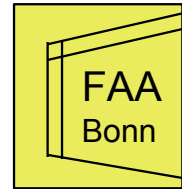


**Forschungsgesellschaft für Agrarpolitik und Agrarsoziologie e. V.**

Ferdinand-Lassalle-Straße 1, 53175 Bonn, Tel.: 0228/634781, Fax: 0228/634788

E-Mail: faabonn@t-online.de, Internet: <http://www.faa-bonn.de>

---



## **Endbericht des Teilvorhabens**

### **Regionalisierung des makroskaligen Angebotsverhaltens landwirtschaftlicher Landnutzer im Elbeeinzugsgebiet bei Szenarien zu Klima- und Agrarmarktänderungen**

im Rahmen des Projektes

## **GLOWA-Elbe**

### **Integrierte Analyse der Auswirkungen des Globalen Wandels auf die Umwelt und die Gesellschaft im Elbegebiet**

**Autoren:**

**H. Gömann, P. Kreins, C. Julius**

**Bonn, 29. Januar 2004**

## **Inhaltsverzeichnis**

<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	<b>10</b>
1.1	Problemstellung .....	10
1.2	Zielsetzung .....	11
<b>2</b>	<b>Methodischer Aufbau des interdisziplinären Modellverbundes</b> .....	<b>12</b>
2.1	Konzeption .....	12
2.2	Weiterentwicklungen .....	15
<b>3</b>	<b>Entwicklung der Argarmärkte: Rahmenbedingungen für die regionale Landwirtschaft im Elbeeinzugsgebiet</b> .....	<b>16</b>
3.1	Entwicklungen auf den Weltmärkten.....	16
3.2	Entwicklungen auf dem EU-Markt .....	18
3.3	Zusammenfassende Beurteilung der zukünftigen Agrarmarktentwicklungen .....	20
<b>4</b>	<b>Ableitung einer Referenzsituation für die Jahre 2010 und 2020</b> .....	<b>23</b>
4.1	Szenarioannahmen .....	23
4.1.1	Agrarpolitische Maßnahmen in der Referenzsituation.....	23
4.1.2	Entwicklung der Erzeugerpreise in Deutschland in der Referenzsituation.....	25
4.2	Entwicklung und Struktur der Landwirtschaft.....	26
4.2.1	Tierhaltung .....	26
4.2.2	Flächennutzung .....	28
4.2.3	Landwirtschaftlich genutzte Fläche .....	29
4.2.3.1	Grünlandnutzung.....	30
4.2.3.2	Ackerlandnutzung .....	32
4.2.3.3	Stickstoffbilanzen.....	37
<b>5</b>	<b>Auswirkungen unterschiedlicher Entwicklungsrahmen des Globalen Wandels auf die Landwirtschaft im deutschen Elbeeinzugsgebiet</b> .....	<b>39</b>
5.1	Teil-Liberalisierung.....	39
5.1.1	Szenarioannahmen .....	39
5.1.2	Auswirkungen auf die Landwirtschaft .....	40
5.1.2.1	Landnutzung.....	41
5.1.2.2	Stickstoffbilanzen.....	44
5.2	Ökologisierung durch Verteuerung des Vorleistungseinsatzes.....	45
5.2.1	Szenarioannahmen .....	45

5.2.2	Auswirkungen auf die Landwirtschaft .....	45
5.2.2.1	Landnutzung.....	46
5.2.2.2	Stickstoffbilanzen.....	47
<b>5.3</b>	<b>Klimabedingte Veränderungen der natürlichen Ertragspotenziale.....</b>	<b>48</b>
5.3.1	Szenarioannahmen .....	48
5.3.2	Auswirkungen auf die Landwirtschaft .....	50
5.3.2.1	Landnutzung.....	50
5.3.2.2	Stickstoffbilanzen.....	52
<b>5.4</b>	<b>Vergleichende Beurteilung .....</b>	<b>53</b>
<b>6</b>	<b>Schlussfolgerungen.....</b>	<b>56</b>
<b>7</b>	<b>Weiterer Forschungsbedarf im Rahmen des Projektes .....</b>	<b>58</b>
7.1	Problemstellung und Lösungsansatz .....	58
7.2	Nutzung kreisspezifischer Informationen zur Heterogenität der Standorte aus SWIM.....	58
7.3	Einführung von Standortklassen in RAUMIS.....	60
7.3.1	Definition der Standortklassen .....	60
7.3.2	Kalibrierungsansatz für die Verteilung der Kulturarten.....	61
7.3.2.1	Methode.....	61
7.3.2.2	Ergebnisse .....	63
7.4	Kalkulation der standortbezogenen Produktionstechnologien.....	67
7.5	Ausblick (Nutzung des Maximum-Entropie-Ansatzes) .....	67
<b>8</b>	<b>Anhang I: Beschreibung des Regionalisierten Agrar und Umweltinformationssystems RAUMIS.....</b>	<b>69</b>
8.1	Regionale und zeitliche Differenzierung .....	69
8.2	Prozessanalyse .....	69
8.3	Prognose .....	70
8.4	Lösungsvariablen.....	70
8.5	Wirkungsanalysen.....	71
<b>9</b>	<b>Anhang II: Beschreibung der Nährstoffbilanzierung in RAUMIS.....</b>	<b>72</b>
9.1	Wege der Nährstoffbilanzierung auf landwirtschaftlich genutzter Fläche.....	72
9.2	Vorgehensweise der Nährstoffbilanzierung im RAUMIS .....	73
9.3	Schätzung der Stickstoffbedarfe .....	74
9.4	Berücksichtigung regionaler Standortfaktoren.....	75

<b>9.5</b>	<b>Beschreibung der N-Bilanzpositionen im RAUMIS.....</b>	<b>76</b>
9.5.1	Wirtschaftsdünger .....	76
9.5.2	Mineraldünger .....	77
9.5.3	Zusätzliche Positionen der Stickstoffbilanz .....	78
9.5.4	Nährstoffentzüge .....	78
9.5.5	Nährstoffbilanzsaldo .....	78
<b>10</b>	<b>Literatur .....</b>	<b>80</b>

## Verzeichnis der Abbildungen

Abbildung 1:	Zusammenspiel agrarökonomischer und ökohydrologischer Modelle sowie Landschafts- und Landschaftsplanungsmodelle .....	13
Abbildung 2:	Änderung der Landnutzung im Elbegebiet bei einem Klimawandel gegenüber dem Referenzszenario .....	52
Abbildung 3:	Ertragspotenziale von Kulturarten, alle Hydrotope Brandenburgs .....	59
Abbildung 4:	„WWEI 01“-Ertragspotenziale nach Hydrotopen (SWIM) in drei RAUMIS-Modellkreisen .....	60
Abbildung 5:	Verteilung der Kulturartenumfänge auf Standortklassen in UKM .....	63
Abbildung 6:	Verteilung der Kulturartenumfänge auf Standortklassen in BRQ .....	64
Abbildung 7:	Kulturartenumfänge auf Standortklassen in UKM, mit Anbaubed.....	64
Abbildung 8:	Kulturartenumfänge auf Standortklassen in BRQ, mit Anbaubed.....	65
Abbildung 9:	Ertragspotenziale (Winterweizen und Roggen), Landkreis Uckermark .....	65
Abbildung 10:	Ertragspotenziale (Wi.weizen, Roggen) im Landkreis Havelland.....	66
Abbildung 11:	Fließschema der vollständigen nationalen Mineralbilanz für die Landwirtschaft nach PARCOM Richtlinie .....	72
Abbildung 12:	Vorgehensweise der Nährstoffbilanzierung im Modellsystem RAUMIS .....	73
Abbildung 13:	Positionen der Nährstoffbilanz im Modellsystem RAUMIS für N, P und K .....	74
Abbildung 14:	Eckwerte zur Berechnung der N-Bedarfsfaktoren im Ackerbau in Abhängigkeit von Boden und Klima.....	76

## Verzeichnis der Karten

Karte 1 -	Regionale Viehbestandsdichten in GVE je ha LF (1999).....	28
Karte 2 -	Regionale Anteile der Grünlandfläche an der landwirtschaftlich genutzten Fläche in % (Basisjahr 1999).....	32
Karte 3 -	Veränderung der regionalen Anteile des Dauergrünlandes an der landwirtschaftlich genutzten Fläche in %-Punkten (1979 - 1999).....	33
Karte 4 -	Anteil des Roggenanbaus in % der Ackerfläche (1999).....	35
Karte 5 -	Regionale Entwicklung des Weizenanbaus (1999 - 2020).....	36
Karte 6 -	Regionale Stickstoffbilanzüberschüsse in kg N je ha LF (1999).....	38
Karte 7 -	Anteil nicht genutzter landwirtschaftlicher Nutzfläche bei Teil-Liberalisierung im Jahr 2020 (% der LF).....	43
Karte 8 -	Änderung des Roggenanbaus bei Teil-Liberalisierung gegenüber dem Referenzszenario im Jahr 2020 (%-Punkte der LF).....	43
Karte 9 -	Veränderung regionaler Stickstoffbilanzsalden bei Teil-Liberalisierung gegenüber der Referenzsituation im Jahr 2020 (kg N je ha LF).....	44
Karte 10:	Veränderungen des regionalen Getreideanbaus sowie des Umfangs der nicht genutzten LF im Elbegebiet bei einer Abgabe auf mineralischen Stickstoff von 200% im Jahr 2020 (%-Punkte der LF gegenüber der Referenzsituation).....	46
Karte 11 -	Veränderung der durchschnittlichen Stickstoffbilanzsalden im Szenario Stickstoffsteuer gegenüber der Referenzsituation.....	47
Karte 12:	Wahrscheinlichstes Klimaszenario im deutschen Elbeeinzugsgebiet bis 2046-55 im Vergleich zu 1951-2000.....	48
Karte 13:	Simulierte Auswirkung von Klimaänderungen auf landwirtschaftliche Erträge im Elbegebiet.....	49
Karte 14:	Regionale Veränderungen ausgewählter Verfahrensumfänge bei einem Klimawandel (in %-Punkten gegenüber dem Referenzszenario).....	51
Karte 15 -	Veränderung der durchschnittlichen Stickstoffbilanzsalden im Szenario Klimawandel gegenüber der Referenzsituation.....	53

## Verzeichnis der Schaubilder

Schaubild 1 -	Entwicklung der Produktion, des Verbrauchs und des Preises auf den Weltmärkten für Weizen, Mais und Sojabohnen (1980 – 2001) .....	17
Schaubild 2 -	Versorgungssituation auf dem EU-Getreidemarkt in Mio. t (in den Jahren 1980 - 2000).....	18
Schaubild 3 -	Versorgungssituation auf dem EU-Ölsaatenmarkt in Mio. t (in den Jahren 1980 - 1999).....	20
Schaubild 4 -	Entwicklung der Weltmarktpreise für Weizen, Mais und Sojabohnen in US\$/t (1980 - 2020) .....	21
Schaubild 5 -	Entwicklung des EU- Erzeugerpreises für Weizen in €/t (1980 - 2020).....	25
Schaubild 6 -	Entwicklung der flächenabhängigen Viehhaltung <sup>1)</sup> und Viehbesatzdichten (GVE) im Zeitraum 1979 bis 2020.....	27
Schaubild 7 -	Entwicklung der Stickstoffbilanzüberschüsse im früheren Bundesgebiet und im deutschen Elbegebiet in kg je ha LF von 1979 bis 2020 .....	37

## Verzeichnis der Tabellen

Tabelle 1 -	Flächennutzungsstruktur in Deutschland und im deutschen Einzugsgebiet der Elbe im Jahr 1999 bzw. 2000 .....	29
Tabelle 2 -	Entwicklung der Nutzungsstruktur der landwirtschaftlich genutzten Fläche in Prozent der LF (1979 bis 2020).....	30
Tabelle 3-	Entwicklung der Grünlandnutzung in Prozent Grünlandfläche von 1979 bis 2020 .....	31
Tabelle 4 -	Entwicklung der Nutzungsstruktur des bewirtschafteten Ackerlandes in % der Ackerfläche (1979 bis 2020) .....	34
Tabelle 5 -	Entwicklung der Struktur des Getreideanbaus in % der Getreidefläche (1979 - 2020) .....	35
Tabelle 6 -	Anpassungen der Landnutzung im Elbegebiet bei unterschiedlichen Entwicklungsszenarien gegenüber dem Referenzszenario im Jahr 2020.....	42
Tabelle 7 -	Auswirkungen untersuchter Szenarien des Globalen Wandels auf die landwirtschaftliche Produktion, Wertschöpfung und Arbeitskräfte im deutschen Elbeeinzugsgebiet gegenüber dem Referenzszenario im Jahr 2020 .....	54
Tabelle 8:	Variationskoeffizient für Ertragspotenziale der Hydrotöpfe im Kreis.....	66

## ZUSAMMENFASSUNG

Durch die Prozesse des Globalen Wandels einschließlich der Weiterentwicklung der Gemeinsamen Agrarpolitik der EU (GAP) sind deutliche Anpassungen bei der Landbewirtschaftung mit entsprechend einhergehenden Wirkungen auf den Wasserhaushalt und die Gewässerqualität im Elbeeinzugsgebiet zu erwarten. Angesichts der Probleme und Konflikte der Landwirtschaft in dieser Region ist die Analyse dieser Auswirkungen von großem Interesse, auch für politische Entscheidungsträger. Aufgrund des durch die Wiedervereinigung Deutschlands verursachten Strukturwandels mit verschiedenen für eine nachhaltige Entwicklung des Raumes kritischen Konsequenzen haben die Erwartungen an die Landwirtschaft in dieser Hinsicht zugenommen, da sie in vielen ländlichen Regionen des Elbegebiets entscheidend zur wirtschaftlichen Aktivität beiträgt.

Das Teilvorhaben untersucht mit Hilfe des in GLOWA-Elbe entwickelten interdisziplinären Modellverbundes die Auswirkungen möglicher Szenarien des Globalen Wandels auf die Landwirtschaft, Landnutzung und Umwelt im deutschen Einzugsgebiet der Elbe, um im Rahmen des „Integrierten Methodischen Ansatzes“ zur Ableitung und Bewertung alternativer Handlungsstrategien beizutragen. Der Verbund besteht aus den agrarökonomischen Modellen WATSIM und RAUMIS, dem öko-hydrologischen Modell SWIM, dem Nährstofffrachtmodell MONERIS sowie dem Klimamodellsystem ECHAM4/OPYC3/STAR. Durch die Kopplung wird eine direkte Verbindung zwischen Driving-Force, State und Response Indikatoren geschaffen, die neben der regionalen Spezifizierung des Zusammenspiels von Prozessen des Globalen Wandels mit politischen Handlungsoptionen eine zielgenaue Berücksichtigung gesellschaftlicher Anforderungen an die Landwirtschaft ermöglicht.

In einem ersten Schritt wird ein Referenzszenario für die zukünftige Landbewirtschaftung bis zum Jahr 2020 erstellt. Die grundlegenden Annahmen dafür sind die Beibehaltung der derzeitigen GAP (Agenda 2000) sowie eine im Vergleich zu Projektionen der OECD oder des FAPRI pessimistischere Preisentwicklung auf den Weltmärkten für Getreide und Ölsaaten. Die Ableitung der Entwicklung der Landbewirtschaftung im deutschen Elbeeinzugsgebiet bis zum Jahr 2020 erfolgt mit dem regionalen Agrarsektormodell RAUMIS, das erstmalig für einen derart langfristigen Zeithorizont eingesetzt wird. Neben den ohnehin bestehenden Unsicherheiten bei einer Projektion werden Grenzen der derzeitigen Modellanwendbarkeit für Langfristprognosen erkennbar.

Die ermittelte Referenzsituation dient in erster Linie als Vergleichsszenario zur Wirkungsanalyse für unterschiedliche Entwicklungsszenarien des Globalen Wandels. Das Referenzszenario ist durch hohe Agrarstützungen gekennzeichnet, die eine landwirtschaftliche Produktion auch auf Standorten ermöglichen, auf denen die Produktion zu Weltmarktbedingungen in diesem Umfang nicht wettbewerbsfähig ist. Allerdings setzt sich auch bei Beibehaltung der derzeitigen wirtschaftlichen und technologischen Trends sowie der GAP eine bisher zu beobachtende duale Entwicklung der landwirtschaftlichen Landnutzung fort. D.h. die Produktion wird auf Gunststandorten intensiviert und auf Ungunststandorten weiter extensiviert. Die Güte eines Standortes wird dabei nicht nur durch natürliche, den Pflanzenbau beeinflussende Faktoren determiniert, sondern auch durch strukturelle und wirtschaftliche Faktoren wie die Mechanisierbarkeit der Produktion oder die regionalen Opportunitätskosten der Arbeit in der



Landwirtschaft, die sich maßgeblich an den außerlandwirtschaftlichen Erwerbsmöglichkeiten in den Regionen orientieren.

Vor diesem Hintergrund werden die Entwicklungsrahmen A1 und B2 des IPCC-Reports 2000 (Intergovernmental Panel on Climate Change), die in GLOWA-Elbe als qualitative und integrierende Entwicklungsrahmen verwendet werden, für den Teilbereich „Agrarpolitik und Landwirtschaft“ konkretisiert, und zwar als fortschreitende „Liberalisierung“ bzw. „Regionalisierung/Ökologisierung“. Die Maßnahmen bei der Liberalisierung sind ein Abbau der Agrarpreisstützung sowie eine Entkopplung von Direktzahlungen. Im Szenario Ökologisierung wird die Einführung einer Abgabe auf mineralischen Stickstoff in Höhe von 200% (N-Abgabe) untersucht. Damit wird das Ziel verfolgt, diffuse, landwirtschaftliche Stickstoffeinträge in Gewässer zu verringern. Auswirkungen von Klimaänderungen auf die Landbewirtschaftung, die im Referenz-, Liberalisierungs- und Ökologisierungsszenario jeweils unberücksichtigt bleiben, werden separat quantifiziert.

Bei einer zunehmenden Liberalisierung der Agrarpolitik wird sich die duale Entwicklung der Landbewirtschaftung verstärken. Die derzeitigen Anbau- und Nutzungsverfahren der LF werden vor allem auf Ungunststandorten in einem beträchtlichen Ausmaß eingestellt. Die Getreideerzeugung wird im Elbegebiet um mehr als ein Drittel gegenüber der Referenzsituation eingeschränkt, insbesondere auf Ungunststandorten. Bilden sich keine neuen, innovativen Landnutzungsformen heraus, fällt ein Großteil der LF im Elbegebiet brach. Angesichts der starken Landnutzungsänderungen fallen positive Wirkungen auf die Umwelt in Form verminderter Stickstoffüberschüsse vergleichsweise gering aus. Die N-Bilanzüberschüsse gehen in der Landwirtschaft um ca. 14% zurück. Ein Großteil der Subventionen wird in Form von Transferzahlungen (1,8 Mrd. EUR) einkommenseffizienter übertragen, so dass trotz deutlicher, zum Großteil preisbedingter Erlöseinbußen in der Landwirtschaft (16%), die Nettowertschöpfung um 12% zurückgeht.

Die Abgabe auf mineralischen Stickstoff in Höhe von 200% führt zu einer Senkung der speziellen Produktionsintensität, durch die beispielsweise die Getreideerträge um durchschnittlich 28% abnehmen. Der damit verbundene Einkommensrückgang wird durch die Rückerstattung der vereinnahmten N-Abgabemittel in Höhe von etwa 0,5 Mrd. EUR über eine produktionsneutrale Transferzahlung je ha LF abgepuffert und beläuft sich auf ca. 13% gegenüber dem Referenzszenario. Ohne diese Transferzahlung betrüge er etwa 30%. Das Elbegebiet profitiert dabei von einer Umverteilung infolge einer bundeseinheitlichen Flächenprämie in Höhe von 68 EUR je ha LF, die sich bei einer elbweiten Regelung auf rund 62 EUR beläuft. Auf diese Weise werden etwa 34 Mio. EUR vom Nicht-Elbegebiet ins Elbegebiet transferiert.

Durch die N-Abgabe nehmen die N-Überschüsse der Landwirtschaft um rund 265.000 t im Elbegebiet ab, das entspricht rund 65% gegenüber der Referenzsituation. Die Kosten dieser Reduktion gemessen an den Einkommenseinbußen der Landwirtschaft belaufen sich auf etwa 1.300 EUR je t vermindertem N-Überschuss. Die Ansatzstelle Mineralstickstoff ist allerdings nur schwach mit dem Umweltproblem korreliert. Regional betrachtet zeigt dieses Instrument daher nur unzureichende Wirkungen in Problemgebieten, die durch hohen Viehbesatz gekennzeichnet sind. Die Überschüsse gehen in Ackerbauregionen relativ stärker zurück als in Regionen mit höherem Viehbesatz. Daher wird die heterogene regionale Verteilung der

Überschüsse, die durch hohe Überschüsse an der unteren Elbe und niedrige Überschüsse in den Ackerbaugebieten gekennzeichnet ist, verstärkt.

Ein Klimawandel hat auf die Landwirtschaft in den Regionen des Elbegebiets unterschiedliche Auswirkungen. Dies ist sowohl auf die regional unterschiedliche Ausprägung des Klimawandels als auch die unterschiedliche Wirkung auf einzelne Anbaukulturen zurückzuführen. Die Ergebnisse zeigen, dass sich Anbauregionen verschieben können und Ertragsrisiken in vielen Regionen zunehmen. Vom bereits stattfindenden Klimawandel sind ertragsstarke Standorte unter Umständen stärker betroffen als ertragsschwache, so dass er die oben erwähnte duale Entwicklung (Spezialisierung) zwischen den Regionen teils verstärkt teils reduziert. Insgesamt werden ca. 9% weniger Getreide, vorrangig aufgrund klimabedingter Ertragseinbußen, erzeugt.

Die erzielten Ergebnisse zeigen darüber hinaus weiteren Forschungsbedarf auf, die nachstehend kurz skizziert werden:

- Die verbundenen Modelle weisen derzeit eine unterschiedliche regionale Differenzierung auf. Während RAUMIS den deutschen Agrarsektor weitgehend auf der Landkreisebene abbildet, gehen in SWIM rasterbasierte Daten mit unterschiedlicher Auflösung ein. Die vorgesehene weitere regionale Differenzierung von RAUMIS z.B. auf die Gemeindeebene führt zu einer Annäherung der Abbildungsebene an SWIM sowie zu einer Reduzierung des Aggregationsfehlers in RAUMIS. Darüber hinaus könnten die in SWIM vorliegenden Standorteigenschaften genutzt werden, um den Einfluss der Heterogenitäten innerhalb einer Modellregion auf das Anpassungsverhalten der Landwirtschaft abzubilden. An einem Prototyp zur Abgrenzung natürlicher Standorte wird gearbeitet, der vielversprechende Ergebnisse liefert.
- Eine Prognose der zukünftigen Entwicklung der Landwirtschaft für einen Zeithorizont von mehr als 20 Jahren ist mit vielen Unsicherheiten verbunden und gehörte bisher nicht zu den Anwendungsbereichen von RAUMIS. Das Modell verfügt zwar über Fortschreibungsmodule, diese sind aber nicht für einen derartig langen Zeitraum konzipiert. Vordringlich ist eine Überarbeitung der Fortschreibungsmethodik für die Ertragsfunktionen.

## 1 EINLEITUNG

### 1.1 Problemstellung

Die Landwirtschaft ist der größte Landnutzer im Elbe-Einzugsgebiet und spielt für die Wasserqualität und Wassermenge eine wichtige Rolle. Durch die Landbewirtschaftung können beispielsweise Nährstoffe und Pflanzenschutzmittel in Grund- und Oberflächengewässer ausgetragen werden. Weiterhin beeinflussen Bodenbearbeitungstechnologie sowie Fruchtfolgegestaltung die Evapotranspiration, die eine wesentliche Determinante des Landschaftswasserhaushaltes ist. Vor diesem Hintergrund ist die Landwirtschaft im Elbegebiet mit verschiedenen wasserverfügbarkeitsabhängigen Problemen und Konflikten konfrontiert beispielsweise der Empfindlichkeit großer Tieflandbereiche gegenüber Trockenheit. Aus den im Mittel geringen Jahresniederschlägen um 600 mm resultieren Folgeprobleme wie unzureichendes Wasserdargebot, geringere Verdünnung von Stoffeinträgen, erhöhte Verweilzeiten des Wassers mit entsprechend verstärkten Eutrophierungserscheinungen. Darüber hinaus bestehen Probleme z.B. in den landwirtschaftlich intensiv genutzten Gebirgsvorlandgebieten.

Die Landbewirtschaftung unterliegt den Einflussfaktoren des Globalen Wandels, der klimatische, demographische, kulturelle, gesamtwirtschaftliche und technologische Entwicklungen in den verschiedenen Regionen der Welt umfasst. Für den deutschen Agrarsektor manifestiert sich der Globale Wandel vor allem in klimabedingten Änderungen der natürlichen Produktionsbedingungen, Bevölkerungswachstum, in einer zunehmenden Liberalisierung des internationalen Handels - forciert durch die WTO-Verhandlungen, in der Erweiterung der Europäischen Union sowie im gestiegenen Umweltbewusstsein der Bevölkerung.

Hinsichtlich klimabedingter Änderungen natürlicher Ertragsbedingungen im Elbegebiet ist ein langfristiger Rückgang der Niederschläge bei gleichzeitigem Anstieg von Extremereignissen zu beobachten (vgl. Gerstengarbe et al. 2003). Dadurch wird zum einen die Wasserverfügbarkeit mehr und mehr zum limitierenden Faktor der Erträge landwirtschaftlicher Kulturpflanzen. Zum anderen nimmt das Risiko eines Ernteausfalls durch Flut oder Dürre zu.

In Hinblick auf die zunehmende Liberalisierung des internationalen Handels sowie dem gestiegenen Umweltbewusstsein sind die agrarpolitischen Rahmenbedingungen in der EU weiterhin anzupassen. Der erste Anpassungsschritt erfolgte mit der Reform der Gemeinsamen Agrarpolitik der EU (GAP) von 1992. Die Reform beinhaltet eine Senkung der internen Stützpreise für Agrarprodukte mit kompensierenden Preisausgleichszahlungen, einen Abbau von Exportsubventionen sowie eine zunehmende Entkopplung des Subventionssystems von der Produktion. Mit den Beschlüssen zur „Agenda 2000“, die für den Zeitraum von 2000-2006 gelten, wurden diese Maßnahmen fortgeführt und vertieft. In der Neuausrichtung der Politik wurden gleichzeitig Agrar-Umweltaspekte verstärkt in die GAP integriert (vgl. Baldock et al. 2002). Weitere Modifikationen der GAP im Rahmen der Halbzeitbewertung der Agenda 2000, lassen erkennen, dass der Reformprozess noch nicht beendet ist<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup>

Der Europäische Rat hat am 25.26. Juni 2003 in Luxemburg auf Vorschlag der EU-Kommission Reformen der GAP beschlossen.

Durch die Prozesse des Globalen Wandels einschließlich der Weiterentwicklung der GAP sind deutliche Anpassungen der Landbewirtschaftung mit entsprechend einhergehenden Wirkungen auf den Wasserhaushalt und die Gewässerqualität zu erwarten. Angesichts oben genannter Probleme und Konflikte der Landwirtschaft im Elbeeinzugsgebiet ist die Analyse der Auswirkungen verschiedener Entwicklungsszenarien des Globalen Wandels auf die Landbewirtschaftung von großem Interesse, auch für politische Entscheidungsträger. Aufgrund des durch die Wiedervereinigung Deutschlands verursachten Strukturwandels mit verschiedenen für eine nachhaltige Entwicklung des Raumes kritischen Konsequenzen haben die Erwartungen an die Landwirtschaft in dieser Hinsicht zugenommen, da sie in vielen ländlichen Regionen des Elbegebiets entscheidend zur wirtschaftlichen Aktivität beiträgt.

## 1.2 Zielsetzung

Ziel dieses Teilvorhabens ist es, mit Hilfe des in GLOWA-Elbe entwickelten interdisziplinären Modellverbundes die Auswirkungen möglicher Szenarien des Globalen Wandels auf die Landwirtschaft, Landnutzung und Umwelt im deutschen Einzugsgebiet der Elbe zu quantifizieren, um im Rahmen des „Integrierten Methodischen Ansatzes“ (WENZEL 1999, 2001, MESSNER 2001, HORSCH et al. 2001) zur Ableitung und Bewertung alternativer Handlungsstrategien beizutragen. Die Grundlage hierfür bildet die Analyse folgender Fragen:

1. Wie lassen sich die Auswirkungen unterschiedlicher makroskaliger Einflussfaktoren des Globalen Wandels auf die Landbewirtschaftung sowie den Wasser- und Stoffhaushalt durch einen Verbund interdisziplinärer Modelle konsistent zur europäischen Agrarmarktentwicklung abbilden und regionalisieren?
2. Wie sind die Rahmenbedingungen auf den Märkten wichtiger pflanzlicher und tierischer Produkte bis zum Jahr 2020 in bezug auf die Agrarproduktion in der EU, in Deutschland und im Elbegebiet einzuschätzen?
3. Welche Landbewirtschaftung ist bei den agrarpolitischen Rahmenbedingungen der Agenda 2000 (Referenzszenario) in den Ackerbau- und Grünlandregionen, den Gunst- und Marginalstandorten im deutschen Elbeeinzugsgebiet bis zum Jahr 2020 zu erwarten?
4. Welche Auswirkungen hätten unterschiedliche Entwicklungsszenarien des Globalen Wandels, und zwar
  - eine stärkere Liberalisierung der EU-Agrarpolitik,
  - eine stärkere Einbeziehung von Umweltbelangen
  - sowie klimatisch bedingte Änderungen des natürlichen Pflanzenertragesauf die landwirtschaftliche Landnutzung, Produktion und Wertschöpfung im deutschen Elbegebiet?
5. Wie könnte auf der Grundlage der Forschungsergebnisse die methodische Vorgehensweise der Modellintegration weiterentwickelt werden?

## 2 METHODISCHER AUFBAU DES INTERDISZIPLINÄREN MODELLVERBUNDES

### 2.1 Konzeption

Die Analyse der Auswirkungen des Globalen Wandels auf die Landbewirtschaftung und darüber hinaus auf die Umwelt insbesondere den hydrologischen Kreislauf basiert auf einem Verbund der agrarökonomischen Modelle WATSIM<sup>2</sup> und RAUMIS<sup>3</sup> mit dem öko-hydrologischen Modell SWIM<sup>4</sup> dem Nährstofffrachtmodell MONERIS<sup>5</sup> sowie dem Klimamodellsystem ECHAM4/OPYC3<sup>6</sup>/STAR<sup>7</sup>. Die Verknüpfung der unterschiedlichen Modelle erfolgt über jeweils entwickelte Schnittstellen. Der in Abbildung 1 schematisch dargestellte Modellverbund ermöglicht zum einen, die Wirkungen von Faktoren des Globalen Wandels z.B. Änderungen der Agrarmarktpreise oder des Klimas zu regionalisieren. Zum anderen werden die Wechselwirkungen zwischen Landbewirtschaftung und Umwelt modellhaft abgebildet.

Die Informationen über die Entwicklungen auf den Weltagrarmärkten vor allem der Preise bilden die exogenen Rahmendaten für RAUMIS, das das Anpassungsverhalten der Landwirtschaft auf regionaler Ebene simuliert. Damit übernimmt RAUMIS die zentrale Funktion, die makroskaligen Einflussfaktoren des Globalen Wandels auf die Landbewirtschaftung zu regionalisieren. Das Modell bildet die gesamte landwirtschaftliche Erzeugung des deutschen Agrarsektors mit seinen intrasektoralen Verknüpfungen konsistent zur Landwirtschaftlichen Gesamtrechnung (LGR) ab. Das heißt, dass die gesamte Produktion in über 50 landwirtschaftlichen Produkten abgebildet wird, wie sie in einer Positivliste der LGR formuliert sind. Das Modell erfasst den gesamten Input, der zur Erzeugung dieser landwirtschaftlichen Produktion notwendig ist. Die Einkommensbegriffe entsprechen ebenfalls den Definitionen der LGR. Als räumliche Abbildungsebene dienen 326 Regionshöfe, die weitgehend den Landkreisen entsprechen. Über diese starke regionale Differenzierung finden die sehr heterogenen, natürlichen Standortbedingungen in Deutschland sowie die unterschiedlichen Betriebsstrukturen Berücksichtigung. Gleichzeitig wird eine kleinräumliche Ebene zur Untersuchung der Agrarumweltbeziehungen erreicht. Für jeden dieser Modellkreise wird eine aktivitätsanalytisch differenzierte Matrize aufgestellt.

Die EU gehört zu den größten Akteuren beim internationalen Handel mit Agrarprodukten. Auch wenn der EU-Marktzugang bei vielen Produkten für Drittländer stark reglementiert ist, werden die Exportchancen des EU-Agrarsektors entscheidend durch die Weltmarktentwick-

---

2

World Agricultural Trade Simulation Model; V. LAMPE 1999. Das Model WATSIM repräsentiert in diesem Zusammenhang eine Reihe von Marktmodellen wie GAPsi (FRENZ/MANEGOLD 1995) und SPEL (EUROSTAT 1995, WITZKE 1998), die mit RAUMIS in unterschiedlichen Studien bereits als Modellverbund erfolgreich eingesetzt wurden. Simulationsergebnisse dieser Marktmodelle wurden im Rahmen anderer Projekte außerhalb von GLOWA-Elbe bereitgestellt.

3

Regionales Agrar- und Umweltinformationssystem für Deutschland; HENRICHSMEYER et al., 1996

4

Soil and Water Integrated Model, KRYSANOVA et al., 1998

5

BEHRENDT et al., 1999

6

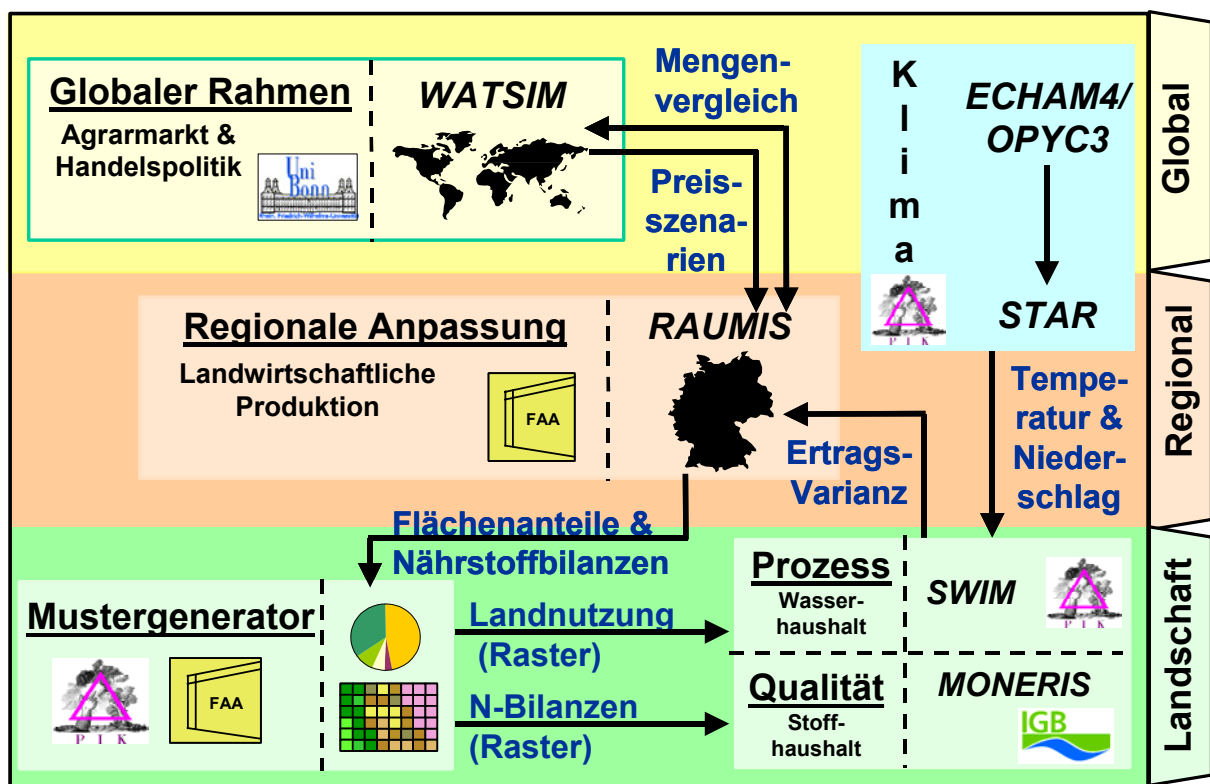
Max-Planck-Institut für Meteorologie (MPI) und Deutsches Klimarechenzentrum (DKRZ) in Hamburg, <http://cera-www.dkrz.de>

7

WESSOLEK, GERSTENGARBE, WERNER, 1998

lungen beeinflusst. Die Entwicklungen der europäischen und Weltagrarmärkte insbesondere Angebots-, Nachfrage- und Handelsmengen sowie Preise simuliert das partielle Gleichgewichtsmodell WATSIM und stellt sie als Makroszenarien für den Modellverbund bereit. Im Modell werden Angebots- und Nachfragefunktionen anhand von Eigen- und Kreuzpreiselastizitäten dargestellt. Als Shiftfaktoren gelten die Entwicklungen der Gesamtwirtschaft (Einkommenselastizitäten), der Bevölkerung und der Urbanisierung sowie der knappen natürlichen Ressourcen (Anbauflächen, Anbauintensität, Bewässerung). Die Abbildung der Agrarpolitik erfolgt über Preistransmissionsfunktionen, Produktions- und Stilllegungsquoten sowie Exportrestriktionen.

