

**Agrarökonomische Szenarien zur Verwertung
von Klärschlämmen und Bioabfallkomposten in
Nordrhein - Westfalen im Jahr 2005**

I n a u g u r a l - D i s s e r t a t i o n

zur
Erlangung des Grades
Doktor der Agrarwissenschaften
(Dr. agr.)

der
Hohen Landwirtschaftlichen Fakultät
der

Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität
zu Bonn

Vorgelegt am 30.07.1999
von
Florian von Sothen
aus Duisburg

Referent:
Korreferent:
Tag der mündlichen Prüfung:
Gedruckt bei:

Prof. Dr. W. Henrichsmeyer
Prof. Dr. W. Werner
19.11.1999
Eigenverlag

Danksagung

Für die Betreuung der Arbeit spreche ich meinen Dank an erster Stelle Herrn Prof. Dr. Henrichsmeyer aus, der stets ein offenes Ohr hatte, wenn ich mit Fragen und Bitten zu ihm kam. Er stellte mir auch Räumlichkeiten in seinem Institut zur Verfügung und ließ mich die ganzen Vorteile der universitären Infrastruktur nutzen. Ohne diese Voraussetzungen hätte die Arbeit nicht entstehen können, denn schon der jederzeitige freie Zugang zum Modellsystem RAUMIS war eine Grundvoraussetzung für die Erstellung dieser Arbeit.

Bedanken möchte ich mich auch bei Herrn Prof. Dr. Werner, der das Coreferat übernommen hat und mir auch durch den fachlichen Gedankenaustausch eine Hilfe war. Darüber hinaus hat er mir Daten des Instituts für Agrikulturchemie aus einem gemeinsamen Forschungsvorhaben mit Herrn Dr. agr. Christoph Brenk zugänglich gemacht, wofür ich ihm und seinem damaligen Mitarbeiter sehr dankbar bin.

Beide Professoren haben sich mit Gutachten für eine Stipendienvergabe für mich verwendet. Tatsächlich wurde mir über 27 Monate eine Finanzierung aus dem Graduiertenförderprogramm des Landes Nordrhein-Westfalen gewährt. Ohne diese Zuwendungen hätte ich die Arbeit sicherlich nicht fertigstellen können, so daß ich auch in diese Richtung meinen Dank aussprechen möchte.

Am Institut von Herrn Prof. Dr. Henrichsmeyer haben mich verschiedene seiner Mitarbeiter durch einen regelmäßigen Gedankenaustausch an ihrem Erfahrungshorizont hinsichtlich der Programmierung und Fehlerelimination im Modellsystem RAUMIS teilhaben lassen. Ihnen allen gilt mein Dank. Namentlich herausheben möchte ich insbesondere Herrn Dipl.-Ing. agr. Christian Cypris und Herrn Dipl.-Ing. agr. Reinhard Sander.

Im Zusammenhang mit den Wochen, die ich im Rahmen der auswärtigen RAUMIS-Programmierung in der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft in Braunschweig verbracht habe, danke ich insbesondere Herrn Dr. agr. Karl-Heinz Schleef, der mir tags wie nachts Unterschlupf in seinem Büro gab.

Last not least gilt mein Dank aber auch Herrn Stefan Fokken (Bochum), dessen layouttechnische Anregungen sich in der vorliegenden Arbeit wiederfinden. Er hat als echter Freund meinen Schaffensprozeß durch einen kritischen Diskurs begleitet und damit indirekt auch dazu beigetragen, daß ich trotz meiner späteren Full-time-Tätigkeit beim Ingenieurbüro EnviQ GmbH & Co. KG (St. Augustin) nicht in den Bemühungen zur Fertigstellung dieser Arbeit nachließ.

Agrarökonomische Szenarien zur Verwertung von Klärschlämmen und Bioabfallkomposten in Nordrhein - Westfalen im Jahr 2005

Mit dem Computersimulationsprogramm RAUMIS werden vor dem Hintergrund der gemeinsamen Agrarpolitik der EU und der regional unterschiedlichen Klärschlamm- und Bioabfallanfallmengen die regionalen Absatzmöglichkeiten in der Landwirtschaft für das Jahr 2005 in verschiedenen Szenarien für das Bundesland Nordrhein-Westfalen (NRW) ermittelt. Die übergeordnete Zielkomponente im System besteht in der Gewinnmaximierung der landwirtschaftlichen Unternehmen, wobei das Modellsystem neben züchterischen Erfolgen und Fortschritten in der Fütterung auch die zu erwartenden Flächenstillegungen und -umwidmungen berücksichtigt.

