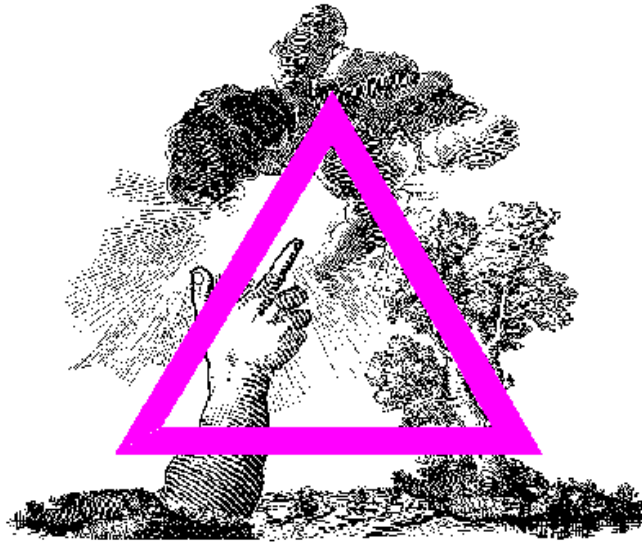


# Das Dust-Bowl-Syndrom in Deutschland

*Machbarkeitsstudie über die Formulierung systemanalytischer Indikatoren für integrierte Strategien einer nachhaltigen Entwicklung in Deutschland am Beispiel der Probleme der Intensivlandwirtschaft*



P I K

**Potsdam Institut für Klimafolgenforschung**

**Dr. Matthias Lüdeke**

*Abt. Integrierte Systemanalyse*

**Dr. Fritz Reusswig**

*Abt. Globaler Wandel & Soziale Systeme*

Mai 1999

## **Inhalt**

1. Einleitung	3
2. Nachhaltigkeitsdebatte, Indikatorenentwicklung und Syndromkonzept	4
2.1 Allgemeine Anforderungen an Indikatoren	4
2.2. Zum Stand der nachhaltigkeitsrelevanten Indikatorenforschung	6
2.3 Syndrome und Nachhaltigkeitsindikatoren	10
3. Das Dust-Bowl Syndrom und seine Ausprägung für Deutschland	13
3.1 Das Dust Bowl Syndrom als globales Muster nicht-nachhaltiger Agrarressourcenbewirtschaftung	14
3.2 Ein regionalisiertes Dust Bowl Beziehungsgeflecht für Deutschland	18
3.2.1 Die sozio-ökonomischen und politischen Antriebskräfte und Wechselwirkungen	20
3.2.2 Die ökologischen Folge- und Wechselwirkungen	31
4. Qualitative Syndrom-Dynamiken	49
4.1 Qualitative Entwicklungen des Landwirtschaftsektors unter Marktbedingungen	51
4.2 Qualitative Entwicklungen unter Marktbedingungen und Umweltwechselwirkung	56
4.3 Qualitative Entwicklungen unter Marktordnung und Umweltwechselwirkung	59
5. Herleitung eines systemaren Indikators für das Syndrom	70
6. Regionale Identifizierung des Dust-Bowl-Syndroms: Datengrundlagen und Resultate	72
6.1 Produktivität und Produktion	72
6.2 Landwirtschaftsbedingter Arbeitslosigkeitsanstieg	73
6.3 Zustand der Umweltschädigung	75
6.4 Umweltschädigende Produktionsmethoden	76
6.5 Systemische Auswertung der Indikatoren	77
7. Schlußfolgerungen und Ausblick	78
KARTENTEIL	81
8. Literatur	96

## 1. Einleitung

Die vorliegende Machbarkeitsstudie soll die Frage beantworten, inwieweit die im *Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung* (PIK) verfolgte Methodik der Syndromanalyse dazu in der Lage ist, innerhalb des HGF-Projektes "Untersuchung zu einem integrativen Konzept nachhaltiger Entwicklung - Bestandsaufnahme, Problemanalyse, Weiterentwicklung" einen Beitrag zur Integration der unterschiedlichen Dimensionen des Nachhaltigkeitsziels (ökologisch, sozial, ökonomisch) in Deutschland zu leisten.

Eine solche Integration ist bei der Entwicklung und Bewertung von Maßnahmen mit dem Ziel des Übergangs zu einer Nachhaltigen Entwicklung deshalb von Bedeutung, weil Maßnahmen, die in *einer* Dimension die richtige Wirkung erzielen, in den *anderen* Dimensionen kontraproduktiv sein können (sachlich: sektorale Zielkonflikte, auf Indikatorebene: Problem der "interlinkages"). Darüberhinaus muß beachtet werden, daß jede Form der Indikatorenbildung nur im Kontext eines Systemverständnisses sinnvoll ist, das die Struktur und die Dynamik des zu beobachtenden Sachbereichs repräsentiert. Nur so läßt sich gewährleisten, daß Indikatoren einerseits zum Monitoring der relevanten Trends in ihrem Zeitverlauf beitragen, und daß sie andererseits diese Trends auch mit Blick auf die Nachhaltigkeitsziele mit dem entsprechenden Gewicht versehen.

Die vorliegende Machbarkeitsstudie konzentriert sich auf den Problemkreis der Intensivlandwirtschaft, wie sie sowohl für die Landwirtschaft der alten Bundesrepublik als auch für die der DDR charakteristisch war und auch heute noch die agrikulturelle Praxis im vereinten Deutschland weitgehend bestimmt. Eine genauere Definition dieser spezifischen Form der Mensch-Natur-Interaktion wird in den nächsten Kapiteln gegeben. Hier ist nur bedeutsam, daß der damit berührte Kreis von Problemen hinreichend breit angelegt ist, um anhand seiner über ein wissenschaftliches Konzept zur systematischen Erfassung und Abschätzung (*idealerweise*: Messung) von (Nicht-) Nachhaltigkeit zu befinden. Dies ist in der Tat gewährleistet. Die mit der modernen Form einer hochgradig mechanisierten, chemisierten und rationalisierten Landwirtschaft einhergehenden Problemlagen berühren alle drei Dimensionen des Nachhaltigkeitsziels.

Die vielfältigen *ökologischen* Folgewirkungen der modernen Landwirtschaft sind in Wissenschaft und Öffentlichkeit vielfältig bekannt und haben Anlaß zu teilweise heftigen Auseinandersetzungen um die zukünftige Gestaltung ländlicher Praxis und ländlicher Räume gegeben: Biodiversitätsverlust, Grund- und Oberflächenwasserverschmutzung, Bodenbelastung, problematische Tierhaltungsformen, Emission von Luftschadstoffen, Probleme bei der Lebensmittelqualität etc. Aus allen wichtigen Umweltmedien werden also durch die moderne Landwirtschaft negative Folgewirkungen hervorgerufen. Eine Beschäftigung mit ihr spricht folglich die ökologische Säule der Nachhaltigkeit allemal an.

Ähnliches gilt auch für die *soziale* Dimension des Nachhaltigkeitsziels, das gewöhnlich mit der Perspektive auf eine intragenerationelle Gerechtigkeit erläutert wird. Mißt man die tatsächlichen Struktureffekte der Landwirtschaftsentwicklung in der Bundesrepublik Deutschland allein am offiziell vertretenen Leitbild des kleinbäuerlichen Familienbetriebs in einem intakten ländlichen Raum, dann sind deutliche Diskrepanzen festzustellen: Seit Jahren findet ein Konzentrationsprozeß nach der Maxime "Wachse oder weiche!" statt, der die kleinbäuerlichen Betriebe zugunsten größerer Produktionsformen zurückdrängt und die Zahl der landwirtschaftlich Erwerbstätigen kontinuierlich sinken läßt. Der ländliche Raum weist zudem gegenüber den städtischen Ballungsgebieten nach wie vor deutliche Strukturdefizite auf, die mit Blick auf eine zukunftsfähige und selbsttragende Entwicklung bedenklich stimmen müssen.

Schließlich ist in *wirtschaftlicher* Hinsicht zu konstatieren, daß auch die wirtschaftlich gesünderen landwirtschaftlichen Betriebe in hohem Maße von Transferleistungen aus den anderen Wirtschaftssektoren abhängig sind. Das politische Ziel einer hochproduktiven und weltweit konkurrenzfähigen europäischen Landwirtschaft kostet die deutschen und die europäischen Steuerzahler jährlich Milliardenbeträge an Subventionen, Beihilfen und sonstigen Fördermaßnahmen und überzieht die Betriebe mit einem dichten Netz bürokratischer Reglementierungen. Auf den Weltmärkten können europäische Agrarprodukte daher zu Preisen angeboten werden, die für viele Produzenten, die ohne solche Unterstützungsmaßnahmen auskommen müssen, oft nicht kostendeckend sind. Auch in wirtschaftlicher Hinsicht also führt die für Deutschland (und Europa) weitgehend charakteristische Form der politisch geförderten Intensivlandwirtschaft zu einer Reihe von Problemen, die an ihrer Nachhaltigkeit zweifeln lassen.

Insgesamt also ist die Hoffnung begründet, in einer Studie, die sich mit den Problemen der Intensivlandwirtschaft beschäftigt, die Mehrdimensionalität des Leitbilds einer nachhaltigen Entwicklung zu erörtern. Dabei ist

allerdings zu beachten, daß eine *Machbarkeitsstudie* einen anderen, eingeschränkteren Charakter hat als eine ausführliche Forschungsarbeit. Die vorliegende Studie erhebt nicht den Anspruch, das Nachhaltigkeitsproblem sowie seine Indikatorenseite für den Landwirtschaftsbereich umfassend anzugehen oder gar zu lösen. Gezeigt werden soll allein, daß es mithilfe des hier gewählten Ansatzes im Prinzip möglich ist, zu einem systemanalytisch gestützten Indikatorensatz für die Intensivlandwirtschaft in der Bundesrepublik Deutschland und ihre Problembereiche zu kommen, der für die Nachhaltigkeits- und die damit verknüpfte Indikatorendebatte fruchtbar und in gewissen Bereichen auch innovativ ist. Die im Rahmen einer Machbarkeitsstudie unvermeidlichen sachlichen und vor allem Datenlücken können in überschaubaren Zeiträumen überwunden werden.

## 2. Nachhaltigkeitsdebatte, Indikatorenentwicklung und Syndromkonzept

Als nachhaltig wird eine Entwicklung bezeichnet, die weltweit über Generationen hinweg fortgeführt werden kann, ohne daß Naturhaushalt und Gesellschaft in ihrer Funktionsfähigkeit beeinträchtigt werden. Daraus ergeben sich in Anlehnung an die Enquete-Kommission des Deutschen Bundestages "Schutz des Menschen und der Umwelt" von 1994 die folgenden Handlungsgrundsätze:

- Die Nutzung einer Ressource darf nicht größer sein als ihre Regenerationsrate oder die Rate der Substitution ihrer Funktionen.
- Die Freisetzung von Stoffen darf nicht größer sein als die Tragfähigkeit des Naturhaushalts bzw. seine Assimilationsfähigkeit.
- Gefahren und unvermeidbare Risiken für den Menschen und die Umwelt durch anthropogene Einwirkungen sind zu vermeiden.
- Das Zeitmaß anthropogener Eingriffe in die Umwelt muß in einem ausgewogenen Verhältnis zu der Zeit stehen, die die Umwelt zur Reaktion benötigt.

Die gegenwärtige wirtschaftliche und soziale Entwicklung in Deutschland und anderen Industrieländern wird den Kriterien der Nachhaltigkeit nicht gerecht. Die dauerhafte Sicherung der Existenzgrundlagen der Menschheit kann nur gelingen, wenn die Belastungen der Umwelt und der Verbrauch natürlicher Ressourcen drastisch verringert, das starke soziale Gefälle zwischen Industrie- und Entwicklungsländern vermindert und die Lebensbedingungen der in Armut lebenden Menschen deutlich verbessert werden.

Die vorliegende Studie ordnet sich in den Kontext dreier Debatten ein: zum einen in die Diskussion um die Konzeptionalisierung und Operationalisierung des Leitbild der Nachhaltigen Entwicklung, zum zweiten in die Diskussion um Indikatoren für Nachhaltigkeit, und drittens schließlich in die integrierte Systemanalyse der (globalen) Mensch-Natur-Wechselwirkungen, wie sie im Rahmen der Global-Change-Forschung betrieben wird.

Bevor die Leistungsfähigkeit des hier gewählten Syndrom-Ansatzes für eine integrierte Indikatorenbildung für Nachhaltigkeit näher beschreiben wird (2.3.), soll auf den Problembereich der Nachhaltigkeitsindikatoren etwas näher eingegangen werden (2.2.), die sich vor dem Hintergrund von Indikatorensystemen zur Abschätzung von Umwelt- und anderen Systemen ergibt (2.1.).

### 2.1. Allgemeine Anforderungen an Indikatoren

Indikatoren sind systemisch verkoppelte und systemtheoretisch herleitbare An-Zeiger, An-Zeichen für etwas im Kontext einer Wahrnehmungs- und Interpretationsgemeinschaft. So ist die erhöhte Körpertemperatur - gemessen durch Handauflegen oder Thermometer - für einen Arzt u.U. Zeichen für ein bestimmtes Krankheitsbild, und er (oder der erfahrene Laie) wird aus seiner Diagnose heraus einen Therapievorschlagn machen, der das allgemein geteilte Leitbild der Gesundheit - aller Erfahrung nach - wieder herstellt. Indikatoren stehen also vorweg in einer mindestens fünfstelligen Relation:

1. Sie sind **Anzeichen**, fungieren als (quantitative oder qualitative) Zeigergrößen<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Das unterscheidet sie von Symbolen. Langer (1987) zufolge haben Zeichen eine willkürliche, vom Beobachter und der Kommunikationsgemeinschaft abhängige Beziehung zum Bezeichneten (z.B. Rauch als Zeichen für Feuer), während Symbole sich auf den Sinn des Bezeichneten beziehen (z.B. das Dreieck als Symbol der göttlichen Unendlichkeit).

2. Sie stehen *für etwas* außer ihnen, sie indizieren komplexere *Systemzustände (Diagnose)* und deren mögliche *Entwicklung (Prognose)*;
3. Sie dienen *jemandem* (einer Person oder einer Gemeinschaft) als Informations- und Deutungsgrundlage für den jeweiligen Systemzustand und seine Entwicklung.
4. Sie sind normalerweise Elemente eines weitergehende Prozesses, in dem es nicht nur um Monitoring, um die Beobachtung von tatsächlichen Systemzuständen geht, sondern sie dienen der Steuerung dieses Systems in eine bestimmte Richtung, auf einen *Zielzustand* hin, der meist vom Beobachter (mit)bestimmt bzw. festgelegt wird. Indikatoren haben von daher auch eine handlungsleitende, zuletzt also politische Funktion.
5. Indikatoren erfüllen schließlich - über die Funktion des wissenschaftlich gestützten Monitoring und der politischen Steuerungsunterstützung hinaus - noch eine öffentliche *Kommunikationsfunktion*. Sie sollten daher idealerweise auch noch leicht für die Allgemeinheit verständlich und in den alltäglichen, stark über Medien vermittelten, Wahrnehmungs- und Erfahrungskontext eingebunden sein. Zwischen den drei Zielfunktionen - wissenschaftlich, politisch, kommunizierbar - bestehen häufig Gegenläufigkeiten, so daß es zu Trade-Offs kommen wird und man einen sinnvollen Kompromiß zwischen ihnen anstreben muß.<sup>2</sup>

Daraus folgt, daß Indikatoren nur in einem bestimmten Verwendungskontext sinnvolle Instrumente sind, der mindestens die folgenden beiden Eigenschaften besitzt:

1. Die *Abbildungsrelation* zwischen Indikator und System muß bekannt sein; man muß wissen, was an einem System der Indikator mißt, damit er seine Anzeigefunktion wirklich übernehmen kann. Das setzt voraus, daß man zumindest über rudimentäre Kenntnisse des beobachteten Systems - seiner Elemente, Grenzen, funktionalen Beziehungen und bestimmter Grunddynamiken - verfügen muß. Ohne diese wie immer unvollständige *Systemkenntnis* sind Indikatoren nichts anderes als Anzeigergeräte, die womöglich sehr präzise funktionieren, deren Sinn und Bedeutung sich jedoch nicht erschließt. Indikatoren ohne Systemkenntnis sind blind.
2. Der *Deutungskontext* zwischen Indikator und Interpretationsgemeinschaft muß so beschaffen sein, daß zumindest ein rudimentärer *Konsens* (a) über die Abbildungsrelation, vor allem aber (b) über den *gewünschten* (bzw. nicht gewünschten) *Systemzustand* besteht. Dissens ist dabei nicht prinzipiell ausgeschlossen, aber er darf ein bestimmtes Maß nicht überschreiten. Ohne diesen zumindest minimalen konsensuellen Deutungskontext sind Indikatoren womöglich gute Anzeiger, die aber völlig offen lassen, in welche Richtung das System sich entwickeln soll und welche Maßnahmen dafür (bzw. dagegen) ergriffen werden müssen. Indikatoren ohne einen minimal konsensuellen Deutungskontext sind leer.

Diese generellen Grundanforderungen für Indikatorensysteme führt im Falle von Nachhaltigkeitsindikatoren zu besonderen Schwierigkeiten, da hier (1) die Abbildungsrelation ein sehr komplexes Gesamtsystem unter Einschluß zunächst heterogener und ihrerseits hoch aggregierter Faktoren aus den Bereichen Ökologie, Ökonomie, Gesellschaft und Politik betrifft. Ferner muß (2) mit Blick auf den Deutungskontext des Leitbilds

---

<sup>2</sup> Ein weiterer Aspekt betrifft die Frage der *Datenverfügbarkeit*. Indikatoren müssen mit Daten "bestückt" werden, die (a) von verlässlichen Quellen (z.B. dem Statistischen Bundesamt, dem Umweltbundesamt oder von seriösen Forschungseinrichtungen) erhoben werden, die (b) internationale Vergleichbarkeit zumindest in den Grundzügen gewährleisten und die (c) auch kontinuierlich erhoben werden (Zeitreihen). Dieser letzte Gesichtspunkt ergibt sich bereits aus der Monitoring-Funktion für Systemzustände, die sich ja im Zeitverlauf ändern.

"Nachhaltigkeit" festgestellt werden, daß hier kein gesellschaftlicher Konsens über den genauen Inhalt dieses Leitbilds besteht<sup>3</sup>.

Von daher kommt der wissenschaftlichen Debatte und Fortentwicklung des Nachhaltigkeitsleitbilds eine wichtige "Pionierfunktion" zu, die allerdings stärker in die umwelt- und entwicklungspolitische Diskussion sowie in die eher implizit und dezentral geführte gesamtgesellschaftliche Verständigung über Leitbilder überhaupt rückzubinden ist.

## **2.2. Zum Stand der nachhaltigkeitsrelevanten Indikatorenforschung**

Das Leitbild einer nachhaltigen Entwicklung (bisweilen auch als dauerhaft umweltgerechte oder zukunftsfähige Entwicklung bezeichnet) umschreibt einen langfristig tragfähigen Zielzustand der Mensch-Natur-Interaktion, der sowohl ökologische als auch ökonomische und soziale Unterziele miteinander verbindet. Um den Grad der Zielerreichung bzw. -verfehlung abschätzen oder gar messen zu können, sind Indikatoren erforderlich, die über nachhaltigkeitsrelevante Systemzustände und -entwicklungen informieren und dem politischen Prozeß i.w.S. als Grundlage dienen. Die Agenda 21 fordert in Kapitel 40 - neben der Etablierung einer umweltökonomischen Gesamtrechnung - die Entwicklung nationaler Indikatorensysteme zur Evaluierung der gesellschaftlichen Entwicklung im Hinblick auf das Nachhaltigkeitsziel. Die Arbeit der *Commission for Sustainable Development* (CSD), die solche Indikatorensysteme entwickelt und in einer Reihe von Testländern (darunter die Bundesrepublik Deutschland) erproben soll, ist hierbei in erster Linie zu nennen. Aber auch andere Institutionen und Forschungseinrichtungen (z.B. die OECD, das *Forum Umwelt & Entwicklung*, die in SCOPE zusammengeschlossenen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler oder das Statistische Bundesamt) haben Vorschläge für Indikatoren unterbreitet, die Nachhaltigkeit meßbar machen sollen (vgl. als Überblick Hartmuth 1998 und Moldan/Billharz/Matravers 1997).

Indikatorensysteme für die Umwelt-, Wirtschafts- und Sozialbeobachtung gibt es schon lange. Im Grunde ist jede Umwelt-, Wirtschafts- und Sozialpolitik auf Indikatoren angewiesen. Im *ökonomischen* Bereich ist das bekannteste Maß wirtschaftlicher Aktivität und wirtschaftspolitischen Erfolgs das Bruttosozialprodukt (BSP), die in Geldeinheiten gemessene Summe aller im Laufe eines Jahres in der Volkswirtschaft erzeugten bzw. bereitgestellten Waren und Dienstleistungen. Im Zuge der hauptsächlich ökologisch motivierten Kritik an der Aussagekraft des BSP als veritablem Wohlstandsmaß ist es zu einer Reihe von Alternativ- und Ergänzungsvorschlägen gekommen. Auf internationaler Ebene ist hier z.B. der *Human Development Index* (HDI) des *United Nations Development Programme* (UNDP) zu nennen, der zusätzlich zum Bruttosozialprodukt pro Kopf (allerdings nicht in Dollaräquivalenten, sondern in Kaufkraftäquivalenten berechnet) die Größen Bildungsniveau und Lebenserwartung zu einem aggregierten Indikator zusammenfaßt. Bekannt ist auch der *Index of Sustainable Economic Welfare* (ISEW), der das klassische BSP um ökologische Schadens- und Vermeidungskosten verringert. Seit ca. 1970 weist dieser Indikator für die Bundesrepublik Deutschland trotz steigender BSP-Werte eine Stagnation bzw. sogar ein leichtes Sinken auf (vgl. Diefenbacher/Habicht-Erenler 1991).

Im *ökologischen* Bereich weist die Bundesrepublik einen vergleichsweise hohen Stand der Umweltberichterstattung auf. Das Umweltbundesamt (UBA 1997a) z.B. veröffentlicht jährlich einen Bericht zum Zustand der Umwelt in Deutschland ("Daten zur Umwelt"), der rund 250 einzelne Meßgrößen bzw. Einzelindikatoren ausweist. Im Auftrag des UBA hat das *Fraunhofer-Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung* (Fh-ISI) ein Indikatorensystem mit 140 Einzelindikatoren vorgelegt, das die OECD-Vorschläge im nationalen Rahmen weiterentwickeln soll (Walz et al. 1996). Auch das Statistische Bundesamt hat in den letzten Jahren seine Umweltberichterstattung deutlich erweitert (vgl. Zieschank et al. 1993).

Im sozialen Bereich schließlich hat die sog. "Sozialindikatorenbewegung" (vgl. Habich/Noll 1994) dazu geführt, daß es zu einer institutionalisierten Dauerbeobachtung wichtiger sozialer Zustandsgrößen in der Bundesrepublik gekommen ist. Dazu rechnen empirische Sozialberichterstattungsprogramme wie der Wohlfahrtssurvey (ZUMA/WZB), der regelmäßig objektive Lebensbedingungen und subjektives Wohlbefinden in verschiedenen

---

<sup>3</sup> Dieser Konsens kann schon deshalb nicht bestehen, weil einer repräsentativen Studie im Auftrag des Umweltbundesamtes zufolge der Begriff der Nachhaltigen Entwicklung im Jahr 1998 nur rund 15% der deutschen Bevölkerung (eher im Westen als im Osten) bekannt war (Preisendörfer 1998).

Lebensbereichen abfragt oder die Allgemeine Bevölkerungsumfrage der Sozialwissenschaften (ALLBUS, durchgeführt vom ZUMA und vom Zentralarchiv für Empirische Sozialforschung), die auf Indikatoren zur Sozialstruktur, sozialen Beziehungen, Werten und Einstellungen sowie der Legitimität der sozialen und politischen Ordnung abzielt. Auch das Umweltbewußtsein und umweltrelevante Verhaltensweisen werden seit einiger Zeit regelmäßig abgefragt (vgl. als Überblick Kuckartz 1997, Preisendörfer 1998).

Die Teilbereiche des Nachhaltigkeitsziels - Ökologie, Ökonomie, Soziales (Institutionen) - werden also auch teilweise unabhängig von Sustainability-Diskurs mit Indikatorensystemen "bestückt". Die Frage ist nun, wie sich diese bereits vorhandenen Systeme in den Nachhaltigkeitsdiskurs *einfügen* und zu einer *Gesamtaussage* verknüpfen lassen. Eine mögliche Strategie besteht darin, die vorhandenen Systeme einfach zusammenzufassen und zu aggregieren. Dieses additive Verfahren ist aber mit einer Reihe von Schwierigkeiten und Nachteilen verbunden. Pointiert gesagt: Nachhaltigkeit ist mehr als die Summe ihrer Teilbereiche.<sup>4</sup>

Für den Bereich der Umweltindikatoren formuliert das der Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU) wie folgt:

*"Im Unterschied zu "reinen" Umweltindikatoren, die sich ausschließlich auf den Umweltaspekt der Nachhaltigkeit konzentrieren, sind "Nachhaltigkeitsindikatoren" weiter gefaßt; letztere sollen auch die sozialen, wirtschaftlichen und politisch-institutionellen Aspekte einer nachhaltigen Entwicklung berücksichtigen". Daraus wird gefolgert, daß "eine bloße Übernahme von Umweltindikatorensets (...) sicher nicht zielkonform" wäre. "Gleichwohl können vorhandene Umweltindikatorensysteme als Diskussionsgrundlage für die Aufnahme von geeigneten Umweltindikatoren in ein System von Nachhaltigkeitsindikatoren gelten." (SRU 1998 Tz. 147)*

Bestehende Indikatorensysteme weisen eine Reihe von Problemen auf, die ein einfaches Zusammenfügen zu "dem" Nachhaltigkeits-Indikatorensystem - von der ungelösten Schnittstellenproblematik einmal ganz abgesehen - als wenig sinnvollen Weg erscheinen lassen. Wiederum auf den Umweltbereich bezogen hat der SRU (1998: Tz. 231) folgende Defizite der bestehenden Indikatorensysteme festgehalten:

1. Mangelnde **Kohärenz** der Umweltdaten in Deutschland
2. Fehlender Konsens über eine ökologisch ausgerichtete **Raumgliederung** von Deutschland
3. Mangelnde Verfügbarkeit flächendeckender **Daten**
4. Mangelnde Informationen zur **Funktionalität** von Ökosystemen und Biodiversität
5. Ungenügende Identifizierungsmöglichkeiten von **künftigen** Gefährdungen (Frühwarnsysteme)

Insbesondere Punkt 4 ist bedenklich, da er letztlich darauf hindeutet, daß die Fundierung von Indikatoren in der Systemkenntnis des zu untersuchenden Bereichs mangelhaft ist. Walz et al. (1996) haben als eine der wenigen Vorschläge den Versuch unternommen, Umweltindikatoren durch den Rückgriff auf ökologische Argumentationen (Funktionszusammenhänge) zu begründen. Aber hier fehlt zum einen die Verknüpfung der Funktionsbereiche untereinander, zum zweiten die Verbindung zwischen anthropogener Verursachungs- und Auswirkungskomponente. Ferner ist das Problem der räumlichen Skala auch hier ungeklärt (meist werden bundesweite Werte angestrebt, für lokale Belastungen sind auch kleinere Maßstäbe vorgesehen).

Mit Blick auf die Komplexität des Nachhaltigkeitsleitbilds ist dies ein bedenklicher Zustand. Die drei "Säulen" der Nachhaltigkeit (Ökologie, Ökonomie, Soziales)<sup>5</sup> erhöhen die Anforderungen an Indikatoren für

---

<sup>4</sup> Man könnte z.B. den Lebensqualität-Atlas der Bundesrepublik (vgl. Korczak 1995) als Nachhaltigkeits-Atlas lesen: Es gehen Daten aus den Bereichen Umwelt, Wirtschaft und Soziales auf Landkreisebene ein, die gleichgewichtig zu einem Gesamtindex verknüpft werden. Allerdings fehlt auch hier eine systemtheoretische Fundierung, die die Wechselwirkungen (z.B. zwischen Wohlfahrtsniveau und Umweltbelastung) berücksichtigen würde.

<sup>5</sup> Die CSD unterscheidet noch den Bereich der "Institutionen" und zielt dabei auf Aspekte aus Wissenschaft und Politik. Wenn man von der "sozialen" Säule der Nachhaltigkeit als der dritten und letzten spricht, sollten diese Aspekte also eingeschlossen sein.

Nachhaltigkeit enorm. Es steht nicht zu erwarten, daß die aus diesen "Säulen" herleitbaren Ziele notwendig miteinander harmonieren. Vielmehr muß mit Ambivalenzen oder gar Zielkonkurrenzen gerechnet werden. Eine einfache Aggregation von Indikatoren aus verschiedenen Bereichen wird diesem Problem nicht gerecht. Gefordert ist vielmehr die Suche nach den funktionalen Ursachen für Konkurrenzen und die Unterscheidung zwischen akzeptablen und nicht-akzeptablen Bereichen, in denen die jeweiligen Einzelindikatoren divergieren dürfen.

Die *Commission on Sustainable Development* (CSD) hat selbst einen Indikatorvorschlag für den Landwirtschaftsbereich gemacht, der sich konzeptionell an das weithin akzeptierte OECD-Konzept *Pressure-State-Response* (PSR) anlehnt.

Tab 2.1: CSD-Indikatoren für Kapitel 14 der Agenda 21 (Förderung nachhaltiger Landwirtschaft und ländlicher Entwicklung)

Driving Force	State	Response
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Use of agricultural pesticides</li> <li>• Use of fertilizers</li> <li>• Irrigation percent of arable land</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Energy use in agriculture</li> <li>• Arable land per capita</li> <li>• Area affected by salinization and waterlogging</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agricultural education</li> </ul>

Dabei fällt zum einen die starke Entwicklungsländer-Lastigkeit des Sets auf, und zum zweiten die angesichts des Problembündels zu geringe Indikatorenzahl. Deren Verknüpfung wird überhaupt nicht diskutiert.

Zwei sehr wichtige Versuche, Nachhaltigkeit für Deutschland zu definieren und mit Indikatoren auch meßbar zu machen, stammen aus dem *Wuppertal-Institut für Klima, Umwelt und Energie* (BUND/Misereor 1996) und aus dem *Umweltbundesamt* (UBA 1998).

Die Studie des *Wuppertal-Instituts* operiert in ihrem analytischen Teil mit dem Konzept des *Umweltraums*, das im Rahmen einer Studie zu *Sustainable Netherlands* erstmals einem größeren Publikum bekannt wurde. Analog zum Vorgehen in der Klimadiskussion wird dabei ein an den Systemgrenzen der Erde orientierter tolerabler Eintrag von Schadstoffen bzw. von Naturnutzungen (Quellen und Senkenkapazität) vorgegeben. Dieser globale Grenzwert wird dann auf die Weltbevölkerung in gleichen Anteilen pro Kopf verteilt. Dieses Vorgehen wird mit dem Verweis auf den Gerechtigkeitsgedanken des Nachhaltigkeitskonzepts legitimiert. Anschließend werden die sich daraus herleitenden Nutzungskontingente für eine ganze Nation aggregiert. Diese werden dann mit den tatsächlichen Verbräuchen bzw. Emissionen verglichen. Aus der positiven oder negativen Differenz beider Werte ergeben sich schließlich zulässige Zuwachs- oder notwendige Reduktionskorridore (Horizont: 2020).

Die Studie fordert teilweise drastische Reduktionen für Deutschland und hat nicht zuletzt deshalb eine heftige Debatte ausgelöst. Im prospektiven Teil werden Leitbilder eines zukunftsfähigen Lebensstils und Konsums entwickelt (z.B. "Gut leben statt viel haben"), deren sozialwissenschaftliche Unterfütterung ebenfalls zu heftigen Diskussionen führte (Brand 1997). Die Ermittlung des Umweltraums wird von verschiedenen Seiten ebenfalls in Zweifel gezogen. Gleichwohl kommt der Studie das Verdienst zu, die Debatte über Nachhaltigkeit in Deutschland stark intensiviert zu haben und auch die Kritiker zu verbesserten Alternativvorschlägen zu zwingen.

Das *Umweltbundesamt* versucht in seiner im Juni 1997 veröffentlichten Zukunftsstudie "Nachhaltiges Deutschland - Wege zu einer dauerhaft umweltgerechten Entwicklung" zu zeigen, wie das Ziel der Nachhaltigkeit in Deutschland erreicht werden könnte. Vier zentrale Bereiche wurden dabei untersucht:

- Energienutzung
- Mobilität
- Nahrungsmittelproduktion
- Textilien

Auch das heutige Konsumverhalten wurde übergreifend unter dem Aspekt der Nachhaltigkeit analysiert.



Für die Prüfung der vier Bedürfnisfelder auf ihre Nachhaltigkeit wurden mit Blick auf das Jahr 2010 drei verschiedene Szenarien - nicht Prognosen - entworfen:

- Ein Status quo-Szenario mit einer Fortschreibung der gegenwärtigen Trends.
- Ein Effizienz-Szenario mit der Vorgabe einer deutlichen Verbesserung der technischen Effizienz von Produkten und Produktionsverfahren. Gesellschaftliche, rechtliche und wirtschaftliche Rahmenbedingungen bleiben unverändert.
- Ein Struktur- und Bewußtseinswandel-Szenario mit der Annahme veränderter gesellschaftlicher Rahmenbedingungen.

Fazit: Die Verbesserung der technischen Effizienz allein wird nicht ausreichen, um in den untersuchten Bereichen eine dauerhaft umweltgerechte Entwicklung bis zum Jahr 2010 zu ermöglichen. Vielmehr müssen auch die individuellen Lebensstile und die politischen Vorgaben wie das bestehende öffentliche Finanz- und Planungssystem verändert werden.

Für den Bereich einer nachhaltigen Nahrungsmittelproduktion wird eine umweltgerechte Weiterentwicklung der europäischen und nationalen Agrarpolitik im Sinne einer konsequenten Agrar-Umweltpolitik vorgeschlagen. Konkrete Schritte dazu sind unter anderem

- die artgerechte und flächengebundene Tierhaltung und damit einhergehend der Abbau der Futtermittelimporte,
- die Ausweitung des ökologischen Landbaus als umweltverträglichster Bewirtschaftungsart,
- die Begrenzung des Einsatzes von Düngemitteln auf ökologisch tolerierbare Überschüsse von Phosphat und Stickstoff,
- die Verringerung der Umweltbelastungen durch den meist weiträumige Transport von Nahrungsmitteln,
- eine enge Koppelung von Pflanzen- und Tierproduktion mit geschlossenen Stoffkreisläufen.

Sowohl die Wuppertal-Studie als auch die des Umweltbundesamtes gehen auf der analytischen Ebene aber nicht stark in die Tiefe. Die Verknüpfungproblematik der jeweils herangezogenen Indikatoren wird nicht gelöst, die Fundierung im Systemverständnis des dynamischen Gefüges von Ursachen und Wirkungen wird nicht sehr weit getrieben, und die Indikatorenbildung selbst bleibt auf nationaler Disaggregationsebene stehen. Insgesamt ist daher ein Versuch der Bildung von Nachhaltigkeitsindikatoren auf der Grundlage eines transdisziplinären Systemverständnisses der für Deutschland charakteristischen Mensch-Umwelt-Wechselwirkungen in geographisch expliziter Form als klares Forschungsdesiderat anzusehen (vgl. Lass/Reusswig 1998, Reusswig 1998). Der SRU fordert zusammenfassend:

"Umweltindikatoren stellen nur dann ein geeignetes Instrument zur Beurteilung der Umweltentwicklung dar, wenn sie die Komplexität ökologischer Wirkungsmechanismen berücksichtigen und darüber hinaus als auf ein Referenzsystem bezogene Werte entwickelt werden. Ein solches Referenzsystem ist aus dem Leitbild der dauerhaft umweltgerechten Entwicklung ableitbar. Umweltindikatoren, die der Forderung nach dauerhaft umweltgerechter Entwicklung entsprechen, müssen sich an der Leistungsfähigkeit von Ökosystemen orientieren; sie müssen den Grad der stofflichen und nichtstofflichen Belastung beschreiben. Wegen der hohen Komplexität sollte bei der Bildung von Umweltindikatoren eine möglichst große Transparenz und Verständlichkeit angestrebt werden." (SRU 1998: Tz. 43)

Das im folgenden kurz vorgestellte Syndrom-Konzept ist ein Versuch, diesen Anforderungen gerecht zu werden. Es zielt besonders auf die Verknüpfung der Indikatorenbildung mit der transdisziplinären Analyse komplexer Systeme (Problem der Interlinkages), mit der Frage des Nachhaltigkeitsleitbilds (Zieldiskussion) sowie mit den Problemkreisen der Verständlichkeit und Politikorientierung.

### **2.3. Syndrome und Nachhaltigkeitsindikatoren**

Ein interessanter neuer Ansatz zur Erdsystemanalyse mit großer Bedeutung für die Indikatorendiskussion wird seit einiger Zeit - angeregt vom *Wissenschaftlichen Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen*

(WBGU) - von einer interdisziplinär besetzten Arbeitsgruppe des *Potsdam-Instituts für Klimafolgenforschung* (PIK) ausgearbeitet.<sup>6</sup> Focus des sog. Syndrom-Ansatzes ist es, Globale Umweltveränderungen nebst ihren gesellschaftlichen Antriebskräften und sozialen und ökologischen Folgen auf einem hochaggregierten Niveau zu beschreiben und zu modellieren, gleichzeitig aber (unter Verwendung von GIS) in ihren regionalen Ausprägungen faßbar werden zu lassen. Dadurch wird eine mittlere Stellung zwischen den natur- und systemwissenschaftlich dominierten "kulturlosen Weltmodellen" einerseits und den sozialwissenschaftlich und geographisch ausgerichteten "kontextlosen Fallstudien" andererseits angestrebt. Die Vorteile beider Zugangsweisen sollen genutzt, ihre Nachteile vermieden werden.

Um die nötige Informationsvielfalt aus den beteiligten Einzeldisziplinen verfügbar zu halten, ohne zugleich allzu tief in die bekannten interdisziplinären Kommunikationsprobleme (vgl. Fränze/Daschkeit 1996) zu geraten, verwendet der Ansatz sog. "*Trends*" oder "*Symptome*" des Globalen Wandels als Basisvokabular. Die Liste dieser Zustandsveränderungen des Erdsystems aus allen seinen Sphären (Biosphäre, Pedosphäre, Technosphäre, Wirtschaftssphäre etc.) umfaßt derzeit ca. 80 Einträge, darunter z.B.:

- Verstärkter Treibhauseffekt
- Verlust von Biodiversität
- Bevölkerungswachstum
- Bodenerosion
- Ausbreitung westlicher Konsum- und Lebensstile
- Verarmung
- Wachsendes Technologierisiko
- Zunehmender Verbrauch von Rohstoffen und Energien

---

<sup>6</sup> In den Jahresgutachten des WBGU (besonders 1994, 1995, 1997 und 1998) sind konkrete Ergebnisse dieses Ansatzes nachzulesen. Ferner sei als Überblick auf PETSCHHEL-HELD et al. (1998) sowie SCHELLNHUBER et al. (1997) verwiesen.

Tab. 2.2: Hauptsyndrome Globaler Umweltveränderungen

<b>Syndrombezeichnung</b>	<b>Kurzcharakterisierung</b>
<b>Sahel</b>	Überbeanspruchung einer marginalen reproduktionsnotwendigen Ressourcenbasis
<b>Raubbau</b>	Konversion bzw. Übernutzung von Wäldern und anderen Ökosystemen
<b>Landflucht</b>	Umweltdegradation durch Preisgabe traditioneller Landnutzungsformen
<b>Katanga</b>	Umweltdegradation durch Abbau nicht-erneuerbarer Ressourcen
<b>Dust Bowl</b>	Nicht-nachhaltige industrielle Bewirtschaftung von Böden und Gewässern
<b>Aralsee</b>	Umweltschädigung durch zielgerichtete Naturraumgestaltung im Rahmen von Großprojekten
<b>Kleine Tiger</b>	Vernachlässigung ökologischer Standards im Zuge hochdynamischen Wirtschaftswachstums
<b>Favela</b>	Umweltdegradation durch unregelmäßige Urbanisierung
<b>Suburbia</b>	Landschaftsschädigung durch geplante Expansion von Stadt- und Infrastrukturen
<b>Grüne Revolution</b>	Umweltdegradation durch Verbreitung standortfremder landwirtschaftlicher Produktionsverfahren
<b>Massentourismus</b>	Erschließung und Schädigung von Naturräumen für Erholungs- und Erlebnisziecke
<b>Müllkippe</b>	Umweltverbrauch durch geregelte und unregelmäßige Deponierung zivilisatorischer Abfälle
<b>Hoher Schornstein</b>	Umweltbelastung durch weiträumige diffuse Verteilung von meist langlebigen Wirkstoffen
<b>Altlasten</b>	Lokale Kontamination von Umweltschutzgütern an vorwiegend industriellen Produktionsstandorten
<b>Havarie</b>	Singuläre anthropogene Umweltkatastrophen mit längerfristigen Auswirkungen
<b>Verbrannte Erde</b>	Umweltdegradation durch militärische Nutzung

Für diese Trends müssen Indikatoren gefunden werden. Erst in ihrer Kombination aber ergeben sie eine Gesamtaussage für den Trend. Ein Trend ist damit ein Index, der auf der systematischen (z.B. expertengestützten) Kombination einer Schar von Indikatoren basiert, die ihrerseits auf Daten aus weltweit verfügbaren Informationsquellen (z.B. Weltbank, World Resources Institute, Statistisches Bundesamt etc.) beruhen.

Die Trends beschreiben zwar in ihrer Gesamtheit den Globalen Wandel, tun dies aber nicht in gleichem Maße und nicht gleichzeitig. Die "Master - Thesis" des Ansatzes besagt vielmehr, daß sich Globale Umweltveränderungen in charakteristische *Muster* von Trends und ihrer kausalen Verknüpfung zerlegen lassen. Diese typischen Verknüpfungsformen von Trends bilden die sog. *Syndrome* des Globalen Wandels (Tab. 2.2).

Sie lassen sich als Muster nicht-nachhaltiger Mensch-Natur-Interaktionen interpretieren, die in jeweils verschiedenen Weltregionen auftreten (möglicherweise auch mehrere in einer Region gleichzeitig). Zum Teil wurden Benennungen gewählt, die auf prominente Regionen der Welt hinweisen, in denen sie aufgetreten sind (z.B. Sahel-Syndrom), oder auf herausragende Ereignisse, die mit dem Syndrom in Verbindung stehen (Dust-Bowl-Syndrom). Die Beziehungsgeflechte der einzelnen Syndrome werden in einem iterativen Prozeß aus Fallstudienauswertung, Expertenbefragung und qualitativer Modellierung generiert.

Die Syndromanalyse verfährt - idealtypisch gesprochen - in acht Schritten, die den iterativen Charakter des Verfahrens deutlich werden lassen:

**Kausalmusterhypothese:** Zunächst muß das spezifische Kausalmuster (global relevante Trends und deren Wechselwirkungen) des Syndroms identifiziert werden. Dies geschieht auf der Basis von intuitiven Ausgangsvermutungen über die Auswertung von Expertenwissen, Datenbanken und Modellergebnissen und führt zu einer vorläufigen Formulierung des Beziehungsgeflechts.

1. **Modellierung der Syndromdynamik:** Ausgehend von dem detaillierten Beziehungsmuster des Syndroms wird der "kybernetische Kern" des Beziehungsgeflechtes identifiziert, d.h. die Größen, die in ihrem Zusammenwirken hauptsächlich für die interne Dynamik des Syndroms verantwortlich sind. Dieser kybernetische Kern sieht dann oft etwas einfacher aus als das ursprüngliche, "semantische" Beziehungsgeflecht, da hier Größen aggregiert werden können, die für die dynamische Entwicklung dieselbe Rolle spielen. Diese aggregierten Größen sind jedoch durch das Beziehungsgeflecht sauber an die detaillierte Interpretation angekoppelt. Das kybernetische Modell wird die Antriebskräfte für Zustandsänderungen etwas allgemeiner berücksichtigen als dies im Beziehungsgeflecht der Fall ist. Das bedeutet u.a., daß neben ausdrücklich syndromtypischen Verläufen auch solche auftreten können, in denen sich die negativen Folgen abschwächen - etwa durch das günstige Zusammenwirken verstärkender und abschwächender Wechselwirkungen, was die Identifizierung von Politikoptionen zum "Umsteuern" derzeit kritischer Verläufe ermöglicht. Es können also neben kritischen Entwicklungsphasen auch mögliche Nachhaltigkeitspfade identifiziert werden (siehe als Beispiel Petschel-Held et al., 1999). Das Modellierungsmittel der Wahl sind dabei derzeit Qualitative Differentialgleichungen (QDEs - vgl. Kap. 4).
2. **Dispositionsanalyse:** Für diese Ausgangsversion ist eine räumliche Bestimmung des möglichen Auftretens auf der Basis (a) von Kausalhypothesen und (b) von Daten und sonstigen Informationen (z.B. Modellergebnissen) über die relevanten Aspekte des Erdsystems anzugeben.
3. **Indikatorenbildung:** Für alle wichtigen Trends des Beziehungsgeflechtes sowie deren Wechselwirkungen muß ein datenorientiertes System von Indikatoren gefunden werden, das die Systemdynamik abzubilden erlaubt.
4. **Intensitätsmessung:** Das als Arbeitshypothese vorliegende allgemeine Beziehungsgeflecht muß - auf der Grundlage der Indikatoren - mit Daten aus weltweiten Datensätzen versehen werden. Der Grad der Übereinstimmung der Daten mit den angenommenen Wechselwirkungen gibt die Intensität des Syndroms an.
5. **Fallstudienvergleich:** Neben der Intensitätsmessung gibt es einen weiteren Validierungsschritt. Er besteht darin, daß die in Schritt (2) - also der Modellierung der Dynamik - ermittelten möglichen Syndromdynamiken mit tatsächlich beobachteten Zeitverläufen, wie sie meist in problemspezifischen Fallstudien vorliegen - verglichen werden.
6. **Korrektur des Beziehungsgeflechtes:** Im Zuge des Vergleichs mit der "Realität" ergeben sich Änderungen sowohl auf der Ebene der als relevant erachteten Trends als auch auf der Ebene ihrer Verknüpfung. Dies führt zu einer neuen Hypothese über den Basismechanismus des Syndroms.
7. **Politikberatung:** Aus dem jeweils letzten Stand der Musteranalyse (Beziehungsgeflecht und Syndromdynamik) werden Handlungsempfehlungen angeleitet, die geeignet erscheinen, die Syndromentwicklung - und damit eine Teilkomponente von Nicht-Nachhaltigkeit - zu dämpfen.

Für die Indikatorenbildung im Nachhaltigkeitsbereich ist der Syndrom-Ansatz in fünf Hinsichten bedeutsam:

1. Der Syndromansatz ist von vornherein auf das **Leitbild der Nachhaltigkeit** orientiert - im Sinne der Identifizierung und Vermeidung nicht-nachhaltiger Subdynamiken des Erdsystems. Er transzendiert von daher *a priori* die Ebene einer rein sektoralen Betrachtung und Indizierung (also z.B. nur ökologische Indikatoren)

und zielt auf spezifisch nachhaltigkeitsrelevante, d.h. Ökologie, Ökonomie und Soziales verknüpfende Indikatorensysteme.

2. Da der Schwerpunkt auf der Analyse und (schwachen) Prognose von Formen, Praktiken und Folgewirkungen der nicht-nachhaltiger Naturnutzungen durch soziale Akteure und Systeme liegt, ist der Ansatz durch eine *starke systemanalytische Komponente* gekennzeichnet, die vielen sonstigen Indikatorsystemen abgeht. Insbesondere interessieren die *funktionalen Zusammenhänge* zwischen Bereichen und Trends, die häufig unterbelichtet bleiben. Im Rahmen des Syndromansatzes können also **systemanalytisch gestützte Indikatoreauswahlen** getroffen werden, was das Problem der Interlinkages berührt. Die häufig geforderte Informationsverdichtung läuft nicht über die einfache Aggregation von Indikatoren, sondern über die funktionale Verknüpfung der Systemzustände, für die sie stehen.
3. Die Messung von Syndromintensitäten läuft über die *Kombination, Verschneidung* und *Gewichtung* von Trends und Trendinteraktionen zur Identifikation des dynamischen Systemzustands als Element des Resultats der qualitativen Modellierung. Das Mittel der Wahl dafür ist die *Fuzzy-Logic-Methodik*. Von daher kommen Indikatoren nicht isoliert, sondern nur kombiniert, systemisch verknüpft und mit Blick auf relevante Systemgrenzen in Betracht. Sie stützen sich auf Expertenwissen und versuchen, sog. "Leitplanken" oder "*habitable zones*" der Ko-Evolution von Mensch und Natur zu definieren. Syndrome können als problemorientierte, sektorenübergreifende **Systeme von Nicht-Nachhaltigkeitsindikatoren** verstanden werden - ein Aspekt, der in den herkömmlichen Indikatorsystemen ebenfalls häufig vernachlässigt wird.
4. Durch die enge Verbindung von *datengestützter Syndromanalyse* und *modellgestützter dynamischer Syndromsimulation* können tatsächliche Syndromverläufe als Auswahl aus systemisch *möglichen* Verläufen interpretiert werden. Aufgrund avancierter Techniken der Computersimulation auf der Basis qualitativer Systemzustandsinformationen (z.B. QSIM, s.u.) können ganze Scharen von Realisierungen der identifizierten Zustands- (und damit: Indikator-) Verknüpfungen analysiert und vor dem Hintergrund des Nachhaltigkeitsleitbilds interpretiert werden. Das verbessert das **Systemverständnis** und erleichtert die **Generierung von Handlungswissen**.
5. Syndrome dienen u.a. einer schwachen Form der *Prognose*. Es soll (a) ermittelt werden, in welchen Regionen der Welt aktuell ein Syndrom aufgrund gewisser natur- und sozialräumlicher Dispositionen auftreten kann, und es soll (b) durch die dynamische Modellierung (und Szenariobildung) herausgefunden werden, wie sich die Intensität bestimmter Syndrome im Falle von "business-as-usual"-Strategien zukünftig entwickeln wird. Auch die Beurteilung kritischer Systemzustände (im Sinne des Übergangs zu definitiv irreversibel nicht-nachhaltigen Systemverläufen) ist dadurch möglich. Das erhöht die **Handlungs- bzw. Politikrelevanz** der syndromanalytisch gestützten Indikatorenbildung nicht unerheblich.

Indikatorenbildung ist also nur eine Stufe der Syndromanalyse und -modellierung. Sie dient zuletzt der Bestimmung von *Korridoren einer Nachhaltigen Entwicklung*, deren notwendige Bedingung in der Abwesenheit von Syndromintensitäten einer gewissen Stufe besteht ("Leitplankenkonzept"). Die Frage bleibt, ob und wie dieser global orientierte Ansatz für eine kleinere Region wie Deutschland operationalisiert werden kann.

### 3. Das DUST-BOWL Syndrom und seine Ausprägung für Deutschland

Als exemplarisch für die Untersuchung der Machbarkeit systemarer Nachhaltigkeitsindikatoren für Deutschland wurde ein bedeutsames Syndrom - das Dust-Bowl-Syndrom - ausgewählt. Seine allgemeinen Charakteristika sowie die Spezifizierung für die Situation der deutschen Landwirtschaft werden in diesem Abschnitt erläutert.

Generell muß dabei beachtet werden, daß der hier vorgestellte Ansatz auf negative i.S. nicht-nachhaltiger Entwicklungen in den drei relevanten Dimensionen abstellt. Daher auch der der Medizin frei entlehnte Ausdruck "Syndrom", der auf ein typisches Krankheitsmuster zielt. Mit dieser Beschreibung ist nicht intendiert, alle Formen der intensiven Landwirtschaft als prinzipiell nicht-nachhaltig zu stigmatisieren. Es geht vielmehr allein um die Focussierung negativer Folgewirkungen einer an sich positiven und notwendigen menschlichen Aktivität: der Bewirtschaftung erneuerbarer und nicht-erneuerbarer natürlicher Ressourcen zum Zwecke der Ernährungssicherung und anderer an die Landwirtschaft gekoppelter Ziele. Hierbei ist auch an die ökologisch positiven Funktionen landwirtschaftlicher Aktivitäten zu erinnern: Pflege der Schutz- und Filterfunktion von Wasser, Luft und Böden, Pflege und Erhalt der Kulturlandschaft, Erhalt des ländlichen Lebensraums in seiner

sozialen und wirtschaftlichen Funktion, Schaffung und Unterhaltung der Freizeit- und Erholungsfunktion des ländlichen Raums.

Ein Syndrom könnte auch als die typischerweise auftretende Zusammenballung nicht-intendierter Folgen intentionalen Handelns interpretiert werden. Der Übergang zu einer nachhaltigeren Entwicklung im Agrarbereich, zu dem das Konzept letztlich beitragen möchte, wäre dann als Rückgewinnung von agrarischer Zukunfts- und Handlungsfähigkeit auf der Basis einer expliziten Berücksichtigung der Nebenfolgen und Systemgrenzen (oder "Leitplanken") zu verstehen.

