups reflecting three types of pollution playing a major role in agriculture, to wit:

- **Use of fossil energy resources**, with which the greenhouse effect, ozone formation and human toxicity are closely related. This indicator reflects the effectiveness of the use of infrastructure as well as of numerous means of production such as fuels.
- **Global eutrophication**, an impact correlated with terrestrial eutrophication and soil acidification. This indicator enables us to judge the effective control of the nitrogen and phosphorus cycles during agricultural production, both plant and animal.
- **Terrestrial and aquatic ecotoxicity**. These two closely interrelated indicators express the environmental impact caused by inputs high in toxic pollutants, such as the application of pesticides or fertilisers with a high heavy-metal content.

The farms were ranked for these three environmental impact groups on the basis of the arithmetic mean of the impacts per product group and per farm type. This reference point was chosen for lack of alternatives available to us in terms of key environmental values which should be satisfied by a farm. It enabled us to determine the strong and weak points of each farm analysed, and to investigate the causes and the corrective measures to be taken. The said measures may be grouped into four categories:

- rationalisation of infrastructure, which is too often oversized;
- reduction in the consumption of energy resources, coupled with an investigation of alternative solutions;
- improved nitrogen cycle management;
- a more critical choice of inputs containing toxic substances.

Generally speaking, measures concerning infrastructure are to be envisaged over the long term, and those concerning the nitrogen cycle and the choice of inputs containing toxic substances over a more or less short term. All these measures require specific agronomic knowledge.

The farms analysed present widely differing environmental impacts. Compared to each other, one third of the farms analysed present satisfactory-to-good impacts in all categories. One fifth of the farms still stand out positively and could use life cycle assessment for environmental marketing. For the two thirds of the farms presenting at least one unfavourable impact, measures for improvement are to be envisaged.

A major objective of this project was to propose a simplified environmental management tool for the farm which is easy and quick to use as well as user-friendly. This was achieved by simplifying the three groups of indicators described above, so as to limit the data-collection work and make the interpretation of the data easier for an agricultural consultant. The simplified tool will be improved by current developments in agro-ecological research, which will ensure increased reliability in the medium term. It would also be wise to test the tool on an independent sample, in order to make sure that the missing information will have no bearing on environmental management.

Successful implementation in practice presupposes a plan of action on two levels:

- automation of the collection of production data at farm level, indispensable for meeting budgetary constraints and increasing the chances of success with the farmers;
- development of centres of competence in environmental management based on life cycle assessment in agricultural extension services and its affiliated organisations, so that the latter may serve as competent, recognised and effective contacts for the farmers. In addition, greater integration of environmental management in the basic training of farmers should be promoted.

It is with the aid of these investments, both on the part of research and agricultural extension services, that it will be possible to fulfil the ambition of offering a reliable, relatively inexpensive environmental management tool with an acceptable workload.

Kapitel 1: Allgemeine Aspekte

1.1 Auftrag

Dieser Bericht ist das Resultat des Auftrags, der im Oktober 1998 vom Bundesamt für Landwirtschaft (BLW, Stabsstelle Ökologie) dem Service Romand de Vulgarisation Agricole Lausanne (SRVA), der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik Tänikon (FAT), und – nach dem Transfer des Forschungsbereichs Ökobilanzen am 1. Januar 2000 – der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau Reckenholz (FAL) erteilt wurde. Das Ziel dieses Mandats ist die

- Anpassung der von der FAT (*Gaillard et al., 1997; Wolfensberger und Dinkel, 1997*) entwickelten und vom SRVA (Rossier, 1998) getesteten Methode der Ökobilanzierung, damit sie auf der Stufe eines Landwirtschaftsbetriebes angewandt werden kann.

Diese Studie wurde als integrierender Bestandteil des Projekts «Zentrale Auswertung und Ökobilanzen» durchgeführt, das unter der Leitung der FAT stand. Neben SRVA und FAL waren auch die Landwirtschaftliche Beratungszentrale Lindau (LBL) und das Forschungsinstitut für biologischen Landbau Frick (FiBL) daran beteiligt. Diese Institutionen bildeten die Kerngruppe des Projekts, die den vorliegenden Bericht genehmigt und zusammen mit der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Obst-, Wein- und Gartenbau Wädenswil (FAW) und der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Pflanzenbau Changins (RAC) zur Erhebung der in dieser Arbeit verwendeten Daten beigetragen hat. Ausserdem wurden auch die Bemerkungen der Projektbegleitgruppe so weit wie möglich berücksichtigt. Die beteiligten Institutionen und ihre Vertreter sind im Deckblattverzeichnis aufgeführt.

1.2 Umfeld der Studie

1.2.1 Politik

Jede menschliche Tätigkeit zieht Umweltwirkungen nach sich. Will man eine nachhaltige Entwicklung unserer Gesellschaft erreichen, um so für die kommenden Generationen stabile und annehmbare Lebensbedingungen zu gewährleisten, sind diese Umweltwirkungen auf ein Minimum zu beschränken. Die Landwirtschaft ist von dieser allgemeinen Regel nicht ausgenommen: Da fast alle landwirtschaftlichen Tätigkeiten in der freien Natur stattfinden und auf der Nutzung der natürlichen Ressourcen basieren, wird die Umwelt direkt davon beeinflusst.

Die landwirtschaftlichen Tätigkeiten sind zudem für die ganze Gesellschaft sichtbar, umso mehr als die schweizerische Landwirtschaft einen bedeutenden Anteil der Gesamtfläche des Landes nutzt. All diese Tatsachen haben im Verlaufe der Zeit zu einer starken Sensibilisierung der öffentlichen Meinung beigetragen.

Deshalb sind die Erwartungen den Landwirten gegenüber gewachsen, was auch anlässlich der Abstimmung über den neuen Verfassungsartikel über die Landwirtschaft feststellbar war.

Die sich bereits seit einigen Jahren in der Umsetzung befindende neue Landwirtschaftspolitik hat diese Grundelemente integriert. Die finanzielle Unterstützung der Landwirtinnen und Landwirte ist klar an Umweltleistungen gebunden. Dies zieht eine ganze Reihe von Verboten und Verpflichtungen nach sich, die zwar die landwirtschaftlichen Umweltwirkungen verringern, wie dies von der Gesellschaft gewünscht wird, aber nicht zu einem stärkeren Verantwortungsbewusstsein der Landwirte in Sachen Umweltschutz beitragen. Statt an die Umwelt-

folgen ihres täglichen Handelns zu denken, werden sie in erster Linie dazu angehalten, die ihnen auferlegten Vorschriften zu beachten.

Diese unbefriedigende Situation hat das Bundesamt für Landwirtschaft dazu veranlasst, über seine Stabsstelle Ökologie das folgende strategische Ziel zu formulieren:

«Der Landwirt soll über Indikatoren verfügen, die ihm erlauben, die Verträglichkeit seines Betriebes mit der Umwelt und den spezifischen ökologischen Problemen seiner Region zu beurteilen. Er soll sich auch mit anderen Betrieben vergleichen können.»

Dadurch soll das Verantwortungsbewusstsein der Landwirtin und des Landwirts gestärkt und der Wettstreit gefördert werden, der aus einem der Betriebsführung immer nützlichen Vergleich mit andern entstehen kann. Es geht aber auch darum, einem Berufsstand – auf individueller oder kollektiver Ebene – zu erlauben, durch eine aus den eigenen Reihen stammende Umweltkommunikation in der Öffentlichkeit offensiv argumentieren zu können.

1.2.2 Management

Die Entwicklung von einzelbetrieblichen Umweltindikatoren darf sich nicht darauf beschränken, dem Landwirt als Betriebsleiter effiziente Arbeitsinstrumente zu seiner eigenen Verteidigung oder zur Dokumentation seiner Umweltleistungen zur Verfügung zu stellen; sie müssen ihm auch ein besseres individuelles Management seines Betriebes ermöglichen. In diesem Sinne ist es wichtig, solche Indikatoren nicht losgelöst von ihrem Umfeld zu entwickeln, sondern sie in das Betriebsmanagement zu integrieren.

Es geht nicht darum, sich auf die Quantifizierung einiger Indikatoren, wie zum Beispiel des Bedarfs an fossiler Energie für die Jahresproduktion eines landwirtschaftlichen Betriebes oder seiner toxischen Wirkung auf die Gewässer zu beschränken. Es sollen wenn nötig auch Verbesserungsmaßnahmen daraus abgeleitet werden können, die einerseits zu einer Verringerung der Umweltwirkungen beitragen, andererseits dem Landwirt in Übereinstimmung mit seinen wirtschaftlichen Zielen erlauben:

- Sparpotenziale zu schaffen, indem insbesondere die Energiekosten gesenkt werden,
- langfristig die Betriebssicherheit zu erhöhen, indem sichergestellt wird, dass potenziell kostspielige Umweltschäden nicht eintreten (beispielsweise nach einem zu häufigen Einsatz von Klärschlamm),
- die Betriebsstruktur zu verbessern, indem Synergien zwischen den verschiedenen Landwirtschaftszweigen genutzt werden – ein besonders für Mischbetriebe aktuelles Thema – oder indem gewisse Produktionszweige mit ungenügender Leistung optimiert werden,
- die Stellung auf dem Markt zu verbessern, indem beispielsweise Schlüsselemente für die Erteilung von Umweltlabeln für eine Produktion geliefert werden.

Damit ist klar, dass die erfolgreiche Umsetzung des strategischen Ziels des BLW nur über seine Integration in ein Werkzeug des Umweltmanagements auf der Stufe des landwirtschaftlichen Betriebes und in Übereinstimmung mit dessen wirtschaftlichen Prioritäten geschehen kann. Bei der Auswahl eines den Bedürfnissen des Landwirtes entsprechenden Arbeitsinstrumentes müssen folgende sektorbedingte Randbedingungen beachtet werden:

- Eine oft unvollständige und unkoordinierte technische Dokumentation. Die für die Betriebsführung unabdingbaren Produktionsdaten sind im Allgemeinen schwer zugänglich. Dazu kommt, dass in der Regel rein umweltabhängige Informationen ohne direkten Bezug zur wirtschaftlichen Betriebsführung nicht vorhanden sind.
- Eine oft lückenhafte Kenntnis der Betriebsstruktur. Das bis heute praktizierte wirtschaftliche Betriebsmanagement hat die Landwirte nicht dazu gebracht, einen spezifischen

Produktionszweig als Ganzes zu optimieren, obwohl ein solches Vorgehen einen der Schlüsselfaktoren für die Verbesserung von Umwelleistungen darstellt.

- Ein sehr beschränktes Budget. Im Durchschnitt sind Landwirtinnen oder Landwirte nur bereit, zwischen einem und drei Arbeitstage pro Jahr und Betrieb in das Umweltmanagement zu investieren.
- Individuell unterschiedliche Grundkenntnisse der landwirtschaftlichen Umweltprozesse, die – wie bei Betriebsleitern im Sekundär- und Tertiärsektor – eine Vereinfachung der Umweltkommunikation erforderlich machen.

1.2.3 Methodik

Es gibt a priori zahlreiche Methoden des Umweltmanagements, die dem vom BLW festgelegten strategischen Ziel gerecht werden könnten. Beispiele sind die Zertifizierung nach der ISO-Norm 14001, die umweltbezogenen Anbietererklärungen nach ISO 14021 oder die Umwelleistungsbewertung nach ISO 14031. Die einen zeichnen sich dadurch aus, dass sehr weitgehende spezifische Kenntnisse des Landwirtschaftsbetriebes notwendig sind; andere wiederum lassen eine flexible und zwangslose Umsetzung zu, die viele Auswertungen erlaubt, aber auch das Risiko geringer Glaubwürdigkeit mit einschliesst. Sollen einerseits der Managementaspekt integriert und andererseits die unter Kapitel 1.2.2 aufgeführten Sachzwänge beachtet werden, muss unbedingt eine Methode angewandt werden, mit der die zahlreichen Schritte zur Bestimmung von Umweltindikatoren auf Betriebsebene in höchst möglichem Masse standardisiert werden können. Dies beinhaltet insbesondere:

- eine zentrale Datenerhebung bzw. eine standardisierte Beschaffung der fehlenden Daten
- eine schematisierte Beschreibung der wirtschaftlichen Funktionsweise des Landwirtschaftsbetriebes
- eine umfassende Festlegung der zu erreichenden Umweltziele
- ein flexibles Berechnungsinstrument, welches auf sehr unterschiedlichen Landwirtschaftsbetrieben angewandt werden kann
- ein allgemeines Verfahren zur Auswertung der Ergebnisse und gegebenenfalls zur Ausarbeitung von Vorschlägen für Verbesserungsmaßnahmen.

Gemäss diesem Aufgabenkatalog konzentriert sich das auf drei Tage beschränkte freiwillige Engagement des Landwirts darauf, fehlende Informationen bereit zu stellen, Ergebnisse auszuwerten und vorgeschlagene Verbesserungsmaßnahmen zu diskutieren. Ist der Landwirt bereit, zusätzliche Mittel einzusetzen, kann das Management besser auf seine persönlichen Bedürfnisse zugeschnitten und vermehrt auf die spezifischen Merkmale seines Betriebes eingegangen werden.

Im Einvernehmen mit dem Bundesamt für Landwirtschaft und allen Partnern des Projekts «Zentrale Auswertung und Ökobilanzen» kam man zum Schluss, dass diese Ziele im heutigen Kontext mit der Methode der Ökobilanzierung erreicht werden können, auch wenn

- mehrere Umweltaspekte wie der Einbezug der Wirkungen auf die Bodenfruchtbarkeit oder die Biodiversität noch fehlen,
- die Anpassung an die Stufe des Landwirtschaftsbetriebes noch durchgeführt werden muss sowie
- eine Automatisierung der Datenerhebung und der Berechnung der Ergebnisse unabdingbar ist.

Der erste Punkt ist ein langfristiges Ziel, das während der Laufzeit dieses Projekts nicht erreicht werden konnte.

¹Wegen der enormen Datenmenge war es nicht möglich, Betriebe mit Gemüseanbau in die Stichprobe mit einzubeziehen.

Die Entwicklungen in der Forschung sind zwar vielversprechend, doch noch nicht genügend fortgeschritten, um in gleicher Weise wie der Verbrauch fossiler Energieressourcen oder die toxische Belastung der Gewässer bereits jetzt in ein Managementinstrument integriert zu werden. Diese Aspekte müssen heute noch unabhängig vom Verfahren behandelt werden, das in diesem Bericht vorgestellt wird.

Der zweite Punkt wird hier detailliert behandelt, während der dritte unter anderem Gegenstand des Berichts *Pfefferli et al. (2001)* ist.

1.3 Ziele

Wie bereits in Kapitel 1.1 erwähnt, besteht das Hauptziel dieses Berichtes in der Anpassung der Methode der Ökobilanzierung an die Stufe des Landwirtschaftsbetriebes. Zur Erreichung dieser Zielsetzung wurden die folgenden Feinziele festgelegt:

- Formulierung anwenderfreundlicher Regeln für die schematische Beschreibung des Landwirtschaftsbetriebes, dank denen die Ressourcen, Stoffflüsse und Produkte den wichtigsten landwirtschaftlichen Produktionszweigen zugewiesen werden können;
- Erstellung eines Katalogs über Produktions- und Umweltdaten, die für die einzelbetriebliche Ökobilanzierung notwendig sind;
- Aktualisierung der Berechnungsverfahren für landwirtschaftliche Feld- und Hofemissionen und ihrer jeweiligen Umweltwirkungen gemäss dem neuesten Stand der Agrar- und Umweltforschung;
- Entwicklung eines Konzepts für die Auswertung der Ergebnisse, mit dem die Methode der Ökobilanzierung in die landwirtschaftliche Umweltberatung eingebracht werden kann. Dazu gehört insbesondere die Formulierung von Verbesserungsvorschlägen, die der Situation des Landwirts angepasst sind;
- Überprüfung der Methode an einer Stichprobe von rund 50 Betrieben, welche die gesamtschweizerische Agrarproduktion abdecken¹, und Präsentation von Vorschlägen zu ihrer Vereinfachung, damit sie zu einem leicht handhabbaren und effizienten Arbeitsinstrument in der landwirtschaftlichen Umweltberatung werden kann;
- Bereitstellung von Basisinformationen, die für die Formulierung des Konzepts zur Integration der Ökobilanzierung in die zentrale Auswertung der Buchhaltungsdaten an der FAT notwendig sind.

1.4 Aufbau des Berichts

Der vorliegende Bericht ist folgendermassen strukturiert: Nach einer kurzen Einführung in die landwirtschaftliche Ökobilanzierung (Kapitel 2) wird die für die Umweltbewertung der Landwirtschaftsbetriebe entwickelte Methode in den Kapiteln 3 bis 6 im Einzelnen vorgestellt, indem jedes Kapitel einen spezifischen Aspekt der vier Phasen der Ökobilanzierung behandelt. Auf die Ergebnisse und eine Diskussion darüber in Kapitel 7 folgt die Auswertung des entwickelten Arbeitsinstruments im Hinblick auf seine Anwendung in der landwirtschaftlichen Beratung (Kapitel 8). Die wichtigsten Schlussfolgerungen dieser Studie werden in Kapitel 9 dargestellt.

Kapitel 2: Beschreibung der Methode der Ökobilanzierung

2.1 Grundkonzept

Die Ökobilanzierung ist ein Werkzeug des Umweltmanagements, das für Entscheidungsträger entworfen wurde; seien dies Firmenchefs, Behörden oder Interessenvertretungen. Die Methode bewertet die Umweltwirkung (a priori aller Arten) eines Produktionssystems (Produkts, Unternehmens) oder einer Leistung (Dienstleistung), indem sie den Lebensweg der verwendeten Substanzen «von der Wiege bis zur Bahre» verfolgt und den Energiefluss sowie die entstandenen Emissionen analysiert. Dieses dreifache Prinzip – Bilanz, Lebenszyklusanalyse und ganzheitliche Bewertung – zielt darauf ab, das Umweltmanagement auf folgende Grundlagen aufzubauen:

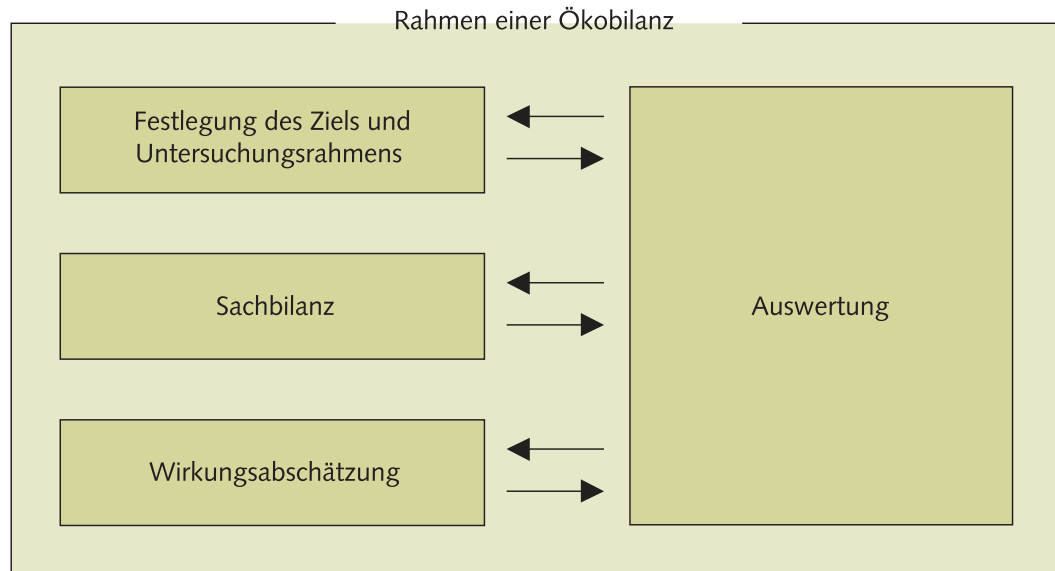
- *Bilanz*: Die Umweltbewertung soll denselben Untersuchungsbereich abdecken wie die ökonomische Evaluation. Die Analyse des Produktionssystems muss sich auf die gleichen Hypothesen abstützen. Damit verfügt der Entscheidungsträger über kohärente Informationen sowohl auf der wirtschaftlichen als auch auf der umweltbezogenen Ebene, und er kann Entscheidungen tendenzfrei und in voller Kenntnis der Sachlage treffen. Auf wirtschaftlicher Ebene setzt dies eine Vollkostenrechnung voraus.
- *Lebenszyklusanalyse*: Eine Verbesserung von Umweltaspekten des betrachteten Produktionssektors darf nicht auf Kosten einer Lebenszyklusphase geschehen, die nicht Teil des analysierten Systems ist, weil sie nicht direkt in den Einflussbereich des Entscheidungsträgers fällt. Ein Umweltproblem soll nicht dadurch «gelöst» werden, dass es in die Vorstufen (Verlagerung eines umweltverschmutzenden Fabrikationsverfahrens) oder Nachstufen (Vermehrung der Abfälle) verlagert wird.
- *Ganzheitliche Betrachtung*: Eine punktuelle Verbesserung der Umwelt (beispielsweise durch die Verringerung des Verbrauchs fossiler Energie) darf nicht auf Kosten einer nicht dokumentierten Verschlechterung einer andern Umweltwirkung geschehen (beispielsweise die Gefährdung der Luftqualität durch den Ausstoss toxischer Verbindungen). Nur eine ganzheitliche Betrachtung der Umweltwirkungen kann als Grundlage für ein effizientes Umweltmanagement dienen.

Im Rahmen eines präzise festgelegten Systems werden die Energie- und Stoffflüsse von der Gewinnung der Rohstoffe bis zur Entsorgung oder Wiederverwertung der durch die Produktion oder die betrachtete Dienstleistung entstandenen Abfälle erfasst. Alle Ressourcen und Emissionen, die in der Bestimmung der Umweltwirkungen eine wichtige Rolle spielen, werden berücksichtigt.

Da in einem landwirtschaftlichen System die Menge der in den Pestiziden enthaltenen und in die Umwelt abgeleiteten Wirkstoffe sehr gross ist, kann die so erstellte Sachbilanz Hunderte von Positionen enthalten. Einer der wichtigsten Sachzwänge im Umweltmanagement besteht darin, dass man über eine begrenzte Anzahl von Indikatoren verfügt, die ein Maximum an Informationen bieten und gleichzeitig erlauben, die Gesamtsicht zu bewahren. Um diesen Anforderungen gerecht zu werden, werden die erfassten Ressourcen und Emissionen mittels Methoden aus der Umweltwissenschaft in Kategorien oder Wirkungen zusammengefasst, die den hauptsächlichen Umweltproblemen unserer Zeit entsprechen (z.B. Klimaerwärmung als Folge des Treibhauseffekts, Beeinträchtigung der Ökosysteme durch sauren Regen). Zuletzt werden die Ergebnisse mit Blick auf die Zielerreichung ausgewertet. Da diese Methode sehr komplex ist, wird sie oft iterativ angewandt.

2.2 Die vier Phasen einer Ökobilanz

Die ISO-Norm 14040 (1997), ergänzt durch die Normen 14041 (1999) und 14043 (1999), enthält die allgemeinen Anforderungen der Methode. Die Methode ist in vier Phasen aufgeteilt und beruht auf den in Kapitel 2.1 beschriebenen Grundprinzipien. Diese werden in Figur 1 dargestellt und nachfolgend erklärt.



Ablaufschema einer Ökobilanz nach EN ISO 14040 ff. (1997). Die Pfeile zwischen den einzelnen Phasen unterstreichen den iterativen Charakter der Methode.
Abbildung 1

2.2.1 Festlegung des Ziels und Untersuchungsrahmens

Im Wesentlichen stützt sich diese Phase auf die Hauptelemente des Grundkonzepts eines Projekts, wie es in den Managementtheorien definiert wird. Sie umfasst zahlreiche Punkte, die einen starken Einfluss auf das Schlussresultat der Ökobilanz haben können:

- Festlegung der Ziele und des Zielpublikums
- Charakterisierung des betrachteten Systems, insbesondere:
 - Funktion und Wahl der Einheit – funktionelle Einheit genannt –, die zur Quantifizierung seiner Leistung dient
 - Grenzen, sowohl räumliche (Standort) als auch zeitliche (Dauer) und konzeptionelle (Wahl der erfassten Verfahren)
 - interne Organisation (in modularer Form) und Allokationsverfahren (Zuweisung) von Inputs und Outputs zu den jeweiligen Modulen
- Prinzipien für den Systemvergleich, Wahl der Referenzen
- Bestimmung der zu quantifizierenden Ressourcen, Energie- und Stoffflüsse sowie der immateriellen² Umweltbelastungen
- Wahl der Umweltkategorien oder -wirkungen (Treibhauseffekt, Eutrophierung usw.) und der jeweiligen Bestimmungsmethoden³
- Qualitätsansprüche für die Berechnungsdaten. Sie beziehen sich insbesondere auf die folgenden Punkte:
 - zeitliche und räumliche Gültigkeit
 - Technologie
 - Genauigkeit, Vollständigkeit und Repräsentativität
 - Kongruenz und Nachvollziehbarkeit, Datenquellen
 - Unsicherheit der Informationen
- Grenzen und wichtigste Hypothesen der Bilanz
- kritische Prüfung.

² beispielsweise die Bodenverdichtung

³ beispielsweise die Festlegung von Charakterisierungskoeffizienten für Methan und Lachgas, um ihren Beitrag am Treibhauseffekt in einer Einheit – hier Kohlendioxid-Äquivalente – zu bewerten, und dadurch mit den Kohlendioxidemissionen aggregieren zu können

2.2.2 Sachbilanz

Diese Phase ist ganz der Erhebung und Quantifizierung der Daten gewidmet, welche auf die vorgängig bestimmte funktionelle Einheit bezogen werden. Dies ist in der Regel die zeitlich aufwändigste Phase, und es lohnt sich, grösste Anstrengungen zur Rationalisierung dieser Arbeiten zu unternehmen. Die Phase besteht aus zwei unterschiedlichen Teilen:

- *Produktionsinventar*: Alle in der vorherigen Bilanzphase bestimmten technischen und wirtschaftlichen Daten, die für die Systemabgrenzung und Quantifizierung der Stoff- und Energieflüsse notwendig sind, sind zu quantifizieren. Die Quantifizierungsverfahren müssen den für die Datenqualität formulierten Ansprüchen gerecht werden. Im vorliegenden Fall einer Betriebsbilanz ist es wichtig, möglichst viele Daten aus dem Betrieb zu erfassen. Bei ungenügender Datenlage sind Modelldaten, Informationen aus der Literatur oder Expertenmeinungen heranzuziehen.
- *Umweltinventar*: Dieses enthält alle vom betrachteten System verwendeten Ressourcen und dessen Emissionen in Luft, Wasser und Boden pro funktionelle Einheit. Aus praktischen Gründen werden in der Ökobilanzierung landwirtschaftlicher Verfahren zwei Emissionsarten unterschieden:
 - direkte Emissionen auf dem Feld (Nitrate, Pestizide usw.) oder auf dem Hof (Ammoniak, Methan usw.), die direkt von den Aktivitäten des Landwirts abhängen
 - indirekte vorgelagerte (bei der Bereitstellung von Energieträgern oder der Herstellung von Inputs) oder nachgelagerte (als Folge der Abfallverwertung) Emissionen, auf die der Landwirt beispielsweise durch seine Einkaufspolitik einen indirekten Einfluss nimmt. Aus praktischen Gründen werden die Emissionen aus der Verbrennung von Energieträgern (Diesel usw.) als indirekte Emissionen erfasst, auch wenn sie innerhalb des Landwirtschaftsbetriebes produziert werden.

In sehr seltenen Fällen können auch individuelle Messungen vorgenommen werden. Im Allgemeinen wird jedoch entweder auf standardisierte Daten (z.B. für die in den Abgasen enthaltenen toxischen Verbindungen) oder auf Modelldaten (z.B. die Schätzung der Nitratauswaschung) zurückgegriffen. Im letzteren Fall ist es angebracht, ausserdem zahlreiche kontextuelle Daten und Informationen zu sammeln (z.B. Art der Bodenbearbeitung oder Zeitpunkt der Düngung).

2.2.3 Wirkungsabschätzung

Das Ziel dieser Phase besteht in der Zusammenfassung der verschiedenen in der Sachbilanz enthaltenen Informationen in Umweltkategorien oder -wirkungen, welche die hauptsächlichen ökologischen Probleme der heutigen Gesellschaft abdecken und für die es wichtig ist, das betrachtete Produktionsverfahren zu optimieren.

Diese Phase besteht aus den folgenden drei Teilen:

- *Klassifizierung*: In diesem Teil muss bestimmt werden, welche Positionen der Sachbilanz an den zu quantifizierenden Umweltwirkungen beteiligt sind. Beispiel: Kohlendioxid, Lachgas und Methan tragen alle drei zum Treibhauseffekt bei. Die selbe Emission kann gleichzeitig zu mehreren Umweltwirkungen beitragen, ohne dass deshalb eine Redundanz entstehen würde. Methan wird zum Beispiel auch der Ozonbildung zugeordnet.
- *Charakterisierung*: Die in der Klassifizierungsphase ausgewählten Positionen der Sachbilanz werden in Bezug auf ihren jeweiligen Beitrag an die betrachtete Umweltwirkung bewertet. Das gebräuchlichste Verfahren besteht darin, einen Referenzstoff (z.B. Kohlendioxid für den Treibhauseffekt) zu wählen. Dieser wird in Äquivalente umgerechnet (im vorliegenden Fall entsprechen 250 g Methan 1 Kilogramm Kohlendioxid, daraus wird der Charakterisierungsfaktor von 4 Einheiten Kohlendioxid gleich 1 Einheit Methan abgeleitet). In andern Fällen

benutzt man theoretische Äquivalenzkonzepte wie beispielsweise der spezifische Heizwert im Fall der Ausschöpfung fossiler Energieträger. In der klassischen Theorie der Ökobilanzierung wird diese Aggregation in Form von gewichteten Additionen gemacht. Daher stammt auch der Begriff des Gewichtungskoeffizienten (statt Charakterisierung), der jedoch zu vermeiden ist, da er eine Verwirrung mit dem dritten Teil der Wirkungsabschätzung stiftet. Solche gewichtete Additionen sind im übrigen nicht obligatorisch und die Methoden, die gegenwärtig für die Charakterisierung der Umweltwirkungen auf die Bodenfruchtbarkeit oder auf die Biodiversität entwickelt werden, verwenden andere Verfahren.

- Optionale Elemente (zur Auswahl):
 - Normierung, d.h. der Bezug der Umweltwirkungen auf kohärent festgelegte Grössen (z.B. Wirkung des gesamten Produktionssektors oder des ganzen Landes), um so deren Signifikanz zu bestimmen;
 - Gruppierung, d.h. das Zusammenfassen der Umweltwirkungen in eine oder mehrere Gruppen mit oder ohne Hierarchisierung;
 - Gewichtung, eine freiwillige Phase, die gemäss Norm für besondere Fälle reserviert ist. Dabei werden die Gewichtungskoeffizienten auf Grund von Werten, die von der Gesellschaft oder von verschiedenen gesellschaftlichen Gruppierungen verteidigt werden, den Umweltwirkungen zugeordnet.

Diese wahlweise zur Anwendung kommenden Elemente haben den Vorteil, dass die Informationen, die in einem Dutzend Umweltwirkungen mit für den Entscheidungsträger komplexen Einheiten und oft voneinander abweichenden Ergebnissen enthalten sind, auf eine sehr begrenzte Anzahl von Einheiten – im Extremfall sogar auf eine einzige (z.B. die Punkte der Umweltbelastung) – konzentriert werden können. Dies ermöglicht leicht zu treffende und kommunizierbare Entscheidungen. Der grosse Nachteil hingegen besteht darin, dass sie auf sehr anfechtbaren Theorien beruhen, die vom Zielpublikum der Ökobilanz selten geteilt werden. Deshalb sollten sie nicht als Elemente für ein Werkzeug des Umweltmanagements empfohlen werden, das dazu bestimmt ist, die Umweltleistung eines landwirtschaftlichen Betriebes einem externen Publikum vorzustellen. In der vorliegenden Arbeit werden diese Elemente nicht berücksichtigt.

2.2.4 Auswertung

Die Auswertungsphase soll eine koordinierte und strukturierte Analyse der Ergebnisse erlauben und deren Aussagekraft bestmöglich dokumentieren. Zudem sollen die Schlussfolgerungen der Studie gezogen und gegebenenfalls Empfehlungen in einer Form gemacht werden, die für den Entscheidungsträger und das Zielpublikum der Ökobilanz einfach nachvollziehbar sind.

Die ISO-Norm 14043 (1999) sieht drei Grundelemente für die Auswertung einer Ökobilanz vor:

- Identifizierung der Schlüsselfaktoren, welche die Schlussresultate beeinflussen (methodische Entscheide, Verfahren, Daten usw.),
- Kontrolle der Zuverlässigkeit der Berechnungen (Dokumentation der fehlenden Daten, Sensitivitätsanalyse, Kohärenz der Verfahren usw.) und
- zielkonforme Schlussfolgerungen und Empfehlungen.

Die Konkretisierung dieser Phase ist von Natur aus eng mit dem spezifischen Fall verbunden und lässt den Akteuren der Ökobilanz einen grossen Handlungsspielraum.

Kapitel 3: Ziele und Untersuchungsrahmen der Ökobilanz eines Landwirtschaftsbetriebes

3.1 Einleitung

Wie bereits in Kapitel 2.1 erwähnt, beinhaltet die erste Phase der Ökobilanz viele Punkte, die einen starken Einfluss auf die Ergebnisse ausüben können. Je nachdem, ob es um projektspezifische Entwicklungen geht oder ob sie methodische Elemente aufnehmen, die bereits aus anderen Berichten bekannt und dort dargestellt sind, werden diese Punkte hier mehr oder weniger ausführlich erklärt.

3.2 Ziele und Zielpublikum

In diesem Bericht verfolgt die Ökobilanz eines Landwirtschaftsbetriebes die folgenden Ziele:

- Umweltwirkungen der Tätigkeiten eines Landwirtes über eine bestimmte Zeitspanne analysieren und ihren Ursprung dokumentieren
- Produktionsverfahren bestimmen, die für die Umweltwirkungen eine Hauptrolle spielen (Schwachstellenanalyse des Betriebes)
- Umweltwirkung des einzelnen Betriebes innerhalb der schweizerischen Landwirtschaft positionieren
- gegebenenfalls Korrekturen vorschlagen, mit denen die Schwachstellen ausgemerzt und/oder die Positionierung punkto Umweltwirkungen verbessert werden können.

Eine solche Bilanz richtet sich an den Landwirt, die Landwirtin und/oder ihre Berater. Da sie vertrauliche Informationen enthält, kann sie nicht ohne das explizite Einverständnis der Landwirte an Dritte weitergegeben werden. Bei Veröffentlichung der Ergebnisse sollen die Anonymität gewahrt und die Datenquellen nicht eruiert werden können, wie dies im vorliegenden Bericht der Fall ist.

Die Wiederholung einer solchen Methode in grossem Massstab mit einer repräsentativen Stichprobe von Landwirtschaftsbetrieben (*Pfefferli et al., 2001*) dient beispielsweise:

- der Forschung, um die Beziehung zwischen landwirtschaftlicher Produktion und Umweltbelastung besser zu verstehen und so die landwirtschaftlichen Produktionsweisen, Techniken und Praktiken verbessern zu können,
- den landwirtschaftlichen Organisationen, damit sie die Vorschriften für ihre Mitglieder besser verfassen und die Umweltleistungen besser dokumentieren können,
- dem Staat, damit er die Wirksamkeit seiner umweltbezogenen Landwirtschaftspolitik kontrollieren und deren Konzept verbessern kann.

In allen drei Fällen ist das explizite Einverständnis der betroffenen Landwirtinnen und Landwirte oder der Erlass von Vorschriften eine unabdingbare Voraussetzung.

3.3 Funktionen und funktionelle Einheiten

3.3.1 Multifunktionalität der Landwirtschaft

Die Umweltwirkung eines Landwirtschaftsbetriebes wird auf dessen Leistung oder Funktion bezogen. Die gewählte Methodik beruht auf *Gysi und Gaillard (1999)*, die diese Sachlage unter Berücksichtigung der Multifunktionalität der schweizerischen Landwirtschaft im Einzelnen analysiert haben.

Jeder Landwirtschaftsbetrieb trägt mehr oder weniger zu den drei in Artikel 1 des Landwirtschaftsgesetzes beschriebenen Funktionen bei. Diese können wie folgt zusammengefasst werden:

- Versorgung der Bevölkerung mit qualitativ hochstehenden Nahrungsmitteln (wirtschaftliche oder produktive Funktion),
- Beitrag an das wirtschaftliche, soziale und kulturelle Leben der Agrar- und Bergregionen mittels einer dezentralisierten Besiedelung (gesellschaftliche oder räumliche Funktion),
- Erhaltung der natürlichen Lebensgrundlagen, wie der Biodiversität oder der Bodenfruchtbarkeit (Umweltfunktion).

Zur Erfüllung dieser Funktionen muss das Umweltmanagement der Landwirtschaftsbetriebe optimiert werden.

3.3.2 Wirtschaftliche oder produktive Funktion

Angesichts der grossen Vielfalt der landwirtschaftlichen Produktion von Nahrungsmitteln (Getreide, Obst, Milch usw.) und Tiernahrung (Futter, Nahrungsmittelabfälle usw.) über landwirtschaftliche Rohstoffe (Saatgut, Pflanzen usw.) bis hin zu Industrieprodukten (Wolle, Tabak, Energieraps usw.) ist es sehr schwierig bis unmöglich, einen gemeinsamen Nenner zu bestimmen, der wirklich den inneren Wert der gesamten Produktion eines Landwirtschaftsbetriebes widerspiegelt.

Auf dieser Ebene der Aggregation besteht die einfachste funktionelle Einheit in der Nahrungsenergie für den Menschen (MJ), unter folgenden Vorbehalten:

- Diese Einheit ist nur geeignet für Nahrungsmittel ähnlicher Art. Nahrungsmittel mit hohem Gehalt an Nahrungsenergie wie Zuckerrüben oder Kartoffeln sind im Vergleich mit andern Nahrungsmitteln mit einem tiefen Gehalt an Nahrungsenergie wie Salat bevorzugt, unabhängig von den jeweiligen Produktionsbedingungen.
- Die eigentliche Qualität zahlreicher Nahrungsmittel hat in gewissen Fällen nur sehr wenig mit ihrem Gehalt an Nahrungsenergie zu tun. Der Proteingehalt (Milch, Fleisch) oder der Vitamingehalt (Obst, Gemüse) wären manchmal aussagekräftigere Einheiten.
- Für nicht direkt der menschlichen Ernährung dienende landwirtschaftliche Produktionen (z.B. Viehfutter, Ferkel) müssen Anpassungen vorgenommen werden.

Viel einfacher ist es hingegen, treffendere Referenzeinheiten auf der Stufe der Produktgruppen (vgl. Kap. 3.4.2) zu finden, die grösstenteils mit den Betriebszweigen übereinstimmen. Dies ist der Fall bei Fleisch (Kilogramm Lebendgewicht), Futter oder Obst (Kilogramm Trockensubstanz), auch wenn nicht vergessen werden darf, dass beispielsweise ein Kilogramm Lebendgewicht Rindfleisch nicht den gleichen inneren Wert hat wie ein Kilogramm Lebendgewicht Schweinefleisch. Natürlich ist es theoretisch möglich, bis auf die Stufe Produkt hinunter zu gehen; dies würde jedoch den Datenbedarf steigern, die Auswertung komplexer gestalten und wäre nicht mit den in Kapitel 1.2.2 aufgeführten Randbedingungen zu vereinbaren.

Eine weitere Art, die produktive, wirtschaftliche Funktion einzuschätzen, besteht darin, sie mit Hilfe des durch den Landwirt erzielten Rohertrages zu quantifizieren. Da jedoch die Einkünfte des Landwirts nicht nur die – von den Konsumenten honorierte – Qualität und Quantität seiner Produktion widerspiegeln, sondern auch von den direkten oder indirekten Massnahmen zur Stützung des starken Schwankungen unterworfenen und nicht der Preiswahrheit entsprechenden Agrarmarktes abhängen, ist bei Verwendung einer solchen Bezugsgrösse Vorsicht geboten. Die immateriellen Leistungen des Landwirts zugunsten der Gesellschaft, welche grösstenteils über Direktzahlungen abgegolten werden, sind in der Berechnung des Rohertrags nicht berücksichtigt. Deshalb darf der Rohertrag nicht mit dem

wirtschaftlichen Anreiz verwechselt werden, der den Landwirt dazu bringt, eine bestimmte Aktion zu unternehmen.

Man muss sich folglich damit abfinden, dass die produktive Funktion eines Landwirtschaftsbetriebes nur teilweise quantifiziert werden kann. In diesem Bericht wurden die folgenden funktionellen Einheiten benutzt:

- auf der Stufe des Landwirtschaftsbetriebes
 - die in den landwirtschaftlichen Nahrungsmitteln enthaltene Nahrungsenergie für den Menschen (MJ)
 - Rohertrag (Fr.)
- auf der Stufe der Produktgruppen (Einzelheiten siehe Kapitel 3.4.2, Tabelle 1)
 - Kilogramm Trockensubstanz, Lebendgewicht oder Milch.

Die Daten zur Bestimmung der in den landwirtschaftlichen Nahrungsmitteln enthaltenen Nahrungsenergie für den Menschen sind bei *Gysi et al. (2000)* aufgeführt. Für Viehfutter und andere Tiernahrungsprodukte wurden Umwandlungsfaktoren errechnet, um die spätere Verarbeitung in Lebensmittel (Milch, Fleisch) mit Hilfe von standardisierten Produktionsszenarien zu berücksichtigen. Für Rohstoffe wurde keine Nahrungsenergie errechnet. Der Rohertrag wurde mit Hilfe des Verkaufsertrags errechnet. Falls Daten fehlten, wurden Standardwerte benutzt.

3.3.3 Gesellschaftliche oder räumliche Funktion

Die räumliche Funktion kann mit Hilfe der landwirtschaftlichen Nutzfläche (Hektaren) einfach quantifiziert werden. Für Alpweiden und andere Weiden in den Berggebieten wurden keine Korrekturen vorgenommen. Wenn diese funktionelle Einheit den Beitrag eines Landwirtschaftsbetriebes zur dezentralen Besiedelung des Landes zwar zu einem grossen Teil widerspiegelt, so muss in der Auswertung der Daten doch daran gedacht werden, dass die von der Bodennutzung abgekoppelten Produktionszweige (z.B. Batteriehaltung von Hühnern) von dieser Quantifizierungsart benachteiligt werden.

Vom Umweltmanagement her betrachtet kann die Einheit «landwirtschaftliche Nutzfläche» auch bezüglich der ökologischen Effizienz der Verwendung des Kapitals Boden gut ausgewertet werden – einer Grössenordnung, auf die der Landwirt von einem Jahr zum andern kaum Einfluss nehmen kann. Da zahlreiche Umweltprobleme mehr oder weniger mit der landwirtschaftlichen Nutzfläche zusammenhängen, ist ein Umweltmanagement, das als Ergänzung zur produktiven auch auf einer räumlichen Optimierung beruht, absolut sachdienlich.

3.3.4 Umweltfunktion

Die von der Politik definierte Umweltfunktion ist nicht eine Funktion im Sinne der Ökobilanz, sondern eine Randbedingung. Es geht nicht darum, die Leistungen des Landwirtschaftsbetriebes hinsichtlich der Einheit Biodiversität oder Bodenfruchtbarkeit zu quantifizieren und die Mengen von Nitraten oder Pestiziden im Wasser zu erheben, die akzeptiert werden mussten, um diese Leistungen zu erreichen. Viel nützlicher in Sachen Umweltmanagement ist die Auswertung der Wirkung auf die Biodiversität oder die Bodenfruchtbarkeit pro produktiver oder räumlicher Einheit. Ob diese Wirkung als positiv oder negativ eingestuft wird, hängt von ihrer Positionierung in Bezug auf die der Auswertung der Ergebnisse dienenden Referenzgrössen ab.

Deshalb wird die Umweltfunktion des Landwirtschaftsbetriebes gemäss ihrer Definition in der Landwirtschaftspolitik nicht mit der hier dargestellten Methode quantifiziert.

3.4 Beschreibung des Produktionssystems

Die Grundprinzipien für die Bestimmung des Produktionssystems eines Landwirtschaftsbetriebes gehen ursprünglich auf *Rossier (1998)* zurück und werden zum Teil bei *Gysi und Gaillard (1999)* und *Nemecek (2000)* beschrieben. Auf die Hauptmerkmale soll im Folgenden eingegangen werden.

3.4.1 Abgrenzung des Produktionssystems «Landwirtschaftsbetrieb»

Räumlich gesehen bezieht sich die Ökobilanz auf den Landwirtschaftsbetrieb als ökonomische Produktionseinheit innerhalb des Primärsektors. Dazu gehören die landwirtschaftliche Nutzfläche (im Eigentum oder gepachtet, inklusive nicht ertragsfähige Flächen wie ökologische Ausgleichsflächen) und die produktionsbezogene Infrastruktur (Landwirtschaftsgebäude wie Viehställe oder Gewächshäuser, Maschinen, Fahrzeuge usw.). Ausgewertet werden alle landwirtschaftlichen Tätigkeiten (Produktion und Ernte), sowie Verkaufsvorbereitungen (z.B. Sortieren von Kartoffeln) oder Lagerung (z.B. Kraftfutter). Nicht in der Bilanz enthalten sind hingegen Gebäude, Infrastrukturen, Einrichtungen und Flächen, die für den Wohngebrauch und für nicht ausschliesslich landwirtschaftliche Aktivitäten genutzt werden, wie beispielsweise eine Waldfläche, eine Werkstatt, die einem Zusatzverdienst dient, eine Veredlungsanlage (Käserei, Weinkellerei usw.) oder eine Verkaufseinheit auf dem Bauernhof. Auch kollektive Infrastrukturanlagen (Wege, Entwässerung) werden nicht berücksichtigt.

Zeitlich gesehen bezieht sich die Ökobilanz auf die gesamten oben definierten landwirtschaftlichen Tätigkeiten für eine Jahresperiode vom 1. Januar bis zum 31. Dezember (in diesem Bericht für das Jahr 1998), mit der bedeutenden Ausnahme der Pflanzenproduktion (Produktgruppe der Kategorie A, siehe Kapitel 3.4.2). Für sie wird die Periode auf Parzellenebene bestimmt und zwar vom Monat nach der letzten Ernte bis zum Monat vor der Ernte der neu angelegten Kultur.

3.4.2 Produktgruppen

Das in Kapitel 3.4.1 definierte Produktionssystem ist nicht eine Art «Black box» mit unbekannter Funktionsweise. Es handelt sich im Gegenteil um ein strukturiertes Ganzes von Modulen, die als «Produktgruppen» definiert werden. Abgesehen von wenigen Ausnahmen, insbesondere das Tierfutter betreffend, entspricht eine Produktgruppe einem in der Landwirtschaft geläufigen Produktionszweig.

Tabelle 1 zeigt die für diese Studie verwendete Liste der Produktgruppen auf. Selbstverständlich können im Bedarfsfall weitere Unterteilungen vorgenommen werden, wie beispielsweise zwischen den verschiedenen Arten innerhalb der Produktgruppe Fleisch oder zur separaten Behandlung von Horssol Produktionszweigen bei der Gruppe Spezialkulturen. Ein eher der gängigen Praxis entsprechendes Zusammenlegen von Ackerbau zur Nahrungsmittelproduktion und Futterbau würde jedoch problematisch, sobald es darum geht, eine kohärente funktionelle Einheit für so unterschiedliche Produktarten zu wählen. Aus diesem Grund wurde darauf verzichtet.

In der Praxis umfasst die Jahresproduktion eines Landwirtschaftsbetriebes mehrere Produktgruppen, manchmal nur sehr marginal (eine Schlachtkuh, einige Früchte, Verkauf von etwas Heu). Um zu vermeiden, dass die Beschreibung eines Landwirtschaftsbetriebes unnötig kompliziert wird, wurde entschieden, dass nur Gruppen mit einem Anteil von mindestens 5% des Rohertrags ohne Subventionen berücksichtigt werden. Für die Produktgruppe Fleisch wurde dieser Anteil auf 15% erhöht, um den jährlichen Schwankungen Rechnung zu tragen,

Produktgruppen eines Landwirtschaftsbetriebes				
	Produktgruppe	Beispiele	funktionelle Einheit ⁴	
A	Pflanzenproduktion			
	A1	Ackerbau	Getreide, Zuckerrüben, Kartoffeln	kg TS
	A2	Futterbau ⁵	Maissilage, Heu	kg TS
	A3	Gemüsebau	Blumenkohl, Kopfsalat	kg TS
	A4	Obstbau	Äpfel, Kirschen	kg TS
	A5	Weinbau	Trauben	kg TS
B	Tierproduktion ⁶			
	B1	Milch		kg
	B2	Fleisch	Rind, Schwein, Geflügel zum Schlachten	kg Lebendgewicht
	B3	Aufzucht	Ferkel	kg Lebendgewicht
	B4	Eier		Stück
C	Nichtnahrungsmittel		Tabak, Chinaschilf	kg TS

Tabelle 1

die durch den Verkauf von Schlachtkühen und Kälbern, dem zwangsläufigen Nebenprodukt einer Milchviehhaltung, entstehen. In den Fällen, wo diese Grenzwerte nicht erreicht werden, werden diese Produkte auf Grund von Plausibilitätskriterien andern Produktgruppen zugeteilt. Beispiele:

- Schlachtkühe werden der Produktgruppe Tiere zugeteilt und, wo dies nicht möglich ist, der Produktgruppe Milch. Im letzteren Fall wird eine äquivalente Milchproduktion auf einer wirtschaftlichen Basis berechnet und als Gutschrift berücksichtigt.
- Futter wird der Produktgruppe Ackerbau zugewiesen, und nach dem gleichen Prinzip wie bei der Milch wird eine äquivalente Produktion des Nahrungsmittelanbaus auf einer wirtschaftlichen Basis berechnet.

3.4.3 Interne Stoffflüsse

Die internen Stoffflüsse zwischen den verschiedenen Produktgruppen müssen für die Berechnung der Ökobilanz bekannt sein. Zu den häufigsten Stoffflüssen gehören:

- zwischen den Produktgruppen Ackerbau und Fleisch respektiv Milch
 - als Futter verwendete deklassierte Kartoffeln, Stroh usw.
 - Hofdünger (Gülle und Mist)
- zwischen den Produktgruppen Fleisch, Milch und Tiere
 - Milch für die Fütterung junger Mastkälber
 - Schlachtkühe, die von der Milch- zur Fleischproduktion überführt werden
 - für die Milchproduktion bestimmte Rinder.

Für jeden Fall müssen Allokationsverfahren definiert werden (Kapitel 3.4.5).

3.4.4 Inputs und Outputs

Alle landwirtschaftlichen Inputs und Outputs werden anhand der gemäss Kapitel 3.4.1 definierten räumlichen und zeitlichen Abgrenzungen des Systems «Landwirtschaftsbetrieb» bestimmt, erhoben und quantifiziert und den Produktgruppen gemäss Kapitel 3.4.2 zugeteilt. Anders gesagt werden nicht nur diejenigen Inputs und Outputs quantifiziert, welche physisch die Grenzen des Betriebes passieren (z.B. bei den Inputs Treibstoff und Pflanzenbehandlungsmittel, bei den Outputs Milch oder Getreide), sondern auch jene, die diese Grenzen nur zeitlich überschreiten wie Infrastruktur (Gebäude, Maschinen) oder gewisse landwirtschaftliche Produkte oder Reststoffe, die später im Betrieb verwendet werden (Saatgut, Kraftfutter). Hingegen müssen – rein theoretisch – landwirtschaftliche Produkte, die den Betrieb weder

⁴ Vgl. Kapitel 3.3.2

⁵ Nur Anteil Futtermittelproduktion, der den Landwirtschaftsbetrieb verlässt (gemäss Kapitel 3.4.1)

⁶ Inklusive Anteil Futtermittelproduktion des Betriebes, der direkt für die Fütterung der Milchkühe oder die Aufzucht verwendet wird

räumlich noch zeitlich verlassen, nicht erhoben werden. Zu dieser Kategorie gehören zum Beispiel Hofdünger und direkt konsumiertes Grünfutter. Weil jedoch die genaue Kenntnis der internen Stoffflüsse für die Auswertung auf der Stufe der Produktgruppen (Kapitel 3.4.) oder für die Berechnung gewisser direkter Feld- und Hofemissionen (Kapitel 4.3) wichtig ist, kann diese Vereinfachung nur selten angewandt werden. Im Anhang 4.2.2 findet sich eine detaillierte Liste der in diesem Bericht betrachteten Inputs und Outputs.

3.4.5 Allokation

Gemäss ISO-Normen 14040 (1997) und 14041 (1999) müssen alle Sachbilanzdaten einem Modul des Produktionssystems (in diesem Fall den Produktgruppen) zugeordnet werden. Dabei umfassen die Sachbilanzdaten alle Inputs, Outputs und internen Stoffflüsse, die der Ökobilanz dienen. Diese Zuordnung muss ausserdem die zeitlichen und räumlichen Grenzen des Landwirtschaftsbetriebes (gemäss Kapitel 3.4.1) berücksichtigen. In vielen Fällen ist eine eindeutige Zuordnung jedoch nicht möglich, wie zum Beispiel im Fall der Pflanzenbehandlungsmittel, die je nach Anwendungsbedingungen der einen oder der andern Gruppe pflanzlicher Erzeugnisse zugeteilt werden können. Die Produktgruppen wurden zudem so definiert, dass die Zuordnung von Outputs unproblematisch sein sollte – ausgenommen die Produktgruppen unter 5% des Rohertrags, die nach den Regeln in Kapitel 3.4.2 zugeteilt werden.

Für Inputs, die den landwirtschaftlichen Tätigkeiten über mehrere Jahre dienen (z.B. Gebäude) und/ oder von mehreren Produktgruppen (landwirtschaftliche Fahrzeuge) genutzt und nicht pro Produktgruppe (Gebäude, Dünger, Elektrizität) einzeln erfasst werden sowie für die internen Stoffflüsse mit einem komplexen Lebenszyklus (Hofdünger) müssen Allokationsregeln festgelegt werden.

Die Liste der zu behandelnden Fälle ist endlos, und solche Allokationen können sehr komplex werden (man denke nur an den Kauf von Masttieren oder an die mittelfristigen Wirkungen einer organischen Düngung). Oft sind sie auch für das Umweltmanagement des Landwirtschaftsbetriebes nur von nebensächlicher Bedeutung, da sie sich häufig gegenseitig von Parzelle zu Parzelle, Tier zu Tier oder Jahr zu Jahr kompensieren. Deshalb wurde beschlossen, nach folgenden Regeln pragmatisch vorzugehen:

- Anwendung des Plausibilitätsprinzips (eine Melkmaschine zur Produktgruppe Milch, der Wirkstoff Dimefuron zur Produktgruppe Ackerbau)
- Meinung des Landwirts, der Landwirtin berücksichtigen, die bei der Datensammlung befragt wurden (Kapitel 4.2)
- Allokation nach technischen oder ökonomischen Kriterien, falls nicht nach einer der ersten beiden Regeln vorgegangen werden kann.

Es wurde folglich nicht auf das von der Norm empfohlene Prinzip der Systemerweiterung zurückgegriffen. Der Grund lag darin, dass die Äquivalenzen, auf denen die Anwendung dieses Prinzips beruht (indem man beispielsweise bestimmt, welche Fütterungsart als äquivalent für Gemüseabfall gelten kann), und ihre Quantifizierungen besonders komplex und Diskussionen ausgesetzt sind. Zudem können sie je nach Betriebstyp und Standort von Fall zu Fall variieren.

War es nicht möglich, direkte Angaben vom Landwirt zu erhalten, wurden die nachfolgenden technischen und ökonomischen Kriterien am häufigsten angewandt:

- Energieträger (Elektrizität, Treibstoffe usw.)
 - finanzielle Allokation zwischen den betroffenen Produktgruppen
- landwirtschaftliche Gebäude, Fahrzeuge und Maschinen

- zeitliche Allokation gemäss den Prinzipien von *Gaillard et al. (1997)* und *Rossier (1998)*, nämlich die Berücksichtigung von Alter, Amortisationszeitraum und Nutzungsgrad
- physische Allokation zwischen den Produktgruppen je nach Art. Beispiele:
 - Produktion und Lagerung von Futter proportional zu den Grossvieheinheiten (GVE)
 - Maschinen- und Fahrzeugschuppen sowie Hofdüngerlagerung proportional zur von den Produktgruppen abgedeckten landwirtschaftlichen Nutzfläche
- Futter
 - proportional zu den Grossvieheinheiten
 - Ernterückstände der Pflanzenproduktion gemäss einer finanziellen Allokation
- Dünger
 - allgemein: Düngung proportional zum Nährstoffbedarf der Kulturen
 - Hofdünger:
 - Herkunft proportional zu den Grossvieheinheiten
 - Produktion und Lagerung voll zu Lasten der Produktgruppe Milch oder Fleisch
 - Transport und Düngung voll zu Lasten der betroffenen Produktgruppe der Pflanzenproduktion
- Kälber
 - proportional zur Anzahl verkaufter Masttiere, gegebenenfalls finanzielle Allokation.

3.5 Betrachtete Ressourcen, Emissionen und Umweltwirkungen

3.5.1 Umweltinventar

In diesem Bericht wurden mehrere hundert Positionen des Umweltinventars quantifiziert. Sie wurden auf Grund von Erfahrungen mit früheren Ökobilanzen für landwirtschaftliche Verfahren (*Wolfensberger und Dinkel, 1997; Rossier, 1998; Gaillard und Hausheer, 1999*) ausgewählt. Nur Positionen, die mindestens an einer Umweltwirkung beteiligt sind (Kapitel 3.5.2 und 5), wurden berücksichtigt. Für die indirekten Emissionen (Kapitel 2.2.2) wurde die von *Gaillard et al. (1997)* definierte Liste benutzt und punktuell um gewisse Emissionen erweitert, beispielsweise um die von *Frischknecht et al. (1996)* betrachteten Schwermetalle im Boden. Die direkten Feld- und Hofemissionen sind die gleichen wie bei *Wolfensberger und Dinkel (1997)* und *Rossier (1998)*. Die Wirkstoffe der Pestizide wurden als Bodeneinträge betrachtet, wie dies *Jolliet und Crettaz (1997)* vorschlugen.

3.5.2 Umweltwirkungen

Ziel einer Ökobilanz ist es, die gesamten Umweltwirkungen eines Produktionssystems systematisch und umfassend auszuwerten (Ganzheitlichkeitsprinzip, vgl. Kapitel 2.1). Im Idealfall sollten die gesamten Wirkungen in Bezug auf folgende Elemente ausgewertet werden:

- anorganische natürliche Rohstoffe (fossile Energie, Luft usw.)
- organische natürliche Rohstoffe (Flora, Fauna)
- natürliches Gleichgewicht (Klima, Ökosysteme, Boden usw.)
- Mensch (Gesundheit).

In der Praxis können gegenwärtig im Rahmen einer Ökobilanz nur gewisse Wirkungen quantifiziert werden, von denen einige für die Analyse eines Landwirtschaftssystems wenig aussagekräftig sind (z.B. Abbau der Ozonschicht, Radioaktivität).

Unter Berücksichtigung der heutigen Kenntnisse und ihrer Stichhaltigkeit für landwirtschaftliche Produktionssysteme wurden in diesem Bericht die folgenden Umweltwirkungen berechnet:

- Ausschöpfung fossiler Energieressourcen
- Treibhauseffekt
- Ozonbildung
- Versauerung der Ökosysteme
- Eutrophierung
- Toxizität.

Die Wirkungen auf Flora und Fauna (genetische Biodiversität und Artenvielfalt), Landschaft (umweltbezogene und ästhetische) und die Bodenfruchtbarkeit (ausgenommen terrestrische Ökotoxizität) konnten leider nicht berücksichtigt werden. Die Wirkungen von Nahrungsmittelrückständen auf die Humantoxizität wurden mangels verfügbarer Daten nicht mit einbezogen.

3.5.3 Berechnungswerkzeuge

Umweltinventar und Umweltwirkungen wurden mit Hilfe der durch die FAL (*Nemecek, 2000*) angepassten Ökobilanzsoftware TEAM berechnet.

Ergänzungen wurden insbesondere bei den folgenden Elementen vorgenommen: Programmieren des landwirtschaftlichen Produktionssystems gemäss den Regeln in Kapitel 3.4; Aufnahme der gesamten landwirtschaftlichen Umweltdaten und Emissionsmodelle in die Datenbank gemäss Kapitel 3.5.2, 4.3 und 4.4; Programmieren der Umweltwirkungen gemäss Beschreibung in Kapitel 5. Die Erfassung der Daten und die Auswertung der Ergebnisse wurden mit EXCEL durchgeführt.

3.6 Auswertungskonzept

Wie in Kapitel 2.2.4 erwähnt ist beim Auswertungskonzept der Ergebnisse einer Ökobilanz der Handlungsspielraum besonders gross. Im Falle dieses Berichts ist es angebracht, in erster Linie folgende Elemente zu beachten:

- Die Machbarkeitsstudie der Methode sowie die Suche nach Vereinfachungen, um das Budget für die Ökobilanzierung eines Landwirtschaftsbetriebes zu reduzieren, stehen im Zentrum der Forschungsarbeit.
- Eine vereinfachte Kommunikation der Ergebnisse gegenüber Landwirtinnen und Landwirten ist prioritär.
- Die Umweltevaluation soll soweit möglich auf subjektive, nicht zu den agrarökologischen Wissenschaften gehörende Elemente verzichten.

Somit stehen in diesem Bericht die Identifizierung von Schlüsselfaktoren, welche die Schlussresultate beeinflussen (Suche nach Ursachen), und die Ausarbeitung von Empfehlungen im Zentrum des Auswertungskonzepts. Die ebenso wichtige Kontrolle der Sicherheit von Daten und Berechnungen kann nicht systematisch durchgeführt werden, allein schon wegen der begrenzten Mittel, die diesem Projekt zur Verfügung stehen. Sie wird deshalb auf die Betriebe beschränkt, deren Datenerhebung und Berechnung der Ergebnisse zweifelhaft erscheinen (Kontrolle ex post). Wird eine Stichprobe für Vergleiche herangezogen, müssten die Kontrollverfahren verstärkt werden, um den repräsentativen Charakter der Ergebnisse zu gewährleisten.

3.7 Beschreibung und Qualität der Daten

3.7.1 Produktionsinventare

Alle Daten der Produktionsinventare für die 50 Landwirtschaftsbetriebe des Projekts wurden von folgenden Institutionen erhoben:

- Service Romand de Vulgarisation Agricole (für die französischsprachigen Landwirtschaftsbetriebe)
- Landwirtschaftliche Beratungszentrale Lindau (für die deutschsprachigen Betriebe)
- Forschungsinstitut für biologischen Landbau (für die Biobetriebe)
- Eidgenössische Forschungsanstalt für Obst-, Wein- und Gartenbau (für die Obstbaubetriebe)
- Eidgenössische Forschungsanstalt für Pflanzenbau.

Alle Daten betreffen das Jahr 1998 (Kapitel 3.4.1) und stellen ein getreues Abbild der verschiedenen Produktionstechniken dar, die in jenem Jahr in den einzelnen Betrieben angewandt wurden. Auch wenn es die ganze Schweiz und alle landwirtschaftlichen Produktionszweige (ausgenommen der Gemüseanbau und gewisse Spezialitäten der Tierproduktion) abdeckt, so ist das landwirtschaftliche Betriebsnetz – schon wegen seiner Grösse – nicht repräsentativ für die gesamtschweizerische landwirtschaftliche Praxis im Jahr 1998. Sein einziges Ziel besteht darin, als Basis für eine umfassende Überprüfung der Praxistauglichkeit der vorgeschlagenen Methode zu dienen. Die gesammelten Daten sind vollständig. Nur wenn die Landwirtin oder der Landwirt nicht in der Lage waren, Daten zur Verfügung zu stellen, wurden Ergänzungen auf theoretischen Grundlagen vorgenommen. In solchen Fällen griff man auf das Prinzip der Plausibilität zurück. Alle Daten, die der Allokation dienen, stammen aus Erhebungen, die in den Betrieben gemacht wurden.

Die Daten jedes Landwirtschaftsbetriebes wurden einzeln durch den SRVA validiert.

3.7.2 Umweltinventar

Das Umweltinventar wurde mit dem durch die FAL im Jahr 2000 angepassten Programm TEAM berechnet und beruht auf der darin integrierten Version der Datenbank vom September 2000 (*Nemecek, 2000*). Die Daten zur Berechnung der indirekten Emissionen stützen sich auf die Arbeiten von *Gaillard et al. (1997)*, *Tutkun (2000)* und *Garcia und Nemecek (2000)*. Jedes dieser drei Inventare wurde kontrolliert und gegebenenfalls mit Hilfe von Daten ergänzt, die *Frischknecht et al. (1996)* für Energiesysteme, Transportverfahren und Abfallverwertung veröffentlicht haben.

Davon ausgenommen ist der Ankauf von Tieren für die Produktgruppen Fleisch und Milch, die auf der Basis ihres Lebendgewichts vom Verkauf abgezogen wurden.

Die direkten Feld- und Hofemissionen wurden mit Hilfe der neuesten Modelle berechnet, die von der agrarökologischen Forschung für die Ökobilanz zur Verfügung gestellt werden und auch bei *Rossier (2000)* und *Heinzer et al. (2001)* zu finden sind.

Gestützt auf diese Grundlagen bietet die Gesamtheit der berechneten Daten im Umweltinventar eine getreue Darstellung der Situation der für das Jahr 1998 ausgewerteten Landwirtschaftsbetriebe. Die berechneten Emissionen wurden als plausibel erachtet – in Anbetracht der durchschnittlichen technischen Merkmale der involvierten Industrieprozesse, der in den Landwirtschaftsbetrieben vorhandenen Technologie sowie der Praxis auf Feld und Hof, die sich nach den bestehenden Empfehlungen und den für die Schweiz typischen agrarökologischen

⁷ Einige Ausnahmen sind im toxischen Bereich zu verzeichnen (Dioxine, gewisse Wirkstoffe).

Bedingungen richtet. Die ermittelten Werte berücksichtigen weder negative (Unfälle) noch positive (z.B. keine Nitratauswaschung nach einer niederschlagsfreien Periode) Anomalien, die auf den betrachteten Betrieben im Verlauf von 1998 hätten vorkommen können.

3.7.3 Umweltwirkungen

Die Charakterisierungsfaktoren für die Berechnung der Umweltwirkungen stammen alle aus der Fachliteratur. Nach dem heutigen Stand der Kenntnisse sind sie am besten geeignet für die Beschreibung der jeweiligen Wirkungen. Mit Ausnahme gewisser in Obst- und Rebbau verwendeter Wirkstoffe, für welche kein Faktor zur Charakterisierung ihrer toxischen Wirkung gefunden wurde, konnte der Grossteil der im Umweltinventar aufgeführten Wirkstoffe bewertet werden⁷. Abgesehen von den Wirkungen auf Eutrophierung und Toxizität, wo noch methodische Entwicklungen erwartet werden, stehen die Charakterisierungsfaktoren unter Wissenschaftlern wenig zur Diskussion.

3.8 Kritische Prüfung

Gemäss Artikel 7.2 der ISO-Norm 14040 (1997) «muss eine Ökobilanz einer kritischen Prüfung unterzogen werden, sobald die Ergebnisse zur Begründung vergleichender Aussagen herangezogen werden. Ziel ist es, die Möglichkeiten von Missverständnissen oder negativen Wirkungen auf aussenstehende Interessentenkreise zu verringern.»

