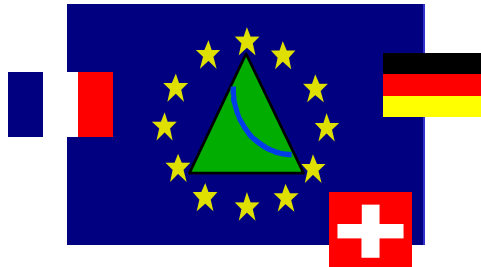


# ITADA

Institut Transfrontalier d'Application et de Développement Agronomique  
Grenzüberschreitendes Institut zur rentablen umweltgerechten Landwirtschaft



## ITADA Arbeitsprogramm III

Abschlussbericht zum Projekt 04 - „COMETE“

2002-2005

**Betriebliches Umweltmanagement in der  
Landwirtschaft:  
Vergleich der Methoden  
INDIGO, KUL/USL, REPRO und SALCA**

April 2006

ITADA-Sekretariat: 2 allée de Herrlisheim, F-68000 COLMAR  
Tel.: 00 333 89 22 95 50 Fax: 00 333 89 22 95 59 eMail: [itada@wanadoo.fr](mailto:itada@wanadoo.fr)  
[www.itada.org](http://www.itada.org)



## Das Arbeitsprogramm III des ITADA untersteht der Trägerschaft des Conseil Régional d'Alsace und wird kofinanziert durch:

- Europäischer Regionalentwicklungsfonds (INTERREG Programm III Oberrhein Mitte-Süd)
- Ministerium für Ernährung und Ländlichen Raum Baden-Württemberg
- Ministère français de l'Agriculture
- Conseil Régional d'Alsace
- Agence de l'Eau Rhin Meuse
- Schweizerische Eidgenossenschaft
- Kantone Basel-Stadt, Basel-Land und Aargau

### Das Projekt 04 - „COMETE“

#### Betriebliches Umweltmanagement in der Landwirtschaft: Vergleich der Methoden INDIGO, KUL/USL, REPRO und SALCA

(ursprüngliche Bezeichnung = 'Grenzüberschreitender Vergleich von agrar-ökologischen  
Evaluierungsmethoden landwirtschaftlicher Betriebe (F-D-CH)')

#### wurde durchgeführt von:

**Autoren:** C. Bockstaller (ARAA), G. Gaillard (Agroscope FAL Reckenholz), D. Baumgartner (Agroscope FAL Reckenholz), R. Freiermuth Knuchel (Agroscope FAL Reckenholz), M. Reinsch (Öko-Institut), R. Brauner (Öko-Institut), E. Unterseher (IfuL)

**Mit Hilfe von:** J. Recknagel (IfuL), A. Blatz (INRA Colmar), A. Schweitzer (INRA Colmar), S. Blaser (Agroscope FAL Reckenholz), Th. Nemecek (Agroscope FAL Reckenholz), P. Weibel (Agroscope FAL Reckenholz), D. Bunke (Öko-Institut)

<b>Projektleitung:</b>	C. Bockstaller	(ARAA)	F
<b>Partner:</b>	R. Koller	(ARAA)	F
	P. Girardin	(INRA Colmar)	F
	B. Tappeser u. R. Brauner	(Öko-Institut Freiburg)	D
	im Auftrag von R. Vetter	(IfuL Müllheim)	D
	G. Gaillard	(Agroscope FAL Reckenholz)	CH

---

**Association pour la Relance Agronomique en Alsace, Schiltigheim (ARAA)**

**Institut für umweltgerechte Landwirtschaft Müllheim (IfuL)**

**Institut National pour la Recherche Agronomique, Colmar (INRA)**

**Agroscope FAL Reckenholz, Zürich**

**Öko-Institut Freiburg e.V.**



# INHALTSVERZEICHNIS

ZUSAMMENFASSUNG	1
A. Ausgangssituation und Problemstellung	2
B. Ziele	4
C. Angewandte Methodik	5
1 Beschreibung der untersuchten Methoden	6
2 Beurteilung der Methoden anhand von Kriterien	14
3 Auswahl der Betriebe für die Anwendung der Methoden	17
4 Bearbeitung und Vergleich der Ergebnisse	18
D. Ergebnisse im Einzelnen	20
1 Ökologische Analyse eines ausgewählten Betriebs mit den vier Methoden	20
1.1 Methode INDIGO	20
1.2 Methode KUL/USL	22
1.3 Methode REPRO	24
1.4 Methode SALCA	26
2 Beurteilung der Methoden mit Hilfe von Bewertungskriterien	27
2.1 Bereich Fachlichkeit	29
2.1.1 Abdeckung aller Umweltbereiche	29
2.1.2 Abdeckung der landwirtschaftlichen Produktionszweige	29
2.1.3 Berücksichtigung der Produktionsfaktoren	29
2.1.4 Indikatorotyp / Analysentiefe	31
2.1.5 Vermeidung fehlerhafter Aussagen	31
2.1.6 Offenlegung / Transparenz	32
2.2 Bereich Machbarkeit	34
2.2.1 Zugänglichkeit der Daten	34
2.2.2 Reduzierung der Qualifikationsanforderungen an den Anwender	34
2.2.3 Rückgriff auf externe Dienstleistung	35
2.2.4 Benutzerfreundlichkeit	36
2.2.5 Integrationsgrad mit bestehenden EDV-Hofprogrammen	36
2.2.6 Zeitaufwand	36
2.3 Bereich Nutzen	39
2.3.1 Abdeckung der Bedürfnisse	39
2.3.2 Eindeutigkeit der Aussage der Ergebnisse	40
2.3.3 Kommunizierbarkeit der Resultate	40
3 Beurteilung der Methoden für einzelne Umweltthemen	43
3.1 Stickstoffverluste	43
3.1.1 Überblick der Berechnungsverfahren	43
3.1.2 Bewertung der Fachlichkeit	46
3.2 Risiko durch Pflanzenschutzmitteleinsatz	49
3.3 Biodiversität	51
4 Test auf Praxisbetrieben	53
4.1 Vorgehensweise und Erfahrungen	53
4.2 Übersicht der Betriebsergebnisse	53
4.3 Vergleich der Rangfolgen der Betriebe je nach Methode	56
4.4 Vergleich der Empfehlungen der Methoden für die Betriebe	58
4.5 Diskussion über den Vergleich der Betriebsergebnisse	61

5	Diskussion	64
5.1	Angewandte Methodik und Ergebnisse	64
5.2	Umsetzbarkeit der Ergebnisse des Projekts	65
5.3	Übertragbarkeit der Methoden außerhalb des Herkunftslands	67
E.	Übertragung in die Praxis	68
F.	Schlussfolgerungen und Ausblick	70
G.	Literaturverzeichnis (Haupttext und Anhänge)	72
ANHANG		76
1	Allgemeine Definitionen	76
2	Beschreibung der Betriebe	79
3	Erhebungsbogen	81
4	Berechnung des Konformitätsindex $I_k$	105
5	Bewertung der Methoden INDIGO, KUL/USL, REPRO und SALCA anhand von Beurteilungskriterien	106
6.1	Beurteilung der Methoden für das Kriterium <i>Abdeckung aller Umweltbereiche</i>	108
6.2	Beurteilung der Methoden für das Kriterium <i>Abdeckung der landw. Produktionszweige</i>	109
6.3	Beurteilung der Methoden für das Kriterium <i>Berücksichtigung der Produktionsverfahren</i>	110
6.4	Beurteilung der Methoden für das Kriterium <i>Indikatortyp / Analysentiefe</i>	111
6.5	Beurteilung der Methoden für das Kriterium <i>Vermeidung fehlerhafter Aussagen</i>	112
6.6	Beurteilung der Methoden für das Kriterium <i>Zugänglichkeit der Daten</i>	113
6.7	Beurteilung der Methoden für das Kriterium <i>Abdeckung der Bedürfnisse</i>	117
7	Diskussion zum Vergleich der Methoden zur Evaluierung von Stickstoffverlusten	118
8.1	Beurteilung der Methoden für das Kriterium <i>Abdeckung aller Umweltbereiche</i> für Stickstoff	120
8.2	Beurteilung der Methoden für das Kriterium <i>Berücksichtigung der Produktionsverfahren</i> für Stickstoff	121
8.3	Beurteilung der Methoden für das Kriterium <i>Indikatortyp / Analysentiefe</i> für Stickstoff	122
8.4	Beurteilung der Methoden für das Kriterium <i>Integration der Prozesse</i> für Stickstoff	123
8.5	Beurteilung der Methoden für das Kriterium <i>Vermeidung fehlerhafter Aussagen</i> für Stickstoff	124
9.1	Ergebnisse der Methoden INDIGO und REPRO bei Betrieben des Jahres 2003	125
9.2	Ergebnisse der Methoden SALCA und KUL/USL bei Betrieben des Jahres 2003	126
10	Variabilität des Konformitätsindex (Anhang 4) zwischen den Betrieben	127
11	Erfahrungen beim Einsatz der Methoden außerhalb ihres Herkunftslandes bzw. ihrer Herkunftsregion	128
12	Betriebswerte - Einzelergebnisse: Rohwerte	130
13	Eckdaten im Projektablauf	133

## ZUSAMMENFASSUNG

Die zunehmende Sorge um die Umweltbelastung der heutigen europäischen Landwirtschaft hat zur Entwicklung von agrarökologischen Evaluierungsmethoden für das betriebliche Umweltmanagement geführt. Um dem potentiellen Anwender eine Hilfestellung zu geben, wurden vier auf Indikatoren basierende Methoden verglichen und bewertet: Die von Partnern des ITADA entwickelten Methoden INDIGO (Frankreich) und SALCA (Schweiz) sowie die beiden deutschen Methoden REPRO und KUL/USL, die aus Sachsen-Anhalt und Thüringen stammen.

Im Rahmen dieses Projekts wurde ein eigener Bewertungsansatz angewandt: Es wurden 15 Kriterien zu den drei Bereichen 'Fachlichkeit', 'Machbarkeit' und 'Nutzen' definiert. Für jedes Kriterium erfolgte die Bewertung nach genauen Entscheidungsregeln mit Noten von 1 (schlecht) bis 5 (gut). Die Analyse der Bereiche 'Machbarkeit' und 'Nutzen' konnte um die Erfahrungen aus der praktischen Anwendung der vier Methoden bei einer Gruppe von 13 Betrieben unterschiedlicher Ausrichtung in Frankreich, Deutschland und der Schweiz in den Jahren 2002 und 2003 ergänzt werden (KUL/USL wurde lediglich auf drei deutschen Betrieben angewandt). Zwei Vergleiche dienten der Auswertung der auf den Betrieben gewonnenen Ergebnisse: Einerseits wurden aus den mit den Methoden ermittelten gesamtbetrieblichen Werten für die Umweltwirkungen Rangfolgen erstellt und mit einem Korrelationskoeffizienten verglichen. Andererseits wurden die aus den Indikatorwerten für eine Reihe von Produktionsfaktoren abgeleiteten Beratungsempfehlungen mit Hilfe eines im Projekt speziell dafür entwickelten Konformitätsindex analysiert.

Keine der vier Methoden deckt die Gesamtheit der Umweltbereiche ab (z. B. Biodiversität), wobei SALCA im Bereich 'Fachlichkeit' die besten Bewertungen erhielt. INDIGO schneidet für die Kriterien 'Abdeckung der landwirtschaftlichen Produktionszweige' und 'Berücksichtigung von Produktionsfaktoren' schwächer ab, weil es auf den Pflanzenbau spezialisiert ist. Die niedrigeren Werte der Methoden KUL/USL und REPRO für das Kriterium 'Indikatortyp/Analysentiefe' lassen sich mit den auf landwirtschaftlichen Bewirtschaftungsmaßnahmen basierenden Indikatoren vom Typ 'Antriebskräfte' erklären. Die effiziente Organisation des Angebots mit einer zentralen Auswertungsstelle führt dazu, dass sich die Methode KUL/USL bei einigen Kriterien des Bereiches 'Machbarkeit' positiv von den anderen abhebt. Dies trotz der Nicht-Offenlegung des Berechnungswerkzeugs, was die unterdurchschnittliche Bewertung für das Kriterium 'Transparenz' erklärt. In seiner aktuellen Version mangelt es SALCA an Benutzerfreundlichkeit. Für den Bereich 'Nutzen' liegen die Bewertungen der Methoden nahe beieinander, mit einem leichten Vorteil für KUL/USL, das Betrieben, die bestimmte Anforderungen erfüllen, ein Zertifikat ausstellt. Diese ganzheitliche Betrachtung der Methoden wurde durch eine Analyse der Themen 'Stickstoffverluste', 'Risiko durch Pflanzenschutzmitteleinsatz' und 'Biodiversität' vertieft.

Bei der Gegenüberstellung der Rangfolgen der Betriebsergebnisse zeigt sich eine gute Übereinstimmung zwischen den Methoden INDIGO, REPRO und SALCA. Beim Vergleich der Empfehlungen gibt es hingegen nur einen mittleren Deckungsgrad mit Konformitätsindices zwischen 0,5 und 0,6 (von maximal 1). Die Analyse der Unterschiede ergibt, dass sich die Philosophien der Methoden, welche deren Autoren zu einer bestimmten Auswahl von Umweltproblemen, Berechnungsebenen und Referenztypen veranlasst haben, deutlich unterscheiden und somit für einen großen Teil des Mangels an Übereinstimmung verantwortlich sind.

Bei der Anwendung außerhalb des Herkunftslandes können Schwierigkeiten auftreten (fehlende Daten, EDV-Probleme u.ä.). Jede der untersuchten Methoden ist jedoch für den Einsatz in der Praxis geeignet. Auf der Basis von Stärke-Schwäche-Profilen kann der Anwender die für ihn am besten geeignete Methode ermitteln.

## Projekt N° 04 - „COMETE“ ITADA Arbeitsprogramm III SCHLUSSBERICHT

**Thema: Betriebliches Umweltmanagement in der Landwirtschaft:  
Vergleich der Methoden INDIGO, KUL/USL, REPRO und  
SALCA**

**Autoren:** C. Bockstaller (ARAA), G. Gaillard (Agroscope FAL Reckenholz), D. Baumgartner (Agroscope FAL Reckenholz), R. Freiermuth Knuchel (Agroscope FAL Reckenholz), M. Reinsch (Öko-Institut), R. Brauner (Öko-Institut), E. Unterseher (IfuL)

**Mit Hilfe von:** J. Recknagel (IfuL), A. Blatz (INRA Colmar), A. Schweitzer (INRA Colmar), S. Blaser (Agroscope FAL Reckenholz), Th. Nemecek (Agroscope FAL Reckenholz), P. Weibel (Agroscope FAL Reckenholz), D. Bunke (Öko-Institut)

<b>Projektleitung:</b>	C. Bockstaller	(ARAA)	F
<b>Partner:</b>	R. Koller	(ARAA)	F
	P. Girardin	(INRA Colmar)	F
	R. Vetter	(IfuL Müllheim)	D
	B. Tappeser u. R. Brauner	(Öko-Institut Freiburg)	D
	G. Gaillard	(Agroscope FAL Reckenholz)	CH

**Projektlaufzeit: 2002 – 2005**

### A. AUSGANGSSITUATION UND PROBLEMSTELLUNG

Die intensive moderne Landwirtschaft hat neben Produktivitätsgewinnen auch zu zusätzlichen Umweltbelastungen geführt. In der Schweiz wurden diese Probleme seit Anfang der 90er Jahre durch die Einführung der „Integrierten Produktion“ in Angriff genommen; 1993 wurde die finanzielle Unterstützung der Landwirtschaftsbetriebe stufenweise von der Produktion abgekoppelt und durch flächenhaft gestaltete Abgeltungen mit Umweltauflagen ergänzt. Das Eidgenössische Landwirtschaftsgesetz von 1998 verlangt mit dem ökologischen Leistungsnachweis (ÖLN) die Einhaltung ökologischer Mindeststandards (Gujer, 2001) für die Auszahlung der Grundförderung (‘Direktzahlungen’). Außerdem wurden auf nationaler und kantonaler Ebene ergänzende Agrar-Umweltprogramme auf freiwilliger Basis eingerichtet. Die Anfang 2005 erfolgte Einbeziehung von Umweltaspekten in die Gemeinsame EU-Agrarpolitik („Cross Compliance“) hat neue Diskussionen über agrar-ökologische Evaluierungsinstrumente im Rahmen des landwirtschaftlichen Umweltmanagements angestoßen.

Diese Entwicklung ist im Rahmen eines größeren Prozesses zu sehen. In der Folge des Umwelt-Gipfels von Rio im Jahr 1992 rückt die Notwendigkeit einer nachhaltigen Entwicklung immer mehr ins Bewusstsein von Politik und Gesellschaft. Die wachsende Bedeutung des Konzepts der Nachhaltigkeit, wenn auch noch vage hinsichtlich seiner Umsetzung, hat zu einer stattlichen Anzahl von Arbeiten über Evaluierungsmethoden zur ‚Messung‘ von Nachhaltigkeit geführt, die sich Hilfsmitteln wie Indikatoren (Christen und O’Halloran-Wiethholz, 2002) bedienen. In Anbetracht einer fehlenden, allgemein anerkannten Definition (Hansen, 1996), mussten Instrumente zur Bewertung, was nachhaltig oder nicht nachhaltig ist, geschaffen werden, welche der Qualitätsverbesserung (mit oder ohne Zertifizierung)



dienen können. Solche Evaluierungsinstrumente helfen auch, eine Ausgangssituation und laufende Verbesserungen zu erfassen und zu beschreiben. Den staatlichen Stellen (insbesondere dem Schweizerischen Bundesamt für Landwirtschaft, BLW) ist es ein Anliegen, die Eigenverantwortung des Landwirts im Sinne eines Umweltmanagements zu fördern. Hierfür werden, neben Anreizprogrammen für eine umweltverträgliche Landbewirtschaftung, angepasste Instrumente für den landwirtschaftlichen Betrieb benötigt. Im Vordergrund dieser Arbeit steht deshalb die gesamtbetriebliche Betrachtungsweise.

Vor diesem Hintergrund sind in den am ITADA beteiligten Ländern verschiedene Ansätze entwickelt worden. Eine Übersicht über die verschiedenen verfügbaren Instrumente findet sich für die deutsche Seite in Gebauer und Bäuerle (2000) und für die französische Seite im Tagungsband zum von SOLAGRO<sup>1</sup> in Toulouse im Oktober 2002 organisierten Kolloquium (SOLAGRO, 2002) in Girardin (2001) sowie in Peschard et al. (2004). Auch in der Schweiz wurden mehrere Ansätze entwickelt (Magnollay und Veillon, 1990; Häni et al., 2003; Rossier, 1998; Rossier und Gaillard, 2001; 2004). Hinzu kommen noch zahlreiche Arbeiten zu Spezialindikatoren, insbesondere für Stickstoff und Pflanzenschutzmittel (Reus et al., 2002; Devillers et al., 2005).

Für den potentiellen Benutzer aus Praxis, Forschung oder Verwaltung wirft eine derartige Fülle an Methoden folgende Fragen auf:

1. Welche Methode eignet sich für die eigenen Anliegen?
  - Welches sind also die Vor- und Nachteile der unterschiedlichen Instrumente?
2. Wie ist es um die Glaubwürdigkeit dieser Methoden bestellt?
  - Überzeugen die technischen und wissenschaftlichen Grundlagen?
  - Basieren sie auf repräsentativen Daten und Auswertungsschemata?
3. Wie groß ist die Stabilität der mit den verschiedenen Methoden in einem bestimmten Fall erzielten Ergebnisse?
  - Ergibt sich dieselbe Rangfolge oder Bewertung in Bezug auf einen Referenzwert? Wirkt sich die Wahl der Methode auf das Ergebnis (Beurteilung, Empfehlung etc.) aus?

Diese Überlegungen haben die im Rahmen von ITADA kooperierenden Partner bewogen, die folgenden Methoden miteinander zu vergleichen:

- Auf elsässischer Seite die Methode INDIGO<sup>®</sup>, die im Rahmen früherer ITADA-Programme von der INRA und der ARAA entwickelt wurde (Girardin et al., 1997; Bockstaller und Girardin, 2000; Bockstaller et al., 2002). Sie war Gegenstand zahlreicher Publikationen (z.B. Bockstaller et al., 1997; Bockstaller, 2004; Girardin et al., 2000; Girardin und Bockstaller, 2002; Pervanchon et al., 2002; van der Werf und Zimmer, 1998 ).
- Die Ökobilanzmethode SALCA<sup>2</sup>, die in der Schweiz von der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau in Zürich-Reckenholz (Agroscope FAL Reckenholz) entwickelt wurde. Rossier (1998) wandte sie zum ersten Mal für das betriebliche Umweltmanagement an. Der vorliegende Bericht basiert auf der von Rossier und Gaillard (2001; 2004) auf das betriebliche Umweltmanagement angepassten Version unter Berücksichtigung der inzwischen entwickelten betrieblichen Referenzwerte (Nemecek et al., 2004a). Die jüngsten methodischen Entwicklungen (Gaillard et al., 2005) konnten hingegen nicht mehr berücksichtigt werden. Die Methode wurde auf Grundlage der Normen ISO 14040 ff. über die

---

<sup>1</sup> Eine private Bewertungs- und Beratungsfirma aus Südwest-Frankreich

<sup>2</sup> Swiss Agricultural Life Cycle Assessment

Analyse von Lebenszyklen (International Organization for Standardization, 1997) entwickelt.

Für Deutschland wurden mangels eigener Entwicklungen von ITADA-Mitgliedern zwei andernorts entwickelte Methoden ausgewählt:

- REPRO (Abraham, 2001; Hülsbergen, 2003; Christen und Hülsbergen, 2003), entwickelt an der Martin-Luther Universität Halle-Wittenberg.
- KUL/USL<sup>3</sup> (Breitschuh et al., 2001; Eckert et al., 1999; 2000; Geier und Köpke, 2000). Sie wird für einige Betriebe, speziell für den Vergleich mit REPRO, nochmals mit einbezogen, da sie auf nationaler Ebene vom VDLUFA<sup>4</sup> angeboten und empfohlen wird.

Der Bericht ist wie folgt aufgebaut: Zuerst umfasst er eine Beschreibung der wichtigsten Merkmale der vier verglichenen Methoden sowie ein Ergebnisbeispiel für einen der im Projekt untersuchten Betriebe. Weiter werden die Stärken und Schwächen jeder Methode anhand einer Reihe von Kriterien aufgezeigt. Die Themen Stickstoff, Biodiversität und Pflanzenschutzmittel wurden von den Partnern des ITADA für die Umweltevaluierung von landwirtschaftlichen Betrieben im Rahmen des ITADA für wichtig erachtet und deshalb einer vertieften Analyse unterzogen. Zum Schluss werden die Ergebnisse der Anwendung jeder Methode bei einer Gruppe von landwirtschaftlichen Betrieben aus den drei Ländern vorgestellt und miteinander verglichen. Dies dient der Darstellung der Rangfolge eines Betriebs in Abhängigkeit von der Auswahl der Methode und der Ähnlichkeit der empfohlenen Maßnahmen.

## **B. ZIELE**

- Aufzeigen der Stärken und Schwächen der vier in der deutsch-französisch-schweizerischen Grenzregion eingesetzten Methoden (INDIGO, KUL/USL, REPRO und SALCA).
- Überprüfung, ob diese Methoden auf der Grundlage einer Stichprobe von landwirtschaftlichen Betrieben in den drei Partnerländern ähnliche Ergebnisse bezüglich Umweltwirkung und Empfehlungen erbringen.
- Bewertung der Praktikabilität der ausgewählten Methoden und ihrer Eignung für die landwirtschaftliche Beratung ( bzw. das Umweltmanagement von landwirtschaftlichen Betrieben). Unterrichtung der Landwirtschaftsberatung über die Aussagekraft und Praxiseignung der untersuchten Methoden.

Parallel zu einer Gesamtbetrachtung jeder Methode werden die Evaluierungsinstrumente hinsichtlich der Stickstoffverluste vertieft untersucht. Die mit dem Einsatz von Pflanzenschutzmitteln verbundenen Risiken sowie die Berücksichtigung der Biodiversität durch die Methoden werden ebenfalls näher analysiert.

---

<sup>3</sup> Internet Adresse <http://www.tll.de//kul/>

<sup>4</sup> Verband der deutschen landwirtschaftlichen Untersuchungs- und Forschungsanstalten

## **C. ANGEWANDTE METHODIK**

Nachdem die Haupteigenschaften der untersuchten Methoden auf beschreibende Weise eruiert worden sind, erfolgte die eigentliche Beurteilung. Dabei wurde wie folgt vorgegangen:

### 1. Theoretische, kriterienorientierte Beurteilung

Aus der Literaturstudie ergaben sich zwar interessante Ansätze (z.B. Gebauer und Bäumler, 2000). Diese waren jedoch aus zwei Gründen nicht direkt anwendbar: Einerseits decken die geläufigen kriterienbasierten Evaluationsverfahren nur teilweise die in dieser Studie zu bewertenden Bereiche ab (Fachlichkeit, Machbarkeit und Nutzen). Andererseits war es für die Glaubwürdigkeit der Evaluation erforderlich, ein strenges, nachvollziehbares und transparentes Benotungssystem anzuwenden, da die Autoren von zwei der vier untersuchten Methoden an der Beurteilung direkt beteiligt waren.

Deswegen wurde ein eigenes Evaluationsverfahren erstellt, welches die Projektpartner in einem ersten Schritt für jene Methoden anwandten, die in ihrem Ursprungsland entwickelt worden waren (Selbstevaluation). In einem zweiten Schritt wurde diese Evaluation von den anderen Partnern kritisch geprüft und korrigiert (provisorische Evaluation). Im Falle der Methoden KUL/USL sowie REPRO wurde die provisorische Evaluation den Autoren zur Stellungnahme vorgelegt. Deren Rückmeldungen flossen teilweise in die weitere Projektbearbeitung mit ein. Die definitive Evaluation findet sich im Bericht.

### 2. Ein Test auf Praxisbetrieben

Ein Test unter realen Verhältnissen ist unentbehrlich, insbesondere was die Thematik der Machbarkeit anbelangt, aber auch wegen der Evaluation der fachlichen oder nutzungsorientierten Eigenschaften der Methoden. Aus diesem Grund wurden alle vier Methoden auf 13 Betrieben in den drei teilnehmenden Ländern angewandt (KUL/USL allerdings nur in Deutschland), wobei der Schweizer Partner die drei Methoden INDIGO, REPRO und SALCA für die Schweizer Betriebe anwandte, während die anderen Partner die jeweiligen Methoden aus ihrem Land für alle elsässischen und badischen Betriebe einsetzten. Für eine systematische Analyse der dort gewonnenen Ergebnisse (ökologische Positionierung und sich daraus ergebende Empfehlungen) war es angesichts der Tatsache, dass sich die verwendeten Indikatoren sogar für ähnliche Bereiche nicht direkt vergleichen ließen, erforderlich, auf einen statistischen Ansatz zurückzugreifen. Die Empfehlungen wurden ihrerseits anhand eines speziell für das Projekt entwickelten Konformitätsindex nach ihrer Korrelation analysiert.

Die somit gewonnenen Erkenntnisse wurden in einer Synthese zusammengefasst. Die Untersuchung wurde unter der Berücksichtigung weiterer im Projekt nicht untersuchter Eigenschaften sowie der in der Zwischenzeit eingeleiteten Entwicklungen der Methoden hinsichtlich einer Anwendung im Oberrheingebiet ergänzt.

## 1 Beschreibung der untersuchten Methoden

### Methode INDIGO®

Die Methode INDIGO® wurde von der Arbeitsgruppe „Nachhaltige Landwirtschaft“ der INRA Colmar in Zusammenarbeit mit der Association pour la Relance Agronomique en Alsace (ARAA) entwickelt. Sie richtet sich an Agrarwissenschaftler, Berater und Landwirte, die den Umweltaspekt der Nachhaltigkeit von Anbausystemen verbessern wollen.

Die Methode INDIGO® erlaubt eine Agrar-Umwelt-Analyse sowohl des Gesamtbetriebs als auch der einzelnen Schläge, sowie die Ermittlung von Stärken und Schwächen von Anbauverfahren, die Identifizierung von Risikoflächen, usw. In einem weiteren Schritt lassen sich Simulationen durchführen, um 'Was wäre wenn ich dies oder jenes ändern würde - Fragen' zu beantworten. Im Übrigen bietet sie Simulationsmöglichkeiten, um objektive Aussagen zu Agrar-Umweltproblemen zu ermöglichen (z.B. Erstellung einer Liste empfohlener Pflanzenschutzmittel für Wassereinzugsgebiete).

Diese Arbeit hat zu acht Indikatoren für den Ackerbau geführt: *Kulturvielfalt, Fruchtfolge, Organische Substanz, Phosphor, Stickstoff, Pflanzenschutzmittel, Beregnung* und *Energie*. Weitere sind in der Entwicklung (*Bodenbedeckung, nicht produktive Strukturen*) oder geplant (*Bodenbearbeitung*). Verschiedene Indikatoren wurden angepasst an das Grünland (*Stickstoff u.a.*), den Weinbau (*Pflanzenschutzmittel, Stickstoff etc.*) und den Obstbau (*Pflanzenschutzmittel u.a.*).

Die Berechnungsweise der Indikatoren beruht auf einem Kompromiss zwischen dem Bemühen, die den Problemen zu Grunde liegenden Mechanismen abzubilden und den Erfordernissen der Machbarkeit (Verwendung verfügbarer Daten über den landwirtschaftlichen Betrieb, die Anbaumaßnahmen, Bodenuntersuchungsergebnisse etc.). Sie war Gegenstand einer wissenschaftlichen Validierung. Jeder Indikator wird mit einer Zahl zwischen 0 (erhöhtes Risiko) und 10 (vernachlässigbares Risiko) angegeben, wobei mindestens ein Wert von 7 erreicht werden sollte. Die nach der Fläche der Einzelparzellen gewichteten Mittelwerte eines Betriebs werden in Form eines Netzdiagramms (Radars) dargestellt.

Hinzu kommt eine Reihe von Zwischenergebnissen, um die Ursachen abzuklären. Beispielhaft seien genannt: Ergebnisse der Einzelschläge, Risiko für die verschiedenen Umweltkompartimente (Grund-, Oberflächenwasser, Luft, etc.), ausgewaschene Stickstoffmenge, Risikoklasse je angewandtem Wirkstoff, Energieverbrauch je Arbeitsgang.

Die Auswertung dieser Ergebnisse erlaubt eine maßgeschneiderte landwirtschaftliche Beratung.

Eine Software für den Ackerbau in französischer Sprache ist in Windows-Version auf CD verfügbar und erlaubt den Im- und Export zu Excel. In Frankreich läuft zusammen mit den Technischen Instituten (CTIFL, ITV, CETIOM<sup>5</sup>) ein Vorhaben, um die Berechnung einzelner Indikatoren über das Internet zu ermöglichen. Außerdem wurde gemeinsam mit dem ITV zur Auswahl nach Umweltkriterien von Pflanzenschutzmitteln für bestimmte Anwendungssituationen (Umfeld, Dosis u.a.) die Software 'Phyto-Choix' entwickelt, welche auf dem Indikator *Pflanzenschutzmittel (I-PHY)* aufbaut.

Begonnen wurde mit der Anpassung einzelner Indikatoren (I-PHY, Stickstoff) an die Ebene von Wassereinzugsgebieten.

Im Rahmen des Projekts wurden sieben von acht Indikatoren verwendet. Der Indikator 'Beregnung' wurde nicht verwendet, weil zusätzliche Daten erforderlich gewesen wären (tägliche Niederschlagsdaten, Evapotranspiration), was aus Zeitgründen nicht möglich war.

<sup>5</sup> CTIFL: Centre Technique Interprofessionnel des Fruits et des Légumes; ITV: Institut Technique de la Vigne; CETIOM: Centre d'Etude Technique Interprofessionnel des Oléagineux Métropolitain

## **KUL (Kriterien umweltverträglicher Landbewirtschaftung) – USL (Umweltsicherungssystem Landwirtschaft)**

KUL/USL ist ein von der Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (TLL) in Jena entwickeltes Umweltbewertungsverfahren. Es stellt ein Informationssystem zur Schwachstellenanalyse auf Betriebsebene dar und richtet sich an den Landwirt und die landwirtschaftliche Beratung.

Zur Beurteilung der wesentlichen Gefährdungspotentiale in der landwirtschaftlichen Bodennutzung werden 5 Wirkungskategorien mit 22 quantifizierbaren Kriterien ausgewiesen; zentrale Themen sind der Nährstoffhaushalt mit 9 und die Energie mit 6 Kriterien. Weitere Kategorien bilden der Boden, der Pflanzenschutz sowie die Landschafts- und Artenvielfalt.

Die Auswahl der Kriterien und die Lage der Toleranzbereiche tragen dem Leitbild „nachhaltige Landwirtschaft“ Rechnung, das heißt begrenzte Beeinträchtigung von Boden, Wasser, Luft und belebter Natur sowie langfristiger Erhalt der Produktivität des Standortes. Es werden Toleranzbereiche (Spanne zwischen einem anzustrebenden Optimum und einer maximal tolerablen Belastung) festgelegt. Handlungsziel ist es, bewirtschaftungsbedingte Belastungen in einem tolerablen Rahmen zu halten.

Die zentrale Auswertungsstelle in Jena übernimmt die gebührenpflichtige Auswertung: Ein Auswertungsprogramm errechnet für die einzelnen Kriterien aus den Angaben der Erhebungsbögen die aktuellen Betriebswerte. Die Berechnung erfolgt auf Betriebsebene (Hoftribilanzen). Zur Quantifizierung der Gefährdungspotentiale werden anhand der standortspezifisch vorgegebenen Toleranzbereiche Boniturnoten vergeben (1 entspricht dem anzustrebendem Optimum, 6 entspricht der maximal tolerablen Belastung, >6 kennzeichnet für das betreffende Kriterium eine unerwünschte Situation und signalisiert Handlungsbedarf). Die Boniturnoten werden graphisch in Form eines Balkendiagramms veranschaulicht.

Auf Grundlage der Ergebnisgraphik und einer Dokumentation zur Erläuterung der Kriterien und ihrer Bewertung wird ein Beratungsbericht erstellt, der die Ursachen für die vom Betrieb ausgehenden Umweltbelastungen benennt und Gegenmaßnahmen formuliert. Dadurch wird dem Landwirt ermöglicht, bewirtschaftungsbedingte potentielle Gefährdungen für Umwelt und Nachhaltigkeit zu erkennen, in tolerierbaren Grenzen zu halten und zugleich die Effizienz seines Betriebsmitteleinsatzes zu verbessern. Der Bericht eignet sich auch als Grundlage für die Beratung.

Auf der Basis von 17 Prüfkriterien aus dem Kriterienkatalog von KUL wurde durch den Verband VDLUFA das Umweltsicherungssystem Landwirtschaft (‘USL’) aufgebaut. Das USL ermöglicht es den Landwirten, ihren Betrieb einer bundesweit einheitlichen Umweltverträglichkeitsanalyse zu unterziehen. Bei Einhaltung der Vergabekriterien kann das Qualitätszeichen ‘Betrieb der umweltverträglichen Landbewirtschaftung’ an den Betrieb vergeben werden. Der VDLUFA sieht darin einen Beitrag zur Transparenz in der landwirtschaftlichen Produktion und zur Verbraucheraufklärung.

Für drei südbadischen Betriebe des Projekts wurden alle Kriterien berechnet, außer dem Kriterium ‘Erosion’, für das die erforderlichen schlagspezifischen Daten im verfügbaren Zeitrahmen nicht erhoben werden konnten.

## Modell REPRO

REPRO ist ein an der Universität Halle-Wittenberg entwickeltes Umweltbewertungsverfahren. Es richtet sich an den Landwirt und die landwirtschaftliche Beratung.

Ziel ist die Bewertung der Umweltwirkungen beziehungsweise der Nachhaltigkeit des Betriebes auf der Basis der Analyse der Stoff- und Energieflüsse und ökonomischer Berechnungen im untersuchten landwirtschaftlichen System. Die Software REPRO erfordert für eine komplette Analyse die Erfassung aller Aktivitäten aus Pflanzenbau und Tierhaltung auf Ebene des Schlages beziehungsweise des Stalls.

Das Modell REPRO ist modular aufgebaut. Es stellt dem Anwender sechs miteinander vernetzte Module (Bewirtschaftungssystem, Stammdaten, Standort, Stoff- und Energieflüsse, Ökologische Bewertung und Ökonomische Bewertung) und circa 200 Indikatoren zur Auswahl. Dadurch ist es möglich, die Berechnungen der jeweiligen Zielstellung - von einfachen Bilanzierungen bis zu anspruchsvollen Simulationen - anzupassen.

Dem Anwender werden umfangreiche Datentabellen mit Standardwerten (Modellparameter) übergeben. Diese Standardwerte sind unter anderem nach Frucht-, Tier- und Düngerart sowie Produktionsverfahren differenziert und im Hintergrund über ein Schlüsselsystem geordnet. Damit werden für definierte Arbeitsgänge technische, energetische und ökonomische Parameter bereitgestellt, die so zu Produktionsverfahren zusammenzustellen sind, dass der Betrieb abgebildet wird. Alle Standardwerte können den betrieblichen Bedingungen angepasst und auf Folgejahre und Varianten übertragen werden.

Für die Ergebnisdarstellung stehen im Modell REPRO verschiedene Darstellungsformen zur Verfügung:

- Thematische Karten: Liegen schlagbezogene GIS-Daten vor, so ist die Visualisierung der Ergebnisse auf Ebene des Schlages möglich.
- Netzdiagramm: Für die Darstellung einer Betriebsbewertung mittels Netzdiagramm kann der Nutzer über eine Checkbox bis zu 30 Indikatoren auswählen. Die Netzdarstellung erlaubt den Vergleich mehrerer Betriebe oder die Einordnung des jeweiligen Betriebes relativ zu einem Bezugswert.
- Normalisierungsfunktion mit Zielgrößen: Für bisher sechs Indikatoren<sup>6</sup> (N-Saldo, Humusreproduktion, Energieintensität, P-Saldo, Fruchtartendiversität, Tierbesatz) ist die Bewertung anhand der Normalisierungstechnik im System eingebunden. Hierfür wurden spezifische Bewertungsfunktionen entwickelt, mit Hilfe derer Zielerreichungsgrade zwischen 0 und 1 erstellt werden. Mittels Bewertungsfunktion wird dem errechneten Betriebswert ein Zielerreichungsgrad zugeordnet, wobei der Wert `0` die ökologisch ungünstigste Situation und `1` die ökologisch günstigste Situation anzeigt. Die Bewertungsfunktionen wurden in einem breiten gesellschaftlichen Diskussionsprozess für das Land Sachsen-Anhalt abgestimmt und entwickelt.

In der Komplettleistung von REPRO wird neben der Software auch ein Beratungsangebot angeboten.

Im Rahmen des Projekts wurden angesichts seiner Zielsetzung auf Umweltebene und der begrenzten Zeit nicht alle Möglichkeiten, die das Modell REPRO bietet, ausgeschöpft. Der betriebswirtschaftliche Teil wurde nicht angewandt, da er außerhalb der Zielsetzung des Projekts liegt. Nur die Indikatoren, für die das Modell eine Bewertung mittels Normalisierungstechnik ermöglicht und für die Zielwerte definiert waren, konnten mit denen der anderen Methoden verglichen werden. Die Arbeiten des Projektes beschränken sich daher auf sechs Indikatoren, obwohl das Modell REPRO sehr viel mehr Indikatoren bietet.

---

<sup>6</sup> Stand zum Zeitpunkt der Berechnungen im Projekt

## Ökobilanz-Methode SALCA

SALCA (Swiss Agricultural Life Cycle Assessment) ist eine Ökobilanzmethode, welche von Agroscope FAL Reckenholz (Zürich) – aufbauend auf Vorarbeiten der Agroscope FAT Tänikon – entwickelt wurde. Sie dient der Analyse und Optimierung der Umweltwirkungen der landwirtschaftlichen Produktion. Die Methode wird vorwiegend in der agrarökologischen Forschung (z.B. Nemecek et al., 2005) eingesetzt, dient aber ebenfalls als Basis für das landwirtschaftliche betriebliche Umweltmanagement (Rossier, 1998; Rossier und Gaillard, 2001, 2004), die Errechnung von Agrar-Umweltindikatoren für den landwirtschaftlichen Sektor (Gaillard et al., 2003) und die Ermittlung von Ökoinventaren im Rahmen der Integrierten Produktpolitik der Schweiz (Nemecek et al., 2003).

Die Ökobilanz ist eine Methode des Umweltmanagements und wurde ursprünglich für industrielle Anwendungen entwickelt. Sie umfasst die vier Schritte „Festlegung des Ziels und des Untersuchungsrahmens“, „Sachbilanz“, „Wirkungsabschätzung“ und „Interpretation“. Die Grundsätze der Ökobilanzierung sind in den ISO-Normen 14040-14043 festgelegt. Durch die Anpassung an die Eigenheiten der Landwirtschaft wurde das Anwendungsfeld der Ökobilanzierung auf die Beurteilung landwirtschaftlicher Produkte (z.B. Kartoffeln oder Milch) und Systeme (wie z.B. Anbausysteme, Landwirtschaftsbetriebe, etc.) erweitert.

**SALCA** besteht aus den folgenden Elementen:

- Einer **Datenbank mit Ökoinventaren** für die Landwirtschaft. Zurzeit beinhaltet die SALCA-Datenbank, welche in enger Zusammenarbeit mit dem Schweizer Zentrum für Ökoinventare ecoinvent erstellt wurde (Nemecek et al., 2004b), über 700 Ökoinventare. Sie wird laufend weiter ausgebaut.
- **Modellen** für die Ermittlung von **direkten Feld- und Hofemissionen**, wie Nitrat, Lachgas, Methan, Ammoniak, Phosphor, Schwermetalle etc..
- Einer Auswahl von **Methoden für die Wirkungsabschätzung** für Umweltfragen besonderer Relevanz für landwirtschaftliche Systeme: Bedarf an nichterneuerbaren Energieressourcen, Flächenbedarf, Treibhauspotenzial, Eutrophierung, Versauerung, Ozonbildung, Humantoxizität und Ökotoxizität (Gewässer und Boden).
- **Methoden für die Wirkungsabschätzung** für bisher in Ökobilanzen kaum berücksichtigte Kategorien **Biodiversität und Bodenqualität** (diese werden im vorliegenden Projekt nicht angewandt).
- **Berechnungswerkzeugen** für häufig untersuchte landwirtschaftliche Systeme (Kulturen auf Schlagebene und Landwirtschaftsbetriebe). Mit Hilfe der Ökobilanz-Software TEAM von PricewaterhouseCoopers-Ecobilan sind die benötigten Ökoinventare aus der SALCA-Datenbank, die Modelle für die Berechnung der direkten Feld- und Hofemissionen sowie die zugehörigen Verknüpfungen zu einem Gesamtsystem zusammengeführt worden.

Die Darstellung der Resultate erfolgt in Balkendiagrammen bezogen auf die gewählte Bezugsgröße (z.B. Fläche, Ertrag in kg oder Nährwert). Dies erlaubt eine Analyse der Beiträge der verschiedenen Inputs an den Wirkungskategorien anhand von Referenzwerten für Betriebe des gleichen Typs und die einfache Ableitung von Empfehlungen (vgl. Nemecek et al., 2004a). Durch die einfache Variation der Eingabedaten können verschiedene Bewirtschaftungsszenarien simuliert werden.

Im Projekt wurde die Methode SALCA in ihrer Version 1.31 angewandt. Die jüngsten Entwicklungen, wie in Gaillard et al. (2005) beschrieben, insbesondere die neuen Ansätze zur Schwermetallbilanzierung und Nitratauswaschung sowie die neuen Wirkungskategorien Biodiversität und Bodenqualität, konnten hier nicht berücksichtigt werden.

In der nahen Zukunft wird eine Software entwickelt, welche die automatisierte Datenerfassung auf dem Landwirtschaftsbetrieb erlaubt.

In den Tabellen 1, 2 und 3 werden die charakteristischen Hauptmerkmale der in den vorstehenden Kästen beschriebenen Methoden einander gegenüber gestellt. Sie werden im Rahmen der Methodevaluierung noch näher erläutert.

Alle vier Methoden wurden von Forschungseinrichtungen entwickelt (Tabelle 1). REPRO umfasst neben der ökologischen Dimension auch ökonomische Aspekte, die im Rahmen des Projektes nicht behandelt wurden. Alle vier Methoden befassen sich mit dem Ackerbau und der Tierhaltung. Die Tierproduktion wird von INDIGO jedoch nur am Rande durch den Futterbau behandelt. Auch Sonderkulturen werden nur teilweise berücksichtigt. Die Methode KUL/USL unterscheidet sich von den anderen dadurch, dass sie nur die Betriebsebene betrachtet. Die ebenfalls auf der betrieblichen Ebene ausgedrückten Indikatoren von SALCA lassen eine Betrachtung auf untergeordneten Ebenen wie Kultur, Betriebszweig und für manche Umweltwirkungen auch auf der Schlagebene zu (sofern der Nutzer selber die Berechnungen durchführt), da sich die Umweltwirkung des Betriebes aus der Aggregation der Umweltwirkungen auf untergeordneter Ebene zusammensetzt. Was den Entwicklungsstand der Methoden und die Berechnungsmöglichkeiten der EDV-Version anbelangt, unterscheiden sich die vier Methoden.

Tabelle 2 gibt eine Reihe von Informationen zu den Berechnungsverfahren. Die Methode REPRO zeichnet sich durch ein 'Menu à la carte' aus: Der Anwender hat die Wahl zwischen 200 Indikatoren. Grundlage dieser Methode ist das Modell CANDY, das die Flüsse von Stickstoff und Kohlenstoff (organ. Substanz) beschreibt und die Erfassung der internen Stoffströme zwischen den verschiedenen Betriebszweigen eines Betriebes erlaubt (Abraham, 2001; Hülsbergen, 2003). Im Projekt wurde letztlich eine Auswahl von Indikatoren getroffen, und zwar unter dem Aspekt der Vergleichbarkeit, so dass nur die sechs Indikatoren mit normierten Werten blieben. Das Modell REPRO ist das einzige, das einen aggregierten Gesamtwert für die sechs normierten Indikatoren vorschlägt. Bei INDIGO gibt es einen seit dem vorherigen ITADA-Projekt überarbeiteten Prototyp eines Globalindikators ([Bockstaller und Girardin 2002]), der für die vorliegende Arbeit nicht eingesetzt wurde. Die Auswertung mit SALCA basiert primär auf 4 der 11 ermittelten Indikatoren.

Tabelle 3 gibt einen Überblick über die Merkmale der Ergebnisdarstellung und Auswertung. Bei SALCA werden die Ergebnisse quantitativ ausgedrückt und als Referenzwerte dienen die von Nemecek et al. (2004a) entwickelten Modellwerte verschiedener Typen von schweizerischen Landwirtschaftsbetrieben auf der Basis repräsentativer statistischer Daten (Emulationsprinzip). Dieser Vergleich kann sich dabei auf ein Referenzjahr (vertikaler Vergleich) oder auf ein Referenzsystem (horizontaler Vergleich) beziehen. Bei REPRO werden zu sechs Agrar-Umweltindikatoren quantitative Zielwerte angegeben, welche auf die regionalen Verhältnisse von Sachsen-Anhalt abgestimmt sind. Auf der Basis regionaler Agrar-Umweltindikatoren wurden in einer Arbeitsgruppe unter der Leitung des Ministeriums für Raumordnung, Landwirtschaft und Umwelt nach Agrarregionen und Betriebstypen differenzierte Zielwerte und Bewertungsfunktionen abgeleitet. Die Mitwirkung von Vertretern unterschiedlicher gesellschaftlicher Gruppierungen (Verwaltung, Agrarwissenschaft, Umwelt- und Naturschutz, Beratung und landwirtschaftliche Praxis) an der Abstimmung der Indikatoren und Zielwerte trägt zur Akzeptanz des Indikatoren-Konzeptes bei. Bei KUL/USL wurden nach Diskussionen in Expertenkreisen und der Fachöffentlichkeit Toleranzbereiche festgelegt und darüber innerhalb der Fachgruppen des VDLUFA<sup>7</sup> Konsens erzielt. Die Toleranzbereiche entsprechen dem aktuellen Wissensstand und sind konsensfähig, unterliegen aber einem Diskussionsprozess und sind daher nicht als statische Werte im Sinne von Normen, sondern als Beratungshilfen anzusehen. Für die Methode INDIGO wurden die Referenzwerte von der INRA Forschungsgruppe aus Colmar abgestimmt auf Grundlage von wissenschaftlichen Daten (z.B. Critical Load für N-Deposition zu NH<sub>3</sub>-Emissionen); Expertenmeinungen in der wissenschaftlichen Literatur (z. B. Schlaggröße, Humusgehalte im Boden); bestehenden Schwellenwerten (z.B. NO<sub>3</sub> im Grundwasser) und von „Referenz-Anbausystemen“, die von den Forschern der INRA Colmar als umweltverträglich bewertet wurden, wenn kein Ziel- bzw. Schwellenwert vorhanden war.

---

<sup>7</sup> VDLUFA:= Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten



**Tabelle 1:** Vergleich allgemeiner Merkmale der verschiedenen Methoden.

	<b>INDIGO</b>	<b>KUL/USL</b>	<b>REPRO</b>	<b>SALCA</b>
Entstehung	Entwicklung seit 1994 durch eine Gruppe an der INRA Colmar mit Unterstützung der ARAA	Entwicklung seit 1994 durch die Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, Jena	Entwicklung seit 1990 an der Uni Halle. Erste Version auf Basis des Modells CANDY (Vorhersage von organ. Substanz im Boden)	Beginn der Arbeiten 1992 an der Agroscope FAT Tänikon, Weiterführung ab 2000 an der Agroscope FAL Zürich-Reckenholz
allgem. Zielsetzung	agrар-ökologische Diagnose, Hilfe für die Beratung und bei der Auswahl von Anbaumaßnahmen, Abklären von Szenarien	agrар-ökologische Evaluierung, Zertifizierung von Betrieben	agrар-ökologische und ökonomische Evaluierung, Beschreibung von Stoff- und Energieflüssen, Bereitstellung von Beiträgen für die Betriebsoptimierung	agrар-ökologische Evaluierung, Beschreibung und Verständnis von Umweltwirkungen, Stärken-, Schwächen- sowie Vergleichsanalysen für landw. Produktionen, Verbesserungsvorschläge
Nutznieser	Landwirte, Techniker (Berater, Agronomen im Allgem.), Forscher (landwirtschaftliche Organisationen)	Landwirte, Techniker, Berater, landw. Organisationen	Landwirte, Techniker, Berater, (Agronomen im Allgem.), Gutachter, Forscher	Forschung, landw. Organisationen, Staat, Handel und Industrie, Landwirte
Anwender (Benutzer)	Techniker, Forscher Landwirte (eventuell)	Landwirte Techniker (Berechnung zentral in Jena)	Techniker, Forscher Landwirte	Forscher der Eidg. landw. Forschungsanstalten (FAL, FAT, RAC, ALP). Gelegentlich Landwirtschaftsberatung
Anwendungsbereiche (regionsspezifisch, etc.)	Frankreich, gelegentlich Deutschland	Deutschland	Deutschland	Schweiz; gelegentlich Deutschland, Österreich und Frankreich
untersuchte Anbausysteme	Ackerbau (und Grünland) Weinbau, Obstbau	Ackerbau (und Grünland) + Tierhaltung	Alle außer Weinbau	Alle (Ackerbau, Grünland und Tierproduktion stehen im Vordergrund)
Berechnungsebene	Schlag/Betrieb	Betrieb	(Teil-)Schlag/Betrieb (Teil-)Stall/Betrieb (Flächennutzung, Produkt)	Betrieb, Betriebszweig, Schlag (Aggregationsverfahren)
Entwicklungsstand der Methode	versuchsweise Anwendung im Elsass und vielen Regionen Frankreichs + Forschung für eine Weiterentwicklung	Methode in Ausbreitung begriffen	Vertrieb von Software + Betreuung/Beratungsangebot + Forschung für eine Weiterentwicklung	Methode für Forschung einsetzbar + weitere Forschung für gezielte Ergänzungen, Machbarkeitstest für landw. Betrieb absolviert (Rossier und Gaillard, 2001, 2004)
Niveau der Umsetzung auf EDV	Prototyp-Software	(nur intern für zentral organisierte Berechnung)	Software im Vertrieb	Datenerhebungsbogen auf Excel+lizenzpflichtige Software

**Tabelle 2:** Vergleich von Merkmalen der Grundhypothesen und Berechnungsverfahren der verschiedenen Methoden.

	<b>INDIGO</b>	<b>KUL/USL</b>	<b>REPRO</b>	<b>SALCA</b>
Art der Bewertung (quantitativ, qualitativ)	quantitativ oder qualitativ	quantitativ oder qualitativ	quantitativ oder qualitativ	quantitativ
Berücksichtigte Dimensionen von Nachhaltigkeit	Umwelt	Umwelt (Ökonomie und Soziales geplant)	Umwelt + Ökonomie	Umwelt
Bezüglich der Umweltwirkungen berücksichtigte Umweltkompartimente	Grund- und Oberflächenwasser, Luft, Boden, nicht erneuerbare Rohstoffe, (Biodiversität)	Grund- und Oberflächenwasser, Luft, Boden, nicht erneuerbare Rohstoffe, (Biodiversität)	Grund- und Oberflächenwasser, Luft, Boden, nicht erneuerbare Rohstoffe, (Biodiversität)	Grund- und Oberflächenwasser, Luft, Boden, nicht erneuerbare Rohstoffe, Mensch <sup>8</sup>
Struktur der Methode Anzahl Indikatoren	10 zusammenfassende Indikatoren (in mehreren Modulen)	18 Kriterien	ca. 200 à la carte (Umwelt- und Bewirtschaftungsindikatoren)	11 zusammenfassende Umweltwirkungen
Aggregation und Gewichtung zu einem Gesamtindikator	Prototyp	Keine vorhanden	Mittelwert aus normierten Betriebswerten (z. Zt. 6 Indikatoren)	Nur für den Betriebsvergleich
verwendete Ansätze	Modelle, Entscheidungsregeln+ Fuzzy Logic, Bilanzen Risiko-Gleichungen	Bilanzen Punktesummen Checklisten) Einfache Indikatoren	Modelle, Bilanzen, Risiko-Gleichungen, Einfache Indikatoren Zustandsindikatoren	Modelle, Bilanzen, Potentiale, Emissionsfaktoren, Risikobewertungen.