### **3.1. Das DUST BOWL Syndrom als globales Muster nicht-nachhaltiger Agrarressourcenbewirtschaftung**

Die ursprüngliche Intention des Syndromansatzes zielte auf die Zerlegung der vielfältigen Phänomenologie des Globalen Wandels in einen überschaubaren Satz von weltweit auftretenden Mustern. Es war von vornherein klar, daß ein globales Muster - verstanden als kybernetisch implementierbares Beziehungsgeflecht von Trends globaler Relevanz - nicht an *jedem* Ort der Erde, für den es angenommen und detektiert werden kann, in exakt der gleichen Weise als Beschreibung auch zutrifft. Die natürlichen und sozialräumlichen Gegebenheiten des Erdsystems sind vielfältig genug, um jede Form generalisierender Beschreibung bei hinreichend detaillierten Validierungskriterien zu desavouieren. Aber solche Validierungskriterien *müssen* nicht notwendigerweise so detailliert werden, daß Generalisierung unmöglich wird. Sie können vielmehr, und das ist der harte Kern des Konzepts, selber so allgemein gehalten werden, daß sie ein Beschreibungssystem zu überprüfen erlauben, das **regionale Besonderheiten in der Sprache globaler Funktionsgefüge charakterisiert**. Anders gesagt: Der Ansatz geht nicht davon aus, daß ein Geflecht von Wechselwirkungen zwischen 10, 20 oder 30 Trends eine *deskriptiv* hinreichende Analyse regional vorhandener Mensch-Natur-Interaktionen darstellt, wohl aber davon, daß damit *erdsystemanalytisch* hinreichend viel über die Region gesagt ist.<sup>7</sup>

Diese generelle Annahme gilt auch für das **DUST-BOWL Syndrom (DBS)**. Darauf deutet bereits die Namensgebung. Bekanntlich ist "Dust Bowl" die Bezeichnung einer Region im mittleren Westen der USA zu Beginn der dreißiger Jahre, als es - nach einer Phase stark intensivierter menschlicher Nutzung durch mechanisierte Landwirtschaft - bedingt durch Wetterextreme zu starken Winderosionsprozessen kam (vgl. Goudie 1990). Das gleichnamige Syndrom zielt nun *nicht* darauf, genau diesen Ablauf zu rekonstruieren und nach Evidenzen für ähnliche Phänomenkonstellationen zu suchen. Das würde die globale Aussagekraft des DBS deutlich heruntersetzen. Ziel ist es vielmehr, durch Prozesse der *Verallgemeinerung*, der *Analogiebildung* sowie der *Respezifizierung* zu einem Ursache-Wirkungsgefüge zu kommen, das als **typisch** gelten kann für die negativen natur- und sozialräumlichen Konsequenzen einer modernen (i.S. von industrialisierten und intensiv betriebenen), ihren Nebenwirkungen gegenüber zunächst weitgehend unsensiblen Landwirtschaft.

Ein solches Muster der sozial-ökologisch bedenklichen "Verschaltung" von Mensch und Natur nun findet sich in der Tat nicht nur in den USA der dreißiger Jahre, sondern auch in anderen Weltregionen und zu anderen Zeiten.<sup>8</sup> Überall dort, wo der Mensch zu Zwecken der Nahrungs- und Nutzmittelproduktion (*food, feed & fibre*) seine Agrikultur so umgestaltet, daß signifikant höhere Erträge durch den systematischen - sei es auf der Basis markt- oder auf der Basis staatswirtschaftlicher Mechanismen und Institutionen - Einsatz von ertragssteigernden Vorprodukten und Arbeitsformen - also im Zuge von Mechanisierung, Chemisierung und anderer Formen der Erhöhung der Arbeitsproduktivität im Landwirtschaftssektor - erwartet werden können, ist die *Möglichkeit* des Auftretens dieses Syndroms gegeben. Da der Begriff *Syndrom* auf eine am Leitbild der Nachhaltigkeit gemessen

---

<sup>7</sup> Zum Konzept der Erdsystemanalyse und den Konsequenzen, die sich daraus für das Nachhaltigkeitsleitbild ergeben, vgl. Schellnhuber/Wenzel 1998.

<sup>8</sup> Die Zeitubiquität eines Syndroms ist geringer als die Raumubiquität, weil es geschichtlichen Wandel gibt, der syndromspezifische Grenzen der Übertragbarkeit festlegt, während die räumliche Übertragbarkeit aufgrund der systemischen (teilweise auch: sozio-ökonomischen) Interkonnektivität der Welt zumindest im Prinzip immer gegeben ist. Das DBS kann also heute im Prinzip überall auf der Welt auftreten, während es aus historischen Gründen nicht vor der Herausbildung industriegesellschaftlicher Basisvoraussetzungen für Intensivierung (Mechanisierung, Chemisierung, in jüngster Zeit auch Gen- und Biotechnologie) möglich war.

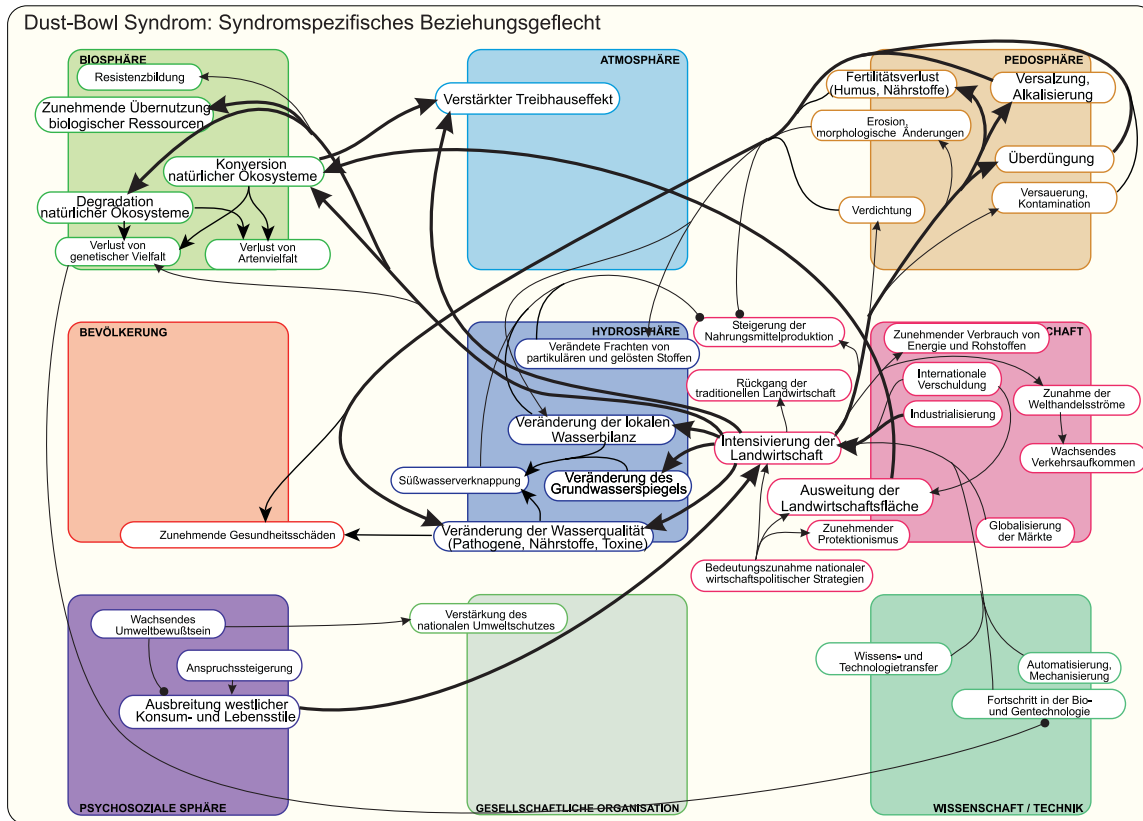
*unerwünschte* Teilentwicklung der globalen Mensch-Natur-Interaktionen zielt, wird man aber nur dann von der *Wirklichkeit* eines syndromaren Prozesses sprechen dürfen, wenn diese spezifisch moderne Form der Intensivlandwirtschaft auch negative natur- und sozialräumliche *Folgewirkungen* hat. Im Fall des historischen DBS in den USA waren dies im wesentlichen Winderosion und die Verarmung vieler Farmer. Bei dieser Folgeausprägung muß es aber keineswegs bleiben. Unter anderen klimatischen Umständen beispielsweise hätte es auch zum völligen Unterbleiben von Winderosion bei gleichzeitigem Auftreten von Wassererosionsprozesse kommen können. In der Tat stellt Wassererosion auch eine bedeutende globale Problemlage dar, die teilweise auf das Wirken des DBS-Mechanismus zurückzuführen ist (vgl. WBGU 1994).

Eine weitere Komponente des DBS ist mit der *Chemisierung* der Landwirtschaft gegeben. Die Möglichkeiten dafür stehen seit Liebig's Agrikulturchemie und der industriellen Erzeugung von Düngemitteln im Prinzip bereit. Die Fortschritte in der organischen Chemie und in der Pflanzenphysiologie haben darüberhinaus den Einsatz von Pflanzenschutzmitteln ermöglicht. Beide Teilaspekte der Chemisierungskomponente - künstliche (z.B. mineralische) Düngung und chemischer Pflanzenschutz - haben, zumindest auf kurze Sicht, die landwirtschaftlichen Erträge deutlich gesteigert. Diese angesichts der noch immer andauernden Unterernährung großer Teile der Weltbevölkerung begrüßenswerte Entwicklung hatte freilich ihren Preis: durch den flächendeckenden Einsatz von standortfremd erzeugten Düngemitteln verändert der Mensch die Stoffkreisläufe der Natur (z.B. den Stickstoffkreislauf) massiv und ändert dadurch die Parameter für Ökosysteme und die darin lebenden Organismen und Populationen. Und durch die künstlich angeregte Selektion, die artspezifisch wirkende Gifte im Naturhaushalt bewirken, verarmt das Artenspektrum und verändern sich Habitate - eine Entwicklung, die von Rachel Carson in ihrem berühmten Buch *Silent Spring* von 1962 erstmals einem größeren Publikum bekannt gemacht wurde. Zudem geraten Landwirtschaftsbetriebe, die am Markt (oder unter den Bedingungen politisch reglementierter Märkte) konkurrieren müssen, unter Anschlußzwänge und in Abhängigkeiten vom agro-industriellen Komplex.

Auf der sozialen und ökonomischen Seite des Beziehungsgeflechts sind direkte Antriebskräfte (*driving forces*) von indirekt wirkenden, meist strukturellen Ursachen (*underlying causes*) zu unterscheiden. Als direkte Antriebskraft kann dabei der Prozeß der Intensivierung der Agrarproduktion durch den erhöhten Einsatz von meist industriell gefertigter und zugekaufter Produktionsfaktoren wie Saatgut, Maschinen, Dünger, Pflanzenschutzmittel oder die Rationalisierung und Modernisierung von Betriebsablauf und -organisation. Diese direkt produktivitätssteigernden Maßnahmen auf einzelbetrieblicher Ebene erfolgen allerdings in einem sozio-ökonomischen und politischen Kontext, der Anreize setzt und Reglementierungen auflegt. So beeinflusst das politisch mehr oder weniger stark regulierte Preisgefüge für Agrarprodukte die Anbaustruktur sehr stark, und gesetzliche Auflagen (z.B. im Bereich des Naturschutzes) restringieren die einzelbetriebliche Entscheidungsfreiheit. Die qualitative und quantitative Entwicklung der Nachfrage nach Landwirtschaftsprodukten hat ebenso einen - mittelbaren - Einfluß auf konkrete Landnutzungsentscheidungen wie die Entwicklung des Weltmarktes und der internationalen Agrarhandelsabkommen.

Alle diese Faktoren sollten in der ersten Version des DBS-Beziehungsgeflechts berücksichtigt werden, um zu einem realistischen und indikationsfähigen Modell der Intensivlandwirtschaft weltweit zu kommen. Dabei ist klar, daß ein solches Modell nicht alle regionalen Ausprägungen berücksichtigen kann, sondern sich auf die wesentlichen Aspekte beschränken muß. So ist es nicht erforderlich, die konkrete Form der Intensivierung - ob nun eher auf der Ebene der Mechanisierung, der Chemisierung oder der Organisation - genau abzubilden. Vielmehr genügt es auf globaler Ebene, funktional äquivalente Trends (und entsprechende Indikatoren) zu berücksichtigen. Auch die politischen und sozio-ökonomischen Antriebskräfte müssen nicht genau abgebildet werden, zumal der Grad der politischen Reglementierung (z.B. durch Agrarsubventionen) bei den vom DSS betroffenen Regionen sehr unterschiedlich ist (vgl. etwa Australien mit der EU oder Japan). Unter diesen Voraussetzungen kommt man für die Intensivlandwirtschaft weltweit zu folgendem Beziehungsgeflecht:

Abbildung 3.1 Globales DBS-Beziehungsgeflecht aus WBGU 1998



Der **Schlüsseltrend** dabei ist die *Intensivierung der Landwirtschaft* als Oberbegriff für produktivitätssteigernde Maßnahmen (Zunahme von Arbeits- und/oder Kapitalinput pro Fläche) in Pflanzen- und Tierproduktion. Angetrieben wird dieser globale Trend zum einen durch die *Ausbreitung westlicher Konsum- und Lebensstile*, die ein quantitatives Wachstum der Nachfrage nach Agrarprodukten - insbesondere nach Nahrungsmitteln - sowie eine qualitative Verschiebung hin zu "höherwertigen" Produkten (z.B. Erhöhung des Fleischanteils auf Kosten von Gemüse und Getreideprodukten) nach sich zieht. Das Beispiel des bevölkerungsreichsten Landes der Erde - der Volksrepublik China - möge hier genügen:

Tab. 3.1: Einkommen und Fleischverbrauch in der Volksrepublik China

Einkommen und Verbrauch	1980	1989	1995
Einkommen pro Kopf in US \$	280	400	602
Pro - Kopf - Verbrauch Fleisch insg. ( kg )	13,6	22,4	38,8
- Rind ( kg )	0,3	0,9	3,2
- Geflügel ( kg )	1,9	2,7	6,3
- Schwein ( kg )	11,4	18,8	29,3

Quelle: Delgado et al. 1999

Auch wenn ein Teil dieses globalen Trends auf länder- bzw. kulturspezifische Prozesse (z.B. nationale oder kulturendogene Ernährungsleitbilder, die hohen Fleischkonsum mit hohem sozialen Status assoziieren) zurückzuführen ist, ist doch auch klar, daß hierbei der Ausbreitung genuin westlicher Konsum- und Lebensstile - z.B. durch Medien, Tourismus, Welthandel - eine zumindest verstärkende Rolle spielt. Als weltweite Faustregel kann gelten, daß der Anstieg der Pro-Kopf-Einkommen mit einem wachsenden Fleischkonsum einher geht. Und da bei der Umsetzung von pflanzlicher in tierische Energie (*feed to food*) große Verluste zu verzeichnen sind, wächst die Flächeninanspruchnahme durch diesen Konsumtrend überproportional an. Selbst wenn man - wie



Delgado et al. (1999) - mit einem sich abschwächenden jährlichen Wachstum des weltweiten Fleischverbrauchs rechnet, dürfte er sich von 139 Mio. Tonnen (1993) auf 303 Mio. Tonnen (2020) deutlich erhöhen (vgl. Tab. 3.2).

Tab. 3.2: Historische und zukünftige Entwicklung des Fleischkonsums weltweit

Region	1982–94	1993–2020	1983	1993	2020
	Jährliches Wachstum des Fleischverbrauchs (%)		Fleischverbrauch insgesamt (Mio. t)		
China	8.6	3.0	16	38	85
Restl. Ostasien	5.8	2.4	1	3	8
Indien	3.6	2.9	3	4	8
Restl. Südasien	4.8	3.2	1	2	5
Südostasien	5.6	3.0	4	7	16
Lateinamerika	3.3	2.3	15	21	39
West Asien/Nordafrika	2.4	2.8	5	6	15
Sub-Sahara Afrika	2.2	3.5	4	5	12
Entwicklungsländer	5.4	2.8	50	88	188
Industrieländer	1.0	0.6	88	97	115
Welt	2.9	1.8	139	184	303

Quelle: Delgado et al. 1999

In manchen Auftrittsregionen des DBS wird Intensivierung durch die *Ausweitung der Landwirtschaftsfläche* ergänzt (in anderen vermindert sich die Fläche). Dies geschieht vor allem dort, wo ein hohes Bevölkerungswachstum bzw. ein Wachstum der quantitativen Ansprüche an die Landwirtschaft zu verzeichnen ist.

**Wissenschaftliche und technische Fortschritte** wirken sich ebenfalls produktivitätssteigernd aus. Das historisch jüngste Beispiel dafür ist die Bio- und Gentechnologie, die gerade für die biotische Komponente des Agrarbereichs (Pflanzen- und Tierarten sowie deren Eigenschaften) einen enormen und in Zukunft noch wachsenden Einfluß ausübt.

Im **wirtschaftlichen und politischen Sektor** spielen die Prozesse der *Industrialisierung* und der *Globalisierung* eine entscheidende Rolle; gegebenenfalls kann auch die internationale Verschuldungslage eines Landes sich als Antriebskraft landwirtschaftlicher Intensivierung erweisen. Im Schnittbereich von Wirtschaft und Politik ist die *Landwirtschaftspolitik* anzusiedeln. Wie bereits erwähnt, variiert das Ausmaß staatlicher Eingriffstiefe in den Landwirtschaftsbereich enorm. Von daher ist hier eine ganze Bandbreite von nationalen agrar- und wirtschaftspolitischen Strategien im Visier: Subventionen, Exportbeihilfen, Importhindernisse, Mengenzuschüsse, Strukturfördermaßnahmen usw., sofern sie produktivitätssteigernde Wirkung entfalten.

Im **pedosphärischen Bereich** sind *Erosion*, *Überdüngung*, *Versalzung/Alkalisierung* und *Fertilitätsverlust* (Humus, Nährstoffe) die wichtigsten negativen Begleiterscheinungen der Intensivierung (z.B. durch maschinell bedingte Bodenverdichtung, erosionsfördernde Formen der Landbearbeitung oder schlechte fachliche Praxis der Dünger- und Pflanzenschutzmittelausbringung). Dies berührt auch die Hydrosphäre, vor allem in Form einer *Verschlechterung der Wasserqualität* durch den Eintrag von Nährstoffen und Toxinen (Pflanzenschutzmittel und ihre Abbauprodukte) in Grund- und Oberflächenwasser. Dort, wo landwirtschaftliche Intensivierung mit künstlicher Bewässerung einhergeht - und dies ist in vielen ariden, semi-ariden, teilweise aber auch temperierten Gebieten der Fall -, kann auch die *lokale Wasserbilanz* negativ verändert werden. Weltweit werden immerhin rd. 70% des vom Menschen genutzten Wasserkreislaufs für landwirtschaftliche Zwecke verwandt. Die Verknappung

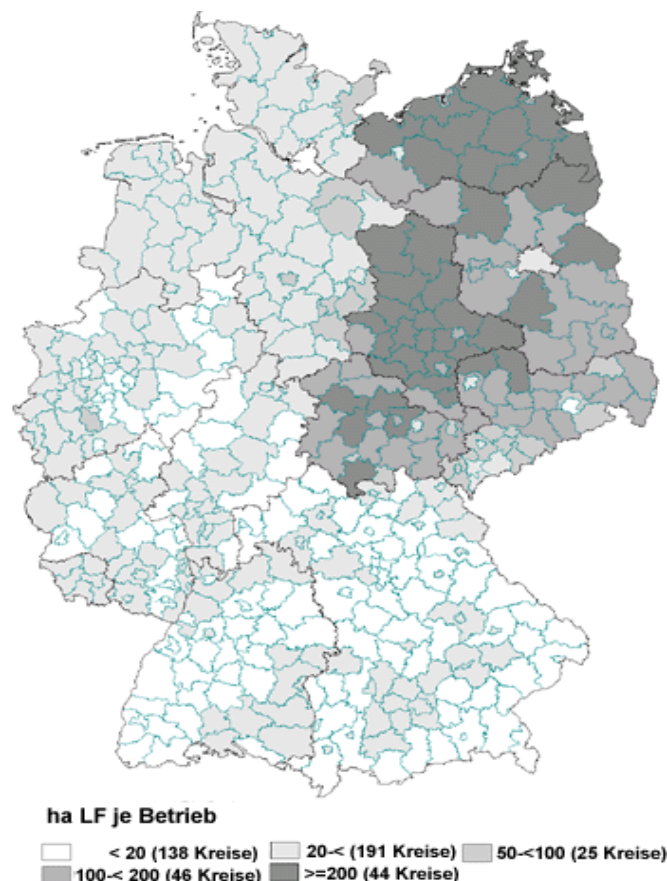
des Süßwassers ist regional eine ebenso häufige Folge wie die Versalzung der bewässerten Böden, u.a. durch mangelhafte Dränage (Biswas 1994).

Im Bereich der **Biosphäre** wirken sich Intensivierungsmaßnahmen vor allem in der Form von *Degradation natürlicher Ökosysteme*, in der *Konversion von Ökosystemen* sowie in der *zunehmenden Übernutzung biologischer Ressourcen* aus. Konversion findet vor allem durch die Ausweitung der Landwirtschaft statt, Degradation kann verschiedene Formen annehmen (z.B. die quantitative und qualitative Reduktion von Habitaten). Die wichtigsten Nebenfolgen dieser Auswirkungen sind der Rückgang der Arten- sowie der genetischen Vielfalt (nicht zuletzt durch die enorme Reduktion des Nutzpflanzenspektrums weltweit) (Biswas 1994, Matson et al. 1997). Im Vergleich verschiedener landwirtschaftlicher Produktionssysteme bietet die intensive Getreideproduktion die geringste Diversität im Produktionssystem und weist den geringsten Artenreichtum auf (McNeely et al. 1995). Durch die wiederholte Ausbringung relativ großer Mengen an Pflanzenschutzmitteln können sich Resistenzen bilden, die entweder durch Dosiserhöhung oder durch die Entwicklung neuer Wirkstoffe angegangen werden müssen.

### 3.2. Ein regionalisiertes DUST-BOWL-Beziehungsgeflecht für Deutschland

Die regionale Anpassung eines globalen Syndrom-Beziehungsgeflechts auf die Situation der Landwirtschaft in Deutschland stand (a) unter der Bedingung, eine experten- und datengestützte Mechanismusüberprüfung zu durchlaufen, und (b) die Genese syndromspezifischer Nachhaltigkeitsindikatoren anzuleiten.

Abb. 3.3: Durchschnittliche landwirtschaftliche Betriebsgröße in Deutschland (1997)



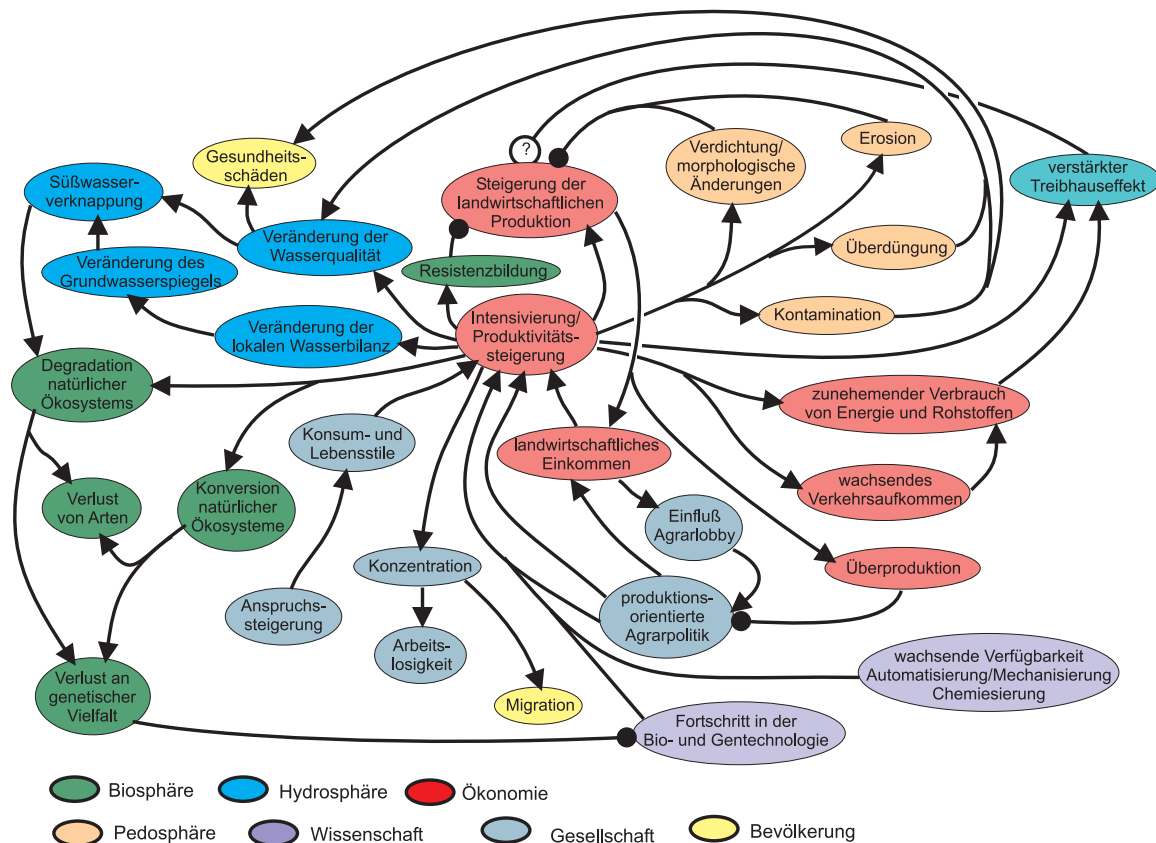
Quelle: BML 1998

Die Anpassung stand dabei unter der besonderen Schwierigkeit, daß nach 1990 in Deutschland zwei sehr unterschiedliche Agrarsysteme in verschiedenen Gesellschaftssystemen zusammengewachsen sind. Das erschwert historische Vergleiche bzw. die Interpretation längerer Datenreihen für ganz Deutschland. Aber die Probleme beschränken sich durchaus nicht auf Fragen der Datenbeschaffung und -interpretation, sondern erstrecken sich auf die gesamte Agrarstruktur, die noch heute spürbare Unterschiede in der Landwirtschaft der neuen und der

alten Bundesländer hinterlassen hat (vgl. BML 1998, 1999, Clasen 1997, Eckart 1998). Ein für das DBS zudem nicht unbedeutender Indikator dafür ist die räumliche Verteilung der Betriebsgrößen (vgl. Abb. 3.3).

Wichtige Grundlagen für die regionale Anpassung des DBS auf deutsche Verhältnisse waren eine Reihe von Büchern und Artikeln (Arnold 1997, Eckart 1998, Enquete-Kommission 1994, Haber/Salzwedel 1992, Rauch 1997, Sick 1993), die mit Blick auf die Syndrommethodik sowie auf die Indikatorensuche ausgewertet wurden. Das Ergebnis dieser Auswertung ist in Abb. 3.4 dargestellt. Im folgenden werden einzelne Aspekte bzw. Problemkomplexe des Syndroms gesondert diskutiert.

Abb. 3.4 Beziehungsgeflecht des Dust Bowl Syndroms für Deutschland



Die Beschreibung erfolgt aus Gründen der Übersichtlichkeit in zwei großen Schritten: zunächst werden die sozio-ökonomischen und politischen Antriebskräfte und Wechselwirkungen beschrieben (3.2.1.), danach die ökologischen Folge- und Wechselwirkungen (3.2.2.). Mit dieser pragmatischen Einteilung ist keinerlei inhaltliche Aufspaltung verbunden - der Syndromansatz zielt ja gerade auf die Verknüpfung zwischen Natur und Gesellschaft. Allerdings wird es durch diese Darstellungsform im Anschluß leichter, die syndromspezifischen Nachhaltigkeits-Indikatoren daraus herzuleiten (Kapitel 5 und 6).

Im Unterschied zum globalen Beziehungsgeflecht wurde für das DBS in Deutschland auf syndromabschwächende Trends (z.B. die Zunahme des Umweltbewußtseins) im Rahmen dieser Machbarkeitsstudie weitgehend verzichtet. Ziel war es, bewußt auf die Genese und interne Dynamik eines explizit nicht-nachhaltigen Syndroms abzustellen. In einem weiteren Schritt ließen sich abschwächende Trends allerdings mühelos einbeziehen.

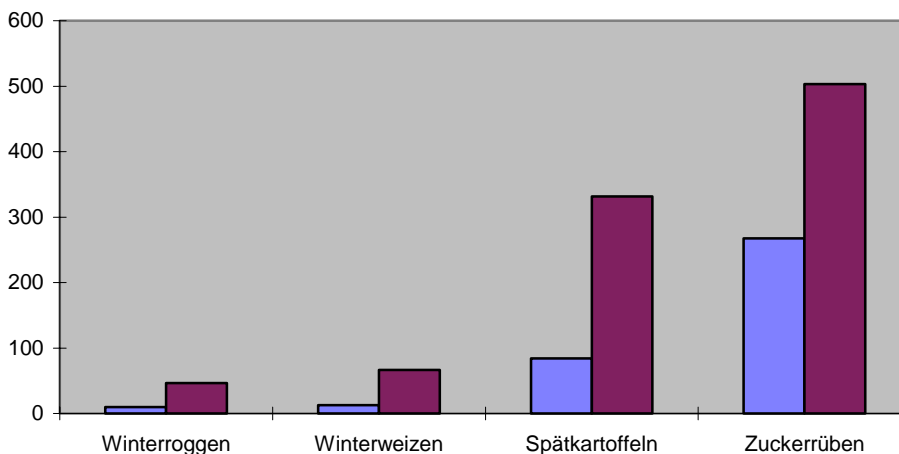
### 3.2.1. Die sozio-ökonomischen und politischen Antriebskräfte und Wechselwirkungen

Auch in der nicht-nachhaltigen Landwirtschaft der Bundesrepublik ist der zentrale Antriebstrend die *Intensivierung* bzw. die *Produktivitätssteigerung* der Landwirtschaft. Dieser Produktivitätszuwachs kann entweder als wachsendes agrarisches Produktionsvermögen der menschlichen Arbeitskraft oder aber als gesteigerter Ertrag pro Flächeneinheit gemessen werden. Er geht auf die Komponenten Mechanisierung, Chemisierung und Rationalisierung der Betriebsorganisation zurück, weist also einen deutlichen Anteil des Zukaufs marktförmig angebotener Investitions-, Hilfs- und Betriebsmittel auf. Darunter rechnen u.a.:

- Traktoren
- Mähdrescher
- Bodenbearbeitungsgeräte (Pflüge, Eggen, Walzen etc.)
- Nacherntemaschinen
- Tiermedizin
- Modernes Saatgut
- Düngemittel (in erster Linie Handelsdünger auf mineralischer Basis)
- Pflanzenschutzmittel
- Moderne Kühl- und Lagerhaltungstechnik

Die günstige Input-Output-Relation sowie die Entwicklung der Faktor-Preis-Beziehungen war dafür wichtig. Dieser Trend zu einer kapitalintensiveren und industrialisierteren Landwirtschaft wird im längerfristigen historischen Rückblick besonders deutlich (Andermann/Hockmann/Schmidt 1997) und gilt nicht nur für Deutschland (Bowler 1992b). Man kann ihn allerdings auch in der jüngsten Gegenwart weiterhin beobachten. Abb. 3.5 zeigt am Beispiel ausgewählter Ackerfrüchte, wie sich die Hektarerträge im längerfristigen Vergleich entwickelt haben.

Abb. 3.5: Ertragssteigerungen ausgewählter Ackerfrüchte zwischen 1880-85 und 1991-95 in dt/ha



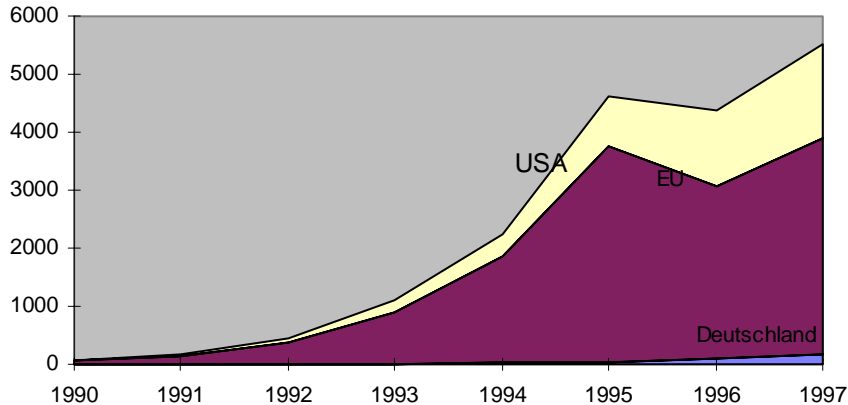
Auch im Bereich der Tierproduktion zeigen längere Zeitvergleiche deutliche Ertragssteigerungen (z.B. Milchleistung pro Kuh) an. Bestandteil des Intensivierungs-Trends ist die wachsende *Spezialisierung* der Betriebe. Darunter ist zum einen die Konzentration einzelner Betriebe auf wenige Produkte in der - sich ausdifferenzierenden - landwirtschaftlichen Produktpalette gemeint, zum zweiten die Spezialisierung des landwirtschaftlichen Berufssystems. Es gibt immer weniger "Universalbauern" und immer mehr Betriebe und Arbeitskräfte, die sich auf eine ganz bestimmte Frucht, Tierart oder Leistung spezialisieren. Sie nutzen die seit

Adam Smith bekannten Produktivitätsvorteile spezialisierter Arbeits- und Betriebsabläufe - deshalb subsumieren wir hier diesen Aspekt der Intensivierung -, gehen aber von einer Situation der höheren zu einer der geringeren Risikostreuung über.

Steigerungen der Arbeits- und Flächenproduktivität verdanken sich dem wachsenden Einsatz von Vorleistungen, die in der Regel industriell produziert werden und auf dem Markt in großer Menge und relativ niedrigen - zumindest aber historisch sinkenden - Preisen zur Verfügung der Landwirte stehen. Das Zusammenspiel von Angebot und Nachfrage - nicht unerheblich modifiziert durch eine produktivitätsorientierte Agrarpolitik (s.u.) - hat einen bedeutenden Zulieferbereich landwirtschaftlicher Produktion in der chemischen Industrie und im Maschinen- und Fahrzeugbau entstehen lassen. Um die für den einzelnen Landwirt als "Entscheider" wichtige erhöhte Verfügbarkeit von Vorprodukten zu dokumentieren, wurde der Trend *Wachsende Verfügbarkeit landwirtschaftlicher Produktivitätsmitteln* als Antriebstitel aufgenommen. Dazu rechnet auch der - aus wirtschaftlichem Interesse der beteiligten Unternehmen angetriebene - wissenschaftlich-technische Fortschritt in den jeweiligen Anbieterindustrien, aber auch deren Marketingfolge.

Eine weitere, damit verwandte Antriebskraft der Intensivierung ist der *Fortschritt in der Bio- und Gentechnologie*. Dieser spielte lange Zeit in der bundesdeutschen (Land) Wirtschaft eine eher untergeordnete Rolle. Die eher negative, zumindest aber gespaltene Einschätzung dieser Technik durch die deutsche Öffentlichkeit und die VerbraucherInnen war hier sicher von Bedeutung, wenngleich man auch unternehmensinterne Ursachen annehmen darf. Noch heute ist dieser Industriezweig, in dem sich in erster Linie die Chemie- und Pharmaunternehmen hervortun, im Vergleich mit den USA oder auch der EU insgesamt eher schwach entwickelt. Aber gerade in den 90er Jahren hat er - gemessen etwa an der Zahl der angemeldeten gentechnischen Versuche - an Bedeutung gewonnen.

*Abb. 3.6: Freisetzung gentechnisch veränderter Organismen in den USA, der EU und Deutschland 1990-1997*



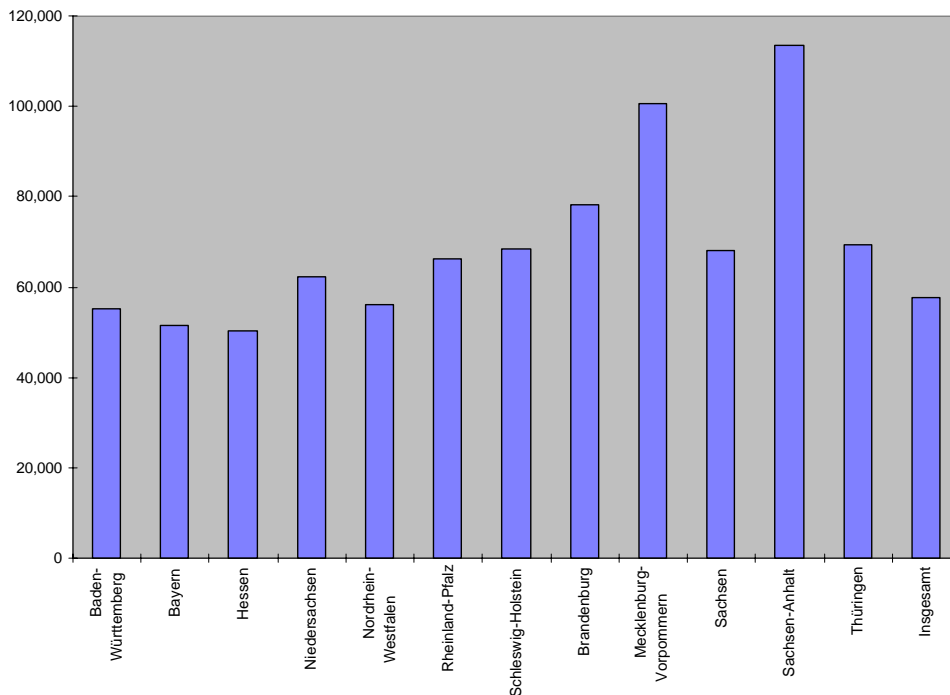
Quelle: BML 1998

Die konkrete Zielrichtung des bio- und gentechnischen Fortschritts im Agrarbereich ist sehr unterschiedlich (z.B. Herbizidresistenz bei Pflanzen oder verbesserte Milchleistung bei Kühen), fügt sich aber in der Regel dem Intensivierungstrend.

Als weitere wichtige Antriebskraft für den Schlüsselstrend Intensivierung ist hier die Entwicklung der *landwirtschaftlichen Einkommen* anzusehen. Es ist leicht nachvollziehbar, daß der Zukauf von intensitätsförderlichen Betriebsmitteln sowie ggf. von Arbeitskräften von der Einkommenslage und der Bilanzsituation der Betriebe abhängt. Intensivierungsmaßnahmen lassen sich zwar in rein technisch-physischen Größen messen, finden aber in einem wirtschaftlichen Umfeld statt, das dauerhaft negative Bilanzergebnisse negativ sanktioniert, während es positive Einkommen-Ausgaben-Überschußrechnungen prämiert. Ohne ein entsprechendes Portfolio, zu dem auch ein gewisser Grad an Fremdfinanzierung (Schulden bei Banken oder Genossenschaften) gehören kann, vermag kein Betrieb durch Marktentnahme zu intensivieren.

Die Gewinnlage der Haupterwerbsbetriebe in Deutschland ist im regionalen Vergleich sehr unterschiedlich; selbst die Aggregatdaten der Bundesländer zeigen deutliche Unterschiede (vgl. Abb. 3.7).

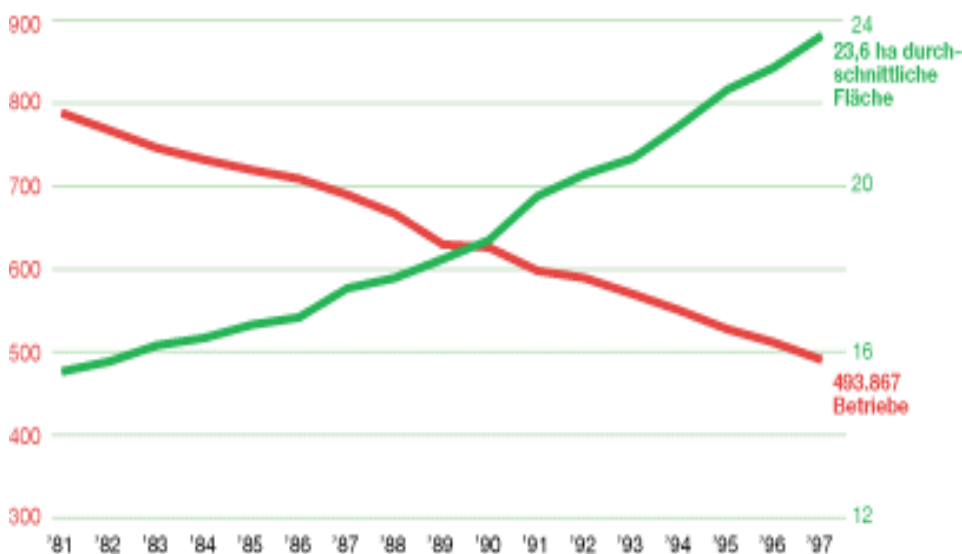
Abb. 3.7: Gewinne der landwirtschaftlichen Haupterwerbsbetriebe 1997/98



Quelle: BML 1999b

Der Prozeß der **Konzentration** ist in der deutschen und europäischen Landwirtschaft seit Jahren zu beobachten: die Zahl der Landwirtschaftsbetriebe sinkt, die durchschnittliche Flächengröße pro Betrieb steigt (vgl. Abb. 3.8).

Abb 3.8: Zahl der landwirtschaftlichen Betriebe (größer 1 ha) und durchschnittliche bewirtschaftete Fläche (altes Bundesgebiet)



Quelle: BML 1999b

Der Trend zu größeren Familienbetrieben (Betriebe in der Hand natürlicher Personen, d. h. Einzelpersonen und Personengesellschaften) bestimmt weiterhin die strukturelle Entwicklung der Landwirtschaft im früheren Bundesgebiet. Die Anzahl der Betriebe, die 50 ha landwirtschaftlich genutzte Fläche (LF) und mehr

bewirtschaften, erhöhte sich von Mai 1996 bis Mai 1997 um 1 558 oder 2,5%. Im gleichen Zeitraum verringerte sich die Anzahl der Betriebe unter 50 ha LF um 16 823 bzw. 3,9%. Da die Gesamt-LF im wesentlichen konstant geblieben ist, stieg die durchschnittliche Betriebsgröße von 22,9 auf 23,6 ha. In den neuen Ländern hat sich die Zahl landwirtschaftlicher Betriebe 1997 gegenüber 1991 um 12 688 auf 31 254 landwirtschaftliche Betriebe erhöht. Nach wie vor dominieren große Betriebe. 1997 betrug die durchschnittliche Flächenausstattung je Betrieb 178,1 ha LF. Die nach 1991 einsetzende Verringerung der durchschnittlichen Betriebsgröße (1991: 285 ha LF) ist neben der wachsenden Zahl von Betrieben bei nur geringfügiger Zunahme der LF auch auf eine Anpassung an wirtschaftliche Erfordernisse zurückzuführen. 1991 wurden in den landwirtschaftlichen Betrieben Deutschlands 1,77 Mill. Arbeitskräfte (Im Betrieb beschäftigte Familienarbeitskräfte und ständige familienfremde Arbeitskräfte.) beschäftigt, vier Jahre später waren es noch 1,33 Mill. Dieser starke Rückgang ist im früheren Bundesgebiet vor allem bei den im Betrieb beschäftigten Personen in bäuerlichen Familienbetrieben (- 238 100 Personen) festzustellen und in den neuen Ländern auf den Abbau von Arbeitskräften in den Nachfolgeunternehmen der Landwirtschaftlichen Produktionsgenossenschaften und Volkseigenen Güter der Rechtsform juristischer Betriebe (-235 000 Personen) zurückzuführen. Damit verringerte sich die Anzahl der ständig Beschäftigten in diesen Betrieben der neuen Länder innerhalb von vier Jahren gravierend um 74% (Statistisches Bundesamt 1998).

Da dieser Konzentrationsprozeß in besonderem Maße mit dem Rückgang der Zahl kleinerer Betriebe einhergeht, führt er zu einer Polarisierung der Agrarstruktur und - verbunden mit den bereits erwähnten Produktivitätssteigerungen - zu einem Rückgang der in der Landwirtschaft Beschäftigten. Das gilt sowohl für die Familienarbeitskräfte als auch für die familienfremden Arbeitskräfte (vgl. Schaubild 1).

Das erhöht die Arbeitslosigkeit im ländlichen Raum - ein unter Nachhaltigkeitsgesichtspunkten sehr wichtiger Trend. Da die Aussicht auf eine Beschäftigungsmöglichkeit für die Wahl des Wohnorts eine wichtige Determinante darstellt, steigt mit wachsender ländlicher Arbeitslosigkeit der Migrationsdruck. Migration im Sinne der Abwanderung von Arbeitskräften und Angehörigen aus dem ländlichen Raum wird besonders dann auftreten, wenn es keine alternativen Beschäftigungsmöglichkeiten in Wohnortnähe gibt, die zu akzeptablen "Kosten" (Fahrtkosten, Wohnkosten, Umschulungskosten, soziale Bindungen an die Region etc.) von den (potentiell) Betroffenen wahrgenommen werden können. Sofern es nicht zu Zuwanderungen aus dem städtischen Bereich kommt, trägt das DBS auch zur Ausdünnung und - zeitverzögert z.B. via rückläufige Steuereinnahmen - zur Strukturverschlechterung des ländlichen Raumes bei.<sup>9</sup>

Eine zentrale Antriebskraft des DBS in Deutschland (und in vielen anderen Ländern inner- und außerhalb der EU) ist die *Produktionsorientierte Agrarpolitik*. Dieser in der Tat sehr "inklusive" Trend zielt auf alle landwirtschaftsrelevanten Politiken, die das Ziel einer Steigerung der Produktion (bzw. der Produktivität) verfolgen. Das können sowohl Maßnahmen auf Landes- und Bundesebene als auch auf der EU-Ebene sein. Dabei kommt der Gemeinsamen Agrarpolitik (GAP) der EU eine führende Rolle zu, da sie sowohl auf der Ebene der finanziellen Mittel als auch auf der Gesetzgebungsebene immer stärker auch die Bundes- und Landespolitik beeinflusst. Die Ziele der 1960 erstmals beschlossenen GAP sind in Artikel 39 des Vertrags von Rom verankert:

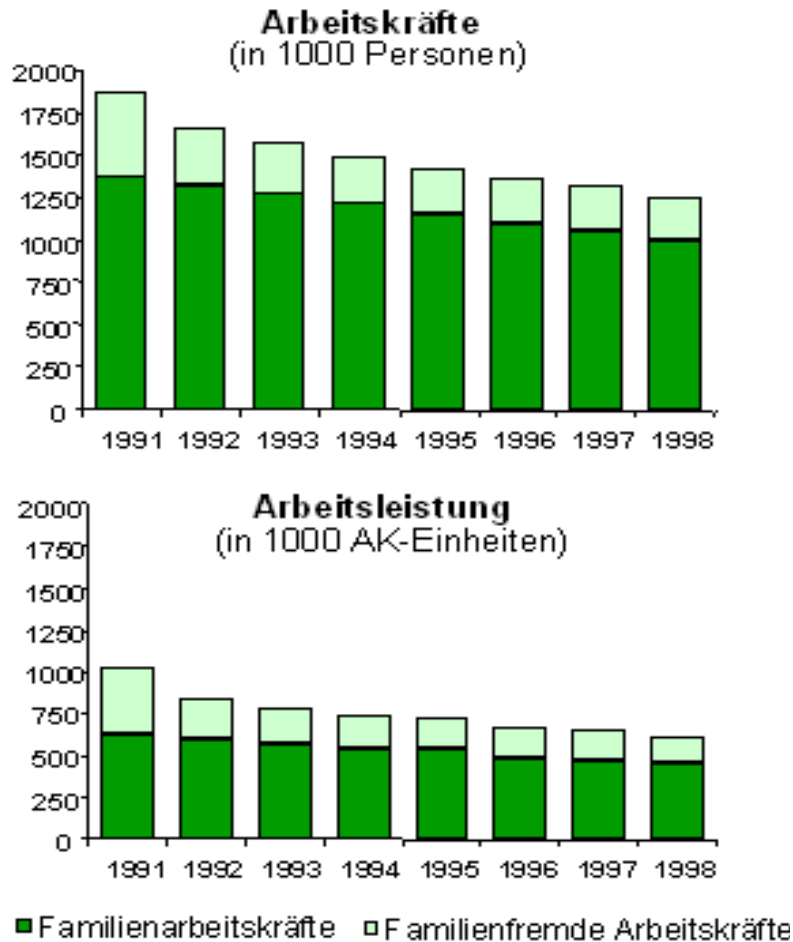
- Steigerung der Produktivität,
- Gewährleistung eines angemessenen Lebensstandards für die Agrarbevölkerung,
- Stabilisierung der Märkte,
- Sicherstellung der Versorgung,
- Belieferung der Verbraucher zu angemessenen Preisen.

---

<sup>9</sup> In den alten Bundesländern ist die Nettobilanz der Bevölkerungsbewegung eher positiv (im wesentlichen durch Zuzug aus dem städtischen Bereich im Zuge von Suburbanisierungsprozessen und der Suche nach dem "eigenen Heim" (oder auch der Mietwohnung) im Grünen), während in Ostdeutschland - vor allem in kleineren Dörfern - der Saldo negativ ist, da sich der Strukturwandel der Landwirtschaft hier als Strukturbruch nach Wende und Wiedervereinigung 1989/1990 vollzog (vgl. Becker 1997).

Schaubild 1

## Arbeitskräfte und Arbeitsleistung in der Landwirtschaft <sup>1)</sup>



<sup>1)</sup> Angaben für 1994 und 1996 geschätzt; 1998 vorläufig

Quelle: BML 1999a

Historischer Hintergrund war der politische Wille der EU-Mitgliedsstaaten nach dem 2. Weltkrieg, die europäische Landwirtschaft zu Überschüssen anzuregen und vor ausländischer Konkurrenz zu schützen. Dafür wurden enorme finanzielle Mittel aufgewandt. Diese Politik war insofern erfolgreich, als es in der Tat gelang, eine landwirtschaftliche Produktionsstruktur zu etablieren, die dauerhaft ein hohes Produktivitätsniveau erreicht hat. Ein Teil der EU-Agrarmittel mußte seit den 70er Jahren zur Lagerung oder gar Beseitigung von Überschüssen bereitgestellt werden (Rauch 1997).

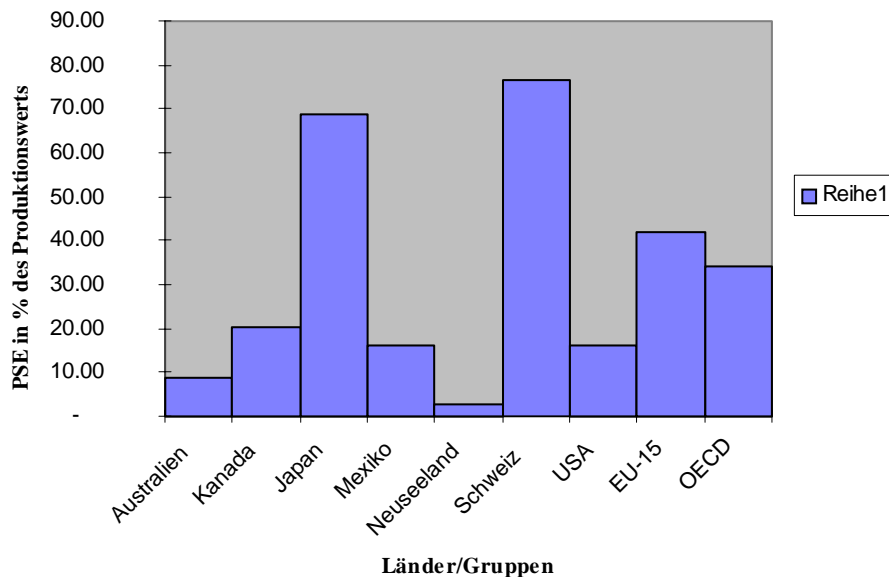
Im Haushaltsplan der EU 1999 waren insgesamt 170,1 Mrd. DM vorgesehen, davon 93,2 Mrd. DM (54,8%) für den Agrarbereich, der mit Abstand der größte Haushaltsposten der EU ist. Die 11,6 Mrd. DM des Bundeslandwirtschaftsministeriums müssen hinzu gerechnet werden, dienen aber zu mehr als zwei Dritteln der landwirtschaftlichen Sozialpolitik (BML 1999b). Das agrarpolitische Zentralbudget der EU, der *Europäische Ausrichtungs- und Garantiefonds für die Landwirtschaft* (EAGFL), ist grob in die Bereiche *Ausrichtung* (Strukturpolitik: z. B. Beihilfen für die Modernisierung von Betrieben und für die Niederlassung von Junglandwirten, Beihilfen für die Verarbeitung, Vermarktung, Diversifizierung, Sozialausgaben, Strukturförderung usw.) und *Garantie* (Markt- und Preispolitik: Ausgaben der Preis- und Marktpolitik, einschließlich der Ausgleichszahlungen und der flankierenden Maßnahmen) unterteilt.



Die landwirtschaftlichen Haufterwerbsbetriebe haben 1997/98 im Durchschnitt 28.950 DM je Betrieb an unternehmensbezogenen Ausgleichszahlungen, Zulagen und Zuschüssen erhalten. Dabei ist die Ausgleichszulage für die Betriebe in benachteiligten Gebieten berücksichtigt, die durchschnittlich 5.571 DM je geförderten Haufterwerbsbetrieb betrug und maßgeblich zur Einkommenssicherung dieser Betriebe beigetragen hat (BML 1999b). Bedenkt man, daß im gleichen Jahr der durchschnittliche Gewinn pro Haufterwerbsbetrieb 57.668 DM (ebd.) betrug, dann kann man den monetären Beitrag einer noch immer stark produktivitätsorientierten Agrarpolitik für die Haushaltssituation der Betriebe ermessen.