Für die Berechnungen ist angenommen worden, daß maximal 80 % der in NRW anfallenden Klärschlämme und maximal 50 % der in NRW anfallenden Bioabfallkomposte für eine potentielle landwirtschaftliche Verwertung zur Verfügung stehen.

Je nach Szenariovoreinstellung werden, z.T. auch im kombinierten Wirkungsschemata,

- die Versorgungsstufen des Bodens an P_2O_5 (und K_2O) in unterschiedlichem Umfang berücksichtigt,
- Pachtflächen für die Verwertung zugänglich gemacht,
- Bioabfallkomposte auf intensiv bewirtschafteten Wiesen verwertet,
- die Transporte der Sekundärrohstoffdünger von der Kompostanlage bzw. der Kläranlage zum Feld von den Landwirten vorgenommen,
- die Bioabfälle von den Landwirten in Eigenregie kompostiert und
- Klärschlammtransporte auch über die Kreishofgrenzen (i.d.R. Landkreisgrenze) hinaus zugelassen, wobei diese aber auf das Land NRW beschränkt bleiben.

Die Schattenpreise zur landwirtschaftlichen Verwertung ergeben sich aus der Kostenstruktur der regional preisgünstigsten anderweitigen Verwertungs- bzw. Entsorgungsalternative (Zementwerk bzw. Braunkohlekraftwerk) abzgl. der Beiträge für den Klärschlammhaftungsfonds und der Kosten der Bodenanalyse.

Die Ergebnisse zeigen, daß die oftmals hohen bis sehr hohen P_2O_5 -Gehalte der Ackerböden die Verwertungsmöglichkeiten insgesamt stark einschränken. Gleiches gilt, wenn die Verpächter nicht bereit sind ihre Flächen für die Sekundärrohstoffdüngerverwertung bereit zu stellen.

Durch den Transport von Klärschlamm innerhalb des Landes NRW können diese beiden Effekte in ihrer quantitativen Bedeutung jedoch kompensiert werden. Es kann sogar, je nach Ausgestaltung der Rahmenbedingungen, der für die Landwirtschaft als potentiell zugänglich erachtete Klärschlamm pool (80 % des Gesamtanfalls) zu einem knappen Gut für die Landwirte gemacht werden, so daß sich echte Marktpreise im Sinne von Knappheitspreisen bei dessen Verwertung auch in NRW herausbilden könnten. Dies ist insbesondere vor dem Hintergrund der sehr hohen durchschnittlichen Einwohnerzahlen in diesem Bundesland bemerkenswert. Um dieses Ziel zu erreichen sind besonders die größeren Abwasserverbänden aufgefordert, verbesserte Logistikkonzepte auszuarbeiten. In deren Folge könnten alle Kommunen und Abwasserverbände des Landes NRW erhebliche Kosteneinsparungen bei der Abgabe von Klärschlamm und Bioabfallkompost erzielen.

Agroeconomical scenarios about the use of sewage sludge and biowaste-composts in Northrhine-Westfalia in the year 2005

The computer simulation program RAUMIS is used to calculate the marketing possibilities of regional sewage sludge- and biowaste compost amount in the agricultural sector of Northrhine-Westfalia (NRW). RAUMIS is an agroeconomic program, which takes also the common agricultural policy of the EU into account. Besides this, also the progress concerning the breeding of plants and fodder-technology, the set-aside scheme and the use for road construction etc. is taken into consideration. During all calculations, RAUMIS maximises the income of the farmers. This aim is of overriding importance.

It is assumed in all calculations that at the most up to 80 % of the total sewage sludge amount in NRW and up to 50 % of the total biowaste-compost amount in NRW can be used for agricultural purposes.