<sup>8</sup> Biodiversität ab 2005 (Jeanneret et al., 2005)

**Tabelle 3:** Vergleich von Merkmalen der Berechnungsergebnisse der verschiedenen Methoden

	<b>INDIGO</b>	<b>KUL/USL</b>	<b>REPRO</b>	<b>SALCA</b>
Form der Ergebnisse (Punkte, Quantifizierte Flüsse)	Punkte (je nach Indikatoren: quantifizierte Emissionen, Flüsse oder qualitative Bewertung;	Punktesumme (quantifizierte Flüsse)	je nach Indikatoren: quantifizierte Emissionen, Flüsse, Index, andere Größe	Umweltwirkungen <sup>9</sup> in Bezug auf eine funktionelle Einheit (vgl. nachstehend) quantifiziert
Maßstab der Darstellung	0 (schlecht) – 10 (gut) mit Referenzwert 7	1 (gut) – 12 (schlecht) mit Toleranzbereich bis 6	Für bestimmte Indikatoren: a) Umwandlung in eine Bewertungsfunktion mit Werten zwischen 0 (schlecht) und 1 (gut); b) Umwandlung in einen Relativwert zwischen 0 und 200	pro Indikator ausgedrückt in Äquivalente einer vergleichbar belastenden Substanz (z.B. CO <sub>2</sub> -Äquivalente für die Umweltwirkung Treibhauseffekt) dividiert durch Leistungseinheit des landw. Betriebs (so genannte funktionelle Einheit <sup>10</sup> )
Art der Ergebnisse (relativ, absolut)	relativ in Bezug auf Referenz (Rohergebnisse in Absolutwerten)	relativ in Bezug auf Referenz und absolut	je nach Indikator absolut oder relativ	relativ (je Leistungseinheit des landw. Betriebs)
Art der Referenzen (relativ, Schwelle, Zielwerte etc.)	absoluter Schwellenwert, (Umwelt, Vorschrift, oder im Vergleich mit empfohlener Praxis)	auf absoluter Schwelle basierender Zielwert (empfohlene Praxis)	Festgelegte Schwellen für 6 Indikatoren; Horizontalvergleich mit anderen landwirtsch. Betrieben oder Vertikalvergleich mit Vorjahresergebnissen	relativ: Horizontalvergleich mit anderen landwirtsch. Betrieben oder modellierten repräsentativen Referenzwerten; Vertikalvergleich mit Vorjahresergebnissen

<sup>9</sup> In einzelnen Fällen auch für bestimmte Ressourcenbedürfnisse (z.B. Phosphorbedarf)

<sup>10</sup> Im vorliegenden Bericht wurde zwecks der Vergleichbarkeit vom Typ her sehr unterschiedlicher Betriebe lediglich die landwirtschaftliche Nutzfläche herangezogen. Für eine Anwendung auf ein homogenes Betriebsnetz sind Auswertungen pro Nahrungsenergie für den Menschen oder Rohertrag sowie produktive Einheit (letztere allerdings nur auf Stufe Betriebszweig) ebenfalls möglich (vgl. Rossier und Gaillard, 2001, 2004)

## 2 Beurteilung der Methoden anhand von Kriterien

Verschiedene Autoren haben Listen mit Kriterien für den Vergleich von Methoden zur agrar-ökologischen Evaluierung vorgeschlagen: Einige davon (Girardin, 2001; van der Werf und Petit, 2002; Reus et al., 2002) haben sich auf beschreibende Kriterien beschränkt. Andere Autoren (Baelemans und Muys, 1998; Gebauer und Bäuerle, 2000; Hertwich et al., 1997) hingegen sind bis zu einer systematischen Bewertung von Stärken und Schwächen einer jeden Methode gegangen. Den Bearbeitern und Bearbeiterinnen der ITADA-Projektgruppe erschienen deren Listen der Vergleichskriterien jedoch unvollständig und nicht transparent genug, so dass sie nicht angewendet wurden. In der vorliegenden Arbeit wurde versucht, ein nachvollziehbar strukturiertes Bewertungsraster mit klaren Entscheidungsregeln zu erstellen.

Tabelle 4 zeigt die Liste der 15 ausgewählten Kriterien. Jedes Kriterium wird auf einer Skala von 1 (schlechteste Note) bis 5 (beste Note) bewertet (s. Tabelle 5). Sie werden in drei Bereiche untergliedert: Fachlichkeit, Machbarkeit, Nutzen. Diese drei Dimensionen finden sich in ähnlichem Wortlaut auch in OECD-Dokumenten (OCDE, 1999) oder bei Vidal und Marquer (2002). Sie entsprechen den Bedürfnissen des Endnutzers. Ein Landwirt braucht eine fachlich fundierte und einsetzbare Methode, die seinen Bedürfnissen in punkto ökologischer Beurteilung und Empfehlung gerecht wird. Die Ergebnisse sollen ihm bei seinem Betriebsmanagement von Nutzen sein.

**Tabelle 4:** Liste der Bewertungskriterien und deren Bedeutung

Kriterium	Typ	Bedeutung	Angaben zur Methodik
<b>Fachlichkeit</b>			
<b>Abdeckung aller Umweltbereiche</b>	halb-quantitativ	Bewertet, in welchem Umfang eine Methode die Gesamtheit der Umweltbereiche (mit einem Bezug zur Rheinebene) erfasst	Die Umweltbereiche werden in 5 Teilbereiche untergliedert. Das Endergebnis ist der Mittelwert der 5 Einzelnoten.
<b>Abdeckung der landwirtschaftlichen Produktionszweige</b>	halb-quantitativ	Bewertet, in welchem Umfang eine Methode auf die Gesamtheit landwirtschaftlicher Betriebszweige anwendbar ist	Aus einer Liste der wichtigsten Betriebszweige wird die Endnote aus den Einzelnoten je Betriebszweig gemittelt.
<b>Berücksichtigung der Produktionsfaktoren</b>	halb-quantitativ	Bewertet, in welchem Umfang die Produktionsfaktoren von jeder Methode berücksichtigt werden (z.B. Stickstoffdüngung, Wirkstoff, Anzahl Behandlungen etc.)	Aus einer Liste der wichtigsten Produktionsfaktoren auf Ebene des Betriebs, der pflanzlichen und der tierischen Erzeugung wird als Endergebnis der Mittelwert der Einzelnoten ermittelt.
<b>Indikatortyp / Analysentiefe</b>	qualitativ	Bewertet den Typ des Indikators für jede Methode sowie inwieweit die Indikatoren die Wirkungen innerhalb der Kausalkette erfassen (s. Anhang 1). Dieses Kriterium ist abgeleitet vom DPSIR-Modell (Antriebskraft, Druck, Zustand, Wirkung, Reaktion);	Für jeden von einer Methode berücksichtigten Umweltbereich wird eine Note vergeben. Am besten benotet werden Wirkungsindikatoren (z.B. Anzahl von Vergiftungsfällen durch Pflanzenschutzmittel), am schlechtesten die Antriebskraft-Indikatoren (z.B. landwirtschaftliche Bewirtschaftungsmaßnahmen). Das Endergebnis ist der Mittelwert der Einzelnoten.
<b>Vermeidung fehlerhafter Aussagen</b>	qualitativ	Bewertet die Gefahr, dass aus den Werten der Indikatoren falsche Schlüsse gezogen werden	Für jeden von einer Methode berücksichtigten Umweltbereich wird eine Note vergeben, in Abhängigkeit vom Niveau der wissenschaftlichen Absicherung eines jeden Indikators.
<b>Offenlegung/ Transparenz</b>	qualitativ	Bewertet, in welchem Umfang der Nutzer Zugang zur ausführlichen Informationen über die Art der Berechnung sowie die verwendeten Referenzwerte hat	Im Idealfall besteht umfassender Zugang zu allen Informationen (Bestnote). Je nach Umfang der Einschränkungen wird eine zunehmend schlechtere Note vergeben.

**Tabelle 4:** Liste der Bewertungskriterien und deren Bedeutung (Fortsetzung)

<b>Kriterium</b>	<b>Typ</b>	<b>Bedeutung</b>	<b>Angaben zur Methodik</b>
<u>Machbarkeit</u>			
<b>Zugänglichkeit der Daten</b>	halb-quantitativ	Bewertet, inwieweit die zur Berechnung von Indikatoren erforderlichen Daten für den potentiellen Anwender (Landwirt, Berater, Personal der Verwaltung) zugänglich sind	Für jede Rubrik des gemeinsamen Erhebungsbogens (Anh. 4) und jeden potentiellen Anwender (Landwirt, Berater, Personal der Verwaltung) wird eine Note vergeben (insgesamt 3 Noten).
<b>Qualifikationsanforderungen an den Anwender</b>	qualitativ	Bewertet die Höhe der für einen Anwender erforderlichen Qualifikation für die Operationen Datenerfassung, Berechnung und Interpretation	Die beste Note wird vergeben, wenn bei Vorliegen einer landwirtschaftlichen oder umweltwissenschaftlichen Grundausbildung keinerlei zusätzliche Schulung erforderlich ist
<b>Rückgriff auf externe Dienstleistung</b>	qualitativ	Bewertet, in welchem Umfang auf einen (kostenpflichtigen) externen Dienstleister zurückgegriffen werden muss, um die Methode anzuwenden (Datenerfassung, Berechnung, Interpretation)	Die beste Note wird vergeben, wenn die Methode vollständig innerhalb eines landwirtschaftlichen Betriebs angewendet werden kann
<b>Benutzerfreundlichkeit</b>	qualitativ	Bewertet den Grad der Anwenderfreundlichkeit der Methode (Hilfe bei der Dateneingabe, der Interpretation, etc.)	Eine Berechnung von Hand wird ausgeschlossen. Die beste Note wird vergeben, wenn das Programm mit pull-down-Menüs arbeitet, Plausibilitätskontrollen beinhaltet und Interpretationshilfen für Ergebnisse bereitstellt
<b>Integrationsgrad mit bestehenden EDV-Hofprogrammen</b>	qualitativ	Bewertet, in welchem Umfang sich einzugebende Daten aus einem anderen Programm übernehmen lassen	Die beste Note wird vergeben, wenn ein automatisierter Datentransfer (z.B. in Form einer Excel-Datei) möglich ist
<b>Zeitaufwand</b>	qualitativ	Bewertet den Zeitaufwand für die Anwendung einer jeden Methode (Datenerhebung auf dem Betrieb, Eingabe und Verarbeitung im Büro sowie Interpretation der Ergebnisse)	Der Zeitbedarf wird abgeschätzt für Betriebe unterschiedlicher Größe, mit und ohne Tierhaltung. Die beste Note wird vergeben für einen Zeitaufwand bis zu einem Tag und die schlechteste für mehr als 10 Tage (2 Arbeitswochen)
<u>Nutzen</u>			
<b>Abdeckung der Bedürfnisse</b>	halb-quantitativ	Bewertet, in welchem Umfang die Methode auf die Bedürfnisse der potentiellen Anwender (Landwirt, Berater, Personal der Verwaltung) eingeht	Es wird eine Liste der Bedürfnisse für jede der drei potentiellen Anwendergruppen erstellt. Die Endnote ist der Mittelwert aus den Einzelnoten der drei Gruppen.
<b>Eindeutigkeit der Aussage der Ergebnisse</b>	qualitativ	Bewertet die Schwierigkeit der Interpretation der Ergebnisse durch den Anwender in Abhängigkeit von der Aufbereitung der Ergebnisse	Die beste Note wird vergeben, wenn die Ergebnisse sowohl in graphischer als auch in Textform inklusive einer Beratungsempfehlung mitgeteilt werden
<b>Kommunizierbarkeit der Resultate</b>	qualitativ	Bewertet die Kommunizierbarkeit der Ergebnisse gegenüber Dritten in Abhängigkeit von der Art und Weise der Ergebnisdarstellung	Die beste Note wird vergeben, wenn die Ergebnisse mit einer Einordnung in Bezug auf einen Referenzwert und mit einer Legende dargestellt werden oder wenn die Methode die Vergabe einer qualifizierenden Auszeichnung in Form einer Zertifizierung vorsieht

**Tabelle 5: Benotungsskala verschiedener Kriterien**

Note	Kriterientyp	
	Halb-quantitativ (Grad der Abdeckung, Zugänglichkeit)	Qualitativ
1	nichts	schlecht
2	ein wenig	ausreichend
3	mittel	mittel
4	überwiegend	gut
5	vollständig	sehr gut

Jeder Projektpartner füllte den Bewertungsraster für die Methode(n) seines Landes aus. Anschließend wurden diese Bewertungsergebnisse im Laufe mehrerer Besprechungen diskutiert. Dabei stützte sich die Projektgruppe auf die Kenntnisse eines jeden Partners, seine mit der jeweiligen Methode gemachten Erfahrungen sowie die Erfahrungen beim Einsatz einer jeden Methode im Rahmen des Projekts (Anwendung der Methoden auf das Betriebsnetz). Die Bewertungsergebnisse der deutschen Methoden REPRO und KUL/USL wurden deren Autoren, die nicht am hier behandelten Projekt beteiligt waren, vorgelegt. Die darauf eingegangenen Stellungnahmen und Änderungsvorschläge wurden nach erneuter Diskussion zum Teil eingearbeitet und als überarbeitete Version den Autoren der deutschen Verfahren ein zweites Mal mit der Möglichkeit zur Stellungnahme übersandt.

Die Bewertung der Methoden wurde um die zwei übergeordneten Kriterien „Umsetzbarkeit der Ergebnisse“ und „Übertragbarkeit der Methode auf die jeweilige Anwendungsregion“ in Textform ergänzt, welche sich auf die Gesamtheit der Kriterien von Tabelle 4 beziehen und sich auf die bei der Anwendung der Methoden in landwirtschaftlichen Betrieben gewonnenen Erfahrungen erstrecken.

Im Anschluss an diese Betrachtung der Methoden in ihrer Gesamtheit wurde genauer analysiert, wie sie jeweils die Themenbereiche „Stickstoffverluste“, „Risiken der Pflanzenschutzmittelanwendung“ und „Biodiversität“ behandeln.

Drei Themenbereiche wurden aus folgenden Gründen ausgewählt:

- **Stickstoffverluste**, insbesondere die Nitratauswaschung ins Grundwasser: Dieser Bereich ist im Rahmen des ITADA-Programms ein Hauptanliegen und daher ein wichtiger Aspekt dieser Arbeit.
- **Risiko durch Pflanzenschutzmitteleinsatz**, das zunehmend zu einem Anliegen der Verbraucher wird und, wie ein vor kurzem veröffentlichter Bericht über die Wasserqualität (APRONA, 2005) zeigt, auch in der Rheinebene zu einem bedeutenden Problembereich geworden ist.
- Der dritte Themenbereich betrifft die **Biodiversität**; ein Begriff, der seit der Konferenz von Rio 1992 für die biologische Artenvielfalt steht, die immer mehr Anlass zur Sorge gibt, wie zuletzt bei der Internationalen Konferenz über Biodiversität, die im Januar 2005 in Paris stattgefunden hat, deutlich wurde.

Der Themenbereich „Stickstoffverluste“ wird von allen Methoden vertieft betrachtet. Es wurde beschlossen, den Teil „Fachlichkeit“ des Kriterienrasters nochmals unter dem Aspekt der wissenschaftlichen Absicherung zu untersuchen. Hinzugefügt wurde das Kriterium ‚Einbeziehung von Prozessen‘, um die Art und Weise der Berechnung von Stickstoffverlusten zu bewerten. Was die Machbarkeit und Nützlichkeit angeht wird davon ausgegangen, dass die Unterschiede zur Gesamtnote der Methodenbewertung gering sind. Die Indikatoren, die die Themen „Risiken der Pflanzenschutzmittelanwendung“ und „Biodiversität“ in den vier Methoden behandeln, sind in den meisten Fällen einfacher als die für „Stickstoffverluste“. Diese Feststellung hat die Projektgruppe veranlasst, den Vergleich auf der Ebene der Beschreibung der Berechnungsweise der Indikatoren zu führen.

### 3 Auswahl der Betriebe für die Anwendung der Methoden

Die Zahl der Betriebe wurde in Abhängigkeit von den den Partnern zur Verfügung stehenden Mitteln festgelegt. Die Auswahl der Betriebe wurde auf folgende Weise vorgenommen:

- Wie in der vorhergehenden Arbeit (Bockstaller et al.; 2002) wurde in Anbetracht der geringen Zahl von Betrieben beschlossen, keine Repräsentativität anzustreben, sondern ziemlich unterschiedliche Betriebstypen und Anbauformen auszuwählen: Grünland, Gemischtbetrieb, extensiver und intensiver Ackerbau, konventionelle und biologische Anbauweise, Sonderkulturen, wobei zu Sonderkulturen abzuklären war, ob diese mit den zu erprobenden Methoden bewertbar waren.
- Die Verfügbarkeit der Daten auf Betrieben: Betriebe des Betriebsnetzes vorhergehender Projekte (Bockstaller et al.; 2002) mit vorhandener Datenbasis wurden bevorzugt.
- Ein Betrieb des ökologischen Landbaus war im Betriebsnetz zu integrieren.
- Bevorzugt werden sollten eher größere Betriebe (60-80 ha auf deutscher und französischer Seite), um dem Strukturwandel bzw. dem Trend zum Betriebswachstum Rechnung zu tragen.
- Die Persönlichkeit des Landwirtes (Kooperationsbereitschaft, Belastbarkeit, Öffentlichkeitswirkung) sowie sein Organisationsgrad (elektronische Schlagkarteiführung etc.) waren zu berücksichtigen.

Tabelle 6 gibt einen Überblick über die wichtigsten Merkmale der im Projekt untersuchten Betriebe (s. Anhang 2 für mehr Einzelheiten).

Um die Landwirte nicht übermäßig zu beanspruchen, wurde für die verschiedenen Methoden ein gemeinsamer Erhebungsbogen auf Grundlage desjenigen von SALCA (Rossier und Gaillard, 2001, 2004) verwendet, welcher um den für die anderen Verfahren erforderlichen Datenbedarf erweitert wurde (s. Anhang 3).

**Tabelle 6:** Hauptmerkmale der untersuchten Betriebe

Betriebstyp	Ackerbau	Ackerbau + Sonderkulturen	Milchviehhaltung + Ackerbau	Milchviehhaltung + Ackerbau + Sonderkulturen	Grünlandbetrieb 100% + Rinderhaltung
Aargau / Basel-Land (CH)	-	-	2*/**	1**	-
Baden-Württemb. (D)	1	2*	-	1	1
Elsass (F)	3	2	-	-	-

\* 1 Betrieb mit Ökolandbau

\*\* Betrieb mit ökologischem Leistungsnachweis

Die Verfahren INDIGO, SALCA und REPRO wurden auf allen untersuchten Betrieben, KUL/USL aufgrund der vorangehenden Arbeit (Bockstaller et al., 2002) und aus finanziellen Gründen nur auf drei deutschen Höfen eingesetzt.

## 4 Bearbeitung und Vergleich der Ergebnisse

Dieser Teil erforderte eine besondere methodische Überlegung, weil nach unserem Wissen bisher nur wenige Autoren bis zur Ebene des Ergebnisvergleiches vorgedrungen sind. Reus et al. (2002) haben sich auf den Vergleich der Ergebnisse eines Indikators konzentriert, während Peschard et al. (2004) sich auf beschreibende Angaben fokussiert haben. In der Tat besteht das größte Problem darin, dass die Indikatoren der unterschiedlichen Methoden nicht direkt vergleichbar sind.

Diesbezüglich stellen sich zwei Fragen:

- Führen die Evaluierungsmethoden zu derselben Rangfolge der Betriebe in ökologischer Hinsicht?
- Weisen die mit den verschiedenen Methoden abgeleiteten Empfehlungen in dieselbe Richtung?

Um auf die erste Frage zu antworten, wurden die Ergebnisse für alle drei<sup>11</sup> untersuchten Verfahren jeweils auf Basis des Mittelwerts der Indikatoren bzw. des gewichteten Mittelwerts (SALCA)<sup>12</sup>, berechnet auf Grundlage des Werts eines jeden von der Methode verwendeten Indikators, gereiht. Die drei so erhaltenen Rangfolgen wurden mit Hilfe einer statistischen Größe, dem Spearmanschen Rangkorrelationskoeffizienten, wie in der Arbeit von Reus et al. (2002) miteinander verglichen.

Zur Beantwortung der zweiten Frage wurde untersucht, ob die Methoden zu denselben Beratungsempfehlungen kommen. Hierfür wurde ein qualitativer Konformitätsindex entwickelt: Ausgehend von der Liste der Produktionsfaktoren (s. Anhang 6.3) wurde für jeden Produktionsfaktor eine Reihe von möglichen Empfehlungen mit jeweils zwei Extremen entwickelt:

- „Keine Aussage“, falls der Faktor nicht berücksichtigt wird.
- „Kein Handlungsbedarf“, falls das Verfahren zeigt, dass für diesen Faktor keine Verbesserung erforderlich ist.

Tabelle 7 zeigt zwei Beispiele.

**Tabelle 7:** Beispiele von Empfehlungsvarianten zu Produktionsfaktoren im Hinblick auf den Vergleich von Beratungsempfehlungen.

Faktor	Empfehlungsvariante						
<b>Mineraldüngung N</b> (Art, Menge, Ausbringungsverfahren)	Keine Aussage	Menge reduzieren	Menge erhöhen	Art ändern	Ausbringungsverfahren bzw. Ausbringungszeitpunkt anpassen (Einarbeitung des Düngers, Verzicht auf Herbstgabe u.ä.).	N-Düngung mit Berater analysieren und anpassen	Kein Handlungsbedarf
<b>Pflanzenschutz</b> (Art, Menge, Ausbringungsverfahren, alternative Verfahren)	Keine Aussage	Herbizideinsatz reduzieren bzw. alternative Lösungen finden	Fungizideinsatz reduzieren	Insektizideinsatz reduzieren	Wahl der Wirkstoffe anpassen	Ausbringungsbedingungen anpassen (Einarbeitung der PSM, Abstand zum Gewässer, Abfluss/ Erosionsrisiko vermindern)	Kein Handlungsbedarf

<sup>11</sup> Da KUL/USL nur auf drei deutschen Betrieben angewandt wurde, musste der Vergleich der Rangfolgen auf die Verfahren INDIGO, REPRO und SALCA eingeschränkt werden.

<sup>12</sup> Für SALCA galten folgende Gewichte : 1 jeweils für Energieressourcen und Gesamteutrophierung ; 0,5 jeweils für aquatische und terrestrische Ökotoxizität



Jede Zelle der vorigen Tabelle wird in einen „Erfüllungsgrad“, d.h. in eine Zahl, 0 (nicht erfüllt) oder 1 (erfüllt), umgewandelt. Für manche Produktionsfaktoren können sich die Schlussfolgerungen auf mehrere Varianten beziehen. Beispielsweise kann die Empfehlung für Stickstoff zugleich die Reduzierung der Düngung und die Anpassung der Ausbringungsverfahren betreffen. In diesem Fall sollte man den beiden Varianten eine Gewichtung zwischen 0 und 1 (0,5, falls keine zusätzliche Information vorhanden ist) zuweisen, so dass die Summe gleich 1 ist. Um die statistische Behandlung zu erleichtern, durfte nur eine Variante pro Produktionsfaktor mit 1 bezeichnet werden.

Der folgende Index zeigt den Grad der Konformität zwischen zwei Verfahren auf :

$$I_k = 1 - [ \sum_{p=1}^n \sum_{q=1}^b \sum_{r=1}^{v_k} | i_{pqr} - j_{pqr} | / (2nb) ]$$

wobei

$i_{pqr}$ : Erfüllungsgrad der Variante r für den Produktionsfaktor q für den Betrieb p für das 1. Verfahren

$j_{pqr}$ : Erfüllungsgrad der Variante r für den Produktionsfaktor q für den Betrieb p für das 2. Verfahren

**n**: Anzahl der Betriebe,

**b**: Anzahl der Produktionsfaktoren,

$v_k$ : Anzahl der Varianten pro Produktionsfaktor k sind.

Ein Wert von 1 für  $I_k$  bedeutet eine vollständige Übereinstimmung zwischen zwei Verfahren, während ein Wert von 0 einen vollständigen Mangel an Übereinstimmung in den Empfehlungen zwischen den Verfahren zum Ausdruck bringt.

Ein vereinfachtes Beispiel für die Berechnung von  $I_k$  findet sich in Anhang 4.

## D. ERGEBNISSE IM EINZELNEN

Als Einstieg wird im Kapitel 1 anhand eines Beispielbetriebs (Betrieb 154) die Art der Ergebnisse und ihre Darstellung je nach Methode präsentiert. Anschließend werden die vier untersuchten Methoden anhand eines umfassenden Vorgehens mit Bewertungskriterien beurteilt (Kap. 2). In Kapitel 3 wird diese Beurteilung für einzelne Umweltthemen vertieft. Schließlich folgt der Test auf Praxisbetrieben und der Vergleich der daraus resultierenden Betriebsergebnisse (Kap. 4).

### 1 Ökologische Analyse eines ausgewählten Betriebs mit den vier Methoden

Die Merkmale des als Beispiel ausgewählten Betriebs werden in Tabelle 8 vorgestellt.

**Tab. 8:** Vorstellung des Beispielbetriebs (Betrieb 154)

Betriebsdaten	
Typ	Gemischtbetrieb mit Tierhaltung
Größe	LF: 64 ha; Dauergrünlandanteil: 65 %
Tierhaltung	0,73 RGV/ha, Milcherzeugung
Milchleistung	5,539 kg/Kuh (4% Fett)
Anbau 2003	Getreide (56%), Silomais (33%), Brache (11%)
Erträge	Körnermais 84 dt/ha, Winterweizen 43 dt/ha, Wintergerste 40 dt/ha, Triticale 44 dt/ha; Silomais 44,5 t/ha

#### 1.1 Methode INDIGO

Abbildung 1a zeigt die nach Fläche der Einzelschläge gewichteten Mittelwerte von 7 der 8 Indikatoren für Ackerbau und Grünland mit der Methode INDIGO. Der Indikator Beregnung wurde in diesem Projekt nicht verwendet (s. Kap. C1). Die Werte bewegen sich zwischen 0 (sehr schlecht für die Umwelt) und 10 (sehr gut für die Umwelt), wobei der empfohlene Richtwert auf 7 festgelegt ist. Den Grünlandflächen wird für den Indikator Fruchtfolge der Wert 7 zugeordnet.

Die Art der Darstellung erlaubt ein schnelles Erkennen von Stärken und Schwächen. Die Empfehlungen werden durch den Berater, der die Methode verwendet, ergänzt. Im vorliegenden Fall erzielt der Betrieb ein gutes Ergebnis. Aus dieser allgemeinen Diagnose kann der Anwender Histogramme mit den Werten der Einzelschläge (von den einzelnen Kulturen oder bestimmten Fruchtfolgepaaren; s. Abb. 1b) sowie Tabellen (mit Einzelheiten und allen Zwischenergebnissen) ableiten, die es ihm gestatten, bis zu den agronomischen Ursachen dieser Ergebnisse vorzudringen. Beim Indikator I-Phy (Pflanzenschutz) ermöglicht eine Tabelle mit den Ergebnissen verschiedener Wirkstoffe eine gezielte Auswahl der Behandlungen. In diesem Beispiel weist der Indikator Stickstoff unterschiedliche Ergebnisse für verschiedene Abfolgen von Kulturen und geringere Werte für die Ackerkulturen auf.

Die Berechnungssoftware von INDIGO liefert diese Ergebnisse unter Excel automatisch.

a)

## STÄRKEN und SCHWÄCHEN des BETRIEBS

### STÄRKEN

#### **Kulturvielfalt (IAs = 7,6)**

Kleine Schläge, daher Vielfalt an Kulturen und Bodenbedeckungen.

#### **Org. Substanz (IMO = 8,2)**

Mähdruschfrüchte.

Nicht zu tief gepflügt + Mist.

#### **Stickstoff (IN = 8,3)**

Der Wert wird von N<sub>2</sub>O- und NO<sub>3</sub>-Emissionen bestimmt.

#### **INO<sub>3</sub>**

Ackerbau: 5,3 - 8,7 im Jahr 2003, Wiesen: 7.

Im Ackerbau jedoch auf manchen Schlägen überdüngt und wenig Zwischenfrüchte.

#### **Pflanzenschutz (I-Phy = 9,1)**

Wenige Mittel im Einsatz.

Isoproturon könnte jedoch trotz reduzierter Dosis Probleme machen.

#### **Energie (IEn = 8,4)**

Im Ackerbau 4,6 - 7,5 im Jahr 2003. Die Mehrheit der Ergebnisse liegt unter 7 wegen der mineral. N-Düngung und dem Maschineneinsatz auf kleinen Schlägen.

### SCHWÄCHEN

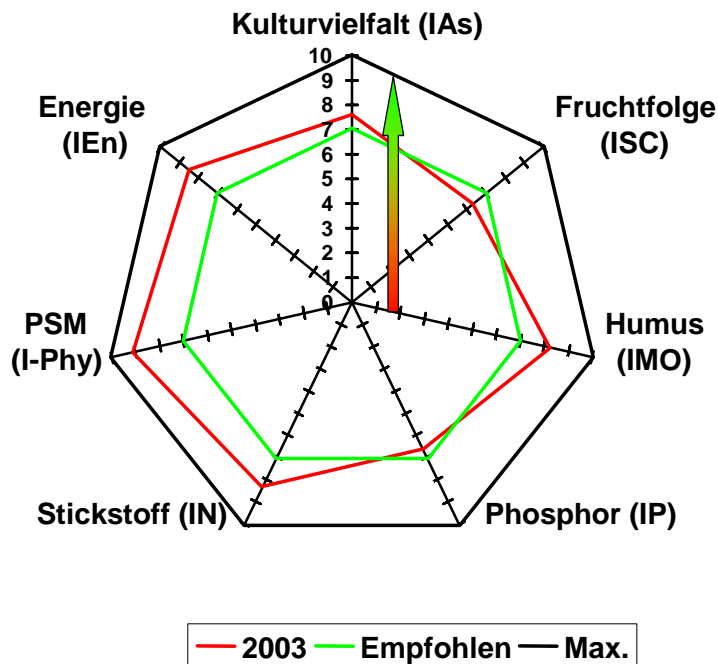
#### **Fruchtfolge**

#### **(ISC = 6,3)**

Im Ackerbau 2003 zwischen 1,9 und 8,4. Bestimmte Schläge mit hohem Maisanteil. Die Fruchtfolgen Mais/Getreide und Weizen/Getreide haben eine mittlere Bonitur. Krankheitsproblem in Weizen nach Mais.

#### **Phosphor (IP = 6,6)**

Im Jahr 2002 gut, 2003 schlechter, wegen einer Unterversorgung bei Mais. Auf Schlägen mit Gehaltsklasse D könnte man aussetzen. Eher Düngemittel mit ausgeglichenerem Verhältnis P-K verwenden.



b)

### Wert des Stickstoffindikators (I<sub>N</sub>) pro Fruchtfolgepaar

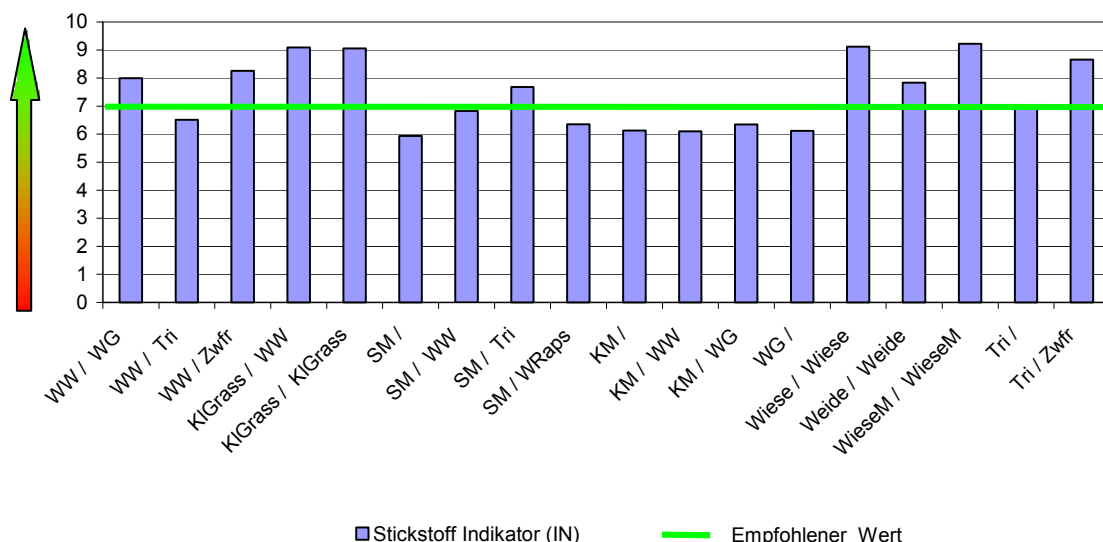


Abb. 1: Darstellung von Ergebnissen der Methode INDIGO für Beispielbetrieb 154 im Jahr 2003.

a) auf Betriebsebene

b) für Einzelergebnisse des Indikators *Stickstoff* (I<sub>N</sub>) für einzelne Kulturen und Fruchtfolgepaare (WW = Winterweizen, WG = Wintergerste, Tri = Wintertriticale, Wdgr = Weidegras als Zwischenfrucht, KIGr = Stilllegung mit Kleegrass, SM = Silomais, Wra = Winterraps, KM = Körnermais,



## 1.2 Methode KUL/USL

Abbildung 2 zeigt die mit der KUL/USL-Methode gewonnenen Ergebnisse des Jahres 2003 für den gleichen Betrieb. Die Tabelle zeigt die Betriebswerte, die Toleranzbereiche und die dazugehörigen Bonituren zwischen 1 (gut für die Umwelt) und 12 (sehr schlecht) mit einer auf 6 festgelegten Toleranzgrenze. Gegenüber der beim Vorläuferprojekt verwendeten Version (Bockstaller et al., 2002) wurden die Kriterien der Kategorie 'Pflanzenschutz' verändert. Das Kriterium für die Intensität des Pflanzenschutzmitteleinsatzes, früher gemessen anhand des monetären Aufwands in €/ha, wurde durch ein differenzierteres Kriterium, den Behandlungsindex, ersetzt (s. Kap. 3.2). Der Indikator für Erosion, der auf einer vereinfachten Anwendung des an deutsche Verhältnisse angepassten Modells USLE (entspr. ABAG, Schwertmann et al., 1987) beruht, wurde im Projekt nicht berechnet, da hierfür zusätzliche Schlagdaten (Hangneigung, usw.) benötigt werden.

Abbildung 2 zeigt die Überschreitung des Toleranzbereiches bei einem einzigen Kriterium auf, nämlich bei der Gehaltsklasse P. Diese Überschreitung wird durch sehr geringe Boden-P-Gehalte verursacht und signalisiert Aufdüngungsbedarf. Sie wird allerdings nur angezeigt, aber nicht als negativ gewertet (deshalb weißer Balkenabschnitt), da die geringen P-Gehalte bereits in die Berechnung des P-Saldos eingeflossen sind. Die Ergebnisse von 2002 sind denen von 2003 sehr ähnlich, bis auf eine zweite, nicht negativ gewertete Überschreitung des Toleranzbereichs beim Humussaldo (Überschuss, deshalb möglicherweise Auswaschungsgefahr). Diese wird dem Betrieb deshalb nicht angelastet, da der Betrieb keine organische Substanz zukaufte. Die Ergebnisdarstellung wird von einem ausführlichen Interpretationsbericht mit Empfehlungen zur Verbesserung der Situation begleitet.

KRITERIEN UMWELTVERTRÄGLICHER LANDBEWIRTSCHAFTUNG (KUL)				
2003				
Betrieb:		154/103/222/1144		
KATEGORIE Kriterium	Dimension	Toleranz- bereich <sup>1)</sup>	Betriebs- wert	Bonitur Ende des Toleranzbereiches
<b>NÄHRSTOFFHAUSHALT</b>				
N-Flächensaldo	kg N/ha	-50 ... 50 <sup>a)</sup>	31	3
NH <sub>3</sub> -Emission (Tier)	kg N/ha	< 50	27	1
P-Saldo <sup>2)</sup>	kg P/ha	-15 ... 15	-8	4
K-Saldo <sup>2)</sup>	kg K/ha	-50 ... 50	39	5
Gehaltsklasse P	ohne	B ... D	B	7
Gehaltsklasse K	ohne	B ... D	C	3
Gehaltsklasse Mg	ohne	B ... D	C	3
Boden-pH-Klasse <sup>3)</sup>	ohne	C, D	C	5
Humussaldo	t ROS/ha	-0,3 ... 1	0,9	5
<b>BODENSCHUTZ</b>				
Erosionsdisposition	t/ha	< 7 <sup>b)</sup>	k.A.	
Verdichtungsgefährdung	P <sub>T</sub> /P <sub>B</sub> <sup>4)</sup>	< 1,25	1,10	3
<b>PFLANZENSCHUTZ</b>				
Risikominderung	Punkte	12 ... 20	12	7
Pflanzenschutzintensität	% <sup>5)</sup>	< 133 <sup>5)</sup>	60	1
<b>LANDSCHAFTS- UND ARTENVIELFALT</b>				
Anteil ÖLF <sup>6)</sup>	%	n.d. <sup>d)</sup>	33,6	
Fruchtartendiversität	Index	> 1,25 <sup>e)</sup>	1,40	5
Median Feldgröße	ha	< 20 <sup>d)</sup>	0,8	1
<b>ENERGIEBILANZ</b>				
<b>GESAMTBETRIEB</b>				
Energieinput	GJ/ha	< 16 <sup>f)</sup>	10,1	1
Energiesaldo	GJ/ha	> -5 <sup>g)</sup>	1,9	5
<b>PFLANZENBAU</b>				
Energieinput	GJ/ha	< 8 <sup>h)</sup>	5,7	2
Energiesaldo	GJ/ha	> 50	74,5	4
<b>TIERHALTUNG</b>				
Energieinput	GJ/GV	< 18 <sup>h)</sup>	10,4	2
Energiesaldo	GJ/GV	> -10	-1,4	2

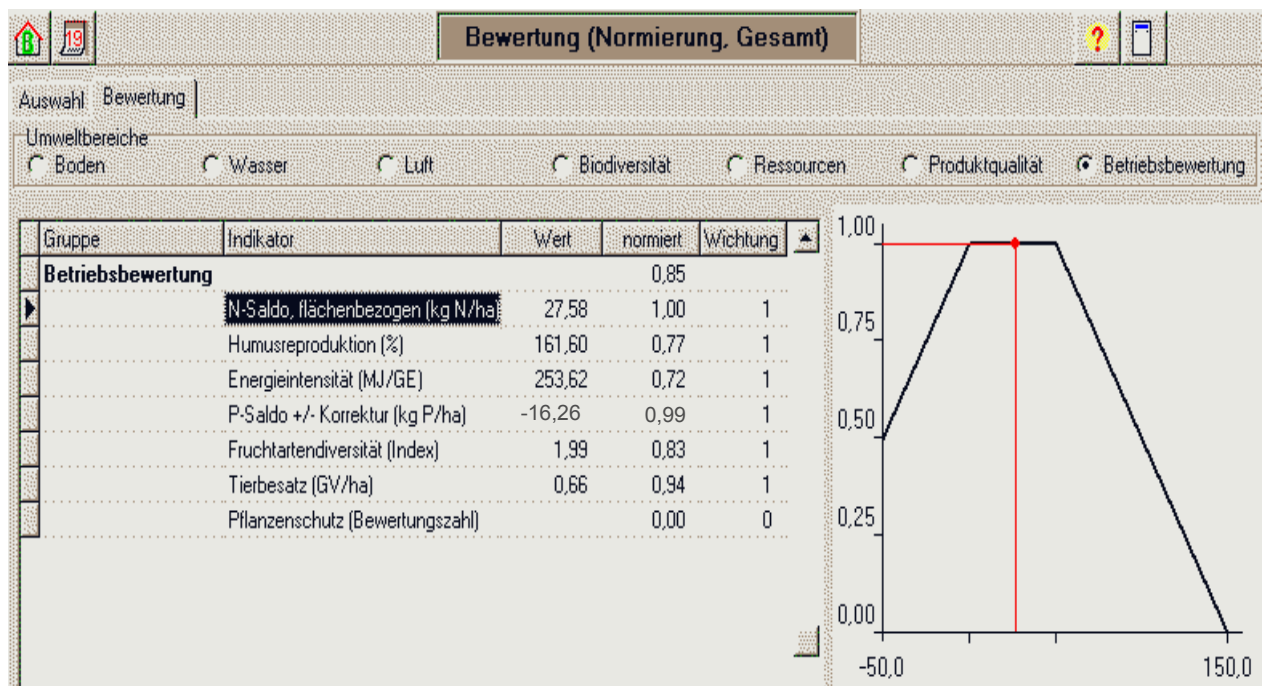
<sup>1)</sup> standortspezifisch je nach  
<sup>a)</sup> Sickerwassermenge, <sup>b)</sup> Ackerzahl, <sup>c)</sup> regionalen Richtwerten, <sup>d)</sup> Agrarraum, <sup>e)</sup> Bonitur Feldgröße,  
<sup>f)</sup> Grünlandanteil und Tierbesatz, <sup>g)</sup> Tierbesatz, <sup>h)</sup> Grünlandanteil  
<sup>2)</sup> inklusive Zu-/Abschläge gemäß vorliegender P-/K-Gehaltsklassen  
<sup>3)</sup> entsprechend VDLUFA-Standpunkt  
<sup>4)</sup> P<sub>T</sub>/P<sub>B</sub> = Druckbelastung / Druckbelastbarkeit  
<sup>5)</sup> % vom regionalen Richtwert des normierten Behandlungsindex (BI)  
<sup>6)</sup> ÖLF = ökologisch und landeskulturell bedeutsame Flächen (Agrarraum)  
k. W. = keine Wertung  
k. G. = keine Gefährdung  
k. A. = keine Angabe  
n. d. = nicht definiert

 Toleranzüberschreitung (nicht gewertet)  
 Toleranzüberschreitung

**Abb. 2:** Darstellung der Betriebsergebnisse der Methode KUL/USL für Beispielsbetrieb 154 im Jahr 2003 in Form einer Tabelle mit Balkendiagramm (Erläuterungen im Text).

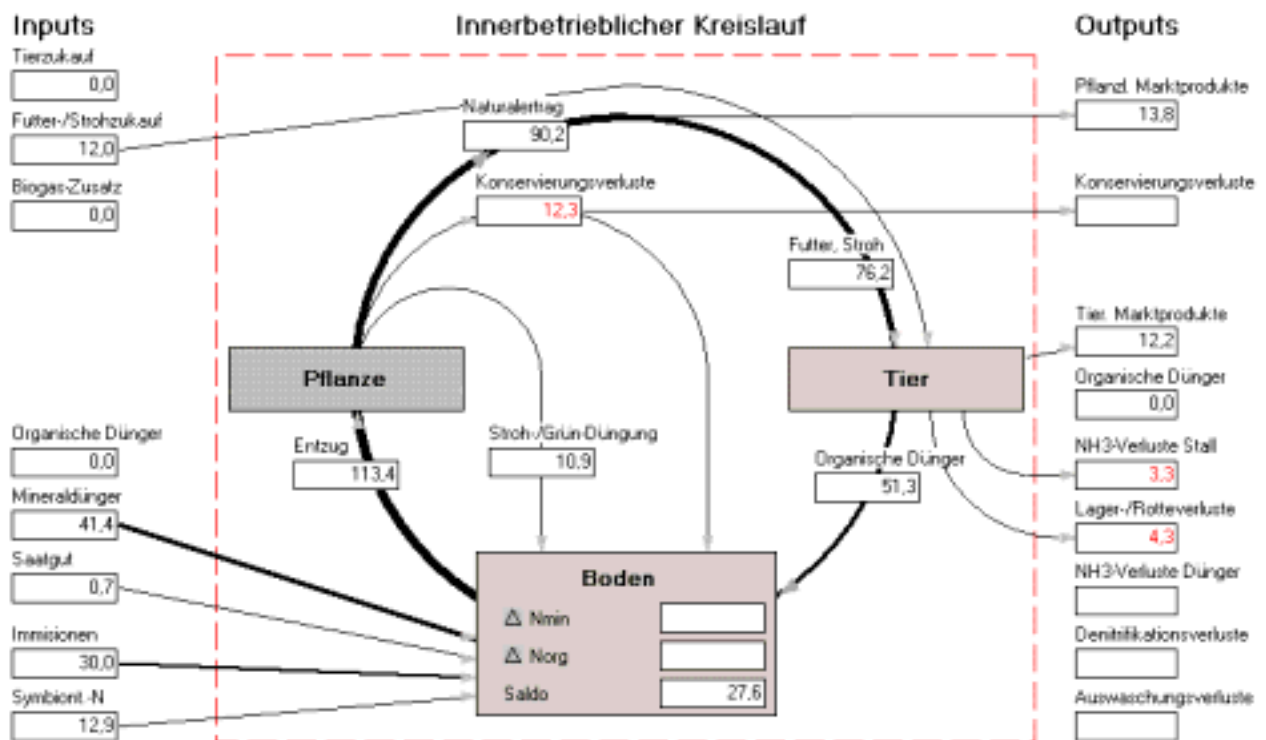
### 1.3 Methode REPRO

Abbildung 3 zeigt für den gleichen Betrieb die mit der Methode REPRO gewonnenen Ergebnisse des Jahres 2003 für diejenigen sechs Indikatoren, für die Bewertungsfunktionen definiert sind. Es handelt sich hier, ebenso wie in den Abbildungen 4 und 5, um Screenshots der Berechnungssoftware. Die normierten Betriebsergebnisse werden mit Hilfe einer Bewertungsfunktion gewonnen, welche die Betriebswerte in dimensionslose Werte zwischen 0 (schlecht für die Umwelt) und 1 (gut für die Umwelt) umwandelt. Diese Funktion ist der in Fuzzy Logic verwendeten Zugehörigkeitsfunktion ähnlich (Hülsbergen, 2003). Die Bewertungsfunktionen mit den jeweiligen Zielwertbereichen wurden von einer Expertengruppe für das Bundesland Sachsen-Anhalt festgelegt (z.B. N-Bilanz zwischen  $-25$  und  $+25$  kg N/ha für die Bonitur 1), in dem die Autoren des Modells REPRO ansässig sind. Insgesamt liegen die normierten Betriebswerte über 0,7 und damit im oberen Viertel, mit geringen Unterschieden zwischen den beiden Jahren. Für den Pflanzenschutz-Indikator 'Behandlungsindex' gibt es keine Bewertungsfunktion auf Betriebsebene, sondern nur auf Ebene der Hauptfruchtarten. Auf der Fruchtartenebene (z. B. für Winterweizen) kann die Bewertung differenziert für die Pflanzenschutzmittelgruppen Fungizide, Herbizide, Insektizide und Wachstumsregulatoren dargestellt werden. Zusätzlich wird ein Mittelwert aus den fruchtartspezifischen Werten gebildet.

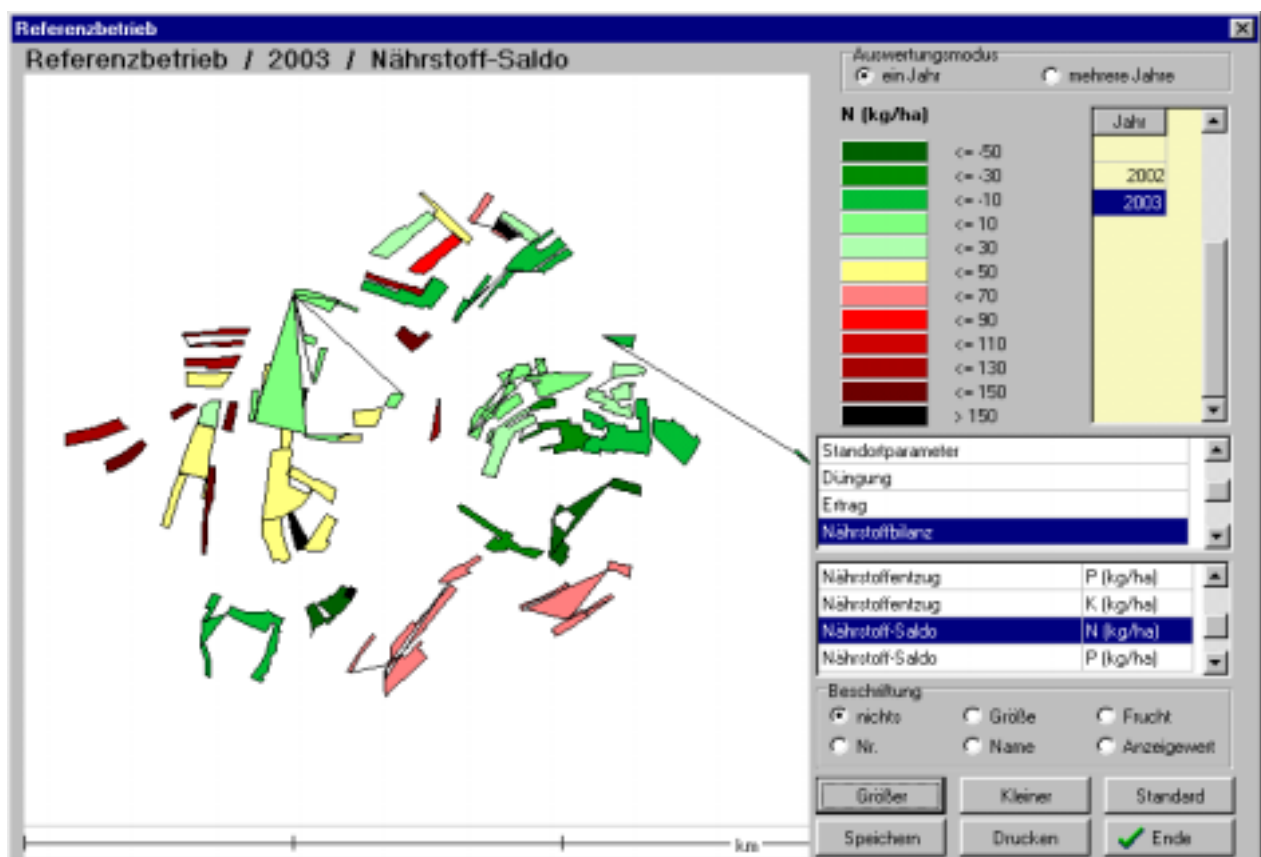


**Abb. 3:** Darstellung der Betriebsergebnisse und normierten Werte auf Betriebsebene der Methode REPRO für den Beispielbetrieb 154 im Jahr 2003 sowie beispielhaft die Bewertungsfunktion für den N-Saldo.

Die Abbildungen 4 und 5 illustrieren die weitergehenden Möglichkeiten der Methode REPRO anhand einer detaillierten Darstellung der Stickstoffflüsse (s. Kap. 3.1.1) sowie einer schlagbezogenen Darstellung der Ergebnisse der N-Bilanz anhand eingelesener GIS-Daten (so genannte 'thematische Karte'). Die Kartierung der einzelnen Schläge des Betriebs erfordert einen zusätzlichen Zeitaufwand, der für die anderen Betriebe im Rahmen des Projektes nicht geleistet werden konnte.



**Abb. 4:** Darstellung der Stickstoffflüsse zwischen den verschiedenen Betriebszweigen für den Betrieb 154 (Jahr 2003) in der Methode REPRO (Verluste werden in roten Zahlen gekennzeichnet).