Seit 1992 kam es zu gravierenden Veränderungen innerhalb der GAP, nicht zuletzt durch internationalen Druck auf die EU (z.B. im Rahmen der GATT-Verhandlungen), deren Agrarsubventionen von anderen Ländern - insbesondere von den großen Konkurrenten, die auf einem ähnlichen Produktivitätsniveau operieren wie die USA oder Neuseeland, aber auch seitens vieler Entwicklungsländer, die ihre Landwirtschaft weit weniger subventionieren können. Diese Haltung ist teilweise verständlich, betrachtet man als Indikator für den Subventionierungsgrad der europäischen Landwirtschaft einmal die sog. *Produzenten-Subventionsäquivalente (PSE)*, die angeben welche Transfers seitens der Verbraucher und Steuerzahler an die Landwirtschaft - gemessen als Prozentanteil am Wert der landwirtschaftlichen Produktion - gezahlt werden (vgl. Abb 3.9). Wie ersichtlich, subventioniert die Politik in der Schweiz und in Japan den Agrarsektor am massivsten. Die geringsten Werte werden in Neuseeland und Australien erreicht; auch in den USA liegt der Wert im unteren Bereich. Die Länder der EU liegen mit 42% über dem OECD-Durchschnitt. Die hier nicht abgebildeten Beitrittskandidaten (Polen, Tschechische Republik, Ungarn) liegen teilweise deutlich unter dem EU-Durchschnitt - ein zusätzlicher Reformdruck. Zu bedenken ist, daß sich die PSE-Quote in den letzten Jahren nahezu kontinuierlich nach unten bewegt hat (allein von 1996 auf 1997 wurde in der EU ein Rückgang um 11,6% verzeichnet).

**Abb. 3.9: Produzenten-Subventionsäquivalente (PSE) ausgewählter Länder 1997**



Quelle: OECD 1999

Es ist hier nicht möglich, diese Reformbemühungen (Stichwort Agenda 2000) hinreichend zu würdigen. Eine lebhaft und kontroverse Debatte auch innerhalb der Wissenschaft macht es derzeit unmöglich, auf der Basis eines mehr oder weniger einheitlichen Expertenvotums zu einer konsistenten Trendabschätzung zu kommen. Zudem geht es hier eher um die Rekonstruktion des DBS statt um die Prognose. Die Einkommenseffekte der Agenda 2000 z.B. werden von einer Vielzahl von Faktoren beeinflusst: Stützpreissenkungen und deren Überwälzung auf die Marktpreise, Änderung und Ausgestaltung der Transferzahlungen, Einführung bzw.

Aufhebung reglementierender Maßnahmen und schließlich betriebliche Anpassungen. Ohne Berücksichtigung der degressiven Prämienstaffelung sind Einkommenseinbußen in der Größenordnung von 6% der Nettowertschöpfung zu Faktorkosten zu erwarten. Dieser Einkommensrückgang ist sowohl regional als auch betriebsspezifisch in seiner Höhe unterschiedlich. Verfahren mit vormals hohen Ausgleichszahlungen verlieren an Wettbewerbsfähigkeit. Dies sind insbesondere Ölsaaten und Flächenstilllegung. Es kommt zu einer Substitution zugunsten des Getreideanbaus. In der tierischen Produktion zeichnet sich eine Einschränkung der Rindfleischproduktion ab, was zu einer Entlastung auf dem Rindfleischmarkt führen wird (Seifert/Osterburg/Kleinhanß 1998)

Auch umweltpolitische Argumente spielten im Zuge der allmählichen EU-Reform eine Rolle - Reflex auf die Kritik vieler Wissenschaftler, aber auch der Umweltverbände an den negativen ökologischen Folgewirkungen der "alten" GAP. Neue Elemente tauchten auf, z.B. die Prämierung von Flächenstilllegungen, die stärkere Berücksichtigung von Umweltbelangen (Extensivierung, Gewässerschutz etc.), mehr Direktzahlungen an Landwirte statt Subventionen. Dieser Reformprozeß ist weder abgeschlossen noch unumstritten; seine Umweltwirkungen sind derzeit noch nicht recht absehbar (vgl. OECD 1996, Rauch 1997, Seifert et al. 1998).

Es ist zweifellos schwierig, ein so komplexes Bündel an Institutionen, Instrumenten und Wirkungen in ein einfaches Ursache-Wirkungs-Diagramm zu integrieren. Das für deutsche Verhältnisse anzupassende Beziehungsgeflecht zielt aber nicht darauf, alle Facetten der EU-Agrarpolitik abzubilden, sondern allein darauf, die wichtigsten Wirkungen mit Blick auf einen systemischen Indikatorvorschlag zu benennen. Hierfür sehen wir drei Wirkungslinien als zentral:

1. Die Markt- und Preispolitik der EU sowie der deutschen Landwirtschaftspolitik wirkt zunächst direkt auf die *Einkommenssituation* der landwirtschaftlichen Betriebe und erweitert damit deren Handlungsspielraum für Intensivierungsmaßnahmen.
2. Produktivitätssteigernde Wirkung kann von der Agrarpolitik auch dann ausgehen, wenn sie nicht auf Einkommenssicherung/-verbesserung zielt, sondern auf die verbesserte Verfügbarkeit oder Nutzung von Vorprodukten (Maschinen, Hilfs- und Betriebsstoffen) der landwirtschaftlichen Produktion (z.B. über die Subventionierung von Agrarchemikalien oder die Förderung von kooperativer Maschinennutzung). Da die gewünschte produktivitätssteigernde Wirkung hier nur im Verein mit der gesteigerten Verfügbarkeit technischer Inputs auftritt, wurde der entsprechende Wirkungsgang synergistisch gezeichnet.
3. Schließlich muß die direkt raumwirksame Komponente der agrarpolitischen Produktivitätssteigerungsmaßnahmen berücksichtigt werden. Hierbei ist in erster Linie an die klassische Flurbereinigung zu denken, die auf die rechtliche und faktische Verbesserung der Bearbeitbarkeit von Agrarflächen zielte (Vergrößerung der Schläge, Wegebau, Ausräumung "störender" Landschaftselemente, Fluß- und Bachbegradigungsprogramme).

Die genaue Wirkungsabschätzung des unüberschaubaren Geflechts an konkreten agrarpolitischen Maßnahmen ist indes schwierig, vor allem dann, wenn die Agrarpolitik sich, wie derzeit, im Umbruchsprozeß befindet. Hier besteht nach unserer Ansicht besonders dringender Forschungsbedarf.

Eine wichtige soziale und politische Facette des DBS in Deutschland ist mit dem Trend *Einfluß der Agrarlobby* bezeichnet. Unter "Agrarlobby" verstehen wir hier die organisierten und politisch mobilisierungsfähigen Interessen

- der Landwirte (z.B. Bauernverband)
- des vorgelagerten Agrobusiness (z.B. Hersteller von Landmaschinen oder Pflanzenschutzmitteln)
- der landwirtschaftsorientierten Regionalpolitik (z.B. Landräte aus strukturschwachen Kreisen, agrarische Fraktionen in politischen Parteien)

Lobby-Bildung geschieht immer dann, wenn (a) wirtschaftliche Interessen sich zu homogenen Lagen über eine längere Zeitdauer clustern und (b) die Organisation dieser Interessen im politischen System zusätzliche wirtschaftliche oder politische Vorteile bringt. Eine wirtschaftlich hoch produktive und zugleich plurale Demokratie wie die Bundesrepublik ist von daher prädestiniert für die Bildung von Lobby-Gruppen - weit über den landwirtschaftlichen Bereich hinaus. Hier allerdings ist er besonders stark, da die Landwirtschaft in den EU-Ländern ein besonders stark durch politische Entscheidungen überformter Wirtschaftsbereich ist und daher die

Prämien für politische Einflußnahmen - in Brüssel oder in Bonn - besonders hoch sind. Syndromintern wird diese Einflußgröße durch die positive Einkommensentwicklung der Landwirtschaft gesteuert: zum einen, weil diese im weitesten Sinn die Ressourcen für Lobby-Bildung umfaßt, zum anderen, weil Einkommenssicherung letztlich das Ziel der vielfältigen Lobby-Aktivitäten darstellt. Die Hauptwirkungsrichtung von Lobby-Bildung geht daher auch an die Adresse der Agrarpolitik und verstärkt dort den produktivitäts- und produktionssteigernden Bias.

In den letzten Jahren ist allerdings zu beobachten, daß die Bedeutung der Agrarlobby im Vergleich zu anderen Interessengruppen aus dem Industrie- und Dienstleistungsbereich zurückgegangen ist (Sebaldt 1997).<sup>10</sup> Dies könnte sich auf Dauer syndromabschwächend auswirken. Allerdings wohnt Interessengruppen eine gewisse Eigendynamik und Persistenzfähigkeit inne, so daß die langfristig wahrscheinliche Abschwächung des syndromverstärkenden Einflusses der Agrarlobby nicht sofort eintreten muß.

Von den *Rückwirkungen* der intensivierungsbedingten Produktionssteigerungen sind in unserem Modell nur zwei relevant: zum einen die verstärkende Wirkung, die auf die landwirtschaftlichen Einkommen ausgeht, zum anderen die Überproduktion, die sich ihrerseits dämpfend auf die produktionsorientierte Agrarpolitik auswirkt. Produktionssteigerungen führen unter zwei (kombinierten) Bedingungen nicht zu Einkommenssteigerungen: wenn der zur Produktionssteigerung substantiell beitragende Betrieb das Angebot so stark erhöht, daß auf einem freien Markt die Preise fallen (bzw. auch bei fallenden Preisen der Markt nicht geräumt wird), kann der Nettoeffekt auf das Budget des Anbieters negativ sein. Aber in der Regel haben die einzelnen Anbieter auf dem Agrarmarkt - selbst die großen - keinen hinreichenden Marktanteil, um alleine die Mengenentwicklung zu bestimmen. Damit sind allein Aggregatentwicklungen zu beobachten. Zweitens aber, und das ist im Fall des DBS für Deutschland der entscheidendere Aspekt, besteht unter den Bedingungen einer produktionsorientierten Agrarpolitik mit Mindest- oder Garantiepreisen, garantierten Abnahmemengen und Subventionen sonstiger Art kein freier Markt. Dadurch schlägt sich die kollektiv bewirkte Angebotssteigerung nicht in einer Preis- und Einkommensminderung nieder.

Daß eine produktionssteigernde Wirtschaftsweise irgendwann zu einer *Überproduktion* führt, liegt in der Natur der Sache: unbegrenztes Wachstum ist nur in monetär-ökonomischer Hinsicht möglich, nicht in biologischer oder ökologischer Hinsicht. Für die EU-Landwirtschaft wurde dieser Punkt in verschiedenen Produktbereichen in den 70er Jahren erreicht (Stichworte: "Butterberg", Lagerhaltungskosten, Export). Noch bis in die Gegenwart hinein wächst der Konsum landwirtschaftlicher Produkte in der EU pro Jahr um ca. 0,5%, während die Produktion - den Reformmaßnahmen zum Trotz - um ca. 2% jährlich steigt (Rauch 1997). Ab einem schwer zu quantifizierenden Zeitpunkt wirkt sich diese Überproduktion dämpfend auf die produktionsfördernde Agrarpolitik aus. Sei es, daß die Lagerhaltungs- oder Exportbeihilfekosten allmählich zu hoch werden, sei es, daß die weltweiten Agrarhandelspartner die subventionierten Exporte nicht mehr wünschen, sei es, daß Umweltschutz- und Verbraucherverbände politischen Druck machen, sei es einfach, daß eine "rationale" Bürokratie den Zielerreichungsgrad der Politikmaßnahmen für gegeben erachtet - ab einem bestimmten Punkt beginnt die Agrarpolitik, ihre Fördermaßnahmen zur Produktionssteigerung mehr oder weniger deutlich ab- und umzustellen.

Der Anstieg des Mechanisierungs- und Chemisierungsgrads der Landwirtschaft geht mit einem *zunehmenden Verbrauch von Rohstoffen und Energien* einher. Mehr und stärkere Schlepper, Nacherntemaschinen, die wachsende Bedeutung der Kühltechnik, Heizung, Beleuchtung und Funktionsunterhalt von Stallungen usw. erhöhen den Energieinput des Landwirtschaftssektors, der in der Regel über nicht-erneuerbare Energieträger (Erdölprodukte) gedeckt wird. In die Energiebilanz des Landwirtschaftssektors muß überdies die in den chemischen Vorprodukten enthaltene Energie (Pflanzenschutzmittel, Dünger) sowie die Konservierung und Nachbereitung (Kühlen, Verpacken etc.) einbezogen werden. In einer derart erweiterten Bilanzrechnung relativieren sich die ansonsten enormen Gewinne, die für das Input-Output-Verhältnis der industrialisierten gegenüber früheren Formen der Landwirtschaft zu verzeichnen sind (Pimentel/Pimentel 1979). Für die USA kann (Ende 80er Jahre) von einem Verhältnis von 3:1 kcal (Eingesetzte fossile Energie : in Nahrungsmitteln enthaltene Energie) ausgegangen werden (Pimentel/Pimentel 1990). Insgesamt werden ca. 3-4,5% des fossilen Energieverbrauchs der Industrieländer direkt durch landwirtschaftliche Aktivitäten bedingt, der Großteil durch

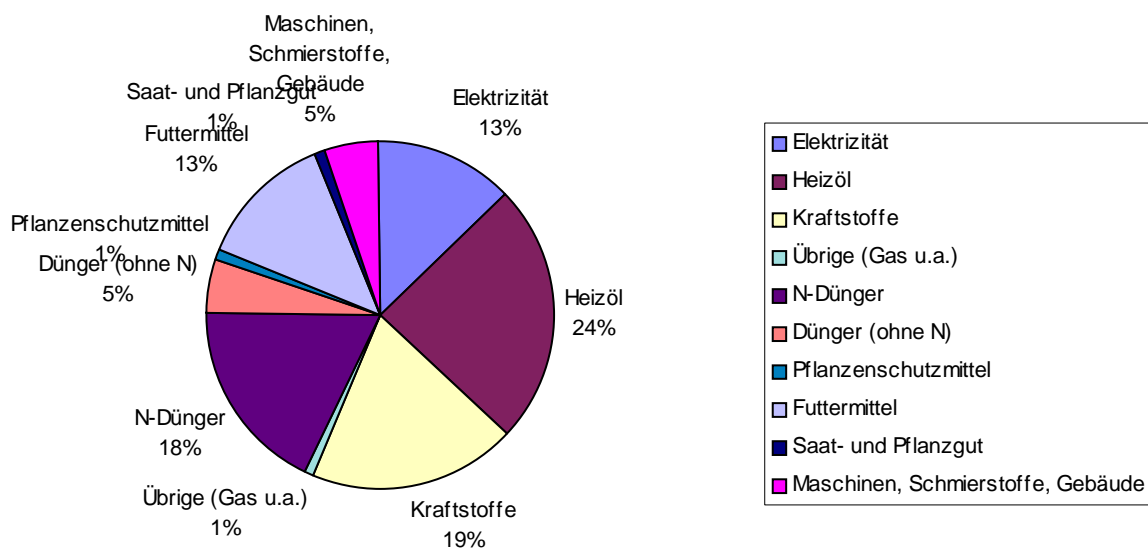
---

<sup>10</sup> Diese Entwicklung ist eine Parallele zur allgemein wachsenden Konkurrenz um den EU-Gesamthaushalt, bei dem natürlicherweise der größte Posten die größten Begehrlichkeiten weckt. Es gibt hinreichend Stimmen z.B. aus der Technologiepolitik, die eine massive Umverteilung der EU-Agrarmittel zugunsten der Technik- und Innovationsförderung fordern.

Maschinen im Ackerbaubereich sowie im Rahmen der Intensivtierhaltung. Berücksichtigt man allerdings den gesamten Bereich der Nahrungsmittelproduktion (einschließlich Verarbeitung, Konservierung, Lagerhaltung und Distribution), dann kommt man auf einen Anteil von 10-20% (IPCC 1996: 754). Für Deutschland (1990/91) gibt die Enquete-Kommission (1994: 179) folgende Verteilung an (Abb. 3.10).

Abb. 3.10:

### Gesamtenergieeinsatz im deutschen Agrarsektor (ABL) 1990/91



Von der Gesamtmenge an Energie im westdeutschen Agrarsektor (412,3 PJ) entfallen dabei 54,9% (228,8 PJ) auf den direkten Energieeinsatz (Elektrizität, Heizöl, Kraftstoffe, übrige) und 45,1% (159,7 PJ) auf den indirekten Einsatz (Dünger, andere Vorprodukte). Im langjährigen Zeitvergleich zeigt sich, daß sowohl der Gesamtenergieverbrauch als auch der Energieverbrauch pro Hektar in Deutschland nahezu kontinuierlich zu genommen hat. Allein der Zweite Weltkrieg hat hier zu einer drastischen Reduktion geführt. Erst im Lauf der 60er Jahre konnte das Niveau des Gesamtverbrauchs der Vorkriegszeit wieder erreicht werden; auf der Hektarebene war der Anschluß bereits Anfang der 50er Jahre wieder gemacht (Enquete-Kommission 1994: 176).

Der Produktivitätsfortschritt in der Landwirtschaft geht auch mit einem *wachsenden Verkehrsaufkommen* einher, der sich grob aufteilt in:

- Transport von Vorprodukten (Maschinen, Hilfs- und Betriebsstoffe, Futtermittel etc.)
- Transport von Agrarprodukten zur nächsten Verarbeitungsstufe (Molkerei, Schlachthof, Kühlhaus, Nahrungs- und Getränkeindustrie)
- Transport von Fertig- und Halbfertigprodukten für Herstellung und Vermarktung

Diese dem DBS zuzuordnenden Verkehrsfraktionen sind mit für den ungebrochenen Anstieg des Güterverkehrsaufkommens - vor allem mit dem LKW - verantwortlich (Böge 1994). Der durch wachsendes Verkehrsaufkommen gesteigerte Energieverbrauch muß ebenfalls im Syndrom berücksichtigt werden. Zusammen mit dem direkt produktionsbedingten Verbrauch trägt er - sofern auf fossile Energieträger zurückgegriffen wird, was in der Regel der Fall ist - über die Emission von Treibhausgasen zum anthropogenen Treibhauseffekt bei (Enquete-Kommission 1994).

Die Steigerung von Produktivität und Produktion im landwirtschaftlichen Bereich ist keine Funktion von betriebswirtschaftlichen Faktoren, Technikentwicklung und Agrarpolitik allein. Sie findet im Kontext einer gesamtgesellschaftlichen Entwicklung statt, die - im historischen Vergleich - große Mengen an hochwertigen Agrarprodukten nachfragt. Im globalen Beziehungsgeflecht wurde hier von einer Ausbreitung **westlicher Konsum- und Lebensstile** gesprochen. Bezogen auf ein "Kernland" des DBS wie Deutschland muß der Akzent auf der internen Dynamik dieser Konsum- und Lebensstile liegen. Wichtig ist dabei, daß mit steigendem allgemeinen Wohlstandsniveau, an dem nach dem 2. Weltkrieg - das ist die historische Besonderheit - auch die unteren Schichten und als Kern die Arbeiterschaft teilhaben konnte (Mooser 1984), auch die **Ansprüche** an Quantität und Qualität der agrarischen Produkte (und hier im wesentlichen: die Nahrungs- und Genußmittel) **gestiegen** sind. Indikator dafür ist z.B. der Wunsch vieler Verbraucher, unabhängig von der Jahreszeit auf Frischobst und -gemüse in möglichst hoher Qualität (Frische, Aussehen, Verpackungsform) und zu möglichst günstigen Preisen zurückgreifen zu können. Diese Ansprüche werden durch den Handel nicht sowohl befriedigt als im Zuge ihrer Befriedigung verstärkt - ablesbar etwa an den autofreundlichen Einkaufszentren am Stadtrand mit Freizeit- und Erlebniskomponente sowie an der enormen Logistik des Handels.

"The majority of First World consumers have been almost entirely relieved of seasonality, of distance (once they possess a car) and of scarcity." (Miller 1995b: 6)

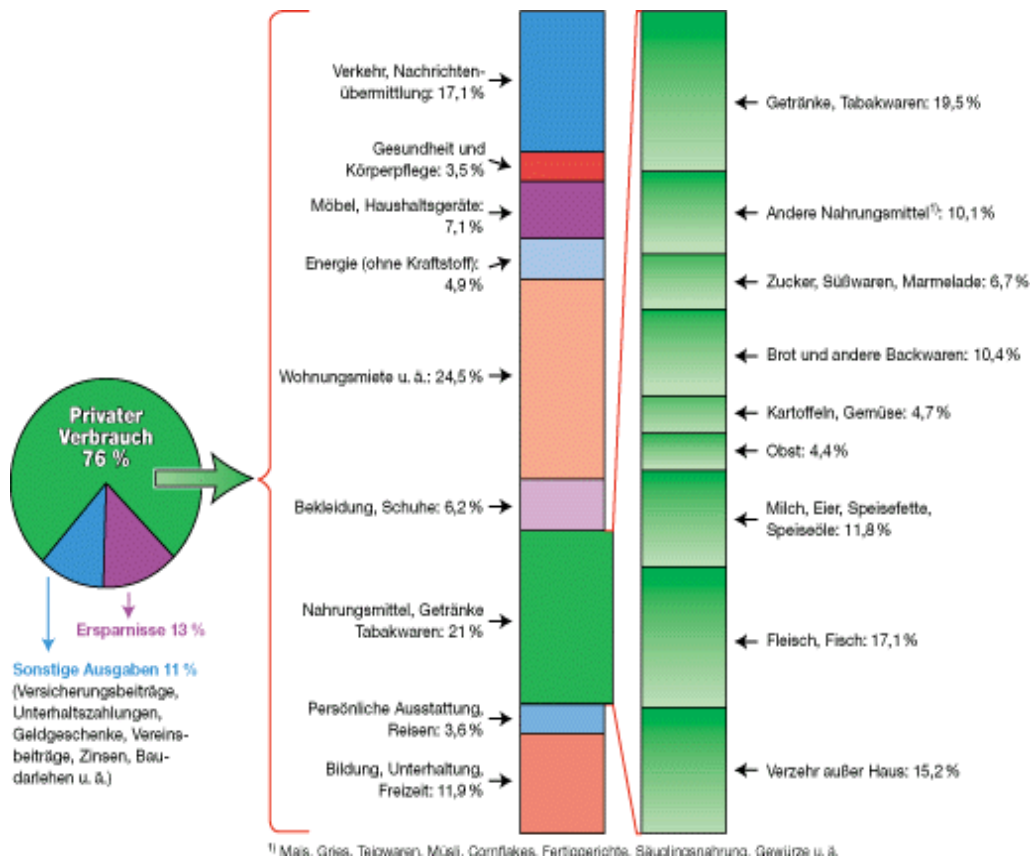
In die soziale und räumliche Ferne gerückt ist damit im Verlauf der Herausbildung des DBS auch die Verbindung zwischen Konsum und Landwirtschaft, ablesbar an Symptomen wie etwa dem Rückgang von traditionellen Fertigkeiten der Haushaltszubereitung saisonaler und regionaler Produkte (Einkochen, Pökeln etc.), der komplementären Ausbreitung von Fertig- und Tiefkühlprodukten (*convenience*), die wachsende Präsenz exotischer Produkte und Stilrichtungen oder auch der mangelnden Kenntnis vor allem städtischer (zunehmend aber auch ländlicher) Kinder und Jugendlicher über landwirtschaftliche Produktion und die entsprechenden biologischen Zusammenhänge. Die europäische Geschichte ist zu einem wesentlichen Teil auch als Konsumgeschichte zu interpretieren; die Entwicklung des Konsums seit dem 18. Jahrhundert liefert wertvolle Einsichten in die allgemeine Geschichte - bis in die Gegenwart der Transformation der Länder Mittel- und Osteuropas hinein (Mennell 1996, Siegrist/Kaelble/Kocka 1997). Für das Verständnis der Genese und Persistenz des DBS in den Ländern Europas ist es dabei wichtig, den Begriff des Konsums nicht auf die Phase des Verzehrs oder Verbrauchs von Gütern und Dienstleistungen des alltäglichen bzw. periodischen Bedarfs einzuengen, sondern auch die soziale und kulturell-symbolische Dimension zu berücksichtigen (Slater 1997). Konsum hat in den westlichen Gesellschaften im wesentlichen vier Funktionen:

1. Konsum dient der Erfüllung physischer, ökonomischer und kultureller Bedürfnisse.
2. Konsum dient der Darstellung der Persönlichkeit und ihres Geschmacks
3. Konsum dient der Erringung, Sicherung und Demonstration von sozialem Status.
4. Konsum ist bedeutsam für die Gemeinschafts- und Gruppenbildung, d.h. er fungiert sowohl als Inklusions- als auch als Exklusionsmechanismus.

Das gilt auch für die Produkte des Agrarbereichs, im wesentlichen das "Food system" der Moderne (Fine/Leopold 1993: 148-193). Der Nahrungsmittelkonsum dient nicht nur der Bedürfnisbefriedigung, mittels seiner lassen sich auch Persönlichkeitsmerkmale und Kennerschaften (z.B. Wein, Käse) dokumentieren sowie die Zugehörigkeit zu bestimmten Lebensstil- oder Milieugruppen demonstrieren und symbolisch reproduzieren (z.B. durch den Kauf teurer Weine oder einer Golfausstattung). Konsummuster sind eingebunden in den Kontext von Lebensstilen, also in die in einer Gesellschaft typischerweise vorfindlichen gruppenspezifischen Formen der alltäglichen Lebensführung und -deutung (vgl. Reusswig 1994). In dem Maße, in dem das Ungleichheitsgefüge moderner Gesellschaften über Lebensstil-Differenzierungen läuft (Müller 1992, Vester et al. 1993), die ihrerseits eine stark konsumorientierte Komponente aufweisen, wirkt der Entwicklungs- und Ausdifferenzierungsprozeß der Moderne auch syndromverstärkend. Einem der ältesten statistischen "Gesetze" zufolge sinkt der Anteil des für Nahrungsmittel ausgegebenen Haushaltsbudgets mit steigendem Einkommen. Zudem findet im Zuge von Einkommenssteigerungen ein Übergang von kohlehydrat- und fettreicher zu eiweiß- und vitaminreicher Kost statt. Sinkende Ausgabenanteile können gleichwohl bei überproportional steigendem Budget durchaus zu Mehrkonsum führen. Dies um so mehr, je niedriger die relativen Preise für Nahrungsmittel sind. Genau diese Kombination findet sich im Westen in Nachkriegsdeutschland und im ganzen Bundesgebiet bis in die Gegenwart: steigende Massenkaufkraft und sinkende Agrarpreise - letztere aufgrund des Produktivitätsfortschritts der

Landwirtschaft und der Interventionen der Agrarpolitik, die zum Syndromkern gehören. Die folgende Abb. 3.11 zeigt eine Momentaufnahme für das Jahr 1997.

Abb. 311: Konsumverhalten 1997: Ausgabenstruktur eines 4-Personen-Haushalts mit mittlerem Einkommen in Deutschland-West (im Durchschnitt 5.724,84 DM/Monat)

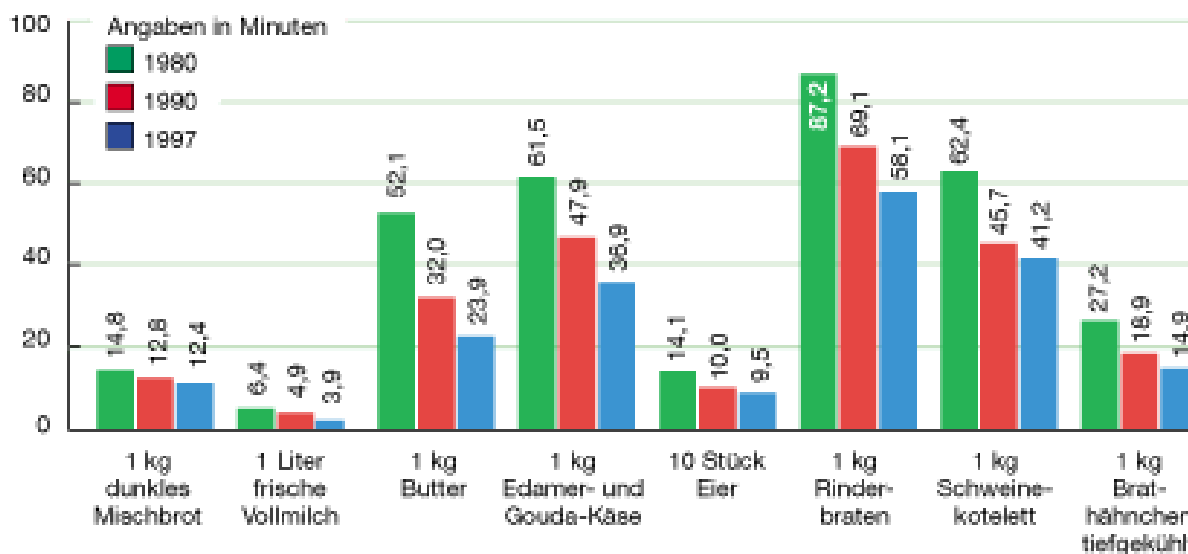


Quelle: BML 1999b

76% des Einkommens eines durchschnittlichen 4-Personen-Haushaltes mit mittlerem Einkommen im früheren Bundesgebiet werden für Konsumzwecke aufgewendet, davon wiederum 21% für Nahrungsmittel, Getränke und Tabakwaren. Heute werden nur noch 16% des Einkommens für den Kauf von Nahrungs- und Genußmitteln benötigt, 1950 waren es noch rd. 50%.

Der relativ geringe Preisanstieg für landwirtschaftliche Produkte trägt zudem zu einer Dämpfung des Kostenwachstums bei den privaten Haushalten bei. Bei realem Einkommenszuwachs bedeutet dies, daß der zeitliche Arbeitsaufwand für den Kauf von Nahrungsmitteln ständig abnimmt (vgl. Abb. 3.12).

Abb. 3.12: Durchschnittlicher Arbeitsaufwand für den Kauf von Nahrungsmitteln (altes Bundesgebiet)



Quelle: BML 1999b

Eine Dämpfung der Syndromdynamik ist von diesem Bereich erst dann zu erwarten, wenn sich die Lebensstile und Konsumgewohnheiten im Sinne eines Bedeutungsgewinns ökologischer Optionen verändern (Reusswig 1994). Dafür gibt es derzeit erste Hinweise, denen bei einer stärkeren Berücksichtigung der syndromdämpfenden Trends bzw. der Modellierung von Nachhaltiger Entwicklung genauer nachzugehen wäre:

- Wachsendes Umweltbewußtsein der Verbraucher und höhere Bewertung ökologischer Produktkriterien
- Stärkere Nachfrage nach regionalen Produkten (Bauernmärkte, Sortimentänderung im Handel)
- Stärkere Nachfrage nach Produkten aus ökologischem Anbau
- Bedeutungszunahme "postmaterieller" Konsum- und Lebensstile (Reisch/Scherhorn/Schrödl 1997, Scherhorn 1994)

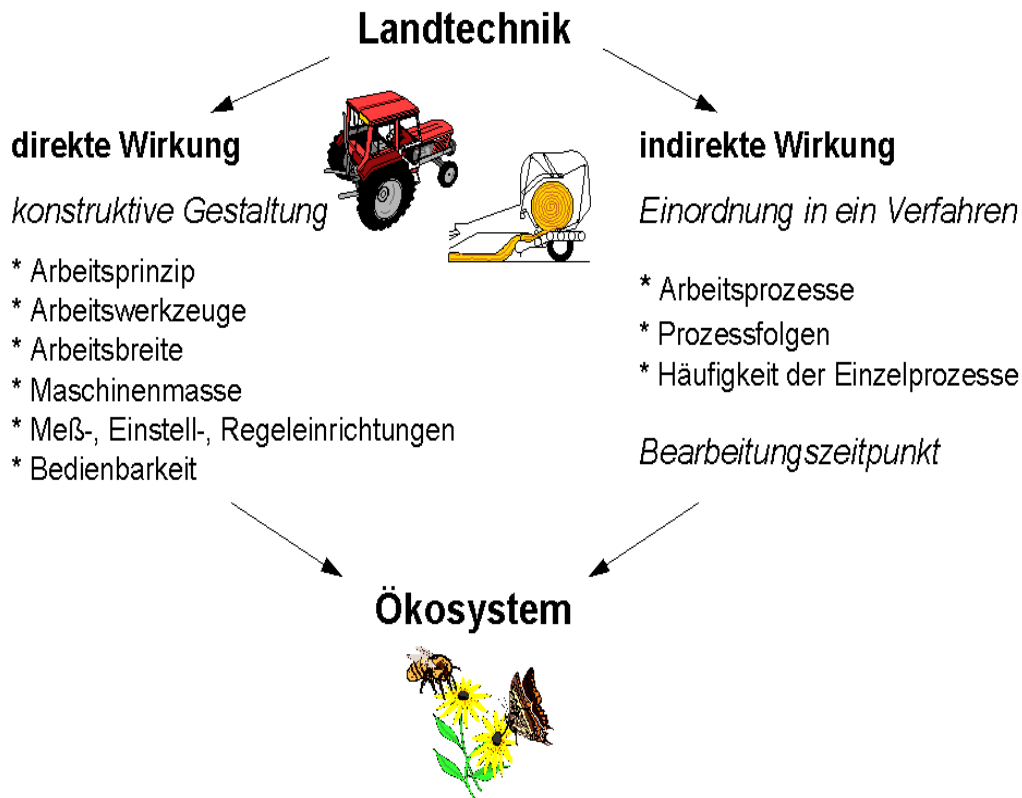
### 3.2.2. Die ökologischen Folge- und Wechselwirkungen

Dem Syndromansatz gemäß stehen die Wechselwirkungen an der Mensch-Natur-Schnittstelle im Vordergrund der Aufmerksamkeit. In diesem Abschnitt geht es um die Auswirkungen der für das DBS charakteristischen Intensivlandwirtschaft auf natürliche Systeme und Räume, deren interne Wechselwirkungen sowie deren Rückwirkungen auf soziale Systeme und Akteure. Ziel ist auch hier keine detaillierte Beschreibung, sondern ein systematischer Überblick über die wesentlichen Wechselwirkungen, sofern dies auf der Aggregatebene der Bundesrepublik darstellbar und zu einer Entwicklung eines Indikatorensets für problemspezifische Nicht-Nachhaltigkeit notwendig ist.

Betrachten wir zunächst die Auswirkungen des Trends Intensivierung /Produktivitätssteigerung auf die Pedosphäre, so sind vier Folgewirkungen besonders bedeutsam.

Zunächst führt die verstärkte Nutzung von Maschinen bei Saat-, Pflege- und Erntemaßnahmen im Ackerbau zu einer **Verdichtung** der Böden (insbesondere der Unterböden) und zu **morphologischen Änderungen** (z.B. Dispersion, Humusabbau). Die Auswirkungen der Landbearbeitungstechnik auf Boden und Naturhaushalt sind vielfältig und hängen von einer ganzen Reihe von Faktoren ab (vgl. Abb. 3.13). Grundsätzlich sind konstruktiv bedingte direkte Einwirkungen (z.B. Gewicht) von nutzungsabhängigen indirekten Wirkungen zu unterscheiden.

Abb. 3.13: Auswirkungen der Landtechnik auf das Ökosystem



Quelle: Kraut/Prochnow/Ackermann 1997

Angetrieben durch technischen Fortschritt und größere Marktverfügbarkeit werden immer leistungsfähigere, aber auch schwerere Landmaschinen - manchmal mit dem Gewicht eines Panzers - mehrmals im Jahr über die Äcker gefahren (Pflanzbettbereitung, Aussaat, Düngung, Pflanzenschutz, Ernte etc.). Die daraus resultierende Bodenverdichtung beeinträchtigt immer stärker die Lebens- und Produktionsgrundlage. Verlust an Bodenlebewesen, Staunässe oder Trockenstreß, Erosion und Wurzelstau sind nur einige der möglichen Folgen. Bei späträumenden Früchten (Rüben, Mais) treten Bodenmißhandlungen besonders dann auf, wenn die Witterung zum Zeitpunkt der Ernte feucht ist. Die intensive mechanische Bearbeitung des Oberbodens mit Pflügen führt dazu, daß eine Regeneration der Bodenstruktur kaum möglich ist und sich das Stabilitätsgefüge verringert.

Unmittelbar im Zusammenhang damit steht die landwirtschaftsbedingte **Bodenerosion**, ein sowohl auf globaler als auch auf nationaler Ebene zu wenig beachteter Problembereich (vgl. WBGU 1994). Unter Bodenerosion versteht man die Verlagerung von Bodenmaterial an der Bodenoberfläche durch Wasser oder Wind. Boden-, topografische und klimatische Faktoren bestimmen die potentielle standortspezifische Bodenerosionsgefährdung. Durch Bodenbearbeitung und -bewirtschaftung kann das aktuelle Risiko gesenkt oder erhöht werden.

Die Voraussetzungen für Bodenverlagerung durch Erosion sind nicht überall gleich stark vorhanden. In dichten Wäldern und auf Grünlandflächen gibt es nur vereinzelt erosionsbedingte Bodenverlagerungen. Das Zusammentreffen erosiver Wetterlagen, bestimmte Topographiefaktoren, die Anfälligkeit der Bodensubstrate für den Transport durch Wasser oder Wind und eine ackerbauliche Nutzung der Flächen sind Voraussetzung für die Bodenerosion (vgl. Frielinghaus o.J.).

#### **Wassererosion**

- Niederschlag > 7,5 mm Menge oder > 5 mm je Stunde Intensität
- Bodenanfälligkeit bevorzugt sandige Lehme und lehmige Sande
- Hangneigung > 4 %
- geringe Bodenbedeckung < 50%



- Hanglängen > 50 m
- Schneeschmelze oder Regen auf gefrorenem Boden

#### ***Winderosion***

- Windgeschwindigkeit > 8m je sec., gemessen in 10 m Höhe
- Bodenanfälligkeit (bevorzugt Feinstsand und Anmoor, trocken)
- Windoffenheit in der Landschaft
- geringe Bodenbedeckung < 20%

Sichtbare aktuelle Schäden auf der Ackerfläche selbst sind:

- Verletzung, Entwurzelung und Vernichtung von Kulturpflanzen
- Erschwertes Befahren der Äcker durch tiefe Erosionsgräben oder Dünen
- Überdeckung von Pflanzen
- Verlagerung von Saatgut, Düngemitteln und Pflanzenschutzmitteln vom Ausbringungsort in die Sedimentationsbereiche
- Verschmutzung von Ackerrändern und Randstreifen (Straßen, Wegen, Gräben)

Nicht sichtbare Schäden sind:

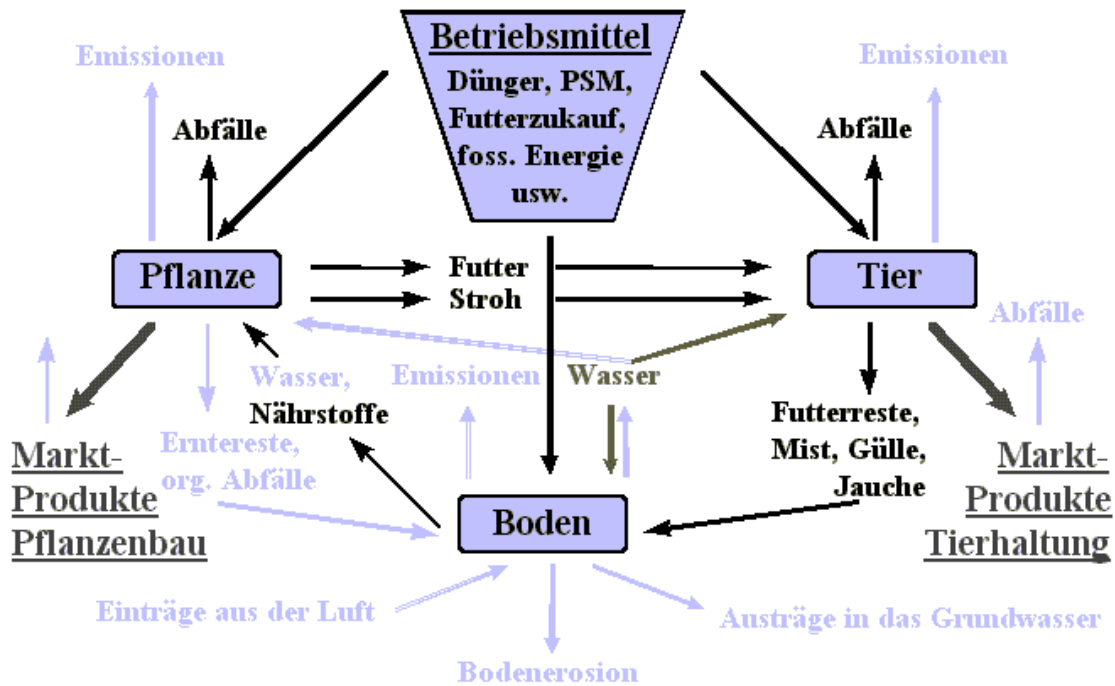
- Verlust an durchwurzelbarem Bodenvolumen und damit Verringerung des Wasserspeicher-, Filter- und Puffervermögens der humosen Bodenschicht dadurch Reduzierung der ökologischen Funktionsfähigkeit der veränderten Böden
- Verarmung des Bodens an Humus und Pflanzennährstoffen
- Minderung der Erträge und der Ertragsfähigkeit
- Zunahme der Flächenheterogenität zwischen Abtrags- und Auftragsbereichen
- Akkumulation von Agrochemikalien in Auftragsbereichen

Besonders gefährdet sind Anbauflächen, auf denen Mais oder Zuckerrüben angebaut werden, da hier die Bodenbedeckung über die Vegetationsperiode, aber auch über die Fläche besonders gering ist.

Der jährliche Abtrag durch Bodenerosion kann in Deutschland Höchstwerte von bis zu 200 t/ha erreichen (weltweit: bis zu 500 t/ha): Im Durchschnitt werden hierzulande 10 t/ha pro Jahr abgetragen. Die mittlere Bodenbildungsrate beträgt aber nur ca. 1 bis 2 t/ha. (Enquete-Kommission 1994: 170). Daraus ist ersichtlich, wie (wenig) zukunftsfähig die DBS-spezifische Form der Bodenbearbeitung ist. Erosion ist vor allem deshalb ein so gravierendes Umweltproblem, weil sie kaum reversibel ist: einmal durch Wind oder Wasser abgetragener Boden ist für immer verloren, die Fruchtbarkeit des verbleibenden Bodens wird allmählich herabgesetzt. Erosion und Bodenverdichtung beeinträchtigen damit die Bodenfruchtbarkeit und wirken dämpfend auf die Steigerung der Agrarproduktion - dieser Teilmechanismus des DBS wurde durch entsprechende Pfeile charakterisiert.

Sobald man den Bereich der mechanischen Einwirken verläßt und sich den chemisch-biologischen Wechselwirkungen zuwendet, sind die agrarischen Stoffströme angesprochen, deren Erfassung und Modellierung teilweise erhebliche Schwierigkeiten bereitet (Mühle 1998). Abb. 3.14 gibt einen schematischen Überblick.

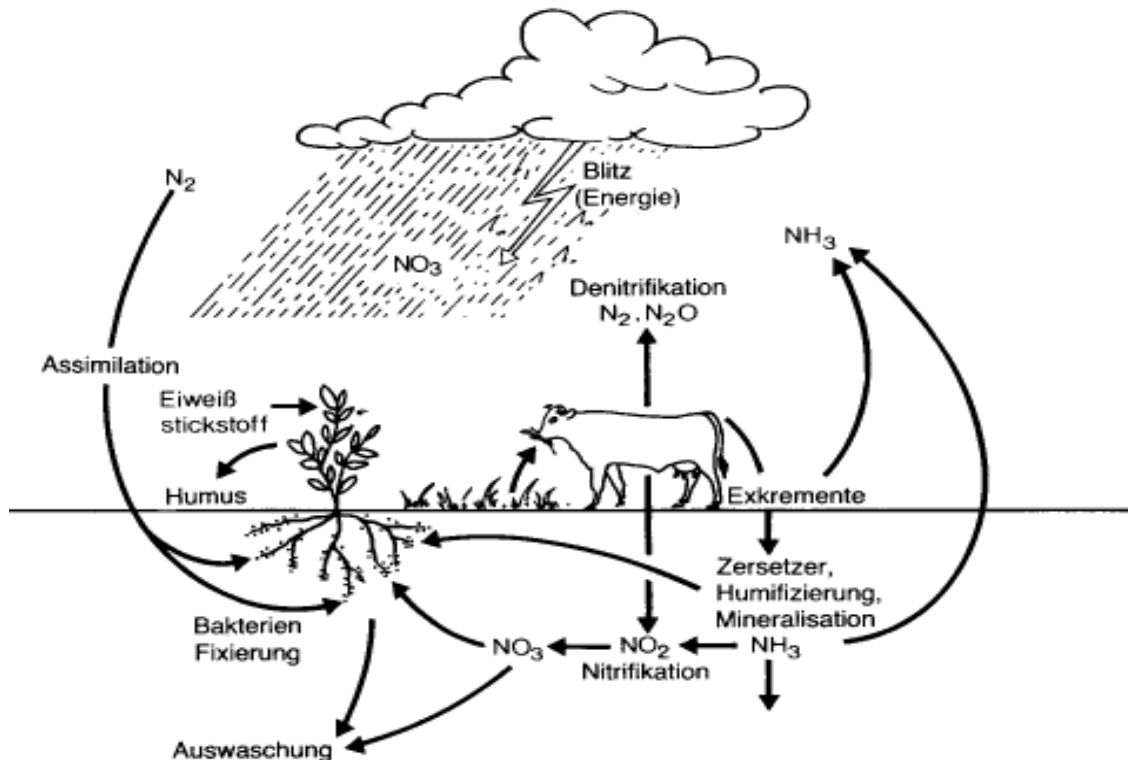
Abb. 3.14: Schematische Darstellung der erfaßbaren Stoffströme in der Landwirtschaft (schwer erfaßbar: hellblau)



Quelle: Moerschner/Lücke 1998

Eine besonders wichtige Folge von Intensivierungsmaßnahmen - insbesondere der verstärkten Ausbringung von Wirtschafts- und Mineraldüngern - ist die **Überdüngung** des Bodens. Dieser Problembereich berührt eine besonders komplexe Materie, z.B. den Stickstoffkreislauf der Natur und seine Modifikationen durch den Menschen (vgl. Abb. 3.15).

Abb. 3.15: Stickstoffkreislauf in der Biosphäre (Schema)



Der natürliche, globale Kreislauf des Stickstoffes (N) ist charakterisiert durch einen großen Vorrat an inertem N<sub>2</sub> in der Atmosphäre, einem geringeren Anteil, der in chemischer Bindung an Kohlenstoff, Sauerstoff oder Schwefel in Pflanzen, Böden, Tieren und Sedimenten vorliegt und einem kleineren Anteil, der aufgrund biologischer Vorgänge zwischen diesen Pools ausgetauscht wird. Dieser N-Kreislauf ist durch den Menschen erheblich modifiziert worden. Unter natürlichen Bedingungen, d. h. außerhalb des Einflusses menschlicher Aktivitäten, beträgt die globale biologische N<sub>2</sub>-Fixierung in terrestrischen und marinen Ökosystemen ca. 90-130 Tg N/Jahr (1 Tg = 10<sup>12</sup> g). Im Vergleich dazu liegt die anthropogene N<sub>2</sub>-Fixierung (z. B. industrielle Düngerherstellung; Umsetzung in Verbrennungsmaschinen; Leguminosenanbau) mittlerweile global bei ca. 130-135 Tg N, d. h. im globalen N-Kreislauf wird mehr N durch menschliche Aktivitäten fixiert als durch natürliche Prozesse (Vitussek et al. 1997). Zusätzlich zur N<sub>2</sub>-Fixierung wird weiterer N durch Verbrennung von Biomasse, Kahlschläge und Trockenlegung von Feuchtgebieten aus den natürlichen, biogeochemischen Langzeitspeichern freigesetzt.

Diese Entwicklung ist relativ neu: 50% des gesamten Stickstoffs, der in der Menschheitsgeschichte bis 1992 eingesetzt wurde, ist seit 1982 ausgebracht worden. Es wird vorausgesagt, daß die anthropogene N<sub>2</sub>-Fixierungsrate bis zum Jahre 2020 um 60% zunehmen wird und zwar vornehmlich als Resultat der landwirtschaftlichen Entwicklung in Südostasien (Galloway et al. 1994). Der in dieser Weise mobilisierte N wird über den Luft- oder Wasserweg über weite Strecken transportiert und in andere Ökosysteme eingetragen. Dieser anthropogene N-Eintrag hat sich vom lokalen oder regionalen Problem (z. B. in Nordwest- und Zentraleuropa und im Nordosten der USA) zu einem globalen Problem ausgeweitet.

Die Zunahme der anthropogenen N<sub>2</sub>-Fixierung und der damit verbundenen N-Anreicherung in vielen Ökosystemen ist durch positive Rückkopplungen Ursache für weitere globale Umweltprobleme. Dazu zählen zunehmende Emissionen von Distickstoffoxid (Lachgas; N<sub>2</sub>O) und weiterer Stickoxide (NO, NO<sub>2</sub>) sowie Ammoniak aus landwirtschaftlichen und industriellen Prozessen in die Atmosphäre. Die Freisetzung dieser Gase wirkt sich auf Klimaparameter aus (stratosphärischer Ozonabbau; zunehmende UV-B Strahlung), beeinflusst die regionale Luftqualität (Oxidantienbelastung; Versauerung der Niederschläge) und führt durch die Auswaschung von Nitrat aus terrestrischen Ökosystemen zu unerwünschten Nitratbelastungen aquatischer Systeme einschließlich des Trinkwassers (vgl. unten).

Nicht nur der Düngereinsatz im intensiv betriebenen Ackerbau, auch die *Intensivtierhaltung* führt zu Überdüngung. Um den steigenden Kostendruck in landwirtschaftlichen Betrieben aufzufangen, wurden Formen der Viehhaltung entwickelt, die ohne Einstreu von gehäckseltem Stroh auskommen. Dadurch entfällt einerseits das arbeitsintensive Ausmisten der Ställe, andererseits bringt diese Form der Viehhaltung hygienische Vorteile, da die Tiere kaum noch mit ihren Exkrementen in Berührung kommen. In diesen Betrieben fällt Flüssigmist (Gülle) an, der in großen Behältern gelagert wird. Von ihrer Zusammensetzung her ist die Gülle ein wertvoller Dünger. Um diesen Dünger optimal nutzen zu können, müßten die Viehzüchter gleichzeitig über große Ackerbauflächen verfügen was bei der derzeitigen Struktur der Landwirtschaft (Intensivierung, Spezialisierung) selten der Fall ist (flächenunabhängige Tierhaltung). Die Ackerbaubetriebe, die die Gülle gebrauchen könnten, liegen meist auch zu weit entfernt bzw. haben nicht die entsprechende Größenordnung. Außerdem benötigen die Pflanzen-Bauern die Gülle nur in der Jahreszeit, in der die Pflanzen sich im Wachstum befinden. Durch die Massentierhaltung fallen jedoch ganzjährig große Mengen Gülle an. Mit zunehmender Bestandsaufstockung in der Tierproduktion wächst das Problem; in manchen Regionen (klassischer Fall: die südoldenburgischen Landkreise Vechta und Cloppenburg) sind Agrarflächen zu Deponieflächen der Gülleentsorgung umfunktioniert worden (Teherani-Krönner 1992). Als Anhaltswerte für die Problemdimension sei auf folgende Aufstellung verwiesen:

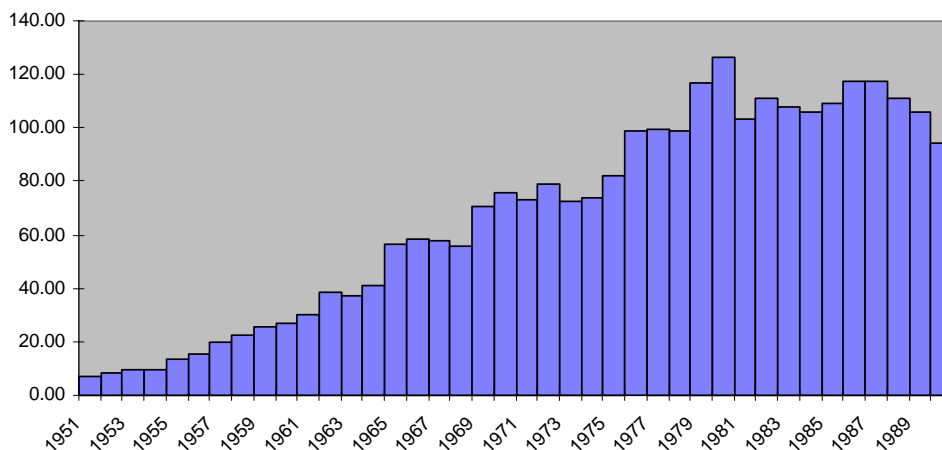
- **Huhn:** 180 g Kot täglich, 66 kg pro Jahr. Bei rd. 42 Mio. Legehennen (1996) und rd. 40 Mio. Masthühnern entspricht dies einer Menge von rd. 54 Mio. Tonnen pro Jahr.
- **Schwein:** 2.000 g Kot täglich, 730 kg pro Jahr. Bei rd. 25 Mio. Schweinen (1997) 18,25 Mio. Tonnen jährlich.
- **Rind:** 8500 g Kot täglich, 3100 kg pro Jahr. Bei ca. 15 Mio. Rindern (1997) in Deutschland im Jahr rd. 46,5 Mio. Tonnen.