**Abbildung 1: Zusammenspiel agrarökonomischer und ökohydrologischer Modelle sowie Landschafts- und Landschaftsplanungsmodelle**



Quelle: Eigene Darstellung

Hinsichtlich der zeitlichen Differenzierung werden für die Ex-post-Periode sogenannte Basisjahre unterschieden. In Abhängigkeit der Datenverfügbarkeit liegen die Jahre 1979, 1983, 1987, 1991, 1995 und 1999 vor. Das Modellsystem RAUMIS verfolgt bei der Prognose einen komparativ-statischen Ansatz. Zwei zentrale Bereiche sind zu unterscheiden. Zuerst erfolgt die Spezifizierung der Produktionsalternativen und der Restriktionen, die für die Entscheidungseinheiten im Zieljahr gelten, danach wird im Rahmen eines mathematischen Programmierungsmodells hinsichtlich des Entscheidungskriteriums der Gewinnmaximierung über die optimale Produktionsstruktur im Modellkreis entschieden. Dazu wird der Ansatz der Positiven Quadratischen Programmierung genutzt.

Für jeden einzelnen der Modellkreise sowie für deren Aggregate liegen dann Informationen zu den Produktionsumfängen der über 40 landwirtschaftlichen Hauptverfahren, zu den Produktionsmengen von über 50 landwirtschaftlichen Erzeugnissen, zum Vorleistungs- und Pri-

märfaktoreinsatz sowie zu den Entlohnungen der ausgeschöpften Kapazitäten, zur Einkommensrechnung gemäß der LGR sowie zu einer Reihe von Umweltindikatoren z.B. Nährstoffbilanzen für Stickstoff, Phosphor und Kalium vor. Die Nährstoffsalden gehen in das Modell MONERIS ein, das als eine Komponente die diffusen Nährstoffeinträge der Landwirtschaft in die Gewässer abbildet. Die Flächennutzungsinformationen aus RAUMIS gehen über ein Regionalisierungstool (Mustergenerator, ZEBISCH, 2003) in das öko-hydrologische Modell SWIM ein. Der Mustergenerator verteilt im RAUMIS gewonnene Kreisdurchschnittswerte auf die konkrete Fläche.

SWIM ist ein zeitlich kontinuierlich arbeitendes, räumlich gegliedertes Einzugsgebietsmodell für die regionale Skala. Die Flächenuntergliederung erfolgt in drei Ebenen (der in ihren geographischen Eigenschaften homogenen Hydrotopebene, der aus den Hydrotopen zusammengesetzten Teileinzugsgebietsebene und der alles integrierenden Einzugsgebietsebene). Die unterste Ebene, die Hydrotopebene, entsteht aus der Verschneidung verschiedener räumlicher Informationen (digitales Geländemodell, Teileinzugsgebiete, Bodenkarte, Landnutzung, Grundwasserflurabstand etc.). Sie spiegelt die in der Landschaft (oder den Daten) vorhandene Heterogenität flächenscharf wider. Die auf der Hydrotopebene errechneten vertikalen und lateralen Wasser- und Stoffflüsse werden auf der Teileinzugsgebietsebene aggregiert und durch das Flusssystem zum Gebietsauslass des Einzugsgebietes weiterverschoben.

Das hydrologische Modul in SWIM umfasst vier Teilsysteme: die Bodenoberfläche, die Wurzelzone, den oberen und den unteren Grundwasserleiter und das Wasser im Vorfluter. Es wurde im Gesamtgebiet der deutschen Elbe an Pegelraten des Abflusses, Karten zum Grundwasserflurabstand und regionalen Ertragsstatistiken validiert. SWIM berechnet die Auswirkungen von Klima- und Landnutzungsänderungen (z.B. Kulturart, Bodenbearbeitungstechnologie) auf Evapotranspiration, Abfluss und Grundwasserneubildung (KRYSSANOVA et al., 1999). Die notwendigen Informationen zu Veränderungen des Klimas erhält SWIM aus ECHAM4/OPYC3/STAR und zu Änderungen der landwirtschaftlichen Landnutzung aus RAUMIS. Ein zentraler Einflussfaktor für die Evapotranspiration ist das Pflanzenwachstum, das auf der Basis eines vereinfachten EPIC-Ansatzes berechnet wird (WILLIAMS, 1984). Dazu wird eine spezielle, für die Region parametrisierte, landwirtschaftliche Datenbasis benutzt, mit deren Hilfe verschiedene Kulturarten (Weizen, Gerste, Mais, Kartoffeln, Raps usw.) sowie auch natürliche Vegetationsbestände (Wald, Grasland) dynamisch - auf Tagesbasis - modelliert werden können. Die ermittelten regionalen Veränderungen der Ertragspotenziale landwirtschaftlicher Kulturpflanzen fließen wiederum in einem iterativen Prozess in RAUMIS ein.

Informationen aus Modellläufen von ECHAM4/OPYC3 vor allem der Veränderung der durchschnittlichen Jahrestemperatur bis 2055 werden mit Hilfe des statistischen Regionalisierungsverfahrens (STAR) unter Verwendung der lokalen Beobachtungen von 1951 bis 2000 regionalisiert und auf Tageswertbasis simuliert. STAR ermöglicht durch die Variation der Parameter innerhalb des statistischen Unsicherheitsbereiches, beliebig viele Realisierungen der zukünftigen Klimaentwicklung zu berechnen. Aus einer Stichprobe von Realisierungen lässt sich die ‚wahrscheinlichste‘ Entwicklung ableiten, so dass genauere Angaben über die zukünftig zu erwartende Klimaentwicklung in der Elberegion zur Verfügung stehen. Dabei

wird die vorgegebene Temperaturveränderung realisiert und die Niederschlagsentwicklung, die zwischen den Realisierungen variiert, vom Modell bestimmt.

## 2.2 Weiterentwicklungen

Im Rahmen von GLOWA-Elbe wurde die Verknüpfung zwischen dem Agrarsektormodell RAUMIS und dem öko-hydrologischen Modell SWIM weiterentwickelt. Hervorzuheben ist der erreichte Fortschritt, die Auswirkungen langfristiger Klimaveränderungen auf die Landbewirtschaftung regional differenziert abzubilden (vgl. Kap. 2.1). Weiterhin wurde in RAUMIS eine Weiterentwicklung der Bilanzierung landwirtschaftlicher Nährstoffeinträge in das Grundwasser in Anlehnung an BACH/FREDE/LANG (1997) umgesetzt.

Das Modellsystem RAUMIS wurde zur Analyse alternativer Politiken für einen mittel- bis langfristigen Zeithorizont von maximal zehn Jahren konzipiert und folgt einem komparativ-statischen Ansatz. In GLOWA-Elbe kam RAUMIS erstmalig zur Erstellung einer Projektion für einen Zeithorizont von 21 Jahren (vom Basisjahr 1999 bis zum Zieljahr 2020) zum Einsatz. Bei der Anwendung wurden die derzeitigen Grenzen der Modellanwendbarkeit deutlich, die vor allem das modellendogene Fortschreibungsmodul betreffen.

Die Arbeiten und gemachten Anwendungserfahrungen bilden eine solide Grundlage für eine zielorientierte Weiterentwicklung des verwendeten Modellverbundes in den folgenden Bereichen:

- Überarbeitung der methodischen Vorgehensweise in RAUMIS bei der Fortschreibung von Funktionen des Vorleistungseinsatzes.
- Abbildung der regionalen Landbewirtschaftung unterhalb der administrativen Einheit „Landkreis“ durch die Entwicklung eines Standortklassengenerators. Ein Prototyp wurde in GLOWA-Elbe (weiter)entwickelt. Der Standortklassengenerator ist eine verbesserte Schnittstelle zu den hydrologischen Modellen, die zu einer Reduzierung des Aggregationsfehlers führt und die Implementierung weiterer Umweltindikatoren (z.B. Erosion) ermöglicht.
- Zusammenführung eines Agrar-Umweltindikatoren-Sets zu einem Bewertungsverfahren in RAUMIS, das ganzheitlich Aufschluss über den Umwelteinfluss landwirtschaftlicher Produktion im Elbeinzugsgebiet gibt.



### **3 ENTWICKLUNG DER ARGARMÄRKTE: RAHMENBEDINGUNGEN FÜR DIE REGIONALE LANDBEWIRTSCHAFTUNG IM ELBEEINZUGSGEBIET**

Die Erzeugung von Getreide, Ölsaaten, Rindfleisch und Milch prägt die regionale Landwirtschaft im Elbeeinzugsgebiet. Die Entwicklungen auf den Welt- und EU-Märkten dieser Produkte, die durch die GAP beeinflusst wird, geben wesentliche Rahmenbedingungen vor, die im Folgenden dargestellt werden.

#### **3.1 Entwicklungen auf den Weltmärkten**

Die Leitprodukte für die Preisbildung auf dem Weltmarkt für Getreide (ohne Reis) sind Weizen und Mais, auf die jeweils rund 40% der Weltgetreideproduktion von etwa 1.500 Mio. t entfallen. Auf dem Weltmarkt für Ölsaaten hat diese Funktion die Sojabohne, die ca. 55% der Welterzeugung ausmacht<sup>8</sup>. Schaubild 1 zeigt die Entwicklung der Produktion, des Verbrauchs sowie der Preise auf den Weltmärkten dieser drei Produkte für den Zeitraum 1980 bis 2001. Folgende Aspekte sind hervorzuheben:

1. Die Erzeugung nahm bei Weizen und Mais um etwa ein Drittel von 400 Mio. t auf 600 Mio. t zu. Demgegenüber wurde die Sojabohnenproduktion von 60 Mio. t auf 180 Mio. t verdreifacht. Mittelfristig weist die Produktion stärkere Schwankungen auf als der Verbrauch. Ein Ausgleich zwischen Jahren mit über- bzw. zerschüssiger Versorgung erfolgt durch Lagerhaltung.
2. Der Getreideverbrauch weist im Betrachtungszeitraum deutliche Änderungen auf, die im wesentlichen durch Schwankungen des Futtergetreideverbrauchs bedingt waren. Die Verfütterung ging im Zeitraum 1980 – 1992 von ca. 108 auf 84 Mio. t zurück und stieg danach bis zum Jahr 2000 wieder auf rund 108 Mio. t an.

Diese Anpassung steht im Zusammenhang mit den hohen Getreidepreisen bis 1992 und der Preisgunst importierter Getreidesubstitute gegenüber Getreide. Dadurch nahm die Verfütterung importierter Getreidesubstitute zu Lasten des Getreideverbrauchs zu. Die Interventionspreissenkung ab 1992 verbesserte die Wettbewerbsfähigkeit des Getreides im Futtersektor und führte zum Wiederanstieg des Getreideverbrauchs.

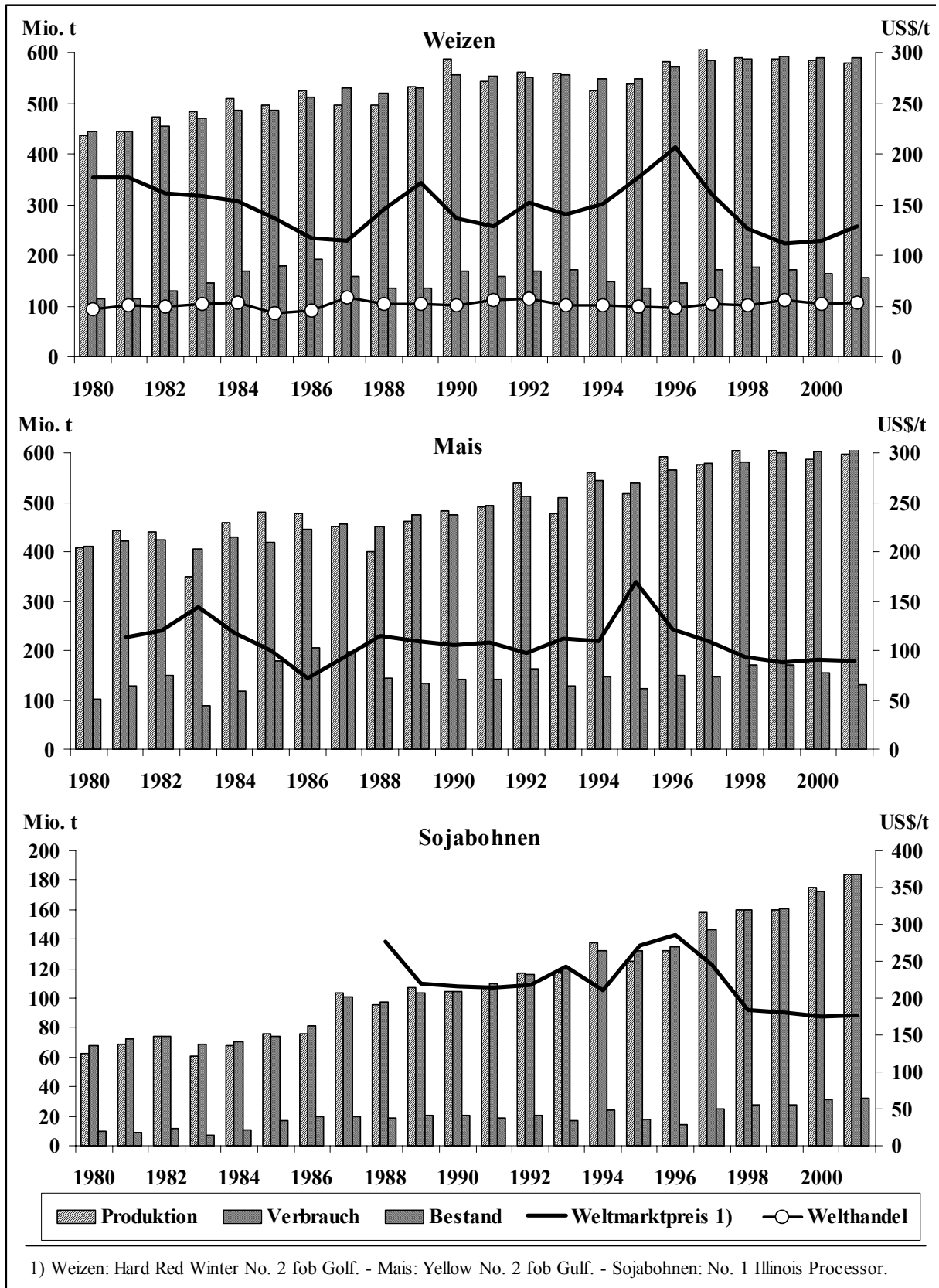
3. Die nominalen Weltmarktpreise weisen einen langfristig eher konstanten bzw. einen leicht sinkenden Trend auf und betragen im Durchschnitt bei Weizen 135 US \$/t, bei Mais 110 US \$/t und bei Sojabohnen 230 US \$/t. Die langfristige Tendenz wurde durch mittelfristige Schwankungen überlagert, die sich bei Weizen zwischen 100 - 175 US \$/t, bei Mais zwischen 75 - 120 US \$/t und bei Sojabohnen zwischen 175 - 325 US \$/t bewegten. Sie beruhen im wesentlichen auf Ernteschwankungen von Jahr zu Jahr, was anhand des gegenläufigen Verlaufs von Preisen und Lagerbeständen deutlich wird.

---

8

vgl. TOEPFER INTERNATIONAL: Statistische Informationen zum Getreide- und Futtermittelmarkt. Edition 2000/01, Hamburg 2001, S. 24

Schaubild 1 - Entwicklung der Produktion, des Verbrauchs und des Preises auf den Weltmärkten für Weizen, Mais und Sojabohnen (1980 – 2001)

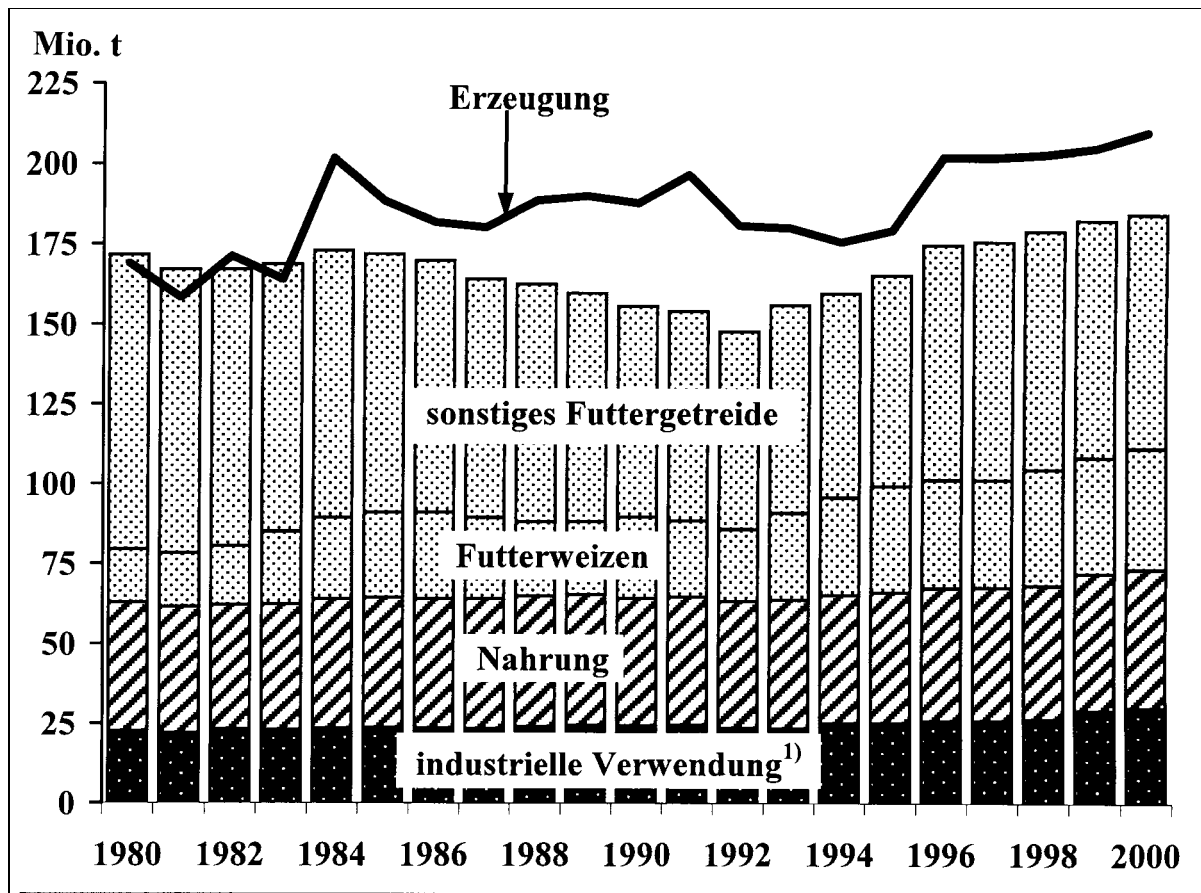


Quellen: UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA), Foreign Agricultural Service (FAS): Grain. World Market and Trade. <http://www.fas.usda.gov>. - Eigene Berechnungen.

### 3.2 Entwicklungen auf dem EU-Markt

Kennzeichnend für die in Schaubild 2 dargestellte Versorgungssituation auf dem EU-Getreidemarkt sind die bis zum Jahr 1991 stark wachsenden Überschüsse und das nahezu konstante Niveau der Nettoexporte ab 1995. Bestand Anfang der 1980er Jahre noch ein Importbedarf, so stieg der Selbstversorgungsgrad Anfang der 1990er Jahre auf ca. 124 % und bewegte sich danach zwischen 110 und 120 %. Diesen Entwicklungen liegen vor allem folgende Zusammenhänge zugrunde:

Schaubild 2 - Versorgungssituation auf dem EU-Getreidemarkt in Mio. t (in den Jahren 1980 - 2000)



1) Einschließlich Saatgut, Verluste und sonstiger Verbrauch.

Quellen: FAO: FAOSTAT Agriculture Data. <http://apps.fao.org>. - ZMP: ZMP-Bilanz Getreide, Ölsaaten, Futtermittel, Bonn, versch. Jgg. - Eigene Berechnungen.

1. Auffällig am Futtergetreideverbrauch nach Getreidearten ist der steigende Verbrauch von Futterweizen, dessen Anbau aufgrund steigender relativer Vorzüglichkeit gegenüber anderen Getreidearten ausgedehnt wurde. Durch die EU-Getreidepreispolitik stellte die Verfütterung von Weizen bisher die Grenzverwertung dar. Die Preise zwischen den Getreidearten richteten sich daher nach ihrem Futterwert gegenüber Weizen, der insbesondere auf ihrem Gehalt an Futterenergie und -eiweiß basiert.
2. Der Verbrauch in den Bereichen Nahrung, industrielle Verwendung (einschl. Saatgut, sonstiger Verbrauch sowie Verluste) blieb von den Getreidepreisänderungen weitgehend

unbeeinflusst. Im Zeitraum 1980 – 2000 nahm der Verbrauch in diesen Bereichen insgesamt von 62 auf 67 Mio. t kontinuierlich zu. Dabei entwickelte sich die industrielle Verwendung mit einem Zuwachs von rund 1,6 %/a dynamischer als der Nahrungsverbrauch, der bei konstantem Pro-Kopf-Verzehr im Rahmen des Bevölkerungswachstums um 0,3 %/a stieg.

3. Die Getreideerzeugung wuchs in den Jahren von 1980 - 2000 von rund 166 auf 210 Mio. t. Bei einer stark rückläufigen Anbaufläche für Getreide basiert diese Zunahme auf den hohen Flächenertragszuwächsen<sup>9</sup>. Seit 1992 erfolgt eine Kontrolle der Erzeugung und damit der Überschüsse mittels Flächenstilllegungen im Rahmen einer für Ackerkulturen festgelegten Basisfläche.

Sofern das EU-Preisniveau über dem Weltmarktpreis liegt und damit Exporterstattungen notwendig sind, determinieren die im Rahmen der GATT-Uruguay Runde beschlossenen Exportbeschränkungen die Versorgungssituation auf dem EU-Getreidemarkt. Im Zeitraum von 1995 - 2000 war der subventionierte Getreideexport von rund 34 auf 25 Mio. t einzuschränken<sup>10</sup>. Bei einer Ausschöpfung der Exportquote kann die Erzeugung nur im Rahmen des Verbrauchs steigen.

Für die in Schaubild 3 gezeigte Versorgungssituation auf dem EU-Ölsaatenmarkt ist ein erheblicher Importbedarf charakteristisch. Der Nettzuschuss ging im Zeitraum 1980 - 1992 von rund 17 auf 15 Mio. t zurück und stieg danach auf rund 19 Mio. t im Jahr 1999 wieder an. Nachstehende Aspekte sind hierfür von Bedeutung:

1. Die Inlandsverwendung von Ölsaaten wuchs im Zeitraum 1980 – 1999 von rund 22 auf 34 Mio. t. Die Herstellung pflanzlicher Öle zu Nahrungszwecken, zum Einsatz in verschiedenen Bereichen der chemischen Industrie sowie als Treib- und Schmierstoffe macht den weitaus größten Teil des Gesamtverbrauchs von Ölsaaten aus. Als wichtigste Kuppelprodukte der Ölgewinnung fallen eiweißreiche Ölschrote und -kuchen für den Futtersektor an.
2. Die EU-Ölsaatenerzeugung stieg in den Jahren von 1980 - 1991 aufgrund der ökonomischen Anreize durch die Preispolitik<sup>11</sup> von ca. 5 auf 14 Mio. t. Seit dem Jahr 1992 stagniert die Produktion, da der Ölsaaten- ebenso wie der Getreideanbau der Flächenstilllegung unterliegt.

Darüber hinaus sind seit dem Jahr 1993 die besonderen Produktionsbeschränkungen des Blair House Abkommens einzuhalten<sup>12</sup>, wonach von einer festgelegten Ölsaatengarantie-

---

<sup>9</sup> Die Getreideanbaufläche sank von rund 43 auf 38 Mio. ha. Gleichzeitig nahm der Anbau von Ölsaaten und Eiweißpflanzen von etwa 2 auf 5,8 Mio. ha bzw. von 1,5 auf 1,9 Mio. ha zu. Diese Anbauverlagerung wurde hauptsächlich durch die maßnahmebedingt steigenden Preisrelationen zwischen Ölsaaten und Eiweißpflanzen gegenüber Getreide in den 1980er Jahren sowie die guten Fruchtfolgewirkungen verursacht. Der durchschnittliche Getreideertrag stieg in der EU von 1980 – 2000 um rund 1,4 %/a.

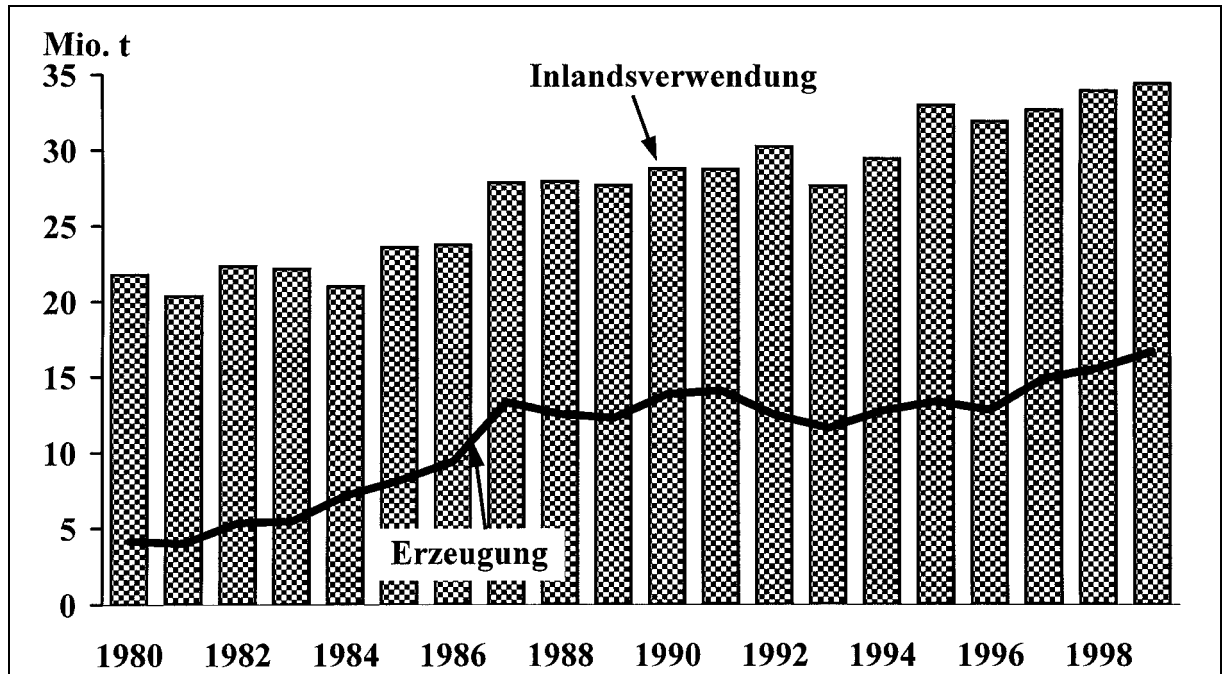
<sup>10</sup> WORLD TRADE ORGANISATION (WTO): Agricultural Negotiations: ... a.a.O.

<sup>11</sup> WÖHLKEN, E.: Einführung in die landwirtschaftliche Marktlehre. 2. überarb. Aufl., Stuttgart, 1984, S. 311 f.

<sup>12</sup> TOEPFER INTERNATIONAL: Die Marktordnungen ... a.a.O., S. 51 ff.

fläche, Flächen in Höhe der allgemeinen Stilllegungsrate mindestens jedoch 10% stillzulegen sind.

**Schaubild 3 - Versorgungssituation auf dem EU-Ölsaatenmarkt in Mio. t (in den Jahren 1980 - 1999)**



Quellen: FAO: FAOSTAT Agriculture Data. <http://apps.fao.org>. - Eigene Berechnungen.

Aufgrund der gemeinsamen Stützungsregelung für Getreide, Ölsaaten und Eiweißpflanzen steht die derzeitige Versorgungssituation auf dem EU-Ölsaatenmarkt in Zusammenhang mit der Entwicklung der Marktsituation bei Getreide. Flächenstilllegungsraten größer 10% zur Begrenzung der Getreideüberschüsse gelten ebenfalls im Ölsaatenanbau.

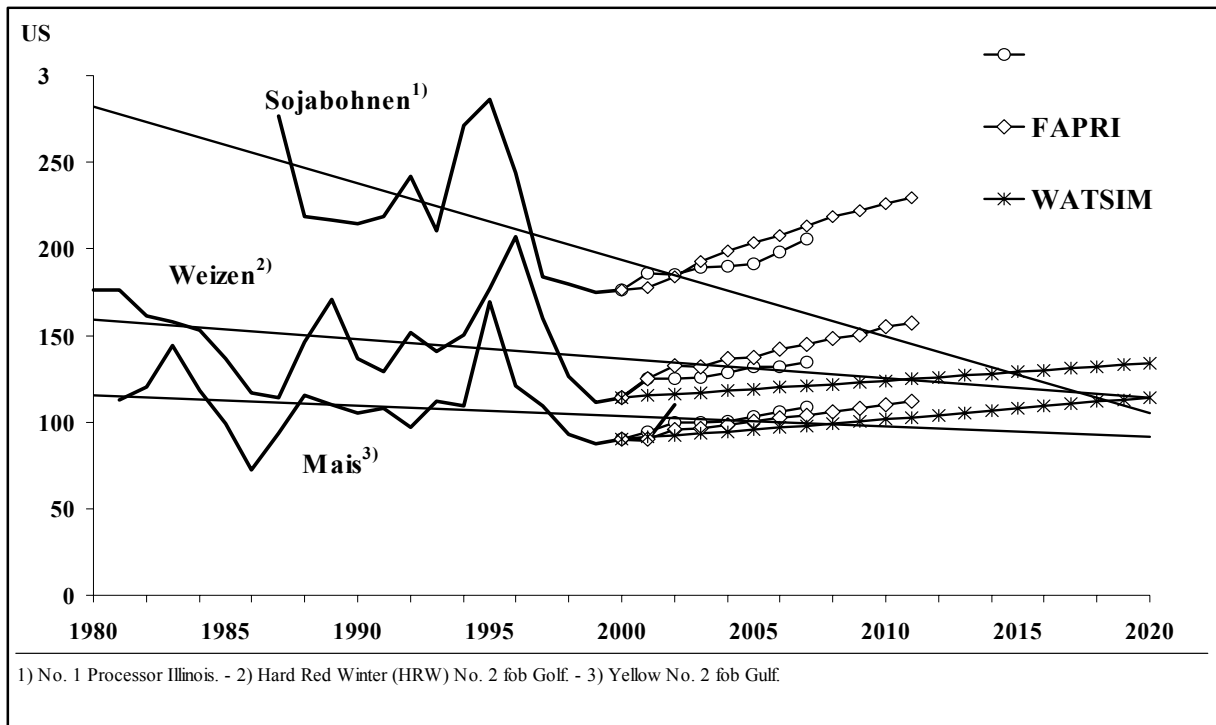
### 3.3 Zusammenfassende Beurteilung der zukünftigen Agrarmarktentwicklungen

Die zukünftige Entwicklung der Weltmarktpreise für Getreide hängt im wesentlichen von der Höhe des weltweiten Nachfragezuwachses nach Getreide ab und von den Kosten, das erforderliche Angebot bereitzustellen. Darüber hinaus sind die Wechselbeziehungen mit den Märkten für Ölsaaten und für Getreidesubstitute zu berücksichtigen. In Projektionen der OECD und des FAPRI wird ein stark steigendes Wirtschaftswachstum in China und Südostasien unterstellt. Infolgedessen nimmt das Einkommen und damit die Nachfrage nach Agrarprodukten zu. Unter diesen Prämissen weisen die in Schaubild 4 dargestellten Projektionen für die Weltmarktpreise für Weizen, Mais und Sojabohnen eine steigende Tendenz auf entgegen ihrem ebenfalls dargestellten langfristig sinkenden Trend. In der vorliegenden Untersuchung wird aus folgenden Gründen ein geringerer als der projizierte Weltmarktpreisanstieg angenommen:

1. Die Weltgetreideproduktion konnte bisher bei gleichbleibendem Preisniveau dem Nachfragewachstum folgen. Das impliziert eine langfristig hohe Preiselastizität des Angebots, die sich im wesentlichen auf zwei Effekte zurückführen lässt. Diese sind

einerseits ein nur geringer Anstieg der langfristigen Grenzkostenfunktion und andererseits eine Zunahme der Subventionen vor allem in den bedeutenden Exportnationen wie den USA und der EU, durch die Kostensteigerungen kompensiert wurden. Es ist davon auszugehen, dass auch bei weiteren Produktionssteigerungen ein Preisanstieg ausbleibt, zumal große Produktionspotenziale in den Mittel- und Osteuropäischen (MOEL) Staaten bestehen.

**Schaubild 4 - Entwicklung der Weltmarktpreise für Weizen, Mais und Sojabohnen in US\$/t (1980 - 2020)**



Quellen: USDA: <http://www.usda.gov>. - OECD: Agricultural Outlook 2002, Paris, 2002, <http://www.oecd.org>. - Food and Agricultural Policy Research Institute (FAPRI): FAPRI 2002 U.S. Baseline Briefing Book. FAPRI-UMC Technical Data Report 02-02, Missouri, July 2002 <http://www.fapri.missouri.edu>. - WATSIM-Analysen. - Eigene Berechnungen.

2. Ein nachfrageinduzierter Preisanstieg bei Getreide würde durch einen verstärkten Verbrauch von Getreidesubstituten gedämpft. Die verbesserte relative Vorzüglichkeit von Getreidesubstituten wie Tapioka gegenüber Getreide hätte einen Anstieg der Nachfrage nach Getreidesubstituten vor allem im Futtersektor zur Folge und würde zu einer Produktionsausdehnung bei Getreidesubstituten führen.
3. Die Ursachen von Phasen hoher Preise, die häufig Hoffnung auf nachhaltig steigende Weltmarktpreise gaben, waren keine Folge einer langfristigen Angebotsverknappung, sondern vielmehr
  - der amerikanischen Getreidemarktpolitik. Die Einschränkung der Produktion Mitte der 1980er Jahre (vgl. Schaubild 1) durch ein in den USA eingeführtes Flächenstilllegungsprogramm führte zum Abbau hoher Lagerbestände und war ein Grund für die Preishausse auf dem Weltgetreidemarkt in den Jahren 1989 und 1990.

- unterdurchschnittlicher Ernten in mehreren aufeinander folgenden Jahren z.B. 1993 – 1995. Dadurch wurden die weltweiten Lagerbestände abgebaut (vgl. Schaubild 1), infolgedessen die Getreidepreise auf dem Weltmarkt in den Jahren 1996 – 97 temporär stark anstiegen.

Der Rückgang der Weltmarktpreise seit 1997 steht in Zusammenhang mit der Einführung des FAIR-Act in den USA 1996. Die Aufhebung der Flächenstilllegung in den USA führte zu einem deutlichen Anstieg der US-Getreideerzeugung und der Lagerbestände, was die Preissenkung begünstigte.

## 4 ABLEITUNG EINER REFERENZSITUATION FÜR DIE JAHRE 2010 UND 2020

Für die Wirkungsanalyse alternativer agrar- und agrarumweltpolitischer Maßnahmen ist es zweckmäßig, ein Referenzszenario als Vergleichssituation zu erstellen. Die Projektionen zur Ableitung einer mittel- bis langfristigen Referenzsituation für die Zeithorizonte 2010 und 2020 beschreibt die erwartbare Entwicklung unter Beibehaltung der derzeit gültigen agrarpolitischen Rahmenbedingungen. In die Ableitung der Referenzsituation fließt durch einen ständigen Informationsaustausch zwischen Forschung (z.B. IAP, FAA und FAL) und Administration (z.B. EU-Kommission und BMVEL) umfangreiches Expertenwissen ein. An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass RAUMIS erstmalig für einen derart langfristigen Zeithorizont eingesetzt wurde. Neben den ohnehin bestehenden Unsicherheiten bei einer Projektion wurden Grenzen der derzeitigen Modellanwendbarkeit für Langfristprognosen erkennbar. Vor diesem Hintergrund dient die Referenzsituation in erster Linie zur Wirkungsanalyse für unterschiedliche Entwicklungsszenarien des Globalen Wandels.