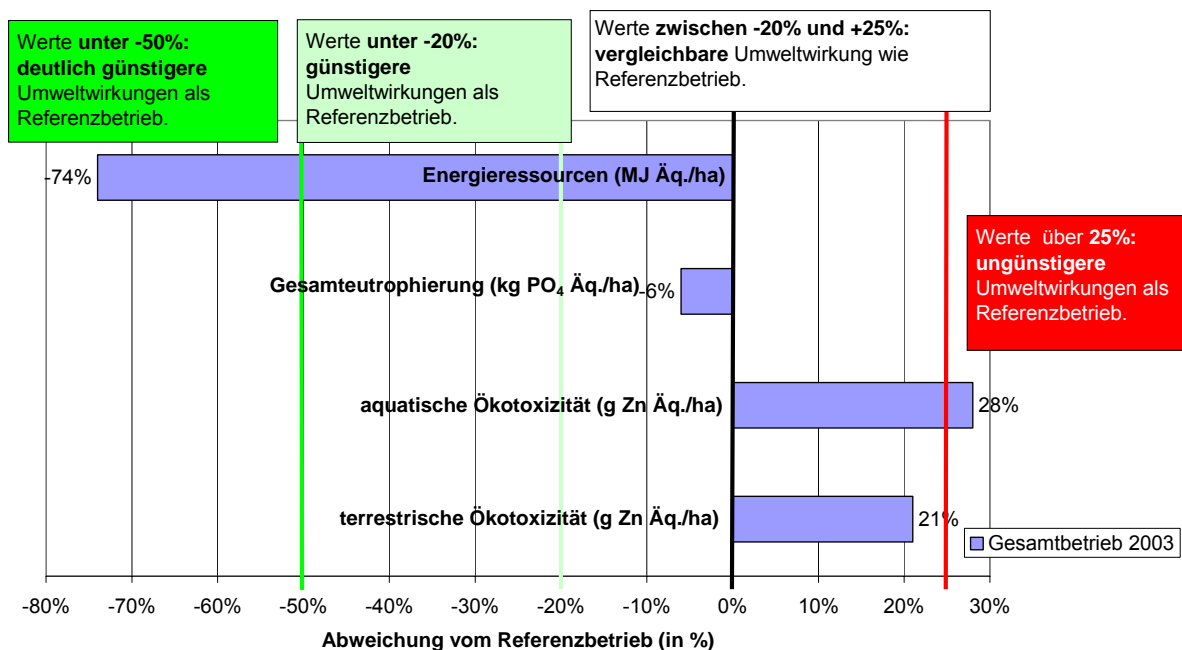
**Abb. 5:** Darstellung der Ergebnisse der Bewertung des N-Saldos auf Ebene des Schlags für den Betrieb 154 (Jahr 2003) anhand einer so genannten thematischen Karte, ermöglicht durch die Verwendung von GIS-Daten in der Methode REPRO.

## 1.4 Methode SALCA

Abbildung 6 zeigt für denselben Betrieb die mit der Methode SALCA gewonnenen Ergebnisse des Jahres 2003 für die 4 Indikatoren, welche die Gesamtheit aller berechneten Indikatoren zusammenfassen. Sie werden zu den Ergebnissen einer Referenzgruppe von Betrieben desselben Typs (nach schweizerischer Einteilung) in Beziehung gesetzt. Ziel ist es, jedes Mal wenn die Referenzwerte überschritten werden, prioritär bei den Betriebsmitteln Maßnahmen zu treffen, deren Anteile deutlich höher sind als die respektiven Anteile in den Referenzbetrieben.

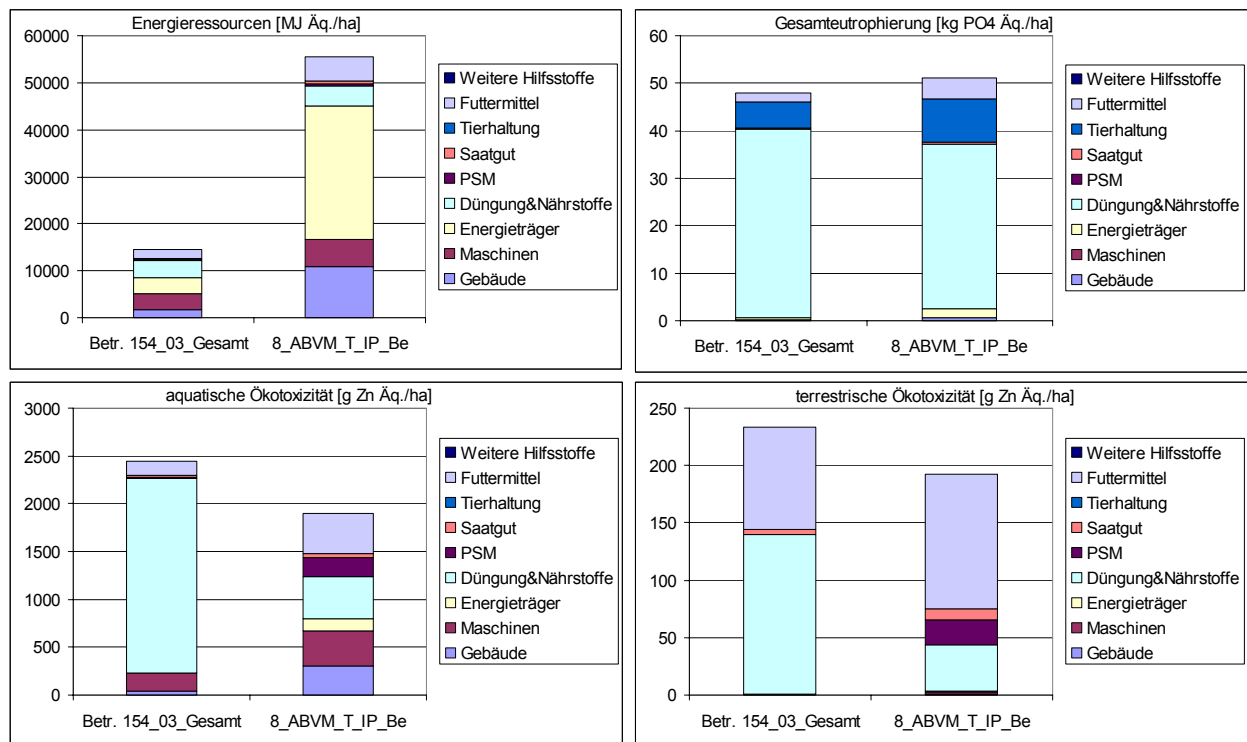
Es ist festzustellen, dass der Betrieb im Vergleich zu den Referenzwerten bei den Wirkungskategorien „nicht erneuerbare Energieressourcen“ und „Gesamteutrophierung“ günstigere sowie bei der Wirkungskategorie „terrestrische Ökotoxizität“ vergleichbare Umweltwirkungen aufweist. Bei der Wirkungskategorie „aquatische Ökotoxizität“ ist die Umweltwirkung verglichen mit dem Referenzbetrieb im ungünstigen Bereich.

Diese Ergebnisse können nach Typ der Betriebsmittel (Inputgruppen) näher analysiert werden (Abbildung 7). Der Anteil der verschiedenen Typen von Betriebsmitteln an den Umweltwirkungen wird getrennt ausgewiesen. Die Methode stellt darüber hinaus Tabellen mit Informationen unterschiedlicher Detaillierung innerhalb der Gruppen von Betriebsmitteln zu jedem Dünger, Wirkstoff, etc. zur Verfügung. Diese reichen bis zu Angaben über Energiebedarf und Emissionen aus Düngern, Schwermetalle, Wirkstoffen, etc.



**Abb. 6:** Darstellung der Ergebnisse der Methode SALCA für den Beispielbetrieb 154 (Jahr 2003) auf Betriebsebene mit Bezugnahme auf die Werte des Referenzbetriebs.





**Abb. 7:** Nach den verwendeten Betriebsmitteln aufgeschlüsselte detaillierte Darstellung der in der Methode SALCA verwendeten vier Hauptindikatoren (oder Wirkungskategorien) für Betrieb 154 (Jahr 2003).

## 2 Beurteilung der Methoden mit Hilfe von Bewertungskriterien

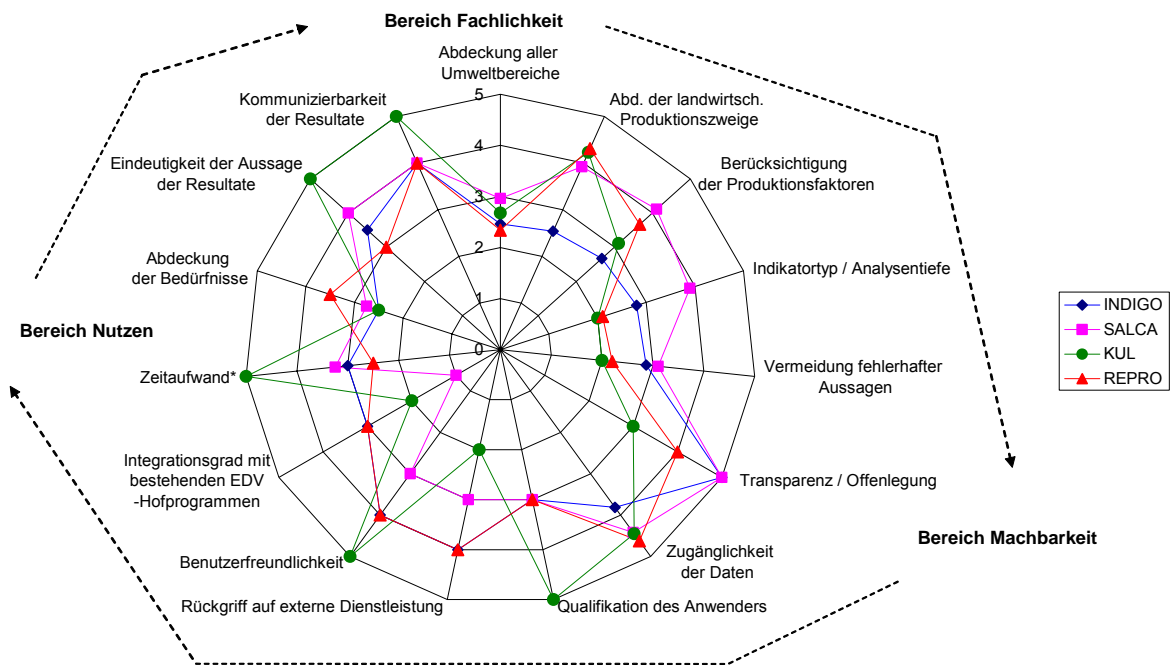
Die detaillierten Ergebnisse finden sich im Anhang 6. Wegen der großen Zahl von Kriterien und zur Erleichterung der Lektüre werden sie hier zusammenfassend auf zwei Arten präsentiert:

- In Form von Netzdiagrammen (Abbildung 8a): Stärken und Schwächen jeder Methode können in dieser Form gut dargestellt werden. Aus Gründen der Lesbarkeit wurden die Punkte mit einer Linie verbunden (aus wissenschaftlicher Sicht ist diese hingegen ohne Funktion).
- In Form von Säulendiagrammen (Abbildung 8b): Die Analyse der Methodenbewertung bezüglich eines bestimmten Kriteriums wird mit dieser Darstellung erleichtert.

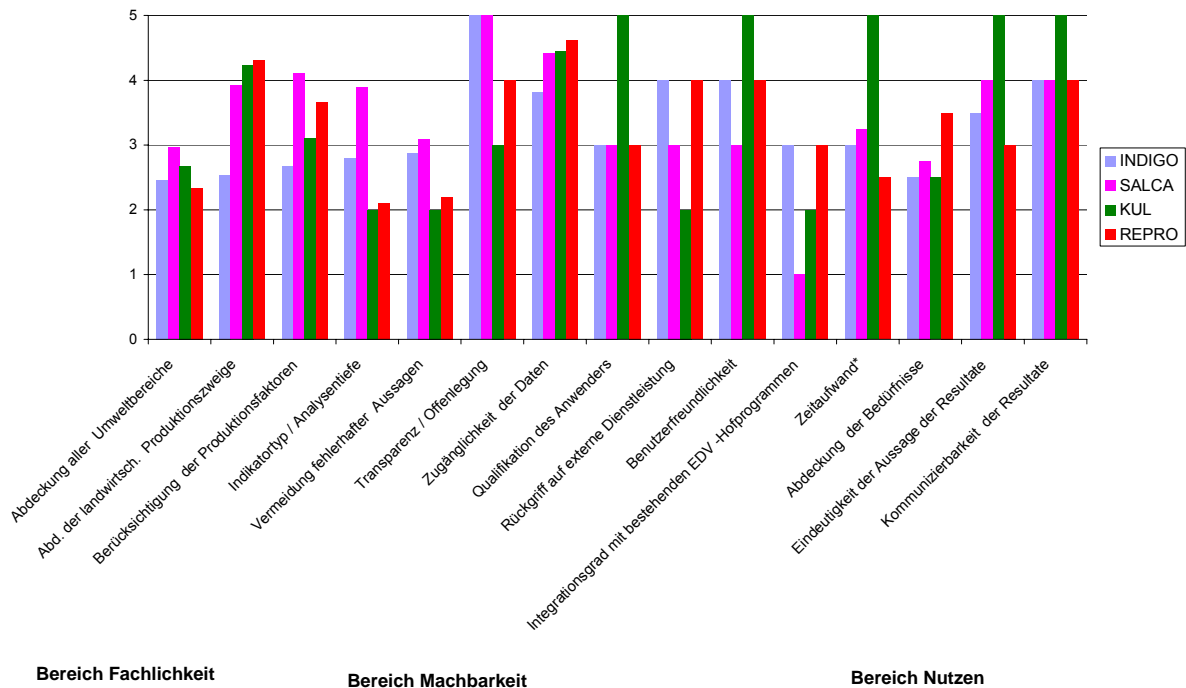
Manche Kriterien, wie beispielsweise die Datenzugänglichkeit, wurden für drei Gruppen von Anwendern beurteilt: Landwirte, Berater, Verwaltung. Die in Abbildung 8 dargestellten Ergebnisse betreffen die Gruppe der Landwirte. Im Anhang 6 werden die Ergebnisse nach Methoden getrennt dargestellt. Die verschiedenen Methoden werden in Bezug auf jedes einzelne Kriterium bewertet (nähere Angaben hierzu finden sich in den Tabellen 9 – 23).

Aus den Abbildungen 8a und 8b geht hervor, dass die Methoden ein unterschiedliches Profil aufweisen und die Ergebnisse bezüglich der einzelnen Beurteilungskriterien differieren.

a)



b)



**Abb. 8a und 8b:** Beurteilung der Methoden mit Hilfe von Bewertungskriterien. Jedes Kriterium wird auf einer Skala von 1 (schlechteste Bonitur) bis 5 (beste Bonitur) bewertet.

## **2.1 Bereich Fachlichkeit**

Insgesamt wird die Methode SALCA für die Gesamtheit der Kriterien mit Werten zwischen 3 und 5 am besten bewertet. Dahinter folgen REPRO, INDIGO und KUL/USL, wobei die beiden deutschen Methoden bezüglich der drei ersten Kriterien, welche den Anwendungsbereich jeder Methode beurteilen, überwiegend besser abschneiden als INDIGO. Während INDIGO konstant Werte im Bereich knapp unter 3 erreicht (außer bei der „Transparenz“, bei der sie auf 5 kommt), schwanken die Bewertungen für REPRO und KUL/USL stärker zwischen 2 und 5.

Diese Ergebnisse sollen im Folgenden für die Einzelkriterien näher erläutert werden.

### **2.1.1 Abdeckung aller Umweltbereiche**

Bei der Abdeckung der Umweltbereiche erreichen alle vier Methoden mittlere Bewertungen. Tabelle 9 zeigt Unterschiede zwischen den fünf Umweltdimensionen auf:

- Der Umweltbereich «Schutz der Lebewesen (Fauna und Flora), ihrer Vielfalt und ihrer Lebensräume», welche die Auswirkungen auf die Biodiversität im weitesten Sinne erfasst, ist bei allen Methoden ein Schwachpunkt, insbesondere bei SALCA<sup>13</sup>. Dafür sticht letztere jedoch beim Umweltbereich «Erhaltung der natürlichen Gleichgewichte“ und „Bewahrung der lebensnotwendigen Umweltbereiche“ hervor, wobei insbesondere die Atmosphäre bei den anderen Methoden ein Schwachpunkt bleibt. Die nur mittelmäßigen Werte aller vier untersuchten Verfahren für die anderen Umweltbereiche lassen sich mit ungenügend berücksichtigten Problembereichen wie 'Hormone und Antibiotika in der Tierproduktion' oder 'Erhaltung der ökologischen Regulierungsfunktionen' erklären (s. Anhang 6.1).

### **2.1.2 Abdeckung der landwirtschaftlichen Produktionszweige**

Mit Ausnahme von INDIGO decken die Methoden eine große Anzahl an Betriebszweigen ab. Insbesondere die beiden deutschen Verfahren zeichnen sich durch einen breiten Analyseumfang aus. Die Schwäche von INDIGO erklärt sich dadurch, dass die Tierhaltung nicht berücksichtigt wird (Tabelle 10). Dafür lässt sich INDIGO auch im Wein- und Obstbau einsetzen, welche von den anderen Methoden nur mittel bis schlecht abgedeckt werden. Andere Sonderkulturen werden durch die deutschen Methoden dagegen besser abgedeckt als durch INDIGO und SALCA (s. Anhang 6.2).

### **2.1.3 Berücksichtigung der Produktionsfaktoren**

Die Mittelwerte zeigen, dass die Produktionsfaktoren von den Methoden gut berücksichtigt werden. INDIGO bildet in diesem Zusammenhang eine Ausnahme, da diese Methode speziell auf die pflanzliche Erzeugung ausgerichtet ist (s. Tabelle 11). Bei mehreren Methoden finden sich Schwächen, so z.B. bezüglich der Berücksichtigung des Gebäudebestandes (mit Ausnahme von SALCA), der Handhabung von Abfällen bei INDIGO und REPRO (außer bei den Exkrementen aus der Tierhaltung) sowie dem Medikamenteneinsatz in der Tierhaltung (s. Anhang 6.3).

---

<sup>13</sup> Die in der Zwischenzeit vorgenommenen Entwicklungen von Jeanneret et al.(2005) werden hier nicht berücksichtigt.

**Tab. 9:** Beurteilung der Methoden für das Kriterium *Abdeckung aller Umweltbereiche* (Bonitur 1 = keine, 5 = vollständig): Einzelergebnisse für Umweltbereiche.

Bereich	Bonitur (1 bis 5)			
	INDIGO	KUL/USL	REPRO	SALCA
Schutz des Lebens und der menschlichen Gesundheit	2,4	1,8	1,4	2,8
Schutz der Lebewesen (Fauna und Flora), ihrer Vielfalt und ihrer Lebensräume	1,7	2,3	1,7	1,0
Erhaltung der natürlichen Gleichgewichte	2,3	2,8	2,3	3,3
Bewahrung der lebensnotwendigen Umweltbereiche	2,5	2,5	2,4	4,3
Bewahrung der nicht erneuerbaren Ressourcen	3,5	4,0	4,0	3,5
<b>Abdeckung aller Umweltbereiche</b>	<b>2,5</b>	<b>2,7</b>	<b>2,3</b>	<b>3,0</b>

**Tab. 10:** Beurteilung der Methoden für das Kriterium *Abdeckung der landwirtschaftlichen Produktionszweige* (Bonitur 1 = keine, 5 = vollständig): Einzelwerte für Produktionszweige.

Produktionszweige	Bonitur ( 1 bis 5)			
	INDIGO	KUL/USL	REPRO	SALCA
Abdeckung der Produktionszweige im Pflanzenbau	3,9	4,1	3,7	4,0
Abdeckung der Produktionszweige in der Tierproduktion	1,0	4,3	5,0	3,8
<b>Abdeckung der Produktionszweige</b>	<b>2,5</b>	<b>4,2</b>	<b>4,3</b>	<b>3,9</b>

**Tab. 11:** Beurteilung der Methoden für das Kriterium *Berücksichtigung der Produktionsfaktoren* (Bonitur 1 = keine, 5 = vollständig).

Produktionsfaktoren	Bonitur (1 bis 5)			
	INDIGO	KUL/USL	REPRO	SALCA
Berücksichtigung auf Betriebsebene	1,4	3,2	2,6	4,4
Berücksichtigung im Pflanzenbau	4,7	3,1	4,4	4,1
Berücksichtigung in der Tierproduktion	1,3	3,0	3,7	3,8
<b>Berücksichtigung (Gesamt)</b>	<b>2,7</b>	<b>3,1</b>	<b>3,7</b>	<b>4,1</b>

#### 2.1.4 Indikatortyp / Analysentiefe

Dieses Kriterium fragt nach dem Typ des verwendeten Indikators gemäß dem europäischen DPSIR-Modell (Vidal und Marquer, 2002; Triebkraft [D], Druck [P], Zustand [S], Wirkung [I] und Reaktion [R]). Diese Klassifikation ist in Bezug auf die Kausalkette eingeordnet worden (s. Anhang 1). Das Kriterium illustriert die 'Analysentiefe' (Hertwich et al., 1997) oder den 'Grad der Nähe' des Indikators in Bezug auf die Wirkung im engeren Sinn oder in geringerem Maße zum Zustand der Umwelt (z.B. der Wasserverschmutzung). Dies sind Ebenen, welche die Entscheidungsträger interessieren. Bei den Antriebskräften wird zwischen zwei Indikatorgruppen unterschieden:

- a) diejenigen, die nur auf eine Maßnahme zurückgehen (z.B. Höhe der Stickstoffdüngung) und
- b) diejenigen, die auf einer Kombination beruhen (z.B. Stickstoffbilanz).

Die Methode SALCA weist bei der Bewertung meist die Bonitur 4 auf, mit Ausnahme von zwei Indikatoren mit der Bonitur 3 (s. Tabelle 12). Dies zeigt, dass sie mit Wirkungs- und Druckindikatoren arbeitet, was mit den Anforderungen der Lebenszyklusanalyse zusammenhängt. INDIGO ist im Mittel nahe der Bonitur 3 (Emissionen), beinhaltet aber auch Indikatoren mit Bonitur 4 für den Bereich Gewässerschutz sowie mit Bonitur 2, insbesondere auf dem Gebiet der Biodiversität (s. Anhang 6.4).

Die deutschen Methoden stützen sich mehr auf Indikatoren des Typs 2 (Antriebskräfte) und verwenden weniger Umweltdaten (Witterung, Boden, etc.), um zu den Abschätzungen von Emissionen zu kommen. Allerdings bezieht sich diese Bewertung im Fall von REPRO nur auf den im Projekt angewandten Teil und nicht auf den gesamten Umfang des Modells.

#### 2.1.5 Vermeidung fehlerhafter Aussagen

Dieses Kriterium fragt nach der Zuverlässigkeit der von den Indikatoren gemachten Aussagen im Sinne von Vorhersagen von Wirkungen und äußert sich zur geleisteten Validationsarbeit (Bockstaller et Girardin, 2003). Hier befinden sich SALCA und INDIGO nahe beieinander auf einem mittleren und die deutschen Methoden auf einem niedrigeren Niveau (s. Tabelle 13 und Anhang 6.5). Die Indikatoren der deutschen Methoden orientieren sich stark am Ziel der Machbarkeit und stützen sich hauptsächlich auf landwirtschaftliche Maßnahmen (Typ 'Antriebskräfte'). Daher berücksichtigen sie oft nicht die gesamte Komplexität der Mechanismen, die zu einer Wirkung führt. Ihre Fähigkeit, eine Wirkung tatsächlich vorherzusehen, bleibt in solchen Fällen deshalb begrenzt.

### 2.1.6 Offenlegung /Transparenz

Bei den Methoden INDIGO, REPRO und SALCA werden die Berechnungen offen gelegt. Der kritische Punkt bei der Methode KUL/USL hingegen ist, dass der Berechnungsvorgang für den konkreten analysierten Fall für den Nutzer (Auftraggeber) nicht zugänglich ist, da die Auswertung zentral durch die USL-Projektstelle in Jena erfolgt (s. Tabelle 14). Allerdings informieren die Ergebnisdokumentation, mehrere Veröffentlichungen und eine Internet-Seite über die Grundzüge der Berechnung.

**Tab. 12:** Beurteilung der Methoden für das Kriterium *Indikatortyp / Analysentiefe* (Bonitur 1 = schlecht, 5 = sehr gut): Entscheidungsregeln für die Bewertung des Kriteriums sowie Mittelwert, Minimum und Maximum je Umweltbereich (vgl. Tab. 9).

<b>Entscheidungsregel für das Kriterium Indikatortyp / Analysentiefe</b>				
<i>DPSIR Klasse</i>	<i>Bewertung</i>			
Antriebskräfte (primär, Maßnahme)	1			
Antriebskräfte (erarbeitet, Saldo, Ratio)	2			
Druck (Emission von Stoffen)	3			
Zustand oder Indikatoren, die Emissionen und potenzielle Wirkung berücksichtigen	4			
Effektive Auswirkung	5			

<b>Bewertung der Methoden</b>	INDIGO	KUL/USL	REPRO	SALCA
<b>Mittelwert errechnet für alle Umweltbereiche</b>	<b>2,8</b>	<b>2,0</b>	<b>2,1</b>	<b>3,8</b>
Minimum ermittelt für einen Umweltbereich	1,0	1,0	1,0	3,0
Maximum ermittelt für einen Umweltbereich	4,0	3,0	3,0	4,0

**Tab. 13:** Beurteilung der Methoden für das Kriterium *Vermeidung fehlerhafter Aussagen* (Bonitur 1 = schlecht, 5 = sehr gut): Entscheidungsregeln für die Bewertung des Kriteriums sowie Mittelwert, Minimum und Maximum je Umweltbereich.

<b>Entscheidungsregel für das Kriterium Vermeidung fehlerhafter Aussagen</b>	<i>Bewertung</i>
Keine Daten und Kriterium „Indikatortyp / Analysentiefe“ = 1	1
Indikator stützt sich auf schlecht validiertes Modell	1
Kritik in der wissenschaftlichen Literatur an dem Berechnungsverfahren	1
Vergleich mit Messungen erfolglos	1
Berechnungsverfahren stützt sich auf wissenschaftliche Literatur	2
Keine Daten und Kriterium „Indikatortyp / Analysentiefe“ = 2-5	2
Indikator stützt sich auf „mittel“ validiertes Modell	2
Vergleich mit Messungen „mittel“ erfolgreich	3
Berechnungsverfahren empfohlen von unabhängigen Experten	3
Wissenschaftliche Artikel über den Indikator (nicht nur über das Gesamtverfahren)	4
Indikator stützt sich auf validiertes Modell	4
Vergleich mit Messungen erfolgreich	5

<b>Bewertung der Methoden</b>	INDIGO	KUL/USL	REPRO	SALCA
Mittelwert errechnet für alle Umweltbereiche	<b>2,8</b>	<b>2,0</b>	<b>2,2</b>	<b>3,1</b>
Minimum ermittelt für einen Umweltbereich	1,0	1,0	1,0	2,0
Maximum ermittelt für einen Umweltbereich	4,0	4,0	4,0	4,0

**Tab. 14:** Beurteilung der Methoden für das Kriterium *Offenlegung/Transparenz* (Bonitur 1 = schlecht, 5 = sehr gut): Entscheidungsregeln für die Bewertung des Kriteriums und der Methoden.

<b>Entscheidungsregel für das Kriterium Offenlegung/Transparenz</b>	<i>Bewertung</i>
Keine Information über Berechnungsverfahren und Referenzwert	1
Keine Information über Referenzwert oder Berechnungsverfahren	2
Allgemeine Information über die Berechnungsverfahren (z.B. KUL)	3
Detaillierte Information nur über Berechnungsverfahren oder Referenzwert	4
Detaillierte Information über Berechnungsverfahren und Referenzwert	5

<b>Bewertung der Methoden</b>	INDIGO	KUL/USL	REPRO	SALCA
	<b>5,0</b>	<b>3,0</b>	<b>4,0</b>	<b>5,0</b>

## **2.2 Bereich Machbarkeit**

Grundsätzlich unterscheidet sich KUL/USL durch seine zentralisierte Organisationsform von den drei anderen Methoden. Wegen der relativ einfachen Anwendung steht diese Methode an der Spitze bezüglich der (relativ niedrigen) Qualifikationsanforderungen an die Anwender, der Benutzerfreundlichkeit und des erforderlichen Zeitaufwandes. Dies hat aber den Nachteil, dass man auf einen externen, kostenpflichtigen Dienstleister angewiesen ist. Die Methoden INDIGO und REPRO liegen bei der Bewertung nahe beieinander, denn beide Methoden stellen eine Windows-basierte Software zur Verfügung. SALCA hingegen schneidet bei einigen Kriterien wie beispielsweise „Benutzerfreundlichkeit“ ein wenig schlechter ab als die beiden vorgenannten Methoden.

### **2.2.1 Zugänglichkeit der Daten**

Für die Bewertung dieses Kriteriums wurden folgende Hypothesen aufgestellt:

- Der Landwirt hat seine Betriebsdaten gut aufgezeichnet und kennt die Qualität seiner Böden.
- Der Berater hat Zugang zu den vom Landwirt aufgezeichneten Daten und wird vom Landwirt bei der Vervollständigung der Unterlagen unterstützt. Er verfügt darüber hinaus über zusätzliche Informationsquellen in Bezug auf Boden-, Wetter- und Maschinendaten.
- Bei den Vertretern der Verwaltung wird zwischen zwei Fällen unterschieden:
- Der Landwirt ist bereit zur Zusammenarbeit und stellt seine Aufzeichnungen zur Verfügung, ohne diese um weitere Daten zu ergänzen.
- Der Landwirt ist wenig/nicht kooperativ (im Falle einer Kontrolle) und beruft sich im Zweifelsfall auf den Datenschutz. Unter diesen Umständen stellt er nur Daten bereit, die er für offizielle Kontrollen liefern muss (GAP-Kontrollen in Frankreich und Deutschland, ökologischer Leistungsnachweis in der Schweiz).

Tabelle 15 zeigt, dass die Zugänglichkeit der Daten für die Methoden KUL/USL, REPRO und SALCA in den drei ersten Fällen sehr gut ist. Für INDIGO ist sie gut im Falle des Beraters und befriedigend im Falle eines Landwirts mit guter Datenaufzeichnung. Die Beschaffung der von INDIGO benötigten Boden- und Wetterdaten kann Probleme bereiten (s. Anhang 6.6); dies trifft auch auf die Angaben zur Maschinenausstattung (für die Verwaltung) zu. Sollte der Landwirt wenig oder nicht zusammenarbeiten, wird die Verfügbarkeit bestimmter Daten für alle Methoden kritisch. Jedoch kommt SALCA mit dieser Situation im Mittel besser zurecht, da der schweizerische Landwirt wesentlich mehr Angaben zu seinen Bewirtschaftungsmaßnahmen machen muss, als die Landwirte in Frankreich oder Deutschland.

### **2.2.2 Reduzierung der Qualifikationsanforderungen an den Anwender**

Bei diesem Kriterium unterscheidet sich KUL/USL von den drei anderen durch geringere Anforderungen an die Qualifikation (s. Tabelle 16) des Anwenders. Die Art der Daten, die leicht zugänglich sind (s. Tabelle 15), und der Umstand, dass die Berechnung und Interpretation nicht vom Anwender zu leisten sind, erklären dies. Für die Datenerhebung ist bei den Methoden REPRO, SALCA und INDIGO eine agrarwissenschaftliche Ausbildung erforderlich. Für die Eingabe und Berechnung der Daten ist bei diesen drei Methoden eine zusätzliche Schulung notwendig.



**Tab. 15:** Beurteilung der Methoden für das Kriterium *Zugänglichkeit der Daten* (Bonitur 1 = keine, 5 = vollständig): Entscheidungsregeln für die Bewertung des Kriteriums sowie Mittelwert, Minimum und Maximum je Umweltbereich (vgl. Tab. 9).

Wert für Rubrik des Fragebogens	INDIGO				KUL/USL				REPRO				SALCA			
	Ldw.	Ber.	Beh. Ldw. +	Beh. Ldw. -	Ldw.	Ber.	Beh. Ldw. +	Beh. Ldw. -	Ldw.	Ber.	Beh. Ldw. +	Beh. Ldw. -	Ldw.	Ber.	Beh. Ldw. +	Beh. Ldw. -
Mittel	3,8	4,0	2,8	1,8	4,5	4,5	4,5	2,2	4,6	4,9	4,8	1,9	4,4	4,6	4,4	3,1
Minimum	3,0	3,0	2,0	1,0	3,0	3,0	3,0	1,0	3,0	4,0	4,0	1,0	3,0	3,0	3,0	1,0
Maximum	5,0	5,0	5,0	4,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0

Ldw. = Landwirt  
Ber. = Berater

Beh. Ldw. + = Behörden (Landwirt kooperiert)  
Beh. Ldw. - = Behörden (Landwirt kooperiert wenig/nicht)

**Tab. 16:** Beurteilung der Methoden für das Kriterium *Reduzierung der Qualifikationsanforderungen des Anwenders* (Bonitur 1 = schlecht, 5 = sehr gut): Entscheidungsregeln für die Bewertung des Kriteriums und Werte für die verschiedenen Umsetzungsschritte.

Entscheidungsregel für das Kriterium Qualifikationsanforderungen des Anwenders	Erhebung		Berechnung und Dateneingabe		Interpretation	
	Landwirtschaftliche (bzw. naturwissenschaftliche) Ausbildung reicht	5	5	5	5	5
Agronomische Ausbildung (Ingenieur) notwendig	4	4	4	4	4	4
Zusätzliche Ausbildung ( $\leq 2$ Wochen) notwendig	3	3	3	3	3	3
Zusätzliche Ausbildung ( $\leq 1$ Monat) notwendig	2	2	2	2	2	2
Zusätzliche Ausbildung ( $> 1$ Monat) notwendig	1	1	1	1	1	1

Bewertung der Methoden für die Umsetzungsschritte	INDIGO	KUL/USL	REPRO	SALCA
Erhebung	4	5	4	5
Berechnung und Dateneingabe	3	-*	3	3
Interpretation	3	-	4	3
<b>Minimalwert</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>3</b>

\* Bei der Methode KUL/USL erfolgen Dateneingabe/Berechnung und Interpretation durch eine zentrale Auswertungsstelle und nicht durch die Anwender.

### 2.2.3 Rückgriff auf externe Dienstleistung

Der Umstand, dass bei der Methode KUL/USL die Auswertung zentral erfolgt, erleichtert deren Anwendung, verursacht jedoch für jede Auswertung als Dienstleistung Kosten und führt zu einer relativ starken Abhängigkeit des Anwenders von einem externen Dienstleister (Tabelle 17). Bei den drei anderen Methoden ist diese Abhängigkeit geringer, wobei alle Methoden eine externe Unterstützung erfordern. Bei SALCA erfolgt die Berechnung mit der Ökobilanzsoftware TEAM, deren Lizenz zu erwerben ist. Bei REPRO kauft man eine

Software mit Unterstützung im ersten Nutzungsjahr. Bei INDIGO wird die Software kostenlos zur Verfügung gestellt. Allerdings ist für die Interpretation sowie für punktuelle Hilfestellung ein Minimum an Betreuung erforderlich, die ebenfalls ihren Preis (Arbeitszeit) hat.

#### **2.2.4 Benutzerfreundlichkeit**

Dieses Kriterium fragt nach:

- der Art und Weise der Dateneingabe in die Auswertungssoftware: Gibt es Hilfestellungen im Stile moderner Programme (Eingabemasken mit Pull-down-Menüs, etc.) oder muss jede Angabe einzeln manuell in eine Tabelle eingefügt werden?
- dem Vorhandensein von Validationsverfahren
- der Art und Weise der Ergebnismitteilung: Bekommt der Nutzer sie selbst in Form einer Tabelle der Rohergebnisse ohne Auswertung, so dass die Ergebnisse sehr schwer zu verstehen sind? Oder liegen Hilfen zur Auswertung vor?

Die Methode KUL/USL erhält die Bestnote 5, da sich der Anwender nicht mit der Dateneingabe in eine Auswertungssoftware auseinandersetzen muss (wird vom Dienstleister übernommen) und die Ergebnisse samt Interpretation in Form eines Auswertungsberichts bekommt (Tabelle 18). Die Methoden INDIGO und REPRO sind bezüglich der Dateneingabe (wenn man von EDV-Problemen absieht) und der Ergebnisdarstellung sehr benutzerfreundlich. Bei SALCA stellt die Dateneingabe in der aktuellen Version einen Schwachpunkt dar: Es müssen 3.000 Zeilen eines Excel-Formulars, Zeile für Zeile, ausgefüllt werden. Bislang steht für keine der Methoden ein zufrieden stellendes Benutzerhandbuch zur Verfügung.

#### **2.2.5 Integrationsgrad mit bestehenden EDV-Hofprogrammen (z.B. Schlagkartei, Buchführung)**

Die Datenerfassung kann erleichtert werden, wenn es Schnittstellen zu einem vom Landwirt verwendeten Hofprogramm gibt, wie beispielsweise der Ackerschlagkartei. So lässt sich die mehrmalige Eingabe von Daten vermeiden. Die Methoden INDIGO und REPRO bieten hier über Excel Möglichkeiten (s. Tabelle 19). Diese Datenexporte laufen aber noch nicht bei allen Daten automatisch. REPRO besitzt eine Schnittstelle zur Ackerschlagkartei, während für INDIGO meist noch eine Umformatierung der Daten erforderlich ist. Bei SALCA fehlt eine solche Schnittstelle, wird aber zur Zeit programmiert (vgl. Tab. 30).

#### **2.2.6 Zeitaufwand**

Bei der Methode KUL/USL beläuft sich der Zeitaufwand für den Anwender auf weniger als einen Tag (Tabelle 20). Dies wird als optimal erachtet, ist allerdings nur möglich, weil der Anwender beim Ausfüllen des Fragebogens Unterstützung durch die USL-Regionalstelle erhält, die seine Daten an die Auswertungsstelle schickt. Dieser Zeitgewinn auf Seiten des Anwenders geht durch 'Outsourcing' zu Lasten der Unabhängigkeit und der Kosten. Bei den anderen Methoden liegt der Zeitaufwand zwischen 3 und 10 Tagen, je nach Betriebsart und Bezugsjahr. REPRO wird hier etwas zeitaufwändiger eingeschätzt als die anderen Verfahren, ermöglicht jedoch für die Bewertung folgender Wirtschaftsjahre die automatische Übernahme betriebsspezifischer Standort- und Verfahrensdaten, so dass sich der Zeitaufwand im zweiten und folgenden Jahren deutlich verringert. INDIGO und SALCA bieten ebenfalls die automatische Übernahme betriebsspezifischer Standort- und Verfahrensdaten.

**Tab. 17:** Beurteilung der Methoden für das Kriterium *Rückgriff auf externe Dienstleistung* (Bonitur 1 = schlecht, 5 = sehr gut).

<b>Entscheidungsregel für das Kriterium Rückgriff auf externe Dienstleistung</b>	<b>Bewertung</b>			
für Erhebung, Berechnung und Interpretation erforderlich	1			
für Berechnung und Interpretation erforderlich	2			
für Berechnung und Interpretation empfohlen	3			
für Interpretation empfohlen (bzw. zusätzliche Information*)	4			
Erhebung, Berechnung und Interpretation auf dem Betrieb möglich	5			
<b>Bewertung der Methoden</b>	<b>INDIGO</b>	<b>KUL/USL</b>	<b>REPRO</b>	<b>SALCA</b>
	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>3</b>

\* Zum Beispiel: neue Pflanzenschutzmittel, Dünger usw.

**Tab. 18:** Beurteilung der Methoden für das Kriterium *Benutzerfreundlichkeit* (Bonitur 1 = schlecht, 5 = sehr gut)

<b>Entscheidungsregel für das Kriterium Benutzerfreundlichkeit</b>	<b>Bewertung</b>			
Tabelle <u>mit</u> Eingabeliste <u>mit</u> Darstellung der Ergebnisse (und nicht nur Darstellung der Ergebnisse in grober Form in Tabellen) <u>mit</u> Hilfe zur Auswertung <u>mit</u> Validationsverfahren	5			
Tabelle <u>mit</u> Eingabeliste <u>und zwingend mit</u> Darstellung der Ergebnisse sowie <u>mit</u> entweder Validationsverfahren oder Hilfe zur Auswertung	4			
Alle anderen Fällen, bei denen 3 Eigenschaften vorhanden sind	3			
Tabelle <u>mit</u> Eingabeliste <u>mit</u> Darstellung der Ergebnisse ohne Hilfe zur Auswertung ohne Validationsverfahren	3			
Tabelle <u>mit</u> Eingabeliste ohne Darstellung der Ergebnisse mit Hilfe zur Auswertung ohne Validationsverfahren	3			
Alle anderen Fällen, bei denen 2 Eigenschaften vorhanden sind, bzw. 1 Eigenschaft vorhanden ist	2			
keine Eigenschaft vorhanden ist	1			
<b>Bewertung der Methoden</b>	<b>INDIGO</b>	<b>KUL/USL</b>	<b>REPRO</b>	<b>SALCA</b>
	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>3</b>

**Tab. 19:** Beurteilung der Methoden für das Kriterium *Integrationsgrad mit bestehenden EDV-Hofprogrammen* (Bonitur 1 = schlecht, 5 = sehr gut).

<b>Entscheidungsregel für das Kriterium Integrationsgrad mit bestehenden EDV-Hofprogrammen</b>	<b>Bewertung</b>			
Keine	1			
nur Betriebsdaten (+ Schlagliste) durch Exceldatei mit Anpassung	2			
Betriebsdaten (+ Schlagliste) + Produktionsverfahren durch Exceldatei mit Anpassung*	3			
durch Exceldatei ohne Änderungen von Hand einzuführen	4			
Automatisch	5			
<b>Bewertung der Methoden</b>	<b>INDIGO</b>	<b>KUL/USL</b>	<b>REPRO</b>	<b>SALCA</b>
	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>1</b>

\* z.B.: Änderung der Schlagnummer, Kulturbezeichnungen etc.

**Tab. 20:** Beurteilung der Methoden für das Kriterium *Zeitaufwand* (Bonitur 1 = schlecht, 5 = sehr gut).

<b>Entscheidungsregel für das Kriterium Zeitaufwand</b>	<b>Bewertung</b>				
	<u>Zeitaufwand pro Betrieb</u>	<u>Betrieb</u>	<u>Büro</u>	<u>EDV- Arbeit</u>	<u>Inter- pretation</u>
> 10 Tage	1	1	1	1	1
5 Tage < und ≤ 10 Tage	2	2	2	2	2
3 Tage < und ≤ 5 Tage	3	3	3	3	3
1 Tage < und ≤ 2 Tage	4	4	4	4	4
≤ 1 Tage	5	5	5	5	5

<b>Bewertung der Methoden (Gesamtzeit) pro Bewertungsjahr und Betriebstyp</b>	INDIGO	KUL/USL	REPRO	SALCA
1. Jahr: Ackerbaubetrieb*	2	5	3	3
1. Jahr: Gemischtbetrieb**	3	5	2	3
2. Jahr: Ackerbaubetrieb*	4	5	3	4
2. Jahr: Gemischtbetrieb**	3	5	2	3

\* Betrieb mit 20 Schlägen      \*\* Ackerbau + Rinderproduktion mit 50 Schlägen

## 2.3 Bereich Nutzen

Insgesamt ist festzustellen, dass auf diesem Gebiet keine Methode schlecht bewertet wird. KUL/USL erhält die Spitzenbewertung für die Kriterien „Eindeutigkeit der Aussage der Ergebnisse“ und „Kommunizierbarkeit der Resultate“, während sich REPRO durch die Abdeckung der Bedürfnisse der Anwender, insbesondere der Landwirte, auszeichnet (Abbildungen 8a und 8b).

### 2.3.1 Abdeckung der Bedürfnisse

Es wurde eine Liste der Bedürfnisse der verschiedenen Anwender erstellt (Anhang 6.7). Grundlage für diese Liste sind die Erfahrungen der Projektpartner sowie Aussagen der drei potenziellen Anwendergruppen beim ITADA-Workshop in Weil am Rhein am 16. September 2004. Insgesamt entsprechen die vier Methoden den Bedürfnissen der Berater gut und denen der Landwirte und der Verwaltung in einem befriedigenden Maße (Tabelle 21). Dem Bedarf der Verwaltung hinsichtlich eines Kontrollinstruments wird durch die vier Methoden wenig Rechnung getragen (Anhang 6.7). Die Landwirte äußerten auf dem Workshop ihr Bedürfnis nach Übereinstimmung mit den zu beachtenden Verwaltungsvorschriften. Hier zeigt sich ein gewisser Widerspruch zwischen Managementinstrumenten, wie den vier in diesem Bericht analysierten Methoden, die auf Selbständigkeit und Eigeninitiative der Landwirte setzen und den staatlichen Kontrollen, denen sich Landwirte weitgehend unterziehen müssen. Inwiefern sich beide Ansätze (Eigenverantwortung und Kontrolle) durch dasselbe Instrument vertreten lassen, ist ein offener Punkt.

REPRO weist jedoch gegenüber den anderen Methoden insofern einen wesentlichen Vorteil auf, als es auch ökonomische Kriterien beinhaltet, was insbesondere für den Landwirt und Berater von großer Bedeutung ist (Es sei nochmals darauf hingewiesen, dass der Bereich Betriebswirtschaft nicht Teil dieser Studie ist und die auf GIS basierten Hilfestellungen

wegen des damit verbundenen Aufwands nur in einem Einzelfall getestet werden konnten). Die Methode KUL/ USL schneidet ein wenig schlechter ab, weil die Indikatoren nur auf Betriebsebene berechnet werden und keine nach Einzelschlägen differenzierten Ergebnisse geliefert werden.

### 2.3.2 Eindeutigkeit der Aussage der Ergebnisse

Bei diesem Kriterium wird die Methode KUL/USL sehr gut bewertet, weil der Anwender eine ausführliche Ergebnisdarstellung mit Interpretation und Beratungsempfehlungen geliefert bekommt (Tabelle 22). Bei den anderen Methoden erhält der Landwirt nicht automatisch eine Interpretation mit Beratungsempfehlung. Diese können jedoch bei INDIGO, REPRO und SALCA von geschulten Anwendern durch Analyse und Aufbereitung der Ergebnisse abgeleitet werden.

### 2.3.3 Kommunizierbarkeit der Resultate

Auch bei diesem Kriterium erhält die Methode KUL/USL die beste Wertung (Tabelle 23). Ihre Ergebnisse sind leicht kommunizierbar und die Methode bietet darüber hinaus auch noch die Möglichkeit zur Zertifizierung bzw. Auszeichnung zum „Betrieb der umweltverträglichen Landbewirtschaftung“, wodurch diese Methode dem Anwender einen Zusatznutzen bringt. Die drei anderen Methoden erhalten hier die Bonitur „gut“. INDIGO und REPRO liefern Ergebnisse, die noch einige Erläuterungen benötigen, während die von SALCA in Einheiten angegeben sind, die in der Landwirtschaft wenig gebräuchlich sind. Alle vier Methoden könnten auch im Rahmen eines Zertifizierungsverfahren nach EMAS, bzw. ISO 14000 Anwendung finden.

**Tab. 21:** Beurteilung der Methoden für das Kriterium *Abdeckung der Bedürfnisse* (Bonitur 1 = keine, 5 = vollständig): Mittelwert für die jeweilige Anwendergruppe.

<b>Bewertung der Methoden zu Kriterium Abdeckung der Bedürfnisse</b>	<b>INDIGO</b>	<b>KUL/USL</b>	<b>REPRO</b>	<b>SALCA</b>
Landwirt	<b>2,5</b>	<b>2,5</b>	<b>3,5</b>	<b>2,8</b>
Landwirtschaftliche Beratung	4,0	3,7	4,5	4,0
Behörden	2,7	3,0	3,0	2,7

**Tab. 22:** Beurteilung der Methoden für das Kriterium *Eindeutigkeit der Aussage der Ergebnisse* (Bonitur 1 = schlecht, 5 = sehr gut).

<b>Entscheidungsregel für das Kriterium Eindeutigkeit der Aussage der Ergebnisse</b>	<b>Landwirt</b>	<b>Berater</b>	<b>Behörden</b>	
nur Ergebnisse	1	1	1	
keine ausführliche Analyse mit reduzierter graphischer Darstellung	1	1	2	
keine ausführliche Analyse mit graphischer Darstellung	1	3	2	
keine ausführliche Analyse keine Empfehlung	2	2	3	
keine oder mit reduzierter graphischer Darstellung				
mit ausführlicher Analyse keine Empfehlung	3	4	4	
mit graphischer Darstellung				
mit ausführlicher Analyse mit Empfehlung	4	2	3	
keine oder mit reduzierter graphischer Darstellung				
mit ausführlicher Analyse mit Empfehlung	5	5	5	
mit vollständiger graphischer Darstellung				
<b>Bewertung der Methoden</b>	<b>INDIGO</b>	<b>KUL/USL</b>	<b>REPRO</b>	<b>SALCA</b>
Landwirt	<b>3,5</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
Landwirtschaftliche Beratung	4	5	4	4
Behörden	4	5	4	4

**Tab. 23:** Beurteilung der Methoden für das Kriterium *Kommunizierbarkeit der Resultate* (Bonitur 1 = schlecht, 5 = sehr gut): Mittelwert für die jeweilige Anwendergruppe.

<b>Entscheidungsregel für das Kriterium Kommunizierbarkeit der Resultate</b>				
Ergebnisse mit wissenschaftlichen Einheiten ohne graphische Darstellung ohne Zielwert (absolut)/Referenzwert (relativ) ohne Erläuterungen/Interpretationshilfe				
				1
Ergebnisse mit Bonitur ohne graphische Darstellung ohne Zielwert/Referenzwert ohne Erläuterungen/Interpretationshilfe				
				2
Ergebnisse mit wissenschaftlichen Einheiten mit graphischer Darstellung einzelner Betriebe ohne Zielwert/Referenzwert				
				2
Ergebnisse mit Bonitur ohne graphische Darstellung mit Zielwert/Referenzwert ohne Erläuterungen/Interpretationshilfe				
				3
Ergebnisse mit wissenschaftlichen Einheiten mit graphischer Darstellung einer Rangfolge ohne Zielwert/Referenzwert ohne Erläuterungen/Interpretationshilfe				
				3
Ergebnisse mit Bonitur mit graphischer Darstellung ohne Zielwert/Referenzwert mit Erläuterungen/Interpretationshilfe				
				4
Ergebnisse in wissenschaftlichen Einheiten mit graphischer Darstellung Betrieb mit Zielwert/Referenzwert mit Erläuterungen/Interpretationshilfe				
				4
Ergebnisse in Bonitur mit graphischer Darstellung mit Zielwert mit Erläuterungen/Interpretationshilfe				
				5
Zertifizierung (Label)				5
<b>Bewertung der Methoden</b>	<b>INDIGO</b>	<b>KUL/USL</b>	<b>REPRO</b>	<b>SALCA</b>
	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>4</b>



### 3 Beurteilung der Methoden für einzelne Umweltthemen

#### 3.1 Stickstoffverluste

Die Stickstoffproblematik umfasst verschiedene Facetten. Während in der Öffentlichkeit am meisten über die Nitratauswaschung unter landwirtschaftlichen Flächen berichtet wird, sind die Probleme der gasförmigen Emissionen Ammoniak ( $\text{NH}_3$ ), Lachgas ( $\text{N}_2\text{O}$ ) und Stickoxide ( $\text{NO}_x$ ) eher auf Expertenzirkel beschränkt, wobei die Landwirtschaft hier nicht der einzige Verursacher ist (Olivier et al., 1998). Im Übrigen treten diese Emissionen sowohl bei der Herstellung als auch bei der Anwendung der Düngemittel auf. Die Stickstoffdüngung bewirkt daneben weitere Effekte in Bezug auf die Bodenfruchtbarkeit und den pH-Wert des Bodens (Galloway et Cowling, 2002; Oberholzer et al., 2005) sowie auf Flora und Fauna (Oldham et al., 1997; Jeanneret et al., 2005). Aufgrund dieser Überlegungen wurde diese Thematik für die Bewertung mit Hilfe von Kriterien in die folgenden sechs Unterkapitel unterteilt:

- von der Düngemittelherstellung ausgehende Wirkungen
- ausbringungsbedingte Wirkungen
- Emissionen von  $\text{NO}_3$
- Emissionen von  $\text{NH}_3$
- Emissionen von  $\text{N}_2\text{O}$
- Emissionen von  $\text{NO}_x$

##### 3.1.1 Überblick der Berechnungsverfahren

Abbildung 9 gibt einen Überblick über die Bewertungsinstrumente für Stickstoffverluste bei den verschiedenen Methoden. Diese beruhen hauptsächlich oder teilweise auf Bilanzen bzw. Input-Output-Vergleichen (jedoch sehr unterschiedlicher Art [Oenema et al., 2003]), welche mit Modulen für gasförmige Stickstoffverluste kombiniert werden. Es lässt sich ein Gradient zunehmender Komplexität beobachten. Ausgangshypothese für die Verwendung von Bilanzen ist, dass im Falle einer positiven Bilanz der Überschuss eine Abschätzung der potenziellen Stickstoffverluste ermöglicht. Dieser Ansatz erlaubt keine Unterscheidung der Verlustarten (Lord et al., 2002), wird allerdings von manchen Autoren empfohlen (Christen et O'Halloran-Wietholtz, 2002). Eine ausführlichere Analyse des Stickstoffbilanz-Ansatzes, seiner Möglichkeiten und Grenzen befindet sich in Anhang 7.