Durch Verordnungen ist das Ausbringen der Gülle in den Monaten verboten worden, in denen kein Pflanzenwachstum erfolgt. Doch nicht nur zu Beginn und am Ende der Vegetationsperiode wird regelmäßig mehr

Gülle ausgebracht, als die Pflanzen aufnehmen können, auch in der Wachstumszeit wird auf zu kleinen Flächen zu viel Gülle ausgebracht - Auswaschungen und Verfrachtung der Nitrate in Grund- und Oberflächenwasser sind eine unmittelbare Folge, die Emission beträchtlicher Mengen Ammoniak in die Luft die andere.

In einer Studie mit Langzeitdaten hat eine Arbeitsgruppe der Universitäten Hannover und Halle/Wittenberg den Stickstoffüberschuß in der westdeutschen Landwirtschaft von 1950 bis 1990 berechnet (van der Ploeg et al. 1997). Auf der Eingabe-Seite dieser Bilanz dienten zum einen der Stickstoffgehalt des jährlich eingesetzten Mineral- und Wirtschaftsdüngers sowie des produzierten und importierten Tierfutters, auf der Entnahme-Seite der Stickstoffgehalt der produzierten Pflanzen sowie der tierischen Produktion. Unberücksichtigt geblieben sind bei dieser Berechnung allerdings sowohl die atmosphärische Deposition, die biologische Fixierung sowie der tatsächliche Verbleib des Stickstoffs. Expertenschätzung zufolge werden zwischen 32 und 42 kg pro ha und Jahr an Nitratstickstoff ins Grundwasser ausgewaschen (ebd.). Abb. 3.16 zeigt die langfristige Entwicklung des Stickstoffüberschusses.

**Abb. 3.16: Stickstoffüberschuß (in kg pro ha und Jahr) in der westdeutschen Landwirtschaft von 1950 bis 1990**



Quelle: van der Ploeg et al. 1997

Die Autoren betonen, daß für die hohen Überschüßwerte und die ebenfalls hohe Nitratauswaschung mit nachfolgender Grundwasserbelastung nicht allein die Landwirtschaft als "Akteur auf dem Feld" verantwortlich gemacht werden kann. Vielmehr zeigt die Korrelation zwischen N-Überschuß und dem Fleisch-Pro-Kopf-Verbrauch in Westdeutschland seit dem 2. Weltkrieg eine signifikante Parallele.<sup>11</sup> Die Autoren halten es daher im Umkehrschluß für angebracht, neben einer verstärkten Umwelt- und Grundwasserschutzpolitik im Agrarbereich auch auf eine Reduktion des Fleischverbrauchs hinzuwirken.

In den letzten Jahren scheint es zu einer gewissen Sättigung der Überschüsse gekommen zu sein, nachdem 1980 ein Höhepunkt erreicht wurde. Neuere Zahlen zum Düngemittelverbrauch in ganz Deutschland (Handelsdünger und Wirtschaftsdünger, Werte pro Hektar) zeigen, daß beim Handelsdünger sogar ein leichter Anstieg zu verzeichnen ist, während der Wirtschaftsdüngeranfall leicht zurückgeht.

Um die Umweltwirkungen und speziell die Wirkung von intensivierungsbedingter Düngung auf den Boden tatsächlich abschätzen zu können, ist nicht nur die anthropogene Aktivitäts- und Eintragsseite zu berücksichtigen, sondern die gesamte Bilanz, die u.a. von den Eigenschaften der jeweiligen Böden, des Grundwassers sowie der Vegetationsbedeckung abhängt. Die Suche nach Indikatoren, die auf systemischer Basis die Nicht-Nachhaltigkeit von Düngemaßnahmen abschätzen sollen, muß daher in Richtung geographisch expliziter Bilanzmodelle sowie ihrer zeitlichen Dynamik gehen. Der von Wendland et al. (1993) vorgelegte Atlas zum Nitratstrom in der

<sup>11</sup> Dies ist ein weiterer Beleg für die im DBS angenommene ursächliche Verknüpfung von Konsum- und Lebensstilentwicklung einerseits und dem wachsenden Intensivierungsdruck andererseits.

Bundesrepublik stellt eine sehr hilfreiche Momentaufnahme dar, die allerdings zu einem Dauer-Monitoring ausgebaut werden müßte.

Tab. 3.17: Düngemittelverbrauch in der deutschen Landwirtschaft (1993-1997)

Düngemittelverbrauch						
Inlandsabsatz an Handelsdüngern						
in kg Nährstoff/ha landwirtschaftlich genutzter Fläche (ohne Brache)						
(Stichtag 30. 06.)	1993/94	1994/95	1995/96	1996/97		
Stickstoff	101,6	111,2	107,6	106,6		
Phosphat	26,2	28,0	23,9	25,2		
Kali	40,5	41,5	39,5	39,2		
Kalk	83,8	96,7	96,7	106,9		
<b>Gesamt</b>	<b>252,1</b>	<b>277,4</b>	<b>267,7</b>	<b>277,9</b>		
Nährstoffanfall aus Wirtschaftsdüngern						
in kg/ha landwirtschaftlich genutzter Fläche (ab 1994 ohne Brache)						
	1991	1992	1993	1994	1995	1996
Stickstoff	80,2	74,9	75,7	74,1	72,3	70,7
Phosphat	46,6	43,3	42,7	42,6	41,4	40,6
Kalium	96,4	91,4	90,7	90,9	89,1	86,8
<b>Gesamt</b>	<b>223,2</b>	<b>209,6</b>	<b>209,1</b>	<b>207,6</b>	<b>202,5</b>	<b>198,1</b>

Quelle: Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Umweltbundesamt

Hier wurde beispielhaft nur auf den Stickstoff-Kreislauf eingegangen. In einer genaueren Untersuchung müßten auch die anderen Düngemittel-Bestandteile berücksichtigt werden. So ist z.B. für den *Phosphor-Haushalt* im Agrarbereich ebenfalls ein bedeutsames Ungleichgewicht zu konstatieren, das - neben der Ausbringung von Phosphorhandelsdünger im Ackerbau - vor allem durch die (vielfach importierten) eiweißreichen pflanzlichen Futtermittel (z.B. Ölkuchen auf Sojabohnenbasis, Fischmehl) bedingt ist:

"Die Einträge an P übersteigen die Austräge um etwa 80.000 t P/a. Vor einem Jahrzehnt lag dieser Wert noch etwa um das fünffache höher. Da in der Vegetation langfristig keine Akkumulation von Phosphor stattfindet, bleibt nur der Boden als Speicher." (Schernewski/Wetzel 1998: 6)

Die eigentliche P-Problematik setzt erst beim Transport in Gewässer ein, die sich langfristig auf eine P-Limitierung eingestellt haben und durch eine anthropogene Stoffflußintensivierung eutrophieren (Indikator: Algenwachstum).

Die *Kontamination* von Böden ist ein weiteres Problemfeld, das mit dem DBS eng verknüpft ist. In Rahmen dieser Studie geht es allerdings - der Philosophie des Syndromansatzes folgend - nicht darum, alle auf den landwirtschaftlichen Böden nachweisbaren stofflichen Belastungen sowie deren Ursachegeflecht zu berücksichtigen. Es soll vielmehr nur auf diejenigen Belastungen eingegangen werden, die durch die DBS-typische Intensivlandwirtschaft hervorgerufen werden - also auch den am Syndrom beteiligten Akteuren zuzurechnen sind. Einer Schätzung zufolge (Heinrich/Hergt 1994: 192) umfaßt die mittlere jährliche Deposition in ländlichen Gebieten pro Hektar folgende Stoffeinträge:

- Kupfer: 300 g<sup>12</sup>
- Sulfat: 40 kg
- Nickel: 15 g
- Blei: 200 g

<sup>12</sup> "In Handelsfuttermitteln für die Schweineaufzucht sind zur besseren Futtermittelnutzung und Tiergesundheit hohe Cu-Mengen enthalten, die mit der Schweinegülle auf die Felder kommen." (Heinrich/Hergt 1994: 193) Insofern muß ein noch unbestimmter Anteil der Kupferbelastung von Agrarflächen dem DBS zugerechnet werden.

- PCB: 1,5 g
- Arsen: 5 g

Zudem stellt die nasse Deposition von Säurebildnern wie Schwefeldioxid oder Stickoxid ("Saurer Regen") einen Belastungsfaktor dar, der häufig nur im Zusammenhang mit Waldschäden ("Waldsterben") diskutiert wird, aber auch für die landwirtschaftlichen Flächen ein - allerdings geringeres - Problem darstellt. Die meisten Quellen dieser bodenbelastenden und gesundheitsgefährdenden Einträge sind außerhalb der Landwirtschaft zu suchen: im Straßenverkehr, in Industrie und Haushalten (vgl. Haber/Salzwedel 1992: 84-88). Im Kontext der Syndromanalyse sind dies Schadenswirkungen *anderer* Syndrome, die das DBS u.U. verschärfen können. In dieser Studie wurde ihnen nicht weiter nachgegangen.

Der hier interessierende Focus der DBS-typischen Bodenbelastung gilt zum einen dem Problemkreis *Nitrat*, zum anderen dem der *Pflanzenschutzmittel*. Nitrat stellt insofern eine unerwünschte Belastung des Bodens dar, als es - entweder über die Auswaschung ins Grundwasser (s.u.) oder über die Aufnahme von Pflanzen - im menschlichen Organismus zu Nitrit umgewandelt wird. Nitrit oxidiert den Blutbestandteil Hämoglobin und hemmt so den Sauerstofftransport. Zudem kann Nitrit im Magen-Darmtrakt mit verschiedenen in Nahrungsmitteln vorkommenden sekundären und tertiären Aminen Nitrosamine bilden, die als krebserzeugend eingestuft werden. Hier ist insbesondere Blattgemüse (Kopfsalat, Spinat etc.) die Aufnahmequelle. Auch wenn diese **Gesundheitsschäden** vom SRU als ein Problemkreis vergleichsweise geringer Relevanz eingestuft wird (Haber/Salzwedel 1992), stellt er auch nach Einschätzung der Mitglieder dieses Gremiums einen zu beachtenden - in unserer Sprache: einen syndromrelevanten - Faktor dar.

Gesundheitlich negative Wirkungen gehen auch von der zweiten bodenbelastenden Facette der Intensivierung aus: den Pflanzenschutzmitteln. Auch in ihrem Fall ist der Wasserpfad bedeutsam (s.u.). Für den Boden selbst ist die Tatsache entscheidend, daß Pflanzenbehandlungsmittel in der Regel organische Verbindungen sind, die - bzw. deren Derivate - eine vergleichsweise hohe Persistenz aufweisen und sich somit im Boden anreichern können. Gerade unter Nachhaltigkeitsgesichtspunkten ist dieser akkumulative Aspekt besonders wichtig.

Im *hydrosphärischen Bereich* sind vier Trends für das DBS in Deutschland von Bedeutung: die Beeinträchtigung der Wasserqualität sowie die veränderte Wasserbilanz im Zuge landwirtschaftlicher Intensivierungsmaßnahmen führt - direkt oder über die Veränderung des Grundwasserspiegels - zu einer zunehmenden Süßwasserverknappung, die sich insbesondere auf natürliche Ökosysteme negativ auswirkt.

Die **Wasserqualität** wird durch die DBS-typische Landwirtschaft der feuchteren Breiten<sup>13</sup> zum einen durch die Vermittlung des Mediums Boden, zum anderen durch direkte Einwirkungen beeinträchtigt. In beiden Fällen sind zwei Hauptkomplexe zu unterscheiden: zum einen die Eutrophierung durch den Eintrag von Nährstoffen in Oberflächengewässer, zum anderen die Kontamination von Oberflächen- und Grundwasser durch Pflanzenbehandlungsmittel. Im Falle der Abschwemmung von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln vom Oberboden (speziell bei unsachgemäßer Ausbringung, z.B. auf vereisten oder schneebedeckten Flächen), die eine höhere Bedeutung besitzen als die Auswaschung über das Bodenwasser, liegt ein Grenzfall vor, der sowohl der bodenvermittelten als auch der direkten Wasserqualitätsverschlechterung zugerechnet werden kann. Erosionsbedingte Wassereinträge gehören stärker auf die Seite der bodenvermittelten Wirkungskette, während Abwehungen von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln sowie Belastungen, die in der Vor- oder Nachbereitungsphase der Landbearbeitung entstehen (z.B. das Reinigen von Spritzgeräten und Tanks), dem direkten Pfad zugeschlagen werden müssen. Insgesamt führen sowohl die Beeinträchtigung der Wasserqualität als auch die Änderung der lokalen Wasserbilanz (z.B. durch Verdichtungen) mit nachfolgendem Absenken des Grundwasserspiegels zu einer *Süßwasserverknappung*.

Auch in diesem Zusammenhang ist auf den *Problemkreis Nitrat* ( $\text{NO}_3^-$ ) einzugehen, das intensivierungsbedingt verstärkt in das Grundwasser eingetragen wird. Erhöhte Nitratgehalte sind im Grundwasser und in Oberflächengewässer festzustellen. Das Grundwasser ist von besonderer Bedeutung, da über 70% des Trinkwassers in Deutschland (regionale Unterschiede!) aus Grundwasser gewonnen wird. Wasserversorgungsunternehmen, in deren Einzugsgebiet der Grenzwert der Trinkwasserverordnung von 50

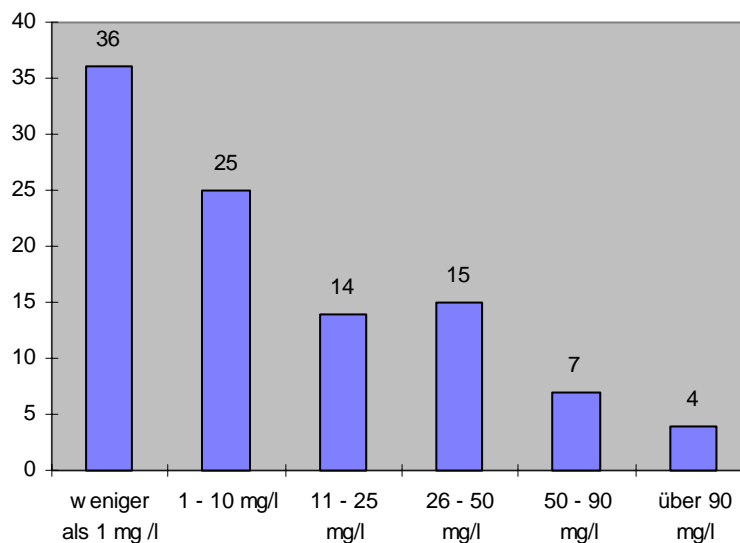
---

<sup>13</sup> In trockeneren Gebieten spielt die Bässerungslandwirtschaft eine entscheidende Rolle. Für das Gebiet der Bundesrepublik und seine agrometeorologischen Gegebenheiten ist deren Bedeutung jedoch marginal.

Milligramm pro Liter im Grundwasser überschritten wurde, reagierten mit einem teilweisen Abschalten der betroffenen Brunnen, mit dem Verlagern der Wassergewinnung in tiefere Grundwasserbereiche, mit dem Einmischen von unbelasteten Wasser oder mit dem verstärkten Einsatz von Wasseraufbereitungsanlagen. Die europäischen Richtlinien geben einen Grenzwert von 25 mg pro Liter vor.

Nach Angaben des Nitratatlas' (Wendland et al. 1993) beträgt der mittlere jährliche Stickstoffüberschuß auf der landwirtschaftlichen Nutzfläche ca. 108 kg N/ha. In Regionen mit einem hohen Viehbesatz können noch wesentlich höhere Werte erreicht werden. Nach den "Daten zur Umwelt 1997" des Umweltbundesamtes lagen 11 Prozent der bundesweit beprobten Meßstellen oberhalb des Grenzwertes der Trinkwasserverordnung; legt man die europäische Vorgabe von 25 mg/l zugrunde, sind es sogar 26% (vgl. Abb. 3.18).

**Abb. 3.18: Nitratbelastung des Grundwassers (Häufigkeitsverteilung)**



Quelle: UBA 1997a

Grundsätzlich ist eine zunehmende Tiefenverlagerung von erhöhten Nitratgehalten festzustellen. Auch unter Waldgebieten werden Nitratgehalte von bis zu 10 mg/l gemessen. Während das Grünland im Durchschnitt etwa 30 mg Nitrat pro Liter aufweist, muß man unter mit Gülle gespritzten Ackerland mit etwa 250 mg pro Liter rechnen.

Da Nitrat mit den üblichen Trinkwasseraufbereitungsmethoden kaum entfernt werden kann, ist Rohwasser mit einem höheren Gehalt an Nitrat für die Trinkwasserversorgung auf Dauer ungeeignet. Der Nitrat-Gehalt des Trinkwasser steigt langfristig an, obwohl die Ausbringung von Düngemitteln sich stabilisiert hat bzw. in manchen Regionen sogar rückläufig ist. Hier kommen Trägheitseffekte im Boden-Wasseraustausch zum Tragen. Daß die Belastung in der Klasse zwischen 50 mg/l und 90 mg/l in den achtziger Jahren leicht abgenommen hat, ist auf die Setzung des Grenzwertes von 50 mg/l zurückzuführen, die für Wasserversorgungsunternehmen verstärkte Maßnahmen zur Herabsetzung des Nitratgehalts vorsieht. (Sanierung und Vermeidung im Einzugsgebiet; Verschnitt von belastetem mit weniger belasteten Rohwasser) (Umweltbundesamt 1999).

Der Stickstoffeintrag in die *Oberflächengewässer* im alten Bundesgebiet wird in der "Studie über Wirkungen und Qualitätsziele von Nährstoffen in Fließgewässern" (1991) auf jährlich rd. 770.000 t geschätzt. Die Haupteintragsquellen sind die Landwirtschaft mit 45,8% und kommunale Kläranlagen (inclusive industrielle Indirekteinleiter) mit 30,5%; mit weitem Abstand folgen industrielle Direkteinleiter mit 9,7%, die natürliche Grundfracht mit 6,5% sowie nicht kanalisierte Abwässer und die Regenwasserbehandlung mit jeweils 2,6% (Umweltbundesamt 1999). Zusammen mit der Phosphatfracht wirken die Stickstoffeinträge der Landwirtschaft eutrophierend auf die Randmeere der Nord- und Ostsee.

Selbstverständlich sind auch hierbei regionale Differenzen zu beachten. Tab. 3.3 etwa gibt die Entwicklung der Nitratbelastung des Grundwassers für die sachsen-anhaltinischen Meßstellen wieder.

Tab. 3.3: Entwicklung der Nitrat-Konzentration im Grundwasser in Sachsen-Anhalt zwischen 1993 und 1997

Nitratgehalt (mg/l)	Anzahl der Meßstellen				
	1993	1994	1995	1996	1997
0 - 5	67	68	67	75	71
> 5 - 10	6	6	4	7	8
> 10 - 25	11	6	18	12	12
> 25 - 50	9	16	11	11	13
> 50 - 100	3	7	7	8	10
> 100 - 200	6	7	5	6	4
> 200	1	2	2	2	2

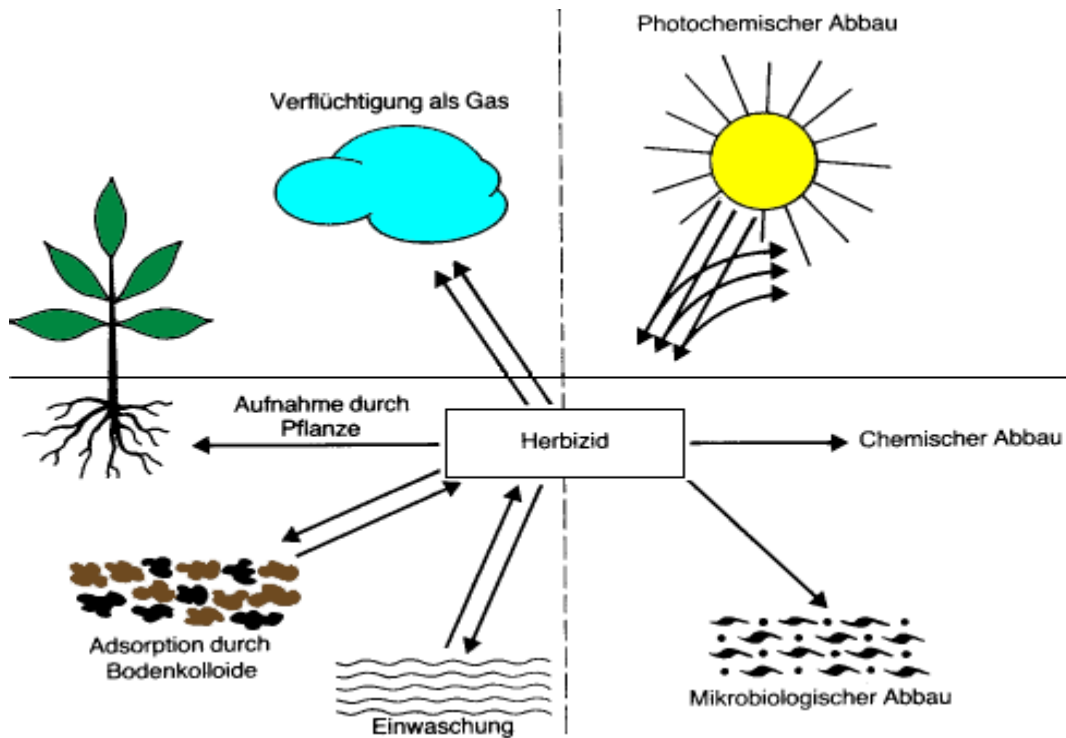
Quelle: MRU o.J.

Neben dem Nitratproblem kommt dem Bereich der *Pflanzenschutzmittel* eine besonders große Bedeutung für das DBS zu. Pestizide ist der Sammelbegriff für Stoffe, die der Abwehr oder Vernichtung von "Schadorganismen" dienen. Als Schädlinge werden Organismen bezeichnet, die durch für sie lebenswichtige Prozesse (Fraß, Nahrungskonkurrenz u.ä.) die Kulturpflanzen schädigen. Die Anwendung von Pestiziden ist gegenüber physikalischen oder biologischen Methoden kurzfristig am wirkungsvollsten, allerdings mit einer ganzen Reihe von Umwelt- und Gesundheitsrisiken behaftet. Chemisch gesehen sind die meisten Pestizide chlorierte Kohlenwasserstoffe. Pestizide werden nach ihren Zielgruppen eingeteilt: Pflanzen (Herbizide), Bakterien (Bakterizide), Insekten (Insektizide), Entlaubung (Defoliantien), Nagetiere (Rodentizide), Schnecken (Molluskizide), Milben (Akarizide). Als Beispiele seien das Insektizid Hexachlorcyclohexan (HCH, Lindan), das Fungizid Hexachlorbenzol (HCB), das Bakterizid Hexachlorphen (HCP) erwähnt.

Am häufigsten werden Herbizide, Fungizide und Insektizide eingesetzt. Sie können sich in den Produkten anreichern und gelangen über das Futter in den tierischen Organismus. Dort werden sie in den Fettdepots gesammelt und landen über Fleisch, Butter, Milch, Eier und andere tierische Nahrungsmittel schließlich am Ende der Nahrungskette: beim Menschen (von daher symbolisiert die im DBS-Beziehungsgeflecht gewählte Trendverknüpfung *Bodenkontamination* → *Gesundheitsschäden* ein mehrstufiges Wirkungsgefüge). Viele dieser Chemikalien kann der Mensch nicht ausscheiden. Sie werden im Fettgewebe abgespeichert und summieren sich so im Laufe eines Lebens. Ein guter Indikator dafür ist beispielsweise die Muttermilch. Während der Stillzeit werden die Fettreserven im Körper mobilisiert und die Gifte freigesetzt. Muttermilch ist häufig mit chlorierten Kohlenwasserstoffen belastet. Die Langzeitfolgen und die möglichen Synergiewirkungen der Gifte im Körper kann die Wissenschaft heute noch nicht genau abschätzen. Für die Natur birgt der Gifteinsatz andere Gefahren. Die Schädlinge werden mit der Zeit resistent gegen die Gifte - neue Agrochemikalien müssen entwickelt werden. Neben den Schädlingen werden auch Nützlinge getötet, das biologische Gleichgewicht empfindlich gestört.. Auch hier gibt es allerdings große Wissenslücken (vgl. WBGU 1998: 128-133). Abb. 3.19 gibt eine schematische Darstellung der Wechselwirkungen.



Abb 3.19: Schema der Wechselwirkungen von Pflanzenschutz und Medien

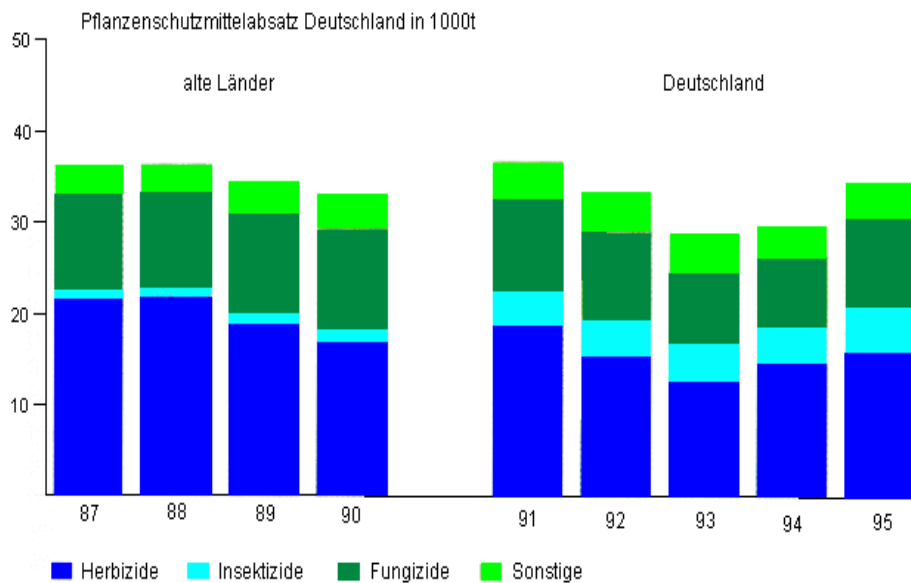


Quelle: Demuth 1992

Heute werden in der Landwirtschaft andere Pestizide eingesetzt als am Anfang der Chemisierung; die Abbauraten in der Natur sind rascher, die Dosierungen geringer. Gleichwohl besteht aufgrund der zeitlichen Persistenz der Verbindungen und dem "Gedächtnis" des Bodens hier eine Systemverzögerung. Auch die modernen Chemikalien besitzen zudem ein Gefährdungspotential.

Jährlich werden in der Landwirtschaft in Deutschland rund 35.000 Tonnen Pflanzenschutzmittel (Pestizide) eingesetzt. Im zeitlichen Ablauf ergibt sich das in Abb. 3.20 dargestellte Bild.

Abb. 3.20: Pflanzenschutzmittelabsatz in Deutschland



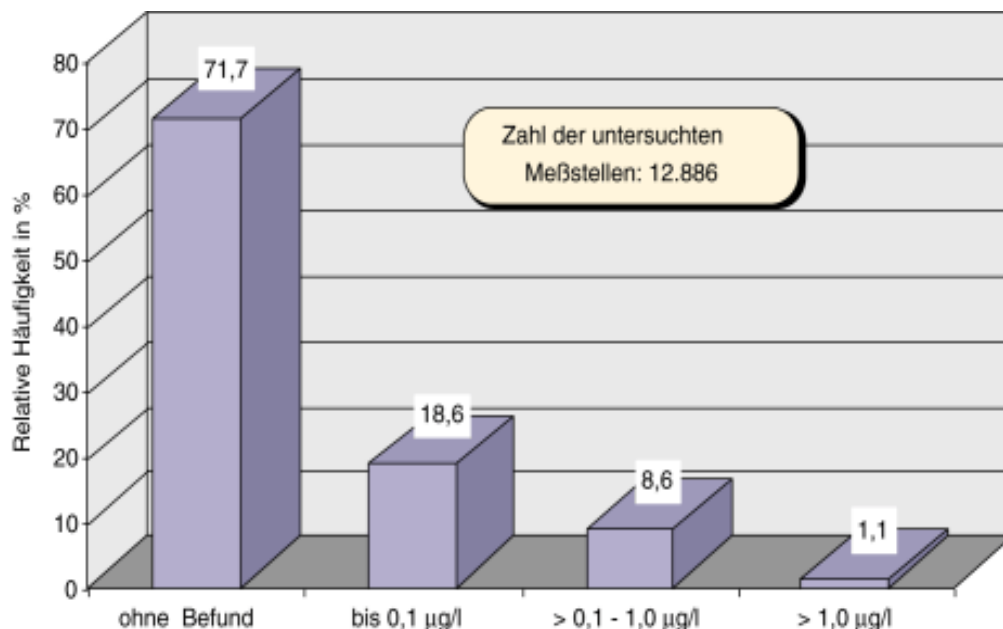
Quelle: Umweltbundesamt 1997a

In den alten Ländern waren von 1980 bis 1984 rund 1.820 Pflanzenschutzmittel zugelassen. Bis 1998 sank die Zahl der in Deutschland zugelassenen Pflanzenschutzmittel auf 1.031 auf der Basis von 257 Wirkstoffen (Stand:

01.01.1998). Der Absatz an Pflanzenschutzmittelwirkstoffen sank in Deutschland bis 1993 auf 28.930 t ab. Seit 1994 ist bei den Herbiziden ein Anstieg zu verzeichnen, der im wesentlichen auf die Wiederinkulturnahme von stillgelegten Flächen und die Umstellung der Landwirtschaft in den neuen Ländern zurückzuführen ist. Die Beurteilung der von Pflanzenschutzmitteln ausgehenden Umweltbelastungen wird dadurch erschwert, daß statistische Aussagen über die tatsächliche Ausbringung fehlen. Die aufgebrauchten Mengen variieren je nach Anbauart und Fruchtfolge sowie standörtlichen Bedingungen und die Präparate werden häufig über mehrere Jahre gelagert. Hinzu kommt die unterschiedliche Toxizität und Persistenz der eingesetzten Wirkstoffe. Das Pflanzenschutzrecht hat in Deutschland bereits zu einer wesentlichen Verschärfung der Zulassungs- und Anwendungsbestimmungen für Pflanzenschutzmittel geführt. Insgesamt werden biologisch besser abbaubare (Halbwertszeit max. 70 Tage) und selektiv wirkende Mittel verwendet. Herbizide werden vor allem im Getreide-, Raps- und Kartoffelbau, aber auch bei Mais und Zuckerrüben angewendet. Insektizide kommen in erster Linie in Obstanlagen, Wein- und Hopfenbau, aber auch bei den enannten Ackerfrüchten zum Einsatz. Fungizide werden vorwiegend im Ackerbau, Erwerbsobstbau, Wein- und Hopfenbau verwendet. Neben der Bodenkontamination ist die Wasserqualität (Oberflächen- und Grundwasser) durch den Pestizideinsatz

Die *Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA)* hat den ersten für Deutschland repräsentativen Bericht über die Pflanzenschutzmittelbelastung des Grundwassers erarbeitet. Sie kommt zu dem Ergebnis, daß neben der Belastung mit Nitrat der Eintrag von bestimmten Pflanzenschutzmittelwirkstoffen nach wie vor Anlaß zur Sorge gibt. Vielfach können Pflanzenschutzmittelfunde im Grundwasser mit einer intensiven landwirtschaftlichen Bodennutzung und insbesondere mit dem Anbau von Sonderkulturen in Zusammenhang gebracht werden. Als weitere Ursachen werden die Herbizidanwendung auf Nichtkulturland und Einträge aus oberirdischen Fließgewässern genannt. Nach einheitlichen Vorgaben wurden Ergebnisse von fast 13.000 Meßstellen aus dem obersten Grundwasserstockwerk ausgewertet. Bei etwa 19% der Meßstellen waren Pflanzenschutzmittelwirkstoffe in Konzentrationen unterhalb des Trinkwassergrenzwertes in Höhe von 0,1 µg/l nachweisbar. Der Grenzwert wurde in rd. 10% der Fälle überschritten (vgl. Abb. 3.21). Am häufigsten wurden bestimmte Herbizidwirkstoffe im Grundwasser nachgewiesen. Hierbei waren Atrazin und sein Abbauprodukt Desethylatrazin am häufigsten zu finden, gefolgt von (BML 1998).

Abb. 3.21: Pflanzenschutzmittel-Befunde im oberflächennahen Grundwasser



Quelle: UBA 1997a

Dabei ist festzustellen, daß auch bei den aktuellen Messungen der weitaus überwiegende Teil aller Funde im Grundwasser noch immer auf die Wirkstoffe Atrazin und Simazin oder das Atrazin-Abbauprodukt Desethylatrazin zurückzuführen ist, obwohl bereits seit Jahren Anwendungsbeschränkungen oder Anwendungsverbote bestehen. Ein erheblicher Teil dieser Funde geht vermutlich auf Pflanzenschutzmittelanwendungen vor dem Jahre 1991 zurück. Hierbei wurden nicht unerhebliche Wirkstoffmengen in den Untergrund oder das Grundwasser verlagert. Unter ungünstigen Bedingungen können

diese "Altlasten" das Grundwasser noch über Jahre hinaus belasten. Ein Teil der Funde könnte allerdings auch auf jüngere, verbotswidrige Anwendungen zurückzuführen sein.

Der *verstärkte Treibhauseffekt* wurde bereits anlässlich des gesteigerten Energieverbrauchs der industriell geprägten Intensivlandwirtschaft angesprochen. Hinzu kommen die direkt produktionsbezogenen Immissionen. Der Beitrag der Landwirtschaft weltweit zum Treibhauseffekt liegt in der Größenordnung von 15% (Enquete-Kommission 1994: 93) und 20% (IPCC 1996: 748). Dabei sind es vor allem die Emissionen von Methan (CH<sub>4</sub>), Distickstoffoxid (N<sub>2</sub>O) und Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>), die entscheidend sind. Methan wird - abgesehen vom Naßreisanebau, der in der Bundesrepublik keine Rolle spielt - vor allem durch die Tierhaltung (Verdauung, Exkremente) emittiert; Rinder und Milchkühe haben dabei eine besondere Bedeutung. Für Deutschland (1990) geht die Enquete-Kommission (1994: 95) davon aus, daß die Landwirtschaft zu ungefähr einem Drittel (etwa 2 Mio. t) zu den gesamten Methanemissionen beiträgt. Auch bei der Emission von N<sub>2</sub>O in der Bundesrepublik hat die Landwirtschaft einen Anteil von einem Drittel (1990: 75.000 t). Hier ist die Stickstoffdüngung mit nachfolgender mikrobieller Denitrifizierung die Hauptquelle. Die Kohlendioxid-Emissionen machen den geringsten Anteil der agrarischen Treibhausgasemissionen weltweit aus (IPCC 1996: 748). Für Deutschland kann (1994) von einem Anteil der Land- und Forstwirtschaft an den Gesamtemissionen von ca. 1% (=13.100 Gigagramm) (BMU 1997b: 75).

Der letzte im Rahmen des DBS anzusprechende Problemkreis wird von vielen Experten als der bedeutsamste angesprochen: die Beeinträchtigung der *Biosphäre* durch die Landwirtschaft, ablesbar an den beiden Schlüsseltrends *Konversion von Ökosystemen* und *Degradation von Ökosystemen*. Funktion, Struktur und Qualität eines Ökosystems sind wesentliche Voraussetzungen für eine im Sinne des Nachhaltigkeitsziels wünschenswerte Aufrechterhaltung von Biodiversität auf Arten- und auf Gen-Ebene.

Biologische Vielfalt (oder auch Biodiversität) ist die Eigenschaft biologischer Systeme, voneinander verschieden zu sein. Sie zeigt sich auf allen Hierarchieebenen, z.B. der der Gene, der Arten, der Ökosysteme. Als Eigenschaft der biologischen Systeme gestattet die biologische Vielfalt den Arten und Lebensgemeinschaften, sich wandelnden abiotischen (Wasser, Luft, Boden) und biotischen (Flora, Fauna, Mikroorganismen) Umweltbedingungen anzupassen und ihr Fortbestehen zu sichern. Damit wird unter anderem die biologische Regulierung der Atmosphäre und die Grundlage für menschliches Leben auf der Erde gesichert. Neben dieser fundamentalen Funktion besitzt die biologische Vielfalt weiterhin Bedeutung für die Menschheit als Nahrungs- und Rohstoffquelle. Nicht zu vergessen ist schließlich der Eigenwert der Pflanzen und Tiere. Weltweit findet derzeit ein dramatischer, weitgehend durch die Wirtschaftstätigkeit des Menschen hervorgerufener Rückgang der biologischen Vielfalt statt. Man schätzt beispielsweise, daß menschliche Einflüsse den Artenschwund mindestens fünfzig- bis hundertfach im Vergleich zur natürlichen Rate verstärkt haben. Neben Einflüssen, die die biologische Vielfalt direkt betreffen (Jagd, Fischerei) wird durch den Menschen vor allem die abiotische und biotische Umweltqualität verändert, die dann auf die Ausprägung der biologischen Vielfalt wirkt. Ursachen hierfür sind beispielsweise

- Stoffeinträge und Strahlungen (Immissionen, Klimaänderungen )
- Flächennutzung (Landwirtschaft, Forstwirtschaft, Fischerei, Siedlung, Verkehr)
- Einbringen von gebietsfremden Organismen und genetisch oder gentechnisch veränderte Organismen.

Die laut SRU bedeutsamste Umweltfolge - der Verlust an Biodiversität - ist zugleich am schwierigsten zu erfassen und zu indizieren. In der Fachdiskussion werden gewöhnlich grob drei Ebenen oder Niveaus unterschieden:

1. Biom-, Ökosystem und Habitatniveau
2. Populations- und Organismen-niveau
3. Genetisches Niveau

Der Wissensstand auf den verschiedenen Ebenen ist allerdings sehr unterschiedlich, die Harmonisierung der Ebenen läßt zu wünschen übrig. Ein gewisser "Wissens-Anthropozentrismus" ist deutlich: So ist auf der Ebene (3) das Wissen um die hauptsächlich vom Menschen genutzten Kulturpflanzen sehr viel größer als das Wissen bezüglich wildlebender Arten. Und auf der Ebene (2) wissen wir deutlich mehr über Gefäß- und Blütenpflanzen sowie über Wirbeltiere als etwa über Bakterien und Wirbellose, die für das Funktionieren von Ökosystemen

dennoch sehr bedeutsam sind. Generell läßt sich festhalten, daß die Größe, der Fragmentierungsgrad sowie die Funktionstüchtigkeit (Integrität) eines Ökosystems die wichtigsten Einfluß- und Kenngrößen für die Biodiversität der betreffenden Region darstellen.

"Ökologische Daten und Modelle machen zunehmend deutlich, daß die Landschaftsstruktur und -funktionalität und weniger die untergeordneten Ebenen letztlich über den Zustand der Naturgüter entscheiden." (Plachter 1997: 63)

Die Lücken des wissenschaftlichen Wissens über verschiedene Aspekte von Biodiversität schlagen sich auch in der Suche nach geeigneten Indikatoren nieder (vgl. Plän 1999). Inhaltlich können - in Anlehnung an Reid et al. (1993), Aldrich et al. (1995) - für die Ökosystemebene folgende Indikatoren vorgeschlagen werden:

- der Flächenanteil (z.B. einer Bioregion), der strukturell von selbst regenerierenden Ökosystemen dominiert ist resp. die Änderungsrate zwischen struktureller Dominanz von selbst regenerierenden zu Nutz-Ökosystemen, der Fragmentierungsgrad resp. der Anteil von großen Flächenanteilen (*patches*) von Wildflächen über 1000 qkm,
- die Sensitivität der Region oder von Teilen etwa durch das Vorhandensein von *key-stone ecosystems* oder singulären Attraktionen, gekennzeichnet etwa durch prozentuale Anteile mit Höhenanstiegen oder abfallenden Uferlinien
- der Anteil streng geschützter Gebiete an der betrachteten Gesamtfläche (etwa der einer Bioregion),
- der Anteil von menschlicher Infrastruktur wie Straßen, Siedlungen, Industrie, Vieh-dichte, Feld- und Grünlandanteil u.a.
- der Nutzungs- Wert, der etwa als Anteil eingeschlagener Holzfläche quantifizierbar ist.

Einer Untersuchung der Bundesforschungsanstalt für Naturschutz und Landschaftsökologie (BFANL) zufolge (vgl. Demuth 1992) können die in Deutschland zu beobachtenden Artenrückgänge (insgesamt wurden 711 Arten untersucht) auf verschiedene Nutzungsformen zurückgeführt werden. Mehrfachnennungen sind aufgrund von Ursachenüberschneidungen möglich.

Tab 3.4: Menschliche Ursachen des Artenrückgangs

Anzahl der Arten	Verursacher
513	Landwirtschaft
338	Forstwirtschaft und Jagd
161	Tourismus und Erholung
158	Rohstoffgewinnung, Kleintagebau
155	Gewerbe, Siedlung und Industrie
112	Wasserwirtschaft
79	Teichwirtschaft
71	Verkehr und Transport
71	Abfall- und Abwasserbeseitigung
53	Militär
40	Wissenschaft, Bildung, Kultur
8	Lebensmittel- und Pharmazeutische Industrie

Quelle: Demuth 1992

Es zeigt sich, daß die Landwirtschaft die wichtigste Verursacheraktivität für den Artenschwund in Deutschland ist. Als wichtigste Teil-Aktivitäten dabei erwähnt die BFANL (in absteigender Bedeutung):

- Nutzungsänderungen
- Beseitigung von Sonderstandorten

- Nutzungsaufgabe
- Entwässerung
- Bodeneutrophierung
- Mechanische Einwirkungen
- Herbizidanwendung, Saatgutreinigung

Eine wichtige Ursachenkomponente sind die intensivierungsbedingten enormen Zunahmen des Transfers biologisch verfügbaren Stickstoffs, der in vielen natürlichen und halb-natürlichen, von Natur aus N-limitierten Ökosystemen gravierende Folgen für biologische Systeme und insbesondere die Vegetation hat. Zahlreiche Experimente und Freilandbeobachtungen konnten zeigen, daß die Zufuhr von N in terrestrische Ökosysteme, die zu einer Aufhebung der N-Limitierung führt, in einer Dominanz von wenigen Arten (im Extremfall von nur einer Art) resultieren kann, die stark auf das zusätzliche N-Angebot reagieren, während die Arten, die an weniger N-reiche Böden angepaßt sind, verschwinden. Meist verursacht der N-Input eine Stimulation der Nettoprimärproduktion und der Biomassebildung, während die Zahl der im jeweiligen Ökosystem vorhandenen Arten abnimmt. Beispiele hierfür finden sich in den Vegetationsveränderungen von Heidelandschaften, Mooren und Magerrasengesellschaften sowie in Veränderungen im Auftreten von N-sensitiven Moosen (Weigel 1997).

Die Geschichte der menschlichen Agrarwirtschaft in Mitteleuropa läßt sich hinsichtlich der Landnutzungssysteme und ihrer Auswirkungen auf Biotop- und Artenvielfalt wie in Tabelle 3.5 dargestellt periodisieren.

Das Ergebnis der historischen Landnutzungsänderungen - Rolf Peter Sieferle (1997) spricht hier von einer "großen Transformation" - ist die intensiv genutzte Agrarlandschaft auf der Basis industrieller Techniken und Organisationsprinzipien (Sieferle: die "totale Landschaft"). Agrarökosysteme als Produkte der historischen Interaktion zwischen naturräumlichem Potential und Naturfunktionen einerseits und Formen und Dynamiken intensiver Landbewirtschaftung können als "anthropogen dominierte Ökosysteme" (Vitousek et al. 1997) betrachtet werden, in denen zahlreiche und wesentliche Ökosystemeigenschaften überformt und geändert wurden (Matson et al. 1997).

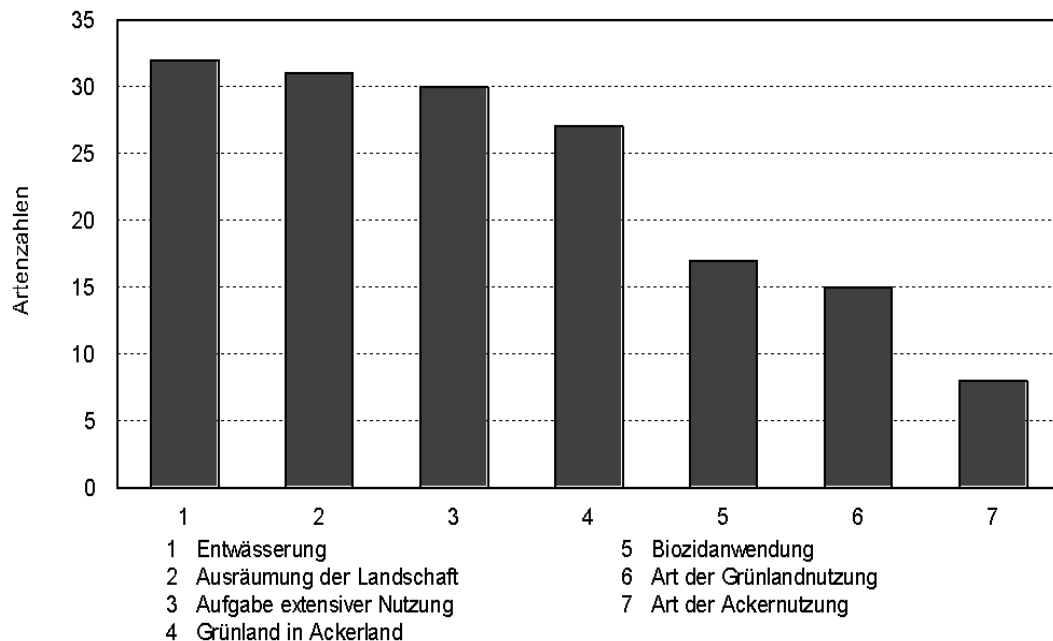
Ein für die jüngste Phase der Agrikulturentwicklung bedeutsamer Indikator auf der Artenebene ist der Rückgang der Vogelarten, nicht zuletzt aufgrund des massiv angewachsenen Einsatzes von Pflanzenschutzmitteln (darauf hatte Anfang der 60er Jahre bereits Rachel Carson in dem berühmten Buch *Silent Spring* hingewiesen) (vgl. Abb. 3.22)

Tab. 3.5: Landnutzungssysteme und Biodiversität in der Geschichte Mitteleuropas

Zeitraum	Landnutzungssystem	Kennzeichen der Landnutzung	Biotopvielfalt	Artenvielfalt
Nacheiszeit bis frühes Mittelalter	Naturlandschaften ohne bzw. mit geringer Nutzung	<ul style="list-style-type: none"> <li>große Urwälder sowie Moore und Sümpfe dominierend</li> <li>großflächige Nutzung nur durch Jagd</li> <li>punktuell beginnende Viehwirtschaft und Ackerbau</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>großräumig sehr hoch</li> <li>kleinräumig je nach Landschaftstyp und natürlicher Dynamik mehr oder weniger hoch</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>großräumig sehr hoch</li> <li>kleinräumig in der Regel auf Waldarten beschränkt; Offenlandarten nur auf Sonderstandorten (Moore, Flußauen, Felsen u.a.)</li> </ul>
ca. 8./9. Jahrhundert bis ca. 1750	Mittelalterliches Agrarsystem	<ul style="list-style-type: none"> <li>großflächige Waldrodungen</li> <li>Dreifelder- und Hutewirtschaft (sehr extensiv)</li> <li>Oligotrophierung ganzer Landschaften</li> <li>sehr geringe Produktivität und z.T. rückläufige Bodenfruchtbarkeit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>großräumig sehr hoch</li> <li>kleinräumig Zunahme durch Entstehung vielfältiger oligotropher Offenland- und Sukzessionsbiotope (Heiden, Trockenrasen, Hutewälder u.a.)</li> <li>Verlust vieler Urwaldtypen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>klein- und großräumig sehr hoch</li> <li>Zurückdrängung vieler Waldarten (Verlust von Großsäugern)</li> <li>starke Ausbreitung von Offenlandarten, Einwanderung von Archäophyten und ersten Neophyten</li> </ul>
ca. 1750 bis 1950	Neuzeitliche bäuerlich-extensive Landwirtschaft und geregelte Forstwirtschaft	<ul style="list-style-type: none"> <li>Trennung von Land- und Forstwirtschaft und großflächige Aufforstungen</li> <li>Ablösung der Dreifelderwirtschaft durch vielfältige Fruchtfolgen;</li> <li>ausgeglichene Nährstoffsalzen (Leguminosenanbau und Stallmisteinsetzung)</li> <li>mäßige Produktivität bei verbesserter Bodenfruchtbarkeit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>groß- und kleinräumig noch hohes Biotopmosaik</li> <li>weitere Vernichtung natürlicher Biotope (Moore, Sümpfe u.a.)</li> <li>starke Einschränkung mittelalterlicher Offenlandbiotope, z.T. Ersatz durch Extensivwiesen und Forste</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>kleinräumig z.T. einsetzender Rückgang</li> <li>großräumig weiterhin sehr hoch</li> <li>Gefährdung von Arten bisher ungenutzter Biotope (z.B. Moore)</li> <li>beginnende Zurückdrängung von Arten oligotropher Standorte</li> <li>verstärkte Einwanderung von Neophyten</li> </ul>
ab 1950	Industrialisierte, intensive Land- und Forstwirtschaft	<ul style="list-style-type: none"> <li>Technisierung von Land- und Forstwirtschaft</li> <li>hoher Einsatz von Betriebsmitteln (Dünger, Pflanzenschutzmittel, Melioration)</li> <li>großflächige Eutrophierung durch Mineraldüngung und z.T. überhöhten Viehbesatz</li> <li>sehr hohe Produktivität in Ackerbau und Viehwirtschaft bei hoher Bodenfruchtbarkeit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>vielfach Verlust des kleinräumigen Biotopmosaiks im Agrarraum</li> <li>großräumige Vernichtung ganzer Biotoptypen (z.B. Hoch- und Niedermoore, Flußauen u.a.)</li> <li>nur noch kleine Reste mittelalterlicher Offenlandbiotope</li> <li>großflächige Nivellierung der Wasser- und Nährstoffverhältnisse</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>klein- und großräumig starker Rückgang indigener Arten</li> <li>länderspezifisch stehen 30-70 % aller Pflanzen- und Tierarten auf den Roten Listen</li> <li>größte Verluste bei den Arten oligotropher Standorte</li> <li>Neophyten verdrängen z.T. indigene Arten</li> </ul>

Quelle: Kretschmer/Hoffmann/Wenkel 1997

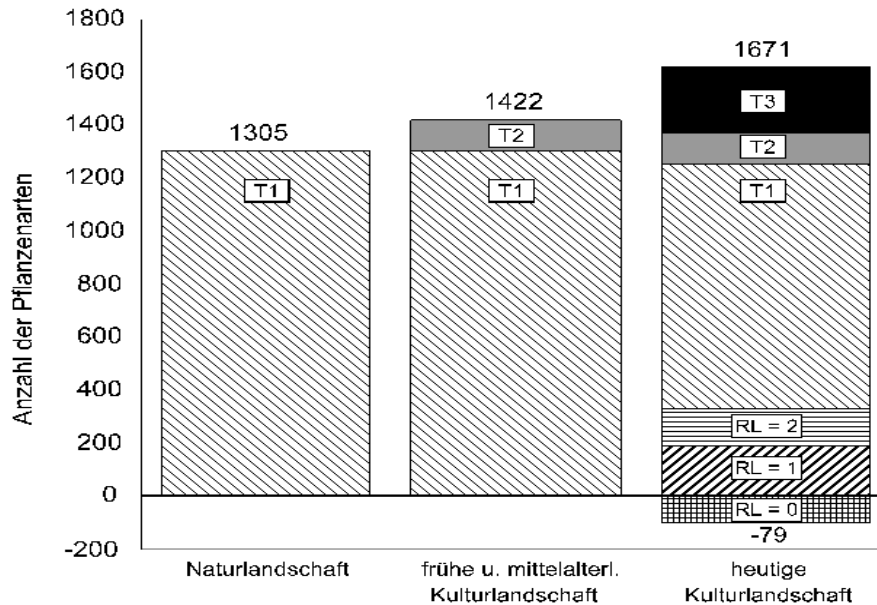
Abb. 3.22: Faktoren der Gefährdung heimischer Vogelarten durch die Landwirtschaft



Quelle: Bauer, Thielke (1982)

Generell ist zwar die Gefährdung der Biodiversität durch landwirtschaftliche Aktivitäten im Sinne des DBS zu konstatieren. Es muß allerdings betont werden, daß die gegenwärtigen Probleme bezüglich der Biodiversität in Deutschland weniger bei einer regionalen Abnahme der Gesamtartenzahl als vielmehr bei einer zunehmenden Zurückdrängung indigener Spezialisten sowie gleichzeitiger Zunahme sowohl indigener als auch neophytischer Generalisten liegen. Die Intensivierung der Landnutzung führt in der Regel zu einer Florennivellierung auf Kosten ökologisch eng spezialisierter Arten. Dies geht in der Regel nicht mit einer Abnahme der Artenzahl einher, sondern sogar mit einer Zunahme (vgl. Abb. 3.22). Entscheidend ist also nicht allein die Artenzahl, sondern die Qualität und Funktionalität des Artenspektrums. Für typische Ackerbau­landschaften Brandenburgs und Thüringens wurde die Bedeutung unterschiedlicher Dichte und Qualität von Kleinstrukturen für die Artenvielfalt und Artenzusammensetzung untersucht. Bei einem Vergleich sehr unterschiedlich strukturierter Agrarflächen mit standorttypischer und konventioneller Nutzung nimmt die Artenzahl sowohl bei Farn- und Blütenpflanzen als auch bei verschiedenen Tiergruppen mit Erhöhung des Flächenanteils von Kleinstrukturen bzw. wachsender Strukturdiversität stark zu. Bezogen auf 100 ha Untersuchungsfläche ließ sich mit zunehmender Kleinstrukturfläche (von 0,2 bis 15 % der LN) eine Erhöhung der Artenzahl bei Farn- und Blütenpflanzen um den Faktor 3-4 sowie z. B. bei Brutvögeln und Tagfaltern sogar um den Faktor 10-12 nachweisen. Bereits eine vergleichsweise geringe Erhöhung der Strukturvielfalt führte insbesondere bei niedrigem Ausgangsniveau zu einer starken Zunahme der Artenvielfalt. In sehr vielfältig gegliederten Agrarlandschaften mit mehr als 10 % Anteil Kleinstrukturfläche können bereits auf 100 ha LN Lebensräume für einen erheblichen Anteil des Artenpotentials eines übergeordneten Naturraums vorhanden sein (Kretschmer/Hoffmann/Wenkel 1997).