### 4.1 Szenarioannahmen

#### 4.1.1 Agrarpolitische Maßnahmen in der Referenzsituation

Grundlage des Referenzszenarios bilden die vom EU Ministerrat am 17. Mai 1999 beschlossenen agrarpolitischen Maßnahmen der Agenda 2000. Die Maßnahmen stellen eine Weiterentwicklung der bereits 1992 eingeleiteten Reform der GAP dar und werden sukzessive bis zum Jahr 2008 umgesetzt. Es wird unterstellt, dass sie darüber hinaus bis zum Zieljahr 2020 beibehalten werden. Die wichtigsten Maßnahmen des Referenzszenarios sind wie folgt:

1. **Getreidepreisstützung.** Der Interventionspreis für Getreide beträgt 101,3 €/t und gilt für alle Getreidearten mit jeweils festgelegten Qualitätsanforderungen. Der Interventionspreis wird von November bis Mai um Zuschläge (Reports) von 1 €/t/Monat erhöht.
2. **Außenschutz.** Der Getreideimport in die EU ist nur im Rahmen zollbegünstigter Kontingente möglich, da variable Mengenzölle in Höhe der Differenz zwischen einem Schwellenpreis für Getreide (155% des Interventionspreises) und einem abgeleiteten Importangebotspreis erhoben werden<sup>13</sup>. Der hohe Außenschutz wird erst bei einem sehr niedrigen Importangebotspreis von weniger als 70 €/t unterlaufen.
3. **Exporterstattung.** Liegen die Weltmarktpreise unter den EU-Marktpreisen, erhalten Getreideexporteure Beihilfen, die diese Differenz ausgleichen. Der subventionierte Getreideexport ist auf 25 Mio. t beschränkt.
4. **Flächenstilllegungen.** Eine Regulierung des Getreide-, Ölsaaten- und Eiweißpflanzenanbaus erfolgt in der EU in Verbindung mit produktspezifischen Flächenprämien. Überschreitet die Fläche, für die Prämien beantragt werden, die EU-Basisfläche von

13

vgl. VO Nr. 1502/95 vom 25.6.95 mit Durchführungsbestimmungen für das Wirtschaftsjahr 1995/96 zur VO Nr. 1766/92 des Rates hinsichtlich der Einfuhrzölle im Getreidesektor und VO Nr.:3072/95 Art 12. Sie betragen in den Jahren 1995/96 bis 1998/99 für Weizen mittlerer Qualität 37 ECU/t, Mais 62 ECU/t und Futtergerste 73 ECU/t (vgl. ZMP, Marktinformationen (Wochenberichte), Getreide, Ölsaaten und Futtermittel. versch. Jgg.).



53,6 Mio. ha, erfolgt eine proportionale Kürzung der regionalen Zahlungen. Erzeuger haben nur dann einen Anspruch auf die Ausgleichszahlungen, wenn sie

- an einem Stilllegungsprogramm teilnehmen. Die einzelbetriebliche Stilllegungshöchstgrenze darf jedoch 50% nicht überschreiten. D.h. die totale Stilllegung ist nicht zulässig<sup>14</sup>. Wird vom Ministerrat kein anderer Stilllegungssatz vereinbart, tritt der Regelsatz in Höhe von 10% der Basisfläche in Kraft. Sogenannte „Kleinerzeuger“ sind von der allgemeinen Stilllegung<sup>15</sup> befreit, die Ausgleichszahlungen bis zu einer Referenzmenge von 92 t beantragen.
  - den Anbau von Getreide, Ölsaaten und/oder Eiweißpflanzen ordnungsgemäß, d.h. nach den regional üblichen Normen, durchführen.
5. **Blair-House-Abkommen.** Die USA und die EU vereinbarten eine gesonderte Stilllegung für den Ölsaatenanbau in der EU. Ein Teil der festgelegten Garantiefäche von rund 5,5 Mio. ha<sup>16</sup> ist in Höhe der jeweilig gültigen allgemeinen Stilllegungsrate mindestens jedoch 10% stillzulegen.
  6. **Flächenprämien.** Einkommensübertragungen an Getreide-, Ölsaaten- und Eiweißpflanzenerzeuger erfolgen flächenbezogen. Ein Ausgleichsbetrag von 63 € wird je t des regionalen Referenzertrags<sup>17</sup> für Getreide gezahlt. Bei einem Referenzertrag für Getreide von 4,52 t/ha für Brandenburg und 5,5 t/ha für Hessen betragen die Flächenprämien 285 €/ha bzw. 347 €/ha.
  7. **Milch:** Die Erzeugung ist kontingentiert und der Handel von Milchquoten lediglich innerhalb von Bundesländern/Regierungsbezirken möglich. Die Stützung der Erzeugerpreise erfolgt durch staatlichen Aufkauf von Milcherzeugnissen (vor allem Butter und Magermilchpulver). Die Ankaufspreise werden bis zum Jahr 2008 um 15% gesenkt. Zur Kompensation erhalten Milcherzeuger Prämien (Direktzahlungen) je t Milchreferenzmenge. Die Milchquote wird bis 2008 um 2,4% angehoben.
  8. **Rindfleisch:** Der Stützpreis für Rindfleisch wird gesenkt und auf die Funktion eines „Sicherheitsnetzes“ reduziert, das durch Beihilfen zur privaten Lagerhaltung und den staatlichen Ankauf den von Rindfleisch stützt. Erzeuger erhalten Tierprämien für männliche Rinder (210 €/ Bulle) und Mutterkühe 150 €/Tier/Jahr.

---

<sup>14</sup> Die einzelbetrieblichen Stilllegungshöchstgrenzen werden von den Mitgliedsstaaten festgelegt (vgl. Verordnung (EG) Nr. 1251/1999 ... a.a.O., Artikel 6, Abs. 8), wobei der Anteil von 50 % in Deutschland gilt.

<sup>15</sup> Die Getreidereferenzmenge eines Betriebes errechnet sich auf der Grundlage des regionalen Referenzertrages für Getreide multipliziert mit dem Flächenumfang, für den Ausgleichszahlungen beantragt werden. Bei einem durchschnittlichen EU-Referenzertrag von 4,53 t/ha können Erzeuger diese Regelung demzufolge im Mittel bis zu einer Fläche von etwa 20 ha in Anspruch nehmen.

<sup>16</sup> BML: Die europäische Agrarreform. Pflanzlicher Bereich. Bonn, Januar 1997, S. 56.

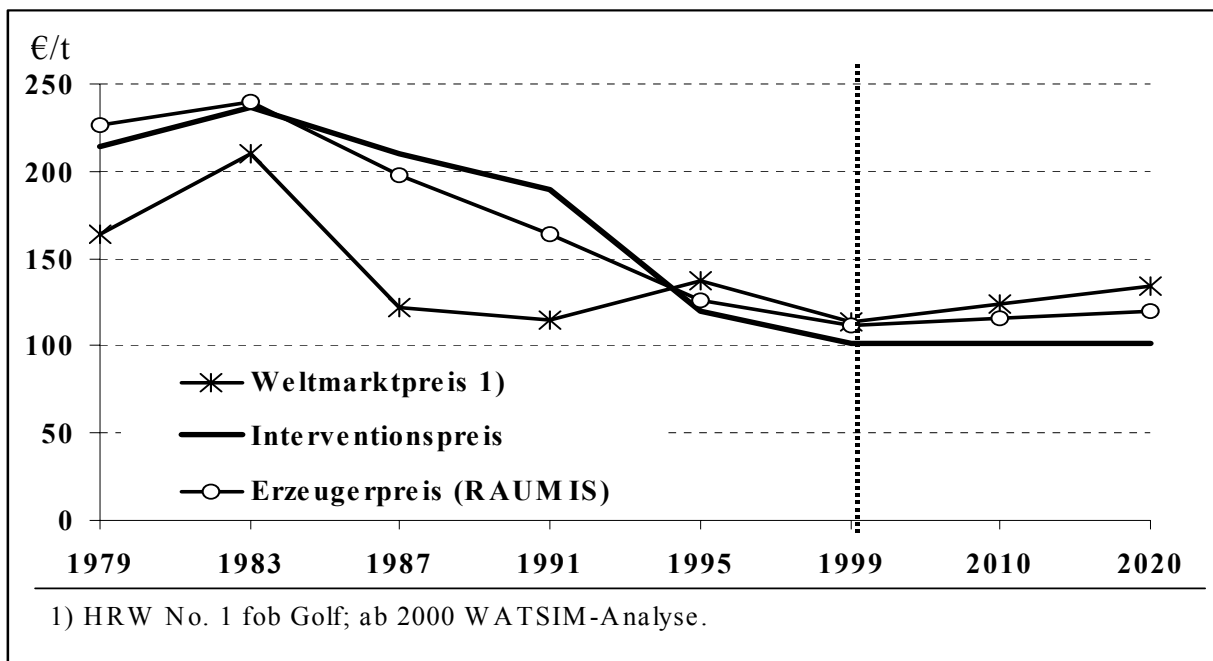
<sup>17</sup> Arithmetisches Mittel der durchschnittlichen Getreideerträge in der Referenzperiode von 1986/87 bis 1990/91 ohne den höchsten und niedrigsten Wert (vgl. Verordnung (EWG) Nr. 1765/92, a.a.O.).

#### 4.1.2 Entwicklung der Erzeugerpreise in Deutschland in der Referenzsituation

Die Entwicklungen der Erzeugerpreise für Getreide, Ölsaaten, Rindfleisch und Milch im Referenzszenario wurden für die RAUMIS-Simulationen abgeleitet und basieren auf der Ex-Postanalyse (vgl. Kap. 3), den WATSIM-Analysen und einem Vergleich mit Projektionen der EU<sup>18</sup>, der OECD und des FAPRI (vgl. Schaubild 4).

Im Referenzszenario wird von einer nominal nahezu konstanten Entwicklung der Erzeugerpreise ausgegangen - exemplarisch dargestellt für Weizen in Schaubild 5. Der Erzeugerpreis wurde bis zur vollständigen Umsetzung der GAP-Reform 1992 (Mitte der 90er Jahre) von einem deutlich über dem Weltmarktpreis liegendem Interventionspreis gestützt. Aufgrund der bis dahin permanent notwendigen Intervention lag der Erzeugerpreis unterhalb des staatlichen Ankaufspreises für Getreide.

Schaubild 5 - Entwicklung des EU- Erzeugerpreises für Weizen in €/t (1980 - 2020)



Quellen: USDA. - WATSIM-Analysen. - RAUMIS-Berechnungen.

Durch die GAP-Reform und ihre Weiterentwicklung, der Agenda 2000, wurde der Interventionspreis dem Weltmarktpreis angepasst. Es wird angenommen, dass der Weltmarktpreis langfristig über den Interventionspreis steigt. Dies impliziert für die Landnutzung folgende wichtige Konsequenzen:

1. Der permanente staatliche Ankauf ist nicht mehr notwendig und der Erzeugerpreis hebt sich vom Interventionspreis ab.
2. Der Getreideexport ist in der Regel ohne Erstattungen möglich, so dass die infolge steigender Getreideflächenerträge zunehmenden Getreideüberschüsse auf dem Weltmarkt

<sup>18</sup> EUROPÄISCHE KOMMISSION (DG-Agri): Prospects for Agricultural Markets 2002 - 2009. Brüssel, 2002.

abgesetzt werden können. Eine Ausdehnung der obligatorischen Flächenstilllegung zur Vermeidung großer Lagerbestände ist daher nicht notwendig.

Hinsichtlich der Entwicklung auf dem Milchmarkt wird davon ausgegangen, dass die Milchpreissenkung um 15% nicht in vollem Umfang wirksam wird. Die Erzeugerpreise für Milch gehen um etwa 12% zurück. Die Erzeugerpreise für Rindfleisch sinken um etwa 19%. Die Wettbewerbssituation auf den Märkten für Milch und Rindfleisch bleibt trotz der Preisänderungen aufgrund der Prämien nahezu unverändert. Aus diesem Grund sind bis zum Jahr 2010 und darüber hinaus bis 2020 keine grundlegenden Änderungen der Produktionstrends mit Rückwirkungen auf die Landnutzung zu erwarten.

## **4.2 Entwicklung und Struktur der Landbewirtschaftung**

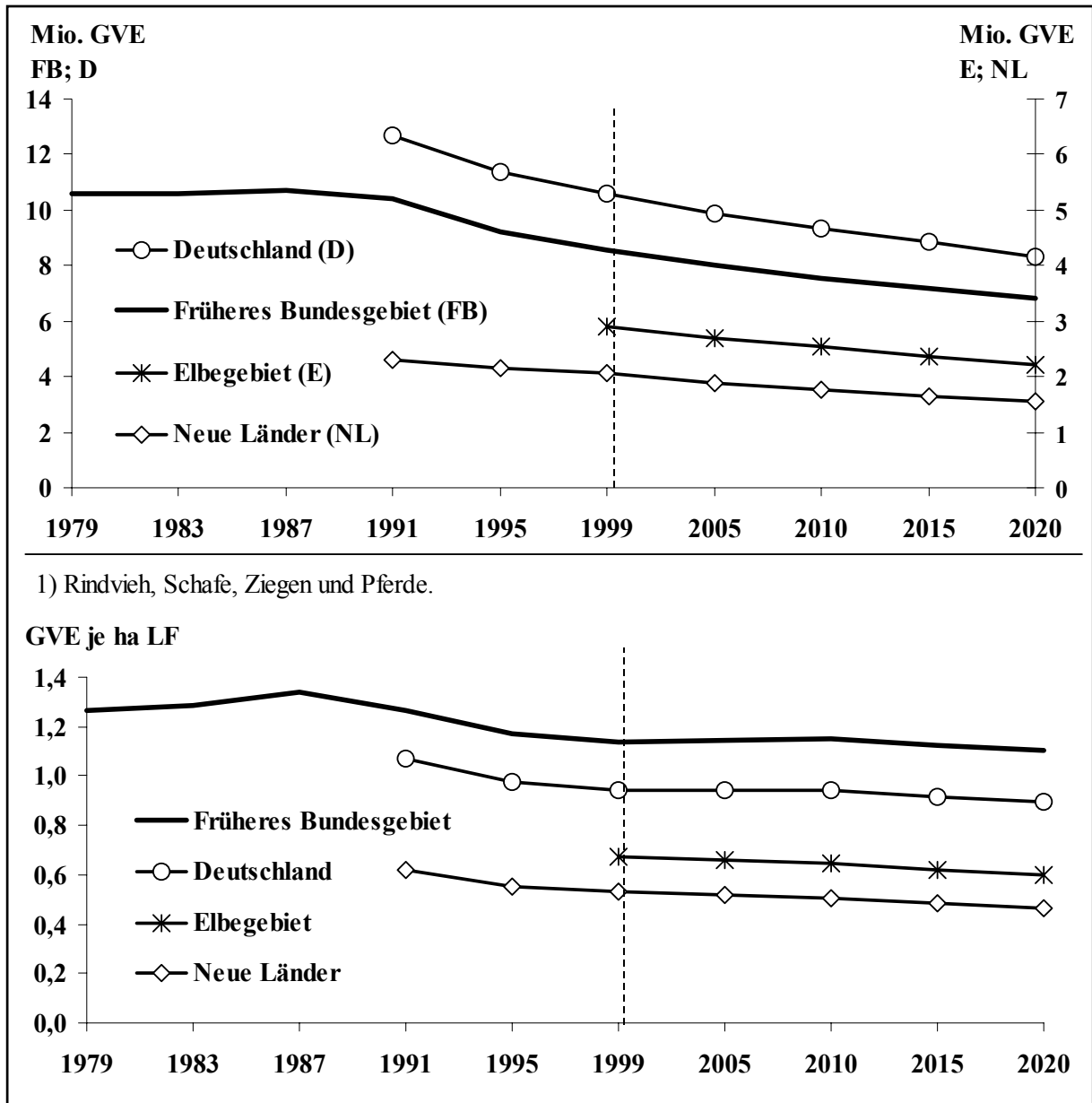
### **4.2.1 Tierhaltung**

Die flächenabhängige Tierhaltung ist für die zukünftige Landnutzung insbesondere die Grünlandnutzung bedeutend. In Deutschland entfällt der weitaus größte Anteil auf die Rindviehhaltung, auf deren Entwicklung die Einführung der Milchkontingentierung in der EU im Jahr 1984 spürbaren Einfluss nahm. Angesichts steigender Milchleistungen je Kuh konnte die limitierte Milchmenge von immer weniger Kühen erzeugt werden. Infolgedessen wurde der Milchkuhbestand - forciert durch mehrmalige Kürzungen der Milchquote - kontinuierlich eingeschränkt. Da der überwiegende Teil der Rindviehhaltung an die Milcherzeugung gebunden ist, erfolgte mit dem Abbau des Milchkuhbestandes eine Reduktion der gesamten Rindviehhaltung. In Schaubild 6 sind die Entwicklungen der flächenabhängigen Tierhaltung sowie des gesamten Viehbestandes, ausgedrückt als Besatzdichte je ha landwirtschaftlich genutzter Fläche (LF), dargestellt. Aufgrund der Datenverfügbarkeit lässt sich die ex-post Entwicklung von 1979 bis 1999 nur für das frühere Bundesgebiet beschreiben. Ab 1991 liegen Daten für Gesamtdeutschland sowie die neuen Länder vor, die aufgrund der großen räumlichen Überlappung die Entwicklungen im deutschen Elbegebiet repräsentieren sollen. Das Elbegebiet wird dabei durch die Modellregionen (Landkreise) abgebildet, die im deutschen Elbeeinzugsgebiet liegen. Die Entwicklungen im Zeitraum von 1999 bis 2020 sind Projektionen mit Hilfe von RAUMIS. Folgende Aspekte sind hervorzuheben:

1. Im früheren Bundesgebiet wurde die flächenabhängige Tierhaltung von 1987 bis 1999 um etwa ein Fünftel eingeschränkt. Bei einer Fortschreibung der derzeitigen Milchleistungssteigerungen und Beibehaltung der Milchmarktregelungen der Agenda 2000 wird der Bestand bis zum Jahr 2020 nochmals um ca. 20% zurückgehen. Gegebenenfalls ist aufgrund der Gen-Technik sogar mit einem deutlichen Anstieg der Milchleistungssteigerung zu rechnen, wodurch ein höherer Bestandsabbau erforderlich wird.
2. In den neuen Bundesländern belief sich der Bestandsabbau der flächenabhängigen Tierhaltung von 1991 bis 1999 auf 11%. Allerdings ist darauf hinzuweisen, dass der Großteil der Viehbestände im Rahmen der Wiedervereinigung abgebaut wurde.

3. In Deutschland entfielen im Jahr 1999 rund zwei Drittel des gesamten Viehbestandes auf die von der Milcherzeugung dominierte flächenabhängige Tierhaltung<sup>19</sup>. Aus diesem Grund schlagen sich die oben beschriebenen Zusammenhänge in der Entwicklung der Viehbesatzdichten nieder.

Schaubild 6 - Entwicklung der flächenabhängigen Viehhaltung<sup>1)</sup> und Viehbesatzdichten (GVE) im Zeitraum 1979 bis 2020



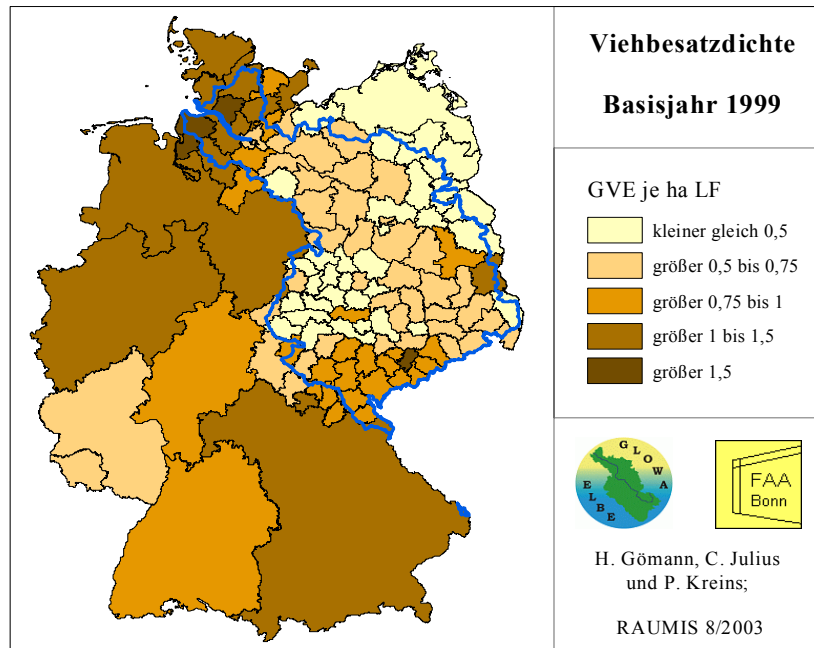
Quelle: RAUMIS-Berechnungen.

Die regionale Verteilung der Viehbestände zeigt Karte 1 für das Jahr 1999. Im Vergleich zu den früheren Bundesländern, in denen die Viehbesatzdichte durchschnittlich 1,14 GVE je ha LF betrug, war die Viehbesatzdichte im deutschen Elbeeinzugsgebiet von etwa 0,67 GVE deutlich geringer, wobei zwischen den Modellregionen Unterschiede bestehen. Die niedrig-

<sup>19</sup> Die flächenabhängige Viehhaltung belief sich in Hessen auf rund 70% und Brandenburg auf etwa 71% des gesamten Viehbestandes.

sten Viehbesatzdichten weisen die ackerbaulich genutzten Bördegebiete Thüringens und Sachsen-Anhalts sowie der Nordosten Brandenburgs und Mecklenburg Vorpommern auf. Die höchsten Viehbestände sind an der Unterelbe in den Modellregionen Steinburg und Cuxhafen vorzufinden. Die regionalen Viehbesatzdichten spiegeln die Heterogenität der Landnutzung wider, die im Anteil des Grünlandes an der LF zum Ausdruck kommt (vgl. Karte 2).

**Karte 1 - Regionale Viehbestandsdichten in GVE je ha LF (1999)**



Quelle: RAUMIS-Berechnungen.

Vor diesem Hintergrund wird die tendenzielle Entwicklung der regionalen Viehbesatzdichten bis zum Jahr 2010 (vgl. Schaubild 6) und darüber hinaus bis 2020 beibehalten. Der tendenzielle Rückgang des Milchviehbesatzes wird teilweise durch eine Ausdehnung der Schweineproduktion kompensiert.

#### 4.2.2 Flächennutzung

Informationen zur Struktur und Entwicklung der landwirtschaftlichen Flächennutzung liefern im wesentlichen die Flächenerhebung sowie die Bodennutzungshaupterhebung. Beide Erhebungsverfahren unterscheiden sich in Zweck, Inhalt, Datengrundlage und Erhebungsprinzip und führen daher zu unterschiedlichen Ergebnissen. Die Unterschiede wurden in einer Studie von ERHARD et al. (2001) untersucht. Bei der **Flächenerhebung** werden Daten nach Art der geplanten Nutzung (Flächennutzungsplan) und nach Art der tatsächlichen Nutzung auf der Grundlage des Liegenschaftskatasters erhoben. Demgegenüber wird die **Bodennutzungshaupterhebung** als Teil der Agrarstrukturerhebungen in Form einer Vollerhebung der Betriebe durchgeführt, die eine Fläche von mindestens 2 ha landwirtschaftlich nutzen. Die Methodik beider Erhebungsverfahren wurde in der Vergangenheit geändert, so dass eine Betrachtung des zeitlichen Verlaufs der Flächennutzung nur eingeschränkt möglich ist.

Grundsätzlich erfolgte eine kontinuierliche Zunahme der Siedlungs- und Verkehrsflächen zu Lasten der Landwirtschaftsfläche (LN), die im früheren Bundesgebiet jährlich rund 0,3% ab-

nahm. Die Aufforstung der LN um etwa 12.000 ha pro Jahr war von untergeordneter Bedeutung und auf Grenzflächen beschränkt. Trotz des Rückgangs der LN bleibt die Landwirtschaft der wichtigste Flächennutzer in Deutschland. Im Jahr 2000 belief sich der Anteil der LN an der deutschen Gesamtfläche auf ca. 54% (vgl. Tabelle 1), wobei der Anteil im Elbegebiet darüber und im Nicht-Elbegebiet darunter lag.

**Tabelle 1 - Flächennutzungsstruktur in Deutschland und im deutschen Einzugsgebiet der Elbe im Jahr 1999 bzw. 2000**

	Einheit	Deutschland	Elbegebiet	Nicht-Elbegebiet
<b>Gebietsfläche 1)</b>	1.000 ha	35.701	11.971	23.731
Siedlungs- u. Verkehrsfläche	1.000 ha	4.394	1.212	3.182
Waldfläche	1.000 ha	10.531	3.158	7.373
Landwirtschaftsfläche (LN)	1.000 ha	19.103	6.817	12.285
<b>Gebietsfläche (GF)</b>				
Siedlungs- u. Verkehrsfläche	% der GF	12,3	10,1	13,4
Waldfläche	% der GF	29,5	26,4	31,1
Landwirtschaftsfläche (LN)	% der GF	53,5	57,0	51,8
<b>Landw. genutzte Fläche 2)</b>	1.000 ha	17.104	6.164	10.940
Ackerland	1.000 ha	10.660	4.146	6.514
Dauergrünland	1.000 ha	5.116	1.444	3.673
Dauer- u. Sonderkulturen	1.000 ha	556	237	319
Nicht genutzte Fläche 3)	1.000 ha	771	337	434
<b>Landw. genutzte Fläche (LF)</b>				
Ackerland	% der LF	62,3	67,3	59,5
Dauergrünland	% der LF	29,9	23,4	33,6
Dauer- u. Sonderkulturen	% der LF	3,3	3,8	2,9
Nicht genutzte Fläche 3)	% der LF	4,5	5,5	4,0
1) Flächenerhebung. - 2) Bodennutzungshaupterhebung. - 3) Obligatorische Flächenstilllegung und Brache.				

Quelle: RAUMIS-Berechnungen.

Zwischen der LN im Jahr 2000 laut Flächenerhebung und der landwirtschaftlich genutzten Fläche (LF) im Jahr 1999 laut Bodennutzungshaupterhebung bestand eine Differenz von ca. 2 Mio. ha in Deutschland (vgl. Tabelle 1). Das heißt, dass über etwa 10% der LN keine spezifischen Informationen zur Art der landwirtschaftlichen Nutzung wie bei der Bodennutzungshaupterhebung vorliegen. Ein ähnlich hoher prozentualer Unterschied ist auch im Elbegebiet zu verzeichnen. Den weiteren Analysen der Landnutzung durch die Landwirtschaft liegt die LF zugrunde.

Die Projektion des Umfangs der LF bis zum Jahr 2020 basiert auf einem unterstellten Rückgang um 0,2% pro Jahr. Die Abnahmerate trägt dem allgemein rückläufigen Trend der LF Rechnung, der sich jedoch in den 90er Jahren im Vergleich zu den 80er Jahren abschwächte.

#### 4.2.3 Landwirtschaftlich genutzte Fläche

Die LF lässt sich in vier Hauptgruppen einteilen: Ackerland, Dauergrünland, Dauer- und Sonderkulturflächen (Obst, Rebland und Gemüse) sowie nicht genutzte LF. In der Hauptgruppe nicht genutzte LF sind im vorliegenden Bericht die „prämierte“ Flächenstilllegung, auf die in den 90er Jahren mehr als 90% entfiel, sowie Brachflächen zusammengefasst. Dabei ist mit „prämierter“ Flächenstilllegung die permanent oder in Rotation stillgelegte Ackerfläche gemeint, für die im Rahmen der EU-Regelung für den Anbau von Getreide, Ölsaaten und Eiweißpflanzen Stilllegungsprämien gezahlt werden. In Ergänzung zu Tabelle 1 gibt Tabelle 2 einen Überblick über die Entwicklung der Nutzungsstruktur der LF im früheren Bundesgebiet und in den neuen Ländern. Folgende Charakteristika sind für den Zeitraum 1979 bis 1999 hervorzuheben:

**Tabelle 2 - Entwicklung der Nutzungsstruktur der landwirtschaftlich genutzten Fläche in Prozent der LF (1979 bis 2020)**

	1979	1983	1987	1991	1995	1999	2010	2020
<b>Früheres Bundesgebiet</b>								
Ackerland	58,6	59,0	59,7	57,9	55,7	58,2	56,1	56,2
Dauergrünland	38,8	38,4	37,7	36,5	36,0	34,8	33,6	33,3
Dauer- u. Sonderkulturen	2,5	2,5	2,6	3,0	2,6	3,0	3,1	3,1
Nicht genutzte Fläche	0,0	0,0	0,0	2,6	5,6	4,0	7,2	7,4
<b>Elbegebiet</b>								
Ackerland						67,3	66,3	66,3
Dauergrünland						23,4	21,7	21,4
Dauer- u. Sonderkulturen						3,8	4,0	4,0
Nicht genutzte Fläche						5,5	8,0	8,4

Quelle: RAUMIS-Berechnungen.

1. Die Hauptnutzung der rund 11 Mio. ha LF im früheren Bundesgebiet erfolgte als Ackerfläche, die einschließlich der *prämierten* Flächenstilllegung tendenziell zu Lasten des Dauergrünlandes auf rund 62% der LF im Jahr 1999 ausgedehnt wurde. Die obligatorische (vgl. Kap. 4.1.1) sowie freiwillige Flächenstilllegung variierte in den 90er Jahren im Durchschnitt zwischen 2 und 6% der LF. Auf etwa 3% der LF wurden Dauer- und Sonderkulturen angebaut.
2. Das Elbegebiet ist im Vergleich zum früheren Bundesgebiet durch einen höheren Ackerflächenanteil gekennzeichnet. Dieser betrug im Jahr 1999 einschließlich der nicht genutzten Fläche rund 73% der LF. Da im Elbegebiet über den obligatorischen Flächenstilllegungssatz hinaus Flächen freiwillig stillgelegt wurden, war der Anteil nicht genutzter Flächen mit ca. 6% höher als im früheren Bundesgebiet.

Aufgrund der bisher geringfügigen Änderungen der Nutzungsstruktur werden für die Referenzsituation bis 2020 angesichts nahezu unveränderter Rahmenbedingungen ebenfalls keine signifikanten Veränderungen erwartet. Lediglich der Anteil der nicht genutzten LF wird auf von 4 auf 7% ansteigen, was je zur Hälfte durch eine Ausdehnung der *prämierten* Stilllegung bzw. durch das Brachfallen von Grünlandflächen bedingt ist.

#### 4.2.3.1 Grünlandnutzung

Die Struktur und Entwicklung der Grünlandnutzung wird im wesentlichen durch die flächenabhängige Tierhaltung (vgl. Kap. 4.2.1) determiniert. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Nutzung in RAUMIS bis 1995 vorrangig nach ihrer Bewirtschaftungsweise unterschieden wurde und zwar durch die Verfahren *Wiesen*, *Weiden* und *Hutungen*. Seit dem Basisjahr 1999 ist die Vorleistungsintensität ein weiteres Unterscheidungskriterium, was in der Einführung des Verfahrens *extensive Grünlandnutzung* zum Ausdruck kommt. Die Vorleistungsintensität nimmt graduell vom Verfahren *Wiesen* bis *extensive Grünlandnutzung* ab. Vor dem Hintergrund der Entwicklung der Grünlandfläche (vgl. Kap. 4.2.3) sind folgende Verschiebungen der Grünlandnutzung hervorzuheben (vgl. Tabelle 3):

**Tabelle 3- Entwicklung der Grünlandnutzung in Prozent Grünlandfläche von 1979 bis 2020**

	1979	1983	1987	1991	1995	1999	2010	2020
<b>Früheres Bundesgebiet</b>								
Wiesen	73,4	73,8	74,2	75,8	78,2	47,5	66,6	65,6
Weiden	24,1	23,7	23,0	21,5	19,3	13,2	3,5	3,6
Extensive Nutzung 1)	2,6	2,5	2,8	2,7	2,5	39,3	29,8	30,8
<b>Elbegebiet</b>								
Wiesen						16,0	23,3	23,0
Weiden						6,5	1,9	2,0
Extensive Nutzung 1)						77,5	74,8	75,0
1) Bis 1995 Hutungen; ab 1999 Hutungen und extensives Grünland.								

Quelle: RAUMIS-Berechnungen.

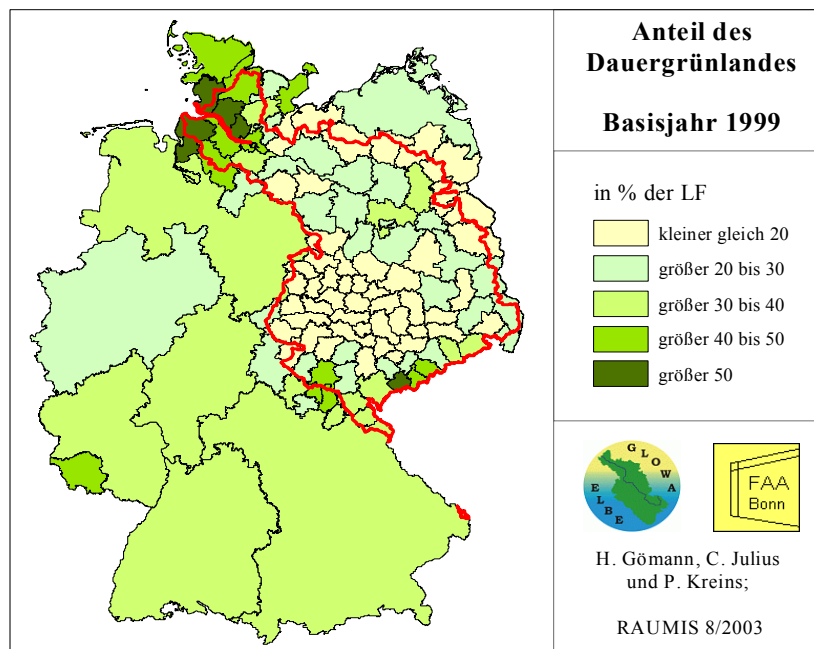
1. Der Anteil von Wiesen wurde im früheren Bundesgebiet von 1979 bis 1995 von 73% auf 78% der Grünlandfläche zu Lasten von Weiden ausgedehnt. Gründe dafür sind beispielsweise die Zunahme der ganzjährigen Stallhaltung von Kühen sowie der Einschränkung des Ackerfutterbaus (vgl. Tabelle 4). Es wird erwartet, dass sich dieser Prozess fortsetzt, vor allem zu Lasten der extensiven Verfahren, Hutungen und extensives Grünland.
2. Im Elbegebiet überwiegen die extensiven Grünlandnutzungsformen, die sich im Jahr 1999 auf rund 78% beliefen.

Die zukünftige Nutzung des Dauergrünlandes steht in Zusammenhang mit dem in Kap. 4.2.1 erläuterten Anstieg der Milchleistungen bei gleichzeitigem Abbau des Milchkuhbestandes. Steigende Milchleistungen erfordern einen hohen Kraftfuttereinsatz sowie qualitativ hochwertiges Grundfutter. Bezüglich der Dauergrünlandnutzung entstehen hier zwei gegenläufige Effekte. Einerseits nimmt der Grundfutterbedarf wegen des steigenden Kraftfuttereinsatzes in den Futterrationen der Milchkühe ab, so dass weniger Dauergrünland benötigt wird. Andererseits wird hochwertiges Grundfutter nicht so sehr durch höhere Düngergaben, sondern vielmehr durch höhere Schnitffrequenzen erreicht, was eine stärkere Flächenintensität der Grundfüttererzeugung zur Folge hat. Dies ist ein wesentlicher Grund dafür, dass der Anteil von Wiesen weiterhin zu Lasten von Weiden und extensiver Grünlandnutzung ausgedehnt wird, wobei die Bewirtschaftungsintensität insgesamt rückläufig ist.



Karte 2 verdeutlicht die regionalen Schwerpunkte der landwirtschaftlichen Produktion anhand der Anteile des Grünlandes an der LF, die ein Indikator für die jeweiligen Standortvoraussetzungen sind. Typische Dauergrünlandstandorte befinden sich im Elbegebiet im Thüringer Wald, Erzgebirge im Spree-Havelgebiet sowie an der unteren Elbe. Auf diesen Standorten beträgt der Grünlandanteil mehr als 40% der LF. Demgegenüber verfügt beispielsweise das Thüringer Becken als typische Ackerbaustandorte über einen nur geringen Dauergrünlandanteil von unter 20% der LF.

**Karte 2 - Regionale Anteile der Grünlandfläche an der landwirtschaftlich genutzten Fläche in % (Basisjahr 1999)**



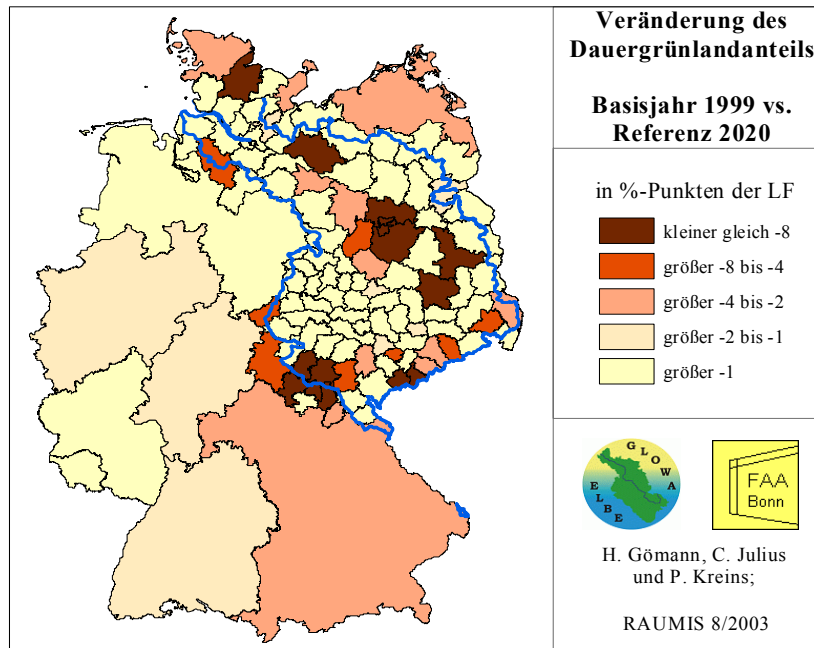
Quelle: RAUMIS-Berechnungen.