Die Methode KUL/USL verwendet die 'Hoftorbilanz', welche in Frankreich als 'bilan apparent' bezeichnet wird (Simon et al., 2000). Sie wird auf Betriebsebene berechnet (Abbildung 9). Dieses Verfahren ist in Europa weit verbreitet (s. u.a. 'Internationale Konferenz zum Schutze der Nordsee'<sup>14</sup>).

Das Berechnungsverfahren von REPRO, wie in diesem Projekt angewendet, arbeitet auf Ebene der Einzelschläge des Betriebs und bezieht verschiedene Bilanzierungsansätze ein. Es berücksichtigt bei den Zufuhren die Höhe der Immissionen, organische und mineralische Düngung sowie die symbiotische N-Fixierung (in Ernte- und Wurzelrückständen) und bei den Abfuhren den Nährstoffentzug durch Haupt- und Nebenprodukt (Markt- und Futterfrüchte) sowie Konservierungsverluste. Im Unterschied zum ersten Ansatz sind hier auch Angaben über die Ertragshöhe von Futterpflanzen erforderlich, deren Ermittlung relativ schwierig ist.

In der Komplettversion verwendet REPRO einen komplexen Ansatz, der sich hauptsächlich auf das Modell CANDY (Abraham, 2001; Hülsbergen, 2003) stützt. Dabei werden auch die

---

<sup>14</sup> <http://www.ospar.org/eng/html/dra/>  
<http://www.bonnagreement.org>  
[www.bmu.de/meeresumweltschutz](http://www.bmu.de/meeresumweltschutz)

Stickstofffestlegung bzw. -freisetzung des Bodens berechnet. Die Berechnung der Auswaschung erlaubt darüber hinaus auch die Angabe der Nitrat-Konzentration im Sickerwasser. Erforderlich sind jedoch eine Beschreibung der Bodenhorizonte, bodenphysikalische Kenngrößen und taggenaue Wetterdaten (Niederschläge, Temperaturen, Globalstrahlung). Wegen des hohen Datenbedarfs konnte dieser Ansatz im Projekt nicht angewandt werden (s. Abb. 9: Komplettversion REPRO).

Die Methoden INDIGO und SALCA beruhen auf einfachen Modellen und verwenden eine 'Teilbilanz' (bei SALCA monatlich und bei INDIGO für die beiden Hauptphasen des Vegetationszyklus). Diese Bilanzberechnung wird auf Ebene des Bodens berechnet und beinhaltet somit die Mineralisation. Damit lassen sich die Auswaschungsverluste abschätzen, nachdem die gasförmigen Verluste mit Hilfe von Emissionsfaktoren abgezogen wurden:

Der Indikator IN von INDIGO schätzt das Auswaschungsrisiko in den zwei wichtigsten Phasen des Anbauzyklus ab:

- während des Anbaus über die Höhe der Düngung und einen Auswaschkoeffizienten, der abhängig ist von Boden, Wetter und Termin der Ausbringung,
- nach Ernte der Kultur bis zum Winter mit Hilfe einer Nach-Ernte-Nmin-Bilanz.

In beiden Fällen wird der Auswaschkoeffizient mit der in Frankreich klassischerweise verwendeten Burns-Gleichung ermittelt (Laurent et Castillon, 1987, Guide des sols ARAA, Party et al., 1999). Dazu benötigt man eine Wasserbilanz (Niederschläge von der Evapotranspiration abgezogen), wie sie in den bodenkundlichen Kartierungsveröffentlichungen der ARAA enthalten ist, sowie die Durchwurzelungstiefe und die Bodenarten im Bodenprofil.

Das im Projekt verwendete Stickstoff-Modell der Methode SALCA beruht auf einer Berechnung von Teilbilanzen in Monatsschritten unter Berücksichtigung einerseits der Mineralisierung in Abhängigkeit vom Bodentyp (organische Substanz, Ton- und Humusgehalt), der Bodenbearbeitung, dem Viehbesatz und der Fruchtfolge und andererseits des Entzugs durch die Vegetation. Sie wird ergänzt um die Menge auswaschbaren Düngers (monatliches Auswaschungsrisiko in Abhängigkeit von Art, Menge, Gehalt und Ausbringungszeitpunkt). Auf diese Art und Weise schätzt SALCA die potenziell auswaschbare Nitratmenge ab, ohne Berücksichtigung von Wetter und Dränagewasser<sup>15</sup>.

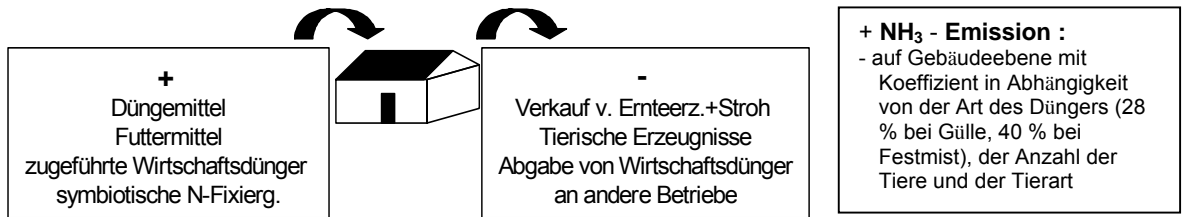
Für die Abgasung von Ammoniak verwenden alle vier Methoden Emissionskoeffizienten. Die Methode INDIGO berücksichtigt lediglich die Verluste auf dem Feld, die Methode KUL/USL die Verluste auf Ebene des Stalls, REPRO und SALCA hingegen beide. Dabei werden bei SALCA auch noch die Lagerungsemissionen berechnet.

Die Lachgasemissionen (N<sub>2</sub>O) werden von INDIGO und SALCA berücksichtigt. Beide verwenden in einer Gleichung u. a. den Bouwman-Koeffizienten für die Emissionen aus Dünger (Bouwman, 1996), der laut der europäischen Übersicht von Freibauer und Kaltschmitt (2000) immer noch aktuell ist. Die Methode SALCA schätzt darüber hinaus auch die gasförmigen Emissionen bei der Düngemittelherstellung ab sowie die über Ammoniakverluste und Nitratauswaschung induzierten Lachgasemissionen.

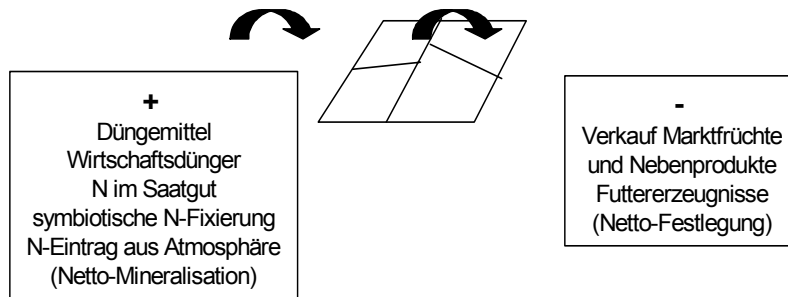
---

<sup>15</sup> In der Zwischenzeit wurde diese Methode aktualisiert und ergänzt durch einen Umrechnungsfaktor, der die berechneten potenziellen Auswaschraten mit in Zürich gemessenen Werten in Beziehung setzt (Richner et al., 2005)

### 'Hoforbilanz' von KUL/USL auf Betriebsebene



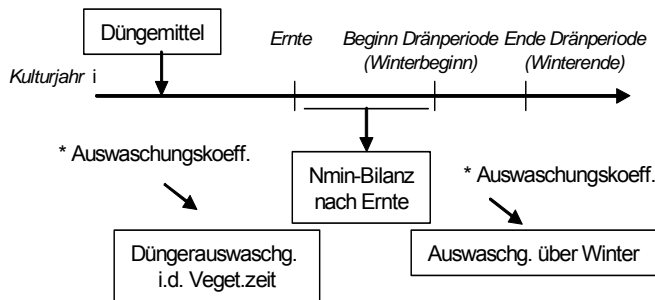
### 'Schlagbilanz' von REPRO



### \* Kompletterversion REPRO:

- NH<sub>3</sub> - Emission \***  
- Abgasungs-Koeffizient = f (Düngerart, Einarbeitungszeitpunkt; 3 Stufen)
- Denitrifikation (N<sub>2</sub>-Verlust)\***  
- empirische Gleichung = f (NO<sub>3</sub> im Boden, Bodenverhältnisse)
- Abschätzung d. Auswaschung. =**  
(N-Bilanz ± Bodenmineralisierung. - NH<sub>3</sub>-Verluste - N<sub>2</sub>-Verluste) \*  
Auswaschkoeffizient  
- Auswaschkoeffizient = f (Niederschlag, ETP)

### I-NO<sub>3</sub> INDIGO®



### NH<sub>3</sub> -Emissionen

Abgasungskoeffizient = f (Düngerart, Ausbringungsperiode, Einarbeitung, Kalkgehalt des Bodens)

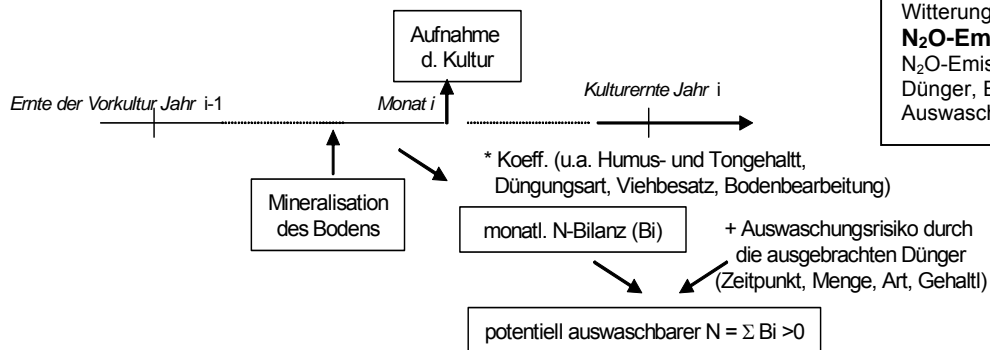
### N<sub>2</sub>O -Emissionen

N<sub>2</sub>O-Emissionsfaktor (1,25 %) nach Bodentyp korrigiert, Bewirtschaftungsmaßnahmen (Beregnung, Pflugverzicht)

### Abschätzung der Auswaschung

N<sub>min</sub>-Bilanz nach der Ernte = N<sub>min</sub> im Boden (abhängig von Abweichung zur Empfehlung) + Bodenmineralisierung nach der Ernte + Mineralisierung der Ernterückstände (bzw. Festlegung) + N-Düngung nach Ernte - N-Aufnahme durch Folgefrucht

### NO<sub>3</sub> - Auswaschungsberechnung bei SALCA



### NH<sub>3</sub>-Emissionen

NH<sub>3</sub>-Emissionsfaktor = f (Dünger und Witterung (Gülle) + Gebäude)

### N<sub>2</sub>O-Emissionen

N<sub>2</sub>O-Emissionsfaktoren (1,25 % für Dünger, Ernterückstände), (2,5 % für N-Auswaschung, 1 % für N-Abgasung)

Abb. 9: Darstellung der Ansätze der vier Methoden INDIGO, KUL/USL, REPRO und SALCA für Stickstoff.

### 3.1.2 Bewertung der Fachlichkeit

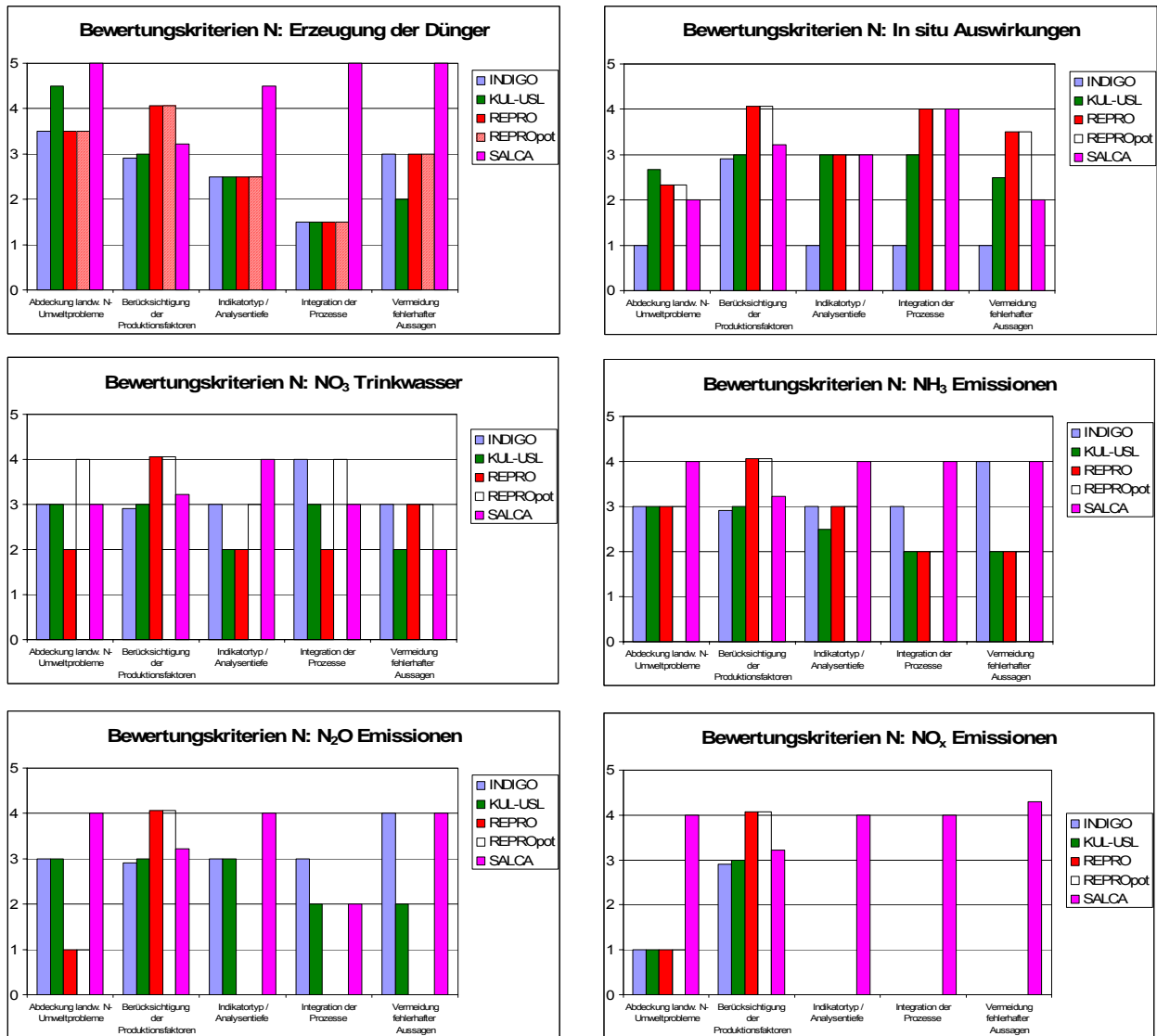
Die Bewertung dieser Methoden wird anhand der Beurteilungskriterien vertieft (s.a. Kap. 2), wobei eine Beschränkung auf die wissenschaftliche Aussagefähigkeit stattfindet. Das zusätzliche Kriterium 'Integration von Prozessen' (Tabelle 24) wird hinzugefügt und das Kriterium 'Abdeckung der landwirtschaftlichen Produktionszweige', welches sich von der Gesamtbeurteilung nicht unterscheiden darf, entfällt. Wie bereits in Kapitel 3.1 erwähnt, weist die Stickstoffproblematik zahlreiche, im Kriterium 'Grad der Abdeckung von Umweltbereichen' (Anhang 8.1) ausgeführte Einzelaspekte auf, welche in sechs Unterthemen untergliedert werden:

- Mit der Düngemittelherstellung verbundene Wirkungen: Energieverbrauch und Lachgas- ( $N_2O$ ) und Stickoxidemissionen ( $NO_x$ )
- Mit der Düngerausbringung verbundene Wirkungen vor Ort (in situ Auswirkungen): Bodenfruchtbarkeit, Versauerung, Auswirkungen auf die Fauna und Flora
- $NO_3$ -Emissionen: Auswirkungen auf Eutrophierung, Trinkwasserqualität
- $NH_3$ -Emissionen: Auswirkungen auf Eutrophierung und Versauerung natürlicher Standorte
- $N_2O$ -Emissionen: Auswirkungen auf Treibhauseffekt
- $NO_x$ -Emissionen: Auswirkungen auf Bildung von bodennahem Ozon, Versauerung natürlicher Standorte und menschliche Gesundheit.

Die Methode REPRO wurde zweifach bewertet: Zum einen für den Umfang, der im Projekt angewandt wurde (Beschränkung auf die flächenbezogene N-Bilanz), zum anderen für den vollständigen Umfang mit den potenziellen Möglichkeiten, die REPRO bietet (vollständige Bilanz + Auswaschungsberechnung = Komplettversion), bezeichnet als  $REPRO_{pot}$ .

**Tab. 24:** Entscheidungsregeln für das Kriterium *Integration der Prozesse* (Bonitur 1 = nichts, 5 = vollständig).

	<b>Bonitur</b>
Nicht berücksichtigt oder empirische Berücksichtigung durch einen <u>einzigem</u> Emissionsfaktor	1
Empirischer Ansatz, der nur eine Art von Faktoren berücksichtigt (z.B. landwirtschaftliche Maßnahmen bzw. Bodenfaktoren bzw. hydrologische Faktoren)	2
Empirischer Ansatz, der die verschiedenen Arten von Faktoren berücksichtigt (landwirtschaftliche Maßnahmen, Bodenfaktoren, hydrologische bzw. Wetterfaktoren)	3
Ansatz teilweise empirisch, teilweise konzeptionell/mechanistisch	4
Mechanistische Modellierung der Emissionen bzw. Messungen	5



**Abb. 10:** Beurteilung der Methoden INDIGO, KUL/USL, REPRO und SALCA für die verschiedenen stickstoffbezogenen Umweltbereiche mit Hilfe von Bewertungskriterien.

REPROpot = Kompletversion von REPRO.

Die folgenden Kommentare sind Abbildung 10 und den Anhängen 8.1 bis 8.5 entnommen.

### **Mit der Düngemittelproduktion verbundene Wirkungen (Erzeugung der Dünger)**

Bei diesem Problemfeld hebt sich SALCA durch eine gute Berücksichtigung der Wirkungen von den anderen Methoden ab. Die von ihr verwendeten Koeffizienten stammen aus zahlreichen Arbeiten, denen direkte Emissionsmessungen zugrunde liegen (Nemecek et al., 2004b). Die anderen Methoden berücksichtigen den Energieaufwand (Lachgas wird nur von KUL/USL berücksichtigt). Die Energie-Koeffizienten sind dabei der Fachliteratur entnommen.

### **Mit der Ausbringung verbundene Wirkungen auf die Fläche (In situ Auswirkungen)**

Dieser Punkt wird von INDIGO überhaupt nicht und von SALCA sowie REPRO nur in Form der Auswirkungen auf die Nährstoffbilanz des Bodens (Eutrophierung) behandelt, wobei KUL/USL hierbei teilweise auch noch den Auswirkungen auf den pH-Wert des Bodens

Rechnung trägt. Die Auswirkungen auf die Fauna werden bisher nicht berücksichtigt. Auffällig ist die gute Bonitur von REPRO beim Kriterium 'Vermeidung fehlerhafter Aussagen'. Die verwendete Bilanz wurde veröffentlicht und teilweise validiert (Abraham, 2001).

### **NO<sub>3</sub>-Emissionen: Eutrophierung, Trinkwasserqualität**

Alle Methoden behandeln dieses Thema, die Methoden KUL/USL und der im Projekt angewandte Umfang des Modells REPRO wegen ihres bilanzbasierten Ansatzes in etwas geringerem Umfang. Dies gilt insbesondere für KUL/USL, das nur eine Hoftorbilanz verwendet (Anhang 7). Die Methode SALCA deckt wegen der Berücksichtigung der Eutrophierung bei den NO<sub>3</sub>-Emissionen diesen Bereich im Allgemeinen gut ab. Lediglich bei der Wasserqualität weist sie gegenüber INDIGO und der Komplettversion von REPRO (REPRO<sub>pot</sub>) bezüglich der letzten beiden Kriterien 'Integration der Prozesse' und 'Vermeidung fehlerhafter Aussagen' mit direktem Bezug zur Berechnungsweise eine Lücke auf. SALCA liefert keine Informationen über die ausgewaschenen Mengen, sondern nur über die im Boden potenziell verlagerbaren Stofffrachten. Hervorzuheben ist, dass die Methode REPRO<sub>pot</sub> die Auswaschung bis ins Grundwasser erfassen kann. Validationsdaten liegen für INDIGO (Actis Dana, 2004) und REPRO (Hülsbergen, 2003) vor.

### **NH<sub>3</sub>-Emissionen: Eutrophierung und Versauerung natürlicher Standorte**

Auch bei diesem Punkt unterscheidet sich SALCA wieder von den anderen Methoden durch eine bessere Berücksichtigung der Wirkungen (Eutrophierung und die Versauerung von natürlichen Böden). Die anderen Methoden begnügen sich mit einer Abschätzung der Emissionen. Beim Kriterium «Vermeidung fehlerhafter Aussagen» gehen INDIGO und SALCA jeweils den Weg über die wissenschaftliche Literatur (Pervanchon et al., 2005) bzw. über validierte Ergebnisse, die im Rahmen von Arbeiten zur Lebenszyklusanalyse gewonnen wurden.

### **N<sub>2</sub>O-Emissionen: Treibhauseffekt**

Diese Emission wird von REPRO nicht betrachtet. Die Methode KUL/USL verwendet ausschließlich einen Emissionskoeffizienten. Die Methode SALCA stützt sich auf mehrere Koeffizienten in einer Gleichung, die jedoch nur eine Art von Faktor berücksichtigt. Die Emissionen sind von den Stickstoffmengen (in Düngern, Ernterückständen, usw.) abhängig, während sich INDIGO zusätzlich eines mit Korrekturfaktoren in Abhängigkeit von den Boden- und Kulturbedingungen korrigierten Koeffizienten bedient. Dies erklärt die besseren Bonituren von INDIGO beim Kriterium «Integration der Prozesse». Jedoch betrachtet INDIGO nur Emissionen und nicht die potenzielle Wirkung (Globalerwärmung) wie SALCA, was beim Kriterium „Indikatorotyp / Analysentiefe“ die bessere Bewertung von SALCA erklärt. Wie bei den NH<sub>3</sub>-Emissionen stützen sich INDIGO und SALCA beim Kriterium «Vermeidung fehlerhafter Aussagen» jeweils auf eine Validierung über eine wissenschaftliche Veröffentlichung (Pervanchon et al., 2005; Schmid et al., 2000).

### **NO<sub>x</sub>-Emissionen: Bildung von bodennahem Ozon und Zerstörung der Ozonschicht in der Troposphäre (Ergebnisse in Anhängen 9.1 bis 9.5)**

Dieser Emissionstyp wurde nur von SALCA behandelt. Die guten Bonituren (zwischen 3 und 4,5) erklären sich durch die Berücksichtigung der Wirkungen.

### 3.2 Risiko durch Pflanzenschutzmitteleinsatz

Nach den ersten Auseinandersetzungen über den Einsatz von Insektiziden aus der Familie der organischen Chlorverbindungen (DDT, Heptachlor) in den 60er Jahren zählt der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln heute zu der allgemein vorherrschenden Besorgnis in der Gesellschaft. Artikel in Verbraucherschutzzeitschriften wie 'Que Choisir' in Frankreich (Chesnais, 2001) belegen dies. Der Eintrag von Wirkstoffen in die Gewässer zählt nach Pionierarbeiten in den Vereinigten Staaten von Amerika (Flury, 1996) zu den größten Sorgen in Frankreich (Schiavon et al., 1995) und Europa. Immer regelmäßiger werden Bestandsaufnahmen der Wasserqualität veröffentlicht (USA: Kolpin et al., 2000; Frankreich: IFEN, 2003 ; Rheinebene: APRONA, 2005). Dem Projektteam war es ein Anliegen diese Problematik, die gegenüber Nitrat immer stärker in den Vordergrund drängt, zu berücksichtigen.

Aus Tabelle 25 geht hervor, dass die beiden deutschen Methoden REPRO und KUL/USL hauptsächlich auf einem identischen Indikator zur Bewertung der Pflanzenschutzintensität beruhen, der denen der französischen Methoden (darunter auch IDEA) sehr nahe kommt (Briquel et al., 2001). Der Ansatz von SALCA basiert auf dem von Margni et al. (2002) vorgeschlagenen Modell<sup>16</sup>. Diese Autoren stützen sich einerseits auf Modelle und andererseits auf Transferkoeffizienten. Die Umweltfaktoren (z.B. Bodentyp, Bodentiefe, Hangneigung, usw.) werden jedoch kaum berücksichtigt. Der von INDIGO vorgeschlagene I-Phy-Indikator beruht dagegen auf einem rein qualitativen Ansatz, welcher mit dem Aggregationsverfahren der Fuzzy Logic verknüpft wird (Mertens und Huwe, 2002; Silvert, 2000). Der I-Phy-Indikator war Gegenstand einer wissenschaftlichen Veröffentlichung (Bockstaller, 2004; van der Werf und Zimmer, 1998) und wurde mit anderen Indikatoren verglichen (Devillers et al., 2005; Reus et al., 2002). Er berücksichtigt die verschiedenen Risikokomponenten der Exposition (Art des Milieus, des Wirkstoffes, der Anwendungsbedingungen) sowie ein Toxizitätskriterium. Für den Teil „Risiko für Oberflächengewässer“ des I-Phy-Indikators haben die Autoren den Standortfaktoren, in Einklang mit Daten der Literatur, ein größeres Gewicht in der Berechnung gegeben, als den Wirkstoffeigenschaften.

Verglichen mit der Vielfalt der angebotenen Instrumente - Devillers et al. (2005) haben über 40 Indikatoren zu Pflanzenschutzmitteln aufgeführt - sind die von den vier untersuchten Methoden verwendeten Indikatoren eher einfach konzipiert. Die Schwäche des von den deutschen Methoden verwendeten Indikators zur Bewertung der Pflanzenschutzintensität, des sog. 'Behandlungsindex', besteht darin, dass dieser von dem einfachen Postulat ausgeht, dass weniger Stoffeintrag in die Umwelt gleichzeitig weniger Risiko für diese darstellt. Dies trifft in dieser Absolutheit nicht zu (Gutsche und Ganzelmeier, 2003). Die Umwelt bleibt unberücksichtigt und die Aktivsubstanzen werden alle auf eine Ebene gestellt. Diese zeigen in der Umwelt jedoch nicht das gleiche Verhalten und weisen nicht dieselbe Giftigkeit auf. Der Behandlungsindex bezieht sich im Übrigen auf die zugelassene Regelaufwandsmenge und berücksichtigt reduzierte Aufwandmengen ebenso wie Teilbehandlungen, d.h. er drückt die Behandlungsintensität aus. Beim Ansatz von SALCA wird die Exposition infolge von Emissionen in einer einfachen Weise auf Grund von durchschnittlichen Rahmenbedingungen berücksichtigt. Was I-Phy betrifft, so liegt seine größte Schwäche darin, dass er lediglich qualitativ ist und z.B. den Ausbringungszeitpunkt unzureichend berücksichtigt (Thiollet-Scholtus, 2004). Außerdem erscheint das auf Fuzzy-Logic basierende Aggregationsverfahren manchmal wie eine Blackbox. Von den vorgeschlagenen Ansätzen ist es jedoch derjenige, der den Standortfaktoren und den Bewirtschaftungsmaßnahmen des Landwirts (Dosis, Anwendungszeitpunkt, Einarbeitung des Mittels oder nicht, Abgrenzung des Schlags mit Grünstreifen, Maßnahmen zur Verminderung des Oberflächenabflusses) am besten gerecht wird.

---

<sup>16</sup> Die aktualisierte Version von SALCA (Gaillard et al., 2005) berücksichtigt neu in erster Priorität das Model EDIP von Hauschild und Wenzel (1998) und zieht CML2001 (Guinée et al., 2001) als Kontrolle heran. Margni et al. (2001) kommen lediglich als Absicherung im Falle divergierender Aussagen durch die beiden vorgenannten Modelle zum Einsatz.

Die in Tabelle 25 vorgestellten Indikatoren beziehen sich insbesondere auf die diffuse Belastung, welche nicht unbedingt die Hauptbelastungsquelle - punktuelle Belastungen (Unfälle, unsachgemäßer Umgang) - darstellt (Frede et al., 1998). Lediglich KUL/USL berücksichtigt zumindest teilweise die punktuellen Belastungen in seinem Kriterium «Verminderung von Risiken», indem es die Beteiligung an einem System zur unschädlichen Beseitigung von Pflanzenschutzmittelverpackungen sowie das Vorhandensein eines Systems zur Reinigung der Pflanzenschutzmittelspritze auf dem Feld abfragt. Es wird darauf hingewiesen, dass die schweizerischen Autoren der Ansicht sind, dass dieser Aspekt in ihrem Land durch Vorschriften geregelt ist.

**Tabelle 25:** Kurze Beschreibung der von den vier Methoden vorgeschlagenen Instrumente zur Evaluierung der mit dem Gebrauch von Pflanzenschutzmitteln verbundenen Risiken.

<b>INDIGO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Indikator I-Phy: 3 Umweltmedien berücksichtigt : Grund- und Oberflächenwasser, Luft Für jede Risikoart: Mit Fuzzy-Logic verknüpfte Entscheidungsregeln, welche folgende Merkmale qualitativ berücksichtigen: die Moleküleigenschaften (z.B. GUS<sup>17</sup>-Index für Grundwasser), die Bodenbedeckung, Einarbeitung in den Boden oder nicht, Sensibilität der Umwelt und als erschwerenden Faktor die Toxizität. In einem zweiten Schritt werden diese Risiken mit der Aufwandmenge verschnitten, um ein Gesamtrisiko (zwischen 0 = höchstes Risiko und 10 = kein Risiko) auszuweisen. In einem dritten Schritt werden die Risiken der einzelnen Wirkstoffe aggregiert, ausgehend von der niedrigsten Bonitur (= höchstes Risiko) und unter Abzug von Punkten in Abhängigkeit von den Risiken.</li> </ul>
<b>KUL/USL</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Behandlungsindex (Belastungsdruck-Indikator) = <math>\Sigma</math> (Dosis/zugelassene Dosis) eines Wirkstoffs und (Behandlungsfläche/Anbaufläche)</li> <li>• Kriterium «Risikominderung» Bepunktung guter betrieblicher Praxis (z.B. Abfallentsorgung, mechanische Unkrautbekämpfung)</li> </ul>
<b>REPRO</b>	<p>Insgesamt 15 Indikatoren haben einen Bezug zu Pflanzenschutzmitteln; 4 davon weisen einen Umweltbezug auf:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Behandlungsindex (Belastungsdruck-Indikator) s. KUL/USL</li> <li>• % unbehandelte Fläche</li> <li>• % ökologischer Anbau</li> <li>• % ökologische Ausgleichsflächen</li> </ul>
<b>SALCA</b>	<p>Für die Gesamtheit der ausgebrachten Wirkstoffe: Berechnung der Emissionen mittels Transferfaktor (z.B.: 5% für die Bodenoberfläche, für die Oberflächengewässer, ausgehend von Szenarien. Umwandlung des Toxizitätsfaktors (LC50-Werte für Wasser- und Bodenorganismen) in einen die Wirkung kennzeichnenden Faktor (ausgedrückt in Zn-Äquivalenten) Berechnung = <math>\Sigma</math> (Emissionsmenge an Wirkstoff * Faktor, der die Wirkung beschreibt) i : Wirkstoff</p>

<sup>17</sup> GUS = Gustafson-Mobilitäts-Index = Groundwater Ubiquity Score



### 3.3 Biodiversität

Der Begriff „Biodiversität“, seit der Konferenz von Rio 1992 zur Bezeichnung der biologischen Vielfalt verwendet, bezieht sich auf verschiedene Aspekte von der genetischen Vielfalt bis hin zur Vielfalt von Ökosystemen. Traditionellerweise bezeichnet er die Vielfalt an Arten (Duelli, 1997). Es besteht ein gesellschaftlicher Konsens und eine Mehrheit der Forscher ist sich darin einig, dass es aus ethischen und praktischen Gründen unabdingbar ist, die Biodiversität zu erhalten (Bosshard, 2000; Holdgate, 1996). Es war der COMETE-Arbeitsgruppe daher sehr wichtig, diese die biologische Dimension einschließende Problematik im Rahmen des Projektes zu beleuchten. Dies geschah mit Unterstützung des Instituts für Landschaftsökologie und Naturschutz (ILN) Singen unter der Leitung von Dr. Rainer Oppermann, der mit seinem Ansatz 'Naturbilanz' bereits im vorigen Projekt auf einigen deutschen Betrieben beteiligt war (Bockstaller et al., 2002).

Tabelle 26 vermittelt einen Überblick über die Ansätze zur Bewertung der Auswirkungen von Bewirtschaftungsmaßnahmen auf die Biodiversität. Dabei kommt klar eine sehr starke Ähnlichkeit zwischen den Indikatoren zur Biodiversität in den beiden deutschen Methoden zum Ausdruck, wobei jedoch REPRO eine größere Bandbreite von Indikatoren zur Auswahl stellt. Die Indikatoren *Vielfalt der Kulturen* und *% an Fläche von ökologischer Bedeutung* finden sich bei beiden Methoden. Der Indikator *Flächennutzung* der Methode INDIGO greift das erste Kriterium auf und multipliziert dieses mit dem Größenelement *Flurstücksgröße* (Kriterien, die es auch bei den deutschen Methoden gibt). Dieser Ansatz geht von der Hypothese aus, dass eine Vielfalt an Kulturen und Bodenbedeckungen sowie nicht allzu große Schläge den Austausch zwischen verschiedenen Zonen begünstigen und nicht kultivierte Feldränder für die Biodiversität von Vorteil sind. In diesem Zusammenhang ist zu erwähnen, dass im Zuge der Ausarbeitung von INDIGO ein Indikator 'nicht produktive Strukturen' für Wildäusungsflächen (Keichinger, 2001) sowie ein ähnlicher Indikator für den Obstbau (Griffith, 2004) entwickelt wurden, die in diesem Projekt jedoch nicht angewendet wurden.

Der von SALCA entwickelte Ansatz (Jeanneret et al., 2005) konnte im Rahmen des Projekts noch nicht eingesetzt werden. Wegen seiner Originalität wurde er in diesem theoretischen Vergleich dennoch berücksichtigt. Der Ansatz bei SALCA ist direkter und beruht auf der Grundlage einer sehr umfangreichen Literaturlauswertung (360 Literaturstellen) auf einer qualitativen Modellierung der Effekte. SALCA konzentriert sich auf die Artenvielfalt mit 11 Gruppen von Indikatorarten aus den verschiedenen Agrar-Ökosystemen und naturnahen Habitaten von Kulturlandschaften, welche unterschiedliche trophische Stufen abbilden und in verschiedenen räumlichen Maßstäben reagieren. Die Bewertung der Effekte landwirtschaftlicher Aktivitäten auf eine bestimmte Indikatorartengruppe erfolgt mit einer Bonitur (unscharfe Einteilung) zwischen 0 und 5 (0 = nicht betroffen; 1 - 5 = negativer bis positiver Effekt). Anschließend werden die Noten gewichtet und aggregiert. Die Zusammenfassung erlaubt eine Gesamtnote pro Indikatorartengruppe sowie Noten für Gruppen von landwirtschaftlichen Aktivitäten (wie z.B. die Düngung). Die Endnote für die kennzeichnet die direkten Auswirkungen landwirtschaftlicher Aktivitäten auf die Biodiversität und kann sowohl auf Ebene des Schlages als auch des Betriebszweiges oder des Gesamtbetriebes berechnet werden.

Bezüglich der Biodiversität wird deutlich, dass die verfügbaren Ansätze recht ähnlich und bei INDIGO, REPRO und KUL/USL indirekter Natur sind. Bei den Methoden SALCA und INDIGO befinden sich derzeit weitergehende, auf Modellen beruhende Ansätze in Entwicklung, welche die Wirkungen von Bewirtschaftungsmaßnahmen auf die Biodiversität berücksichtigen.

Ein gemeinsamer Gesichtspunkt aller Methoden ist, dass sie weder auf Messungen im Gelände noch auf Indikatoren wie Anzahl von Zeigerpflanzen (Duelli et Obrist, 1998; Smith et al., 2000) zurückgreifen. Diese Indikatoren finden sich in der von Oppermann vorgeschlagenen Methode 'Naturbilanz' (Oppermann, 2003; Institut für Landschaftsökologie

und Naturschutz et al. 2003), welche auf Erhebungen im Gelände beruht und drei Dimensionen von Biodiversität erfasst:

- Genetische Vielfalt durch die Indikatoren 'Anteil des Bestandes an seltenen Kulturpflanzen-Sorten (% LF) und des Bestandes an seltenen Nutztierassen (in % des Tierbestandes/GVE)'
- Artenvielfalt der frei lebenden Tier- und Pflanzenarten
- Vielfalt von Biotopen und Landschaften.

**Tab. 26:** Kurze Beschreibung der Bewertungsinstrumente der vier Methoden für die Biodiversität.

<b>INDIGO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Indikator Kulturvielfalt: Indirekte Bewertung durch die Vielfalt der Kulturarten (Anzahl an Kulturen * Shannon-Index für Verteilung) und die Größe der Schläge (Anteil großer Schläge im Betrieb &gt; 25 ha ; zwischen 5 ha und 25 ha unscharfer Übergangsbereich, &lt; 5 ha nicht berücksichtigt)</li> </ul>
<b>KUL/USL</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kriterium Kulturartenvielfalt (Shannon-Index)</li> <li>• (Median der Parzellengröße)</li> <li>• Anteil an ökologisch wertvollen Flächen (ÖLF<sup>18</sup>)</li> </ul>
<b>REPRO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kriterium Kulturartenvielfalt (Shannon-Index)</li> <li>• (Median der Parzellengröße)</li> <li>• Anteil an ökologisch wertvollen Flächen (ÖLF)</li> <li>• Anteil an Dauerstilllegungsflächen</li> <li>• Anteil an chemisch nicht behandelten Flächen (nach Pflanzenschutzmittelindex definiert)</li> </ul>
<b>SALCA</b>	<p>In Ausarbeitung (Abschluss 2005):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Erstellung einer Liste von Indikatorartengruppen</li> <li>• 2 Wirkungen: Artenvielfalt spezialisierte und gefährdete (Rote Liste) Arten</li> <li>• Erstellung einer Datengrundlage auf der Basis einer Literaturswertung zu den Wirkungen von Anbaumaßnahmen auf Indikatorartengruppen (qualitative Bewertung auf einer Skala von 0 - 5)</li> <li>• Gewichtung von Habitaten und Bewirtschaftungskategorien (z.B. Düngung)</li> <li>• Aggregation innerhalb der Indikatorartengruppe und zwischen den verschiedenen Indikatorartengruppen.</li> </ul>
<b>Naturbilanz ILN Singen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 12 im Gelände zu ermittelnde Indikatoren, darunter: ⇒ Anzahl Kulturen &gt; 5 % LF ⇒ Randlänge der Schläge/ha ⇒ Anteil an «artenreichen» Schlägen (Ermittlung mittels Leitarten) ⇒ Anzahl seltener Sorten und Rassen (Kulturpflanzen/Nutztiere) ⇒ Anzahl von Landschaftselementen ⇒ Anteil an Extensivflächen</li> </ul>

<sup>a</sup> Shannon Verteilungsindex =  $-\sum p_i \ln p_i/n$  wobei  $p_i$ : Anteil der Kultur  $i$  an der LN  
 $n$ : Gesamtzahl von Kulturen

<sup>b</sup> Shannon-Index:  $-\sum p_i \ln p_i$  wobei  $p_i$ : Anteil der Kultur  $i$  an der LN

<sup>18</sup> ÖLF steht für 'ökologisch und landeskulturell bedeutsame Flächen' gemäß Flächennutzungsnachweis, 1. Landwirtschaftlich nicht oder kaum genutzte ÖLF: z. B. Feldgehölze, Ufergehölze, Baumreihen, Sukzessionsflächen, Röhrichte, Groß- und Kleinseggenriede, Steinriegel, Trockenmauern, Ent- und Bewässerungsgräben. 2. auf extensive Nutzung und/oder Pflege angewiesene ÖLF: z. B. Feucht- und Nasswiesen, Trocken- und Halbtrockenrasen, Bodensaure Magerrasen, Fettwiesen unterschiedlicher Feuchtestufen, Streuobstwiesen, Extensivwäcker, extensiv bewirtschaftete Ackerrandstreifen, Heiden, Dauerbrachen, Säume und Raine.

## 4 Test auf Praxisbetrieben

Nach der Beurteilung der Methoden mit Hilfe von Bewertungskriterien werden die Ergebnisse vorgestellt, die sich aus einem Praxistest auf 13 Betrieben aus drei Ländern ergeben haben. Dieser Test hat nicht die vergleichende Betriebsanalyse zwischen den drei Ländern zum Ziel. Vielmehr ist Ziel dieses Testes, die Anwendbarkeit der Methoden mit Betriebsdaten zu erproben sowie die einzelbetrieblichen Ergebnisse und die daraus abgeleiteten Empfehlungen zu vergleichen.

### 4.1 Vorgehensweise und Erfahrungen

Als erstes positives Ergebnis kann festgehalten werden, dass die Methoden INDIGO, REPRO und SALCA bei den meisten der Betriebe eingesetzt werden konnten. Bei einem deutschen Betrieb (Grünlandbetrieb) wurden die Berechnungen wegen der Notwendigkeit zur Schätzung der Ertragsdaten nur für ein Jahr durchgeführt und bei einem der schweizerischen Betriebe konnten die für INDIGO und REPRO notwendigen Daten aufgrund organisatorischer Probleme des Landwirtes nicht gewonnen werden. Die schweizerischen Projektbearbeiter von Agroscope FAL Reckenholz wandten die drei Methoden selbst an; die beiden anderen Partner ließen die Berechnungen wechselseitig vom Projektpartner des Herkunftslandes der jeweiligen Methode durchführen. Die Anwendung anspruchsvoller Methoden im Ausland verlief nicht immer problemlos; beispielhaft seien hier technische Schwierigkeiten genannt (s. Diskussion und Anhang 11). Die Methode KUL/USL wurde nur auf drei deutschen Betrieben angewandt.

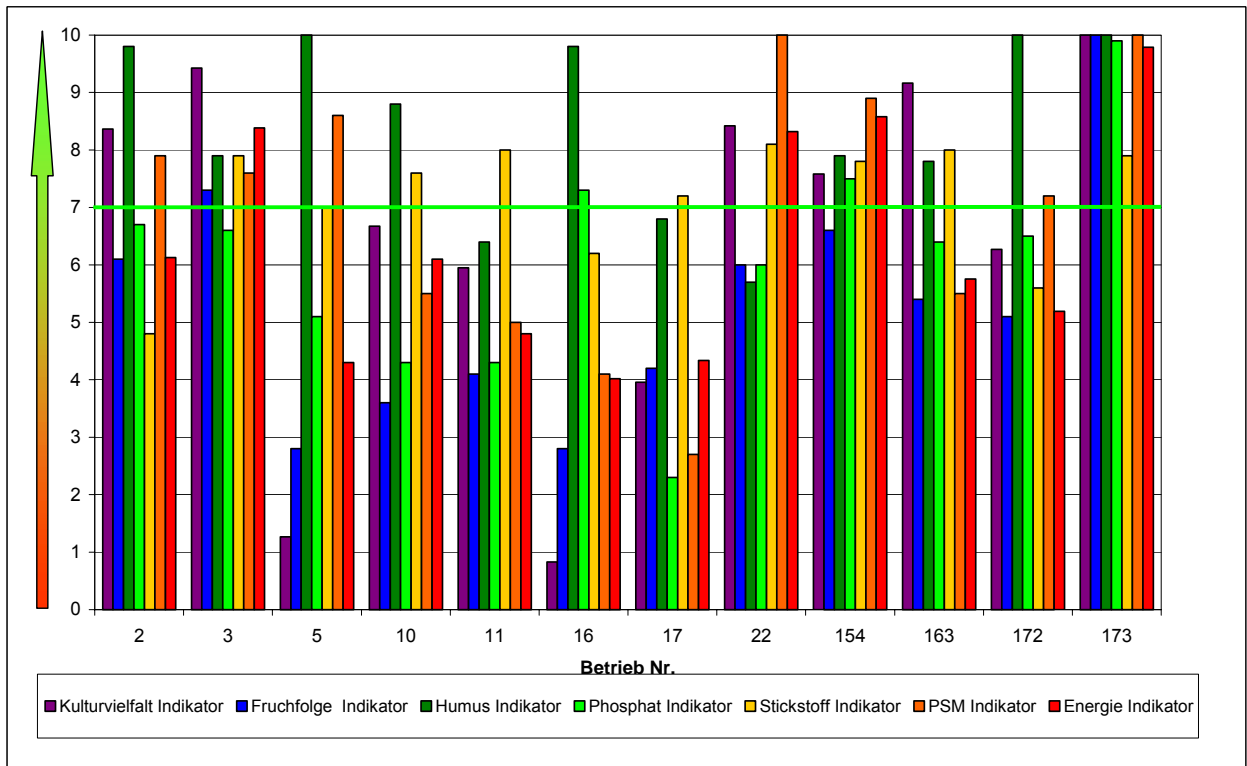
### 4.2 Übersicht der Betriebsergebnisse

Die Abbildungen 11 bis 14 zeigen die mit den verschiedenen Methoden bei den einzelnen Betrieben im Jahr 2002 und teilweise auch 2003 ermittelten Ergebnisse. Die Resultate von INDIGO und REPRO für 2003 befinden sich im Anhang 9.1 und für SALCA und KUL/USL in Anhang 9.2. Rohwerte werden in Anhang 12 dargestellt.

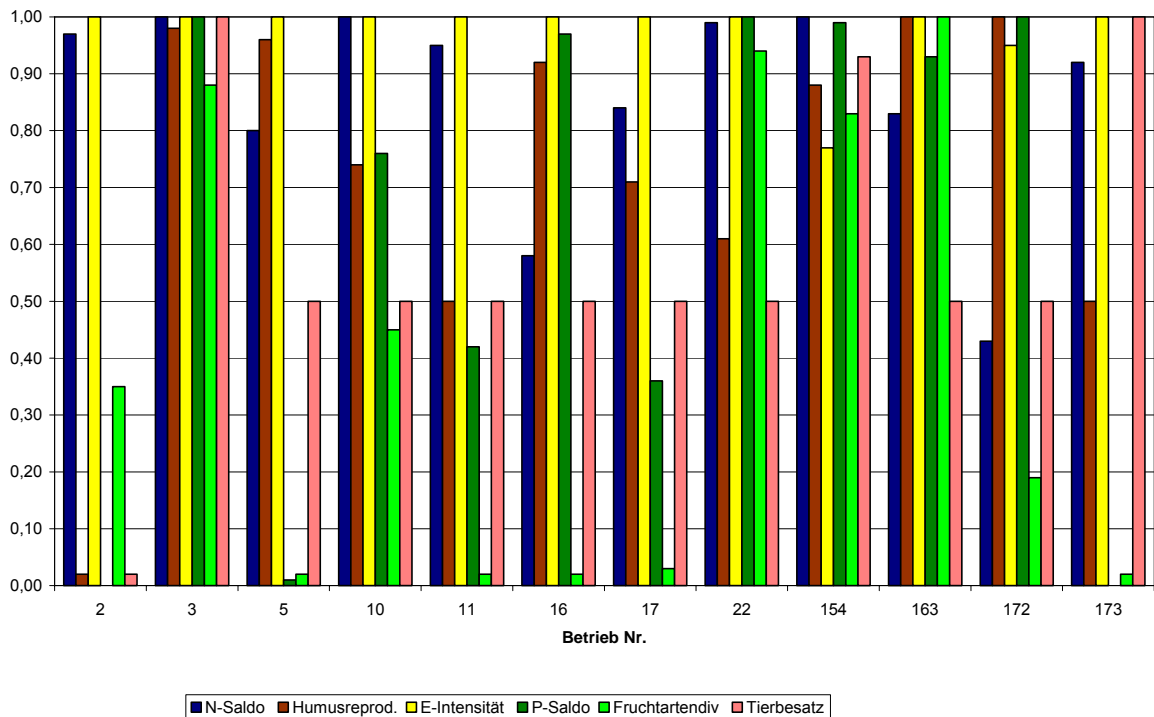
Die zusammenfassenden Darstellungen sind in Form von Balkendiagrammen bzw. Tabellen (SALCA) gestaltet. Die unterschiedlichen Maßstäbe der verschiedenen Methoden erschweren den Vergleich. Ausgehend von diesen Abbildungen lassen sich jedoch einige Aussagen treffen:

- Die Ergebnisse der einzelnen Betriebe unterscheiden sich. Meist gibt es in einem Betrieb, je nach betrachtetem Indikator, sowohl gute als auch schlechte Resultate. Die Methode KUL/USL weist für die drei nach KUL/USL analysierten Betriebe eine nur geringfügige Überschreitungsrate für den Toleranzbereich (Bonitur 6) aus, sowohl für die in Abbildung 14 ausgewählten Indikatoren als auch für deren Gesamtheit. Die anderen Methoden zeigen ein differenzierteres Bild für dieselben Betriebe.
- Die Resultate lassen folgende Tendenzen erkennen: Die Betriebe 5-17 haben bei den drei Methoden INDIGO, REPRO und SALCA schlechtere Umweltwirkungen als die anderen. Die Ergebnisse von INDIGO und SALCA sehen für die Betriebe 3 und 173 recht günstig aus, wohingegen REPRO für Betrieb 173 auf einige negative Umweltwirkungen hinweist. Im Jahr 2003 wird Betrieb 163 bei SALCA schlechter als im Jahr 2002 bewertet. Ursache ist eine Kalkdüngung, welche von den anderen Methoden nicht berücksichtigt und bei den Produktionsfaktoren nicht aufgelistet wird (Anhang 6.3).

Diese qualitativen Tendenzen bedürfen jedoch der Bestätigung mit einer Auswertung auf statistischer Grundlage.



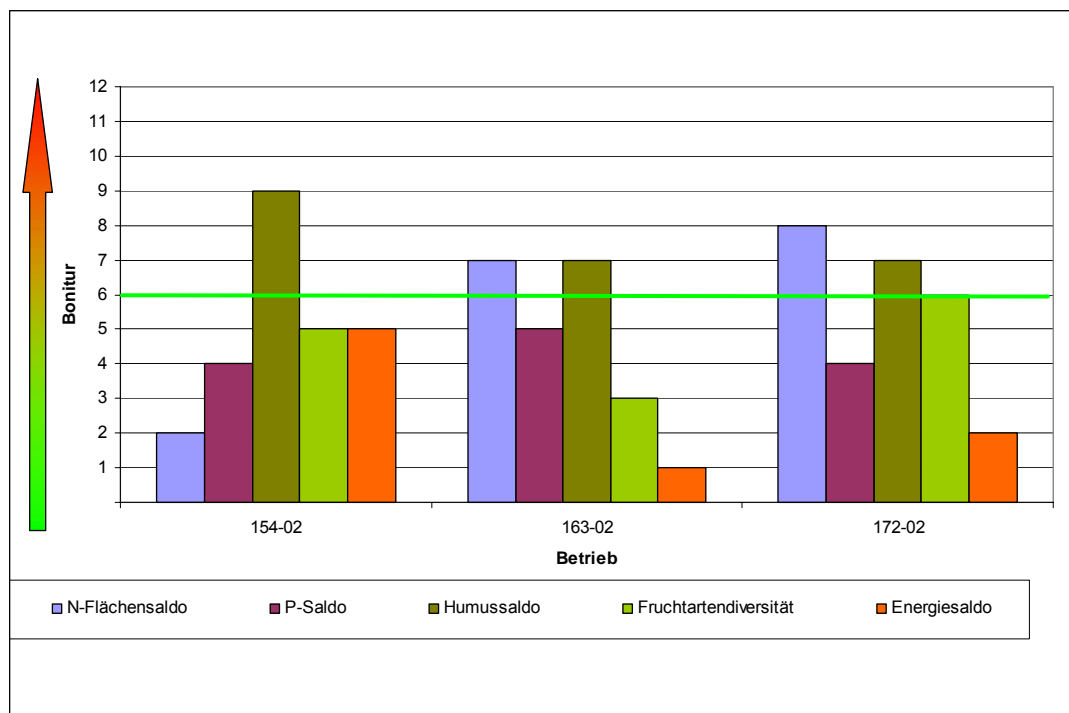
**Abb. 11:** Darstellung der Ergebnisse für 7 Indikatoren der Methode INDIGO auf 12 untersuchten Betrieben am Oberrhein im Jahr 2002. Die Ergebnisse bewegen sich auf einer Skala von 0 (schlecht) bis 10 (gut) mit einem akzeptablen Minimalwert von 7.