Abb. 3.23: Historische Veränderungen der Artenzahl bei Farn- und Blütenpflanzen in Brandenburg (T1 - Indigene Arten, T2 - Archäotypen (Einwanderung bis 1500), T3 - Neophyten (Einwanderung ab 1500), RL - Rote Liste Brandenburg, RL0 - ausgestorben oder verschollen, RL1 - vom Aussterben bedroht, RL2 - stark gefährdet).  
Quelle: Kretschmer/Hoffmann/Wenkel 1997



Unabhängig vom Flächenanteil der Kleinstrukturen ist noch das Vorhandensein von hinreichend breiten Acker- und Wegrändern (über 1 bzw. über 5 m) für das Artenspektrum förderlich. Allerdings sind gewisse Mindestgrößen für kleinstrukturierte Landflächen bzw. für Nutzflächen mit Saumstrukturen notwendig, um zu einem flächendeckenden Artenschutz zu kommen. Hierbei besitzt die Erhaltung der letzten Restflächen weitgehend natürlicher bzw. naturnaher Biotoptypen (gering anthropogen beeinflusste Wälder, Moore und Sümpfe, alpine Matten) die höchste Priorität. Diese Befunde legen es nahe, einen komplexen Indikator zur Messung von Biodiversität zu bilden, der den Fragmentierungsgrad der Landschaft abbilden muß (vgl. unten).

Durch intensitätsbedingte Gefährdungen der Biosphäre können sich negative syndrominterne Rückkopplungen ergeben: zum einen führt die bereits erwähnte *Resistenzbildung* bei "Unkräutern" und Schädlingen nicht nur dazu, daß höhere Dosen gegeben bzw. neue Mittel entwickelt werden müssen, sondern auch dazu, daß die landwirtschaftliche *Produktion* beeinträchtigt wird. Dies gilt gerade dort, wo es zu Monostrukturen von Hochertragsorten gekommen ist. Zum anderen führt der Verlust der genetischen Vielfalt zu einem Verlust des Optionswerts der Biosphäre in dem Sinn, daß die aus dem (vernichteten) genetischen Material zu entwickelnden neuen Organismen bzw. Eigenschaften nicht mehr zur Verfügung stehen. Dadurch wird langfristig der *Fortschritt der Bio- und Gentechnik* gehemmt.

Faßt man die Umweltbelastungen durch Intensivlandwirtschaft in einer Rangfolge nach dem Grad ihrer Wichtigkeit zusammen, wie dies der *Sachverständigenrat für Umweltfragen* hat in seinem Fachgutachten getan hat (Haber/Salzwedel 1992), ergibt sich folgendes Bild:

1. Beeinträchtigung, Verkleinerung, Zersplitterung und Beseitigung *naturbezogener Biotope* und *Landschaftsbestandteile*. Als Hauptursache dafür ist vor allem die produktivitätsorientierte Flurbereinigung im Zuge der Umwandlung der traditionellen Landwirtschaft zu nennen.
2. Zunehmende *Gefährdung des Grundwassers* durch den *Eintrag von Nitrat* und neuerdings auch von *Pestiziden*. Hauptursache ist die Intensivierung der Stickstoffumsetzungen (vor allem auf Wassereinzugsgebieten) sowie die verstärkte Chemisierung der Landwirtschaft.
3. Zunehmende *mechanische* und *stoffliche Bodenbelastung*. Ursache für Bodenverdichtungen ist die wachsende Mechanisierung, Ursache für Erosion u.a. die Zunahme von Reihenfrüchten (wie Mais



und Rüben), Ursache der stofflichen Belastung ebenfalls die Chemisierung (besonders Pestizide mit Persistenz- und Anreicherungsproblematik)

4. Die **Beeinträchtigung der Oberflächengewässer** durch landwirtschaftliche Aktivitäten ist in erster Linie auf erhöhte Nähr- und Schadstofffrachten sowie auf die Änderung des natürlichen Wassergefüges (Bäche werden verrohrt oder zu Vorfluterrinnen) zurückzuführen.
5. Die **Gesundheitsbelastung durch Nahrungsmittel** steht erst an fünfter Stelle und weist zudem einen rückläufigen Trend auf. Besondere Beachtung verdient das Nitratproblem, wobei allerdings die menschliche Aufnahme zu 70-80% über Gemüse (und weniger stark über Trinkwasser) läuft.
6. Schließlich ist die **Belastung der Luft** durch landwirtschaftliche Aktivitäten zu nennen, vor allem Staub aus der Bodenbearbeitung, Düngerabdrift, aber auch der Beitrag der Landwirtschaft zum Treibhauseffekt und zum stratosphärischen Ozonabbau (Methan, Distickstoffoxid, Ammoniak).

Bei der Gewinnung systemischen Indikatoren für Nachhaltigkeit im Bereich der Landwirtschaft sollte im Rahmen der Datenverfügbarkeit versucht werden, dieser Prioritätensetzung Rechnung zu tragen (vgl. Kap. 5). Im folgenden Kapitel 4 geht es um die dem Ansatz interne Herleitung der systemdynamischen Voraussetzungen für eine angemessene Indikatorenverknüpfung (Problem der *interlinkages*).

#### 4. Qualitative Syndromdynamiken

Der Begriff der Nachhaltigkeit stellt aus systemtheoretischer Sicht die Frage nach (a) möglichen zukünftigen Entwicklungen, (b) deren Qualifizierung als nachhaltig/nicht-nachhaltig und schließlich (c) nach Steuerungsmöglichkeiten, die es ermöglichen, unter den möglichen Entwicklungen die Nachhaltigen einzuschlagen.

Bei der gegebenen hohen Interdependenz aller Aspekte des globalen Wandels stellt das Syndromkonzept mit seiner Unterteilung des Gesamtkomplexes der problematischen Entwicklungen in einige, in erster Näherung voneinander separierbare Ursache-Wirkungskomplexe (syndromspezifische Beziehungsgeflechte) einen wichtigen Schritt zur systematischen Behandelbarkeit dar. Im Falle relativer Autonomie dieser qualitativen Teilmodelle ist es sinnvoll, zunächst die möglichen qualitativen Entwicklungspfade zu untersuchen, die auf dem betrachteten syndromspezifischen Beziehungsgeflecht beruhen und dann die aus sozialer, ökonomischer und ökologischer Sicht unerwünschten Entwicklungen zu identifizieren. Die Ankopplung beobachteter qualitativer Entwicklungsstadien geschieht dann über die "Lokalisierung" der beobachteten Situation in den unterschiedlichen möglichen Entwicklungspfaden, die eingeschränkte Prognose ergibt sich aus den Fortsetzungen der entsprechenden qualitativen Lösung.

In diesem Sinne soll nun das bis hierher entwickelte Beziehungsgeflecht in systematischer Weise auf mögliche dynamische Entwicklungen hin untersucht werden, die mit den identifizierten Ursache-Wirkungsbeziehungen verträglich sind. Bisher standen hierzu im Wesentlichen zwei Vorgehensweisen zur Verfügung:

- einerseits die heuristische Betrachtung der Zusammenhänge, die auf Plausibilitätsargumenten beruht, jedoch kaum in der Lage ist, bei komplizierten Ursache-Wirkungsgeflechtern alle möglichen Zusammenhänge gleichzeitig angemessen zu berücksichtigen (rein textliche Beschreibungen finden hier ihre Grenze) und
- andererseits die quantitative Modellierung, meist auf Basis von Differential- oder Differenzgleichungen die dynamische Entwicklung der Zustandsgrößen explizit vorhersagt, in der Modellspezifizierung aber weit über die (gesicherten) qualitativen Zusammenhänge (wie im vorherigen Kapitel erläutert) hinausgehen muß, was meist zu einer Reduktion der betrachteten Zusammenhänge auf halbwegs Quantifizierbare führt (z.B. rein ökonomische)

Zwischen diesen beiden Vorgehensweisen ist die qualitative dynamische Modellierung angesiedelt, die im Rahmen des Syndromprojekts zum ersten Mal auf die interdisziplinäre Behandlung des Globalen Wandels angewandt wurde (Petschel-Held et al., 1999, Petschel-Held/Lüdeke/Reusswig, 1999).

Dabei wird als einer der am weitesten fortgeschrittene Formalismen der Ansatz der *qualitativen Differentialgleichungen* (QDgls) betrachtet, der von der *Qualitative Reasoning Group* in Austin/Texas ursprünglich entwickelt wurde (Kuipers 1994) und im Programm QSIM implementiert ist. Mathematisch gesprochen ist eine QDgl eine qualitative Beschreibung einer ganzen Klasse gewöhnlicher Differentialgleichungen. Der

ursprüngliche QDgl-Ansatz von Kuipers ist wesentlich durch Clancy, Berleant und Kay weiterentwickelt worden. Hier sind insbesondere die Methoden des semiquantitativen Schließens (Q2, Q3 und NSIM; Kay 1996, Berleant/Kuipers 1998) und der Reduktion der Zahl der zu betrachtenden Fälle (*chatter-box abstraction*; Clancy 1997), zu nennen. Auch die Ansätze zur Zerlegung hochkomplexer Modelle (DecSIM) und zur Einführung zeitabhängiger Bedingungen (TeQSIM) sind wichtige Schritte zur Anwendbarkeit von QSIM. Interessant ist in diesem Zusammenhang auch die Arbeit zur Sicherheitsverifikation von Systemen, bei der mit Hilfe von QSIM Bedingungen gefunden werden, die verhindern, daß ein System in eine Katastrophenzone gerät (Loeser et al. 1998).

Diese Verfahren sind bislang noch nicht zur Modellierung globaler oder regionaler Umweltveränderungen herangezogen worden. Gleichwohl eignen sie sich sehr gut für einen qualitativ orientierten Zugang, weil sie auf der einen Seite zwar den grundsätzlichen Gedanken funktionaler Abhängigkeiten (objektsprachlich: von Ursache-Wirkungsbeziehungen) aufrechterhalten und durch die Konzepte der Landmarks (Marksteine) und der Monotonie von Abhängigkeitsbeziehungen auch präzisieren, andererseits aber nicht auf exakte Quantifizierungen von Zusammenhängen angewiesen sind, sondern eine ganze Schar möglicher qualitativer Gesetzmäßigkeiten dann als gleich behandeln, wenn das durch die Marksteine und Monotonien definierte Systemverhalten gleich bleibt. Was aus der Perspektive quantitativ exakt festgelegter Funktionszusammenhänge als Manko erscheinen könnte - daß qualitative Differentialgleichungen nur ein ungefähres Systemverhalten definieren - erscheint aus der Sicht des in diesem Projekt zu bearbeitenden Problems geradezu als Stärke: die aus dieser Problemformulierung deduzierten qualitativen Zeitverläufe bilden ähnliche Klassen von Dynamiken des Mensch-Umweltsystems ab und kommen damit strukturell dem Projektziel der Typisierung vergleichbarer Fälle nah. Dieser Formalismus versetzt einen dadurch in die Lage, etwas zu tun, was viele regionalen Fallstudien häufig auch dann unterlassen, wenn sie mit expliziten Modellen der vor Ort wirksamen Mechanismen arbeiten: die Dynamik und die möglichen Verläufe zu bedenken, die sich aus dem angenommenen Strukturmodell noch ergeben können, in der Regel aber nicht berücksichtigt werden.

Bei der Verwendung *qualitativer Differentialgleichungen (QDGLn)* (Kuipers 1994; zur Anwendung auf den Globalen Wandel s. Petschel-Held et al 1999; Diskussion über mögliche Anwendungen in der Geographie s. Frank 1996) werden neben den in den Beziehungsgeflechten enthaltenen Vorzeichen der Wechselwirkungen im wesentlichen nur Annahmen über sog. Meilensteine und deren Korrespondenz benötigt, an denen eine qualitative Änderung der beschriebenen Wechselwirkung hypothetisiert wird. Es ist nicht erforderlich, quantitative Werte für diese Meilensteine zu ermitteln: es reicht hin, von ihrer Existenz auszugehen.

Im allgemeinen sind durch eine einzelne QDGLn zahlreiche Lösungsmöglichkeiten bestimmt, die mit den aus den empirischen Untersuchungen ermittelten Entwicklungen zu vergleichen sind. Wichtig in diesem Zusammenhang ist die für die Lösung von QDGLm relativ neu entwickelte Methode der Chatter-Box-Abstraction (Clancey 1997), vermittels derer eine deutliche Reduktion der Zahl möglicher Systemverhalten gelingt. Es ist zu erwarten, daß die Zahl der möglichen Lösungen des qualitativen Differentialgleichungssystems trotz Verwendung dieser und ähnlicher Abstraktionsmethoden hoch ist.

Aber auch diese arrivierte Form der mathematischen Analyse erfordert zunächst die Kondensierung des Ursache-Wirkungsgeflechts auf seinen kybernetischen (d.h. die gegenseitigen Regelungsbeziehungen betreffenden) Kern. In Abbildung 4.1 wird dieser dynamische Kern des Syndroms iterativ entwickelt und schrittweise analysiert, wobei zunächst das kybernetische Konzept eines Agrarsektors unter Marktbedingungen diskutiert wird (Abb. 4.1, A), im nächsten Schritt dann zusätzlich der Umweltaspekt Berücksichtigung findet (Abb. 4.1, B) wird und schließlich die Aspekte der Markordnung eingeführt werden (Abb. 4.1, C).

#### 4.1 Qualitative Entwicklungen des Landwirtschaftssektors unter Marktbedingungen

Aus den Betrachtungen in den bisherigen Kapiteln geht die zentrale Bedeutung der kapitalintensiven Intensivierung der Landwirtschaft zum Zwecke der Produktivitätssteigerung klar hervor. Daher gehört die Produktivität  $p$  (sei sie flächen- oder arbeitskraftbezogen) als zentrale Charakterisierung des Zustandes der Landwirtschaft (im Hinblick auf Kapitalisierung, eventuelle Umweltbeeinträchtigungen und soziale Folgen) in ihrer Verknüpfung mit weiteren dynamischen Variablen sicher zum dynamischen Kern des Syndroms. Betrachtet man die Nachkriegsentwicklung der deutschen Landwirtschaft, spielt die Sicherstellung der nationalen Selbstversorgung mit landwirtschaftlichen Gütern (Exportsubstitution) eine zentrale Rolle, neben der Produktivität muß also auch die Produktion  $P$  landwirtschaftlicher Güter betrachtet werden, deren Umschlag zunächst Weltmarktbedingungen unterliegen soll, die sich zunächst in von  $P$  unbeeinflussten Weltmarktpreisen  $\pi$  niederschlagen. Erreicht die Produktion einen merklichen Anteil am Weltmarkt, wird  $\pi$  von  $P$  abhängig und kann sich unter Überproduktionsbedingungen stark verringern. Letzlich setzt sich aus der Produktion und den Preisen das landwirtschaftliche Einkommen  $E$  zusammen, das neben konsumptiven Zwecken der Aufrechterhaltung der Produktion  $P$  und, gegebenenfalls, der Erhöhung der Produktivität  $dp/dt$  dient. Neben den Zustandsvariablen (Ellipsen in Abb. 4.1) dieses einfachen agrarpolitik- und umweltfreien qualitativen Modells müssen nun noch die Wechselwirkungen (unterschiedliche Pfeile in Abb. 4.1) charakterisiert werden.

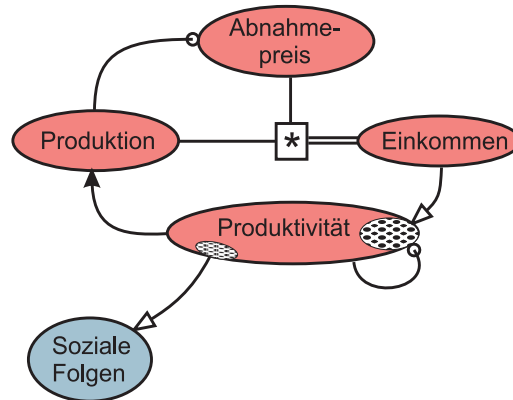
So wird man eine (kapitalintensive) Erhöhung der Produktivität nur zu erwarten haben, wenn die Einkommenssituation es zuläßt, abhängig von den konsumptiven und produktionserhaltenden Ausgaben. Also zeigt der Zusammenhang zwischen Einkommen und Produktivitätssteigerung ( $dp/dt$ , graue Region in der Ellipse für die Zustandsvariable  $P$  in Abb. 4.1) eine Schwellwertcharakteristik: erst ab einem bestimmten Mindesteinkommen ist mit einer Produktivitätserhöhung zu rechnen, die dann jedoch mit steigendem Einkommen zunehmen kann. Als nächsten Aspekt des Zusammenhangs zwischen Einkommen und Produktivität muß der Aufwand für den Erhalt von  $p$  berücksichtigt werden - je hochtechnisierter die Landwirtschaft desto größer ist dieser Aufwand, oder andersherum formuliert, ohne entsprechende Erhaltungsinvestitionen wird der Verfall der Produktivität zu beobachten sein (z.B. Abschreibung Maschinenpark) - somit existiert ein zweiter Einfluß auf  $dp/dt$ , der abhängig von  $p$  selbst, zur Verringerung der Produktivität beiträgt (anstelle der Pfeilspitze für "Verstärkung" findet sich in Abb. 4.1 ein Kreis für "Abschwächung") - auch bei dieser Wirkung kann man in guter Näherung ein Schwellwertverhalten annehmen.

Im Rahmen der hier betrachteten Phänomene sind zunächst zwei Auswirkungen der Produktivität von Belang: zunächst kann die landwirtschaftliche Produktion als monoton wachsende Funktion der Produktivität aufgefaßt werden, wobei der gewählte Einsatz der Faktoren (Ackerfläche, Arbeitskräfte) die konkrete Form dieser Funktion bestimmt und es sind ab einem bestimmten Mindeststand der Produktivität zunehmend soziale Folgen zu erwarten (z.B. Freisetzung von Arbeitskräften). Der Einfluß der Produktion auf den Preis schließlich stellt nach dem vorhergesagten eine monoton fallende Funktion mit einem Schwellwertverhalten dar. Der Kreis zum Einkommen schließt sich durch die (qualitative) Multiplikation von Produktion und Preis.

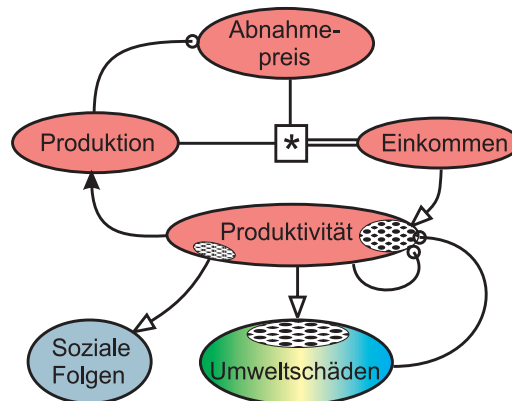
Die zur Auswertung dieses qualitativen Modells gewählte Methode der qualitativen Differentialgleichungen (QDGI) erlaubt nun die formale Abbildung der Aussagen des vorherigen Absatzes ohne das Hinzufügen weiterer Informationen. Die mathematische Auswertung des entsprechenden Gleichungssystems liefert alle möglichen qualitativen Entwicklungen, die mit einer solchen Argumentation verträglich sind.

Abbildung 4.1: Hierarchie von Modellen des kybernetischen Kerns der Syndromdynamik

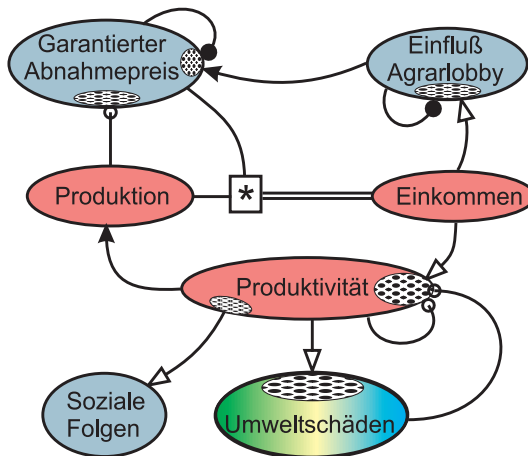
A) Landwirtschaftssektor unter Marktbedingungen mit sozialen Auswirkungen und ohne Berücksichtigung der Umweltwechselwirkung



B) Landwirtschaftssektor unter Marktbedingungen mit Berücksichtigung der Umweltwechselwirkung und sozialer Auswirkungen



C) Regulierter Landwirtschaftssektor mit Berücksichtigung der Umweltwechselwirkung und sozialer Auswirkungen



LEGENDE:

- Zustandsvariable
- Änderung der Variable
- Verstärkt
- Schwächt ab
- Wie oben, jedoch mit Schwellwertcharakteristik
- Qualitative Multiplikation

Im Folgenden wird die formale Abbildung der Aussagen erläutert. Die Zustände der einzelnen Variablen werden nur relativ zu "ausgezeichneten" Werten, den sogenannten Landmarks, angegeben, ohne daß es von Belang wäre, welcher numerische Wert diesen Landmarks zugeordnet ist - nur ihre Reihenfolge spielt eine Rolle. Betrachten wir etwa die Zustandsvariable "Einkommen",  $E$ , existiert nach dem oben gesagten offensichtlich als ausgezeichneter Wert der Schwellwert EKI, von dem an Investitionen in eine Erhöhung der Produktivität getätigt werden (es sei nochmals darauf hingewiesen, daß für das Folgende nur die Existenz eines solchen Wertes benutzt wird, nicht seine Größe, die sehr unterschiedlich sein kann). Im Rahmen des hier gewählten Ansatzes liegt das Einkommen also entweder über, unter oder bei EKI. Der Zustandsraum von  $E$  besteht also aus 5 Elementen,  $E$ :  $\{0; (0, EKI); EKI; (EKI, \text{inf}); \text{inf}\}$ , wobei noch 0 und unendlich ( $\text{inf}$ ) hinzugefügt wurden, um die äußeren Grenzen des Bereichs für  $E$  zu charakterisieren (es werden also 5 "Werte" von  $E$  unterschieden). Definiert man LPS als die Gesamtproduktion, von der an der Preis sinkt, APW als den zunächst von  $P$  unabhängigen

Weltmarktpreis und PRN als die Produktivität, von der an Erhaltungsinvestitionen getätigt werden müssen gilt entsprechend:

$P: \{0; (0, LPS); LPS; (LPS, inf); inf\}; \quad p: \{0; (0, PRN); PRN; (PRN, inf); inf\};$

$\pi: \{0; (0, APW); APW; (APW, inf); inf\}$

Mit dieser Definition der (diskreten) Zustandsräume und der direkten Übersetzung der Wechselwirkungstypen des vorherigen Abschnitts (monoton fallend/steigend mit oder ohne Schwellwertverhalten) ist die Formalisierung vollzogen und die Auswertung im Rahmen des QDGI-Algorithmus mit dem Resultat aller möglichen resultierenden qualitativen Zeitverläufe kann durchgeführt werden.

Hierzu liegt ein Programmpaket (QSIM) vor, welches diese automatisch generiert. Eine Übersicht über das Gesamtergebnis der Simulation ist in Form eines Verhaltensbaums (Abb. 4.2) dargestellt, wie es aus der Anfangsbedingung  $\pi=APW$  und  $p=(0,PRN)$  bestimmt wurde.

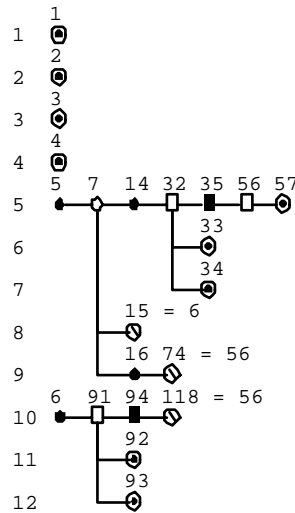
Hier bedeutet jede der 12 Zeilen ein mögliches qualitatives Verhalten (d.h. eines Zeitverlaufs der Zustandsvariablen) des Systems, wobei die Zeit von links nach rechts läuft. Jedes Symbol steht für einen (numerierten) Systemzustand (jeweils ein bestimmter qualitativer Wert für alle Zustandsvariablen) zu einem bestimmten Zeitpunkt oder in einem Zeitintervall. Die 6 jeweils ganz links positionierten Symbole stehen für die 6 möglichen unterschiedlichen Anfangszustände - die Symbole am rechten Ende der Äste für bestimmte Endzustände oder Fortsetzungsvorschriften - in diesem Fall 9 unterschiedliche stationäre Gleichgewichte (Kreise mit eingeschlossenem Punkt), die am Ende des jeweiligen qualitativen Zeitverlaufs erreicht werden und 2 Fortsetzungsvorschriften, die einmal einen Sprung zu Zustand 6 und einmal zum Zustand 56 anzeigen. Letztere endet dann im nächsten Schritt beim Gleichgewichtszustand 57, während ersterer auf den 5. Anfangszustand (Zeile 10) führt.

Von der Anfangsbedingung 5 aus können also 5 unterschiedliche Gleichgewichtszustände erreicht werden, von Anfangsbedingung 6 dagegen nur 3. Die Anfangsbedingungen 1 - 4 stellen selbst schon Gleichgewichte dar (d.h. hier setzt erst gar kein dynamischer Prozess ein). Typisch für das Resultat eines qualitativen Differentialgleichungssystems sind die Verästelungen im Verhaltensbaum - dies bedeutet, daß es für einen qualitativen Zustand unter Umständen mehr als einen möglichen Folgezustand gibt (und damit Bifurkationen, die den weiteren Verlauf bestimmen, in diesem Beispiel von den Zuständen 7, 32 und 91 mit jeweils drei unterschiedlichen Fortsetzungen der Dynamik). Dies ist formal gesehen die Folge der "schwachen", rein qualitativen Formulierung des Systems und stellt auf der anderen Seite die mathematische Formulierung der "schwachen" Prognose in der Form der Identifizierung möglicher Zukünfte dar.

Im Folgenden soll der Verhaltensbaum des Systems analysiert und einige der Äste näher beschrieben und interpretiert werden. Als gemeinsame Eigenschaften der Anfangszustände wurde ein Zustand der Landwirtschaft mit relativ geringer Produktivität gewählt ( $p$  liegt im Intervall zwischen 0 und PRN,  $(0, PRN)$ , also wenig kapitalintensiv), die dem Weltmarktpreineiveau ( $\pi=APW$ ) ausgesetzt ist. Die ersten 4 Lösungen in Abb. 4.2, in denen erst gar keine dynamische Entwicklung einsetzt, sind nun alle dadurch gekennzeichnet, daß das in dieser Situation erreichte Einkommen nicht über der kritischen Grenze EKI liegt und damit keine Produktivitätserhöhung möglich wird. Wegen  $\pi=APW$  liegt auch  $P$  nicht über LPS - für zwei der Lösungen (1 und 2) liegt  $P$  unter LPS, die Produktion leistet also keine Marktsättigung.

Abbildung 4.2: Verhaltensbaum des ökonomischen Teilmodells

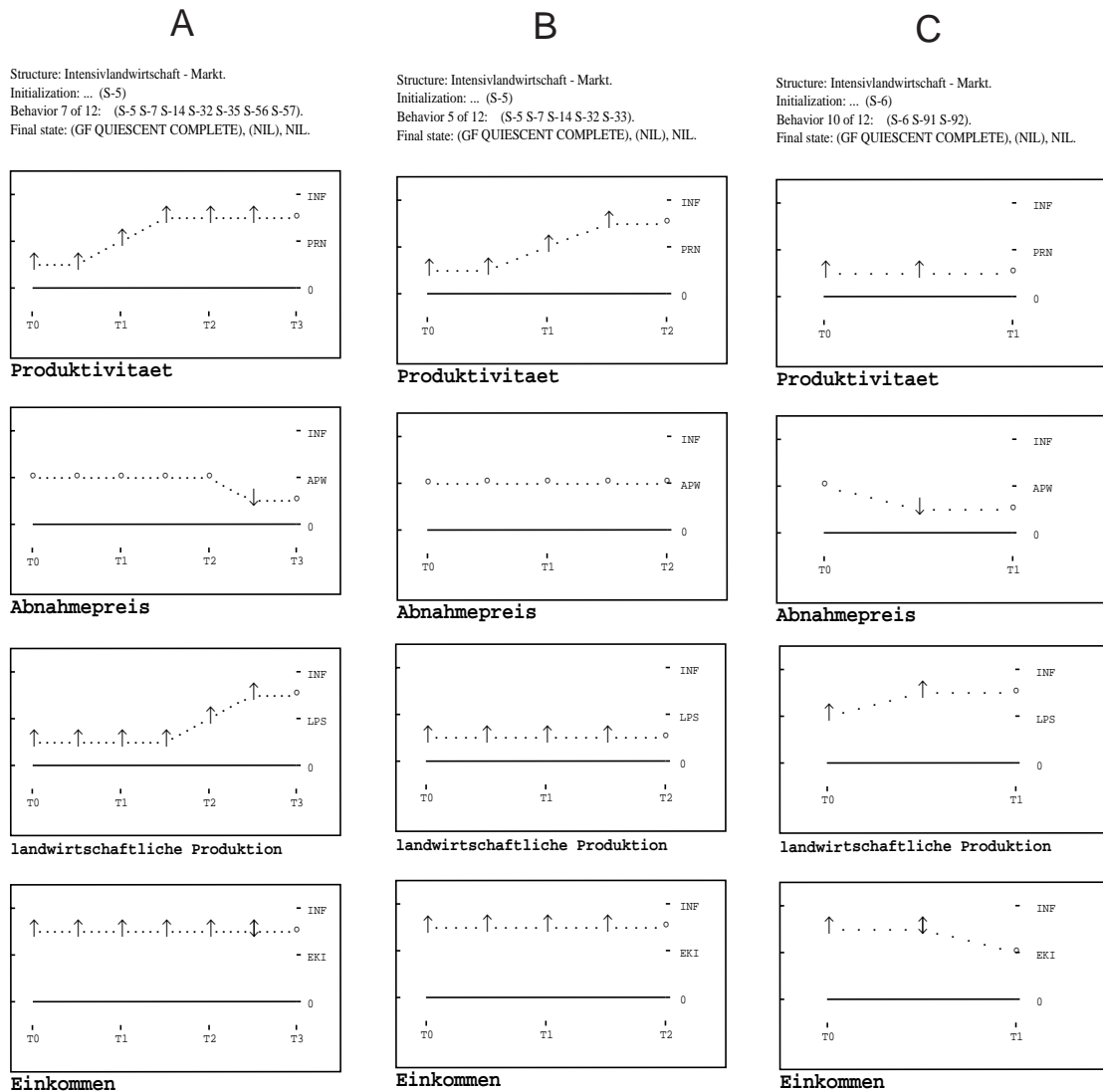
Structure: (Intensivlandwirtschaft -  
Simulation from 6 complete initializ  
A total of 12 behaviors.



Dies charakterisiert in etwa die Situation der zu geringen landwirtschaftlichen Produktion, wie Rauch sie für Westeuropa in der Zeit nach dem zweiten Weltkrieg beschreibt (Rauch, 1997) und wie sie Ausgangspunkt für nationale und europaweite Agrarpolitik war. Die übrigen zwei konstanten Lösungen (3 und 4) beschreiben die, mit den obigen Ursache-Wirkungsannahmen verträglichen Fälle von hinreichend großer Produktion trotz niedriger Produktivität. Wollte man diese ertsen 4 Lösungen im Hinblick auf Nachhaltigkeit charakterisieren (im Falle dieses "ökonomistischen" Teilmodells könnte man nur ökonomische Nachhaltigkeit abbilden), wäre nur Lösung Nr. 4 als nachhaltig zu kennzeichnen, die eine genügende Produktion bei einem Einkommen erzielt, das knapp unter der Investitionsschwelle liegt, die Konsumbedürfnisse also befriedigt und die Aufrechterhaltung der Produktion gewährleistet.

Einige Beispiele für die detaillierten Zeitverläufe des Verhaltensbaumes sind in Abbildung 4.3 angegeben, wobei jede Systemdynamik durch die Entwicklungen der qualitativen Zustandsvariablen für  $P$ ,  $p$ ,  $\pi$  und  $E$  charakterisiert ist. Auf die explizite Darstellung der Zustandsvariablen "Soziale Folgen" wurde verzichtet, da sie im Rahmen dieser qualitativen Betrachtung als monotone Funktion der Produktivität (solange letztere über einem Schwellwert liegt) sozusagen "trivial" an das System ankoppelt. Auf der x-Achse ist der Zeitverlauf von links nach rechts dargestellt, gekennzeichnet durch geordnete Zeitpunkte  $T_i$  und die jeweiligen Intervalle dazwischen. Diese Form der Zeit-Repräsentation anstelle einer kontinuierlichen, reellen Zeitskala entspricht der Repräsentation der Zustandsvariablen im QDGI-Kalkül: immer wenn mindestens eine Zustandsvariable ihren qualitativen Wert ändert, definiert dies einen neuen Zeitpunkt. Die  $T_i$  sind also durch *Ereignisse* und nicht durch die gleichmäßig verlaufende Zeit charakterisiert - was zur Folge hat, daß die Länge des Zeitintervalls zwischen zwei Zeitpunkten nicht bestimmt ist, ein Preis, den man für die rein qualitative Formulierung des Modells zu zahlen hat, da z.B. der Größe von Zerfallsraten als Determinate von Zeitskalen nicht explizit eingeht. Die Landmarks der Zustandsvariablen sind auf der y-Achse aufgetragen. Der Zeitverlauf wird nun durch Symbole für die Änderung der Zustandsvariablen (steigend:  $\uparrow$ ; konstant:  $\circ$ ; fallend:  $\downarrow$ ; unbestimmt: Doppelpfeil) jeweils für einen Zeitpunkt (oder ein Zeitintervall) dargestellt. Die Lage des Symbols auf

Abbildung 4.3: Drei typische qualitative Zeitverläufe unterschiedlicher Nachhaltigkeit



der y-Achse gibt Auskunft darüber, ob sich der Zustand auf einem Landmark oder in einem Intervall zwischen zwei Landmarks befindet. Zur Symbolisierung der Verlaufscharakteristik sind die Symbole mit einer punktierten Linie verbunden, die jedoch nicht direkt als Funktionsverlauf interpretiert werden kann: eine waagerechte Linie über einige Symbole hinweg kann z.B. einen recht bewegten Verlauf der Variable in einem Landmark-Intervall darstellen, je nach den Werten der ersten Ableitung ( $\uparrow \dots \circ \dots \downarrow \dots \uparrow \dots \circ \dots \downarrow$  steht z.B. für eine Oszillation).

Der erste Satz an dynamischen Lösungen (Abb. 4.2, Lsg. 5-9) startet mit einem Einkommen oberhalb der Investitionsschwelle, daß sich aus dem Weltmarktpreis und einer Produktion unterhalb der Marktsättigung ergibt. Die Entwicklungen, die damit angestoßen werden, führen durchweg zu Produktivitätssteigerungen und darüber auch zu steigender Produktion, was im Falle des Übersteigens von LPS das Absinken des Abnahmepreises auslöst. Die Lösungen 10-12 beginnen ebenfalls mit einem Einkommen größer EKI, das sich nun jedoch auf eine Produktion genau bei Marktsättigung ergibt, d.h. eine Produktivitätssteigerung führt sofort zu einem Preisrückgang.

Bwertet man nun diese Lösungen im Hinblick auf die stabilen Endzustände, die sie erreichen, kann man drei Klassen unterscheiden:

a) **P** liegt über LPS (ausreichende Produktion) und **E** liegt über EKI (ausreichendes Einkommen) - ein im Rahmen dieses Teilmodells **nachhaltige** Situation (die Überschüsse werden zu Weltmarktpreisen, die sich auf die hohe Gesamtproduktion adaptiert haben, exportiert). Die Endzustände 34 und 57 haben diese Charakteristik.

b)  $P$  liegt unter LPS (zu geringe Produktion) und  $E$  liegt über EKI (ausreichendes Einkommen) - ein im Rahmen dieses Teilmodells **nicht-nachhaltige** Situation (Nnotwendigkeit von umfangreichen Importen). Der Endzustand 33 zeigt diese Charakteristik.

c)  $P$  liegt über LPS (ausreichende Produktion) während  $E$  jedoch auf EKI zurückfällt (verfallendes landwirtschaftliches Einkommen) - eine im Rahmen dieses Teilmodells **nicht-nachhaltige** Situation, wenn man etwa das ökonomische Nachhaltigkeitsmodell einer steigenden Wohlfahrt zugrundelegt (Endzustände 92, 93)

In Abbildung 4.3 wird beispielhaft jeweils ein Ast für jeden der drei oben genannten Endzustände dargestellt (Lösungen Zeile 7, 5 und 11).

Am Beispiel der Bifurkation am Zustand 32 (Zeile 5 in Abb. 4.2) soll nun erläutert werden, wie es die qualitative dynamische Modellierung erlaubt, kritische Systemzustände zu identifizieren. Vorausgesetzt, das soweit erläuterte einfache Modell wäre für eine betrachtete Region gültig (was unwahrscheinlich ist, siehe die folgenden Modellerweiterungen) und es existierte weiterhin ein Satz von Indikatoren, der es erlaubt, den dynamischen Zustand der Region zu identifizieren. Ergäbe eine solche Betrachtung der Region eine derzeit steigende Produktivität über PRN, eine steigende Produktion unter LPS, einen konstanten Abnahmepreis bei APW und ein steigendes Einkommen über EKI, wäre der Zustand der Region eindeutig bestimmt und dem Modellzustand 32 zuzuordnen - ein Zustand, der, wie in Abb. 4.2 ersichtlich, drei mögliche weitere Entwicklungen nehmen kann, wovon zwei eine nachhaltige und eine eine nicht-nachhaltige Zukunft beschreiben - der entsprechende Zustand ist also die "kritische" Verzweigung in der Systemsynamik, eine Einflußnahme (z.B. kurzzeitige Unterstützung zur Produktivitätssteigerung) hätte hier anzusetzen.

#### **4.2 Qualitative Entwicklungen unter Marktbedingungen und Umweltwechselwirkung**

Im nächsten Schritt soll das vorgestellte einfache qualitative Modell um den Umweltbezug erweitert werden, wobei es wieder um den kybernetischen Kern dieses Zusammenhangs geht (zu den semantischen Ausprägungen des Umweltbezugs siehe das ausführliche Beziehungsgeflecht in Kapitel 3). Die vielfältigen Auswirkungen des landwirtschaftlichen Strukturwandels auf die Umwelt, der im betrachteten Zusammenhang ganz im Dienste der Produktivitätserhöhung steht, sind hier in der Zustandsvariablen "Umweltschäden",  $U$ , aggregiert, wobei die *Zunahme* von  $U$  als monoton steigende Funktion von  $p$  zu betrachten ist, um der kumulativen Charakteristik der Umweltbelastung durch hochproduktive Landwirtschaft Rechnung zu tragen. Des Weiteren ist dieser Zusammenhang offensichtlich ein Schwellwertphänomen, da es sicher bei gegebener Anbautechnik Produktivitäten PRX geben wird, die nicht signifikant umweltschädigend sind - viele Versuche, die negativen Umweltauswirkungen der Landwirtschaft zu begrenzen setzen auf eine Anhebung dieses Schwellwertes PRX. Nun haben Umweltschäden in der hier angedeuteten Aggregation, die auch Schädigungen der natürlichen Produktionszusammenhänge mit einschließt (z.B. Schädlingsbefall auf Grund von auf Produktivitätssteigerung zielenden Monokulturanbau, Bodenerosion etc.) negative Rückwirkungen auf die Produktivität. Zunehmende Umweltschäden bewirken also eine Reduktion der Produktivität, von einem bestimmten Schwellwert der Umweltschädigung  $U$ , UPK, an. Diesem "Verfall" der Produktivität kann natürlich durch Kompensationsmaßnahmen entgegengewirkt werden (z.B. Herbizideinsatz), die dann jedoch zu den sowieso notwendigen Aufwendungen für den Erhalt der Produktivität hinzukommen (und oft negative Nebenwirkungen mit sich bringen). Die genannten Erweiterungen sind in Abb. 4.1 B dargestellt.

Wertet man diese qualitative Modell nun mit dem QDGI-Kalkül aus, ergibt sich ein komplizierteres Bild, als es bei dem einfachen "ökonomistischen" Modell des vorherigen Abschnitts der Fall war. Der resultierende Verhaltensbaum ist in Abb. 4.4 dargestellt, wobei der Anfangszustand dem des vorherigen Abschnitts entspricht und zusätzlich die Anfangsumweltbelastung unter UPK gesetzt wurde. Neben stationären Endzuständen wie im vorherigen Fall (Kreise mit eingeschlossenen Punkten) findet man nun auch oszillierende Verhalten (Kreise mit eingeschlossenen Kreisen) als Grenzzyklen, in die die Systemdynamik steuert, sowie das Verlassen des Bereichs des Modells.

Da die marktgesteuerte Landwirtschaft in Deutschland (und der EU) derzeit nicht das angemessene Modell darstellt, soll hier nur kurz auf einige Charakteristika der qualitativen Verhalten des Komplexes Intensivlandwirtschaft-Mark-Umwelt eingegangen werden. Eine genauere Analyse des Verhaltensbaumes in Abb.



4.4 lohnt im Zusammenhang mit der Diskussion um die Liberalisierung des Agrarmarktes, was jedoch den Rahmen dieser Machbarkeitsstudie sprengen würde.

Einige Verhalten sollen jedoch diskutiert werden. Hierzu wurde die Dynamik-Darstellung dahingehend abgeändert, daß anstelle der zeitlichen Verläufe von Produktivität und Produktion nur die Produktivität dargestellt wird, diese jedoch mit dem zusätzlichen Landmark PRS die Produktivität anzeigt, der einer Marktsättigungsproduktion entspricht. Die Dynamik der Umweltschäden wurde zur Darstellung hinzugefügt.

Verhalten 2 in Abb 4.5 zeigt, daß im Rahmen des Markt-Umweltmodells der vollständige Zusammenbruch der Landwirtschaft (Produktivität und Einkommen verschwinden völlig) möglich ist: Unter Weltmarktpreisbedingungen sind zunächst Investitionen in ein Produktivitätssteigerung möglich, die einsetzende negative Rückwirkung der Umweltschäden zusammen mit den Erhaltungsinvestitionen ist jedoch nicht mehr finanzierbar mit der Folge eines Teufelkreises aus sinkenden Einkommen, sinkender Produktivität und einem hohen Niveau an Umweltschädigung.

Verhalten 4 in Abb 4.5 zeigt, daß auch ein Gleichgewichtszustand auf dem Niveau niedriger Produktivität und Produktion, geringem Einkommen, das keine Investitionen zuläßt, und einer moderaten und nicht weiter zunehmenden Umweltschädigung mit dem Markt-Umweltmodell verträglich ist.

Schließlich sei als Beispiel einer oszillierenden Lösung Verhalten 42 dokumentiert, in dem die Produktivität auf hohem Niveau schwankt (sich niederschlagend in Produktionen, die über die Sättigung hinausgehen, dann aber über den ebenfalls schwankenden Preis wieder zurückreguliert werden), das Einkommen oberhalb der der Investitionsschwelle oszilliert und die Umweltschäden sich mit mäßiger Rate der Rückwirkungsgrenze UPK nähern, ohne sie jedoch zu erreichen. Dies könnte aus der Sicht der Ökonomie eine nachhaltige Entwicklung darstellen, bleibt aber aus ökologischer Sicht wegen der zunehmenden Umweltschäden problematisch.

Abbildung 4.4: Verhaltensbaum für das Landwirtschaft-Markt-Umwelt System

Structure: (industrieller Bauer - Markt - Umwelt)  
 Simulation from 1 complete initialization.  
 A total of 70 behaviors.

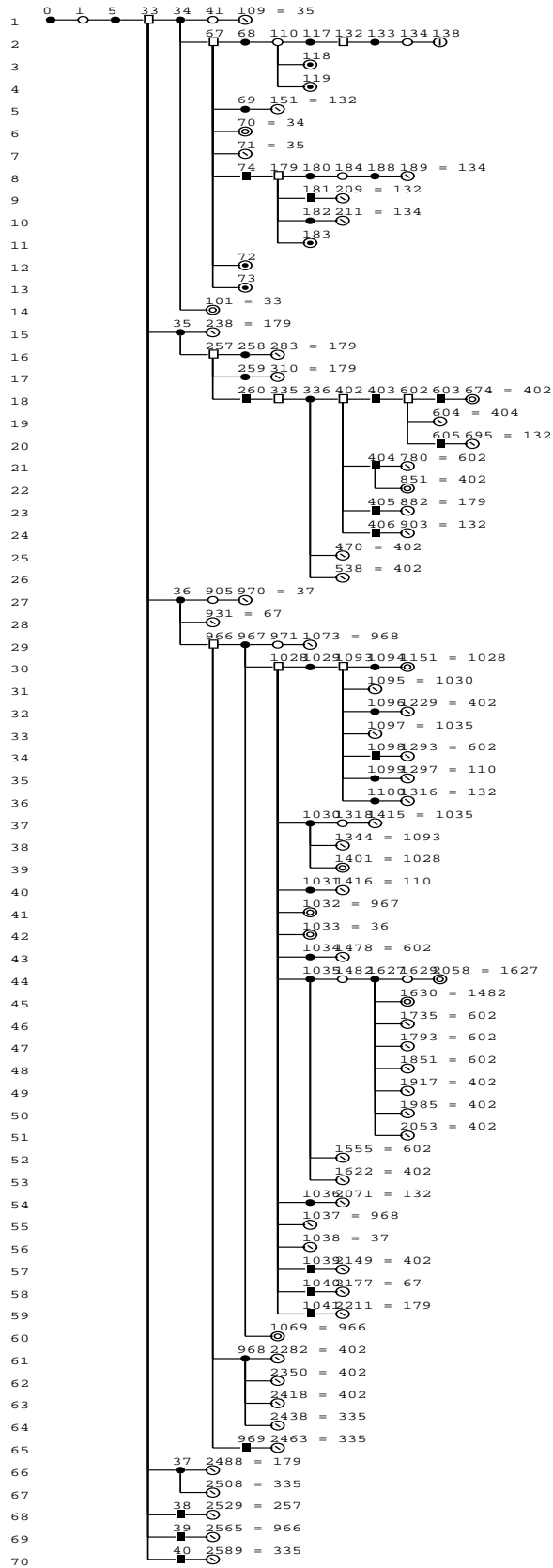


Abbildung 4.5: Einige typische Verläufe des Landwirtschaft-Markt-Umweltmodells

Structure: Intensivlandwirtschaft - Markt - Umwelt.

Initialization: ... (S-0)

Behavior 2 of 70: (S-0 S-1 S-5 S-33 S-34 S-67 S-68 S-110 S-117 S-132 S-133 S-134 S-138).

Final state: (TRANSITION FINAL GF COMPLETE), (TRANSITION-IDENTITY), T<INF.

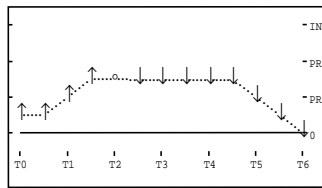
B

Structure: Intensivlandwirtschaft - Markt - Umwelt.

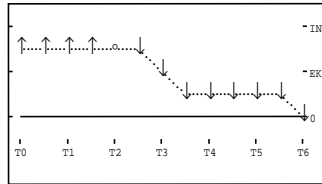
Initialization: ... (S-0)

Behavior 42 of 70: (S-0 S-1 S-5 S-33 S-36 S-966 S-967 S-1028 S-1033).

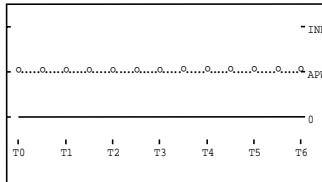
Final state: ((CYCLE (WEAK)) CYCLE COMPLETE)



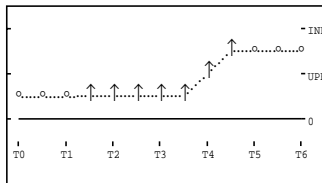
Produktivitaet



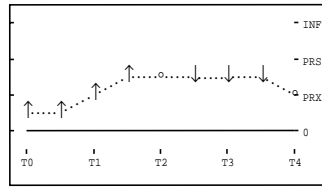
Einkommen



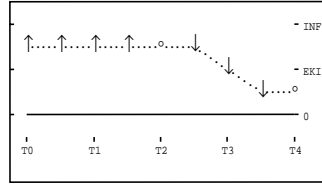
Abnahmepreis



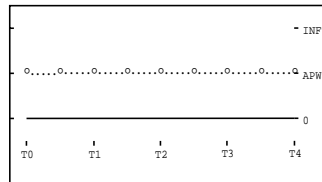
Umweltschaeden



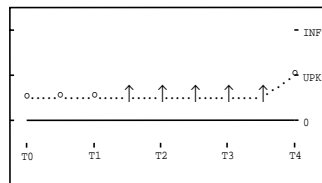
Produktivitaet



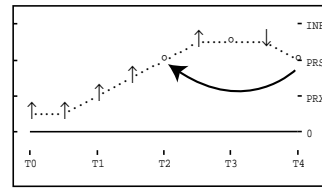
Einkommen



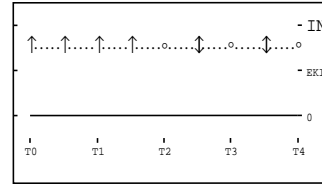
Abnahmepreis



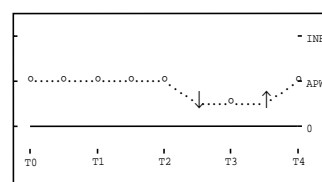
Umweltschaeden



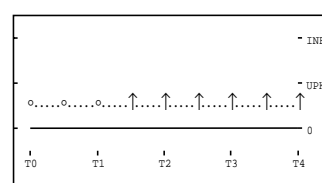
Produktivitaet



Einkommen



Abnahmepreis



Umweltschaeden

A

Structure: Intensivlandwirtschaft - Markt - Umwelt.

Initialization: ... (S-0)

Behavior 4 of 70: (S-0 S-1 S-5 S-33 S-34 S-67 S-68 S-110 S-119).

Final state: (GF QUIESCENT COMPLETE), (NIL), NIL.

C

### 4.3 Qualitative Entwicklungen unter Marktordnung und Umweltwechselwirkung

Um das bisher vorliegende qualitative Modell der Situation in Deutschland (und der EU) anzupassen, muß die marktliche Regelung, die bisher angenommen wurde, durch die Marktordnung und deren Dynamik ersetzt werden. Während in den vorherigen beiden Abschnitten der Preis als Funktion der Produktion auftrat, wird er nun politisch bestimmt, d.h. im Wettstreit unterschiedlicher Interessengruppen ausgehandelt. Der garantierte Abnahmepreis wird hier stellvertretend für die gesamte GAP diskutiert.