In bezug auf die Entwicklung der Grünlandnutzung bis zum Jahr 2020 wird eine weitere kontinuierliche Abnahme erwartet, die im Elbegebiet zu einer Verringerung des Dauergrünlandanteils um ca. 2%-Punkte an der LF führt (vgl. Tabelle 2). Dieser Rückgang fällt regional sehr unterschiedlich aus und ist erwartungsgemäß auf den genannten typischen Grünlandstandorten besonders hoch (vgl. Karte 3).

#### 4.2.3.2 Ackerlandnutzung

Im Folgenden wird die Nutzung des bewirtschafteten Ackerlandes betrachtet. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass die derzeit nicht genutzte LF überwiegend Ackerflächen sind, die permanent oder in Rotation stillgelegt werden. Das bedeutet, dass einige Ackerflächen gar nicht mehr, andere jedoch nur zeitweise nicht genutzt werden. Da die Rotation bei der obligatorischen Flächestilllegung nicht mehr vorgeschrieben ist, liegen keine flächendeckenden Informationen über die räumliche Verteilung der unterschiedlichen Flächenstilllegungsformen vor. Die Betriebe entscheiden nach Maßgabe ihrer Fruchtfolgegestaltung und natürlichen Standortvoraussetzungen, ob sie Ackerflächen permanent oder in Rotation stilllegen.

**Karte 3 - Veränderung der regionalen Anteile des Dauergrünlandes an der landwirtschaftlich genutzten Fläche in %-Punkten (1979 - 1999)**



Quelle: RAUMIS-Berechnungen.

Einen Überblick über die Struktur und Entwicklung der Nutzung des bewirtschafteten Ackerlandes gibt Tabelle 4. Die Anbaukulturen sind zu folgenden Gruppen zusammengefasst: Getreide<sup>20</sup>, Ölsaaten und Hülsenfrüchte, Hackfrüchte (Kartoffeln, Zuckerrüben) sowie Futterpflanzen, wobei Silomais gesondert dargestellt wird. Im Zeitraum von 1979 bis 1999 haben sich im früheren Bundesgebiet Veränderungen auf den bewirtschafteten Ackerflächen vollzogen, von denen nachstehende hervorzuheben sind:

1. Der Anbau von Getreide wurde zu Gunsten des Anbaus von Ölsaaten und Hülsenfrüchten eingeschränkt, deren Wettbewerbskraft aufgrund produktionstechnischer Fortschritte und agrarpolitischer Förderung gegenüber Getreide zunahm.
2. Der Anbau von Silomais hat vor allem aufgrund arbeitswirtschaftlicher Vorteile den Anbau sonstiger Futterpflanzen insbesondere Futterrüben kontinuierlich verdrängt. Gleichwohl ist hier seit 1987 eine rückläufige Tendenz der Silomaisfläche zu verzeichnen, die in Zusammenhang mit dem bereits erläuterten Milchkuhbestandsabbau steht (vgl. Kap. 4.2.1).
3. Für die Projektion der Flächennutzungsstruktur bis 2020 ist die Annahme, dass umfangreiche obligatorische Flächenstilllegungen zur Vermeidung subventionierter Getreideexporte (vgl. Kap. 4.1.2) nicht notwendig werden, von zentraler Bedeutung. Da bei abnehmenden Viehbeständen weniger Grundfutter benötigt wird, nimmt der Getreideanteil in der Fruchtfolge zu.

<sup>20</sup>

Winter- und Sommerweizen, Winter- und Sommergerste, Roggen, Hafer, Körnermais und sonstiges Getreide.

Eine Besonderheit der Ackernutzung im Elbegebiet liegt im hohen Anteil des Anbaus von Hülsenfrüchten und Ölsaaten im Vergleich zum früheren Bundesgebiet. Dies liegt vor allem an den geringeren Anteilen bei den Hackfrüchten bzw. Futterpflanzen einschließlich Silomais.

**Tabelle 4 - Entwicklung der Nutzungsstruktur des bewirtschafteten Ackerlandes in % der Ackerfläche (1979 bis 2020)**

	1979	1983	1987	1991	1995	1999	2010	2020
<b>Früheres Bundesgebiet</b>								
Getreide insg.	72,7	70,5	66,8	64,2	64,4	64,1	69,2	70,1
Hülsenfr. / Ölsaaten	2,0	3,4	6,7	9,5	7,8	9,2	7,6	8,2
Hackfrüchte	9,6	8,9	8,3	9,0	9,4	9,0	9,0	8,6
Futterpflanzen (o. Silomais)	6,8	5,9	5,1	4,4	4,9	4,6	3,5	3,0
Silomais	9,0	11,4	13,2	12,9	13,5	13,1	10,8	10,1
<b>Elbegebiet</b>								
Getreide insg.						62,7	66,4	67,1
Hülsenfr. / Ölsaaten						17,0	15,1	16,1
Hackfrüchte						5,8	5,6	5,4
Futterpflanzen (o. Silomais)						4,7	5,0	4,5
Silomais						9,8	7,9	6,9

Quelle: RAUMIS-Berechnungen.

Die in Tabelle 5 dargestellte Struktur und Entwicklung des Getreideanbaus weist zwischen den Untersuchungsregionen Unterschiede auf. Auffällig sind insbesondere die folgenden Aspekte:

1. In den letzten Jahrzehnten wurde der Getreideanbau im früheren Bundesgebiet in zunehmendem Maße von einer Getreideart dominiert, dem Winterweizen. Ihm kommt, unter anderem bedingt durch seine Nutzungsmöglichkeiten zur Erzeugung von Futtermitteln, ein relativ hohes wirtschaftliches Interesse zu (GEISLER 1980, S. 256). So stieg im Zeitraum von 1979 bis 1999 der Winterweizenanteil an der Getreidefläche von rund 28% auf 36% an. Diese Ausdehnung erfolgte vor allem zu Lasten des Anbaus von Hafer und Roggen, deren Anteile im gleichen Zeitraum von etwa 17% auf 6% bzw. 12% auf 7% der Getreidefläche eingeschränkt wurden.
2. Im Elbegebiet ist der hohe Roggenanbau auffällig. Bedingt durch seine vergleichsweise geringen Ansprüche gegenüber Boden und Klima ist der Anbau von Roggen auch noch auf armen Standorten - wie denen Brandenburgs - möglich, die durch ein schwaches Nährstoffangebot und ein niedriges Wasserhaltevermögen gekennzeichnet sind (GEISLER 1980, S.266). Betrachtet man die in Karte 4 dargestellten regionalen prozentualen Anteile des Roggenanbaus im Jahr 1999, so sind es Regionen in den neuen Bundesländern vor allem in Brandenburg mit sandigen Böden und geringen jährlichen Niederschlägen, deren Ackerfläche (AF) zu mehr als einem Viertel mit Roggen bebaut werden. Seit 1991 findet in den neuen Bundesländern eine deutliche Ausweitung des Roggenanbaus auf Kosten von Sommergerste und Hafer statt. Vor allem in Brandenburg wurde die Roggenanbaufläche von 20 auf 30% der AF ausgedehnt.

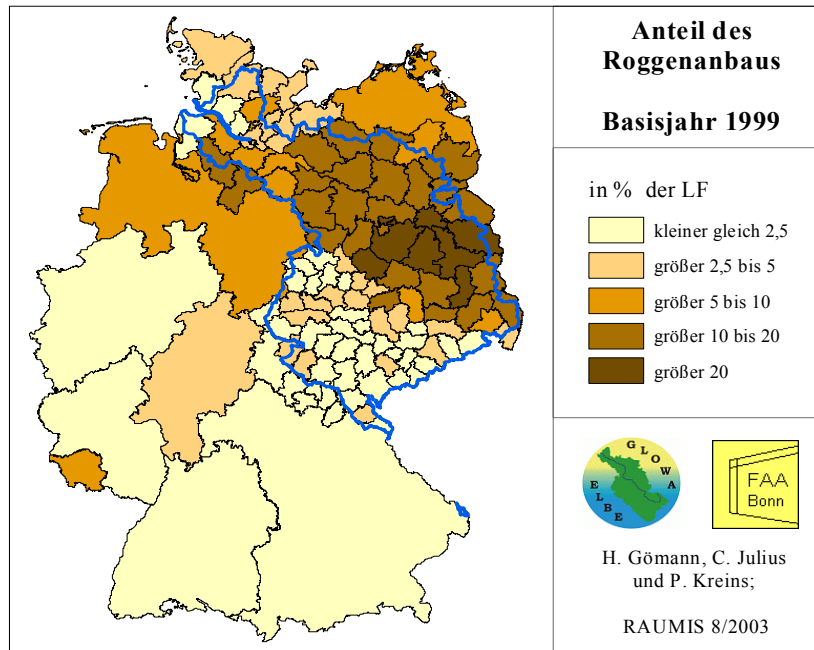
**Tabelle 5 - Entwicklung der Struktur des Getreideanbaus in % der Getreidefläche (1979 - 2020)**

	1979	1983	1987	1991	1995	1999	2010	2020
<b>Früheres Bundesgebiet</b>								
Winterweizen	28,4	30,3	33,8	36,1	37,0	35,7	39,6	40,6
Sommerweizen	2,7	2,0	1,8	1,8	0,7	2,6	2,8	2,9
Roggen	11,6	8,8	8,7	8,4	8,3	7,1	7,2	7,1
Wintergerste	20,8	24,9	26,1	23,2	22,5	20,8	17,6	16,7
Sommergerste	16,9	15,3	13,5	13,9	12,1	14,8	14,6	14,6
Hafer	17,4	15,2	12,0	10,8	7,1	6,1	5,3	5,0
Körnermais	2,2	3,4	4,1	5,8	7,3	7,4	7,9	8,1
Sonstiges Getreide	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0	5,5	4,9	4,9
<b>Elbegebiet</b>								
Winterweizen						35,1	38,9	39,8
Sommerweizen						1,7	1,9	1,9
Roggen						21,0	21,4	21,1
Wintergerste						16,9	14,4	13,8
Sommergerste						9,3	9,3	9,3
Hafer						2,6	2,3	2,3
Körnermais						6,7	5,9	5,9
Sonstiges Getreide						6,7	5,9	5,9

Quelle: RAUMIS-Berechnungen.

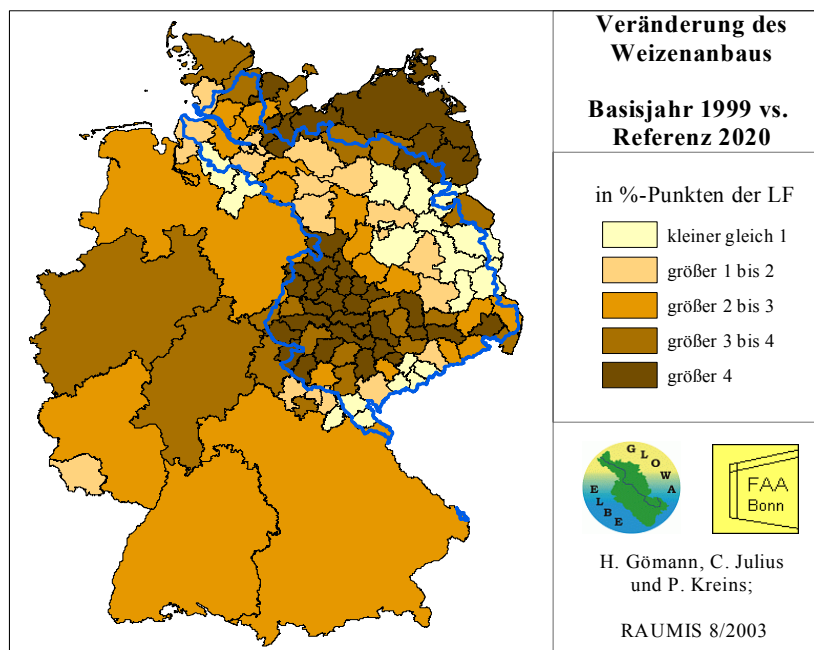
Aufgrund der weiterhin steigenden Wettbewerbskraft des Winterweizens wird erwartet, dass sein Anbauanteil - den Modellsimulationen zufolge - bis 2020 auf etwa 41% der Getreidefläche zunimmt. Da Winterweizen hinsichtlich der Standortbedingungen hohe Ansprüche stellt, erfolgt die Ausdehnung hauptsächlich auf den ackerbaulichen Gunststandorten (vgl. Karte 5) und dort vor allem zu Lasten von Gerste. Der Roggenanbau, der bereits weitgehend auf die Ungunststandorte beschränkt ist, bleibt nahezu konstant.

**Karte 4 - Anteil des Roggenanbaus in % der Ackerfläche (1999)**



Quelle: RAUMIS-Berechnungen.

### Karte 5 - Regionale Entwicklung des Weizenanbaus (1999 - 2020)



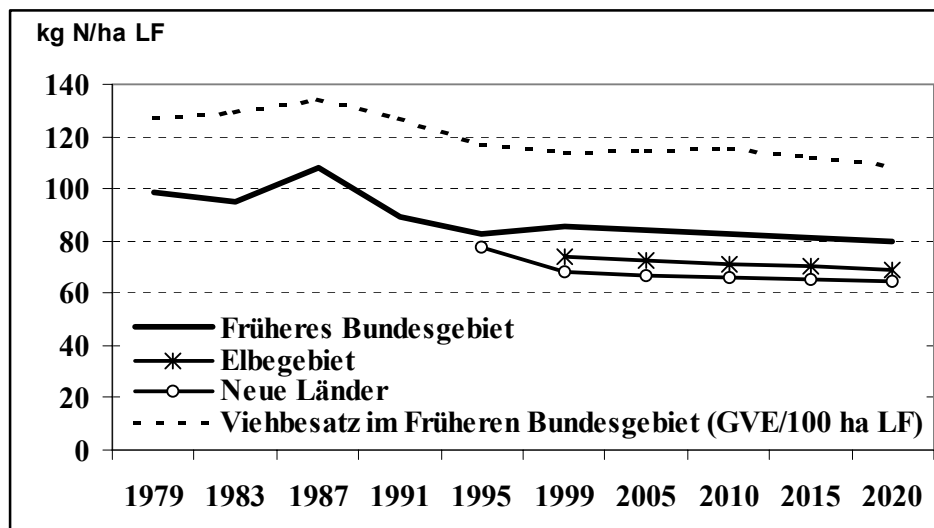
Quelle: RAUMIS-Berechnungen.

### 4.2.3.3 Stickstoffbilanzen

Als allgemein akzeptierter und vom Nachhaltigkeitsrat der Bundesrepublik Deutschland verwendeter Driving Force Indikator hat sich der landwirtschaftliche Stickstoffbilanzsaldo durchgesetzt. Verschiedene Autoren verwenden bei der Bilanzierung eine ähnliche Vorgehensweise und kommen zu vergleichbaren Ergebnissen wie die im folgenden dargestellten RAUMIS-Berechnungen. In Abhängigkeit vom Aggregationsniveau, von der räumlichen Differenzierung und von der Datenverfügbarkeit lassen sich jedoch unterschiedlich viele Aspekte berücksichtigen. Aufgrund natürlicher Standortfaktoren, die einen erheblichen Einfluss auf die tatsächliche Nitratauswaschung haben, besteht allerdings nur ein begrenzter Zusammenhang zwischen dem Stickstoffbilanzsaldo und den eigentlich zu schützenden Umweltgütern, den Grund- und Oberflächengewässern. Daher stellt der Stickstoffbilanzsaldo allenfalls einen Risikoindikator dar. Die Stickstoffbilanzsalden sind Eingangsgrößen für das Nährstofffrachtmodell MONERIS.

Die Entwicklung und regionale Differenzierung der Stickstoffbilanzsalden stehen aufgrund des anfallenden Wirtschaftsdüngers in engem Zusammenhang mit der Tierproduktion (vgl. Schaubild 6). So stiegen die Stickstoffbilanzüberschüsse im früheren Bundesgebiet durch die Zunahme des Viehbestandes bis Ende der 80er Jahre bis auf 108 kg N je ha LF an. Seitdem sind sie auf etwa 85 kg N je ha LF zurückgegangen. Im Elbegebiet lagen die Stickstoffüberschüsse aufgrund der geringeren Viehbesatzdichte im Jahr 1999 um etwa 14% darunter (vgl. Schaubild 7).

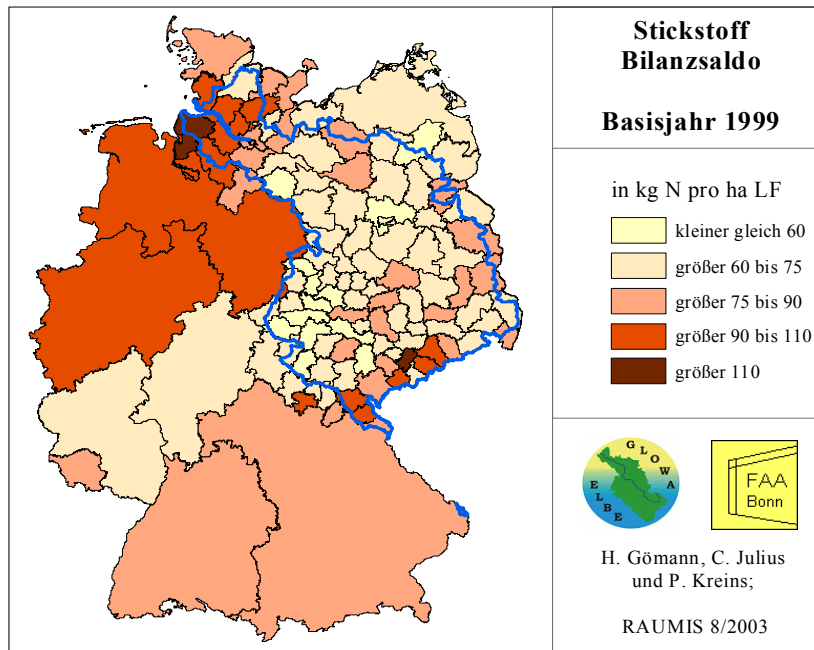
**Schaubild 7 - Entwicklung der Stickstoffbilanzüberschüsse im früheren Bundesgebiet und im deutschen Elbegebiet in kg je ha LF von 1979 bis 2020**



Quelle: RAUMIS-Berechnungen.

Auf regionaler Ebene ist das Spektrum der Stickstoffüberschüsse im Elbegebiet breit gestreut (vgl. Karte 6), was sich im wesentlichen auf die regionalen Viehbestände zurückführen lässt. Die Spannweite reichte im Jahr 1999 von ca. 39 kg N pro ha in der Region Erfurt bis etwa 119 kg N pro ha LF in der Region Cuxhafen.

**Karte 6 - Regionale Stickstoffbilanzüberschüsse in kg N je ha LF (1999)**



Quelle: RAUMIS-Berechnungen.

## **5 AUSWIRKUNGEN UNTERSCHIEDLICHER ENTWICKLUNGSRAHMEN DES GLOBALEN WANDELS AUF DIE LANDBEWIRTSCHAFTUNG IM DEUTSCHEN ELBEEINZUGSGEBIET**

Auf der Grundlage der Szenariofamilien A1 und B2 des IPCC-Reports 2000 (Intergovernmental Panel on Climate Change) wurden in GLOWA-Elbe zwei qualitative Entwicklungsrahmen erarbeitet, die als Leitlinien zur Ausgestaltung der spezifischen Szenarien in den jeweiligen Teilbereichen und verschiedenen Disziplinen des Projektverbundes dienen. Durch diese Vorgehensweise ist eine gemeinsame Szenarienausrichtung im Gesamtprojekt gewährleistet. Vor diesem Hintergrund wurden die Entwicklungsrahmen A1 und B2 für den Teilbereich „Agrarpolitik und Landwirtschaft“ als fortschreitende „Liberalisierung“ bzw. „Regionalisierung/Ökologisierung“ konkretisiert. Die unterstellten agrarpolitischen Maßnahmen werden in den Unterkapiteln erläutert, wobei Klimaänderungen wie im Referenzszenario unberücksichtigt bleiben, um die jeweiligen Reaktionen der Landbewirtschaftung isoliert zu ermitteln. Klimabedingte Veränderungen der Landbewirtschaftung werden separat quantifiziert. Die untersuchten Szenarien werden jeweils im Zieljahr 2020 vergleichend beurteilt.

### **5.1 Teil-Liberalisierung**

#### **5.1.1 Szenarioannahmen**

##### **Agrarpolitische Maßnahmen**

Im Zuge der Agrarreform von 1992 wurde begonnen, gemeinsame Marktorganisationen für landwirtschaftliche Produkte von der Marktpreisstützung auf ein System von Direktzahlungen an Erzeuger umzustellen. Dieser zunächst für Getreide vollzogene Systemwechsel wurde durch Agenda 2000 auf die Märkte für Rind- und Kalbfleisch sowie für Milch übertragen. Direktzahlungen spielen eine entscheidende Rolle für die Landwirtschaft. Auf sie entfielen im Jahr 2002 rund zwei Drittel der EU-Marktordnungsausgaben in Höhe von rund 42 Mrd. EUR, wobei Direktzahlungen für Milch erst im Jahr 2005 erfolgen. Die Zahlungen sind je nach Produkt mehr oder minder an die Produktion gebunden. Darüber hinaus besteht nach wie vor eine Preisstützung gegenüber dem Weltmarkt insbesondere bei Milch, so dass diese EU-Agrarprodukte nur mit Hilfe von Erstattungen auf dem Weltmarkt abgesetzt werden können. Die EU-Osterweiterung und WTO-Verhandlungen wirken auf die GAP in zweierlei Hinsicht: zum Einen verursacht eine Übertragung der GAP auf die Beitrittsstaaten finanzielle Probleme, zum Anderen wird der wettbewerbsverzerrende Charakter der Direktzahlungen und Exporterstattungen von WTO-Partnerländern kritisiert. Dies erhöht den Anpassungsdruck, die GAP stärker zu liberalisieren.

Vor diesem Hintergrund wurden in dieser Studie im Szenario „Teil-Liberalisierung“<sup>21</sup> folgende Änderungen der GAP gegenüber der Referenzsituation im Zieljahr 2010 (vgl. Kap. 4.1.1) unterstellt:

---

21

Die Liberalisierung einiger Marktorganisationen wie z.B. für Zucker, Obst und Gemüse ist hinsichtlich der Auswirkungen mit großen Unsicherheiten behaftet und aufwendig zu modellieren. Da diese Bereiche für die Landbewirtschaftung im Elbegebiet jedoch eine untergeordnete Rolle spielen, wurden ihre Marktorganisationen beibehalten und der Szenarioname „Teil-Liberalisierung“ gewählt.



1. **Aufhebung der Preisstützung.** Die Interventionsregelung für Getreide, Milch und Rindfleisch entfallen.
2. **Entkoppelung der Direktzahlungen.** Sämtliche Flächen- und Tierprämien werden von der Produktion entkoppelt, d.h. landwirtschaftliche Betriebe erhalten den Prämienbetrag einer Referenzperiode unabhängig davon, ob und was sie produzieren.
3. **Keine Produktionsauflagen.** Die Betriebszahlung ist nicht an Produktionsauflagen gebunden (sogenannte Cross Compliance), d.h. keine obligatorischen Flächenstilllegungen, keine Bewirtschaftungsauflagen und keine Verpflichtung die Flächen in landwirtschaftlich nutzbarem Zustand zu erhalten.

Die Tatsache, dass einige Elemente des Szenarios sich in den Vorschlägen der EU-Kommission zur Halbzeitbewertung Agenda 2000 (Mid-Term-Review, MTR) wiederfinden (Europäische Kommission, 2003a), zeigt, dass es den aktuellen agrarpolitischen Trends folgt. Die Liberalisierung der GAP im unterstellten Szenario geht allerdings deutlich über diejenige in der MTR hinaus, um extreme Landnutzungsänderungen zu untersuchen.

### **Erzeugerpreise in Deutschland**

Nach einer Aufhebung der Preisstützung orientieren sich die EU-Marktpreise weitgehend an den Weltmarktpreisen. In Verbindung mit der Entkoppelung ergeben sich Anpassungen der EU-Produktion, die auf den EU-Märkten zu veränderten Preisen führen. Diese Preisänderungen wurden aus Studien zur Halbzeitbewertung der Agenda 2000 abgeleitet (vgl. Bertelsmeier et.al., 2002, Europäische Kommission, 2003b). Folgende Änderungen der Erzeugerpreise wurden für dieses Szenario gegenüber der Referenzsituation ermittelt bzw. unterstellt:

1. Der Erzeugerpreis für Weizen steigt um 1,5%. Demgegenüber sinken die Preise für Gerste um ca. 4% bzw. für Roggen sogar um 19%.
2. Die Erzeugerpreise gehen bei Milch um etwa 21% und bei Rindfleisch um durchschnittlich 4,5% zurück.

#### **5.1.2 Auswirkungen auf die Landbewirtschaftung**

Die Wirkungsmechanismen der Preissenkungen sowie der Entkoppelungen von Direktzahlungen sind in den Produktionsbereichen, die für die Landnutzung eine wichtige Rolle spielen, und zwar Milch- und Rindfleischerzeugung sowie Ackerbau, unterschiedlich. Eine vollständige Entkoppelung der Direktzahlungen ändert die Grundlagen der Produktionsentscheidungen vor allem in den Bereichen, in denen sie einen Großteil des Gewinns ausmachen oder sogar zur Deckung der Produktionskosten benötigt werden. Dies betrifft insbesondere einen Großteil der Rindfleischerzeugung, bei dem zur Kostendeckung Tierprämien benötigt werden. Nach der Entkoppelung müssen diese Tiere nicht mehr erzeugt werden, um die Direktzahlungen zu erhalten. Den RAUMIS-Ergebnissen zufolge geht die Rindfleischerzeugung im Nicht-Elbegebiet um etwa 16% gegenüber der Referenzsituation zurück, im Elbegebiet um etwa ein Viertel.

Der Erzeugerpreis für Milch wird derzeit über dem Weltmarktpreis gestützt und die Erzeugung durch eine Quote begrenzt. Die Quotenrenten betragen bis zu einem Viertel des Erzeu-

gerpreises. Dabei sind die Quoteninhaber in zunehmenden Maße nicht mehr aktive Erzeuger. Aktive Erzeuger müssen Quoten pachten oder kaufen. Sinkt der Erzeugerpreis für Milch, verringern sich zunächst die Quotenrenten, so dass sich die Rentabilität der Milcherzeugung nicht im gleichen Maße verringert. Erst wenn die Erlösverluste durch die Preissenkung größer sind als die Quotenrente, werden spürbare Anpassungen bei der Milcherzeugung erfolgen. Die Milchproduktion wird um ca. 3% im Vergleich zur Referenzsituation eingeschränkt.

Beim Anbau von Getreide, Ölsaaten und Eiweißpflanzen sind die Flächenprämien bereits durch die Maßnahmen der Agenda 2000 weitgehend entkoppelt, da neben der obligatorischen Stilllegung auch die Möglichkeit besteht, Flächen freiwillig stillzulegen. Von nicht unerheblicher Bedeutung gerade auf ungünstigen Standorten ist hierbei jedoch die Auflage, stillgelegte Flächen zu pflegen. Sofern die Kosten der Pflege höher sind als etwaige Verluste durch den Anbau, ist der Anbau die wirtschaftlichere Variante der Flächenpflege. Entfällt die Flächenpflege wird der Anbau von Getreide, Ölsaaten und Eiweißpflanzen nur noch auf den Flächen betrieben, auf denen sich durch die Produktion allein Gewinne erzielen lassen. Andere Flächen fallen brach.

### **5.1.2.1 Landnutzung**

Die oben genannten Auswirkungen der Maßnahmen im Teil-Liberalisierungsszenario auf die Produktion von Milch und Rindfleisch sowie Getreide und Ölsaaten spiegeln sich in der Landnutzung wider. Die Ergebnisse sind dabei vor dem Hintergrund zu interpretieren, dass die untersuchten Maßnahmen ein Extremszenario darstellen, bei dem sich (extensive) Landnutzungsverfahren entwickeln können, die derzeit nicht beobachtet werden. Da RAUMIS auf beobachteten Verfahren basiert, bleiben derartige Anpassungen unberücksichtigt. Einen Überblick über die Anpassungen gegenüber dem Referenzszenario im Jahr 2020 im Elbegebiet gibt Tabelle 6. Während die ausgewiesenen prozentualen Veränderungen der Verfahrensumfänge die Auswirkungen auf jedes einzelne Verfahren hervorheben, verdeutlichen die Veränderungen der Verfahrensanteile an der landwirtschaftlich genutzten Fläche die Konsequenzen auf die Landnutzung. Folgende Anpassungen der Landnutzung sind von Bedeutung:

- Auffällig ist die deutliche Ausdehnung des Umfangs der nicht genutzten Fläche, und zwar von etwa 8% der LF in der Referenzsituation um weitere 25%-Punkte auf insgesamt rund ein Drittel der LF. Davon betroffen sind insbesondere Regionen in Brandenburg und Sachsen, wo nahezu die Hälfte der Ackerfläche brach fällt (vgl. Karte 7).
- Dem Roggenanbau kommt bei der Aufgabe der landwirtschaftlichen Flächennutzung eine zentrale Bedeutung zu. Zum einen ist Roggen als einzige Getreideart von einer massiven Preissenkung betroffen, zum anderen ist er eine Indikatorkultur für ungünstige Standorte. Auf diesen Standorten trifft für den Getreideanbau häufig die wirtschaftliche Situation zu, dass die Kosten der Flächenpflege höher sind als die Verluste durch den Anbau. Dadurch kommt eine Aufhebung der Pflegeverpflichtung hier besonders zum Tragen. Aufgrund der flächenmäßig großen Bedeutung des Roggenanbaus im Elbegebiet insbesondere in Brandenburg (vgl. Karte 4) erfolgen hier die größten Einschränkungen, die gegenüber der Referenzsituation rund 6% der gesamten LF ausmachen. Dabei reicht das Spektrum der

Aufgabe des Roggenanbaus bis zu ca. 20% der LF in den Regionen Potsdam-Mittelmark und Oder-Spree-Kreis (vgl. Karte 8).

**Tabelle 6 - Anpassungen der Landnutzung im Elbegebiet bei unterschiedlichen Entwicklungsszenarien gegenüber dem Referenzszenario im Jahr 2020**

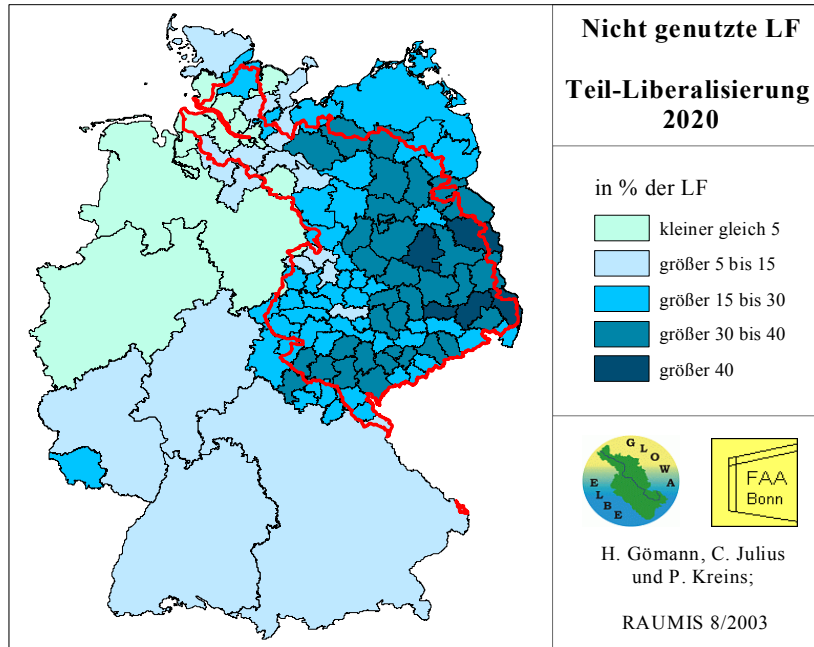
	Referenzszenario	Teil-Lib.	N-Abgabe	Klimawandel	Teil-Lib.	N-Abgabe	Klimawandel
	(1.000 ha)	(in % vs. Ref)			(in %-Pkt. der LF vs. Ref)		
Landw. genutzte Fläche	5.964	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ackerfläche	3.986	-34,9	-11,0	-1,3	-23,3	-7,3	-0,8
Getreide	2.649	-36,0	-11,2	-2,1	-16,0	-5,0	-0,9
Winterweizen	1.102	-18,6	-10,4	-3,1	-3,4	-1,9	-0,6
Sommerweizen	52	-21,3	-7,3	-1,6	-0,2	-0,1	0,0
Roggen	585	-64,1	-17,0	-3,2	-6,3	-1,7	-0,3
Wintergerste	381	-42,9	-11,3	-0,2	-2,7	-0,7	0,0
Sommergerste	259	-32,1	0,3	-1,9	-1,4	0,0	-0,1
Hafer	63	-50,6	-5,0	-0,4	-0,5	-0,1	0,0
Körnermais	43	-23,0	-15,8	15,4	-0,2	-0,1	0,1
sonst. Getreide	165	-45,3	-16,0	-0,9	-1,3	-0,4	0,0
Hülsenfrüchte	149	-57,5	21,5	2,6	-1,4	0,5	0,1
Ölsaaten	488	-61,7	-49,7	-5,3	-5,0	-4,1	-0,4
Raps	463	-62,1	-51,4	-5,4	-4,8	-4,0	-0,4
sonst. Ölsaaten	25	-54,6	-20,4	-3,9	-0,2	-0,1	0,0
Kartoffeln und Gemüse	142	0,9	-0,6	2,2	0,0	0,0	0,1
Zuckerrüben	107	0,0	1,0	0,7	0,0	0,0	0,0
Ackerfutter	452	-11,2	15,4	4,9	-0,8	1,2	0,4
Silomais	273	-34,1	18,0	3,2	-1,6	0,8	0,1
sonst. Ackerfutter	179	23,7	11,5	7,6	0,7	0,3	0,2
Dauer- u. Sonderkulturen	202	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Grünland	1.277	-5,7	-2,6	-0,3	-1,2	-0,6	-0,1
Wiesen und Weiden	842	-7,8	-5,4	-0,2	-1,1	-0,8	0,0
Hutungen u. ext. Grünl.	436	-1,7	2,7	-0,5	-0,1	0,2	0,0
Nicht genutzte LF	498	293,7	94,6	11,0	24,5	7,9	0,9

Quelle: RAUMIS-Berechnungen.

- Die relativen Anbauumfänge verschieben sich aufgrund der Veränderung der relativen Vorzüglichkeit zwischen den Verfahren. Innerhalb der Getreidearten verbessert der Preisanstieg bei Weizen gegenüber der Preissenkung bei den Futtergetreidearten seine relative Wettbewerbskraft, so dass sein Anbauumfang vergleichsweise am wenigsten eingeschränkt wird. Besonders auffällig ist, dass der Roggenanbau, der sich unter diesen Rahmenbedingungen nicht kostendeckend erzeugen lässt, in Brandenburg um zwei Drittel eingeschränkt wird. Trotzdem bleibt er hier die dominierende Getreideart.
- Darüber hinaus ergeben sich Veränderungen dadurch, dass die bislang durch Prämien gestützten „Grandes Cultures“ (Getreide, Ölsaaten, Eiweißpflanzen) einschließlich der Futterpflanze Silomais an relativer Vorzüglichkeit gegenüber den übrigen Ackerfrüchten

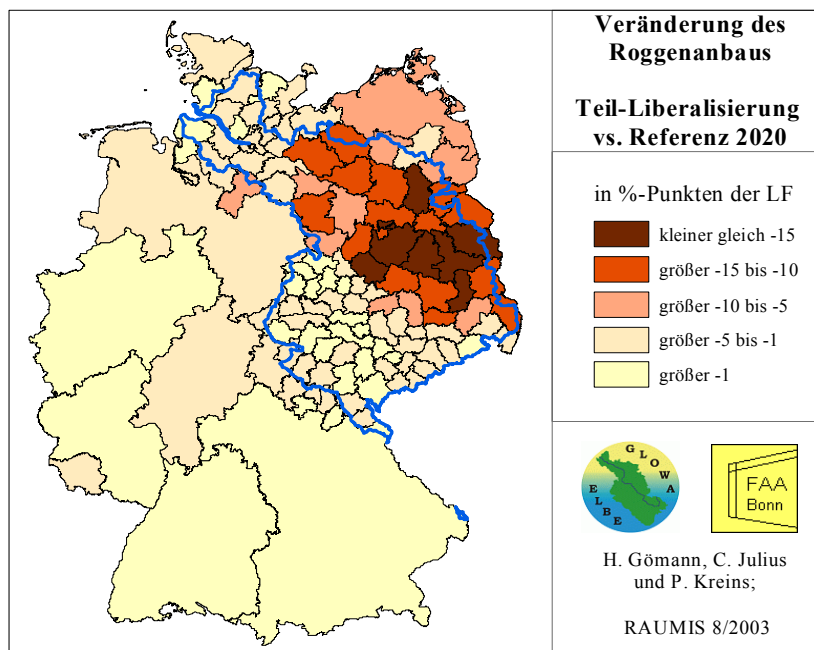
verlieren. Vor diesem Hintergrund wird der Silomaisanbau deutlich eingeschränkt und der Anbau sonstigen Ackerfutters ausgedehnt.