**Abb. 12:** Darstellung der Ergebnisse von 6 Indikatoren der Methode REPRO für 12 Betriebe am Oberrhein im Jahr 2002. Die Ergebnisse bewegen sich auf einer Skala von 0 (schlecht) bis 1 (gut).

Betrieb	Jahr	nicht erneuerbare Energieres- ourcen	Gesamteutro- phierung	aquatische Ökotoxizität	terrestrische Ökotoxizität
1	2002	90%	61%	78%	94%
2	2002	147%	115%	120%	225%
3	2002	90%	88%	134%	85%
5	2002	118%	210%	201%	173%
10	2002	117%	204%	183%	142%
11	2002	81%	230%	177%	254%
16	2002	109%	245%	231%	171%
17	2002	84%	192%	224%	183%
22	2002	43%	125%	17%	23%
154	2002	27%	82%	97%	104%
163	2002	50%	131%	142%	128%
172	2002	61%	187%	118%	357%
173	2002	33%	73%	78%	239%

**Abb. 13:** Darstellung der Ergebnisse von 4 Indikatoren der Methode SALCA für 13 Betriebe am Oberrhein im Jahr 2002. Die Angaben erfolgen in Prozent, bezogen auf die Werte von Referenzbetrieben. Werte unter 80% liegen im günstigen, Werte zwischen 80% und 125% im vergleichbaren, Werte über 125% im ungünstigen und Werte über 200% im stark ungünstigen Bereich, verglichen mit dem jeweiligen Referenzbetrieb.



**Abb. 14:** Darstellung der Ergebnisse der Methode KUL/USL (aus Gründen der Übersichtlichkeit nur 5 Indikatoren), die auf 3 deutschen Betrieben für das Jahr 2002 erzielt wurden. Die Ergebnisse liegen auf einer Skala von 1 (sehr gut) bis 12 (schlecht) mit einem maximalen Toleranzwert von 6.

### 4.3 Vergleich der Rangfolgen der Betriebe je nach Methode

Bei diesem Schritt der Analyse wird die Rangfolge der Betriebe in ökologischer Hinsicht betrachtet. Hierfür wurde ein Mittelwert der Indikatoren jeder Methode (im Falle von SALCA gewichtet<sup>19</sup>) berechnet. Für den Vergleich wurde der Spearmansche Rangkorrelationskoeffizient angewendet, welcher Werte zwischen 0 (keine Übereinstimmung) und 1 (völlige Übereinstimmung der Ränge) beinhaltet.

Tabelle 27 zeigt Ergebnisse mit und ohne Betrieb 2. Bei diesem Betrieb scheinen die Ergebnisse von REPRO trotz mehrfacher Prüfung nicht mit den wirklichen Verhältnissen überein zu stimmen. Er weist nach anderen Quellen einen massiven Stickstoffüberschuss auf, während der Indikator „N-Bilanz“ von REPRO einen negativen Wert angibt. Deshalb wurde beschlossen, den Spearmanschen Koeffizienten sowohl mit, als auch ohne diesen Betrieb zu berechnen.

Aus Tabelle 27 geht klar hervor, dass die Korrelation ohne Berücksichtigung des Betriebs 2 besser ist. Im Übrigen ist die Korrelation der Ränge insgesamt für beide untersuchte Jahre 2002 und 2003 zufrieden stellend, mit Ausnahme der Korrelation REPRO - SALCA im Jahr 2003.

Der Betrieb 173 (Grünlandbetrieb) weist im Jahr 2002 mehrere divergierende Ränge zwischen den untersuchten Verfahren auf (vgl. Abbildungen 12-14). Bei der Methode REPRO zeigt er ein etwas ungünstigeres Profil, dies vor allem wegen der Indikatoren 'organische Substanz' und 'Kulturartenvielfalt'. Bei Betrachtung des erstgenannten Indikators wird ein Überschuss wegen Bergungsverlusten, Ernte- und Wurzelrückständen festgestellt, der zu einer erhöhten N-Mineralisierung und infolgedessen zur N-Auswaschung führen kann. Das Ergebnis des Indikators 'Kulturartenvielfalt' ist mit Vorsicht zu betrachten, da REPRO Grünland pauschal als eine einzige Kulturart bewertet und auf Artenzusammensetzung bzw. -vielfalt des Grünlands nicht eingeht. Der Betrieb wird daher beim Indikator 'Kulturartenvielfalt' mit dem ökologisch schlechtesten Ergebnis 'Null' bewertet. Diese Bewertung wird diesem Betriebstyp – einem biologisch wirtschaftenden Grünlandbetrieb in Höhenlage - sicher nicht gerecht. Bei INDIGO wurde dieser Indikator hingegen auf die beste Bonitur 10 gesetzt, gestützt auf die Annahme, dass ein solcher Betrieb für die biologische Vielfalt und die Landschaft von Vorteil ist. Nimmt man diese beiden Kriterien heraus, so würde der Betrieb 173 bei REPRO auf den 1. Rang (statt des 7. Ranges) kommen und der Spearmansche Koeffizient wäre besser.

Im Jahr 2003 sind die Ergebnisse von REPRO und SALCA weniger gut korreliert, insbesondere wegen der Ackerbaubetriebe 172 und 17. Der erste wird von REPRO weniger gut eingestuft, wegen schlechterer Werte bei den Indikatoren «Stickstoffbilanz» und «Organische Substanz». Die Erklärung liegt bei Letzterem: Die vollständige Abfuhr des Getreidestrohs wird mit dem Ergebnis 'Null' bewertet, was mit Blick auf den Erhalt der Bodenfruchtbarkeit, insbesondere auf die Reproduktion der organischen Bodensubstanz, als ökologisch ungünstigste Maßnahme gewertet wird.

Die Klassifizierungen von INDIGO und SALCA stimmen in beiden Jahren gut überein, insbesondere im Jahr 2003. Bei den anderen Vergleichen sind die Koeffizienten recht gut für das Jahr 2002, sofern man den Betrieb mit zweifelhaften Ergebnissen in REPRO herausnimmt. Für das Jahr 2003 hingegen sind die Ergebnisse weniger gut korreliert, sobald die Betriebsergebnisse von REPRO einbezogen werden. Dies lässt sich zum Teil mit den

---

<sup>19</sup> Für SALCA galten folgende Gewichte : 1 jeweils für Energieressourcen und Gesamteutrophierung ; 0,5 jeweils für aquatische und terrestrische Ökotoxizität

Witterungsbedingungen des Jahres 2003 erklären, welche sich aufgrund der niedrigen Erträge des Jahres 2003 in einigen REPRO-Indikatoren (N und P Saldo, Energie-Intensität, Humusreproduktion) niederschlagen, während die Indikatoren von INDIGO und SALCA nicht direkt von der Ertragshöhe beeinflusst sind.

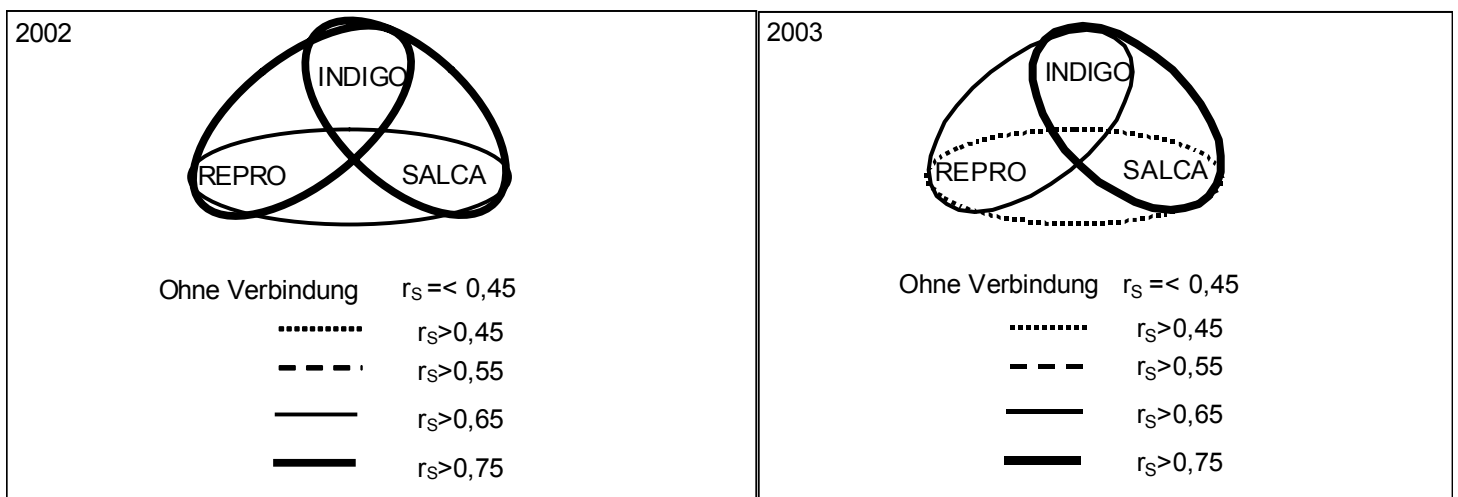
Zudem ist festzuhalten, dass ein Vergleich von Rangfolgen nicht das Ausmaß der Unterschiede zwischen den verschiedenen Betrieben berücksichtigt. So findet man bei SALCA 4 Betriebe, die sehr nahe beieinander im Bereich einer Bandbreite von 10 Prozentpunkten liegen.

**Tab. 27:** Vergleich von Rangfolgen der untersuchten Betriebe mit Hilfe des Spearmanschen Rangkorrelationskoeffizienten (ein Wert 1 drückt eine vollständige Korrelation aus) 2002 und 2003. Die Ergebnisse in Fettdruck sind in Abbildung 15 dargestellt.

Vergleich	Spearmanscher Rangkorrelationskoeffizient (0 bis 1)		Betrieb mit signifikant divergierendem Rang* N°
	Mit Betrieb 2	Ohne Betrieb 2	
<b>2002</b>			
INDIGO-REPRO	0,58	<b>0,75</b>	173
INDIGO-SALCA	0,81	<b>0,79</b>	17
REPRO-SALCA	0,61	<b>0,76</b>	173
<b>2003</b>			
INDIGO-REPRO	0,60	<b>0,72</b>	<b>172, 17</b>
INDIGO-SALCA	0,87	<b>0,88</b>	-
REPRO-SALCA	0,50	<b>0,54</b>	<b>172, 16</b>

\* Bei dem der Abstand zwischen zwei Rängen zwischen zwei Methoden größer ist als

3



**Abb. 15:** Zusammenstellung des Vergleichs der Rangfolgen von Betrieben (ohne Betrieb 2) mit Hilfe des Spearmanschen Korrelationskoeffizienten  $r_s$  (der Wert 1 steht für die vollständige Korrelation, der Wert 0 für keine Korrelation) für die Jahre 2002 und 2003.

#### 4.4 Vergleich der Empfehlungen der Methoden für die Betriebe

Der Vergleich der Empfehlungen erfolgt auf Grundlage der Tabelle der Produktionsfaktoren (Anhang 6.3). Bevor man in den Vergleich der Empfehlungen einsteigt, ist es wichtig zu prüfen, welche Faktoren Gegenstand von Empfehlungen sind, um eine Vorstellung von der Art der möglichen Übereinstimmungen zwischen den Methoden zu bekommen. Sonst kann der Konformitätsindex eine sehr gute Konformität in den Empfehlungen zwischen zwei Methoden zeigen, nur weil beide Methode zu den meisten Faktoren keine Empfehlungen abgeben. Aus Tabelle 28 ist ersichtlich, dass die Übereinstimmung für die mit der pflanzlichen Erzeugung zusammenhängenden Faktoren am besten ist. Bei den beiden anderen Faktorengruppen gibt es viele Fälle, in denen einzelne Methoden keine Empfehlungen abgeben. Die Methode SALCA zeichnet sich durch die Berücksichtigung einer größeren Anzahl von Faktoren aus als die anderen. Der für REPRO in Bezug auf die Gesamtheit der Produktionsfaktoren (Tabelle 28) ermittelte geringe Prozentsatz von Empfehlungen erklärt sich damit, dass bei der Ableitung von Empfehlungen nur die Ergebnisse der normierten Indikatoren betrachtet werden konnten, für die Zielerreichungsgrade definiert wurden (6 Indikatoren auf Betriebsebene und 3 Unterindikatoren für den Behandlungsindex bei der Bewertung des Pflanzenschutzes auf Fruchtartenebene (im Projekt nur Winterweizen)).

Die Ergebnisse für den Konformitätsindex sind insgesamt sehr mittelmäßig (zwischen 0,5 und 0,65), sowohl wenn man nur die Produktionsfaktoren betrachtet, bei denen die jeweils verglichenen Methoden eine Empfehlung abgeben, als auch wenn alle Produktionsfaktoren berücksichtigt werden. (Tabellen 29 a und b). Die Ergebnisse des Jahres 2003 sind etwas schlechter korreliert als die von 2002 - mit Ausnahme der Konformität zwischen den Methoden SALCA und KUL/USL, die besser wurde. Die Werte verändern sich in den meisten Fällen. Die Ergebnisse für drei deutsche Betriebe, bei denen auch KUL/USL angewandt wurde, sind etwas besser. Diese Methode scheint eine etwas bessere Konformität mit INDIGO und vor allem REPRO aufzuweisen, auch wenn man in Anbetracht der geringen Zahl der Betriebe vorsichtig sein muss. Es ist festzustellen, dass zwischen den Methoden KUL/USL und INDIGO mit 0,68 ein ähnliches Konformitätsniveau besteht wie im vorhergehenden Projekt mit einem anderen Ansatz und unter Einbeziehung von fünfzehn Betrieben im Jahr 1999 (Bockstaller et al., 2002). Bezieht sich die Analyse auf die Gesamtheit der untersuchten Betriebe, bzw. auf die drei deutschen Betriebe, über die beiden Jahre, so ergibt sich die folgende Reihenfolge bezüglich der gemeinsamen Korrelation der Empfehlungen:

$KUL/USL - (REPRO, INDIGO, SALCA) \geq INDIGO - SALCA, REPRO - INDIGO \geq REPRO - SALCA$

Der Konformitätsindex zwischen zwei Methoden kann auch für jeden einzelnen Betrieb berechnet werden. In diesem Fall muss man in der Gleichung zur Berechnung des Konformitätsindex die Zahl der Betriebe auf 1 reduzieren (s. Anhang 4). Diese Berechnungsweise zeigt, dass es bei den Einzelergebnissen pro Betrieb eine große Variabilität gibt (s. Anhang 10). Diese Variabilität zwingt zur Vorsicht bei der Analyse der vorangehenden Reihenfolge der Methoden. Die Streuung der Werte für den Indikator  $I_k$  liegt zwischen 0,3 und 0,5, außer einem Wert von 0,75 (zwischen INDIGO und SALCA im Jahr 2002). In diesem Fall gibt es sogar eine perfekte Übereinstimmung in den Empfehlungen ( $I_k = 1$ ) für einen Betrieb (N°154). Es wird darauf hingewiesen, dass es nicht immer die Betriebe aus einem einzigen Land sind, die den Index nach oben oder unten ziehen (Anhang 10).



**Tab. 28:** Produktionsfaktoren, die Gegenstand einer Empfehlung der Methoden im Test mit den 13 Betrieben sind.

Produktionsfaktoren				
	INDIGO	KUL/USL	REPRO	SALCA
<b>Betriebsebene</b>				
Gebäude (Fläche, Nutzungsdauer, Auslastung, Ästhetik)	nein	nein	nein	ja
Betriebsstrukturen (Schlaggröße, Hof-Feldentfernung)	ja	ja	nein	nein
Betriebsstrukturen (Ökoflächen)	nein	teilweise	nein	nein
Betriebsstrukturen (Anbauverhältnis)	ja	ja	ja	nein
Stoffmanagement (Lagerung der Betriebsmittel [PSM, Dünger, Öl, usw.]), Abfallentsorgung (PSM, Öl, Folien, usw.), Wasserversorgung [Menge, Art])	nein	nein	nein	nein
Energieversorgung (Menge, Art)	ja	ja	ja	ja
Maschinen (Art, Nutzungsdauer, Auslastung)	nein	nein	nein	ja
<b>Pflanzenbau/Futterbau/Grünland</b>				
Kulturartenvielfalt (Anzahl, Fruchtfolge)	ja	nein	nein	nein
Maschineneinsatz (Bodenbearbeitung, Bestellung, Ernte) (Typ, Anzahl der Arbeitsgänge, Bodenschonung, Verfahrensangabe)	ja	ja	nein	teilweise
Mineraldüngung N (Art, Menge, Ausbringungsverfahren)	ja	ja	ja	ja
Mineraldüngung P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (Art, Menge, Ausbringungsverfahren)	ja	ja	teilweise	ja
Organische Dünger (Art, Menge, Ausbringungsverfahren, Weide)	ja	ja	ja	teilweise
Pflanzenschutz (Art, Menge, Ausbringungsverfahren, alternative Verfahren)	ja	ja	teilweise	ja
Beregnung (Art, Menge)/Drainage	nein	nein	nein	nein
Zwischenfrucht/Ernterückstände,	ja	ja	teilweise	teilweise
<b>Tierproduktion</b>				
Tierbestand (Art, Leistungsniveau, GVE/ha)	teilweise	nein	ja	teilweise
Futterkonservierung und Lagerung	nein	nein	nein	teilweise
Tierfütterung (Menge, Art, Zukauf)	nein	nein	nein	teilweise
Wirtschaftsdünger-Management (Art, Lagerung, Entsorgung)	nein	teilweise	nein	teilweise
Tierhaltungsbedingungen (Platz, Auslauf/Weidegang, Stallklima, Haltungssystem)	nein	nein	nein	nein
Tierarzneimittel-Einsatz	nein	nein	nein	nein
<b>% „Ja“ und „Teilweise“</b>	<b>48%</b>	<b>48%</b>	<b>35%</b>	<b>57%</b>

**Tab. 29:** Vergleich der Beratungsempfehlungen der Methoden für die Betriebe mit Hilfe eines Konformitätsindex (zwischen 0 und 1; s. Anhang 4): **a)** für die Produktionsfaktoren mit einer Empfehlung, **b)** für alle Produktionsfaktoren mit und ohne Empfehlung (s. Tabelle 28). Die Abkürzungen beziehen sich auf die wichtigsten, die Nichtkonformität erklärenden Produktionsfaktoren (geordnet nach Bedeutung).

**a)**

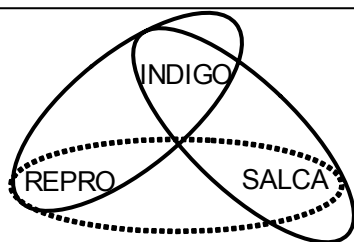
	Nichtkonformität erklärende Produktionsfaktoren					
	Alle Betriebe		Produktionsfaktoren		Betriebe D mit KUL/USL	
	2002	2003	2002	2003	2002	2003
INDIGO-REPRO	0,64	0,55	En.*, Org. Anb.	En. Org. (Anb.)**	0,62	0,59*
INDIGO-SALCA	0,60	0,58	En., Zwfr.	En, Zwfr.	0,63	0,60
REPRO-SALCA	0,54	0,54	Zwfr. PSM	Zwfr., PSM	0,40	0,31
INDIGO-KUL			N, En.	N, En.	0,68	0,64
REPRO-KUL			Anb., En.	Anb., En, PSM.	0,76.	0,62
SALCA-KUL			N, P	P (N)**	0,63	0,68

\* En. = Energieversorgung; Org. = Organische Düngung, Anb. = Anbauverhältnis, Zwfr. = Zwischenfrucht PSM = Pflanzenschutz, N = N-Mineraldüngung, P = P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-Mineraldüngung

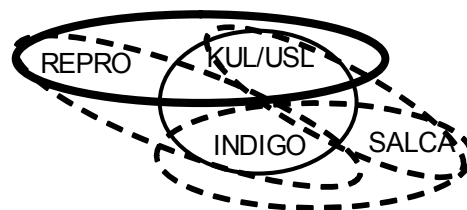
\*\* an der Grenze der Schwelle für die Ausweisung der die Nichtkonformität erklärenden Produktionsfaktoren

**b)**

	Alle Betriebe		Betriebe D mit KUL/USL	
	2002	2003	2002	2003
INDIGO-REPRO	0,61	0,58	0,62	0,59
INDIGO-SALCA	0,54	0,54	0,63	0,60
REPRO-SALCA	0,56	0,55	0,40	0,31
INDIGO-KUL			0,68	0,64
REPRO-KUL			0,76	0,62
SALCA-KUL			0,63	0,68



Ohne Verbindung  $I_k \leq 0,45$   
 .....  $I_k > 0,45$   
 - - -  $I_k > 0,55$   
 ———  $I_k > 0,65$   
 ———  $I_k > 0,75$



Ohne Verbindung  $I_k \leq 0,45$   
 .....  $I_k > 0,45$   
 - - -  $I_k > 0,55$   
 ———  $I_k > 0,65$   
 ———  $I_k > 0,75$

Es wurden auch die Produktionsfaktoren analysiert, die bei der Nicht-Konformität zwischen den Methoden das größte Gewicht haben. In 8 von 12 Fällen stößt man dabei auf den Produktionsfaktor Energie, meistens dann, wenn INDIGO an dem Vergleich beteiligt ist. Der unterschiedliche Umgang mit dem Zeitraum zwischen zwei Kulturen ist in vier Fällen beim Vergleich der Methoden INDIGO und REPRO mit der Methode SALCA maßgeblich für die Nicht-Konformität. Die Kulturartenvielfalt, die Pflanzenschutzmittel und die mineralische Stickstoffdüngung sind in drei Fällen ausschlaggebend. Die Phosphatdüngung und die organische Düngung sind nur in zwei Fällen relevant. Ausgehend von der Kenntnis der Berechnungsweise kann man die Abweichungen verstehen und folgendermaßen erklären:

- durch die Berechnungsweise des Indikators. Dies ist der Fall beim Indikator Energie. REPRO berechnet das Verhältnis von aufgewendeter zur im Erntegut gewonnenen Energie, während die drei anderen lediglich den Energieverbrauch betrachten. Gute Erträge, insbesondere bei Betrieben mit einem hohen Maisanteil, können bei REPRO zu einem guten Ergebnis führen. Vor allem bei INDIGO ist dies nicht der Fall (Abbildungen 12-15). Diese Erklärung trifft auch zu für den Indikator Pflanzenschutz, für den die Berechnungsweisen sehr unterschiedlich sind (Tabelle 25).
- durch die verwendeten Referenzwerte. Diese Unterschiede bei den Referenzwerten können dreierlei Ursachen haben:
  - a) die berücksichtigten Umweltwirkungen: Ein Beispiel hierfür ist der Produktionsfaktor „Zwischenfrucht“. Dies kann ein guter Ansatz für die Reduzierung der Nitratauswaschung sein (Machet et al., 1997). Das Nitratproblem wird bei SALCA unter dem Aspekt der Gesamteutrophierung betrachtet, während sich INDIGO auf die Trinkwasserqualität konzentriert. Im Übrigen spielt der Produktionsfaktor „Zwischenfrucht“ bei REPRO auch im Humusmanagement eine Rolle. Die Bewertung des Phosphoreinsatzes ist ein anderes Beispiel dazu: Bei INDIGO, KUL/USL und REPRO wird sie unter agronomischen Aspekten (Bodenversorgungsproblematik) bzw. unter dem Gesichtspunkt des Ressourcenschutzes beurteilt. SALCA berücksichtigt ausschließlich die ökologische Sicht (P-Verluste und Zufuhr von Schadstoffen).
  - b) die Berechnungsebene und die berücksichtigten Produktionsfaktoren unterscheiden sich. Dies gilt insbesondere für die Berechnung des Energieverbrauchs, welche sich bei INDIGO auf die Bewirtschaftungsmaßnahmen (auf Acker- und Grünland) beschränkt, während KUL/USL und SALCA den Verbrauch im Gesamtbetrieb berücksichtigen.
  - c) die Wahl der Vergleichswerte. So wird der Referenzwert für Energie im Falle von SALCA auf den Vergleichswert von landwirtschaftlichen Betrieben desselben Typs in der Schweiz bezogen; bei INDIGO bezieht er sich auf einen Kulturtyp und bei REPRO auf eine Experteneinschätzung. Dieses Problem findet sich auch beim Indikator Kulturartenvielfalt.

#### **4.5 Diskussion über den Vergleich der Betriebsergebnisse**

Da die Indikatoren der verschiedenen Methoden nicht direkt miteinander vergleichbar sind, musste der Vergleich in zwei Schritten angestellt werden: Vergleich der Rangfolgen der Betriebsergebnisse und Vergleich der Beratungsempfehlungen.

Aus der Analyse der Ergebnisse geht hervor, dass die Korrelationen zwischen den Methoden bezüglich der Rangfolge der Betriebe ziemlich gut sind, während die Übereinstimmung der mit den verschiedenen Methoden gewonnenen Empfehlungen geringer ist. Die Rangfolge ist aussagekräftig: Sie signalisiert, wie ökologisch ein Betrieb im Vergleich zu den anderen ist.

Dabei beeinflussen in erster Linie fachlich-technische sowie naturwissenschaftliche Prozesse das Ergebnis. Es überrascht nicht, dass die vier untersuchten Methoden, welche hinsichtlich der Fachlichkeit alle relativ gut abschneiden und von ähnlichen agrarwissenschaftlichen Milieus entwickelt worden sind, ähnliche Ergebnisse auf dieser Ebene produzieren. Außerdem beruht die Rangfolge auf der Berechnung eines Mittelwerts von mehreren Indikatoren pro Methode, von dem man weiß, dass die Unterschiede durch Kompensation verwischt werden.

Der Vergleich der Rangfolge basiert auf der relativen Positionierung eines Betriebes dem anderen gegenüber. Die Übereinstimmungen der Rangfolge bedeutet nicht zwingend, dass die „besten“ Betriebe in der Rangfolge von den Methoden als gut bewertet worden sind, und umgekehrt. Dagegen berücksichtigt der Vergleich der Empfehlungen die absolute Bewertung der Betriebe (ob ein Betrieb „gut“ ist oder nicht). So ist der Vergleich von Beratungsempfehlungen anspruchsvoller, als die Analyse der Rangfolgen, da er von den Einzelwerten aller Indikatoren einer Methode und nicht nur von einem Mittelwert abhängt und gleichzeitig vom jeweiligen Referenzwert der einzelnen Indikatoren. Außerdem, selbst wenn die gleichen Produktionsfaktoren einen Handlungsbedarf signalisieren, gibt es fachlich-technische Gründe (berücksichtigte Umweltwirkungen, Berechnungsebenen, Wahl der Vergleichswerte) wieso die Empfehlungen unterschiedlich sein können, wie es im vorigen Kapitel bereits erklärt wurde. Zudem spielt die zugrunde liegende Philosophie der Methoden eine Rolle: Einfach gesagt, KUL/USL und REPRO sind bemüht, dass neben wissenschaftlichen Erkenntnissen auch Agrarumweltziele erreicht werden. INDIGO und die deutschen Methoden legen Wert darauf, dass die produktive Funktion der Landwirtschaft erhalten wird, während sich SALCA ausschließlich darum kümmert, wie sich direkt eine Verbesserung für die Umwelt erzielen lässt. Konsequenterweise muss die Diskrepanz zwischen den Methoden bei den Empfehlungen größer sein als bei der ökologischen Rangfolge.

Speziell eingehen möchten wir im Folgenden auf die Rolle der Vergleichswerte: Aus Tabelle 3 wird deutlich, dass die Referenzwerte der Methode SALCA den durchschnittlichen Leistungen des jeweils betroffenen Betriebstyps (nach Schweizer Typologie, wie z.B. „Ackerbau Tal integriert“) entsprechen, während die anderen Methoden von Erfahrungswerten unabhängige, absolute und von Experten abgestimmte Werte verwenden. Da die Schweizer Betriebe, die nach den Richtlinien des Integrierten bzw. Biologischen Landbaues wirtschaften, relativ strengen Umweltauflagen (Ökologischer Leistungsnachweis) unterworfen sind, darf man erwarten, dass die so gewonnenen Referenzwerte einem gewissen Umweltstandard entsprechen. Dabei muss beachtet werden, dass sich die Umweltauflagen nicht auf alle Indikatoren beziehen (ausgenommen ist z.B. der Energiebedarf) bzw. Fragen behandeln, die in der hier getesteten Version von SALCA nicht abgedeckt werden (z.B. die Biodiversität). Inwiefern die Referenzwerte von SALCA über oder unter denjenigen liegen, die Expertenausschüsse wie bei INDIGO, REPRO und KUL/USL definieren können, bleibt ungewiss. Die dafür benötigten Abklärungen (man bräuchte die exakte Beschreibung des ökologischen Idealbetriebs nach INDIGO, REPRO und KUL/USL pro Betriebstyp) würden den Rahmen des vorliegenden Projekts sprengen.

Als zusammenfassendes Ergebnis lässt sich festhalten, dass ein Landwirt nach Anwendung der Methode SALCA weiß, ob er besser oder schlechter als die Konkurrenz ist. Darüber hinaus kann er berechtigterweise davon ausgehen, dass er bei Einhaltung der Umweltauflagen umweltschonend bewirtschaftet. Einen wissenschaftlich abgestützten Beweis dafür erhält er aber nicht.

Im Gegensatz dazu erhält ein Landwirt mit INDIGO, REPRO und KUL/USL keine Umweltpositionierung in Bezug auf seine Konkurrenz. Dafür darf er sich auf fachliche, wissenschaftlich abgeleitete Referenzwerte stützen. Die Tatsache aber, dass bei den drei Methoden INDIGO, REPRO und KUL/USL jeweils drei verschiedene Referenzwertesets vorliegen, die teilweise zu unterschiedlichen Umweltpositionierungen oder Empfehlungen führen, deutet auf die Grenzen derartiger Referenzwerte hin. Die anscheinenden Widersprüche zwischen absoluten Referenzwerten können zusammenfassend auf folgende Einflussfaktoren zurückgeführt werden:

- Unterschiedliche Bewertungssysteme bzw. Evaluationskriterien (z.B. das angestrebte Phosphorniveau der Böden), welche zu unterschiedlichen Schlussfolgerungen führen;
- Fortschritt der wissenschaftlichen Erkenntnisse;
- Nicht umweltbezogene Einflüsse wie agronomische Kriterien, technische oder wirtschaftliche Zumutbarkeit, gesellschaftlicher Konsens zwischen Interessensvertretern aus Berufs- und Umweltverbänden oder agrar- bzw. umweltpolitische Ziele (EU-Nitratrichtlinie o.ä.).

In allen Fällen muss ein Landwirt wissen, dass die Referenzwerte bei keiner Methode neutral sind, sondern dass sie immer auch Ausdruck einer bestimmten Werthaltung sind.

Diese Feststellungen zeigen gut, wie wichtig es ist, bis zu diesem Niveau des Vergleichs vorzudringen. Dies gilt umso mehr, als die Anwender einer agrarökologischen Evaluierungsmethode in vielen Fällen an der absoluten Positionierung eines landwirtschaftlichen Betriebs interessiert sind und nicht nur an einer relativen Rangfolge. Die vorliegende Arbeit verdeutlicht, dass nicht die Unterschiede aufgrund der Berechnungsansätze (z.B. unterschiedliche Gleichungen) oder der verwendeten Referenzwerte den Ausschlag für die sich unterscheidenden Ergebnisse eines betrachteten Betriebs geben, sondern hauptsächlich die den Methoden zugrunde liegenden Philosophien. Somit sind die einzelnen Indikatoren nicht direkt vergleichbar. Dies wurde erstmalig mit diesem Projekt herausgearbeitet.

## 5 Diskussion

### 5.1 Angewandte Methodik und Ergebnisse

Zum Vergleich der Methoden ist in Erinnerung zu rufen, dass die Autoren der deutschen Methoden REPRO und KUL/USL nicht direkt in das Projekt einbezogen waren. Um dieses mögliche Handikap auszugleichen, wurden den Autoren die Ergebnisse der Bewertung der Methoden vorgelegt. Den Stellungnahmen der Autoren wurde in einer Reihe von Punkten Rechnung getragen.

Bei REPRO wurden nicht alle der 200 Indikatoren benutzt. So wurden beispielsweise die ökonomischen Indikatoren beiseite gelassen, weil das Ziel der Studie der Vergleich von ökologischen (und nicht von betriebswirtschaftlichen) Evaluierungsmethoden war. Außerdem wurde insbesondere in Bezug auf Stickstoff (s. Kap. 3.1) nicht das gesamte Potential von REPRO ausgeschöpft, da dies einen erheblichen, zusätzlichen Aufwand erfordert hätte. Den Möglichkeiten, die REPRO bietet, wurde jedoch im Rahmen der Detailbewertung der Methoden zu dieser Thematik Rechnung getragen.

Es sei darauf hingewiesen, dass die untersuchten Methoden immer noch weiter entwickelt werden (wie z.B. KUL/USL und INDIGO im Vergleich mit dem Vorläuferprojekt des ITADA; Bockstaller et al., 2002). Außerdem ist es gewissermaßen ein Nebeneffekt dieser vergleichenden Arbeit, dass die Autoren einer Methode dazu animiert werden, Verbesserungen in Angriff zu nehmen oder diese schneller zu verwirklichen. In Tabelle 30 sind die vorgesehen Weiterentwicklungen zusammengestellt.

Die verschiedenen Ansätze bei der Beurteilung der vier Methoden machten die Identifikation von Stärken und Schwächen möglich, auf die im zweiten Teil der Diskussion näher eingegangen wird. Der innovativste Teil ist der Vergleich der mit den vier Methoden berechneten Betriebsergebnisse und der daraus abgeleiteten Empfehlungen. Beim Vergleich der Rangfolge der Betriebe zeigte sich für das Jahr 2002 eine gute und für 2003 eine fast so gute Übereinstimmung zwischen den Methoden. Was die Beratungsempfehlungen angeht, so ist die Übereinstimmung zwischen den Methoden geringer. Diese Beobachtung trifft für beide vorgenommenen Analysen zu: Sowohl wenn man nur die Produktionsfaktoren vergleicht, für welche die beiden jeweils verglichenen Methoden eine Empfehlung abgeben, als auch beim Vergleich der Gesamtheit der Produktionsfaktoren. Für diesen geringeren Grad an Übereinstimmung sind vor allem die unterschiedlichen, den Methoden zugrunde liegenden Philosophien verantwortlich. Verschiedene Herangehensweise und Philosophien bei der Entwicklung von agrarökologischen Evaluierungsmethoden führen zu Unterschieden beispielsweise in den Ausgangshypothesen und den berücksichtigten Umweltbereichen, so dass viele Indikatoren zwischen den Methoden nicht direkt vergleichbar sind.

Abschließend zur Analyse der Abweichungen zwischen den Beratungsempfehlungen zwischen den Methoden ist festzustellen, dass die Divergenzen bei den Kernthemen des ITADA, wie dem Grundwasserschutz, nicht so stark hervortreten wie z.B. bei der Energie. Dieses Thema wird jedoch in Anbetracht der Preisentwicklungen (z.B. des Erdöls) und der zunehmenden Knappheit fossiler Energieressourcen an Bedeutung gewinnen.

**Tab. 30:** Vorgesehene Weiterentwicklungen und Verbesserungen bei den vier Methoden.

	INDIGO	KUL/USL	REPRO	SALCA
Wissenschaftliche Absicherung	Ergänzung um neue Indikatoren (Oberflächenabflus/Bodenerosion, Biodiversität) im Gange.	Wird über den USL-Fachausschuss des VDLUFA realisiert, dem ggw. 7 Wissenschaftler aus 6 Bundesländern angehören. Ihm obliegt u.a. die Weiterentwicklung/Änderung der Prüf- und Bewertungsbestimmungen und die wissenschaftliche Auseinandersetzung mit dem Prüfverfahren. Weiterentwicklungen: Neufassung Energiebilanz, Aufnahme Treibhausgasemissionen (2 Kriterien), Erfassung Bodenerosion auf Feldstückbasis (GIS-Lösung).	2005: Fertigstellung der Emissionsinventur; d.h. Integration der Klimarelevanz; Aufnahme der Berechnung der Bodenverdichtung; Aufnahme eines 'Lagerungstools' für Betriebsmittel	Ergänzung um neue Indikatoren (Biodiversität, Jeanneret et al., 2005; Bodenqualität, Oberholzer et al., 2005); Aktualisierung der Emissionsmodelle für Nitrat (Richner et al., 2005), Schwermetalle (Freiermuth, 2005) und Phosphor (Prasuhn, 2005)
Benutzerfreundlichkeit	Verbesserung der Software (im Gange)	Weiterentwicklung Datenerhebung, Plausibilitätskontrollen, Interpretationsbericht	Anpassungen	Einführung einer anwenderfreundlichen Erfassungssoftware mit automatischer Übermittlung in die Berechnungssoftware (2006)
Nutzen	Interpretationshilfe (Anleitung 2005 verwirklicht, Übertragung auf EDV geplant)	Anerkennung USL-CC (Beratungsprogramm für Cross Compliance), Einzelbetriebliches Managementsystem auf USL-Basis nach GAK-Rahmenplan 2.2.2 (Pilotprojekt; Prüfung in Nordrhein-Westfalen an 100 Betrieben)	Schnittstelle zu SYNOPSIS inzwischen funktionsfähig, Einbeziehung von Kriterien im Hinblick auf die Anforderungen von Cross Compliance (z.B. Tierschutz, Einsatz von Tierarzneimitteln)	Verknüpfung mit der Betriebsmanagement Software AGRO-TECH (2006) und Einbettung in eine wirtschaftlich-ökologische Gesamtauswertung (Projekt Zentrale Auswertung von Betriebsökobilanzen, Vorhaben bis 2010)

## 5.2 Umsetzbarkeit der Ergebnisse des Projektes

Die drei Methoden INDIGO, REPRO und SALCA sind in punkto Umsetzbarkeit gleich zu bewerten. Alle erfordern, dass der Berater oder Betriebsleiter Empfehlungen selbst ableitet, d.h. der Landwirt ist auf die Kunst des Beraters angewiesen. Somit hängt es von dessen Kenntnissen ab, ob umsetzbare Ergebnisse erzielt werden. KUL/USL geht in gleicher Weise vor, aber in Form einer Dienstleistung, d.h. man erhält gegen Bezahlung garantiert Empfehlungen zur Beseitigung von Schwachstellen.

Keine Methode setzt die Empfehlungen in den Kontext der gesamtbetrieblichen Beratung (technisch, fachlich, betriebswirtschaftlich). Diese Aufgabe wird dem Berater bzw. dem Landwirt überlassen.

Verschiedene Stufen des Betriebsmanagements können unterschieden werden:

1. Der Anwender erhält ein Ergebnis ohne Referenzwert (teilweise REPRO).
2. Der Methodenanwender (s.o.) erhält ein Ergebnis, das mit Expertenwissen kombiniert ist (teilweise REPRO, KUL/USL, INDIGO, SALCA).
3. Der Methodenanwender erfährt, inwiefern vorgeschlagene Maßnahmen zur Verbesserung der betrachteten Indikatoren beitragen (dynamische Modellierung). Die Verfahren

INDIGO, REPRO und SALCA bieten zwar Simulationsmöglichkeiten an, d.h. sie können den Nutzer informieren, inwiefern sich die Indikatoren verbessern, wenn die Empfehlungen umgesetzt werden (diese Möglichkeiten wurden im Rahmen des Projektes nicht geprüft). Allerdings gibt es bei keiner der Methoden eine dynamische Modellierung, welche gleichzeitig die Auswirkungen einer Maßnahme auf den Ertrag, die wirtschaftlichen Ergebnisse, usw. anzeigt.

Tabelle 31 zeigt Stärken und Schwächen der Methoden, die sich sowohl aus den Beurteilungskriterien als auch aus den Anwendungserfahrungen ableiten lassen, im Überblick. Keine der Methoden müsste aufgrund fehlerhafter Ergebnisse abgelehnt werden und jede der vier Methoden hat nicht von der Hand zu weisende Vorzüge.

**Tab. 31:** Zusammenstellung der Stärken und Schwächen der Methoden.

	Stärken	Schwächen
INDIGO	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Transparenz der Methode</li> <li>- Benutzerfreundlichkeit</li> <li>- Bereich Nutzen: erlaubt eine tiefe Analyse der Anbausysteme (in Bezug auf Stickstoff, PSM)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bereich Fachlichkeit: (Fehlen der Tierhaltung, manche Umweltthemen sowie manche Indikatoren nur qualitativ)</li> <li>- Aufwand der Datenerfassung im 1. Jahr (Bodenbeschreibung, Anbaugeschichte)</li> </ul>
KUL/USL	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bereich Machbarkeit: jeder kann die Methode anwenden (da Berechnung und Interpretation als Dienstleistung vergeben werden)</li> <li>-Bereich Nutzen (Kommunizierbarkeit der Ergebnisse mit einem Label)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bereich Fachlichkeit: Art der Indikatoren (Typ `Antriebskräfte`)</li> <li>- externe Dienstleistung erforderlich</li> </ul>
REPRO	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bereich Fachlichkeit: Abdeckung der Produktionszweige, Zugänglichkeit der Daten</li> <li>- Bereich Nutzen: Energie- und Stickstoffbilanzierung</li> <li>- größtmögliche Auflösung bis zur Ebene des (Teil-)Schlags/-Stalls</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Zeitaufwand</li> <li>- nur wenige Zielwerte verglichen mit der großen Anzahl an Indikatoren</li> </ul>
SALCA	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bereich Fachlichkeit: breite Abdeckung der Produktionszweige und -faktoren</li> <li>- Bereich Nutzen: Kommunizierbarkeit der Ergebnisse, Eindeutigkeit der Ergebnisaussage.</li> <li>- Quantitativer Ansatz mit dem festen wissenschaftlichen Hintergrund der Lebenszyklusanalyse.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bereich Machbarkeit: Benutzerfreundlichkeit Integration EDV-Hofprogramme</li> <li>- Bereich Nutzen: Beratungsempfehlungen im Detail nur mit direktem Zugriff auf Berechnungssoftware einfach möglich</li> </ul>

Aus dieser Arbeit sowie speziell aus Tabelle 31 lassen sich Anwendungsvoraussetzungen und -möglichkeiten für jede Methode ableiten:



- Die Spezialisierung von INDIGO im Pflanzenbau ist ein evidenter Schwachpunkt für die Anwendung auf Betriebe mit Tierhaltung. Dafür ist der Einsatz im Ackerbau für eine wohlbegründete landbauliche Beratung (bis hin zur Auswahl und den Anwendungsbedingungen von Betriebsmitteln), insbesondere zu den Themenbereichen „Stickstoff“ und „Pflanzenschutz“, ihre Stärke. Die Anwendung der Methode verlangt gute agronomische Kenntnisse.
- Die Organisation der Umweltverträglichkeitsanalyse durch KUL/USL als Dienstleistung macht die Methode für den Anwender leicht handhabbar. Eine andere Stärke liegt in der Kommunizierbarkeit der Ergebnisse gegenüber Dritten durch ein Gütezeichen, das dem Betrieb verliehen werden kann. Die Schwächen liegen in Aspekten der Fachlichkeit, insbesondere in den Bereichen 'Indikatortyp / Analysentiefe' und 'Vermeidung fehlerhafter Aussagen'. Dies lässt sich damit erklären, dass der Methode fast ausschließlich Maßnahmeindikatoren (Kategorie 'Antriebskräfte') zugrunde liegen und die Berechnung auf Betriebs- und nicht Parzellenebene erfolgt, was eine Kompensation zwischen Parzellen zulässt.
- REPRO bietet durch den modularen Aufbau und eine Reihe von Schnittstellen zu anderen Modellen eine Vielzahl an Möglichkeiten (s. Kap. E). Darüber hinaus bietet REPRO die größtmögliche Auflösung, d.h. Analysemöglichkeiten bis zur Ebene des Schlages/Teilschlages bzw. Stalls/Teilstalls. Bei bestimmten Themenbereichen (N, Humus, Energie) bestehen Möglichkeiten zur Simulation sowie verschiedene Optionen zur Darstellung der Ergebnisse. Dies ist allerdings nur mit einem gewissen Aufwand zu erreichen. Die nicht vorhandene Priorisierung der zu analysierenden Indikatoren sowie die limitierte Anzahl von Referenzwerten lässt manchem Anwender große Freiheiten, stellt andere nicht spezialisierte Anwender damit aber vor Schwierigkeiten.
- Die Methode SALCA mit ihrem sehr soliden wissenschaftlichen Hintergrund (die Lebenszyklusanalyse ist Gegenstand zahlreicher Arbeiten) und ihren quantitativen Ansätzen ist eine Methode mit vielen Vorzügen. Für den Vergleich von Produktionsverfahren ist sie sehr geeignet. Ihre Benutzerfreundlichkeit lässt bisher aber noch zu wünschen übrig.

### 5.3 Übertragbarkeit der Methoden außerhalb des Herkunftslands

Im Rahmen des Projekts konnte gezeigt werden, dass die Verfahren INDIGO, REPRO und SALCA in ein anderes Land übertragbar sind. Dabei zeigten sich jedoch einige Probleme (Anhang 11). Bei der Übertragung einer Methode in ein anderes Land ist immer ein gewisser Anpassungsbedarf nötig. Die Frage ist, mit welchem Aufwand dies verbunden ist und wie geeignet die jeweilige Methode für die lokalen Gegebenheiten ist.

Bei allen Methoden sind agronomische Zusatzinformationen unerlässlich, welche im Ursprungsland gängig, im Ausland jedoch weniger verbreitet sind. Die deutschen Verfahren fordern Bodendaten, wie beispielsweise die Ackerzahl, die in anderen Ländern nicht vorliegen. Daten über Maschinengewichte und für die ABAG-Gleichung (Schwertmann et al. 1987), wie sie SALCA verlangt (Daten für ABAG auch bei REPRO und KUL/USL gefragt), sind insbesondere in Frankreich nicht einfach zu beschaffen. Ferner kann die Beschaffung von Daten zur Anbaugeschichte der Schläge Probleme bereiten (bei ungenügend dokumentierten Betrieben). Generell fällt auf, dass die Gefahr von Fehlern bei der Anwendung einer Methode mit ihrer Komplexität wächst.

Hinzuzufügen sind die Schwierigkeiten bei der Anwendung der Berechnungssoftware außerhalb des Herkunftslandes, z.B. bedingt durch länderspezifische Versionen des Betriebssystems. Nicht zuletzt kann es aufgrund von verwendetem Fachvokabular zu sprachlichen Hindernissen bei der Anwendung kommen (insbesondere bei der Datenerfassung und der Ableitung von Beratungsempfehlungen).

## E. ÜBERTRAGUNG IN DIE PRAXIS

Die vorliegende Arbeit zeigt die Stärken und Schwächen der vier indikatorbasierten Methoden zur agrar-ökologischen Evaluierung auf: INDIGO (F), KUL/USL (D), REPRO (D) und SALCA (CH). Fachlichkeit, Machbarkeit und Nutzen der vier Methoden wurden nicht nur aufgrund von Beurteilungskriterien, sondern auch anhand eines Praxistests auf 13 landwirtschaftlichen Betrieben untersucht.

Es zeigte sich, dass die Methoden einsetzbar sind und brauchbare Ergebnisse liefern. Bei einer Anwendung außerhalb des Herkunftslandes können allerdings Probleme auftreten (Datenbeschaffung, EDV u.a.). Mit Ausnahme der Methode KUL/USL, die einfach anzuwenden ist, da Berechnung und Auswertung als Dienstleistung an eine zentrale Auswertungsstelle vergeben werden, erfordern die Methoden, insbesondere im ersten Jahr, einen sehr hohen Aufwand. Der Machbarkeit der Methode KUL/USL stehen Abstriche bei der Fachlichkeit gegenüber, die zum Teil auf der Berechnung auf Ebene des Betriebes und nicht des Schlages beruhen. Mit Ausnahme von KUL/USL, dessen externe Auswertung mit einer guten Dokumentation verbunden ist, ist der Anwender jedoch bei der Interpretation der Betriebsergebnisse auf sich selbst gestellt. An diesem Punkt werden einige Autoren wohl noch Verbesserungen vornehmen müssen. Im Hinblick auf den Nutzen der Methoden ist festzustellen, dass parallele Wirtschaftlichkeitsberechnungen nur bei REPRO möglich sind. Im Übrigen berücksichtigt bisher keine der Methoden bei der Evaluierung die Einhaltung von Vorschriften und Verordnungen. Dieser Aspekt gewinnt allerdings, insbesondere im Zuge der Agrarreform durch eine Reihe von Anforderungen durch „Cross Compliance“, für den Landwirt an Bedeutung.

Eine zweite Frage, die den Anwender interessiert, wenn er sich mit verschiedenen Methoden konfrontiert sieht, ist die Frage nach der Übereinstimmung der verschiedenen Ergebnisse. Diese wurde durch einen Vergleich der Rangfolgen und der Empfehlungen geprüft. Die Abweichungen bei den Empfehlungen rühren von unterschiedlichen Ausgangshypothesen her, der Auswahl der betrachteten Wirkungen (z.B. bei Phosphat: Schwermetallbelastung versus Erhalt der Bodenfruchtbarkeit), verschiedene Berechnungsweisen und -ebenen (Betrieb oder Schlag), oder unterschiedliche Systemgrenzen etc. Dies führt zur Aussage, dass sich die Methoden eher ergänzen. Für einen Anwender ist das (ohne die Anleitung durch einen Spezialisten) nicht unbedingt leicht zu verstehen und zu akzeptieren. Die Frage nach der Entscheidungshilfe bei sich widersprechenden Kriterien bleibt offen und wurde im Rahmen der vorliegenden Arbeit nicht behandelt.

Es ist anzunehmen, dass sich die Anwendungsprobleme, insbesondere bei der Übertragung in andere Länder, teilweise lösen lassen. Eine Konsequenz von Evaluierungsarbeiten wie diesem Projekt ist es, dass die Methodenentwickler animiert werden, ihre Instrumente zu verbessern. Zudem können potenziellen Anwendern, die vor der Auswahl der vier Methoden stehen, folgende Entscheidungshilfen gegeben werden:

- Die Methode KUL/USL ist geeignet für den Landwirt, der eine erste Umweltverträglichkeitsanalyse seines Betriebs vornehmen möchte, ohne dabei bis auf die Ebene der Einzelschläge zu gehen, d.h. für eine erste Bewertung der Umweltsituation auf Betriebsebene. Sie hat Vorteile im Hinblick auf die Durchführbarkeit, ist jedoch als kostenpflichtige externe Dienstleistung konzipiert. Der Anwender kann dabei ein Landwirt, ein Landwirtschaftsberater oder der Vertreter einer nicht-landwirtschaftlichen Instanz sein.

Bei den drei anderen Methoden werden die Anwender eher Techniker mit einem gewissen agronomischen Hintergrund sein, oder Landwirte mit sehr guten EDV-Anwenderkenntnissen.

- Wünscht ein Landwirt eine Analyse mit größtmöglicher Auflösung (Analyseebene [Teil-] Schlag bzw. [Teil-] Stall), Aussagen zu ökonomischen und ökologischen Kriterien oder eine vertiefte Betrachtung des Stickstoffmanagements, ist die Methode REPRO zu empfehlen, sofern der Landwirt über eine Hilfestellung bei der Auswahl der Indikatoren verfügt. Es wird darauf hingewiesen, dass weitere interessante Möglichkeiten von REPRO wie betriebswirtschaftliche Berechnungen, GIS und die Berechnung von Stickstoffverlusten im Rahmen dieses Projekts nicht getestet wurden.
- Für eine umfassende Analyse der Wirkungen des Produktionssystems, insbesondere im Bereich Energie (ein Kriterium mit zukünftig wachsender Bedeutung), ist die Methode SALCA mit ihrer quantifizierten Ökobilanz am geeignetsten.
- Hat es der Anwender mit einem Ackerbaubetrieb zu tun und/oder wünscht er eine agrar-ökologische Beratung, die sowohl die Umwelt als auch die agronomischen Erfordernisse (z.B. Bodenfruchtbarkeit) im Blick hat, so kann er die Methode INDIGO verwenden, insbesondere für Fragen in Bezug auf die Wasserqualität.