Das agrarpolitische Mittel eines garantierten Abnahmepreises  $g$ , der über dem Weltmarktniveau liegt, wurde nach dem zweiten Weltkrieg als Reaktion auf eine europäische Landwirtschaft eingesetzt, die von ihrer Produktivität her weder in der Lage war, die Versorgung der Bevölkerung zu gewährleisten (Westeuropa war bis in die 70er Jahre Nettoimporteur für Nahrungsmittel) noch zu Weltmarktpreisen zu produzieren. Der ursprünglichen Intention nach wird die Agrarpolitik  $g$  also solange steigern, solange  $P$  unter LPS liegt und dies volkswirtschaftlich finanzieren aus Einfuhrzöllen auf Landwirtschaftsimporte (sodaß von einem durchschnittlichen nationalen Netto-Wohlfahrtsgewinn gesprochen werden kann). Ist dann die Sättigung des heimischen Marktes erreicht ( $P = LPS$ ), wird die Steigerung von  $g$  eingestellt, dessen Höhe sogar nach Möglichkeit zurückgefahren. Beide Aspekte sind im erweiterten qualitativen Modell (Abb. 4.1 C) durch die monoton fallende Beziehung mit Schwellwertcharakteristik zwischen  $P$  und der Änderung von  $g$  sowie der

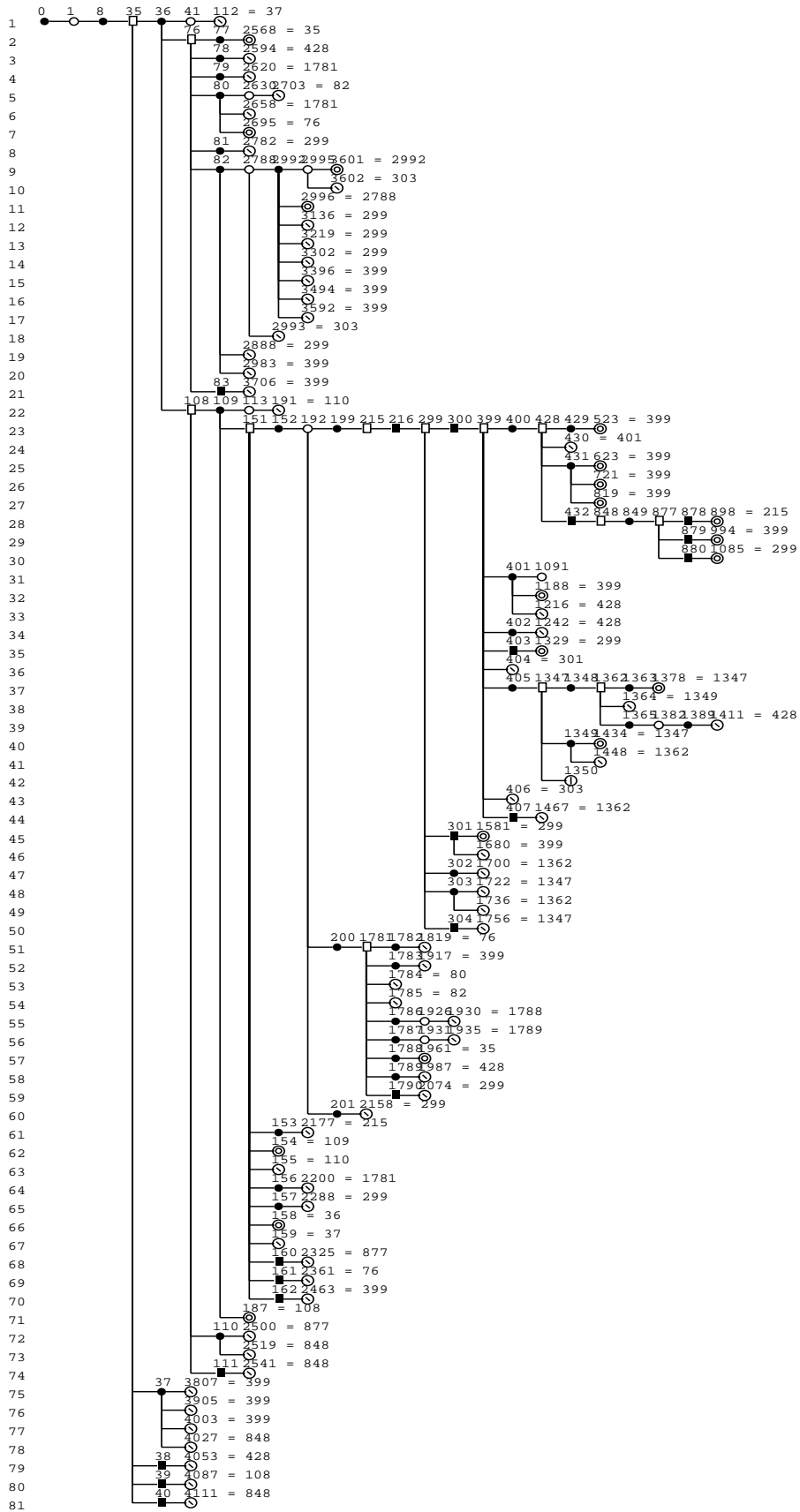
Selbstabschwächung von  $g$  gekennzeichnet (dies stellt das einfache Regelsystem zur Gewährleistung von  $P \approx LPS$  dar, das ursprünglich von der Politik intendiert war). Gerade der Aspekt des Zurückfahrens von  $g$  im Falle von  $P > LPS$  ist der Ansatzpunkt für die Einflußnahme unterschiedlicher Interessensgruppen, hier zusammenfassend als "Einfluß Agralobby"  $A$  bezeichnet (zusammengesetzt aus Bauernlobby, Agrarindustrie und Regionalpolitikern). Monoton steigend mit ihrem Einfluß wird das Zurückfahren der Garantiepreise verhindert (dies heißt andersherum natürlich auch, daß mit abnehmendem Einfluß dies zunehmend weniger gelingt). Um  $A$ , das darüberhinaus von vielen historischen Faktoren abhängt, zu endogenisieren, wird seine Änderung im vorliegenden qualitativen Modell von der Einkommensentwicklung im Landwirtschaftssektor abhängig gemacht.

Um die Analyse dieses schon recht komplexen qualitativen Modells in der vorliegenden Machbarkeitsstudie hinreichend übersichtlich zu halten, soll das Lösungsverhalten unter der Annahme betrachtet werden, daß der Nettoeffekt des Einflusses der Agrarlobby die erfolgreiche Verhinderung des Zurückfahrens der Garantiepreise darstellt. Dies ist ein Ausschnitt aus dem gesamten Verhaltensbaum des Modells, der, cum grano salis, bis in die 90er Jahre hinein eine gute Näherung an die Realität darstellt.

Als Anfangszustand wurde wieder eine geringe Produktivität (mit einer resultierenden Produktion unter der Marktsättigung), ein Einkommen unter der Investitionsschwelle  $EKI$ , ein Abnahmepreis auf Weltmarktniveau und eine moderate Umweltschädigung unterhalb von  $UPK$  gewählt. In Abbildung 4.6 ist der entsprechende resultierende Verhaltensbaum dargestellt, der zunächst eine eindeutige dynamische Entwicklung des Systems vom Anfangszustand aus aufweist (1. Zeile, Zustände 0 bis 40), die durch das Einsetzen der Erhöhung des Garantiepreises angetrieben wird. Dies führt zu einer Einkommenserhöhung über die Investitionsschwelle zum Zeitpunkt  $T_1$ , was den Anstieg der Produktivität auslöst, die dann zum Zeitpunkt  $T_2$  die kritische Schwelle  $PRX$  überschreitet, von der an negative Umweltauswirkungen zu erwarten sind.

Abbildung 4.6: Verhaltensbaum für das Landwirtschaft-Marktregulierung-Umwelt System

Structure: (industrieller Bauer - Marktpolitik (ohne R ckstellung) - Umwelt)  
 Simulation from 1 complete initialization.  
 A total of 81 behaviors.



Allen dynamischen Entwicklungen ist dann noch der folgende Zustand im Zeitintervall  $(T_2, T_3)$  gemeinsam, der durch ein steigendes Einkommen oberhalb von EKI, eine steigende Produktivität oberhalb von PRX, einen steigenden garantierten Abnahmepreis sowie zunehmende Umweltschäden unterhalb von UPK gekennzeichnet ist (zu diesem Anfangsverlauf siehe auch Abb. 4.7). Von diesem Zustand (Nr. 40 in Abb. 4.6) aus verzweigen sich nun etwa 80 mögliche Trajektorien ("mögliche Zukünfte") an denen zunächst auffällt, dass es keine stationären Endzustände gibt, wie die beiden vorherigen Modellen, sondern nur unterschiedliche Grenzyklen und eine den Modellbereich verlassende Lösung (Abb. 4.6, Zeile 42), die wie im vorherigen Abschnitt, wieder den Zusammenbruch des Einkommens und der Produktivität unter hoher Umweltschädigung beschreibt.

Betrachtet man nun zunächst die explizit ausgewiesenen Grenzyklen, kann man diese folgendermaßen gruppieren (in Klammern stehen die Zeilen aus Abb. 4.6, die die Äste kennzeichnen, die zu den entsprechenden Verhalten führen):

- a)  $p$  schwankt zwischen  $(PRX, PRS)$  und  $PRS$ ,  $g$  und  $E$  (oberhalb EKI) steigt mit Unterbrechungen an,  $U$  steigt unterhalb UPK (2)
- b)  $p$  fällt in  $(PRX, PRS)$ ;  $g$  steigt,  $E$  schwankt zwischen EKI und  $(EKI, inf)$ ,  $U$  steigt unterhalb UPK (7)
- c)  $p$  fällt in  $(PRX, PRS)$ ;  $g$  steigt,  $E$  konstant auf EKI,  $U$  steigt oberhalb UPK (9, 11)
- d)  $p$  schwankt in  $(PRX, PRS)$ ,  $g$  und  $E$  (oberhalb EKI) steigt an,  $U$  steigt oberhalb UPK (23, 32)
- e)  $p$  schwankt zwischen  $(PRX, PRS)$  und  $PRS$ ,  $g$  und  $E$  (oberhalb EKI) steigt mit Unterbrechungen an,  $U$  steigt oberhalb UPK (25, 26, 27)
- f)  $p$  schwankt zwischen  $(PRX, PRS)$  und  $(PRS, inf)$ ,  $g$  steigt mit Unterbrechungen an,  $E$  schwankt zwischen  $(0, EKI)$  und  $(EKI, inf)$ ,  $U$  steigt oberhalb UPK (28, 29, 30)
- g)  $p$  fällt in  $(PRX, PRS)$ ,  $g$  steigt an,  $E$  schwankt zwischen  $(0, EKI)$  und  $(EKI, inf)$ ,  $U$  steigt oberhalb UPK (35)
- h)  $p$  fällt in  $(0, PRX)$ ,  $g$  steigt an,  $E$  schwankt zwischen  $(0, EKI)$  und  $(EKI, inf)$ ,  $U$  ist oberhalb UPK stabil (37)
- i)  $p$  fällt in  $(0, PRX)$ ,  $g$  steigt an,  $E$  schwankt zwischen  $(0, EKI)$  und  $EKI$ ,  $U$  ist oberhalb UPK stabil (40)
- j)  $p$  fällt in  $(PRX, PRS)$ ,  $g$  steigt an,  $E$  schwankt zwischen  $(0, EKI)$  und  $EKI$ ,  $U$  ist oberhalb UPK stabil (45)
- k)  $p$  schwankt in  $(PRS, inf)$ ,  $g$  stabil,  $E$  schwankt in  $(EKI, inf)$ ,  $U$  steigt unterhalb UPK (62)
- l)  $p$  schwankt zwischen  $PRS$  und  $(PRS, inf)$ ,  $g$  stabil,  $E$  schwankt in  $(EKI, inf)$ ,  $U$  steigt unterhalb UPK (66)

Zur Bewertung der Nachhaltigkeit dieser dynamischen Endzustände wurden die Kriterien Umweltzustand ( $U$  bezüglich UPK), ökonomische Akzeptanz seitens der Landwirtschaft ( $E \geq EI$ ) und Erfolg der Agrarpolitik im Sinne des Ziels  $p \approx PRS$  und möglichst stabilem  $g$ . In der folgenden Tabelle 4.1 ist der Grad der Gültigkeit (- : nicht gültig, 0 : eingeschränkt gültig, + : gültig) dieser drei Nachhaltigkeitskriterien für jeden der möglichen Typen der dynamischen Endzustände beschrieben.

Tabelle 4.1: Bewertung möglicher Grenzyklen. Grad der Nachhaltigkeit (- : nicht nachhaltig, 0 : eingeschränkt nachhaltig, + : nachhaltig) für den Umweltzustand, die staatliche Agrarpolitik und die ökonomische Situation in der Landwirtschaft

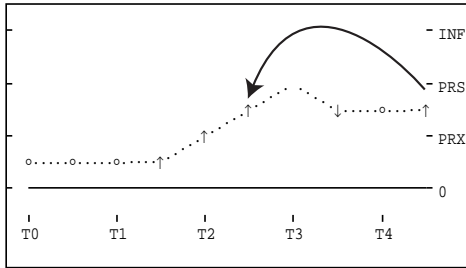
	Umwelt	Staat	LW
a	+	0	+
b	+	-	+
c	-	-	+
d	-	-	+
e	-	0	+
f	-	-	-
g	-	-	-
h	-	-	-
i	-	-	-
j	-	-	-
k	+	0	+
l	+	+	+

Der stabile Endzustand l (und mit Einschränkung a und k) zeigt, daß selbst unter der wenig optimistisch stimmenden Annahme über die erfolgreiche Durchsetzung kurzfristiger Partikularinteressen immerhin ein nachhaltiger Entwicklungspfad mit dem betrachteten qualitativen Modell verträglich ist, falls der Produktivitätsänderungs-Schwellwert für die Verschlechterung der sozialen Situation nicht überschritten wird. Insgesamt ist die Einkommenssituation des Landwirtschaftssektors in vielen Fälle jedoch auf Kosten anderer Ziele recht gut (nur in f-j findet man entweder eine stark schwankende oder konstant schlechte Einkommenssituation). Desweiteren zeigt sich, daß langfristig ein schlechter Umweltzustand nicht mit ökonomischer Nachhaltigkeit vereinbar ist (mit Ausnahme von e). In Abbildung 4.7 wird jeweils ein typischer Verlauf für die Endzustandstypen aus der obigen Tabelle gezeigt.

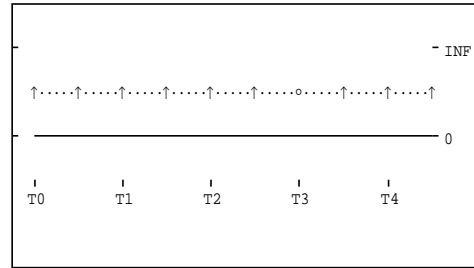
Die hier durchgeführte Untersuchung beschränkte sich nur auf einige eingeschwungene Zustände des Systems - die vollständige Einordnung eines beliebigen beobachteten dynamischen Zustands in den Verhaltensbaum (auch im Sinne von eines Nicht-Vorkommens) ist natürlich ebenso möglich und äußerst interessant. Nur werden hier längere (qualitative) Zeitreihen der Zustandsvariablen nötig sein, die im Rahmen dieser kurzen Machbarkeitsstudie nicht zusammenzutragen waren. Wie im nächsten und übernächsten Kapitel erläutert werden wird, zwingt uns die vorläufige Datenlage zunächst zur Beschränkung auf dynamische "Momentaufnahmen" des Geschehens, die aber im Rahmen der (nicht unplausiblen) Einschränkung auf eingeschwungene Zustände schon eine Diagnose zulassen.

Behavior 2 of 81: (S-0 S-1 S-5 S-6 S-13 S-40 S-41 S-81 S-82 S-2573).

Final state: (CROSS-EDGE (CYCLE (WEAK)) CYCLE OK GF COMPLETE), (CYCLE-IDENTITY #.(mostate 'S-40) ), T<INF.

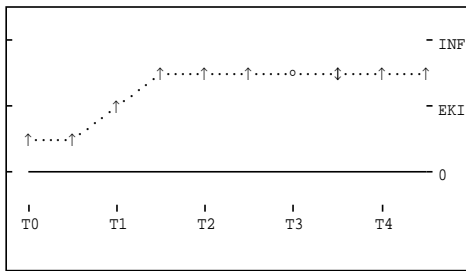


**Produktivitaet**

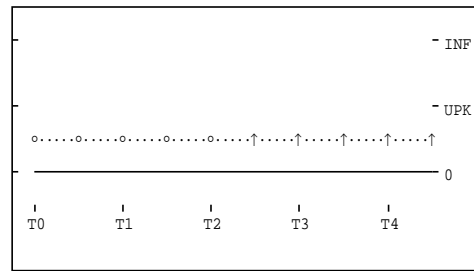


**garantierter Abnahmepreis**

a)



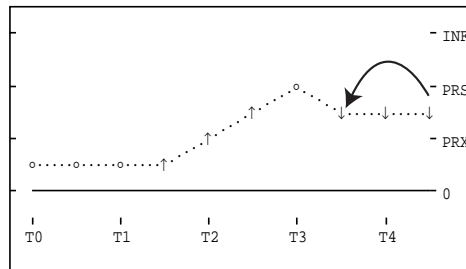
**Einkommen**



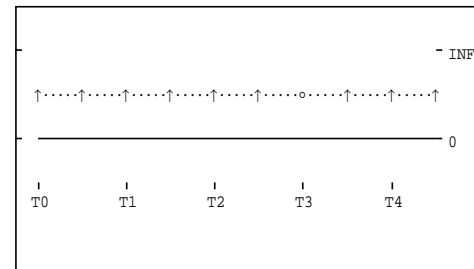
**Umweltschaeden**

Behavior 7 of 81: (S-0 S-1 S-5 S-6 S-13 S-40 S-41 S-81 S-85 S-2700).

Final state: (CROSS-EDGE (CYCLE (WEAK)) CYCLE OK GF COMPLETE), (CYCLE-IDENTITY #.(mostate 'S-81) ), T<INF.

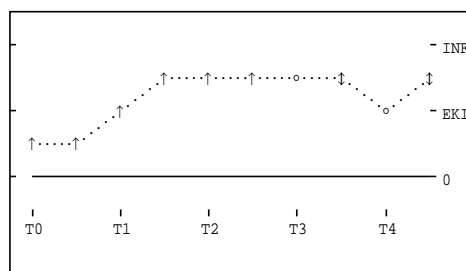


**Produktivitaet**

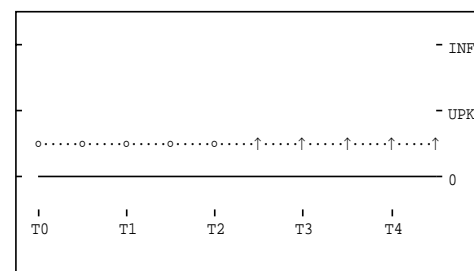


**garantierter Abnahmepreis**

b)



**Einkommen**



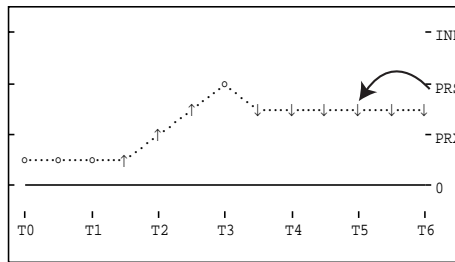
**Umweltschaeden**

**Abbildung 4.7, a-b: Typische qualitative Zeitverläufe für das vollständige Modell - der geschwungene Pfeil kennzeichnet jeweils den Zyklus, in dem das System verharrt.**

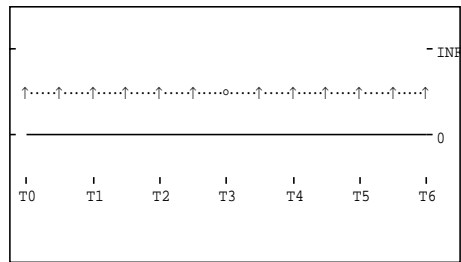


Behavior 9 of 81: (S-0 S-1 S-5 S-6 S-13 S-40 S-41 S-81 S-87 S-2793 S-2997 S-3000 S-3606).

Final state: (GF CROSS-EDGE (CYCLE (WEAK)) CYCLE COMPLETE), (CYCLE-IDENTITY #.(mostate 'S-2997) ), T<INF.

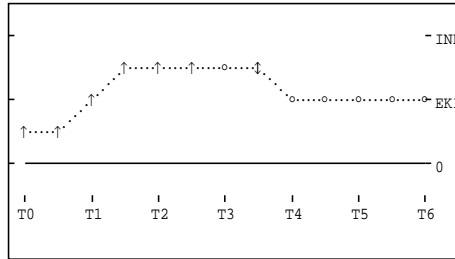


**Produktivitaet**

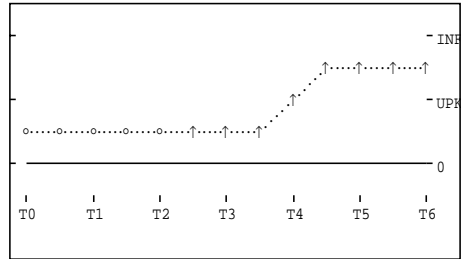


**garantierter Abnahmepreis**

c)



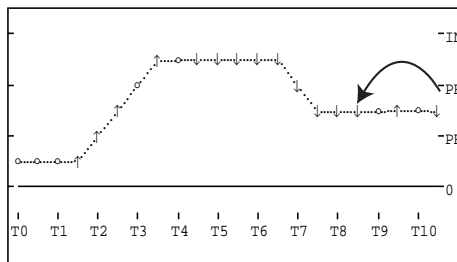
**Einkommen**



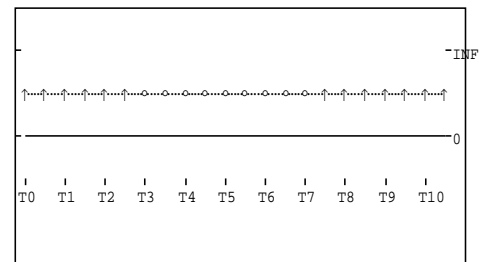
**Umweltschaeden**

Behavior 23 of 81: (S-0 S-1 S-5 S-6 S-13 S-40 S-41 S-113 S-114 S-156 S-157 S-197 S-204 S-220 S-221 S-304 S-305 S-404 S-405 S-433 S-434 S-528).

Final state: (CROSS-EDGE (CYCLE (WEAK)) CYCLE OK GF COMPLETE), (CYCLE-IDENTITY #.(mostate 'S-404) ), T<INF.

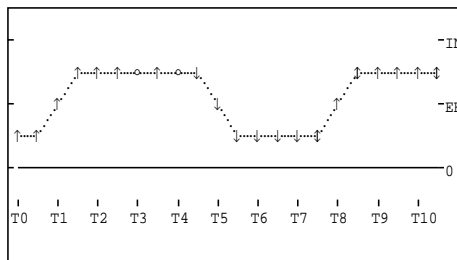


**Produktivitaet**

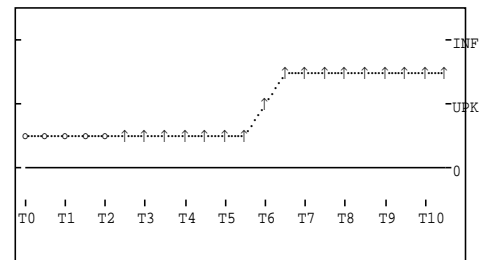


**garantierter Abnahmepreis**

d)



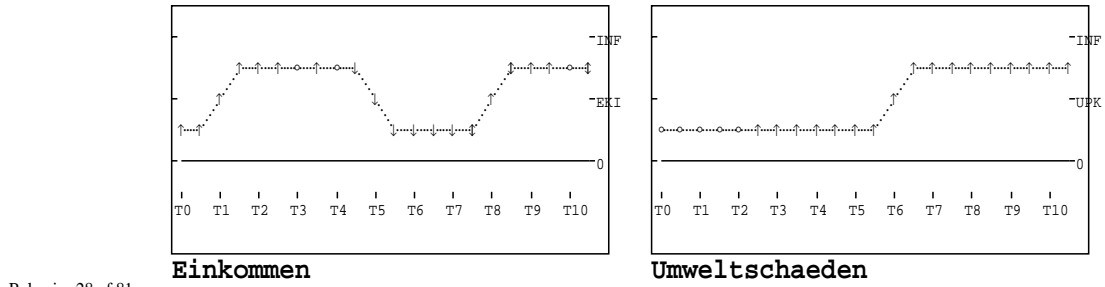
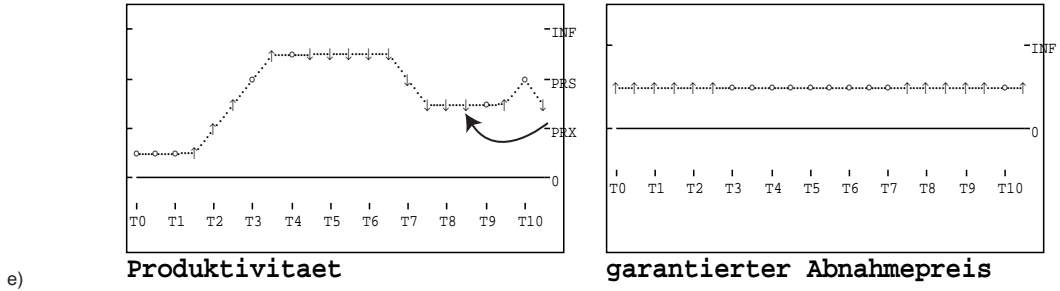
**Einkommen**



**Umweltschaeden**

**Abbildung 4.7, c-d: Typische qualitative Zeitverläufe für das vollständige Modell**

Behavior 25 of 81: (S-0 S-1 S-5 S-6 S-13 S-40 S-41 S-113 S-114 S-156 S-157 S-197 S-204 S-220 S-221 S-304 S-305 S-404 S-405 S-433 S-436 S-628).  
 Final state: (CROSS-EDGE (CYCLE (WEAK)) CYCLE OK GF COMPLETE), (CYCLE-IDENTITY #.(mostate 'S-404) ), T<INF.



Behavior 28 of 81:  
 (S-0 S-1 S-5 S-6 S-13 S-40 S-41 S-113 S-114 S-156 S-157 S-197 S-204 S-220 S-221 S-304 S-305 S-404 S-405 S-433 S-437 S-853 S-854 S-882 S-883 S-903).  
 Final state: (CROSS-EDGE (CYCLE (WEAK)) CYCLE OK GF COMPLETE), (CYCLE-IDENTITY #.(mostate 'S-220) ), T<INF.

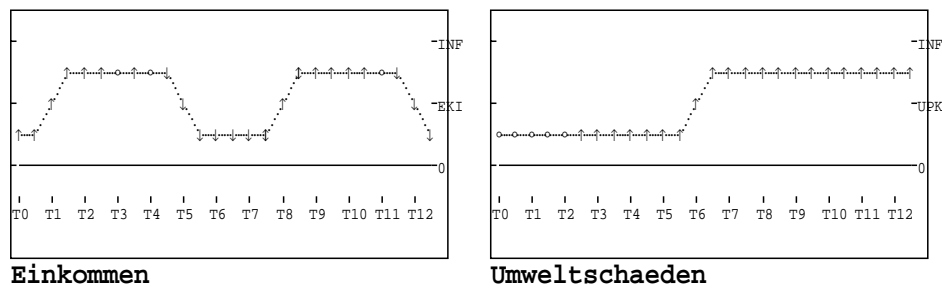
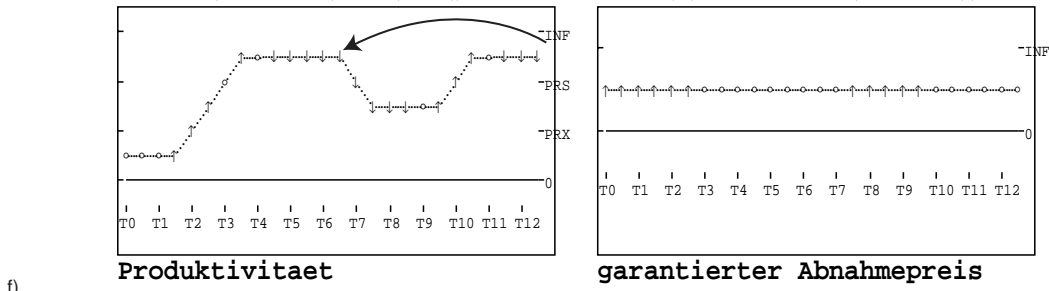
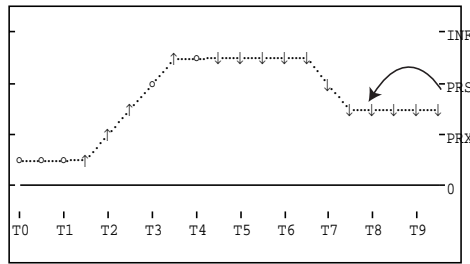


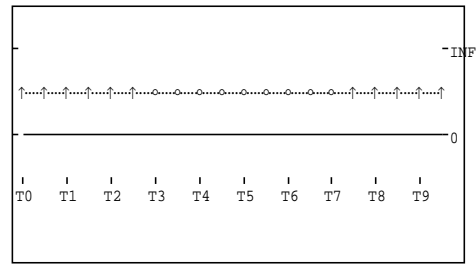
Abbildung 4.7, e-f: Typische qualitative Zeitverläufe für das vollständige Modell

Behavior 35 of 81: (S-0 S-1 S-5 S-6 S-13 S-40 S-41 S-113 S-114 S-156 S-157 S-197 S-204 S-220 S-221 S-304 S-305 S-404 S-408 S-1334).

Final state: (CROSS-EDGE (CYCLE (WEAK)) CYCLE OK GF COMPLETE), (CYCLE-IDENTITY #.(mostate 'S-304) ), T<INF.

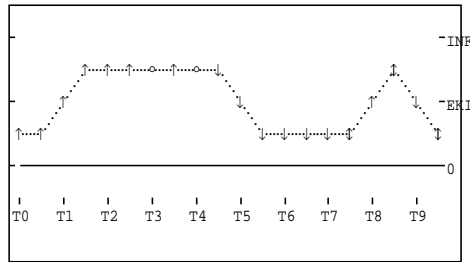


**Produktivitaet**

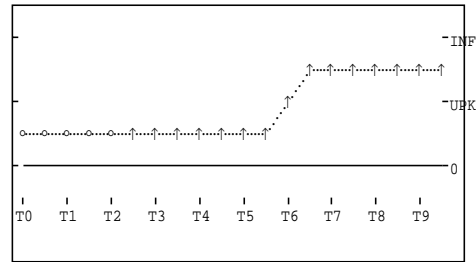


**garantierter Abnahmepreis**

g)



**Einkommen**

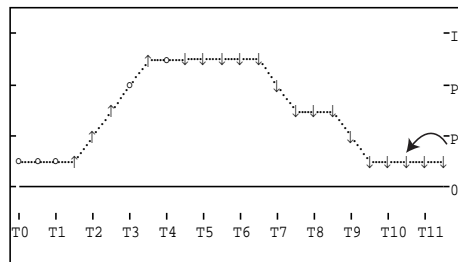


**Umweltschaeden**

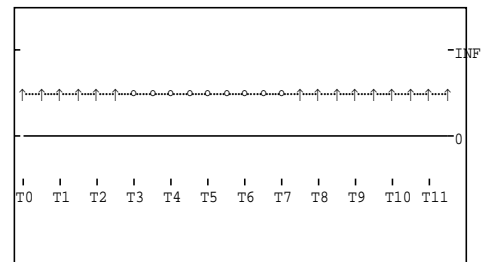
Behavior 37 of 81:

(S-0 S-1 S-5 S-6 S-13 S-40 S-41 S-113 S-114 S-156 S-157 S-197 S-204 S-220 S-221 S-304 S-305 S-404 S-410 S-1352 S-1353 S-1367 S-1368 S-1383).

Final state: (CROSS-EDGE (CYCLE (WEAK)) CYCLE OK GF COMPLETE), (CYCLE-IDENTITY #.(mostate 'S-1352) ), T<INF.

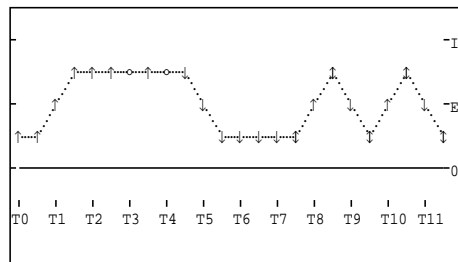


**Produktivitaet**

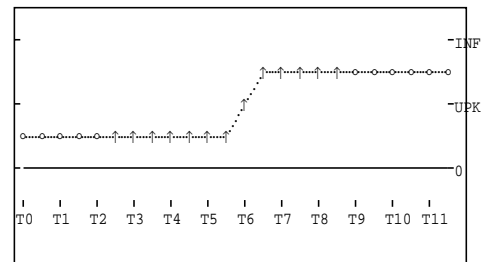


**garantierter Abnahmepreis**

h)



**Einkommen**

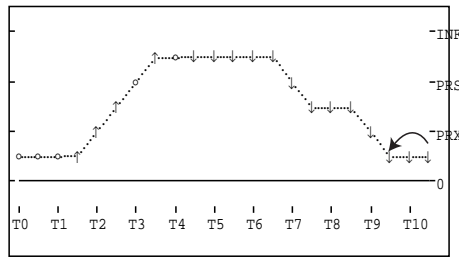


**Umweltschaeden**

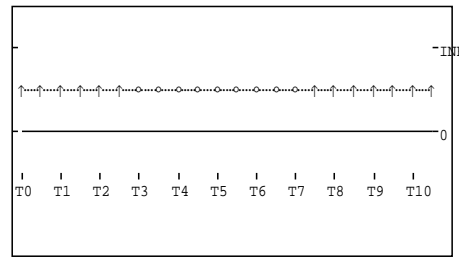
**Abbildung 4.7, g-h: Typische qualitative Zeitverläufe für das vollständige Modell**

Behavior 40 of 81: (S-0 S-1 S-5 S-6 S-13 S-40 S-41 S-113 S-114 S-156 S-157 S-197 S-204 S-220 S-221 S-304 S-305 S-404 S-410 S-1352 S-1354 S-1439).

Final state: (CROSS-EDGE (CYCLE (WEAK)) CYCLE OK GF COMPLETE), (CYCLE-IDENTITY #.(mostate 'S-1352) ), T<INF.

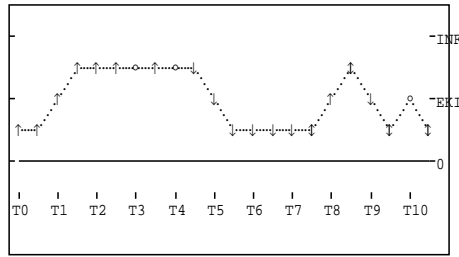


**Produktivitaet**

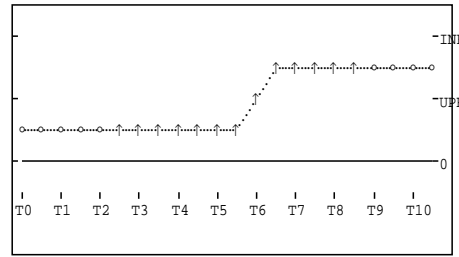


**garantierter Abnahmepreis**

i)



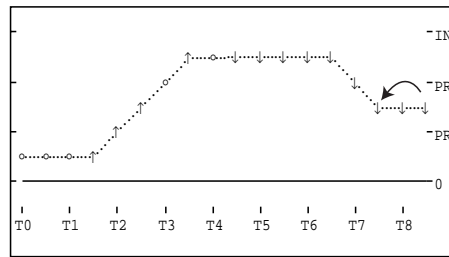
**Einkommen**



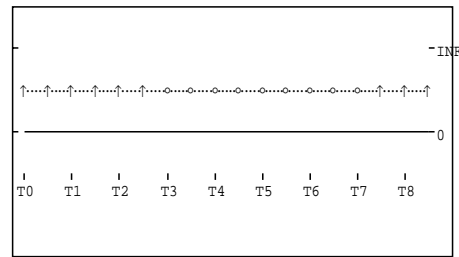
**Umweltschaeden**

Behavior 45 of 81: (S-0 S-1 S-5 S-6 S-13 S-40 S-41 S-113 S-114 S-156 S-157 S-197 S-204 S-220 S-221 S-304 S-306 S-1586).

Final state: (CROSS-EDGE (CYCLE (WEAK)) CYCLE OK GF COMPLETE), (CYCLE-IDENTITY #.(mostate 'S-304) ), T<INF.

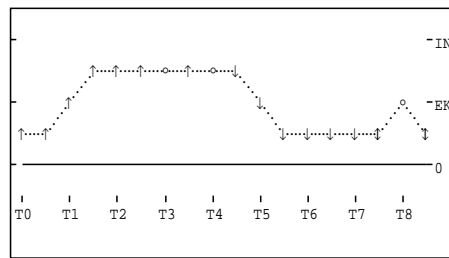


**Produktivitaet**

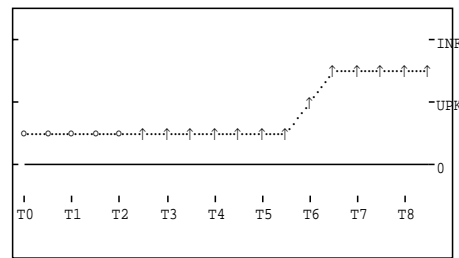


**garantierter Abnahmepreis**

j)



**Einkommen**

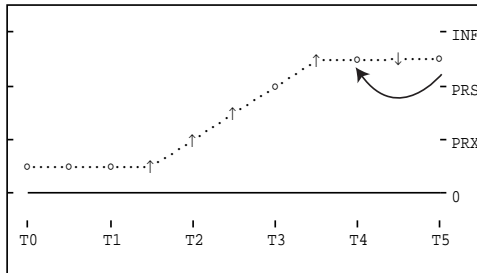


**Umweltschaeden**

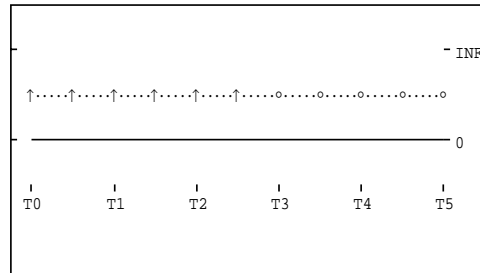
**Abbildung 4.7, i-j: Typische qualitative Zeitverläufe für das vollständige Modell**

Behavior 62 of 81: (S-0 S-1 S-5 S-6 S-13 S-40 S-41 S-113 S-114 S-156 S-159).

Final state: (GF CROSS-EDGE (CYCLE (WEAK)) CYCLE COMPLETE), (CYCLE-IDENTITY #.(mostate 'S-114)), T<INF.

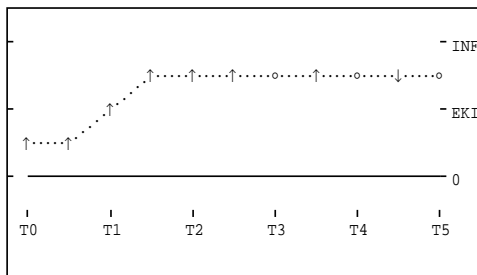


**Produktivitaet**

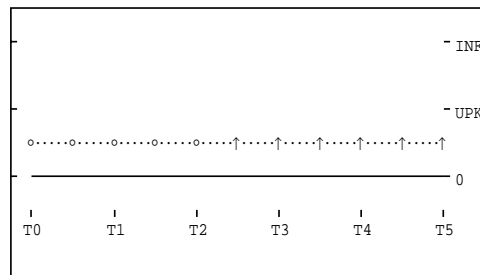


**garantierter Abnahmepreis**

k)



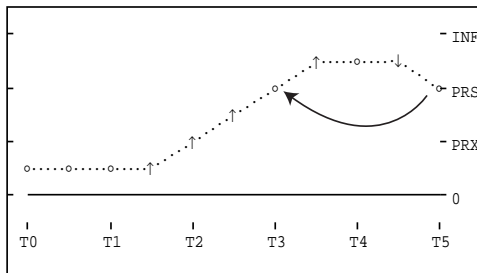
**Einkommen**



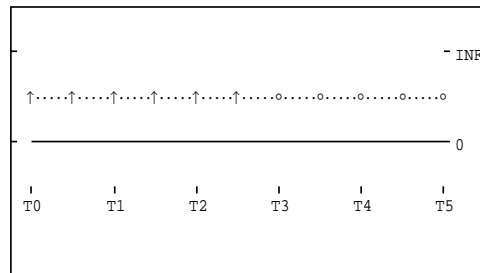
**Umweltschaeden**

Behavior 66 of 81: (S-0 S-1 S-5 S-6 S-13 S-40 S-41 S-113 S-114 S-156 S-163).

Final state: (GF CROSS-EDGE (CYCLE (WEAK)) CYCLE COMPLETE), (CYCLE-IDENTITY #.(mostate 'S-41)), T<INF.

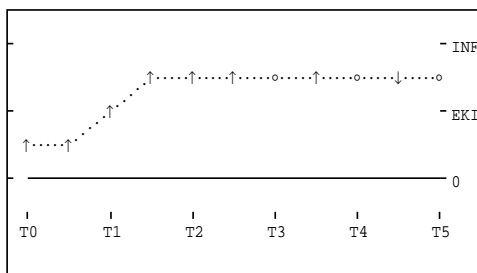


**Produktivitaet**

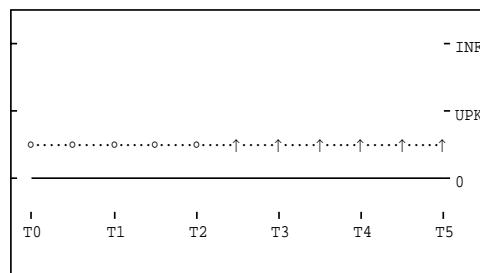


**garantierter Abnahmepreis**

l)



**Einkommen**



**Umweltschaeden**

**Abbildung 4.7, k-l: Typische qualitative Zeitverläufe für das vollständige Modell**

## 5. Herleitung eines systemaren Indikators für das Syndrom

Im Folgenden soll nun aus der bisherigen Analyse im Hinblick auf die kybernetische Struktur (Kapitel 4) und die semantische Untersuchung (Kapitel 3) des Dustbowl-Syndroms in Deutschland ein systemarer Indikator zur Identifikation und Bewertung des Schadensbilds deduziert werden.

Zunächst kann man direkt aus der Modellformulierung (Abb. 4.1, C, Abschnitt 4.3) zwei notwendige Eigenschaften entnehmen, die wegen ihrer leicht durchschaubaren dynamischen Konsequenzen nicht in die Darstellung der resultierenden qualitativen Zeitverläufe (Abbildung 4.7) aufgenommen wurden, um diese nicht unnötig zu komplizieren.

Dies ist zunächst der monotone Zusammenhang zwischen der Produktivität  $p$  und der Produktion  $P$ , aus dem folgt, daß die zeitlichen Änderungen beider Größen,  $dp/dt$  und  $dP/dt$ , das gleiche Vorzeichen haben müssen ( $P$  ist monoton wachsende Funktion von  $p$ ). Betrachtet man nun typische qualitative Zeitverläufe des Syndroms (Abb. 4.7), wird klar, daß ein zeitweises (oder sogar anhaltendes) Absinken der Produktivität ebenso mit dem angenommenen Ursache-Wirkungsgeflecht verträglich sein kann wie das (plausiblerweise zu erwartende) Ansteigen - betrachtet man  $p$  also nur über einen kurzen Zeitraum, ist für  $dp/dt$  sowohl ein positives wie ein negatives Vorzeichen möglich.

Der zweite Zusammenhang ist die jenseits eines Produktivitäts(änderungs)schwellwertes monotone Abhängigkeit unerwünschter sozialer Folgen von steigender Produktivität via Rationalisierung und Konzentration - aus dieser Wechselwirkung folgt für positive  $dp/dt$  ab einem Mindestwert das Auftreten negativer sozialer Folgewirkungen, wenn das Dustbowl-Syndrom in der betrachteten Region wirksam ist.

Eine wichtige Frage für die qualitative Dynamik des Dustbowl-Systems ist, ob die Umweltschädigung über der Schwelle liegt, von der an ein erhöhter Aufwand getrieben werden muß, um die Produktivität zu erhalten ( $U > UPK$ ). Ein wichtiges Maß hierfür ist die Homogenisierung von Landschaft und Anbau (z.B. mit daraus resultierendem Schädlingsbefall) und das Maß der Bodendegradation (Kompensation der verlorenen natürlichen Funktionen) und Artenverarmung (mit ihren Konsequenzen für die Ökosystemfunktion sowohl des Agrarökosystems als auch angrenzender, nicht genutzter Ökosysteme). Betrachtet man die Endzustände der dynamischen Entwicklungen, die in Tabelle 4.1 systemantisiert sind, zeigt sich daß unter starker Naturschädigung ( $U > UPK$ ) weder für die Landwirtschaft noch für die agrarpolitischen Produktivitätsziele akzeptable Entwicklungen einstellen können (mit Ausnahme des Endzustandstyps e, mit dem jedoch steigende Garantieprieze zur Aufrechterhaltung des landwirtschaftlichen Einkommens und des Produktionsziels verbunden sind).

Weiterhin zeigen die problematischen dynamischen Endzustände in Abb. 4.7, daß bis auf die Verläufe für h und i, die Produktivität  $p$  über der kritischen Schwelle PRX liegt, dies für die meisten Fälle also eine notwendige Bedingung für syndromare Dynamik ist. Zusammenfassend müssen also folgende Phänomene indiziert werden:

Tabell 5.1: Zentrale Charakteristika des dynamischen Zustands

Formalisierung Modellrahmen	im	Zu betrachtendes Phänomen
$\text{sign}(dp/dt)$		Vorzeichen der Produktivitätsänderung
$\text{sign}(dP/dt)$		Vorzeichen der Produktionsänderung
$dS/dt$		Änderung der sozialen Situation
$U > UPK$		Umweltschädigung kritisch?
$p > PRX$		Produktivität kritisch?

und folgende Zusammenhänge müssen zur Identifikation der nicht-nachhaltigen Enddynamiken (notwendige Bedingungen) überprüft werden:

- (1)  $\text{sign}(dp/dt) = \text{sign}(dP/dt)$
- (2)  $\text{sign}(dp/dt) > 0 \Rightarrow \text{sign}(dS/dt) \geq 0$
- (3)  $U > \text{UPK}$
- (4)  $p > \text{PRX}$

Die nachstehende Tabelle beschreibt, welche Kombinationen dieser Bedingungen von den möglichen dynamischen Endzuständen, wie sie in Abschnitt 4.3 analysiert wurden, erfüllt werden.

Tabell 5.2: Identifikation von Dust-Bowl typischen Zuständen. *w* (wahr) steht für die Erfüllung, *f* (falsch) für die Nichterfüllung der Bedingung.

Verlauf	Notwendige Bedingungen			
	Bed. 1	Bed. 2	Bed. 3	Bed. 4
(a)	w	w	f	w
(b)	w	w	f	w
(c)	w	w	w	w
(d)	w	w	w	w
(e)	w	w	w	w
(f)	w	w	w	w
(g)	w	w	w	w
(h)	w	w	w	f
(i)	w	w	w	f
(j)	w	w	w	w
(k)	w	w	f	w
(l)	w	w	f	w

Man wird nun also für eine Region diese vier Bedingungen überprüfen (mit 16 verschiedenen möglichen Kombinationen der Resultate) und durch Vergleich mit Tabelle 5.2. feststellen, ob sie einer der dort aufgeführten typischen Dust-Bowl-Dynamik-Konstellationen zuzuordnen ist. Diese Konstellationen sind:

- $\alpha$ : (w w f w) für die Verläufe (a), (b), (k), (l) (moderat problematisch)
- $\beta$ : (w w w w) für die Verläufe (c),(d), (e), (f), (g), (j) (problematisch)
- $\gamma$ : (w w w f) für die Verläufe (h), (i) (sehr problematisch)

Man erkennt, daß die hier vorgeschlagene Indizierung nicht nur erlaubt, die Übereinstimmung mit dem Dust-Bowl-Mechanismus zu überprüfen, sondern darüberhinaus auch noch (eingeschränkt) trennscharf die jeweilige dynamische Ausprägung (a)-(k). Vergleicht man die drei Gruppen mit den in Tabelle 4.1 Nachhaltigkeitsbewertungen, erhält man für  $\gamma$  eine in allen Dimensionen nichtnachhaltige Entwicklung, also den schlechtest möglichen Fall. Für  $\beta$  und  $\alpha$  findet man jeweils gemischte Nichtnachhaltigkeitssituationen, wobei  $\alpha$  näher am Nachhaltigkeitsziel liegt als  $\beta$ . Die detaillierte Bestimmung der einzelnen Dynamiktypen würde eine

umfassendere Datenauswertung erfordern, die den Rahmen der vorgelegten Machbarkeitsstudie überschreiten würde.

Es sei hier nochmals darauf hingewiesen, daß das vorgestellte Identifikationsverfahren auf notwendigen Bedingungen beruht: wenn das System sich in einem der betrachteten Zyklen befindet, müssen die jeweils aufgeführten Bedingungen erfüllt sein (nicht unbedingt umgekehrt). Das bedeutet, daß man unter Umständen zu viele von der Dust-Bowl-Dynamik betroffene Regionen identifiziert (sicher nicht zu wenige).

## **6. Regionale Identifizierung des Dust-Bowl-Syndroms: Datengrundlagen und Resultate**

Die im vorigen Kapitel abgeleiteten Bedingungen für die aggregierten Größen im kybernetischen Modell des Dust-Bowl-Syndroms müssen nun unter Berücksichtigung der feineren semantischen Analyse, wie sie in Kapitel 3 unternommen wurde, mit Indikatoren belegt werden - wobei deren Auswahl neben der notwendigen Repräsentanz für die aggregierte Größe auch immer von Datenverfügbarkeitsaspekten mit bestimmt wird.

### **6.1 Produktivität und Produktion**

Für die Bestimmung der Vorzeichen von Produktivitäts- und Produktionsänderung sollen die kreisweise vorliegenden Daten für Winterweizen seit 1991 als Indikatorgrößen verwendet werden. Diese naheliegende Wahl (siehe Eckhard, 1998) müßte in einer ausführlichen Studie durch weitere Produkte ergänzt werden (Mais, Hackfrüchte, Viehhaltung), für die ebenfalls Daten im betrachteten Zeitraum zur Verfügung stehen. Als Anfangszeitpunkt wurde konsistent mit den bisherigen Überlegungen die Zeit nach der Vereinigung gewählt. Datenquelle war die Datenbank der statistischen Landesämter "Statistik Regional".

Um nun über die relativ kurze Zeit von 5 Jahren einen Trend in einer Größe, die wetterabhängig ist (hierdurch hervorgerufene Schwankungen haben natürlich nichts mit dem Syndrom zu tun), zu identifizieren, muß mit einiger Vorsicht vorgegangen werden, insbesondere wenn die kurzen Zeitreihen zusätzlich noch Datenlücken aufweisen, wie dies in einigen Bundesländern der Fall war. So fehlten etwa in Thüringen und Mecklenburg-Vorpommern oft Daten der Produktivität für den Beginn der Periode. Hier wurde dann die jeweilige Durchschnittsentwicklung im Land stetig angeschlossen, bevor der Trend durch Regression über die 5-Jahresperiode bestimmt wurde. Dies war insbesondere nötig, da, wie aus den vollständigen Zeitreihen sowie den Landesdurchschnittsentwicklungen zu entnehmen war, daß in der betrachteten Periode ein anfänglicher Einbruch der Steigerung vorausging. Die so bestimmte *Produktivitätsänderung für Winterweizen* in  $dt/(ha \cdot a)$  in der Periode 1991-1995 als Indikator für  $dp/dt$  ist in Karte 1 dargestellt.

Um aus der Produktivitätsänderung auf die Produktionsänderung zu schließen, wurde auf Daten der Winterweizenanbaufläche aus der gleichen Datenquelle zurückgegriffen, wobei (teilweise lückenhaft) ein Wert vom Beginn und ein Wert am Ende der Periode vorlag. Lücken wurden wieder mit der (prozentualen) landestypischen Entwicklung aufgefüllt. Hat man auf diese Weise einen Datensatz über die Anbauflächen  $f_{1991}$  und  $f_{1995}$  erstellt, berechnet sich die mittlere jährliche Produktionsänderung  $dP/dt$  wie folgt aus dem vorher bestimmten  $dp/dt$  (und der zusätzlich benötigten durchschnittlichen Produktivität über die betrachtete Periode,  $p_{\phi}$ ):

$$dP/dt = 1/4 * [p_{\phi} (f_{1995} - f_{1991}) + 2 dp/dt (f_{1995} + f_{1991})]$$

Die so bestimmte *Produktionsänderung für Winterweizen* ( $dt/a$ ) in der Periode 1991-1995 als Indikator für  $dP/dt$  ist in Karte 2 dargestellt.



## 6.2 Landwirtschaftsbedingter Arbeitslosigkeitsanstieg

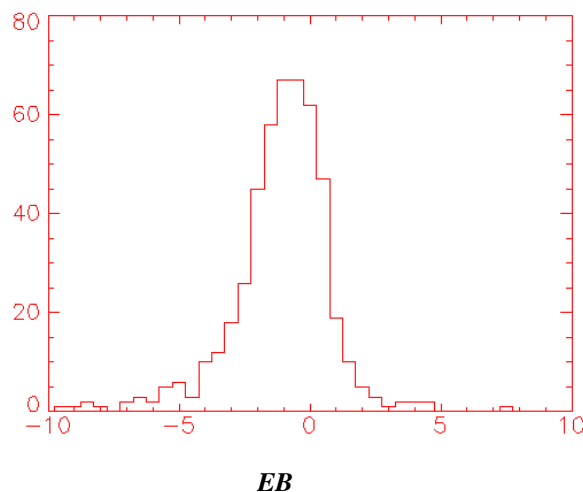
Als Leitindikator für *soziale* Probleme, die auf Kreisebene durch den landwirtschaftlichen Strukturwandel hervorgerufen werden, soll der Anteil einer steigenden Arbeitslosigkeit, der durch den Verlust an Arbeitsplätzen im landwirtschaftlichen Sektor bedingt ist, abgeschätzt werden. Die Datenlage erlaubt hier die Abschätzung Mitte der 90er Jahre, also überlappend mit der Trendbestimmungen des vorherigen Abschnitts.

Zunächst wird hierzu der Einfluß der Entwicklung des gesamten lokalen Arbeitsplatzangebotes (im landwirtschaftlichen Bereich und in den restlichen Sektoren) auf die Entwicklung der Arbeitslosenzahlen betrachtet. Seien  $B_{LW}(t, k)$  die Beschäftigten im landwirtschaftlichen Bereich,  $B_{RS}(t, k)$  die Beschäftigten in den restlichen Sektoren und  $A(t, k)$  die arbeitslos Gemeldeten im Kreis  $k$  und im Jahr  $t$ , dann bestimmt sich dieser Einfluß zu

$$EB = \frac{(B_{LW}(t+1, k) - B_{LW}(t, k)) + (B_{RS}(t+1, k) - B_{RS}(t, k))}{A(t+1, k) - A(t, k)}$$

wobei der Zähler die Änderung der Beschäftigtenzahl und der Nenner die Änderung der Arbeitslosenzahl im betrachteten Kreis beschreibt. Ist nun der Quotient  $EB$  nahe bei  $-1$ , bedeutet dies, daß dem Rückgang der Arbeitsplätze im Kreis ein entsprechender Anstieg der Arbeitslosigkeit gegenübersteht (oder umgekehrt). In diesem Fall ist es wahrscheinlich (bis auf Effekte "höherer Ordnung" sicher), daß die Arbeitslosigkeitsentwicklung im Kreis lokal (und nicht durch z.B. Entlassung von außerhalb ihres Kreises Arbeitenden) bedingt ist. Abbildung 6.1 zeigt die Verteilung dieser Größe in den Kreisen Deutschlands; wie erwartet mit vielen Kreisen, die stark von  $-1$  abweichen, d.h. starken nicht-lokalen Effekten bei der Arbeitslosigkeitsentwicklung. Datenquelle ist wieder "Statistik Regional", die Daten beziehen sich auf die Jahre 1995-1997. Zur weiteren Bearbeitung wurde dieses Resultat auf den Wahrheitswert der Aussage "Änderung der Arbeitslosigkeit ist lokal bedingt" im Sinne der Fuzzy-Logic abgebildet: für  $EB$ -Werte nahe  $-1$ ,  $EB \in [-1.5, -0.5]$  wurde der Aussage der Wahrheitswert 1 ("wahr") zugewiesen, der dann in den Intervallen  $[-2, -1.5]$  und  $[-0.5, 0.0]$  linear auf 0 ("falsch") zurückgeht. In Karte 3 ist das Resultat dieses Bewertungsprozesses dargestellt.