**Karte 7 - Anteil nicht genutzter landwirtschaftlicher Nutzfläche bei Teil-Liberalisierung im Jahr 2020 (% der LF)**



Quelle: RAUMIS-Berechnungen.

**Karte 8 - Änderung des Roggenanbaus bei Teil-Liberalisierung gegenüber dem Referenzszenario im Jahr 2020 (%-Punkte der LF)**



Quelle: RAUMIS-Berechnungen.

- Mit der Aufhebung der obligatorischen Flächestilllegung entfällt gleichzeitig die Ausnahmeregelung, nachwachsende Rohstoffe (NR, Ölsaaten für Nichtnahrungszwecke) auf Still-

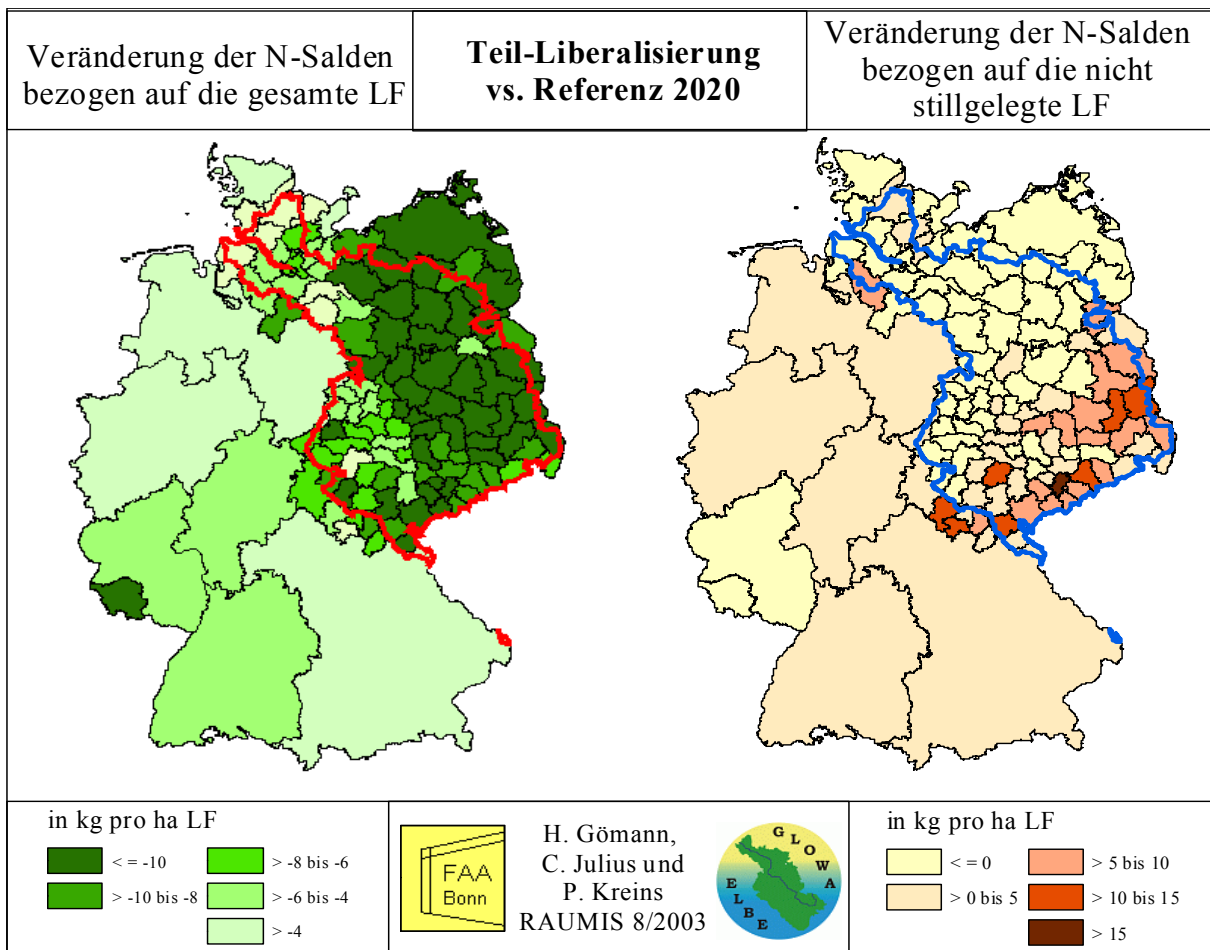
legungsflächen anbauen zu dürfen. Infolgedessen konkurrieren NR mit den anderen Verfahren und werden aufgrund ihrer geringen Wettbewerbskraft nicht mehr angebaut. Im Elbegebiet sind 167.000 ha davon betroffen, die in der Referenzsituation angebaut werden.

- Bedingt durch den Rückgang der Rindfleischproduktion scheiden rund 6% des Grünlandes aus der Produktion, was aufgrund seiner vergleichsweise geringen Bedeutung etwa 1%-Punkt an der LF ausmacht.

### 5.1.2.2 Stickstoffbilanzen

Eine Anpassung der speziellen Intensität, d.h. des Einsatzes von z.B. mineralischem Dünger und von Pflanzenschutzmitteln ist nicht zu erwarten, da bei den Ackerfrüchten mit Ausnahme von Roggen keine nennenswerten Änderungen der Erzeugerpreise und auch keine Änderungen bei den Vorleistungspreisen erfolgen. Allerdings bewirken die Anpassungen der landwirtschaftlichen Produktionsstruktur eine Veränderung landwirtschaftlicher Umweltwirkungen, die anhand des Agrar-Umweltindikators Stickstoffbilanz aufgezeigt werden.

**Karte 9 - Veränderung regionaler Stickstoffbilanzsalden bei Teil-Liberalisierung gegenüber der Referenzsituation im Jahr 2020 (kg N je ha LF)**



Quelle: RAUMIS-Berechnungen.

Die Stickstoffbilanzsalden bezogen auf die gesamte LF gehen im Vergleich zum Referenzszenario flächendeckend zurück (vgl. Karte 9). Wesentliche Gründe dafür sind der Abbau der

Viehbestände sowie das Brachfallen landwirtschaftlich genutzter Fläche. Da die Viehbestandsreduktion und das Brachfallen von LF in den Regionen in unterschiedlichem Ausmaß erfolgt, weisen auch die Veränderungen der Stickstoffbilanzsalden regionale Unterschiede auf. So ist im Elbegebiet eine durchschnittliche Verringerung der Bilanzsalden um 9 kg N je ha LF zu verzeichnen. Innerhalb des Elbegebietes sind es die Kreise Oberprignitz-Rupin und Stollberg, in denen die Bilanzsalden um etwa 18 kg N pro ha LF am stärksten zurückgehen.

Die Reduktion der durchschnittlichen Bilanzsalden führt tendenziell zu einer Verringerung der Stickstoffeinträge in Gewässer. Für diese diffusen Belastungen ist allerdings von Bedeutung, dass sich die Produktionsintensität auf den verbleibenden bewirtschafteten Flächen kaum ändert, was anhand der Stickstoffbilanzsalden auf den bewirtschafteten Flächen deutlich wird (vgl. Karte 9). Die Unterschiede zwischen den Regionen sind im wesentlichen das Ergebnis sich überlagernder Effekte. Innerhalb einer Region fallen zunächst die ungünstigsten Flächen brach. Die noch bewirtschafteten Flächen weisen in der Regel ein höheres Ertragsniveau mit einer höheren Produktionsintensität auf. Gleichzeitig wird bei Futtergetreide vor allem Roggen aufgrund der sinkenden Erzeugerpreise die Produktionsintensität reduziert, was zu einer Abnahme der Stickstoffüberschüsse führt. Maßgeblich für das Ausmaß ist das Anbauverhältnis der Getreidearten in der Region. Je höher der Anteil des Roggens, dessen Preis am stärksten sinkt, desto höher sind tendenziell die Stickstoffbilanzüberschüsse. Überlagert werden die genannten Effekte vom Umfang des regionalen Viehbestandabbaus.

## **5.2 Ökologisierung durch Verteuerung des Vorleistungseinsatzes**

### **5.2.1 Szenarioannahmen**

Angesichts überwiegend geringer Viehbesatzdichten im Elbegebiet sind die regionalen Stickstoffüberschüsse vorrangig auf mineralischen Stickstoff (N) zurückzuführen. Zur Verringerung diffuser N-Einträge in die Elbe wird auf mineralischen Stickstoff eine bundesweite Abgabe in Höhe von 200% (Szenariobezeichnung: N-Abgabe) erhoben. Das erhobene monetäre N-Abgabevolumen wird zur Begrenzung von Einkommensverlusten mittels einer produktionsneutralen Flächenprämie an die Landwirtschaft zurück verteilt, die 68 EUR je ha LF beträgt. Alle übrigen agrarpolitischen Maßnahmen entsprechen denen der Referenzsituation.

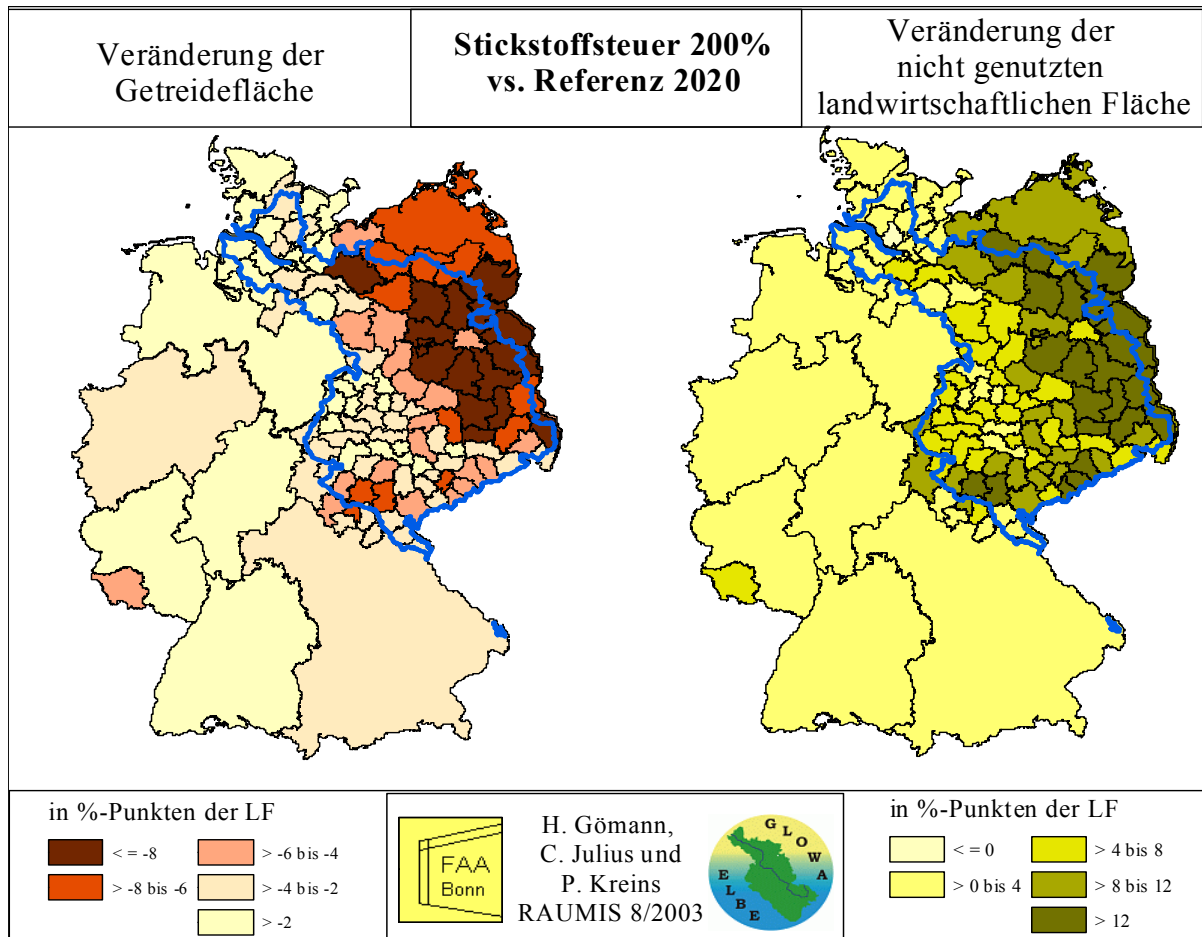
### **5.2.2 Auswirkungen auf die Landbewirtschaftung**

Prinzipiell maximieren rational handelnde und vollständig informierte Landwirte ihren Gewinn, indem sie die optimale spezielle Intensität des Dünge- und Pflanzenschutzmitteleinsatzes bei gegebener Produktionsfunktion so bestimmen, dass der physische Mehrertrag einer zusätzlichen Düngeeinheit (N-Einheit) der Faktor-Produktpreisrelation entspricht. Darüber hinaus erhöht die Verteuerung des mineralischen Stickstoffs die Wettbewerbskraft des Stickstoffs aus organischem Dünger. Aufgrund des höheren Wertes beispielsweise der Gülle nimmt die Schweine- und Geflügelfleischproduktion um jeweils 2% zu.

### 5.2.2.1 Landnutzung

Nach einer Verdreifachung des Preises für mineralischen Stickstoff liegt das Optimum der speziellen Intensität auf einem deutlich niedrigeren Ertragsniveau, d.h. die Abgabe führt grundsätzlich zu sinkenden Erträgen landwirtschaftlicher Kulturpflanzen infolge eines reduzierten Stickstoffeinsatzes. Die ermittelten Ertragsanpassungen basieren auf einer Fortschreibung der in RAUMIS spezifizierten Produktionsfunktionen bis zum Jahr 2020. Dabei wurden anhand der Ergebnisse für einige Regionen die Grenzen der verwendeten Fortschreibungsmethodik für einen derart langen Zeitraum deutlich. Insgesamt wurden Ertragsrückgänge gegenüber der Referenzsituation im Elbegebiet in einer Größenordnung von ca. 28% bei Getreide ermittelt (vgl. Tabelle 7).

**Karte 10: Veränderungen des regionalen Getreideanbaus sowie des Umfangs der nicht genutzten LF im Elbegebiet bei einer Abgabe auf mineralischen Stickstoff von 200% im Jahr 2020 (%-Punkte der LF gegenüber der Referenzsituation)**



Quelle: RAUMIS-Berechnungen.

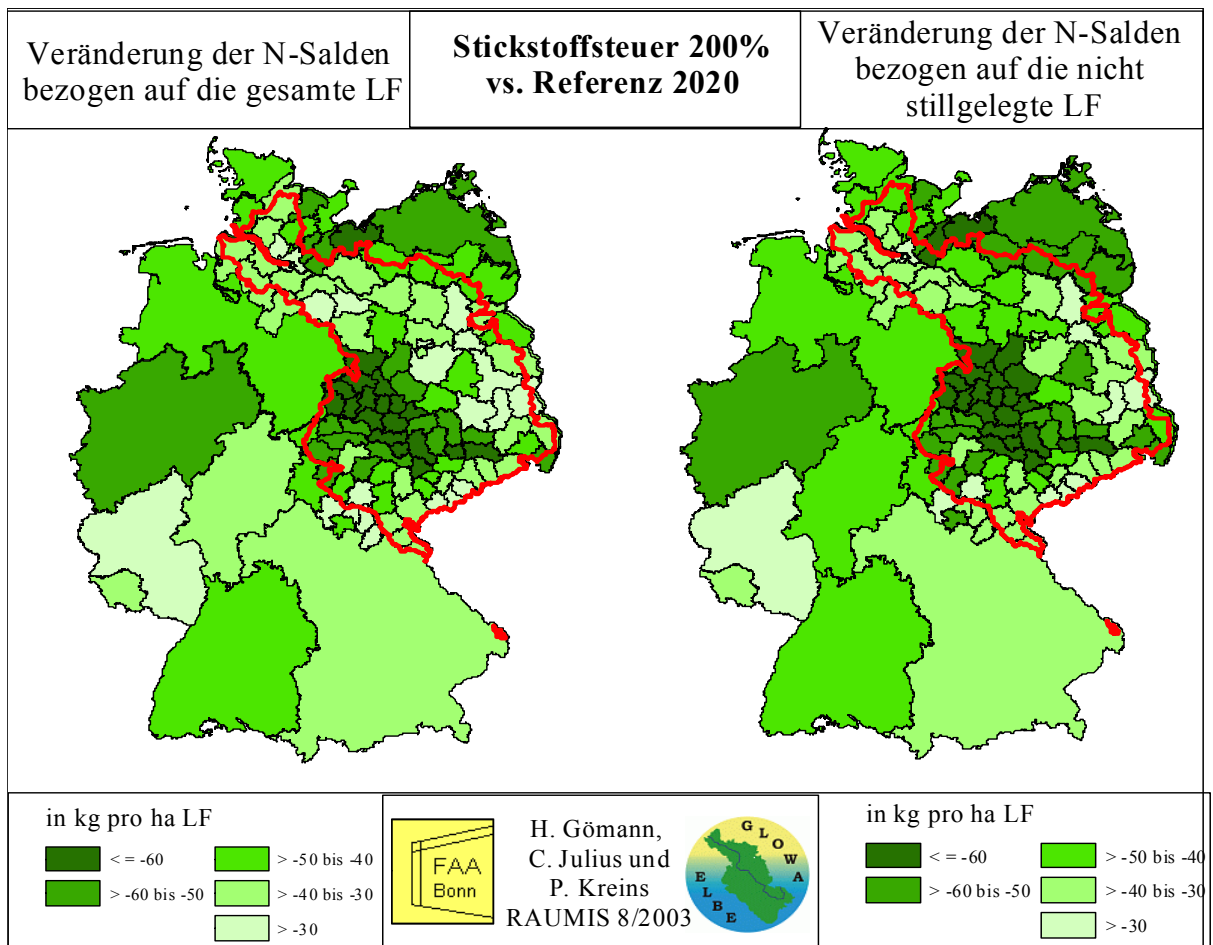
Die Stickstoffabgabe verändert ebenfalls die relative Vorzüglichkeit der angebauten Kulturen. Verschiebungen der Anbauanteile ergeben sich vor allem zwischen Kulturen, deren Anbau unterschiedliche Stickstoffmengen erfordern. So nimmt der Anbau von Sommer(Brau)gerste und Hülsenfrüchten zu Lasten von Roggen (Hybridroggen mit hohem Stickstoffbedarf) und

Körnermais zu (vgl. Tabelle 6). Darüber hinaus bedeutet die drastische Stickstoffabgabe einen empfindlichen Anstieg der Produktionskosten und damit eine Verringerung des Anbau-gewinns. Insbesondere auf den Ungunststandorten in Brandenburg können Getreide und Ölsaaten nicht mehr kostendeckend erzeugt werden, so dass der Getreideanbau zurückgeht und die Fläche mangels Anbaualternativen verstärkt brach fällt (vgl. Karte 10).

### 5.2.2.2 Stickstoffbilanzen

Für die Stickstoffaufwandsmenge ist die Faktor-Produktpreisrelation wichtig. Eine Größen-ordnung dafür lässt sich aus dem derzeitigen Zukaufspreis für Stickstoff in Höhe von etwa 450 EUR/t und dem Erzeugerpreis für Weizen von rund 110 EUR/t ableiten. Setzt man als Grenzkosten der N-Düngung nur den Stickstoffpreis an, ist das betriebswirtschaftliche Optimum dann erreicht, wenn das letzte ausgebrachte Kilogramm Mineralstickstoff einen zusätzlichen Getreideertrag von 4,1 kg erbringt. Mit dem Mehrertrag werden dem Boden aber nur ca. 0,08 kg N über das Erntegut entzogen, so dass ein Überschuss entsteht.

**Karte 11 - Veränderung der durchschnittlichen Stickstoffbilanzsalden im Szenario Stickstoffsteuer 200% gegenüber der Referenzsituation**



Quelle: RAUMIS-Berechnungen.

Durch die Mineralstickstoffabgabe wird der durchschnittliche Bilanzüberschuss im Elbegebiet um ca. 65% gegenüber der Referenzsituation verringert. Der Rückgang fällt besonders hoch



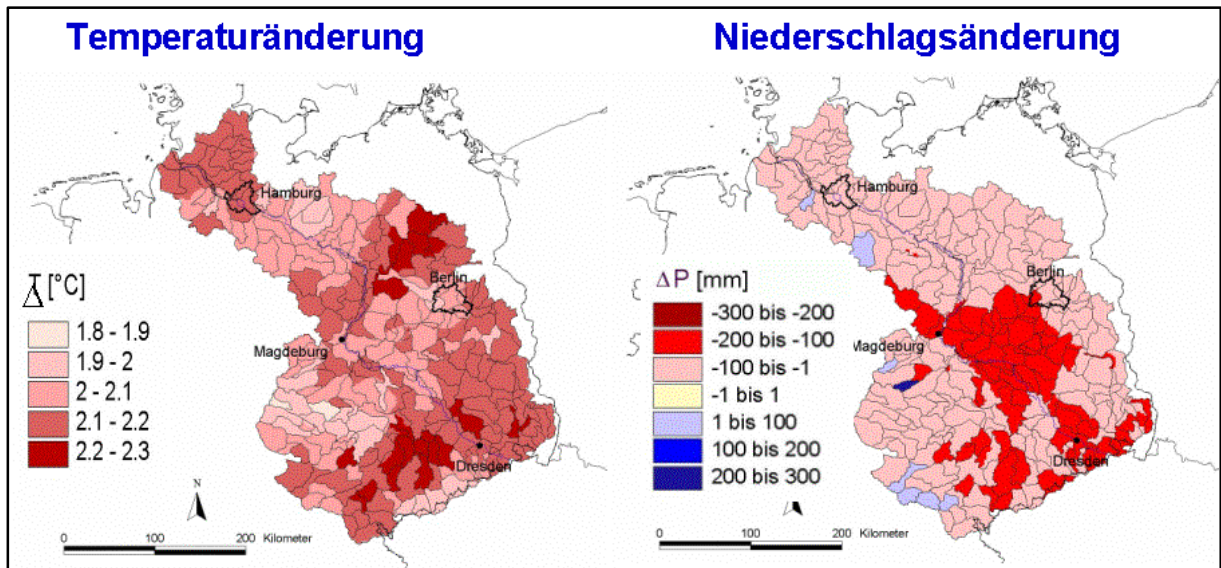
in den Regionen aus, in denen die spezielle Intensität der Produktion deutlich gesenkt wird. Dies sind nicht notwendigerweise die Regionen mit den ausgeprägtesten Ertragseinbußen, die überwiegend auf ungünstigeren Standorten zu verzeichnen sind. Auf günstigeren Standorten wie im Thüringer Becken fallen die Ertragsrückgänge bei starker Einschränkung des mineralischen Stickstoffeinsatzes geringer aus. Damit bleiben die Stickstoffentzüge über das Erntegut relativ hoch, so dass die Bilanzüberschüsse in dieser Region um mehr als 60 kg N je ha LF abnehmen (vgl. Karte 11). Werden die Stickstoffüberschüsse auf die bewirtschaftete LF bezogen, ergibt sich eine ähnliche regionale Verteilung. Dies zeigt den flächendeckenden Rückgang der Stickstoffüberschüsse.

### 5.3 Klimabedingte Veränderungen der natürlichen Ertragspotenziale

#### 5.3.1 Szenarioannahmen

Gravierende Klimaänderungen werden erst ab dem Jahr 2050 erwartet. Die Ableitung einer Referenzsituation für die Entwicklung der landwirtschaftlichen Produktion für einen derartig langen Zeithorizont ist mit sehr großen Unsicherheiten behaftet. Aus diesem Grund wird im folgenden Vergleich unterstellt, dass die nachstehend beschriebenen Klimaveränderungen (Szenariobezeichnung: Klimawandel) bereits im Jahr 2020 wirksam werden (vgl. Karte 12):

**Karte 12: Wahrscheinlichstes Klimaszenario im deutschen Elbeinzugsgebiet bis 2046-55 im Vergleich zu 1951-2000**



Quelle: Gerstengarbe et al. 2003

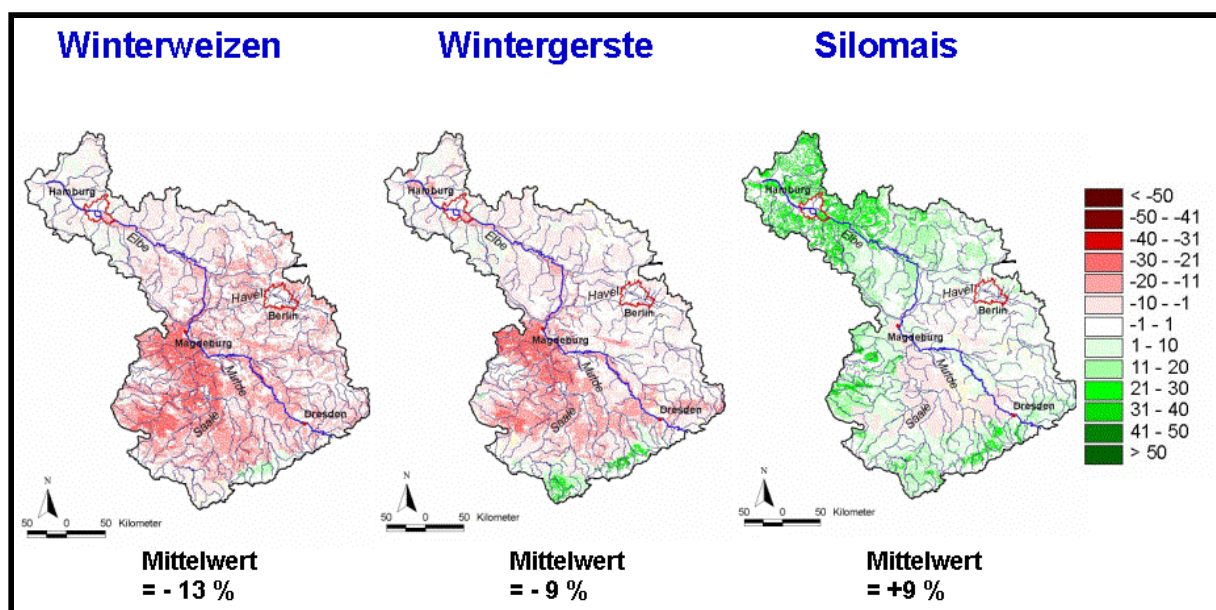
- Nach Szenarienrechnungen mit dem Modellsystem ECHAM4/OPYC3 ist für das Elbe-Einzugsgebiet in den nächsten 50 Jahren bei fehlendem Klimaschutz insgesamt mit einem Temperaturanstieg von 1,4°C zu rechnen. Für die Plausibilität dieser Extrapolation spricht,

dass das Modell die beobachtete Temperaturentwicklung des Gebietes der letzten hundert Jahre gut reproduzieren konnte.<sup>22</sup>

- Nach der 'wahrscheinlichsten' Realisierung gehen die Niederschläge im Elbe-Einzugsgebiet zurück (Ausnahme: Harz und Thüringer Wald). Der Rückgang beträgt in der Jahressumme je nach Region bis zu 200 mm. Es kommt zu einem weiter veränderten Jahresgang (starke Abnahme im Sommer, leichte Zunahme im Winter) und zur Zunahme der Sonnenscheindauer im Sommer. Der Rückgang des Jahresniederschlags im 'wahrscheinlichsten' Klimaänderungsszenario vermindert die Verdunstung, den ober- und unterirdischen Abfluss, sowie die Grundwasserneubildung. Letztere geht auf 60% des gegenwärtigen Niveaus im Durchschnitt aller Standorte zurück.

Infolge der Klimaveränderung, vor allem der Zunahme der Temperaturen und der Sonnenscheindauer sowie der Abnahme der Niederschläge, ermittelt SWIM bei allen Kulturen, außer Mais und Kartoffeln, einen überwiegenden Ertragsrückgang. Die Höhe der Ertragseinbußen variiert sowohl regional als auch zwischen den Produktionsverfahren. In einigen Regionen z.B. im Erzgebirge ist sogar ein Anstieg der Erträge festzustellen. Im Durchschnitt gehen die Erträge bei Winterweizen und Wintergerste in der Periode 2046-2055 im Vergleich zu 1991-2000 um 13 bzw. 9% zurück (vgl. Karte 13).

**Karte 13: Simulierte Auswirkung von Klimaänderungen auf landwirtschaftliche Erträge im Elbegebiet**



Quelle: SWIM-Simulationen, 2003

In den traditionell ertragsstarken Regionen der Börde und des Thüringer Beckens sinken sie jedoch sehr viel stärker (um 20% und mehr). Ertragsverlusten beim Wintergetreide stehen

22

Als repräsentativ für die Klimaentwicklung der Region wird die zentrale Wetterstation bei Magdeburg betrachtet, für die eine lange Datenreihe vorliegt. Der erwartete Temperaturanstieg um  $1,4^{\circ}\text{C}$  wird dieser Station für 2045-2055 ‚aufgezwungen‘. Die Regionalisierung erfolgt anhand der Temperaturdifferenzen zu den anderen Stationen im Elbegebiet. Ausgehend von den regionalen Temperaturänderungen werden mit einem statistischen Verfahren Änderungen der Niederschlagsmengen ermittelt.

Ertragsgewinne bei der C<sub>4</sub>-Pflanze Silomais gegenüber (+9%). Letztere konzentrieren sich jedoch auf den nordelbischen Raum, wo Ertragsgewinne zwischen 10 und 30% möglich sind.

### **5.3.2 Auswirkungen auf die Landbewirtschaftung**

Zur Quantifizierung von Landnutzungsänderungen im deutschen Elbegebiet werden in einem ersten Schritt die vom Modell SWIM ermittelten klimabedingten Änderungen der Ertragspotenziale auf die Verfahrenserträge in RAUMIS in der Referenzsituation übertragen. In einem zweiten Schritt erfolgt eine Anpassung der Produktionsintensität z.B. bei Dünge- und Pflanzenschutzmitteln sowie Maschinenkosten. Anschließend wird von RAUMIS in Abhängigkeit der geänderten relativen Vorzüglichkeit der Verfahren die neue optimale Landnutzung bestimmt.

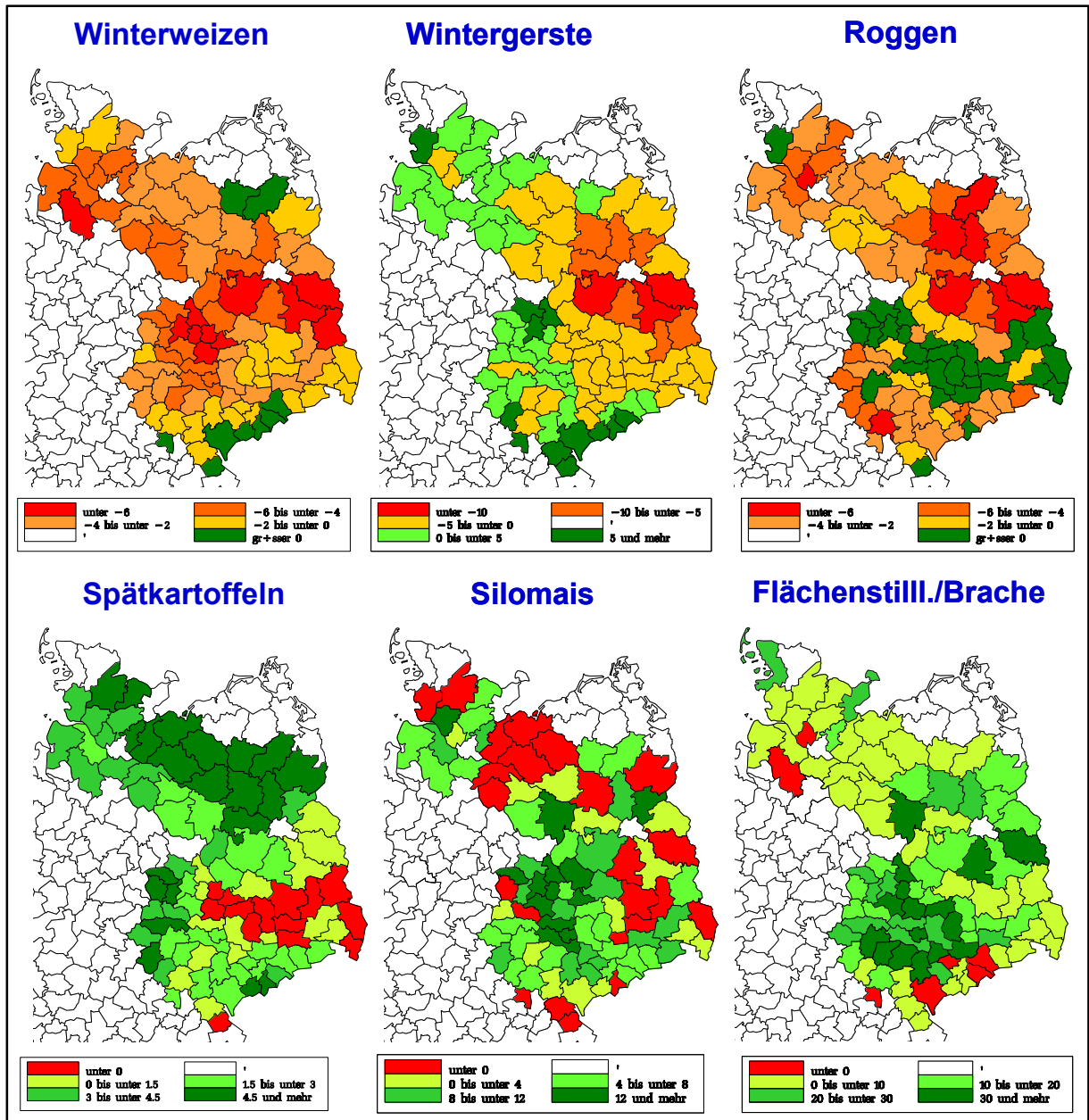
#### **5.3.2.1 Landnutzung**

Klimabedingte Ertragsänderungen wurden von SWIM ausschließlich für das Elbegebiet modelliert. Da sich aus diesem Grund keine Veränderungen im Nicht-Elbegebiet ergeben, sind die Darstellungen auf das Elbegebiet beschränkt. Karte 14 zeigt die relativen Änderungen der Verfahrensumfänge ausgewählter Anbaukulturen gegenüber dem Referenzszenario. Angesichts der unterschiedlichen Bedeutung der einzelnen Verfahren in den Modellregionen und der sowohl regional als auch zwischen den Verfahren variierenden Ertragsveränderungen sind die Auswirkungen entsprechend unterschiedlich. Folgende Ergebnisse sind hervorzuheben:

- Aufgrund der Ertragsabsenkung bei den meisten Produktionsverfahren kann eine wirtschaftliche Pflanzenproduktion in vielen Regionen nicht mehr im gleichen Umfang wie im Referenzszenario aufrechterhalten werden. Die Flächenstilllegung (einschließlich Brache) erhöht sich um ca. 11% bzw. 55.000 ha (vgl. Tabelle 6). Davon betroffen sind insbesondere weniger fruchtbare Standorte wie die Einzugsgebiete der Spree und Havel. Hier führt eine vergleichsweise geringe Ertragsabnahme zu Einschränkungen des Anbaus bei den meisten Kulturen und einer Ausdehnung der Flächenstilllegung (bzw. Brache), die in diesen Regionen bereits im Referenzszenario eine beträchtliche Rolle spielt.
- Die größten relativen Anbaurückgänge sind mit 4-5% bei Ölsaaten zu beobachten. Beim Getreide werden mit 3,3 bzw. 3,2% vor allem der Roggen- und der Weizenanbau eingeschränkt (vgl. Tabelle 6). Vor dem Hintergrund der hohen erwarteten Ertragsrückgänge in fruchtbaren Bördegebieten (z.B. bei Magdeburg, vgl. Karte 13) wird hier die Winterweizenfläche deutlich reduziert. Da die Ertragseinbußen bei Roggen- und Wintergerste geringer ausfallen, verbessert sich ihre relative Wettbewerbskraft, so dass ihre Anbauflächen in diesen Regionen ausgedehnt werden.
- Die Wettbewerbsfähigkeit des Grünlandes ändert sich gegenüber den übrigen Verfahren nahezu nicht, während die Ackerfuttermittelverfahren durch die prognostizierten Ertragsanstiege in einigen Regionen sogar deutlich an Wettbewerbsfähigkeit gewinnen.