Insoweit als

- die in diesem Bericht gemachten Vergleiche als Illustration dienen und keinen Anspruch auf Repräsentativität geltend machen und
- die totale Anonymität für jeden der 50 betrachteten Betriebe garantiert wird, so dass keine privaten Interessen durch diesen Bericht tangiert werden,

wurde in Übereinstimmung mit dem Mandat und auf einstimmigen Beschluss der Projektbegleitgruppe (Sitzung vom 26. Oktober 2000) entschieden, keine kritische Prüfung gemäss ISO-Norm 14040 vorzunehmen. Die Autoren des Berichts sind der Meinung, dass die Studie in allen Punkten den ISO-Normen 14040 und folgenden entspricht. Falls es verlangt werden sollte, sind sie bereit, die Studie kritisch prüfen zu lassen.

Kapitel 4: Sachbilanz

4.1 Einleitung

Die Sachbilanz eines Landwirtschaftsbetriebes umfasst (Kapitel 2.2.2 und 3.4):

- Das Produktionsinventar
 - detaillierte Erhebung der wichtigsten Produktionsmittel, die signifikante und umweltschädliche Emissionen provozieren (Inputs)
 - exakte Erhebung aller Produkte und Abfälle, die den Landwirtschaftsbetrieb verlassen (Outputs)
 - Quantifizierung der internen Stoffflüsse zwischen den spezifischen Produktgruppen des Betriebes (Kapitel 3.4.2 und 3.4.3)
- Das Umweltinventar
 - durch diese Produktionsträger verursachte Stoff- und Energieflüsse (direkte und indirekte Emissionen, Kapitel 2.2.2)
 - verwendete nicht erneuerbare Energieressourcen
- Kontextuelle Daten zur
 - Berechnung der direkten Emissionen (landwirtschaftliche Kennzahlen, geographische Angaben)
 - Auswertung der Ergebnisse (typologische Angaben, Kennzahlen der landwirtschaftlichen Produktion).

4.2 Produktionszahlen

4.2.1 Stichprobennahme

Die Stichprobe zur Überprüfung der Machbarkeit der Methode umfasst 50⁸ Landwirtschaftsbetriebe in der ganzen Schweiz, mit mehreren Beispielen pro Produktionszone und für die Betriebstypen⁹ 11 (Ackerbau), 12 (Spezialkulturen), 21 (Verkehrsmilch), 22 (Mutterkuhhaltung), 51 (gemischt Ackerbau und Milch), 53 (gemischt Ackerbau und Aufzucht) und 54 (kombinierte gemischtwirtschaftliche Betriebe, FAT-Typologie 1999 gemäss *Meier, 2000*).

Die Auswahl der Betriebe geschah nach Möglichkeit auf Grund der Datenlage und der Zugehörigkeit zu einem bereits existierenden landwirtschaftlichen Betriebsnetz (SRVA – Betriebsnetz 2002, FiBL – Pilotbetriebsnetz, RAC – Betriebsnetz 2002, FAW – ASA-AGRAR) für die Nutzung technischer Resultate. Die Produktionsarten werden durch die Anforderungen an die Biolandwirtschaft und die integrierte Produktion (ökologischer Leistungsnachweis – ÖLN) festgelegt. Die Produktgruppen Milch, Fleisch, Ackerbau, Futtermittelanbau, Obst- und Rebbau sind in diesen Betrieben vertreten (Tabelle 2).

4.2.2 Datenerhebung

Die Produktionsdaten der Betriebe wurden mit Hilfe eines Erhebungsformulars (*Zimmermann, 1999; Anhang 4.2.2*) gesammelt. Dieses Formular wurde während des Projekts getestet und auf Grund der gemachten Erfahrungen ergänzt. Die Übertragung der Daten in die FAL-Version von TEAM geschah mittels Excel-Tabellen.

Die Daten wurden auf zwei Ebenen erhoben:

- Betrieb (Viehbestand, Infrastruktur, Saatgut, Dünger, Futtermittel, Energieträger, Abfälle) mit Allokation zu den Produktgruppen nach den in Kapitel 3.4.5 aufgeführten Regeln

⁸ Die Daten wurden für 52 Betriebe erhoben. Zwei davon (46 und 47) konnten für die Studie nicht berücksichtigt werden.

⁹ In der FAT Typologie 1999 werden mehrere Varianten festgelegt, alle gemäss physischen Merkmalen, Fläche, GVE und Tierarten. Die in diesem Bericht verwendeten Varianten S3 und S4 unterscheiden sich durch den Grad der Detailbeschreibung der Betriebe mit Spezialkulturen, der Veredlungsbetriebe oder kombinierten Betriebe.

Betriebstypen und Produktgruppen									
FAT Typ 99 ²	Betriebs- nummer	Höhenlage (m)	Produktions- zone ¹	Ackerbau	Futterbau	Produktgruppen			
						Milch	Fleisch	Rebbau	Obstbau
11	22	500	AZ	x		x		x	
11	36	390	AZ	x			x		
11	37	400	AZ	x	x				
11	38	420	AZ	x			x	x	
11	39	430	AZ	x			x	x	
11	40	430	AZ	x	x				
11	41	470	AZ	x				x	x
11	42	500	AZ	x	x			x	
12	43	400	AZ					x	
12	44	401	AZ					x	
12	45	420	AZ						x
12	48	480	AZ						x
12	49	580	eÜZ	x			x		
21	1	430	ÜZ			x	x	x	x
21	2	690	BZ 2			x			
21	3	860	BZ 2			x			
21	4	830	BZ 1			x	x		
21	5	650	BZ 1	x		x			
21	6	1000	BZ 2J			x	x		
21	7	900	BZ 3			x			
21	8	430	eÜZ			x	x		
21	9	450	eÜZ			x			x
21	10	600	eÜZ	x		x			
21	11	650	BZ 3			x	x		
21	12	680	HZ	x		x			
21	13	780	HZ			x	x		
21	14	800	BZ 1			x			
21	15	810	BZ 1		x	x			
21	16	840	BZ 2			x			
21	17	850	BZ 1			x	x		
21	18	920	BZ 2			x			
21	19	940	BZ 2			x	x		
21	20	1350	BZ 3			x	x		
21	21	1200	BZ 2J			x			
22	50	880	BZ 2				x		
22	51	1050	BZ 4				x		
51	23	500	AZ	x		x			
51	24	400	AZ	x		x			
51	25	440	AZ	x		x			
51	26	450	AZ	x		x	x		
51	27	550	AZ	x		x	x		
51	28	850	ÜZ	x		x	x		
53	29	570	eÜZ			x	x		
53	30	750	HZ	x		x	x		
53	31	800	ÜZ	x		x	x		
54	32	440	eÜZ	x		x			
54	33	600	eÜZ	x		x	x		
54	34	870	BZ 1	x	x	x	x		
54	35	420	AZ	x		x			x
54	52	600	eÜZ	x			x	x	
Total Produktgruppen				25	5	35	24	9	6

Tabelle 2

¹ Produktionszone: vgl. Liste der Abkürzungen

² Anhang 7.2.2.1

- Parzellen (Bodenart, tiefe Bodenbearbeitung, Düngung). Die zeitaufwändige Erhebung der Daten auf Parzellenebene wurde strikt auf die von der Methode geforderten Daten beschränkt, in diesem Fall auf die Nitratauswaschung und die Ammoniak-Emissionen.

Die bereits für die verschiedenen Betriebsnetze erhobenen und berechneten technischen Daten wurden unverändert übernommen oder den Projektbedürfnissen entsprechend neu berechnet. Nur die fehlenden Daten wurden direkt bei Betriebsbesuchen (von durchschnittlich 1/2 Tag) erhoben. Meistens stammen sie aus der Betriebsbuchhaltung, dem Feldbuch oder sie wurden vom Landwirt geschätzt, sofern kein schriftlicher Nachweis existierte.

Die Quantifizierung gewisser Daten musste auf theoretischer Basis vorgenommen werden. Am häufigsten geschah dies in den folgenden Fällen:

- Landwirtschaftliche Maschinen: Falls der Landwirt das Gewicht einer Maschine nicht schätzen konnte, stützten wir uns auf *Ammann (2000)*.
- Futtermittel: Wenn es nicht möglich war, die Zusammensetzung der Futtermittel zu bestimmen, gingen wir nach dem Analogieprinzip vor und machten eine logische Aufteilung zwischen Getreide und Proteinen.
- Pestizide: Wirkstoffe, deren Energiebedarf für ihre Produktion nicht direkt geschätzt werden konnte, wurden nach den von *Garcia und Nemecek (2000)*¹⁰ formulierten Kriterien an anderen Wirkstoffen zugeordnet.
- Elektrizität: Der Elektrizitätsverbrauch des Landwirtschaftsbetriebes wurde vom Gesamtverbrauch ausgehend und unter Abzug des geschätzten Familienverbrauchs (Mix gemäss Union pour la coordination de la production et du transport de l'électricité UCPT) berechnet.
- Hofdünger: Der Zeitpunkt der Düngung wurde einheitlich für den Gesamtbetrieb geschätzt. Auf Parzellenebene wurde der Gehalt an flüssigem Stickstoff $N_{l\ddot{o}s}$ auf Grund des Gesamtstickstoffgehalts N_{tot} nach folgenden Regeln geschätzt: Mist 1/5 von N_{tot} ; Flüssigmist und Gülle 2/3 von N_{tot} (geschätzte Mittelwerte nach *Walther et al. 1994*).
- Allokationsverfahren: Für die Inputs wurden die in Kapitel 3.4.5 aufgeführten Prinzipien immer dann angewandt, wenn der Landwirt oder die Landwirtin nicht selbst einen Verteilerschlüssel bezogen auf die Produktgruppen des Betriebes liefern konnten. Die Allokation der Outputs wurde auf finanzieller Basis berechnet (z.B. zwischen Getreide und Weizenstroh).
- Parzellendaten: Falls die Bodenmerkmale nicht bekannt waren, wurden die folgenden Standardwerte gewählt: Tongehalt 25%, Humusgehalt 2%, Gründigkeit des Bodens über 70 cm.

4.2.3 Validierung

Alle Produktionsdaten (direkt aus einem bestehenden Betriebsnetz stammend, beim Landwirt erhoben oder auf theoretischer Basis ergänzt, Kapitel 4.2.2) wurden im SRVA nach folgenden Kriterien systematisch kontrolliert:

- Bilanz der Stickstoffzufuhr pro Hektare
- Durchschnitt der Inputs und Outputs pro Kennzahl, Kontrolle der Extremfälle
- Kohärenz der Allokationen.

Bei Unstimmigkeiten wurden die Daten an der Quelle überprüft und gegebenenfalls korrigiert.

Eine zweite Kontrolle wurde bei der Auswertung der Ergebnisse (Quellenanalyse) für die wichtigsten Emissionen durchgeführt, um die Sicherheit der Auswertung zu konsolidieren.

¹⁰ Die Wirkstoffe, für deren toxische Wirkung Jolliet und *Cretta (1997)* oder *Margni et al. (2000)* keine Charakterisierungskoeffizienten angeben, wurden nur unter dem Aspekt der Ausschöpfung nicht erneuerbarer Energieressourcen bewertet.

4.3 Umweltinventar

4.3.1 Bedarf an fossiler Energie und indirekte Emissionen

Der Bedarf an fossiler Energie (Erdöl, Kohle, Erdgas, Uran usw.) sowie die durch deren Nutzung entstehenden Emissionen (indirekte Emissionen) wurden gestützt auf die von *Gaillard et al. (1997)* veröffentlichten, von *Tutkun (2000)* ergänzten und von *Garcia und Nemecek (2000)* aktualisierten Daten berechnet. Der Energiebedarf wurde dabei bestimmt durch den Verbrauch von Energieträgern (Treibstoff, Elektrizität usw.) und die Bereitstellung (Rohstoffe, Herstellung, Lieferung, Unterhalt) der Inputs (Maschinen, Dünger, Pestizide); die Emissionen entstehen bei der Bereitstellung der Inputs und der Verbrennung von Energieträgern.

4.3.2 Direkte Emissionen

Mit Ausnahme der Nitratauswaschung, für welche zusätzliche Angaben für bestimmte Kulturen ermittelt wurden (*Walther, 2000*), wurde die Berechnung der direkten Feld- und Hofemissionen basierend auf die von *Wolfensberger und Dinkel (1997)* veröffentlichten und von *Rossier (1998, 2000)* und *Heinzer et al. (2001)* überarbeiteten und ergänzten Modelle vorgenommen. Die gegenwärtig an der FAL stattfindende Revision dieser Modelle konnte für die vorliegende Studie nicht berücksichtigt werden.

Somit kamen folgende Modelle zur Anwendung:

- Ammoniak: Für Hofdünger wurden – gestützt auf *Katz (1996)* – die von *Menzi et al. (1997)* entwickelten Modelle überarbeitet, so wie sie bei *Wolfensberger und Dinkel (1997)* aufgeführt sind. Für Mineraldünger wurden die von *Asman (1992)* veröffentlichten Koeffizienten angewandt.
- Nitrate: Das bei *Wolfensberger und Dinkel (1997)* veröffentlichte FAL-Modell wurde überarbeitet und für die fehlenden Kulturen ergänzt (*Walther, 2000*).
- Phosphor: Genau wie bei *Wolfensberger und Dinkel (1997)* stützt sich die Phosphorauswaschung in die unterirdischen Gewässer auf *Braun et al. (1993)* und *Prasuhn und Braun (1994)*. Die Berechnung der Verluste durch Erosion gemäss Darstellung von *Wolfensberger und Dinkel (1997)* berücksichtigt die kulturspezifischen Koeffizienten gemäss *Rossier (2000)*.
- Lachgas: Die von *IPPC (1996)* veröffentlichten Werte wurden wie bei *Rossier (2000)* überarbeitet.
- Stickoxide: Die von *Wolfensberger und Dinkel (1997)* veröffentlichten Koeffizienten wurden verwendet.
- Methan: Die Berechnung der Methan-Emissionen stützt sich auf die vom *IPCC (1996)* veröffentlichten Faktoren, wie sie in *Minonzio et al. (1998)* aufgeführt sind.
- Schwermetalle: Die Schwermetallgehalte von Mineraldüngern, Hofdüngern und Futtermitteln wurden *Desaules und Studer (1993)*, *Menzi und Kessler (1998)* und *Studer (2000)* entnommen. Die Berechnung der Emissionen folgt dem Verfahren von *Wolfensberger und Dinkel (1997)*, abgesehen davon, dass kein Austrag mit den Erntegütern berücksichtigt wurde.
- Pestizide: Es wurde keine Emission berechnet, denn diese Phase des Inventars ist im Toxizitätsmodell, das in dieser Studie verwendet wurde (Kapitel 5.2), bereits enthalten.

4.4 Kontextuelle Daten

Es gibt zwei Arten von kontextuellen Daten, die für die Berechnung gewisser direkter Emissionen und für das Auswertungskonzept notwendig sind:

- geographische Angaben (Produktionszone, Höhenlage usw.)

- Angaben zum Betrieb (landwirtschaftliche Nutzfläche [LN], Anteil an offener Ackerfläche und an Spezialkulturen, Kennzahlen zum Tierbestand und zur Milchleistung pro Kuh, Produktion von Nahrungsenergie pro Hektare, Verkaufserlös).

Geographische Angaben wurden von kartographischen Daten abgeleitet. Die Erhebung der kontextuellen Betriebsdaten folgte den gleichen Regeln wie bei den Produktionsdaten (Kapitel 4.2).

Kapitel 5: Wirkungsabschätzung

5.1 Auswahl der Umweltwirkungen

Die Umweltwirkungen wurden gestützt auf die gängigen Modelle ausgewählt. Die theoretische Grundlage findet sich bei *Wolfensberger und Dinkel (1997)*. Im Bezug auf diese Studie wurde seither nur die Berechnung der Umweltwirkungen betreffend Toxizität aktualisiert, indem die von *Jolliet und Crettaz (1997)* und *Margni et al. (2000)* vorgeschlagene Methode integriert wurde. Sie ist die einzige uns zur Verfügung stehende Methode, mit der gleichzeitig Schwermetalle und Pestizide berücksichtigt werden können. Somit ist die Auswahl der Umweltwirkungen die gleiche wie bei *Rossier (2000)* und *Heinzer et al. (2000)*.

Die Wirkungen auf die Bodenfruchtbarkeit, Biodiversität und Landschaft konnten nicht berücksichtigt werden, da keine entsprechenden Methoden existieren, welche die Anforderungen einer Ökobilanz erfüllen.¹¹ Daraus folgt, dass die vorgeschlagene Ökobilanz die Umweltwirkungen eines landwirtschaftlichen Betriebes nur teilweise dokumentiert. Diese Tatsache muss in die Auswertung der Ergebnisse einbezogen werden. Ein Landwirtschaftsbetrieb mit nur positiven Resultaten für die betrachteten Wirkungen kann sehr wohl einen überaus ungünstigen Einfluss auf die Bodenfruchtbarkeit oder die Biodiversität ausüben und deshalb Massnahmen in diesen Bereichen erforderlich machen. Umgekehrt wäre es möglich, eine schlechte Positionierung eines Betriebes mit als negativ berechneten Umweltwirkungen weniger hart zu beurteilen, wenn die möglicherweise positiven Umweltwirkungen auf Boden, Biodiversität und Landschaftsbild in die Gesamtauswertung integriert würden.

5.2 Betrachtete Umweltwirkungen

Folgende Umweltwirkungen wurden berücksichtigt:

- Ausschöpfung nicht erneuerbarer Energieressourcen (Koeffizienten durch *Wolfensberger und Dinkel, 1997*). Nicht nur aus fossilen Vorkommen (Rohöl, Erdgas usw.), sondern auch aus Erzvorkommen (Uran) stammende Energierohstoffe werden quantifiziert. Das in unseren Breitengraden als erneuerbar erachtete Wasser wurde hingegen für die Wasserkraftwerke nicht in die Berechnungen aufgenommen.
- Treibhauseffekt 500 Jahre (Koeffizienten gemäss *Hausschild und Wenzel, 1998*, gestützt auf neueste wissenschaftliche Erkenntnisse über die Treibhausgase). Mit der berechneten Wirkung soll das Potenzial einer durch bestimmte Gasemissionen in die Luft verursachten Zunahme der Durchschnittstemperatur der Atmosphäre quantifiziert werden können. Kohlendioxid (CO₂), Methan (CH₄) und Lachgas (N₂O) sind die Hauptmoleküle, die in der Landwirtschaft eine Rolle spielen.
- Bodenversauerung (Koeffizienten von *Heijungs et al., 1992*). Die Wirkung berechnet die Schäden an den Pflanzen, die durch die Versauerung von landwirtschaftlichem und nicht landwirtschaftlichem Boden hauptsächlich durch Emissionen von Ammoniak (NH₃), Stickoxid (NO_x) und Schwefel (SO₂) in die Luft entstehen.
- Ozonbildung (Koeffizienten von *Heijungs et al., 1992*). Die Wirkung bewertet die Ozonbildung (Sommersmog) als Folge der gemeinsamen Wirkungen der Emissionen von Stickoxid (NO_x), Fluorkohlenwasserstoff, flüchtigen organischen Verbindungen (NMVOC) und Methan (CH₄) in die Luft.
- Eutrophierung (*Heijungs et al., 1992; LCA Nordic, 1995*). Je nach limitierendem Nährstoff (Phosphor oder Stickstoff) und dem betrachteten Umfeld (Wasser und Boden), gibt es verschiedene Eutrophierungsmodelle. Die Schätzung bezieht sich hier auf eine Gesamt-Eutrophierung, definiert als Störung des Nährstoffgehalts von Boden und Wasser durch externe Inputs, die wie Dünger wirken. Alle zur Eutrophierung beitragenden stickstoff- und phosphorartigen Emissionen sind berücksichtigt. Andererseits wird die terrestrische

¹¹ Die Umweltwirkungen «Bodenversauerung» und «terrestrische Ökotoxizität» (vgl. Kapitel 5.2) geben zwar einige Informationen bezüglich einer Veränderung der Fruchtbarkeit, sie sind jedoch unvollständig und nicht spezifisch für den betrachteten Betrieb.

Eutrophierung berechnet, die nur die Wirkung der gasförmigen Stickstoff- und Phosphoremissionen umfasst, sowie die aquatische Eutrophierung, welche sich auf die Phosphoremissionen in die Oberflächengewässer beschränkt.

- Toxizität (Anwendung der von *Jolliet und Crettaz, 1997*, entwickelten und von *Margni et al., 2000*, ergänzten Methode). Einerseits wird die Wirkung auf die Humantoxizität als Folge der Aufnahme von Giftstoffen in Luft, Wasser und Boden geschätzt. Aufgrund der ungenügenden Datenlage werden die Schwermetall- und Pestizidrückstände in den Nahrungsmitteln in den Berechnungen nicht berücksichtigt. Andererseits werden die terrestrische Ökotoxizität (die durch Giftstoffe – in der Landwirtschaft meistens Schwermetalle und Pestizide – entstandenen Schäden an Pflanzen und Bodenorganismen) und die aquatische Ökotoxizität (die durch Giftstoffe entstandenen Schäden an Fauna und Flora in Oberflächengewässern) berechnet.

Kapitel 6: Auswertungskonzept

6.1 Einleitung

Die Auswertung der Umweltwirkungen eines Landwirtschaftsbetriebes wird in mehreren sich ergänzenden und aufeinander folgenden Etappen nach einem teilweise iterativen Prozess vorgenommen. Grundsätzlich umfasst sie fünf Phasen:

- Analyse der Vergleichbarkeit
 - Erhebung technischer, agronomischer oder ökonomischer Kennzahlen, die für den Landwirtschaftsbetrieb typisch sind und die Vergleichsbedingungen mit andern Betrieben definieren
 - Festlegung von Vergleichbarkeitskriterien, die auf den betrachteten Betrieb zutreffen
- Analyse des Umweltinventars¹²
 - Analyse der wichtigsten direkten Emissionen (Nitrate, Ammoniak usw.) im agrarökologischen Bereich
- Analyse der Umweltwirkungen
 - Analyse pro Produktgruppe (gestützt auf die in Kapitel 3.4.2 definierten funktionellen Einheiten)
 - Analyse auf der Ebene des Landwirtschaftsbetriebes gemäss den wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Funktionen (siehe Kapitel 3.3.2 und 3.3.3)
- Umweltrelevante Positionierung
 - Vergleich der Umwelleistung des betrachteten Betriebes mit Kennzahlen. Im Falle einer negativen Positionierung:
 - Suche nach Ursachen
 - Empfehlungen und Verbesserungsvorschläge
 - Im Falle einer positiven Positionierung:
 - kann die Ökobilanz als Zertifikat für die Umwelleistung dienen¹³
- Vereinfachung der Umweltkommunikation
 - Auswahl repräsentativer Umweltwirkungen
 - Schematisierung und Homogenisierung der Darstellung der Ergebnisse.

6.2 Vergleichbarkeit

6.2.1 Notwendigkeit eines Vergleichs

Kein Urteil kann absolut betrachtet gefällt werden. So wie die wirtschaftliche Evaluation wird auch die Umwelleistung eines landwirtschaftlichen Betriebes bezogen auf eine Norm ausgewertet, die entweder räumlich für eine gegebene Periode (horizontaler Vergleich) oder zeitlich für einen gegebenen Ort (vertikaler Vergleich) festgelegt wird. Das grösste Problem besteht heute darin, dass niemand weiss, wie viel Nitrate pro Hektare oder MJ pro Kilogramm Milch – um nur diese beiden Beispiele zu nennen – ein Betrieb im Rahmen einer nachhaltigen Landwirtschaft ausbringen oder konsumieren darf. Es gibt keine Bezugsgrössen, weder solche, die sich auf gross angelegte, über eine bestimmte Zeitspanne gemachte Beobachtungen stützen, noch solche, die aus Empfehlungen abgeleitet werden.

Aus diesem Grund kann das hier entwickelte Verfahren nur als provisorisch betrachtet werden.

6.2.2 Vertikaler Vergleich

Da die Daten der 50 Landwirtschaftsbetriebe unserer Stichprobe nur für eine einzige Periode (das Jahr 1998) erhoben wurden, ist die Prüfung eines vertikale Vergleiche beinhaltenden

¹² Es wird auf eine Analyse der Produktionsdaten verzichtet (siehe Kapitel 6.3.1).

¹³ Eine kritische Prüfung gemäss ISO 14040 wäre eine Voraussetzung für die Verbreitung in der Öffentlichkeit (siehe Kapitel 3.8).

Auswertungskonzepts im Rahmen dieser Studie nicht möglich. Gemäss Auskünften der Landwirtinnen und Landwirte sowie Beobachtungen der landwirtschaftlichen Berater muss mit Schwankungen von Jahr zu Jahr gerechnet werden:

- Bei gewissen Inputs, die auf wirtschaftlicher Ebene wenig wichtig sind, aber die Ökobilanz des Betriebes stark beeinflussen können. Man kann beispielsweise hoffen, dass ein Landwirtschaftsbetrieb die auf die Ökobilanz gestützten Empfehlungen befolgen wird, so dass sich die Gesamtbilanz verbessert. Die Ergebnisse (siehe Kapitel 7) scheinen im übrigen den Eindruck zu bestätigen, dass gewisse landwirtschaftliche Betriebe ein nicht unbedeutendes Verbesserungspotenzial aufweisen.
- Bei gewissen Outputs, wo die Erfahrung gezeigt hat, dass für zahlreiche landwirtschaftliche Produktionszweige – z.B. Obst, Gemüse oder Kartoffeln – von einem Jahr zum andern starke Ertragsschwankungen (u.a. auf Grund klimatischer Ereignisse) auftreten können.

Folglich gibt es entgegen anderslautender Meinungen nichts, was darauf schliessen liesse, dass die Umweltwirkung eines Landwirtschaftsbetriebes (ob positiv oder negativ) konstant sei und nicht von einem Jahr zum andern starken Schwankungen unterliege. Ein Auswertungskonzept hat dieser Tatsache Rechnung zu tragen. Nur wenn die Ökobilanzierung in einer grossen Zahl von Betrieben über mehrere Jahre hinweg wiederholt wird, stehen uns die erforderlichen Angaben zur Verfügung.

6.2.3 Horizontaler Vergleich

Die Stichprobe der 50 Betriebe des Projekts lässt unter gewissen Vorbehalten Vergleiche zu. Sicher ist jeder Betrieb absolut betrachtet ein Einzelfall, doch wie es auf wirtschaftlicher Ebene möglich ist, mittels gewisser Vergleiche die Leistung eines Betriebes seinesgleichen gegenüberzustellen, so muss dies auch auf der Ebene der Umweltleistung machbar sein. Die vorliegende Studie stützt sich auf die von *Charles (2000)* definierten Prinzipien der Umweltvergleichbarkeit zwischen Landwirtschaftsbetrieben. Zusammengefasst sind folgende Vergleiche möglich:

- Zwischen Landwirtschaftsbetrieben des gleichen Typs
- Zwischen gleichartigen Produktionen.

Das vorliegende Konzept geht von der Hypothese aus, dass die Typologie FAT 99 (Variante S3, siehe Anhang 7.2.2.1) der landwirtschaftlichen Betriebe (*Meier, 2000*) kohärente Einheiten definiert, innerhalb derer Vergleiche ohne Verzerrung angestellt werden können. Davon ausgenommen ist der Typ 12 (Spezialkulturen), der Gemüse-, Obst- und Rebbau vermischt und für den diese Hypothese der Kohärenz im Umweltbereich nicht erfüllt ist. In diesem Fall haben wir die Variante S4 und die Typen 13 bis 15 (siehe Anhang 7.2.2.1) angewandt.

Für gleichartige Produktionen wurde beschlossen, dass die bestehenden Schwellen (siehe Kapitel 3.4.2) hoch genug sind, um auf den jeweiligen Produktgruppen basierend einen verzerrungsfreien Vergleich zwischen den Landwirtschaftsbetrieben zu ermöglichen; dies im Gegensatz zu *Charles (2000)*, der Kriterien vorschlägt, die von den von *Meier (2000)* auf der Stufe Betrieb definierten Kriterien abgeleitet werden. Eine Verfeinerung des Konzepts in diesem Punkt kann nur vorgenommen werden, falls eine höhere Anzahl Betriebe als Basis für einen Test herangezogen werden kann.

Der Typ der betrachteten Betriebe wurde anhand der landwirtschaftlichen Nutzfläche, der offenen Ackerfläche, der Spezialkulturen sowie der Daten betreffend Zusammensetzung des Tierbestandes festgelegt. Die Vergleichbarkeit zwischen Produktgruppen stützt sich auf die wirtschaftlichen Betriebszahlen (vertrauliche Daten, die nicht im Anhang aufgeführt werden).

6.3 Analyse des Umweltinventars

6.3.1 Analyse der Produktionsdaten

Bei landwirtschaftlichen Prozessen gibt es nur selten eine lineare Beziehung zwischen Produktionsdaten und Umweltwirkungen. Sie kommt hauptsächlich bei der Ausschöpfung von Energieressourcen (Diesel, Elektrizität) und dem Treibhauseffekt (Energieträger, Stickstoffdünger) vor. Zwischen den Landwirtschaftsbetrieben können jedoch grosse Unterschiede in der Zusammensetzung der Quellen dieser beiden Umweltwirkungen bestehen. Für viele andere Kategorien, insbesondere Eutrophierung und Toxizität, gibt es keine direkte Korrelation (z.B. zwischen der Düngermenge und den berechneten Wirkungen).

Aus diesem Grund ist die Analyse der wichtigsten Produktionsträger eines Landwirtschaftsbetriebes nicht sehr aussagekräftig in Bezug auf seine tatsächliche Umweltwirkung. Sie wurde deshalb nicht in das vorgeschlagene Auswertungskonzept aufgenommen.

6.3.2 Analyse des Umweltinventars

Im Unterschied zu den Produktionsdaten korrelieren die Umweltwirkungen linear mit den betrachteten Emissionen. Da zudem einige dieser Emissionen an mehreren Wirkungen (Ammoniak, Methan, Nitrate usw.) beteiligt und auf der Kommunikationsebene manchmal einfacher zu handhaben sind als die auf den Umweltwirkungen basierenden Konzepte (siehe Kapitel 5), kann eine Analyse auf dieser Ebene sehr aussagekräftig sein.

Auf Grund der Beschränkung der Datenerhebung auf 50 Landwirtschaftsbetriebe ist keine Repräsentativität für die Schweizer Landwirtschaft vorhanden. Deshalb konzentriert sich die Analyse wegen ihres rein illustrativen Charakters auf die wichtigsten Emissionen, für die eine Ursache-/ Wirkungsanalyse durchgeführt wird. Zum leichteren Verständnis der Ergebnisse werden lineare Korrelationen zwischen der Zufuhr von löslichem Stickstoff ($N_{\text{lös}}$) und den Emissionen von Ammoniak (NH_3), Lachgas (N_2O) und Nitrat (NO_3^-) berechnet. Die anderen Emissionen (Methan, Schwermetalle, indirekte Emissionen usw.) werden aus den oben erwähnten Gründen eher summarisch diskutiert.

6.4 Analyse der Umweltwirkungen

6.4.1 Analyse pro Produktgruppe

In diesem Bericht beschränkt sich die Analyse auf die Produktgruppen Milch, Fleisch und Ackerbau, die in der Stichprobe durch genügend Betriebe vertreten sind. Die Produktgruppen Futtermittelanbau, Obst- und Weinbau sind kaum vertreten und werden nur summarisch betrachtet. Die Analyse umfasst die neun in Kapitel 5 beschriebenen Umweltwirkungen. Statt den Verbrauch an Rohenergieressourcen (Erdöl, Erdgas, Uran usw.) detailliert aufzuzählen – was für das landwirtschaftliche Umweltmanagement wenig aussagekräftig ist –, bezieht man sich für die Bedarfsanalyse an nicht erneuerbarer Energie auf einheitliche Kategorien, die gleichartige Inputs in einer Gruppe zusammenfassen (Maschinen, Dünger, Saatgut usw.)

Da die Produktgruppen Fleisch und Ackerbau (siehe Kapitel 3.3.2) relativ uneinheitlich zusammengesetzt sind, wird die Art der Outputs bei der Auswertung der Ergebnisse für beide Gruppen berücksichtigt. Für die Produktgruppe Fleisch wird der Einfluss der Tierart (Rind, Schwein, Geflügel) ausgewertet; für die Produktgruppe Ackerbau die Rolle von Kulturen mit starkem Trockensubstanzertrag (z.B. Kartoffeln oder Zuckerrüben).

Damit festgestellt werden kann, ob eine Ursache-/Wirkungsbeziehung besteht, werden die Kennzahlen betreffend Milchleistung pro Kuh, Trockensubstanzertrag pro Hektare aus der Nahrungsmittelproduktion, Gesamtproduktion Fleisch und Nutzfläche pro Betriebszweig und Betrieb berechnet und mit den signifikanten Emissionen in Bezug gesetzt, um daraus generelle Tendenzen abzuleiten.

6.4.2 Analyse auf der Stufe Betrieb

Wegen ihres zusammenfassenden Charakters liefert die Analyse auf der Stufe Betrieb weniger Informationen, die für das individuelle Umweltmanagement direkt von Nutzen sind, als die Analyse pro Produktgruppe. Dazu kommt, dass ihre Ergebnisse angesichts der Ungewissheiten bezüglich Aussagekraft der festgelegten funktionellen Einheiten (siehe Kapitel 3.3) und Richtigkeit der Vergleiche auf dieser Stufe (siehe Kapitel 6.2.3) weniger gesichert sind.

Die grossen Vorteile der Analyse auf der Stufe Betrieb liegen auf zwei Ebenen, die mit der Stellung des Betriebes innerhalb der schweizerischen Landwirtschaft zu tun haben:

- Innerbetriebliche Ebene: Bestätigung einer möglichen – auf Ebene der Produktgruppen nicht nachweisbaren – Synergie oder gar Aufzeigen einer methodischen Verzerrung bei der Abgrenzung der Produktgruppen (Frage der Allokation, siehe Kapitel 3.4.5), wenn die Ergebnisse eines Landwirtschaftsbetriebes in den verschiedenen Produktgruppen voneinander abweichen.
- Positionierung des Gesamtbetriebs: Ermöglichung von Aussagen zur Umweltpositionierung eines landwirtschaftlichen Betriebs hinsichtlich der wirtschaftlichen oder gesellschaftlichen Funktion.

Zur Illustration dieser beiden Aspekte werden drei der neun berechneten Umweltwirkungen, die für den Landwirtschaftsbetrieb als Ganzes repräsentativ sind, mit Hilfe der drei auf der Stufe Betrieb definierten funktionellen Einheiten (LN, produzierte Nahrungsenergie und Rohertrag) ausgewertet. Dank der separat für jeden Betriebstyp berechneten Ergebnisse aus der Stichprobe soll die Diskussion über die Aussagekraft der ausgewählten funktionellen Einheiten dokumentiert werden können.

6.5 Umweltbezogene Positionierung

6.5.1 Bezugsgrössen

Damit ein Landwirtschaftsbetrieb in Bezug auf die Umwelt positioniert, d.h. das Ausmass seiner Umweltwirkungen und des Bedarfs an Verbesserungsmassnahmen eruiert oder ihm im Gegenteil eine Art Zertifikat für gutes Umweltverhalten ausgestellt werden kann, muss man seine Ergebnisse mit Bezugsgrössen vergleichen können. Wie bereits in Kapitel 6.2.1 ausgeführt, gibt es heute dafür keine Normen. Für die zukünftige Entwicklung eines Referenzmassstabs können mindestens zwei Richtungen eingeschlagen werden:

- *Ideale Bezugsgrössen*: Hier versucht der Landwirt, sich in Bezug auf agrarökologische Grundsätze zu positionieren. Sogenannte ideale Bezugsgrössen werden auf der Stufe Produktgruppen basierend auf theoretische Betriebs- oder Produktionsmodelle und unter Beachtung der guten Landwirtschaftspraxis sowie der Empfehlungen der agrarökologischen Forschung bestimmt. Je nach Aufbau solcher Modelle können die daraus abgeleiteten Bezugsgrössen zwischen einer Mindestgrenze zur Erreichung der Kennzeichnung «umweltfreundlicher Betrieb» und einer nur unter günstigsten Umständen erreichbaren obersten Grenze eingestuft werden.
- *Pragmatische Bezugsgrössen*: Hier versucht der Landwirt in erster Linie, sich unter seinen Kollegen zu positionieren. Ihre durchschnittlichen Umweltwirkungen dienen ihm als

Referenz, unabhängig davon, ob sie im Idealfall sehr niedrig oder bereits sehr hoch sind. Sogenannte pragmatische Bezugsgrößen können nur auf Grund einer sehr grossen Zahl – Hunderte wenn nicht gar Tausende – von Beobachtungen abgeleitet werden, die über einen bestimmten Zeitraum wiederholt werden. Danach können die Umweltwirkungen eines Betriebes mit Hilfe von Quantilen oder einem Mass für die Abweichung bezogen auf einen Durchschnitts- oder Medianwert ausgewertet werden.

Da wir momentan weder über das eine noch das andere verfügen, haben wir als Bezugsgrößen die arithmetischen Mittelwerte pro Produktgruppe und Betriebstyp gewählt. Es ist klar, dass diese Werte nicht repräsentativ sind. Sie erlauben jedoch jene Landwirtschaftsbetriebe auszuwählen, bei welchen sich mit grosser Wahrscheinlichkeit Verbesserungsmaßnahmen aufdrängen oder welchen ein gutes Verhalten in Bezug auf die Umwelt attestiert werden kann.

6.5.2 Einzelanalyse und Suche nach Ursachen

Für die Umweltpositionierung jedes Landwirtschaftsbetriebes für die Produktgruppen Milch, Fleisch und Ackerbau (die in der Stichprobe am häufigsten vertreten sind) und für den Betrieb als Ganzes wurde von den arithmetischen Mittelwerten (siehe Kapitel 6.5.1) und einem von *Wolfensberger und Dinkel (1997)* abgeleiteten Bewertungsstab ausgegangen. Wenn die Umweltwirkung einer Produktgruppe oder des gesamten Betriebes als ungünstig eingestuft wird, folgt die Suche nach den Ursachen (Inputs, Anbautechnik) und anschliessend die Ableitung der notwendigen Massnahmen. Theoretisch müsste der beabsichtigte Umweltnutzen für jede vorgeschlagene Massnahme quantifiziert werden, um ihre mögliche Tragweite ermessen zu können. Da dieses Projekt aber nicht über die notwendigen Mittel für eine solche Quantifizierung verfügt, kann dieser Teil des Auswertungskonzepts im Bericht nicht illustriert werden.

6.6 Suche nach Vereinfachungen

6.6.1 Auswahl repräsentativer Umweltwirkungen

Obwohl die Anzahl der Umweltwirkungen viel geringer ist als jene der Rohstoffe und Emissionen im Umweltinventar, ist sie für die meisten Entscheidungsträger zu hoch, als dass sie die für eine einfache Entscheidungsfindung notwendige Gesamtsicht gewähren könnte. Aus Erfahrung weiss man zudem, dass es viele Umweltindikatoren gibt, die in kaum voneinander abweichenden Systemanalysen resultieren. Diese allgemeine Regel wird auch von den Ergebnissen der verschiedenen Landwirtschaftsbetriebe in diesem Bericht nicht widerlegt.

Bei einigen Indikatoren ist eine Ähnlichkeit (Korrelation) feststellbar, bei anderen wiederum bestehen kaum Beziehungen untereinander. Deshalb ist das Risiko der Redundanz gross. Aus all diesen Gründen ist es wichtig, dass das Auswertungskonzept eine Vereinfachung der durch die Analyse der Umweltwirkungen gelieferten Informationen vorsieht.

Hier ist das oberste Ziel, die grosse Menge an Informationen, die in den verschiedenen Umweltwirkungen enthalten sind, auf einer wissenschaftlichen und nicht willkürlichen Basis zu kondensieren. Die Methode, die dazu verwendet wird, ist die Faktoranalyse. Sie basiert auf einer rechteckigen Matrix, deren Zeilen die verschiedenen Betriebe und die Spalten die errechneten Umweltwirkungen darstellen. Diese Methode setzt eine normale Streuung der berechneten Werte der Umweltwirkungen voraus. Wenn dies nicht der Fall ist, werden alle Werte mit dem natürlichen Logarithmus transformiert.

Die Faktoranalyse erlaubt es auf diese Weise, die Zahl der Variablen (übereinstimmend mit den rund zehn Umweltwirkungen der Ökobilanz) zu reduzieren, indem zwei bis drei

«Faktoren» geschaffen werden, die das Maximum der Streuung der ursprünglichen Daten erklären. Der erste Schritt der Analyse besteht aus der Berechnung der Eigenwerte für jeden Faktor. Anschliessend werden nur die Faktoren (normalerweise zwei oder drei) berücksichtigt, deren Eigenwert höher ist als eins. Für eine bessere grafische Darstellung werden die Ergebnisse der Faktorenanalyse einer Rotation vom Typ «Varimax Standard» (siehe Abbildung 12, Kapitel 7.5.1) unterworfen.

Die Auswertung der Faktoren ist nicht unmittelbar. Durch die Berücksichtigung ihrer Korrelationen mit den Umweltwirkungen können jedoch kohärente Interpretationen der Faktoren vorgenommen werden.

Weiter erlaubt diese Methode zu bestimmen, welche Wirkungen immer berechnet werden müssen und welche eventuell gestrichen werden können, weil sie keine zusätzlichen Informationen liefern. Eine Gewichtung der Umweltwirkungen ist hingegen nicht möglich, da die Methode darauf beruht, dass statistisch gesehen allen Wirkungen das gleiche Gewicht beigemessen wird.

6.6.2 Schematische Darstellung der Ergebnisse

Für die schematische Darstellung der Betriebsergebnisse verfügt der landwirtschaftliche Berater über verschiedene Kommunikationsmittel. Im Rahmen dieses Berichtes kommen folgende Arbeitsinstrumente zur Anwendung:

- Histogramm (siehe Kapitel 7.3): Diese Darstellung ist geeignet für die detaillierte Analyse einer gegebenen Umweltwirkung. Sie erlaubt gleichzeitig den horizontalen oder vertikalen Vergleich mit einer Bezugsgrösse und liefert Einzelheiten über die wichtigsten Faktoren zur Erklärung der jeweiligen Wirkung. Sie kann jedoch nicht als Grundlage für die Gesamtdarstellung der Umweltwirkung eines Betriebes dienen.
- Tabelle (siehe Kapitel 7.5.2): Diese Darstellung ist besonders aussagekräftig, wenn sie – anders als in diesem Bericht – farbig wiedergegeben wird. Sie ermöglicht es, mit einem Blick die Umweltpositionierung des Betriebes insgesamt zu visualisieren und die Bedeutung der positiven und/oder negativen Abweichungen von den verwendeten Normen einzuschätzen. Sie erfordert vom Betrachter aber eine gewisse Aufmerksamkeit, um die jeweiligen Wirkungen herauslesen zu können. Zudem ist eine schriftliche Ergänzung zur Erklärung der genauen Hintergründe der Ergebnisse notwendig.
- Stern-Diagramm oder Polygon (siehe Kapitel 7.5.4): Mit dieser Darstellung kann die Umweltpositionierung des Landwirtschaftsbetriebes unmittelbar visualisiert werden (solange es nicht zu viele Betriebszweige gibt). Sie eignet sich besonders für die Illustration der Ergebnisse der Faktorenanalyse. So wie die tabellarische Darstellung verlangt auch sie nach einer schriftlichen Ergänzung zur Erklärung der Ergebnisse.

Erfahrung und der Kontakt mit den landwirtschaftlichen Beratern und den Landwirtinnen und Landwirten werden es ermöglichen, die Anwendungsbedingungen für diese drei Darstellungsarten zu bestimmen.

Kapitel 7: Ergebnisse und Diskussion

7.1 Einleitung

Die Vielfalt und der Umfang der Stichprobe, die verschiedenen Analyseebenen (Produktgruppen und Betrieb) sowie die Anzahl der Umweltwirkungen haben eine grosse Datenfülle zur Folge. Wie in Kapitel 6.6 gezeigt wurde ist es möglich, mit Hilfe der Faktoranalyse die in den zehn ausgewerteten Umweltwirkungen enthaltenen Informationen auf einige wenige Gruppen zu kondensieren. Wir erlauben uns hier, die in Kapitel 7.5.1 im Einzelnen vorgestellten Ergebnisse vorweg zu nehmen, um die Gesamtsicht der Diskussion zu erleichtern. Zusammengefasst und unabhängig von der Ebene der Analyse können die Auswertungsergebnisse auf drei Gruppen von Wirkungskategorien konzentriert werden:

- Mit dem Verbrauch an nicht erneuerbaren Energieressourcen korrelierte Wirkungen, die hauptsächlich von den indirekten Emissionen bestimmt werden (Anhang 7.1.a)
- Mit den Stickstoff- und Phosphorkreisläufen korrelierte Wirkungen, die hauptsächlich von den direkten Emissionen bestimmt werden (Anhang 7.1.b)
- Mit toxischen Spurenschadstoffen korrelierte Wirkungen, die hauptsächlich von den direkten Emissionen bestimmt werden (Anhang 7.1.c).

Damit der Bericht nicht zu lang wird und leichter zu lesen ist, haben wir für jede dieser drei Gruppen die Umweltwirkung hervorgehoben, die am repräsentativsten zu sein scheint, und zwar in folgender Reihenfolge:

- Verbrauch an nicht erneuerbaren Energieressourcen, der eng mit dem wirksamen Einsatz von Inputs und den mit indirekten Emissionen verbundenen Wirkungen korreliert;
- Gesamt-Eutrophierung, die sowohl Ammoniak- als auch Nitrat- und Phosphoremissionen in einer Gruppe zusammenfasst;
- Aquatische Ökotoxizität, die Aufschluss über die Wirkungen der Schwermetalle und der ausgebrachten Pestizide gibt.

Die übrigen Umweltwirkungen (Treibhauseffekt, Bodenversauerung, Ozonbildung, Human-toxizität, terrestrische und aquatische Eutrophierung, terrestrische Ökotoxizität) werden summarisch behandelt; die entsprechenden Abbildungen und Tabellen sind im Anhang aufgeführt.

Für jede Produktgruppe werden die Ergebnisse der Landwirtschaftsbetriebe in aufsteigender Reihenfolge nach ihrem Verbrauch an nicht erneuerbaren fossilen Energieressourcen geordnet. Diese Reihenfolge wird auch für die weiteren Wirkungen der gleichen Produktgruppe angewandt. Auf diese Weise sind die Unterschiede in der Positionierung nach der Gruppe der betrachteten Umweltwirkungen klar ersichtlich.

7.2 Analyse der Inventardaten

7.2.1 Merkmale und Vergleichbarkeit der Betriebe

Die wichtigsten Betriebsdaten für die Analyse der Ergebnisse sind in Tabelle 3 zusammengefasst. Auf den Stufen Produktgruppen und Landwirtschaftsbetrieb werden folgende funktionelle Einheiten verwendet: Milchmenge, Lebendgewicht Fleisch, Trockensubstanzertrag des Ackerbaus, Nahrungsenergie für den Menschen, Rohertrag und landwirtschaftliche Nutzfläche. Sehr grosse Unterschiede zwischen den Betrieben zeigen sich auf der Stufe Produktgruppen. Sie hängen hauptsächlich von der genauen Art der Produkte, deren Ertrag und Marktwert ab. Mit Hilfe der Daten bezüglich Betriebstyp, Produktionszone, Höhenlage, Milchleistung pro Kuh, Hauptprodukte aus Ackerbau oder Fleischproduktion kann man einerseits die Gruppen landwirtschaftlicher Betriebe bestimmen, für die Vergleiche möglich

Betriebs- und Produktionsdaten (Referenzjahr: 1998)

Betriebsnummer	Betriebstyp ¹	Produktionsart	Produktionszone ²	Höhenlage	LN	Nahrungsenergie	Rohertrag	Milchproduktion	Milchleistung pro Kuh	Fleischproduktion	Vorherrschende Tierproduktion	Ackerbau	Ackerbau	Vorherrschende Nahrungsmittelproduktion
Einheit				m	ha	MJ	Fr.	kg	kg/Kuh	kg LG		kg TS	t TS/ha	
1	21	IP	ÜZ	430	21.10	340413	205785	91527	5658	9091	Rindermast			
2	21	IP	BZ 2	690	24.57	188828	69398	65124	5408					
3	21	IP	BZ 2	860	18.94	364839	111018	121895	6696					
4	21	IP	BZ 1	830	12.32	257087	97792	70468	6100	7358	Rindvieh			
5	21	Bio	BZ 1	650	22.09	310445	81646	70130	5200			12625	2.20	Getreide
6	21	IP	BZ 2J	1000	26.35	767242	68626	69700	6000	5262	Anderes Rindvieh, Pferde			
7	21	IP	BZ 34	900	32.60	252555	79689	100976	5200					
8	21	IP	eÜZ	430	10.91	210573	70880	61111	5745	5387	Mastkälber			
9	21	IP	eÜZ	450	18.85	500223	184524	165206	7206					
10	21	Bio	eÜZ	600	19.63	514997	159742	117219	5500			14283	3.59	Zuckerrübe
11	21	IP	BZ 3	650	56.37	674880	221434	170614	5885	13291	Schweinemast			
12	21	Bio	HZ	680	29.75	507497	148633	113284	5400			15794	2.91	Getreide
13	21	Bio	HZ	780	19.60	679885	192921	140789	5200	8320	Schweinemast			
14	53	Bio	BZ 1	800	26.52	359304	136771	137945	5500					
15	21	IP	BZ 1	810	27.34	409125	131792	131234	5513					
16	21	Bio	BZ 2	840	12.35	139750	52840	53125	5000					
17	53	IP	BZ 1	850	17.78	478698	129231	133211	7134	8080	Rinderaufzucht			
18	21	IP	BZ 2	920	39.50	377191	147088	138236	5374					
19	21	Bio	BZ 2	940	11.12	281713	99383	68037	5100	4018	Anderes Rindvieh			
20	21	IP	BZ 3	1350	23.78	265094	64134	53609	5555	4892	Rinderaufzucht			
21	21	IP	BZ 2J	1200	34.30	310509	102856	125973	6000					
22	11	IP	AZ	500	45.71	1930017	340486	279537	7000			105147	4.52	Getreide
23	54	IP	AZ	500	17.61	1362943	160251	97373	6400			89803	7.65	KA, Zuckerrübe
24	51	IP	AZ	400	26.52	734361	125840	161512	5500			27243	3.78	Getreide
25	51	IP	AZ	440	32.34	2515169	229998	78061	5918			172591	7.72	KA, Zuckerrübe
26	51	IP	AZ	450	32.29	1087888	270510	152874	6200	10489	Mastkälber	100028	7.69	Zuckerrübe
27	51	IP	AZ	550	36.64	2455110	286718	122385	6802	70351	Rindermast	123061	5.82	KA, Zuckerrübe
28	21	IP	ÜZ	850	49.80	1986037	357845	204994	6974	14984	Mastkälber	98988	6.92	Getreide
29	51	IP	eÜZ	570	36.01	1218360	412350	254463	5723	66680	Hühnermast			
30	51	IP	HZ	750	24.60	1255811	296985	189275	6478	35547	Schweinemast	27009	4.96	Getreide
31	53	IP	ÜZ	800	38.20	2141791	360254	121739	6200	48137	Schweinemast	79167	4.87	KA, Zuckerrübe
32	21	IP	eÜZ	440	19.51	871473	173051	206788	7077			40035	12.43	Zuckerrübe
33	54	Bio	eÜZ	600	26.80	358045	92886	80000	4000	3797	Schweinemast	22136	1.04	Getreide, (KA)
34	54	IP	BZ 1	870	32.20	569960	158750	115169	6156	5450	Rindermast	14917	3.80	Getreide
35	54	IP	AZ	420	18.70	863478	181247	128769	6300			22849	8.59	Zuckerrübe
36	11	IP	AZ	390	29.50	2774184	451787			40385	Rindermast	212320	11.19	KA, Zuckerrübe
37	11	IP	AZ	400	46.14	1805380	169852					127335	4.01	Getreide
38	11	IP	AZ	420	22.11	2804674	194612			19733	Rindermast	86442	6.74	KA, Zuckerrübe
39	11	IP	AZ	430	21.70	861100	214523			20839	Rindermast	68754	7.83	Zuckerrübe
40	11	IP	AZ	430	19.48	696913	95175					92820	6.54	Zuckerrübe
41	11	IP	AZ	470	26.25	1544029	215907					132859	5.50	Zuckerrübe
42	11	IP	AZ	500	23.53	1838896	166975					138972	7.38	Zuckerrübe
43	12	IP	AZ	400	8.79	243749	276822							
44	12	IP	AZ	401	7.06	221001	246831							KA, Zuckerrübe
45	12	Bio	AZ	420	6.61	237600	174919							
48	12	IP	AZ	480	8.54	444285	104084							
49	12	Bio	eÜZ	580	21.00	504896	119333			4965	Rindermast	32841	2.42	
50	22	Bio	BZ 2	880	15.74	62746	53721			7652	Mutterkuhhaltung			
51	22	IP	ZM4	1050	10.31	65574	36868			8328	Mutterkuhhaltung			
52	54	IP	eÜZ	600	20.34	281713	99383			5492	Rinderaufzucht	44822	2.75	Getreide
M					24.60	838561	172483	125496	5917	17855		76114	5.71	

¹ Anhang 7.2.2.1

² siehe Liste der Abkürzungen

Tabelle 3

sind (siehe Kapitel 6.2), und andererseits die Ergebnisse jeweils nach den Eigenheiten des Betriebes auswerten.

7.2.2 Emissionen mit signifikantem Einfluss auf die Umweltwirkungen

7.2.2.1 Indirekte Emissionen

Die indirekten Emissionen hängen eng mit dem Einsatz nicht erneuerbarer Energieressourcen zusammen. Diejenigen, die einen bedeutenden Einfluss auf die berücksichtigten Umweltwirkungen haben, sind:

- In die Luft: Kohlendioxid (CO_2), Schwefeldioxid (SO_2), Stickoxide (NO_x), Kohlenwasserstoffe (ausser Methan) und die Schwermetalle (Cd, Hg, Cr, Cu, Pb). Es ist zu beachten, dass die Emissionen von SO_2 beim Verbrauch von Heizöl und die von NO_x bei der Verbrennung von Diesel besonders wichtig sind.
- Ins Wasser: Öle, Phenole, Phosphor und Schwermetalle (Cd, Hg, Cr, Cu, Pb). Die Phosphoremissionen sind besonders hoch bei der Herstellung von Phosphordüngern.

7.2.2.2 Direkte Emissionen

Die direkten Emissionen, die für die Landwirtschaft spezifisch sind und einen wesentlichen Einfluss auf die Umwelt ausüben, sind Stickstoffemissionen (Ammoniak NH_3 , Lachgas N_2O , Nitrat NO_3^-), Methan (CH_4), Phosphor (P), Schwermetalle und Pestizide. Mit dem Ziel, Analyse und Auswertung der Umweltwirkungen zu vereinfachen, wird nachstehend jede dieser Emissionen (oder jede Gruppe für Schwermetalle und Pestizide) einer genauen Herkunftsanalyse unterzogen.

A Direkte Stickstoffemissionen (NH_3 , NO_3^- , N_2O)

Die direkten Stickstoffemissionen stammen hauptsächlich aus dem Einsatz von organischem Dünger und Mineraldüngern, der Bodenpflege und der Viehhaltung.

Ammoniak

Die Ammoniakemissionen sind während der Ausbringung von Gülle und Mist sowie in Landwirtschaftsbetrieben mit hohem Viehbestand hoch. Im Falle der Milchproduktion existiert eine lineare Korrelation zwischen der Zufuhr von löslichem Stickstoff und den NH_3 -Emissionen (Tabelle 4). Für Ackerbau und Fleischproduktion kann hingegen keine solche Korrelation erstellt werden. Dies lässt sich durch die sehr grossen Ertragsschwankungen erklären, die nur sehr wenig mit der organischen Düngung – der wichtigsten Emissionsquelle von NH_3 in die Luft – zu tun haben. Angesichts der Komplexität der Emissionsprozesse konnten wir keinen signifikanten Einfluss der Gülleverdünnung, der Art und des Zeitpunkts der Ausbringung und der Aufstallungssysteme auf die Ammoniakemissionen nachweisen.

Lachgas

Für die Produktgruppen Milch und Ackerbau kann eine Korrelation zwischen der Zufuhr von löslichem Stickstoff und den N_2O -Emissionen (Anhänge 7.2.2.2a und 7.2.2.2b) festgestellt werden. Diese spiegeln tatsächlich die Mengen von Mineralstickstoff und organischem Stickstoff wider, die in einem landwirtschaftlichen Betrieb zum Einsatz kommen. In der Milch- und Fleischproduktion wird während der Herstellung von zugekauftem Viehfutter ein nicht unbedeutender Teil an Lachgas freigesetzt.

Nitrat

Die Nitratauswaschung wird auf der Stufe der Parzelle berechnet. Die Analyse der Fälle mit den höchsten Werten erlaubt es, jene Faktoren aufzuzeigen, die am meisten zu dieser

Direkte Stickstoffemissionen (NH₃, N₂O, NO₃⁻) und lineare Korrelationskoeffizienten mit der Zufuhr von löslichem Stickstoff (Referenzjahr: 1998)

Produktgruppe	Einheit	N-NH ₃	N-N ₂ O	N-NO ₃ ⁻
Milch	g/kg Milch	6.6	0.3	5.0
	Standardabweichung	3.3	0.1	2.7
Fleisch	g/kg LG	23.1	3.1	35.2
	Standardabweichung	16.5	0.8	29.6
Ackerbau	g/kg TS	3.3	1.2	14.2
	Standardabweichung	4.1	0.2	7.9
Betrieb (LN)	kg/ha	33	2	46
	Standardabweichung	26	1	32
Lineare Korrelation		NH₃	N₂O	NO₃⁻
Milch	r N _{lös}	0.63	0.76	0.23
Fleisch	r N _{lös}	-0.01	0.12	0.21
Ackerbau	r N _{lös}	0.27	0.75	0.27
Betrieb (LN)	r N_{lös}	0.25	0.7	0.6

Tabelle 4

Emission beitragen. In den untersuchten Fällen kommen die folgenden Faktoren am häufigsten vor:

- Tiefe Bodenbearbeitung im Sommer, die insbesondere nach dem Unterpflügen von Wiesen oder Gründüngung eine starke Mineralisierung verursacht (in zahlreichen Fällen);
- Stickstoffdüngung nach einer tiefen Bodenbearbeitung oder der Bearbeitung des unbewachsenen Bodens;
- Zukauf von Viehfutter (indirekte Emissionen).

Wenn die Stickstoffdüngung regelkonform (Walther et al. 1994) durchgeführt wird, ergibt die Anwendung des Berechnungsmodells fast keine Nitratauswaschung. Ausserdem können einige wenige Parzellen viel zu den Gesamtemissionen eines Betriebes beitragen. Beim Ackerbau weisen Betriebe mit einer hohen Produktivität (ausgedrückt als Trockensubstanzertrag) im allgemeinen (Korrelationskoeffizient r: -0.67) eine recht geringe Nitratauswaschung auf.

B Direkte Methan-Emissionen (CH₄)

Die Methan-Emissionen stammen im Wesentlichen aus der Viehhaltung, insbesondere der Rindviehhaltung. Diese Emissionen zeigen eher eine sinkende Tendenz, sobald die Milchleistung pro Kuh steigt (r: -0.54). Beim Ackerbau sind sie unbedeutend.

C Phosphor-Emissionen (P)

Beim Ackerbau sind die Phosphor-Emissionen umso schwächer, je grösser der Ertrag (TS/ha) ist (r: -0.78). Diese Feststellung steht im direkten Zusammenhang mit der Tatsache, dass die direkten Emissionen durch Abschwemmung, Erosion und Auswaschung pro Hektare ausgerechnet werden. Für die Milch- und Fleischproduktion, für die der Anteil an Futterzukaufen (indirekte Emissionen) bedeutend sein kann, hängen sie weniger stark vom Ertrag ab.

D Schwermetall-Emissionen

Die wichtigsten direkten Schwermetalleinträge in den Boden, die zu einer starken terrestrischen und aquatischen Ökotoxizität beitragen, sind Zink (Zn), Cadmium (Cd), Kupfer (Cu), Quecksilber (Hg) und Chrom (Cr).

Die Schwermetall-Emissionen sind sehr punktuell und hängen von den Düngerarten, den Bodenverbesserern und den zugekauften Düngern im Betrieb ab. Schweine- und Hühnermist weisen einen hohen Gehalt an Zn, Cu und Hg auf, Phosphordünger an Cd und das meiste

Futter an Zn. Klärschlamm hat einen unterschiedlichen Gehalt an all diesen fünf Spurenelementen. Die Berechnungen für Klärschlamm wurden aber mit konstanten Werten bewerkstelligt.

E Direkte Pestizid-Emissionen

Für den Ackerbau können die Emissionen von in den Pestiziden enthaltenen Wirkstoffen insbesondere für die aquatische Ökotoxizität eine signifikante Wirkung haben. In den betrachteten Betrieben spielen die folgenden Wirkstoffe eine Rolle: Chlorothalonil, Isoproturon, Dimefuron, Dinoseb und Terbufos.

Wenig Pestizide kommen hingegen im Viehfutter für die Milch- und Fleischproduktion zur Anwendung. Die Emissionen sind punktuell und stammen meistens aus dem Futterzukauf (indirekte Emissionen).

7.3 Analyse der Umweltwirkungen pro Produktgruppe

7.3.1 Milch

Die Produktgruppe Milch wurde für 35 Betriebe untersucht. Die bezifferten Ergebnisse sind in den Anhängen 7.3.1a und 7.3.1b aufgeführt.

7.3.1.1 Ausschöpfung nicht erneuerbarer Energieressourcen

Der Bedarf an nicht erneuerbarer Energie, berechnet pro kg produzierter Milch, variiert in der Grössenordnung von eins zu vier (Abbildung 2). Ausgedrückt in Diesel-Äquivalenten pro 100 l Milch beläuft er sich im Mittel der Betriebe auf 16 l. Mehr als neun Zehntel des Energiekonsums werden von der grauen Energie und dem direkten Zugriff auf die Energieträger verursacht. Der Maschinenpark und die landwirtschaftlichen Gebäude – beide oft überdimensioniert – liefern zu einem grossen Teil die Erklärung für die berechneten Werte. Der Energieverbrauch für die Heubelüftung kann zudem sehr hoch sein. In gewissen Fällen sind der Futterzukauf und der Einsatz von Stickstoffmineraldüngern zu einem nicht unbedeutenden Teil am Gesamtbedarf der Produktgruppe Milch beteiligt.

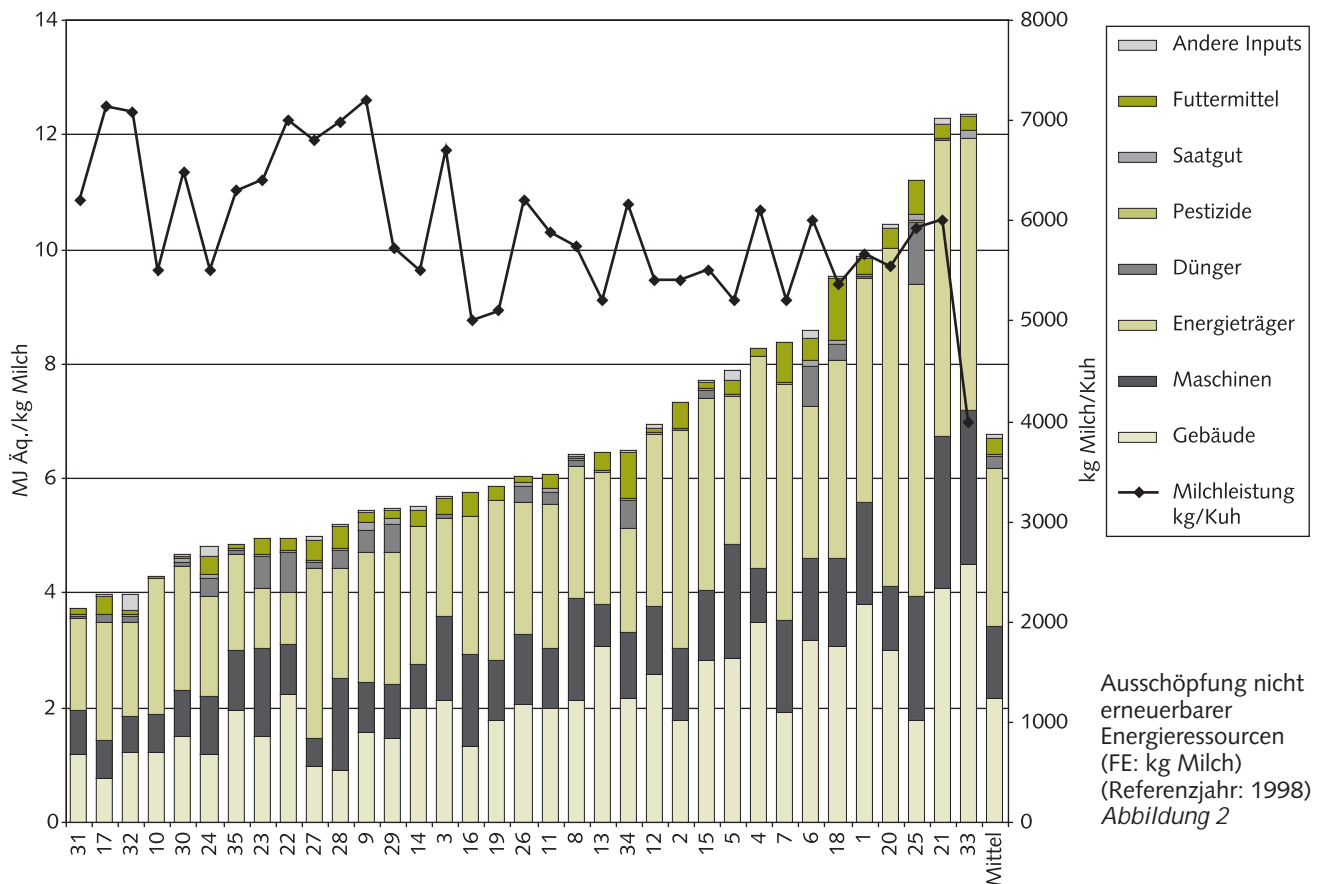
Gemäss der im Projekt verwendeten Stichprobe werden die fossilen Energieressourcen gut genutzt, wenn die jährliche Milchleistung pro Kuh höher ist als ungefähr 6300 kg (Jahresmittel); bei sehr niedriger Milchleistung (4000 kg) werden sie hingegen schlecht genutzt. Dazwischen besteht keine Korrelation zwischen dem Verbrauch fossiler Energieressourcen und der Milchmenge pro Kuh. Das Know-how der Landwirte und Landwirtinnen ist für die Unterschiede verantwortlich. Für ähnliche Milchleistungen gibt es grosse Unterschiede zwischen den einzelnen Betrieben.

Die Grösse des Milchviehbestandes und die Höhenlage des Betriebs haben kaum Einfluss auf diese Umweltwirkung. Es kann auch keine Beziehung zwischen dem Verbrauch fossiler Energieressourcen und Produktionszone, Betriebstypologie oder Produktionsarten (Anhänge 7.3.1.1a und 7.3.1.1b) festgestellt werden.

7.3.1.2 Umweltwirkungen korreliert mit der Ausschöpfung nicht erneuerbarer Energieressourcen

A Treibhauseffekt über 500 Jahre (Anhang 7.3.1.2a)

Kohlendioxid fossilen Ursprungs (CO₂) ist durchschnittlich mit zwei Dritteln am Treibhauseffekt der Milchproduktion beteiligt. Diese Tatsache erklärt die starke Korrelation zwischen dem Verbrauch nicht erneuerbarer Energieressourcen und dieser Umweltwirkung. Der Anteil der direkten Methan- (CH₄) und Lachgasemissionen (N₂O) beträgt durchschnittlich 19% re-



spektive 5%. Erstere stehen in engem Zusammenhang mit der Rindviehhaltung und der Milchproduktion pro Kuh, letztere hingegen mit den vorherrschenden Bedingungen für den Futterbau und der dabei im Betrieb zum Einsatz kommenden Gesamtstickstoffmenge.