Abb. 6.1: Verteilung von  $EB$  über alle Kreise (y-Achse: Anzahl der Kreise mit dem entsprechenden  $EB$ -Wert), Mittelwert:  $-0.81$

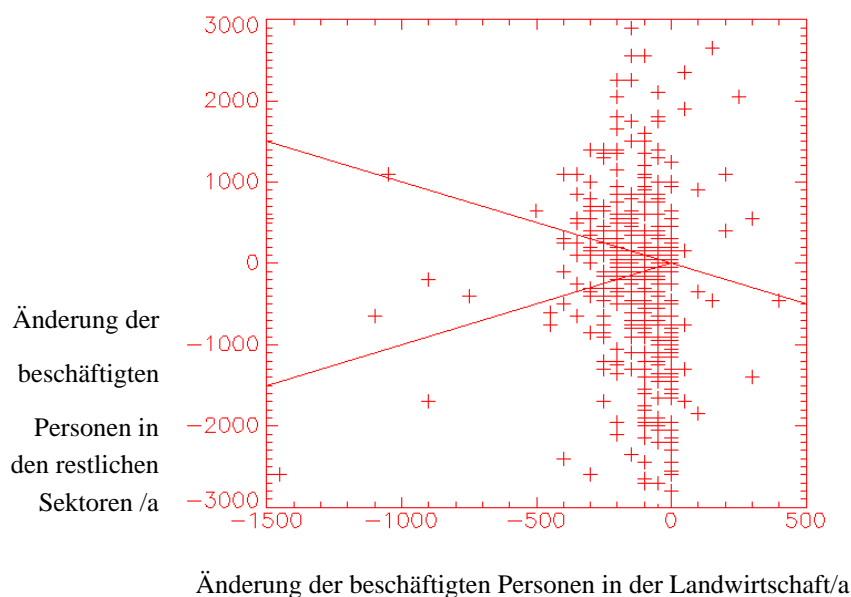


Wenn nun die Entwicklung der Arbeitslosigkeit in einem Kreis "endogen" ist ( $EB \approx -1$ ), stellt sich als nächstes die Frage, ob ein Beschäftigungsrückgang stark auf dem Verlust von Beschäftigung in der Landwirtschaft zurückzuführen ist. Um die Verhältnisse diesbezüglich zu illustrieren, wurden in Abb. 6.2 für jeden Kreis (jeweils ein Kreuzchen im Diagramm) die Änderung der Beschäftigten in der Landwirtschaft (x-Achse) und in den

restlichen Sektoren (Industrie und Dienstleistung, y-Achse) dargestellt. Die von links nach rechts fallende Diagonale trennt die Kreise in solche, in denen die Gesamtbeschäftigung zunimmt (oberhalb) und solche, in denen sie abnimmt (unterhalb). Die Kreise, in denen die Gesamtbeschäftigung abnimmt, müssen nun im Hinblick auf den Beitrag des Landwirtschaftssektors bewertet werden. Hierzu muß die Beschäftigung in der Landwirtschaft abnehmen, d.h. der Kreis muß im zweiten oder dritten Quadranten des Diagramms 6.2 liegen und gleichzeitig im dritten Quadranten die Abnahme an Arbeitsplätzen in den restlichen Sektoren überschreiten. Geometrisch betrachtet bedeutet dies, daß alle Kreise, die im Bereich des Sektors aus den beiden Diagonalen auf der linken Seite des Diagramms liegen, Arbeitsplatzverluste aufweisen, die wesentlich durch den Landwirtschaftssektor hervorgerufen werden. In Karte 4 sind diese Kreise rot eingezeichnet, die Kreise mit Arbeitsplatzzunahme grün und jene, in denen der Arbeitsplatzabbau wesentlich auf die restlichen Sektoren zurückzuführen ist, gelb (in Abb. 6.2 die Kreise im unteren Sektor).

Bei dieser Betrachtung wurde nun ein scharfe Grenze gezogen, die für die weitere Betrachtung durch die Einführung von "Übergangszonen" in Abb. 6.2 ergänzt werden soll. Wieder im Sinne der Fuzzy-Logik wird dem linken Sektor der Wahrheitswert 1 für die Aussage "Anteil der Landwirtschaft am lokalen Beschäftigungsrückgang hoch" zugewiesen. Im einem um 40% (des jeweiligen y-Wertes) erweiterten Bereich werden Wahrheitswerte zugewiesen, die von 1 auf 0 fallen (d.h. beispielsweise, wenn in der Landwirtschaft 100 Arbeitsplätze verlorengehen und 100 in den restlichen Sektoren, wird 1 zugewiesen. Der Wahrheitswert sinkt dann im Falle höherer Arbeitsplatzverluste in den restlichen Sektoren und wird 0, wenn diese 140 überschreiten. Die Aussage "der Anteil der landwirtschaft ist hoch" wird dann als "falsch" klassifiziert). Das Resultat dieser Auswertung ist in Karte 5 dargestellt.

Abbildung 6.2: Verteilung der Änderung der Beschäftigtenzahl auf Landwirtschaft und restliche Sektoren für die Kreise Deutschlands (jeweils ein Kreuzchen) 1995-1997



Schließlich müssen die beiden obigen Resultate zusammengeführt werden. Für die Erfülltheit der Aussage "Der Anteil der Landwirtschaft am Anstieg der Arbeitslosigkeit ist hoch" wird man erwarten, daß sowohl die Entwicklung der Arbeitslosigkeit lokal bestimmt ist als auch, daß die Landwirtschaft einen hohen Anteil am Rückgang der Arbeitsplätze im betrachteten Kreis hat. Hieraus ergibt sich in der Fuzzy-Logik die Verwendung einer UND-Beziehung, die durch die Minimumsbildung aus den Wahrheitswerten der Aussagen realisiert wird. Dieses Resultat das den Wahrheitswert der Aussage "Der Anteil der Landwirtschaft am Anstieg der Arbeitslosigkeit im Kreis ist hoch" ist in Karte 6 dargestellt.

### 6.3 Zustand der Umweltschädigung

Als Indikatoren für den Zustand der Umweltschädigung, die im kybernetischen Modell den Aufwand erhöht, die Produktivität zu erhalten (oder gar zu erhöhen) und die wie in Kapitel 3 ausführlich erläutert, negative Folgewirkungen außerhalb des Agrarsektors zeitigt, wurden beispielhaft (a) die Homogenität von Landschafts- und Anbaustruktur und (b) der Zustand der Bodendegradation gewählt. Beide Aspekte der Umweltbeeinflussung wirken auf die Landwirtschaft zurück: im Sinne von erhöhter Erosionsgefahr und erhöhter Notwendigkeit von Pestizideinsatz zur Produktivitätserhaltung bei (a) und von erhöhtem Aufwand zur Kompensation der verlorengegangenen Bodenfunktionen bei (b). Besonders (a) indiziert aber auch problematische Umweltzustände, die nicht direkt auf die Landwirtschaft zurückwirken, wie etwa verringerte Artenvielfalt durch verringerte Ökosystemdiversität oder Fragmentierung.

Der Indikator für Homogenität (a) wird nun auf der Grundlage der CORINE Landnutzungskarte bestimmt. Diese auf der Auswertung von Satellitenbildern basierende Datenerhebung der EU unterscheidet 44 Bodenbedeckungskategorien. Sie sieht - bei einer Erfassungsuntergrenze von 25 ha - den Nachweis der konkreten geographischen Lage jeder homogen bedeckten Bodenfläche (Erhebungseinheit) vor. Flächen linienförmiger Ausdehnung (z.B. Gewässerläufe) werden ab einer Breite von 100 m erfaßt. Der Erhebung von Bodenbedeckungsdaten für Deutschland auf dem Maßstabniveau 1:100 000 liegen in erster Linie Satellitenbilder (Landsat TM) zugrunde. Daneben kommen topographische Karten und in der Regel panchromatische Luftbilder im Maßstab 1:70 000 zum Einsatz. Die Bodenbedeckungsdaten werden anschließend durch eine visuelle Satellitenbildinterpretation ermittelt - unterstützt durch die Auswertung der darüber hinaus genannten Datenquellen und den Einsatz von Verfahren zur automatisierten Bildklassifikation.

Auf der Basis dieser Erhebung in einer gerasterten Version (250m x 250m, entspricht etwa 60 Mio Pixel für Deutschland) wurde nun ein "Homogenitätsranking" für landwirtschaftlich genutzte Flächen durchgeführt, wobei auf der Heterogenitätsseite mit "Subpixelheterogenität" begonnen wurde, wie in Tabelle 6.1 dokumentiert.

Tabell 6.1: Ranking der Landwirtschaftsflächen mit Subpixelheterogenität

CORINE-Klassifikation landwirtschaftlicher Flächen heterogener	Homogenitätsranking
2.4.4 Land- und forstwirtschaftliche Flächen Einjährige Kulturen oder Weideland unter forstwirtschaftlich genutztem Baumbestand.	0
2.4.3 Landwirtschaftlich genutztes Land mit Flächen natürlicher Bodenbedeckung von signifikanter Größe Von der Landwirtschaft genutzte Flächen, unterbrochen von Flächen natürlicher Bodenbedeckung. Der Anteil der Landwirtschaftlichen Flächen (2.X.X) und der Anteil der Wälder und naturnahen Flächen (3.X.X) liegt jeweils unter 75% der Gesamtfläche.	1
2.4.1 Einjährige Kulturen in Verbindung mit Dauerkulturen Wechselkulturen (Ackerflächen oder Grünland) in Verbindung mit Dauerkulturen auf ein und derselben Fläche.	2
2.4.2 Komplexe Parzellenstrukturen Ein Nebeneinander kleiner Parzellen unterschiedlicher Prägung: verschiedene Ackerflächen (2.1.X), Dauerkulturen (2.2.X) und Wiesen und Weiden (2.3.1), wobei die Teilflächen unter der Erfassungsgrenze von 25 ha liegen. Die Bodenbedeckungsklassen der Positionen 2.1.X, 2.2.X und 2.3.1 nehmen jeweils weniger als 75% der Gesamtfläche ein.	3

Für CORINE-Landwirtschaftspixel, die keine Subpixel-Struktur aufwiesen, das sind die Kategorien:

2.1 ACKERFLÄCHEN; 2.2 DAUERKULTUREN und 2.3 GRÜNLAND (und Unterkategorien)

wurden die Beziehungen zu den Nachbarpixel untersucht, wobei geprüft wurde, wieviele der 8 direkt beachbarten Pixel dieselbe Landnutzungskategorie aufweisen wie das betrachtete Landwirtschaftspixel. Bebaute Nachbarpixel wurden nicht als "homogenitätsreduzierend" gezählt. Das Ranking von Tabelle 6.1 wurde dann von keinem gleichen Nachbarn (4) bis 8 gleichen Nachbarn (12), d.h. maximale Homogenität, fortgeschrieben. In Karte 7 ist das Resultat dieser deutschlandweiten Homogenitätsabschätzung dargestellt, wobei die Originalauflösung der Auswertung auf einer DIN A4 Karte nicht wiedergegeben werden kann (sie ist etwa 4 mal höher als dargestellt). Um dieses Resultat den restlichen Daten anzupassen, wurde das Homogenitätsmaß für jeden Kreis gemittelt (Karte 8).

Zur Abschätzung des Zustands der Bodendegradation (b) wurde auf die Resultate von GLASOD (global assessment of human induced soil degradation) des international soil reference and information center (ISRIC), das auf einer weltweiten Expertenbefragung zu Bodenzustand um 1990 basiert. Die gesammelten Angaben zu Degradationsformen, -ausdehnungen und intensitäten wurden zu einer Variable "severity" aggregiert, die in dieser Studie als Indikator dienen soll. Die kreisweite Auswertung dieser Daten ist in Karte 9 dargestellt. Hier wäre eine räumlich feiner aufgelöste Abschätzung der nutzungsinduzierten Bodendegradation sicher vorzuziehen, im Rahmen dieser Machbarkeitsstudie aber nicht realisierbar - die hier verwendeten Daten müssen als ertse grobe Abschätzung gewertet werden.

Schließlich müssen die beiden Teilindikatoren zu einem Maß für die Erfülltheit der Bedingung  $U > UPK$  (siehe Kapitel 5) zusammengefügt werden. Hierzu greifen wir wieder auf die Fuzzy-Logik-Methode zurück, wobei wir für die Fuzzyifizierung der Indikatoren (a) und (b) die schwächstmögliche Form, nämlich die jeweilige Normierung auf das Intervall [0,1] verwenden: nur die höchsten auftretenden Werte sind sicher schädlich, wogegen nur die niedrigsten auftretenden Werte sicher unbedenklich sind. Da der eine Indikator auch ohne den anderen eine kritische Situation anzeigt, ist hier die Fuzzy-ODER-Verknüpfung zu wählen, die durch die Maximumsbildung realisiert wird. Das Resultat ist in Karte 10 dargestellt.

#### **6.4 Umweltschädigende Produktionsmethoden**

Die Vielfalt der hier zu berücksichtigenden Aspekte konnte in Kapitel 3 angedeutet werden - detaillierte Berücksichtigung könnte jedoch auch in einer ausführlichen Studie nicht jeder einzelne Punkt finden. Das Indikatorkonzept im Sinne eines "Anzeigers" ist hier besonders ernst zu nehmen: es beruht auf der Korrelation des als Indikator genutzten Datums mit einer Vielzahl ebenfalls in die selbe Richtung wirkender Phänomene. Hier soll nun der Stickstoffüberschuß als Indikator einer naturschädigenden Wirtschaftsweise, wie sie für den betrachteten Zusammenhang typisch ist, gewählt werden. Obgleich der Grad der Schädlichkeit von Überdüngung von weiteren (vorwiegend hydrologischen) Bedingungen abhängt, zeigt ein großer N-Überschuß recht zielsicher auf umweltschädigende Wirtschaftsweise im Allgemeinen.

Für eine deutschlandweite Betrachtung wird bei der Abschätzung des N-Überschusses auf die Studie von Wendland et al., 1993 zurückgegriffen. Hier werden N-Zufuhren aus mineralischem Handelsdünger, wirtschaftseigenen Düngern aus Viehhaltung (vermindert um Lagerverluste), legumer N-Fixierung und Niederschlägen bestimmt. Die N-Entzüge werden aus der Erntesubstanz, die von der landwirtschaftlichen Fläche abgefahren wird, bestimmt. Der weitere Verbleib dieser Bilanzsumme ist nun in der zitierten Untersuchung von Bedeutung, insbesondere der Anteil der Nitratauswaschung, spielt aber hier in der Funktion als Indikator einer Dust-Bowl-typischen Produktionsweise keine Rolle.

Die Daten aus der genannten Untersuchung (Wendland et al., 1993, S83, Karte 27) wurden zur Anpassung an die räumliche Auflösung der übrigen Indikatoren auf Kreisebene gemittelt (mittlere N-Überschüsse zwischen 47 und 195 kgN/ha Landwirtschaftsfläche) und zur weiteren Bearbeitung auf das Intervall [0,1] normiert (wieder im Sinne der schwächst-möglichen Fuzzyifizierung, siehe vorherigen Abschnitt). Das Resultat ist in Karte 11 dargestellt.

## 6.5 Systemische Auswertung der Indikatoren

Nachdem die erforderlichen Teilindikatoren für die 90er Jahre (fast) flächendeckend für Deutschland zusammengetragen wurden, kann die an Kapitel 4 und 5 orientierte Endauswertung durchgeführt werden. Wie schon erläutert, müssen folgende Bedingungen überprüft werden:

- (1)  $\text{sign}(dp/dt) = \text{sign}(dP/dt)$
- (2)  $\text{sign}(dp/dt) > 0 \Rightarrow \text{sign}(dS/dt) \geq 0$
- (3)  $U > \text{UPK}$
- (4)  $p > \text{PRX}$

wobei der Erfülltheitsgrad von Bed. (3) und (4) schon in Karte 10 und 11 dargestellt ist. Recht interessant ist nun die Auswertung von Bed. (1), die in Karte 12 gezeigt ist. Hier geben die roten und gelben Flächen die Kreise an, in denen sowohl Produktion als auch Produktivität jeweils ansteigt (im Wesentlichen im Norden) oder sinkt (im Wesentlichen im Süden). Die gemischten Vorzeichen (die nicht mit dem Dustbowl-Syndrom erklärbar sind), treten geographisch verstreut auf.

Karte 13 schließlich zeigt die Auswertung von Bed. (2), wobei nur die dunkelgrünen Kreise in Bayern und Baden-Württemberg (+Saale-Orla-Kreis) den Dust-Bowl-Mechanismus ausschließen: hier findet meist ein "Rückbau" der Landwirtschaft (in Produktion und Produktivität) statt (möglicherweise mit positiven Auswirkungen auf den Umweltzustand), gleichzeitig findet man aber mit diesem Rückbau korreliert zunehmende negative soziale Folgewirkungen. Dies ist sicher auch ein problematisches Muster, unterscheidet sich jedoch stark vom "Dust-Bowl-Bild".

Mit den Karten 10-13 stehen nun die Erfülltheitsgrade aller 4 Bedingungen zur Verfügung und im letzten Schritt kann die Endauswertung durchgeführt werden. In Kapitel 5 wurden 3 verschiedene Muster der Erfülltheit der Bedingungen (1)-(4) hergeleitet und (als jeweils nichtnachhaltige Muster) bewertet:

- $\alpha$ : (w w f w) (moderat problematisch)  
 $\beta$ : (w w w w) (problematisch)  
 $\gamma$ : (w w w f) (sehr problematisch)

wobei w für erfüllt, f für nicht-erfüllt steht. Zur Bestimmung, ob ein Kreis das Muster  $\beta$  aufweist, ist einfach das Minimum der Erfülltheits-Wahrheitswerte aller 4 Bedingungen zu nehmen. Im Fall von  $\alpha$  und  $\gamma$  muß der Wahrheitswert für Bed. (3) respektive (4) negiert werden. Im Fuzzy-Logik Rahmen wird dies durch Subtrahieren des Wahrheitswerts von 1 realisiert.

Um sich nun zunächst einen Überblick über das Auftreten des Syndroms in Deutschland überhaupt zu verschaffen, ist in der Ergebniskarte 14 der maximale Wahrheitswert aus den Erfülltheitsgraden der drei Muster dargestellt - 0 bedeutet also, daß keines der drei Muster die Entwicklung des Kreises beschreibt, mithin kein Dust-Bowl-Mechanismus wirksam ist. Je näher der Wert an 1, desto sicherer kann seine Wirksamkeit angenommen werden.

Um darüberhinaus noch die Trennschärfe der vorgestellten Indizierung auszunutzen, wird abschließend in Karte 15 gezeigt, welcher der drei Dynamiktypen in jedem Kreis dominant ist (falls nicht alle drei Wahrheitswerte 0 sind).

## 7. Schlußfolgerungen und Ausblick

Die vorliegende Machbarkeitsstudie sollte zum einen zeigen, daß möglich ist, einen transdisziplinären Ansatz zur Analyse und Modellierung typischer globaler Muster nicht-nachhaltiger Mensch-Natur-Interaktionen - den sog. Syndrom-Ansatz - auf eine Region wie die Bundesrepublik Deutschland (mit der Auflösungsebene "Kreise und kreisfreie Städte") zu übertragen. Trotz seiner globalen Ausrichtung ist der Ansatz, das konnte hoffentlich deutlich gemacht werden, ohne methodischen oder inhaltlichen Verlust gut übertragbar. Der wesentliche Grund dafür ist darin zu sehen, daß der räumliche Auflösungsgrad des Ansatzes eine Funktion seiner Problembeschreibungstiefe ist, also von der "Eigenskala" der Trends und Wechselwirkungen abhängt. Zudem ist die Datenlage in der Bundesrepublik - trotz einiger Probleme wie etwa das der Vergleichbarkeit von Ost- und Westdeutschland vor und nach 1990 - im weltweiten Vergleich als sehr gut zu bezeichnen, so daß auch von daher einer regionalen Umsetzung des Ansatzes nichts entgegensteht. Ferner ist auch der Forschungsstand zu den Umweltbelastungen durch Landwirtschaft - dem ausgewählten Problembereich - sowie weiteren nachhaltigkeitsrelevanten Themenfelder (Soziales, Wirtschaft) als gut zu bezeichnen. Für einen Ansatz, dessen Regionalisierung nicht nur über die verfügbaren Daten, sondern zuvor über die Integration von Fachwissen über funktionale Zusammenhänge läuft, ist dies sehr wichtig und hat sich in diesem Fall als förderlich erwiesen.

Näher ging es in dieser Studie um die Frage, ob es möglich ist, auf der Basis des Syndrom-Ansatzes ein Indikatorsystem für Nachhaltigkeit im ausgewählten Beispielfeld Landwirtschaft zu entwickeln. Hintergrund dieser Fragestellung ist die Tatsache, daß trotz den in den letzten Jahren intensivierten Forschungsbemühungen zu Indikatoren für Nachhaltigkeit in diesem Bereich erhebliche Defizite bestehen. Diese betreffen - neben der häufig zu hörenden Klage über mangelnde Daten - vor allem die systemische Herleitung, Fundierung und Verknüpfung (Stichwort: *interlinkages*) dieser Indikatoren angesichts der Komplexität und Multidimensionalität des Leitbildes der Nachhaltigen Entwicklung.

Der Syndrom-Ansatz, wie er hier für einen bestimmten Problemkreis bezogen auf Deutschland konkretisiert wurde, setzt genau an dieser Lücke an. Er versucht, die wichtigsten Erscheinungsformen und Antriebskräfte von Nicht-Nachhaltigkeit zu modellieren und dafür aggregierte, systemisch verknüpfte und für Dynamik sensible Zustandsgrößen (Indikatoren) herzuleiten und empirisch zu messen. Die wichtigsten Umweltprobleme der Intensivlandwirtschaft konnten abgebildet und mit den sozio-ökonomischen sowie politischen Antriebskräften verknüpft werden. Auch die nicht-nachhaltigen Entwicklungen im sozialen und ökonomischen Bereich wurden ansatzweise berücksichtigt.

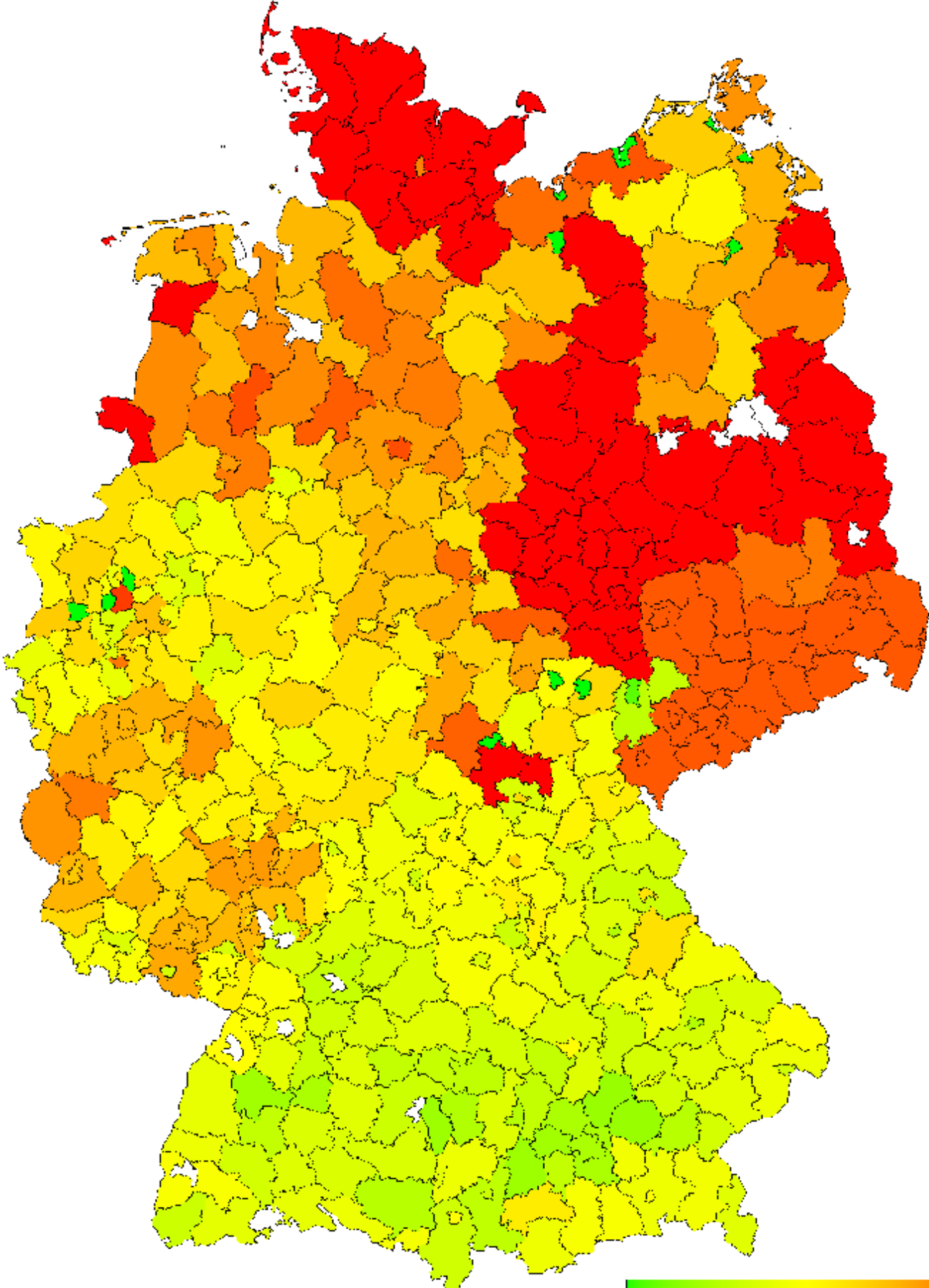
Indikatorentwicklung ohne Systemverständnis ist blind. Wenn man nicht weiß, was man mit einem Indikator mißt, nützt weder sein Aggregationsniveau noch seine Datenbestückung etwas. Um das notwendige Systemverständnis zu gewinnen, wurde das global orientierte DUST-BOWL SYNDROM (DBS) durch Expertenwissen für Deutschland angepaßt. Auf der Basis des daraus resultierenden Beziehungsgeflechts wurden qualitative Zeitverläufe für die wichtigsten Dimensionen einer nicht-nachhaltigen Landwirtschaftsentwicklung simuliert. Dabei zeigt sich, daß verschiedenen Varianten des DBS unterschieden werden können, je nach Überwiegen der eher natur- oder der eher sozialräumlich negativen Folgewirkungen. Das herangezogene Indikatorsystem ist in der Lage, diese qualitativ unterscheidbaren Fälle landwirtschaftlicher Nicht-Nachhaltigkeit richtungssicher zu detektieren. Es zeigt sich, daß - gemessen auf der hier herangezogenen Kreis-Ebene - regionale Unterschiede sowohl hinsichtlich der Intensität als auch hinsichtlich der Ausprägung des DBS existieren. Ein solcher Befund klingt plausibel und ist angesichts der geographischen, ökologischen, sozialen, agrarstrukturellen etc. Diversität in Deutschland auch nicht besonders verwunderlich. Nur: bislang gibt es unseres Wissens nach kein sachlich stimmiges und empirisch erprobtes Indikatorenset, das diesen auf allgemeiner Ebene fast *a priori* formulierbaren Befund auch tatsächlich detektiert hat. Die hier vorliegende Machbarkeitsstudie bietet ein solches Set an.

Selbstverständlich muß auch sie Lücken lassen. Diese sind allerdings unserer Einschätzung nach keine substantiellen Lücken mit Blick auf den gewählten Ansatz, sondern akziendentelle Lücken mit Blick auf pragmatische Gründe wie Zeit, Manpower etc. Im einzelnen lassen sich folgende Punkte benennen, die im Rahmen dieser Vorstudie offengelassen werden mußten - und die es in weiteren Arbeitsschritten anzugehen gelten würde:

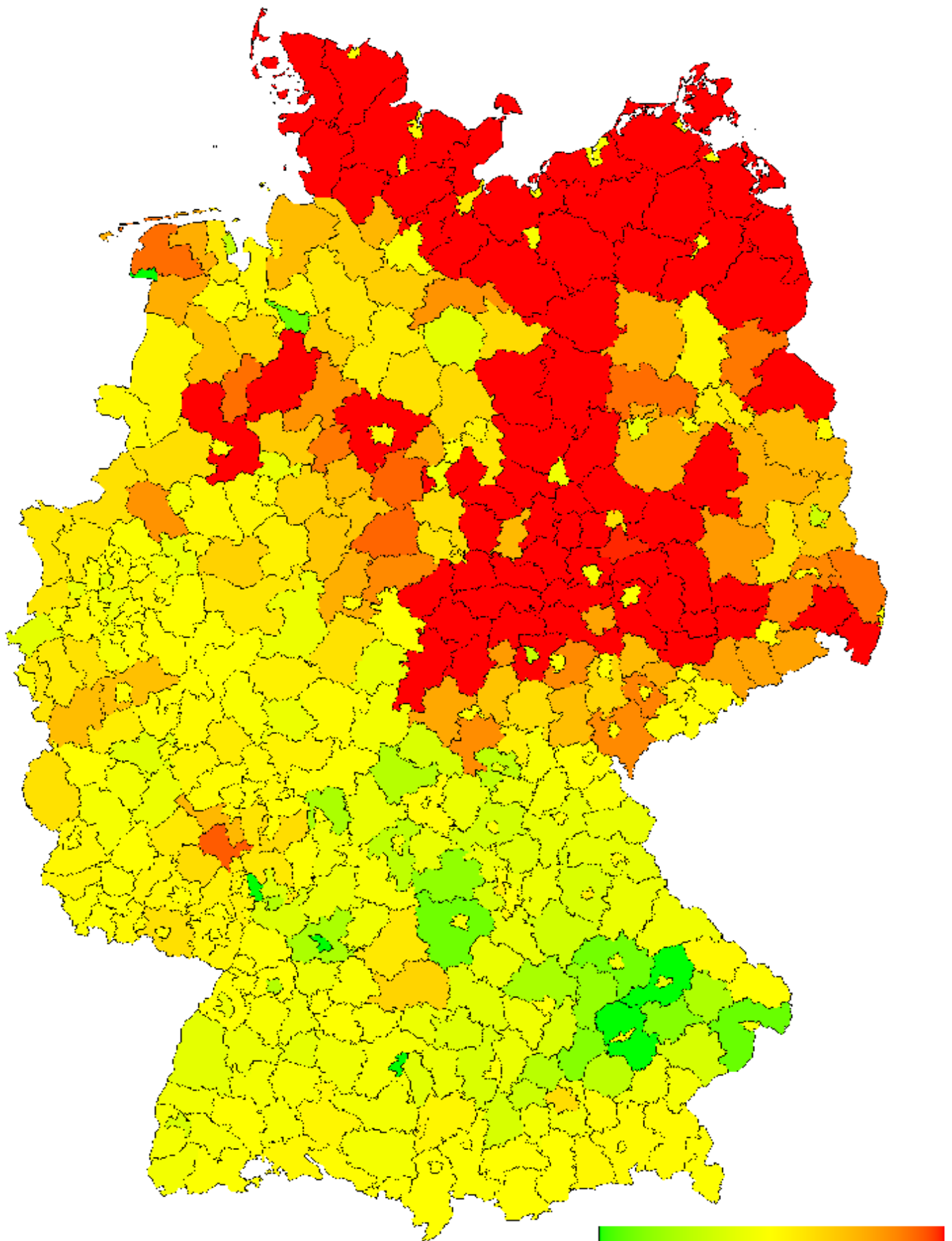
1. Das hier zentrale DUST-BOWL SYNDROM focussiert die Problemkreise einer nicht-nachhaltigen Nutzung agrarischer Ressourcen und Systeme. Damit ist zwar ein wichtiger und häufig unterschätzter Problembereich angesprochen, aber selbstverständlich sind in Deutschland eine Reihe *weiterer Bereiche* nachhaltigkeitsrelevant (z.B. städtische Siedlungsstruktur, Energieverbrauch und dadurch bedingte Treibhausgasemissionen, Verkehrsentwicklung, Konsumententwicklung, Schadstoffproblematik, Altlasten etc., um nur die umweltrelevanten zu nennen). Die Hypothese des Syndromansatzes ist hier, daß sich diese Einzelprobleme analog zum DBS durch eine wohldefinierte Reihe weiterer Syndrome (z.B. Hoher Schornstein, Suburbia) analysieren und mit syndromspezifischen Indikatorsystemen messen lassen.
2. Die in dieser Machbarkeitsstudie für die Intensitätsmessung herangezogenen *Daten* beziehen sich nur auf einen relativ kurzen Zeitraum (Mitte/Ende der 90er Jahre) und bedürfen - im Sinne eines auch politikrelevanten Monitoringprozesses - der fortlaufenden Aktualisierung. Für einige Facetten (z.B. Bodendegradation) konnten auch nur Zustände zu bestimmten Zeitpunkten berücksichtigt werden. Hier wären zusätzliche Informationen nötig, um die für den Ansatz charakteristische Berücksichtigung der Dynamik des Gesamtsystems abbilden zu können.
3. Im Bereich der *Biodiversität* wurde ein satellitenbildgestützter komplexer Indikator vorgeschlagen, der in funktionaler Hinsicht zu verfeinern und datenmäßig zu verbessern wäre. Parallele Bemühungen des Statistischen Bundesamtes im Rahmen seiner *Ökologischen Flächenstichprobe* wären hierbei zu berücksichtigen, zumal diese zusätzlich - zumindest in Stichproben - mit *ground truth* arbeiten.
4. Beim Problembereich *Stickstoffkreislauf* wurde eine regional aufgelöste Bilanzgröße für ein Jahr herangezogen. Auch hier sind Zeitreihen notwendig. Darüberhinaus müssen, um nicht nur die menschliche Nutzungsintensität, sondern auch den *impact* auf Boden und Wasser zu messen, weitere Größen (z.B. Bodentyp, Grundwasserflurabstand) berücksichtigt werden.
5. Der *hydrosphärische Bereich* wurde nur indirekt berücksichtigt (Stickstoffbilanz). Hier wäre es wünschenswert, den menschlichen "Druck" auf Grund- und Oberflächenwasser sowie dessen Belastungszustand durch Stoffeinträge aus der Landwirtschaft besser zu berücksichtigen. Womöglich wäre dabei auf Daten und Informationen des UBA (Umweltbundesamt) und der LAWA (Länderarbeitsgemeinschaft Wasser) zurückzugreifen.
6. Im *sozialen Bereich* wurde ein komplexer Indikator entwickelt, der den Nettobeitrag des Landwirtschaftssektors zur lokalen Arbeitslosigkeitsentwicklung mißt. So wichtig und innovativ dieser Indikator ist: er müßte um weitere Komponenten der sozialen Nachhaltigkeit im ländlichen Raum ergänzt werden (z.B. Versorgung mit Bildungseinrichtungen oder Freizeitinfrastruktur).
7. Im *wirtschaftlichen Bereich* wurde die Einkommenssituation der Landwirte als Modellgröße eingeführt und genutzt, aber auf der Indikatorebene noch nicht berücksichtigt. Eine solche Berücksichtigung ist aber wünschenswert, da das Nachhaltigkeitsziel die dauerhafte Sicherung von Einkommen als wirtschaftliches Teilziel enthält. Probleme der Einkommensstruktur und -verteilung auf der regionalen Ebene müssen dabei gelöst werden.
8. Im *politischen Bereich* wurde der Agrarpolitik vor allem der EU eine Schlüsselrolle für das DBS zuerkannt und in den Modellläufen explizit berücksichtigt. Auf der Indikatorebene aber fehlt diese Komponente bislang noch. Um sie zu integrieren, ist allerdings eine wie immer qualitative Einschätzung der Wirkungsrichtung bestimmter politischer Maßnahmen (-gruppen) mit Blick auf das Nachhaltigkeitsziel notwendig, was zusätzlicher Expertenbefragungen und Literaturlauswertung bedarf.
9. Die *räumliche Auflösung* in dieser Machbarkeitsstudie geht bis zur Kreisebene herunter - eine im wesentlichen aus Gründen der Datenverfügbarkeit vorgenommene Setzung. Angesichts der rein nationalen Ausrichtung der meisten bisher vorgeschlagenen Indikatorensets ist das zweifellos ein enormer Fortschritt. Gleichwohl können Strukturen unterhalb dieser Ebene nicht oder nur in Mittelwerten berücksichtigt werden. Zu überprüfen wäre, ob man hier nicht mit ausgewählten Kreisen eine Art Konsistenzvergleich vornimmt.
10. Schließlich wurde in dieser Studie nur auf die Ablaufdynamik des DBS in seinem nicht-nachhaltigen Kerngehalt reflektiert. Die vom Ansatz her beabsichtigte Politikberatung bedarf aber nicht allein der damit gegebenen Interventionspunkte, sondern zusätzlich auch der *positiven Trends und Systemmechanismen*. Der Übergang zu einem nachhaltigeren Systempfad müßte in einem nächsten Schritt ausformuliert werden.

Diese Defizite bezeichnen unseres Erachtens aber wie gesagt keine prinzipiellen Mängel des Syndromansatzes, sondern lediglich Desiderate für die weitere Forschungsarbeit mit dem von ihm bereitgestellten Werkzeugkasten.



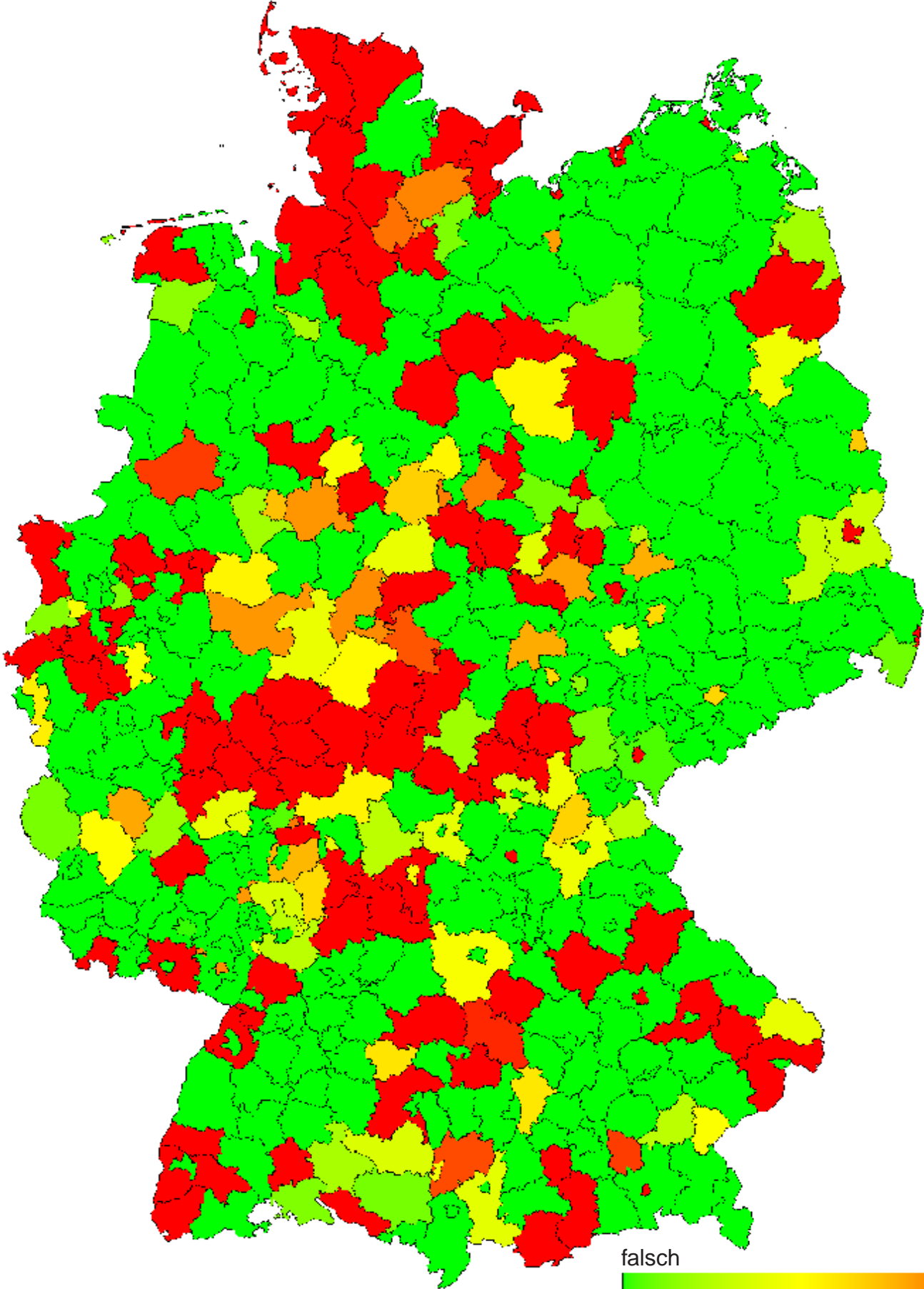


Karte 1: Änderung der Produktivität (Winterweizen, dt/ha/a) <-5 0 >5



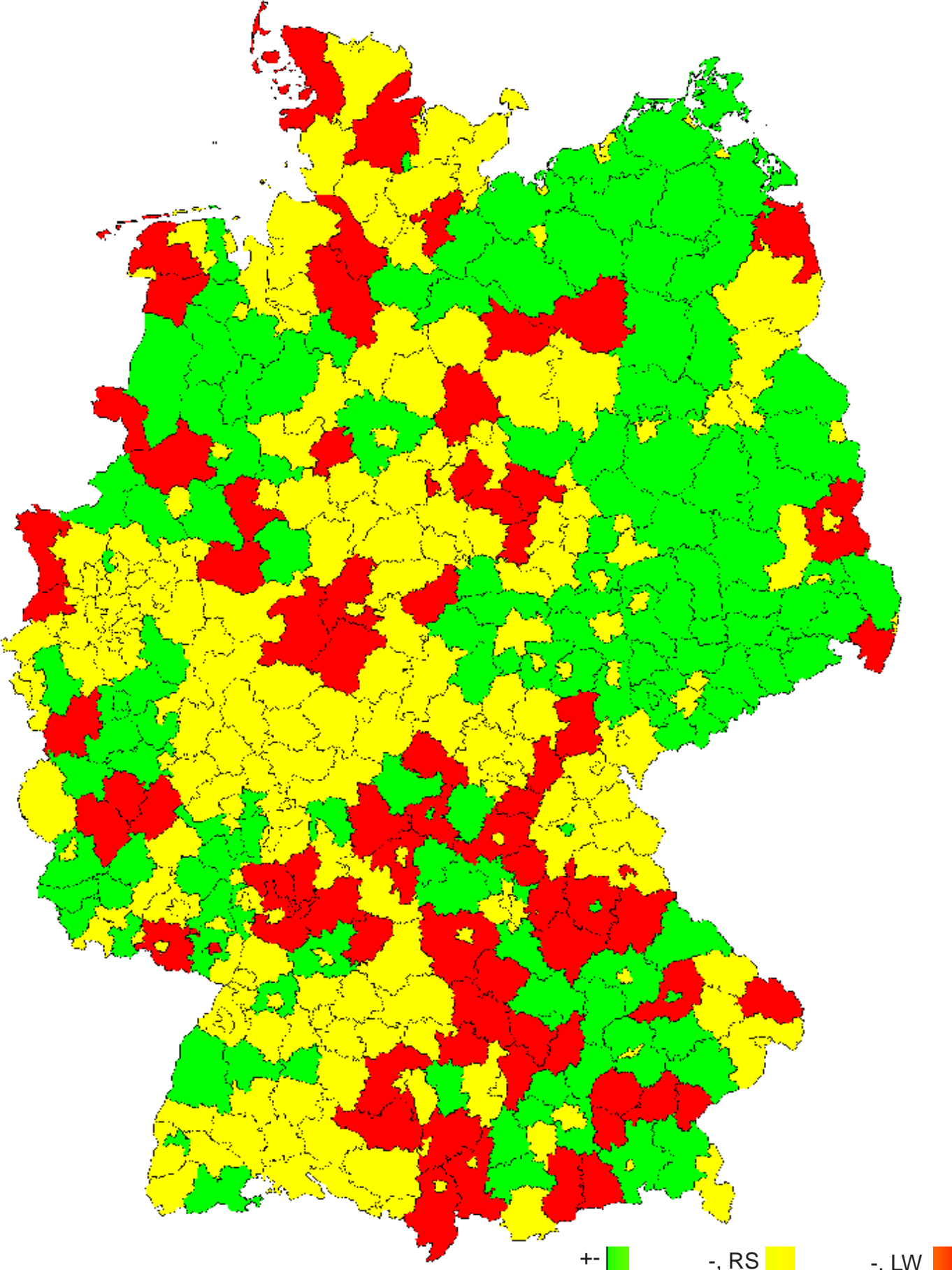
Karte 2: Änderung der Produktion (Winterweizen, t/a)