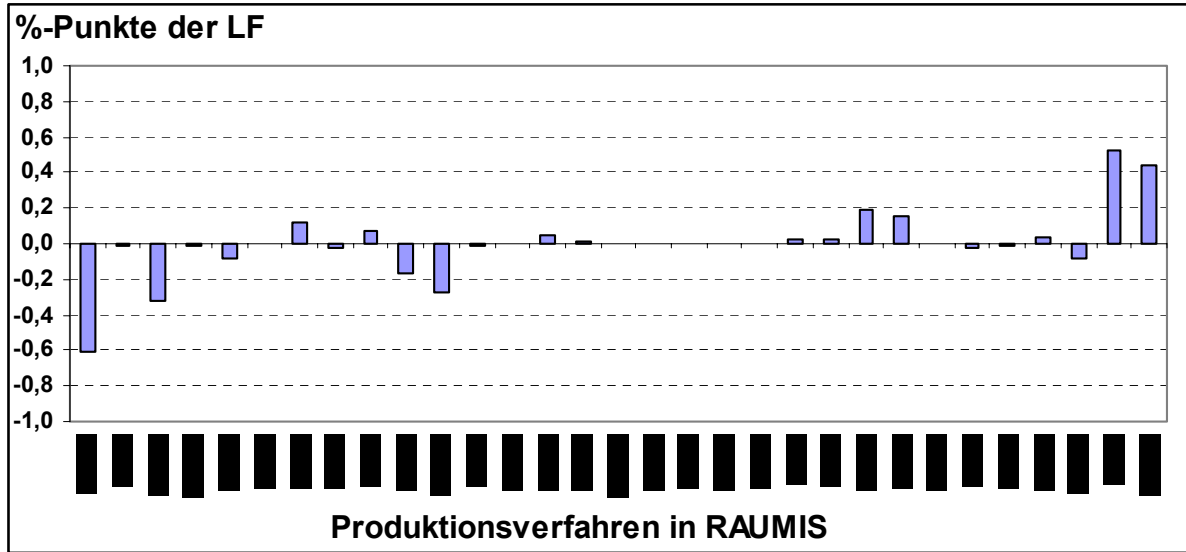
Die Landnutzungsänderungen werden im Landschaftsbild nicht wahrnehmbar sein. Diesbezüglich sind die Verschiebungen der Flächenanteile bei den einzelnen Produktionsverfahren zu gering (vgl. Abbildung 2).

**Karte 14: Regionale Veränderungen ausgewählter Verfahrensumfänge bei einem Klimawandel (in %-Punkten gegenüber dem Referenzszenario)**



Quelle: RAUMIS-Berechnungen, 2003

**Abbildung 2: Änderung der Landnutzung im Elbegebiet bei einem Klimawandel gegenüber dem Referenzszenario**



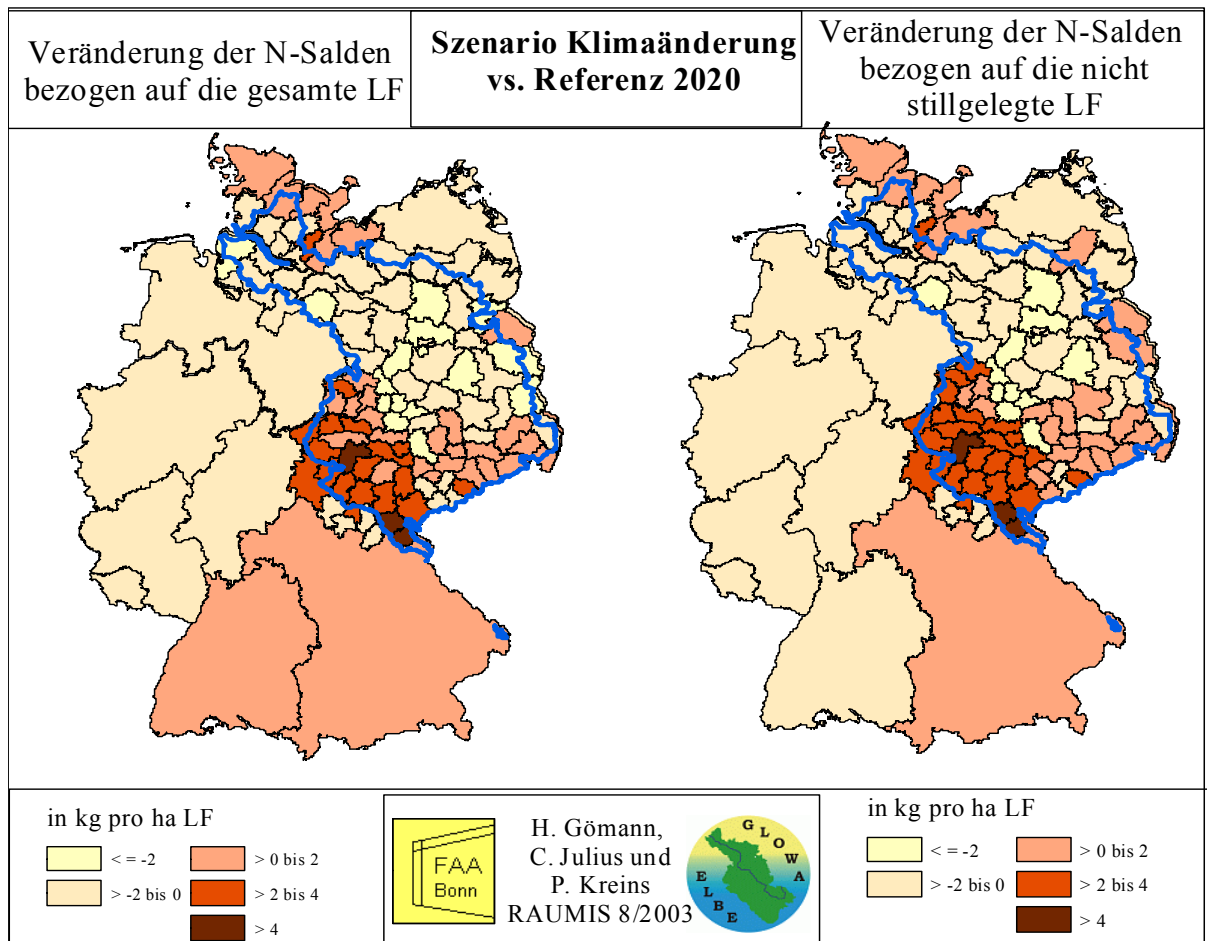
Quelle: RAUMIS-Berechnungen, 2003

### 5.3.2.2 Stickstoffbilanzen

Hinsichtlich der Wirkungen der veränderten Landwirtschaft auf die Umwelt ist beispielsweise der um etwa 7% geringere Einsatz von Stickstoffdünger hervorzuheben - eine Folge der Reduzierung der speziellen Produktionsintensität. Allerdings gehen die Erträge zurück, so dass die Stickstoffentzüge über das Erntegut ebenfalls geringer ausfallen. Der durchschnittliche Bilanzüberschuss im Elbegebiet ändert sich nicht. Die geringfügigen regionalen Unterschiede (vgl. Karte 15) basieren auf den jeweiligen Kulturartenanteilen (Fruchtfolge), dem Ertragsrückgang sowie der Standortgüte.



**Karte 15 - Veränderung der durchschnittlichen Stickstoffbilanzsalden im Szenario Klimawandel gegenüber der Referenzsituation**



Quelle: RAUMIS-Berechnungen.

#### 5.4 Vergleichende Beurteilung

In den Entwicklungsrahmen werden sehr unterschiedliche Aspekte des Globalen Wandels und deren Auswirkungen auf die Landwirtschaft im deutschen Elbeinzugsgebiet untersucht. Die vergleichende Beurteilung dient vor allem dazu, die unterschiedlichen Effekte und Wirkungsweisen herauszuarbeiten. Hierbei werden zusätzlich zu den oben dargestellten Änderungen der Landnutzung und Stickstoffbilanzsalden die Konsequenzen für die landwirtschaftliche Produktion, Wertschöpfung und Arbeitskräfte einbezogen (vgl. Tabelle 7). Nachstehende Unterschiede sind von Bedeutung:

- Die Getreideerzeugung wird bei Teil-Liberalisierung und N-Abgabe beträchtlich eingeschränkt, und zwar um jeweils mehr als ein Drittel gegenüber der Referenzsituation. Dieser Rückgang beruht allerdings auf unterschiedlichen Effekten; bei der Teil-Liberalisierung in erster Linie auf einer Einschränkung der Anbaufläche um 36% und bei der N-Abgabe auf einer Ertragssenkung um 28%. Beim erwarteten Klimawandel werden ca. 9% weniger Getreide vorrangig aufgrund der Ertragseinbußen erzeugt. In der Regel würden diese Produktionsrückgänge zu einem Anstieg der Getreidepreise führen. Zur Ableitung von Preiseffekten sind jedoch größere Gebietseinheiten (Deutschland bzw. EU) zu betrachten. Da klimabedingte Ertragsänderungen für diese Regionen nicht vorliegen, diese

aber den Rückgang im Elbegebiet kompensieren könnten, wurden Preiseffekte nicht berücksichtigt.

**Tabelle 7 - Auswirkungen untersuchter Szenarien des Globalen Wandels auf die landwirtschaftliche Produktion, Wertschöpfung und Arbeitskräfte im deutschen Elbeinzugsgebiet gegenüber dem Referenzszenario im Jahr 2020**

		Referenz-situation	Teil-Liberal.	N-Abgabe	Klima-wandel	Teil-Liberal.	N-Abgabe	Klima-wandel
		abs.	abs.	abs.	abs.	(% vs. Referenz)		
<b>Landw. genutzte Fläche</b>	1.000 ha	5.964	5.964	5.964	5.964	0,0	0,0	0,0
Ackerfläche	1.000 ha	3.986	2.596	3.549	3.936	-34,9	-11,0	-1,3
Getreide	1.000 ha	2.649	1.695	2.353	2.595	-36,0	-11,2	-2,1
Hülsenfrüchte	1.000 ha	149	63	181	152	-57,5	21,5	2,6
Ölsaaten	1.000 ha	488	187	245	462	-61,7	-49,7	-5,3
Nicht gen. Fläche	1.000 ha	498	1.961	969	553	293,7	94,6	11,0
Grünland	1.000 ha	1.277	1.205	1.243	1.273	-5,7	-2,6	-0,3
<b>Erträge</b>								
Getreide	t/ha	8,13	8,56	5,86	7,54	5,2	-28,0	-7,3
Hülsenfrüchte	t/ha	4,29	4,43	4,32	4,01	3,3	0,8	-6,4
Ölsaaten	t/ha	5,23	5,39	3,36	4,93	3,1	-35,8	-5,7
<b>Produktionsmengen</b>								
Getreide	1.000 t	21.551	14.512	13.780	19.557	-32,7	-36,1	-9,3
Hülsenfrüchte	1.000 t	637	280	781	612	-56,1	22,5	-4,0
Ölsaaten	1.000 t	2.551	1.008	823	2.278	-60,5	-67,7	-10,7
Milch	1.000 t	8.256	7.974	8.256	8.256	-3,4	0,0	0,0
Rindfleisch	1.000 t	271	207	263	273	-23,6	-3,0	0,7
Schweine- u. Geflügelfleisch	1.000 t	1.416	1.424	1.448	1.416	0,6	2,3	0,0
<b>Landw. Stickstoffüberschüsse</b>	1.000 t	411	355	145	410	-13,5	-64,6	-0,3
<b>Landw. Wertschöpfung</b>								
Produktionswert	Mio. EUR	9.883	8.265	8.847	9.666	-16,4	-10,5	-2,2
Vorleistungen	Mio. EUR	6.641	5.737	6.423	6.586	-13,6	-3,3	-0,8
Subventionen	Mio. EUR	2.113	2.113	2.485	2.101	0,0	17,6	-0,6
Tier u. Flächenprämien	Mio. EUR	1.855	80	1.741	1.844	-95,7	-6,1	-0,6
Transferzahlungen	Mio. EUR		1.816	497				
Produktionssteuern	Mio. EUR	188	141	180	188	-24,9	-4,3	-0,3
Bruttowertschöpfung 1)	Mio. EUR	5.167	4.500	4.730	4.994	-12,9	-8,5	-3,3
Abschreibungen	Mio. EUR	2.384	2.038	2.294	2.374	-14,5	-3,8	-0,4
Nettowertschöpfung 2)	Mio. EUR	2.783	2.462	2.436	2.620	-11,5	-12,5	-5,9
Arbeitskräfte (AK) 3)	1.000 JAE	180	168	177	180	-6,5	-1,5	-0,1
Nettowertschöpfung je AK	1.000 EUR	15,5	14,6	13,7	14,6	-5,4	-11,1	-5,8

1) Zu Marktpreisen. - 2) Zu Faktorkosten. - 3) Jahresarbeitskrafteinheit (JAE) = 2.200 AKh.

Quelle: RAUMIS-Berechnungen.

- Änderungen der tierischen Produktion treten in nennenswertem Umfang bei der Teil-Liberalisierung auf.
- Der Produktionswert geht bei der Teil-Liberalisierung sowohl durch Preissenkungen als auch durch geringere Erzeugungsmengen um insgesamt etwa 16% gegenüber der Referenzsituation zurück. Im Szenario Stickstoffabgabe und Klimawandel fällt der Rückgang jeweils geringer aus und basiert ausschließlich auf Mengeneffekten.

- Die Nettowertschöpfung, die weitgehend dem Einkommen in der Landwirtschaft entspricht, ergibt sich durch Abzug von Vorleistungen, Produktionssteuern sowie Abschreibungen und zuzüglich der Subventionen. Im Szenario Teil-Liberalisierung lassen sich Einsparungen bei den Vorleistungen, Produktionssteuern und Abschreibungen erzielen. Darüber hinaus wird ein Großteil der Subventionen in Form von Transferzahlungen (1,8 Mrd. EUR) einkommenseffizienter übertragen. Dadurch ist der prozentuale Rückgang der Nettowertschöpfung gegenüber der Referenzsituation geringer als beim Produktionswert. Bei der Stickstoffabgabe und im Klimawandel fallen die relativen Einsparungen deutlich geringer aus, so dass der prozentuale Rückgang der Nettowertschöpfung höher ausfällt. Der Einkommensrückgang wird bei der Stickstoffabgabe durch die Rückerstattung der vereinnahmten Mittel in Höhe von etwa 0,5 Mrd. EUR abgepuffert. Ohne diese Transferzahlung betrüge er etwa 30% gegenüber dem Referenzszenario. Das Elbegebiet profitiert dabei von einer Umverteilung infolge einer bundeseinheitlichen Flächenprämie in Höhe von 68 EUR je ha LF, die sich bei einer elbweiten Regelung auf rund 62 EUR beläuft. Auf diese Weise werden etwa 34 Mio. EUR vom Nicht-Elbegebiet ins Elbegebiet transferiert.
- Der rechnerische Arbeitskräftebedarf nimmt bei Teil-Liberalisierung um etwa 7% gegenüber der Referenzsituation ab. Dadurch verteilt sich das verringerte Sektoreinkommen (Nettowertschöpfung) auf weniger Arbeitskräfte, so dass der Einkommensrückgang je Arbeitskraft geringer ausfällt. In den Szenarien Stickstoffabgabe und Klimawandel werden landwirtschaftliche Arbeitskräfte nicht in dem Ausmaß freigesetzt wie bei Teil-Liberalisierung.



## 6 SCHLUSSFOLGERUNGEN

Die Abschätzung zukünftiger Entwicklungen der Landbewirtschaftung unter dem Einfluss des Globalen Wandels sowie deren Auswirkungen auf die Umwelt ist aufgrund vielfältiger Zusammenhänge, Wechselwirkungen und regionaler Besonderheiten eine hoch komplexe Aufgabe. Zur Ableitung effizienter Strategien, die unerwünschten Entwicklungen des Globalen Wandels entgegenwirken, ist die simultane Berücksichtigung einer Vielzahl sozioökonomischer und naturwissenschaftlicher Wechselwirkungen erforderlich. Die Kopplung interdisziplinärer Modelle bietet die Möglichkeit, Teile der komplexen Wechselwirkungen modellhaft abzubilden. Dabei lassen sich, wie die Erfahrungen bei der Verknüpfung von RAUMIS mit SWIM bzw. MONERIS zeigen, bestehende Synergien nutzen. Der Modellverbund schafft eine direkte Verbindung zwischen Driving-Force, State und Response Indikatoren und ermöglicht neben der regionalen Spezifizierung des Zusammenspiels von Prozessen des Globalen Wandels mit politischen Handlungsoptionen eine zielgenaue Berücksichtigung der gesellschaftlichen Anforderungen an die Landwirtschaft.

In der landwirtschaftlichen Landnutzung wird sich bei Beibehaltung der derzeitigen Agrarpolitik (Referenzszenario) sowie der derzeitigen wirtschaftlichen und technologischen Trends eine bisher zu beobachtende duale Entwicklung fortsetzen. D.h. die Produktion wird auf Gunststandorten intensiviert und auf Ungunststandorten weiter extensiviert. Die Güte eines Standortes wird dabei nicht nur durch natürliche den Pflanzenbau beeinflussende Faktoren determiniert, sondern auch durch strukturelle und wirtschaftliche Faktoren wie die Mechanisierbarkeit der Produktion oder die regionalen Opportunitätskosten der Arbeit in der Landwirtschaft, die sich maßgeblich an den außerlandwirtschaftlichen Erwerbsmöglichkeiten in den Regionen orientieren.

Derzeit ermöglichen hohe Agrarstützungen eine landwirtschaftliche Produktion auch auf Standorten, auf denen die Produktion zu Weltmarktbedingungen in diesem Umfang nicht wettbewerbsfähig ist. Die Ergebnisse zu unterschiedlichen Szenarien des Globalen Wandels (einschließlich eines Referenzszenarios) zeigen, dass die Entwicklung der landwirtschaftlichen Landnutzung in starkem Maße von den zukünftigen wirtschaftlichen, technologischen, agrarpolitischen und klimatischen Rahmenbedingungen abhängig ist.

Bei einer zunehmenden Liberalisierung der Agrarpolitik wird sich die duale Entwicklung der Landbewirtschaftung verstärken. Die derzeitigen Anbau- und Nutzungsverfahren der LF werden vor allem auf Ungunststandorten in einem beträchtlichen Ausmaß eingestellt. Bilden sich keine neuen, innovativen Landnutzungsformen heraus, fällt ein Großteil der LF im Elbegebiet brach. Angesichts der starken Landnutzungsänderungen fallen positive Wirkungen auf die Umwelt in Form verminderter Stickstoffüberschüsse vergleichsweise gering aus. Die N-Bilanzüberschüsse gehen in der Landwirtschaft um ca. 14% zurück.

Eine Verbesserung der Gewässerqualität wird mit einer Abgabe auf mineralischen Stickstoff angestrebt in Höhe von 200%. Durch die Maßnahmen nehmen die N-Überschüsse der Landwirtschaft um rund 265.000 t im Elbegebiet ab, das entspricht rund 65% gegenüber der Referenzsituation. Die Kosten dieser Reduktion gemessen an den Einkommenseinbußen der Landwirtschaft belaufen sich auf etwa 1.300 EUR je t vermindertem N-Überschuss. Die Ansatzstelle Mineralstickstoff ist allerdings nur schwach mit dem Umweltproblem korreliert.

Regional betrachtet zeigt dieses Instrument daher nur unzureichende Wirkungen in Problemgebieten, die durch hohen Viehbesatz gekennzeichnet sind. Die Überschüsse gehen in Ackerbauregionen relativ stärker zurück als in Regionen mit höherem Viehbesatz. Daher wird die heterogene regionale Verteilung der Überschüsse, die durch hohe Überschüsse an der unteren Elbe und niedrige Überschüsse in den Ackerbaugebieten gekennzeichnet ist, verstärkt.

Ein Klimawandel hat auf die Landbewirtschaftung in den Regionen des Elbegebiets unterschiedliche Auswirkungen. Dies ist sowohl auf die regional unterschiedliche Ausprägung des Klimawandels als auch die unterschiedliche Wirkung auf die Anbaukulturen zurückzuführen. Die Ergebnisse zeigen, dass sich Anbauregionen verschieben können und Ertragsrisiken in vielen Regionen zunehmen. Vom bereits stattfindenden Klimawandel sind ertragsstarke Standorte unter Umständen stärker betroffen als ertragsschwache, so dass er die oben erwähnte duale Entwicklung (Spezialisierung) zwischen den Regionen teils verstärkt teils reduziert.

Die erzielten Ergebnisse zeigen darüber hinaus weiteren Forschungsbedarf auf, die nachstehend kurz skizziert werden:

- Die verbundenen Modelle weisen derzeit eine unterschiedliche regionale Differenzierung auf. Während RAUMIS den deutschen Agrarsektor weitgehend auf der Landkreisebene abbildet, gehen in SWIM rasterbasierte Daten mit unterschiedlicher Auflösung ein. Die vorgesehene weitere regionale Differenzierung von RAUMIS z.B. auf die Gemeindeebene führt zu einer Annäherung der Abbildungsebene an SWIM sowie zu einer Reduzierung des Aggregationsfehlers in RAUMIS. Darüber hinaus könnten die in SWIM vorliegenden Standorteigenschaften genutzt werden, um den Einfluss der Heterogenitäten innerhalb einer Modellregion auf das Anpassungsverhalten der Landwirtschaft abzubilden. An einem Prototyp zur Abgrenzung natürlicher Standorte wird gearbeitet (vgl. Kap. 7).
- Eine Prognose der zukünftigen Entwicklung der Landbewirtschaftung für einen Zeithorizont von mehr als 20 Jahren ist mit vielen Unsicherheiten verbunden und gehörte bisher nicht zu den Anwendungsbereichen von RAUMIS. Das Modell verfügt zwar über Fortschreibungsmodule, diese sind aber nicht für einen derartig langen Zeitraum konzipiert. Vordringlich ist eine Überarbeitung der Fortschreibungsmethodik für die Ertragsfunktionen.

## **7 WEITERER FORSCHUNGSBEDARF IM RAHMEN DES PROJEKTES**

### **7.1 Problemstellung und Lösungsansatz**

Das regional Agrar- und Umweltinformationssystem RAUMIS ist ein komparativ-statisches Prozessanalysemodell für die deutsche Landwirtschaft. Als Abbildungsebene dienen einschließlich der neuen Länder 326 Regionshöfe, die weitgehend den Landkreisen entsprechen. Die Regionshöfe wurden bislang einzeln optimiert und zur Sektorebene aggregiert. Die Heterogenität natürlicher Standortbedingungen kann innerhalb der administrativen Einheit „Landkreis“ jedoch relativ groß sein. Solche intraregionalen Unterschiede werden insbesondere bei Landkreisen wie Euskirchen oder Deggendorf deutlich, die teils herausragende ackerbauliche Gunstandorte (Köln-Aachener-Bucht bzw. niederbayerisches Ackergräu) und teils Mittelgebirgslagen (Eifel bzw. Bayerischer Wald) umfassen.

In RAUMIS werden die verschiedenen Anbaualternativen (Prozess-Analyseansatz) über die Kreisdurchschnittswerte dargestellt und Homogenität im Kreis angenommen. Erstrecken sich die Landkreise jedoch wie in oben genannten Kreisen über unterschiedliche Landschaftseinheiten bzw. -element, wird die tatsächliche Landbewirtschaftung verzerrt abgebildet. Dies kann in Untersuchung zur landwirtschaftlichen Landnutzung und deren Auswirkungen auf die Umwelt z.B. das regionale Anpassungsverhalten der Landwirtschaft beeinflussen.

Ein Weg, um die tatsächlichen Heterogenitäten gebührend zu berücksichtigen, ist die Differenzierung und Darstellung von Standortklassen. Dazu sind zum einen die zugehörigen Kulturarten und zum anderen deren Ertragsniveau als Eingangsdaten erforderlich.

- Aus den Agrarfachstatistiken stehen pflanzliche Erträge lediglich ab der Kreisebene zur Verfügung. Auf der Gemeindeebene sind nur für das frühere Bundesgebiet Bodennutzungen und Viehbestände erhältlich (aufgrund des Betriebssystemprinzips und der Datenschutzaufgaben unterbleibt diese Auswertung bei den Statistischen Landesämtern der neuen Länder).
- Als bundesweit und zu vertretbaren Kosten erhältliche Fernerkundungsdaten stehen lediglich die Daten aus CORINE Land Cover zur Verfügung, die im Bereich der Landwirtschaftsflächen, bis auf wenige spezielle Untersetzungen, ausschließlich die Aggregate Acker- und Grünlandflächen differenzieren.

So können Standortklassen für RAUMIS nur auf Informationen zu den natürlichen Standortbedingungen basieren, die über Bodenkarten kleinräumlich und bundesweit flächendeckend vorliegen. Allerdings muss die Lücke von der naturwissenschaftlichen Beschreibung der natürlichen Standortparameter zu den auf den verschiedenen Standorten realisierbaren pflanzlichen Ertragsniveaus geschlossen werden.

### **7.2 Nutzung kreisspezifischer Informationen zur Heterogenität der Standorte aus SWIM**

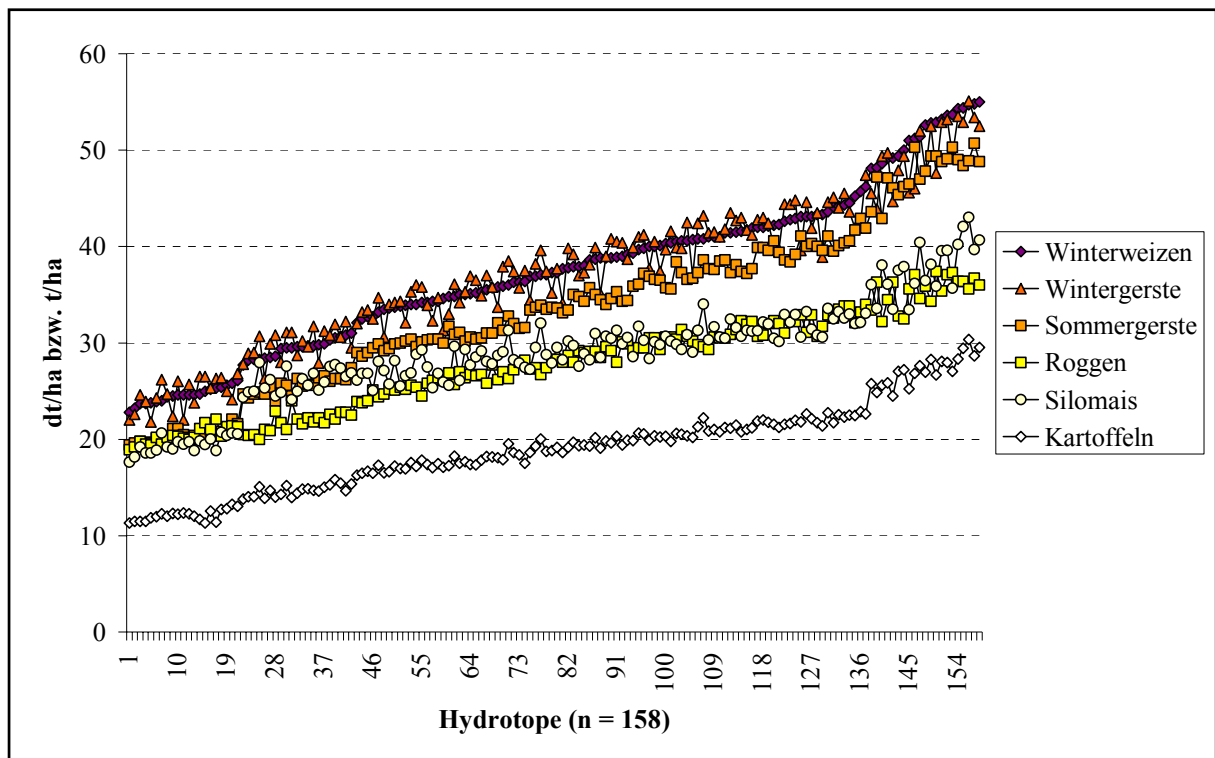
Das ökohydrologische Modell SWIM bildet innerhalb von Flusseinzugsgebieten die Flächennutzung, das Ertragswachstum und die hydrologischen Bedingungen unter verschiedenen Witterungsverläufen ab, womit eine differenzierte Modellierung des Wasser- und Stoffhaus-

halts gelingt. Das auf einem EPIC-Ansatz basierende Ertragswachstumsmodell berechnet in Abhängigkeit der Bodeneigenschaften Ertragspotenziale, die unter gesetzten, standardisierten Anbautechnologien erreichbar sind. Als räumliche Abbildungsebene dienen im SWIM die Hydrotope, welche (Teil-)Flusseinzugsgebiete mit einheitlicher Flächennutzung (z. B. Ackerbau), einheitliche Bodentypen (20 verschiedene in Brandenburg/Berlin) und einheitlichem Klima (20 verschiedene in Brandenburg/Berlin) darstellen. Insgesamt sind dies 158 Hydrotope in Brandenburg/Berlin. Bei zusätzlicher Differenzierung nach Kreisen ergeben sich für Brandenburg/Berlin (5 kreisfreie Städte und 14 Landkreise) insgesamt 362 Hydrotope. Bezogen auf die 16 Modellkreise im RAUMIS (drei kreisfreie Städte sind benachbarten Landkreisen zugeordnet) ergeben sich etwa 23 Standorte je Modellkreis.

Zum Stand im Januar 2001 können aus SWIM Ertragspotenziale auf Kreisebene in Brandenburg für sechs verschiedene Kulturarten (Winterweizen {WWEI}, Roggen {ROGG}, Wintergerste {WGER}, Sommergerste {SGER}, Silomais {MAIS} und Kartoffeln {KART}) ausgegeben werden. Diese Ertragspotenziale können als Kriterium für die Differenzierung mehrerer Standortklassen zur Untersetzung des Kreishofes im RAUMIS dienen.

Die Abbildung 3 sowie Abb. 9 und 10 zeigen, dass sich die Verhältnisse der Ertragspotenziale zwischen den Kulturarten über alle Hydrotope hinweg ungefähr ähneln. In einem ersten Schritt scheint es somit vertretbar, die Standortklassendifferenzierung lediglich nach einer ausgewählten Kulturart vorzunehmen. Im Folgenden soll dies der Winterweizen sein.

**Abbildung 3: Ertragspotenziale von Kulturarten, alle Hydrotope Brandenburgs**



Quelle: Auswertung SWIM-Daten (Datenlieferung vom 16.01.2001, V. Krysanova) //pot yld insg.xls//.

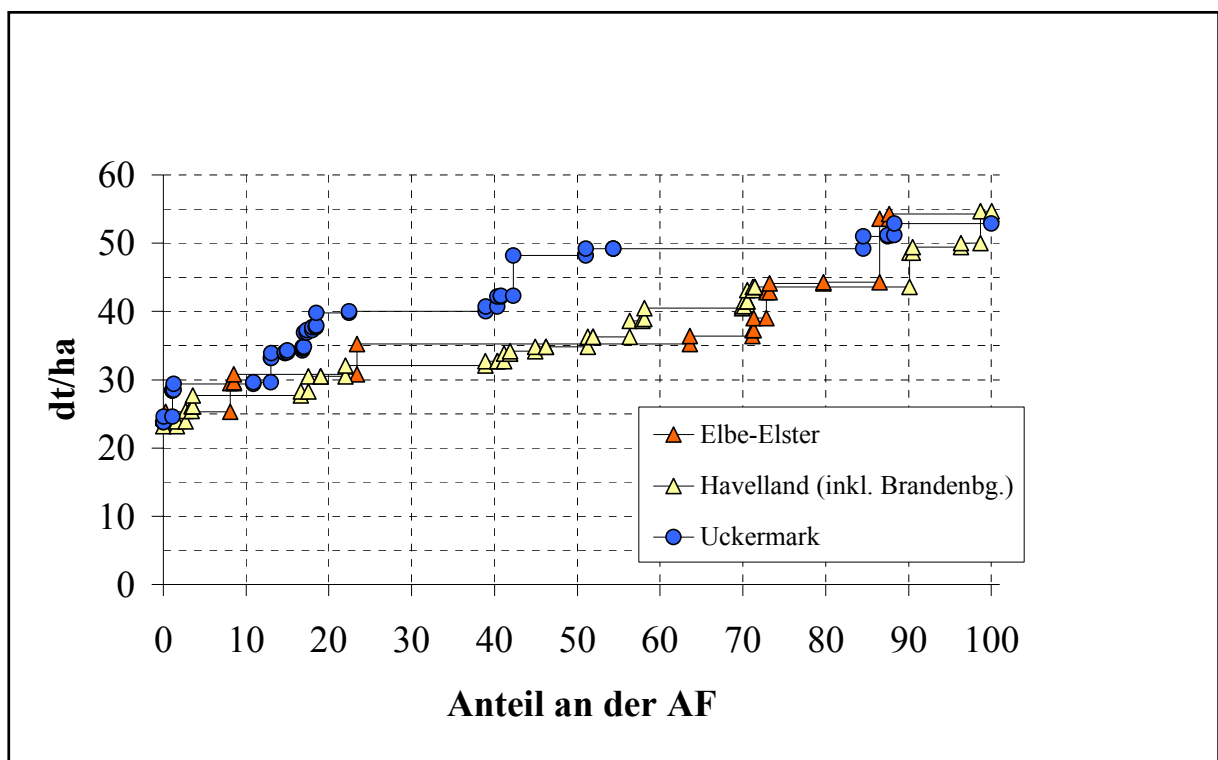
Die Heterogenität der Ertragspotenziale ist in Brandenburg auf Kreisebene entsprechend der Streuung der natürlichen Standortbedingungen recht unterschiedlich. Die Variationskoeff-

fizienten für die WWEI-Erträge (vgl. Tabelle 8) schwanken bspw. zwischen 0,05 (kreisfreie Städte Berlin und Frankfurt/Oder) bzw. 0,09 (Landkreis Barnim) und 0,21 (Landkreis Teltow-Fläming).

Innerhalb der Kreise sind die Ertragsdifferenzen größer als zwischen den Kreisen Brandenburg/Berlins. Die Relation von Maximal- zu Minimalertrag der Hydrotupe liegt innerhalb der Kreise über alle Kulturarten etwa bei 1,8 bis 2,3. Die Relationen von Maximal- zu Minimalertrag der brandenburgischen Kreise liegen zwischen 1,2 und 1,3.

Speziell zur Situation in den ausgesuchten Modellkreisen Brandenburg/Berlins gibt die Abbildung 4 Auskunft.

**Abbildung 4: „WWEI 01“-Ertragspotenziale nach Hydrotopen (SWIM) in drei RAUMIS-Modellkreisen**



Quelle: Auswertung SWIM-Daten (Datenlieferung vom 16.01.2001, V. Krysanova). //kreise wwei01 b.xls//

### 7.3 Einführung von Standortklassen in RAUMIS

#### 7.3.1 Definition der Standortklassen

Da für die Wirkungsanalysen vor allem die Betrachtung von Fragen der landwirtschaftlichen Opportunitätskosten an Grenzstandorten relevant sind, wird bei der Bestimmung der Klassengrenzen auf die Höhe der Ertragspotenziale und nicht auf Flächenumfänge abgestellt. Zunächst sollen hier n Standortklassen mit identischer Klassenbreite zwischen Minimal- und Maximalertragspotenzial im Kreis festgelegt werden.

## 7.3.2 Kalibrierungsansatz für die Verteilung der Kulturarten

### 7.3.2.1 Methode

Mit dem Kalibrierungsansatz sollen die Datenlücken zur Zuordnung der Kulturartenumfänge des Kreises auf die einzelnen Standortklassen geschlossen werden. Gesucht werden die Anbauumfänge  $u$  und Erträge  $e$  der verschiedenen landwirtschaftlichen Flächennutzungsverfahren  $v$  in Subregionen bzw. Standorten  $s$  der administrativen Regionen  $r$ , die hier der Kreisebene entsprechen. Die weitere Technologiebeschreibung im RAUMIS kann dann analog zur Spezifizierung auf der Kreisebene mittels Kalkulationsdaten und ertragsabhängigen Inputbedarfsfunktionen bei Unterstellung einer einheitlichen Betriebsgrößenstruktur im Kreis erfolgen.

Bekannt sind aus der Agrarfachstatistik (Bodennutzungserhebung und Ernteermittlung) auf Kreisebene die regionalen, verfahrensspezifischen Erträge  $e_{r,v}^{beob.}$  und Anbauumfänge  $u_{r,v}^{beob.}$ . Diese Randinformationen stellen den Konsistenzrahmen für die Zuordnung von Verfahren und deren Hektarerträgen auf die einzelnen Standorte dar. Die Summe der Anbau- und der Produktionsumfänge eines Verfahrens über alle Standorte muss dem Gesamtanbauumfang und der Gesamterzeugung in der Region entsprechen.

Zur Verteilung der Verfahren auf die verschiedenen Standorte sind verfügbar:

- im Sinne von Eignungswerten von Verfahren für bestimmte Standorte: normative, mehr oder weniger stark empirisch basierte Vorgaben aus der Fachliteratur zur Eignung von Kulturarten für verschiedene Standorte nach deren natürlichen Standortbedingungen wie Bodengüte, Klima, Höhenlage und/oder Deklination;
- im Sinne von Widerständen gegen eine zu starke räumliche Spezialisierung an einem Standort aufgrund von Beziehungen zwischen mehreren Verfahren: normative, mehr oder weniger stark empirisch basierte Vorgaben aus der Fachliteratur zur maximalen Anbaukonzentration von Kulturarten im Sinne einer nachhaltigen Fruchtfolge;
- für Subregionen mit einheitlicher Landnutzung (Ackerland), Klima und Bodentyp (sog. Hydrotope) in einem Pflanzenwachstumsmodul (EPIC in SWIM) kalkulierte Ertragspotenziale, die auf den gegenwärtig ackerbaulich genutzten Flächen für verschiedene Kulturarten erreichbar sind.