B Humantoxizität (Anhang 7.3.1.2b)

Die Korrelation zwischen dem Verbrauch an nicht erneuerbaren Energieressourcen und der Humantoxizität erklärt sich aus der Herkunft der Schadstoffe, die am meisten zu dieser Wirkung beitragen, nämlich der Schwermetalleinträge in die Luft (Cd, Pb, Hg und Ni). Sie sind im Schnitt mit 97% an der berechneten Gesamtwirkung beteiligt (eventuelle Rückstände in den Nahrungsmitteln nicht berücksichtigt). Diese Schwermetalle stammen hauptsächlich aus dem Bau der Gebäude, der Herstellung von Maschinen und der Verbrennung von Energieträgern.

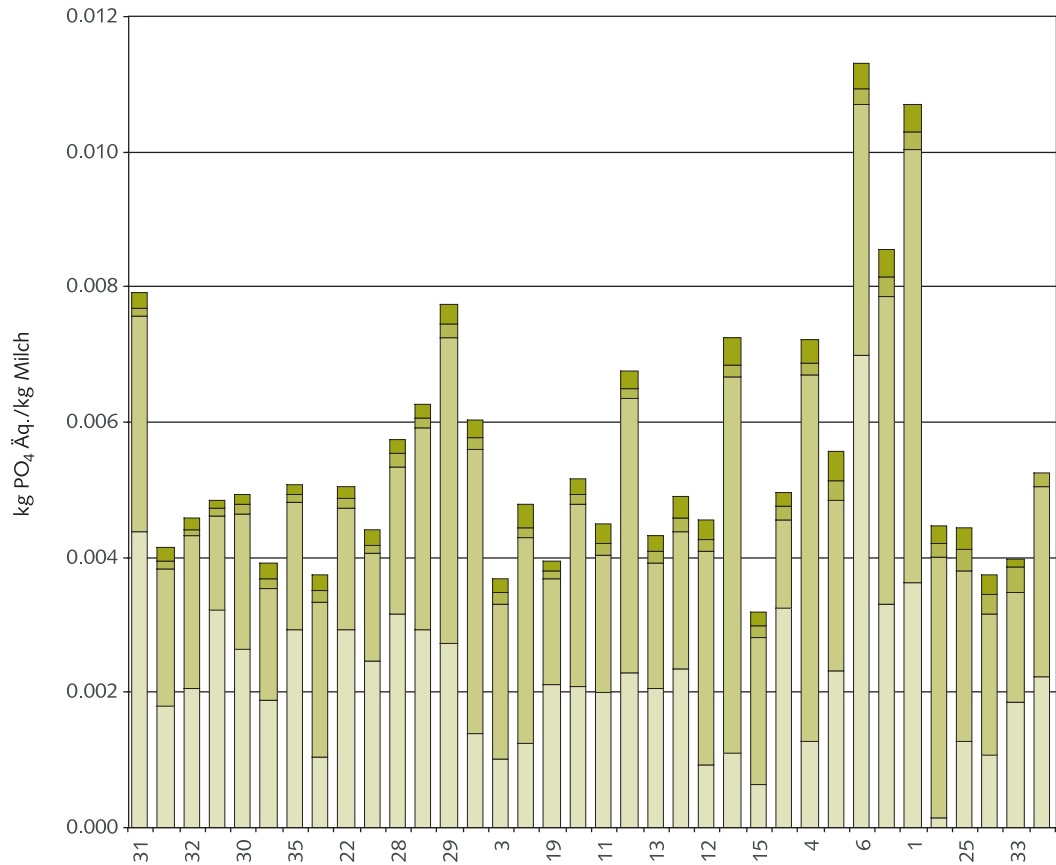
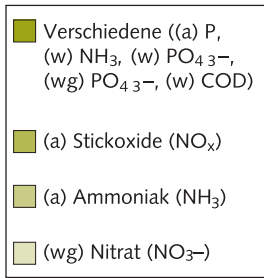
C Ozonbildung (Anhang 7.3.1.2c)

Die Korrelation zwischen Ozonbildung und Verbrauch an fossilen Ressourcen erklärt sich durch die Herkunft der wichtigsten an dieser Wirkung beteiligten Schadstoffe. Mehr als 80% der die Ozonbildung beeinflussenden Emissionen (Stickoxid indirekter Herkunft, Kohlenwasserstoffe) stammen aus dem Verbrauch fossiler Energieressourcen.

7.3.1.3 Umweltwirkungen korreliert mit Stickstoff- und Phosphorkreisläufen

A Gesamt-Eutrophierung (Abbildung 3)

Den höchsten Beitrag an die Gesamt-Eutrophierung leisten im Schnitt die Ammoniak-Emissionen in die Luft (ungefähr 50%) und die Nitratauswaschung in die Gewässer (ungefähr 40%). Die Emissionen von Phosphor in die Gewässer (3%) und von Stickoxid in die Luft (3%) haben hingegen einen eher geringen Einfluss auf diese Wirkung. Folglich sind die Korrelationskoeffizienten zwischen Gesamt-Eutrophierung und den Emissionen von NH_3 (r:



Ausschöpfung nicht erneuerbarer Energieressourcen (FE: kg Milch) (Referenzjahr: 1998) *Abbildung 3*

0.75) und von NO_3^- (r: 0.7) ähnlich und signifikant. Zwischen diesen beiden Emissionen hingegen ist die Korrelation nur sehr schwach, was bedeutet, dass sie voneinander unabhängige Ursachen haben (siehe Kapitel 7.2.2.2).

B Bodenversauerung (Anhang 7.3.1.3b)

Die Ammoniak-Emissionen (NH_3) sind zu über 80% an der Bodenversauerung beteiligt. SO_2 zu 12% und NO_x zu 5% spielen nur eine untergeordnete Rolle. Die Verwendung von löslichem Stickstoff organischer oder anorganischer Herkunft ist für diese Wirkung massgeblich. Die Emissionen von SO_2 und NO_x sind zudem für diejenigen Betriebe bedeutend, die eine beträchtliche Menge nicht erneuerbarer Energieressourcen verbrauchen.

C Terrestrische Eutrophierung (Anhang 7.3.1.3c)

Die Ammoniak-Emissionen (NH_3) sind im Schnitt zu 94% an der terrestrischen Eutrophierung beteiligt, die NO_x -Emissionen an den restlichen 6%. Da die Ursachen sehr ähnlich sind, gelten dieselben Bemerkungen wie bei der Versauerung der Böden.

D Aquatische Eutrophierung (Anhang 7.3.1.3d)

Die aquatische Eutrophierung ist durch die Phosphor-Emissionen in die Gewässer bedingt. Der bedeutendste Faktor für diese Wirkung ist die für die Milchproduktion notwendige landwirtschaftliche Nutzfläche. Der Futterzukauf macht im Schnitt ungefähr ein Drittel der Wirkung in Form von indirekten Emissionen aus.

7.3.1.4 Umweltwirkungen korreliert mit toxischen Spurenschadstoffen

A Aquatische Ökotoxizität (Abbildung 4)

Unter Berücksichtigung der Transfers, die zwischen den verschiedenen Umweltkompartimenten stattfinden, erzeugen die Schwermetalleinträge in den Boden (60%), in die Gewässer (20%)

und in geringerem Mass in die Luft (5%) insgesamt gesehen die stärkste Wirkung auf die aquatische Ökotoxizität. Die Einträge in die Gewässer von Öl (7%) und Phenol (6%) indirekter Herkunft haben eine erwähnenswerte Wirkung. Die Wirkung der Gesamtemissionen von Pestiziden, die während der Futterproduktion eingesetzt werden, ist unbedeutend (kaum 1%).

Zwischen den einzelnen Betrieben gibt es grosse Schwankungen. Dies lässt sich durch die Vielzahl der Inputs und deren unterschiedlichen Schwermetallgehalt erklären. Der Futtermittelverbrauch trägt ungefähr die Hälfte zur aquatischen Ökotoxizität bei, Dünger etwa ein Viertel und die landwirtschaftlichen Gebäude, Maschinen und Energieträger das letzte Viertel.

Die Mehrzahl der Biobetriebe liegen unter dem Mittelwert der Betriebe.

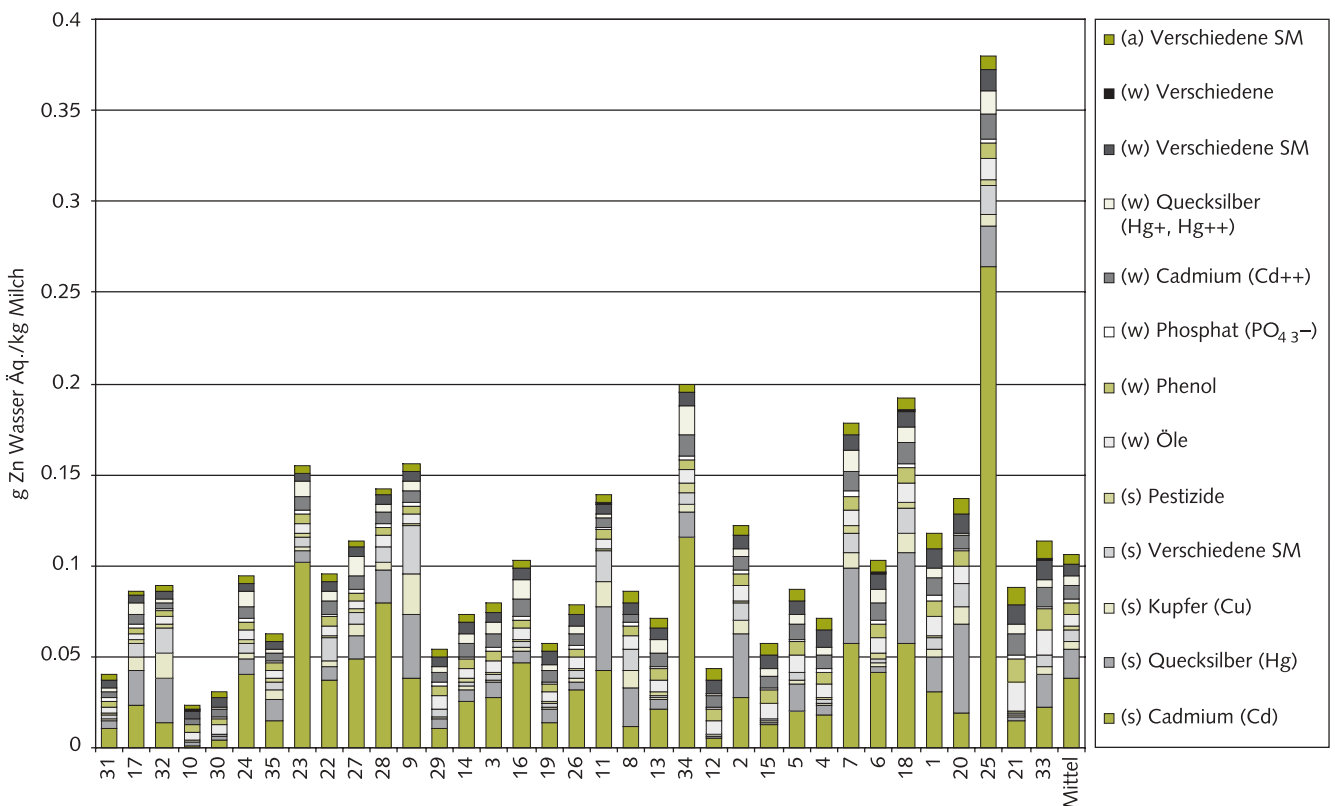
B Terrestrische Ökotoxizität (Anhang 7.3.1.4b)

Die Schwermetalleinträge in den Boden dominieren die terrestrische Ökotoxizität (97% der berechneten Gesamtwirkung). Zink macht im Schnitt 65%, Cadmium 9%, Kobalt 8% und Kupfer 6% aus. Quecksilber-, Nickel- und Bleiemissionen können punktuell eine nicht unbedeutende Rolle spielen.

Die Wirkung der Schwermetalleinträge kann von Betrieb zu Betrieb stark variieren. Dies erklärt sich durch die bedeutenden Unterschiede im Schwermetallgehalt der verschiedenen Inputs. Mineraldünger und organische Dünger tragen fast 40% zur terrestrischen Ökotoxizität bei, während der Anteil des Viehfutters mehr als 50% ausmacht. Pestizide spielen nur beim Einsatz von Kupfer-Fungiziden eine Rolle.

Alle Biobetriebe liegen unter dem Mittelwert der Betriebe.

Aquatische Ökotoxizität (FE: kg Milch) (Referenzjahr: 1998) *Abbildung 4*



7.3.2 Fleisch

Die Produktgruppe Fleisch wurde für 24 Betriebe ausgewertet. Die Ergebnisse in Zahlen sind in den Anhängen 7.3.2a und 7.3.2b aufgeführt.

7.3.2.1 Ausschöpfung nicht erneuerbarer Energieressourcen

Im Schnitt entsteht über 80% des betrieblichen Bedarfs an nicht erneuerbarer Energie durch die landwirtschaftlichen Gebäude, Maschinen und Energieträger (Abbildung 5). Bei diesen drei Posten müssen in erster Linie Massnahmen zur Verbesserung der Ökobilanz getroffen werden. Zwischen den einzelnen Betrieben wurden sehr grosse Unterschiede festgestellt; die berechneten Wirkungen unterscheiden sich um das Zwanzigfache. Dies hat mit einer Kombination vieler Faktoren zu tun, insbesondere der Art von Tiermast, dem Spezialisierungsgrad und der mehr oder weniger rationellen Gebäudenutzung. Das Know-how der Landwirtinnen und Landwirte bleibt jedoch der entscheidende Faktor.

In Betrieben mit hoher Fleischproduktion (Schweine-, Rinder- oder Geflügelmast) werden die fossilen Energieressourcen gut genutzt. Dies kann aber auch bei gewissen Betrieben des Typs 11 (Ackerbau) oder 21 (Verkehrsmilch) der Fall sein, wo die zwar eher zweitrangige Fleischproduktion gut in die anderen Produktionszweige integriert ist (gute Synergie zwischen den Produktgruppen).

Der Verbrauch an nicht erneuerbarer Energie für die Fleischproduktion von Mutterkühen hingegen ist sehr hoch. Dies ist der schwachen Produktivität dieser Art von Aufzucht zuzuschreiben für welche, um es vereinfacht auszudrücken, Fleisch mit Milch produziert wird.

Zwischen dem Verbrauch an fossilen Energieressourcen für die Fleischproduktion und der Produktionszone oder dem Betriebstyp besteht hingegen keine Korrelation (Anhänge 7.3.2.1a und 7.3.2.1b).

7.3.2.2 Umweltwirkungen korreliert mit der Ausschöpfung nicht erneuerbarer Energieressourcen

A Treibhauseffekt über 500 Jahre (Anhang 7.3.2.2a)

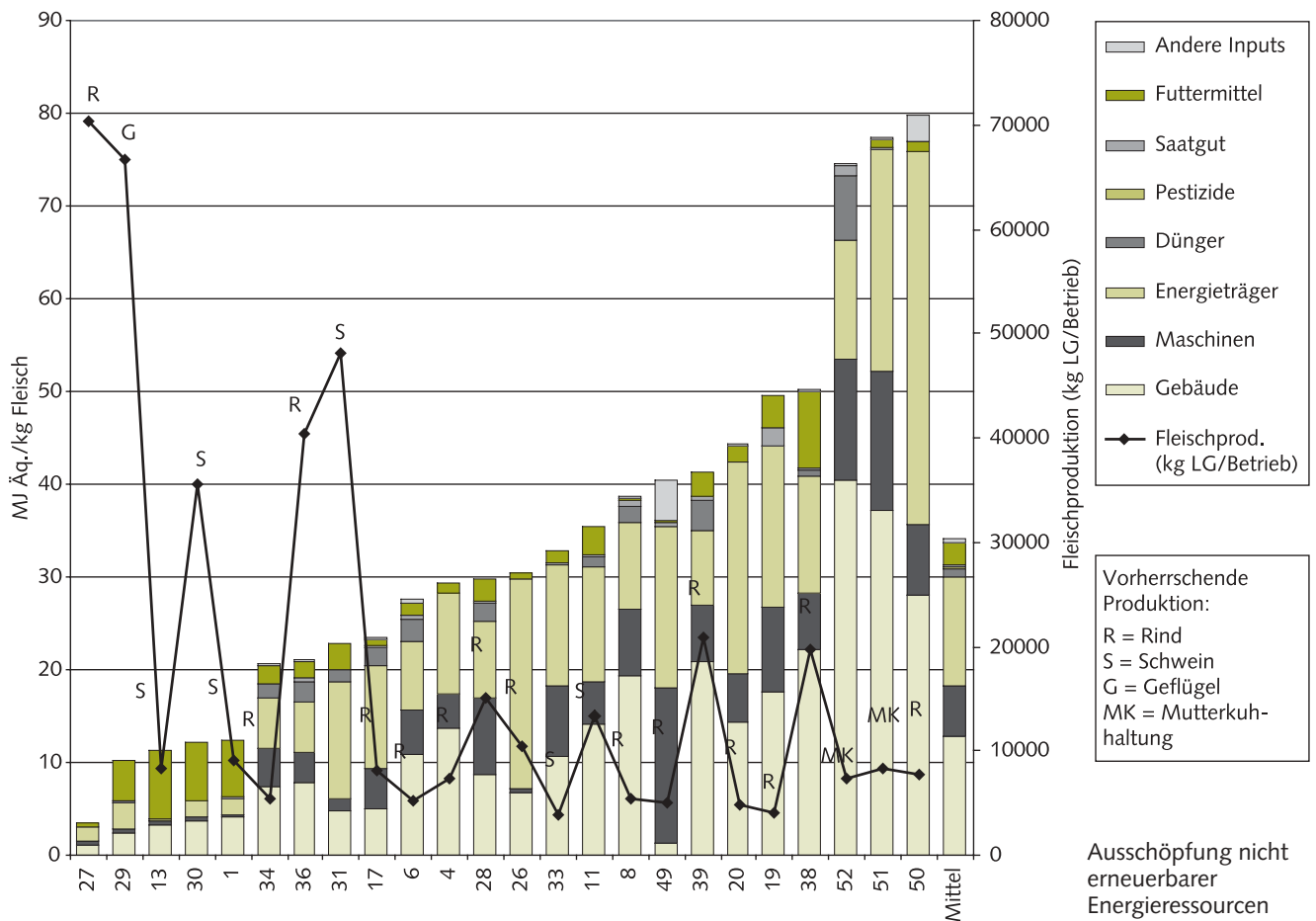
Kohlendioxid fossiler Herkunft (CO_2) ist mit über zwei Dritteln an der durchschnittlichen Wirkung auf den Treibhauseffekt beteiligt. Dies erklärt die starke Korrelation zwischen dem Verbrauch nicht erneuerbarer Energieressourcen und dieser Wirkung. Die direkten Emissionen von Methan (CH_4) und Lachgas (N_2O) sind im Schnitt mit 15% respektive 17% beteiligt. Diese Proportionen sind ähnlich wie bei der Produktgruppe Milch.

B Humantoxizität (Anhang 7.3.2.2b)

Die Korrelation zwischen Humantoxizität und dem Verbrauch fossiler Energieressourcen erklärt sich durch die Herkunft der an dieser Wirkung am stärksten beteiligten Schadstoffe, nämlich der Schwermetalleinträge in die Luft (Cd, Pb, Hg und Ni). Sie machen 97% der errechneten Gesamtmenge aus und stammen im Wesentlichen aus dem Bau von Gebäuden und der Herstellung von Maschinen sowie dem Verbrauch an Energieträgern. Diese Proportionen sind ähnlich wie bei der Produktgruppe Milch.

C Ozonbildung (Anhang 7.3.2.2c)

Die Korrelation zwischen Ozonbildung und dem Verbrauch fossiler Energieressourcen erklärt sich durch die Herkunft der an dieser Wirkung am stärksten beteiligten Schadstoffe. Über 80% der an der Ozonbildung beteiligten Emissionen (Stickoxide indirekter Herkunft,



Ausschöpfung nicht erneuerbarer Energieressourcen (FE: kg Fleisch) (Referenzjahr: 1998) *Abbildung 5*

Kohlenwasserstoffe) stammen aus dem Verbrauch nicht erneuerbarer Energieressourcen. Betriebe mit einem hohen Dieserverbrauch weisen die höchsten Wirkungen auf.

7.3.2.3 Umweltwirkungen korreliert mit Stickstoff- und Phosphorkreisläufen

Unter Berücksichtigung der sehr unterschiedlichen Herkünfte der Stickstoff- und Phosphoremissionen während der Fleischproduktion – direkt auf dem Hof oder in indirekter Form – konnte im Gegensatz zur Milchproduktion keine Korrelation zwischen Kraftfutterverbrauch und Emissionen von NH_3 oder NO_3^- nachgewiesen werden.

A Gesamt-Eutrophierung (Abbildung 6)

Ammoniak-Emissionen (fast 40%) und Nitratauswaschung (fast 50%) tragen am meisten zur Gesamt-Eutrophierung bei. Phosphoreinträge in die Gewässer und Stickoxid-Emissionen in die Luft (ungefähr je 5%) haben einen relativ geringen Einfluss auf diese Wirkung. Die Korrelationskoeffizienten zwischen Gesamt-Eutrophierung und Emissionen von NH_3 (r: 0.71) und NO_3^- (r: 0.83) sind hoch.

B Bodenversauerung (Anhang 7.3.2.3b)

Ammoniak-Emissionen (NH_3) sind zu drei Vierteln an der Bodenversauerung beteiligt, während die Emissionen von SO_2 16% und jene von NO_x 7% ausmachen. Die beiden letzten Emissionen spielen eine wichtige Rolle in Betrieben mit einem hohen Verbrauch an nicht erneuerbarer Energie. Drei Faktoren tragen zur Bodenversauerung bei: die im Futterbau eingesetzte Güllemenge, die NH_3 -Emissionen im Stall und das Produktionssystem (Fleischart, bodenunabhängige Produktion, Weide, Mutterkühe).

C Terrestrische Eutrophierung (Anhang 7.3.2.3c)

Ammoniak-Emissionen (NH₃) sind mit 92% an der terrestrischen Eutrophierung beteiligt, während sich die NO_x-Emissionen die restlichen 8% teilen. Die Ursachen sind sehr ähnlich, die Bemerkungen dieselben wie für die Bodenversauerung.

D Aquatische Eutrophierung (Anhang 7.3.2.3d)

Die aquatische Eutrophierung wird von den Phosphoreinträgen im Wasser dominiert. Im Durchschnitt sind die Futterzukaufe zu mehr als der Hälfte an dieser Wirkung beteiligt, was einem grösseren Anteil entspricht als bei der Produktgruppe Milch.

7.3.2.4 Umweltwirkungen korreliert mit toxischen Spurenschadstoffen

A Aquatische Ökotoxizität (Abbildung 7)

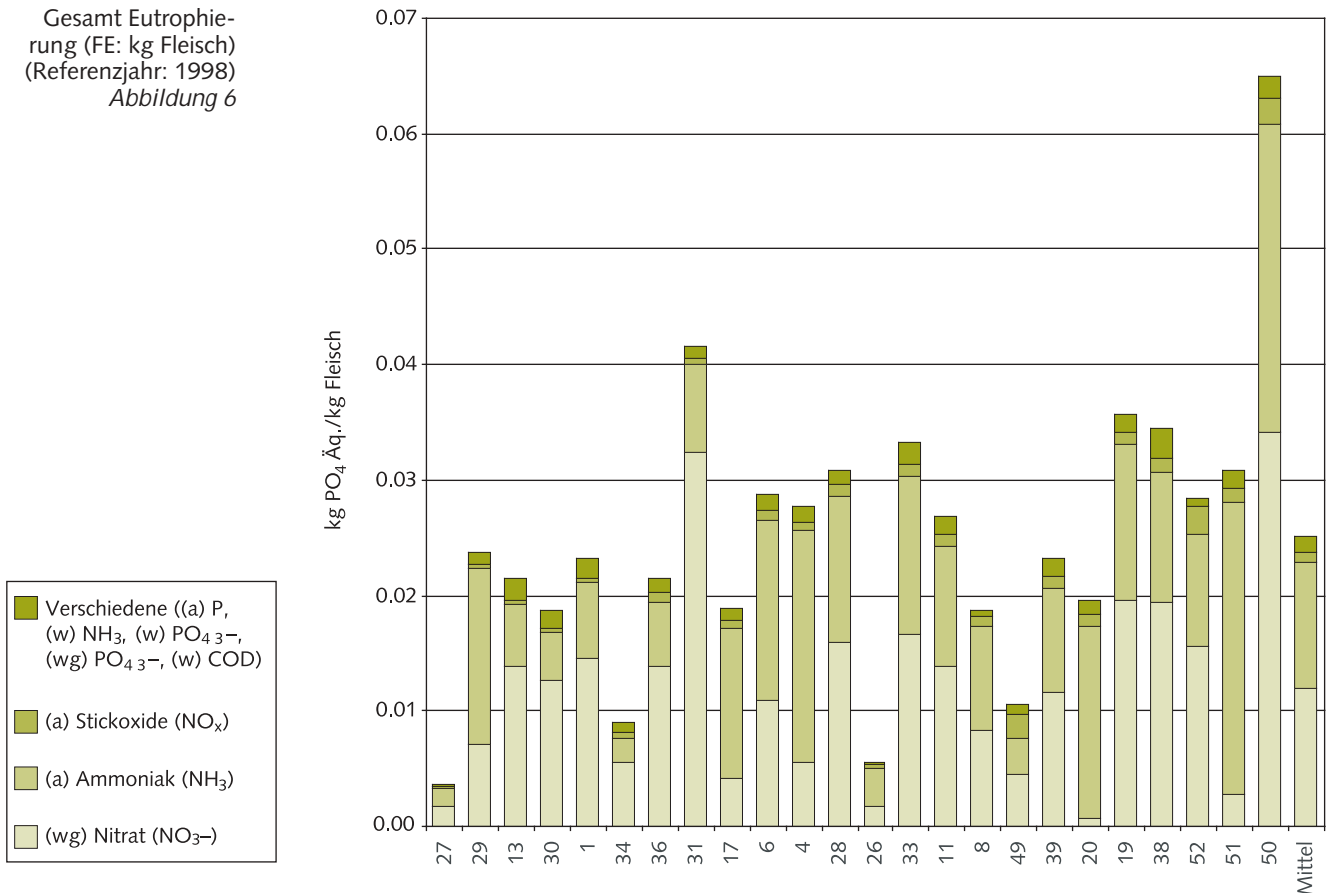
Die Bodeneinträge der Schwermetalle Cd (37%), Hg (10%) und Cu (9%) sind im Schnitt am stärksten an dieser Wirkung beteiligt. Vom Gesichtspunkt der Produktionsmittel betrachtet sind es die zugekauften Futtermittel, die mit fast zwei Dritteln der Wirkung eine massgebliche Rolle spielen, während Düngung und Bodenverbesserer weniger als 20% ausmachen.

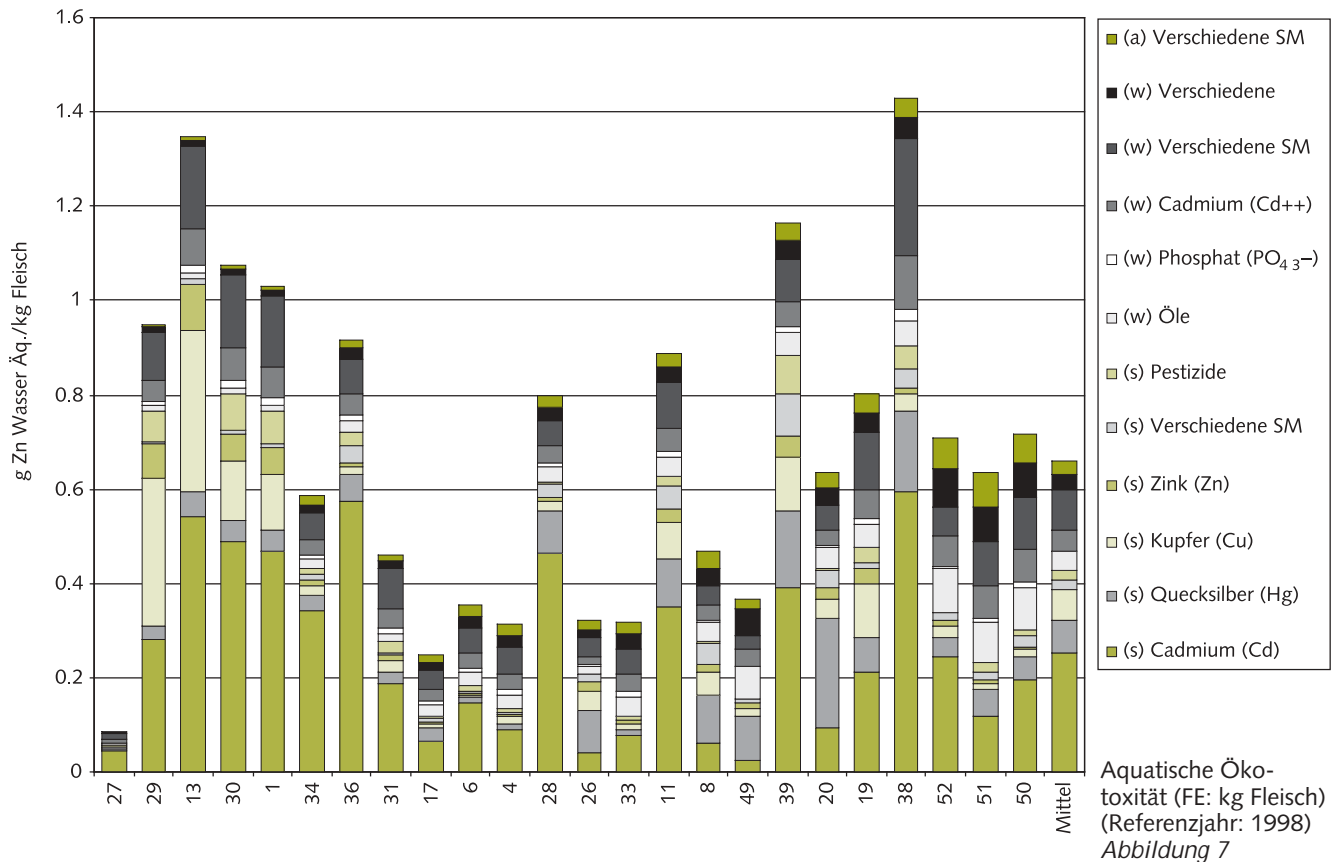
Die Wirkung der Pestizide hängt vor allem von den zugekauften Futtermitteln (indirekte Emissionen) ab und ist in vielen Fällen bedeutend. Die Schwankungen bei den Ergebnissen haben ebenfalls mit der Schwermetallkonzentration in den verschiedenen Futtermitteln zu tun.

B Terrestrische Ökotoxizität (Anhang 7.3.2.4b)

Wie bei der Produktgruppe Milch beeinflussen auch hier die Bodeneinträge von Schwermetallen die Ökotoxizität (im Mittel in den gleichen Proportionen). Ihre Wirkung kann von Betrieb zu Betrieb stark variieren.

Gesamt Eutrophierung (FE: kg Fleisch)
(Referenzjahr: 1998)
Abbildung 6





Zugekauftes Futter ist im Mittel für mehr als drei Viertel der terrestrischen Ökotoxizität verantwortlich, die Düngemittel für weniger als ein Fünftel.

7.3.3 Ackerbau

Die Produktgruppe Ackerbau wurde für 25 Betriebe ausgewertet. Die Ergebnisse in Zahlen sind in den Anhängen 7.3.3a und 7.3.3b aufgeführt.

7.3.3.1 Ausschöpfung nicht erneuerbarer Energieressourcen (Abbildung 8)

Im Schnitt braucht es etwa gleich viel nicht erneuerbare Energie, um 1 kg Trockensubstanz oder 1 l Milch herzustellen, doch die Unterschiede von Betrieb zu Betrieb sind ausgeprägter.

In der Tat produzieren die Betriebe (Tabelle 3) einerseits sehr unterschiedliche Mengen Trockensubstanz pro Hektare: die Gesamterträge können sich um den Faktor vier unterscheiden. Diese Differenz hängt vor allem von der Art und Häufigkeit der Kulturen mit hohem Trockensubstanzertrag (z.B. Kartoffeln oder Zuckerrüben) in der Fruchtfolge ab, die in der Schweiz zwei- bis dreimal mehr produzieren als Brotgetreide. Trotzdem können gewisse Betriebe mit einem niedrigen Trockensubstanzertrag auch einen tiefen Verbrauch an fossiler Energie pro Produktionsmenge aufweisen, was eine Kohärenz gewisser wenig intensiver Produktionssysteme zeigt. Die betrachteten Biobetriebe gehören jedoch nicht dazu.

Allerdings sind es nicht dieselben Inputs, die hier zum Tragen kommen. Gestützt auf die Stichprobe stellt man einen Bedarf an nicht erneuerbarer Energie fest, der für Maschinen, Dünger und Saatgut höher, für landwirtschaftliche Gebäude und Energieträger hingegen tiefer ist als bei der Milch- und Fleischproduktion.

Es gibt keine wirklich gesicherte Verbindung zwischen dem Verbrauch fossiler Energieressourcen und der Produktionszone oder dem Betriebstyp (Anhänge 7.3.3.1a und 7.3.3.1b).

7.3.3.2 Umweltwirkungen korreliert mit der Ausschöpfung nicht erneuerbarer Energieressourcen

A Treibhauseffekt über 500 Jahre (Anhang 7.3.3.2a)

Kohlendioxid fossiler Herkunft (CO₂) trägt zu drei Vierteln zum Treibhauseffekt bei und Lachgas (N₂O) zu ungefähr einem Viertel, während Methan (CH₄) eine unbedeutende Rolle spielt (weniger als 1%). Die Korrelation mit dem Verbrauch nicht erneuerbarer Energieressourcen wird durch die vorherrschende Wirkung von CO₂ auf den Treibhauseffekt erklärt. Der Anteil der N₂O-Emissionen ist die direkte Konsequenz eines manchmal intensiven Einsatzes von Stickstoffdüngern im Ackerbau.

B Humantoxizität (Anhang 7.3.3.2b)

Die Bemerkungen sind dieselben wie für die Produktgruppe Milch (siehe Kapitel 7.3.1.2).

C Ozonbildung (Anhang 7.3.3.2c)

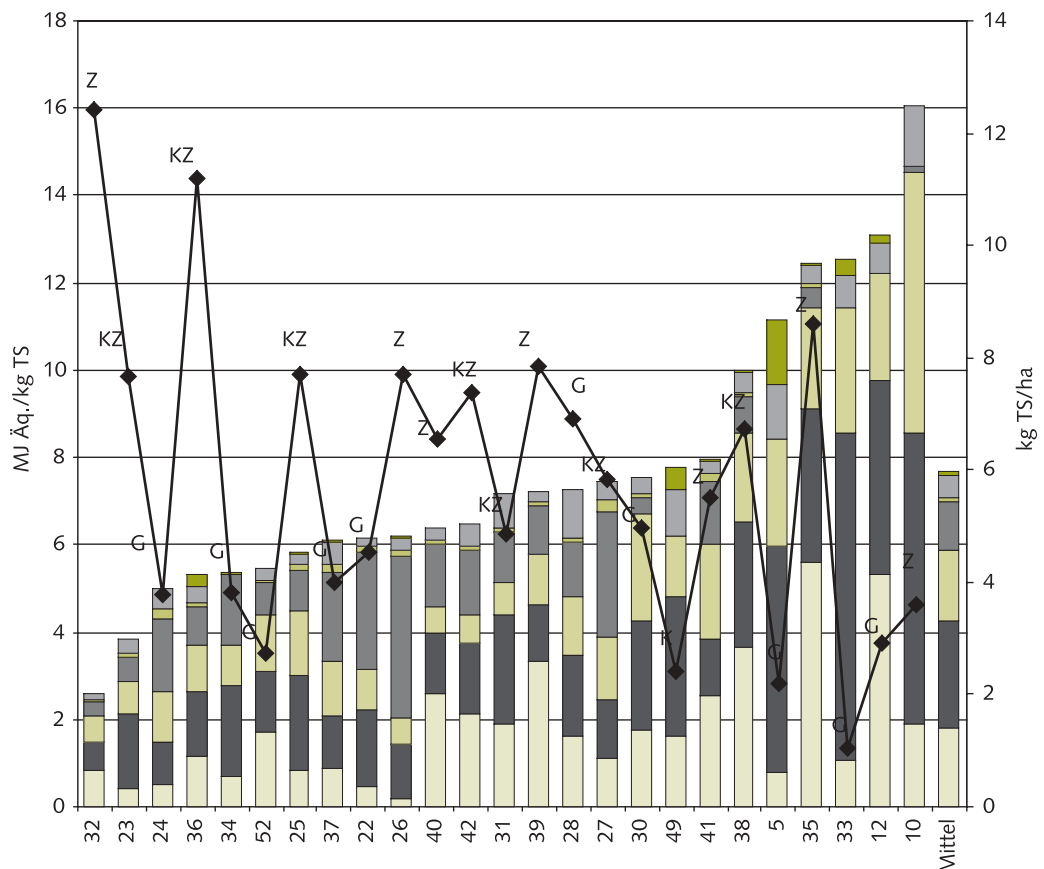
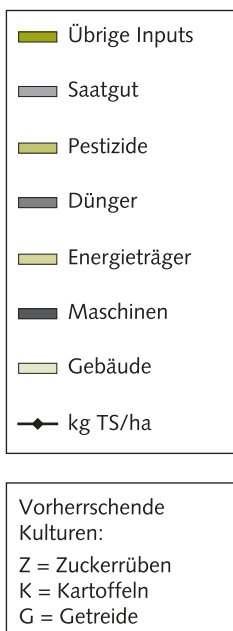
Die Bemerkungen sind die gleichen wie für die Produktgruppe Milch (siehe Kapitel 7.3.1.2).

7.3.3.3 Umweltwirkungen korreliert mit Stickstoff- und Phosphorkreisläufen

A Gesamt-Eutrophierung (Abbildung 9)

In unserer Stichprobe sind die Nitratreinträge in die Gewässer (über 75%) am stärksten an der Gesamt-Eutrophierung beteiligt. Die Wirkung der Ammoniakemissionen macht 18% aus, während Phosphor und Stickoxid kaum eine bedeutende Rolle spielen (ungefähr je 3%). Die Ursachen für die Nitrat auswaschung müssen auf der Stufe der Parzelle gesucht werden (Bodenbearbeitung und nicht angepasste Stickstoffdüngung). Es besteht keine Korrelation mit der Gesamtstickstoffdüngung. In der Regel sind der Anteil an offener Ackerfläche und

Ausschöpfung nicht erneuerbarer Energieressourcen (FE: kg Trockensubstanz aus dem Futterbau) (Referenzjahr: 1998)
Abbildung 8



die tiefe Bodenbearbeitung (Pflug, Grubber) für die berechneten hohen NO₃-Werte verantwortlich.

B Bodenversauerung (Anhang 7.3.3.3b)

Die Wirkung der NH₃-Emissionen ist im Mittel für zwei Drittel der Bodenversauerung verantwortlich, die Emissionen fossiler Herkunft (SO₂ und NO_x) für knapp ein Drittel. Betriebe mit hoher Gülle- oder Mistausbringung weisen die höchsten Werte auf.

C Terrestrische Eutrophierung (Anhang 7.3.3.3c)

Ammoniak-Emissionen (NH₃) sind im Mittel zu 85% und NO_x-Emissionen zu 15% an der terrestrischen Eutrophierung beteiligt. Da die Ursachen sehr ähnlich sind, sind die Bemerkungen dieselben wie bei der Bodenversauerung.

D Aquatische Eutrophierung (Anhang 7.3.3.3d)

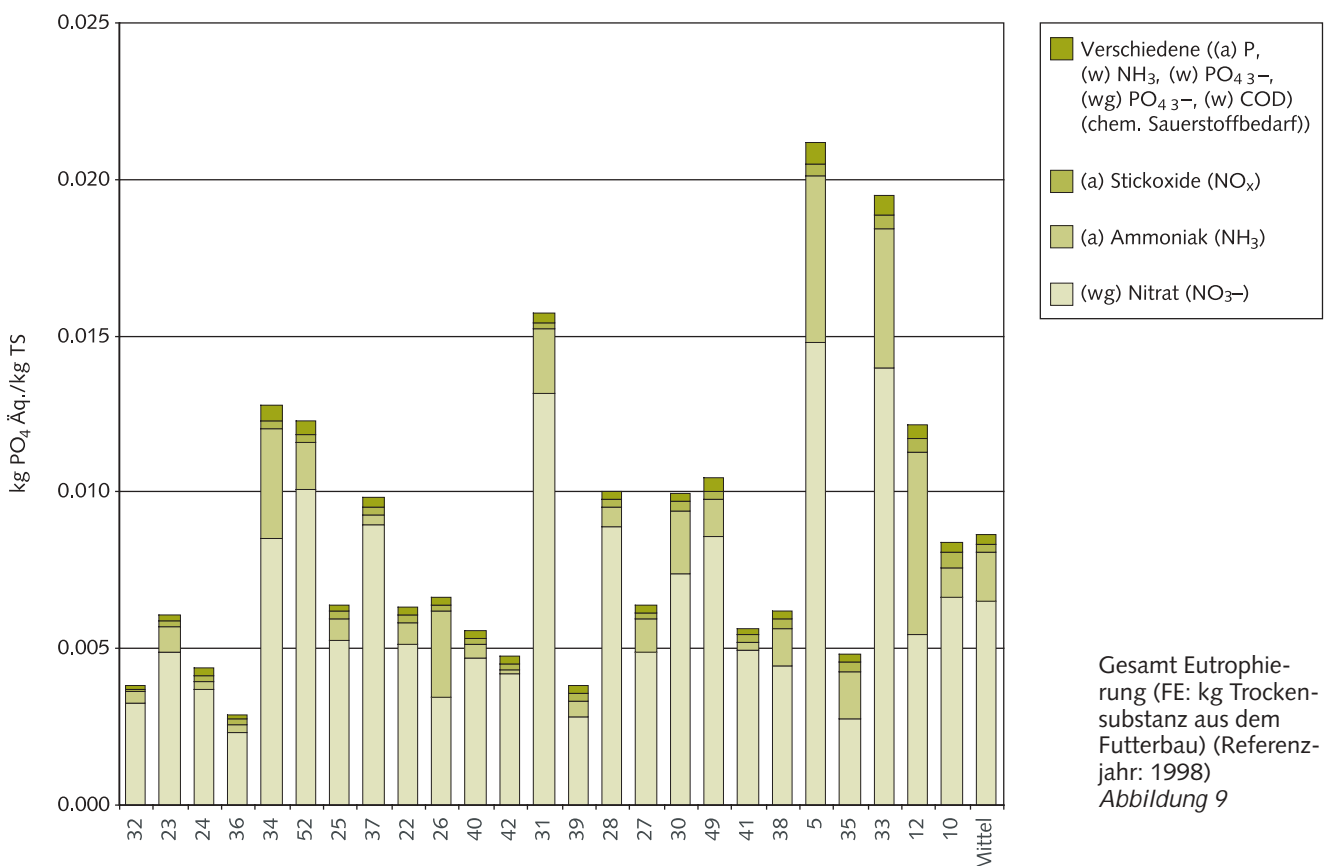
Die Bemerkungen sind dieselben wie für die Phosphor-Emissionen (siehe Kapitel 7.2.2.2).

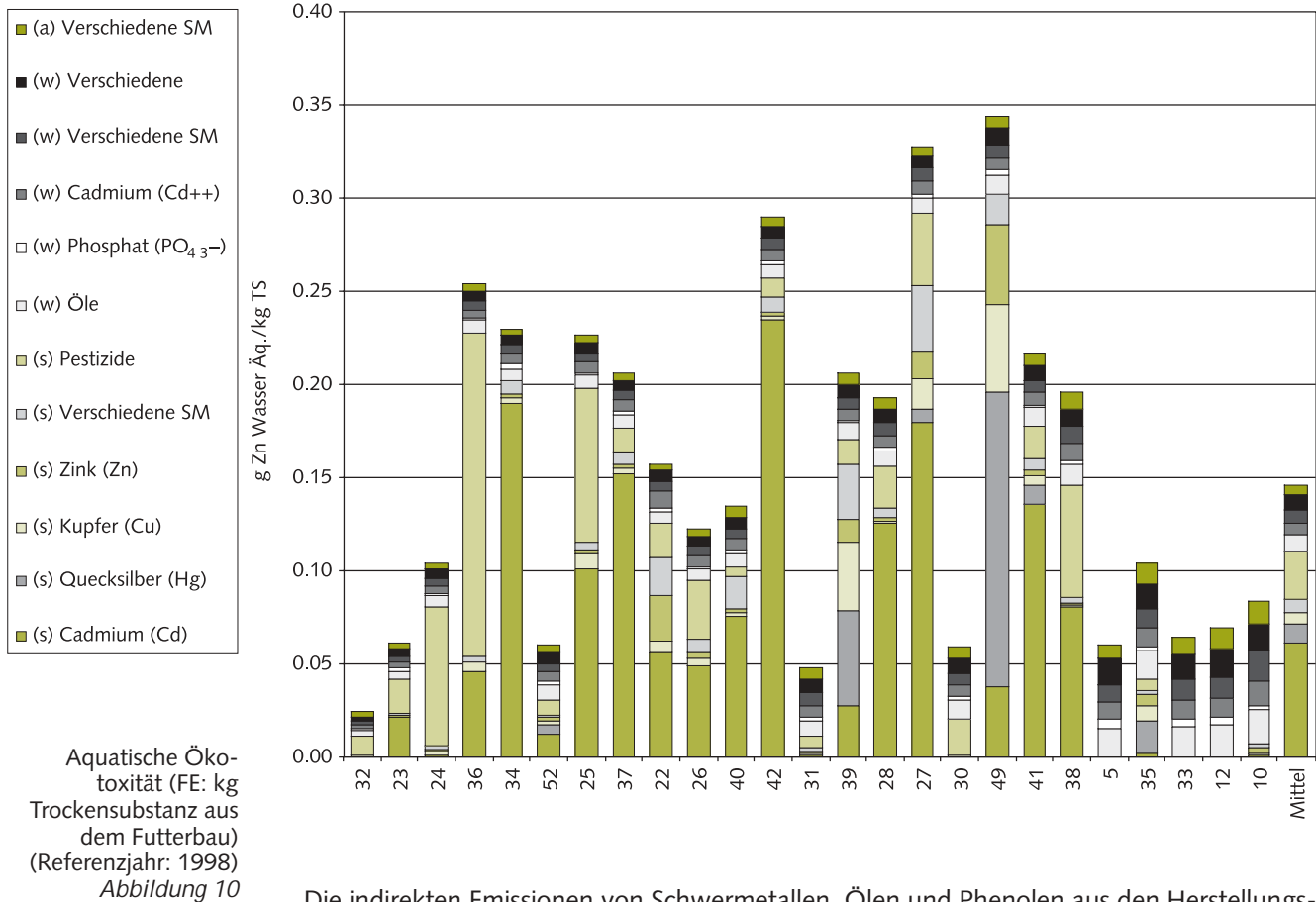
7.3.3.4 Umweltwirkungen korreliert mit toxischen Schadstoffen

A Aquatische Ökotoxizität (Abbildung 10)

Die Schwankungen zwischen den verschiedenen Betrieben sind sehr hoch, wofür es unterschiedliche Erklärungen gibt. Meistens spielen die Schwermetalle eine wichtige Rolle, doch in einigen Betrieben sind die Pestizide massgeblich.

Im Allgemeinen stammen die Schwermetalle aus Bodenverbesserern und dem zugekauften Hofdünger sowie aus Phosphordünger im Fall von Cadmium. Die Wirkung der Pestizide ihrerseits hat mit potenziell umweltgefährdenden Wirkstoffen zu tun. Im vorliegenden Fall handelt es sich um die Wirkstoffe Chlorothalonil, Dimefuron und Isoproturon.





Die indirekten Emissionen von Schwermetallen, Ölen und Phenolen aus den Herstellungsprozessen von Inputs machen zusammen im Schnitt knapp ein Viertel der Wirkung aus.

B Terrestrische Ökotoxizität (Anhang 7.3.3.4b)

Die höchste Umweltwirkung entsteht aus den Bodeneinträgen von Schwermetallen, insbesondere von Zink (über 90% der Gesamtwirkung). Die Wirkung der Pestizide ist punktuell und manchmal signifikant (8% im Schnitt). Die festgestellten Unterschiede zwischen den einzelnen Betrieben sind sehr gross und hängen vor allem von der Menge zugekaufter organischer und anorganischer Dünger und deren Schwermetallgehalten ab. Die Bedeutung ihrer Wirkung im Vergleich zu den Pestiziden hängt von ihrer Persistenz im Boden ab.

7.3.4 Futterbau

Die Ergebnisse in Zahlen sind in den Anhängen 7.3.4a2 und 7.3.4d aufgeführt.

Die Ökobilanzierung wurde für fünf Betriebe vorgenommen. Für den Verbrauch an fossiler Energie, die Gesamt-Eutrophierung und die aquatische Ökotoxizität sind die Ergebnisse mit denen vom Ackerbau (Anhänge 7.3.4a1, 7.3.4b und 7.3.4c) vergleichbar. In Anbetracht der wenigen Fälle verzichten wir auf eine vertiefte Auswertung der Ergebnisse.

7.3.5 Obstbau

Die Ergebnisse in Zahlen sind in den Anhängen 7.3.5a2 und 7.3.5d aufgeführt.

Die beschränkte Anzahl von Obstbaubetrieben in dieser Stichprobe erlaubt keine detaillierte Analyse dieser Produktgruppe. Auch die folgenden Kommentare sind als eine erste Auswertung für die Betroffenen zu betrachten.

Die Ökobilanz wurde für sechs Betriebe berechnet, zwei davon haben sich ganz auf die Produktion von Äpfeln spezialisiert, die restlichen vier betreiben Obstbau als Nebenbetriebszweig.

Die Ergebnisse (Anhänge 7.3.5a1, 7.3.5b und 7.3.5c) heben den massgeblichen Einfluss der Trockensubstanzerträge pro Hektare auf den Verbrauch nicht erneuerbarer Energien und auf die Gesamt-Eutrophierung hervor. Die drei Betriebe mit dem höchsten Ertrag weisen auch die besten Ergebnisse auf. Der Bedarf an fossiler Energie wird von einem hohen Bedarf an landwirtschaftlichen Gebäuden, einem grossen Verbrauch an Energieträgern und einem häufigen Maschineneinsatz geprägt, in einem geringeren Ausmass aber auch vom Zukauf von Düngern und Pestiziden.

Die Gesamt-Eutrophierung wird von den Ammoniak- und Nitratemissionen dominiert, indem die Gülleausbringung und die Bodenbearbeitung diese beiden Emissionen stark beeinflussen.

Die Wirkung aquatischer Ökotoxizität (Anhang 7.3.5c) wird hauptsächlich vom Einsatz von Kupfer-Fungiziden bestimmt. Die Wirkung der meisten Pestizidwirkstoffe kann nicht berechnet werden, da Charakterisierungsfaktoren fehlen.

7.3.6 Weinbau

Die Ergebnisse in Zahlen sind in den Anhängen 7.3.6a2 und 7.3.6d aufgeführt.

Wie beim Obstbau ist auch hier die Anzahl der Betriebe zu gering für eine vertiefte Auswertung der Ergebnisse. Die knappe Analyse an dieser Stelle soll Leserinnen und Leser im Hinblick auf weitere Forschungsarbeiten orientieren. Zahlreiche Aspekte, wie beispielsweise die Anlage der Kulturen, konnten nur unvollständig berücksichtigt werden.

Die Ökobilanz bezieht sich auf neun Betriebe, zwei davon sind ganz auf Weinbau spezialisiert, während die restlichen sieben gemischt sind; für sie stellt der Weinbau nur einen Nebenbetriebszweig dar.

Der Verbrauch der betrachteten Betriebe an fossilen Energieressourcen weist kaum Unterschiede auf (Anhang 7.3.6a1). Der höchste Bedarf entsteht durch Gebäude, Maschinen und Energieträger. Auch Mineraldünger spielen eine nicht unbedeutende Rolle.

Die Eutrophierung hängt zu einem grossen Teil vom Hofdünger ab (Anhang 7.3.6b), auch wenn dieser im Weinbau nur sehr selten oder gar nicht zur Anwendung kommt. Deshalb ist die Wirkung für diese Produktgruppe kaum signifikant. Ausserdem musste die Nitratauswaschung mangels einer genauen Quantifizierungsmethode sehr summarisch geschätzt werden.

Bei der aquatischen Ökotoxizität stehen Kupfer-Fungizide und Stickstoffdüngung an erster Stelle. Die Wirkung der Mehrzahl der organischen Wirkstoffe in den Pestiziden wurde nicht berechnet, da keine Charakterisierungsfaktoren zur Verfügung stehen (Anhang 7.3.6c).

7.3.7 Lineare Korrelationen zwischen Kennzahlen und den wichtigsten Umweltwirkungen

Mit der Erstellung linearer Korrelationen soll festgestellt werden, ob wirtschaftliche Faktoren – in erster Linie der Ertrag – oder von der spezifischen Tätigkeit des Landwirts unabhängige Faktoren (z.B. die Geografie) für die Umweltpositionierung der Betriebe eine massgebliche

Lineare Korrelationen (r) zwischen verschiedenen Kennzahlen und drei Referenzumweltwirkungen (ANE: Ausschöpfung nicht erneuerbarer Energieressourcen, GE: Gesamt-Eutrophierung, aÖT: aquatische Ökotoxizität)			
Umweltwirkungen	ANE	GE	aÖT
Kennzahlen			
Produktgruppe Milch (35 Fälle)			
Milchleistung pro Kuh	-0.52	-0.01	0.03
Höhenlage (m)	0.35	-0.01	-0.06
Produktgruppe «Fleisch» (24 Fälle)			
Lebendgewicht pro Betrieb	-0.50	-0.16	0.04
Höhenlage (m)	0.31	0.25	-0.19
Produktgruppe Ackerbau (25 Fälle)			
Ertrag Trockensubstanz pro Nutzfläche	-0.46	-0.74	0.11
Höhenlage	0.19	0.56	-0.17

Table 5

Rolle spielen, oder ob im Gegenteil das persönliche Handeln der Landwirtin oder des Landwirts wichtiger ist. Trifft letzteres zu, muss die landwirtschaftliche Beratung vor allem auf den Einzelfall zugeschnitten (Wahl der Pestizidwirkstoffe, Verwaltung des Maschinenparks usw.) und weniger auf die allgemeine Situation des Betriebs ausgerichtet werden.

Da die Stichprobe der Betriebe für die Schweizer Landwirtschaft nicht repräsentativ ist, dürfen die daraus abgeleiteten Schlussfolgerungen nicht verallgemeinert werden. Wir stellen fest (Tabelle 5), dass das Ertragsniveau den Verbrauch nicht erneuerbarer Energien leicht beeinflusst. Diese scheinen umso besser genutzt zu werden, je höher das Ertragsniveau ist. Mit Ausnahme der Gesamt-Eutrophierung für den Ackerbau (Tabelle 5) ist diese Tendenz für die Wirkungen Gesamt-Eutrophierung und Ökotoxizität nicht feststellbar.

Damit besser abgesicherte und präzisere Schlussfolgerungen gezogen werden können, müsste man über eine grössere Stichprobe landwirtschaftlicher Betriebe verfügen und eine allgemeine Auswertung pro Betriebstyp vornehmen können.

Nach heutigem Informationsstand weisen die schwachen Korrelationen und die Tatsache, dass es für jeden Fall Ausnahmen gibt, auf die Bedeutung des menschlichen Faktors für die Resultate hin. Dies rechtfertigt eine individuell angepasste landwirtschaftliche Beratung, ohne eine positive oder negative Beurteilung von Umweltwirkungen vorweg zu nehmen.

7.4 Landwirtschaftsbetriebe

Die durch die Gesamtproduktion eines Landwirtschaftsbetriebes verursachten Umweltwirkungen werden mit Hilfe von drei funktionellen Einheiten (landwirtschaftliche Nutzfläche (LN), Nahrungsenergie und Rohertrag) ausgewertet, welche die verschiedenen Funktionen der Landwirtschaft beschreiben (siehe Kapitel 3.3). Diese funktionellen Einheiten erlauben keinen Gesamtvergleich aller Landwirtschaftsbetriebe, da ihre Vielfalt zu gross ist. Im Gegensatz zu den stark extensiven Bergbetrieben mit Milchwirtschaft ist die bodenunabhängige Fleischproduktion zum Beispiel per Definition nicht an eine Nutzfläche gebunden. Die Produktion von Pflanzen mit hohem Ertrag an Nahrungsenergie kann nicht auf die gleiche Stufe wie die Fleisch- und Milchproduktion gestellt werden, die zahlreiche Veredlungsstufen umfasst. Auch der Rohertrag aus landwirtschaftlichen Aktivitäten mit hohem Mehrwert (Weinbau, Kälber von Mutterkühen) kann kaum mit dem Rohertrag aus einer Massenproduktion mit einem schwachen inneren wirtschaftlichen Wert verglichen werden.

Folglich wird die in Kapitel 7.5 vorgestellte Einzelanalyse pro Betriebstyp (siehe Kapitel 6.4.2) durchgeführt. Dieses Kapitel konzentriert sich somit auf den Einfluss, den die Auswahl der funktionellen Einheiten auf die Umweltpositionierung der Betriebe ausübt (Abbildung 11).

Es gibt keine Verbindung zwischen LN und Betriebstyp, ausgenommen bei kleineren Betrieben, die sich auf Wein- oder Obstbau (Typ 12) konzentrieren.

Die Betriebe, bei welchen der Ackerbau einen massgeblichen Teil der Fruchtfolge ausmacht (Typen 11 und 51), produzieren am meisten Energie; die auf Fleisch- und Milchproduktion spezialisierten Betriebe (Typen 21 und 22) hingegen am wenigsten.

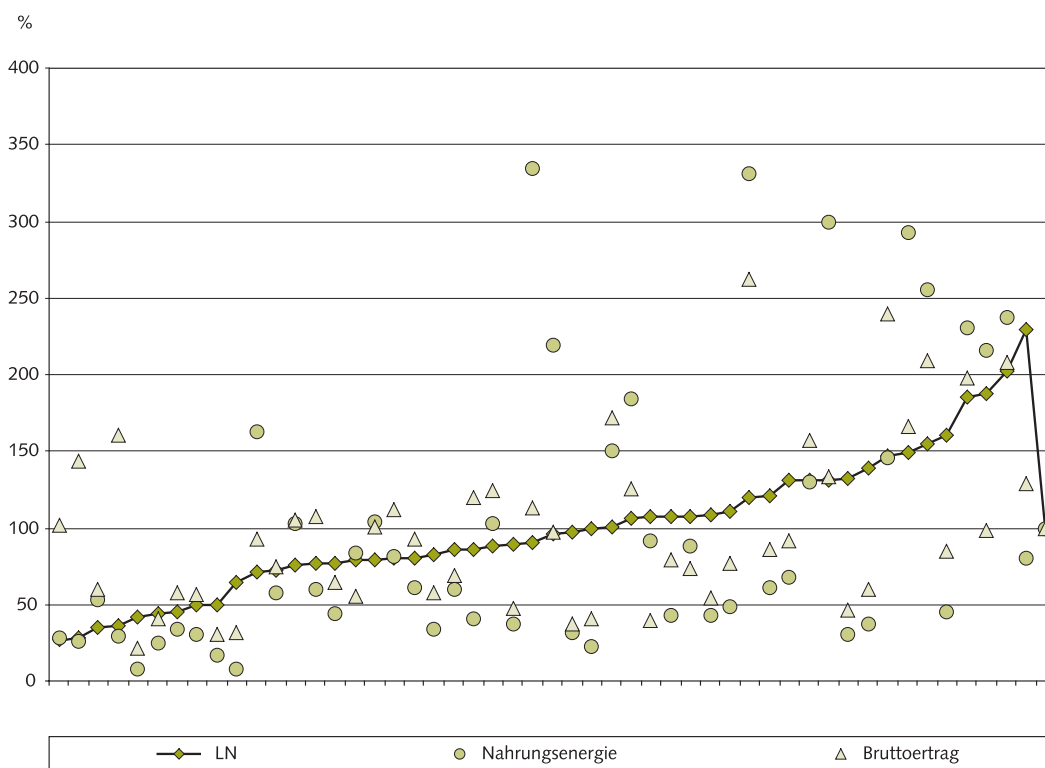
Es lässt sich eine parallele Entwicklung von Rohertrag und Energieproduktion feststellen. Davon ausgenommen sind Produktionszweige mit hohem (Trauben) und niedrigem (Kartoffeln) Mehrwert.

Zusammengefasst: Es besteht keine lineare Korrelation zwischen LN und Nahrungsenergie oder Rohertrag. Die letzten zwei funktionellen Einheiten hingegen, die übrigens beide die wirtschaftliche und produktive Funktion des Betriebs quantifizieren sollen, stehen in gegenseitiger Abhängigkeit (Korrelationskoeffizient $r: 0.69$).

7.5 Einzelanalyse

7.5.1 Auswahl repräsentativer Umweltwirkungen

Theoretisch gesehen sollte die Einzelanalyse alle berechneten Umweltwirkungen berücksichtigen. Eine Überprüfung zeigt jedoch, dass das Risiko gross ist, mit einer enormen Datenfülle konfrontiert zu werden. Aus diesem Grund schien es angemessen, als erstes die ausgewerteten Ergebnisse einer Faktoranalyse (siehe Kapitel 6.6.1) zu unterwerfen. Das Verfahren wurde für die Produktgruppen Milch, Fleisch und Ackerbau angewandt. Es ist unten für die erste Gruppe dargestellt, die anderen Ergebnisse sind in den Anhängen 7.5.1a und 7.5.1b aufgeführt.



Funktionelle Einheiten in % des Mittelwertes (LN, Nahrungsenergie, Bruttoertrag) (Referenzjahr: 1998) *Abbildung 11*






Ergebnisse der Faktoranalyse für die drei Produktgruppen und den in der Stichprobe am stärksten vertretenen Betriebstyp						
	Produktgruppe			Funktionelle Einheiten (Betriebe vom Typ 21)		
	Milch	Fleisch	Ackerbau	LN	Nahrungsenergie	Rohrtrag
Verbrauch nicht erneuerbarer Energieressourcen						
Treibhauseffekt 500 Jahre						
Ozonbildung						
Humantoxizität						
Aquatische Eutrophierung						
Terrestrische Eutrophierung						
Gesamt-Eutrophierung						
Versauerung						
Aquatische Ökotoxizität						
Terrestrische Ökotoxizität						
 Umweltwirkungen Gruppe 1				 Umweltwirkungen Gruppe 3		
 Umweltwirkungen Gruppe 2				 Gruppierung nicht möglich		
 Umweltwirkungen Gruppe 2 (Tendenz)						
Faktor 1 hängt mit dem Verbrauch nicht erneuerbarer Energie und der Infrastruktur zusammen. Faktor 2 stellt die Wirkung des Managements der Nährstoffe N und P dar. Faktor 3 steht in Zusammenhang mit den Schwermetall- und Pestizidemissionen.						

Tabelle 6

Die Ergebnisse der Faktoranalyse für die Produktgruppe Milch sind in Abbildung 12 dargestellt, die übrigen Ergebnisse im Anhang. Die Beziehung zwischen einzelnen Wirkungen ist umso enger, je näher sich diese beieinander befinden (z.B. der Verbrauch nicht erneuerbarer Energien und die Ozonbildung, die sehr stark korrelieren). Im Falle der Produktgruppe Milch erhält man folglich wenig zusätzliche Information, wenn man ausser dem Verbrauch fossiler Ressourcen auch die Ozonbildung berücksichtigt.

Die Faktoranalyse wurde für die Produktgruppen Milch, Fleisch und Ackerbau sowie für die Verkehrsmilch (Typ 21) mit den drei funktionellen Einheiten LN, Nahrungsenergie und Rohrtrag durchgeführt. In allen Fällen können drei Gruppen von Wirkungskategorien ausgemacht werden, die jedes Mal folgende Umweltwirkungen beinhalten (siehe Tabelle 6):

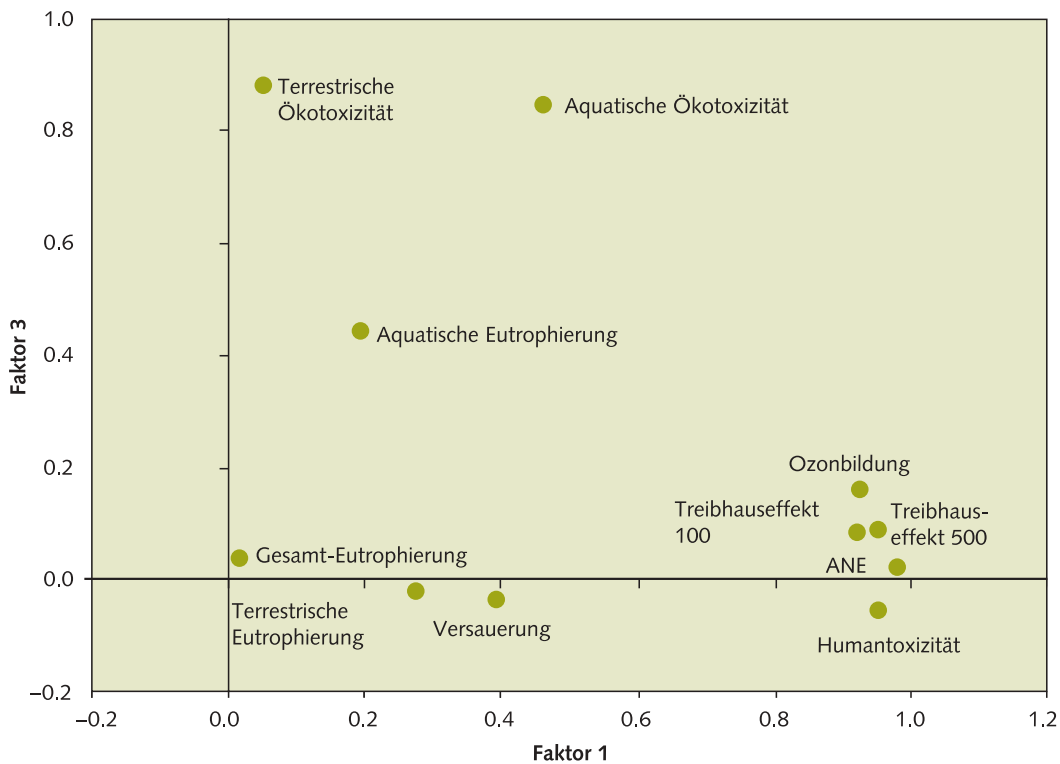
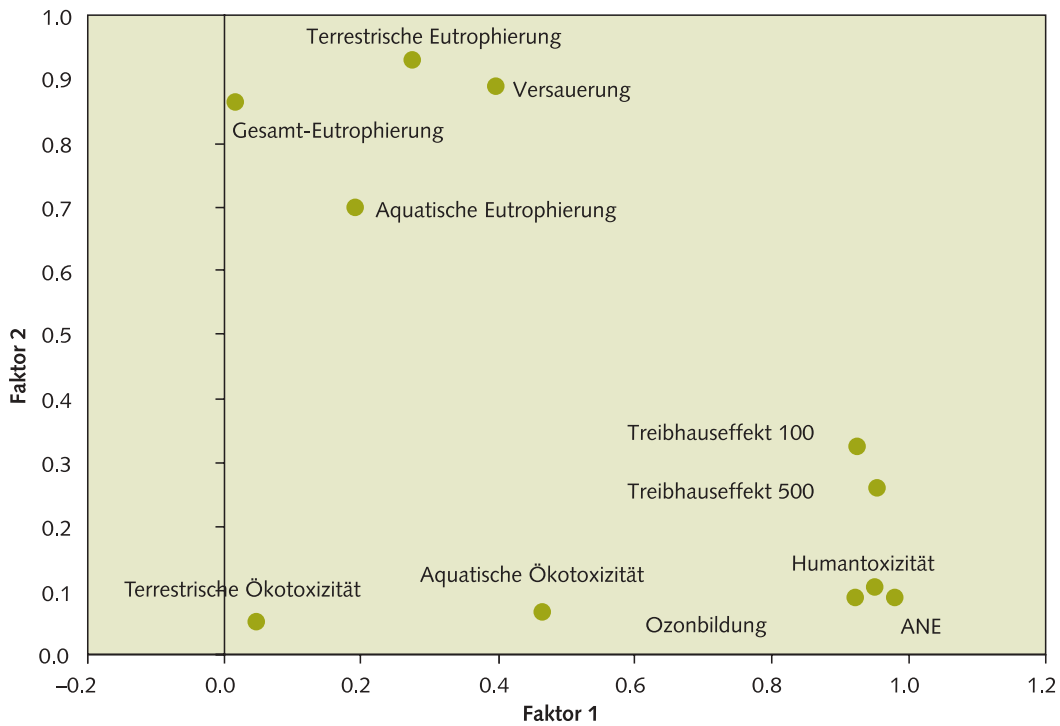
1. Ausschöpfung nicht erneuerbarer Energieressourcen, Treibhauseffekt, Ozonbildung und Humantoxizität;
2. Eutrophierung (aquatische, terrestrische und gesamte) und Versauerung;
3. Aquatische und terrestrische Ökotoxizität.