Depending on the scenario

- the nutrient concentrations of the soils concerning P_2O_5 (and K_2O) are taken into account in various variants,
- leased areas can be used to spread sewage sludge or biowaste composts on,
- biowaste-composts can be used on intensively cultivated meadows,
- the transport of sewage sludge and biowaste-compost from the treatment plant to the field is organized by the farmers,
- the farmers compost the biowastes as well,
- sewage sludge can be transport across the regional borderlines as long as the sludge stays in NRW

The sum paid to the farmers for using sewage sludge and biowaste-composts depends on the amount which the waste-water-associations and communities has to pay in case they have to burn it in brown coal power stations or in the cement industries. From this sum, the costs for the sewage sludge fonds and for the soil analysis needs to be deducted.

The results show, that the high P_2O_5 -concentrations of the soils are one of the important limiting factor. The same effect can be observed, if the landlords are not accepting the use of sewage sludge and biowaste-composts on their land.

The quantity of both effects can be more than compensated, if sewage sludge is transported across the regional borderlines within NRW. It is even possible, depending the the selected scenario, that the whole available sewage sludge pool, which is accessible to the agricultural sector (80 % of the total amount) could become a rare good for the farmers, so that real market prices can be established. Because the density of the population in NRW is extremely high, this fact is remarkable. In order to reach this target, especially the big waste-water-associations will have to improve their logistical concepts. In case these concepts will be brought into action, all waste-water-associations and communities in NRW would be able to save a great deal of money.

I. Inhaltsübersicht

Agrarökonomische Szenarien zur Verwertung von Klärschlämmen und Bioabfallkomposten in Nordrhein - Westfalen im Jahr 2005	IV
Agroeconomical scenarios about the use of sewage sludge and biowaste-composts in Northrhine-Westfalia in the year 2005	V
III. Abbildungsverzeichnis	XII
IV Tabellenverzeichnis	XIII
1. Einführung	1
2. Rechtliche Aspekte	5
3. Modellsystem RAUMIS	16
4. Hintergründe der Modellsystemerweiterungen	24
5. Ausgestaltung der Szenariorahmenbedingungen	90
6. Ergebnisse	106
7. Diskussion	121
8. Zusammenfassung	148

II. Gliederung

1.	Einführung	1
1.1.	Zum Gegenstandsbereich der Arbeit	1
1.2.	Zum gewählten methodischen Verfahren	3
2.	Rechtliche Aspekte	5
2.1.	Abfallrechtliche Dimension	5
2.1.1.	Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz	5
2.1.1.1.	Untergesetzliches Regelwerk	7
2.1.1.1.1.	Klärschlammverordnung	7
2.1.1.1.2.	NRW-Verwaltungsvorschrift zum Vollzug der Klärschlammverordnung	7
2.1.1.1.3.	Kompostverordnung	8
2.1.1.1.4.	Komposterlaß des Landes Baden-Württemberg	8
2.1.1.2.	Antizipierendes Recht	9
2.1.1.2.1.	LAGA-Merkblatt M 10, RAL-Gütezeichen, Blauer Engel	9
2.1.1.2.3.	Grundsatzklärung relevanter Institutionen zur Anwendung von Komposten	9
2.1.1.3.	Technische Anleitung Siedlungsabfall	10
2.1.2.	Abfallverbringungsgesetz	10
2.2.	Düngerechtliche Dimension	11
2.2.1.	Düngemittelgesetz	11
2.2.2.	Untergesetzliches Regelwerk	12
2.2.2.1.	Düngeverordnung	12
2.2.2.2.	Klärschlamm-Entschädigungsfondsverordnung	13
2.2.2.3.	Düngemittelverordnung	13
2.3.	Genehmigung zur Errichtung und zum Betrieb von Kompostierungsanlagen	14
2.3.1.	Bundesimmissionsschutzgesetz	14
2.3.2.	Vierte Bundesimmissionsschutzverordnung als untergesetzliches Regelwerk	14