## F. SCHLUSSFOLGERUNGEN UND AUSBLICK

Das vorliegende Projekt war gekennzeichnet durch eine intensive trinationale grenzüberschreitende Zusammenarbeit. Dies zeigen u.a. die zahlreichen Projekttreffen, die zusätzlichen bilateralen Zusammenkünfte (s. Anhang 13) und nicht zuletzt auch der rege elektronische Schriftwechsel. Die Ergebnisse dieser Arbeit sind die Früchte einer echten Kooperation, in die jeder Partner seine Kompetenzen einbrachte. Bei den daraus entstandenen Ergebnissen sind insbesondere zwei Aspekte hervorzuheben:

- Aus wissenschaftlicher Sicht wurde eine Beurteilungsmethode für betriebliche Evaluierungsverfahren mit methodisch originären Aspekten entwickelt. Dieser Vergleich reichte bis hin zu den Ergebnissen, die mit den vier Methoden erzielt wurden, was unseres Wissens von anderen Autoren bislang noch kaum geleistet wurde.
- Stärken und Schwächen der vier untersuchten Methoden INDIGO (F), KUL/USL (D), REPRO (D) und SALCA (CH) wurden herausgearbeitet. Darauf aufbauend wurden deren Einsatzmöglichkeiten abgeleitet. Außerdem wurden die Ausgabe der Ergebnisse, die Rangfolge der jeweiligen Betriebe in ökologischer Hinsicht sowie die damit erstellten Beratungsempfehlungen miteinander verglichen.

Alle vier Methoden besitzen spezifische Stärken und können für bestimmte Anwendungsfälle in der Umweltberatung empfohlen werden. Es handelt sich um Methoden, die nicht nur Ergebnisse auf der Grundlage von Expertenmeinungen liefern, sondern die darüber hinaus auch auf der Berechnung von Indikatoren mit Betriebsdaten beruhen. Es ist jedoch darauf hinzuweisen, dass sie sich nicht für ordnungsrechtliche Fragestellungen und für die Kontrolle von landwirtschaftlichen Betrieben eignen.

Die vorliegenden Ergebnisse wurden in einem Praxistest durch die Betriebsdaten einer Gruppe von 13 Betrieben unterschiedlicher Typen aus drei Ländern und den beiden Jahren 2002 und 2003 abgesichert, wobei das zweite Jahr extreme Witterungsverhältnisse aufwies. Bei der Prüfung der Anwendbarkeit wurde festgestellt, dass außerhalb des Ursprungslandes Schwierigkeiten auftreten können. Einige EDV-Probleme lassen sich z.T. auf die unausgereifte Software zurückführen. Außerdem verlangt jede Methode Daten, die im Ausland nicht immer ohne weiteres verfügbar sind. Mit Ausnahme von KUL/USL verlangen die drei anderen Methoden neben einem technisch versierten Anwender einen nicht zu unterschätzenden Zeitaufwand (vor allem im ersten Jahr; danach nimmt dieser ab). Dieser bleibt im Vergleich mit einem ISO-Zertifizierungsaufwand mit mehreren Personenmonaten jedoch annehmbar. Auch muss der Anwender bei diesen drei Methoden die Beratungsempfehlungen aus den Ergebnissen selbst ableiten. Hier liegen auch noch keine Instrumente zur ökologischen Steuerung von Betrieben durch die Landwirte im Rahmen einer Zertifizierung vor.

Was den Vergleich der Ergebnisse betrifft, so waren die Betriebsrangfolgen insgesamt betrachtet gleich. Dagegen liegt die Übereinstimmung bei den Beratungsempfehlungen lediglich zwischen 50 und 60 % - verbunden mit einer großen Streubreite. Diese Abweichungen beruhen vor allem auf den teilweise unterschiedlichen philosophischen Grundlagen bei der Zielbestimmung der Methoden (agrarwissenschaftliche und agrarpolitische Ziele versus Umweltziele stricto sensu) und dem Aufbau der Indikatoren (also nicht auf einer willkürlichen Festlegung von Referenzwerten).

Zum Abschluss dieser Arbeit eröffnen sich verschiedene Perspektiven:

- Von den Autoren der Methoden sind eine Reihe von Verbesserungen/Anpassungen vorgesehen oder bereits eingeleitet, damit die festgestellten Probleme behoben werden

können. Dieser Prozess, der schon durch die vorliegende Arbeit Anreize erhielt, könnte durch Folgeprojekte noch beschleunigt werden.

- Sobald die festgestellten Anwendungsprobleme gelöst sind, sollten die Arbeiten zur Evaluierung der Methoden fortgesetzt werden. Auf dieser Grundlage könnten dann die Schlussfolgerungen der vorliegenden Arbeit einer Überprüfung unterzogen werden. Auch könnte mit der Einführung in die Praxis begonnen werden, selbstverständlich unter Beteiligung von landwirtschaftlichen Beratern und Landwirten. Dieses Vergleichsvorhaben sollte sich dabei hauptsächlich auf die Untersuchung der Kriterien „Machbarkeit“ und „Nutzen“ der untersuchten Methoden erstrecken. Dabei könnten die Erfahrungen der Landwirte in Bezug auf die Anwenderfreundlichkeit erfasst werden. Die Ergebnisse könnten dann im Rahmen von grenzüberschreitenden Fortbildungsveranstaltungen präsentiert werden.
- Auch der Beurteilungsansatz sollte zuvor an einigen Stellen noch verifiziert werden. Insbesondere wäre für eine vollständige Bewertung der Machbarkeit eine Gesamtkostenanalyse notwendig. Eine Kostenanalyse für die Anwendung der Verfahren wurde im Rahmen des Projektes nicht durchgeführt, da für INDIGO und SALCA noch keine Preislisten vorhanden waren sowie die Vollkosten für alle Methoden nicht erhoben werden konnten. Ebenso hätte ein Kriterium zur Ergonomie der Anwenderprogramme hinzugefügt werden können, wenn sich diese zum Zeitpunkt des Einsatzes in diesem Projekt schon im Endstadium ihrer Entwicklung befunden hätten.
- Nachdem nun die Stärken und Schwächen der einzelnen Methoden bezüglich wissenschaftlicher Aussagefähigkeit, berücksichtigter Wirkungen und Berechnungsweise bekannt sind, stehen zwei Optionen zur Auswahl. Entweder wird die Entwicklung einer 'Idealmethode', welche die Vorteile der betrachteten Methoden vereinigt, vorangetrieben oder dem Anwender wird ein Instrument zur Entscheidung zwischen den angebotenen Methoden vorgeschlagen, das auf den Ergebnissen dieser Evaluierung beruht. Dieser zweite Ansatz muss den möglichen Divergenzen zwischen den Ergebnissen der Methoden Rechnung tragen, die, wie diese Arbeit gezeigt hat, überwiegend auf Unterschiede in den der Methodenentwicklung zugrunde liegenden Philosophien zurückzuführen sind. Das Vorgehen zur Auswahl der betrachteten Umweltwirkungen muss Bestandteil dieser noch zu leistenden Arbeit sein.
- Schließlich ist im Verlauf des Projekts - insbesondere im Zusammenhang mit der Reform der Agrarpolitik (sowohl in der Europäischen Union als auch in der Schweiz) und der Einführung von Cross Compliance - die Frage nach Umweltmanagementsystemen (im Rahmen von EMAS, ISO 14000 bzw. gesetzlichen Regelungen und Verordnungen) aufgetaucht. Es wäre interessant zu klären, in welchem Umfang die im vorliegenden Projekt untersuchten Methoden in einen derartigen Ansatz integrierbar sind.

## G. LITERATURVERZEICHNIS (HAUPTTEXT UND ANHÄNGE)

- Abraham, J., 2001. Auswirkungen von Standortvariabilität auf den Stickstoffhaushalt ackerbaulich genutzter Böden unter Berücksichtigung der Betriebsstruktur, der standortsspezifischen Bewirtschaftung und der Witterungsbedingungen, Shaker, Aachen.
- Actis Dana, N., 2004. Contribution à la validation des sorties de l'indicateur azote (IN) de la méthode INDIGO, Université Louis Pasteur Strasbourg, Strasbourg, Mémoire de Maîtrise Sciences et Techniques, pp. 36.
- Appel, T., Schmücker, M., Schultheiss, U., 1994. Möglichkeiten und Grenzen schlagbezogener N-Bilanzen zur Reduzierung der Nitratbelastung in Wasserschutzgebieten. VDLUFA-Schriftenreihe 37, 137-140.
- APRONA, 2005. Inventaire 2003 de la qualité des eaux souterraines dans la vallée du Rhin supérieur, Région Alsace, Strasbourg, pp. 22.
- Arondel, C., Girardin, P., 2000. Sorting cropping systems on the basis of their impact on groundwater quality. European Journal of Operational Research 127, 476-482.
- Arousseau, P. 2004. Agrégation des paramètres et bases mathématiques de combinatoire de facteurs de risque. In Estimation des risques environnementaux des pesticides, E. Barriuso (ed.), INRA Editions. Paris, pp. 58-74.
- Baelemans, A., Muys, B., 1998. A Critical Evaluation of Environmental Assessment Tools for Sustainable Forest Management, Agro-Industry and Forestry., D., C., (Ed.), International Conference on Life Cycle Assessment in Agriculture, Brussels, VITO, Mol, Belgium.
- Belan, J., 1994. Un outil pour l'aménagement rural et la gestion agronomique. Perspectives agricoles n°197, 87-90.
- Benoît, M., 1992. Un indicateur des risques de pollution azotée nommé "Bascule" (Balance Azotée Spatialisée des systèmes de CULTure de l'Exploitation). Fourrages 129, 95-110.
- Bockstaller, C., 2004. Elaboration et utilisation des indicateurs. Exemple de I-Phy, In: Barriuso, E., (Ed.), Estimation des risques environnementaux des pesticides, un point sur, INRA Editions, Paris, pp. 75-86.
- Bockstaller, C., Girardin, P., 2002. A global indicator of environmental Sustainability (IGLO), Villalobos, F. J. , Testi, L., (Eds.), 7th ESA Congress, Cordoba, European Society for Agronomy (ESA), pp. 553-554.
- Bockstaller, C., Girardin, P., 2003. How to validate environmental indicators. Agricultural Systems 76, 639-653.
- Bockstaller, C., Girardin, P., Van der Werf, H. G. M., 1997. Use of agro-ecological indicators for the evaluation of farming systems. European Journal of Agronomy 7, 261-270.
- Bockstaller, C., Reinsch, M., Girardin, P., 2002. Mise en oeuvre des indicateurs agro-écologiques : comparaison avec la méthode KUL, élargissement d'autres systèmes de production, application en zones sensibles, informatisation du calcul., ITADA, Colmar, pp. 112.
- Bosshard, A., 2000. A methodology and terminology of sustainability assessment and its perspectives for rural planning. Agriculture Ecosystems and Environment 77, 29-41.
- Bouwman, A. F., 1996. Direct emission of nitrous oxide from agricultural soils. Nutrient Cycling in Agroecosystems 46, 53-70.
- Breitschuh, G., Eckert, H., Kuhaupt, H., Gernand, U., Sauerbeck, D., Roth, S., 2001. Erarbeitung von Beurteilungskriterien und Messparametern für nutzungsbezogene Bodenqualitätsziele. Anpassung und Anwendung von Kriterien zur Bewertung nutzungsbedingter Bodengefährdungen. UBA-Text 50/00 50/00, 129.
- Briquel, V., Vilain, L., Bourdais, J. L., Girardin, P., Mouchet, C., Viaux, P., 2001. La méthode IDEA (indicateurs de durabilité des exploitations agricoles): une démarche pédagogique. Ingénieries n°25, 29-39.
- Büchter, M., Wachendorf, M., Taube, F., 2002. Comparison of the groundwater-pollution by nitrate under "pasture and simulated pasture, Villalobos, F. J. , Testi, L., (Eds.), 7th ESA Congress, Cordoba, European Society for Agronomy (ESA), pp. 735-736.
- Chesnais, E., 2001. Les faux-semblants de l'agrochimie. Que Choisir n°379, 29-41.
- Christen, O., O'Halloran-Wietholtz, Z., 2002. Indikatoren für eine nachhaltige Entwicklung der Landwirtschaft, Vol. 3/2002, ILU, Bonn.
- Dabbert, S., Kilian, B., Sprenger, S., 1999. Site-specific water quality indicators in Germany, In: Brouwer, F. M. , Crabtree, J. R., (Eds.), Environmental indicators and agricultural policy, CAB International, Wallingford, pp. 177-191.
- Dalgaard, T., Heidmann, T., Mogensen, L., 2002. Potential N-losses in three scenarios for conversion to organic farming in a local area of Denmark. European Journal of Agronomy 16, 207-217.
- Deutsche Bodenkundliche Gesellschaft, e., 1992. Strategien zur Reduzierung standort- und nutzungsbedingter Belastungen des Grundwassers mit Nitrat, Deutsche Bodenkundliche Gesellschaft, Giessen.
- Devillers, J., Farret, R., Girardin, P., Rivière, J.-L., Soulas, G., 2005. Indicateurs pour évaluer les risques liés à l'utilisation des pesticides, Lavoisier, Londres, Paris, New-York.
- Duelli, P., 1997. Biodiversity evaluation in agricultural landscapes: An approach at two different scales. Agriculture Ecosystems and Environment 62, 81-91.
- Duelli, P., Obrist, M. K., 1998. In search of the best correlates for local organismal biodiversity in cultivated area. Biodiversity and Conservation 7, 297-309.

- Eckert, H., Breitschuh, G., Sauerbeck, D., 1999. Kriterien umweltverträglicher Landwirtschaft (KUL): ein Verfahren zur ökologischen Bewertung von Landwirtschaftsbetrieben. *Agribiological Research* 52, 57-76.
- Eckert, H., Breitschuh, G., Sauerbeck, D., 2000. Criteria and Standards for Sustainable Agriculture. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science (Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde)* 163, 337-351.
- Flury, M., 1996. Experimental evidence of transport of pesticides through field soils - A review. *Journal of Environmental Quality* 25, 25-45.
- Frede, H. G., Fischer, P., Bach, M., 1998. Reduction of herbicide contamination in flowing waters. *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde* 161, 395-400.
- Freibauer, A., Kaltschmitt, M. e., 2000. Emissions rates and emissions factors of greenhouse gas fluxes in arable and animal agriculture, University of Stuttgart, Stuttgart, pp. 192.
- Freiermuth, R., 2005. Modell zur Berechnung der Schwermetallflüsse in der landwirtschaftlichen Ökobilanz, FAL-Bericht.
- Freyer, B., Reisner, Y., Zuberbuhler, D., 2000. Potential impact model to assess agricultural pressure to landscape ecological functions. *Ecological Modelling* 130, 121-129.
- Frischknecht, R., Jungbluth, N., Althaus, H.-J., Doka, G., Hellweg, S., Hirschler, R., Nemecek, T., Rebitzer, G., Spielmann, M., 2003. Overview and Methodology. *ecoinvent report No. 1*. Swiss Centre for Life Cycle Inventories, Dübendorf.
- Gaillard G., Freiermuth R., Baumgartner D., Calanca P. L., Jeanneret P., Nemecek T., Oberholzer H. R., Prasuhn V., Richner W. und Weisskopf P., 2005. Methode zur Ökobilanzierung landwirtschaftlicher Systeme. *Schriftenreihe der FAL*.
- Gaillard G., Ramsauer M., Vonarburg U., Daniel O., Desaulles A., Flisch R., Herzog F., Hofer G., Jeanneret P., Nemecek T., Oberholzer H., Prasuhn V., Richner W., Schüpbach B., Spiess E., Walter T., Weisskopf P., 2003. Agrar-Umweltindikatoren - Machbarkeitsstudie für die Umsetzung i. der Schweiz. *Schriftenreihe der FAL* 47, 68 S.
- Galloway, J. N., Cowling, E. B., 2002. Reactive nitrogen and the world: 200 years of change. *Ambio* 31, 64-71.
- Gebauer, J., Bäuerle, A. S., 2000. Betriebliche Umweltinformationstechniken für die Landwirtschaft. *Berichte über Landwirtschaft* 78, 354-392.
- Geier, U., Köpke, U., 2000. Analyse und Optimierung des betrieblichen Umweltbewertungsverfahrens "Kriterien umweltverträglicher Landbewirtschaftung" (KUL). *Berichte über Landwirtschaft* 78, 191.
- Girardin, P., 2001. Les méthodes françaises d'évaluation environnementales des exploitations agricoles, Forum ITADA "Agriculture durable : peut-on mesurer les prestations environnementales des exploitations agricoles ?" Sissach (CH), ITADA, pp. 33-42.
- Girardin, P., Bockstaller, C., INDIGO, 2002. Méthode d'évaluation des systèmes de production à la parcelle, Quels diagnostics pour quelles actions environnementales, Toulouse, Solagro, pp. 119-124.
- Girardin, P., Bockstaller, C., van der Werf, H. M. G., 2000. Assessment of potential impacts of agricultural practices on the environment: the AGRO\*ECO method. *Environmental Impact Assessment Review* 20, 227-239.
- Griffith, P., 2004. Construction d'un tableau de bord arbo-environnemental à partir de la méthode INDIGO, UMR INPL-(ENSAIA)-INRA Nancy -Colmar, ARAA, Colmar, pp. 110.
- Guinée, J. B., Gorrée, M., Heijungs, R., Huppes, G., Kleijn, R., de Koning, A., van Oers, L., Wegener Sleswijk, A., Suh, S., Udo de Haes, H. A., de Bruijn, H., van Duin, R., Huijbregts, M. A. J., Lindeijer, E., Roorda, A. A. H. und Weidema, B. P., 2001. Life cycle assessment - An operational guide to the ISO standards. Ministry of Housing, Spatial Planning and Environment (VROM) and Centre of Environmental Science (CML), Den Haag and Leiden, Netherlands.
- Gutsche, V., Ganzelmeier, H., 2003. Nachhaltigkeit und Pflanzenschutz? in: Bewertung von Umweltschutzleistungen in der Pflanzenproduktion. *KTBL-Tagung vom 03. bis 04. April 2003 in Halle/Saale, KTBL-Schrift Nr. 415*, 44-56.
- Hanegraaf, M. C., 1998. Environmental performance indicators for nitrogen. *Environmental Pollution* 102, 711-715.
- Hauschild, M. und Wenzel, H., 1998. Environmental assessment of products. Vol. 2: Scientific background. Chapman and Hall, London, 565 p.
- Hertwich, E. G., Pease, W. S., Koshland, C. P., 1997. Evaluating the environmental impact of products and production processes: A comparison of six methods. *The Science of the Total Environment* 196, 13-29.
- Holdgate, M., 1996. The ecological significance of biological diversity. *Ambio* 25, 409-416.
- Hülsbergen, K. J., 2003. Entwicklung und Anwendung eines Bilanzierungsmodells zur Bewertung der Nachhaltigkeit landwirtschaftlicher Systeme, Shaker Verlag (Halle, Univ., Habil.-Schr., 2002), Aachen,
- IFEN, 2003. Les pesticides dans les eaux. Sixième bilan annuel. Données 2002, Vol. 37, Institut Français de l'Environnement, Paris.
- ISO, 1997. ISO 14040 - Umweltmanagement/Ökobilanz.
- Institut für Landschaftsökologie und Naturschutz (ILN) Singen, Institut für Ökologie und Naturschutz (IFÖN) Eberswalde & Fachgebiet Ökologischer Land- und Pflanzenbau der Universität Kassel (2003). *Naturindikatoren für die landwirtschaftliche Praxis. - Endbericht, Singen, 178 S.*

- Jeanneret, P., Baumgartner, D., Freiermuth, R., Gaillard, G., 2005. Méthode d'évaluation de l'impact des activités agricoles sur la biodiversité, Rapport FAL.
- Keichinger, O., 2001. Evaluation de l'impact des pratiques agricoles d'exploitations de grandes cultures sur la valeur cynégétique à l'aide d'indicateurs agro-écologiques, Docteur de l'I.N.P.L. Sciences Agronomiques, INPL-ENSAIA, pp. 163.
- Kolpin, D. W., Barbash, J. E., Gilliom, R. J., 2000. Pesticides in ground water of the United States, 1992- 1996. *Ground Water* 38, 858-863.
- Laurent, F., Castillon, P., 1987. Le reliquat azoté sortie hiver. *Perspectives Agricoles* n°115, 47-57.
- Laurent, F., Vertès, F., Farrugia, A., Kerveillant, P., 2000. Effets de la conduite de la prairie pâturée sur la lixiviation du nitrate. Proposition pour une maîtrise du risque à la parcelle. *Fourrages* 164, 397-420.
- Lord, E. I., Anthony, S. G., Goodlass, G., 2002. Agricultural nitrogen balance and water quality in the UK. *Soil Use and Management* 18, 363-369.
- Machet, J. M., Laurent, F., Chapot, J. Y., Dore, T., Dulout, A., 1997. Maîtrise de l'azote dans les intercultures et les jachères, In: Lemaire, G., Nicolardot, B., (Eds.), *Maîtrise de l'azote dans les agrosystèmes, Les colloques de l'INRA, INRA, Versailles*, pp. 271-288.
- Magnollay, F., Veillon, A., 1990. Mise au point d'une méthode d'évaluation des techniques douces en agriculture, Programme national de recherche "Sol", Liebefeld-Berne, pp. 57.
- Margni, M., Rossier, D., Crettaz, P., Jolliet, O., 2002. Life cycle impact assessment of pesticides on human health and ecosystems. *Agriculture Ecosystems und Environment* 93, 379-392.
- Mertens, M., Huwe, B. U., 2002. FuN-Balance: a fuzzy balance approach for the calculation of nitrate leaching with incorporation of data imprecision. *Geoderma* 109, 269-287.
- Meyer-Aurich, A., 2003. Agrarumweltindikatoren auf betrieblicher Ebene -Vergleich verschiedener Ansätze zur Bewertung der Umwelleistungen landwirtschaftlicher Betriebe., In: *Agrarforschung, D., (Ed.), Umweltindikatoren - Schlüssel für eine umweltverträgliche Land- und Forstwirtschaft, Agrarspektrum, vol. 36*, pp. 51-62.
- Nemecek, T., Heil, A., Huguenin, O., Meier, S., Erzinger, S., Blaser, S., Dux, D. and Zimmermann, A., 2003. Life Cycle Inventories of Agricultural Production Systems. Final report ecoinvent 2000 No. 15. FAL Reckenholz, FAT Tänikon, Swiss Centre for Life Cycle Inventories, Dübendorf.
- Nemecek, T., Gaillard, G. und Zimmermann, A., 2004a. Referenzwerte für Ökobilanzen von Landwirtschaftsbetrieben. *AGRARForschung*, 11: 324-329.
- Nemecek, T., Heil, A., Huguenin, O., Meier, S. Erzinger, S., Blaser, S., Dux, D. und Zimmermann, A., 2004b. Life Cycle Inventories of Agricultural Production Systems. Final report ecoinvent 2000 No. 15. Swiss Centre for Life Cycle Inventories, Dübendorf, CH., 289 p.
- Nemecek, T., Huguenin-Elie, O., Dubois, D., Gaillard, G., 2005. Ökobilanzierung von Anbausystemen im Acker- und Futterbau, *Schriftenreihe der FAL*.
- Oberholzer, H.R., Weisskopf, P., Gaillard, G., Weiss, F., Freiermuth, R., 2005. Methode zur Beurteilung der Wirkungen landwirtschaftlicher Bewirtschaftung auf die Bodenqualität in Ökobilanzen, Bericht FAL
- Öborn, I., Edwards, A. C., Witter, E., Oenema, O., Ivarsson, K., Withers, P. J. A., Nilsson, S. I., Stinzing, A. R., 2003. Element balances as a tool for sustainable nutrient management: a critical appraisal of their merits and limitations within an agronomic and environmental context. *European Journal of Agronomy* 20, 211-225.
- OCDE, 1999. Indicateurs environnementaux pour l'agriculture : Volume 1 Concepts et cadre d'analyse, Paris, France, pp. 50.
- Oenema, O., Kros, H., de Vries, W., 2003. Approaches and uncertainties in nutrient budgets: implications for nutrient management and environmental policies. *European Journal of Agronomy* 20, 3-16.
- Oenema, O., van Liere, L., Schoumans, O., 2005. Effects of lowering nitrogen and phosphorus surpluses in agriculture on the quality of groundwater and surface water in the Netherlands. *Journal of Hydrology* 304, 289-301.
- Oldham, R. S., Latham, D. M., HiltonBrown, D., Towns, M., Cooke, A. S., Burn, A., 1997. The effect of ammonium nitrate fertiliser on frog (*Rana temporaria*) survival. *Agriculture Ecosystems and Environment* 61, 69-74.
- Olivier, J. G. J., Bouwman, A. F., van der Hoek, K. W., Berdowski, J. J. M., 1998. Global air emission inventories for anthropogenic sources of NO<sub>x</sub>, NH<sub>3</sub> and N<sub>2</sub>O in 1990. *Environmental Pollution* 102, 135-148.
- Oppermann, R., 2003. Nature balance scheme for farms - evaluation of the ecological situation. *Agriculture Ecosystems und Environment* 98, 463-475.
- Party, J. P., Sauter, J., Burtin, M. L., Koller, R., 1999. Guide des sols d'Alsace, petite région naturelle Plaine Sud-Alsace : un guide pour l'identification des sols et leur valorisation agronomique, Région Alsace, Strasbourg,
- Pervanchon, F., Bockstaller, C., Bernard, P. Y., Peigné, J., Amiaud, B., Vertès, F., Fiorelli, J. L., Plantureux, S., 2005. A novel indicator of environmental risks due to nitrogen management on grasslands. *Agriculture Ecosystems and Environment* 105, 1-16.
- Pervanchon, F., Bockstaller, C., Girardin, P., 2002. Assessment of energy use in arable farming systems by means of an agro-ecological indicator: the energy indicator. *Agricultural Systems* 72, 149-172.
- Prasuhn, V., 2005. Erfassung der P-Austräge für die Ökobilanzierung, Bericht FAL.



- Reisner, Y., Schüpbach, B., Jeanneret, P., 2002. Biodiversité et esthétique du paysage dans les bilans écologiques, Bilans écologiques: Contribution à une agriculture durable, Zurich, FAL Reckenholz.
- Reus, J., Leenderste, P., Bockstaller, C., Fomsgaard, I., Gutsche, V., Lewis, K., Nilsson, C., Pussemier, L., Trevisan, M., van der Werf, H., Alfarroba, F., Blümel, S., Isart, J., McGrath, D., Seppälä, T., 2002. Comparing and evaluating eight pesticide environmental risk indicators developed in Europe and recommendations for future use. *Agriculture Ecosystems and Environment* 90, 177-187.
- Rossier, D., 1998. Ecobilan – Adaptation de la méthode ecobilan pour la gestion environnementale de l'exploitation agricole, SRVA, 49 p. et annexes.
- Rossier, D., Gaillard, G., 2001. Bilan écologique de l'exploitation agricole : Méthode et application à 50 entreprises, SRVA et FAL, 105 p. et annexes.
- Rossier, D., Gaillard, G., 2004. Ökobilanzierung des Landwirtschaftsbetriebs: Methode und Anwendung in 50 Landwirtschaftsbetrieben. *Schriftenreihe der FAL* 53, p. 142.
- Schaltegger, S., Kubat, R., 1994. Das Handwörterbuch der Ökobilanzierung – Begriffe und Definitionen. *WWZ-Studie Nr. 45*, 111 p.
- Schärlig, A., 1985. Décider sur plusieurs critères. *Panorama de l'aide à la décision multicritère*, Presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne.
- Schiavon, M., Perringanier, C., Portal, J. M., 1995. La pollution de l'eau par les produits phytosanitaires : état et origine. *Agronomie* 15, 157-170.
- Schmid, M., Neftel, A., Fuhrer, J., 2000. Lachgasemissionen aus der Schweizer Landwirtschaft. *FAL; Schriftenreihe der FAL* 33, 131 p.
- Schwertmann, U., Vogl, W. M., Kainz, 1987: Bodenerosion durch Wasser. Vorhersage des Abtrags und Bewertung von Gegenmaßnahmen. - Stuttgart, 64 S.
- Silvert, W., 2000. Fuzzy indices of environmental conditions. *Ecological Modelling* 130, 111-119.
- Simon, J. C., Grignani, C., Jacquet, A., LeCorre, L., Pages, J., 2000. Typologie des bilans d'azote de divers types d'exploitation agricole: recherche d'indicateurs de fonctionnement. *Agronomie* 20, 175-195.
- Smith, O. H., Petersen, G. W., Needelman, B. A., 2000. Environmental indicators of agroecosystems. *Advances in Agronomy* 69, 75-97.
- ten Berge, H. F. M.,(Ed.) 2002. "A review of potential indicators for nitrate loss from cropping and farming systems in the Netherlands", *Plant Research International B.V., Wageningen (The Netherlands)*, pp. 168.
- Thiollet-Scholtus, M., 2004. Construction d'un indicateur de qualité des eaux de surface vis-à-vis des produits phytosanitaires à l'échelle du bassin versant viticole, Doctorat INPL, Institut National Polytechnique de Lorraine, UMR INPL (ENSAIA)-INRA 1121, pp. 180.
- Van Bol, V., Peeters, A., 1997. Nitrogen resources conservation in a mixed dairy farming system. Winter leacheable nitrate risk assessment, Isart, J., Llerena, J. J., (Eds.), *Resource use in organic farming. Proceeding of the third ENOF Workshop, Ancona*, pp. 349-352.
- Van der Werf, H. G. M., Petit, J., 2002. Evaluation of environmental impact of agriculture at the farm level: a comparison and analysis of 12 indicator-based methods. *Agriculture Ecosystems and Environment* 93, 131-145.
- Van der Werf, H. M. G., Zimmer, C., 1998. An indicator of pesticide environmental impact based on a fuzzy expert system. *Chemosphere* 36, 2225-2249.
- Vidal, C., Marquer, P., 2002. *Vers une agriculture européenne durable: Outils et méthodes*, Educagri, Dijon, France.

## ANHANG 1

### Allgemeine Definitionen

#### **Wirkung**

Der Begriff 'Umweltwirkung' bezieht sich auf die 'Beeinflussung der Umwelt durch menschliches Handeln' (siehe S. 77).

Das Konzept der Umweltwirkung ist noch sehr allgemein. Wenn Lebewesen betroffen sind oder Ökosysteme verändert werden, dann spricht man besser von biologischer oder ökologischer Wirkung (siehe S. 78). Im Übrigen kann die Wirkung auch auf ökonomischer Ebene stattfinden.

#### **Risiko**

Der Begriff Risiko kann beinhalten:

- entweder nur die *Möglichkeit des Eintretens* (Aurousseau, 2004), die bezogen sein kann auf die Konzepte von Emission, Beeinträchtigung oder Exposition. Man spricht vom Risiko des Oberflächenabflusses, der Auswaschung etc.
- oder die Verknüpfung einer *Eintretensmöglichkeit* mit einer *gefährlichen Wirkung* (Toxizität für einen Organismus oder andere Wirkungen) oder *Kosten* im ökonomischen Sinne. In diesem Fall erstreckt sich das Risiko auf biologische oder ökonomische Wirkungen.

Bei der Nitratproblematik bezieht sich das Risiko lediglich auf die Eintretensmöglichkeit von Auswaschung, während man bei Pflanzenschutzmitteln gemeinhin Exposition und toxische Bestandteile miteinander verknüpft.

#### **Wirkung - Risiko**

Die Begriffe von Risiken und Wirkungen werden in der Indikator-Literatur nicht immer klar definiert und auseinander gehalten:

- Von Wirkung spricht man, wenn ein Effekt eingetreten ist und entweder direkt beobachtet oder mit Sicherheit vorausgesagt wird.
- Das Risiko bezieht sich auf die Wahrscheinlichkeit (quantifiziert oder nicht) des Auftretens einer Wirkung oder ganz allgemein eines Ereignisses oder Phänomens.

#### **Potenzielle Wirkung**

Der Begriff *potenziell* gibt an, dass der Ansatz zur Evaluierung der Wirkungen aus Gründen der Vereinfachung oder wegen fehlender Daten etc. nicht auf einer Vorhersage oder Abschätzung einer tatsächlichen Wirkung beruht (Freyer et al., 2000). Manche benutzen ihn auch trotz der sprachlichen Problematik anstelle des Begriffs *Risiko*, indem sie von *potenziellem Risiko* sprechen, wenn dieses nicht quantifiziert ist und man bestimmte, mit Zufälligkeit und Wirkung verbundene Faktoren miteinander verknüpft.

Als Beispiele lassen sich Evaluierungsinstrumente anführen, die auf der Verwendung von meteorologischen Mittelwerten beruhen oder die keine eindeutig identifizierten klimatischen Faktoren beinhalten. Die Entscheidung für solche Werte kann aus Gründen der Vereinfachung erfolgen, aber auch zwecks Erleichterung der Entscheidungshilfe, durch Abschirmung des Indikators gegenüber zufälligen klimatischen Schwankungen, welche die Rolle von landwirtschaftlichen Bewirtschaftungsmaßnahmen oder von anderen Faktoren verdecken können.

## ANHANG 1 (Fortsetzung): Definitionen aus der Lebenszyklusanalyse/Ökobilanz

Die Hauptquellen für Begriffe sind die ISO-Norm (Ökobilanz-Methodik allgemein), die Dokumentation zum ecoinvent-Projekt (v.a. Phase Sachbilanz, Schwerpunkt auf Energie) und der Guide CML01 (Guinée *et al.* 2001).

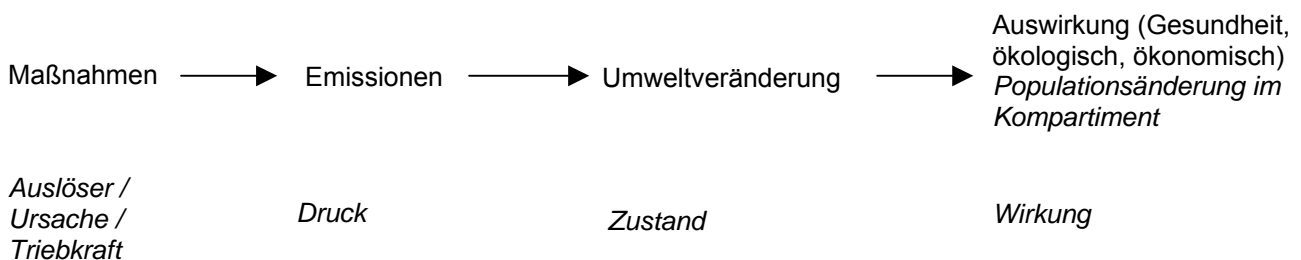
Punktuell wird auch auf das Handwörterbuch der Ökobilanzierung von Schaltegger und Kubat (1994) zurückgegriffen. Diese Quelle ist aber teilweise veraltet.

Deutsch	Französisch	Englisch	Bedeutung	Quelle
Allokation	allocation	allocation	Zuordnung der Input- und Outputflüsse eines Moduls auf das untersuchte System	ISO (1997)
Elementarfluss	flux élémentaire	elementary flow	Stoff oder Energie, der bzw. die dem System aus der Umwelt zugeführt wird oder vom System an die Umwelt abgegeben wird	ISO (1997)
funktionelle Einheit	unité fonctionnelle	functional unit	Quantifizierter Nutzen eines Produktsystems für die Verwendung als Vergleichseinheit in einer Ökobilanzstudie	ISO (1997)
Ökoprofil	profil environnemental	environmental profile	Gesamtheit der Ergebnisse für die Indikatoren einzelner Umweltkategorien (aus der Wirkungsabschätzung)	nach Schaltegger & Kubat (1994)
Primärenergie	énergie primaire	primary energy	Energieinhalt von Energieressourcen, die noch keiner Behandlung unterzogen wurden.	nach Frischknecht <i>et al.</i> (2003)
Produktsystem	système du produit	product system	Zusammenfassung der durch Material- und Energieflüsse verbundenen Module, die eine oder mehrere festgelegte Funktionen erfüllen	ISO (1997)
Sachbilanz	inventaire	life cycle inventory	Bestandteil der Ökobilanz, der die Zusammenstellung und Quantifizierung von Input und Output eines gegebenen Produktsystems im Verlauf seines Lebenswegs umfasst	ISO (1997)
Umweltkompartiment	compartiment environnemental	environmental compartment	Umweltmedium, in welches eine Emission austritt	nach Schaltegger & Kubat (1994)
Umwelt-Risiko	risque environnemental	environmental risk	Umweltwirkung, die mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit eintritt. Das Risiko definiert sich als Produkt des Ausmaßes der Wirkung und deren Eintretenswahrscheinlichkeit.	nach Schaltegger & Kubat (1994)
Umweltwirkung	impact environnemental	environmental impact	Beeinflussung der Umwelt durch eine menschliche Aktivität	nach Schaltegger & Kubat (1994)
Wirkungsabschätzung	évaluation de l'impact	impact assessment	Bestandteil der Ökobilanz, der dem Erkennen und der Beurteilung der Größe und Bedeutung von potenziellen Umweltwirkungen eines Produktsystems dient	ISO (1997)

## ANHANG 1 (Fortsetzung) Niveau der Einbeziehung von Wirkungen durch einen Wirkungsindikator

Der Rückgriff auf theoretische, nicht gemessene Umwelt- oder Wirkungsindikatoren lässt sich mit dem Fehlen von Mitteln (Geld, Zeit), mit der methodischen Unmöglichkeit von direkten Messungen der Wirkungen sowie mit der zeitlichen Diskrepanz zwischen Ursache und Wirkung<sup>20</sup> rechtfertigen. Jedoch geben nicht alle Indikatoren eine Information über die Wirkung im eigentlichen Sinne, sondern lediglich über Teilelemente in der Kausalkette, indem sie z.B. eine direkte Verbindung zwischen einer landwirtschaftlichen Bewirtschaftungsmaßnahme und einer Umweltwirkung voraussetzen.

Um die von einem Indikator gelieferte Information einzustufen, wird das Konzept 'Integrationsstufe der Wirkung' vorgeschlagen, welches das von Hertwich et al., 1997 entwickelte Konzept der 'Analysetiefe' aufgreift und erweitert, indem es dieses auf die Kausalkette bezieht. Je höher das Integrationsniveau, desto mehr Daten über die Wirkung enthält die Information und desto näher ist diese an der Wirkung. Es besteht eine Parallele zum europäischen DPSIR-Modell (Vidal et Marquer, 2002) Triebkraft (D), Druck (P), Zustand (S), Wirkung (I) und Reaktion (R).



Am einfachsten kann man dieses Konzept mit der Erderwärmung illustrieren: Antriebskraft: Stickstoffdüngung; Emission: Lachgas (so genanntes Treibhausgas); Potentielle Wirkung: Absorption der von der Erde reflektierten infraroten Strahlung (so genanntes Treibhauspotenzial); Zustand: Erhöhung der Erdtemperatur; Auswirkung: Kosten der Erhöhung der Erdtemperatur.

Dieser Begriff des Wirkungsintegrationsniveaus eines Indikators ist nicht zu verwechseln mit der Gültigkeit der Aussagen von Indikatoren (Bockstaller et Girardin, 2003), z.B. der Qualität der Beziehung zwischen den Indikatorwerten und Messungen oder Beobachtungen im Gelände (Emissionen, Beeinträchtigungen, Exposition, Wirkungen, etc.). Dagegen kann man davon ausgehen, dass die Aussagefähigkeit von Antriebskraft-Indikatoren geringer ist als die von Druck-Indikatoren.

Diese Einteilung ist detaillierter als die von van der Werf und Petit, 2002, welche unterscheiden zwischen 'auf Mittel bezogenen Indikatoren' (z.B. Anteil unbedeckten Bodens über Winter) und 'auf Wirkungen beruhenden Indikatoren' (Nitratgehalt im Boden nach der Ernte).

<sup>20</sup> Zum Beispiel wird die Wirkung einer für die Umwelt negativen Maßnahme auf die Biodiversität oder die Grundwasserqualität erst viele Jahre, wenn nicht Jahrzehnte später beobachtet. In der Regel soll kein Entscheidungsträger darauf warten, dass der Schaden aufgetreten ist, um Gegenmaßnahmen zu treffen; deshalb ist der Rückgriff auf theoretische Indikatoren in Managementinstrumenten durchaus empfehlenswert, unabhängig davon, ob Messungen technisch möglich sind oder ob es budgetäre Einschränkungen gibt.

## ANHANG 2

### Beschreibung der Betriebe

Betriebsnummer	1	2	3	5
Betriebstyp	Bio-Gemischtbetrieb	Gemischtbetrieb mit Schwerpunkt Milch	Gemischtbetrieb mit Schwerpunkt Milch	Marktfrucht
Fläche 2002 (ha)	31,5	16,3	18,03	80,4
mittlere Ackerzahl				
Niederschlag (mm)	979	1113	1040	577
Böden	Braunerde	Braunerde	Braunerde und Regosol aus Löss	Kiesböden
Tierbesatz (GV/ha)	1,03	1,8	0,88	0
Anbaustruktur	Getreide (WW, WG, Triticale, Winterkorn, Roggen) 5,5 ha Grünland 24,5 ha Stilllegung 1,5 ha	Getreide (WW) 1,3 ha Zuckerrüben 1,4 ha Silomais 3,1 ha Grünland 10,5 ha	Getreide (WW, WG) 4 ha Zuckerrüben 1,8 ha Soja 1 ha Silomais 1,2 ha Grünland 7,7 ha Feldgemüsebau	Kartoffel 4 ha Körnermais 69,6 ha Stilllegung 6,8 ha
Betriebsnummer	10	11	16	17
Betriebstyp	Marktfrucht	Marktfrucht	Marktfrucht	Marktfrucht
Fläche 2002 (ha)	57,2	46,2	98	91,1
mittlere Ackerzahl		-	-	-
Niederschlag (mm)	568	619	600*	750*
Böden	Lössböden	Lössböden Moorboden (Ried)	Kiesböden Sandige Böden	Lössböden
Tierbesatz (GV/ha)	0	0	0	0
Anbaustruktur	Getreide (WW) 9,4 ha Körnermais 26,6 ha Zuckerrüben 15,9 ha Grünland 1,3 ha Stilllegung 4,0 ha	Getreide (WW) 7,2 ha Körnermais 27,5 ha Sauerkraut 0,5 ha Grünland 1,3 ha Stilllegung 2,9	Körnermais 88,2 ha Stilllegung 9,8 ha	Getreide (WW) 33,8 ha Körnermais 45,1 ha Winterraps 9,0 ha Stilllegung 2,9 ha

## ANHANG 2

### Beschreibung der Betriebe (Fortsetzung)

Betriebsnummer	22	154	163	172
Betriebstyp	Naturland-Gemischtbetrieb	Marktfrucht-Futterbaubetrieb m. Grünlandanteil	Marktfrucht	Marktfrucht-Spezialbetrieb
Fläche 2002 (ha)	64	64	103	266
mittlere Ackerzahl	70	58	55	30
Niederschlag (mm)	680	1.006	650	860
Böden	Kiesböden, Lössböden	Parabraunerde aus Löss uL, Braunerde tL	Gley tL, braune Auenböden usL, Löß-Parabraunerde uL	Muschelkalkrendzinen IT; Braunerde-Pseudogley uL
Tierbesatz (GV/ha)	0	0,83	0	0
Anbaustruktur	Getreide (WW, Triti, HA) 17,4 ha Hülsenfrüchte (AB, ER, SO) 29,9 ha Gurken 3,9 ha in 2003 Stilllegung 6,1 ha Weinbau	Getreide (WW, WG, Triticale) 8,8 ha Körnermais 4,9 ha Silomais 4,5 ha Grünland 42,4 ha Stilllegung 2,3 ha Weinbau	Getreide (WW, SG, WRo) 39,3 ha Körnermais 21,4 ha Saatmais 12,8 ha W-Raps 6,9 ha Grassamenbau 4,6 ha Stilllegung 13,7 ha Weinbau und Kernobst	Getreide (WW, WG, HA, SW) 184,3 ha W-Raps 62,4 ha Stilllegung 8,6 ha Luzerne 11,4 ha
Betriebsnummer	173			
Betriebstyp	Bio-Grünlandbetrieb			
Fläche 2002 (ha)	30			
mittlere Ackerzahl	GLZ 20			
Niederschlag (mm)	2110			
Böden	k.A.			
Tierbesatz (GV/ha)	1,52			
Anbaustruktur	Grünland 29,6			

# ANHANG 3

## Erhebungsbogen (Seite 1)

Die Seiten mit Nummer ohne Erläuterung stammen aus dem Fragebogen von SALCA.

**Erhebungsformular Okobilanzierung** landw. Betriebe (SALCA-Betrieb)  
(ITADA-Projekt COMETE)

Version 15. Sept 2004

**Inhalt:**

- |  |   |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>1. Allgemeine Angaben</li> <li>2.1 Parzellenübersicht (Merkmale)</li> <li>2.2 Parzellenübersicht (Nutzung)</li> <li>3. Tierbestand</li> <li>4. Gebäude und Einrichtungen</li> <li>5. Fahrzeuge, Maschinen und Geräte</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>6.1 Inputs (Saatgut, Dünger)</li> <li>6.2 Inputs (Tiere, Futtermittel)</li> <li>6.3 Inputs (Pflanzenpflegemittel)</li> <li>6.4 Inputs (Energie, Verschiedene)</li> <li>7. Interne Lieferungen</li> <li>8. Outputs</li> <li>9. Weitere Angaben</li> <li>10. Bestimmte Aktivitäten auf Parzellenebene</li> </ul> |
|--|---|

**Erhebungsperiode:** 1 Jahr (im Pflanzenbau 1 Anbaujahr, d.h. beginnend nach der Ernte der letztjährigen Hauptkultur).

**Allokation:** 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, Futterbau, Gemüsebau, Obstbau, Rebbau, NWR (Nicht-Nahrungsmittel), Milch, Fleisch, Aufzucht, Eier.**  
Systemgrenze ist der landwirtschaftliche Betrieb. Aufwendungen für ausserlandwirtschaftliche Erwerbszweige (z.B. Energie für Waldwirtschaft) sind vom Gesamtverbrauch abzuziehen.

**Datenqualität:** Unterhalb der Tabellen ist die Datenquelle für die einzelnen Merkmale anzugeben. Zudem sind teilweise die Vollständigkeit (Anteil fehlende Werte) und die Zuverlässigkeit (Genauigkeit der Werte) abzuschätzen.

<p><b>Datenquelle:</b></p> <p>A = Buchhaltung B = Formlar Biokontrolle C = Formular Ökonachweis D = Betriebsnetz SRVA E = Betriebsnetz LBL F = Betriebsnetz ASA-AGRAR G = Betriebsnetz VEGINECO H = Erhebung während Betriebsbesuch I = Andere Quelle K = Feldbuch LBL</p>	<p><b>Vollständigkeit der Daten:</b></p> <p>1 = vollständig 2 = einige fehlende Werte 3 = viele fehlende Werte</p> <p><b>Zuverlässigkeit der Daten:</b></p> <p>1 = richtig (Abweichung 0 % bis 10 %) 2 = vermutlich richtig (Abweichung 10 % bis 30 %) 3 = zweifelhaft (Abweichung über 30 %)</p> <p><b>Zusatzangabe zu Datenquelle</b> ka: Karte ex: Expertendaten def: Defaultangabe</p>
--	--

1. Allgemeine Angaben Jahr  Betriebsnummer

Standort des Betriebes				Milchviehhaltung		Betriebsgrösse	Nichtproduktive Fläche <sup>5</sup>	durchschnittl. Schlagentf. z. Hof [km]
Kanton <sup>1)</sup>	Produktionszone	Höhenlage	Klimaeignungszone	Milchkontingent	Durchschn. Milchleistung			
(Text)	(Code) <sup>2)</sup>	(m.ü.M.)	c	(kg)	(kg/Kuh)	(ha LN)	(ha)	[km]
Quelle: A	A	A	I	A	A	A		
Vollst.:								
Zuverl.:								

	Arbeitskräfte		Fruchtfolge	Fruchtfolge 1: Hauptfruchtfolge, Fr.f. 2/3: allfällige
	(Anzahl)	(Arb.tage/J.) <sup>4)</sup>		
Familieneigene			Fruchtfolge 1	
Fremde			Fruchtfolge 2	
Total	-	-	Fruchtfolge 3	
Quelle:	A	A		H
Vollst.:				
Zuverl.:				

<p><sup>1)</sup> Für die Direktzahlungen zuständiger Kanton (Abk., z.B. AG)</p>	<p><sup>2)</sup> AbZ = Ackerbauzone UeZ = Übergangszone eUeZ = Erw. Übergangszone HZ = Hügelzone</p>	<p>BZ1 = Bergzone 1 BZ2 = Bergzone 2 BZ3 = Bergzone 3 BZ4 = Bergzone 4</p>	<p><sup>3)</sup> <b>Klimaeignungszonen:</b> A1 - A6, B1 - B6, C1 - C6, D1 - D6, E1 - E6, F, G, H. Wenn &gt;1 Zone: weitere Zonen in Klammern aufführen, z.B. (+BZ3)</p>	<p><sup>4)</sup> Wenn Arbeitstage nicht vorhanden:</p>
---	--	--	---	--

<sup>5)</sup> Hecken, Randstreifen, extensive Wiese, extensive Weide, usw.















**ANHANG 3 (Fortsetzung)**  
**Erhebungsbogen (Seite 2.2. Ind (2))**

2.2 Parzellenübersicht (Nutzung) (Indigo (2))								
N° parc.	Häufigkeit		Jahr i-3		Jahr i-2		Jahr i-1	
	der Wirt- schaftsdünger	des Stroh- abfahrens	Wirtschaftsdüng.		Wirtschaftsdüng.		Wirtschaftsdüng.	
			Art	(t,m3/ha)	Art	(t,m3/ha)	Art	(t,m3/ha)
Quelle:								
Vollst.:								
Zuverf.:								



## ANHANG 3 (Fortsetzung)

### Erhebungsbogen (Seite 3)

3. Tierbestand										Jahr:    Betriebsnummer:			
Tierart	Kennzeichen	DGVE (pro Tier/Pl.) (Zahl)	Jahres-durchschnitt Bestand (Eigene Tiere) (Tiere, Plätze)	davon Weidegang (Stück)	Weide (ohne Alpung) (Tage)	Laufhof (Tage)	Weideanteil (%)	Fütterung (Standard, AF& GL, AF, GL) <sup>1)</sup>	Aufstallungssystem (Code)	Alpung/Sömmerung			
										Eigene Tiere abwesend		Fremde Tiere anwesend	
Prod.richtung									(Tiere)	(Tage)	(Tiere)	(Tage)	
Milchkühe	(leer)												
Mutterkuh	Baby Beef												
Mutterkuh	Kälber zum Verkauf												
Mutterkuh	Kälber zur Nachzucht												
Kälber von Mutter-/ Ammenkühen	(leer)												
Deckbulle	2 Jahre												
Deckbulle	3 Jahre												
Deckbulle	4 und mehr Jahre								3.				
Färse, tragend	2 Jahre und älter								3.				
Jungvieh, weiblich	4 - 6 Mte												
Jungvieh, weiblich	7 - 12 Mte												
Jungvieh, weiblich	bis 1 Jahr												
Jungvieh, weiblich	1 bis 2 Jahre								3.				
Kalb	bis 4 Mte												
Mastkalb	Schnellmast												
Mastkalb	verlängerte Mast												
Mastrind, Bulle	Fleckvieh												
Mastrind, Bulle	Schwarzbunte												
Mastrind, Färse	Fleckvieh												
Mastrind, Färse	Schwarzbunte												
Mastrind, Ochse	Fleckvieh												
Mastrind, Ochse	Schwarzbunte												
Kälber zur Grossviehmast	unter 4 Mte												
Zuchtbulle	4 - 15 Mte												
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 ü. 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.:													

<sup>1)</sup> AF: Ackerfütter, GL: Grünland



## ANHANG 3 (Fortsetzung)

### Erhebungsbogen (Seite 4)

4. Gebäude und Einrichtungen							Jahr:	Betriebsnummer:											
<b>Gebäude</b> (Ökonomiegebäude, Maschinenhallen, Lagerräume, Werkstätten, etc.; o. Wohnhaus)	Objekt	Grundfläche	Firsthöhe	Bauart	Plätze/Lauffläche		Mittl. Alter	Allokation											
	(Text)	(m <sup>2</sup> )	(m)	(Code)	l = leicht m = massiv, vorw. Stein	Einheit z.B. GVE (-Plätze)	Anzahl Einheiten	(Jahre)	Ackerbau	Futterbau	Gemüse	Obstbau	Rebbau	NWR	Milch	Fleisch	Aufzucht	Eier	
Quelle:	H	H	H	H	H	H	H	H											
Vollst.:																			
Zuverl.:																			
<b>Einrichtungen</b>	Objekt	Beschreibung			Grösse		Alter	Allokation											
	(Text)	(Code)			(Einh.)	(Anz. Einh.)	(Jahre)												
	Laufhof				m <sup>2</sup>														
	Melkmaschine			1=Eimer-, 2=Rohranlage, 3=Melkstand															
	Abladeeinrichtung			1=Greifer, 2=Gebälde, 3=Keine															
	Rauhfutterlager unbelüftet				m <sup>3</sup>														
	Rauhfutterlager belüftet				m <sup>3</sup>														
	Silolager			1=Hochsilo, 2=Flachsilo	m <sup>3</sup>														
	Entmistungsanlage			1=Schwemmentmistung, 2= Treibmistverfahren, 3= Schubstangen.															
	Güllelager			1=Grube, 2=Silo gedeckt, 3=Silo ungedeckt	m <sup>3</sup>														
Mistlager				m <sup>2</sup>															
Bewässerungsanlage				m <sup>2</sup>															
Feste Zäune				m															
Quelle:	H				H	H	H												
Vollst.:																			
Zuverl.:																			
<b>Gewächshäuser, Folientunnel</b>	Objekt	Beschreibung			Grösse		Alter	Allokation											
	(Text)	(Code)			(Einh.)	(Anz. Einh.)	(Jahre)												
				1 = Mit festem Fundament	m <sup>2</sup>														
				2 = Ohne festes Fundament, beheizt	m <sup>2</sup>														
				3 = Ohne festes Fundament, unbeheizt	m <sup>2</sup>														
					m <sup>2</sup>														
					m <sup>2</sup>														
					m <sup>2</sup>														
					m <sup>2</sup>														
					m <sup>2</sup>														
Quelle:	B				B	H	H												
Vollst.:																			
Zuverl.:																			



**ANHANG 3 (Fortsetzung)**  
**Erhebungsbogen (Seite 5 Ind)**

Jahr:    Betriebsnummer:

**5. Fahrzeuge, Maschinen und Geräte (Indigo)**

Beregnungs- material <sup>a</sup>	Motor <sup>b</sup>	Wasser aus Brunnen/Gewässer	Pumpe m <sup>3</sup> /h	Länge des Schlauchs (m)	Durchmesser des Schlauchs (m)
Quelle:					
Vollst.:					
Zuverl.:					

Schlepper mit Verbrauchs- anzeige oder elektron. Fahrerstützu ng J/N	Unter- haltung der Maschinen J/N	Luftfilter gewechselt alle 200 Stunden J/N	Einspritzung und Pumpe alle 2000 Stunden gecheckt J/N	Anpassung des Reifendruckes und der Arbeit (Zwillingsreifen, usw.) J/N
Quelle:				
Vollst.:				
Zuverl.:				

### ANHANG 3 (Fortsetzung) Erhebungsbogen (Seite 6.1)

Zugeführtes Saat- und Pflanzgut					Allokation									
Kultur	Einheit	Menge	Herkunft	Art	Ackerbau	Futterbau	Gemüse	Obstbau	Rebbau	NWR	Milch	Fleisch	Aufzucht	Eier
(Text)	(Einh.)	(Anz. Einh.) (kg/ha)	(eigene / Zukauf)	(Code) <sup>1)</sup>										
Quelle:	B	B	B		H									
Vollst.:														
Zuverl.:														

<sup>1)</sup> K = Konventionell  
 B = Biologisch-Organisch  
 D = Biologisch-Dynamisch

Zugeführte Dünger <sup>1)</sup> + Einstreumaterial <sup>2)</sup>						Allokation									
Name	Einheit	Menge	Gehalte (kg/Einheit)			Ackerbau	Futterbau	Gemüse	Obstbau	Rebbau	NWR	Milch	Fleisch	Aufzucht	Eier
			N <sub>tot</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O										
(Text)	(Einh.)	(Anz. Einh.)													
Quelle:		B	B	B	B	H									
Vollst.:															
Zuverl.:															

<sup>1)</sup> Mineralische und organ. Handelsdünger, Kompost, u.a.  
<sup>2)</sup> Stroh, u.a.