7.5.2 Umweltpositionierung der Betriebe

Angesichts der starken Korrelationen zwischen mehreren Umweltwirkungen scheint es uns einfacher, die Ergebnisse für jede Produktgruppe und für den Landwirtschaftsbetrieb als Ganzes unter dem Blickwinkel von nur drei Umweltwirkungen auszuwerten. Jede ist für eine der Gruppen repräsentativ, die aus der Faktorenanalyse entstanden sind (Ausschöpfung nicht erneuerbarer Energieressourcen, Gesamt-Eutrophierung und aquatische Ökotoxizität, siehe Kapitel 7.5.1). Die genauen Ursachen für die terrestrische Ökotoxizität können sich – trotz Korrelation dieser beiden Wirkungen – von denen der aquatischen Ökotoxizität unterscheiden. Deshalb wird jedes Mal, wenn es sich als notwendig erweist, auch die terrestrische Ökotoxizität berücksichtigt.

Da statistische Mittelwerte und anerkannte Empfehlungen fehlen, verwenden wir den Mittelwert pro Produktgruppe und pro Betriebstyp als Referenzgrösse für die Positionierung der landwirtschaftlichen Betriebe (siehe Kapitel 6.5.1).

Gruppierung der Umweltwirkungen mittels Faktoranalyse für die Produktgruppe Milch. Zur Vereinfachung der Lektüre der grafischen Darstellung werden nur zwei von drei Faktoren auf einmal gezeigt. *Abbildung 12*



Wir sind wie folgt vorgegangen:

- a) Berechnung der Referenzgrösse pro Produktgruppe und Umweltwirkung (im vorliegenden Fall der arithmetische Mittelwert der Produktgruppen Milch, Fleisch und Ackerbau);
- b) Die Referenzgrösse pro Betriebstyp und Umweltwirkung wird nach dem gleichen Prinzip berechnet;
- c) Auswertung der Umweltwirkungen für jede Produktgruppe und jeden Betriebstyp, ausgehend von dieser Referenz gemäss dem Schema aus *Wolfensberger und Dinkel (1997)*, siehe Tabelle 7;
- d) Suche nach Ursachen, wann immer das Ergebnis «ungünstig» oder «sehr ungünstig» ist;

e) Empfehlung von Verbesserungsmaßnahmen für die unter d) erfassten Fälle. Alle Fälle, die nur Auswertungen in den Kategorien «vergleichbar», «günstig» oder «sehr günstig» aufzeigen, weisen auf ein gutes Umweltverhalten des Landwirtschaftsbetriebes hin.

Die Positionierung der Landwirtschaftsbetriebe nach Produktgruppen (Tabelle 7) ermöglicht es, Stärken und Schwachstellen jedes einzelnen Betriebes aufzuzeigen, die Gründe dafür zu erkennen (Tabelle 9) und die landwirtschaftliche Beratung auf die notwendigen Massnahmen auszurichten.

Die Umweltpositionierung auf Stufe Betrieb innerhalb des gleichen Betriebstyps (Tabelle 8) gibt uns einen Gesamtüberblick und macht oft unterschiedliche Auswertungen sichtbar, je nachdem, welche funktionelle Einheit betrachtet wird. Nur Typ 21 (Verkehrsmilch) ist in der Stichprobe ausreichend vertreten, um die Referenzgrössen als einigermaßen zuverlässig betrachten zu können, auch wenn keine Sicherheit besteht, dass diese repräsentativ sind. Die Auswertung der Ergebnisse betrifft nur diese eine Gruppe und dient als Illustration (Tabelle 10):

- Bei Landwirtschaftsbetrieben mit intensiven Produktionsverfahren sind die Umweltwirkungen pro LN im allgemeinen ungünstig, während die Analyse unter dem Aspekt der Nahrungsenergie oder dem Rohertrag ein günstiges Ergebnis dokumentiert.
- Die Landwirtschaftsbetriebe hingegen, die extensiv produzieren, weisen eher günstige Umweltwirkungen pro LN auf, während sie unter dem Aspekt der Nahrungsenergie oder des Rohertrags ein ungünstiges Resultat aufzeigen.
- Viele Betriebe haben keine Umweltwirkungen, die in Bezug auf die entscheidende Referenzgrösse als ungünstig eingeschätzt werden – unabhängig von der Wahl der funktionellen Einheit. Die Umweltpositionierung dieser Betriebe ist günstig, sowohl hinsichtlich ihrer sozialen als auch ihrer wirtschaftlichen Funktion. Für sie scheint gegenwärtig keine gezielte Einzelberatung notwendig zu sein. Im Gegenteil, in ihrem Fall kann die Ökobilanz als Nachweis eines ausgewogenen Umweltverhaltens dienen, das mit nachhaltiger Landwirtschaft vereinbar ist (unter dem Vorbehalt, dass die richtige Referenzgrösse verwendet wurde).

7.5.3 Zusammenfassung der wichtigsten Verbesserungsmaßnahmen

Verbesserungsmaßnahmen sind für all jene Betriebe notwendig, deren Auswertung der Umweltwirkungen «ungünstig» oder «sehr ungünstig» ausfällt. Vom Umweltmanagement aus betrachtet sollte jeder Bewirtschaftende, der vor einer solchen Situation steht, so vorgehen, dass sein Betrieb bei der nächsten Umweltanalyse keine derartigen Ergebnisse mehr aufweist (vertikale Analyse). Die am häufigsten empfohlenen Massnahmen werden unten kurz vorgestellt.

7.5.3.1 Ausschöpfung nicht erneuerbarer Energieressourcen






Der Verbrauch nicht erneuerbarer Energieressourcen hängt stark von der Betriebsstruktur ab (landwirtschaftliche Gebäude, Maschinen, Energieträger). Jede Empfehlung, die auf eine verbesserte Nutzung abzielt, ist von umfassender Tragweite und langfristig angelegt (Organisation, Investitionspolitik). Die Verbesserungsmaßnahmen können in drei Kategorien aufgeteilt werden:

- Rationellere Nutzung der landwirtschaftlichen Gebäude, die in den Betrieben 1, 6, 12, 19, 20, 33, 35, 38 und 51 überdimensioniert sind.
- Besseres Management des Maschinenparks für die Betriebe 5, 10, 21, 33 und 35.
- Senkung des Verbrauchs an Energieträgern – insbesondere der Elektrizität – für die Heubelüftung (Betriebe 1, 18, 19, 20, 25, 50, 51).

Diese Massnahmen sollten sich auch auf wirtschaftlicher Ebene günstig auswirken.

Auswertung der Umweltwirkungen für die Produktgruppen Milch, Fleisch und Ackerbau
 (Ausschöpfung nicht erneuerbarer Energieressourcen (ANE), Gesamt-Eutrophierung (GE), terrestrische Ökotoxizität (tÖT), aquatische Ökotoxizität (aÖT))

Betrieb	Produktgruppen											
	Milch				Fleisch				Ackerbau			
	ANE	GE	tÖT	aÖT	ANE	GE	tÖT	aÖT	ANE	GE	tÖT	aÖT
Mittel	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1	146	195	85	110	36	92	213	148				
2	109	132	128	115								
3	84	67	42	75								
4	122	131	38	67	86	111	31	45				
5	117	90	58	82					145	245	3	39
6	127	206	55	97	81	115	23	51				
7	124	101	171	168								
8	95	123	122	80	113	75	71	67				
9	81	114	270	147								
10	64	88	13	22					208	97	47	54
11	90	82	192	131	104	107	115	127				
12	103	83	11	41					170	141	4	45
13	96	78	31	67	33	86	379	208				
14	82	110	46	69								
15	114	58	18	54								
16	85	87	42	97								
17	59	75	170	81	69	76	23	36				
18	141	156	204	181								
19	87	72	39	54	145	143	133	115				
20	155	81	164	128	130	78	89	91				
21	182	68	24	83								
22	73	92	209	90					80	73	359	102
23	73	68	92	146					50	70	27	40
24	71	71	91	88					65	51	102	67
25	166	81	238	357					75	74	54	147
26	90	94	58	74	89	22	69	46	80	77	70	80
27	74	80	149	107	10	15	10	12	97	74	290	213
28	77	105	124	134	87	123	64	115	94	116	86	125
29	81	141	36	51	30	95	288	136				
30	69	90	13	29	36	75	224	154	98	115	9	38
31	55	144	28	38	67	166	53	66	93	182	19	31
32	59	83	203	84					34	44	6	16
33	183	72	96	107	96	133	25	46	163	225	3	42
34	96	89	125	188	60	36	53	84	70	148	66	149
35	72	93	112	59					161	56	103	68
36					62	86	62	131	69	34	29	166
37									79	114	71	134
38					147	138	128	205	130	72	33	127
39					121	93	172	167	94	44	225	134
40									83	64	52	87
41									103	65	72	141
42									84	55	75	189
43												
44												
45												
48												
49					119	42	40	52	101	121	670	224
50					233	260	47	103				
51					227	123	27	91				
52					218	114	61	102	71	142	27	39

	sehr günstig	Gruppe 1: ANE unter 50%	Gruppe 2: GE, tÖT, aÖT unter 40%
	günstig	zwischen 50 und 80%	zwischen 40 und 70%
	vergleichbar	zwischen 80 und 125%	zwischen 70 und 144%
	ungünstig	zwischen 125 und 200%	zwischen 144 und 300%
	sehr ungünstig	über 200%	über 300%

(Referenzjahr: 1998)

Tabelle 7

Auswertung der Umweltwirkungen pro Betriebstyp (Funktionelle Einheit LN, Nahrungsenergie, Rohertrag.
Umweltwirkungen: Ausschöpfung nicht erneuerbarer Energieressourcen (ANE), Gesamt-Eutrophierung (GE),
terrestrische Ökotoxizität (tÖT), aquatische Ökotoxizität (aÖT). (Referenzjahr: 1998))

Betr.	Typ	LN				MJ				Fr.			
		ANE	GE	tÖT	aÖT	ANE	GE	tÖT	aÖT	ANE	GE	tÖT	aÖT
22	11	89	110	178	57	123	146	213	82	94	107	186	62
36	11	129	143	71	174	80	85	38	113	66	68	36	93
37	11	43	94	29	45	63	135	38	69	92	186	62	99
38	11	164	124	87	124	75	55	35	60	147	102	77	115
39	11	127	85	181	108	187	120	231	166	102	63	143	89
40	11	73	80	69	54	119	125	98	91	118	119	111	89
41	11	89	72	124	127	89	69	107	132	86	63	117	125
42	11	85	90	62	111	63	65	40	87	95	92	68	128
Mittel	11	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
29	53	96	102	168	115	128	135	198	147	91	96	167	112
30	53	105	84	102	127	92	74	80	107	94	75	97	118
31	53	99	114	30	59	80	91	21	46	115	130	36	70
Mittel	53	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
32	54	98	133	180	122	57	78	111	68	70	97	146	88
33	54	114	76	27	55	148	100	37	68	167	116	44	81
34	54	78	99	54	138	114	146	85	193	100	130	79	178
35	54	130	110	95	93	73	62	57	50	85	74	70	61
52	54	80	83	144	93	109	114	210	121	79	83	161	91
Mittel	54	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
43	12	97	47	60	49	118	45	74	61	53	11	32	27
44	12	120	38	125	134	129	33	137	150	59	8	60	66
45	12	122	39	151	155	106	27	135	140	73	10	89	94
48	12	105	35	104	111	68	18	69	75	147	21	144	157
49	12	56	341	60	51	79	377	85	75	169	449	176	156
Mittel	12	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1	21	138	157	228	174	132	163	258	195	73	92	145	110
2	21	50	61	78	66	98	121	152	123	89	112	140	114
3	21	94	75	62	103	73	59	48	77	81	67	54	86
4	21	166	185	87	122	120	135	62	85	106	122	56	76
5	21	80	88	43	63	86	96	46	64	109	125	60	83
6	21	72	121	43	69	134	228	79	123	140	243	83	130
7	21	67	55	121	111	130	108	236	206	137	117	253	222
8	21	152	146	59	89	119	116	46	67	118	118	47	68
9	21	122	174	68	111	70	100	39	60	63	93	36	55
10	21	105	122	38	46	61	71	22	25	65	78	24	28
11	21	68	64	87	91	86	82	109	110	88	85	113	114
12	21	95	70	12	44	84	63	10	38	95	74	12	44
13	21	128	134	178	209	56	59	120	87	66	71	144	104
14	21	73	99	54	77	82	112	60	82	72	101	54	73
15	21	110	77	44	74	111	79	45	71	115	83	47	75
16	21	64	65	41	91	85	88	55	116	75	80	49	104
17	21	99	108	301	150	55	62	168	80	68	78	211	101
18	21	85	95	164	135	135	152	258	203	115	133	224	178
19	21	133	117	150	124	79	70	89	71	75	68	86	68
20	21	84	45	121	88	113	61	164	114	156	87	229	160
21	21	116	43	20	65	193	73	34	104	194	76	35	106
Mittel	21	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
50	22	76	111	101	80	99	134	125	104	79	114	105	83
51	22	124	89	99	120	101	66	75	96	121	86	95	117
Mittel	22	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
23	51	98	117	50	82	60	72	31	53	78	94	41	65
24	51	68	61	48	46	119	109	85	86	107	98	76	72
25	51	121	102	121	167	73	62	74	107	123	105	125	169
26	51	120	106	143	97	167	149	202	143	104	93	125	83
27	51	98	98	163	117	70	71	119	96	93	93	157	119
28	51	95	116	75	92	111	137	89	115	95	118	76	92
Mittel	51	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Auswertungsschema gemäss Tabelle 7
Tabelle 8

7.5.3.2 Gesamt-Eutrophierung

Die Gesamt-Eutrophierung hängt in erster Linie von der Art ab, wie der zur Verfügung stehende Stickstoff von den Pflanzen genutzt wird. Diese Nutzung ist komplex und hängt von zahlreichen Faktoren ab. Die auf die Ökobilanz gestützten Empfehlungen müssen agronomisch auf den Stufen Parzelle und Betrieb als Ganzes bestätigt werden.

Im Falle einer erheblichen Nitratauswaschung geht es darum, die dafür verantwortliche(n) Parzelle(n) aufzufinden. Zwei Arten von Verbesserungsmaßnahmen sind zu treffen:

- Besseres Management des Stickstoffkreislaufs auf der Stufe Parzelle, um die Nitratauswaschung zu reduzieren. Die betroffenen Parzellen sind im Allgemeinen jene, die im Sommer tief bearbeitet wurden (insbesondere nach Wiesennutzung oder Gründüngung) und wo die organische Bodensubstanz einer intensiven Mineralisierung unterworfen wurde (Betriebe 5, 6, 18, 31, 33, 34).
- Reduktion der Ammoniak-Emissionen, indem die Hofdüngerausbringung (insbesondere bei Gülle) optimiert wird. Alle Massnahmen zur Einschränkung solcher Emissionen müssen getroffen werden (Verdünnung, keine Ausbringung bei trockenem Wetter, Einarbeiten). Dies gilt für die Betriebe 1, 18, 34 und 50.

7.5.3.3 Aquatische und terrestrische Ökotoxizität

Die aquatische und terrestrische Ökotoxizität zeichnet sich durch Schwermetall- und Pestizidemissionen aus. Die Verbesserungsmaßnahmen beziehen sich spezifisch auf den jeweiligen Input und können kurzfristig getroffen werden:

- Änderung beim Zukauf von Futtermitteln mit dem Ziel, unter anderem die Schweine- und Geflügelernährung anzupassen (Zusatz von Kupfer und Zink in einer besser assimilierbaren Form). Dies gilt für die Betriebe 1, 7, 13, 18, 20, 25, 29, 30 und 38.
- Anpassung der Phosphordüngung, insbesondere ihres Cadmiumgehaltes, was unter anderem ein Verzicht auf Superphosphate bedeutet (Betriebe 25, 34, 36, 39 und 42).
- Reduzierung oder gar Verzicht auf Dünger mit starkem Schwermetallgehalt (Klärschlamm, Gülle und Mist von Schweinen und Geflügel, Kalkgaben). Dies gilt für die Betriebe 9, 17, 22, 32, 39 und 49.
- Suche nach Alternativen in der Wahl von Wirkstoffen oder Anbautechniken. Chlorothalonil (ein für Getreide und Kartoffeln benutztes Fungizid) und Dimefuron (ein für Raps und Eiweisserbsen eingesetztes Herbizid) sind für Oberflächengewässer potenziell sehr ökotoxisch (Betriebe 27 und 36).

Für jede getroffene Verbesserungsmaßnahme müssen die Umweltwirkungen der neuen Inputs kontrolliert werden, um einen Verschmutzungstransfer zu verhindern. Diese Liste mit neun Massnahmen ist nicht abschliessend. Es ist vorstellbar, dass sie erweitert wird, sobald die Wirkungen auf die Biodiversität und die Bodenfruchtbarkeit in die Methode integriert werden.

Auf der Ebene der Auswertung pro Betrieb kommen einige dieser Verbesserungsmaßnahmen in der Analyse wieder vor.

Manchmal sind jedoch zusätzliche Massnahmen nötig, da die Referenz für einen Betriebstyp nicht dieselbe ist wie die für eine Produktgruppe (Beispiel: die Referenzgrösse für die Produktgruppe Milch ist nicht die gleiche wie die für die sogenannten Verkehrsmilchbetriebe vom Typ 21). Diese Massnahmen sind gleicher Art wie jene, die auf der Stufe Produktgruppen diskutiert wurden.

Hauptursachen für die als «ungünstig» oder «sehr ungünstig» eingestuften Umweltwirkungen für die Produktgruppen Milch, Fleisch und Ackerbau und die Umweltwirkungen Ausschöpfung nicht erneuerbarer Energie-ressourcen (ANE), Gesamt-Eutrophierung (GE), terrestrische Ökotoxizität (tÖT) und aquatische Ökotoxizität (aÖT). (Referenzjahr:1998)

Betrieb	Produktgruppe	Wirkung	Emissionen	Hauptursachen
1	Fleisch	aÖT, tÖT	Cd, Cu	Schweinefutter
	Milch	ANE		Landw. Gebäude, Elektrizität (Heubelüftung)
		GE	NH ₃	Gülleausbringung
5	Ackerbau	ANE		Maschinen
		GE	NO ₃ ⁻	Agronomische Parzellenführung
6	Milch	ANE		Stall
		GE	NO ₃ ⁻	Agronomische Parzellenführung
7	Milch	aÖT, tÖT	Cd, Hg, Zn	Zukauf verschiedener Futtermittel
9	Milch	aÖT, tÖT	Cd, Hg, Cu, Zn	Zukauf verschiedener Futtermittel, Gülle, Klärschlamm
10	Ackerbau	ANE		Maschinen, Elektrizität, Diesel
11	Milch	tÖT	Zn	Zukauf verschiedener Futtermittel
12	Ackerbau	ANE		Remise
13	Fleisch	aÖT, tÖT	Cd, Cu	Schweinefutter
17	Milch	tÖT	Zn	Zukauf von Schweinegülle
18	Milch	ANE		Elektrizität (Heubelüftung)
		GE	NH ₃ , NO ₃ ⁻	Güllendüngung, Parzellenführung
		aÖT, tÖT	Cd, Hg	Zukauf verschiedener Futtermittel
19	Fleisch	ANE		Stall, Diesel, Elektrizität
20	Milch	ANE		Elektrizität (Trocknung), landw. Gebäude
		tÖT	Zn	Zukauf von Futter
	Fleisch	ANE		Elektrizität
21	Milch	ANE		Diesel, Maschinen
22	Milch	tÖT	Zn	Kalkgaben (Zuckerrübenkalk)
	Ackerbau	tÖT	Zn	Kalkgaben (Zuckerrübenkalk)
23	Milch	aÖT	Cd	Phosphordünger, Futter
25	Milch	ANE		Elektrizität (Heubelüftung)
		aÖT	Cd	Phosphordünger, Futter
		tÖT	Zn, Cd	Zukauf von Futter, Phosphordünger
	Ackerbau	aÖT	Cd, Fungizid	Phosphordünger, Chlorothalonil
27	Milch	tÖT	Zn	Dünger, Futterzukauf
	Ackerbau	aÖT	Cd, Herbizid	Dünger, Dimefuron
		tÖT	Zn	Dünger, Futterzukauf
29	Fleisch	tÖT	Zn, Cu	Schweinefutter
30	Fleisch	aÖT, tÖT	Cd, Zn, Cu	Schweinefutter
31	Milch	GE	NO ₃ ⁻	Agronomische Parzellenführung
	Fleisch	GE	NO ₃ ⁻	Agronomische Parzellenführung
	Ackerbau	GE	NO ₃ ⁻	Agronomische Parzellenführung
32	Milch	tÖT	Zn, Cu	Einsatz von Schweinemist
33	Milch	ANE		Landw. Gebäude, Maschinen, Energieträger
	Ackerbau	ANE		Maschinen
		GE	NO ₃ ⁻	Agronomische Parzellenführung
34	Milch	aÖT	Cd	Phosphordünger, Futter
	Ackerbau	GE	NO ₃ ⁻ , NH ₃	Agronomische Parzellenführung, Gülleausbringung
		aÖT	Cd	Phosphordünger

Tabelle 9

Betrieb	Produktgruppe	Wirkung	Emissionen	Hauptursachen
35	Ackerbau	ANE		Gebäude, Maschinen
36	Ackerbau	aÖT	Fungizid, Cd	Chlorothalonil, Phosphordünger
38	Fleisch	ANE		Maschinenhalle
		aÖT	Cd	Verschiedene Futtermittel
	Ackerbau	ANE		Maschinenhalle
39	Ackerbau	tÖT	Zn	Klärschlamm
	Fleisch	aÖT	Cd, Hg	Dünger, Futter
		tÖT	Zn	verschiedene Dünger
42	Ackerbau	aÖT	Cd	Phosphordünger
49	Ackerbau	aÖT	Hg, Cd, Cu, Zn	Ausbringung von Hühnermist
		tÖT	Zn, Cu	
50	Fleisch	GE	NO ₃ ⁻ , NH ₃	Futter, Viehbesatz
		ANE		Elektrizität (Heubelüftung)
51	Fleisch	ANE		Stall, Elektrizität (Trocknung)
52	Fleisch	ANE		Schuppen

Tabelle 9
(Fortsetzung)

Hauptursachen für die als «ungünstig» oder «sehr ungünstig» eingestuften Umweltwirkungen für Landwirtschaftsbetriebe vom Typ 21 (Verkehrsmilch), neben den bereits in Tabelle 9 aufgeführten Ursachen (Referenzjahr:1998)

Betrieb	funktionelle Einheit	Wirkung	Emissionen	Hauptursache
2	MJ	ANE		Tiefer Milchertrag
4	LN	ANE, GE		Ungenügende Extensivierung
7	MJ, Fr.	ANE		Elektrizität, tiefer Milchertrag
8	LN	ANE, GE		Verschiedene Gebäude, ungenügende Extensivierung
13	LN	ANE, tÖT, aÖT		Ungenügende Extensivierung
17	LN, MJ, Fr.	aÖT	Schwermetalle in den Böden	Zukauf von Schweinemist
19	LN	tÖT		Ungenügende Extensivierung
20	Fr.	aÖT	Schwermetalle in den Böden	Futterzukauf

Tabelle 10

7.5.4 Kommunikation der Ergebnisse

Für ein Drittel der ausgewerteten Betriebe sind die Umweltwirkungen gesamthaft gesehen zufriedenstellend bis gut – unabhängig von der funktionellen Einheit –, so dass sich keine Verbesserungsmassnahmen aufdrängen. Offensichtlich zeichnen sich elf der ausgewerteten Betriebe durch sehr positive Umweltwirkungen aus. Wenn wir davon ausgehen, dass man sich für diese Referenz entscheiden wird, könnten sie die Ökobilanz für ihr eigenes Marketing verwenden. Dies gilt für die Betriebe 3, 14, 15, 16, 24, 28, 31, 40, 41 und 43.

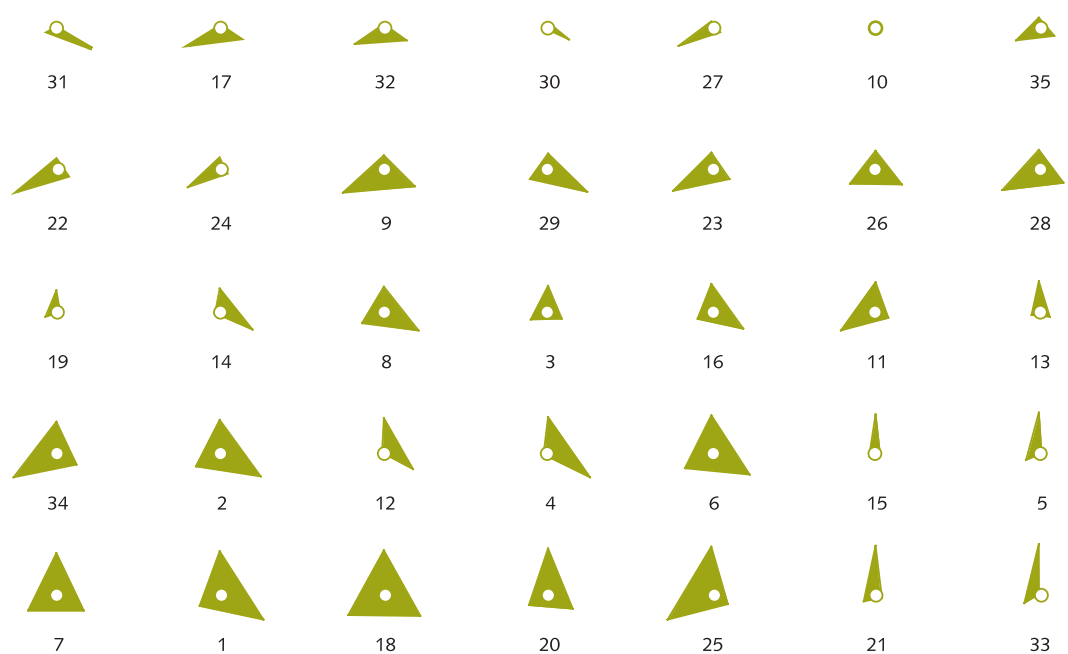
Zu diesem Zweck weist die Übersicht in Tabellenform (siehe Kapitel 7.5.3) gewisse Grenzen auf, die für die Darstellung in der Form eines Stern-Diagramms oder Polygons (siehe Kapitel 6.6.2) nicht gelten. In diesem Kapitel zeigen wir eine Illustration dieser alternativen Darstellungsart für die Produktgruppe Milch.

Wir gehen dafür von den Prinzipien der Faktoranalyse (siehe Kapitel 6.6.1) aus. Nicht nur die Wirkungen können mit den Faktoren in Verbindung gebracht werden (siehe Kapitel 7.5.1), sondern auch die Betriebe. Dies ermöglicht eine vereinfachte bildliche Darstellung der

Umweltwirkungen. Dafür müssen die Ränge (oder Perzentile) der verschiedenen Betriebe ausgerechnet und grafisch dargestellt werden (siehe Abbildung 13). Es geht darum, einen Betrieb in Bezug auf die anderen Betriebe mit ähnlichen Produktionszweigen zu positionieren. Diese Darstellungsart erlaubt eine schnelle und einfache visuelle Erfassung der Umweltwirkungen. Die Umweltleistung eines Betriebes ist umso besser, je näher sich die Ecken beim Zentrum des Dreiecks befinden und umgekehrt. So wird ersichtlich, dass einige Betriebe gute Werte für alle Faktoren haben (z.B. Betrieb 10). Die ausgewertete Gesamtproduktion ist optimal umweltfreundlich. Andere Betriebe haben hohe Werte für alle drei Faktoren (z.B. Betrieb 18). Dies bedeutet, dass die Umweltleistung gesamthaft schwach ist. Gewisse Betriebe zeigen schlechte Werte für einen oder zwei Faktoren (z.B. die Betriebe 27 und 4).

Mit Hilfe dieser Grafik wird rasch ersichtlich, in welchen Bereichen sich eine Optimierung der Umweltaspekte aufdrängt. Sie ergänzt zudem die auf der Kommunikationsebene gemachte Analyse aus Kapitel 7.5.3.

Darstellung der Werte für jeden Faktor der 35 Betriebe mit einer Produktgruppe Milch. Die Winkel der Dreiecke stellen die drei Faktoren dar: Faktor 1 (verbunden mit der Ausschöpfung nicht erneuerbarer Energieressourcen und der Infrastruktur) = Länge des Dreiecks; Faktor 2 (verbunden mit dem Management der Nährstoffe N und P) = rechte Ecke; Faktor 3 (verbunden mit Schwermetallemissionen und Pestiziden) = linke Ecke. Die Betriebe sind in der Reihenfolge der Resultate für Faktor 1 aufgeführt.
Abbildung 13



Kapitel 8: Evaluation des Werkzeugs

8.1 Evaluationskriterien

Es ist wichtig, die Erfolgchancen des hier entwickelten Werkzeugs im Hinblick auf die drei Kategorien des Zielpublikums zu überprüfen:

- Für die Landwirtin/den Landwirt als Werkzeug des individuellen Umweltmanagements
- Für Politik und Interessenvertretungen als Arbeitsinstrument zur Beobachtung der Umweltwirkungen in der Landwirtschaft und zur Früherkennung von Umweltproblemen
- Für die Forschung als systemisch analytisches Instrument zur Überprüfung der Umweltwirkungen landwirtschaftlicher Produktionszweige.

Je nach Zielpublikum wird den folgenden Kriterien mehr oder weniger Gewicht beigemessen:

- Solide methodische, auf aktuelle Daten gestützte Grundlagen
- Operationelle und von der Technik her bewältigte Umsetzung
- Für die Zielsetzung vorteilhaftes Kosten-Nutzen-Verhältnis.

In diesem Kapitel wird das Werkzeug in erster Linie hinsichtlich des Zielpublikums «Landwirtin/Landwirt» analysiert. Zusätzliche Angaben zum Zielpublikum «Politik» finden sich bei *Pfefferli et al. (2001)*. Die Forschung ihrerseits verfügt über ein Werkzeug, mit dem sie auf Stufe Betrieb die neuen technischen und agronomischen Lösungen, die sie ausarbeitet, überprüfen kann. Damit es in allen Punkten den Anforderungen entspricht, kommt der Korrektur der unten erwähnten Mängel theoretischer Art grosse Bedeutung zu.

8.2 Qualität und Eignung der Methode

Die vorgeschlagene Methode bietet folgende Vorteile:

- Direkte Kopplung zwischen den auf Stufe Betrieb sowohl präzise als auch einfach beschriebenen Produktionsfaktoren und den potenziell daraus entstehenden Umweltwirkungen (Kausalitätsprinzip). Dadurch kann die Verantwortung des Landwirts – sowohl in den positiven als auch in den negativen Fällen – zweifelsfrei festgestellt werden. Falls nötig sind die jeweils empfohlenen Verbesserungsmaßnahmen umsetzbar und fügen sich mühelos in das Betriebsmanagement ein.
- Bewertung der gesamten potenziellen Umweltwirkungen, die mit dem Einsatz von Ressourcen, dem Nährstoffzyklus und den Giftstoffen verbunden sind. Diese Bewertung stützt sich auf den aktuellen agrarökologischen Wissensstand und wird mittels eines auf Emissions- und Charakterisierungsfaktoren basierenden Berechnungsverfahrens durchgeführt, das eine unmittelbare Aktualisierung erlaubt.
- Unmittelbare Kopplung mit einer agrarökologischen Datenbank, die regelmässig aktualisiert und ergänzt wird.

Zu den Nachteilen der Methode gehören die folgenden Punkte:

- Unsicherheiten in Bezug auf die Genauigkeit gewisser berechneter Werte, die direkt mit den von der agrarökologischen Forschung noch nicht geklärten Fragen zusammenhängen. An erster Stelle stehen dabei die Frage nach den Schwermetallflüssen, die Bestimmung des ökotoxischen Potenzials organischer Pestizide oder auch die Risikoeinschätzung einer Eutrophierung durch Phosphor- und Stickstoffverbindungen.
- Fehlen der mit der Bodenfruchtbarkeit, Biodiversität und dem Landschaftsbild verbundenen Umweltwirkungen, da die heute verfügbaren Methoden dem Kausalitätsprinzip nicht entsprechen. Das vorgeschlagene Umweltmanagement muss gegenwärtig mit externen

Verfahren ergänzt werden, um diese drei Bereiche abzudecken. Diese Lösung ist nicht zufriedenstellend.

Diese beiden Nachteile wurden von der agrarökologischen Forschung klar erkannt. Die Arbeiten in diesem Bereich sollten bis Ende 2003 Abhilfe schaffen.

8.3 Einführung in die Praxis

Eine erfolgreiche Umsetzung in die Praxis setzt voraus, dass die Datenerhebung und das Recheninstrument gut eingeführt und operationell sind.

8.3.1 Datenerhebung

Das für die Erhebung der Betriebs- und Produktionsdaten ausgearbeitete Formular ist bestens auf die Bedürfnisse zugeschnitten. Es enthält alle Positionen, die für die Ökobilanzierung notwendig sind. Abgesehen von einigen Ausnahmen (Wirkstoffmasse für die Pestizide, Nährstoffeinheiten für Düngermittel oder das Gewicht der Maschinentypen), für die eine Automatisierung in das Recheninstrument integriert werden sollte, kennt der Landwirt/die Landwirtin alle Daten.

Ein Betriebsbesuch erweist sich in folgenden Fällen als notwendig:

- Das erste Mal, zur Kontaktaufnahme mit den Bewirtschaftenden und zur Erhebung fehlender Strukturangaben
- Zur Erhebung von Daten, die in keinem leicht zugänglichen Betriebsdokument enthalten sind
- Zur Überprüfung der Datengenauigkeit (Qualitätskontrolle).

Die Einschätzung von Vollständigkeit und Sicherheit der Daten konnte im Rahmen dieser Studie nicht überprüft werden. Dies hätte einen Arbeitsaufwand bedeutet, der in keinem Verhältnis zu den verfügbaren Mitteln gestanden hätte. Wir weisen jedoch darauf hin, dass die Angaben über die Allokationen der Inputs, die Qualität der Hofdünger, den Stromverbrauch und das Gewicht gewisser Maschinen am wenigsten gesichert sind.

Der Arbeitsaufwand zur Erhebung der Daten war beträchtlich. Es müssen alle möglichen Massnahmen getroffen werden, um diesen Aufwand zu verringern. Die Schwierigkeiten des Projekts haben mit zwei Aspekten zu tun, die direkt mit noch bestehenden Unzulänglichkeiten des landwirtschaftlichen Managements zusammenhängen:

- Technische, agronomische und wirtschaftliche Daten sind über eine Vielzahl von Dokumentationsinstrumenten verstreut, wodurch sich die Übertragung in ein einziges Formular als mühsam gestaltet. Zudem kommt es nicht selten vor, dass gewisse Produktionsdaten nicht systematisch erhoben werden und so eine direkte Befragung des Landwirts notwendig wird.
- Fehlen von detailliertem Wissen über die effektiven Produktionsbedingungen nach Zweigen oder Produkten, da der Landwirt es kaum gewohnt ist, auf der Grundlage von Gesamtkosten zu arbeiten. Infolgedessen müssen insbesondere die Daten betreffend die Allokation von Inputs mit den Landwirten diskutiert werden, um sicher zu gehen, dass sie kohärent sind.

Das erste Problem sollte mit der Anwendung des Programms AGRO-TECH (für die landwirtschaftliche Beratung entwickelt) eine Lösung finden, welches unter gewissen Bedingungen das Erhebungsformular ersetzen könnte (Pfefferli *et al.*, 2001). Der zweite Punkt hingegen ist eine langwierige Angelegenheit. Das Netz von Obstbaubetrieben ASA-AGRAR der FAW sollte dazu im Rahmen des Managements landwirtschaftlicher Betriebe einige interessante erste Informationen liefern.

8.3.2 Berechnung der Ökobilanz

Die Übertragung der Daten vom Erhebungsformular auf das Recheninstrument ist unter den heutigen Bedingungen sehr zeitaufwendig und stellt eine mögliche Fehlerquelle dar. Dies betrifft insbesondere die Parzellendaten, deren Erfassung langwierig und mühsam war. Der Automatisierung dieser Datenübertragung kommt deshalb grosse Bedeutung zu, möchte man die Arbeit sicherer, schneller und professioneller gestalten. Die Merkmale für ihre Programmierung hängen vom System ab, das für die eigentliche Datenerhebung gewählt wird (siehe Kapitel 8.3.1). Diese Frage wird von *Pfefferli et al. (2001)* eingehend behandelt.

Das eigentliche Recheninstrument, das auf Grund des Programms TEAM von der FAL entwickelt wurde, ermöglicht die standardisierte und grösstenteils automatisierte Ökobilanzierung eines oder mehrerer Betriebe. Je nach Rechnerleistung benötigt die Berechnung etwa eine bis zwei Minuten pro Betrieb. Mit diesem Werkzeug können auch die Umweltwirkungen der vorgeschlagenen Verbesserungsmaßnahmen simuliert werden.

Die Berechnungen können auch von Personen durchgeführt werden, die nicht Ökobilanzierungsexperten sind, da diese Arbeit keine besonderen Methodenkenntnisse erfordert. Die Auswertung der Ergebnisse hingegen setzt gute agrarökologische Grundkenntnisse und insbesondere Kenntnisse der Ökobilanzierung voraus und verlangt deshalb, dass die betreffenden Personen entsprechend ausgebildet werden.

Abgesehen vom Zeitaufwand für die Datenerhebung und die ständige Weiterbildung in Sachen Ökobilanzierung ist das vorliegende Werkzeug in seiner heutigen Fassung durchaus für die landwirtschaftliche Beratung geeignet.

8.4 Einführung eines vereinfachten Werkzeugs des Umweltmanagements für Landwirtschaftsbetriebe

8.4.1 Ziel

Damit die Chancen steigen, dass die Ökobilanzierung als Werkzeug des Umweltmanagements auf der Stufe des Landwirtschaftsbetriebes eingesetzt wird, sind unbedingt alle Vereinfachungsmöglichkeiten zu nutzen, die bei der Auswertung der Ergebnisse diskutiert wurden (siehe Kapitel 7).

Das Ziel besteht darin, gestützt auf die in diesem Bericht vorgestellte Methode der Ökobilanzierung ein Werkzeug des Umweltmanagements für Landwirtschaftsbetriebe zu entwickeln und den Beratungsdiensten zur Verfügung zu stellen. Ein landwirtschaftlicher Berater soll nach einer spezifischen Einführung von ein paar Tagen fähig sein, dieses Werkzeug anzuwenden. Die Erhebung der für die Berechnungen notwendigen Daten soll sich auf die wichtigsten Dokumente abstützen, über die der Landwirt ohnehin verfügt. Um den in Kapitel 1.2.2 erwähnten Budgetbeschränkungen gerecht zu werden, sollte der Zeitaufwand für die Datenerhebung höchstens ein paar Stunden betragen.

Zwei Richtungen sollen weiter verfolgt werden:

- Automatisierung des Werkzeugs
- Vereinfachung der Methode¹⁴.

Zuerst werden diese beiden Optionen vorgestellt und dann ihre Vor- und Nachteile analysiert.

¹⁴ Im Sinne der vereinfachten Ökobilanzen oder «screening life cycle assessments», d.h. man verzichtet auf vollständige Übereinstimmung mit der ISO-Norm 14040 (1997) und folgen.

8.4.2 Automatisierung des Werkzeugs

Das Programm TEAM, das gegenwärtig von der FAL für die Ökobilanzierung in der Landwirtschaft angepasst wird, kann nach den folgenden Änderungen zur Vereinfachung der Anwendung ohne weiteres eingesetzt werden (siehe Kapitel 8.3.2):

- Einrichtung einer benutzerfreundlichen Schnittstelle zur Datenerhebung
- Automatisierung der Ergebnisauswertung und der Ursachensuche.

8.4.3 Vereinfachung der Methode

Nur die Ausschöpfung nicht erneuerbarer fossiler Energien, die Gesamt-Eutrophierung und die terrestrische und aquatische Ökotoxizität, die als repräsentative Umweltwirkungen gelten, werden berechnet und dienen der Auswertung. Systemgrenzen und funktionelle Einheiten bleiben unverändert.

Für jede berücksichtigte Umweltwirkung schlagen wir ein Überprüfungsverfahren auf zwei Ebenen vor:

- Eine summarische Analyse, die sich auf die wesentlichen Faktoren beschränkt und eine schnelle Erhebung der Daten erlaubt.
- Eine detailliertere Analyse, die sich auf mehr erklärende Faktoren ausweitet, aber auch eine umfassendere Erhebung von Daten erfordert.

Die Ergebnisse werden der Landwirtin/dem Landwirt in Form von Kennzahlen und einer grafisch dargestellten Umweltpositionierung in Bezug auf eine bestimmte Referenz kommuniziert.

8.4.3.1 Ausschöpfung nicht erneuerbarer Energieressourcen

Summarische Analyse: Eine vereinfachte Energiebilanz wird auf Grund von nur zwei Inputgruppen – Energieträger und Maschinen – berechnet. Diese Vereinfachung rechtfertigt sich insofern, als dass (für die Produktgruppen Milch, Fleisch, und Ackerbau) die linearen Korrelationen zwischen den Resultaten dieser beiden Gruppen und jenen des Indikators «Ausschöpfung nicht erneuerbarer Energieressourcen» immer hoch sind ($r > 0.9$).

Die zu erhebenden Betriebsdaten sind in Tabelle 11 zusammengefasst. Der Zeitgewinn ist beträchtlich, und die Auswertung der Ergebnisse liefert sehr nützliche Angaben für die landwirtschaftliche Beratung (Management des Maschinenparks, Einsatz von Energieträgern).

Detailanalyse: Der Posten «landwirtschaftliche Gebäude» wird berücksichtigt. Da die entsprechenden Verbesserungsmaßnahmen nur selten schnell und einfach umgesetzt werden können, ist der praktische Nutzen dieser Ergänzung für die landwirtschaftliche Beratung beschränkt.

8.4.3.2 Gesamt-Eutrophierung

Summarische Analyse: Die Gesamt-Eutrophierung wird nur auf Grund der Emissionen von NO_3^- und NH_3 berechnet, die in dieser Studie immer über 90% der Wirkung ausmachen.

Wir wollten die aquatische Eutrophierung nicht in die summarische Analyse aufnehmen, da nach dem heutigen Wissensstand die Emissionskoeffizienten von Phosphor – welche für die aquatische Eutrophierung die Hauptverantwortung tragen – von strukturellen Faktoren wie der Nutzfläche abhängen. Zwischen den Phosphor-Emissionen und den Aktivitäten des

Landwirts besteht keine Kausalität. Für die landwirtschaftliche Beratung ist es deshalb wenig interessant, eine solche Methode in das Umweltmanagement zu integrieren.

Die zu erhebenden Betriebs- und Parzellendaten sind in Tabelle 11 zusammengefasst. Dies ist sicherlich derjenige Indikator, der am meisten Zeit für die Datenerhebung und die höchsten agronomischen Kompetenzen für seine Auswertung (Stickstoffverwaltung) verlangt.

Detailanalyse: Die Detailanalyse berücksichtigt zudem die aquatische Eutrophierung und somit die Phosphor-Emissionen.

8.4.3.3 Berechnung der Ökotoxizität auf Grund ausgewählter Inputs

Es ist wichtig, dass die landwirtschaftliche Beratung über einen Indikator verfügt, der eine individuelle Auswertung der Schwermetall- und Pestizidemissionen zulässt. Das Ziel besteht darin, die zu treffenden Massnahmen gesondert zu betrachten und sich dabei nicht mit gewissen methodischen Erwägungen über die Angemessenheit der Charakterisierungskoeffizienten zwischen diesen beiden Schadstoffgruppen aufzuhalten.

In Kapitel 7 haben wir gesehen, dass die Bodeneinträge von Schwermetallen die terrestrische Ökotoxizität bestimmen und die aquatische Ökotoxizität signifikant beeinflussen. Die Pestizidemissionen hingegen spielen nur für die letztgenannte Wirkung eine bedeutende Rolle.

Tabelle 11

Daten, die für vereinfachtes Werkzeug (summarische Analyse) des Umweltmanagements basierend auf Ökobilanzen notwendig sind (ANE: Ausschöpfung nicht erneuerbarer Energieressourcen, GE: Gesamt-Eutrophierung, tÖT: terrestrische Ökotoxizität, aÖT: aquatische Ökotoxizität, (simpl.): vereinfacht, SM: Schwermetalle)				
Indikator	ANE (simpl.)	GE (simpl.)	Ökotoxizität (simpl.)	
Verwendete Methode	ANE	EG	tÖT	aÖT
Einheit	MJ	PO ₄ Äq.	Zn Boden Äq.	Zn Wasser Äq.
Emission		NO ₃ ⁻ , NH ₃	SM Boden	Pestizide
Zu sammelnde Daten				
Betrieb:				
Allokation der Inputs	X	X	X	X
Produktionsdaten	X	X	X	X
Diesel	X			
Benzin	X			
Elektrizität	X			
Maschineninventar	X			
Mineraldünger			X	
Zugekaufte Bodenverbesserer			X	
Zugekauftes Futter			X	X
Pestizide				X
Viehinventar		X		
Aufstallungssysteme		X		
Produzierter Hofdünger		X		
Ausbringungsmethode		X		
Ausbringungszeitpunkt		X		
Parzelle:				
Allgemein (Nutzfläche, Bodenart, Anbau)		X		
Zeitpunkt für Aussaat und Ernte		X		
Zeitpunkt der tiefen Bodenbearbeitung		X		
Stickstoffdüngung (Menge, Zeitpunkt)		X		

Summarische Analyse: Die Wirkung der Schwermetalle wird mittels der terrestrischen Ökotoxizität behandelt, während jene der Pestizide sich auf die Ergebnisse der aquatischen Ökotoxizität abstützt. Etwa drei Viertel der in Frage kommenden Korrekturmassnahmen können auf diese Weise bestimmt werden.

Die notwendigen Daten sind in Tabelle 11 zusammengefasst. Dies ist sicherlich der Indikator, der am einfachsten zu berechnen ist. Bestimmend für die einzuleitenden Verbesserungsmaßnahmen ist die vorsichtige Auswahl der Inputs.

Detailanalyse: Zur summarischen Analyse kommen noch die Analyse der Schwermetalle hinsichtlich der aquatischen Ökotoxizität sowie die Analyse der Pestizide hinsichtlich der terrestrischen Ökotoxizität hinzu. Die Wirkungen dieser zwei Schadstoffgruppen auf terrestrische und aquatische Systeme sind unterschiedlich.

Die Auswertung ist komplexer, doch sie benötigt keine zusätzlichen Daten. Sie erlaubt der landwirtschaftlichen Beratung, zusätzliche Massnahmen zu definieren.

8.4.4 Beurteilung des vereinfachten Werkzeugs

Die Qualität des vereinfachten Werkzeugs hängt im Wesentlichen von drei Faktoren ab:

- Zuverlässigkeit der Methode
- Qualität der Daten
- Stichhaltigkeit der Auswertung.

8.4.4.1 Methode

Die in Kapitel 8.2 aufgeführten methodischen Mängel bestehen weiterhin. Die laufenden Entwicklungen sollten mittelfristig eine erhöhte Zuverlässigkeit des vereinfachten Werkzeugs gewährleisten. Folgende Punkte sind in diesem Zusammenhang prioritär:

- Biodiversität und Bodenfruchtbarkeit in die Ökobilanzierung aufnehmen, und zwar in Form einer oder zwei zusätzlicher Umweltwirkungen (wenn keine Korrelationen mit den drei berücksichtigten Wirkungen bestehen). So könnte das gesamte Umweltmanagement vereinfacht werden. Gegenwärtig muss für diese Bereiche noch zusätzlich auf andere Werkzeuge zurückgegriffen werden.
- Emissionsfaktoren für die Pestizide aktualisieren und bestimmte Schwermetallgehalte verschiedener Inputs vervollständigen, um die Diskussion über die Ökotoxizität zu vereinfachen.
- Emissionsfaktoren – eventuell Charakterisierungsfaktoren – von Phosphor aktualisieren und das Modell der Nitratauswaschung vereinfachen, um weniger Daten erheben zu müssen und die Qualität der Indikatorenauswertung für die Eutrophierung zu erhöhen.

Das Hauptinteresse der Ökobilanz besteht in der Bereitstellung eines systematischen Rahmens, der eine koordinierte Integration der wissenschaftlichen Entwicklungen auf diesen verschiedenen Gebieten ermöglicht und somit eine hohe Methodenzuverlässigkeit des vereinfachten Werkzeugs gewährleistet.

8.4.4.2 Daten

Im Vergleich zur gesamten Ökobilanzierung lässt das vereinfachte Werkzeug eine gewisse Reduktion der Datenerhebung zu. Die in den Betriebsunterlagen enthaltenen Daten – aus der Betriebsbuchhaltung oder einem Betriebsnetz stammend – werden als exakt und zuverlässig eingeschätzt. Zusätzliche Daten werden vom verantwortlichen landwirtschaftlichen Berater validiert. Es fehlen Referenzgrössen, für die noch Anstrengungen unternommen werden sollten.

Somit beeinflusst der in diesem Kapitel gemachte Vorschlag zur Vereinfachung der Ökobilanzierung in keiner Weise die Qualität der erhobenen Daten. Der Arbeitsaufwand für die Durchführung einer vereinfachten Ökobilanz hingegen wird durch die Qualität der Dokumentation des landwirtschaftlichen Betriebes bestimmt. Angesichts der Zeit, die der Landwirt für diese Art von Umweltmanagement aufzuwenden bereit ist, sollte der Arbeitsaufwand relativ niedrig (maximal etwa 10 Stunden) sein. Für einen Betrieb, der über Buchhaltungsdaten verfügt und zu einem Betriebsnetz (z.B. dem des SRVA) gehört, ist diese Bedingung erfüllt. Dasselbe sollte für die Daten gelten, die im Modul «AGRO-TECH» zusammengefasst sind. Das vorgeschlagene vereinfachte Werkzeug eignet sich nicht für wenig dokumentierte Betriebe.

Ein Betriebsbesuch kann sich als notwendig erweisen, um fehlende Daten (z.B. Einsatz von Inputs, Energieträger) zu erheben. Damit der Arbeitsaufwand des landwirtschaftlichen Beraters weiter verringert werden kann, sollte der Datentransfer weitgehend automatisiert werden.

Eine Ausbildung von drei bis fünf Tagen ist notwendig, damit der Berater fähig ist, die Ergebnisse der Ökobilanz auszuwerten.

Die Möglichkeit, auf Grund der Produktionsdaten standardisierte Berechnungen in grossem Umfang durchzuführen, ohne dafür Massnahmen vor Ort treffen zu müssen, machen aus dieser Methode eine den Zielsetzungen dieses Werkzeugs entsprechende Grundlage.

8.4.4.3 Aussagekraft der Evaluation

In Bezug auf die Ergebnisse einer vollständigen Ökobilanz, wie sie in Kapitel 7 vorgestellt wurde, muss kaum befürchtet werden, dass die methodischen Vereinfachungen negative Konsequenzen für das Umweltmanagement haben könnten. Dabei darf aber nicht vergessen werden, dass der Vorschlag zur Vereinfachung der Methode weder alle Produktionsfaktoren noch alle Emissionen behandelt. Es wäre deshalb angebracht, anhand einer unabhängigen Stichprobe zu prüfen, wie sich diese Informationslücke auf die einzuleitenden Massnahmen im Umweltmanagement auswirkt.

Schliesslich muss klar gesagt werden, dass der Preis, der als Folge der Budgetbeschränkungen bezahlt werden muss (Standardisierung der Datengrundlagen und Berechnungshypothesen), in einer gewissen Anonymisierung der landwirtschaftlichen Beratung besteht. Damit die spezifischen Merkmale eines landwirtschaftlichen Betriebes voll in die Auswertung einbezogen werden können, ist ein erhöhtes Engagement sowohl seitens der Bewirtschaftenden als auch seitens ihrer Berater notwendig. Es liegt an ihnen, das Beste aus dem entwickelten Instrument und den vorgeschlagenen Vereinfachungen zu machen.

Kapitel 9: Schlussfolgerungen

In diesem Projekt ging es in erster Linie darum, die Methode der Ökobilanzierung in 50 Landwirtschaftsbetrieben zu prüfen und ein vereinfachtes Umweltmanagementinstrument für die landwirtschaftliche Beratung auszuarbeiten. Die Ökobilanzmethode sollte zudem in einer Weise entwickelt werden, dass sie als Grundlage für ein auf den Betriebsdaten abgestütztes Umwelt-Monitoring dienen kann.

Diese Ziele wurden erreicht. Der Test in 50 Landwirtschaftsbetrieben hat gezeigt, dass die Methode der Ökobilanzierung bereits heute in grossem Umfang als Werkzeug des Umweltmanagements für Landwirtschaftsbetriebe eingesetzt werden kann. Dank dem in dieser Studie entwickelten Umweltevaluierungsinstrument ist es möglich, die Stärken und Schwächen von Landwirtschaftsbetrieben aufzuzeigen, die zu den am meisten verbreiteten Betriebstypen in der Schweiz gehören und die Hauptproduktionszweige dieses Sektors (Milchwirtschaft, Fleischproduktion, Ackerbau, Futterbau, Spezialkulturen, usw.) abdecken. Die vorgeschlagene Methode ist in der Lage, auf der Stufe jedes einzelnen Betriebes nicht nur die Ursachen von potenziell negativen Umweltwirkungen zu analysieren und gegebenenfalls Verbesserungsmaßnahmen vorzuschlagen, sondern auch die positiven Umweltleistungen präzise zu dokumentieren. In Übereinstimmung mit den strategischen Zielen des BLW kann sich jeder Landwirtschaftsbetrieb dank dem vorgeschlagenen Auswertungskonzept innerhalb der schweizerischen Landwirtschaft positionieren und sein Umweltmanagement auf die Hauptfunktionen der Landwirtschaft ausrichten. Die in dieser Arbeit vorgenommene Anpassung des Programms TEAM für Ökobilanzen – verbunden mit einer Umweltdatenbank – ermöglicht eine angemessene Standardisierung der Berechnungsverfahren.

Eine vereinfachte Version des Werkzeugs wurde entwickelt, um dem Budgetzwang in der Landwirtschaft Rechnung zu tragen. Eine summarische Umweltanalyse wird mittels vier vereinfachter Umweltindikatoren vorgeschlagen. Diese Vereinfachung ist insofern gerechtfertigt, als sie die wichtigsten Elemente dieser Indikatoren berücksichtigt. Sie soll noch anhand einer unabhängigen Stichprobe von Landwirtschaftsbetrieben geprüft werden, um zu gewährleisten, dass die Informationslücken für die landwirtschaftliche Beratung nicht von Nachteil sind. Der praktische Nutzen eines solchen Instrumentes liegt darin, dass die Ökobilanzierung leichter zugänglich und ihre Verbreitung in den Kreisen der landwirtschaftlichen Beratung gefördert wird. Sobald das Werkzeug mittels einer unabhängigen Stichprobe überprüft und für gut befunden wird, sollte es als Referenzwerkzeug für das Umweltmanagement von Landwirtschaftsbetrieben eingesetzt werden.

Damit die entwickelte Methode noch sicherer und glaubwürdiger wird, hat die Forschung noch die folgenden methodischen Aspekte zu entwickeln:

- Wissenschaftliche Erkenntnisse betreffend indirekter Emissionen (Produktionsszenarien von Inputs wie Futtermittel) und direkter Emissionen (vor allem Phosphor, Schwermetalle und Pestizide) verbessern und die neuesten Entwicklungen der agrarökologischen Forschung in die Ökobilanzmethode integrieren.
- Wissenschaftliche Kenntnisse über die Charakterisierungsfaktoren der Schadstoffe (Schwermetallgehalt, toxikologische Kenntnisse der Pestizide) entwickeln.
- Weitere Umweltindikatoren (Bodenfruchtbarkeit, Biodiversität, Landschaftsbild) in die Methode integrieren.
- Ein Arbeitsinstrument für die statistische Analyse der Ergebnisse entwickeln.

Eine erfolgreiche Umsetzung in die Praxis setzt ihrerseits einen Massnahmenplan auf zwei Ebenen voraus:

- Automatisierung der Produktionsdatenerhebung auf Stufe Landwirtschaftsbetrieb. Eine solche Automatisierung erfordert ein effizientes Informatikwerkzeug und geht mit einem vermehrten Einsatz der finanziellen, technischen und agronomischen Managementwerkzeuge einher, ohne die das Umweltmanagement nur mit viel Mühe in die Praxis umgesetzt werden kann.
- Bildung von Kompetenzzentren für das Umweltmanagement, basierend auf Ökobilanzen in der landwirtschaftlichen Beratung und ihr angegliederter Organisationen, damit Landwirtinnen und Landwirte über kompetente, anerkannte und effiziente Ansprechpartner verfügen. Zudem sollte das Umweltmanagement besser in die landwirtschaftliche Grundausbildung integriert werden.

Diese Investitionen seitens der Forschung und der landwirtschaftlichen Beratung sind der Preis, der bezahlt werden muss, wenn das Ziel – ein zuverlässiges, relativ günstiges und mit einem akzeptablen Arbeitsaufwand verbundenes Werkzeug des Umweltmanagements anbieten zu können – erreicht werden soll.

Symbole und Abkürzungen

Chemische Symbole	
Al	Aluminium
Äq.	Äquivalent
C ₂ H ₄	Äthylen
Cd	Cadmium
CH ₄	Methan
CO	Kohlenmonoxid
CO ₂	Kohlendioxid
Cr	Chrom
Cu	Kupfer
HCl	Salzsäure
Hg	Quecksilber
Mn	Mangan
N	Stickstoff
N ₂ O	Lachgas (Distickstoffoxid)
NH ₃	Ammoniak
NH ₄ ⁺	Ammonium
Ni	Nickel
N _{lös}	Löslicher Stickstoff
NMVOC	Flüchtige Kohlenwasserstoffe (ausser Methan)
N-N ₂ O	Lachgas in Einheit N ausgedrückt
N-NH ₃	Ammoniak in Einheit N ausgedrückt
N-NO ₃	Nitrat in Einheit N ausgedrückt
NO	Stickoxid
NO ₂	Stickstoffdioxid
NO ₃ ⁻	Nitrat
NO _x	Stickoxide (NO, NO ₂)
N _{tot}	Gesamter Stickstoff
P	Phosphor
Pb	Blei
PO ₄	Phosphat
Se	Selen
SO ₂	Schwefeldioxid
Zn	Zink

Abkürzungen	
(a)	Emission in die Luft
aE	aquatische Eutrophierung
AGRO-TECH	Software für das betriebliche Management (administrativ und technisch)
ANE	Ausschöpfung nicht erneuerbarer Energieressourcen
aÖT	Aquatische Ökotoxizität
ASA-AGRAR	Netz von Obstbaubetrieben der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Obst-, Wein- und Gartenbau Wädenswil (FAW)
AZ	Ackerbauzone
BFS	Bundesamt für Statistik
Bio	Biologische Produktion
BLW	Bundesamt für Landwirtschaft
BUWAL	Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft

Abkürzungen	
BZ 1	Bergzone 1
BZ 2	Bergzone 2
BZ 2J	Bergzone 2 Jura
BZ 3	Bergzone 3
BZ 4	Bergzone 4
COD	Chemischer Sauerstoffbedarf
CST 95	Critical Surface Time (Version 95)
ESU	Gruppe Energie-Stoffe-Umwelt
eÜZ	erweiterte Übergangszone
FAL	Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau, Zürich-Reckenholz
FAT	Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik, Tänikon
FAW	Eidgenössische Forschungsanstalt für Obst-, Wein- und Gartenbau, Wädenswil
FE	Funktionelle Einheit
FiBL	Forschungsinstitut für biologischen Landbau
Fr.	Schweizer Franken
GE	Gesamt-Eutrophierung
GJ	Giga-Joule
GVE	Grossvieh-Einheit
ha	Hektare
Hum.Tox.	Humantoxizität
HZ	Voralpine Hügelzone
IP	Integrierte Produktion
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
IUL	Institut für Umweltschutz und Landwirtschaft, Liebefeld - Bern
KA	Kartoffeln
kWh	Kilowatt-Stunde
LBL	Landwirtschaftliche Beratungszentrale Lindau
LCA	Life Cycle Assessment (Ökobilanz)
LG	Lebendgewicht
LN	Landwirtschaftliche Nutzfläche
M	Mittelwert
MJ	Mega-Joule
OA	Offene Ackerfläche
öAF	Ökologische Ausgleichsfläche
ÖLN	Ökologischer Leistungsnachweis
Ozon	Ozonbildung (Sommer-Smog)
r	Korrelationskoeffizient
RAC	Eidgenössische Forschungsanstalt für Pflanzenbau, Changins
RAP	Eidgenössische Forschungsanstalt für Nutztiere, Posieux
(s)	Emission in den Boden
S3, S4	Betriebstypen in der Typologie FAT 1999
SBV	Schweizerischer Bauernverband
Simpl.	Vereinfacht
SM	Schwermetalle
SRVA	Service romand de vulgarisation agricole
tE	terrestrische Eutrophierung
TEAM	Programm für die Berechnung und Auswertung von Ökobilanzen

Abkürzungen (Fortsetzung)

Abkürzungen	
TJ	Tera-Joule
tÖT	Terrestrische Ökotoxizität
TS	Trockensubstanz
UCPTE	Union pour la coordination de la production et du transport de l'électricité
ÜZ	Übergangszone
VS	Versauerung
(w)	Emission in Oberflächengewässer
(wg)	Emission ins Grundwasser

Abbildungen

Abbildung	Titel	Seite
1	Ablaufschema einer Ökobilanz nach EN ISO 14040 ff. (1997)	18
2	Ausschöpfung nicht erneuerbarer Energieressourcen (FE: kg Milch)	49
3	Gesamt-Eutrophierung (FE: kg Milch)	50
4	Aquatische Ökotoxizität (FE: kg Milch)	51
5	Ausschöpfung nicht erneuerbarer Energieressourcen (FE: kg Fleisch)	53
6	Gesamt Eutrophierung (FE: kg Fleisch)	54
7	Aquatische Ökotoxizität (FE: kg Fleisch)	55
8	Ausschöpfung nicht erneuerbarer Energieressourcen (FE: kg Trockensubstanz aus dem Futterbau)	56
9	Gesamt Eutrophierung (FE: kg Trockensubstanz aus dem Futterbau)	57
10	Aquatische Ökotoxizität (FE: kg Trockensubstanz aus dem Futterbau)	58
11	Betriebsbezogene funktionelle Einheiten, in % des Durchschnitts (LN, erzeugte Nahrungsenergie, Rohertrag)	61
12	Gruppierung der Umweltwirkungen mittels Faktorenanalyse für die Produktgruppe Milch	63
13	Darstellung der Werte für jeden Faktor der 35 Betriebe mit einer Produktgruppe Milch	70

Tabellen

Tabelle	Titel	Seite
1	Produktgruppen eines Landwirtschaftsbetriebes	25
2	Betriebstypen und Produktgruppen	32
3	Betriebs- und Produktionsdaten	45
4	Direkte Stickstoffemissionen (NH ₃ , N ₂ O, NO ₃ ⁻) und lineare Korrelationskoeffizienten der flüssigen Stickstoffeinträge	47
5	Lineare Korrelationen (r) zwischen verschiedenen Kennzahlen und drei Referenzumweltwirkungen (ANE: Ausschöpfung nicht erneuerbarer Energien, GE: Gesamt-Eutrophierung, aÖt: aquatische Ökotoxizität)	60
6	Ergebnisse der Faktorenanalyse für die drei Produktgruppen und die in der Stichprobe am stärksten vertretenen Betriebstypen	62
7	Evaluation der Umweltwirkungen für die Produktgruppen Milch, Fleisch und Ackerbau	65
8	Evaluation der Umweltwirkungen pro Betriebstyp	66
9	Hauptursachen für die als «ungünstig» oder «sehr ungünstig» eingestuften Umweltwirkungen für die Produktgruppen Milch, Fleisch und Ackerbau und die Umweltwirkungen Ausschöpfung nicht erneuerbarer Energieressourcen (ANE), Gesamt-Eutrophierung (GE), terrestrische Ökotoxizität (tÖT) und aquatische Ökotoxizität (aÖT)	68
10	Hauptursachen für die als «ungünstig» oder «sehr ungünstig» eingestuften Umweltwirkungen für Landwirtschaftsbetriebe vom Typ 21 (Verkehrsmilch), neben den bereits in Tabelle 9 aufgeführten Ursachen	69
11	Daten, die für den auf Ökobilanzen basierenden Einsatz eines vereinfachten Werkzeugs (summarische Analyse) des Umweltmanagements notwendig sind (ANE: Ausschöpfung nicht erneuerbarer Energieressourcen, GE: Gesamt-Eutrophierung, tÖT: terrestrische Ökotoxizität, aÖT: aquatische Ökotoxizität, (simpl.): vereinfacht, SM: Schwermetalle)	75

Literatur

- AMMANN H., 2000. Persönliche Mitteilung, Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik (FAT), Tänikon.
- ASMAN W.A.H., 1992. Ammonia emission in Europe: updated emission and emission variations, Rep. 228471008, National Institute of Public Health and Environmental Protection, Bilthoven, Niederlande.
- BRAUN M., HURNI P., VON ALBERTINI N., 1993. Abschwemmung von Phosphor auf Grasland an zwei verschiedenen Standorten im Einzugsgebiet des Sempachersees. *Landw. Schweiz* 6 (10), 615-620.
- CHARLES R., 2000. Bilan écologique de l'exploitation biologique: Fixation de l'objectif et comparabilité. Internes Arbeitspapier, Eidgenössische Forschungsanstalt für Pflanzenbau (RAC), Changins.
- DESAULES A., STUDER K., 1993. Nationales Bodenbeobachtungsnetz (NABO): Messresultate 1985-1991, Schriftenreihe Umwelt Nr. 200, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), Bern.
- FRISCHKNECHT R., HOFSTETTER P., KNÖPFEL I., MÉNARD M., DONES R., ZOLLINGER E. (eds.), 1996. *Ökoinventare von Energiesystemen*, 3. Auflage, Gruppe Energie-Stoffe-Umwelt, Eidgenössische Technische Hochschule Zürich (ETHZ), Zürich.
- Gaillard, G., Crettaz, P., Hausheer, J., 1997. Umweltinventare der landwirtschaftlichen Inputs im Pflanzenbau. Schriftenreihe FAT Nr. 46.
- GAILLARD G., HAUSHEER J., 1999. Ökobilanz des Weizenanbaus, *Agrarforschung* 6 (1), 37-40.
- GARCIA J., NEMECEK Th., 2000. Umweltinventar landwirtschaftlicher Inputs und Prozesse: Aktualisierung und Erweiterung der Daten für die Erstellung von Energie- und Ökobilanzen in der Landwirtschaft, Interner Bericht, Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau (FAL), Zürich.
- GYSI Chr., GAILLARD G., 1999. Ökobilanzierung des Biobetriebs: Funktion, Systemwahl und -abgrenzung, Arbeitspapier, FAW, FAT, Wädenswil, Tänikon.
- GYSI Chr., SCHMID O., NEMECEK Th., 2000. Ökobilanzierung des Biobetriebs: Normwerte für IP- und Bio-Produktion, Arbeitspapier, FAW, FiBL, FAL, Wädenswil, Frick, Zürich.
- HAUSCHILD M., WENZEL H., 1998. Environmental assessment of products – Volume 2: scientific background, Chapman and Hall, London, Grossbritannien.
- HEIJUNGS R., GUINEE J.B., HUPPES G., LANKREIJER R.M., UDO DE HAES H.A., WEGENER SLEESWIJK A., ANSEMS A.M.A., EGGELS P.G., VAN DUIN R., GOEDE H.P., 1992. *Environmental Life Cycle Assessment of Products, Background and Guide*, Centre of Environmental Science (CML), Leiden, Niederlande.
- HEINZER L., GAILLARD G., DUX D., STETTLER C., 2001. Ökologische und ökonomische Bewertung von Bioenergieträgern, Schriftenreihe der FAT Nr. 52, Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik (FAT), Tänikon.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), 1996. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, OECD, Paris.
- ISO 14001 / CEN (European Committee for Standardisation), 1996. Environmental management systems – Specification with guidance for use.
- ISO 14021 / CEN (European Committee for Standardisation), 1999. Environmental labels and declarations – Self-declared environmental claims.