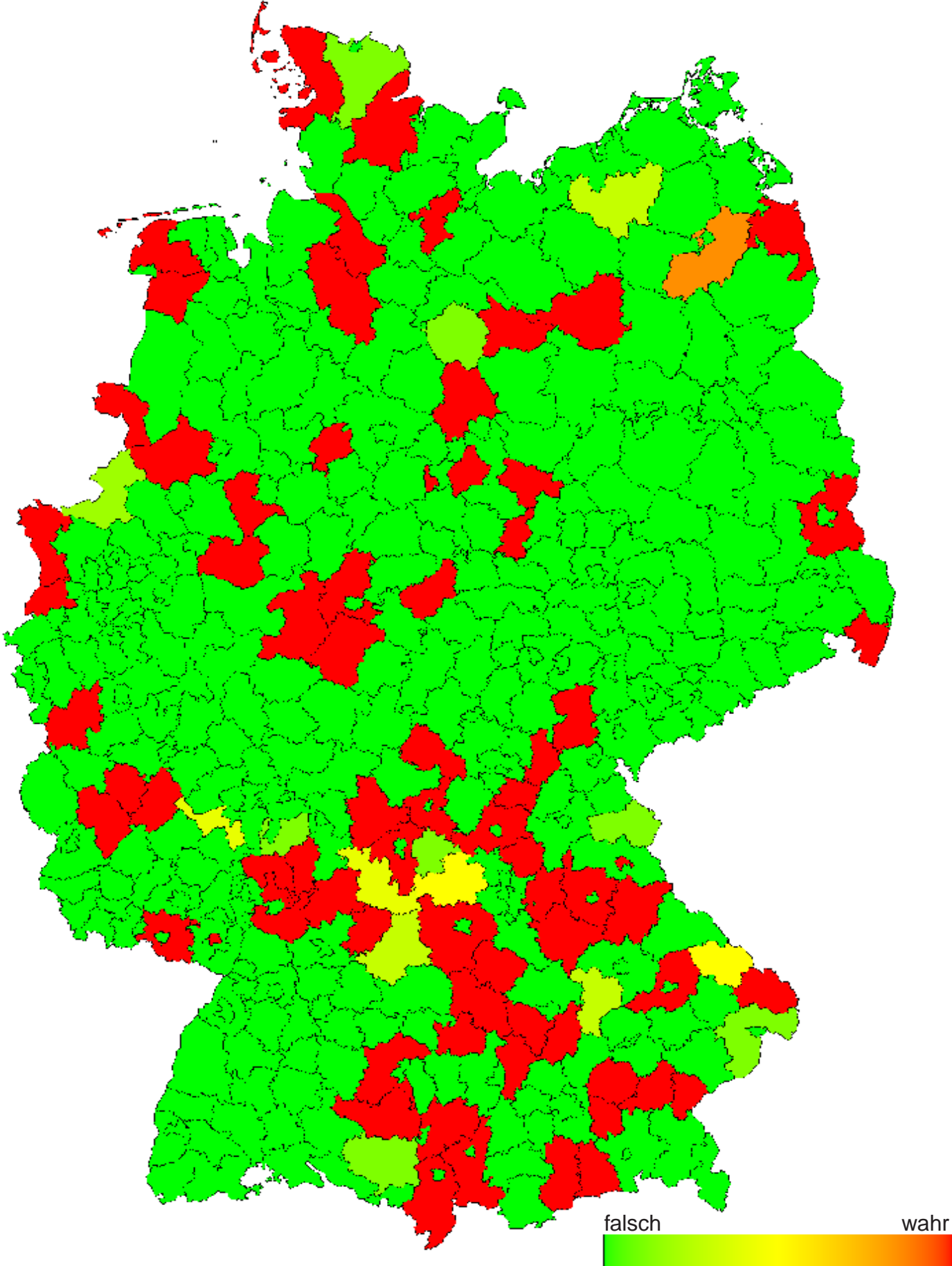
falsch wahr

Karte 3: Änderung der Arbeitslosigkeit ist lokal bedingt

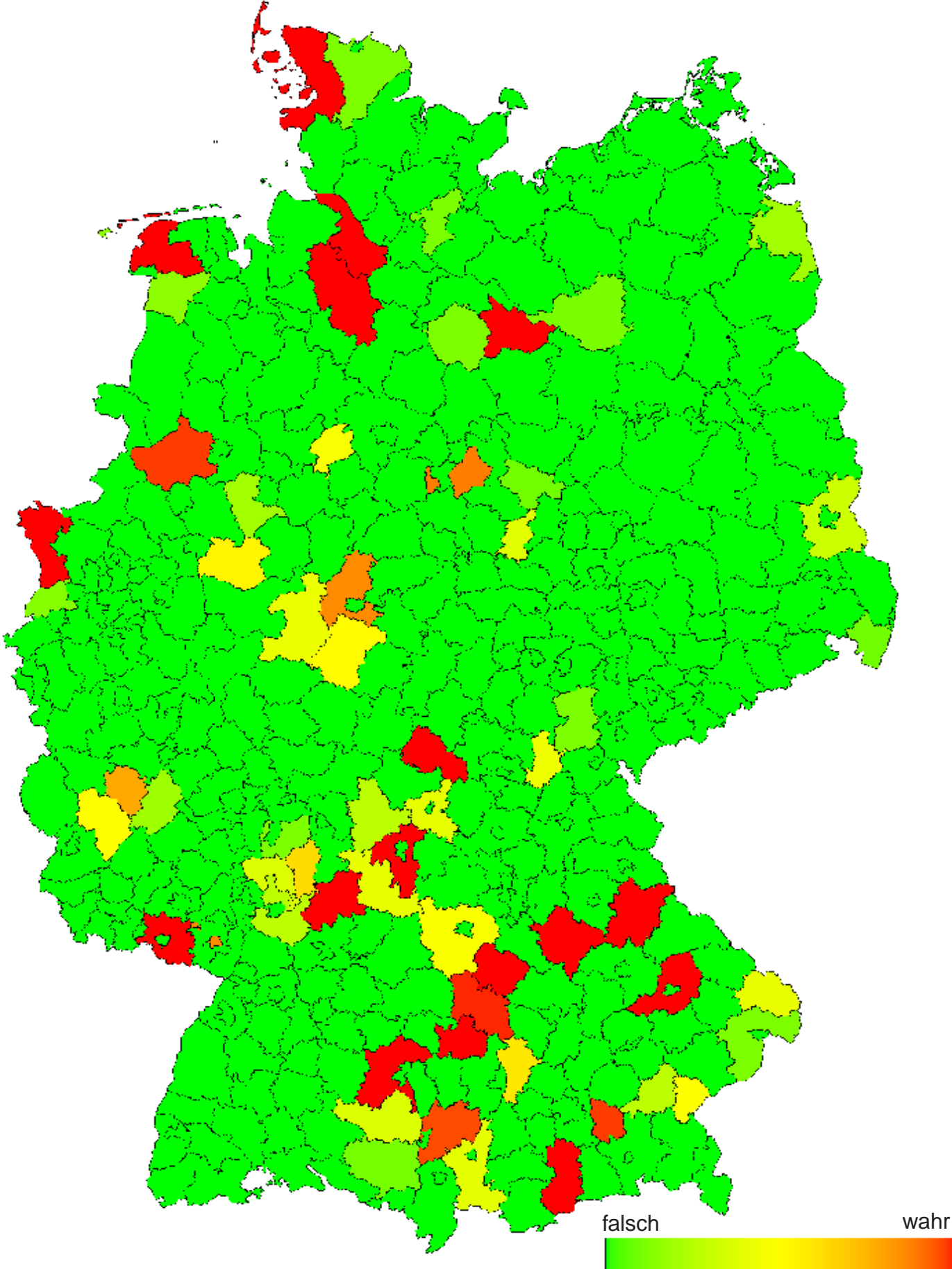


+ ■      -, RS ■      -, LW ■

Karte 4: Beschäftigungsentwicklung (+,-) und verursachender Sektor

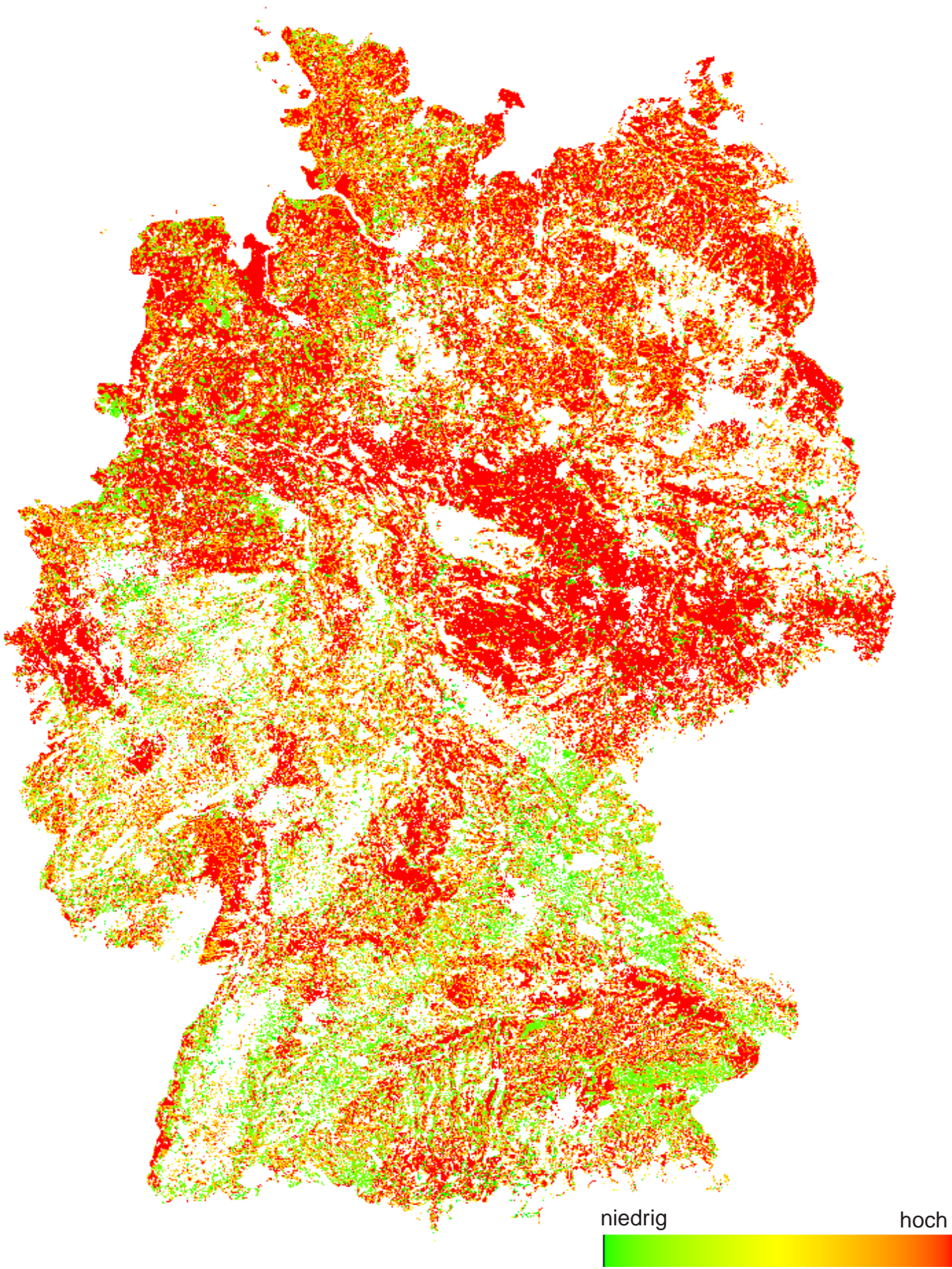


Karte 5: Anteil der Landwirtschaft am lokalen Beschäftigungsrückgang hoch

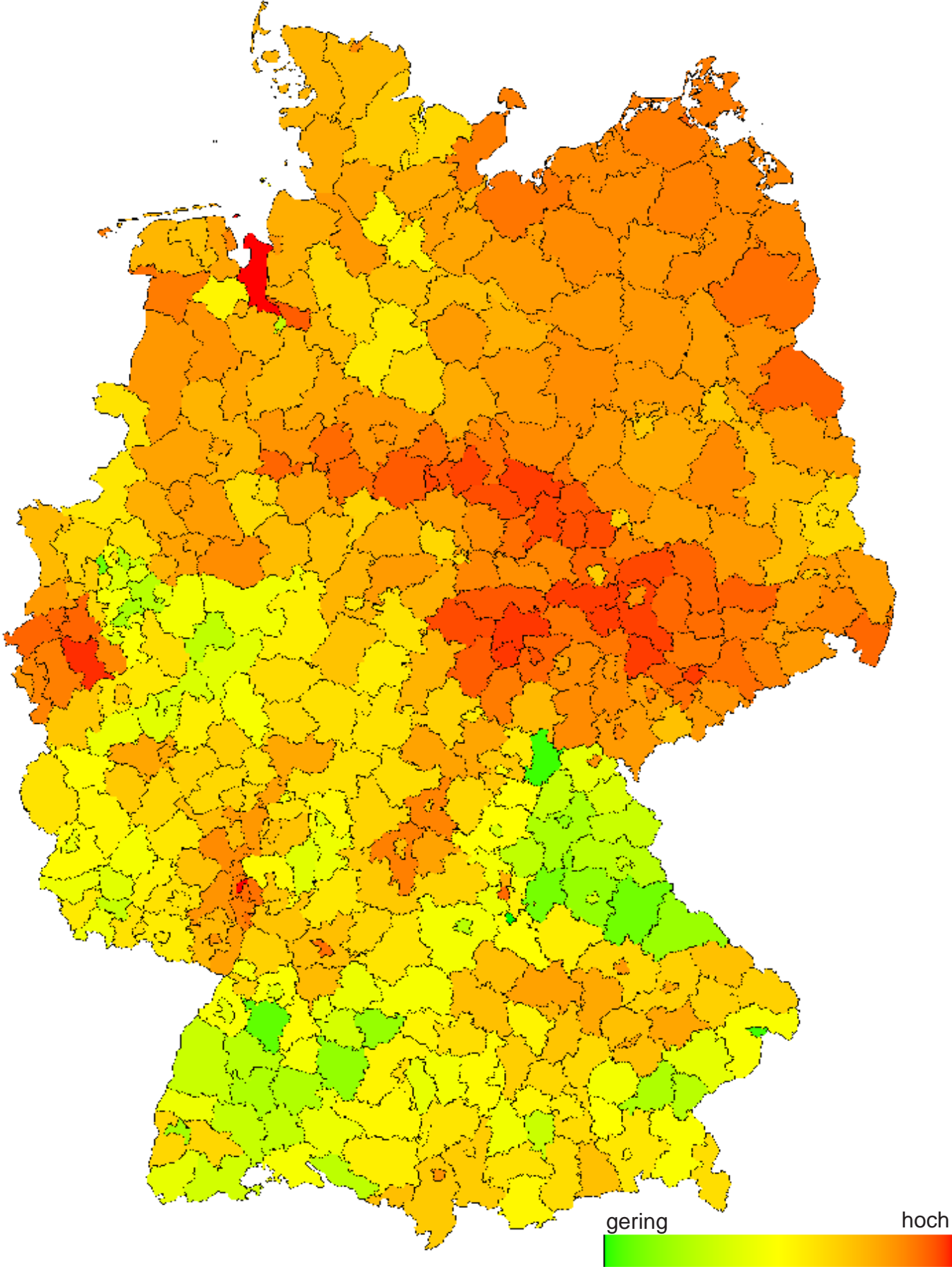


Karte 6: Landwirtschaftsentwicklung verursacht soziale Probleme



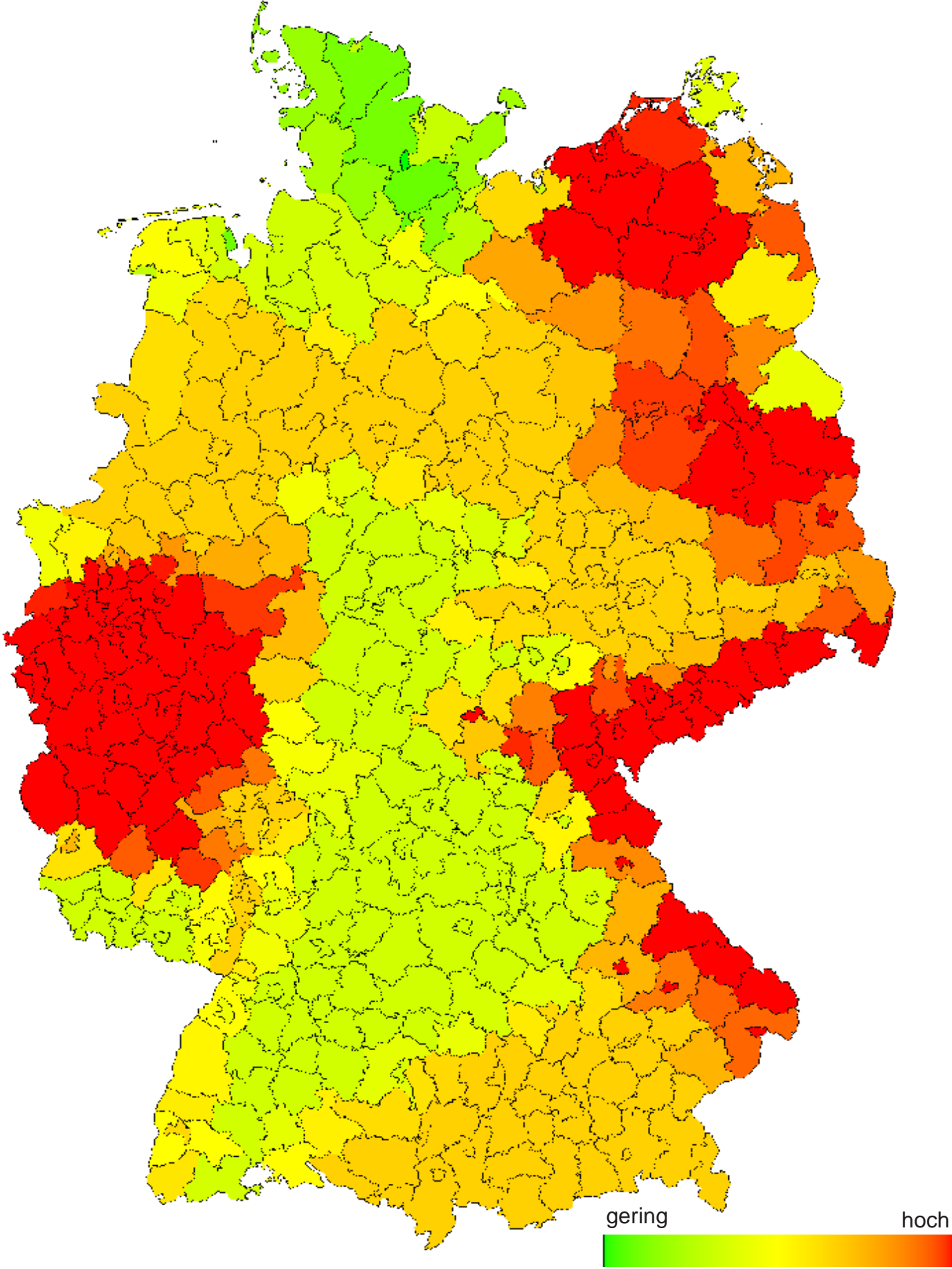


Karte 7: Homogenität landwirtschaftlich genutzter Flächen

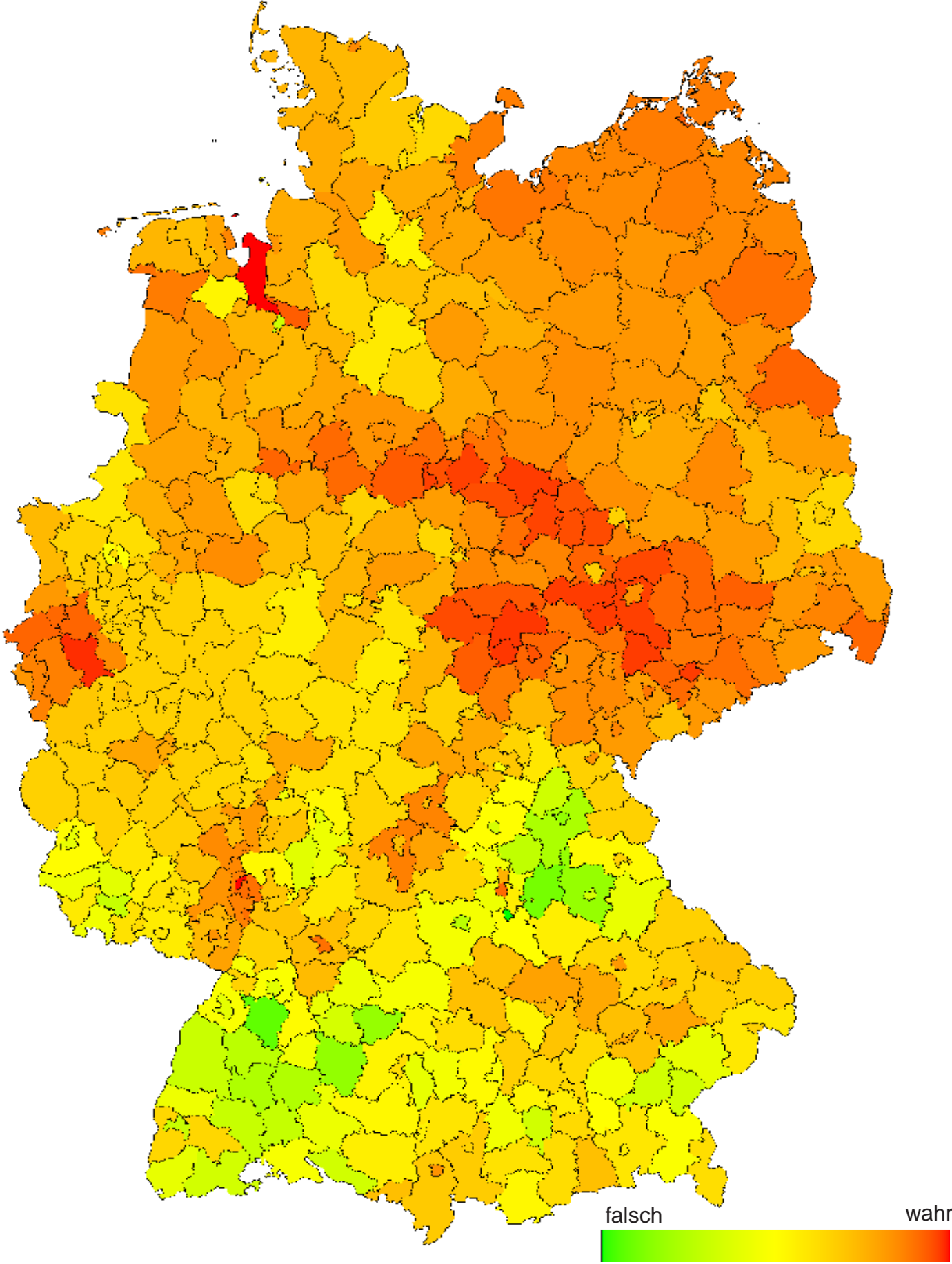


Karte 8: Homogenität landwirtschaftlich genutzter Flächen, Kreismittelwert

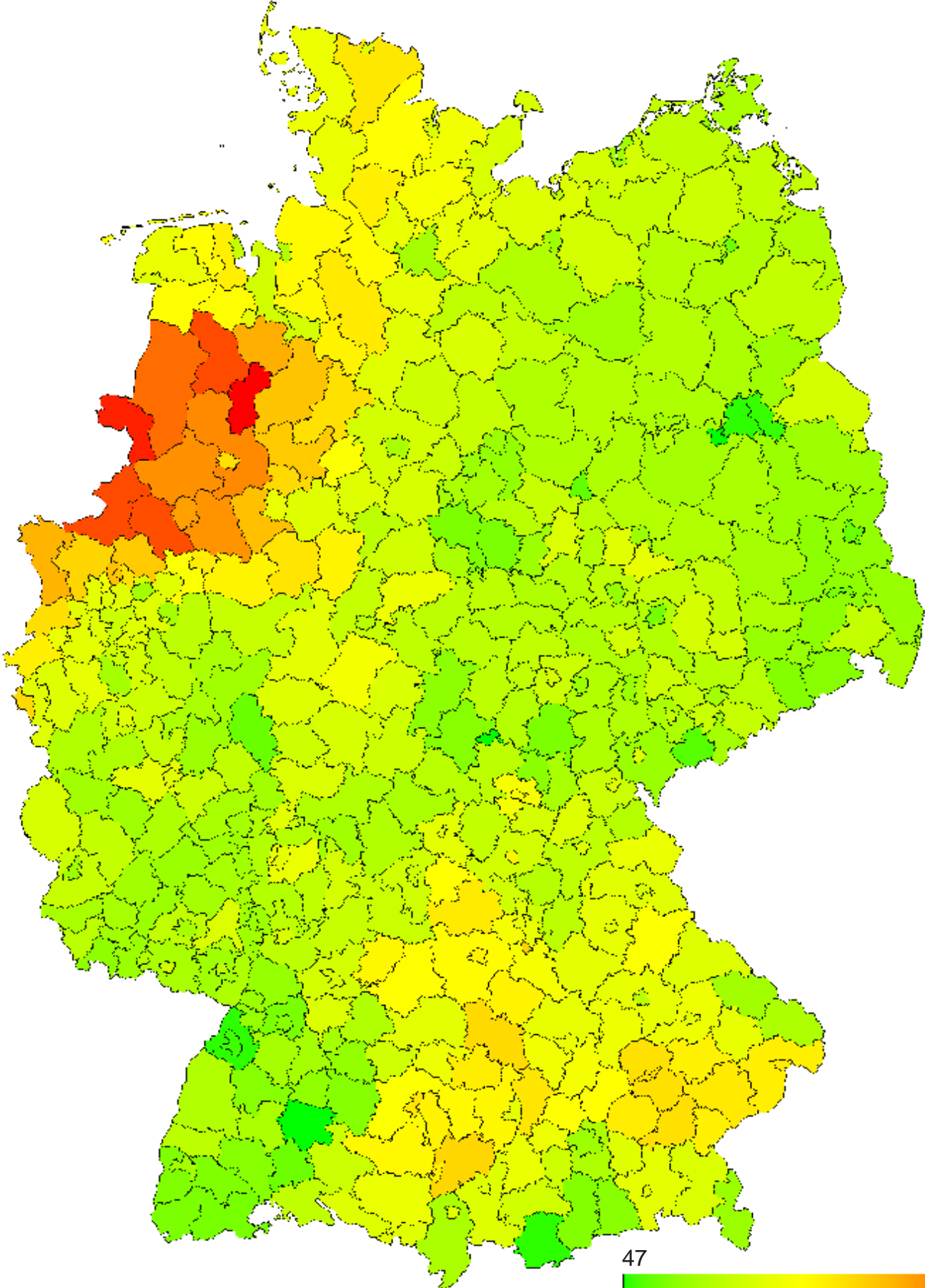




Karte 9: Zustand Bodendegradation, Keismittelwert



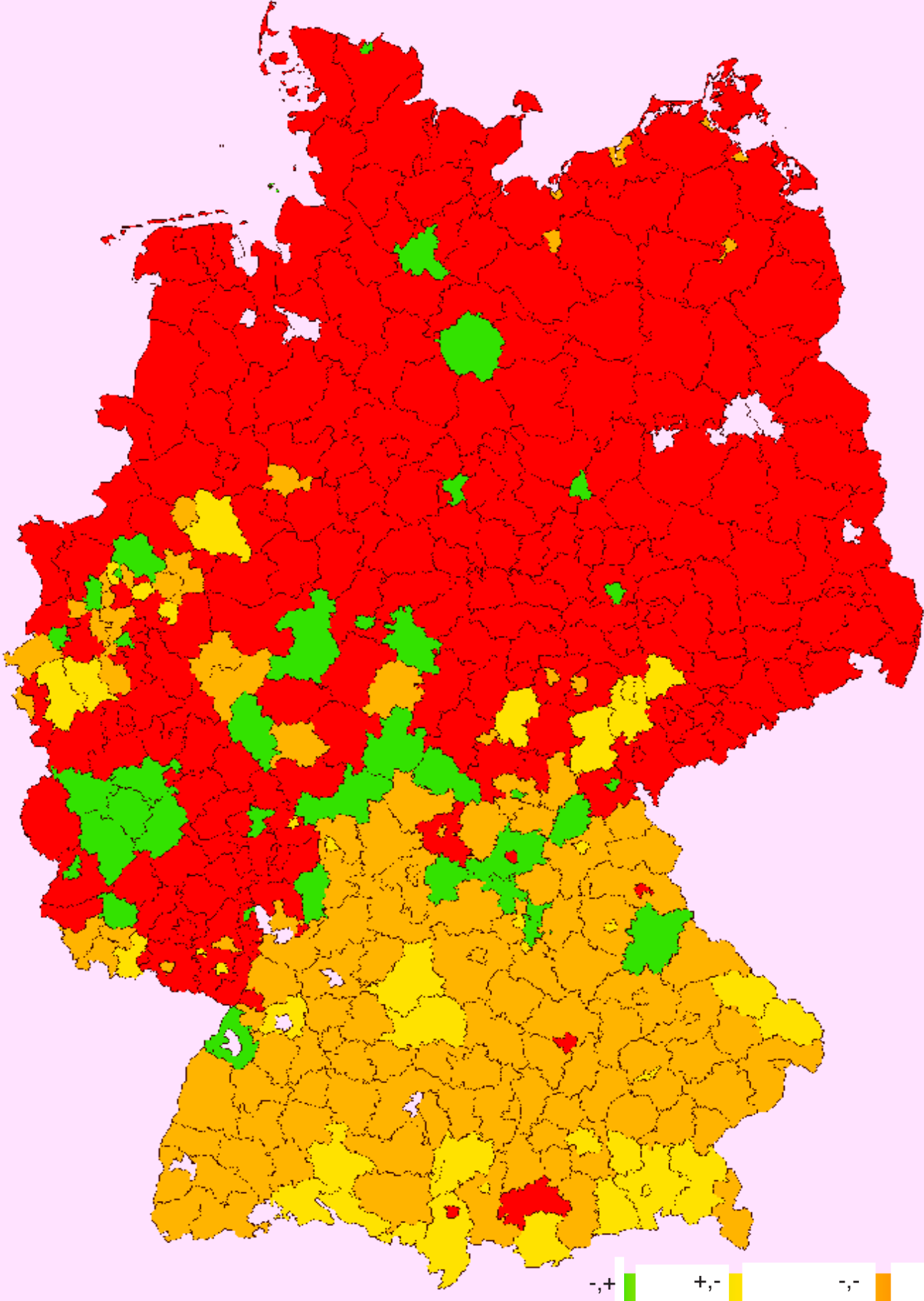
Karte 10: Relevante Umweltschädigung (u.a.mit Rückwirkung auf die Produktivität) liegt vor



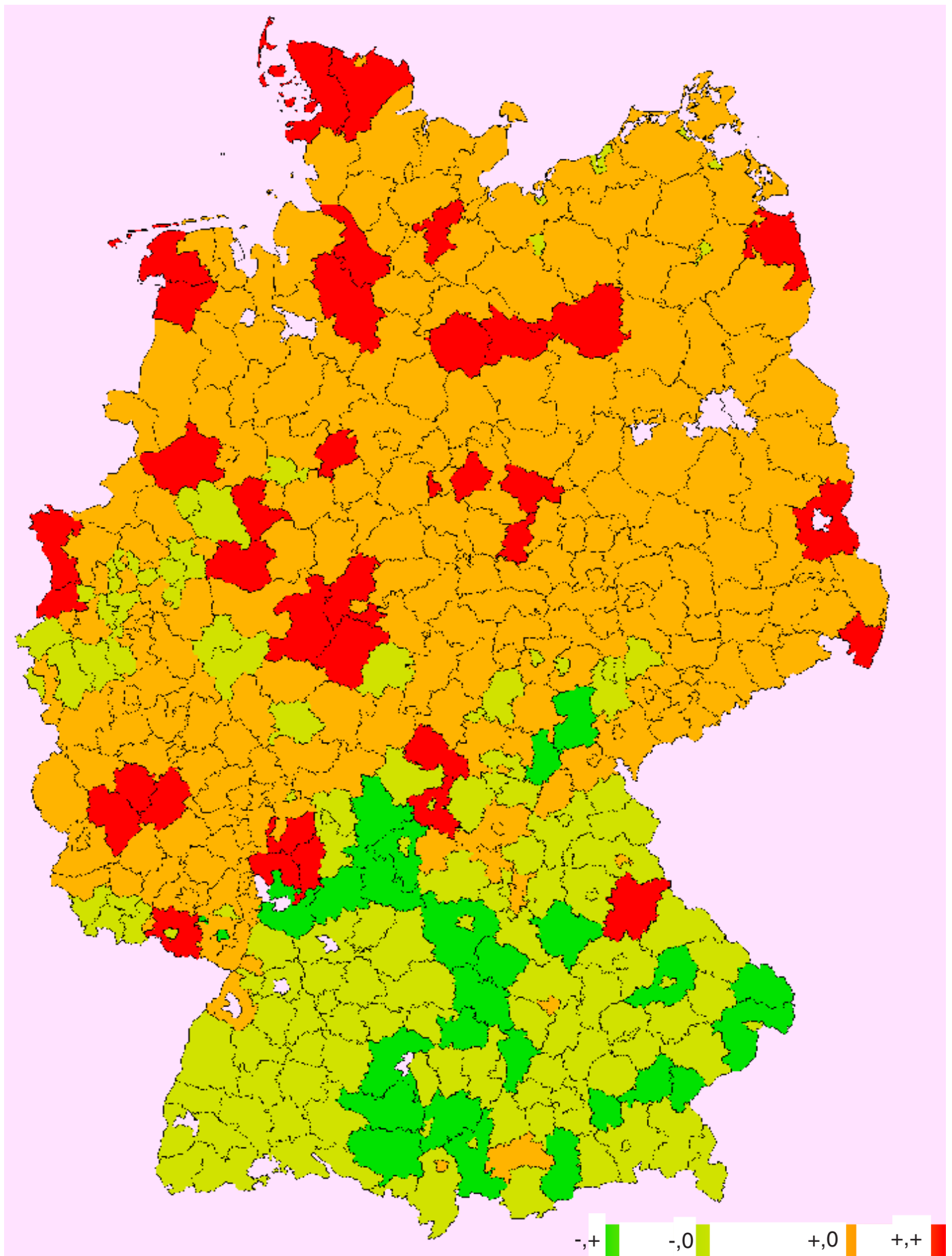
47

195

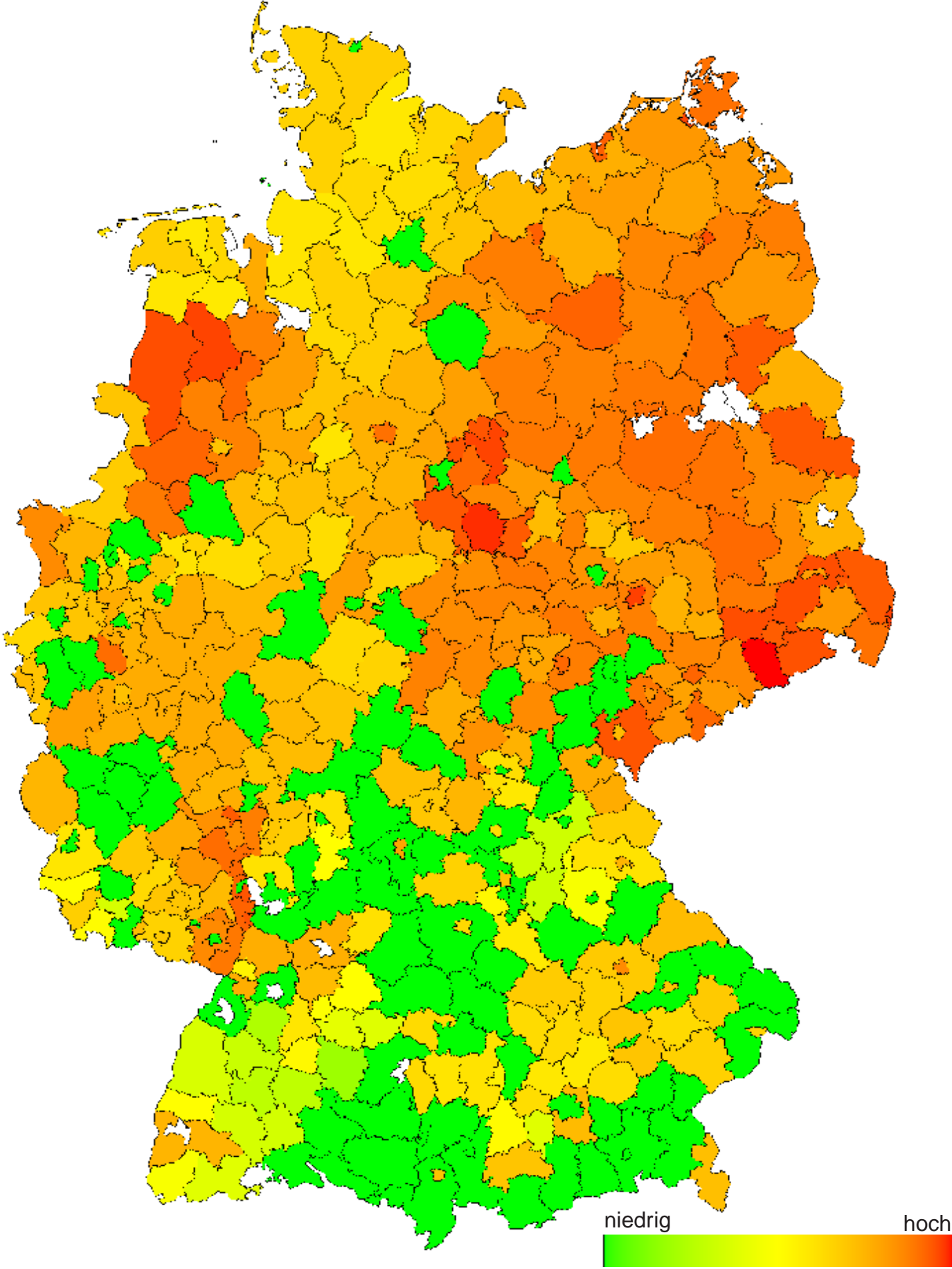
Karte 11: N-Überschuß in der Landwirtschaft, Kreismittel(kgN/ha Landwirtschaftsfläche)



Karte 12: Vorzeichenverhältnis zwischen Produktions- und Produktivitätsänderung

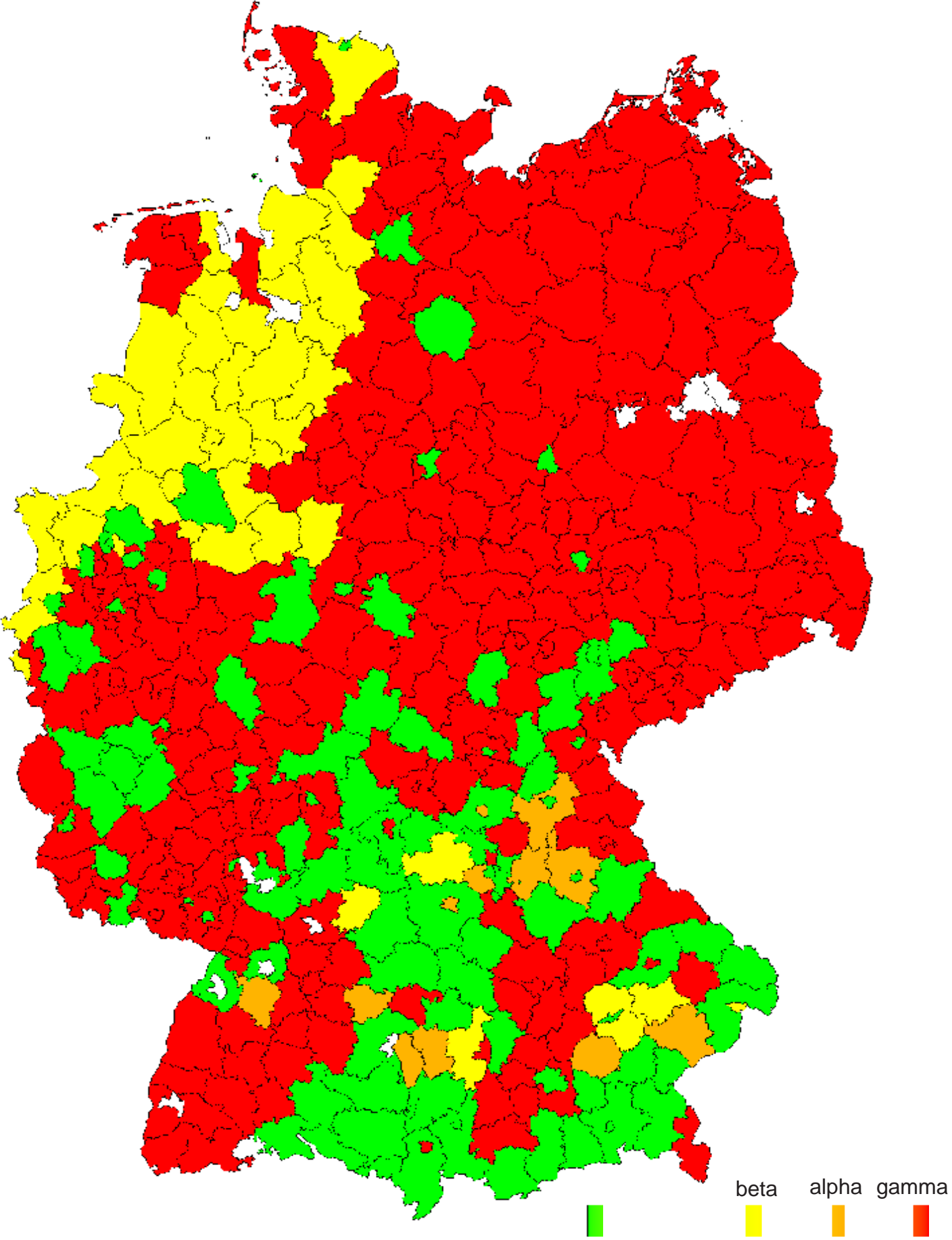


Karte 13: Vorzeichenverhältnis Produktivitätsänderung - problematische soziale Entwicklung



Karte 14: Intensität des Dust-Bowl-Syndroms Mitte der 90er Jahre





Karte 15: Dynamische Ausprägung des Syndroms

## 8. Literatur

- Aldrich, M., Billington, C., Bryant, D., Kapos, V., Luxmoore, R. (1995): Developing indicators of habitat condition and vulnerability. WRI & IUCN, Washington, Gland.
- Andermann, G., Hockmann, H., Schmitt, G. (1997): Historical Changes in Land-Labor Relationships in Western Europe. Göttingen. Internet: <http://www.gwdg.de/~uaao/>
- Arnold, A. (1997): Allgemeine Agrargeographie. Gotha und Stuttgart (Klett-Perthes)
- Bauer, Thielke (1982): zit. in Hampicke, U.: Kosten und Wertschätzung des Arten- und Bodenschutzes. Forschungsbericht, Umweltbundesamt, Berlin, Erich Schmidt Verlag (1991)
- Becker, H. (1997): Zwischen gesellschaftlicher Vielfalt und Auflösung - ländliche Lebensverhältnisse im Wandel. In: St. Hradil (Hrsg.): Differenz und Integration. Die Zukunft moderner Gesellschaften. Verhandlungen des 28. Kongresses der Deutschen Gesellschaft für Soziologie in Dresden 1996. Frankfurt/New York (Campus): 603-617
- Becker, H. (1998): Der Begriff "Biologische Vielfalt". In: BML 1997
- BfN (Bundesamt für Naturschutz) (1996): Daten zur Natur. Bonn
- Biswas, M.R. (1994): Agriculture and Environment. A Review 1972-1992. In: *Ambio*, **23**: 192-197
- BML (Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten) (1997): Biologische Vielfalt in Ökosystemen -Konflikt zwischen Nutzung und Erhaltung. Angewandte Wissenschaft, Heft 465. Schriftenreihe des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten. Internet: <http://www.dainet.de/bml-angwissenschaft>
- BML (Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten) (1998): Agrarbericht 1998 (Internet: <http://www.bml.de/landwirtschaft/ab-1998>)
- BML (Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten) (1999a): Agrarbericht 1999 (Internet: <http://www.bml.de/landwirtschaft/ab-1999>)
- BML (1999b): Land- und Forstwirtschaft in Deutschland. Daten und Fakten 1999. Internet: [http://www.bml.de/landwirtschaft/d\\_und\\_f-99/frd\\_f.htm](http://www.bml.de/landwirtschaft/d_und_f-99/frd_f.htm)
- BMU (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit) (1997a): Ökologie. Grundlage einer Nachhaltigen Entwicklung in Deutschland. Tagungsband zum Fachgespräch, 29. und 30. April 1997, Wissenschaftszentrum Bonn-Bad Godesberg. Bonn 1997
- BMU (1997b): Umweltpolitik. Klimaschutz in Deutschland. Zweiter Bericht der Regierung der Bundesrepublik Deutschland nach dem Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen. Bonn 1997
- Böge, St. (1994): Die Transportaufwandsanalyse. Ein Instrument zur Erfassung und Auswertung des betrieblichen Verkehrs. Wuppertal-Papers Nr. 21
- Bowler, I.R. (Ed.) (1992a): The Geography of Agriculture in Developed Market Economies. Burnt Mill & New York (Longman & John Wiley)
- Bowler, I.R. (1992a): The Industrialization of Agriculture. In: Bowler 1992a: 7-31
- Brand, K.-W. (Hrsg.) (1997): Nachhaltige Entwicklung. Eine Herausforderung an die Soziologie. Reihe Soziologie und Ökologie, Bd. 1, Opladen (Leske + Budrich) 1997
- BUND/Misereor (Hrsg.) (1996): Zukunftsfähiges Deutschland. Ein Beitrag zu einer global nachhaltigen Entwicklung. Basel etc. (Birkhäuser)
- Clasen, R. (1997): Die Transformation der Landwirtschaft in Ostdeutschland und ihre Folgen für die Agrarpolitik und die berufsständische Interessenvertretung. In: *Prokla*, **108** (1997): 407-432



- Delgado, Chr., Rosegrant, M., Steinfeld, H., Ehui, S., Courbois ( ): Livestock to 2020. The Next Food Revolution. IFPRI Vision 2020 Discussion Paper 28. Internet: <http://www.cgiar.org/ifpri/2020/2whatnew.htm>
- Demuth, R. (1992): Chemie und Umweltbelastung. Internet: <http://134.245.196.26/Umweltbelastung/Inhalt.htm>
- Diefenbacher, H., Habicht-Erenler, S. (Hrsg.) (1991): Wachstum und Wohlstand. Neuere Konzepte zur Erfassung von Sozial- und Umweltverträglichkeit. Marburg (Metropolis)
- Eckart, K. (1998): Agrargeographie Deutschlands. Agrarraum und Agrarwirtschaft Deutschlands im 20. Jahrhundert. Gotha/Stuttgart (Klett-Perthes)
- Enquete-Kommission Schutz der Erdatmosphäre des Deutschen Bundestages (Hrsg.) (1994): Schutz der Grünen Erde: Klimaschutz durch umweltgerechte Landwirtschaft und Erhalt der Wälder. Bonn (Economica)
- Fine, B., Leopold, E. (1993): The World of Consumption. London/New York
- Fränze, O., Daschkeit, A. (1996): Interdisziplinäre Umweltforschung in Deutschland - Anspruch und Wirklichkeit. Abschlußbericht aus dem DFG-Schwerpunktprojekt "Mensch und globale Umweltveränderungen". Kiel 1996.
- Fränze/Müller/Schröder (Hrsg.) (1998): Handbuch der Umweltwissenschaften. Grundlagen und Anwendungen der Ökosystemforschung. Landsberg (ecomед)
- Frielinghaus, M. (o.J.): Merkblätter zur Bodenerosion in Brandenburg. Zentrum für Agrarlandschafts- und Landnutzungsforschung. Internet: <http://www.zalf.de>
- Goudie, A. (1990): Mensch und Natur. Darmstadt (Wissenschaftliche Buchgesellschaft)
- Haber, W., Salzwedel, J. (1992): Umweltprobleme der Landwirtschaft. Sachbuch Ökologie. Herausgegeben vom Rat von Sachverständigen für Umweltfragen. Stuttgart (Metzler-Poeschel)
- Habich, R., Noll, H.-H. (1994): Soziale Indikatoren und Sozialberichterstattung. Internationale Erfahrungen und gegenwärtiger Forschungsstand. Bern
- Haccius, M., Lünzer, I. (1999). Ökolandbau in Deutschland. Stiftung Ökologie & Landbau. April 1999. Internet: <http://www.soel.de/infos/internat/deutschland/d1999.htm>
- Hartmuth, G. (1998): Ansätze und Konzepte eines umweltbezogenen gesellschaftlichen Monitoring. In: Kruse-Graumann, Hartmuth & Erdmann 1998: 9-34
- Heinrich, D., Hergt, M. (1994): dtv-Atlas zur Ökologie. Tafeln und Texte. München (Deutscher Taschenbuch-Verlag)
- Heywood, V.H. (Ed.) (1995): Global Biodiversity Assessment. Cambridge etc. (Cambridge University Press)
- Hoffmann-Kroll, R., Seibel, S., Wirthmann, A. (1998): Strukturveränderungen in Landschaft und Ökosystem als Indikatoren der Umweltqualität. In: Fränze/Müller/Schröder 1998, Kap. VI-2.6
- IPCC (1996): Climate Change 1995. Impacts, Adaptions and Mitigation of Climate Change: Scientific-Technical Analysis. Contribution of Working Group II to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Ed. by R.T. Watson, M.C. Zinyowera, R.H. Moss. Cambridge/New York/Melbourne
- Korcak, D. (1995): Lebensqualität-Atlas. Umwelt, Kultur, Wohlstand, Versorgung, Sicherheit und Gesundheit in Deutschland. Opladen (Westdeutscher Verlag)
- Kraut, D., Prochnow, A., Ackermann, I. (1997): Einfluß der Landtechnik auf die biologische Vielfalt. In: BML 1997
- Kretschmer, H., Hoffmann, J., Wenkel, K.-O. (1997) Einfluß der landwirtschaftlichen Flächennutzung auf Artenvielfalt und Artenzusammensetzung. In: BML 1997
- Kruse-Graumann, L., Hartmuth, G. & Erdmann, K.-H. (Hrsg.) (1998): Ziele, Möglichkeiten und Probleme eines gesellschaftlichen Monitoring. MAB-Mitteilungen 42, 1998. Bonn

- Kuckartz, U. (1997): Umwelt-Goldmedaille für Deutschland - oder: Wie umweltbewußt sind die Deutschen im internationalen Vergleich? Arbeitspapier Nr. 97-137 der Forschungsgruppe Umweltbildung der Freien Universität Berlin.
- Kuipers, B. (1994): *Qualitative Resoning* MIT Press, Cambridge
- Langer, S.K. (1987): *Philosophie auf neuem Wege. Das Symbol im Denken, im Ritus und in der Kunst.* Frankfurt am Main (S. Fischer)
- Lass, W., Reusswig, F. (1998): *Indikatorenssysteme für Nachhaltige Entwicklung im Bereich Landschafts-, Umwelt- und Naturschutz. Studie im Auftrag des Umweltforschungszentrums Leipzig-Halle.* Potsdam (Gesellschaft für sozioökonomische Forschung)
- Matson, P.A., Parton, W.J., Power, A.G., Swift, M.J. (1997): *Agricultural Intensification and Ecosystem Properties.* In: *Science*, Vol. **277**, 25 July 1997: 504-509
- McNeely, J.A., Gadgil, M., Leveque, C., Padoch, C., Redford, K. (1995): *Human Influences on Biodiversity.* In: *Heywood* 1995: 711-821
- Mennell, St. (1996): *All Manners of Food: Eating and Taste in England and France from the Middle Ages to the Present.* Urbana, Ill.
- Miller, D. (Ed.) (1995a): *Acknowledging Consumption. A Review of New Studies.* London/New York
- Miller, D. (1995b): *Consumption as the Vanguard of History.* In: Miller 1995a: 1-57
- Moerschner, J., Lücke, W. (1998): *Stoffströme bei der landwirtschaftlichen Produktion von Nahrungsmitteln.* Internet: <http://www.gwdg.de/~jmoersc/internet/stoffst/stoffst.htm>
- Moldan, B., Billharz, S., Matravers, R. (Eds.) (1997): *Sustainability Indicators. A Report on the Project on Indicators of Sustainable Development.* Chichester etc. (John Wiley & Sons)
- Mooser, J. (1984): *Arbeiterleben in Deutschland 1900-1970.* Frankfurt am Main
- MRU (Ministerium für Raumordnung und Umwelt Sachsen-Anhalt) (o.J.): *Digitaler Umweltatlas Sachsen-Anhalt.* Internet: <http://www.mu.lsa-net.de/ge/geo/start.htm>
- Mühle, H. (1998): *Sustainable Development in Agricultural Landscapes.* In: Schellnhuber/Wenzel 1998: 277-287
- Müller, H.-P. (1992): *Sozialstruktur und Lebensstile. Der neuere theoretische Diskurs über soziale Ungleichheit.* Frankfurt am Main
- Petschel - Held, Lüdeke, M.K.B., O., Reusswig, (1999): *Actors, structures and Environments.* In: Lohnert/Geist (Hrsg.) *Coping with changing environments.* Ashgate, Aldershot (UK), im Druck
- Petschel - Held, G., Block, A., Cassel-Gintz, M., Kropp, J., Lüdeke, M.K.B., Moldenhauer, O., Reusswig, F. (1999): *Syndromes of Global Change, a qualitative approach to assist global environmental management.* *Environmental Modelling and Assessment*, Im Druck.
- OECD (1996): *Subsidies and the Environment. Exploring the Linkages.* Paris
- OECD (1999): *Agricultural Policies in OECD Countries. Monitoring and Evaluation 1999.* Internet: <http://www.oecd.org/agr/publications/index2.htm>
- Pimentel, D., Pimentel, M. (1979): *Food, Energy, and Society.* New York
- Pimentel, D., Pimentel, M (1990): *Land, Energy and Water. The Constraints Governing Ideal U.S. Population Size.* Internet: <http://dieoff.com/page136.htm>
- Plachter, H. (1997): *Anforderungen an die Landschaften und ihre Regionalisierung.* In: BMU (1997)
- Plän, Th. (1999): *Biodiversität: Kritikalitätsanalyse und Indikatoren.* Gutachten für den WBGU (unveröffentlicht)
- Preisendörfer, P. (1998): *Umweltbewußtsein in Deutschland. Ergebnisse einer repräsentativen Bevölkerungsumfrage 1998.* Eine Information des Bundesumweltministeriums. Bonn

- Rauch, T. (1997): Schutz der Umwelt durch Abbau des Agrarprotektionismus der EU? In: *Prokla*, **108** (1997): 391-405
- Reid, W.V., McNeely, J.A., Tunstall, D.B., Bryant, D.A., Winograd, M. (1993): Biodiversity indicators for policy-makers. WRI & IUCN.
- Reisch, L., Scherhorn, G., Schrödl, S. (1997): Wege zu nachhaltigen Konsummustern. Schlußbericht über den Expertenworkshop "Nachhaltiger Konsum" in Stuttgart, im März 1997. Arbeitspapier. München:
- Reusswig, F. (1994): Lebensstile und Ökologie. Gesellschaftliche Pluralisierung und alltagsökologische Entwicklung unter besonderer Berücksichtigung des Energiebereichs. Frankfurt am Main
- Reusswig, F. (1998): Social Monitoring of Global Change: The Syndrome Approach. First lessons from a New Transdisciplinary Research Project. In: Kruse-Graumann, Hartmuth & Erdmann 1998: 79-90
- Schellnhuber, H.-J. , Block, A., Cassel-Gintz, M., Kropp, J., Lammel, G., Lass, W., Loose, C., Lüdeke, M.K.B., Moldenhauer, O., Petschel-Held, G., Plöchl, M. & Reusswig, F. (1997): Syndromes of Global Change. In: *GAIA*, **6**, **1**: 19-34.
- Schellnhuber, H.J., Wenzel, V. (Eds.) (1998): Earth System Analysis. Integrating Science for Sustainability. Berlin etc. (Springer)
- Scherhorn, G. (1994) Pro- und postmaterielle Werthaltungen in der Industriegesellschaft. In: Günter Altner et al. (Hrsg.). Jahrbuch Ökologie 1995: 186 - 198. München
- Schernewski, G., Wetzel, H. (1998): Phosphorhaushalt. Kap. IV-2.2.4 in Fränze/Müller/Schröder 1998
- Sebaldt, M. (1997): Organisierte Dienstleistungsgesellschaft. Ökonomische Funktionssektoren und ihre sich wandelnde Bedeutung im Kräftefeld deutscher Interessengruppen. In: *Kölner Zeitschrift für Soziologie und Sozialpsychologie*, **49** (1): 123-146
- Seifert, K., Osterburg, B., Kleinhanß, W. (1998): Gemeinsame Agrarpolitik und mögliche Auswirkungen der AGENDA 2000 auf Einkommen und Beschäftigung. In: Agenda 2000. Auswirkungen auf Deutschland. *Informationen zur Raumentwicklung*, Heft **9** (1998)
- Sick, W.-D. (1993): Agrargeographie. Braunschweig (Westermann)
- Sieferle, R.P. (1997): Rückblick auf die Natur. Eine Geschichte des Menschen und seiner Umwelt. München (Luchterhand)
- Siegrist, H., Kaelble, H., Kocka, J. (Hrsg.) (1997): Europäische Konsumgeschichte. Zur Gesellschafts- und Kulturgeschichte des Konsums (18. bis 20. Jahrhundert). Frankfurt/New York
- Slater, D. (1997): Consumer Culture & Modernity. Cambridge (UK), Oxford, Cambridge, Ma.
- SRU (Der Rat von Sachverständigen für Umweltfragen) (1998): Umweltgutachten 1998. Umweltschutz: Erreichtes sichern - Neue Wege gehen. Stuttgart (Metzler-Poeschel)
- Statistisches Bundesamt (1998): Zahlen und Fakten 1998. Internet: <http://www.statistik-bund.de/basis/d/forst/forsttxt.htm>
- Stolze, M., A. Piorr, A. Häring und S. Dabbert (1999): Environmental and resource use impacts of organic farming in Europe. Organic Farming in Europe: Economics and Policy Volume 6, Hohenheim (in Vorbereitung)
- Teherani-Krönner, P. (1992): Beziehung zur domestizierten Natur: Intensivterhaltung in Norddeutschland. In: B. Glaeser/P. Teherani-Krönner (Hrsg.): Humanökologie und Kulturökologie. Grundlagen, Ansätze, Praxis. Opladen: 357-370
- UBA (Umweltbundesamt) (1997a): Daten zur Umwelt . Der Zustand der Umwelt in Deutschland. Ausgabe 1997. Berlin (Erich Schmidt Verlag)
- UBA (Umweltbundesamt) (1997b): Jahresbericht 1997. Internet: <http://www.stk.de/jahresbericht/uba97.htm>

- UBA (Umweltbundesamt) (1998a): Nachhaltiges Deutschland - Wege zu einer dauerhaft-umweltgerechten Entwicklung. Berlin (Erich Schmidt-Verlag)
- UBA (Umweltbundesamt) (1998b): Ökobase. Umweltatlas. Version 1.0. CD-Rom
- van der Ploeg, R.R., Ringe, H., Machulla, G. Hermsmeyer, D. (1997): Postwar Nitrogen Use Efficiency in West German Agriculture and Groundwater Quality. In: *Journal of Environmental Quality*, **26** (1997): 1203-1212
- Vester, M., von Oertzen, P., Geiling, H., Hermann, Th., Müller, D. (1993): Soziale Milieus im gesellschaftlichen Wandel. Köln
- Vitousek, P.M., Mooney, H.A., Lubchenko, J., Melillo, J.M. (1997): Human Domination of Earth's Ecosystems. In: *Science*, Vol. **277**, 25 July 1997: 494-499
- Walz, R. et al. (1996): Weiterentwicklung von Indikatorensystemen für die Umweltberichterstattung. Forschungsvorhaben 10105016 des UBA. Abschlußbericht. Karlsruhe (Fraunhofer-Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung)
- WBGU (Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderung) (1994): Welt im Wandel - Die Gefährdung der Böden. Jahresgutachten 1994. Bonn (Economica)
- (1997): Für einen nachhaltigen Umgang mit Süßwasser. Jahresgutachten 1997. Berlin etc. (Springer)
- (1998): Das Management globaler Umweltrisiken. Jahresgutachten 1998. Berlin etc. (Springer)
- Weigel, H.J. (1997): Globale Umweltänderungen und biologische Vielfalt. In: BML 1997
- Wendland, F., Albert, H., Bach, M., Schmidt, R. (Hrsg.) (1993): Atlas zum Nitratstrom in der Bundesrepublik Deutschland. Rasterkarten zu geowissenschaftlichen Grundlagen, Stickstoffbilanzgrößen und Modellergebnissen. Berlin etc. (Springer)
- Wildt, M. (1994): Am Beginn der "Konsumgesellschaft". Mangelerfahrung, Lebenshaltung, Wohlstandshoffnung in Westdeutschland. Mangelerfahrung, Lebenshaltung, Wohlstandshoffnung in Westdeutschland in den fünfziger Jahren. Hamburg (Ergebnisse)
- Zieschank, R. et al. (1993): Vorstudie Indikatorsystem. Endbericht im Auftrag des Statistischen Bundesamtes. Wiesbaden (Statistisches Bundesamt)