EINHEIT nicht vergessen

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.:										

## ANHANG 3 (Fortsetzung)

### Erhebungsbogen (Seite 6.2)

#### 6.2 Inputs (Tiere, Futtermittel)

Jahr:      Betriebsnummer:

Zugeführte Tiere				Allokation										
Tierkategorie (Text)	Tiere (Anzahl)	Mittl. Gewicht (kg/Tier)												
			Ackerbau	Futterbau	Gemüse	Obstbau	Rebbau	NWR	Milch	Fleisch	Aufzucht	Eier		
Quelle:      H		H	H	H										
Vollst.:														
Zuverl.:														
Quelle:      B		B	H	H										
Vollst.:														
Zuverl.:														

Zugeführte Futtermittel				Allokation										
Name (Text)	Einheit (Einh.)	Menge (Anz. Einh.)	Art <sup>1)</sup> (Code)											
				Ackerbau	Futterbau	Gemüse	Obstbau	Rebbau	NWR	Milch	Fleisch	Aufzucht	Eier	
Quelle:      B		B	H	H										
Vollst.:														
Zuverl.:														

Datenaufnahme  
Futtermittel  
jetzt in:  
6.2 Rep (3) !!  
Dies ist zus'fassendes  
Blatt für SALCA

<sup>1)</sup>  
K = aus  
konventionellem  
Anbau,  
B = aus  
biologischem Anbau



# ANHANG 3 (Fortsetzung)

## Erhebungsbogen (Seite 6.2. Rep (4-6))

Jahr: Betriebsnummer:										Jahr: Betriebsnummer:											
6.2 Inputs (Tiere, Futtermittel) (Repro (4))										6.2 Inputs (Tiere, Futtermittel) (Repro (5))											
Futtereinsatz - Weide										Futtereinsatz - Stall											
Aufkommen	Beweidung durch Tierart (dt)										Aufkommen	Futtermittel (dt FM)									
	Weide-Produkt (dt)	Milchkühe		Mutterkühe		Rinder						Milchkühe		Mutterkühe		Rinder					
		Bulle	Färßen	Jungvieh	Kalb	Mastrind	Pferde	Schafe	Schweine			Bulle	Färßen	Jungvieh	Kalb	Mastrind	Pferde	Schafe	Schweine		
differenzierter Futtereinsatz Weide										differenzierter Futtereinsatz Stall											
Aufteilung des Weideaufkommens auf Tiergruppen										Aufteilung der wirtschaftseigenen Futtermittel auf Tiergruppen											
Quelle:										Quelle:											
Vollst.:										Vollst.:											
Zuvert.:										Zuvert.:											











**ANHANG 3 (Fortsetzung)**  
**Erhebungsbogen (Seite 9)**

**9. Weitere Angaben** Jahr:      Betriebsnummer:

Zeitpunkt der Gülleausbringung (Anteile der gesamten Gülle in %)		Systeme der Gülleausbringung (Anteile der gesamten Gülle in %)		Allokation									
Jahreszeit (%)		(%)		Ackerbau	Futterbau	Gemüse	Obstbau	Rebbau	NWR	Milch	Fleisch	Aufzucht	Eier
Juni, Juli und August		Fass oder Verschlauchung											
Übrige Monate		" , Einarbeiten innerhalb 24 h											
Tageszeit (%)		(%)											
Morgen bis Nachmittag		Schleppschlauch											
Abend		Schleppschuh											
Zeitpunkt der Mistausbringung (Anteile des gesamten Mistes in %)		Systeme der Mistausbringung (Anteile des gesamten Mistes in %)											
Jahreszeit (%)		Andere											
Juni, Juli und August		Systeme der Mistausbringung (Anteile des gesamten Mistes in %)											
Übrige Monate		(%)											
Tageszeit (%)		Ohne Einarbeiten											
Morgen bis Nachmittag		Einarbeiten innerhalb 24 h											
Abend		Einarbeiten innerhalb 4 h											
Quelle:	H			H	H								
Vollst.:													
Zuvert.:													

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

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

Arbeiten mit gemieteten Maschinen oder durch Dritte ausgeführt				Allokation									
Massnahme (z.B. "Pflügen")	Verwendete Maschinen (z.B. "Traktor 50 kW + 4-S-Pflug")	Einheit (z.B. h, ha)	Menge (Anz. Einh.)	Ackerbau	Futterbau	Gemüse	Obstbau	Rebbau	NWR	Milch	Fleisch	Aufzucht	Eier
(Text)	(Text)												
Quelle:	H	H	H	H									
Vollst.:													
Zuvert.:													



## ANHANG 3 (Fortsetzung)

### Erhebungsbogen (Seite 10.2)

#### 10.2 Kunst- und Naturfutterbau

Jahr:      Betriebsnummer:

**Parzelle Nr.:**  
**(Parzellenname):**

Blattnr.:

Saatdaten		Pflanzenbehandlungs und -pflegemittel				
Datum/ Alter		Datum	PBM (Handelsname)	Verfahren	Einheit	Menge
(TTMMJJ)/a		(TTMMJJ)	(Text)		(Einh.)	(Anz. Einh.)
	Ernte Vorkultur ()					
	Saat Zwischenkultur ()					
	Ernte Zwischenkultur					
	Saat Hauptkultur/geschätzte Alter der Wiese o. Weide					
	Vorgesehene Dauer der Anlage					
Quelle:		Quelle:				
Vollst.:		Vollst.:				
Zuverl.:		Zuverl.:				

Maschinenarbeitsgänge für Bodenbearbeitung, Saat, Pflegemaßnahmen (z.B. Übersaat), mech. PBM-Maßnahmen, Ernte								
Datum	Bearbeitungs- gerät und Massnahme	Boden- bearbeitung	Bearb- tiefe	Fahrten	Typ Traktor	Verfahren	Arbeits- geschw- indigkeit	bei Ernte: Transport- weg
(TTMMJJ)	(Text)	(P / M / D)	(cm)	(Anz.)	(Leistung)		(km/h)	(km)
	1. Nutzung							
	2. Nutzung							
	3. Nutzung							
	4. Nutzung							
	5. Nutzung							
	6. Nutzung / Herbstweide							
Quelle:								
Vollst.:								
Zuverl.:								

Erntedaten	Weide o.	Konservierung	Besatzzeit	Anzahl Schläge	Verfahren	Ertrags- ziel	Erntebe- dingungen	Ertrag
(TTMMJJ)	Schnitt	(Text)		(Text)		(dt)	(feucht/ normal)	(dt/ha)
	1. Nutzung							
	2. Nutzung							
	3. Nutzung							
	4. Nutzung							
	5. Nutzung							
	6. Nutzung / Herbstweide							
Quelle:								
Vollst.:								
Zuverl.:								

Düngung (Mineral- und Hofdünger)								
Datum	Düngerart	Einheit	Menge	Gehalt N <sub>tot</sub>	Einar- beitung	Unterfuss- düngung	Verfahren	Ausbringung
(TTMMJJ)	(Text)	(Einh.)	(Anz. Einh.)	(kg/Einh.)	(ja / nein)	(ja / nein)		(gut, mittel, schlecht)
Quelle:								
Vollst.:								
Zuverl.:								

## ANHANG 4

### Berechnung des Konformitätsindex $I_K$ :

Vereinfachtes Beispiel mit drei Betrieben und drei Produktionsfaktoren, jeweils mit den beiden Empfehlungen „angepasst“ und „zu verbessern“. Es wird angenommen, dass der Zwischenwert 0,5 benutzt wird, wenn zwei Varianten für einen Produktionsfaktor empfohlen werden.

Dies bedeutet, dass  $n = 3$  und  $b = 3$  ist.

		Produktionsfaktor 1		Produktionsfaktor 2		Produktionsfaktor 3	
	Betrieb	Variante 1	Variante 2	Variante 1	Variante 2	Variante 1	Variante 2
Verfahren 1	1	1	0	1	0	1	0
Verfahren 2	1	0	1	1	0	1	0
Verfahren 1	2	0,5	0,5	1	0	1	0
Verfahren 2	2	1	0	1	0	1	0
Verfahren 1	3	1	0	1	0	1	0
Verfahren 2	3	1	0	0	1	0	1

#### Berechnung von $I_K$ :

$$I_K = 1 - [ \sum_{p=1-n} \sum_{q=1-b} \sum_{r=1-v_k} | i_{pqr} - j_{pqr} | / (2nb) ]$$

wobei

$i_{pqr}$ : Erfüllungsgrad der Variante r für den Produktionsfaktor q für den Betrieb p für das 1. Verfahren

$j_{pqr}$ : Erfüllungsgrad der Variante r für den Produktionsfaktor q für den Betrieb p für das 2. Verfahren

$n$ : Anzahl der Betriebe,

$b$ : Anzahl der Produktionsfaktoren,

$v_k$ : Anzahl der Varianten pro Produktionsfaktor k sind.

Mit  $n = 3$  und  $b = 3$  ist das Ergebnis:

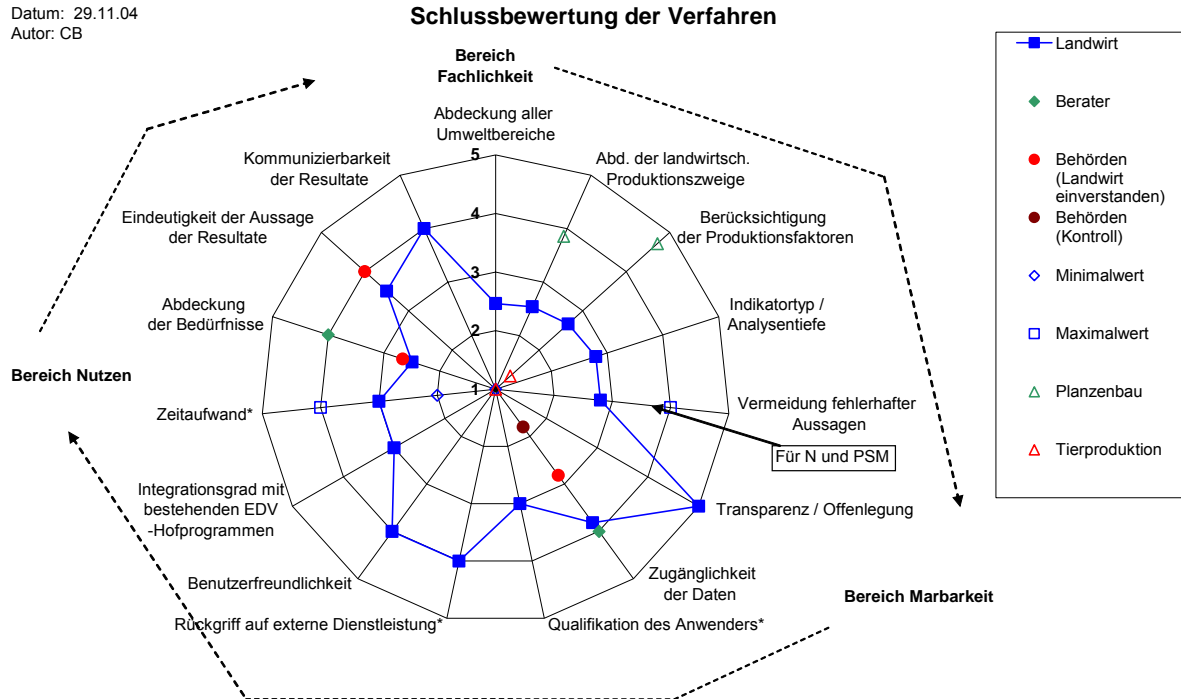
$$I_K = 1 - (|1-0|+|0-1|+|1-1|... +|0-1|+|1-0|+|0-1|) / (3*3) = 1 - 7/(2*3*3) = 1 - 0,39 = 0,61$$

# ANHANG 5

## Bewertung der Methoden INDIGO, KUL/USL, REPRO und SALCA anhand von Beurteilungskriterien

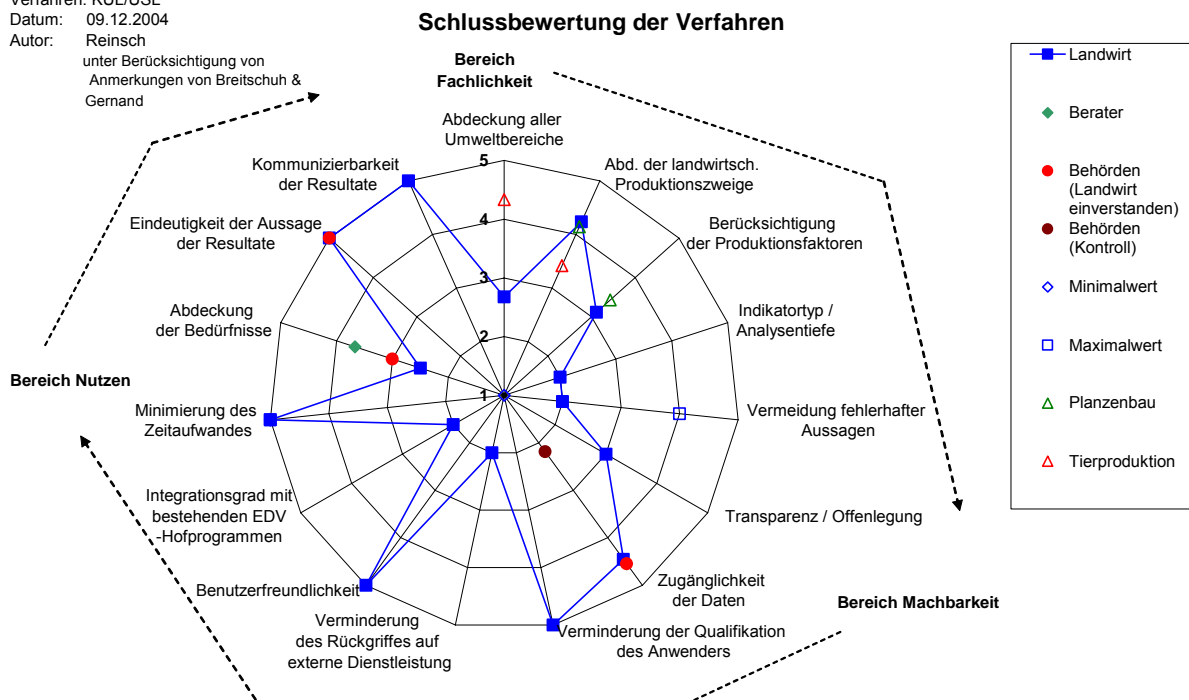
### Resultate für INDIGO

Verfahren: INDIGO  
 Datum: 29.11.04  
 Autor: CB



### Resultate für KUL/USL

Verfahren: KUL/USL  
 Datum: 09.12.2004  
 Autor: Reinsch  
 unter Berücksichtigung von Anmerkungen von Breitschuh & Gemand



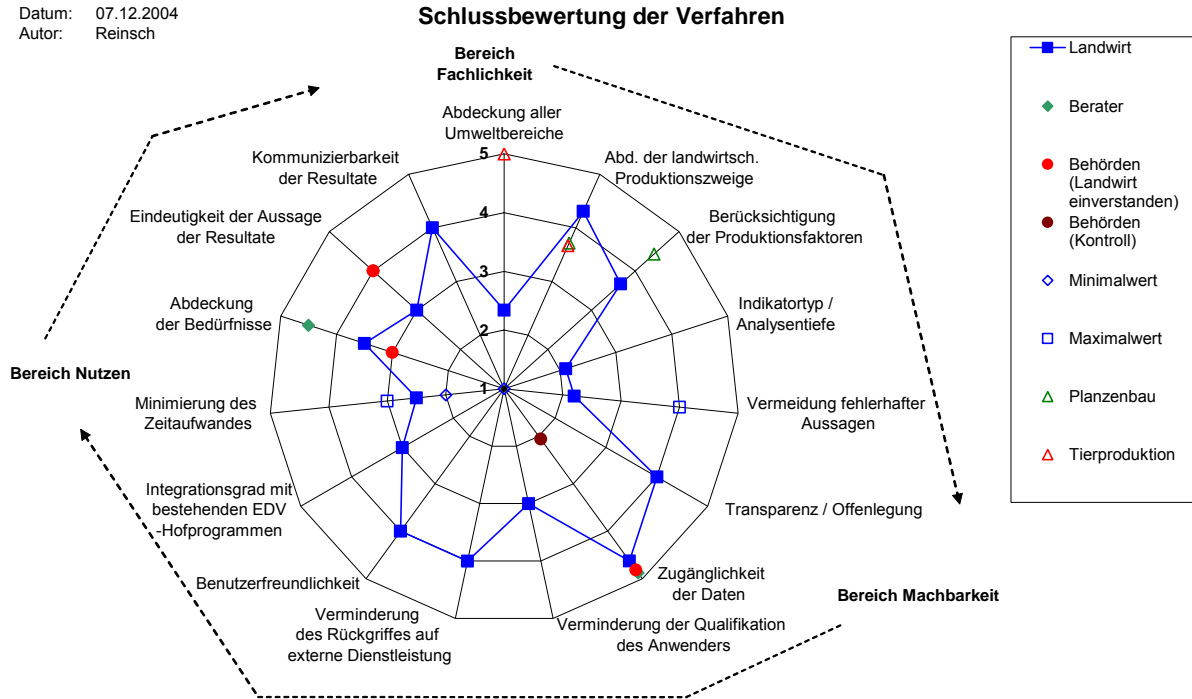


## ANHANG 5 (Fortsetzung)

### Bewertung der Methoden INDIGO, KUL/USL, REPRO und SALCA anhand von Beurteilungskriterien

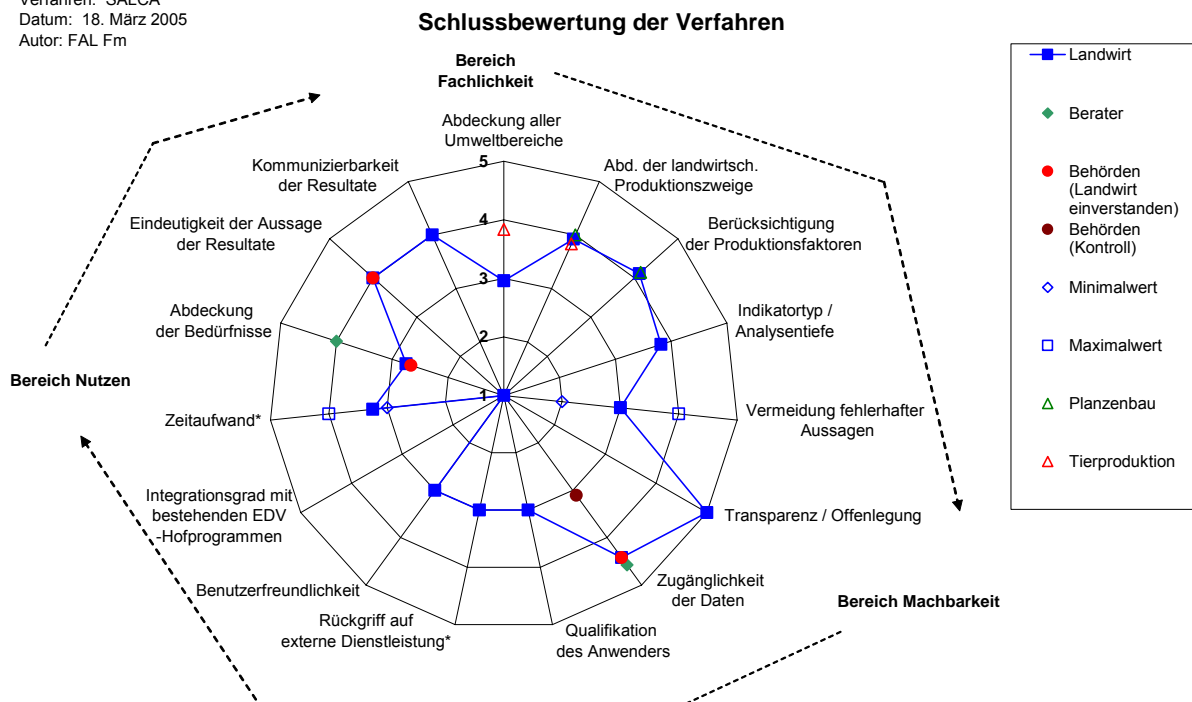
#### Resultate für REPRO

Verfahren: REPRO  
 Datum: 07.12.2004  
 Autor: Reinsch



#### Resultate für SALCA

Verfahren: SALCA  
 Datum: 18. März 2005  
 Autor: FAL Fm



## ANHANG 6.1

**Beurteilung der Methoden für das Kriterium *Abdeckung aller Umweltbereiche*  
(Bonitur 1 = keine, 5 = vollständig) (s. Tabelle 9).**

Bereich	Bonitur (1 bis 5)			
	INDIGO	KUL/USL	REPRO	SALCA
NO <sub>3</sub> -Eintrag in Trinkwasserreserven	3	2	2	3
PSM-Eintrag in Trinkwasserreserven	4	2	1	4
Hormone, Antibiotika in Tierproduktion	1	1	1	1
Landschaft (ästhetisch)	2	3	2	1
Ozonbildung	2	1	1	5
<b>Schutz des Lebens und der menschlichen Gesundheit</b>	<b>2,4</b>	<b>1,8</b>	<b>1,4</b>	<b>2,8</b>
Artenvielfalt	2	3	2	1
Gefährdete Arten	1	1	1	1
Ökologische Strukturen	2	3	2	1
<b>Schutz der Lebewesen (Fauna und Flora), ihrer Vielfalt und ihrer Lebensräume</b>	<b>1,7</b>	<b>2,3</b>	<b>1,7</b>	<b>1,0</b>
Klima (Treibhauseffekt)	3	3	2	5
Nährstoffe im Boden (N, P, K)	2	4	5	2
Versauerung	3	3	1	5
Ökologische Regulationsfunktionen (Nützlinge)	1	1	1	1
<b>Erhaltung der natürlichen Gleichgewichte</b>	<b>2,3</b>	<b>2,8</b>	<b>2,3</b>	<b>3,3</b>
Grundwasser (Ökotoxizität, Eutrophierung)	3	2	2	4
Oberflächengewässer (Ökotoxizität, Eutrophierung)	3	2	3	4
Boden (Ökotoxizität, Eutrophierung, Erosion, Bodendruck)	2	4	3,5	4
Luft (SO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , PSM)	2	2	1	5
<b>Bewahrung der lebensnotwendigen Umweltbereiche</b>	<b>2,5</b>	<b>2,5</b>	<b>2,4</b>	<b>4,3</b>
Nicht erneuerbare Energiequellen	4	4	4	5
Mineralstoffe (P, K)	3	4	4	2
<b>Bewahrung der nicht erneuerbaren Ressourcen</b>	<b>3,5</b>	<b>4,0</b>	<b>4,0</b>	<b>3,5</b>
<b>Abdeckung aller Umweltbereiche</b>	<b>2,5</b>	<b>2,7</b>	<b>2,3</b>	<b>3,0</b>

## ANHANG 6.2

### Beurteilung der Methoden für das Kriterium *Abdeckung der landw. Produktionszweige* (Bonitur 1 = keine, 5 = vollständig) (Tabelle 10)

Produktionszweige	Bonitur (1 bis 5)			
	INDIGO	KUL/USL	REPRO	SALCA
Marktfrucht (inklusive Silomais)	5	5	5	5
Weinbau	5	3	1	3
Obstbau	5	2	2	3
Andere Sonderkulturen	2	4	3	2
Feldfutterbau	4	5	5	5
Dauergrünland-Wiese	3	5	5	5
Dauergrünland-Weide	3	5	5	5
Rindermilch	1	5	5	5
Rinder-Fleisch (inkl. Mutterkuh)	1	5	5	5
Schweine (Zucht + Mast)	1	5	5	4
Geflügel (Eier + Mast)	1	4	5	3
Andere Rauhfutterfresser (Schafe, Ziege, usw.)	1	4	5	3
Sonstige	1	3	5	3
<b>Abdeckung der Produktionszweige im Pflanzenbau</b>	<b>3,9</b>	<b>4,1</b>	<b>3,7</b>	<b>4,0</b>
<b>Abdeckung der Produktionszweige in der Tierproduktion</b>	<b>1,0</b>	<b>4,3</b>	<b>5,0</b>	<b>3,8</b>
<b>Abdeckung der Produktionszweige</b>	<b>2,5</b>	<b>4,2</b>	<b>4,3</b>	<b>3,9</b>

### ANHANG 6.3

#### Beurteilung der Methoden für das Kriterium *Berücksichtigung der Produktionsverfahren*

(Bonitur 1 = keine, 5 = vollständig) (s. Tabelle 11).

Produktionsfaktoren	Bonitur (1 bis 5)			
	INDIGO	KUL/USL	REPRO	SALCA
<b>Betriebsebene</b>				
Gebäude (Fläche, Nutzungsdauer, Auslastung, Ästhetik)	1	1	1	4
Betriebsstrukturen (Schlaggröße, Hof-Feldentfernung, Ökoflächen, Anbauverhältnis)	3	4	5	4
Stoffmanagement (Lagerung der Betriebsmittel [PSM, Dünger, Öl, usw.], Abfallentsorgung [PSM, Öl, Folien, usw.], Wasserversorgung [Menge, Art])	1	3	1	4
Energieversorgung (Menge, Art)	1	5	3	5
Maschinen (Art, Nutzungsdauer, Auslastung)	1	3	3	5
<b>Pflanzenbau/Futterbau/Grünland</b>				
Kulturartenvielfalt (Anzahl, Fruchtfolge)	5	4	5	3
Maschineneinsatz (Bodenbearbeitung, Bestellung, Ernte, Typ, Anzahl Arbeitsgänge, Bodenschonung, Verfahrensangabe)	4	3	5	4
Mineraldüngung (Art, Menge, Ausbringungsverfahren)	5	3	5	5
Organische Dünger (Art, Menge, Ausbringungsverfahren, Weide)	5	3	5	5
Pflanzenschutz (Art, Menge, Ausbringungsverfahren, alternative Verfahren)	5	3	4	4
Beregnung (Art, Menge)/Drainage	4	2	2	3
Zwischenfrucht / Ernterückstände,	5	4	5	5
<b>Tierproduktion</b>				
Tierbestand (Art, Leistungsniveau, GVE/ha)	3	4	5	5
Futterkonservierung und Lagerung	1	2	3	5
Tierfütterung (Menge, Art, Zukauf)	1	5	5	4
Wirtschaftsdünger-Management (Art, Lagerung)	1	3	4	5
Tierhaltungsbedingungen (Platz, Auslauf/ Weidegang, Stallklima, Haltungssystem)	1	3	4	3
Tierarzneimittel-Einsatz	1	1	1	1
<b>Berücksichtigung auf Betriebsebene</b>	<b>1,4</b>	<b>3,2</b>	<b>2,6</b>	<b>4,4</b>
<b>Berücksichtigung im Pflanzenbau</b>	<b>4,7</b>	<b>3,1</b>	<b>4,4</b>	<b>4,1</b>
<b>Berücksichtigung in der Tierproduktion</b>	<b>1,3</b>	<b>3,0</b>	<b>3,7</b>	<b>3,8</b>
<b>Berücksichtigung (Gesamt)</b>	<b>2,7</b>	<b>3,1</b>	<b>3,7</b>	<b>4,1</b>

## ANHANG 6.4

**Beurteilung der Methoden für das Kriterium *Indikatortyp / Analysentiefe*  
(Bonitur 1 = schlecht, 5 = sehr gut) (s. Tabelle 12).**

Bereich	Bonitur (1 bis 5)			
	INDIGO	KUL/USL	REPRO	SALCA
<b>Schutz des Lebens und der menschlichen Gesundheit</b>				
NO <sub>3</sub> -Eintrag in Trinkwasserreserven	3	2	3	4
PSM-Eintrag in Trinkwasserreserven	4			4
Hormone, Antibiotika in Tierproduktion				
Landschaft (ästhetisch)	2	2	2	
Ozonbildung	2			4
<b>Schutz der Lebewesen (Fauna und Flora), ihrer Vielfalt und ihrer Lebensräume</b>				
Artenvielfalt	2	1	1	
Gefährdete Arten				
Ökologische Strukturen	2	2	2	
<b>Erhaltung der natürlichen Gleichgewichte</b>				
Klima (Treibhauseffekt)	3	2	2	4
Nährstoffe im Boden (N, P, K)	3	3	3	
Versauerung	3			4
Ökologische Regulationsfunktionen (Nützlinge)				
<b>Bewahrung der lebensnotwendigen Umweltbereiche</b>				
Grundwasser (Ökotoxizität, Eutrophierung)	4	2	2	4
Oberflächengewässer (Ökotoxizität, Eutrophierung)	4	2		4
Boden (Ökotoxizität, Eutrophierung, Erosion, Bodendruck)	3	3	3	4
Luft (SO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , PSM)	3	2		3
<b>Bewahrung der nicht erneuerbaren Ressourcen</b>				
Nicht erneuerbare Energiequellen	3	2	2	4
Mineralstoffe (P, K)	1	1	1	3
<b>Berücksichtigung der Auswirkung</b>				
<b>Mittel</b>	<b>2,8</b>	<b>2,0</b>	<b>2,1</b>	<b>3,8</b>
Minimum	1,0	1,0	1,0	3,0
Maximum	4,0	3,0	3,0	4,0

## ANHANG 6.5

**Beurteilung der Methoden für das Kriterium *Vermeidung fehlerhafter Aussagen*  
(Bonitur 1 = schlecht, 5 = sehr gut) (s. Tabelle 13).**

Bereich	Bonitur (1 bis 5)			
<b>Schutz des Lebens und der menschlichen Gesundheit</b>	INDIGO	KUL/USL	REPRO	SALCA
NO <sub>3</sub> -Eintrag in Trinkwasserreserven	3		4	2
PSM-Eintrag in Trinkwasserreserven	3			2
Hormone, Antibiotika in Tierproduktion				
Landschaft (ästhetisch)	2	1	1	
Ozonbildung	2			4
<b>Schutz der Lebewesen (Fauna und Flora), ihrer Vielfalt und ihrer Lebensräume</b>				
Artenvielfalt	2	2	2	
Gefährdete Arten				
Ökologische Strukturen	2	2	1	
<b>Erhaltung der natürlichen Gleichgewichte</b>				
Klima (Treibhauseffekt)	4	2	2	3
Nährstoffe im Boden (N, P, K)	2	2	4	
Versauerung	4	4		4
Ökologische Regulationsfunktionen (Nützlinge)				
<b><u>Bewahrung der lebensnotwendigen Umweltbereiche</u></b>				
Grundwasser (Ökotoxizität, Eutrophierung)	3		2	3
Oberflächengewässer (Ökotoxizität, Eutrophierung)	4			3
Boden (Ökotoxizität, Eutrophierung, Erosion, Bodendruck)	3	2	3	3
Luft (SO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , PSM)	4	2		3
<b>Bewahrung der nicht erneuerbaren Ressourcen</b>				
Nicht erneuerbare Energiequellen	4	2	2	4
Mineralstoffe (P, K)	1	1	1	2
<b>Gefahr fehlerhafter Aussagen</b>	<b>2,9</b>	<b>2,0</b>	<b>2,2</b>	<b>3,0</b>
<b>Minimal</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
<b>Maximal</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>

## ANHANG 6.6

### Beurteilung der Methoden für das Kriterium *Zugänglichkeit der Daten* (Bonitur 1 = keine, 5 = vollständig) (s. Tabelle 15)

#### Methode INDIGO

	Landwirt	Berater	Behörden (Landwirt kooperiert)	Behörden (Landwirt wenig/nicht kooperativ)
	Bonitur (1 bis 5)	Bonitur (1 bis 5)	Bonitur (1 bis 5)	Bonitur (1 bis 5)
1. Allgemeine Angaben	3	5	2	2
1.1. Wetterdaten	3	4	2	2
2.1 Parzellenübersicht (Merkmale)	5	4	3	3
2.2 Parzellenübersicht (Nutzung)	5	5	5	4
3. Tierbestand				
4. Gebäude und Einrichtungen	4	4	3	2
5. Fahrzeuge, Maschinen und Geräte				
6.1 Input (Saatgut, Dünger)				
6.2 Input (Tiere, Futtermittel)				
6.3 Input (Pflanzenschutzmittel)				
6.4 Input (Energie, Verschiedene)				
7. Interne Lieferungen				
8. Output				
9. Weitere Angaben	3	3	2	
10.1 Parzellendaten Ackerbau: Maschineneinsatz	4	4	3	1
10.1 Parzellendaten Ackerbau: Düngung	4	4	3	1
10.1 Parzellendaten Ackerbau: Pflanzenschutz	3	3	2	1
10.2 Parzellendaten Futterbau: Maschineneinsatz	4	4	3	1
10.2 Parzellendaten Futterbau: Ernte	4	4	3	1
10.2 Parzellendaten Futterbau: Düngung und Pflanzenschutz				
<b>Zugänglichkeit</b>	<b>3,8</b>	<b>4,0</b>	<b>2,8</b>	<b>1,8</b>
<b>Min</b>	<b>3,0</b>	<b>3,0</b>	<b>2,0</b>	<b>1,0</b>
<b>Max</b>	<b>5,0</b>	<b>5,0</b>	<b>5,0</b>	<b>4,0</b>

## ANHANG 6.6 (Fortsetzung)

### Beurteilung der Methoden für das Kriterium *Zugänglichkeit der Daten* (Bonitur 1 = keine, 5 = vollständig) (s. Tabelle 15)

#### Methode KUL/USL

	Landwirt	Berater	Behörden (Landwirt kooperativ)	Behörden (Landwirt wenig/nicht kooperativ)
	Bonitur (1 bis 5)	Bonitur (1 bis 5)	Bonitur (1 bis 5)	Bonitur (1 bis 5)
	5	5	5	5
1. Allgemeine Angaben	4	5	5	5
1.1. Wetterdaten	4	4	4	4
2.1 Parzellenübersicht (Merkmale)	5	5	5	5
2.2 Parzellenübersicht (Nutzung)	5	5	5	5
3. Tierbestand				
4. Gebäude und Einrichtungen	3	3	3	3
5. Fahrzeuge, Maschinen und Geräte	5	5	5	5
6.1 Input (Saatgut, Dünger)	5	5	5	5
6.2 Input (Tiere, Futtermittel)	5	5	5	5
6.3 Input (Pflanzenschutzmittel)	4	4	4	4
6.4 Input (Energie, Verschiedene)				
7. Interne Lieferungen	5	5	5	5
8. Output	4	4	4	4
9. Weitere Angaben				
10.1 Parzellendaten Ackerbau: Maschineneinsatz				
10.1 Parzellendaten Ackerbau: Düngung				
10.1 Parzellendaten Ackerbau: Pflanzenschutz				
10.2 Parzellendaten Futterbau: Maschineneinsatz				
10.2 Parzellendaten Futterbau: Ernte				
10.2 Parzellendaten Futterbau: Düngung und Pflanzenschutz				
<b>Zugänglichkeit</b>	<b>4,5</b>	<b>4,5</b>	<b>4,5</b>	<b>4,5</b>
<b>Min</b>	<b>3,0</b>	<b>3,0</b>	<b>3,0</b>	<b>3,0</b>
<b>Max</b>	<b>5,0</b>	<b>5,0</b>	<b>5,0</b>	<b>5,0</b>



## ANHANG 6.6 (Fortsetzung)

### Beurteilung der Methoden für das Kriterium *Zugänglichkeit der Daten* (Bonitur 1 = keine, 5 = vollständig) (s. Tabelle 15)

#### Methode REPRO

	Landwirt	Berater	Behörden (Landwirt kooperiert)	Behörden (Landwirt wenig/ nicht kooperativ)
	Bonitur (1 bis 5)	Bonitur (1 bis 5)	Bonitur (1 bis 5)	Bonitur (1 bis 5)
1. Allgemeine Angaben	5	5	5	5
1.1. Wetterdaten	5	5	5	5
2.1 Parzellenübersicht (Merkmale)	4	5	5	4
2.2 Parzellenübersicht (Nutzung)	5	5	5	4
3. Tierbestand	5	5	5	4
4. Gebäude und Einrichtungen				
5. Fahrzeuge, Maschinen und Geräte	4	5	4	2
6.1 Input (Saatgut, Dünger)	5	5	5	1
6.2 Input (Tiere, Futtermittel)	5	5	5	1
6.3 Input (Pflanzenschutzmittel)	5	5	5	1
6.4 Input (Energie, Verschiedene)				1
7. Interne Lieferungen				
8. Output	4	4	4	1
9. Weitere Angaben				
10.1 Parzellendaten Ackerbau: Maschineneinsatz	4	5	5	1
10.1 Parzellendaten Ackerbau: Düngung	5	5	5	1
10.1 Parzellendaten Ackerbau: Pflanzenschutz	5	5	5	1
10.2 Parzellendaten Futterbau: Maschineneinsatz	5	5	5	1
10.2 Parzellendaten Futterbau: Ernte	3	4	4	1
10.2 Parzellendaten Futterbau: Düngung und Pflanzenschutz	5	5	5	1
<b>Zugänglichkeit</b>	<b>4,6</b>	<b>4,9</b>	<b>4,8</b>	<b>1,9</b>
<b>Min</b>	<b>3,0</b>	<b>4,0</b>	<b>4,0</b>	<b>1,0</b>
<b>Max</b>	<b>5,0</b>	<b>5,0</b>	<b>5,0</b>	<b>5,0</b>

## ANHANG 6.6 (Fortsetzung)

### Beurteilung der Methoden für das Kriterium *Zugänglichkeit der Daten* (Bonitur 1 = keine, 5 = vollständig) (s. Tabelle 15)

#### Methode SALCA

	Landwirt	Berater	Behörden (Landwirt kooperativ)	Behörden (Landwirt wenig/ nicht kooperativ)
	Bonitur (1 bis 5)	Bonitur (1 bis 5)	Bonitur (1 bis 5)	Bonitur (1 bis 5)
1. Allgemeine Angaben				
1.1. Wetterdaten	5	5	5	5
2.1 Parzellenübersicht (Merkmale)	3	5	3	3
2.2 Parzellenübersicht (Nutzung)	4	4	4	4
3. Tierbestand	5	5	5	5
4. Gebäude und Einrichtungen	5	5	5	1
5. Fahrzeuge, Maschinen und Geräte	3	3	3	1
6.1 Input (Saatgut, Dünger)	4	4	4	4
6.2 Input (Tiere, Futtermittel)	5	5	5	5
6.3 Input (Pflanzenschutzmittel)	5	5	5	5
6.4 Input (Energie, Verschiedene)	5	5	5	1
7. Interne Lieferungen	4	5	4	1
8. Output	3	3	3	1
9. Weitere Angaben	5	5	5	1
10.1 Parzellendaten Ackerbau: Maschineneinsatz	5	5	5	1
10.1 Parzellendaten Ackerbau: Düngung	5	5	5	5
10.1 Parzellendaten Ackerbau: Pflanzenschutz	5	5	5	5
10.2 Parzellendaten Futterbau: Maschineneinsatz	5	5	5	4
10.2 Parzellendaten Futterbau: Ernte	4	4	4	3
10.2 Parzellendaten Futterbau: Düngung und Pflanzenschutz	4	4	4	4
<b>Zugänglichkeit</b>	<b>4,4</b>	<b>4,6</b>	<b>4,4</b>	<b>3,1</b>
<b>Min</b>	<b>3,0</b>	<b>3,0</b>	<b>3,0</b>	<b>1,0</b>
<b>Max</b>	<b>5,0</b>	<b>5,0</b>	<b>5,0</b>	<b>5,0</b>

## ANHANG 6.7

### Beurteilung der Methoden für das Kriterium *Abdeckung der Bedürfnisse* (Bonitur 1 = schlecht, 5 = sehr gut): Mittel nach Nutzergruppen (s. Tabelle 21)

	INDIGO	KUL/USL	REPRO	SALCA
	Bonitur (1 bis 5)	Bonitur (1 bis 5)	Bonitur (1 bis 5)	Bonitur (1 bis 5)
Einsparungspotenziale, bzw. Einkommensmöglichkeiten	3	3	5	4
Risikominderung, Früherkennung von Problemen Strukturelle Verbesserung	4	3	5	4
Verbesserung der Marktposition	2	3	3	2
Berücksichtigung der Umweltregelungen	1	1	1	1
<b>Gesamtabdeckung</b>	<b>2,5</b>	<b>2,5</b>	<b>3,5</b>	<b>2,75</b>
<b>Landwirtschaftliche Beratung</b>				
Fachkompetenz in Umweltberatung und Fähigkeiten, sie umzusetzen	4	4	4	4
Optimierungspotenziale der beratenen Betriebe erkennen (durch Simulationsmöglichkeiten)	4	2	5	4
dem beratenen Landwirt Empfehlungen stufengerecht kommunizieren	4	5	4,5	4
<b>Gesamtabdeckung</b>	<b>4</b>	<b>3,7</b>	<b>4,5</b>	<b>4</b>
<b>Behörden</b>				
Hintergrundinformationen über die Umweltauswirkungen der Landwirtschaftsbetriebe erhalten und daher Prioritäten festlegen können	3	4	4	3
Wirksamkeit der geplanten Maßnahmen evaluieren und bewerten	3	3	3	3
Wirksamkeit der getroffenen Maßnahmen evaluieren und bewerten Umsetzungskontrolle	2	2	2	2
<b>Gesamtabdeckung</b>	<b>2,7</b>	<b>3,0</b>	<b>3,0</b>	<b>2,7</b>

## ANHANG 7

### Diskussion zum Vergleich von Methoden zur Evaluierung von Stickstoffverlusten

Wie aus Abbildung 9 ersichtlich ist, beruhen alle vier Methoden auf dem Ansatz der Bilanzierung oder des Zufuhr-Abfuhr-Vergleichs, verwenden jedoch unterschiedliche Bilanzierungstypen (Oenema et al., 2003). Diese Autoren unterscheiden zwischen 'Hoftorbilanzen', 'Flächenbilanzen' und 'Bodenbilanzen'.

Die von der Methode KUL/USL verwendete 'Hoftorbilanz' (in Frankreich als «bilan apparent» bezeichnet, Simon et al., 2000) wird auf der Betriebsebene berechnet (Abb. 9). Sie ist in Europa weit verbreitet (insbesondere durch das Übereinkommen zum Schutz der Meeresumwelt des Nordostatlantiks<sup>21</sup> („OSPAR-Übereinkommen“ geschlossen zu Paris 1992)). Dänische und niederländische Autoren (Dalgaard et al., 2002; Hanegraaf, 1998 ) ergänzen bei den Zufuhren noch die Einträge aus der Atmosphäre (die in Gebieten mit hoher Tierhaltungsdichte erhöht sind).

In ihrer vereinfachten Fassung erfolgt die Berechnung von REPRO auf Ebene der 'Fläche', des Schlags oder des Betriebs und berücksichtigt dabei verschiedene Begriffe von Bilanz. Diese Art von Bilanz wird in Frankreich auf Betriebsebene (bilan CORPEN) und Schlagebene (Indicateur BASCULE de Benoît, 1992) aufgegriffen und berücksichtigt bei den Zufuhren die Höhe der Immissionen, organische und mineralische Dünger, die symbiotische N-Fixierung (in Ernte- und Wurzelrückständen) und bei den Abfuhr den Nährstoffentzug durch Haupt- und Nebenprodukte (Markt- und Futterfrüchte) sowie Konservierungsverluste. REPRO erlaubt eine Berechnung der Stickstoffauswaschung (N-Menge und Nitratkonzentration) mit zusätzlichen Daten (Beschreibung der Bodenhorizonte, bodenphysikalische Kenngrößen und taggenaue Wetterdaten wie Niederschläge, Temperaturen, Globalstrahlung). Diese Angaben dienen der Abschätzung der Stickstoffverluste über Verflüchtigung und Denitrifikation (in der Bilanz abzuziehen) sowie der Berechnung eines Auswaschkoeffizienten. In seiner kompletten Version arbeitet REPRO mit einer 'Bodenbilanz', welche auch die Mineralisierung des Bodens beinhaltet (Bezeichnung REPROpot).

Obwohl die Bilanzen auf Betriebsebene (Hoftor bzw. Flächenbilanz) theoretisch ähnliche Ergebnisse liefern, werden für die Flächenbilanz auch die Daten der Futtererträge benötigt, die in den meisten Futterbaubetrieben nicht gemessen werden. Allgemein gilt, dass die Berechnung der verschiedenen Bilanzposten anfällig für Fehler ist; dies kann zu einer eingeschränkten Glaubwürdigkeit des Endergebnisses führen (Van Bol und Peeters, 1997, Oenema et al., 2003). Dies hat Mertens und Huwe, 2002 zur Einführung von Fuzzy Logic bei der Berechnung ihrer Stickstoffbilanzen veranlasst (wird von INDIGO auch beim Indikator „Pflanzenschutz“ benutzt), um dieser Unsicherheit Rechnung zu tragen.

Im Übrigen kann die Berechnung auf Betriebsebene Probleme hervorrufen, wie sie bereits von Bockstaller et al., 2002 beschrieben wurden, insbesondere hinsichtlich der Kompensationsmöglichkeiten zwischen verschiedenen Schlägen. Die Berechnung auf Schlagebene beim Indikator BASCULE vermeidet diese Probleme dadurch, dass negative Werte auf 0 gesetzt werden (Benoît, 1992). Auch wenn die Betriebsbilanzen als wertvolle Instrumente zum Stickstoffmanagement in Tierhaltungsbetrieben anerkannt sind, z.B. zur Identifizierung von Überschüssen etc. (Öborn et al., 2003), wird das eigentliche Berechnungsprinzip in der Literatur umfassend analysiert und kritisiert (Lord et al., 2002;

---

<sup>21</sup> <http://www.ospar.org/eng/html/dra/>  
<http://www.bonnagreement.org>.  
[www.bmu.de/meeresumweltschutz](http://www.bmu.de/meeresumweltschutz)

Öborn et al., 2003; Oenema et al., 2003; 2005). In der Tat beruht diese Bilanz auf einer statischen Betrachtungsweise, ohne die dynamischen Aspekte von Mineralisierung und Festlegung sowie, je nach Jahreszeit, auch Auswaschung zu berücksichtigen (Dabbert et al., 1999). Deshalb haben Forscher der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft einen weiteren Indikator für die Sensibilität der Umwelt vorgeschlagen (Auswaschungsgefahr, nutzbare Feldkapazität; in Frankreich auch vorgeschlagen von Belan, (1994) und zeigen sich gegenüber der Verwendung von Bilanzen sehr zurückhaltend (Deutsche Bodenkundliche Gesellschaft, 1992). Daher überrascht es nicht, dass die Validationstests zu Auswaschungsverlusten zu einem eher enttäuschenden Ergebnis führten (Lord et al., 2002; Appel et al., 1994); ausgenommen hiervon ist lediglich der Vergleich mit mehrjährigen Auswaschungswerten (Laurent et al., 2000), Grünland und in Situationen mit hohen Überschüssen (Büchter et al., 2002). Ten Berge, 2002 bestätigt auf der Grundlage einer Zusammenstellung niederländischer Versuche die Hypothese von Lord et al., 2002, dass Hof-Feld-Bilanzen auf Schlagebene mit  $N_{\min}$ -Messungen im Gelände unter Grünland besser übereinstimmen als unter Ackerland. Allgemein geht man heute davon aus, dass sich Jahresbilanzen lediglich für die Bewertung des langfristigen Auswaschungsrisikos eignen (Christen et O'Halloran-Wiethholtz, 2002).

Es ist festzustellen, dass, anders als die deutschen Methoden, die Methoden INDIGO und SALCA Alternativen zu Jahresbilanzen anbieten. Sie verwenden dynamischere Ansätze, wie sie von verschiedenen Autoren vorgeschlagen werden (Dabbert et al., 1999; Lord et al., 2002; Öborn et al., 2003). Ihre Berechnungsmethoden beruhen auf 'Bodenbilanzen' mit kürzeren Zeitabschnitten als einem Jahr, indem sie Zeiträume mit der Gefahr von Auswaschung gesondert betrachten.