3.	Modellsystem RAUMIS	16
3.1.	Zielsetzung des Programms und übergeordnete Zielkomponente der Berechnungen	17
3.2.	Konzept des Modellsystems	17
3.2.1.	Regionale Untergliederung	17
3.2.2.	RAUMIS als angebotsorientiertes Mittelfristmodell	18
3.2.3.	Produktionsverfahren und -intensitäten	19
3.2.4.	Datenbasis des Modellsystems	20
3.2.5.	Modularer Aufbau	22
3.2.6.	Bisherige Anwendungsfelder des Modellsystems	22
4.	Hintergründe der Modellsystemerweiterungen	24
4.1.	Regionsspezifisch verfügbare Verwertungsflächen	24
4.2.	Nährstoffe	28
4.2.1.	Pflanzenbauliche Aspekte	28
4.2.1.1.	Nährstoffbedarf und Nährstoffabfuhr	28
4.2.1.2.	Unvermeidbare Auswaschungsverluste von Phosphor und Kalium	30
4.2.1.2.1.	Auswaschungsverluste bei Kalium	30
4.2.1.2.2.	Auswaschungsverluste bei Phosphor	31
4.2.1.3.	Bodenversorgungsstufen für Phosphor und Kalium	31
4.2.2.	Nährstoffausscheidungen bei Tieren	35
4.2.2.1.	Derzeitige Situation	35
4.2.2.2.	Einsatz von mikrobieller Phytase	35
4.2.3.	Nährstoffgehalte bei den in RAUMIS eingebrachten Sekundärrohstoffdüngern	39
4.2.3.1.	Bioabfallkomposte	39
4.2.3.2.	Klärschlämme	41
4.3.	Klärschlamm- und Bioabfallkompostaufkommen	47
4.3.1.	Regionsspezifisch verfügbare Bioabfallkompostmengen	47
4.3.2.	Regionsspezifisch verfügbare Klärschlammengen	51
4.4.	Umsetzung der Verwertung von Klärschlamm- und Bioabfallkompost im Modellsystem RAUMIS	52
4.4.1.	Bestimmungsfaktoren für die Differenzierung der Verwertung von Klärschlamm in RAUMIS	52

4.4.1.1.	Naßschlamm versus maschinell entwässerten Klärschlamms	52
4.4.1.2.	Landwirtschaftlicher Klärschlammtransport versus Fuhrunternehmen	53
4.4.1.3.	Betriebseigene Fläche versus Pachtland	54
4.4.1.4.	Bodenversorgungsstufen	56
4.4.1.5.	Substitution von mineralischen Düngern versus Wirtschaftsdüngersubstitution	56
4.4.1.6.	“Normaler” Klärschlamm versus Klärschlamm aus Anlagen mit nachgeschalteter Phosphateleiminierung	57
4.4.2.	Bestimmungsfaktoren für die Differenzierung der Verwertung von Bioabfallkompost in RAUMIS	60
4.4.2.1.	Landwirtschaftliche Kompostierung von Abfällen aus der Biotonne versus Bezug von externen Bioabfallkomposten	60
4.4.2.2.	Verwertung auf Ackerflächen versus Verwertung auf intensiv bewirtschafteten Wiesen	63
4.5.	Kostenstruktur der landwirtschaftlichen Klärschlamm- und Kompostverwertung	65
4.5.1.	... aus der Sicht der Landwirte	65
4.5.1.1.	Faktor Arbeit	66
4.5.1.2.	Maschinenkosten	66
4.5.1.3.	Zusätzlicher Pachtzins bei Verwertung auf Pachtflächen	70
4.5.2.	... aus der Sicht der entsorgungspflichtigen Körperschaften	71
4.5.2.1.	Haftungsfonds	71
4.5.2.2.	Bodenanalyse auf Schwermetalle	72
4.5.2.3.	Flächenakquise	72
4.6.	Vergütung der landwirtschaftlichen Klärschlamm- und Kompostverwertung	73
4.6.1.	Bisherige Praxis	73
4.6.2.	Erwartete Schattenpreise für Klärschlämme	74
4.6.3.	Erwartete Schattenpreise für Bioabfallkomposte	84