Die Ertragspotenziale der verschiedenen Kulturarten (Verfahren) auf den verschiedenen Standorten der Regionen  $e_{v,s,r}^{pot.}$  können unter bestimmten Annahmen allein ausreichen, um eine Zuordnung von Verfahrensumfängen und Hektarerträgen auf die Standorte zu ermöglichen. Und zwar sind im hier beschriebenen Kalibrierungsansatz die auf Regionsebene bekannten Anbauumfänge der Verfahren so auf die Standorte zu verteilen, dass die Ertragspotenziale am Standort möglichst unverändert bleiben. Um den Nebenbedingungen wie Einhaltung der regionalen Durchschnittserträge und Anbauumfänge entsprechen zu können, sind Erhöhungen („plus“) und Minderungen („minus“) der Ertragspotenziale zulässig, werden jedoch mit umfangsabhängig steigenden Kosten „bestraft“.

Im Folgenden wird der Index für die Region  $r$  mit aufgeführt, da die Berechnungen für alle Regionen, bspw. Modellkreise, durchgeführt werden. Da an dieser Stelle noch keine

Austauschbeziehungen zwischen den Regionen bestehen, würde eine isolierte Optimierung aller Regionen zum gleichen Ergebnis führen wie die hier dargestellte simultane Optimierung.

**Kostenminimierung:**

Minimiert wird die Summe der verfahrens- und standortspezifischen Ertragsänderungen, die mit den Anbauumfängen gewichtet sind. Je stärker die Erträge der einzelnen Kulturarten auf den einzelnen Standorten der Region korrigiert, also gegenüber den Ertragspotenzialen aus SWIM verändert werden, um den unten stehenden Randbedingungen zu genügen, desto höher werden die Kosten. Über die Optimierung wird erreicht, dass simultan über alle Standorte und Verfahren (Kulturarten) die Ertragsanpassung erfolgt.

$$(F1) \quad \min z = \sum_{v,s,r} (u_{v,s,r} * u_{v,s,r}^{plus}) + \sum_{v,s,r} (u_{v,s,r} * u_{v,s,r}^{minus})$$

Durch die Gewichtung mit den Umfängen sind Ertragsanpassungen bei größeren Standorten und bei bedeutsameren Verfahren schwieriger (mit mehr Kosten) zu realisieren als bei kleineren Standorten und nur in geringem Umfang angebauten Kulturarten.

Das Problem ist skalenneutral. Bei relativ gleicher Änderung aller regionalen Standort- und Verfahrensumfänge ergibt sich dieselbe relative Verteilung der Verfahrensumfänge auf die Standorte.

**unter folgenden Nebenbedingungen:**

(1) Einhaltung der regions- und verfahrensspezifischen Gesamtproduktion, die dem Produkt aus beobachtetem Durchschnittsertrag  $e_{r,v}^{beob.}$  laut Erntestatistik und der beobachteten Anbaufläche  $u_{r,v}^{beob.}$  laut Bodennutzungshaupterhebung entspricht.

$$(F1) \quad e_{r,v}^{beob.} * u_{r,v}^{beob.} = \sum_s (u_{v,s,r} * e_{v,s,r}^{pot}) + \sum_s (u_{v,s,r} * u_{v,s,r}^{plus}) + \sum_s (u_{v,s,r} * u_{v,s,r}^{minus})$$

(2) Einhaltung der regions- und standortklassenspezifischen Ackerflächenkapazität  $u_{r,s}$ , die sich aus den beobachteten Ackerflächenumfängen der Region und der Zuordnung der mit Ackerbau genutzten Hydrotopen zu den alternativen Standortklassen ergeben.

$$F2) \quad \sum_v u_{v,s,r} \leq u_{r,s}^{kalk.}$$

(3) Einhaltung der regions- und verfahrensspezifischen Anbauumfänge  $u_{r,v}$ , die sich aus den beobachteten Verfahrens- bzw. Kulturartenumfängen in der Region ergeben.

$$F3) \quad \sum_s u_{v,s,r} \leq u_{r,v}^{beob.}$$

(4) Einhaltung von maximalen Anbauanteilen an der Ackerfläche gemäß Fachliteratur, als Voraussetzung „für einen Ackerbau ohne langfristige und größere Belastungen der Bodenfruchtbarkeit, der Umwelt und der Pflanzengesundheit (BLV Verlagsgesellschaft, 1992, S. 86 und Landwirtschaftskammer Westfalen-Lippe, 2001).

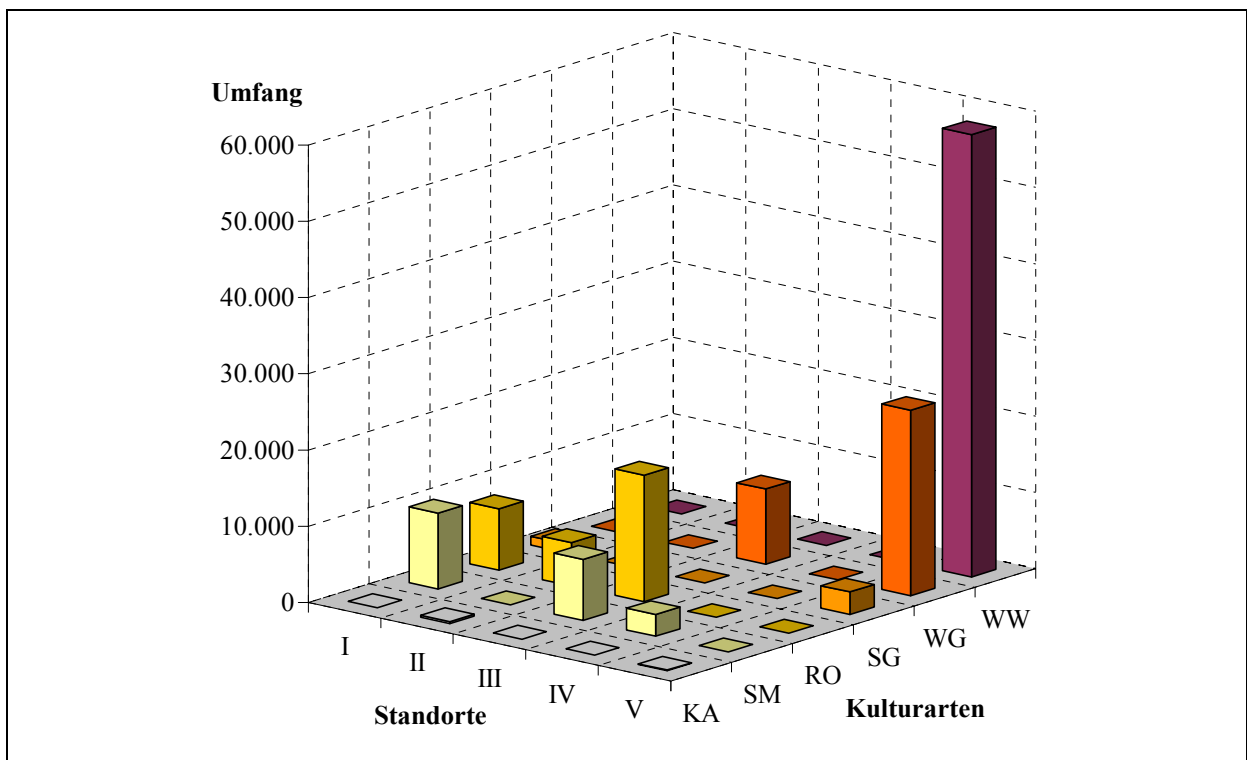
$$(F4) \quad \sum_v (u_{v,s,r} * z_{a,v}) \leq \sum_v u_{v,s,r} * a_a$$

### 7.3.2.2 Ergebnisse

Im Folgenden sind exemplarisch die Ergebnisse des Kalibrierungsansatzes für die Modellkreise „Uckermark“ (UKM) und „Havelland“ (inkl. kreisfreie Stadt Brandenburg, BRQ) aufgeführt. Und zwar

1. ohne die Festlegung von Anbauanteilen an der Ackerfläche (vgl. Formel F4) in den Abbildung 5 und 6 sowie
2. mit Anbaurestriktionen in den Abbildung 7 und 8.

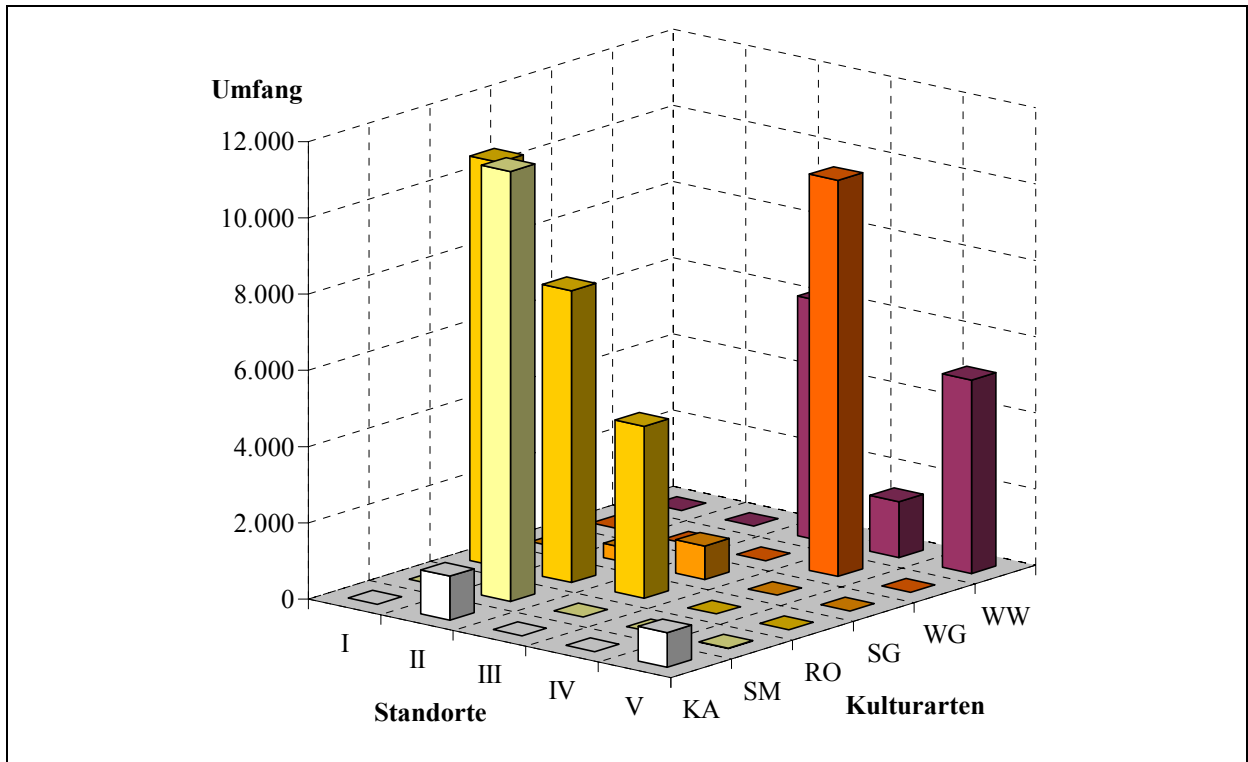
**Abbildung 5: Verteilung der Kulturartenumfänge auf Standortklassen in UKM**



Quelle: Optimierung mit SWIM-Ertragspotenzialen (Datenlieferung vom 16.01.2001) und RAUMIS ‚1995‘ Randgrößen für Kreiserträge und -anbauumfänge. //Fruchtfolge reg 3 lst.xls; 16.02.01//

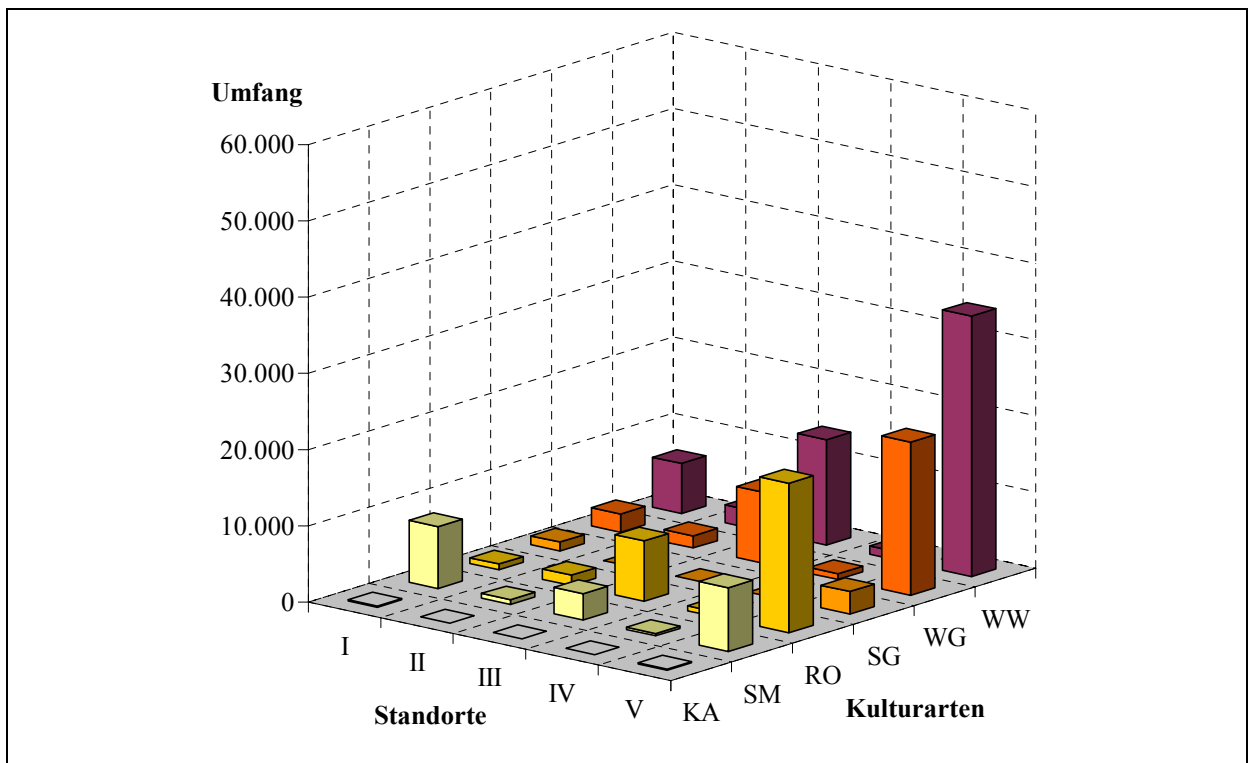


**Abbildung 6: Verteilung der Kulturartenumfänge auf Standortklassen in BRQ**



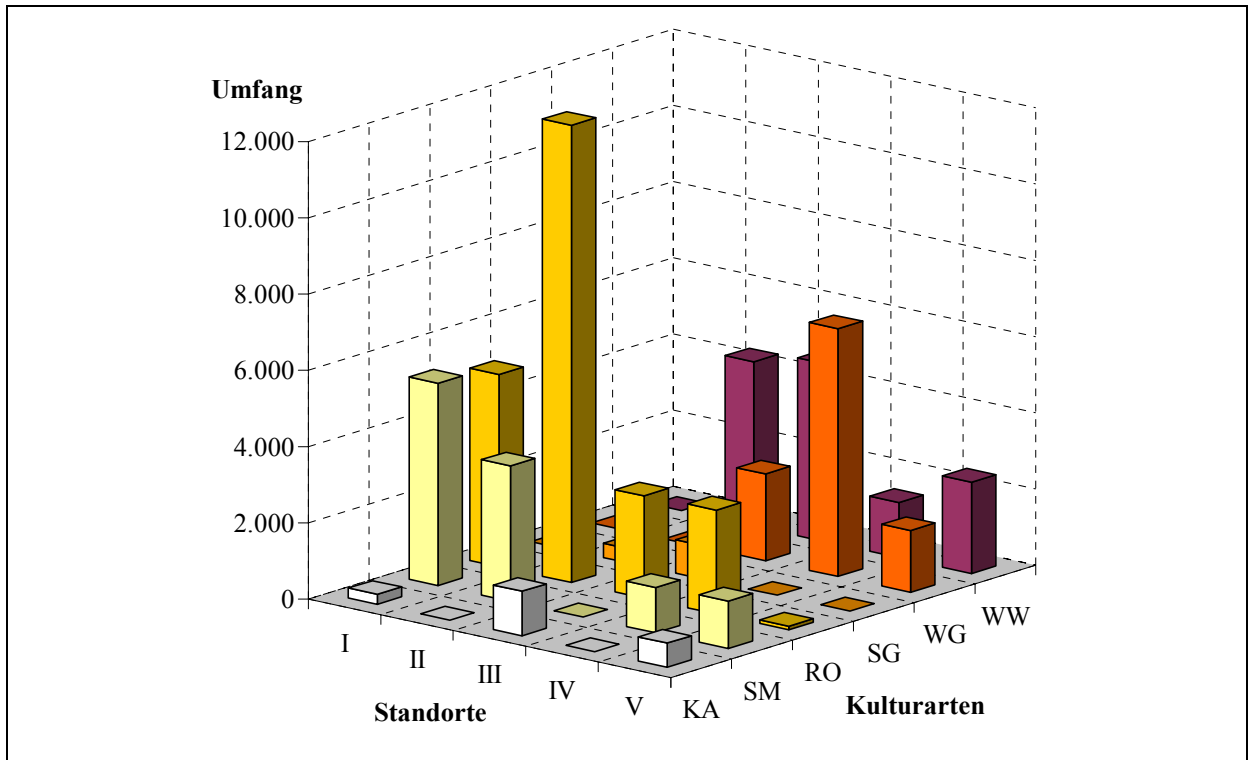
Quelle: Optimierung mit SWIM-Ertragspotenzialen (Datenlieferung vom 16.01.2001) und RAUMIS ,1995' Randgrößen für Kreisenerträge und -anbaumengen. //Fruchtfolge reg 3 lst.xls; 16.02.01//

**Abbildung 7: Kulturartenumfänge auf Standortklassen in UKM, mit Anbaubed.**



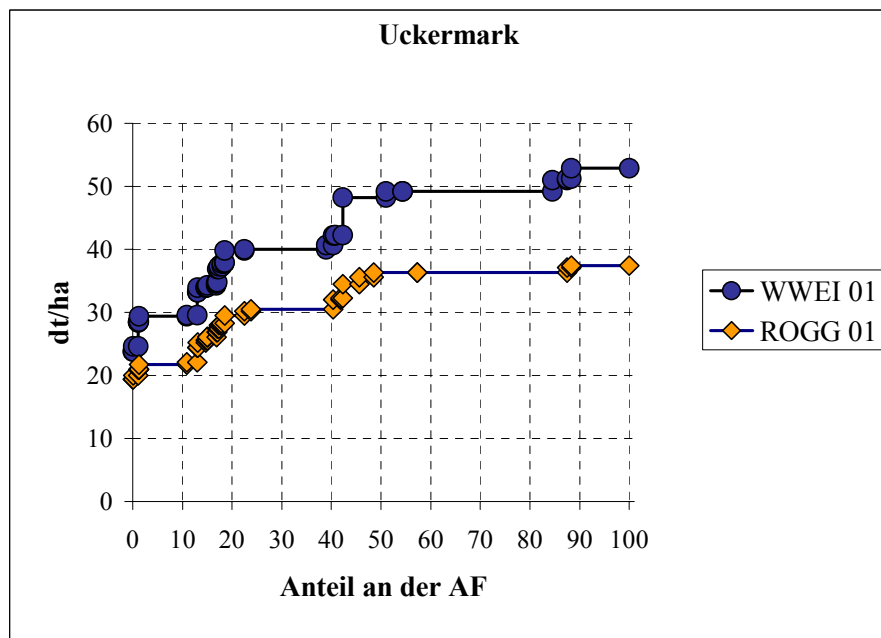
Quelle: Optimierung mit SWIM-Ertragspotenzialen (Datenlieferung vom 16.01.2001) und RAUMIS ,1995' Randgrößen für Kreisenerträge und -anbaumengen. //Fruchtfolge reg 4 lst.xls; 19.02.01//

**Abbildung 8: Kulturartenumfänge auf Standortklassen in BRQ, mit Anbaubed.**



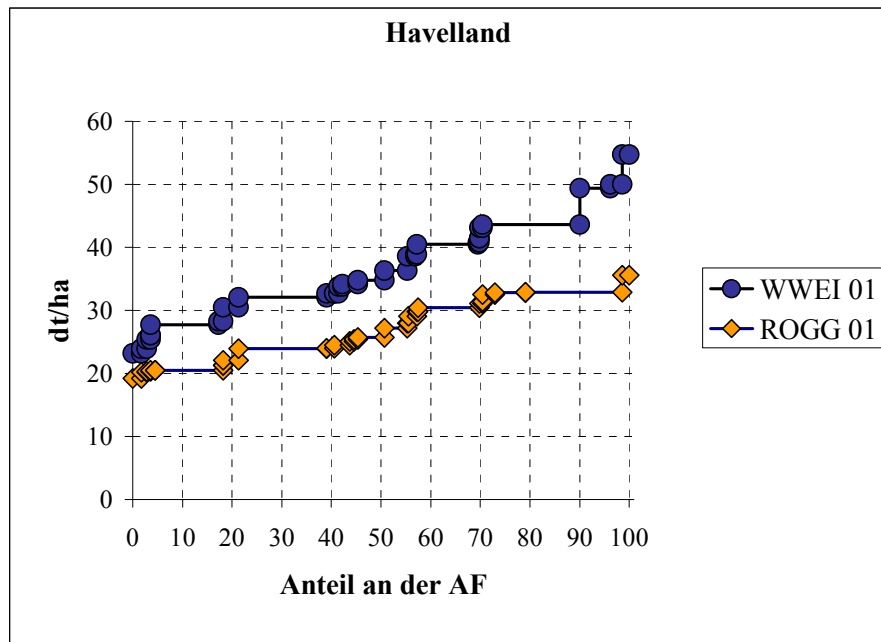
Quelle: Optimierung mit SWIM-Ertragspotenzialen (Datenlieferung vom 16.01.2001) und RAUMIS ,1995' Randgrößen für Kreiserträge und -anbauumfänge. //Fruchtfolge reg 4 lst.xls; 19.02.01//

**Abbildung 9: Ertragspotenziale (Winterweizen und Roggen), Landkreis Uckermark**



Quelle: Auswertung von SWIM-Daten (Datenlieferung vom 16.01.2001, V. Krysanova). //ukm.xls//

**Abbildung 10: Ertragspotenziale (Wi.weizen, Roggen) im Landkreis Havelland**



Quelle: Auswertung von SWIM-Daten (Datenlieferung vom 16.01.2001, V. Krysanova). //brq.xls//

**Tabelle 8: Variationskoeffizient für Ertragspotenziale der Hydrotope im Kreis**

		WWEI 01	WGER 01	SGER	ROGG 01	MAIS	KART
1	Berlin	0,05	0,05	0,06	0,05	0,05	0,06
2	Frankfurt (Oder)	0,05	0,04	0,05	0,03	0,05	0,06
3	Cottbus	0,07	0,07	0,08	0,07	0,05	0,08
4	Barnim	0,09	0,11	0,10	0,08	0,10	0,11
5	Spree-Neiße	0,10	0,10	0,12	0,09	0,07	0,11
6	Brandenburg an der Havel	0,12	0,11	0,13	0,12	0,07	0,12
7	Märkisch-Oderland	0,12	0,11	0,12	0,07	0,13	0,15
8	Oberspreewald-Lausitz	0,13	0,12	0,15	0,11	0,10	0,15
9	Oberhavel	0,13	0,12	0,16	0,13	0,08	0,13
10	Prignitz	0,14	0,12	0,15	0,12	0,09	0,13
11	Oder-Spree	0,14	0,14	0,16	0,12	0,12	0,14
12	Potsdam-Mittelmark	0,14	0,13	0,17	0,14	0,09	0,14
13	Dahme-Spreewald	0,15	0,15	0,18	0,14	0,11	0,16
14	Uckermark	0,15	0,13	0,17	0,14	0,11	0,16
15	Potsdam	0,16	0,15	0,20	0,17	0,09	0,16
16	Elbe-Elster	0,17	0,15	0,19	0,13	0,13	0,19
17	Havelland	0,17	0,17	0,20	0,16	0,13	0,19
18	Ostprignitz-Ruppin	0,17	0,17	0,20	0,17	0,11	0,18
19	Teltow-Fläming	0,21	0,20	0,23	0,17	0,16	0,22

Quelle: Auswertung von SWIM-Daten (Datenlieferung vom 16.01.2001, V. Krysanova).

## 7.4 Kalkulation der standortbezogenen Produktionstechnologien

Für die Kalkulation der standortbezogenen Produktionstechnologien können die auf Kreis-ebene angewandten ertrags- und zeitabhängigen Inputbedarfsfunktionen genutzt werden. Für die technologieabhängigen Inputgrößen ist anzunehmen, dass sich die Betriebsgröße innerhalb des Kreises nicht deutlich voneinander unterscheidet. Zur Regionalisierung der Düngedarfswerte können die nötigen Standortparameter (nFK, Niederschlag etc.) aus der Bodenkarte den Standortklassen (bzw. den zugehörigen Hydrotopen aus SWIM) zugeordnet werden.

## 7.5 Ausblick (Nutzung des Maximum-Entropie-Ansatzes)

Der vorgestellte Kalibrierungsansatz bietet zwei viel versprechende Möglichkeiten zur Weiterentwicklung. So ermöglicht es der Maximum-Entropie-Ansatz beispielsweise mehrere Anpassungsbereiche in der Zielfunktion simultan zu berücksichtigen und so eine größere Stabilität der Lösung auch bei größeren Annahmenveränderungen zu erreichen.

In einem ersten Schritt wurden folgende Nebenbedingungen und Zielfunktion formuliert:

### Nebenbedingung:

$$\sum_v \bar{u}_v * \bar{e}_v = \sum_s \sum_v (z u_{s,v}^{max} * p u_{s,v}^{max} + z u_{s,v}^{min} * p u_{s,v}^{min}) * (z e_{s,v}^{max} * p e_{s,v}^{max} + z e_{s,v}^{min} * p e_{s,v}^{min})$$

Mit: u = Verfahrensumfang, e = Verfahrensertrag

z = Stützwert (max, min); p = Wahrscheinlichkeit (jeweils für  $z^{max}$  bzw.  $z^{min}$ )

### Weitere Nebenbedingungen:

- Konsistenz zur Agrarfachstatistik
- Summe der Wahrscheinlichkeiten  $p^{max}$  und  $p^{min} = 1$

### Zielfunktion:

$$\max H = -\sum_s \sum_v p u_{s,v}^{max} * \ln p u_{s,v}^{min} + p e_{s,v}^{max} * \ln p e_{s,v}^{min}$$

Erste Analysen mit Hilfe des Maximum-Entropie-Ansatz zeigen folgende Vorteile gegenüber dem bisherigen Ansatz:

- Tendenz zu einer gleichmäßigen Verteilung der Kulturarten auf die Standorte (keine Ecklösungen)
- Stabilere Ergebnisse auch bei Änderungen
- Leichtere und flexiblere Einbeziehung von Vorabinformationen ermöglicht die Eingrenzung eines plausiblen Ergebnisbereichs

- Normative Vorgaben zur standortbezogenen Eignung der Kulturarten wie bspw. Staunässe- oder Auswinterungsgefahr oder Steingehalt können direkt über Nebenbedingungen in das Problem einbezogen werden.
- Zusätzliche Informationen zur Flächennutzung, bspw. aus Kartierungen oder Fernerkundungsdaten oder auch aus Befragungen zu typischen Fruchtfolgen können zur Vorbesetzung der Standortklassen mit den Kulturarten dienen.

Insgesamt soll der Kalibrierungsansatz (ohne ergänzende Nebenbedingungen wie Anbauanteile, vgl. Formel F4) lediglich die Restverteilung, die ansonsten nicht erklärt werden kann, übernehmen.

## **8 ANHANG I: BESCHREIBUNG DES REGIONALISIERTEN AGRAR UND UMWELTINFORMATIONSSYSTEMS RAUMIS**

Das regional differenzierte Agrarsektormodell RAUMIS ist ein partielles Angebotsmodell für den landwirtschaftlichen Sektor Deutschlands (HENRICHSMEYER et al. 1996). Mit diesem Modell werden vor allem folgende Ziele verfolgt:

1. Geschlossene regional differenzierte ex-post Abbildung des Agrarsektors durch Zusammenführung von Informationen verschiedenster Datenherkunft. Auf dieser Grundlage können beispielsweise umfangreiche Analysen der ex-post Entwicklung von Wettbewerbsfähigkeit zwischen den Regionen und zwischen Produktionsalternativen in Deutschland analysiert werden.
2. Simulation mittel- bis langfristiger Wirkungsanalysen alternativer Agrar- und Umweltpolitiken. Untersucht werden die Auswirkungen auf die landwirtschaftliche Produktion, den Faktoreinsatz im Agrarsektor, die landwirtschaftlichen Einkommen und die Agrar-Umweltbeziehungen.

### **8.1 Regionale und zeitliche Differenzierung**

Die räumliche Differenzierung des Angebotsmodells RAUMIS basiert aufgrund der Datenverfügbarkeit auf der administrativen Einheit des Landkreises bzw. der kreisfreien Stadt. Durch Zuordnung der meisten der kreisfreien Städte zu benachbarten Landkreisen werden insgesamt 326 Modellkreise aggregiert. Über diese starke regionale Untersektierung werden die sehr heterogenen natürlichen Standortbedingungen in Deutschland sowie die unterschiedlichen Betriebsstrukturen weitgehend berücksichtigt. Darüber hinaus wird eine kleinräumliche Ebene zur Untersuchung der Umwelt-Agrar-Beziehungen erreicht.

Zur Verbesserung der räumlichen Abbildungsgüte wird an einer weiteren Regionalisierung bis auf Gemeindeebene und Ertragsstandorte innerhalb einer Gemeinde gearbeitet (vgl. Kap. 7). Zur Clusterung von Standortklassen, um Heterogenitäten innerhalb der Modellregionen zu berücksichtigen, bieten Geoinformationssysteme ein sehr hilfreiches Instrument. Ein Problem besteht jedoch bei der Datenverfügbarkeit

Zeitlich werden in Abhängigkeit von der Periodizität der Agrarberichterstattung sechs sogenannte Basisjahre unterschieden, und zwar die Jahre 1979, 1983, 1987, 1991, 1995 und 1999. Maßgeblich sind dafür die Informationen der Bodennutzungshaupterhebung (alle vier Jahre) und Viehzählung (alle zwei Jahre), mit Angaben zur Flächennutzung und durchschnittlichen Viehbeständen auf Kreisebene.

### **8.2 Prozessanalyse**

Das Modellsystem RAUMIS ist in enger Anlehnung an die offizielle landwirtschaftliche Gesamtrechnung (LGR) konzipiert und entspricht den Regeln und Definitionen des „Europäischen Systems Volkswirtschaftlicher Gesamtrechnungen“ (ESVG).<sup>23</sup> Die Abbildung der gesamten Produktion des Agrarsektors erfolgt in über 50 landwirtschaftlichen Produkten,

---

23

vgl. EUROSTAT (1989): Handbuch zur landwirtschaftlichen und forstwirtschaftlichen Gesamtrechnung, Luxemburg.

die mit einer Positivliste der LGR übereinstimmen. Ebenso wird im Modell der gesamte Input erfasst, der zur Erzeugung dieser landwirtschaftlichen Produktion notwendig ist.

Die gesamten sektoralen Produktions- und Inputmengen werden in diesem Prozessanalyseansatz auf verschiedene Produktionsaktivitäten in den abgegrenzten Modellkreisen verteilt und zugeordnet. Dabei liegen auf Kreisebene umfassende Informationen aus Fachstatistiken zu den Produktionsumfängen der über 40 abgebildeten Aktivitäten im Modellsystem RAUMIS vor, nicht jedoch zu den regional eingesetzten Inputmengen.

Die ermittelten durchschnittlichen Input-Aufwendungen der einzelnen Produktionsalternativen im jeweiligen Modellkreis basieren auf Kalkulationsdaten. Hier werden teils trendbasierte Funktionen verwendet, teils ertragsabhängige Bedarfsfunktionen eingesetzt. Zur Ableitung der Maschinenkosten, Reinvestitionskosten sowie Arbeitsbedarfe, die vor allem von der eingesetzten Technologie und den bestehenden Betriebsstrukturen abhängenden, wird ein sogenanntes Technologiemodul eingesetzt.

Für jeden der 326 Modellkreise wird eine aktivitätsanalytisch differenzierte Matrize aufgestellt. Die Matrizen werden in einem Konsistenzrahmenmodell mit der Landwirtschaftlichen Gesamtrechnung abgeglichen. Zum Vergleich dienen hierbei allerdings Dreijahresdurchschnitte der LGR, um von jahresspezifischen Sondereinflüssen zu abstrahieren.

### **8.3 Prognose**

Das Modellsystem RAUMIS verfolgt einen komparativstatischen Ansatz bei der Prognose. Zwei zentrale Bereiche sind zu unterscheiden. In einem ersten Schritt erfolgt die Definition der Produktionsalternativen und der Restriktionen, die für die Entscheidungseinheiten im Zieljahr gelten. Bei der Spezifizierung der nichtoptimierungsendogenen Variablen, sind folgende Module zu unterscheiden:

1. Trendbasierte Fortschreibung von Ertrags und Inputkoeffizienten, Kapazitäten sowie Preisen bzw. Preisindizes.
2. Übernahme exogener Informationen in das Modellsystem beispielsweise aus anderen Modellen (WATSIM, GAPSI) oder von Marktexperten z.B. BML, FAL.
3. Anpassung der optimalen speziellen Intensität der Pflanzenproduktion an geänderte Preisrelationen.

In einem zweiten Schritt erfolgt die Ermittlung der optimalen Produktionsstruktur in den Modellkreisen hinsichtlich des Entscheidungskriteriums der Gewinnmaximierung. Die optimalen Produktionsstrukturen werden im Rahmen eines mathematischen Programmierungsmodells unter Verwendung des Ansatzes der Positiven Quadratischen Programmierung bestimmt.

### **8.4 Lösungsvariablen**

Für jeden einzelnen der Modellkreise liegen dann Informationen zu den Produktionsumfängen der über 40 landwirtschaftlichen Hauptverfahren, zu den Produktionsmengen von über 50 landwirtschaftlichen Erzeugnissen, zum Vorleistungs- und Primärfaktoreinsatz sowie zu den

Entlohnungen der ausgeschöpften Kapazitäten, zur Einkommensrechnung gemäß der LGR sowie zu den Umweltindikatoren in den Basisjahren vor.

Die Einkommensrechnung erfolgt nicht nur aggregiert auf Modellkreisebene, sie kann ebenfalls nach den definierten Produktionsalternativen differenziert aufgearbeitet werden. Dadurch lassen sich Wettbewerbsvergleiche einzelner Produktionsalternativen zueinander und zwischen den Regionen durchführen. Die Einkommensbegriffe entsprechen ebenfalls der Definition der LGR.

Bei den Umweltindikatoren stehen derzeit im Vordergrund der Analysen die Nährstoffbilanzen für Stickstoff, Phosphat und Kalium, das neu entwickelte Schadgasmodul sowie die Entwicklung von Anteilen der konservierenden Bodenbearbeitung und Nutzungsanteilen anderer extensivster Produktionsverfahren.

## **8.5 Wirkungsanalysen**

In den modellgestützten Wirkungsanalysen mit dem Informationssystem RAUMIS erfolgt zunächst eine Status-quo-Projektion zum Zieljahr. Darauf aufbauend werden Politikscenarien formuliert und Änderungen dieser Politikparameter in Wirkungsprognosen analysiert.