- ISO 14031 / CEN (European Committee for Standardisation), 1999. Environmental management – Environmental performance evaluation – Guidelines.
- ISO 14040 / CEN (European Committee for Standardisation), 1997. Environmental Management – Life Cycle Assessment: Principles and framework, International Standard EN ISO, Brüssel.
- ISO 14041 / CEN (European Committee for Standardisation), 1998. Environmental Management – Life Cycle Assessment: Goal and scope definition and life cycle inventory analysis, International Standard EN ISO, Brüssel.
- ISO 14042 / CEN (European Committee for Standardisation), 2000. Environmental Management – Life Cycle Assessment: Life cycle impact assessment, International Standard EN ISO, Brüssel.
- ISO 14043 / CEN (European Committee for Standardisation), 2000. Environmental Management – Life Cycle Assessment: Life cycle interpretation, International Standard EN ISO, Brüssel.
- Jolliet, O., Crettaz, P., 1997. Critical Surface-Time 95 - a life cycle impact assessment methodology including fate and exposure, ETH Lausanne, Institute of Soil and Water Management, Lausanne.
- KATZ P.E., 1996. Ammoniakemissionen nach der Gülleanwendung auf Grünland. Diss. 11382, Eidgenössische Technische Hochschule Zürich (ETHZ), Zürich.
- LCA NORDIC, 1995. Technical Report N° 10 an Special Report N° 1-2, TemaNord 1995:503, Nordic Council of Ministers, Kopenhagen, Dänemark.
- MARGNI M., 1997. Impact des pesticides sur la santé humaine et les écosystèmes: Evaluation par la méthode des écobilans, Nachdiplomarbeit, EPFL-DGR/IATE/HYDRAM und SRVA, Lausanne.
- MARGNI M., JOLLIET O., ROSSIER D., CRETATZ P., 2000. Life Cycle Impact Assessment of Pesticides on Human Health and Ecosystems, eingereicht bei Agriculture, Ecosystems and Environment.
- MEIER B., 2000. Neue Methoden für die Zentrale Auswertung: Ziele, Änderungen und Auswertungen, Informationstagung Agrarökonomie (Tagungsunterlagen), Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik (FAT), Tänikon.
- Menzi, H., Frick, R. und Kaufmann, R., 1997. Ammoniak-Emissionen in der Schweiz: Ausmass und technische Beurteilung des Reduktionspotentials. Schriftenreihe der FAL 26, Zürich-Reckenholz.
- MENZI H., KESSLER J., 1998. Heavy metal content of manure in Switzerland. In Martinez J. and Maudet M.N. (eds.): Proceedings of the 8th International Conference on the FAO ESCORNA.
- MINONZIO G., GRUB A., FUHRER J., 1998. Methan-Emissionen der schweizerischen Landwirtschaft, Schriftenreihe Umwelt Nr. 298, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), Bern.
- NEMECEK Th., 2000. Datenbank für landwirtschaftliche Ökobilanzen – Beschreibung des Systems « Betrieb » und Berechnungsprogramm basierend auf TEAM (ECOBILAN), Programm FAL, Version 1.10, Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau (FAL), Zürich.

- PFEFFERLI S., GRAF M., NEMECEK Th., GAILLARD G., 2001. Monitoring der Umweltwirkungen der Landwirtschaft mittels Zentraler Auswertung von Ergebnissen einzelbetrieblicher Ökobilanzen. Machbarkeitsstudie im Rahmen des Projekts «Zentrale Auswertung und Ökobilanzierung», FAT, FAL und LBL, Tänikon, Zürich und Lindau.
- PRASUHN V., BRAUN M., 1994. Abschätzung der Phosphor- und Stickstoffverluste aus diffusen Quellen in die Gewässer des Kantons Bern, Schriftenreihe der FAC Nr. 17, Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrikulturchemie und Umwelthygiene, Liebefeld-Bern.
- ROSSIER D., 1998. Ecobilan: Adaptation de la méthode écobilan pour la gestion environnementale de l'exploitation agricole, Service Romand de Vulgarisation Agricole (SRVA), Lausanne.
- ROSSIER D., 2000. Vereinfachte Beurteilung der potenziellen Umweltwirkungen der schweizerischen Landwirtschaft, SRVA, FAL, FAT, FiBL, LBL, BLW, Lausanne.
- STUDER K., 2000. Persönliche Mitteilung, Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau (FAL), Zürich.
- TUTKUN A., 2000. Persönliche Mitteilung, Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik (FAT), Tänikon.
- WALTHER U., 2000. Persönliche Mitteilung, Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau (FAL), Zürich.
- WALTHER U., RYSER J.-P., FLISH R., JEANGROS B., KESSLER W., SIEGENTHALER A., VUILLOUD P. A., 1994. Grundlagen für die Düngung im Acker- und Futterbau, Agrarforschung 1 (7), 1-40.
- WOLFENSBERGER U., DINKEL F., 1997. Beurteilung nachwachsender Rohstoffe, FAT, Carbotech, FAL, IUL, Tänikon, Basel, Zürich, Bern.
- ZIMMERMANN A., 1999. Erhebungsformular Ökobilanzierung, FAT, FAL, RAC, FAW, SRVA, LBL, FiBL, Tänikon, Zürich, Changins, Wädenswil, Lausanne, Lindau, Frick.

Verzeichnis der Anhänge

Erhebungsformular	2
Anhänge 4.2.2	2
Lineare Korrelationen	18
Anhänge 7.1	18
Betriebstypen gemäss Typologie FAT 99	19
Anhang 7.2.2.1	19
Umweltwirkung Milch	20
Anhänge 7.2.2.2a	20
Umweltwirkung Ackerbau	20
Anhänge 7.2.2.2b	20
Umweltwirkung Milch	21
Anhänge 7.3.1	21
Umweltwirkung Fleisch	29
Anhänge 7.3.2	29
Umweltwirkung Ackerbau	39
Anhänge 7.3.3	39
Umweltwirkung Futterbau	48
Anhänge 7.3.4	48
Umweltwirkung Obstbau	51
Anhänge 7.3.5	51
Umweltwirkung Weinbau	54
Anhänge 7.3.6	54
Gruppierung der Umweltwirkungen (basierend auf Faktoranalyse)	57
Anhänge 7.5.1	57

Anhang 4.2.2

Erhebungsformular Ökobilanzierung (FAT-FAL-RAC-FAW-SRVA-LBL-FiBL) (Projekte Ökobilanzen und Biolandbau / Zentrale Auswertung-Ökobilanzierung)

Version 7. Juli 99

Inhalt:

1. Allgemeine Angaben
- 2.1 Parzellenübersicht (Merkmale)
- 2.2 Parzellenübersicht (Nutzung)
3. Tierbestand
4. Gebäude und Einrichtungen
5. Fahrzeuge, Maschinen und Geräte

- 6.1 Inputs (Saatgut, Dünger)
- 6.2 Inputs (Tiere, Futtermittel)
- 6.3 Inputs (Pflanzenpflegemittel)
- 6.4 Inputs (Energie, Verschiedene)
7. Interne Lieferungen
8. Outputs
9. Weitere Angaben
10. Bestimmte Aktivitäten auf Parzellenebene

<u>Erhebungsperiode:</u>	1 Jahr (im Pflanzenbau 1 Anbaujahr, d.h. beginnend nach der Ernte der letztjährigen Hauptkultur).
<u>Allokation:</u>	Die Inputs sind entsprechend ihrer Verwendung den verschiedenen Betriebszweigen zuzuteilen. Auf der rechten Seite bestimmter Parzellen sind dazu Spalten vorgesehen (zutreffendes ankreuzen). Wird ein Input in mehreren Betriebszweigen verwendet (zu jeweils >5%), ist nach Möglichkeit die prozentuale Aufteilung abzuschätzen. Folgende Betriebszweige werden unterschieden: Ackerbau, Gemüsebau, Obstbau, Rebbau, NWR (Nicht-Nahrungsmittel), Milch, Fleisch. Systemgrenze ist der landwirtschaftliche Betrieb. Aufwendungen für ausserlandwirtschaftliche Erwerbszweige (z.B. Energie für Waldwirtschaft) sind vom Gesamtverbrauch abzuziehen.
<u>Datenqualität:</u>	Unterhalb der Tabellen ist die <u>Datenquelle</u> für die einzelnen Merkmale anzugeben. Zudem sind teilweise die <u>Vollständigkeit</u> (Anteil fehlende Werte) und die <u>Zuverlässigkeit</u> (Genauigkeit der Werte) abzuschätzen.
Datenquelle:	Vollständigkeit der Daten:
A = Buchhaltung	1 = vollständig
B = Formlar Biokontrolle	2 = einige fehlende Werte
C = Formular Ökonachweis	3 = viele fehlende Werte
D = Betriebsnetz SRVA	
E = Betriebsnetz LBL	Zuverlässigkeit der Daten:
F = Betriebsnetz ASA-AGRAR	1 = richtig (Abweichung 0% bis 10%)
G = Betriebsnetz VEGINCO	2 = vermutlich richtig (Abweichung 10% bis 30%)
H = Erhebung während Betriebsbesuch	3 = zweifelhaft (Abweichung über 30%)
I = Andere Quelle	
K = Feldebuch LBL	
<div style="display: inline-block; width: 20px; height: 10px; background-color: #d3d3d3; border: 1px solid black;"></div> = Im Projekt «Zentrale Auswertung – Ökobilanzierung» nicht zu erheben	

1. Allgemeine Angaben

Jahr

Betriebsnummer

Standort des Betriebes				Milchviehhaltung		Betriebsgrösse
Kanton ¹⁾	Produktionszone	Höhenlage	Klimaeignungszone	Milchkontingent	Durchschn. Milchleistung	
(Text)	(Code) ²⁾	(m.ü.M.)	(Code) ³⁾	(kg)	(kg/Kuh)	(ha LN)
Quelle: A	A	A	I	A	A	A
Vollst.:						
Zuverl.:						

	Arbeitskräfte		Fruchtfolge	Fruchtfolge 1: Hauptfruchtfolge, Fr.f. 2/3: allfällige Nebenfruchtfolgen; Zwischenkulturen nicht aufführen
	(Anzahl)	(Arb.tage/J.) ⁴⁾		
Familieneigene			Fruchtfolge 1	
Fremde			Fruchtfolge 2	
Total	–	–	Fruchtfolge 3	
Quelle:	A	A		H
Vollst.:				
Zuverl.:				

¹⁾ Für die Direktzahlungen zuständigen Kantone (Abk., z.B. AG)	²⁾ AbZ = Ackerbauzone UeZ = Übergangszone eUeZ = Erw. Übergangszone HZ = Hügelzone	BZ1 = Bergzone 1 BZ2 = Bergzone 2 BZ3 = Bergzone 3 BZ4 = Bergzone 4	³⁾ Klimaeignungszonen: A1 – A6, B1 – B6, C1 – C6, D1 – D6, E1 – E6, F, G, H. Wenn >1 Zone: weitere Zonen in Klammern aufführen, z.B. (+BZ3)	⁴⁾ Wenn Arbeitstage nicht vorhanden: Anzahl Arb.kräfte * 300
---	--	--	---	---

3. Tierbestand

Jahr:

Betriebsnummer:

Tierart (Text)	DGVE (pro Tier/Pl.) (Zahl)	Durchschn. Bestand (Eigene Tiere) (Tiere, Plätze)	Weide (ohne Alpung) (Tage)	Laufhof (Tage)	Aufstallungssystem (Code)	Alpung/Sömmerung				
						Fremde Tiere anwesend (Tiere) (Tage)		Fremde Tiere anwesend (Tiere) (Tage)		
Milchkuh	1	10	330		1.1					
Rinder über 2-jährig	0.6									
Stiere über 2-jährig	0.7									
Rinder 1- bis 2-jährig	0.4									
Stiere 1- bis 2-jährig	0.4									
Jungvieh weibl. 4 bis 12 Mt.	0.25									
Jungvieh männl. 4 bis 12 Mt.	0.25									
Aufzuchtälber weibl. bis 4 Mt.	0.1				3.					
Aufzuchtälber männl. bis 4 Mt.	0.03				3.					
Mutter-/Ammenkuh (ohne Kalb)	0.8									
Kälber von Mutter-/Ammenkühen	0.17									
Grossviehmast über 4 Mt.										
Kälber zur Gr.v.mast unter 4 Mt.	0.1				3.					
Mastkälber (Tiere)	0.03				3.					
Säugende Stuten mit Fohlen										
Andere Pferde über 3-jährig	0									
Andere Fohlen unter 3-jährig	0.4									
Maultiere/-esel jeden Alters	0.4									
Ponys, Kleinpferde jeden Alters	0.4									
Esel jeden Alters	0.25									
Schafe gemolken	0.25									
And. Schafe über 1-jährig, weibl.	0.17									
Widder über 1-jährig	0.17									
Schafe unter 1-jährig (ml.+wl.)	0.1									
Ziegen gemolken	0.2									
And. Ziegen über 1-jährig, weibl.	0.17									
Ziegenböcke über 1-jährig	0.12									
Ziegen unter 1-jährig (ml. + wl.)	0.12									
Säugende Zuchtsauen	0.45									
Nicht säug. Zuchtsauen üb. 6 Mt.	0.2									
Zuchteber	0.25									
Remonten u. Mastschw. (Plätze)	0.17									
Abgesetzte Ferkel (Plätze)	0.06									
Saugferkel	0									
Zuchthennen/-hähne (Lege/Mast)	0.01									
Legehennen	0.01									
Junghn./-hähne, Küken (o. Mast)	0.004									
Mastpoulets jeden Alters	0.004									
Truten jeden Alters	0.015									
Damhirsche jeden Alters	0.1									
Rothirsche jeden Alters	0.2									
Kanninchen (Zibben)	0.125									
Bienen (Anz. Völker)										
Quelle:		B	B/H		H			B/H		B/H
Vollst.:										
Zuverl.:										

4. Gebäude und Einrichtungen

Jahr: Betriebsnummer:

Gebäude (Ökonomie- gebäude, Maschinen- hallen, Lagerräume, Werkstätten, etc.; o. Wohn- haus)	Objekt (Text)	Grund- fläche (m ²)	First- höhe (m)	Bauart l = leicht m = massiv, vorw. Stein (Code)	Plätze/Lauffläche		Mittl. Alter (Jahre)	Allokation								
					Einheit z.B. GVE (-Plätze) (Einh.)	Anzahl Einheiten (Anz. Einh.)		Ackerbau	Gemüse	Obstbau	Rebbau	NWR	Milch	Fleisch		
Quelle:	H	H	H	H	H		H	H								
Vollst.:																
Zuverl.:																
Einrich- tungen	Objekt (Text)	Beschreibung (Code)	Grösse		Alter (Jahre)	Allokation										
			(Einh.)	(Anz. Einh.)		Ackerbau	Gemüse	Obstbau	Rebbau	NWR	Milch	Fleisch				
	Laufhof			m ²												
	Melkmaschine		1=Eimer-, 2=Rohranlage, 3=Melkstand													
	Abladeeinrichtung		1=Greifer, 2=Gebälse, 3=Keine													
	Rauhfutterlager unbelüftet			m ³												
	Rauhfutterlager belüftet			m ³												
	Silolager		1=Hochsilo, 2=Flachsilo	m ³												
	Entmistungsanlage		1=Schwemmentmistung, 2= Treibmistverfahren, 3= Schubstangen, 4=Ketten, 5=Schieber													
	Güllelager		1=Grube, 2=Silo gedeckt, 3=Silo unged.	m ³												
	Mistlager			m ²												
	Bewässerungsanlage			m ²												
	Feste Zäune			m												
Quelle:	H				H		H	H								
Vollst.:																
Zuverl.:																
Gewächs- häuser, Folien- tunnel	Objekt (Text)	Beschreibung (Code)	Grösse		Alter (Jahre)	Allokation										
			(Einh.)	(Anz. Einh.)		Ackerbau	Gemüse	Obstbau	Rebbau	NWR	Milch	Fleisch				
			1 = Mit festem Fundament 2 = Ohne festes Fundament, beheizt 3 = Ohne festes Fundament, unbeheizt	m ²												
				m ²												
				m ²												
				m ²												
				m ²												
				m ²												
Quelle:	B				B		H	H								
Vollst.:																
Zuverl.:																

6.1 Inputs (Saatgut, Dünger)

Jahr:

Betriebsnummer:

Zugeführtes Saat- und Pflanzgut				Allokation							
Kultur (Text)	Einheit (Einh.)	Menge (Anz. Einh.)	Art (Code) ¹⁾								
											Ack.bau
Quelle:	B	B	B								
Vollst.:											
Zuverl.:											

¹⁾ K = Konventionell
 B = Biologisch-Organisch
 D = Biologisch-Dynamisch

Zugeführte Dünger ¹⁾ + Einstreumaterial ²⁾						Allokation						
Name (Text)	Einheit (Einh.)	Menge (Anz. Einh.)	Gehalte (kg/Einheit)									
			N _{tot}	P ₂ O ₅	K ₂ O							
Quelle:	B	B	B	B	B							
Vollst.:												
Zuverl.:												

¹⁾ Mineralische und organ. Handelsdünger, Kompost, u.a.

²⁾ Stroh, u.a.

Klärschlammanalyse	Einheit	Cadmium	Kobalt	Chrom	Kupfer	Quecksilber	Molybdän	Nickel	Blei	Zink
Datum:										
Quelle:	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
Vollst.:										
Zuverl.:										

6.2 Inputs (Tiere, Futtermittel)

Jahr:

Betriebsnummer:

Zugeführte Tiere				Allokation						
Tierkategorie (Text)	Tiere (Anzahl)	Mittl. Gewicht (kg/Tier)		Ack.bau	Gemüse	Obstbau	Rebbau	NWR	Milch	Fleisch
Quelle:	H	H	H	H						
Vollst.:										
Zuverl.:										

Zugeführte Futtermittel				Allokation						
Name (Text)	Einheit (Einh.)	Menge (Anz. Einh.)	Art ¹⁾ (Code)	Ack.bau	Gemüse	Obstbau	Rebbau	NWR	Milch	Fleisch
Quelle:	B	B	H	H						
Vollst.:										
Zuverl.:										

¹⁾ K = aus konventionellem Anbau,
B = aus biologischem Anbau

9. Weitere Angaben

Jahr:

Betriebsnummer:

Zeitpunkt der Gülleausbringung (Anteile der gesamten Gülle in %)		Systeme der Gülleausbringung (Anteile der gesamten Gülle in %)		Allokation						
Jahreszeit (%)		Jahreszeit (%)		Ack.bau	Gemüse	Obstbau	Rebbau	NWR	Milch	Fleisch
Juni, Juli und August		Fass oder Verschlauchung								
Übrige Monate		", Einarbeiten innerhalb 24 h								
Tageszeit (%)		", auf vorher gelockerten Boden								
Morgen bis Nachmittag		Schleppschauch								
Abend		Schleppschuh								
Zeitpunkt der Mistausbringung (Anteile des gesamten Mistes in %)		Flache Injektion								
Jahreszeit (%)		Tiefe Injektion								
Jahreszeit (%)		Andere								
Juni, Juli und August		Systeme der Mistausbringung								
Übrige Monate		(Anteile des gesamten Mistes in %)								
Tageszeit (%)		Ohne Einarbeiten								
Morgen bis Nachmittag		Einarbeiten innerhalb 24 h								
Abend		Einarbeiten innerhalb 4 h								
Quelle:	H		H	H						
Vollst.:										
Zuverl.:										

Mittlere Verdünnung der Gülle (Teile Gülle: Teile Wasser)	
1:	
Quelle:	H
Vollst.:	
Zuverl.:	

Anteil der Mais-/Rübenfläche, bei der die Mulchsaatechnik angewendet wird (% der Fläche)		
	Mais	Rüben
Quelle:	H	H
Vollst.:		
Zuverl.:		

Arbeiten mit gemieteten Maschinen oder durch Dritte ausgeführt				Allokation						
Massnahme z.B. «Pflügen» (Text)	Verwendete Maschinen (z.B. «Traktor 50 kW + 4-S-Pflug») (Text)	Einheit (z.B. h, ha)	Menge (Anz. Einh.)	Ack.bau	Gemüse	Obstbau	Rebbau	NWR	Milch	Fleisch
Quelle:	H	H	H	H						
Vollst.:										
Zuverl.:										

10. Bestimmte Aktivitäten auf Parzellenebene

Jahr: Betriebsnummer:

Parzelle Nr.1 Tieracher: Sommerweizen, 2,3 ha

Saat- und Erntedaten (Mt., Jahr)	
	Ernte Vorkultur (Mais)
	Saat Zwischenkultur (Phacelia)
	Ernte Zwischenkultur
	Saat Hauptkultur (Sommerweizen)
	Ernte Hauptkultur
Quelle:	H
Vollst.:	
Zuverl.:	

Bodenbearbeitung			
Datum (Mt., Jahr)	Bearbeitungsgerät (Text)	Bearb.-tiefe (cm)	Fahrten (Saatbettbereit.) (Anz.)
Quelle:	H	H	H
Vollst.:			
Zuverl.:			

Düngung (Mineral- und Hofdünger)				
Datum (Mt., Jahr)	Düngerart (Text)	Einheit (Einh.)	Menge (Anz. Einh.)	Gehalt N _{tot} (kg/Einh.)
Quelle:	H		H	H
Vollst.:				
Zuverl.:				

Pflanzenbehandlungs- und -pflegemittel			
Datum (Mt., Jahr)	Mittel (Handelsname) (Text)	Einheit (Einh.)	Menge (Anz. Einh.)
	H		H

Parzelle Nr.: , ha

Saat- und Erntedaten (Mt., Jahr)	
	Ernte Vorkultur ()
	Saat Zwischenkultur ()
	Ernte Zwischenkultur
	Saat Hauptkultur ()
	Ernte Hauptkultur

Bodenbearbeitung			
Datum (Mt., Jahr)	Bearbeitungsgerät (Text)	Bearb.-tiefe (cm)	Fahrten (Saatbettbereit.) (Anz.)

Düngung (Mineral- und Hofdünger)				
Datum (Mt., Jahr)	Düngerart (Text)	Einheit (Einh.)	Menge (Anz. Einh.)	Gehalt N _{tot} (kg/Einh.)

Pflanzenbehandlungs- und -pflegemittel			
Datum (Mt., Jahr)	Mittel (Handelsname) (Text)	Einheit (Einh.)	Menge (Anz. Einh.)

Codeliste Kulturen

Getreide

Winterweizen	WW
Sommerweizen	SW
Winterroggen	WR
Sommerroggen	SR
Wintergerste	WG
Sommergerste	SG
Winterhafer	WH
Sommerhafer	SH
Wintertriticale	WT
Sommertriticale	ST
Div. Winterbrotgetr. (inkl. Korn, Mischungen)	WBG
Div. Sommerbrotgetr. (inkl. Mischungen)	SBG
Div. Winterfuttergetr. (inkl. Mischungen)	WFG
Div. Sommerfuttergetr. (inkl. Mischungen)	SFG
Wintergetreide und Körnerleguminosen	WGK
Sommergetreide und Körnerleguminosen	SGK

Hackfrüchte

Mais: Körnermais, CCM, Kolbenschrot	KM
Mais: Silomais, Trockenwürfel	SM
Raps: Winterraps	WRA
Raps: Sommerraps	SRA
Kartoffeln: Früh-/Lager-	KA
Kartoffeln: Industrie-	IKA
Rüben: Zuckerrüben	ZR
Rüben: Futterrüben	FR
Sonnenblumen	SOB
Lein	LE
Kenaf	KEN
Hanf	HA
Diverse Hackfrüchte	HF

Körnerleguminosen

Winterackerbohnen	WAB
Sommerackerbohnen	SAB
Eiweisserbsen	EE
Soja	SO
Diverse Körnerleguminosen	KL

Kunstwiesen

Kunstwiese: Klee-/Luzernegras	KW
Kunstwiese: z.B. Saatgutproduktion	SKW

Zwischenfrucht, Gründüngung, Untersaat

Zwischenfrucht ohne Leguminosen	ZF
Zwischenfrucht leguminosenhaltig	ZFL
Untersaat	US

Stillgelegte Ackerfläche

Grünbrache	GB
Diverse Brachen	BRA

Gemüse

Bohnen: Busch-/Maschinen-	BB
Erbsen: Industrie-	ER
Fenchel	FE
Karoten: Lager-	KAR
Karoten: Industrie-	IKR
Kohl: Weiss-	WKO
Kohl: Rot-	RKO
Kohl: Wirz	WI
Kohl: Diverse	KOH
Kürbis	KUE
Lauch	LA
Mais: Zuckermais	ZM

Mangold	MAN
Randen: Lager-	RN
Randen: Industrie-	IRN
Salat (diverse)	SA
Sellerie: Diverse	SE
Sellerie: Industrie	ISE
Spinat	SP
Zwiebeln	Z
Diverse Gemüse	G
Frischgemüse	FRG
Lagergemüse	LAG
Verarbeitungsgemüse	VEG

Obstbau

Apfel	AEE
Aprikose	APR
Birne	BI
Kirsche	KI
Pfirsich	PFI
Pflaume, Zwetschge	PFL
Diverses Obst	OB

Weinbau

Reben	REB
-------	-----

Beeren, Kiwi

Brombeeren	BRO
Erdbeeren	ERD
Heidelbeeren	HEI
Himbeeren	HB
Holunder	HOL
Rote/weisse Johannisbeeren	JOH
Schwarze Joh.beeren (Cassis)	CA
Jostabeeren	JOS
Kiwi	KIW
Minikiwi	MKI
Preiselbeeren	PB
Stachelbeeren	STB
Diverse Beeren	BEE

Heil- und Gewürzpflanzen

Heilkräuter	HKR
Gewürzkräuter	GKR
Küchenkräuter	KUK

Übrige Dauerkulturen

Chinaschilf	CS
Christbaum	CB
Hopfen	HO
Wildstauden	WST
Diverse Dauerkulturen	DKD

Einjährige gärtnerische Freilandkulturen

Blumen	BLU
Setzlinge	GAS

Vermehrung von Dauerkulturen

Forstpflanzen ausserh. Forstzone	BFO
Ziersträucher/-gehölze	BZI
Beeren, Obst, Reben	BOB
Vermehrung übrige Dauerkulturen	VDK

Pilze

Diverse Pilze	PI
---------------	----

Lineare Korrelationen (r) zwischen der Ausschöpfung nicht erneuerbarer Energie-ressourcen (ANE) und den Umweltwirkungen Treibhauseffekt, Ozonbildung und Humantoxizität (pro Produktgruppe)

	Milch	Fleisch	Ackerbau
	ANE	ANE	ANE
Treibhauseffekt	0.95	0.97	0.95
Ozonbildung	0.95	0.82	0.95
Humantoxizität	0.96	0.97	0.99

Anhang 7.1a

Lineare Korrelationen (r) zwischen den Umweltwirkungen Versauerung (Vs), terrestrische Eutrophierung (tE), aquatische Eutrophierung (aE) und Gesamt-Eutrophierung (GE) (pro Produktgruppe)

	Milch			Fleisch			Ackerbau		
	Vs	tE	GE	Vs	tE	GE	Vs	tE	GE
tE	0.99			0.99			0.99		
GE	0.74	0.75		0.83	0.81		0.76	0.78	
aE	0.68	0.68	0.74	0.13	0.13	0.43	0.87	0.87	0.9

Anhang 7.1b

Lineare Korrelationen (r) zwischen den Umweltwirkungen terrestrische Ökotoxizität (tÖT) und aquatische Ökotoxizität (aÖT) (pro Produktgruppe)

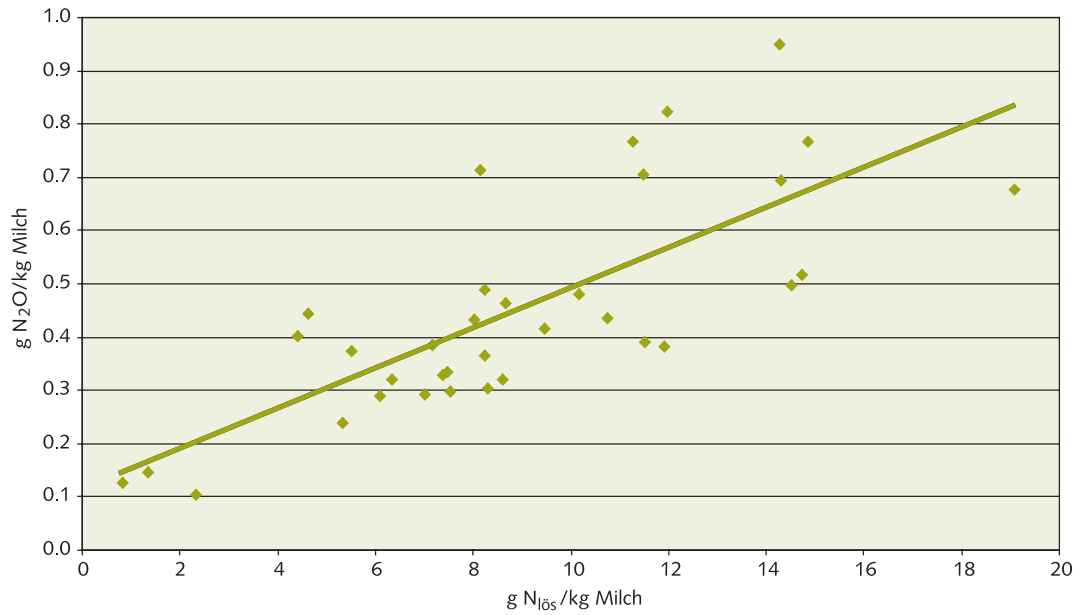
	Milch	Fleisch	Ackerbau
	aÖT	aÖT	aÖT
tÖT	0.68	0.79	0.6

Anhang 7.1c

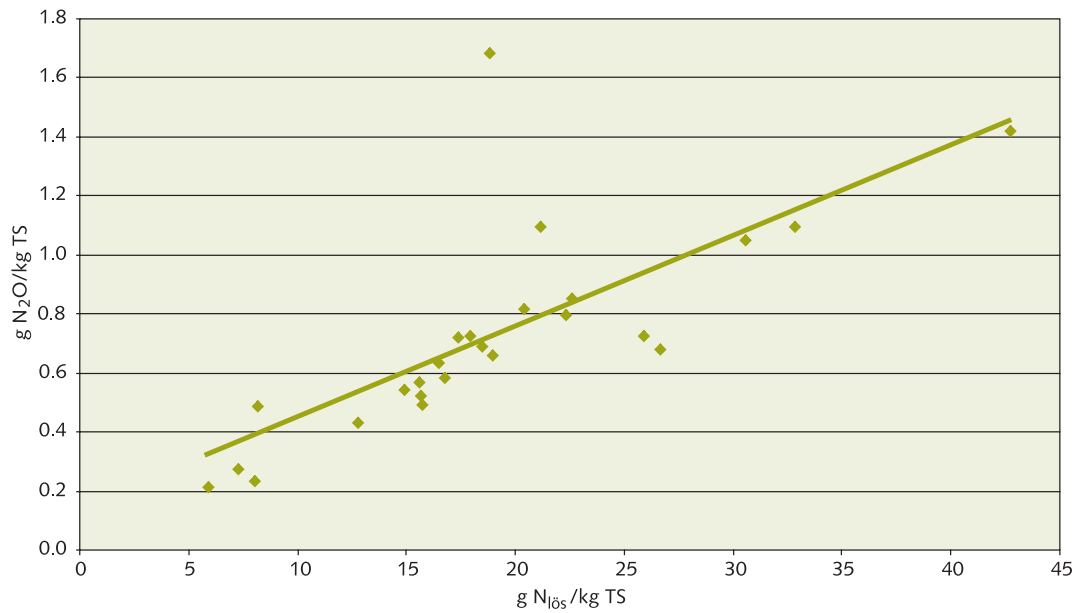
Betriebstypen nach der Typologie FAT 99, Varianten S3 und S4		
S3	S4	Beschreibung
		Gemüsebau
11	11	Ackerbau
12		Spezialkulturen:
	13	– Gemüseanbau/Gartenbau
	14	– Obstbau
	15	– Weinbau
	16	– andere Spezialkulturen
		Tierproduktion
		Rindvieh
21	21	Verkehrsmilch
22	22	Mutterkühe
23	23	Anderes Rindvieh
31	31	Pferde/Schafe/Ziegen
41		Veredlung:
	42	– Schweine
	43	– Geflügel
	44	– andere Veredlung
		Kombiniert
51	51	Kombiniert Verkehrsmilch/Ackerbau
52	52	Kombiniert Mutterkühe
53	53	Kombiniert Veredlung
54		Kombiniert Andere:
	55	– kombiniert andere/Verkehrsmilch
	56	– kombiniert andere/Rindvieh
	57	– kombiniert nicht zuweisbar
11	18	Anzahl Betriebstypen

Anhang 7.2.2.1

Korrelation zwischen Stickstoffdüngung (löslicher Stickstoff) und N₂O-Emissionen pro kg Milch
Anhang 7.2.2.2a



Korrelation zwischen Stickstoffdüngung (löslicher Stickstoff) und N₂O-Emissionen pro kg Trockensubstanz
Anhang 7.2.2.2b



MJ Äquivalent/kg Milch

Betriebsnummer	Betrieb	Gebäude	Maschinen	Energie-träger	Dünger	Pestizide	Saatgut	Futtermittel	Andere Inputs
31	3.728	1.188	0.754	1.609	0.057	0.001	0.010	0.103	0.007
17	3.971	0.757	0.688	2.055	0.125	0.001	0.014	0.309	0.022
32	3.989	1.219	0.615	1.649	0.112	0.008	0.038	0.071	0.277
10	4.306	1.205	0.668	2.377	0.006	0.001	0.018	0.018	0.013
30	4.663	1.510	0.809	2.160	0.048	0.000	0.083	0.043	0.009
24	4.828	1.187	1.009	1.739	0.319	0.001	0.092	0.314	0.169
35	4.867	1.958	1.039	1.670	0.081	0.013	0.022	0.084	0.000
23	4.956	1.485	1.568	1.030	0.549	0.001	0.041	0.271	0.011
22	4.957	2.249	0.850	0.906	0.710	0.000	0.043	0.195	0.004
27	5.006	0.961	0.490	2.982	0.102	0.000	0.034	0.364	0.072
28	5.203	0.918	1.584	1.919	0.326	0.000	0.040	0.396	0.019
9	5.449	1.567	0.893	2.260	0.388	0.001	0.122	0.196	0.023
29	5.491	1.480	0.942	2.288	0.484	0.000	0.116	0.142	0.039
14	5.513	1.999	0.750	2.413	0.000	0.001	0.000	0.282	0.069
3	5.676	2.124	1.470	1.712	0.055	0.001	0.000	0.300	0.014
16	5.762	1.329	1.604	2.417	0.000	0.002	0.000	0.400	0.009
19	5.871	1.779	1.035	2.812	0.007	0.001	0.002	0.226	0.008
26	6.057	2.067	1.211	2.294	0.302	0.001	0.056	0.115	0.010
11	6.071	1.990	1.042	2.525	0.189	0.001	0.095	0.217	0.011
8	6.436	2.118	1.782	2.320	0.102	0.002	0.033	0.043	0.036
13	6.457	3.081	0.740	2.306	0.000	0.001	0.005	0.323	0.003
34	6.482	2.160	1.148	1.813	0.507	0.000	0.016	0.813	0.024
12	6.947	2.582	1.172	3.019	0.000	0.001	0.021	0.087	0.066
2	7.346	1.781	1.272	3.793	0.035	0.001	0.000	0.448	0.016
15	7.711	2.818	1.219	3.354	0.164	0.001	0.013	0.114	0.029
5	7.897	2.876	1.992	2.583	0.000	0.001	0.026	0.254	0.165
4	8.279	3.483	0.947	3.688	0.000	0.001	0.004	0.149	0.007
7	8.382	1.931	1.607	4.093	0.000	0.001	0.041	0.696	0.013
6	8.589	3.184	1.436	2.643	0.705	0.001	0.104	0.366	0.150
18	9.524	3.064	1.528	3.484	0.274	0.001	0.060	1.097	0.015
1	9.875	3.820	1.781	3.885	0.049	0.001	0.022	0.302	0.015
20	10.446	3.010	1.094	5.900	0.000	0.002	0.003	0.359	0.078
25	11.211	1.766	2.163	5.467	1.095	0.001	0.112	0.604	0.004
21	12.291	4.083	2.643	5.174	0.042	0.001	0.002	0.235	0.112
33	12.348	4.497	2.710	4.748	0.000	0.000	0.139	0.224	0.031
Mittel	6.760	2.149	1.264	2.774	0.195	0.001	0.041	0.290	0.044

Ausschöpfung nicht erneuerbarer Energie-ressourcen (Produktgruppe Milch)
Anhang 7.3.1a

Anhang 7.3.1b: Umweltwirkungen der Produktgruppe Milch (1)

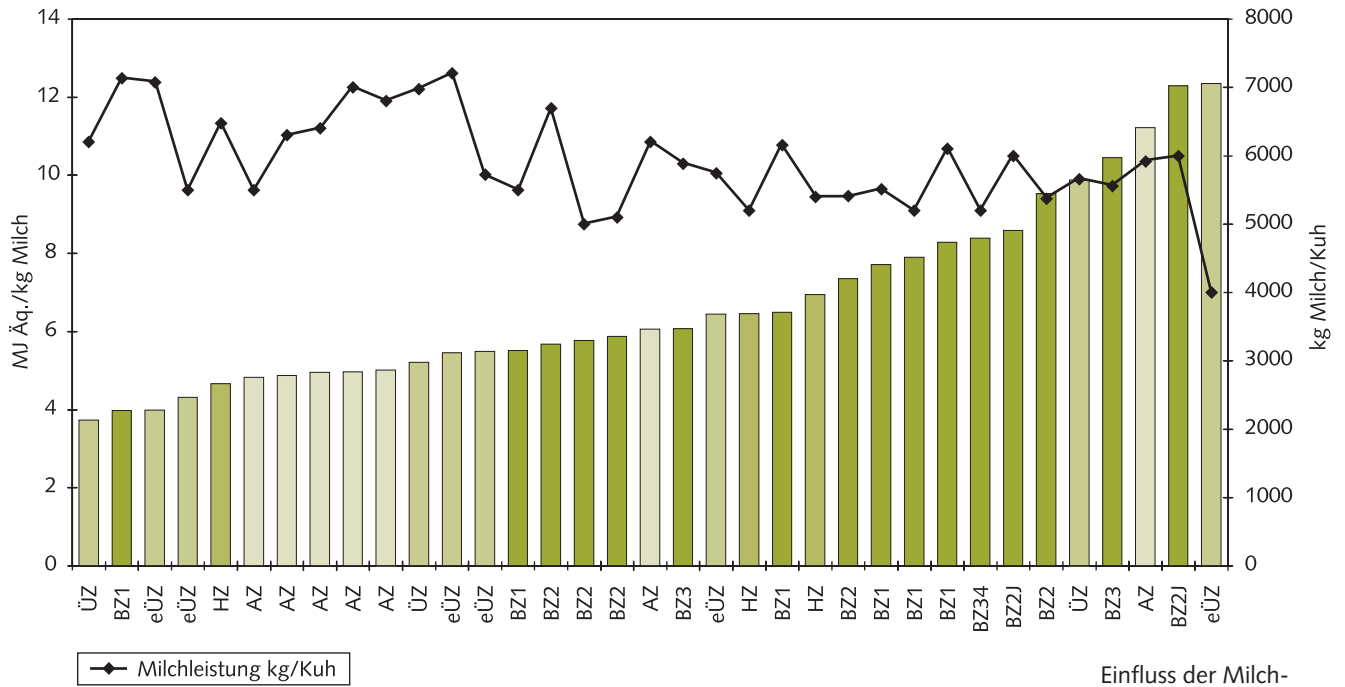
Betriebsnummer	31	17	32	10	30	24	35	23	22	27	28	9
Ozonbildung (kg C₂H₄ Äquivalent/kg Milch)												
(a) NMVOC	1.40E-04	1.30E-04	1.37E-04	1.59E-04	1.62E-04	1.95E-04	1.60E-04	2.29E-04	1.93E-04	1.66E-04	2.37E-04	1.74E-04
(a) Methan (CH ₄)	1.74E-04	1.07E-04	1.18E-04	1.69E-04	1.32E-04	1.38E-04	1.50E-04	1.64E-04	1.23E-04	1.34E-04	1.65E-04	1.51E-04
(a) Stickoxide (NO _x)	7.34E-04	6.61E-04	6.41E-04	7.65E-04	7.81E-04	9.27E-04	7.09E-04	1.18E-03	9.15E-04	8.38E-04	1.27E-03	8.51E-04
Übrige Emissionen	9.07E-06	1.41E-05	1.09E-05	1.15E-05	1.25E-05	1.45E-05	1.23E-05	1.64E-05	1.50E-05	1.35E-05	1.54E-05	1.57E-05
Total	1.06E-03	9.12E-04	9.07E-04	1.10E-03	1.09E-03	1.27E-03	1.03E-03	1.59E-03	1.25E-03	1.15E-03	1.69E-03	1.19E-03
Treibhauseffekt 500 Jahre (kg CO₂ Äquivalent/kg Milch)												
(a) Kohlendioxid (CO ₂ , fossil)	1.80E-01	1.84E-01	1.93E-01	2.06E-01	2.23E-01	2.31E-01	2.34E-01	2.54E-01	2.59E-01	2.28E-01	2.58E-01	2.54E-01
(a) Perfluorierte Kohlenwasserstoffe (C ₂ F ₆ , CF ₄)	3.15E-05	3.37E-05	3.28E-05	3.71E-05	3.97E-05	4.30E-05	4.16E-05	3.86E-05	4.80E-05	4.39E-05	4.26E-05	4.65E-05
(a) Methan (CH ₄)	9.92E-02	6.13E-02	6.77E-02	9.66E-02	7.55E-02	7.87E-02	8.56E-02	9.38E-02	7.02E-02	7.68E-02	9.44E-02	8.65E-02
(a) Lachgas (N ₂ O)	7.42E-02	7.89E-02	6.19E-02	1.75E-02	4.94E-02	7.35E-02	4.92E-02	8.18E-02	5.58E-02	5.05E-02	7.08E-02	8.45E-02
Total	3.53E-01	3.24E-01	3.23E-01	3.20E-01	3.48E-01	3.83E-01	3.69E-01	4.29E-01	3.85E-01	3.55E-01	4.23E-01	4.25E-01
Bodenversauerung (kg SO₂ Äquivalent/kg Milch)												
(a) Ammoniak (NH ₃)	1.70E-02	1.08E-02	1.19E-02	7.42E-03	1.08E-02	8.74E-03	1.01E-02	1.21E-02	9.68E-03	8.52E-03	1.16E-02	1.60E-02
(a) Versch. (HCl, HF, H ₂ S)	1.86E-05	1.96E-05	2.25E-05	2.22E-05	2.41E-05	2.10E-05	2.46E-05	1.99E-05	2.30E-05	2.61E-05	2.27E-05	2.76E-05
(a) Stickoxide (NO _x)	6.17E-04	5.56E-04	5.39E-04	6.44E-04	6.57E-04	7.80E-04	5.96E-04	9.91E-04	7.70E-04	7.05E-04	1.07E-03	7.16E-04
(a) Schwefeldioxid (SO ₂)	1.26E-03	1.13E-03	1.37E-03	1.35E-03	1.58E-03	1.47E-03	1.81E-03	1.76E-03	1.95E-03	1.42E-03	1.56E-03	1.80E-03
Total	1.89E-02	1.25E-02	1.39E-02	9.44E-03	1.30E-02	1.10E-02	1.25E-02	1.49E-02	1.24E-02	1.07E-02	1.42E-02	1.85E-02
Aquatische Eutrophierung (kg PO₄ Äquivalent/kg Milch)												
(w) Ammoniak (NH ₃)	1.08E-06	1.54E-06	1.21E-06	9.70E-07	1.27E-06	2.87E-06	1.39E-06	3.11E-06	2.53E-06	1.52E-06	2.70E-06	2.53E-06
(w) COD (chemischer Sauerstoffbedarf)	8.47E-08	9.12E-08	8.04E-08	9.82E-08	1.02E-07	1.27E-07	1.04E-07	1.40E-07	1.20E-07	1.06E-07	1.42E-07	1.15E-07
(w) Phosphat (PO ₄ ³⁻)	1.80E-04	1.61E-04	1.32E-04	4.24E-05	1.16E-04	1.62E-04	1.09E-04	2.00E-04	1.34E-04	1.96E-04	1.52E-04	1.60E-04
Total	1.81E-04	1.62E-04	1.33E-04	4.35E-05	1.18E-04	1.65E-04	1.11E-04	2.03E-04	1.36E-04	1.97E-04	1.55E-04	1.63E-04
Terrestrische Eutrophierung (kg PO₄ Äquivalent/kg Milch)												
(a) Ammoniak (NH ₃)	3.17E-03	2.01E-03	2.22E-03	1.38E-03	2.00E-03	1.63E-03	1.88E-03	2.26E-03	1.80E-03	1.59E-03	2.16E-03	2.98E-03
(a) Stickoxide (NO _x)	1.15E-04	1.03E-04	1.00E-04	1.20E-04	1.22E-04	1.45E-04	1.11E-04	1.84E-04	1.43E-04	1.31E-04	1.99E-04	1.33E-04
(a) Phosphor (P)	1.73E-07	3.70E-07	1.69E-07	8.58E-08	1.38E-07	4.59E-07	1.59E-07	4.73E-07	3.71E-07	5.97E-07	3.11E-07	3.65E-07
Total	3.28E-03	2.12E-03	2.32E-03	1.50E-03	2.13E-03	1.77E-03	1.99E-03	2.44E-03	1.95E-03	1.72E-03	2.36E-03	3.11E-03
Gesamteutrophierung (kg PO₄ Äquivalent/kg Milch)												
(a) Ammoniak (NH ₃)	3.17E-03	2.01E-03	2.22E-03	1.38E-03	2.00E-03	1.63E-03	1.88E-03	2.26E-03	1.80E-03	1.59E-03	2.16E-03	2.98E-03
(a) Stickoxide (NO _x)	1.15E-04	1.03E-04	1.00E-04	1.20E-04	1.22E-04	1.45E-04	1.11E-04	1.84E-04	1.43E-04	1.31E-04	1.99E-04	1.33E-04
Versch. ((a) P, (w) NH ₃ , (w) PO ₄ ³⁻ , (w) PO ₄ ³⁻ , (w) COD (chemischer Sauerstoffbedarf))	2.22E-04	2.02E-04	1.73E-04	1.03E-04	1.64E-04	2.21E-04	1.54E-04	2.41E-04	1.75E-04	2.27E-04	2.11E-04	2.16E-04
(w) Nitrat (NO ₃ ⁻)	4.33E-03	1.79E-03	2.04E-03	3.19E-03	2.60E-03	1.87E-03	2.89E-03	1.03E-03	2.89E-03	2.43E-03	3.12E-03	2.89E-03
Total	7.83E-03	4.11E-03	4.54E-03	4.79E-03	4.89E-03	3.86E-03	5.04E-03	3.72E-03	5.01E-03	4.37E-03	5.69E-03	6.21E-03
Terrestrische Ökotoxizität (g Zn Boden Äquivalent/kg Milch)												
(a) Versch. ML	2.73E-04	2.34E-04	2.98E-04	2.85E-04	3.44E-04	3.19E-04	4.08E-04	3.91E-04	4.44E-04	2.82E-04	3.31E-04	3.91E-04
(s) Versch. SM	1.32E-04	1.64E-04	9.88E-04	5.74E-05	5.60E-05	4.81E-04	1.58E-04	7.73E-04	8.67E-04	3.74E-04	7.64E-04	2.34E-03
(s) Pestizide	1.10E-06	1.75E-06	3.40E-05	3.45E-08	4.76E-07	6.74E-05	2.02E-05	1.09E-05	5.90E-06	2.98E-05	5.49E-05	4.64E-05
(a) Arsen (As)	7.78E-06	2.32E-05	6.50E-06	2.07E-06	4.87E-06	2.78E-05	7.29E-06	2.90E-05	1.98E-05	3.20E-05	1.67E-05	1.89E-05
(s) Cadmium (Cd)	4.10E-04	9.23E-04	5.46E-04	3.46E-05	1.74E-04	1.63E-03	5.76E-04	4.09E-03	1.51E-03	1.97E-03	3.18E-03	1.51E-03
(s) Kobalt (Co)	5.90E-04	4.11E-04	2.75E-04	1.09E-06	2.47E-04	2.76E-03	1.90E-04	4.28E-03	3.06E-03	3.18E-03	2.60E-03	2.10E-03
(s) Kupfer (Cu)	2.37E-04	1.63E-03	2.89E-03	1.02E-04	9.59E-05	6.19E-04	1.06E-03	3.71E-04	5.95E-04	1.18E-03	1.03E-03	4.74E-03
(s) Quecksilber (Hg)	1.54E-04	5.82E-04	7.38E-04	7.57E-05	5.81E-05	2.54E-04	3.73E-04	1.80E-04	2.13E-04	3.85E-04	5.46E-04	1.08E-03
(s) Nickel (Ni)	1.64E-04	4.36E-04	7.83E-04	5.65E-05	8.98E-05	5.91E-04	3.28E-04	8.99E-04	8.62E-04	4.75E-04	9.77E-04	1.61E-03
(s) Zink (Zn)	2.74E-03	2.44E-02	2.80E-02	1.64E-03	1.17E-03	8.76E-03	1.60E-02	4.71E-03	2.79E-02	1.74E-02	1.16E-02	3.20E-02
Total	4.71E-03	2.88E-02	3.45E-02	2.25E-03	2.24E-03	1.55E-02	1.91E-02	1.57E-02	3.55E-02	2.53E-02	2.11E-02	4.59E-02
Aquatische Ökotoxizität (g Zn Wasser Äquivalent/kg Milch)												
(a) Verschiedene SM	2.92E-03	2.64E-03	3.19E-03	3.16E-03	3.70E-03	3.36E-03	4.24E-03	3.88E-03	4.42E-03	3.28E-03	3.54E-03	4.20E-03
(s) Cadmium (Cd)	1.03E-02	2.31E-02	1.37E-02	8.66E-04	4.35E-03	4.06E-02	1.44E-02	1.02E-01	3.77E-02	4.92E-02	7.95E-02	3.77E-02
(s) Kupfer (Cu)	1.13E-03	7.74E-03	1.38E-02	4.87E-04	4.57E-04	2.95E-03	5.04E-03	1.76E-03	2.83E-03	5.60E-03	4.90E-03	2.25E-02
(s) Pestizide	5.61E-04	2.18E-03	1.89E-03	2.67E-07	2.49E-04	1.48E-03	1.45E-03	1.72E-03	7.26E-04	2.47E-03	4.37E-04	8.40E-04
(s) Quecksilber (Hg)	5.05E-03	1.91E-02	2.42E-02	2.48E-03	1.90E-03	8.34E-03	1.22E-02	5.92E-03	6.99E-03	1.26E-02	1.79E-02	3.55E-02
(w) Cadmium (Cd++)	3.67E-03	5.49E-03	3.56E-03	3.13E-03	3.83E-03	7.09E-03	4.24E-03	7.71E-03	7.20E-03	7.83E-03	6.14E-03	6.32E-03
(w) Verschiedene SM	3.77E-03	4.30E-03	4.36E-03	4.37E-03	4.77E-03	4.66E-03	4.87E-03	4.36E-03	4.67E-03	5.81E-03	4.81E-03	5.74E-03
(w) Phosphat (PO ₄ ³⁻)	1.80E-03	1.61E-03	1.32E-03	4.24E-04	1.16E-03	1.62E-03	1.09E-03	2.00E-03	1.34E-03	1.96E-03	1.52E-03	1.60E-03
(w) Quecksilber (Hg+, Hg++)	2.25E-03	6.23E-03	1.63E-03	1.75E-04	1.11E-03	7.94E-03	1.53E-03	8.37E-03	5.87E-03	1.04E-02	4.80E-03	5.55E-03
(w) Öle	3.82E-03	3.82E-03	3.72E-03	4.29E-03	4.64E-03	5.45E-03	4.94E-03	6.12E-03	5.59E-03	4.51E-03	5.96E-03	5.20E-03
(w) Phenol	3.19E-03	3.15E-03	3.15E-03	3.55E-03	3.89E-03	4.60E-03	4.21E-03	5.05E-03	4.75E-03	3.76E-03	4.85E-03	4.40E-03
(w) Verschiedene	3.89E-05	4.35E-05	4.56E-05	4.56E-05	4.96E-05	4.68E-05	5.04E-05	4.34E-05	4.73E-05	5.87E-05	4.90E-05	5.89E-05
(s) Verschiedene SM	1.68E-03	6.92E-03	1.46E-02	8.82E-04	7.06E-04	5.78E-03	4.80E-03	5.62E-03	1.33E-02	6.50E-03	7.77E-03	2.65E-02
Total	4.01E-02	8.63E-02	8.91E-02	2.39E-02	3.08E-02	9.40E-02	6.31E-02	1.55E-01	9.54E-02	1.14E-01	1.42E-01	1.56E-01
Humantoxizität (g Pb Luft Äquivalent/kg Milch)												
(a) Cadmium (Cd)	4.16E-01	3.32E-01	4.54E-01	4.19E-01	5.21E-01	4.85E-01	6.38E-01	6.25E-01	7.18E-01	3.92E-01	4.97E-01	5.92E-01
(a) Blei (Pb)	2.09E-01	2.44E-01	2.34E-01	2.46E-01	2.77E-01	2.58E-01	2.95E-01	2.89E-01	3.08E-01	2.73E-01	2.79E-01	3.26E-01
(a) Quecksilber (Hg)	2.39E-01	2.54E-01	2.61E-01	2.87E-01	3.07E-01	2.67E-01	3.14E-01	2.44E-01	2.74E-01	3.39E-01	2.93E-01	3.48E-01
(a) Nickel (Ni)	1.71E-01	1.40E-01	1.86E-01	1.74E-01	2.14E-01	2.00E-01	2.59E-01	2.53E-01	2.89E-01	1.67E-01	2.06E-01	2.43E-01
(a) Schwefeldioxid (SO ₂)	9.45E-03	8.45E-03	1.03E-02	1.02E-02	1.19E-02	1.10E-02	1.36E-02	1.32E-02	1.46E-02	1.06E-02	1.17E-02	1.35E-02
(w) Nitrat (NO ₃ ⁻)	3.68E-02	1.52E-02	1.74E-02	2.71E-02	2.21E-02	1.59E-02	2.46E-02	8.78E-03	2.45E-02	2.06E-02	2.65E-02	2.45E-02
Verschiedene	8.97E-03	1.12E-02	9.48E-03	6.84E-03	8.37E-03	2.06E-02	8.74E-03	2.64E-02	2.12E-02	2.32E-02	2.05E-02	2.05E-02
Total	1.09E+00	1.00E+00	1.17E+00	1.17E+00	1.36E+00	1.26E+00	1.55E+00	1.46E+00	1.65E+00	1.23E+00	1.33E+00	1.57E+00

Anhang 7.3.1.b: Umweltwirkungen der Produktgruppe Milch (2)

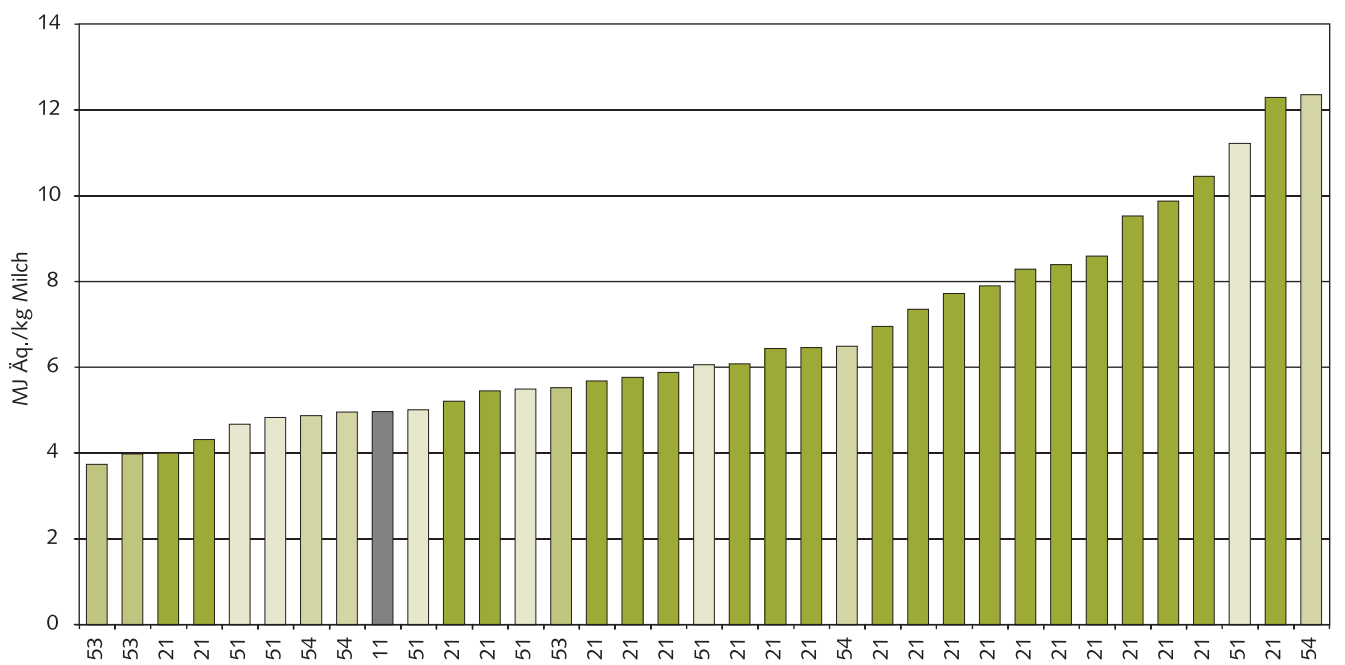
Betriebsnummer	29	14	3	16	19	26	11	8	13	34	12	2
Ozonbildung (kg C₂H₄ Äquivalent/kg Milch)												
(a) NMVOC	2.47E-04	2.07E-04	2.27E-04	1.92E-04	1.60E-04	2.08E-04	2.09E-04	2.08E-04	2.23E-04	2.29E-04	2.33E-04	2.52E-04
(a) Methan (CH ₄)	1.48E-04	1.82E-04	1.72E-04	2.11E-04	1.47E-04	1.20E-04	1.58E-04	1.34E-04	1.41E-04	1.99E-04	1.96E-04	1.84E-04
a) Stickoxide (NO _x)	1.20E-03	1.01E-03	1.01E-03	8.92E-04	7.10E-04	9.98E-04	1.00E-03	9.24E-04	9.77E-04	1.16E-03	1.05E-03	1.11E-03
Übrige Emissionen	2.40E-05	1.35E-05	2.03E-05	1.87E-05	1.47E-05	1.61E-05	1.52E-05	1.91E-05	1.77E-05	1.78E-05	1.86E-05	3.30E-05
Total	1.62E-03	1.41E-03	1.43E-03	1.31E-03	1.03E-03	1.34E-03	1.38E-03	1.28E-03	1.36E-03	1.61E-03	1.50E-03	1.58E-03
Treibhauseffekt 500 Jahre (kg CO₂ Äquivalent/kg Milch)												
(a) Kohlendioxid (CO ₂ , fossil)	2.79E-01	2.64E-01	2.87E-01	2.74E-01	2.68E-01	2.90E-01	2.90E-01	3.08E-01	3.15E-01	3.07E-01	3.31E-01	3.58E-01
(a) Perfluorierte Kohlenwasserstoffe (C ₂ F ₆ , CF ₄)	4.12E-05	4.56E-05	4.46E-05	4.90E-05	5.28E-05	5.20E-05	5.21E-05	5.51E-05	5.27E-05	5.29E-05	5.94E-05	6.04E-05
(a) Methan (CH ₄)	8.47E-02	1.04E-01	9.85E-02	1.20E-01	8.42E-02	6.86E-02	9.03E-02	7.68E-02	8.06E-02	1.14E-01	1.12E-01	1.05E-01
(a) Lachgas (N ₂ O)	1.15E-01	7.54E-02	5.70E-02	6.82E-02	4.07E-02	6.48E-02	5.45E-02	8.77E-02	6.53E-02	1.21E-01	6.66E-02	1.18E-01
Total	4.79E-01	4.43E-01	4.42E-01	4.63E-01	3.93E-01	4.24E-01	4.35E-01	4.73E-01	4.61E-01	5.42E-01	5.10E-01	5.81E-01
Bodenversauerung (kg SO₂ Äquivalent/kg Milch)												
(a) Ammoniak (NH ₃)	2.41E-02	2.25E-02	1.22E-02	1.62E-02	8.37E-03	1.42E-02	1.08E-02	2.15E-02	9.88E-03	1.09E-02	1.69E-02	2.96E-02
(a) Versch. (HCl, HF, H ₂ S)	2.24E-05	2.72E-05	2.55E-05	2.88E-05	3.24E-05	3.05E-05	3.13E-05	3.28E-05	3.20E-05	3.00E-05	3.58E-05	3.52E-05
(a) Stickoxide (NO _x)	1.01E-03	8.49E-04	8.51E-04	7.51E-04	5.97E-04	8.40E-04	8.43E-04	7.77E-04	8.22E-04	9.79E-04	8.82E-04	9.36E-04
(a) Schwefeldioxid (SO ₂)	1.69E-03	1.88E-03	2.04E-03	1.85E-03	1.96E-03	2.16E-03	2.12E-03	2.30E-03	2.45E-03	2.26E-03	2.44E-03	2.20E-03
Total	2.68E-02	2.52E-02	1.51E-02	1.88E-02	1.10E-02	1.73E-02	1.38E-02	2.46E-02	1.32E-02	1.42E-02	2.02E-02	3.28E-02
Aquatische Eutrophierung (kg PO₄ Äquivalent/kg Milch)												
(a) Ammoniak (NH ₃)	2.93E-06	1.25E-06	1.61E-06	1.29E-06	1.14E-06	2.31E-06	1.87E-06	1.59E-06	1.41E-06	3.19E-06	1.51E-06	1.98E-06
(w) COD (chemischer Sauerstoffbedarf)	1.63E-07	1.27E-07	1.49E-07	1.30E-07	1.08E-07	1.32E-07	1.31E-07	1.40E-07	1.43E-07	1.48E-07	1.50E-07	1.87E-07
(w) Phosphat (PO ₄ ³⁻)	2.19E-04	1.65E-04	1.48E-04	2.25E-04	1.01E-04	1.70E-04	1.53E-04	1.93E-04	1.59E-04	2.52E-04	1.60E-04	2.43E-04
Total	2.22E-04	1.67E-04	1.49E-04	2.26E-04	1.02E-04	1.72E-04	1.55E-04	1.94E-04	1.61E-04	2.56E-04	1.62E-04	2.45E-04
Terrestrische Eutrophierung (kg PO₄ Äquivalent/kg Milch)												
(a) Ammoniak (NH ₃)	4.48E-03	4.18E-03	2.28E-03	3.02E-03	1.56E-03	2.65E-03	2.01E-03	4.01E-03	1.84E-03	2.03E-03	3.14E-03	5.52E-03
(a) Stickoxide (NO _x)	1.88E-04	1.58E-04	1.58E-04	1.39E-04	1.11E-04	1.56E-04	1.56E-04	1.44E-04	1.53E-04	1.82E-04	1.64E-04	1.74E-04
(a) Phosphor (P)	2.35E-07	3.94E-07	4.26E-07	6.49E-07	3.11E-07	3.18E-07	1.83E-07	1.27E-07	4.72E-07	8.62E-07	2.25E-07	3.54E-07
Total	4.67E-03	4.34E-03	2.43E-03	3.16E-03	1.67E-03	2.81E-03	2.17E-03	4.15E-03	1.99E-03	2.21E-03	3.30E-03	5.69E-03
Gesamteutrophierung (kg PO₄ Äquivalent/kg Milch)												
(a) Ammoniak (NH ₃)	4.48E-03	4.18E-03	2.28E-03	3.02E-03	1.56E-03	2.65E-03	2.01E-03	4.01E-03	1.84E-03	2.03E-03	3.14E-03	5.52E-03
(a) Stickoxide (NO _x)	1.88E-04	1.58E-04	1.58E-04	1.39E-04	1.11E-04	1.56E-04	1.56E-04	1.44E-04	1.53E-04	1.82E-04	1.64E-04	1.74E-04
Versch. ((a) P, (w) NH ₃ , (w) PO ₄ ³⁻ , (w) COD (chemischer Sauerstoffbedarf))	2.83E-04	2.55E-04	2.03E-04	3.37E-04	1.55E-04	2.20E-04	2.85E-04	2.75E-04	2.24E-04	3.23E-04	2.90E-04	3.82E-04
(w) Nitrat (NO ₃ ⁻)	2.70E-03	1.37E-03	1.01E-03	1.24E-03	2.10E-03	2.07E-03	1.99E-03	2.28E-03	2.05E-03	2.32E-03	9.22E-04	1.09E-03
Total	7.65E-03	5.96E-03	3.64E-03	4.73E-03	3.92E-03	5.10E-03	4.44E-03	6.70E-03	4.26E-03	4.85E-03	4.51E-03	7.17E-03
Terrestrische Ökotoxizität (g Zn Boden Äquivalent/kg Milch)												
(a) Versch. ML	3.80E-04	4.09E-04	4.64E-04	3.98E-04	4.19E-04	4.72E-04	4.58E-04	5.13E-04	5.58E-04	4.92E-04	5.39E-04	4.77E-04
(s) Versch. SM	6.50E-04	1.89E-04	2.62E-04	4.18E-04	1.41E-04	4.46E-04	1.44E-03	1.02E-03	4.08E-05	5.26E-04	2.57E-05	6.32E-04
(s) Pestizide	1.71E-05	2.10E-05	5.31E-05	1.11E-04	2.14E-06	2.88E-06	1.38E-06	7.34E-08	1.38E-06	3.69E-06	1.09E-06	1.19E-06
(a) Arsen (As)	1.59E-08	2.37E-05	2.57E-05	3.89E-05	1.70E-05	1.24E-05	7.48E-06	3.25E-06	2.64E-05	5.93E-05	1.01E-05	1.99E-05
(s) Cadmium (Cd)	4.36E-04	1.03E-03	1.11E-03	1.85E-03	5.31E-04	1.28E-03	1.70E-03	4.75E-04	8.47E-04	4.61E-03	2.15E-04	1.11E-03
(s) Kobalt (Co)	1.21E-03	8.40E-04	1.90E-03	3.89E-03	6.39E-04	1.87E-03	7.62E-05	2.55E-05	1.71E-05	3.77E-04	3.41E-04	1.69E-04
(s) Kupfer (Cu)	2.25E-04	3.55E-04	3.51E-04	3.43E-04	3.01E-04	4.31E-04	2.85E-03	2.10E-03	2.45E-04	9.51E-04	4.56E-05	1.44E-03
(s) Quecksilber (Hg)	1.50E-04	1.92E-04	2.40E-04	2.15E-04	2.42E-04	1.38E-04	1.07E-03	6.26E-04	1.49E-04	4.26E-04	4.33E-05	1.08E-03
(s) Nickel (Ni)	2.90E-04	9.61E-05	2.93E-04	3.50E-04	1.43E-04	4.65E-04	1.15E-03	6.22E-04	-3.82E-06	7.70E-04	2.05E-05	6.61E-04
(s) Zink (Zn)	2.70E-03	4.58E-03	2.36E-03	-5.59E-04	4.18E-03	4.77E-03	2.39E-02	1.54E-02	3.35E-03	1.31E-02	6.76E-04	1.61E-02
Total	6.05E-03	7.73E-03	7.06E-03	7.06E-03	6.62E-03	9.88E-03	3.26E-02	2.08E-02	5.23E-03	2.13E-02	1.92E-03	2.17E-02
Aquatische Ökotoxizität (g Zn Wasser Äquivalent/kg Milch)												
(a) Verschiedene SM	3.91E-03	4.35E-03	4.72E-03	4.33E-03	4.64E-03	4.96E-03	4.89E-03	5.41E-03	5.72E-03	5.08E-03	5.73E-03	5.23E-03
(s) Cadmium (Cd)	1.09E-02	2.57E-02	2.78E-02	4.63E-02	1.33E-02	3.19E-02	4.24E-02	1.19E-02	2.12E-02	1.15E-01	5.38E-03	2.77E-02
(s) Kupfer (Cu)	1.07E-03	1.69E-03	1.67E-03	1.63E-03	1.43E-03	2.05E-03	1.36E-02	9.98E-03	1.17E-03	4.53E-03	2.17E-04	6.84E-03
(s) Pestizide	5.50E-04	1.84E-03	1.40E-03	1.80E-03	1.14E-03	8.07E-04	4.60E-04	1.33E-05	2.40E-03	5.78E-03	5.11E-04	1.67E-03
(s) Quecksilber (Hg)	4.91E-03	6.30E-03	7.88E-03	7.06E-03	7.93E-03	4.52E-03	3.51E-02	2.05E-02	4.89E-03	1.40E-02	1.42E-03	3.53E-02
(w) Cadmium (Cd++)	5.69E-03	6.56E-03	7.30E-03	8.96E-03	5.77E-03	6.39E-03	5.09E-03	4.85E-03	7.46E-03	1.16E-02	5.83E-03	7.36E-03
(w) Verschiedene SM	4.65E-03	5.71E-03	5.40E-03	6.35E-03	6.59E-03	6.16E-03	6.18E-03	6.39E-03	6.61E-03	6.88E-03	7.09E-03	7.28E-03
(w) Phosphat (PO ₄ ³⁻)	2.19E-03	1.65E-03	1.48E-03	2.25E-03	1.01E-03	1.70E-03	1.53E-03	1.93E-03	1.59E-03	2.52E-03	1.60E-03	2.43E-03
(w) Quecksilber (Hg+, Hg++)	3.24E-03	6.16E-03	6.95E-03	1.13E-02	4.08E-03	4.39E-03	1.52E-03	3.07E-04	6.49E-03	1.56E-02	2.07E-03	4.79E-03
(w) Öle	6.84E-03	5.74E-03	6.66E-03	5.69E-03	5.03E-03	6.08E-03	6.00E-03	6.48E-03	6.80E-03	6.68E-03	6.95E-03	7.85E-03
(w) Phenol	5.58E-03	4.83E-03	5.54E-03	4.74E-03	4.30E-03	5.14E-03	5.06E-03	5.50E-03	5.79E-03	5.63E-03	5.92E-03	6.43E-03
(w) Verschiedene	4.74E-05	5.82E-05	5.46E-05	6.41E-05	6.81E-05	6.34E-05	6.42E-05	6.66E-05	6.74E-05	6.79E-05	7.36E-05	7.47E-05
(s) Verschiedene SM	4.10E-03	2.61E-03	2.48E-03	2.86E-03	2.14E-03	4.05E-03	1.73E-02	1.21E-02	1.17E-03	6.35E-03	3.23E-04	9.40E-03
Total	5.37E-02	7.32E-02	7.93E-02	1.03E-01	5.74E-02	7.82E-02	1.39E-01	8.55E-02	7.13E-02	2.00E-01	4.31E-02	1.22E-01
Humantoxizität (g Pb Luft Äquivalent/kg Milch)												
(a) Cadmium (Cd)	5.84E-01	6.27E-01	7.29E-01	5.90E-01	6.20E-01	7.29E-01	7.00E-01	7.90E-01	8.80E-01	7.67E-01	8.24E-01	6.94E-01
(a) Blei (Pb)	3.60E-01	3.08E-01	3.72E-01	3.61E-01	3.53E-01	3.61E-01	3.53E-01	4.12E-01	4.03E-01	3.65E-01	4.23E-01	5.25E-01
(a) Quecksilber (Hg)	2.82E-01	3.49E-01	3.26E-01	3.75E-01	4.19E-01	3.84E-01	3.95E-01	4.20E-01	4.05E-01	3.73E-01	4.59E-01	4.61E-01
(a) Nickel (Ni)	2.40E-01	2.57E-01	2.96E-01	2.45E-01	2.56E-01	2.98E-01	2.87E-01	3.23E-01	3.57E-01	3.13E-01	3.38E-01	2.89E-01
(a) Schwefeldioxid (SO ₂)	1.27E-02	1.41E-02	1.53E-02	1.39E-02	1.47E-02	1.62E-02	1.59E-02	1.73E-02	1.84E-02	1.69E-02	1.83E-02	1.65E-02
(w) Nitrat (NO ₃ ⁻)	2.29E-02	1.16E-02	8.55E-03	1.05E-02	1.78E-02	1.76E-02	1.69E-02	1.94E-02	1.74E-02	1.97E-02	7.84E-03	9.30E-03
Verschiedene	1.46E-02	1.50E-02	1.80E-02	2.63E-02	1.29E-02	1.70E-02	1.27E-02	1.09E-02	1.34E-02	2.16E-02	1.23E-02	1.48E-02
Total	1.52E+00	1.58E+00	1.77E+00	1.62E+00	1.69E+00	1.82E+00	1.78E+00	1.99E+00	2.09E+00	1.88E+00	2.08E+00	2.01E+00