5.	Ausgestaltung der Szenariorahmenbedingungen	90
5.1.	Festlegung des agrarpolitischen Rahmens	90
5.1.1.	Gemeinsame Agrarpolitik der EU	90
5.1.2.	Absehbare Änderungen der Gemeinsamen Agrarpolitik der EU	90
5.1.2.1.	Pflanzlicher Produktionszweig	91
5.1.2.2.	Tierischer Produktionszweig	94
5.2.	Gründe für die Auswahl der berechneten Szenarien	96
5.2.1.	Berücksichtigung der Bodenversorgungsstufen für K ₂ O und P ₂ O ₅ auf Acker- und Dauergrünlandflächen	96
5.2.2.	Forcierte landwirtschaftliche Verwertung von Primär- und Sekundärschlämmen aus Kläranlagen mit nachgeschalteter Phosphatelimination	98
5.2.3.	Interregionaler Transport von maschinell entwässertem Klärschlamm	103
6.	Ergebnisse	106
6.1.	Auswirkungen der implementierten Phytasefütterung auf die Ergebnisse mit RAUMIS	106
6.2.	Szenarioberechnungen mit dem Klärschlamm- und Kompostmodul in RAUMIS	109
6.2.1.	Umfang der Verwertung in den verschiedenen Szenarien	109
6.2.1.1.	Szenarien ohne Berücksichtigung der verschiedenen Bodenversorgungsstufen	109
6.2.1.2.	Szenarien unter Berücksichtigung der verschiedenen Bodenversorgungsstufen	111
6.2.1.2.1.	Treppenstufenmodell der NRW-Verwaltungsvorschrift zur AbfKlärV	111
6.2.1.2.2.	„Novelliertes“ Treppenstufenmodell	113
6.2.2.	Detailergebnisse zu ausgesuchten Szenarien	115
6.2.2.1.	Bedeutung der Naßschlammverwertung	116
6.2.2.2.	Bedeutung der Intensivwiesen	116
6.2.2.3.	Bedeutung der Bioabfallkompostierung durch Landwirte	117
6.2.2.4.	Verteilung der Klärschlämme und Bioabfallkomposte auf Flächen mit unterschiedlichen Phosphatgehalten	117
6.2.2.5.	Die Bedeutung der Pachtflächen	119

7.	Diskussion	121
7.1.	Nordrhein-Westfalen als worst-case-Szenario	121
7.2.	Einträge von Schadstoffen in die Nahrung bei der Verwertung von Klärschlämmen und Bioabfallkomposten in der Landwirtschaft	123
7.3.	Stellenwert der Klärschlammverbrennung in zukünftigen Abfallwirtschaftskonzepten	127
7.4.	Entwicklungen im Bereich der Zielhierarchie des KrW-/AbfG	129
7.5.	Aussagekraft des Modellsystems RAUMIS	130
7.5.1.	Beschränkung der Verwertung auf die Kreishöfe bzw. die Landesebene	131
7.5.2.	Weitere Entwicklung der Agrarmärkte	134
7.5.3.	Exakte Taxierung der Schattenpreise	135
7.5.4.	Nährstoffaspekte	136
7.5.4.1.	Umsetzung des biologisch-technischen Fortschritts in der Praxis der landwirtschaftlichen Betriebe	136
7.5.4.2.	Einzelbetriebliche Anpassungsmöglichkeiten	137
7.5.5.	Zukünftiges Klärschlamm- und Bioabfallkompostaufkommen	139
7.5.6.	Dezentrale Verwertung von Bioabfallkompost	139
7.6.	Ausblick: Überlegungen zur weiteren Entwicklung unter den exogenen Rahmenbedingungen von RAUMIS	141
7.6.1.	Abwasserverbände und Kommunen	141
7.6.2.	Landwirte	144
7.6.3.	(Agrar)-politischen Akteure	145
7.6.3.1.	Aufgaben für den Gesetzes- und Verordnungsgeber	145
7.6.3.2.	Aufgaben für den Goldenen Zügel	146
8.	Zusammenfassung	148