## ANHANG 8.1

### Beurteilung der Methoden für das Kriterium *Abdeckung aller Umweltbereiche* (Bonitur 1 = keine, 5 = vollständig) für Stickstoff

N-Umweltprobleme	Bonitur (1 bis 5)				
	INDIGO	KUL/USL	REPRO	REPRO <sub>pot</sub>	SALCA
Nicht erneuerbare Energiequellen	5	5	5	5	5
Klima (N <sub>2</sub> O)	2	4	2	2	5
<b>Erzeugung der N-Dünger</b>	<b>3,5</b>	<b>4,5</b>	<b>3,5</b>	<b>3,5</b>	<b>5,0</b>
Gefährdete Arten	1	1	1	1	1
Nährstoffe im Boden (N)	1	3	5	5	4
Versauerung des Bodens (des Betriebes)	1	4	1	1	1
<b>In situ Auswirkung der N-Ausbringung</b>	<b>1,0</b>	<b>2,7</b>	<b>2,3</b>	<b>2,3</b>	<b>2,0</b>
NO <sub>3</sub> -Eintrag in Trinkwasserreserven	3	2	2	4	3
Grundwasser (Ökotoxizität, Eutrophierung)	3	2	2	3	4
Oberflächengewässer (Ökotoxizität, Eutrophierung)	3	2	2	3	4
<b>NO<sub>3</sub> Emissionen (auf Betrieb und Schlägen)</b>	<b>3,0</b>	<b>2,0</b>	<b>2,0</b>	<b>3,3</b>	<b>3,7</b>
Boden (Eutrophierung)	3	3	3	3	4
Versauerung des Bodens (außerhalb des Betriebes)	3	3	3	3	4
<b>NH<sub>3</sub> Emissionen (auf Betrieb und Schlägen)</b>	<b>3,0</b>	<b>3,0</b>	<b>3,0</b>	<b>3,0</b>	<b>4,0</b>
Klima (N <sub>2</sub> O)	4	3	1	1	4
<b>N<sub>2</sub>O-Emissionen (auf Betrieb und Schlägen)</b>	<b>4,0</b>	<b>3,0</b>	<b>1,0</b>	<b>1,0</b>	<b>4,0</b>
Ozonbildung	1	1	1	1	4
Luft (NO <sub>x</sub> )	1	1	1	1	4
Boden (Eutrophierung)	1	1	1	1	4
<b>NO<sub>x</sub>-Emissionen (auf Betrieb und Schlägen)</b>	<b>1,0</b>	<b>1,0</b>	<b>1,0</b>	<b>1,0</b>	<b>4,0</b>

## ANHANG 8.2

### Beurteilung der Methoden für das Kriterium *Berücksichtigung der Produktionsfaktoren* (Bonitur 1 = keine, 5 = vollständig) für Stickstoff

Produktionsfaktoren	Bonitur (1 bis 5)				
	INDIGO	KUL/USL	REPRO	REPROpot	SALCA
<b>Betriebsebene</b>					
Stoffmanagement: Lagerung der Betriebsmittel (mineralische Dünger, org. Dünger unter Tierhaltung]	1	1	4	4	3
Stickstoffdeposition	1	1	5	5	2
<b>Pflanzenbau/Futterbau/Grünland</b>					
Kultur/Vorfrucht, Zwischenfrucht (Aussaat Termin und N-Entzug)	5	3	5	5	5
Symbiotische N-Bindung durch Leguminosen	3	4	5	5	4
Bodenbearbeitung: Typ (Intensität, Bodenbearbeitungssystem)	3	1	1	1	3
Bodenbearbeitung: Anzahl Arbeitsgänge	1	1	1	1	3
Mineraldüngung: Art (Bindungsform des Stickstoffs)	5	2	2	2	4
Mineraldüngung: Menge	5	5	5	5	5
Mineraldüngung: Ausbringungsverfahren (Datum, Zahl der Gaben, Einarbeitung)	5	2	3	3	4
Organische Dünger: Art	5	4	5	5	4
Organische Dünger: Menge	5	5	5	5	5
Organische Dünger: Ausbringungsverfahren, Einarbeitung	5	2	5	5	4
Organische Dünger: Ausbringungsbedingungen (Tageszeit, Wetter, Temperatur)	5	2	4	4	3
Beregnung: Menge	4	1	1	1	1
Drainage	3	1	3	3	1
Ernterückstände: Typ (Art) und C/N-Verhältnis	5	3	5	5	3
Ernterückstände: Management	5	4	5	5	4
Erntebedingungen: Datum, Zahl (der Schnitte auf Wiese)	5	3	5	5	3
<b>Tierproduktion</b>					
Tierbestand: Art	4	5	5	5	4
Tierbestand: Leistungsniveau	1	4	5	5	3
Tierbestand: GVE/ha)	3	5	5	5	5
Futterkonservierung und Lagerung	1	3	4	4	1
Tierfütterung: Menge	1	5	5	5	1
Tierfütterung: Art	1	5	5	5	3
Tierfütterung: Zukauf	1	5	5	5	3
Wirtschaftsdünger-Management: Menge	1	5	5	5	5
Wirtschaftsdünger-Management: Art	1	3	5	5	5
Wirtschaftsdünger-Management: Lagerung, Aufbereitung)	1	2	4	4	5
Tierhaltungsbedingungen Platz,	1	1	1	1	1
Tierhaltungsbedingungen Auslauf/Weidegang, Haltungssystem)	2	4	5	5	4
Tierhaltungsbedingungen: Stallklima,	1	1	3	3	1
<b>Berücksichtigung auf Betriebsebene</b>	<b>1,0</b>	<b>1,0</b>	<b>4,0</b>	<b>4,0</b>	<b>3,0</b>
<b>Berücksichtigung im Pflanzenbau</b>	<b>4,3</b>	<b>2,7</b>	<b>3,8</b>	<b>3,8</b>	<b>3,5</b>
<b>Berücksichtigung in der Tierproduktion</b>	<b>1,5</b>	<b>3,7</b>	<b>4,4</b>	<b>4,4</b>	<b>3,2</b>
<b>Berücksichtigung (Gesamt)</b>	<b>2,9</b>	<b>3,0</b>	<b>4,1</b>	<b>4,1</b>	<b>3,3</b>

### ANHANG 8.3

**Beurteilung der Methoden für das Kriterium *Indikatortyp / Analysentiefe*  
(Bonitur 1 = mangelhaft, 5 = sehr gut) für Stickstoff (s. Tabelle 12).**

Bereich	Bonitur (1 bis 5)				
	INDIGO	KUL/USL	REPRO	REPRO <sub>pot</sub>	SALCA
Nicht erneuerbare Energiequellen	3	3	3	3	4
Klima (N <sub>2</sub> O)	2	2	2	2	5
<b>Erzeugung der N-Dünger</b>	<b>2,5</b>	<b>2,5</b>	<b>2,5</b>	<b>2,5</b>	<b>4,5</b>
Gefährdete Arten	1	1			
Nährstoffe im Boden (N)	1	2	3	3	2
Versauerung des Bodens (des Betriebes)	1	4			4
<b>In situ Auswirkung der N-Ausbringung</b>	<b>1,0</b>	<b>2,3</b>	<b>3,0</b>	<b>3,0</b>	<b>3,0</b>
NO <sub>3</sub> -Eintrag in Trinkwasserreserven	3	2	2	3	4
Grundwasser (Ökotoxizität, Eutrophierung)	3	2	2	3	4
Oberflächengewässer (Ökotoxizität, Eutrophierung)	3	2	2	3	4
<b>NO<sub>3</sub>-Emissionen (auf Betrieb und Schlägen)</b>	<b>3,0</b>	<b>2,0</b>	<b>2,0</b>	<b>3,0</b>	<b>4,0</b>
Boden (Eutrophierung)	3	2,5	3	3	4
Versauerung des Bodens (außerhalb des Betriebes)	3	2,5	3	3	4
<b>NH<sub>3</sub>-Emissionen (auf Betrieb und Schlägen)</b>	<b>3,0</b>	<b>2,5</b>	<b>3,0</b>	<b>3,0</b>	<b>4,0</b>
Klima (N <sub>2</sub> O)	3	3	1	1	4
<b>N<sub>2</sub>O Emissionen (auf Betrieb und Schlägen)</b>	<b>3,0</b>	<b>3,0</b>	<b>1,0</b>	<b>1,0</b>	<b>4,0</b>
Ozonbildung					5
Luft (NO <sub>x</sub> )					3
Boden (Eutrophierung)					4
<b>NO<sub>x</sub> Emissionen (auf Betrieb und Schlägen)</b>	<b>1,0</b>	<b>1,0</b>	<b>1,0</b>	<b>1,0</b>	<b>4,0</b>



## ANHANG 8.4

**Beurteilung der Methoden für das Kriterium *Integration der Prozesse*  
(Bonitur 1 = mangelhaft, 5 = sehr gut) für Stickstoff (s. Tabelle 24).**

Bereich	Bonitur (1 bis 5)				
	INDIGO	KUL/USL	REPRO	REPROpot	SALCA
Nicht erneuerbare Energiequellen	2	2	2	2	5
Klima (N <sub>2</sub> O)	1	1	1	1	5
<b>Erzeugung der N-Dünger</b>	<b>1,5</b>	<b>1,5</b>	<b>1,5</b>	<b>1,5</b>	<b>5,0</b>
Gefährdete Arten					
Nährstoffe im Boden (N)	1	2	4	4	
Versauerung des Bodens (des Betriebes)	1	4	1	1	4
<b>In situ Auswirkung der N-Ausbringung</b>	<b>1,0</b>	<b>3,0</b>	<b>2,5</b>	<b>2,5</b>	<b>4,0</b>
NO <sub>3</sub> -Eintrag in Trinkwasserreserven	4	3	2	4	3
Grundwasser (Ökotoxizität, Eutrophierung)	4	3	2	4	4
Oberflächengewässer (Ökotoxizität, Eutrophierung)	4	3	2	4	4
<b>NO<sub>3</sub>-Emissionen (auf Betrieb und Schlägen)</b>	<b>4,0</b>	<b>3,0</b>	<b>2,0</b>	<b>4,0</b>	<b>3,7</b>
Boden (Eutrophierung)	3	2	2	2	4
Versauerung des Bodens (außerhalb des Betriebes)	3	2	2	2	4
<b>NH<sub>3</sub>-Emissionen (auf Betrieb und Schlägen)</b>	<b>3,0</b>	<b>2,0</b>	<b>2,0</b>	<b>2,0</b>	<b>4,0</b>
Klima (N <sub>2</sub> O)	3	2			2
<b>N<sub>2</sub>O Emissionen (auf Betrieb und Schlägen)</b>	<b>3,0</b>	<b>2,0</b>			<b>2,0</b>
Ozonbildung					4
Luft (NO <sub>x</sub> )					4
Boden (Eutrophierung)					4
<b>NO<sub>x</sub>-Emissionen (auf Betrieb und Schlägen)</b>					<b>4,0</b>

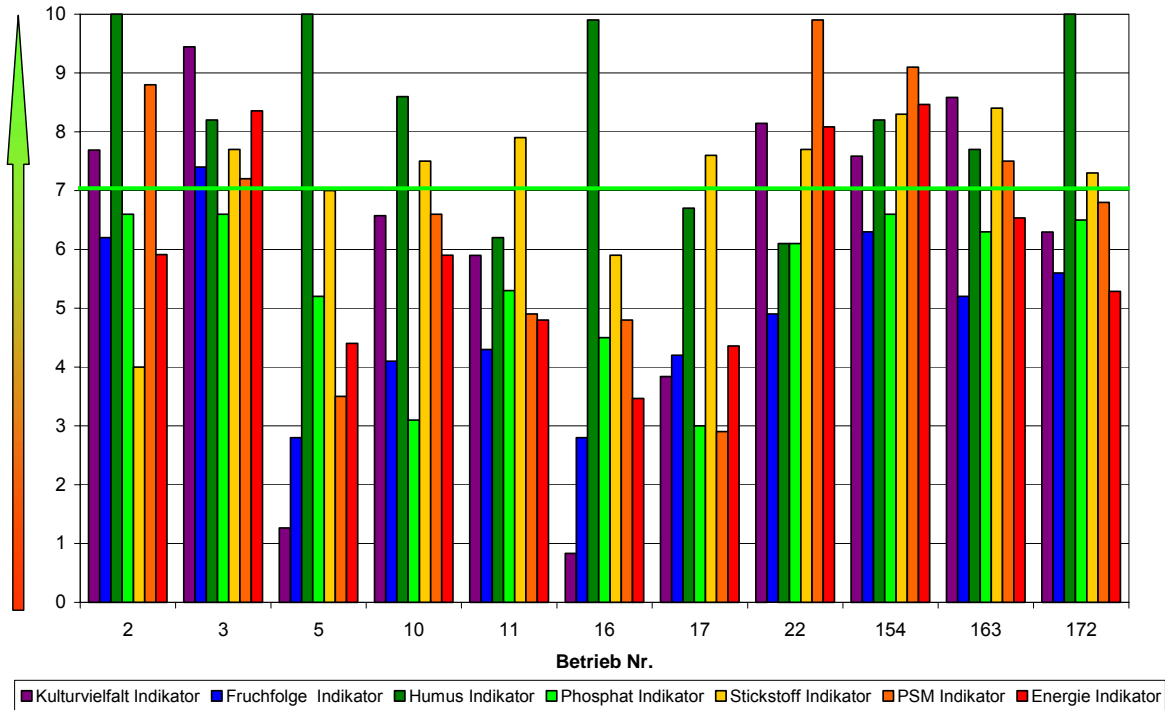
## ANHANG 8.5

**Beurteilung der Methoden für das Kriterium *Vermeidung fehlerhafter Aussagen* (Bonitur 1 = mangelhaft, 5 = sehr gut) für Stickstoff (s. Tabelle 13).**

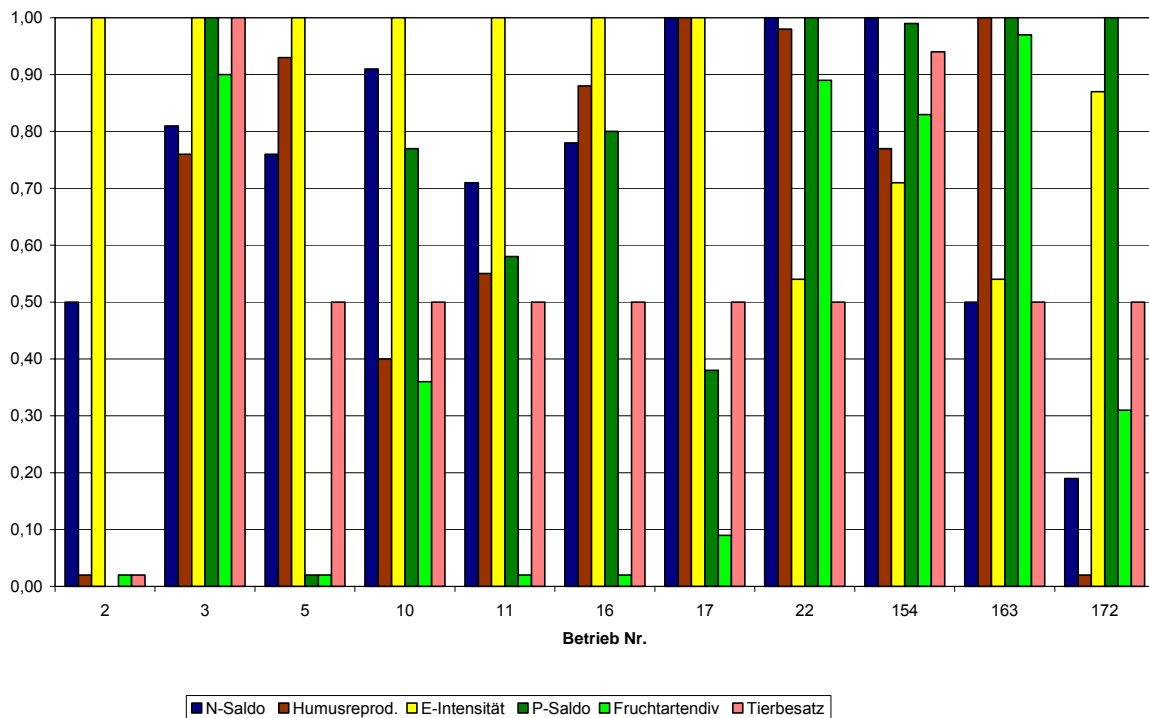
Bereich	Bonitur (1 bis 5)				
	INDIGO	KUL/USL	REPRO	REPROpot	SALCA
Nicht erneuerbare Energiequellen	4	2	4	4	5
Klima (N <sub>2</sub> O)	2	2	2	2	5
<b>Erzeugung der N-Dünger</b>	<b>3,0</b>	<b>2,0</b>	<b>3,0</b>	<b>3,0</b>	<b>5,0</b>
Gefährdete Arten					
Nährstoffe im Boden (N)		3	3,5	3,5	2
Versauerung des Bodens (des Betriebes)		3	3,5	3,5	2
<b>In situ Auswirkung der N-Ausbringung</b>	<b>-</b>	<b>2,5</b>	<b>3,5</b>	<b>3,5</b>	<b>2,0</b>
NO <sub>3</sub> -Eintrag in Trinkwasserreserven	3	2	3	3	2
Grundwasser (Ökotoxizität, Eutrophierung)	3	2	3	3	3
Oberflächengewässer (Ökotoxizität, Eutrophierung)	2	2	3	3	3
<b>NO<sub>3</sub>-Emissionen (auf Betrieb und Schlägen)</b>	<b>2,7</b>	<b>2,0</b>	<b>3,0</b>	<b>3,0</b>	<b>2,7</b>
Boden (Eutrophierung)	4	2	2	2	4
Versauerung des Bodens (außerhalb des Betriebes)	4	2			4
<b>NH<sub>3</sub>-Emissionen (auf Betrieb und Schlägen)</b>	<b>4,0</b>	<b>2,0</b>	<b>2,0</b>	<b>2,0</b>	<b>4,0</b>
Klima (N <sub>2</sub> O)	4	2			4
<b>N<sub>2</sub>O-Emissionen (auf Betrieb und Schlägen)</b>	<b>4,0</b>	<b>2,0</b>			<b>4,0</b>
Ozonbildung					4
Luft (NO <sub>x</sub> )					5
Boden (Eutrophierung)					4
<b>NO<sub>x</sub> Emissionen (auf Betrieb und Schlägen)</b>					<b>4,3</b>

## ANHANG 9.1

**Ergebnisse von 7 Indikatoren der Methode INDIGO bei den Betrieben des Jahres 2003;** Darstellung auf einer Skala von 0 (schlecht) bis 10 (gut) mit einem akzeptablen Wert von mindestens 7.



**Ergebnisse von 9 Indikatoren (und einem Mittelwert) der Methode REPRO bei den Betrieben des Jahres 2003;** Darstellung auf einer Skala von 0 (schlecht) bis 1 (gut).

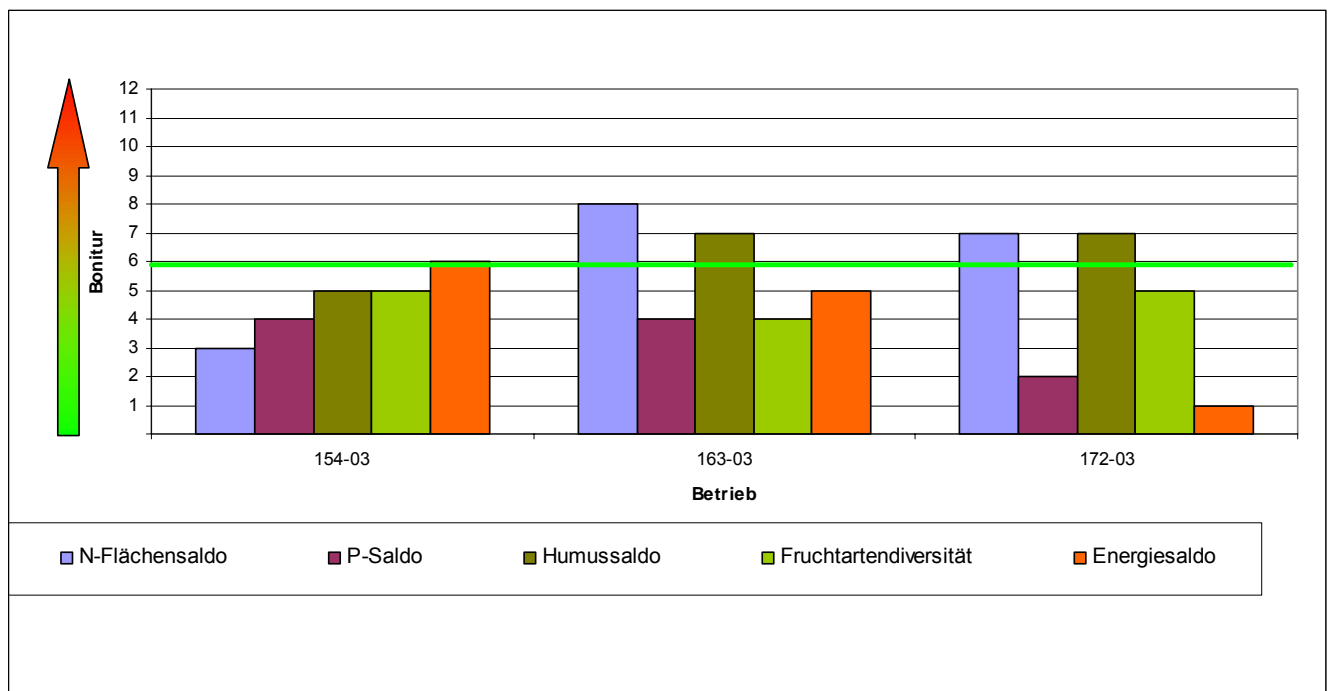


## ANHANG 9.2

**Ergebnisse der Methode SALCA bei den Betrieben des Jahres 2003;** Darstellung von 4 Indikatoren (und einem gewichteten Mittelwert). Die Angaben erfolgen in Prozent, bezogen auf die Werte von Referenzbetrieben. Werte unter 80% liegen im günstigen, Werte zwischen 80% und 125% im vergleichbaren, Werte über 125% im ungünstigen und Werte über 200% im stark ungünstigen Bereich, verglichen mit dem jeweiligen Referenzbetrieb.

Betrieb	Jahr	nicht erneuerbare Energieres- sourcen	Gesamteutro- phierung	aquatische Ökotoxizität	terrestrische Ökotoxizität
2	2003	159%	132%	137%	265%
3	2003	89%	101%	124%	74%
5	2003	127%	197%	210%	214%
10	2003	115%	205%	232%	175%
11	2003	78%	231%	150%	211%
16	2003	154%	237%	228%	172%
17	2003	74%	259%	228%	181%
22	2003	45%	116%	15%	5%
154	2003	26%	94%	128%	121%
163	2003	57%	139%	167%	221%
172	2003	52%	136%	70%	184%

**Ergebnisse von 5 Indikatoren der Methode KUL/USL bei den Betrieben des Jahres 2003;** Darstellung auf einer Skala von 1 (sehr gut) bis 12 (schlecht) mit einem maximalen Toleranzwert von 6.



## ANHANG 10

### Variabilität des Konformitätsindex (Anhang 4) zwischen den Betrieben

Die Beratungsempfehlungen der verschiedenen Methoden für die landwirtschaftlichen Betriebe werden mit Hilfe eines Konformitätsindex von 0 bis 1 (s. Anhang 4) verglichen: Der Konformitätsindex zwischen zwei Methoden kann auch für jeden einzelnen Betrieb berechnet werden. Die Zahl der Betriebe wird in der Gleichung auf 1 reduziert (s. Anhang 4).

Minimal- und Maximalwerte für die Betriebe sowie Konformitätsindices  $I_K$  wurden berechnet und in der nachfolgenden Tabelle dargestellt. Die Berechnungen schließen nur die Produktionsfaktoren ein, für die eine Empfehlung gegeben worden ist.

Die Länderkürzel stehen für die Länder mit den im Mittel schwächsten (unter Mini) bzw. stärksten (unter Maxi) Wert für den Konformitätsindex.

	Konformitätsindex $I_K$ pro Betrieb			
	2002		2003	
	Mini	Maxi	Mini	Maxi
INDIGO-REPRO	0,42 F D	0,83 CH	0,42 CH	0,67 D F
INDIGO-SALCA	0,25 F	1,00 CH D	0,31 F	0,93 CH
REPRO-SALCA	0,31 D	0,75 CH	0,21 D	0,63 F
INDIGO-KUL*	0,51	0,78	0,47	0,86
REPRO-KUL*	0,57	0,88	0,47	0,75
SALCA-KUL*	0,47	0,75	0,50	0,83

\* 3 deutsche Betriebe für die Vergleiche mit KUL

## **ANHANG 11**

### **Erfahrungen beim Einsatz der Methoden außerhalb ihres Herkunftslandes bzw. Herkunftsregion**

#### **Erfahrungen bei der Anwendung von INDIGO in der Schweiz:**

Die Probleme waren technischer Art: Das Produkt war noch nicht ganz ausgereift. Manche Probleme waren mit Windows verbunden (Einsatz einer Software in einem anderen Land).

Die Erhebung von historischen Daten der Schläge ist bei den vielseitigen Betrieben der Schweiz aufwändig und zum Teil schwierig, obwohl die schweizerischen Landwirte für die Kontrollen viele Daten ermitteln sollen.

Der Bereich Tierhaltung ist praktisch nicht abgedeckt.

Ein klares Positivum ist die Benutzerfreundlichkeit, insbesondere bei der Eingabe. Allerdings ist auch nicht immer klar, was wo eingegeben werden muss. Auch bei fehlenden Eingaben wird ein Resultat berechnet. Dies ist aber verbunden mit einer Fehlermeldung.

Für Ackerbaubetriebe in der Schweiz kann INDIGO empfohlen werden.

#### **Erfahrungen bei der Anwendung von INDIGO in Deutschland:**

Die Software von INDIGO wurde vom deutschen Projektpartner nicht angewandt. Die südbadischen Betriebe wurden auf französischer Seite berechnet.

Bei der Datenerhebung erwiesen sich folgende Punkte als schwierig:

Die Bodendaten, die INDIGO verlangt, sind in Deutschland nicht leicht zugänglich, da auf der Datenbasis der Reichsbodenschätzung andere Bodenkennzahlen geläufig sind.

Der Datenbedarf hinsichtlich der `Geschichte des Schlages` war auf den Betrieben schwierig zu erheben.

Die Methode ist jedoch flexibel, was die Pflanzenschutzmittel-Angabe betrifft und erlaubt die Bewertung deutscher Produkte.

#### **Erfahrungen bei der Anwendung von REPRO in der Schweiz:**

Folgende Punkte bereiteten Schwierigkeiten in der Anwendung:

Unterschiedliche agronomische Annahmen (Tierbesatz, Bodenbeschreibung).

Systembeschreibung: Die Bilanzierung eines Teilbetriebs ist schwierig. Das Problem tritt auf, wenn ein Betriebszweig (z.B. Feldgemüsebau) nicht berechnet werden kann.

Anzahl der Indikatoren bzw. fehlende Anleitung, mit welchen Indikatoren man arbeiten soll.

Politisch festgelegte Grenzwerte: Weshalb sollte ein Landwirt in der Schweiz oder im Elsass gemäß Referenzwerten eines Ausschusses von Sachsen-Anhalt arbeiten? Es gibt jedoch Möglichkeiten, neue Grenzwerte einzuführen.

Liste der Pflanzenschutzmittel mit Produktnamen statt Wirkstoffen. Das ist angepasst an die Situation eines Betriebsleiters. Die Pflanzenschutzmittel-Liste sollte jedoch offen sein, mit der Möglichkeit, neue Pflanzenschutzmittel einzufügen.

die korrekte Erfassung der ausgebrachten Hofdünger.

Allgemein: In REPRO hat der Anwender einen (zu) großen Spielraum. Dieser wird von der schweizerischen Beratung nicht erwartet, insbesondere weil eine Anleitung zur Auswahl der Indikatoren fehlt. Dadurch gibt es ein Risiko, mit unkorrekt ausgewählten Indikatoren einen wenig relevanten Ökopprofil des Betriebs zu erstellen und nicht die zutreffenden Maßnahmen abzuleiten.

Positiv bei REPRO sind die GIS-Anwendung und die Kontrolle des Betriebs auf verschiedenen Ebenen (Betrieb, Betriebszweig, Fruchtartengruppe, Kultur, Parzelle).

### **Erfahrungen bei der Anwendung von REPRO in Frankreich**

Wie für INDIGO in Deutschland, wurde die Software von REPRO in Frankreich nicht benutzt. Bei der Erhebung der Daten sind folgende Punkte aufgefallen:

Die Bodenbeschreibung mit Daten aus der Reichsbodenschätzung (z. B. Ackerzahl) ist in Frankreich nicht vorhanden. Es wurde versucht, mit der Beschreibung der Körnung und anderen vorhandenen Daten einen Wert abzuleiten.

Es gab Schwierigkeiten, die auf den Betrieben gefundenen Maschinen mit der Liste der Maschinen abzugleichen. Das hat wahrscheinlich zu einer Unterschätzung des Energieverbrauches geführt; womit die sehr günstigen Werte für den Indikator „Energie-Intensität“ erklärt werden könnten.

Es werden zusätzliche Daten zu N-Gehalten in Ernterückständen verlangt. Diese Daten sind auf den Betrieben nicht vorhanden.

Viele Pflanzenschutzmittel sind in Deutschland nicht zugelassen, was die Eingabe in REPRO verhindert hat. Deshalb konnte der Behandlungsindex nicht berechnet werden

### **Erfahrungen bei der Übertragbarkeit von SALCA ins Ausland:**

Die Eingabedatei Control Panel ist machbar, stellt aber eine große Hürde dar und erfordert eine Hilfestellung. Der Aufwand ist nur im Rahmen eines Forschungsprojekts zu leisten.

Kosten: Man braucht die Lizenz von TEAM und in Zukunft von AGRO-TECH (ähnlich wie bei KUL/USL und REPRO).

Die Referenzbetriebe entsprechen schweizerischen Verhältnissen: (1) Sie sind kleiner als die meisten Betriebe in Baden-Württemberg und im Elsass. (2) In der Schweiz gibt es tendenziell ein höheres ökologisches Niveau (als z.B. im Elsass), d.h. die ausländischen Betriebe stehen vergleichsweise schlecht da.

Die Auslegung der Ergebnisse ist nicht leicht, weil die Indikatoren auf die Wirkung ausgerichtet sind. Es gibt viele Angaben zu Emissionen. Das Verfahren ist stärker 'input-zentriert' als 'anbau- bzw. produktionssystemzentriert'. Es ist nicht immer einfach, eine eindeutige Empfehlung abzuleiten, wenn nicht selbst mit der Software gearbeitet wird. Beispielsweise ist bei einem NO<sub>3</sub>-Problem anhand der Ergebnisse nicht ersichtlich, an welcher Stelle genau das Problem liegt, ob bei der Düngung, beim Ausbringungsverfahren oder bei der Zwischenfrucht.

### **Erfahrungen bei der Anwendung von REPRO in Baden-Württemberg:**

Bei den Berechnungen der Marktfuchtbetriebe zeigten sich folgende Grenzen bei der Anwendung des Verfahrens REPRO:

Das Modell hält einen beachtlichen 'Pool' an Stammdaten beziehungsweise Modellparametern sowie eine umfangreiche Vorauswahl an üblichen Pflanzenschutzmitteln und Maschinen zur Abbildung der Betriebssysteme bereit. Für manche im Betriebsnetz vorkommende Sonderkulturen lagen allerdings keine fruchtart- und verfahrenstechnische Kennzahlen im System vor, so dass in diesen Fällen improvisiert werden musste. Beispiele hierfür sind etwa die Abbildung des Verfahrens für die Saatmaisvermehrung und für den Freilandgurkenanbau. Auf die Abbildung des Verfahrensabschnitts 'Beregnung' mit der in der Region üblicherweise eingesetzten stationären Beregnungstechnik mittels Beregnungsmaschinen musste ganz verzichtet werden.

Die Abbildung einiger Verfahren war daher nur annäherungsweise möglich und führte teilweise zu einer Verzerrung der energetischen Bewertung.

Die Bewertung des Betriebszweiges „Weinbau“ war nicht möglich.

## ANHANG 12

### Betriebswerte – Einzelergebnisse: Rohwerte

Methode INDIGO (zwischen 0 schlecht und 10 sehr gut mit einem akzeptablen Wert von mind. 7)

Betrieb-Jahr	2-02	2-03	3-02	3-03	5-02	5-03	10-02	10-03	11-02	11-03	16-02	16-03	17-02	17-03	22-02	22-03	154-02	154-03	163-02	163-03	172-02	172-03	173-02
Kulturviefalt Indikator	8,4	7,7	9,4	9,4	1,3	1,3	6,7	6,6	5,9	5,9	0,8	0,8	4,0	3,8	8,4	8,1	7,6	7,6	9,2	8,6	6,3	6,3	10,0
Fruchfolge Indikator	6,1	6,2	7,3	7,4	2,8	2,8	3,6	4,1	4,1	4,3	2,8	2,8	4,2	4,2	6,0	4,9	6,6	6,3	5,4	5,2	5,1	5,6	10,0
Humus Indikator	9,8	10,0	7,9	8,2	10,0	10,0	8,8	8,6	6,4	6,2	9,8	9,9	6,8	6,7	5,7	6,1	7,9	8,2	7,8	7,7	10,0	10,0	10,0
Phosphat Indikator	6,7	6,6	6,6	6,6	5,1	5,2	4,3	3,1	4,3	5,3	7,3	4,5	2,3	3,0	6,0	6,1	7,5	6,6	6,4	6,3	6,5	6,5	9,9
Stickstoff Indikator	4,8	4,0	7,9	7,7	7,0	7,0	7,6	7,5	8,0	7,9	6,2	5,9	7,2	7,6	8,1	7,7	7,8	8,3	8,0	8,4	5,6	7,3	7,9
PSM Indikator	7,9	8,8	7,6	7,2	8,6	3,5	5,5	6,6	5,0	4,9	4,1	4,8	2,7	2,9	10,0	9,9	8,9	9,1	5,5	7,5	7,2	6,8	10,0
Energie Indikator	6,1	5,9	8,4	8,4	4,3	4,4	6,1	5,9	4,8	4,8	4,0	3,5	4,3	4,4	8,3	8,1	8,6	8,5	5,8	6,5	5,2	5,3	9,8

Methode KUL/USL (zwischen 12 schlecht und 1 sehr gut mit akzeptablem Wert von höchstens 6)

Betrieb:	154-02	154-03	163-02	163-03	172-02	172-03
KATEGORIE Kriterium	Bonitur <sup>1)</sup>	Bonitur <sup>1)</sup>	Bonitur <sup>1)</sup>	Bonitur <sup>1)</sup>	Bonitur <sup>1)</sup>	Bonitur <sup>1)</sup>
<b>NÄHRSTOFFHAUSHALT</b>						
N-Flächensaldo	2	3	7	8	8	7
NH <sub>3</sub> -Emission (Tier)	2	1	1	1	1	1
P-Saldo	4	4	5	4	4	2
K-Saldo	6	6	5	5	3	3
Gehaltsklasse P	7	7	6	5	5	4
Gehaltsklasse K	3	3	5	4	7	8
Gehaltsklasse Mg	3	3	3	3	2	5
Boden-pH-Klasse	6	6	7	7	3	2
Humussaldo	9	5	7	7	7	7
<b>BODENSCHUTZ</b>						
Erosionsdisposition						
Verdichtungsgefährdung	3	3	7	7	1	1
<b>PFLANZENSCHUTZ</b>						
Risikominderung	6	6	6	6	4	4
Pflanzenschutzintensität	1	1	6	6	6	6
<b>LANDSCHAFTS- UND ARTENVIELFALT</b>						
Anteil ÖLF <sup>7)</sup>						
Fruchtartendiversität	5	5	3	4	6	5
Median Feldgröße	1	1	1	1	1	1
<b>ENERGIEBILANZ</b>						
<b>GESAMTBETRIEB</b>						
Energieinput	1	1	4	4	6	5
Energiesaldo	5	6	1	5	2	1
<b>PFLANZENBAU</b>						
Energieinput <sup>8)</sup>	2	2	<sup>1)</sup> 1 = anzustrebendes Optimum, > 6 = Beginn der standortspezifisch kritischen Situation			
Energiesaldo	3	4				
<b>TIERHALTUNG</b>						
Energieinput <sup>8)</sup>	2	2				
Energiesaldo	1	2				



Methode REPRO (Rohwerte und normierte Werte zwischen 0 schlecht und 1 gut)

Indikator		2-02	2-03	3-02	3-03	5-02	5-03	10-02	10-03	11-02	11-03	16-02	16-03	17-02	17-03	22-02	22-03	154-02	154-03	163-02	163-03	172-02	172-03	173-02	
N-Saldo (kg N/ha)	Wert	53,40	-66,55	7,85	-18,53	69,79	74,33	12,47	59,06	55,39	78,85	91,95	71,99	65,54	44,56	-1,21	19,62	21,61	27,58	66,64	99,77	106,92	130,77	-7,56	
N-Saldo	normiert	0,97	0,50	1,00	0,81	0,80	0,76	1,00	0,91	0,95	0,71	0,58	0,78	0,84	1,00	0,99	1,00	1,00	1,00	0,83	0,50	0,43	0,19	0,92	
Humusreprod.(%)	Wert	0,00	0,00	114,96	163,29	120,54	128,37	79,53	66,15	69,92	71,83	132,43	141,34	78,34	111,03	184,84	114,23	141,35	161,60	93,86	99,96	99,17	23,14	200,00	
Humusreprod.	normiert	0,00	0,00	0,98	0,76	0,96	0,93	0,74	0,40	0,50	0,55	0,92	0,88	0,71	1,00	0,61	0,98	0,88	0,77	1,00	1,00	1,00	0,00	0,50	
E-Intensität (MJ/GE)	Wert	111,26	100,91	101,58	93,64	141,01	160,22	95,79	143,25	196,64	193,99	148,24	123,87	173,05	156,68	185,00	278,46	251,81	255,57	165,52	277,40	206,17	225,30	0,00	
E-Intensität	normiert	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,54	0,77	0,71	1,00	0,54	0,95	0,87	1,00	
P-Saldo (kgP/ha)	Wert	leer	leer	-1,81	-15,09	69,68	89,25	38,84	38,41	54,88	49,28	18,18	35,32	57,26	56,36	-4,16	-1,00	-16,40	-16,26	-21,61	-5,18	8,21	12,90		
P-Saldo	normiert	leer	leer	1,00	1,00	0,01	0,00	0,76	0,77	0,42	0,58	0,97	0,80	0,36	0,38	1,00	1,00	0,99	0,99	0,93	1,00	1,00	1,00		
Fruchtartendiv (Index)	Wert	1,48	1,16	2,13	2,21	0,48	0,48	1,55	1,49	1,08	1,07	0,33	0,33	1,27	1,31	2,33	2,16	1,98	1,99	2,58	2,42	1,38	1,46	0,00	
Fruchtartendiv	normiert	0,35	0,00	0,88	0,90	0,00	0,00	0,45	0,36	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,09	0,94	0,89	0,83	0,83	1,00	0,97	0,19	0,31	0,00	
Tierbesatz (GV/ha)	Wert	2,24	2,12	1,10	1,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,65	0,66	0,00	0,00	0,00	0,00	1,14	
Tierbesatz	normiert	0,00	0,00	1,00	1,00	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,94	0,94	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	1,00
Gesamt	normiert					0,55	0,53	0,74	0,66	0,56	0,56	0,66	0,66	0,57	0,66	0,84	0,82	0,89	0,87	0,88	0,75	0,68	0,48	0,68	
Bi. Fungizide (WW)	Wert	0,00	kein WW	0,00	0,00													0,00	0,00	1,00	1,00	1,57	0,75		
Bi. Fungizide (WW)	normiert	1,00	kein WW	1,00	1,00													1,00	1,00	0,85	0,85	0,58	0,89		
Bi. Herbizide (WW)	Wert	0,29	kein WW	0,00	1,15													1,00	1,00	1,00	1,50	2,19	2,50		
Bi. Herbizide (WW)	normiert	0,96	kein WW	1,00	0,85													0,87	0,87	0,87	0,79	0,02	0,00		
Bi. Insektizide (WW)	Wert	0,00	kein WW	0,00	0,00													0,00	0,00	0,00	0,50	0,00	0,00		
Bi. Insektizide (WW)	normiert	1,00	kein WW	1,00	1,00													1,00	1,00	1,00	0,39	1,00	1,00		
Bi. Wachstumsreg. (WW)	Wert	0,00	kein WW	0,00	0,00													0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
Bi. Wachstumsreg. (WW)	normiert	1,00	kein WW	1,00	1,00													1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00		
Bi. gesamt (WW)	Wert	0,29	kein WW	0,00	1,15													1,00	1,00	2,00	3,00	3,76	3,26		
Bi. gesamt (WW)	normiert	0,98	kein WW	1,00	0,94													0,94	0,94	0,89	0,83	0,72	0,82		
Chem. Subst.: PSM-Aufwand (kg/ha)	Wert																0,00	0,01	0,68	0,61	3,53	2,25	10,78	7,82	0,00
- Herbizide (kg/ha)	Wert																0,00	0,00	0,68	0,61	2,84	1,66	4,07	5,38	0,00
- Fungizide (kg/ha)	Wert																0,00	0,01	0,00	0,00	0,31	0,40	1,75	0,70	0,00
- Insektizide (kg/ha)	Wert																0,00	0,00	0,00	0,00	0,21	0,19	0,02	0,02	0,00
- Sonstige (kg/ha) (z.B. Schneckenkom)	Wert																0,00	0,00	0,00	0,00	0,17	0,00	4,93	1,72	0,00
Biolog. Subst.: PSM-Aufwand (kg/ha)	Wert																0,05	0,88	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Applikationshäufigkeit (Anzahl)	Wert																0,16	0,54	0,37	0,27	1,80	1,55	5,25	4,97	0,00
Anteil nicht behandelter Flaechen (%)	Wert	64,11	55,61	50,00	50,00	8,42	8,42	9,27	7,66	6,35	6,90	10,02	10,02	3,53	3,53	92,04	73,03	70,04	72,70	17,10	17,07	7,11	1,96	100,00	
Nicht behandelte Flaechen (ha)	Wert					6,77	6,77	5,30	4,38	2,90	3,15	9,82	9,82	3,22	3,22	49,97	39,62	45,23	47,20	17,32	17,37	18,97	5,30	28,40	
N-Verwertung (%)	Wert	98,57	leer	94,74	leer	71,69	70,86	leer	90,91	85,37	73,66	66,54	71,25	77,49	81,73	90,16	80,92	82,61	77,07	71,23	48,75	60,74	56,51		
K-Saldo (kg K/ha)	Wert	-87,38	-100,94	-48,75	-47,21	73,08	121,00	-138,61	20,02	43,69	44,04	4,44	-12,93	62,82	73,23	-27,15	-24,82	-3,50	5,37	9,65	33,92	-0,88	-71,62	-31,62	
Stall-Verluste: NH4 (kg N/ha)	Wert	8,67	8,67	2,79	7,31													3,15	2,84					6,10	
Einsatz fossiler Energie (GJ/ha)	Wert	11,34	11,88	11,44	10,89	15,33	18,62	14,31	18,32	15,08	13,88	17,06	15,35	16,18	15,85	5,10	5,30	7,88	7,86	11,08	10,70	13,49	13,51	6,45	

Methode SALCA

Betrieb - Jahr	1-02	2-02	2-03	3-02	3-03	5-02	5-03	10-02	10-03	11-02	11-03	16-02	16-03	17-02	17-03	22-02	22-03	154-02	154-03	163-02	163-03	172-02	172-03	173-03	
<b>Indikator</b>																									
<b>Nicht erneuerbare Energieressourcen</b> (MJ Äq./ha)	46 212	81 574	99 604	50 223	49 291	47 045	50 657	46 910	46 153	32 550	31 392	43 424	58 251	33 625	29 734	17 220	17 802	14 924	14 554	20 069	22 975	24 430	21 558	14 331	
<b>Gesamteutrophierung</b> (kg PO4 Äq./ ha)	35	59	67	45	52	60	56	58	58	65	66	70	67	55	74	35	33	42	48	37	40	53	39	32	
<b>Aquatische Ökotoxizität</b> (kg Zn Äq./ha)	1 214	2 287	2 600	2 542	2 353	4 217	4 403	3 836	4 868	3 717	3 148	4 860	4 784	4 703	4 790	351	323	1 851	2 442	2 984	3 503	2 472	2 927	712	
<b>Terrestrische Ökotoxizität</b> (kg Zn Äq./ha)	223	433	509	164	142	266	329	219	270	392	325	264	265	282	279	35	8	200	233	198	340	550	362	187	

## Anhang 13

### Eckdaten im Projektablauf (ITADA 04 – COMETE)

Datum	Veranstaltung	Beteiligte
14.10.2002	Starttreffen des Projektes	Bockstaller; Clinkspoor; Gaillard; Koller; Recknagel; Unterseher; Vetter
18.02.2003	Auftaktveranstaltung (allgemein/ITADA-Projekte) am IfuL Müllheim	Vetter; Recknagel; Unterseher; Clinkspoor; Tappeser; Brauner; Reinsch
25.02.2003	<b>Treffen zwischen Deutschen Partner und Projektleiter</b> am Öko-Institut Freiburg	Vetter; Unterseher; Bockstaller; Tappeser; Brauner; Reinsch
17.03.2003	Treffen mit Dr. Oppermann (ILN Singen) am IfuL Müllheim zu Möglichkeiten der Einbeziehung der Methode 'Naturbilanz' in den Methodenvergleich	Recknagel; Unterseher; Oppermann; Reinsch
04.04.2003	<b>1. grenzüberschreitendes Projekttreffen (COMETE)</b> in Colmar; Thema: Methodenaustausch	Bockstaller; Recknagel; Gaillard; Nemecek; Baumgartner; Unterseher; Blatz; Bunke; Reinsch
27./ 28.05.2003	Kontaktaufnahme mit den Autoren des Programms REPRO und Einführung in das Programm an der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg	Reinsch
01.- 05.07.2003	Deutscher Bauernntag in Freiburg: Präsentation Projektflyer und Projektposter	Projektflyer- + Projekt- postererstellung: Reinsch
07.07.2003	<b>2. grenzüberschreitendes Projekttreffen (COMETE)</b> an der FAL-Reckenholz in Zürich, Thema: Erhebungsbogen, Datenbedarf und Software	Bockstaller; Gaillard; Nemecek; Baumgartner; Reinsch
10.07.2003	<b>3. grenzüberschreitendes Projekttreffen (COMETE)</b> am IfuL in Müllheim, Thema: Biodiversität mit anschließender Feldbegehung (Betrieb Nußbaumer in Müllheim-Feldberg)	Bockstaller; Recknagel; Unterseher; Oppermann; Gaillard; Baumgartner; Brauner; Reinsch
21.08.2003	Projektbesprechung in Colmar. Thema: Auswahl der Indikatoren für die Anwendung des Verfahrens REPRO	Bockstaller; Reinsch
08.10.2003 und 30.10.2003	Vorträge an der Landesanstalt für Entwicklung der Landwirtschaft in Schwäbisch Gmünd (Fortbildung 'Qualitäts- und Umweltsicherung in der Landwirtschaft')	Gaillard; Reinsch
06.11.2003	<b>Zwischenberichterstattung</b> beim Technischen Komitee des ITADA am IfuL Müllheim	Technisches Komitee und Projektbeteiligte
14.11.2003	<b>4. grenzüberschreitendes Projekttreffen (COMETE)</b> an der FAL-Reckenholz in Zürich. Themen: u. a. Kriterien des Methodenvergleichs, Methodenvergleich hinsichtlich der Indikatoren "Biodiversität" und „N-Verluste“	Bockstaller; Recknagel; Unterseher; Gaillard; Baumgartner; Nemecek; Reinsch
26. und 27.11.2003	exemplarische Datenaufnahme nach REPRO durch zwei Mitarbeiter der Uni Halle auf dem Betrieb Wiggert/Löffingen	Reinicke; Wagner (Uni Halle); Baumgartner; Reinsch
14.01.2004	<b>5. grenzüberschreitendes Projekttreffen (COMETE)</b> an der INRA Colmar Thema: Der Indikator 'Pflanzenschutzmittel' in den Verfahren INDIGO, REPRO und SALCA.	Bockstaller; Blatz; Vetter; Recknagel; Clinkspoor; Gaillard; Baumgartner; Unterseher; Reinsch
21.01.2004	Fertigstellung endgültige Fassung des gemeinsamen Erhebungsbogens	Baumgartner; Reinsch; Bockstaller
26.03.2004	<b>6. grenzüberschreitendes Projekttreffen (COMETE)</b> an der FAL-Reckenholz in Zürich, Themen: Weiteres Vorgehen bei Schwerpunkten Nitrat, Pestizide und Biodiversität, Vergleichskriterien, angestrebte Endprodukte, weitere Zusammenarbeit	Bockstaller; Gaillard; Nemecek; Baumgartner; Freiermuth; Unterseher, Vetter; Reinsch

<b>Datum</b>	<b>Veranstaltung</b>	<b>Beteiligte</b>
06.05.2004	<b>7. grenzüberschreitendes Projekttreffen (COMETE)</b> am IfuL Müllheim; Themen: Gemeinsamer Fragebogen, Ansatz zur Beurteilung der Vergleichskriterien und Identifikation der Bedürfnisse der Zielgruppen;	Bockstaller; Gaillard; Baumgartner; Vetter; Recknagel, Unterseher, Reinsch, Brauner
25.06.2004	<b>8. grenzüberschreitendes Projekttreffen (COMETE)</b> am INRA Colmar; Themen: Inhaltsverzeichnis Schlussbericht, Ansatz zur Beurteilung der Verfahren (Vergleichskriterien), Organisation des Workshops	Bockstaller, Gaillard; Recknagel; Unterseher; Brauner; Reinsch
27.08.2004	<b>9. grenzüberschreitendes Projekttreffen (COMETE)</b> an der FAL Zürich-Reckenholz: Vorbereitung des gemeinsamen Vortrags beim Workshop	Bockstaller; Baumgartner; Reinsch
08.09.2004	<b>10. grenzüberschreitendes Projekttreffen (COMETE)</b> an der FAL Zürich-Reckenholz; Thema: Planung Workshop, Kriterien für den Methodenvergleich	Bockstaller; Reinsch; Gaillard; Baumgartner; Freiermuth; Recknagel
16.09.2004	COMETE-Workshop in Weil am Rhein; Thema: Betriebliches Umweltmanagement in der Landwirtschaft, Instrumente für die Akteure im ländlichen Raum	COMETE-Projektteam, 54 TeilnehmerInnen
05.10.2004	Sitzung des Technischen Komitees am IfuL Müllheim	Bockstaller; Reinsch, HC, JR
14.10.2004	<b>11. grenzüberschreitendes Projekttreffen (COMETE)</b> an der INRA Colmar; Themen: Vergleichskriterien global und für spezifische Themen (Stickstoff, Pflanzenschutz, Biodiversität); Austausch der Betriebsergebnisse	Bockstaller; Blatz; Gaillard; Freiermuth; Clinkspoor; Recknagel; Brauner; Reinsch
25.11.2004	<b>12. grenzüberschreitendes Projekttreffen (COMETE)</b> am IfuL Müllheim; Thema: Vergleichskriterien: Diskussion und gegenseitige Validierung der Bewertung der Verfahren INDIGO, KUL/USL, REPRO und SALCA	Bockstaller; Gaillard; Freiermuth; Brauner; Reinsch; Unterseher; Recknagel; Clinkspoor
16.12.2004	<b>13. grenzüberschreitendes Projekttreffen (COMETE)</b> an der FAL Zürich-Reckenholz. Themen: Ergebnisse der Vergleichskriterien, Vergleichskriterien Stickstoff; Vergleich der Betriebsergebnisse, weiteres Vorgehen	Bockstaller; Blatz; Gaillard; Freiermuth; Baumgartner; Reinsch; Unterseher; Recknagel
18.01.2005	bilaterales Projekttreffen (COMETE) an der FAL Zürich-Reckenholz: Auswertung der Betriebsergebnisse	Baumgartner; Weibel; Reinsch
02.02.2005	<b>14. grenzüberschreitendes Projekttreffen (COMETE)</b> am Öko-Institut Freiburg. Themen: Rückmeldung der Autoren von KUL/USL + REPRO zu Vergleichskriterien, Vergleichskriterien zu stickstoffbezogenen Umweltproblemen; Austausch, Darstellung und Vergleich der Betriebsergebnisse; Schlussfolgerungen des Projektes	Bockstaller; Gaillard; Freiermuth; Baumgartner; Clinkspoor; Recknagel; Unterseher; Brauner; Reinsch
10.02.2005	bilaterales Projekttreffen (COMETE) an der INRA Colmar: Neubewertung der Vergleichskriterien für KUL/USL; Ableitung von Empfehlungsvarianten für INDIGO und REPRO	Bockstaller; Reinsch
10.03.2005	<b>15. grenzüberschreitendes Projekttreffen (COMETE)</b> am IfuL Müllheim. Themen: Ergebnisse und Vergleich der Empfehlungsvarianten; Ranking der Betriebe; qualitative Vergleichskriterien ('Umsetzbarkeit der Ergebnisse' und 'Übertragbarkeit der Methoden'), Schlussbericht.	Bockstaller; Gaillard; Freiermuth; Baumgartner; Clinkspoor; Recknagel; Unterseher; Brauner; Reinsch
20.06.2005	<b>16. grenzüberschreitendes Projekttreffen (COMETE)</b> in Colmar	Bockstaller; Gaillard; Blatz; Clinkspoor, Baumgartner; Recknagel; Reinsch; Brauner; Unterseher
17.10.2005	<b>17. grenzüberschreitendes Projekttreffen (COMETE) in Freiburg</b>	Bockstaller; Baumgartner; Brauner; Gaillard; Reinsch; Recknagel; Unterseher
18.11.2005	<b>Berichterstattung</b> an der 30. Sitzung des Technischen Komitee des ITADA am IfuL Müllheim	Bockstaller, Clinkspoor, Gaillard, Reinsch, Recknagel, Unterseher

Beteiligte Projektpartner:

D. Baumgartner (FAL)  
D. Bunke (Öko-Institut)  
T. Nemecek (FAL)  
bis Feb. 2004)

A. Blatz (INRA)  
H. Clinkspoor (ITADA)  
J. Recknagel (IfuL/ITADA)  
E. Unterseher (IfuL)

C. Bockstaller (ARAA)  
R. Freiermuth (FAL)  
M. Reinsch (Öko-Institut)  
R. Vetter (IfuL)

R. Brauner (Öko-Institut)  
G. Gaillard (FAL)  
B. Tappeser (Öko-Inst.,  
P. Weibel (FAL)



**Ce projet est cofinancé par l'Union Européenne**  
**Dieses Projekt wird von der Europäischen Union kofinanziert**  
(Programme INTERREG - Fonds européen de développement régional)  
(INTERREG-Programm - Europäischer Fonds für regionale Entwicklung)