Anhang 7.3.1.b: Umweltwirkungen der Produktgruppe Milch (3)

Betriebsnummer	15	5	4	7	6	18	1	20	25	21	33	Mittel
Ozonbildung (kg C₂H₄ Äquivalent/kg Milch)												
(a) NMVOC	2.73E-04	3.16E-04	2.35E-04	3.43E-04	2.93E-04	3.83E-04	3.42E-04	3.06E-04	3.97E-04	5.06E-04	5.17E-04	2.45E-04
(a) Methan (CH ₄)	1.65E-04	1.77E-04	1.93E-04	1.67E-04	1.09E-04	2.42E-04	2.27E-04	2.37E-04	2.20E-04	1.52E-04	2.43E-04	1.67E-04
(a) Stickoxide (NO _x)	1.17E-03	1.30E-03	1.08E-03	1.72E-03	1.47E-03	1.88E-03	1.60E-03	1.30E-03	2.06E-03	1.82E-03	2.37E-03	1.15E-03
Übrige Emissionen	2.61E-05	2.77E-05	1.92E-05	2.52E-05	2.26E-05	3.07E-05	2.72E-05	3.27E-05	3.64E-05	3.59E-05	3.54E-05	2.03E-05
Total	1.64E-03	1.82E-03	1.53E-03	2.26E-03	1.89E-03	2.53E-03	2.20E-03	1.88E-03	2.71E-03	2.51E-03	3.16E-03	1.58E-03
Treibhauseffekt 500 Jahre (kg CO₂ Äquivalent/kg Milch)												
(a) Kohlendioxid (CO ₂ , fossil)	3.75E-01	3.96E-01	3.85E-01	4.10E-01	3.99E-01	4.70E-01	4.78E-01	4.83E-01	5.26E-01	6.32E-01	6.21E-01	3.27E-01
(a) Perfluorierte Kohlenwasserstoffe (C ₂ F ₆ , CF ₄)	6.35E-05	6.34E-05	7.29E-05	6.85E-05	7.19E-05	7.62E-05	8.30E-05	9.26E-05	1.01E-04	1.40E-04	9.92E-05	5.80E-05
(a) Methan (CH ₄)	9.44E-02	1.01E-01	1.10E-01	9.54E-02	6.23E-02	1.38E-01	1.30E-01	1.35E-01	1.26E-01	8.69E-02	1.39E-01	9.55E-02
(a) Lachgas (N ₂ O)	5.16E-02	2.50E-02	1.31E-01	8.33E-02	1.61E-01	1.31E-01	1.40E-01	5.46E-02	1.20E-01	6.33E-02	2.13E-02	7.61E-02
Total	5.21E-01	5.22E-01	6.26E-01	5.89E-01	6.23E-01	7.39E-01	7.48E-01	6.73E-01	7.71E-01	7.82E-01	7.81E-01	4.99E-01
Bodenversauerung (kg SO₂ Äquivalent/kg Milch)												
(a) Ammoniak (NH ₃)	1.16E-02	6.97E-03	2.89E-02	1.35E-02	1.96E-02	2.43E-02	3.41E-02	2.05E-02	1.35E-02	1.10E-02	8.67E-03	1.50E-02
(a) Versch. (HCl, HF, H ₂ S)	3.75E-05	3.61E-05	4.54E-05	3.99E-05	4.09E-05	4.39E-05	4.98E-05	5.65E-05	5.44E-05	5.07E-05	5.84E-05	3.28E-05
(a) Stickoxide (NO _x)	9.87E-04	1.09E-03	9.11E-04	1.45E-03	1.24E-03	1.58E-03	1.35E-03	1.10E-03	1.73E-03	1.53E-03	1.99E-03	9.64E-04
(a) Schwefeldioxid (SO ₂)	2.66E-03	2.81E-03	3.04E-03	2.55E-03	2.97E-03	3.14E-03	3.55E-03	3.30E-03	3.22E-03	4.03E-03	4.36E-03	2.27E-03
Total	1.53E-02	1.09E-02	3.29E-02	1.75E-02	2.38E-02	2.90E-02	3.91E-02	2.49E-02	1.85E-02	1.66E-02	1.51E-02	1.82E-02
Aquatische Eutrophierung (kg PO₄ Äquivalent/kg Milch)												
(w) Ammoniak (NH ₃)	2.25E-06	1.99E-06	1.61E-06	2.02E-06	5.38E-06	3.54E-06	2.44E-06	2.20E-06	5.63E-06	3.57E-06	3.01E-06	2.24E-06
(w) COD (chemischer Sauerstoffbedarf)	1.83E-07	2.07E-07	1.53E-07	2.12E-07	1.89E-07	2.43E-07	2.19E-07	2.15E-07	2.62E-07	3.71E-07	3.15E-07	1.60E-07
(w) Phosphat (PO ₄ ³⁻)	1.21E-04	1.05E-04	2.79E-04	2.81E-04	2.43E-04	2.54E-04	3.13E-04	1.15E-04	2.40E-04	1.64E-04	7.77E-05	1.75E-04
Total	1.23E-04	1.07E-04	2.80E-04	2.83E-04	2.48E-04	2.58E-04	3.16E-04	1.17E-04	2.46E-04	1.68E-04	8.10E-05	1.77E-04
Terrestrische Eutrophierung (kg PO₄ Äquivalent/kg Milch)												
(a) Ammoniak (NH ₃)	2.15E-03	1.30E-03	5.38E-03	2.51E-03	3.65E-03	4.52E-03	6.35E-03	3.81E-03	2.51E-03	2.05E-03	1.61E-03	2.79E-03
(a) Stickoxide (NO _x)	1.83E-04	2.03E-04	1.69E-04	2.69E-04	2.30E-04	2.93E-04	2.51E-04	2.03E-04	3.21E-04	2.84E-04	3.70E-04	1.79E-04
(a) Phosphor (P)	2.94E-07	3.72E-07	3.49E-07	7.06E-07	5.07E-07	5.74E-07	4.63E-07	2.32E-07	7.61E-07	4.27E-07	3.80E-07	3.78E-07
Total	2.34E-03	1.50E-03	5.55E-03	2.78E-03	3.88E-03	4.81E-03	6.60E-03	4.02E-03	2.83E-03	2.33E-03	1.99E-03	2.97E-03
Gesamteutrophierung (kg PO₄ Äquivalent/kg Milch)												
(a) Ammoniak (NH ₃)	2.15E-03	1.30E-03	5.38E-03	2.51E-03	3.65E-03	4.52E-03	6.35E-03	3.81E-03	2.51E-03	2.05E-03	1.61E-03	2.79E-03
(a) Stickoxide (NO _x)	1.83E-04	2.03E-04	1.69E-04	2.69E-04	2.30E-04	2.93E-04	2.51E-04	2.03E-04	3.21E-04	2.84E-04	3.70E-04	1.79E-04
Versch. ((a) P, (w) NH ₃ , (w) PO ₄ ³⁻ , (w) PO ₄ ³⁻ , (w) COD (chemischer Sauerstoffbedarf))	2.12E-04	2.10E-04	3.41E-04	4.24E-04	3.78E-04	3.88E-04	4.07E-04	2.60E-04	3.16E-04	2.91E-04	1.23E-04	3.78E-07
(w) Nitrat (NO ₃ ⁻)	6.20E-04	3.21E-03	1.26E-03	2.30E-03	6.93E-03	3.27E-03	3.59E-03	1.38E-04	1.25E-03	1.07E-03	1.83E-03	2.22E-03
Total	3.17E-03	4.92E-03	7.15E-03	5.50E-03	1.12E-02	8.47E-03	1.06E-02	4.41E-03	4.39E-03	3.70E-03	3.94E-03	5.44E-03
Terrestrische Ökotoxizität (g Zn Boden Äquivalent/kg Milch)												
(a) Versch. ML	5.95E-04	6.40E-04	6.70E-04	5.36E-04	6.64E-04	6.90E-04	7.91E-04	6.96E-04	6.54E-04	8.98E-04	9.74E-04	4.97E-04
(s) Versch. SM	9.98E-05	3.89E-04	2.27E-04	8.38E-04	1.70E-04	9.71E-04	5.08E-04	9.05E-04	1.86E-03	1.38E-05	4.96E-04	5.55E-04
(s) Pestizide	1.74E-05	4.78E-05	1.99E-05	4.70E-06	1.61E-06	2.18E-06	2.92E-05	1.42E-07	1.38E-05	1.17E-06	4.22E-05	1.91E-05
(a) Arsen (As)	1.38E-05	2.05E-05	1.65E-05	3.97E-05	3.08E-05	3.49E-05	2.14E-05	5.51E-06	4.08E-05	2.48E-05	1.62E-05	2.01E-05
(s) Cadmium (Cd)	5.05E-04	8.12E-04	7.05E-04	2.31E-03	1.65E-03	2.28E-03	1.23E-03	7.66E-04	1.06E-02	6.03E-04	8.91E-04	1.54E-03
(s) Kobalt (Co)	8.64E-04	2.56E-03	1.46E-03	2.13E-03	1.89E-05	1.38E-03	1.90E-03	2.20E-05	3.12E-03	1.19E-04	1.75E-03	1.33E-03
(s) Kupfer (Cu)	1.08E-04	5.14E-04	2.52E-04	1.74E-03	3.47E-04	2.11E-03	8.43E-04	1.93E-03	1.40E-03	1.32E-04	8.16E-04	9.82E-04
(s) Quecksilber (Hg)	5.08E-05	4.43E-04	1.64E-04	1.24E-03	1.10E-04	1.53E-03	5.97E-04	1.50E-03	6.78E-04	6.94E-05	5.48E-04	4.61E-04
(s) Nickel (Ni)	1.02E-04	4.44E-04	1.39E-04	7.93E-04	6.62E-04	1.16E-03	5.11E-04	9.55E-04	2.02E-03	2.24E-05	4.85E-04	5.55E-04
(s) Zink (Zn)	7.27E-04	4.06E-03	2.82E-03	1.94E-02	5.76E-03	2.45E-02	8.09E-03	2.11E-02	2.01E-02	2.22E-03	1.03E-02	1.10E-02
Total	3.08E-03	9.93E-03	6.48E-03	2.90E-02	9.41E-03	3.46E-02	1.45E-02	2.79E-02	4.05E-02	4.10E-03	1.63E-02	1.70E-02
Aquatische Ökotoxizität (g Zn Wasser Äquivalent/kg Milch)												
(a) Verschiedene SM	6.25E-03	6.55E-03	7.16E-03	5.87E-03	6.89E-03	7.24E-03	8.30E-03	7.82E-03	7.35E-03	9.31E-03	1.01E-02	5.27E-03
(s) Cadmium (Cd)	1.26E-02	2.03E-02	1.76E-02	5.78E-02	4.11E-02	5.70E-02	3.07E-02	1.91E-02	2.64E-01	1.51E-02	2.23E-02	3.86E-02
(s) Kupfer (Cu)	5.16E-04	2.45E-03	1.20E-03	8.27E-03	1.65E-03	1.00E-02	4.01E-03	9.21E-03	6.68E-03	6.29E-04	3.89E-03	4.67E-03
(s) Pestizide	6.92E-04	3.14E-04	6.04E-04	3.49E-03	2.76E-03	3.07E-03	1.15E-03	1.18E-04	3.29E-03	1.78E-03	2.58E-04	1.43E-03
(s) Quecksilber (Hg)	1.66E-03	1.45E-02	5.38E-03	4.06E-02	3.59E-03	5.02E-02	1.96E-02	4.91E-02	2.22E-02	2.27E-03	1.80E-02	1.51E-02
(w) Cadmium (Cd++)	7.08E-03	8.13E-03	7.39E-03	1.11E-02	9.68E-03	1.09E-02	9.70E-03	7.43E-03	1.38E-02	1.22E-02	1.08E-02	7.35E-03
(w) Verschiedene SM	7.53E-03	7.31E-03	9.02E-03	8.62E-03	8.51E-03	9.19E-03	1.00E-02	1.11E-02	1.16E-02	1.05E-02	1.16E-02	6.76E-03
(w) Phosphat (PO ₄ ³⁻)	1.21E-03	1.05E-03	2.79E-03	2.81E-03	2.43E-03	2.54E-03	3.13E-03	1.15E-03	2.40E-03	1.64E-03	7.77E-04	1.75E-03
(w) Quecksilber (Hg+, Hg++)	3.38E-03	5.09E-03	3.95E-03	1.17E-02	7.55E-03	8.69E-03	5.99E-03	7.37E-04	1.18E-02	5.23E-03	3.62E-03	5.44E-03
(w) Öle	8.22E-03	9.30E-03	7.46E-03	9.02E-03	8.70E-03	1.06E-02	1.01E-02	9.54E-03	1.09E-02	1.58E-02	1.41E-02	7.10E-03
(w) Phenol	6.88E-03	7.86E-03	6.43E-03	7.36E-03	7.48E-03	8.77E-03	8.56E-03	8.05E-03	8.96E-03	1.28E-02	1.17E-02	5.94E-03
(w) Verschiedene	7.78E-05	7.50E-05	9.37E-05	8.73E-05	8.69E-05	9.35E-05	1.03E-04	1.16E-04	1.18E-04	1.06E-04	1.20E-04	6.93E-05
(s) Verschiedene SM	8.64E-04	3.93E-03	2.43E-03	1.16E-02	2.48E-03	1.41E-02	6.02E-03	1.30E-02	1.59E-02	5.94E-04	6.42E-03	6.78E-03
Total	5.70E-02	8.69E-02	7.15E-02	1.78E-01	1.03E-01	1.92E-01	1.17E-01	1.37E-01	3.79E-01	8.79E-02	1.14E-01	1.06E-01
Humantoxizität (g Pb Luft Äquivalent/kg Milch)												
(a) Cadmium (Cd)	9.13E-01	1.00E+00	1.03E+00	7.91E-01	1.03E+00	1.06E+00	1.22E+00	1.01E+00	9.34E-01	1.41E+00	1.52E+00	7.58E-01
(a) Blei (Pb)	5.03E-01	5.15E-01	5.05E-01	4.74E-01	4.90E-01	5.72E-01	6.08E-01	6.65E-01	6.51E-01	6.56E-01	7.36E-01	4.06E-01
(a) Quecksilber (Hg)	4.81E-01	4.61E-01	5.80E-01	5.18E-01	5.11E-01	5.59E-01	6.37E-01	7.35E-01	6.98E-01	6.85E-01	7.42E-01	4.19E-01
(a) Nickel (Ni)	3.74E-01	4.08E-01	4.20E-01	3.29E-01	4.22E-01	4.34E-01	4.99E-01	4.20E-01	3.93E-01	5.71E-01	6.19E-01	3.11E-01
(a) Schwefeldioxid (SO ₂)	2.00E-02	2.11E-02	2.28E-02	1.91E-02	2.22E-02	2.36E-02	2.66E-02	2.47E-02	2.41E-02	3.02E-02	3.27E-02	1.70E-02
(w) Nitrat (NO ₃ ⁻)	5.27E-03	2.73E-02	1.07E-02	1.96E-02	5.89E-02	2.78E-02	3.05E-02	1.17E-03	1.06E-02	9.13E-03	1.56E-02	1.89E-02
Verschiedene	1.53E-02	2.19E-02	1.87E-02	2.77E-02	1.76E-02	2.68E-02	2.39E-02	1.67E-02	3.65E-02	1.93E-02	2.69E-02	1.79E-02
Total	2.31E+00	2.46E+00	2.58E+00	2.18E+00	2.56E+00	2.70E+00	3.05E+00	2.87E+00	2.75E+00	3.38E+00	3.69E+00	1.95E+00



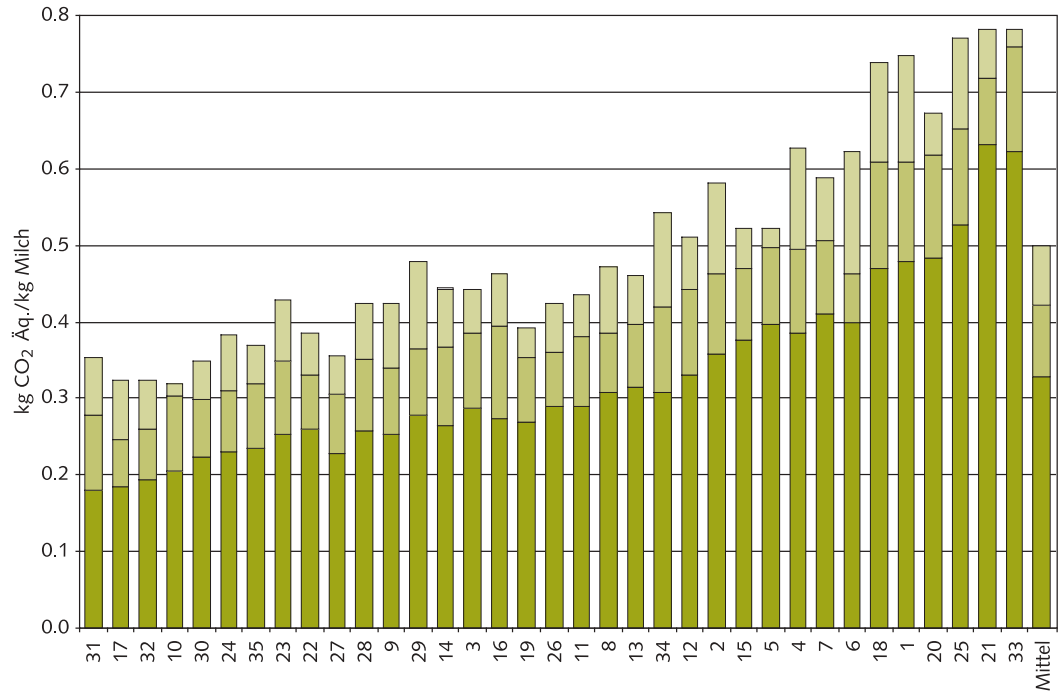
Einfluss der Milchleistung pro Kuh und Produktionszone auf die Ausschöpfung nicht erneuerbarer Energieressourcen (FE: kg Milch)
Vgl. Liste der Abkürzungen und Symbole Anhang 7.3.1.1a



Ausschöpfung nicht erneuerbarer Energieressourcen nach Betriebstyp (FE: kg Milch) Typologie gemäss Anhang 7.2.2.1 Anhang 7.3.1.1b

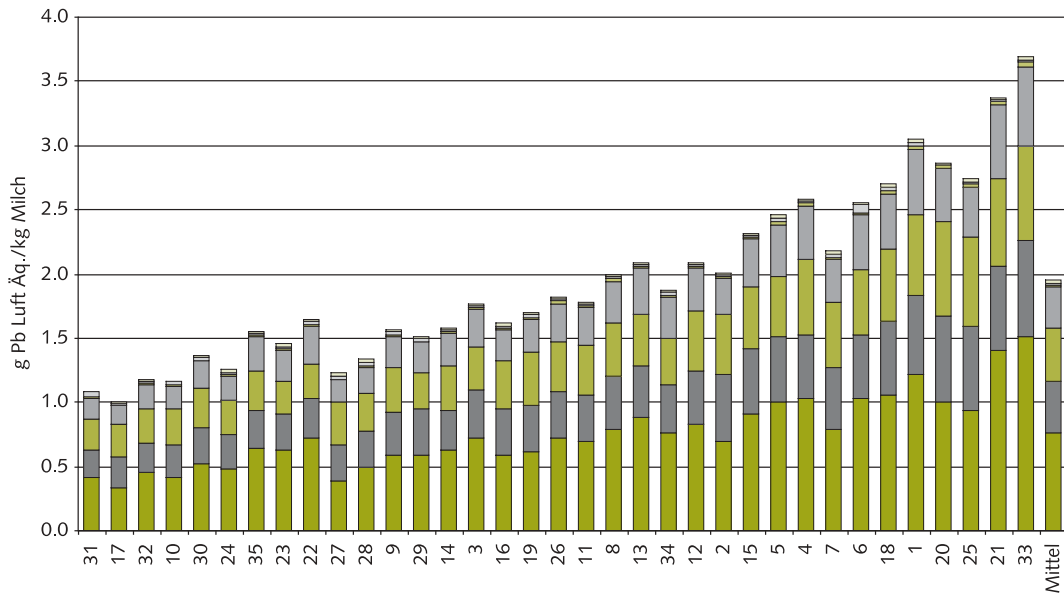
Treibhauseffekt über 500 Jahre (FE: kg Milch): Resultate pro Betrieb und Mittel
Anhang 7.3.1.2a

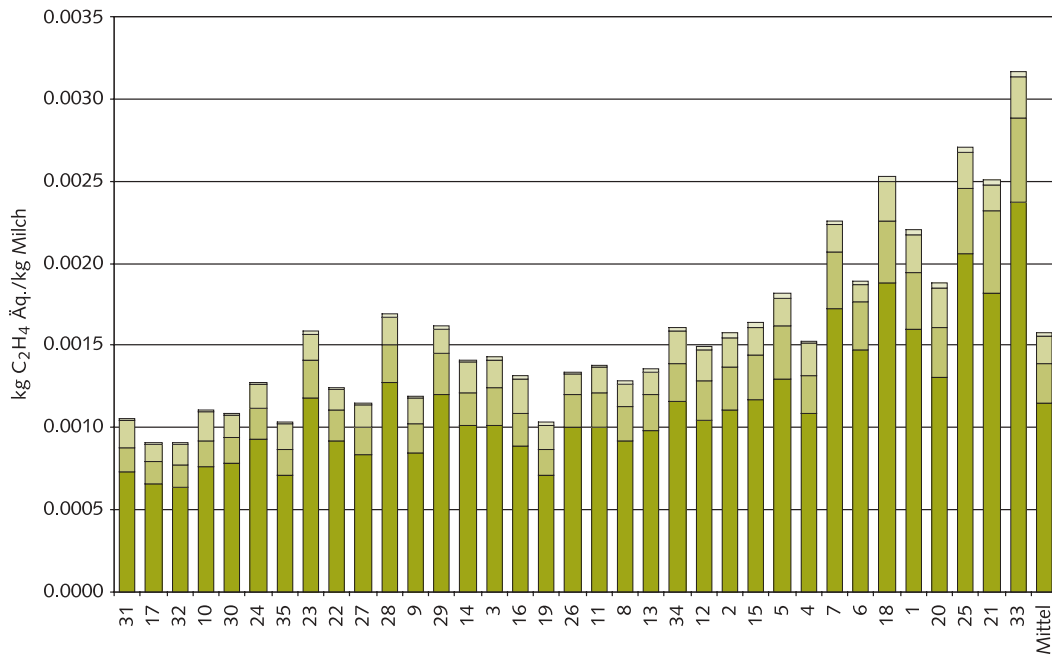
- (a) Perfluorierte Kohlenwasserstoffe (C₂F₆, CF₄)
- (a) Lachgas (N₂O)
- (a) Methan (CH₄)
- (a) Kohlendioxid (CO₂, fossil)



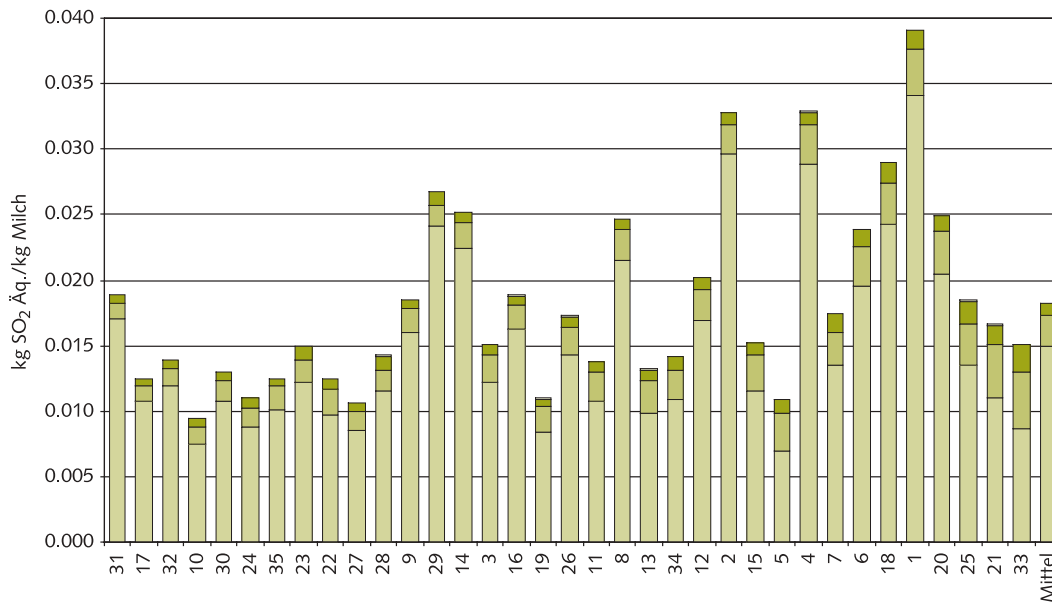
Humantoxizität (FE: kg Milch): Ergebnisse pro Betrieb und Mittel
Anhang 7.3.1.2b

- Verschiedene
- (wg) Nitrat (NO₃⁻)
- (a) Schwefeldioxid (SO₂)
- (a) Nickel (Ni)
- (a) Quecksilber (Hg)
- (a) Blei (Pb)
- (a) Cadmium (Cd)



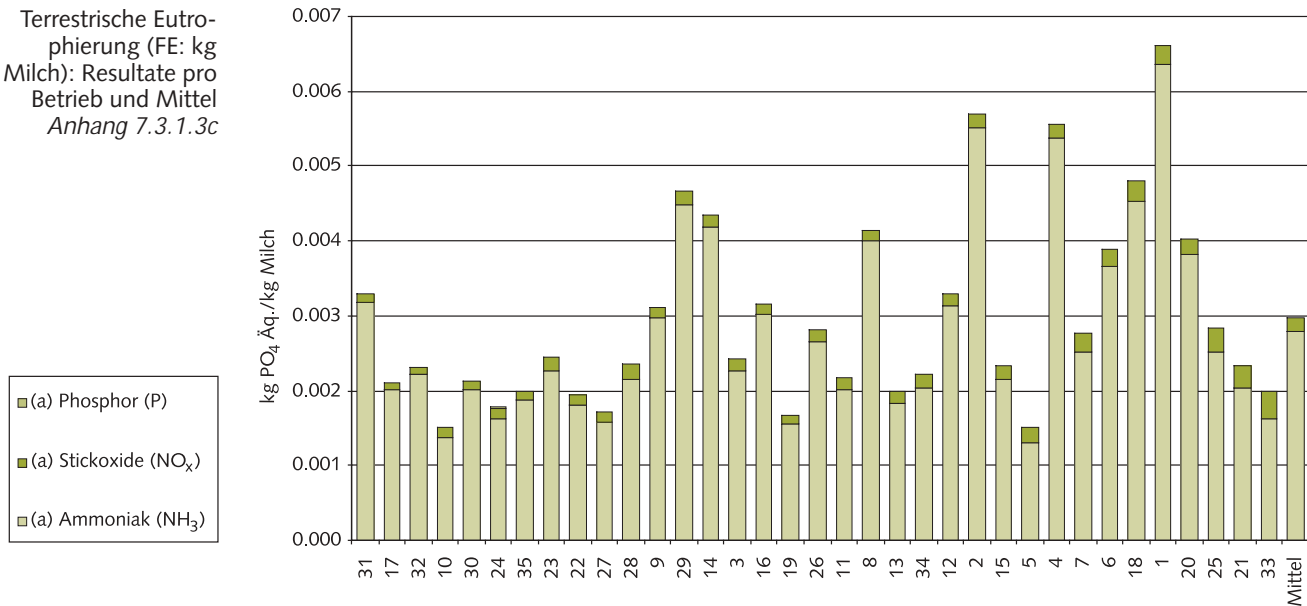


Ozonbildung (FE: kg Milch): Resultate pro Betrieb und Mittel
Anhang 7.3.1.2c

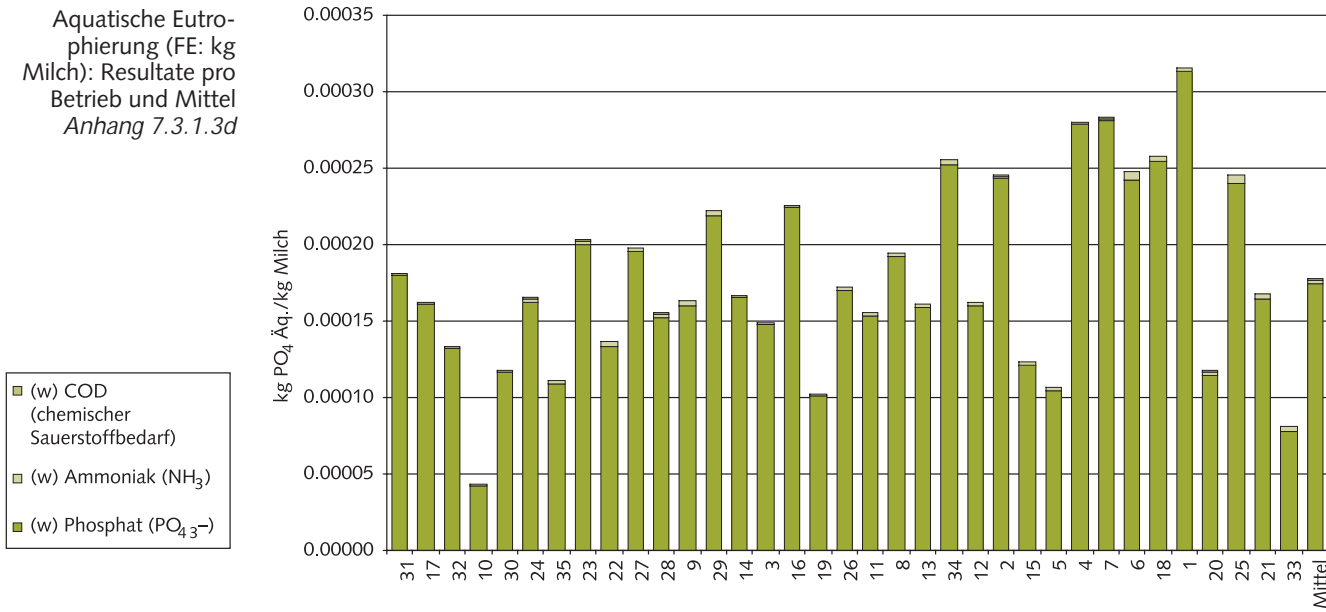


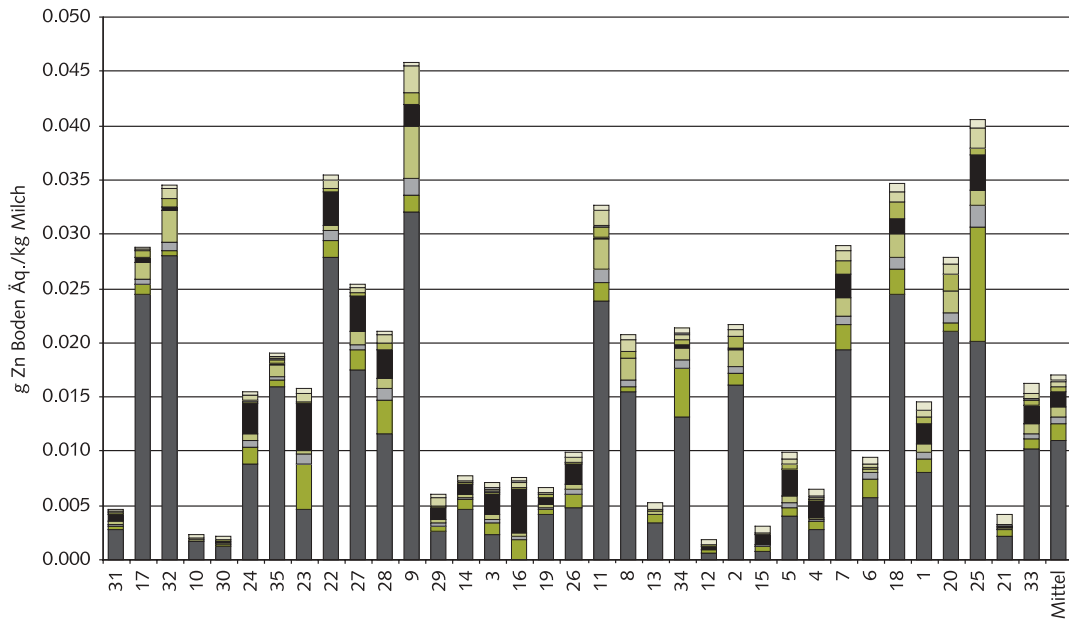
Bodenversauerung (FE: kg Milch): Resultate pro Betrieb und Mittel
Anhang 7.3.1.3b

Terrestrische Eutrophierung (FE: kg Milch): Resultate pro Betrieb und Mittel
Anhang 7.3.1.3c

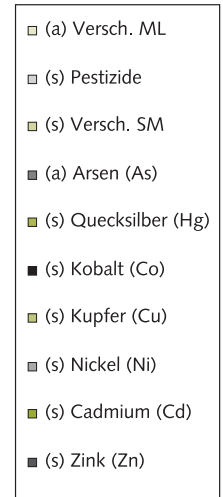


Aquatische Eutrophierung (FE: kg Milch): Resultate pro Betrieb und Mittel
Anhang 7.3.1.3d





Terrestrische Öko-
toxizität (FE: kg Milch):
Resultate pro Betrieb
und Mittel
Anhang 7.3.1.4b



MJ Äquivalent/kg Fleisch									
Betriebsnummer	Betrieb	Gebäude	Maschinen	Energie-träger	Dünger	Pestizide	Saatgut	Futtermittel	Andere Inputs
27	3.505	1.147	0.277	1.663	0.024	0.002	0.007	0.383	0.002
29	10.211	2.420	0.489	2.821	0.103	0.003	0.003	4.370	0.002
13	11.344	3.241	0.411	0.137	0.000	0.021	0.000	7.534	0.000
30	12.126	3.783	0.436	1.579	0.000	0.005	0.000	6.323	0.000
1	12.400	4.068	0.209	1.892	0.000	0.019	0.212	5.995	0.005
34	20.595	7.403	4.063	5.390	1.672	0.000	0.039	1.908	0.120
36	20.992	7.825	3.369	5.320	2.102	0.004	0.594	1.746	0.031
31	22.877	4.749	1.436	12.565	1.156	0.004	0.001	2.950	0.017
17	23.442	4.993	4.364	10.993	2.066	0.021	0.092	0.773	0.140
6	27.618	10.862	4.768	7.399	2.481	0.033	0.366	1.290	0.418
4	29.400	13.708	3.650	10.912	0.000	0.023	0.014	1.069	0.024
28	29.796	8.751	8.306	8.161	1.910	0.011	0.236	2.322	0.099
26	30.507	6.731	0.471	22.622	0.000	0.016	0.000	0.649	0.018
33	32.819	10.625	7.721	12.980	0.000	0.045	0.198	1.183	0.066
11	35.492	14.166	4.528	12.470	1.039	0.013	0.276	2.923	0.077
8	38.638	19.347	7.088	9.515	1.648	0.032	0.541	0.327	0.140
49	40.543	1.354	16.633	17.496	0.000	0.034	0.369	0.121	4.535
39	41.317	20.812	6.171	8.087	3.178	0.008	0.445	2.608	0.008
20	44.393	14.432	5.105	22.785	0.000	0.035	0.014	1.776	0.246
19	49.536	17.572	9.164	17.384	0.064	0.043	1.795	3.440	0.075
38	50.132	22.149	6.125	12.633	0.685	0.009	0.169	8.130	0.232
52	74.469	40.403	13.050	12.858	6.915	0.000	1.193	0.000	0.050
51	77.323	37.141	15.108	23.779	0.000	0.037	0.217	0.920	0.121
50	79.683	28.120	7.608	40.236	0.000	0.000	0.000	1.089	2.631
Mittel	34.132	12.742	5.440	11.737	1.043	0.017	0.282	2.493	0.377

Ausschöpfung nicht
erneuerbarer Energie-
ressourcen (Produkt-
gruppe Fleisch)
Anhang 7.3.2.a

Anhang 7.3.2.b: Umweltwirkungen der Produktgruppe Fleisch (1)

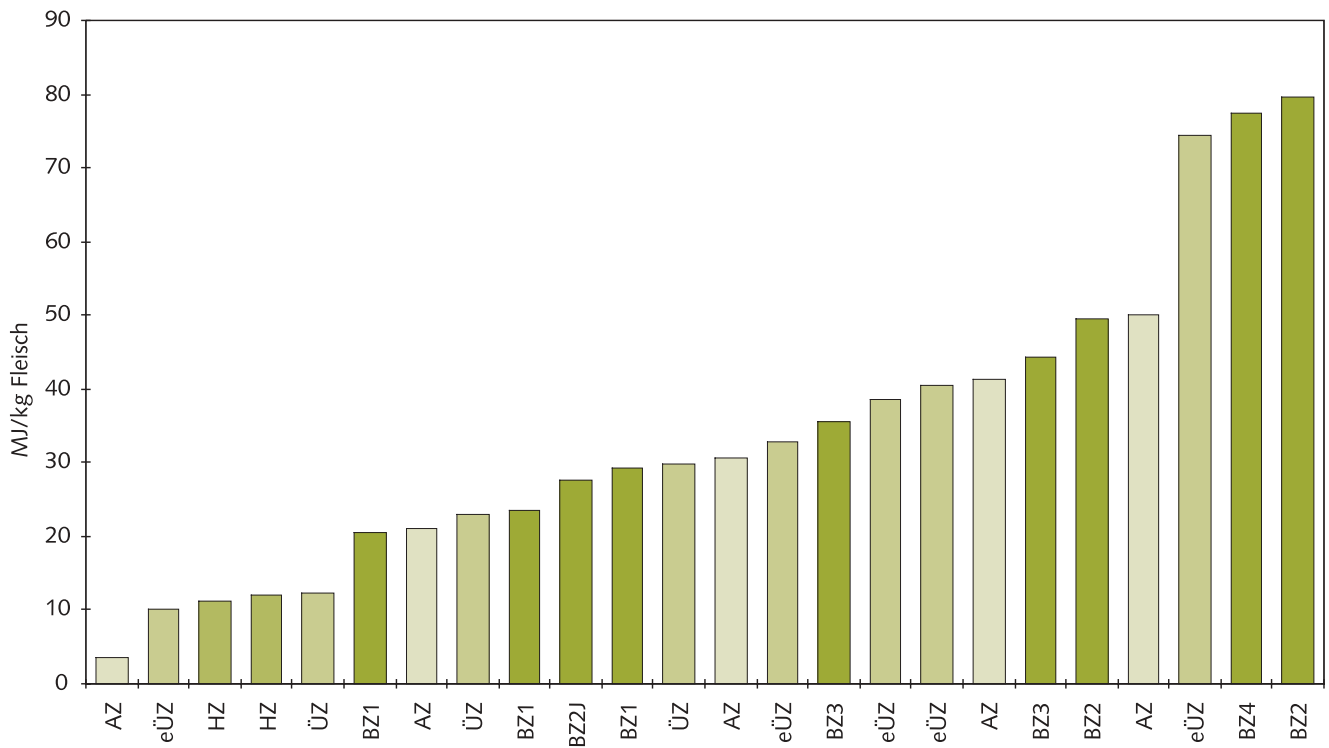
Betriebsnummer	27	29	13bio	30	1	34	36	31	17	6	4
Ozonbildung (kg C₂H₄ Äquivalent/kg Fleisch)											
(a) NMVOC	1.10E-04	4.03E-04	4.86E-04	4.89E-04	4.85E-04	7.29E-04	1.04E-03	6.01E-04	7.94E-04	9.91E-04	8.96E-04
(a) Methan (CH ₄)	6.07E-05	5.04E-05	1.61E-04	1.30E-04	1.18E-04	1.77E-05	3.85E-04	1.64E-04	6.87E-04	8.42E-04	6.64E-04
(a) Stickoxide (NO _x)	4.77E-04	2.12E-03	2.69E-03	2.52E-03	2.67E-03	3.56E-03	5.14E-03	3.38E-03	4.21E-03	5.03E-03	4.05E-03
Übrige Emissionen	1.32E-05	3.26E-05	3.79E-05	4.66E-05	3.54E-05	5.61E-05	6.94E-05	4.73E-05	8.92E-05	7.61E-05	7.22E-05
Total	6.61E-04	2.61E-03	3.38E-03	3.18E-03	3.30E-03	4.36E-03	6.63E-03	4.19E-03	5.78E-03	6.94E-03	5.69E-03
Treibhauseffekt 500 Jahre (kg CO₂ Äquivalent/kg Fleisch)											
(a) Kohlendioxid (CO ₂ , fossil)	1.67E-01	4.87E-01	5.48E-01	5.93E-01	5.94E-01	9.80E-01	1.11E+00	9.85E-01	1.09E+00	1.30E+00	1.40E+00
(a) Perfluorierte Kohlenstoffe (C ₂ F ₆ , CF ₄)	2.89E-05	8.03E-05	6.75E-05	7.74E-05	8.33E-05	1.69E-04	1.67E-04	2.09E-04	1.98E-04	2.26E-04	2.50E-04
(a) Methan (CH ₄)	3.47E-02	2.88E-02	9.17E-02	7.41E-02	6.73E-02	1.01E-02	2.20E-01	9.39E-02	3.92E-01	4.81E-01	3.79E-01
(a) Lachgas (N ₂ O)	4.56E-02	3.85E-01	5.14E-01	4.27E-01	4.67E-01	3.03E-01	2.50E-01	4.07E-01	5.44E-01	5.85E-01	5.03E-01
Total	2.48E-01	9.01E-01	1.15E+00	1.09E+00	1.13E+00	1.29E+00	1.58E+00	1.49E+00	2.03E+00	2.37E+00	2.28E+00
Bodenversauerung (kg SO₂ Äquivalent/kg Fleisch)											
(a) Ammoniak (NH ₃)	8.47E-03	8.23E-02	2.87E-02	2.23E-02	3.56E-02	1.13E-02	2.95E-02	4.04E-02	7.01E-02	8.37E-02	1.08E-01
(a) Verschiedene (HCl, HF, H ₂ S)	1.74E-05	4.02E-05	3.79E-05	4.41E-05	5.01E-05	9.55E-05	8.18E-05	1.25E-04	1.09E-04	1.27E-04	1.54E-04
(a) Stickoxide (NO _x)	4.01E-04	1.79E-03	2.26E-03	2.12E-03	2.24E-03	2.99E-03	4.32E-03	2.84E-03	3.54E-03	4.24E-03	3.41E-03
(a) Schwefeldioxid (SO ₂)	1.15E-03	2.94E-03	3.52E-03	3.82E-03	4.05E-03	7.42E-03	7.62E-03	6.54E-03	6.68E-03	9.72E-03	1.13E-02
Total	1.00E-02	8.71E-02	3.45E-02	2.83E-02	4.20E-02	2.18E-02	4.16E-02	4.99E-02	8.04E-02	9.78E-02	1.23E-01
Aquatische Eutrophierung (kg PO₄ Äquivalent/kg Fleisch)											
(w) Ammoniak (NH ₃)	9.01E-07	2.73E-06	2.72E-06	2.93E-06	2.78E-06	1.04E-05	1.24E-05	9.03E-06	1.62E-05	1.86E-05	5.98E-06
(w) COD (Chem. Sauerstoffbedarf)	7.82E-08	2.69E-07	3.11E-07	3.29E-07	3.05E-07	4.72E-07	6.38E-07	3.95E-07	5.62E-07	6.36E-07	5.80E-07
(w) Phosphat (PO ₄ ³⁻)	1.92E-04	9.91E-04	1.77E-03	1.55E-03	1.60E-03	6.24E-04	1.19E-03	9.69E-04	7.95E-04	8.52E-04	1.12E-03
Total	1.93E-04	9.94E-04	1.77E-03	1.55E-03	1.60E-03	6.34E-04	1.20E-03	9.79E-04	8.12E-04	8.71E-04	1.12E-03
Terrestrische Eutrophierung (kg PO₄ Äquivalent/kg Fleisch)											
(a) Ammoniak (NH ₃)	1.58E-03	1.53E-02	5.34E-03	4.16E-03	6.63E-03	2.11E-03	5.50E-03	7.52E-03	1.31E-02	1.56E-02	2.02E-02
(a) Stickoxide (NO _x)	7.45E-05	3.32E-04	4.20E-04	3.93E-04	4.17E-04	5.56E-04	8.03E-04	5.28E-04	6.58E-04	7.87E-04	6.33E-04
(a) Phosphor (P)	5.39E-07	4.44E-06	7.86E-06	6.91E-06	6.58E-06	2.12E-06	3.07E-06	3.29E-06	1.16E-06	1.72E-06	1.79E-06
Total	1.65E-03	1.57E-02	5.76E-03	4.56E-03	7.05E-03	2.67E-03	6.30E-03	8.05E-03	1.37E-02	1.64E-02	2.08E-02
Gesamteutrophierung (kg PO₄ Äquivalent/kg Fleisch)											
(a) Ammoniak (NH ₃)	1.58E-03	1.53E-02	5.34E-03	4.16E-03	6.63E-03	2.11E-03	5.50E-03	7.52E-03	1.31E-02	1.56E-02	2.02E-02
(a) Stickoxide (NO _x)	7.45E-05	3.32E-04	4.20E-04	3.93E-04	4.17E-04	5.56E-04	8.03E-04	5.28E-04	6.58E-04	7.87E-04	6.33E-04
Verschiedene ((a) P, (w) NH ₃ , (w) PO ₄ ³⁻ , (w) PO ₄ ³⁻ , (w) COD)	2.16E-04	1.00E-03	1.79E-03	1.56E-03	1.62E-03	8.01E-04	1.33E-03	1.13E-03	1.07E-03	1.33E-03	1.34E-03
(w) Nitrat (NO ₃ ⁻)	1.78E-03	7.07E-03	1.39E-02	1.26E-02	1.45E-02	5.53E-03	1.39E-02	3.24E-02	4.14E-03	1.10E-02	5.54E-03
Total	3.65E-03	2.37E-02	2.14E-02	1.87E-02	2.32E-02	8.99E-03	2.16E-02	4.16E-02	1.89E-02	2.87E-02	2.77E-02
Terrestrische Ökotoxizität (g Zn Boden Äquivalent/kg Fleisch)											
(s) Versch. SM	2.50E-04	6.16E-04	7.64E-04	8.40E-04	8.78E-04	1.64E-03	1.70E-03	1.27E-03	1.43E-03	2.21E-03	2.54E-03
(s) Arsen (As)	3.28E-05	3.14E-04	5.47E-04	4.69E-04	4.45E-04	1.42E-04	1.62E-04	2.18E-04	6.07E-05	1.08E-04	9.88E-05
(s) Cadmium (Cd)	1.80E-03	1.13E-02	2.17E-02	1.96E-02	1.87E-02	1.36E-02	2.30E-02	7.45E-03	2.68E-03	5.79E-03	3.63E-03
(s) Chrom (Cr III)	2.92E-04	5.63E-04	1.06E-03	9.67E-04	9.16E-04	1.35E-03	2.91E-03	1.92E-03	3.51E-04	4.85E-04	3.65E-04
(s) Versch. SM	5.58E-03	1.79E-02	2.99E-02	2.41E-02	2.29E-02	2.28E-03	2.61E-02	5.83E-03	3.82E-03	5.64E-04	7.69E-03
(s) Kupfer (Cu)	2.77E-04	6.60E-02	7.18E-02	2.63E-02	2.49E-02	4.54E-03	3.57E-03	5.01E-03	1.64E-03	1.22E-03	2.67E-03
(s) Nickel (Ni)	4.10E-04	1.60E-03	2.94E-03	2.62E-03	2.49E-03	4.35E-03	4.32E-03	1.35E-03	2.44E-03	2.33E-03	6.15E-04
(s) Zink (Zn)	5.19E-03	3.21E-01	4.24E-01	2.53E-01	2.39E-01	4.98E-02	2.87E-02	5.58E-02	2.12E-02	2.03E-02	2.83E-02
(s) Pestizide	1.17E-04	4.32E-04	0.00E+00	1.91E-04	1.83E-04	8.67E-06	5.96E-05	5.59E-05	7.10E-06	5.48E-06	8.66E-05
Total	1.40E-02	4.20E-01	5.53E-01	3.28E-01	3.11E-01	7.77E-02	9.05E-02	7.72E-02	3.37E-02	3.30E-02	4.60E-02
Aquatische Ökotoxizität (g Zn Wasser Äquivalent/kg Fleisch)											
(a) Verschiedene SM	2.69E-03	6.47E-03	7.47E-03	8.35E-03	8.86E-03	1.68E-02	1.66E-02	1.51E-02	1.58E-02	2.25E-02	2.64E-02
(s) Verschiedene SM	3.29E-03	4.62E-03	1.00E-02	7.56E-03	8.00E-03	1.11E-02	3.72E-02	2.53E-02	7.01E-03	4.06E-03	3.80E-03
(w) Verschiedene SM	1.38E-02	1.02E-01	1.77E-01	1.56E-01	1.50E-01	5.80E-02	7.63E-02	8.73E-02	3.92E-02	5.30E-02	5.71E-02
(s) Cadmium (Cd)	4.50E-02	2.82E-01	5.42E-01	4.90E-01	4.68E-01	3.41E-01	5.76E-01	1.86E-01	6.69E-02	1.45E-01	9.06E-02
(s) Kupfer (Cu)	1.32E-03	3.14E-01	3.42E-01	1.25E-01	1.19E-01	2.16E-02	1.70E-02	2.38E-02	7.79E-03	5.82E-03	1.27E-02
(s) Quecksilber (Hg)	3.16E-03	2.52E-02	5.33E-02	4.46E-02	4.49E-02	3.34E-02	5.63E-02	2.62E-02	2.73E-02	1.26E-02	1.30E-02
(s) Zink (Zn)	1.19E-03	7.39E-02	9.76E-02	5.81E-02	5.50E-02	1.15E-02	6.60E-03	1.28E-02	4.88E-03	4.66E-03	6.52E-03
(w) Cadmium (Cd++)	6.62E-03	4.51E-02	7.59E-02	6.80E-02	6.49E-02	3.17E-02	4.19E-02	4.03E-02	2.45E-02	3.25E-02	3.18E-02
(w) Öle	3.46E-03	1.12E-02	1.31E-02	1.40E-02	1.33E-02	2.16E-02	2.77E-02	1.73E-02	2.35E-02	2.93E-02	2.85E-02
(s) Pesticide	1.21E-03	6.46E-02	-1.39E-16	7.50E-02	7.16E-02	1.36E-02	2.60E-02	2.53E-02	5.17E-03	9.71E-03	8.54E-03
(w) Verschiedene	2.92E-03	9.19E-03	1.08E-02	1.16E-02	1.12E-02	1.84E-02	2.29E-02	1.49E-02	1.95E-02	2.53E-02	2.48E-02
(w) Phosphat (PO ₄ ³⁻)	1.92E-03	9.91E-03	1.77E-02	1.55E-02	1.60E-02	6.24E-03	1.19E-02	9.69E-03	7.95E-03	8.52E-03	1.12E-02
Total	8.66E-02	9.49E-01	1.35E+00	1.07E+00	1.03E+00	5.85E-01	9.16E-01	4.62E-01	2.50E-01	3.53E-01	3.15E-01
Humantoxizität (g Pb Luft Äquivalent/kg Fleisch)											
(a) Cadmium (Cd)	3.73E-01	9.35E-01	1.22E+00	1.32E+00	1.38E+00	2.58E+00	2.74E+00	1.77E+00	2.08E+00	3.48E+00	3.98E+00
(a) Blei (Pb)	2.36E-01	5.01E-01	5.35E-01	6.71E-01	6.09E-01	1.18E+00	1.19E+00	1.14E+00	1.47E+00	1.59E+00	1.83E+00
(a) Quecksilber (Hg)	2.24E-01	5.11E-01	4.56E-01	5.42E-01	6.05E-01	1.19E+00	9.80E-01	1.60E+00	1.41E+00	1.57E+00	1.96E+00
(a) Nickel (Ni)	1.54E-01	3.88E-01	5.00E-01	5.43E-01	5.67E-01	1.05E+00	1.11E+00	7.50E-01	8.66E-01	1.41E+00	1.62E+00
(a) Schwefeldioxid (SO ₂)	8.61E-03	2.21E-02	2.64E-02	2.87E-02	3.04E-02	5.57E-02	5.72E-02	4.90E-02	5.01E-02	7.29E-02	8.45E-02
(w) Nitrat (NO ₃ ⁻)	1.51E-02	6.01E-02	1.07E-01	1.23E-01	1.23E-01	4.70E-02	1.18E-01	2.76E-01	3.52E-02	9.34E-02	4.71E-02
Verschiedene	2.65E-02	1.22E-01	1.97E-01	1.69E-01	1.62E-01	5.95E-02	1.36E-01	8.58E-02	5.20E-02	5.83E-02	7.82E-02
Total	1.04E+00	2.54E+00	3.05E+00	3.38E+00	3.48E+00	6.16E+00	6.33E+00	5.68E+00	5.97E+00	8.28E+00	9.59E+00

Anhang 7.3.2.b: Umweltwirkungen der Produktgruppe Fleisch (2)

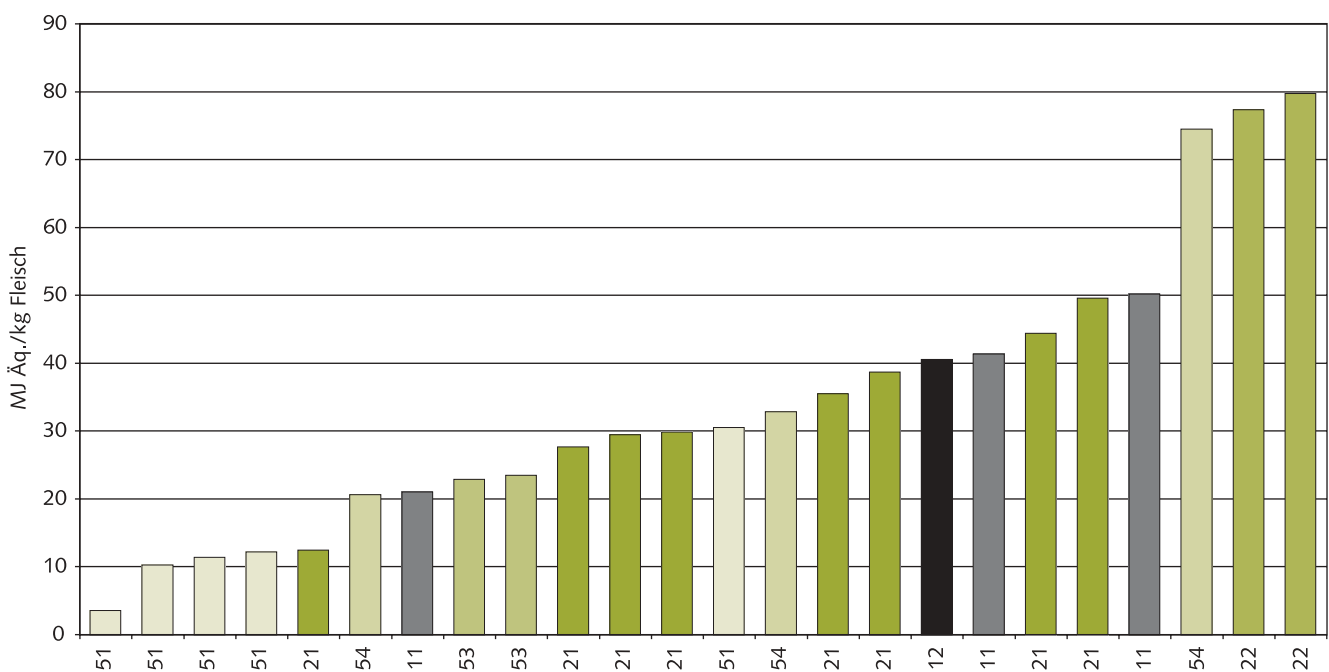
Betriebsnummer	28	26	33	11	8	49	39	20	19
Ozonbildung (kg C₂H₄ Äquivalent/kg Fleisch)									
(a) NMVOC	1.19E-03	6.04E-04	1.50E-03	1.38E-03	1.32E-03	2.81E-03	1.52E-03	1.41E-03	1.55E-03
(a) Methan (CH ₄)	9.75E-04	1.90E-04	2.01E-04	4.96E-04	5.51E-04	1.19E-03	4.16E-04	8.71E-04	9.17E-04
(a) Stickoxide (NO _x)	6.02E-03	2.90E-03	7.41E-03	6.61E-03	5.08E-03	1.26E-02	6.65E-03	5.90E-03	6.72E-03
Übrige Emissionen	8.26E-05	5.27E-05	1.00E-04	9.86E-05	1.19E-04	2.10E-04	1.20E-04	1.50E-04	1.41E-04
Total	8.26E-03	3.75E-03	9.21E-03	8.58E-03	7.07E-03	1.68E-02	8.71E-03	8.32E-03	9.34E-03
Treibhauseffekt 500 Jahre (kg CO₂ Äquivalent/kg Fleisch)									
(a) Kohlendioxid (CO ₂ , fossil)	1.46E+00	1.27E+00	1.67E+00	1.74E+00	1.92E+00	2.20E+00	2.05E+00	2.11E+00	2.37E+00
(a) Perfluorierte Kohlenstoffe (C ₂ F ₆ , CF ₄)	2.48E-04	3.00E-04	2.55E-04	2.82E-04	3.11E-04	2.82E-04	3.21E-04	3.81E-04	4.15E-04
(a) Methan (CH ₄)	5.57E-01	1.09E-01	1.15E-01	2.84E-01	3.15E-01	6.78E-01	2.38E-01	4.98E-01	5.24E-01
(a) Lachgas (N ₂ O)	4.14E-01	5.97E-02	3.74E-01	4.38E-01	2.17E-01	6.08E-02	5.30E-01	2.55E-01	4.38E-01
Total	2.43E+00	1.44E+00	2.16E+00	2.46E+00	2.45E+00	2.94E+00	2.81E+00	2.86E+00	3.34E+00
Bodenversauerung (kg SO₂ Äquivalent/kg Fleisch)									
(a) Ammoniak (NH ₃)	6.83E-02	1.78E-02	7.31E-02	5.59E-02	4.83E-02	1.74E-02	4.84E-02	8.93E-02	7.27E-02
(a) Verschiedene (HCl, HF, H ₂ S)	1.36E-04	1.93E-04	1.46E-04	1.66E-04	1.88E-04	1.15E-04	1.86E-04	2.30E-04	2.60E-04
(a) Stickoxide (NO _x)	5.06E-03	2.44E-03	6.24E-03	5.56E-03	4.27E-03	1.06E-02	5.60E-03	4.96E-03	5.66E-03
(a) Schwefeldioxid (SO ₂)	1.03E-02	8.90E-03	1.09E-02	1.27E-02	1.58E-02	9.26E-03	1.66E-02	1.45E-02	1.79E-02
Total	8.38E-02	2.93E-02	9.04E-02	7.43E-02	6.86E-02	3.73E-02	7.09E-02	1.09E-01	9.65E-02
Aquatische Eutrophierung (kg PO₄ Äquivalent/kg Fleisch)									
(w) Ammoniak (NH ₃)	1.51E-05	4.84E-06	8.42E-06	1.13E-05	1.16E-05	1.53E-05	1.83E-05	9.85E-06	1.04E-05
(w) COD (Chem. Sauerstoffbedarf)	7.31E-07	4.07E-07	9.03E-07	8.56E-07	8.83E-07	1.75E-06	9.77E-07	9.82E-07	1.04E-06
(w) Phosphat (PO ₄ ³⁻)	8.77E-04	1.36E-04	1.43E-03	1.14E-03	3.99E-04	3.02E-04	1.23E-03	5.53E-04	1.17E-03
Total	8.93E-04	1.42E-04	1.44E-03	1.15E-03	4.12E-04	3.19E-04	1.25E-03	5.64E-04	1.18E-03
Terrestrische Eutrophierung (kg PO₄ Äquivalent/kg Fleisch)									
(a) Ammoniak (NH ₃)	1.27E-02	3.31E-03	1.36E-02	1.04E-02	8.99E-03	3.23E-03	9.02E-03	1.66E-02	1.35E-02
(a) Stickoxide (NO _x)	9.40E-04	4.53E-04	1.16E-03	1.03E-03	7.93E-04	1.96E-03	1.04E-03	9.21E-04	1.05E-03
(a) Phosphor (P)	1.83E-06	7.36E-07	1.69E-06	3.43E-06	8.36E-07	5.79E-07	3.00E-06	1.03E-06	4.13E-06
Total	1.37E-02	3.76E-03	1.48E-02	1.14E-02	9.79E-03	5.20E-03	1.01E-02	1.75E-02	1.46E-02
Gesamteutrophierung (kg PO₄ Äquivalent/kg Fleisch)									
(a) Ammoniak (NH ₃)	1.27E-02	3.31E-03	1.36E-02	1.04E-02	8.99E-03	3.23E-03	9.02E-03	1.66E-02	1.35E-02
(a) Stickoxide (NO _x)	9.40E-04	4.53E-04	1.16E-03	1.03E-03	7.93E-04	1.96E-03	1.04E-03	9.21E-04	1.05E-03
Verschiedene ((a) P, (w) NH ₃ , (w) PO ₄ ³⁻ , (wg) PO ₄ ³⁻ , (w) COD)	1.17E-03	1.84E-04	1.93E-03	1.57E-03	5.41E-04	8.26E-04	1.49E-03	1.23E-03	1.60E-03
(wg) Nitrat (NO ₃ ⁻)	1.59E-02	1.65E-03	1.67E-02	1.39E-02	8.35E-03	4.47E-03	1.17E-02	7.78E-04	1.95E-02
Total	3.08E-02	5.59E-03	3.33E-02	2.69E-02	1.87E-02	1.05E-02	2.32E-02	1.95E-02	3.57E-02
Terrestrische Ökotoxizität (g Zn Boden Äquivalent/kg Fleisch)									
(a) Versch. SM	2.27E-03	1.70E-03	2.42E-03	2.81E-03	3.70E-03	1.98E-03	3.90E-03	3.15E-03	3.98E-03
(s) Arsen (As)	9.65E-05	8.96E-06	1.05E-04	2.30E-04	2.89E-05	3.68E-05	1.92E-04	3.11E-05	2.57E-04
(s) Cadmium (Cd)	1.86E-02	1.66E-03	3.07E-03	1.41E-02	2.52E-03	9.28E-04	1.56E-02	3.74E-03	8.44E-03
(s) Chrom (Cr III)	2.90E-03	3.92E-04	2.85E-05	2.17E-03	1.29E-03	4.23E-04	3.81E-03	7.07E-04	5.56E-04
(s) Versch. SM	1.94E-02	4.13E-03	4.46E-04	8.03E-03	6.90E-03	3.48E-03	1.30E-02	1.07E-02	1.45E-02
(s) Kupfer (Cu)	4.27E-03	8.64E-03	2.77E-03	1.64E-02	1.03E-02	3.91E-03	2.40E-02	9.06E-03	2.40E-02
(s) Nickel (Ni)	5.39E-03	6.56E-03	1.89E-03	3.89E-03	3.09E-03	1.80E-03	7.16E-03	4.45E-03	1.71E-03
(s) Zink (Zn)	4.07E-02	7.74E-02	2.64E-02	1.21E-01	7.65E-02	4.65E-02	1.83E-01	9.87E-02	1.40E-01
(s) Pestizide	3.22E-04	0.00E+00	5.02E-06	3.79E-05	1.08E-05	5.12E-07	2.40E-04	8.40E-06	1.60E-04
Total	9.40E-02	1.00E-01	3.71E-02	1.68E-01	1.04E-01	5.91E-02	2.51E-01	1.31E-01	1.94E-01
Aquatische Ökotoxizität (g Zn Wasser Äquivalent/kg Fleisch)									
(a) Verschiedene SM	2.35E-02	2.13E-02	2.51E-02	2.89E-02	3.69E-02	2.02E-02	3.83E-02	3.44E-02	4.18E-02
(s) Verschiedene SM	2.93E-02	1.65E-02	7.29E-04	4.57E-02	4.24E-02	8.21E-03	9.25E-02	3.83E-02	1.13E-02
(w) Verschiedene SM	5.66E-02	3.93E-02	5.47E-02	9.49E-02	3.99E-02	2.80E-02	8.76E-02	5.02E-02	1.20E-01
(s) Cadmium (Cd)	4.65E-01	4.15E-02	7.68E-02	3.51E-01	6.30E-02	2.32E-02	3.91E-01	9.35E-02	2.11E-01
(s) Kupfer (Cu)	2.03E-02	4.12E-02	1.32E-02	7.81E-02	4.89E-02	1.86E-02	1.14E-01	4.31E-02	1.15E-01
(s) Quecksilber (Hg)	8.74E-02	8.99E-02	1.22E-02	1.02E-01	9.98E-02	9.31E-02	1.64E-01	2.31E-01	7.47E-02
(s) Zink (Zn)	9.37E-03	1.78E-02	6.07E-03	2.78E-02	1.76E-02	1.07E-02	4.21E-02	2.27E-02	3.23E-02
(w) Cadmium (Cd++)	3.53E-02	1.91E-02	3.53E-02	5.16E-02	3.11E-02	3.51E-02	5.31E-02	3.31E-02	6.38E-02
(w) Öle	3.27E-02	1.89E-02	3.93E-02	3.89E-02	4.29E-02	6.81E-02	4.70E-02	4.37E-02	4.86E-02
(s) Pestizide	2.55E-03	-3.82E-17	8.90E-03	2.40E-02	3.71E-03	9.08E-04	8.16E-02	3.30E-03	3.15E-02
(w) Verschiedene	2.76E-02	1.68E-02	3.25E-02	3.29E-02	3.72E-02	5.67E-02	4.05E-02	3.72E-02	4.19E-02
(w) Phosphat (PO ₄ ³⁻)	8.77E-03	1.36E-03	1.43E-02	1.14E-02	3.99E-03	3.02E-03	1.23E-02	5.53E-03	1.17E-02
Total	7.98E-01	3.24E-01	3.19E-01	8.87E-01	4.67E-01	3.66E-01	1.16E+00	6.36E-01	8.03E-01
Humantoxizität (g Pb Luft Äquivalent/kg Fleisch)									
(a) Cadmium (Cd)	3.54E+00	2.24E+00	3.75E+00	4.41E+00	5.96E+00	2.87E+00	6.34E+00	4.68E+00	6.14E+00
(a) Blei (Pb)	1.70E+00	1.65E+00	1.90E+00	2.06E+00	2.60E+00	2.34E+00	2.59E+00	2.92E+00	3.11E+00
(a) Quecksilber (Hg)	1.73E+00	2.53E+00	1.87E+00	2.08E+00	2.31E+00	1.55E+00	2.27E+00	2.99E+00	3.22E+00
(a) Nickel (Ni)	1.45E+00	9.61E-01	1.53E+00	1.80E+00	2.40E+00	1.24E+00	2.55E+00	1.93E+00	2.51E+00
(a) Schwefeldioxid (SO ₂)	7.70E-02	6.68E-02	8.20E-02	9.52E-02	1.19E-01	6.94E-02	1.25E-01	1.09E-01	1.34E-01
(wg) Nitrat (NO ₃ ⁻)	1.35E-01	1.40E-02	1.42E-01	1.18E-01	7.09E-02	3.80E-02	9.91E-02	6.61E-03	1.66E-01
Verschiedene	1.15E-01	4.79E-02	6.87E-02	1.05E-01	6.19E-02	7.30E-02	1.10E-01	7.27E-02	1.47E-01
Total	8.75E+00	7.50E+00	9.34E+00	1.07E+01	1.35E+01	8.17E+00	1.41E+01	1.27E+01	1.54E+01