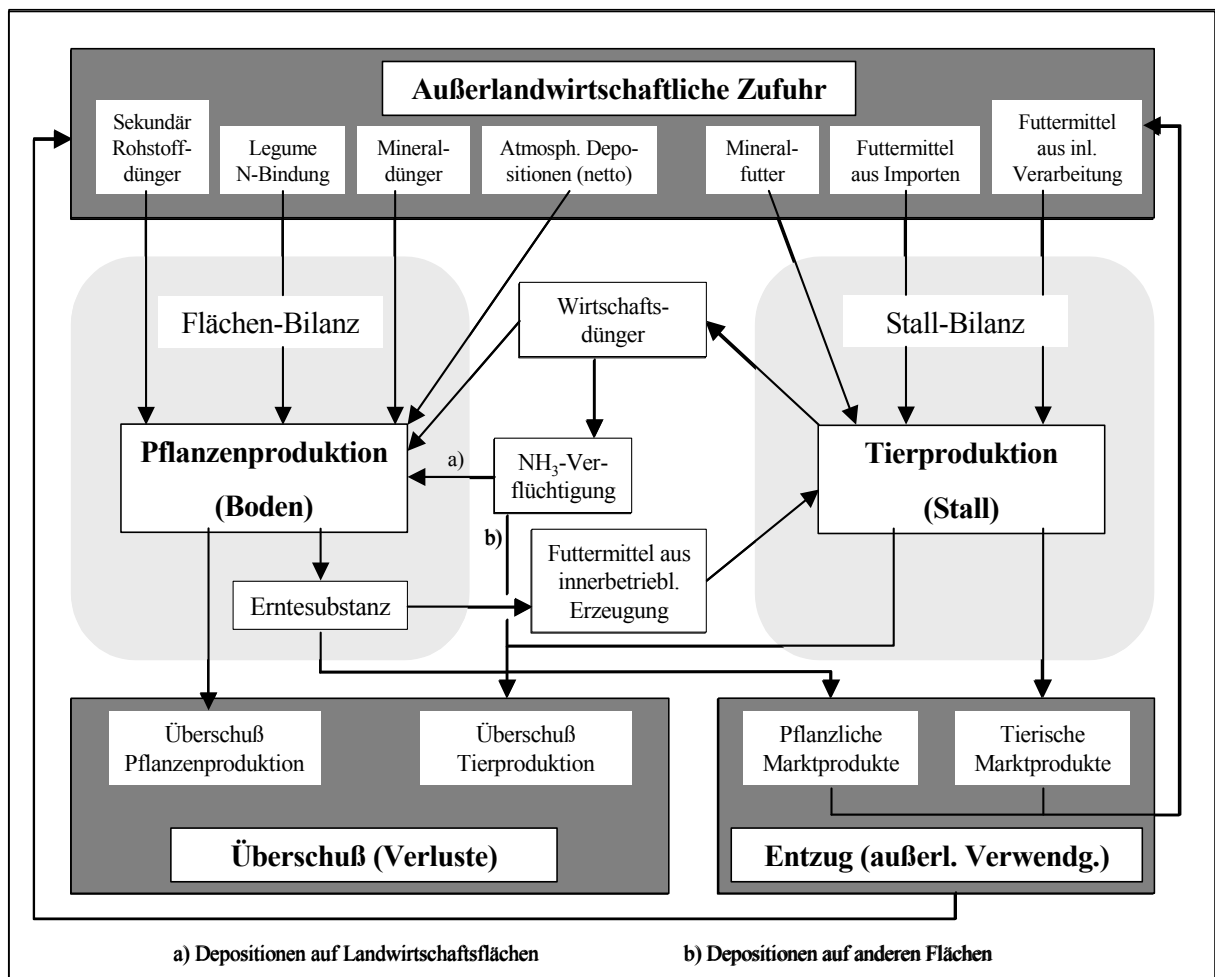
## 9 ANHANG II: BESCHREIBUNG DER NÄHRSTOFFBILANZIERUNG IN RAUMIS

### 9.1 Wege der Nährstoffbilanzierung auf landwirtschaftlich genutzter Fläche

Nach PARCOM (1993) lassen sich grundsätzlich zwei Vorgehensweisen zur Bilanzierung landwirtschaftlicher Nährstoffströme unterscheiden: Die „nationale Grundmineralbilanz“ (auch sektorale oder „Hoftor-Bilanz“) und die vollständige nationale Mineralbilanz.

Bei der nationalen Grundmineralbilanz wird der Agrarsektor als ein „Hof“ im Sinne einer Black Box betrachtet, in den Nährstoffe einfließen (Mineraldünger, extern erzeugte Futtermittel) bzw. dem Nährstoffe entzogen werden (Verkauf landwirtschaftlicher Produkte an andere Sektoren). Eine Betrachtung der Nährstoffflüsse innerhalb des „Hofes“ ist nicht möglich.

**Abbildung 11: Fließschema der vollständigen nationalen Mineralbilanz für die Landwirtschaft nach PARCOM Richtlinie**



Quelle: BACH et al. (1997, S. 3)

Die vollständige nationale Mineralbilanz stellt eine Ergänzung der oben geschilderten sektoralen Bilanz dar, da sie einen Einblick in die intrasektoralen Stoffflüsse des Agrarsektors gestattet (BACH et al. 1997, S. 2). Dieser wird in den Bereich Boden (pflanzliche Produktionsverfahren) und Stall (tierische Produktionsverfahren) untergliedert. Stoffflüsse zwischen „Boden“ und „Stall“ (z.B. Ausbringung des Wirtschaftsdünger auf hofeigener

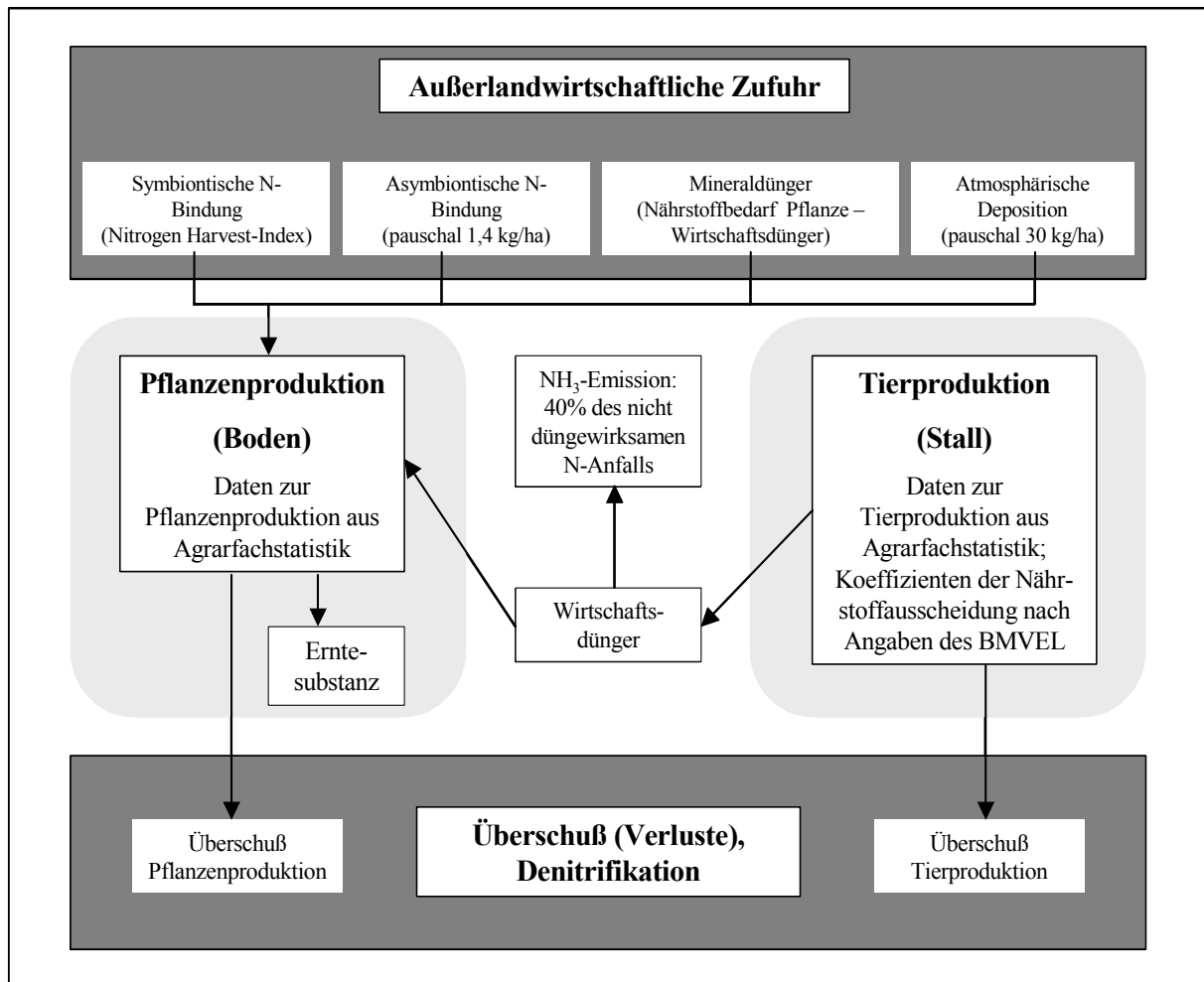
Fläche; Verfütterung intern erzeugter Futtermittel an betriebseigenes Vieh) können bei diesem Verfahren ausgewiesen und differenziert betrachtet werden (siehe Abbildung 11).

Neben der Untersuchung intrasektoraler Stoffflüsse ist eine spezifische Bilanzierung der Teilbereiche Tier- und Pflanzenproduktion möglich, da die jeweils relevanten Input- und Outputgrößen getrennt ausgewiesen und betrachtet werden können. Zur Erstellung einer Gesamtbilanz werden die Ergebnisse der Einzelbilanzen miteinander verknüpft.

## 9.2 Vorgehensweise der Nährstoffbilanzierung im RAUMIS

Die im RAUMIS praktizierte Vorgehensweise zur Bilanzierung landwirtschaftlicher Nährstoffflüsse stellt eine Zwischenposition der beiden nach PARCOM unterschiedenen Methoden dar (siehe Abbildung 12).

Abbildung 12: Vorgehensweise der Nährstoffbilanzierung im Modellsystem RAUMIS



Quelle: Eigene Darstellung

Ergänzend zur nationalen Grundbilanz ist die Abbildung einzelner intrasektoraler Stoffflüsse, wie z.B. die ausgebrachte Menge an Wirtschaftsdünger, möglich. Den Anspruch einer vollständigen nationalen Mineralbilanz erfüllt die Vorgehensweise im RAUMIS jedoch nur teilweise, da die Inputgrößen der Pflanzen (Siedlungsabfälle, Klärschlamm sowie Saatgut)

und Tierproduktion (Mineralfuttermittel, Futtermittel aus Importen, inländischer Verarbeitung sowie hofeigener Erzeugung) nicht differenziert ausgewiesen werden<sup>24</sup>.

Im Agrarsektormodell RAUMIS ist die Bilanzierung der Nährstoffe Stickstoff (N), Phosphor (P) und Kalium (K) möglich. Die Anzahl der zu bilanzierenden Positionen hängt vom jeweils betrachteten Nährstoff ab und ist für Stickstoff am umfangreichsten (siehe Abbildung 13).

**Abbildung 13: Positionen der Nährstoffbilanz im Modellsystem RAUMIS für N, P und K**

		N	P	K
Nährstoffzufuhr	Wirtschaftsdünger	X	X	X
	Mineralischer Dünger	X	X	X
	Symbiotische Fixierung	X		
	Asymbiotische Fixierung	X		
	Atmosphärische Einträge	X		
	Entzüge durch das Erntegut	X	X	X
Nährstoffentzüge bzw. -Verluste	Ammoniakverluste	X		
	Auswaschung / Anreicherung im Boden	X	X	X
Nährstoffbilanzsaldo	Denitrifikation	X		

Quelle: Eigene Darstellung nach HENRICHSMEYER et al. (1992, S. 22)

### 9.3 Schätzung der Stickstoffbedarfe

Um die Höhe der auf landwirtschaftlicher Fläche zugeführten Nährstoffe bestimmen zu können, muss zunächst abgeschätzt werden, wie hoch der Bedarf der auf der Fläche angebauten Kulturen an den zu bilanzierenden Nährstoffen ist.

Zur Ermittlung der Nährstoffbedarfe werden im RAUMIS lineare, ertragsabhängige Bedarfsfunktionen genutzt. Da die Ertragshöhe eines Anbaujahres zum Düngezeitpunkt noch nicht feststeht, werden modellendogen anhand Trendschätzungen regionale Ertragserwartungswerte bestimmt (SCHLEEF und VON SOTHEN 1996, S. 120). Die Ableitung von Stickstoffbedarfsfunktionen basiert hierbei auf KTBLDüngerbedarfsangaben<sup>25</sup>.

Aufgrund seiner chemischen Beschaffenheit steht der auf der Fläche verbleibende Stickstoff nicht zu 100 % der Folgefrucht zur Verfügung. Diesem Umstand wird im RAUMIS durch die

<sup>24</sup> Eine spezifische Bilanzierung des Teilbereiches „Stall“ ist somit im RAUMIS nicht möglich. Das regionale Aufkommen an Wirtschaftsdünger wird durch den Tierbestand der Untersuchungsregion sowie den jeweiligen tierartspezifischen Ausscheidungskoeffizienten ermittelt. Gleichwohl folgt die im RAUMIS angewandte Vorgehensweise einer Nährstoffbilanzierung den PARCOM Prinzipien.

<sup>25</sup> Dies gilt für sämtliche pflanzliche Produktionsverfahren mit Ausnahme von Obst- und Weinbau sowie Gemüsekulturen. Grundlegende Informationen zum N-Düngebedarf wurden für Obst von WINTER et al. (1981), für Weinbau von N.N. (1993) und für Gemüsekulturen von STORCK (1994) entnommen.

Anwendung eines N-Rücklieferungsindex begegnet<sup>26</sup>. Die N-Rücklieferung ergibt sich aus dem N-Gehalt der Gesamtpflanze abzüglich des N-Gehaltes ihres Haupternteerzeugnisses. Das Ergebnis dieser Subtraktion wird in einem zweiten Schritt mit dem jeweiligen fruchtart-spezifischen N-Rücklieferungsindex multipliziert.

Der symbiotischen Bindung von Luftstickstoff durch Leguminosen, die als zusätzliche N-Quelle bei der Berechnung der N-Bedarfsfunktionen bedacht werden muss, wird durch die Implementierung eines Nitrogen-Harvest-Index<sup>27</sup> (NHI) Rechnung getragen.

#### 9.4 Berücksichtigung regionaler Standortfaktoren

Bei der Ermittlung der Nährstoffbedarfe werden im RAUMIS standortspezifische Besonderheiten der regionalen Boden- und Klimaverhältnisse berücksichtigt. Diese Vorgehensweise wird gewählt, da in Abhängigkeit des Klimas und der Bodenverhältnisse einer Region die Gefahr einer Auswaschung von Nährstoffen unterschiedlich hoch ist und insofern zur Sicherung landwirtschaftlicher Erträge ein mehr oder weniger hoher Bedarf an Nährstoffen veranschlagt werden muss.

Der potenzielle Mehrbedarf an Stickstoff hängt laut KRÜLL (1988) von

- der nutzbaren Feldkapazität des Bodens,
- der Wasserdurchlässigkeit des Bodens sowie
- den Jahresniederschlägen ab.

Zur Bestimmung der regionalen Bodenverhältnisse wird die Bodenübersichtskarte (BÜK 1000) der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR 1995) genutzt. Den in der BÜK beschriebenen Bodentypen wird wiederum eine Relativzahl für die Wasserdurchlässigkeit und Durchlüftung sowie die nutzbare Feldkapazität des Wurzelraumes zugewiesen.

Auf Kreisebene liegen die Daten der verschiedenen Bodentypen hinsichtlich einer landwirtschaftlichen bzw. forstwirtschaftlichen Nutzung undifferenziert vor. Eine regionale Zuordnung wird durch die Reihung der verschiedenen Bodentypen nach ihrer Ertragsfähigkeit vorgenommen. Böden mit der höchsten Punktezahl werden dem Ackerland, Böden mit mittleren Punktezahlen dem Grünland und Böden mit der geringsten Punktezahl dem Wald zugeschrieben. Die Bestimmung der Grünland und Ackerflächen erfolgt unter Verwendung der Daten der Bodennutzungshaupterhebung 1991 (STATISTISCHES BUNDESAMT 1993).

Zur Ermittlung der durchschnittlichen jährlichen Niederschläge wird für die alten und die neuen Bundesländer auf unterschiedliche Datenquellen zurückgegriffen<sup>28</sup>.

---

<sup>26</sup> Der N-Rücklieferungsindex gibt an, wie viel des auf dem Feld verbleibenden Stickstoffs der nachfolgenden Frucht zur Verfügung steht. Die Höhe der verschiedenen Indizes basieren auf Empfehlungen der Landwirtschaftskammer Rheinland (LK Rheinland 1995) sowie auf Auskünften des BML, Referat 312.

<sup>27</sup> Durch den NHI wird der Anteil des mit dem Erntegut abgefahrenen Stickstoffs nach folgender Formel bestimmt:  $(\text{N-Gehalt des Erntegutes} / \text{NHI}) * 100$ . Für Klee, Luzerne und Feldgras liegt der NHI bei 0,7. Siehe hierzu SCHLEEF und VON SOTHEN (1996, S. 121 f.)

<sup>28</sup> Die durchschnittlichen jährlichen Niederschlagsmengen lagen im RAUMIS bereits vor, während sie bei der Erstellung eines gesamtdeutschen Agrarsektormodells RAUMIS für die neuen Bundesländer nachträglich der meteorologischen Fachliteratur entnommen werden mussten (DEUTSCHER WETTERDIENST 1993 und 1995).

Grundlage zur Berechnung der Stickstoffbedarfsfaktoren sind Angaben der BAYERISCHEN LANDESANSTALT FÜR BETRIEBSWIRTSCHAFT UND AGRARSTRUKTUR (1986) (siehe Abbildung 14), die wiederum auf Ermittlungen von KUNTZE et al. (1988) beruhen.

**Abbildung 14: Eckwerte zur Berechnung der N-Bedarfsfaktoren im Ackerbau in Abhängigkeit von Boden und Klima**

Standort	Nutzbare Feldkapazität des Bodens (mm)	Wasserdurchlässigkeit und Belüftung des Bodens	Jahresniederschläge (mm)
Gut	> 200      sehr hoch	hoch	< 700
Mittel	> 90 – 200    mittel, hoch	eingeschränkt	< 700 – 800
Schlecht	< 90      gering	ungenügend	> 800

Quelle: SCHLEEF und VON SOTHEN (1996, S. 124)

Bei der Ermittlung des N-Bedarfsfaktors werden die nutzbare Feldkapazität, die Wasserdurchlässigkeit und die Durchlüftung des Bodens sowie die Niederschläge im Verhältnis 2:1:1 miteinander verrechnet (SCHLEEF und von SOTHEN 1996, S. 124 und KRÜLL 1988, S. 103). Der hierbei bestimmte Mehrbedarf wird dem ertragsabhängigen Stickstoffbedarf zugeschlagen. Während ein „guter Standort“ keinen Zuschlag erhält, wird der theoretische N-Bedarf eines „schlechten Standortes“ um bis zu 50 % erhöht<sup>29</sup>. Um den Einfluss des Stickstoffmehrbedarfsfaktors zu verringern, wird er mit 0,9 multipliziert.

## 9.5 Beschreibung der N-Bilanzpositionen im RAUMIS

Die einzelnen Bilanzpositionen werden zur Verbesserung der Transparenz der N-Bilanzierung im folgenden aufgelistet und näher erläutert.

### 9.5.1 Wirtschaftsdünger

Der im RAUMIS auf Kreisebene ausgewiesene Anfall tierischer Nährstoffe basiert auf den regionalen Umfängen der Tierproduktionsverfahren sowie auf den tierartspezifischen Koeffizienten der Nährstoffausscheidung. Die Umfänge tierischer Produktionsverfahren werden im RAUMIS endogen ermittelt und fußen auf statistischen Datenquellen. Die Koeffizienten der Nährstoffausscheidung wurden auf Grundlage statistischer Angaben des Bundesministeriums für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft (BMVEL) für die Anwendung im RAUMIS erstellt. In Anlehnung an die Vorgehensweise von BACH et al. (1997) wird eine Korrektur des Nährstoffaufkommens aus Wirtschaftsdüngemitteln durch die Anrechnung eines „tierischen Überschusses“ vorgenommen. Der Umfang dieses Überschusses beträgt für das Basisjahr 1999 bei Stickstoff 13 % der jeweiligen, im RAUMIS festgestellten Nährstoffmenge aus wirtschaftseigenen Düngemitteln. Die so ermittelte Resi-

29

Der Bedarfsfaktor wäre in diesem Fall gleich 1,5. Bei den Berechnungen des Stickstoffmehrbedarfs tritt in der Regel ein solcher Extremwert jedoch nicht auf. Der Bedarfsfaktor schwankt vielmehr zwischen 1,05 und 1,43. (Vgl. SCHLEEF UND VON SOTHEN 1996, S.124)

dualgröße „tierischer Überschuss“ geht ergänzend in die Berechnung des Nährstoffaufkommens aus Wirtschaftsdüngemittel mit ein.<sup>30</sup>

Der somit ermittelte Umfang organischer Nährstoffe aus der Tierhaltung wird im RAUMIS der Deckung des Nährstoffbedarfs landwirtschaftlicher Kulturarten zugeschrieben. Da die in wirtschaftseigenen Düngemitteln enthaltenden Nährstoffe unterschiedlichen Ausnutzungsgraden unterliegen, werden im RAUMIS nährstoffspezifische Mineraldüngeräquivalente<sup>31</sup> errechnet. Die Höhe des Mineraldüngeräquivalents hängt bei Stickstoff zunächst von der Art des ausgebrachten Wirtschaftsdüngers ab. Es wird die Ausbringung von Rinder, Schweine und Geflügelgülle sowie von Festmist als unterschiedliches Verfahren berücksichtigt. Die Ableitung des Festmistanteils basiert auf der regionalen Bestandgrößenstruktur. Der in ihm enthaltene Stickstoff wird konstant mit einem Mineraldüngeräquivalent von 25% angerechnet.

Zur Bestimmung des Mineraldüngeräquivalents der verschiedenen Gülleverfahren wurde im RAUMIS eigens ein Güllemodul<sup>32</sup> implementiert (TISSEN 1991).

### 9.5.2 Mineraldünger

Die Höhe des Mineraldüngereinsatzes wird auf nationaler Ebene durch statistische Quellen ausgewiesen. Daten über regionale Aufwandmenge liegen jedoch nicht vor, so das ein Verfahren zur Verteilung des mineralischen Düngers auf die Modellkreise im RAUMIS entwickelt wurde. Die Höhe der Gesamtzufuhr von organischem und mineralischem Dünger

---

30

Bei Berechnung der Stallbilanz berücksichtigen Bach et al. (1997) die Zufuhr von Nährstoffen in den Stall in Form von inner- und außerbetrieblichen Futtermitteln sowie den Entzug in Form von tierischen Marktprodukten und Wirtschaftsdünger. Da die errechnete Outputgröße, bedingt durch eine relativ grobe Datenlage bei der Ermittlung des Wirtschaftsdüngers, oftmals nicht mit dem Umfang des Nährstoffinputs übereinstimmt, wird die Differenz als Residualgröße „tierischer Überschuss“ bei der Gesamtbilanzierung dem Nährstoffüberschuss zugeschlagen (Quelle: Telefonische Auskunft Dr. M. Bach, 21.08.2001). Im RAUMIS sind zwar die Umfänge der Futtermittel sowie der tierischen Marktprodukte bekannt, jedoch nicht deren Nährstoffgehalte. Eine Berechnung des „tierischen Überschusses“ ist insofern im RAUMIS bislang nicht möglich. Um diese Unsicherheiten bei der Nährstoffbilanzierung jedoch ausschließen zu können, werden die von BACH et al. (1997) berechneten Werte genutzt, um einen zusätzlichen „tierischen Überschuss“ im RAUMIS für das Jahr 1999 zu schätzen. Für diese Schätzung wurde zunächst anhand der von BACH et al. (1997) ausgewiesenen Daten der Umfang eines jeden Nährstoffs für den Bilanzposten „tierischer Überschusses“ der Jahre 1990 bis 1995 festgestellt. Dieser Zeitraum wurde aus dem Grund gewählt, da seit 1990 Daten für sowohl die alten als auch die neuen Bundesländer zur Verfügung stehen. Die so ermittelten Werte wurden mit dem Umfang des jeweiligen Nährstoffs im bei BACH et al. (1997) ausgewiesenen Wirtschaftsdünger verglichen und somit das prozentuale Verhältnis des Nährstoffgehalts aus tierischem Überschuss zu Wirtschaftsdünger errechnet. Der Durchschnittswert der einzelnen prozentualen Jahreswerte wurde zur Berechnung des tierischen Überschusses für das Jahr 1999 genutzt.

31

Die Ausnutzung der Nährstoffe aus Wirtschaftsdüngemitteln wird in Relation zum Mineraldünger angegeben. Ein Äquivalent von 50% eines Nährstoffs bedeutet somit, das 2 kg eines Nährstoffs aus einem Wirtschaftsdünger 1 kg Mineraldünger ersetzen können. Vgl. SCHLEEF UND VON SOTHEN (1996), S. 125)

32

Wesentliche Bestimmungsgrößen des Güllemoduls sind das Verhältnis der Nährstoffe aus Wirtschaftsdüngern zum Pflanzenbedarf, die unterschiedlichen N-Gehalte der Gülle sowie der N-Preis. Der maximale Deckungsgrad des N-Bedarfs landwirtschaftlicher Kulturarten durch organische Düngemittel wird im Rahmen des Güllemoduls auf 80% begrenzt.

wird in Abhängigkeit der jahresspezifischen Ertragserwartung<sup>33</sup> für die verschiedenen Feldfrüchte unter Berücksichtigung regionaler Boden und Klimaverhältnisse berechnet.

Zur Erfüllung des Gesamtbedarfs eines Nährstoffes wird zunächst der pflanzenverfügbare Anteil des Wirtschaftsdüngers herangezogen. Die Deckung des verbleibenden Defizits wird im RAUMIS durch die Anrechnung mineralischer Düngemittel erreicht. Die auf Grundlage dieser Vorgehensweise berechneten regionalen Mineraldüngermengen werden in einem zweiten Schritt über alle Regionen und Verfahren aggregiert und anhand der aus der Offizialstatistik bekannten Sektorwerte<sup>34</sup> kalibriert.

### **9.5.3 Zusätzliche Positionen der Stickstoffbilanz**

Zusätzliche Positionen zur Bilanzierung landwirtschaftsbürtigen Stickstoffs im RAUMIS sind

- die symbiotische N-Fixierung,
- die asymbiotische N-Fixierung sowie
- atmosphärische N-Einträge.

Die Anrechnung des symbiotisch fixierten Stickstoffs richtet sich nach dem regionalen Anbauumfang an Leguminosen. Für asymbiotisch fixierten Stickstoff wird pauschal ein Wert von 1,4 kg N/ha veranschlagt, während atmosphärisch Stickstoffeintrag mit pauschal 30 kg/ha berücksichtigt wird.

### **9.5.4 Nährstoffentzüge**

Der Entzug von Nährstoffen wird im RAUMIS für den Bereich „Boden“ auf Grundlage der regionalen Umfänge der pflanzlichen Produktionsverfahren sowie der Koeffizienten zu den Nährstoffgehalten im Erntegut ermittelt. Die Koeffizienten zu den Nährstoffgehalten im Erntegut beruhen auf Angaben des BMVEL. Des Weiteren werden die bei Lagerung und Ausbringung des Wirtschaftsdüngers entstehenden Verluste an Stickstoff als Nährstoffentzug berücksichtigt. Hierbei wird angenommen, dass 40% des nicht düngewirksam werdenden Stickstoffanfalls aus der Tierproduktion in Form von Ammoniak entweicht.

### **9.5.5 Nährstoffbilanzsaldo**

Nährstoffzufuhr und Nährstoffentzug bzw. -verlust werden bei der Bilanzierung gegenübergestellt, um somit den Nährstoffsaldo eines Landkreises zu errechnen. Ein hierdurch

---

<sup>33</sup> Die jahresspezifische Ertragserwartung ist ausschlaggebend für den Nährstoffbedarf einer landwirtschaftlichen Kulturart.

<sup>34</sup> Es wird davon ausgegangen, dass 90 % der in der Offizialstatistik aufgeführten Mineraldüngermenge im Bereich Landwirtschaft eingesetzt wird, während die restlichen 10% zu kommunalen Zwecken und in Kleingärten Verwendung finden.

ermittelter Nährstoffüberschuss kann als <sup>35</sup>potenzielle Gefahrenquelle diffuser Nährstoffeinträge in Gewässer interpretiert werden .

---

35

Bei der Diskussion um diffuse, landwirtschaftsbürtige N-Einträge in Gewässer ist zu berücksichtigen, dass N-Verluste auf landwirtschaftlichen Flächen ebenfalls durch Denitrifikation verursacht werden können. Zur Abbildung einer solchen Bilanzposition ist jedoch eine flächenscharfe Betrachtung der ortsspezifischen Boden- und Klimaverhältnisse notwendig. Aufgrund mangelnder Datengrundlage ist dies im RAUMIS nicht möglich, so dass bei der Interpretation des Bilanzsaldos die Denitrifikation als Unbekannte berücksichtigt werden muss.



## 10 LITERATUR

- Bach, M.; Frede, H.-G.; Lang, G. (1997): Entwicklung der Stickstoff-, Phosphor- und Kalium-Bilanz der Landwirtschaft in der Bundesrepublik Deutschland. Studie im Auftrag des Bundesarbeitskreises Düngung (BAD), Frankfurt am Main.
- Baldock, D.; Dwyer, J.; Sumpsi Vinas, M. (2002): Environmental Integration and the CAP. A report the European Commission, DG Agriculture. Madrid. [http://europa.eu.int/comm/agriculture/envir/report/ieep\\_en.htm](http://europa.eu.int/comm/agriculture/envir/report/ieep_en.htm)
- Behrendt, H.; Huber, P.; Ley, M.; Opitz, D.; Schmoll, O.; Scholz, G.; Uebe, R. (1999): Nährstoffbilanzierung der Flußgebiete Deutschlands. UBA.texte, 75/99, 288 S.
- Bertelsmeier, M.; Gömann, H.; Kleinhanß, W.; Kreins, P.; Manegold, D.; Offermann, F. (2002): Auswirkungen der KOM-Vorschläge im Rahmen der Halbzeitbewertung der Agenda 2000. Schriftenreihe der Forschungsgesellschaft für Agrarpolitik und Agrarsoziologie e.V., Bd. 320, Bonn
- Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (BMELF, 1997): Die europäische Agrarreform. Pflanzlicher Bereich. Bonn Januar 1997
- Europäische Kommission (2003a): KOM (2003) 23 endg. 2003/0006 (CNS). Vorschlag für eine Verordnung des Rates mit gemeinsamen Regeln für Direktzahlungen im Rahmen der Gemeinsamen Agrarpolitik und Stützungsregelungen für Erzeuger bestimmter Kulturpflanzen. Brüssel. [http://europa.eu.int/comm/agriculture/mtr/memo\\_de.pdf](http://europa.eu.int/comm/agriculture/mtr/memo_de.pdf)
- European Commission (2003b): Mid-Term-Review of the Common Agricultural Policy. July 2002 Proposals. Impact Analyses. Brussels
- Eurostat (1995): SPEL Mystem, Methodological Documentation (Rev. 1), Vol. 2: MFSS. Statistisches Dokument 5E, Amt für amtliche Veröffentlichungen der EG, Luxemburg.
- FAO: FAOSTAT Agriculture Data. <http://apps.fao.org>
- Food and Agricultural Policy Research Institute (FAPRI): FAPRI 2002 U.S. Baseline Briefing Book. FAPRI-UMC Technical Data Report 02-02, Missouri, July 2002 <http://www.fapri.missouri.edu>
- Frenz, K.; Manegold, D. (1995): Auswirkungen von GAP-Reform und GATT-Auflagen auf Erzeugung und Verbrauch von Getreide, Ölsaaten und Hülsenfrüchten in der EU - Modellrechnungen -. In: Frenz, K., Manegold, Dirk, Uhlmann, F.: EU-Märkte für Getreide und Ölsaaten. Schriftenreihe des Bundesministers für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Reihe A: Angewandte Wissenschaft, H. 439, Landwirtschaftsverlag, Münster, S. 185-344.
- Gerstengarbe, F.-W.; Badeck, F.; Hattermann, F.; Krysanova, V.; Lahmer, W.; Lasch, P.; Stock, M.; Suckow, F.; Wechsung, F.; Werner, P. C. (2003): Studie zur klimatischen Entwicklung im Land Brandenburg bis 2055 und deren Auswirkungen auf den Wasserhaushalt, die Forst- und Landwirtschaft sowie die Ableitung erster Perspektiven. PIK Report Nr. 83. <http://www.pik-potsdam.de>
- Henrichsmeyer, W.; Cypris, C.; Löhe, W.; Meudt, M.; Sander, R.; von Sothen, F.; Isermeyer, F.; Schefski, A.; Schleef, K.-H.; Neander, E.; Fasterding, F.; Helmcke, B.; Neumann, M.; Nieberg, H.; Manegold, D.; Meier, T. (1996): Entwicklung eines gesamtdeutschen Agrarsektormodells RAUMIS96. Endbericht zum Kooperationsprojekt. Forschungsbericht für das BML (94 HS 021), vervielfältigtes Manuskript Bonn/Braunschweig. <http://www.faa-bonn.de>

- Horsch, Helga; Ring, Irene; Herzog, Felix (Hg., 2001): Nachhaltige Wasserbewirtschaftung und Landnutzung - Methoden und Instrumente der Entscheidungsfindung und -umsetzung, Metropolisverlag, Marburg 2001
- Kappelmann, K-H (1988): Nutzung freigesetzter Flächen. In: Angewandte Wissenschaft, Reihe A, Heft 356
- Kreins, P. (1998): Einsatzmöglichkeiten von RAUMIS zu Fragen der Landnutzung und Umwelt - Grünlandnutzung. In: FAA (Hrsg.): Landnutzung und Umwelt. Verhandlungen der Öffentlichen Arbeitstagung am 08.05.1998 in Bonn-Röttgen, Schriftenreihe der Forschungsgesellschaft für Agrarpolitik und Agrarsoziologie e.V., Heft 312, S.21-36.
- Krysanova, V.; Gerten, D.; Kloecking, B.; Becker, A. (1999): Factors affecting nitrogen export from diffuse sources: a modelling study in the Elbe basin. In: L. Heathwaite (editor) Impact of Land-Use Change on Nutrient Loads from Diffuse Sources, IAHS Publications no. 257, p. 201-212.
- Krysanova, V.; Mueller-Wohlfeil, D.I.; Becker, A. (1998): Development and test of a spatially distributed hydrological/water quality model for mesoscale watersheds. Ecol. Model. 106 (1/2), 261-289.
- Messner, Frank (2001): Ansätze zur Bewertung von Naturqualitäten im regionalen Entwicklungsprozeß, in: Elsner, W.; Biesecker, A.; Grenzdörffer, K. (Hrsg.): Ökonomische Bewertungen in gesellschaftlichen Prozessen: Markt – Macht – Diskurs, Centaurus Verlag, Herbolzheim, S. 189-216.
- OECD: Agricultural Outlook 2002, Paris, 2002, <http://www.oecd.org>
- Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD, 1997): Environmental Indicators for Agriculture, Paris
- Petersen, J.-E. (2002): Agrarumweltindikatoren als Elemente der Umweltberichterstattung - Aktivitäten auf EU-Ebene und in der OECD. In: Dachverband Agrarforschung (Hrsg.): Umweltindikatoren - Schlüssel für eine umweltverträgliche Land- und Forstwirtschaft. Schriftenreihe Agrarspectrum Band 36, Frankfurt a.M.
- Toepfer International: Die Marktordnungen der EU für Getreide und Ölsaaten Jg. 1994/95
- United States Department of Agriculture (USDA), Foreign Agricultural Service (FAS): Grain. World Market and Trade. <http://www.fas.usda.gov>
- Verordnung (EG) Nr. 1251/1999 des Rates vom 17. Mai 1999 zur Einführung einer Stützungsregelung für Erzeuger bestimmter landwirtschaftlicher Kulturpflanzen (Abl. EG Nr. L160)
- Verordnung (EG) Nr. 1502/95 vom 25.6.95 mit Durchführungsbestimmungen für das Wirtschaftsjahr 1995/96 zur VO Nr. 1766/92 des Rates hinsichtlich der Einfuhrzölle im Getreidesektor und VO Nr.:3072/95 Art 12
- Verordnung (EG) Nr. 1965/92 des Rates vom 30.6.1992 zur Einführung einer Stützungsregelung für Erzeuger bestimmter landwirtschaftlicher Kulturpflanzen (Abl. EG Nr. L 181 vom 1.7.1992 S.12).
- von Lampe, M. (1999): A Modelling Concept for the Long-Term Projection and Simulation of Agricultural World Market Developments - World Agricultural Trade Simulation Model WATSIM. Diss., University of Bonn
- Wenzel, V. (1999): Ein integrativer Algorithmus zur Unterstützung regionaler Landnutzungsentscheidungen, in: Horsch, H., Messner, F., Rode, M., Kabisch, S. (Hg.), Flusseinzugsgebietsmanagement und Sozioökonomie, UFZ-Bericht 30/1999, Leipzig, S. 75-86.

- Wenzel, V. (2001): Integrated Assessment and Multicriteria Analysis, in: EGS Journal Physics and Chemistry of the Earth, Part B, 26/7-8, pp 541-545
- Wessolek, G., Gerstengarbe, F.-W., Werner, P.C., 1998: A new climate scenario model and its application for regional water balance studies, in: Proceedings of the 2nd Int. Conf. on Climate and Water, Espoo, Finland, Vol. 1, 160-171
- Williams, J.R.; Renard, K.G.; Dyke, P.T. (1984): EPIC - a new model for assessing erosion's effect on soil productivity. J. Soil and Water Conserv. 38 (5), 381-383.
- Witzke, H. Peter (1998): Wirkungsanalyse aus gesamtwirtschaftlicher Sicht zu den „Agenda 2000“-Reformvorschlägen für die Gemeinsame Agrarpolitik. In: Agrarwirtschaft 12, S. 453-460.
- Wölken, E.: Einführung in die landwirtschaftliche Marktlehre. 2. überarb. Aufl., Stuttgart 1984
- World Trade Organisation (WTO): Agricultural Negotiations: Supporting Data: Export Competition: EC: Export Subsidies: Outlay and Quantity Reduction Commitments. <http://www.wto.org>
- Zebisch, M. (2003): Modellierung der Auswirkungen von Landnutzungsänderungen auf das Landschaftsmuster und die landschaftliche Biodiversität. Vortrag an der TU-Berlin.
- ZMP: ZMP-Bilanz Getreide, Ölsaaten, Futtermittel, Bonn, versch. Jgg.