Anhang 7.3.2.b: Umweltwirkungen der Produktgruppe Fleisch (3)

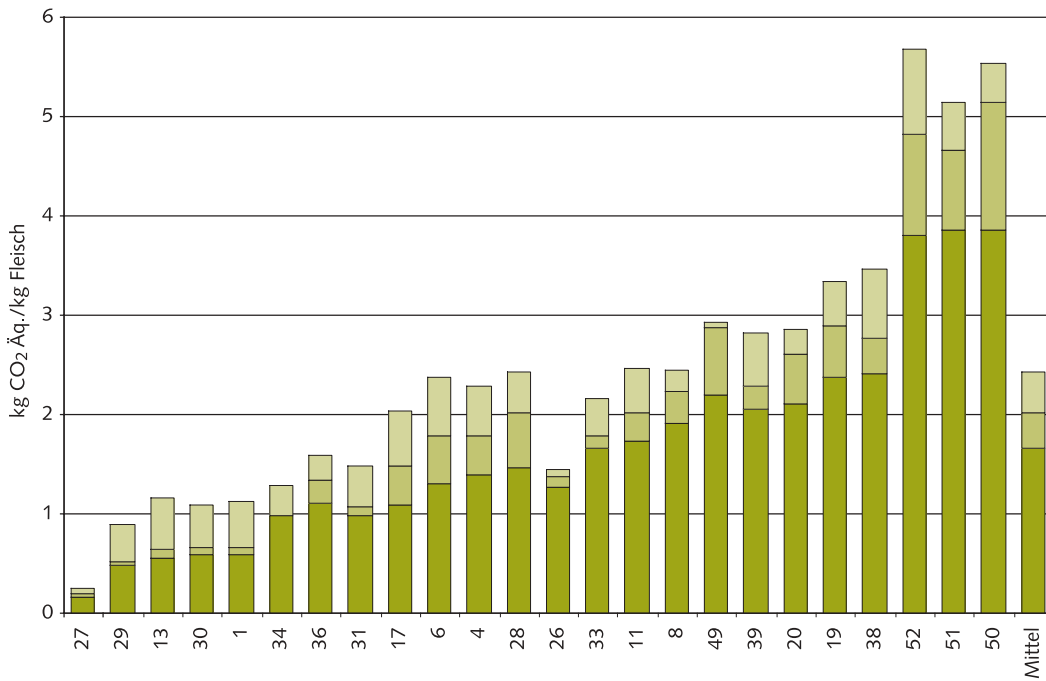
Betriebsnummer	38	52	51	50	M
Ozonbildung (kg C₂H₄ Äquivalent/kg Fleisch)					
(a) NMVOC	1.70E-03	3.23E-03	2.38E-03	3.21E-03	1.28E-03
(a) Methan (CH ₄)	6.45E-04	1.79E-03	1.41E-03	2.25E-03	6.32E-04
(a) Stickoxide (NO _x)	7.67E-03	1.55E-02	7.82E-03	1.43E-02	5.87E-03
Übrige Emissionen	1.27E-04	2.19E-04	3.23E-04	2.36E-04	1.06E-04
Total	1.01E-02	2.08E-02	1.19E-02	2.00E-02	7.90E-03
Treibhauseffekt 500 Jahre (kg CO₂ Äquivalent/kg Fleisch)					
(a) Kohlendioxid (CO ₂ , fossil)	2.41E+00	3.80E+00	3.85E+00	3.86E+00	1.66E+00
(a) Perfluorierte Kohlenstoffe (C ₂ F ₆ , CF ₄)	3.99E-04	5.67E-04	6.27E-04	6.57E-04	2.75E-04
(a) Methan (CH ₄)	3.68E-01	1.02E+00	8.04E-01	1.29E+00	3.61E-01
(a) Lachgas (N ₂ O)	6.97E-01	8.43E-01	4.83E-01	3.94E-01	4.01E-01
Total	3.47E+00	5.67E+00	5.14E+00	5.54E+00	2.43E+00
Bodenversauerung (kg SO₂ Äquivalent/kg Fleisch)					
(a) Ammoniak (NH ₃)	6.04E-02	5.23E-02	1.35E-01	1.44E-01	5.85E-02
(a) Verschied. (HCl, HF, H ₂ S)	2.39E-04	3.11E-04	3.76E-04	3.81E-04	1.59E-04
(a) Stickoxide (NO _x)	6.45E-03	1.31E-02	6.58E-03	1.20E-02	4.94E-03
(a) Schwefeldioxid (SO ₂)	1.89E-02	2.98E-02	3.03E-02	2.60E-02	1.19E-02
Total	8.60E-02	9.54E-02	1.73E-01	1.82E-01	7.55E-02
Aquatische Eutrophierung (kg PO₄ Äquivalent/kg Fleisch)					
(w) Ammoniak (NH ₃)	1.37E-05	5.34E-05	1.79E-05	1.95E-05	1.23E-05
(w) COD (Chem. Sauerstoffbedarf)	1.06E-06	1.97E-06	1.81E-06	2.01E-06	8.32E-07
(w) Phosphat (PO ₄ ³⁻)	2.44E-03	5.33E-04	9.44E-04	1.00E-03	9.92E-04
Total	2.46E-03	5.88E-04	9.64E-04	1.02E-03	1.00E-03
Terrestrische Eutrophierung (kg PO₄ Äquivalent/kg Fleisch)					
(a) Ammoniak (NH ₃)	1.12E-02	9.73E-03	2.52E-02	2.68E-02	1.09E-02
(a) Stickoxide (NO _x)	1.20E-03	2.42E-03	1.22E-03	2.23E-03	9.18E-04
(a) Phosphor (P)	9.99E-06	1.22E-06	2.30E-06	2.91E-06	3.05E-06
Total	1.24E-02	1.22E-02	2.64E-02	2.90E-02	1.18E-02
Gesamteutrophierung (kg PO₄ Äquivalent/kg Fleisch)					
(a) Ammoniak (NH ₃)	1.12E-02	9.73E-03	2.52E-02	2.68E-02	1.09E-02
(a) Stickoxide (NO _x)	1.20E-03	2.42E-03	1.22E-03	2.23E-03	9.18E-04
Verschiedene ((a) P, (w) NH ₃ , (w) PO ₄ ³⁻ , (wg) PO ₄ ³⁻ , (w) COD)	2.63E-03	7.53E-04	1.53E-03	1.97E-03	1.27E-03
(wg) Nitrat (NO ₃ ⁻)	1.94E-02	1.56E-02	2.80E-03	3.40E-02	1.20E-02
Total	3.45E-02	2.85E-02	3.08E-02	6.50E-02	2.50E-02
Terrestrische Ökotoxizität (g Zn Boden Äquivalent/kg Fleisch)					
(a) Versch. SM	4.28E-03	7.10E-03	7.13E-03	5.65E-03	2.67E-03
(s) Arsen (As)	7.24E-04	4.63E-05	1.04E-04	1.33E-04	1.91E-04
(s) Cadmium (Cd)	2.38E-02	9.80E-03	4.77E-03	7.81E-03	1.02E-02
(s) Chrom (Cr III)	3.56E-03	1.96E-03	1.50E-04	8.79E-04	1.18E-03
(s) Versch. SM	8.37E-02	1.94E-03	4.74E-03	1.60E-02	1.39E-02
(s) Kupfer (Cu)	7.86E-03	4.34E-03	2.61E-03	3.03E-03	1.37E-02
(s) Nickel (Ni)	9.50E-03	7.96E-03	4.04E-04	1.34E-03	3.36E-03
(s) Zink (Zn)	5.35E-02	5.63E-02	1.93E-02	3.30E-02	1.01E-01
(s) Pestizide	7.64E-04	0.00E+00	7.50E-05	3.40E-04	1.30E-04
Total	1.88E-01	8.95E-02	3.93E-02	6.82E-02	1.46E-01
Aquatische Ökotoxizität (g Zn Wasser Äquivalent/kg Fleisch)					
(a) Verschiedene SM	4.35E-02	6.87E-02	7.20E-02	6.02E-02	2.76E-02
(s) Verschiedene SM	3.93E-02	1.78E-02	1.71E-02	2.27E-02	2.00E-02
(w) Verschiedene SM	2.46E-01	6.35E-02	9.42E-02	1.09E-01	8.56E-02
(s) Cadmium (Cd)	5.94E-01	2.45E-01	1.19E-01	1.95E-01	2.54E-01
(s) Kupfer (Cu)	3.74E-02	2.07E-02	1.24E-02	1.44E-02	6.53E-02
(s) Quecksilber (Hg)	1.71E-01	4.18E-02	5.72E-02	4.89E-02	6.72E-02
(s) Zink (Zn)	1.23E-02	1.30E-02	4.45E-03	7.60E-03	2.32E-02
(w) Cadmium (Cd++)	1.16E-01	6.28E-02	6.66E-02	7.07E-02	4.74E-02
(w) Öle	5.09E-02	9.27E-02	8.55E-02	8.86E-02	3.75E-02
(s) Pesticide	5.15E-02	-8.15E-17	2.23E-02	1.38E-02	2.27E-02
(w) Verschiedene	4.42E-02	7.88E-02	7.37E-02	7.58E-02	3.20E-02
(w) Phosphat (PO ₄ ³⁻)	2.44E-02	5.33E-03	9.44E-03	1.00E-02	9.92E-03
Total	1.43E+00	7.10E-01	6.34E-01	7.18E-01	6.93E-01
Humantoxizität (g Pb Luft Äquivalent/kg Fleisch)					
(a) Cadmium (Cd)	6.79E+00	1.17E+01	1.13E+01	8.54E+00	4.17E+00
(a) Blei (Pb)	2.92E+00	4.56E+00	5.98E+00	4.66E+00	2.08E+00
(a) Quecksilber (Hg)	2.99E+00	3.75E+00	4.77E+00	4.92E+00	2.00E+00
(a) Nickel (Ni)	2.75E+00	4.68E+00	4.56E+00	3.53E+00	1.70E+00
(a) Schwefeldioxid (SO ₂)	1.42E-01	2.24E-01	2.27E-01	1.95E-01	8.96E-02
(wg) Nitrat (NO ₃ ⁻)	1.65E-01	1.32E-01	2.38E-02	2.89E-01	1.02E-01
Verschiedene	4.18E-01	1.17E-01	1.27E-01	1.80E-01	1.16E-01
Total	1.62E+01	2.52E+01	2.69E+01	2.23E+01	1.03E+01



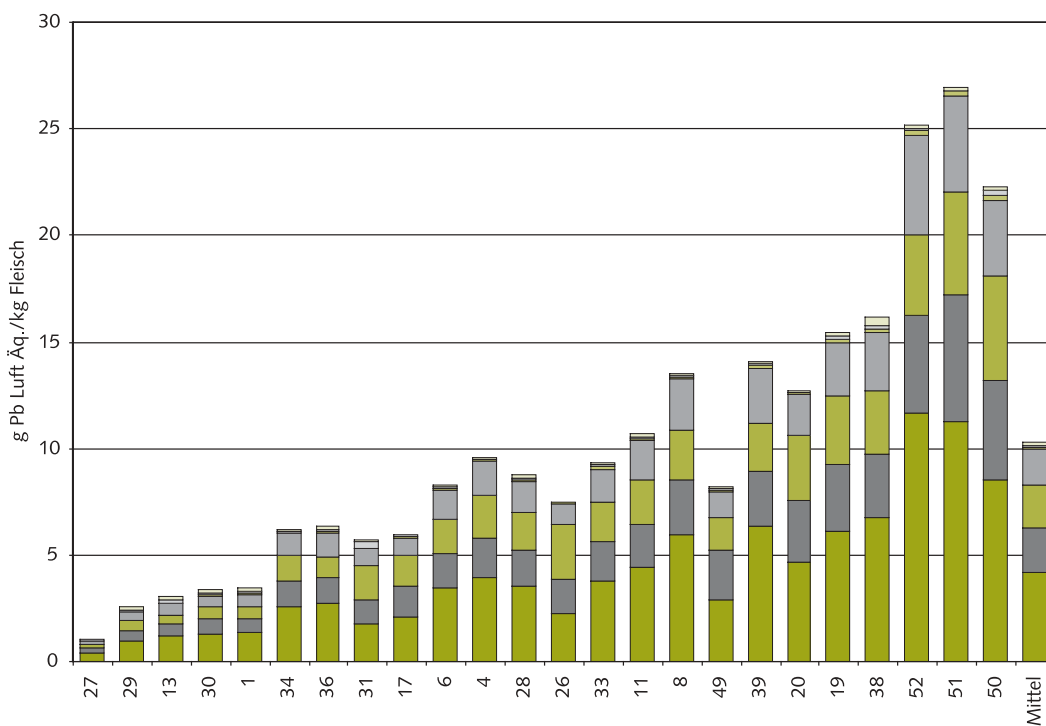
Einfluss der Produktionszone auf die Ausschöpfung nicht erneuerbarer Energieressourcen (FE: kg Fleisch) Vgl. Liste der Abkürzungen und Symbole
Anhang 7.3.2.1a



Ausschöpfung nicht erneuerbarer Energieressourcen nach Betriebstyp (FE: kg Fleisch) Typologie gemäss Anhang 7.2.2.1
Anhang 7.3.2.1b



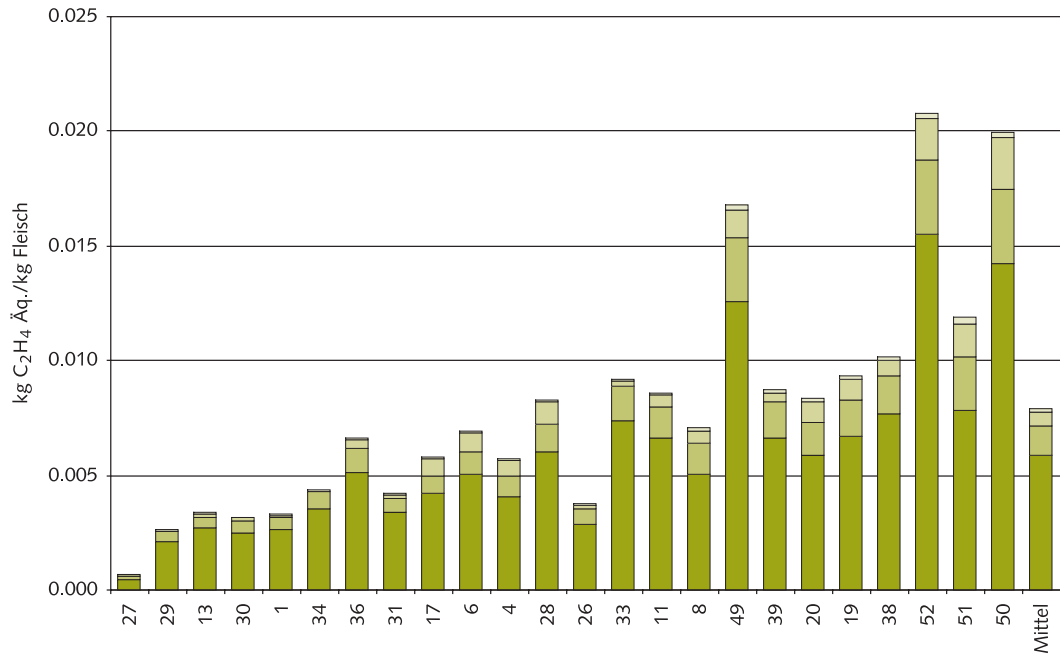
Treibhauseffekt über 500 Jahre (FE: kg Fleisch): Resultate pro Betrieb und Mittel
Anhang 7.3.2.2a



Humantoxizität (FE: kg Fleisch): Resultate pro Betrieb und Mittel
Anhang 7.3.2.2b

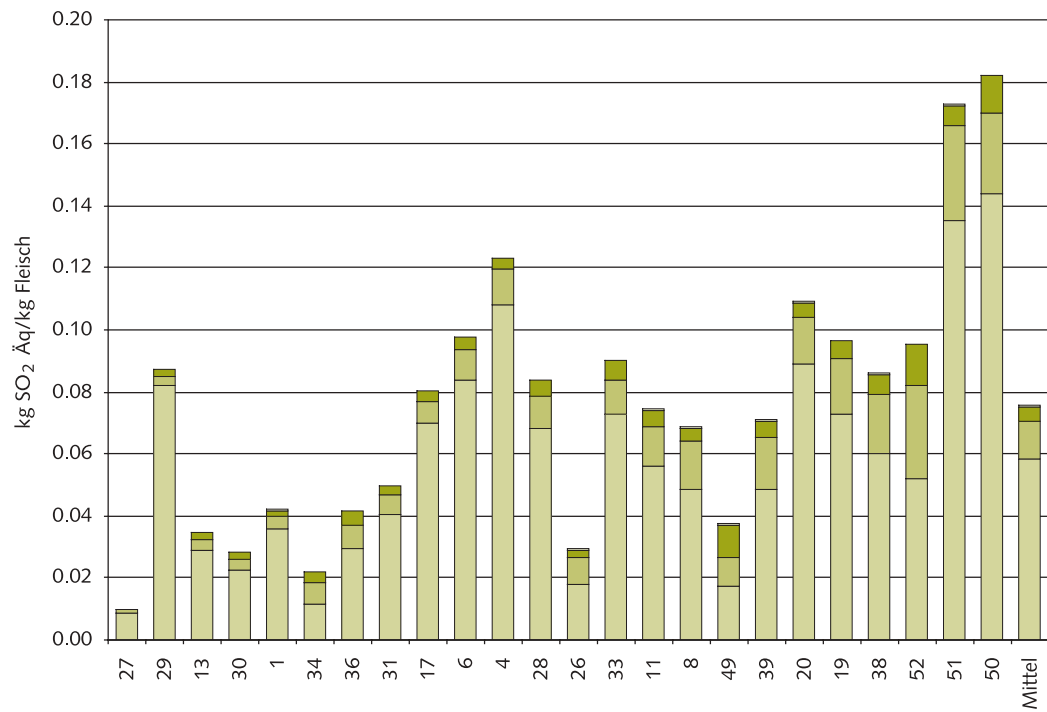
Ozonbildung (FE: kg Fleisch): Resultate pro Betrieb und Mittel
Anhang 7.3.2.2c

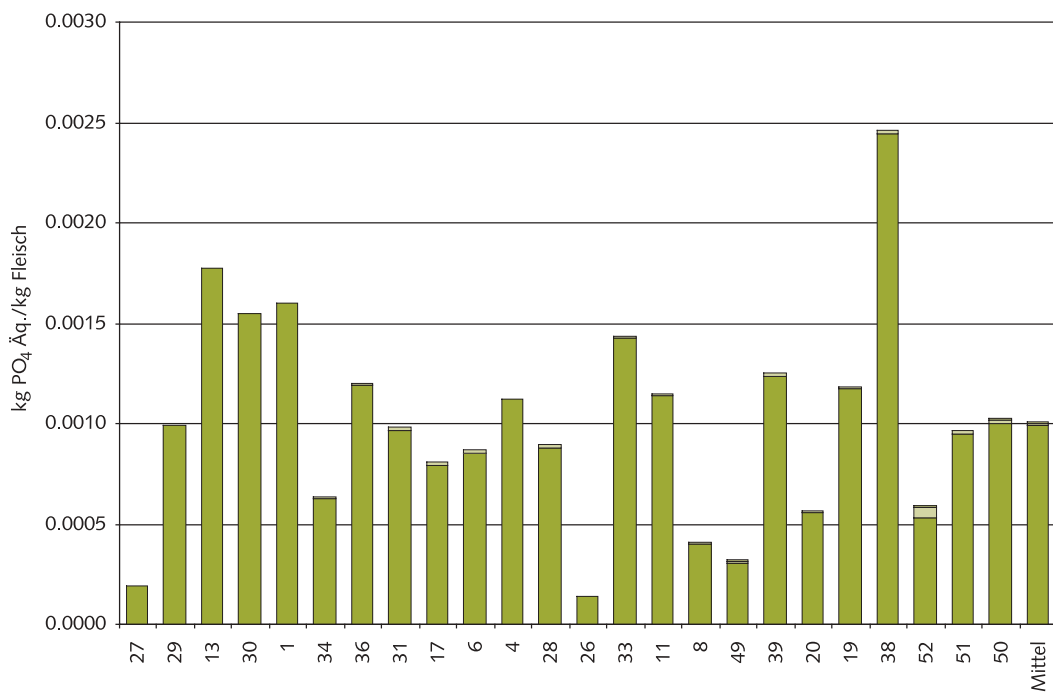
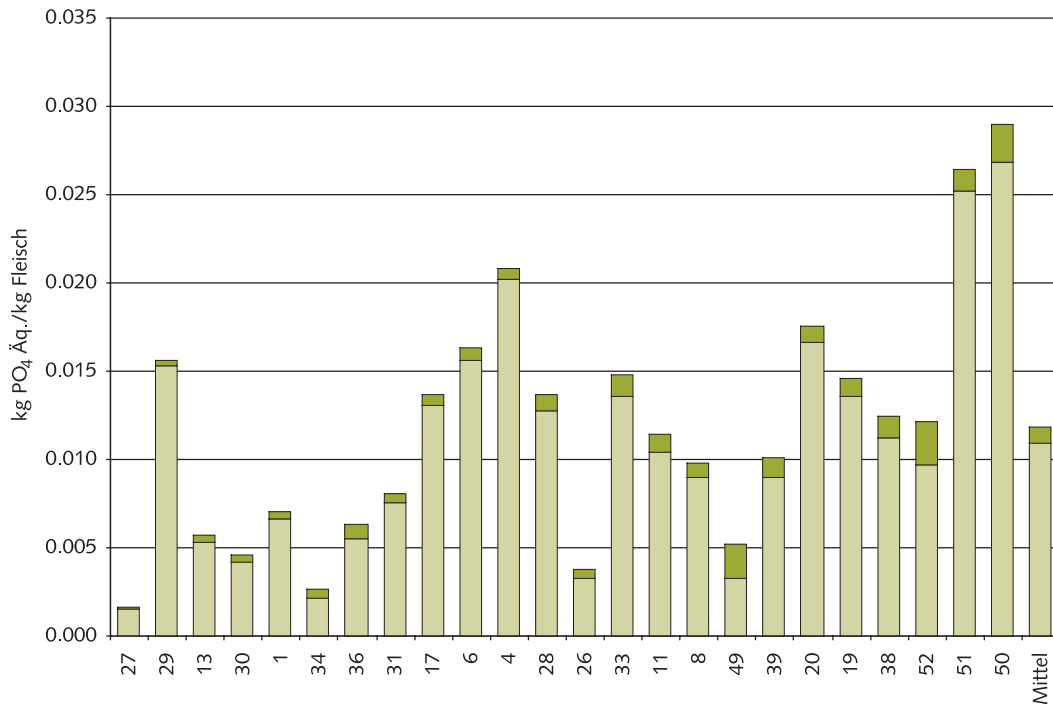
- Übrige Emissionen
- (a) Methan (CH₄)
- (a) NMVOC
- (a) Stickoxide (NO_x)



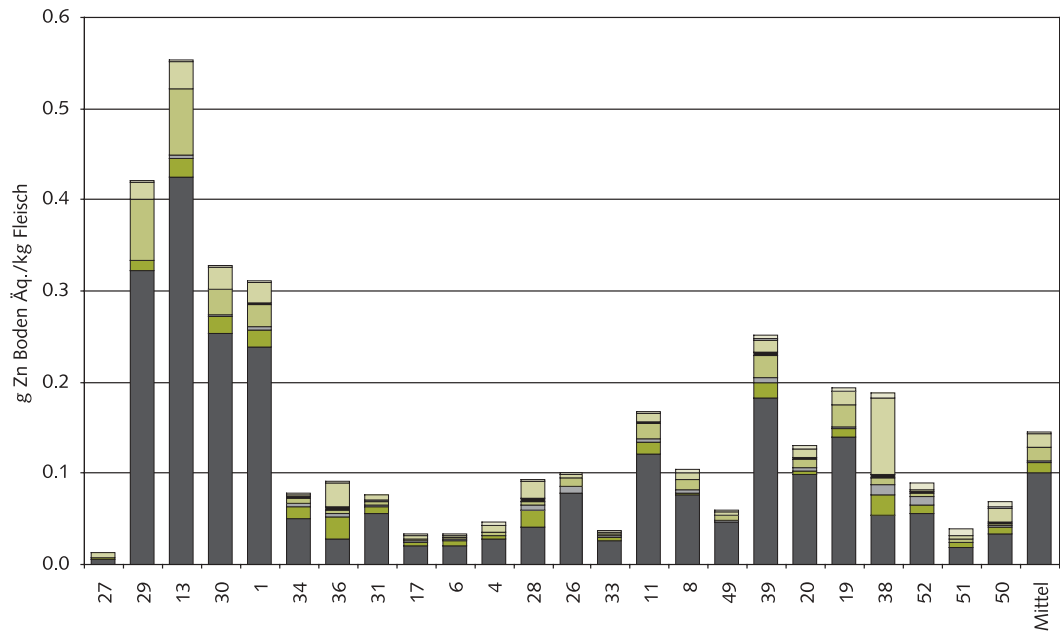
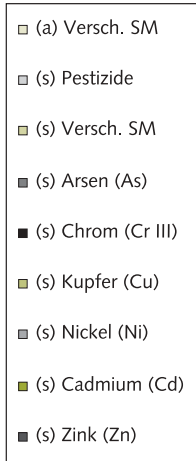
Versauerung (FE: kg Fleisch): Resultate pro Betrieb und Mittel
Anhang 7.3.2.3b

- (a) Versch. (HCl, HF, H₂S)
- (a) Stickoxide (NO_x)
- (a) Schwefeldioxid (SO₂)
- (a) Ammoniak (NH₃)





Terrestrische Ökotoxizität (FE: kg Fleisch): Resultate pro Betrieb und Mittel
Anhang 7.3.2.4b



MJ Äquivalent/kg Trockensubstanz									
Betriebsnummer	Betrieb	Gebäude	Maschinen	Energie-träger	Dünger	Pestizide	Saatgut	Futtermittel	Andere Inputs
32	2.613	0.840	0.638	0.589	0.327	0.051	0.168	0.000	0.000
23	3.835	0.412	1.697	0.771	0.528	0.094	0.321	0.000	0.011
24	5.020	0.494	0.990	1.153	1.679	0.218	0.476	0.000	0.011
36	5.341	1.140	1.475	1.100	0.877	0.094	0.373	0.000	0.281
34	5.381	0.676	2.107	0.932	1.616	0.010	0.000	0.000	0.041
52	5.471	1.725	1.385	1.295	0.709	0.056	0.296	0.000	0.005
25	5.808	0.838	2.179	1.450	0.965	0.136	0.233	0.000	0.007
37	6.106	0.898	1.189	1.260	2.029	0.183	0.517	0.000	0.030
22	6.166	0.480	1.738	0.909	2.709	0.124	0.200	0.000	0.008
26	6.185	0.168	1.275	0.615	3.667	0.136	0.313	0.000	0.010
40	6.381	2.608	1.372	0.609	1.447	0.060	0.281	0.000	0.004
42	6.470	2.129	1.602	0.677	1.452	0.119	0.477	0.000	0.013
31	7.183	1.911	2.464	0.743	1.164	0.116	0.776	0.000	0.011
39	7.227	3.325	1.293	1.179	1.112	0.097	0.199	0.000	0.023
28	7.257	1.630	1.841	1.346	1.231	0.104	1.100	0.000	0.006
27	7.465	1.093	1.362	1.441	2.866	0.264	0.416	0.000	0.023
30	7.561	1.743	2.517	2.441	0.393	0.099	0.341	0.000	0.028
49	7.776	1.638	3.157	1.399	0.000	0.005	1.080	0.000	0.496
41	7.942	2.531	1.303	2.183	1.448	0.156	0.289	0.000	0.032
38	9.979	3.656	2.883	2.013	0.847	0.101	0.451	0.000	0.026
5	11.131	0.799	5.150	2.458	0.000	0.000	1.269	0.000	1.455
35	12.428	5.591	3.537	2.281	0.489	0.099	0.395	0.000	0.035
33	12.548	1.063	7.488	2.881	0.000	0.000	0.754	0.000	0.363
12	13.103	5.322	4.433	2.453	0.000	0.000	0.690	0.000	0.206
10	16.042	1.883	6.660	5.981	0.154	0.000	1.363	0.000	0.000
Mittel	7.697	1.784	2.469	1.606	1.108	0.093	0.511	0.000	0.125

Ausschöpfung nicht
erneuerbarer Energie-
ressourcen
Anhang 7.3.3.a

Anhang 7.3.3.b: Umweltwirkungen der Produktgruppe Ackerbau (1)

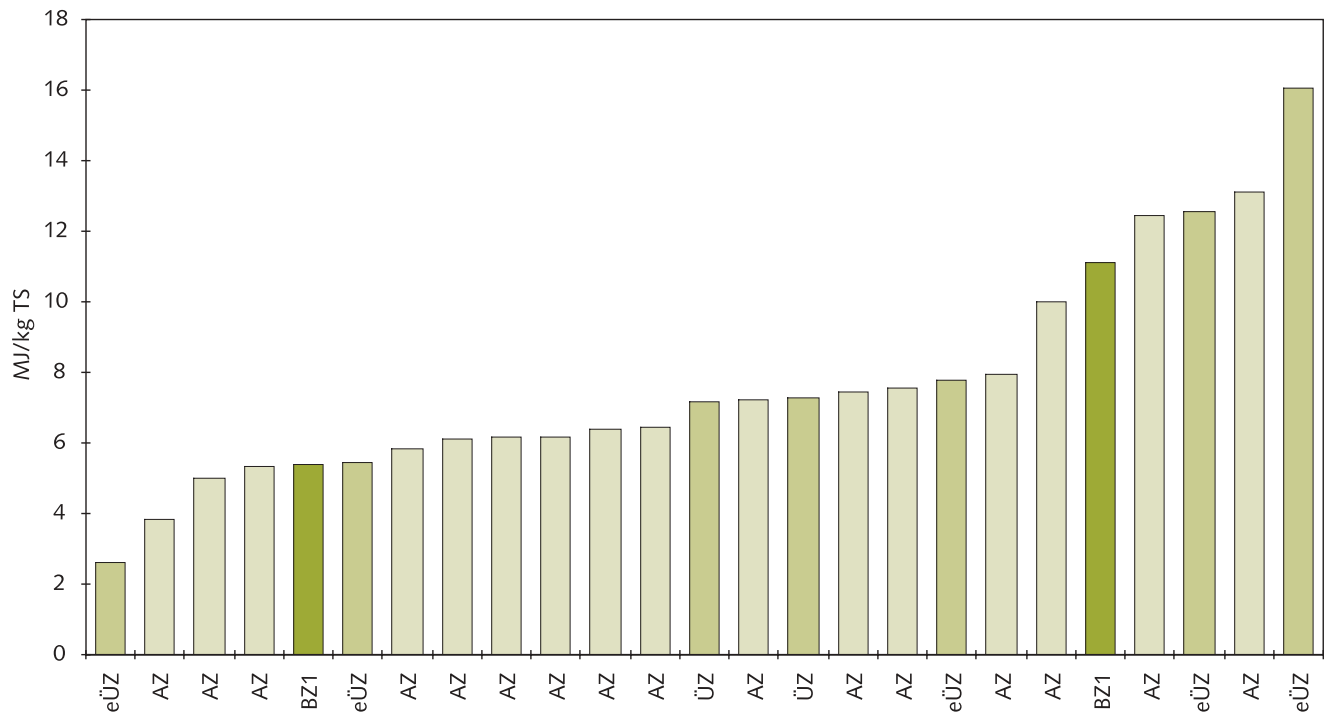
Betriebsnummer	32	23	24	36	34	52	25	37	22	26
Ozonbildung (kg C₂H₄ Äquivalent/kg TS)										
(a) NMVOC	1.08E-04	1.81E-04	2.13E-04	2.34E-04	2.38E-04	2.70E-04	2.61E-04	2.81E-04	2.63E-04	2.18E-04
(a) Methan (CH ₄)	1.66E-06	2.47E-06	3.74E-06	3.48E-06	3.68E-06	3.51E-06	3.69E-06	4.43E-06	4.40E-06	4.93E-06
(a) Stickoxide (NO _x)	5.78E-04	1.03E-03	1.41E-03	1.14E-03	1.62E-03	1.42E-03	1.43E-03	1.79E-03	1.58E-03	1.52E-03
Übrige Emissionen	7.92E-06	1.17E-05	1.87E-05	2.00E-05	1.57E-05	1.70E-05	1.93E-05	2.02E-05	2.51E-05	2.13E-05
Total	6.95E-04	1.22E-03	1.65E-03	1.40E-03	1.88E-03	1.71E-03	1.71E-03	2.09E-03	1.87E-03	1.76E-03
Treibhauseffekt 500 Jahre (kg CO₂ Äquivalent/kg TS)										
(a) Kohlendioxid (CO ₂ , fossil)	1.28E-01	1.91E-01	2.27E-01	2.59E-01	2.47E-01	2.83E-01	2.86E-01	2.87E-01	3.42E-01	2.62E-01
(a) Perfluorierte Kohlenstoffe (C ₂ F ₆ , CF ₄)	2.04E-05	3.02E-05	3.86E-05	4.22E-05	4.58E-05	4.12E-05	4.87E-05	4.81E-05	8.61E-05	5.46E-05
(a) Methan (CH ₄)	9.49E-04	1.41E-03	2.14E-03	1.99E-03	2.10E-03	2.01E-03	2.11E-03	2.53E-03	2.51E-03	2.81E-03
(a) Lachgas (N ₂ O)	4.65E-02	7.32E-02	1.78E-01	8.31E-02	2.42E-01	1.15E-01	8.85E-02	1.86E-01	1.23E-01	2.86E-01
Total	1.76E-01	2.66E-01	4.08E-01	3.44E-01	4.91E-01	4.00E-01	3.77E-01	4.76E-01	4.68E-01	5.50E-01
Bodenversauerung (kg SO₂ Äquivalent/kg TS)										
(a) Ammoniak (NH ₃)	2.15E-03	4.57E-03	1.47E-03	1.35E-03	1.89E-02	8.07E-03	3.92E-03	1.53E-03	3.50E-03	1.46E-02
(a) Versch. (HCl, HF, H ₂ S)	1.15E-05	1.60E-05	1.80E-05	2.16E-05	1.91E-05	2.08E-05	2.39E-05	2.23E-05	2.78E-05	2.14E-05
(a) Stickoxide (NO _x)	4.86E-04	8.63E-04	1.19E-03	9.57E-04	1.36E-03	1.19E-03	1.20E-03	1.50E-03	1.33E-03	1.28E-03
(a) Schwefeldioxid (SO ₂)	8.98E-04	1.18E-03	1.19E-03	1.71E-03	1.51E-03	1.81E-03	1.77E-03	1.71E-03	1.78E-03	1.60E-03
Total	3.54E-03	6.63E-03	3.86E-03	4.04E-03	2.18E-02	1.11E-02	6.92E-03	4.76E-03	6.64E-03	1.75E-02
Aquatische Eutrophierung (kg PO₄ Äquivalent/kg TS)										
(w) Ammoniak (NH ₃)	2.34E-06	3.49E-06	1.01E-05	5.23E-06	8.74E-06	5.07E-06	4.99E-06	1.08E-05	6.93E-06	2.31E-05
(w) COD (Chem. Sauerstoffbedarf)	6.72E-08	1.09E-07	1.41E-07	1.54E-07	1.47E-07	1.68E-07	1.63E-07	1.76E-07	1.69E-07	1.51E-07
(w) Phosphat (PO ₄ 3 ⁻)	7.94E-05	1.42E-04	1.08E-04	1.02E-04	3.84E-04	2.56E-04	1.53E-04	1.97E-04	1.64E-04	1.79E-04
Total	8.18E-05	1.45E-04	1.18E-04	1.07E-04	3.93E-04	2.61E-04	1.59E-04	2.08E-04	1.71E-04	2.02E-04
Terrestrische Eutrophierung (kg PO₄ Äquivalent/kg TS)										
(a) Ammoniak (NH ₃)	4.00E-04	8.51E-04	2.73E-04	2.51E-04	3.52E-03	1.50E-03	7.31E-04	2.85E-04	6.51E-04	2.72E-03
(a) Stickoxide (NO _x)	9.03E-05	1.60E-04	2.21E-04	1.78E-04	2.53E-04	2.22E-04	2.23E-04	2.79E-04	2.47E-04	2.37E-04
(a) Phosphor (P)	4.66E-08	6.62E-08	7.58E-08	8.87E-08	7.25E-08	8.52E-08	9.46E-08	9.33E-08	1.41E-07	8.22E-08
Total	4.90E-04	1.01E-03	4.94E-04	4.29E-04	3.78E-03	1.72E-03	9.54E-04	5.64E-04	8.98E-04	2.96E-03
Gesamteutrophierung (kg PO₄ Äquivalent/kg TS)										
(a) Ammoniak (NH ₃)	4.00E-04	8.51E-04	2.73E-04	2.51E-04	3.52E-03	1.50E-03	7.31E-04	2.85E-04	6.51E-04	2.72E-03
(a) Stickoxide (NO _x)	9.03E-05	1.60E-04	2.21E-04	1.78E-04	2.53E-04	2.22E-04	2.23E-04	2.79E-04	2.47E-04	2.37E-04
Verschiedene ((a) P, (w) NH ₃ , (w) PO ₄ 3 ⁻ , (w) PO ₄ 3 ⁻ , (w) COD (chem. Sauerstoffbedarf))	1.18E-04	1.92E-04	2.25E-04	1.46E-04	4.91E-04	4.16E-04	2.14E-04	3.24E-04	2.49E-04	2.51E-04
(wg) Nitrat (NO ₃ ⁻)	3.23E-03	4.87E-03	3.67E-03	2.33E-03	8.52E-03	1.01E-02	5.24E-03	8.98E-03	5.15E-03	3.45E-03
Total	3.84E-03	6.07E-03	4.39E-03	2.91E-03	1.28E-02	1.23E-02	6.41E-03	9.87E-03	6.30E-03	6.66E-03
Terrestrische Ökotoxizität (g Zn Boden Äquivalent/kg TS)										
(a) Versch. SM	2.06E-04	2.60E-04	2.63E-04	3.81E-04	3.20E-04	4.13E-04	3.86E-04	3.63E-04	3.55E-04	3.46E-04
(s) Arsen (As)	1.54E-06	2.38E-06	3.21E-06	3.13E-06	3.32E-06	3.68E-06	3.53E-06	3.99E-06	3.61E-06	3.79E-06
(s) Cadmium (Cd)	1.05E-05	8.42E-04	5.32E-05	1.82E-03	7.61E-03	4.95E-04	4.06E-03	6.09E-03	2.24E-03	1.97E-03
(s) Chrom (Cr III)	2.44E-05	1.52E-04	1.19E-04	3.02E-04	1.13E-03	1.33E-04	6.08E-04	9.49E-04	6.71E-04	8.28E-04
(s) Versch. SM	1.70E-05	4.76E-05	8.62E-05	6.16E-05	9.45E-05	2.31E-04	8.02E-05	1.72E-04	1.72E-04	2.52E-04
(s) Kupfer (Cu)	6.28E-05	1.37E-04	3.23E-04	1.06E-03	5.58E-04	4.82E-04	1.74E-03	5.85E-04	1.41E-03	7.85E-04
(s) Nickel (Ni)	3.06E-04	5.42E-04	1.57E-03	8.73E-04	2.06E-03	7.82E-04	1.10E-03	2.25E-03	2.48E-03	2.99E-03
(s) Zink (Zn)	1.09E-03	3.21E-03	5.54E-03	3.88E-03	9.21E-03	6.06E-03	6.07E-03	9.83E-03	1.06E-01	1.46E-02
(s) Pestizide	1.68E-04	3.38E-03	2.44E-02	7.09E-04	7.77E-06	3.40E-05	3.26E-03	2.39E-03	1.35E-04	6.16E-04
Total	1.89E-03	8.57E-03	3.24E-02	9.10E-03	2.10E-02	8.64E-03	1.73E-02	2.26E-02	1.15E-01	2.24E-02
Aquatische Ökotoxizität (g Zn Wasser Äquivalent/kg TS)										
(a) Verschiedene SM	2.07E-03	2.66E-03	2.72E-03	3.82E-03	3.29E-03	4.08E-03	3.98E-03	3.65E-03	3.77E-03	3.47E-03
(s) Verschiedene SM	3.74E-04	1.33E-03	1.88E-03	2.26E-03	6.78E-03	1.56E-03	3.93E-03	6.33E-03	2.03E-02	7.20E-03
(w) Verschiedene SM	2.37E-03	3.36E-03	4.08E-03	4.52E-03	4.32E-03	4.38E-03	5.05E-03	4.89E-03	5.62E-03	4.88E-03
(s) Cadmium (Cd)	2.63E-04	2.10E-02	1.33E-03	4.56E-02	1.90E-01	1.24E-02	1.01E-01	1.52E-01	5.59E-02	4.93E-02
(s) Kupfer (Cu)	2.99E-04	6.54E-04	1.54E-03	5.05E-03	2.66E-03	2.29E-03	8.29E-03	2.78E-03	6.71E-03	3.74E-03
(s) Quecksilber (Hg)	2.77E-06	4.21E-06	5.04E-06	5.53E-06	5.47E-06	5.11E-03	6.26E-06	6.47E-06	6.02E-06	5.44E-06
(s) Zink (Zn)	2.52E-04	7.38E-04	1.27E-03	8.93E-04	2.12E-03	1.39E-03	1.40E-03	2.26E-03	2.43E-02	3.35E-03
(w) Cadmium (Cd++)	2.19E-03	3.40E-03	4.60E-03	4.61E-03	5.06E-03	4.81E-03	5.26E-03	5.75E-03	8.77E-03	6.33E-03
(w) Öle	2.99E-03	4.59E-03	5.58E-03	6.60E-03	6.01E-03	7.21E-03	6.80E-03	7.14E-03	6.60E-03	6.06E-03
(s) Pestizide	9.87E-03	1.78E-02	7.49E-02	1.74E-01	1.94E-06	8.36E-03	8.32E-02	1.31E-02	1.83E-02	3.09E-02
(w) Verschiedene	2.52E-03	3.78E-03	4.56E-03	5.70E-03	4.97E-03	5.92E-03	5.61E-03	5.87E-03	5.52E-03	5.11E-03
(w) Phosphat (PO ₄ 3 ⁻)	7.94E-04	1.42E-03	1.08E-03	1.02E-03	3.84E-03	2.56E-03	1.53E-03	1.97E-03	1.64E-03	1.79E-03
Total	2.40E-02	6.08E-02	1.04E-01	2.54E-01	2.29E-01	6.01E-02	2.26E-01	2.06E-01	1.57E-01	1.22E-01
Humantoxizität (g Pb Luft Äquivalent/kg TS)										
(a) Cadmium (Cd)	3.30E-01	4.08E-01	4.04E-01	6.01E-01	4.96E-01	6.68E-01	5.98E-01	5.71E-01	5.35E-01	5.45E-01
(a) Blei (Pb)	1.50E-01	2.00E-01	2.47E-01	3.13E-01	2.53E-01	2.86E-01	3.21E-01	2.92E-01	3.55E-01	2.96E-01
(a) Quecksilber (Hg)	1.35E-01	1.87E-01	2.00E-01	2.50E-01	2.39E-01	2.49E-01	2.90E-01	2.52E-01	3.00E-01	2.28E-01
(a) Nickel (Ni)	1.33E-01	1.66E-01	1.65E-01	2.46E-01	2.04E-01	2.69E-01	2.45E-01	2.33E-01	2.19E-01	2.21E-01
(a) Schwefeldioxid (SO ₂)	6.73E-03	8.87E-03	8.91E-03	1.28E-02	1.14E-02	1.35E-02	1.32E-02	1.28E-02	1.33E-02	1.20E-02
(wg) Nitrat (NO ₃ ⁻)	2.75E-02	4.14E-02	3.12E-02	1.98E-02	7.24E-02	8.60E-02	4.46E-02	7.24E-02	4.38E-02	2.94E-02
Verschiedene	4.37E-03	8.22E-03	8.62E-03	1.21E-02	1.19E-02	9.34E-03	1.30E-02	1.29E-02	1.71E-02	1.14E-02
Total	7.86E-01	1.02E+00	1.06E+00	1.45E+00	1.29E+00	1.58E+00	1.52E+00	1.44E+00	1.48E+00	1.34E+00

Anhang 7.3.3.b: Umweltwirkungen der Produktgruppe Ackerbau (2)

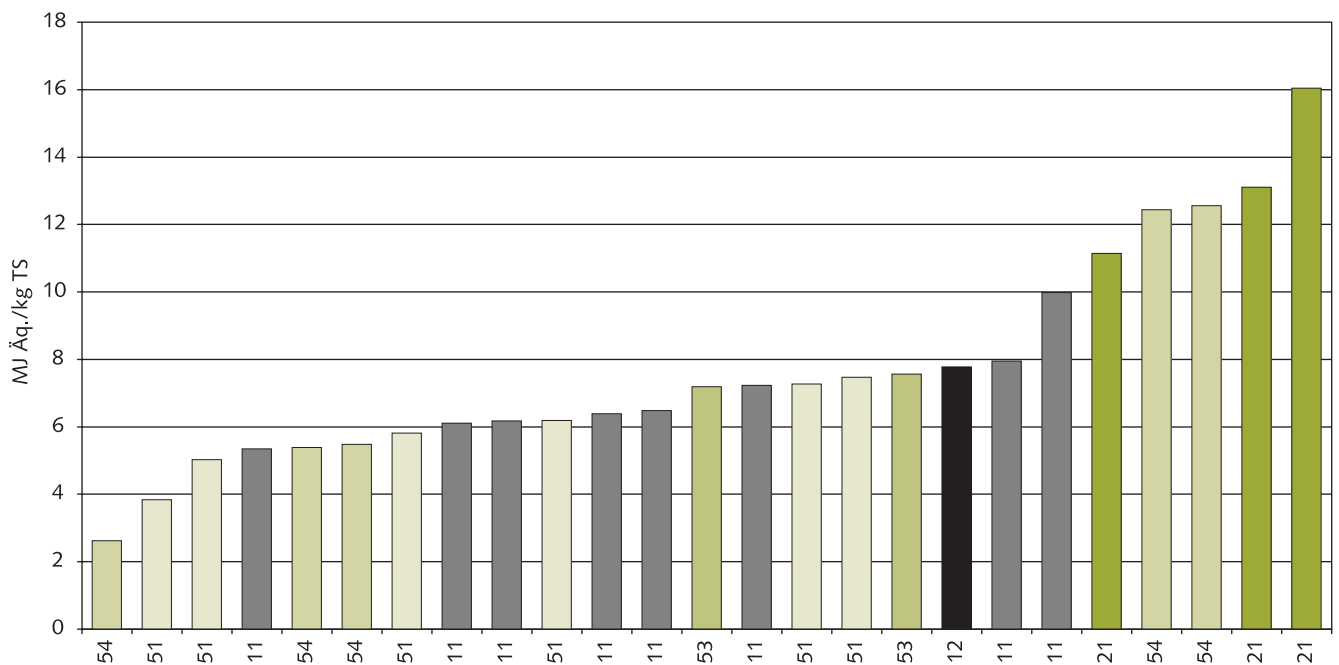
Betriebsnummer	40	42	31	39	28	27	30	49	41	38
Ozonbildung (kg C₂H₄ Äquivalent/kg TS)										
(a) NMVOC	2.46E-04	2.43E-04	2.71E-04	3.05E-04	3.17E-04	2.64E-04	3.83E-04	3.36E-04	3.38E-04	4.11E-04
(a) Methan (CH ₄)	4.20E-06	4.24E-06	4.69E-06	4.66E-06	4.88E-06	5.38E-06	4.58E-06	4.63E-06	5.12E-06	6.05E-06
(a) Stickoxide (NO _x)	1.26E-03	1.18E-03	1.40E-03	1.55E-03	1.70E-03	1.48E-03	1.85E-03	1.33E-03	1.62E-03	1.96E-03
Übrige Emissionen	1.86E-05	1.96E-05	2.17E-05	2.27E-05	2.48E-05	3.01E-05	3.61E-05	2.89E-05	3.02E-05	2.98E-05
Total	1.53E-03	1.44E-03	1.69E-03	1.88E-03	2.05E-03	1.78E-03	2.28E-03	1.70E-03	1.99E-03	2.41E-03
Treibhauseffekt 500 Jahre (kg CO₂ Äquivalent/kg TS)										
(a) Kohlendioxid (CO ₂ , fossil)	3.11E-01	3.19E-01	3.58E-01	3.60E-01	3.68E-01	3.55E-01	4.02E-01	3.98E-01	3.99E-01	5.03E-01
(a) Perfluorierte Kohlenstoffe (C ₂ F ₆ , CF ₄)	5.43E-05	5.87E-05	5.71E-05	5.50E-05	5.61E-05	7.47E-05	5.42E-05	6.03E-05	6.84E-05	7.92E-05
(a) Methan (CH ₄)	2.40E-03	2.42E-03	2.68E-03	2.67E-03	2.79E-03	3.07E-03	2.62E-03	2.64E-03	2.93E-03	3.45E-03
(a) Lachgas (N ₂ O)	1.07E-01	8.33E-02	1.39E-01	1.17E-01	1.23E-01	1.86E-01	9.93E-02	3.96E-02	1.12E-01	9.63E-02
Total	4.21E-01	4.05E-01	5.00E-01	4.79E-01	4.94E-01	5.44E-01	5.04E-01	4.40E-01	5.14E-01	6.03E-01
Bodenversauerung (kg SO₂ Äquivalent/kg TS)										
(a) Ammoniak (NH ₃)	2.40E-03	9.36E-04	1.09E-02	3.02E-03	3.17E-03	5.72E-03	1.08E-02	6.41E-03	1.20E-03	6.43E-03
(a) Versch. (HCl, HF, H ₂ S)	2.73E-05	2.92E-05	3.43E-05	2.94E-05	3.27E-05	3.06E-05	2.90E-05	3.72E-05	3.16E-05	4.51E-05
(a) Stickoxide (NO _x)	1.06E-03	9.90E-04	1.18E-03	1.30E-03	1.43E-03	1.25E-03	1.56E-03	1.12E-03	1.36E-03	1.65E-03
(a) Schwefeldioxid (SO ₂)	2.49E-03	2.46E-03	2.77E-03	2.72E-03	2.50E-03	2.78E-03	2.34E-03	2.78E-03	2.73E-03	3.80E-03
Total	5.99E-03	4.42E-03	1.49E-02	7.07E-03	7.14E-03	9.16E-03	1.47E-02	1.04E-02	5.32E-03	1.19E-02
Aquatische Eutrophierung (kg PO₄ Äquivalent/kg TS)										
(w) Ammoniak (NH ₃)	6.48E-06	5.05E-06	5.54E-06	7.04E-06	6.97E-06	1.03E-05	4.31E-06	2.08E-06	7.47E-06	5.68E-06
(w) COD (Chem. Sauerstoffbedarf)	1.57E-07	1.60E-07	1.74E-07	1.92E-07	1.99E-07	1.89E-07	2.52E-07	2.21E-07	2.31E-07	2.57E-07
(w) Phosphat (PO ₄ ³⁻)	1.62E-04	1.82E-04	2.32E-04	1.45E-04	1.86E-04	1.75E-04	1.94E-04	2.98E-04	1.38E-04	1.97E-04
Total	1.69E-04	1.88E-04	2.37E-04	1.53E-04	1.93E-04	1.85E-04	1.99E-04	3.01E-04	1.46E-04	2.03E-04
Terrestrische Eutrophierung (kg PO₄ Äquivalent/kg TS)										
(a) Ammoniak (NH ₃)	4.48E-04	1.74E-04	2.03E-03	5.62E-04	5.90E-04	1.06E-03	2.00E-03	1.19E-03	2.23E-04	1.20E-03
(a) Stickoxide (NO _x)	1.97E-04	1.84E-04	2.18E-04	2.42E-04	2.66E-04	2.31E-04	2.90E-04	2.08E-04	2.53E-04	3.07E-04
(a) Phosphor (P)	1.10E-07	1.19E-07	1.41E-07	1.15E-07	1.43E-07	1.34E-07	1.18E-07	1.61E-07	1.26E-07	1.80E-07
Total	6.45E-04	3.58E-04	2.25E-03	8.04E-04	8.56E-04	1.30E-03	2.29E-03	1.40E-03	4.76E-04	1.50E-03
Gesamteutrophierung (kg PO₄ Äquivalent/kg TS)										
(a) Ammoniak (NH ₃)	4.48E-04	1.74E-04	2.03E-03	5.62E-04	5.90E-04	1.06E-03	2.00E-03	1.19E-03	2.23E-04	1.20E-03
(a) Stickoxide (NO _x)	1.97E-04	1.84E-04	2.18E-04	2.42E-04	2.66E-04	2.31E-04	2.90E-04	2.08E-04	2.53E-04	3.07E-04
Verschiedene ((a) P, (w) NH ₃ , (w) PO ₄ ³⁻ , (wg) PO ₄ ³⁻ , (w) COD (chem. Sauerstoffbedarf))	2.29E-04	2.49E-04	3.21E-04	2.09E-04	2.51E-04	2.61E-04	2.85E-04	4.47E-04	2.24E-04	2.73E-04
(wg) Nitrat (NO ₃ ⁻)	4.70E-03	4.18E-03	1.32E-02	2.79E-03	8.91E-03	4.86E-03	7.40E-03	8.61E-03	4.96E-03	4.43E-03
Total	5.57E-03	4.78E-03	1.57E-02	3.80E-03	1.00E-02	6.41E-03	9.98E-03	1.05E-02	5.66E-03	6.21E-03
Terrestrische Ökotoxizität (g Zn Boden Äquivalent/kg TS)										
(a) Versch. SM	5.67E-04	5.63E-04	6.21E-04	6.42E-04	5.64E-04	4.84E-04	5.38E-04	6.38E-04	6.05E-04	8.67E-04
(s) Arsen (As)	3.81E-06	3.81E-06	4.18E-06	4.52E-06	4.52E-06	4.37E-06	5.13E-06	4.29E-06	5.10E-06	5.88E-06
(s) Cadmium (Cd)	3.01E-03	9.37E-03	4.35E-05	1.08E-03	5.00E-03	7.18E-03	1.32E-05	1.52E-03	5.44E-03	3.22E-03
(s) Chrom (Cr III)	5.98E-04	1.34E-03	7.41E-05	1.07E-03	7.54E-04	1.72E-03	3.40E-05	9.26E-04	8.76E-04	4.90E-04
(s) Versch. SM	1.47E-03	1.19E-04	1.15E-04	4.22E-03	9.12E-05	3.05E-03	2.14E-05	6.03E-03	5.05E-04	6.79E-05
(s) Kupfer (Cu)	5.08E-04	5.62E-04	2.14E-04	7.61E-03	4.01E-04	3.42E-03	7.58E-05	9.78E-03	9.08E-04	2.64E-04
(s) Nickel (Ni)	1.55E-03	1.75E-03	7.75E-04	2.97E-03	1.43E-03	4.24E-03	3.69E-04	4.85E-03	1.73E-03	9.17E-04
(s) Zink (Zn)	8.76E-03	9.42E-03	4.06E-03	5.41E-02	6.79E-03	6.25E-02	1.38E-03	1.90E-01	1.28E-02	4.56E-03
(s) Pestizide	6.14E-05	6.69E-04	5.44E-05	6.39E-05	1.24E-02	9.71E-03	3.29E-04	0.00E+00	8.16E-05	2.21E-04
Total	1.65E-02	2.38E-02	5.96E-03	7.18E-02	2.74E-02	9.24E-02	2.76E-03	2.13E-01	2.29E-02	1.06E-02
Aquatische Ökotoxizität (g Zn Wasser Äquivalent/kg TS)										
(a) Verschiedene SM	5.51E-03	5.53E-03	6.14E-03	6.23E-03	5.60E-03	4.96E-03	5.41E-03	6.40E-03	6.01E-03	8.62E-03
(s) Verschiedene SM	1.73E-02	7.90E-03	1.69E-03	3.01E-02	4.81E-03	3.52E-02	4.78E-04	1.59E-02	6.38E-03	3.20E-03
(w) Verschiedene SM	5.63E-03	5.92E-03	6.79E-03	6.06E-03	6.64E-03	6.58E-03	6.07E-03	7.38E-03	6.58E-03	9.12E-03
(s) Cadmium (Cd)	7.53E-02	2.34E-01	1.09E-03	2.71E-02	1.25E-01	1.80E-01	3.31E-04	3.81E-02	1.36E-01	8.04E-02
(s) Kupfer (Cu)	2.42E-03	2.68E-03	1.02E-03	3.62E-02	1.91E-03	1.63E-02	3.61E-04	4.66E-02	4.32E-03	1.26E-03
(s) Quecksilber (Hg)	6.74E-06	6.76E-06	7.43E-06	5.17E-02	7.98E-06	7.35E-03	9.65E-06	1.58E-01	1.03E-02	1.10E-05
(s) Zink (Zn)	2.01E-03	2.17E-03	9.34E-04	1.24E-02	1.56E-03	1.44E-02	3.16E-04	4.36E-02	2.93E-03	1.05E-03
(w) Cadmium (Cd++)	5.92E-03	6.26E-03	6.27E-03	6.22E-03	6.50E-03	7.95E-03	6.43E-03	6.34E-03	7.06E-03	8.37E-03
(w) Öle	7.27E-03	7.29E-03	8.01E-03	8.77E-03	8.66E-03	7.79E-03	1.04E-02	9.86E-03	9.89E-03	1.18E-02
(s) Pestizide	5.07E-03	9.98E-03	6.73E-03	1.28E-02	2.25E-02	3.92E-02	1.87E-02	0.00E+00	1.75E-02	6.00E-02
(w) Verschiedene	6.25E-03	6.26E-03	6.86E-03	7.44E-03	7.25E-03	6.58E-03	8.42E-03	8.62E-03	8.21E-03	9.97E-03
(w) Phosphat (PO ₄ ³⁻)	1.62E-03	1.82E-03	2.32E-03	1.45E-03	1.86E-03	1.75E-03	1.94E-03	2.98E-03	1.38E-03	1.97E-03
Total	1.34E-01	2.90E-01	4.79E-02	2.07E-01	1.92E-01	3.28E-01	5.88E-02	3.44E-01	2.17E-01	1.96E-01
Humantoxizität (g Pb Luft Äquivalent/kg TS)										
(a) Cadmium (Cd)	9.23E-01	9.12E-01	1.01E+00	1.05E+00	9.04E-01	7.50E-01	8.39E-01	1.01E+00	9.66E-01	1.40E+00
(a) Blei (Pb)	3.76E-01	3.91E-01	4.31E-01	4.32E-01	4.24E-01	4.47E-01	5.12E-01	5.06E-01	4.81E-01	6.05E-01
(a) Quecksilber (Hg)	3.16E-01	3.28E-01	3.73E-01	3.46E-01	3.48E-01	3.50E-01	3.57E-01	4.22E-01	3.75E-01	5.39E-01
(a) Nickel (Ni)	3.73E-01	3.67E-01	4.04E-01	4.21E-01	3.65E-01	3.06E-01	3.43E-01	4.11E-01	3.91E-01	5.63E-01
(a) Schwefeldioxid (SO ₂)	1.87E-02	1.85E-02	2.08E-02	2.04E-02	1.88E-02	1.63E-02	1.76E-02	2.09E-02	2.05E-02	2.85E-02
(wg) Nitrat (NO ₃ ⁻)	4.00E-02	3.55E-02	1.12E-01	2.37E-02	7.58E-02	4.13E-02	6.29E-02	7.32E-02	4.22E-02	3.77E-02
Verschiedene	1.30E-02	1.33E-02	1.19E-02	1.71E-02	1.76E-02	1.97E-02	1.28E-02	1.62E-02	1.49E-02	1.74E-02
Total	2.06E+00	2.07E+00	2.36E+00	2.31E+00	2.15E+00	1.93E+00	2.14E+00	2.46E+00	2.29E+00	3.19E+00

Anhang 7.3.3.b: Umweltwirkungen der Produktgruppe Ackerbau (3)

Betriebsnummer	5	35	33	12	10	M
Ozonbildung (kg C₂H₄ Äquivalent/kg TS)						
(a) NMVOC	6.07E-04	5.26E-04	6.12E-04	6.23E-04	6.67E-04	3.37E-04
(a) Methan (CH ₄)	6.58E-06	7.38E-06	7.18E-06	7.62E-06	9.17E-06	4.89E-06
(a) Stickoxide (NO _x)	2.66E-03	2.32E-03	2.99E-03	2.83E-03	3.13E-03	1.71E-03
Übrige Emissionen	3.69E-05	4.17E-05	4.08E-05	4.33E-05	5.92E-05	2.65E-05
Total	3.31E-03	2.89E-03	3.65E-03	3.50E-03	3.87E-03	2.08E-03
Treibhauseffekt 500 Jahre (kg CO₂ Äquivalent/kg TS)						
(a) Kohlendioxid (CO ₂ , fossil)	5.60E-01	6.42E-01	6.45E-01	6.96E-01	8.23E-01	3.86E-01
(a) Perfluorierte Kohlenstoffe (C ₂ F ₆ , CF ₄)	8.65E-05	9.47E-05	9.97E-05	9.75E-05	1.34E-04	6.35E-05
(a) Methan (CH ₄)	3.76E-03	4.22E-03	4.10E-03	4.36E-03	5.24E-03	2.80E-03
(a) Lachgas (N ₂ O)	1.35E-01	9.26E-02	1.23E-01	1.45E-01	3.65E-02	1.22E-01
Total	6.99E-01	7.39E-01	7.72E-01	8.46E-01	8.65E-01	5.11E-01
Bodenversauerung (kg SO₂ Äquivalent/kg TS)						
(a) Ammoniak (NH ₃)	2.85E-02	7.80E-03	2.37E-02	3.14E-02	4.92E-03	8.29E-03
(a) Versch. (HCl, HF, H ₂ S)	4.64E-05	5.42E-05	5.53E-05	5.70E-05	7.93E-05	2.62E-05
(a) Stickoxide (NO _x)	2.23E-03	1.95E-03	2.52E-03	2.38E-03	2.64E-03	1.44E-03
(a) Schwefeldioxid (SO ₂)	3.34E-03	4.86E-03	3.94E-03	5.10E-03	5.04E-03	2.57E-03
Total	3.41E-02	1.47E-02	3.03E-02	3.89E-02	1.27E-02	1.23E-02
Aquatische Eutrophierung (kg PO₄ Äquivalent/kg TS)						
(w) Ammoniak (NH ₃)	3.41E-06	5.72E-06	3.43E-06	3.53E-06	4.02E-06	6.47E-06
(w) COD (Chem. Sauerstoffbedarf)	3.71E-07	3.37E-07	3.72E-07	3.81E-07	4.28E-07	2.15E-07
(w) Phosphat (PO ₄ ³⁻)	4.74E-04	1.59E-04	4.67E-04	3.62E-04	2.04E-04	2.14E-04
Total	4.78E-04	1.65E-04	4.70E-04	3.66E-04	2.09E-04	2.20E-04
Terrestrische Eutrophierung (kg PO₄ Äquivalent/kg TS)						
(a) Ammoniak (NH ₃)	5.31E-03	1.45E-03	4.42E-03	5.84E-03	9.16E-04	1.54E-03
(a) Stickoxide (NO _x)	4.15E-04	3.62E-04	4.68E-04	4.42E-04	4.90E-04	2.67E-04
(a) Phosphor (P)	2.01E-07	2.15E-07	2.23E-07	2.32E-07	3.30E-07	1.36E-07
Total	5.72E-03	1.81E-03	4.89E-03	6.28E-03	1.41E-03	1.81E-03
Gesamteutrophierung (kg PO₄ Äquivalent/kg TS)						
(a) Ammoniak (NH ₃)	5.31E-03	1.45E-03	4.42E-03	5.84E-03	9.16E-04	1.54E-03
(a) Stickoxide (NO _x)	4.15E-04	3.62E-04	4.68E-04	4.42E-04	4.90E-04	2.67E-04
Verschiedene ((a) P, (w) NH ₃ , (w) PO ₄ ³⁻ , (w) PO ₄ ³⁻ , (w) COD (chem. Sauerstoffbedarf))	6.52E-04	2.16E-04	6.16E-04	4.55E-04	2.98E-04	3.04E-04
(wg) Nitrat (NO ₃ ⁻)	1.48E-02	2.78E-03	1.40E-02	5.43E-03	6.66E-03	6.53E-03
Total	2.11E-02	4.81E-03	1.95E-02	1.22E-02	8.36E-03	8.64E-03
Terrestrische Ökotoxizität (g Zn Boden Äquivalent/kg TS)						
(a) Versch. SM	7.31E-04	1.15E-03	8.62E-04	1.20E-03	1.09E-03	5.76E-04
(s) Arsen (As)	6.09E-06	7.61E-06	7.30E-06	8.17E-06	8.86E-06	4.63E-06
(s) Cadmium (Cd)	1.07E-06	8.76E-05	1.29E-06	1.45E-06	4.99E-05	2.45E-03
(s) Chrom (Cr III)	8.60E-06	1.05E-04	1.03E-05	1.15E-05	5.62E-05	5.20E-04
(s) Versch. SM	1.69E-06	5.80E-04	2.03E-06	2.31E-06	2.13E-04	7.69E-04
(s) Kupfer (Cu)	2.91E-07	1.80E-03	3.50E-07	4.00E-07	1.42E-04	1.31E-03
(s) Nickel (Ni)	1.14E-06	7.92E-04	1.38E-06	1.57E-06	1.68E-04	1.46E-03
(s) Zink (Zn)	1.06E-04	2.80E-02	1.28E-04	1.43E-04	1.33E-02	2.24E-02
(s) Pestizide	0.00E+00	2.03E-04	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.36E-03
Total	8.56E-04	3.27E-02	1.01E-03	1.37E-03	1.51E-02	3.19E-02
Aquatische Ökotoxizität (g Zn Wasser Äquivalent/kg TS)						
(a) Verschiedene SM	7.44E-03	1.13E-02	9.00E-03	1.17E-02	1.17E-02	5.80E-03
(s) Verschiedene SM	5.24E-05	1.24E-03	6.29E-05	7.07E-05	2.33E-03	7.15E-03
(w) Verschiedene SM	9.49E-03	1.10E-02	1.14E-02	1.14E-02	1.61E-02	6.78E-03
(s) Cadmium (Cd)	2.66E-05	2.19E-03	3.22E-05	3.62E-05	1.25E-03	6.12E-02
(s) Kupfer (Cu)	1.39E-06	8.56E-03	1.67E-06	1.90E-06	6.74E-04	6.25E-03
(s) Quecksilber (Hg)	1.16E-05	1.69E-02	1.39E-05	1.58E-05	1.70E-05	9.98E-03
(s) Zink (Zn)	2.44E-05	6.44E-03	2.93E-05	3.29E-05	3.07E-03	5.16E-03
(w) Cadmium (Cd++)	9.02E-03	1.03E-02	1.03E-02	1.08E-02	1.32E-02	6.87E-03
(w) Öle	1.56E-02	1.55E-02	1.57E-02	1.74E-02	1.81E-02	9.27E-03
(s) Pestizide	0.00E+00	6.39E-03	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.52E-02
(w) Verschiedene	1.38E-02	1.31E-02	1.32E-02	1.47E-02	1.50E-02	7.81E-03
(w) Phosphat (PO ₄ ³⁻)	4.74E-03	1.59E-03	4.67E-03	3.62E-03	2.04E-03	2.14E-03
Total	6.03E-02	1.04E-01	6.44E-02	6.97E-02	8.35E-02	1.54E-01
Humantoxizität (g Pb Luft Äquivalent/kg TS)						
(a) Cadmium (Cd)	1.12E+00	1.87E+00	1.32E+00	1.94E+00	1.63E+00	9.12E-01
(a) Blei (Pb)	5.82E-01	8.10E-01	7.12E-01	8.33E-01	1.02E+00	4.51E-01
(a) Quecksilber (Hg)	5.42E-01	6.60E-01	6.88E-01	6.86E-01	9.65E-01	3.85E-01
(a) Nickel (Ni)	4.68E-01	7.51E-01	5.44E-01	7.83E-01	6.73E-01	3.71E-01
(a) Schwefeldioxid (SO ₂)	2.51E-02	3.65E-02	2.96E-02	3.82E-02	3.78E-02	1.93E-02
(wg) Nitrat (NO ₃ ⁻)	1.26E-01	2.36E-02	1.19E-01	4.61E-02	5.66E-02	5.55E-02
Verschiedene	1.81E-02	1.88E-02	2.08E-02	2.04E-02	2.61E-02	1.47E-02
Total	2.88E+00	4.17E+00	3.43E+00	4.35E+00	4.41E+00	2.21E+00



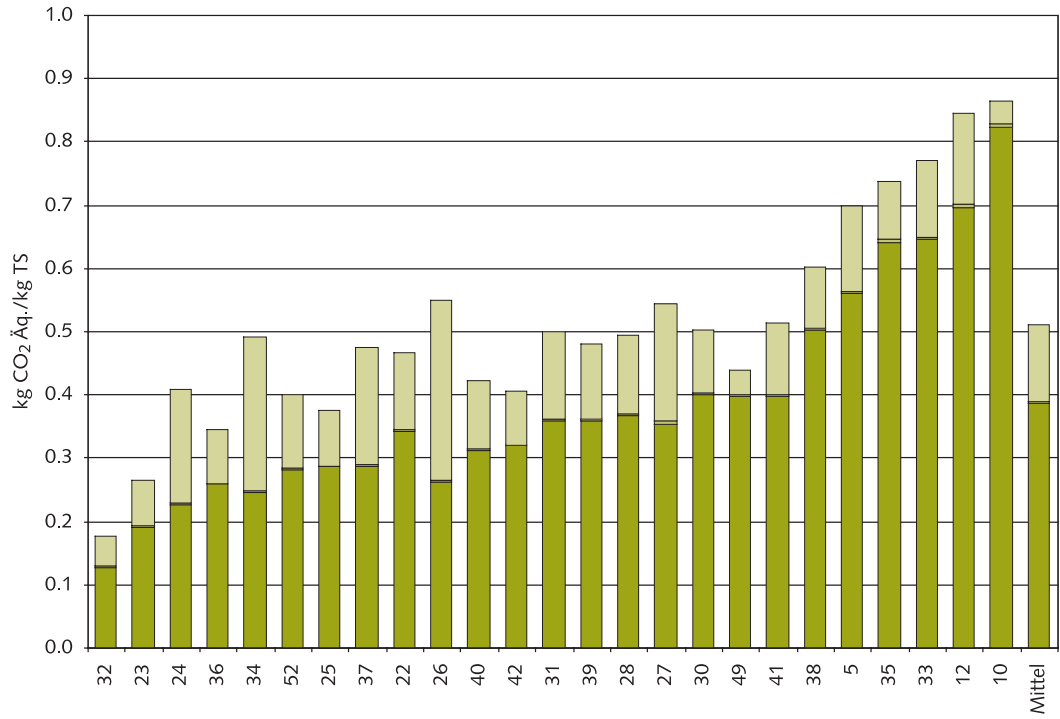
Einfluss der Produktionszone auf die Ausschöpfung nicht erneuerbarer Energieressourcen (FE: kg Trockensubstanz von Ackerbau) Vgl. Liste der Abkürzungen und Symbole
Anhang 7.3.3.1a



Ausschöpfung nicht erneuerbarer Energieressourcen nach Betriebstyp (FE: kg Trockensubstanz von Ackerbau) Typologie gemäss Anhang 7.7.7.1
Anhang 7.3.3.1b

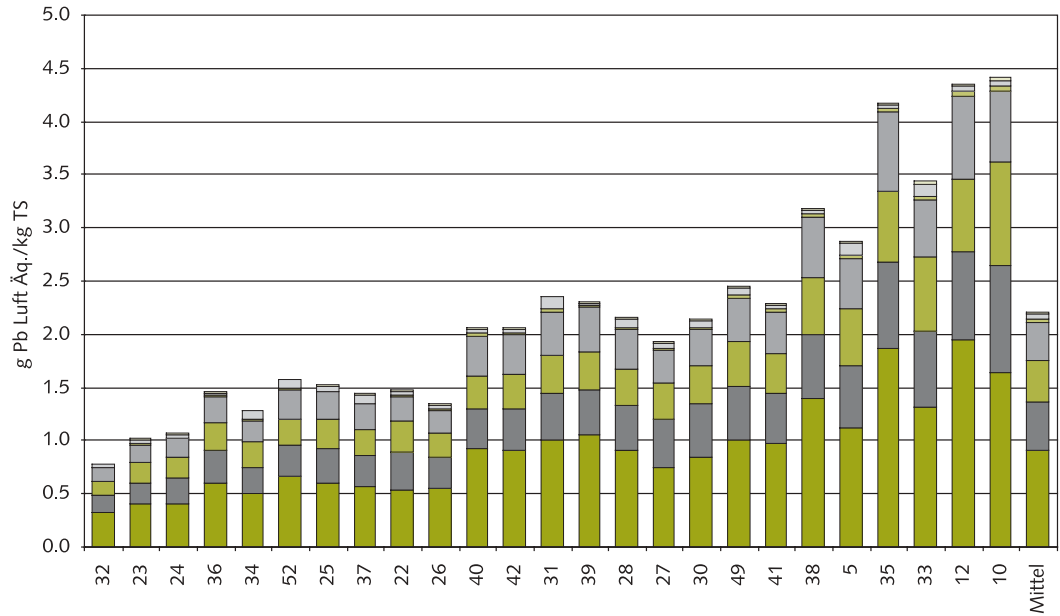
Treibhauseffekt über
500 Jahre (FE: kg
Trockensubstanz von
Ackerbau): Resultate
pro Betrieb und Mittel
Anhang 7.3.3.2a

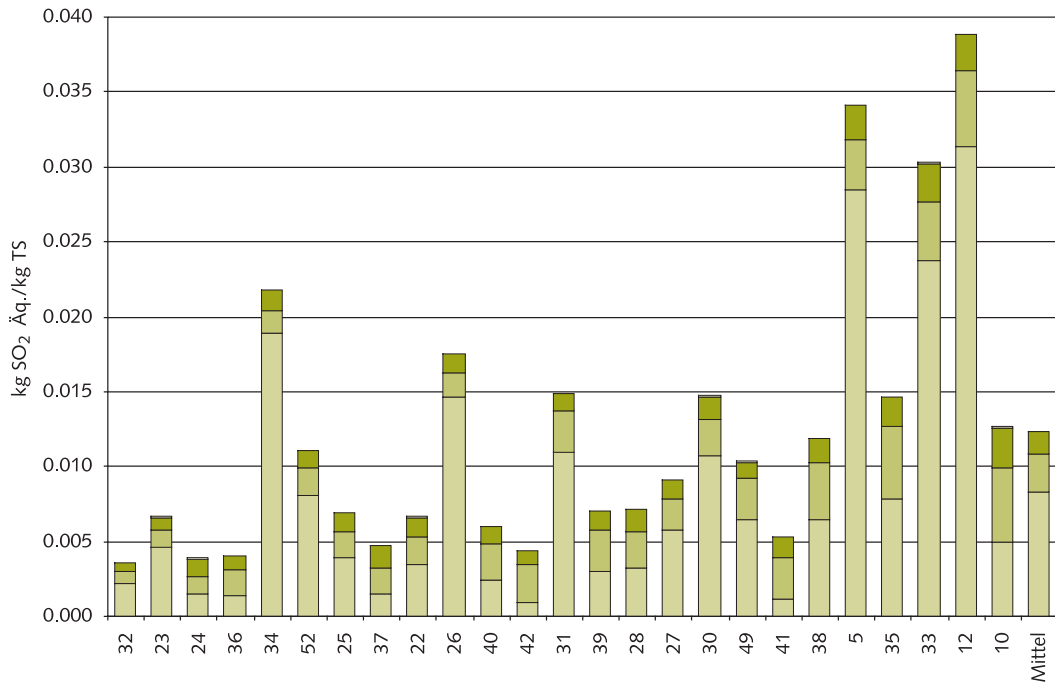
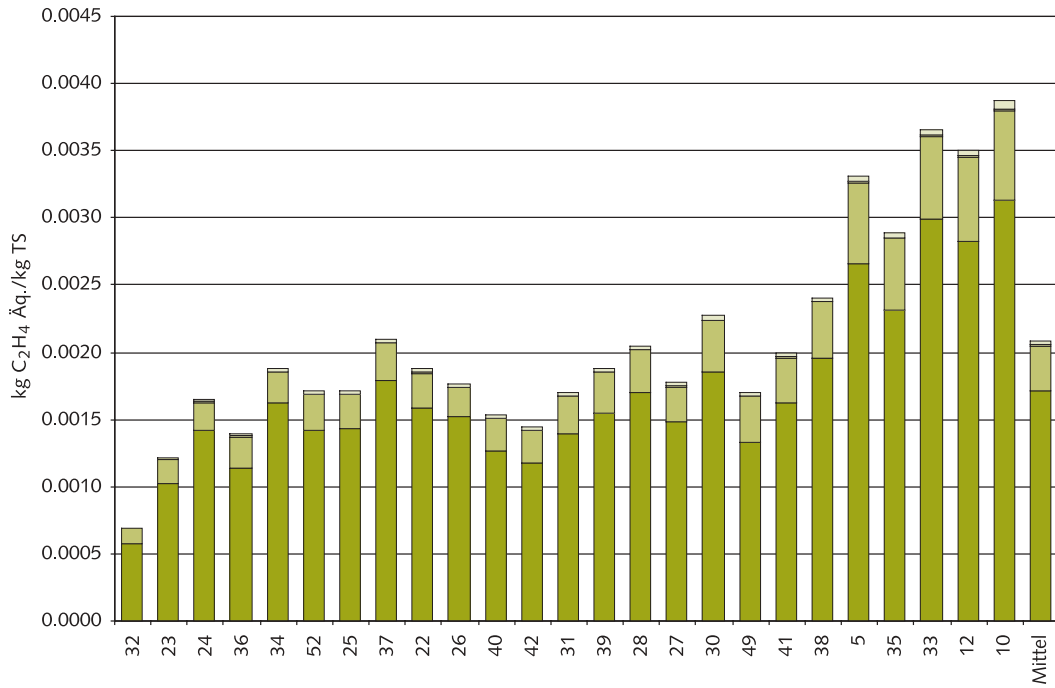
- (a) Perfluorierte Kohlenstoffe (C₂F₆, CF₄)
- (a) Lachgas (N₂O)
- (a) Methan (CH₄)
- (a) Kohlendioxid (CO₂, fossil)



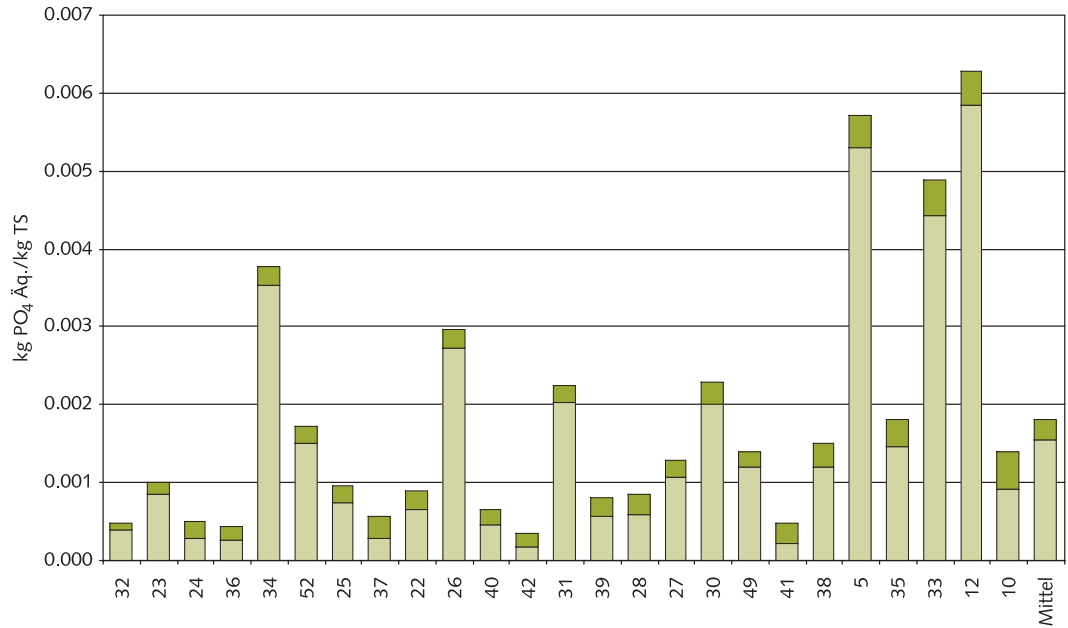
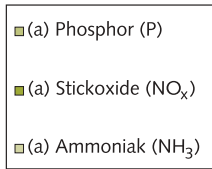
Humantoxizität (FE:
kg Trockensubstanz
von Ackerbau):
Resultate pro Betrieb
und Mittel
Anhang 7.3.3.2b

- Verschiedene
- (wg) Nitrat (NO₃⁻)
- (a) Schwefeldioxid (SO₂)
- (a) Nickel (Ni)
- (a) Quecksilber (Hg)
- (a) Blei (Pb)
- (a) Cadmium (Cd)

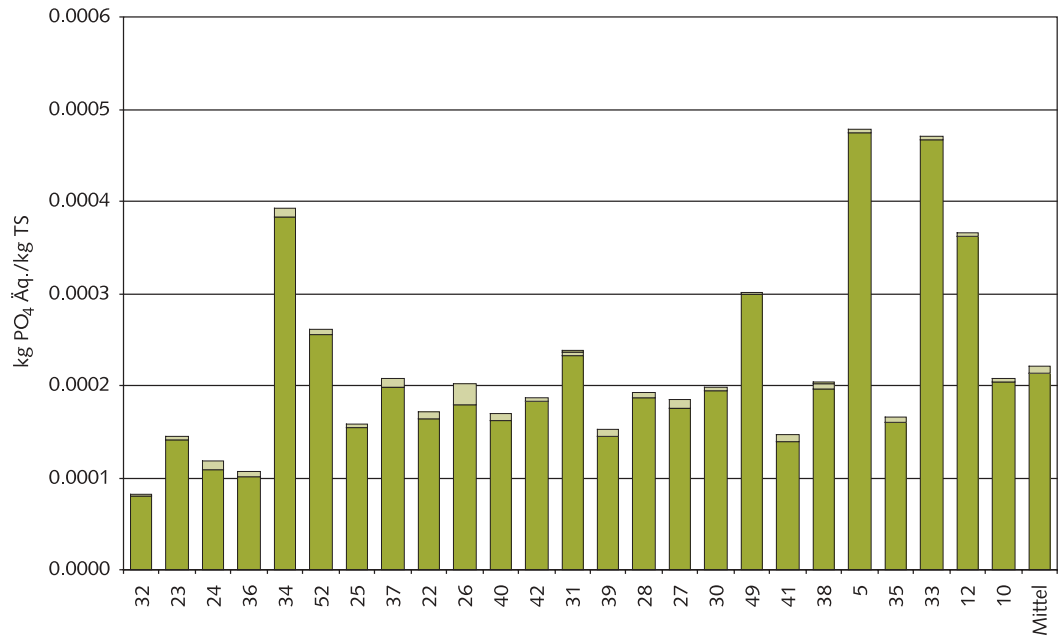
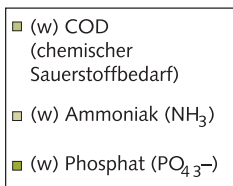


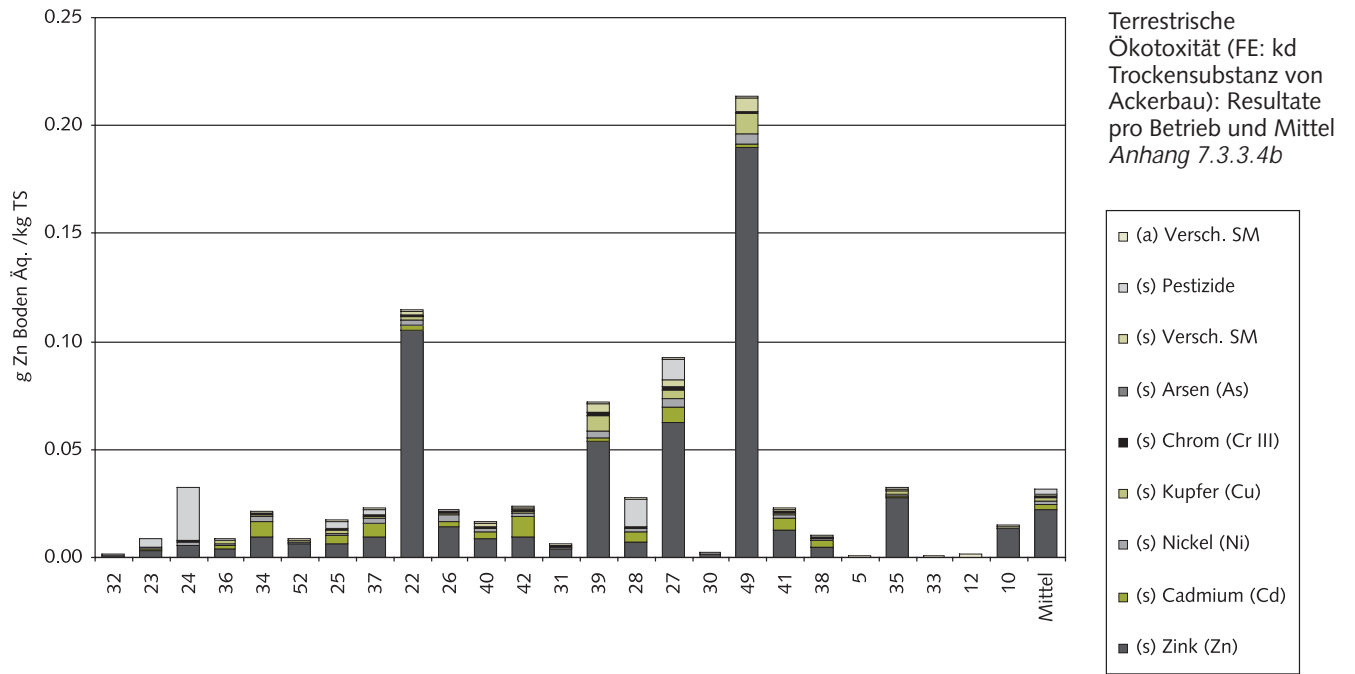


Terrestrische Eutrophierung (FE: kg Trockensubstanz von Ackerbau): Resultate pro Betrieb und Mittel
Anhang 7.3.3.3c

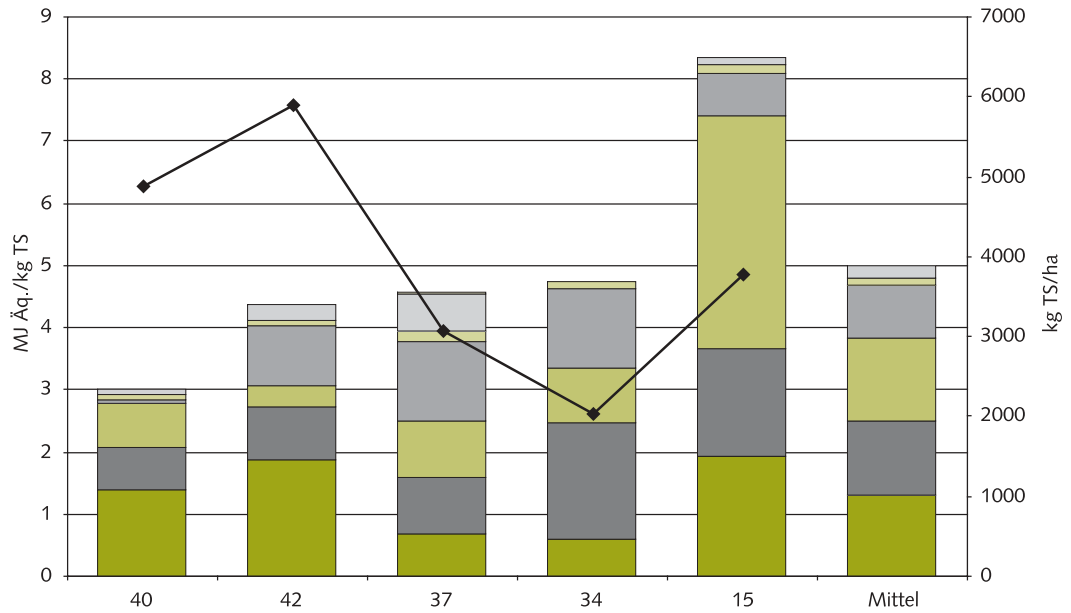
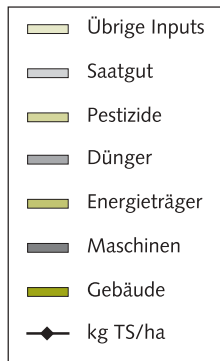


Aquatische Eutrophierung (FE: kg Trockensubstanz von Ackerbau): Resultate pro Betrieb und Mittel
Anhang 7.3.3.3d





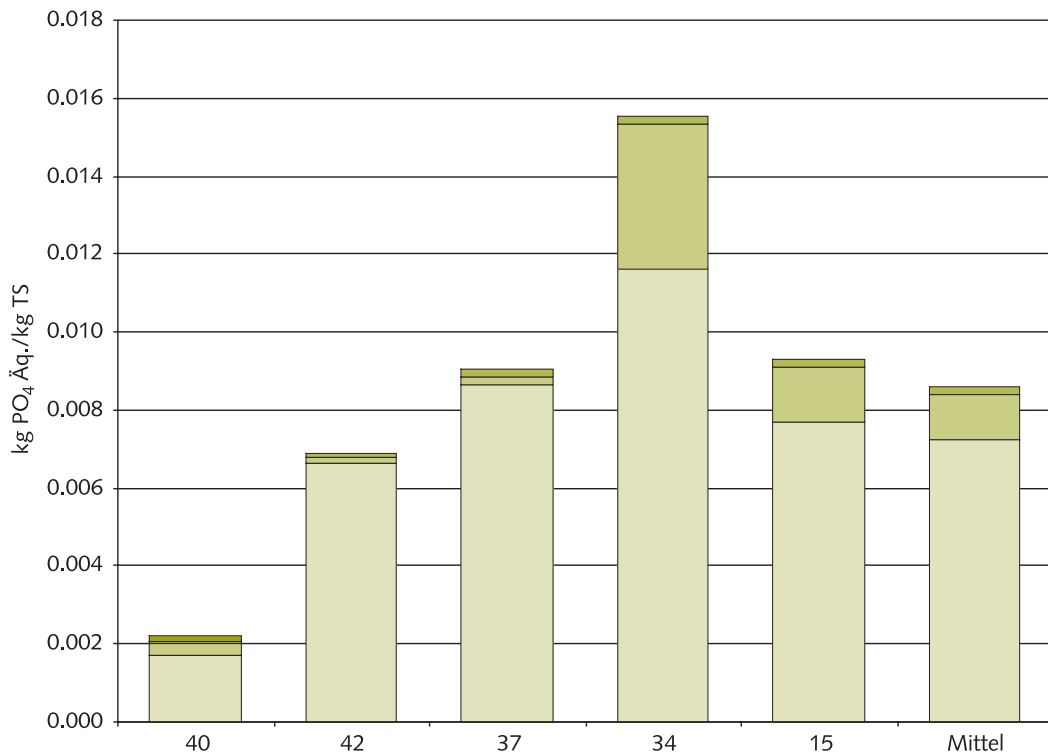
Ausschöpfung nicht erneuerbarer Energie-ressourcen (FE: kg Trockensubstanz von Futterbau)
Anhang 7.3.4a1



MJ Äquivalent/kg TS

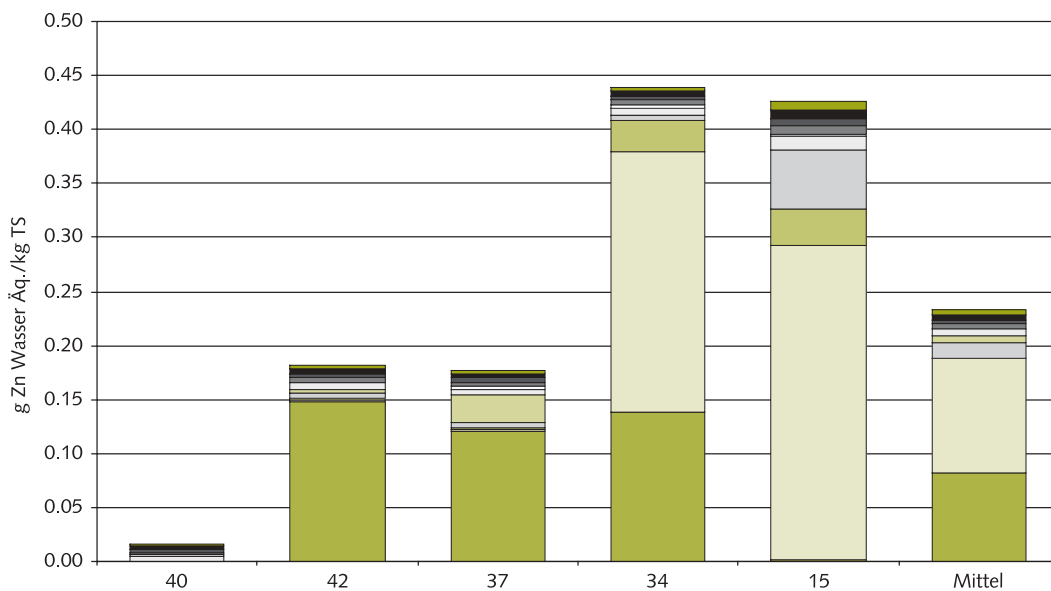
Betriebsnummer	Betrieb	Gebäude	Maschinen	Energie-träger	Dünger	Pestizide	Saatgut	Übrige Inputs
40	3.01	1.38	0.69	0.71	0.07	0.06	0.10	0.00
42	4.37	1.86	0.85	0.35	0.97	0.08	0.24	0.01
37	4.56	0.69	0.90	0.92	1.26	0.17	0.59	0.02
34	4.75	0.60	1.87	0.89	1.27	0.13	0.00	0.00
15	8.35	1.93	1.72	3.76	0.68	0.15	0.10	0.02
Mittel	5.01	1.29	1.20	1.32	0.85	0.12	0.21	0.01

Ausschöpfung nicht erneuerbarer Energie-ressourcen (Produkt-gruppe Futterbau)
Anhang 7.3.4a2



Gesamt Eutrophierung (FE: kg Trockensubstanz von Futterbau): Resultate pro Betrieb und Mittel
Anhang 7.3.4b

- Verschiedene ((a) P, (w) NH₃, (w) PO_{4 3-}, (wg) PO_{4 3-}, (w) COD)
- (a) Stickoxide (NO_x)
- (a) Ammoniak (NH₃)
- (wg) Nitrat (NO₃₋)



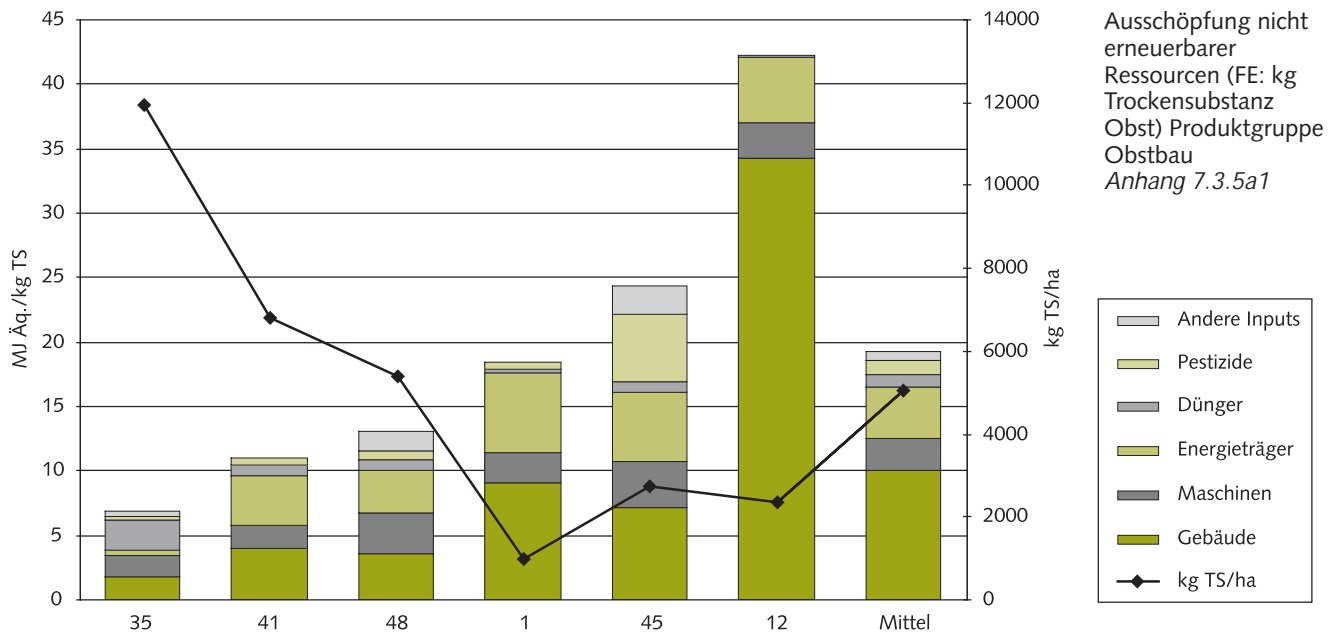
Aquatische Ökotoxizität (FE: kg Trockensubstanz von Futterbau): Resultate pro Betrieb und Mittel
Anhang 7.3.4c

- (a) Verschiedene SM
- (w) Verschiedene
- (w) Verschiedene SM
- (w) Cadmium (Cd⁺⁺)
- (w) Phosphat (PO_{4 3-})
- (w) Öle
- (s) Pestizide
- (s) Verschiedene SM
- (s) Zink (Zn)
- (s) Kupfer (Cu)
- (s) Quecksilber (Hg)
- (s) Cadmium (Cd)

Betriebsnummer	40	42	37	34	15	Mittel
Gesamteutrophierung (kg PO₄ Äquivalent/kg TS)						
(a) Ammoniak (NH ₃)	3.12E-04	1.42E-04	1.70E-04	3.69E-03	1.43E-03	1.15E-03
(a) Stickoxide (NO _x)	7.97E-05	1.27E-04	2.00E-04	2.04E-04	2.21E-04	1.66E-04
Verschiedene ((a) P, (w) NH ₃ , (w) PO ₄ ³⁻ , (wg) PO ₄ ³⁻ , (w) COD)	1.47E-04	7.56E-08	7.98E-08	6.79E-08	1.18E-07	7.79E-08
(wg) Nitrat (NO ₃ ⁻)	1.69E-03	6.64E-03	8.66E-03	1.16E-02	7.67E-03	7.26E-03
Total	2.23E-03	7.10E-03	9.35E-03	1.60E-02	9.62E-03	8.86E-03

Aquatische Ökotoxizität (g Zn Wasser Äquivalent/kg TS)						
(a) Verschiedene SM	2.66E-03	3.81E-03	2.96E-03	4.19E-03	6.91E-03	4.11E-03
(s) Verschiedene SM	1.24E-04	4.93E-03	4.64E-03	5.31E-03	5.59E-02	1.42E-02
(w) Verschiedene SM	2.40E-03	3.87E-03	3.87E-03	3.85E-03	6.34E-03	4.07E-03
(s) Cadmium (Cd)	7.70E-05	1.49E-01	1.21E-01	1.39E-01	1.99E-03	8.19E-02
(s) Kupfer (Cu)	6.37E-05	1.77E-03	1.89E-03	2.41E-01	2.90E-01	1.07E-01
(s) Quecksilber (Hg)	3.92E-06	4.57E-06	4.95E-06	5.09E-06	1.12E-05	5.94E-06
(s) Zink (Zn)	6.58E-05	1.40E-03	1.53E-03	2.91E-02	3.40E-02	1.32E-02
(w) Cadmium (Cd ⁺⁺)	2.56E-03	4.18E-03	4.23E-03	4.44E-03	7.11E-03	4.51E-03
(w) Öle	4.24E-03	4.93E-03	5.43E-03	5.57E-03	1.18E-02	6.40E-03
(s) Pestizide	1.20E-04	3.31E-03	2.58E-02	-8.33E-17	0.00E+00	5.84E-03
(w) Verschiedene	3.51E-03	4.26E-03	4.48E-03	4.60E-03	9.53E-03	5.28E-03
(w) Phosphat (PO ₄ ³⁻)	9.36E-04	1.31E-03	1.92E-03	3.53E-03	2.16E-03	1.97E-03
Total	1.68E-02	1.82E-01	1.77E-01	4.40E-01	4.26E-01	2.48E-01

Umweltwirkungen
Produktgruppe
Futterbau
Anhang 7.3.4d

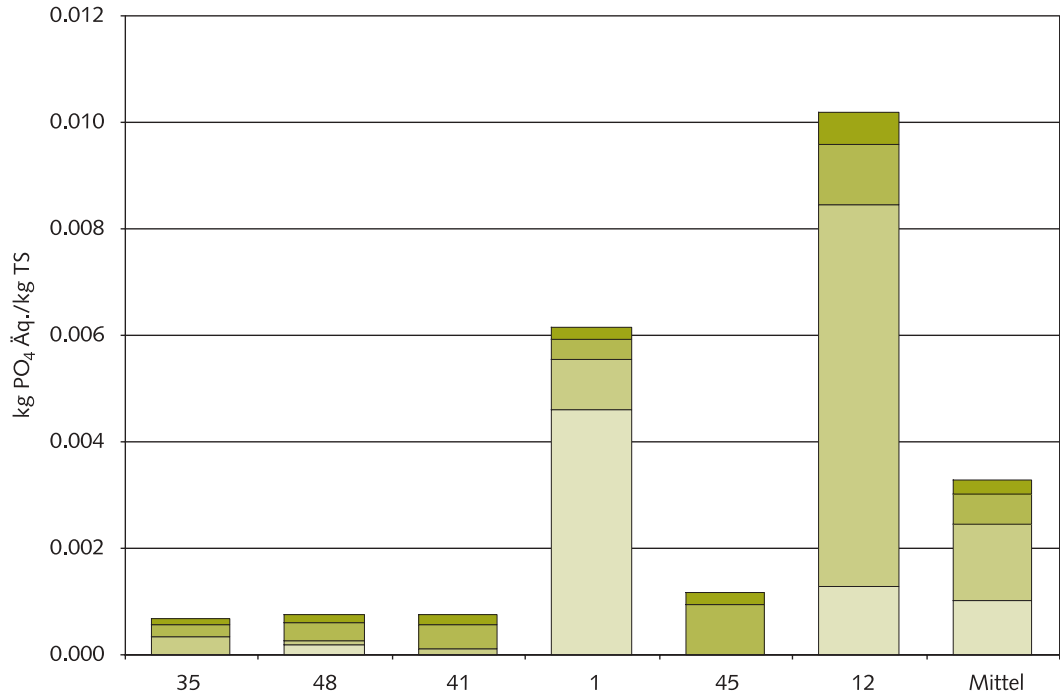


MJ Äquivalent/kg TS								
Betriebsnummer	Betrieb	Gebäude	Maschinen	Energie-träger	Dünger	Pestizide	Saatgut	Übrige Inputs
35	6.849	1.808	1.575	0.521	2.317	0.276	0.000	0.351
41	11.048	4.034	1.761	3.819	0.783	0.597	0.000	0.054
48	13.064	3.522	3.225	3.233	0.905	0.701	0.000	1.478
1	18.399	9.148	2.334	6.178	0.283	0.434	0.000	0.021
45	24.333	7.186	3.567	5.387	0.768	5.210	0.002	2.213
12	42.240	34.223	2.846	5.049	0.000	0.040	0.000	0.082
Mittel	19.322	9.987	2.551	4.031	0.843	1.210	0.000	0.700

Ausschöpfung nicht erneuerbarer Energie-ressourcen (Produkt-gruppe Obstbau)
Anhang 7.3.5a2

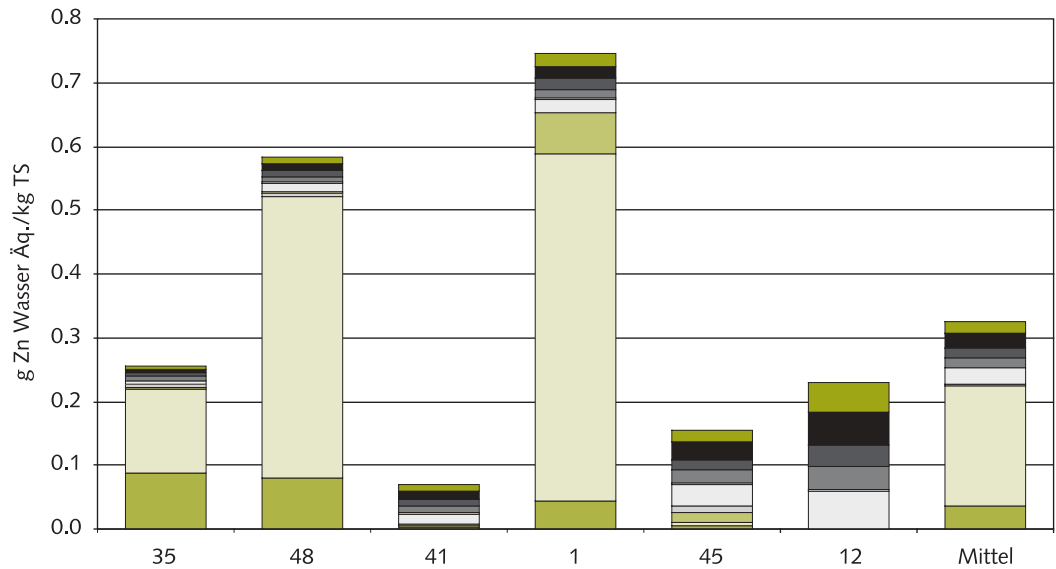
Gesamt-Eutrophierung (FE: kg Trockensubstanz aus Obstbau): Resultate pro Betrieb und Mittel
Anhang 7.3.5b

- Verschiedene ((a) P, (w) NH₃, (w) PO₄³⁻, (wg) PO₄³⁻, (w) COD) (chemischer Sauerstoffbedarf)
- (a) Stickoxide (NO_x)
- (a) Ammoniak (NH₃)
- (wg) Nitrat (NO₃⁻)



Aquatische Ökotoxizität (FE: kg Trockensubstanz aus Obstbau): Resultate pro Betrieb und Mittel
Anhang 7.3.5c

- (a) Verschiedene SM
- (w) Verschiedene
- (w) Verschiedene SM
- (w) Cadmium (Cd⁺⁺)
- (w) Phosphat (PO₄³⁻)
- (w) Öle
- (s) Pestizide
- (s) Verschiedene SM
- (s) Zink (Zn)
- (s) Kupfer (Cu)
- (s) Quecksilber (Hg)
- (s) Cadmium (Cd)

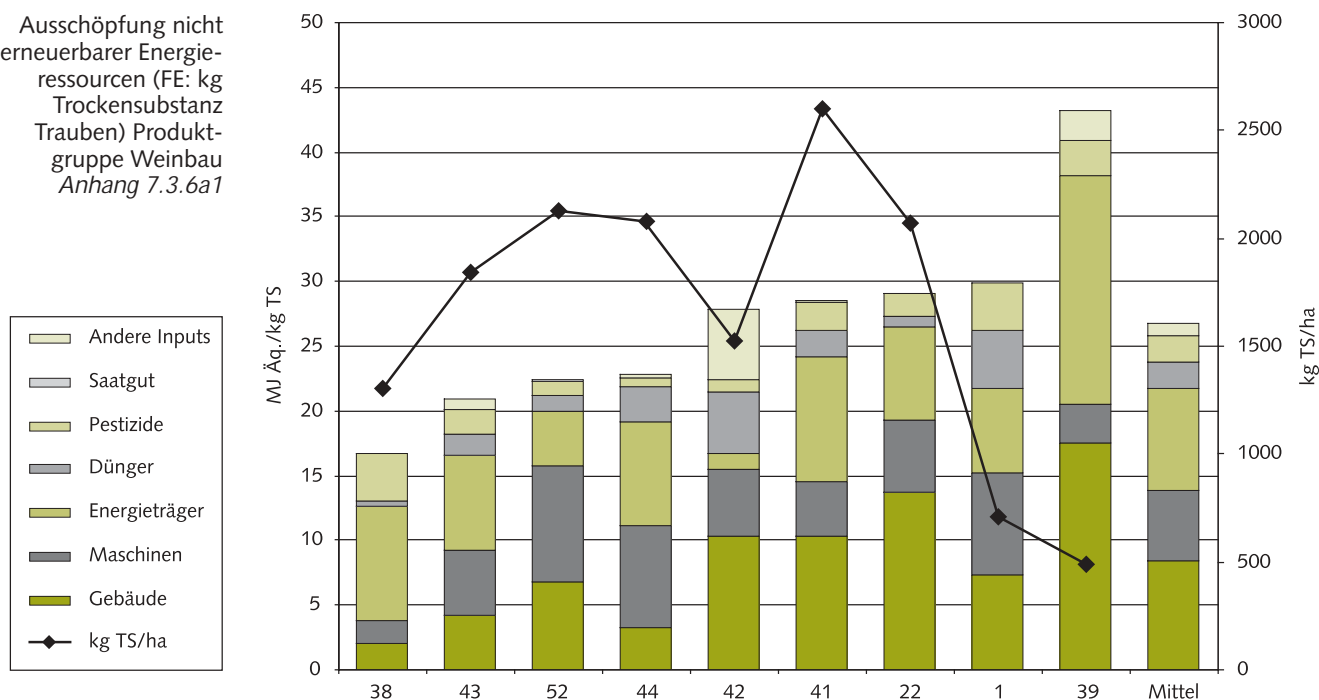


Betriebsnummer	35	48	41	1	45 bio	12 bio	Mittel
Gesamteutrophierung (kg PO₄ Äquivalent/kg TS)							
(a) Ammoniak (NH ₃)	3.41E-04	7.38E-05	1.10E-04	9.45E-04	4.37E-07	7.13E-03	1.43E-03
(a) Stickoxide (NO _x)	2.32E-04	3.58E-04	4.53E-04	3.91E-04	9.23E-04	1.15E-03	5.84E-04
Verschiedene ((a) P, (w) NH ₃ , (w) PO ₄ ³⁻ , (wg) PO ₄ ³⁻ , (w) COD) (chemischer Sauerstoffbedarf)	1.00E-04	1.30E-04	1.73E-04	2.06E-04	2.33E-04	5.94E-04	2.39E-04
(wg) Nitrat (NO ₃ ⁻)	3.03E-07	1.78E-04	6.50E-07	4.60E-03	1.29E-06	1.30E-03	1.01E-03
Total	6.74E-04	7.40E-04	7.37E-04	6.14E-03	1.16E-03	1.02E-02	3.27E-03

Aquatische Ökotoxizität (g Zn Wasser Äquivalent/kg TS)							
(a) Verschiedene SM	4.76E-03	8.71E-03	9.20E-03	1.92E-02	1.78E-02	4.71E-02	1.78E-02
(s) Verschiedene SM	4.95E-03	4.19E-03	2.66E-03	1.64E-03	1.16E-02	2.41E-04	4.21E-03
(w) Verschiedene SM	5.54E-03	8.63E-03	1.01E-02	1.78E-02	1.75E-02	3.47E-02	1.57E-02
(s) Cadmium (Cd)	8.73E-02	8.04E-02	1.57E-03	4.46E-02	6.22E-03	1.24E-04	3.67E-02
(s) Kupfer (Cu)	1.32E-01	4.40E-01	1.20E-03	5.45E-01	3.42E-03	6.59E-06	1.87E-01
(s) Quecksilber (Hg)	6.21E-06	1.41E-05	1.50E-05	1.96E-05	3.10E-05	5.48E-05	2.35E-05
(s) Zink (Zn)	2.17E-03	1.10E-03	2.77E-03	6.31E-02	1.55E-02	1.12E-04	1.41E-02
(w) Cadmium (Cd ⁺⁺)	6.12E-03	9.37E-03	1.06E-02	1.41E-02	2.07E-02	3.46E-02	1.59E-02
(w) Öle	6.81E-03	1.52E-02	1.63E-02	2.07E-02	3.38E-02	5.84E-02	2.52E-02
(s) Pestizide	3.23E-07	2.58E-03	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	-1.22E-19	4.30E-04
(w) Verschiedene	5.93E-03	1.25E-02	1.38E-02	1.78E-02	2.83E-02	5.02E-02	2.14E-02
(w) Phosphat (PO ₄ ³⁻)	4.89E-04	5.65E-04	4.09E-04	1.08E-03	5.71E-04	4.05E-03	1.19E-03
Total	2.56E-01	5.83E-01	6.86E-02	7.45E-01	1.55E-01	2.30E-01	3.39E-01

Umweltwirkungen
Produktgruppe
Obstbau
Anhang 7.3.5d

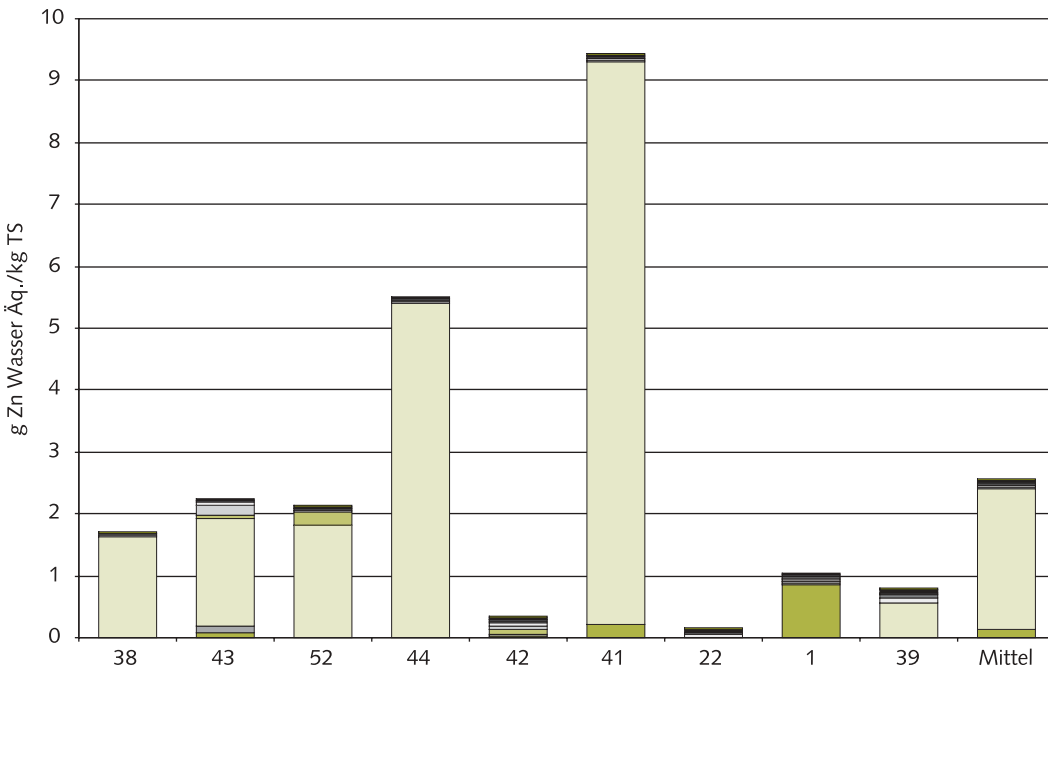
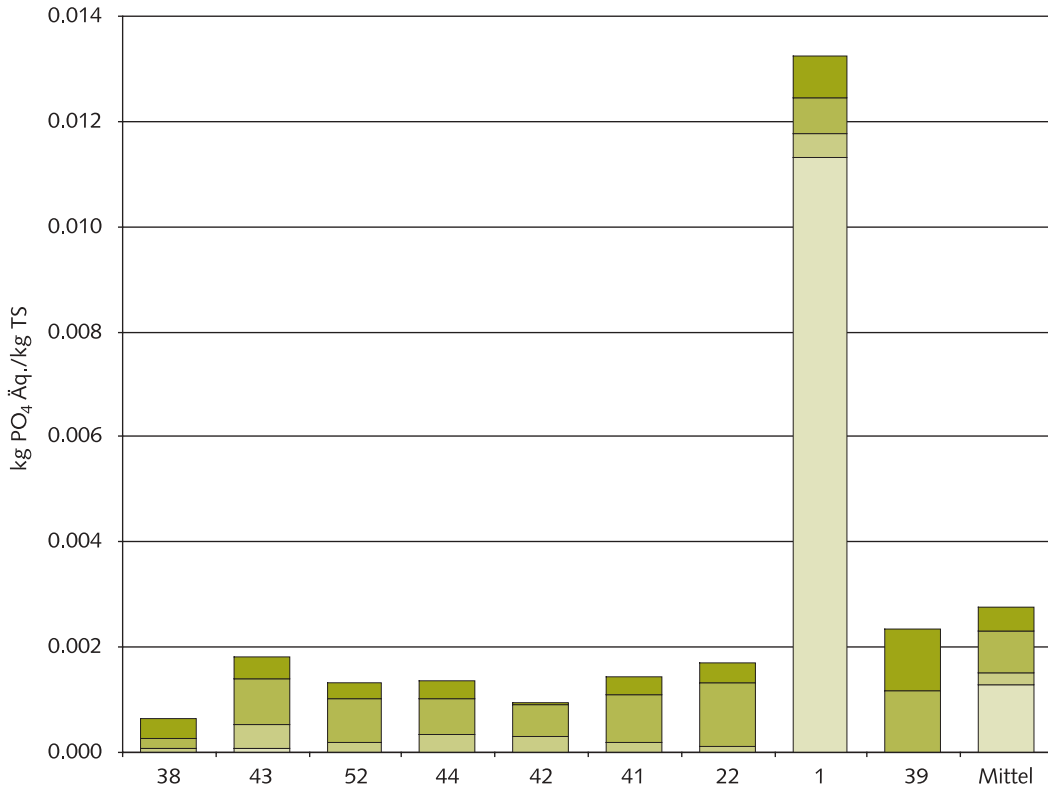
Ausschöpfung nicht erneuerbarer Energie-ressourcen (FE: kg Trockensubstanz Trauben) Produkt-Gruppe Weinbau Anhang 7.3.6a1



MJ Äquivalent/kg TS

Betriebsnummer	Betrieb	Gebäude	Maschinen	Energie-träger	Dünger	Pestizide	Saatgut	Übrige Inputs
38	16.74	2.02	1.81	8.80	0.48	3.64	0.00	9.28
43	20.96	4.15	5.08	7.38	1.62	1.85	0.00	9.00
52	22.39	6.81	8.91	4.23	1.20	1.08	0.15	5.44
44	22.88	3.21	7.97	7.94	2.71	0.76	0.00	10.66
42	27.87	10.28	5.18	1.29	4.69	1.04	0.00	5.98
41	28.56	10.33	4.19	9.62	2.03	2.27	0.00	11.64
22	29.04	13.70	5.57	7.20	0.78	1.80	0.00	7.98
1	29.89	7.29	8.00	6.39	4.51	3.68	0.00	10.90
39	43.14	17.51	3.06	17.57	0.00	2.82	0.00	17.57
Mittel	26.83	8.37	5.53	7.83	2.00	2.10	0.02	9.83

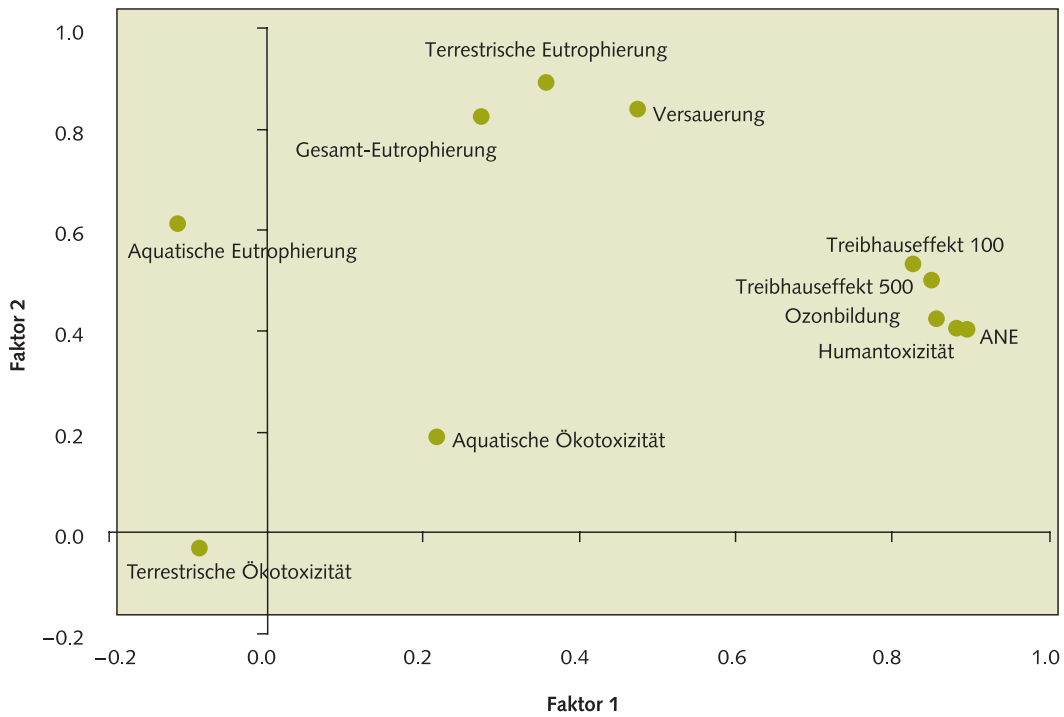
Ausschöpfung nicht erneuerbarer Energie-ressourcen (Produkt-Gruppe Weinbau) Anhang 7.3.6a2



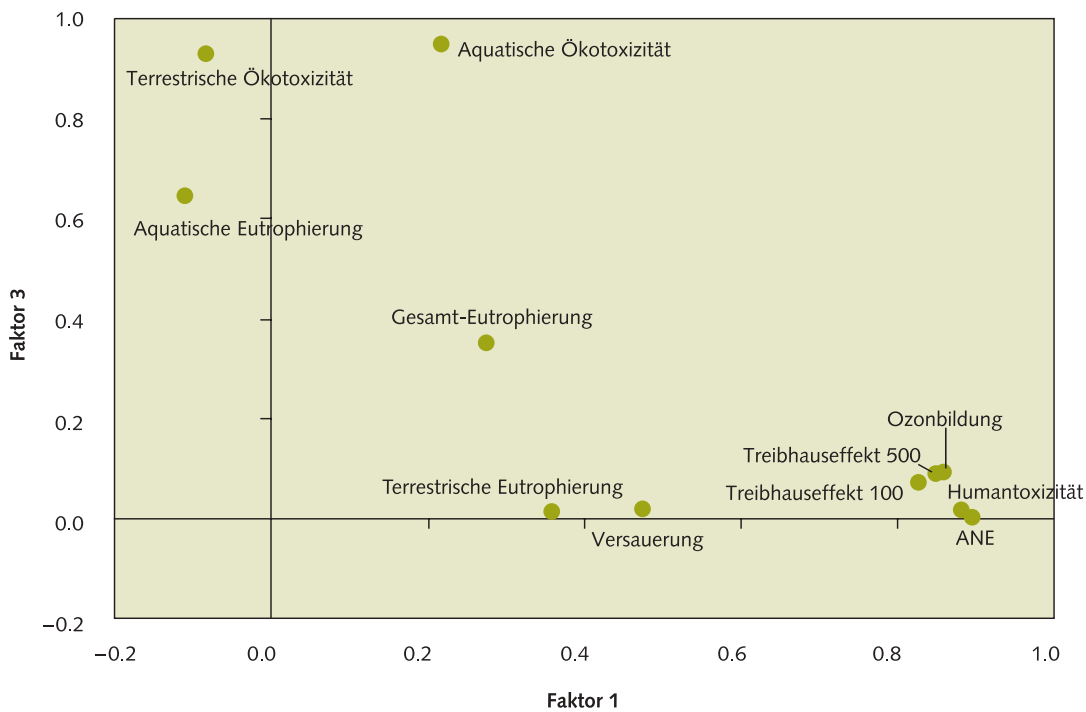
Betriebsnummer	38	43	52	44	42	41	22	1	39	Mittel
Gesamteutrophierung (kg PO₄ Äquivalent/kg TS)										
(a) Ammoniak (NH ₃)	6.03E-05	4.54E-04	1.90E-04	3.47E-04	2.91E-04	1.88E-04	1.27E-04	4.37E-04	6.17E-07	2.33E-04
(a) Stickoxide (NO _x)	1.93E-04	8.55E-04	8.19E-04	6.80E-04	6.08E-04	9.08E-04	1.19E-03	6.81E-04	1.17E-03	7.89E-04
Verschiedene ((a) P, (w) NH ₃ , (w) PO ₄ ³⁻ , (wg) PO ₄ ³⁻ , (w) COD)	3.71E-04	4.31E-04	3.27E-04	3.48E-04	3.10E-05	3.41E-04	3.69E-04	8.06E-04	1.18E-03	4.68E-04
(wg) Nitrat (NO ₃ ⁻)	7.14E-07	8.32E-05	1.15E-06	1.19E-06	1.55E-06	1.51E-06	1.59E-06	1.13E-02	2.59E-06	1.27E-03
Total	6.25E-04	1.82E-03	1.34E-03	1.38E-03	9.32E-04	1.44E-03	1.69E-03	1.33E-02	2.36E-03	2.76E-03

Aquatische Ökotoxizität (g Zn Wasser Äquivalent/kg TS)										
(a) Verschiedene SM	1.21E-02	1.40E-02	2.57E-02	1.54E-02	2.18E-02	2.47E-02	2.46E-02	2.34E-02	3.16E-02	2.15E-02
(s) Verschiedene SM	2.72E-03	1.68E-01	1.78E-03	4.04E-03	6.14E-02	1.12E-02	1.03E-03	2.88E-02	3.07E-04	3.11E-02
(w) Verschiedene SM	1.94E-02	1.59E-02	1.92E-02	1.68E-02	2.26E-02	2.27E-02	2.18E-02	2.65E-02	2.48E-02	2.11E-02
(s) Cadmium (Cd)	1.53E-03	7.50E-02	1.30E-02	2.61E-03	3.33E-02	2.13E-01	6.98E-04	8.68E-01	1.57E-04	1.34E-01
(s) Kupfer (Cu)	1.62E+00	1.75E+00	1.79E+00	5.39E+00	1.93E-02	9.08E+00	7.16E-04	9.48E-03	5.70E-01	2.25E+00
(s) Quecksilber (Hg)	1.18E-05	1.11E-01	2.58E-05	2.86E-05	2.34E-05	3.59E-05	3.87E-05	3.13E-05	6.96E-05	1.23E-02
(s) Zink (Zn)	3.34E-03	4.86E-02	2.13E-01	2.80E-03	8.13E-02	3.17E-03	6.66E-04	7.87E-03	1.42E-04	4.01E-02
(w) Cadmium (Cd++)	1.11E-02	1.82E-02	1.85E-02	2.14E-02	2.97E-02	2.40E-02	2.42E-02	2.50E-02	3.64E-02	2.32E-02
(w) Öle	1.24E-02	2.92E-02	2.78E-02	3.20E-02	3.71E-02	3.87E-02	4.19E-02	3.34E-02	7.63E-02	3.65E-02
(s) Pestizide	-1.21E-16	3.61E-05	0.00E+00	5.17E-05	1.32E-05	1.99E-16	9.22E-05	-5.72E-17	6.82E-17	2.15E-05
(w) Verschiedene	1.09E-02	2.42E-02	2.32E-02	2.58E-02	3.59E-02	3.17E-02	3.45E-02	2.83E-02	6.18E-02	3.07E-02
(w) Phosphat (PO ₄ ³⁻)	8.98E-04	1.62E-03	8.19E-04	8.03E-04	1.23E-04	1.49E-03	8.81E-04	4.61E-03	2.69E-03	1.55E-03
Total	1.70E+00	2.25E+00	2.14E+00	5.51E+00	3.43E-01	9.45E+00	1.51E-01	1.06E+00	8.05E-01	2.60E+00

Umweltwirkungen
Produktgruppe
Weinbau
Anhang 7.3.6d



Gruppierung der Umweltwirkungen der Produktgruppe Fleisch (basierend auf Faktoranalyse). Damit die Grafik leichter lesbar ist, werden pro Grafik nur zwei der insgesamt drei Faktoren gezeigt. Anhang 7.5.1a



Gruppierung der Umweltwirkungen der Produktgruppe Ackerbau (Nahrungsmittelproduktion) (basierend auf Faktoranalyse). Damit die Grafik leichter lesbar ist, werden pro Grafik nur zwei der insgesamt drei Faktoren gezeigt.

Anhang 7.5.1b