III. **Abbildungsverzeichnis**

Abb. 1:	Genehmigungsverfahren bei Kompostierungsanlagen in Abhängigkeit von der geplanten Anlagengröße.....	15
Abb. 2:	Verwertungsströme der Bioabfallkomposte	49
Abb. 3:	Transportkosten von Klärschlamm in Abhängigkeit vom TS-Gehalt.....	53
Abb. 4:	Einspeisemöglichkeiten des Fällmittels in den zu reinen Abwasserstrom zur Phosphatelimination auf einer Kläranlage.....	57
Abb. 5:	Gesamtheit der verfügbaren Verfahren zur Klärschlammverwertung in RAUMIS.....	59
Abb. 6:	Gesamtheit der verfügbaren Verfahren zur Kompostverwertung in RAUMIS	64
Abb. 7:	Kosten der Klärschlammverwertung und -entsorgung der Emschergenossenschaft und des Lippeverbandes.....	76
Abb. 8:	Regionale Verteilung der Braunkohlekraftwerke und der Zementwerke in NRW	78
Abb. 9:	Entwässerungskosten von Klärschlamm in Abhängigkeit von der Anlagengröße	82
Abb. 10:	Effizienz der Bioabfallkompostausbringung in Abhängigkeit von der Applikationsmenge	87
Abb. 11:	Änderung der Weltmarktpreise bei Getreide, Hülsenfrüchten und Ölsaaten bei einer weltweiten Liberalisierung der Märkte für diese Produkte	93
Abb. 12:	Änderung der Weltmarktpreise bei Getreide, Hülsen- früchten und Ölsaaten bei einer auf die EU beschränkten Liberalisierung der Märkte für diese Produkte	93
Abb. 13:	Kommunale Abwasserbehandlungsanlagen mit Phosphatelimination in NRW - Stand 1993	102
Abb. 14:	Anteil der einzelnen Wege bei der Klärschlammabgabe der Kläranlagen.....	123
Abb. 15:	Entwicklung der Schwermetallgehalte in Klärschlämmen aus Niedersachsen	124
Abb. 16:	Verwertungs- und Entsorgungswege der Klärschlämme aus NRW	133

IV Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Die aggregierten Kreishöfe in RAUMIS	18
Tabelle 2:	Phosphat- und Kaliumabfuhr mit den Haupternteprodukten	29
Tabelle 3:	Verteilung der Ackerflächen in NRW auf die einzelnen Bodenversorgungsstufen	32
Tabelle 4:	Verteilung der Grünlandflächen in NRW auf die einzelnen Bodenversorgungsstufen	33
Tabelle 5:	Zuordnung der Versorgungsstufe C bei Phosphat im Rheinland	34
Tabelle 6:	Nährstoffausscheidungen bei landwirtschaftlichen Nutztieren	35
Tabelle 7:	Vorgaben zur Phosphatausscheidung bei monogastrischen landwirtschaftlichen Nutztieren im Klärschlamm- und Bioabfallmodul in RAUMIS.....	37
Tabelle 8:	Vergleich der Phosphatausscheidungen zwischen monogastrischen landwirtschaftlichen Nutztieren im Klärschlamm- und Bioabfallmodul in RAUMIS im Jahr 2005 und den Vorgaben aus Anlage 1 der NRW- Verwaltungsvorschrift zur AbfKlärV.....	38
Tabelle 9:	Medianwerte der Nährstoffgehalt in Komposten nach Angaben der Bundesgütegemeinschaft Kompost.....	39
Tabelle 10:	Mittlere Nährstoffgehalte von Naß- und Preßschlamm.....	44
Tabelle 11:	Kreishofspezifische Differenzierung der Nährstoff- gehalte der Klärschlämme in RAUMIS	46
Tabelle 12:	Bio- und Grünabfallmengen pro Person in Abhängigkeit von der Bevölkerungsdichte	48
Tabelle 13:	Kreishofspezifisch differenziertes Potential an maschinell ent- wässertem Klärschlamm, an Naßschlamm und an Bioabfallkomposten für eine landwirtschaftliche Verwertung in RAUMIS	50
Tabelle 14:	Kreishofspezifische Verteilung der noch zu errichtenden Kompostanlagen in NRW	62
Tabelle 15:	Maschinenausstattung der Technologiepakete bei der Klärschlamm- und Kompostverwertung in RAUMIS	68
Tabelle 16:	Verteilung der Anteile der Technologiepakete im Jahr 1991 und im Jahr 2005 in RAUMIS	69
Tabelle 17:	Zusätzlicher Pachtzins von 10 % bei der Verwertung von Klärschlamm- bzw. Bioabfallkompost auf gepachtetem Acker- und Dauergrünland.....	70
Tabelle 18:	Übersicht der gebräuchlichsten Verfahren zur Klärschlammverbrennung.....	75

Tabelle 19:	Einarbeitungsprämie bei landwirtschaftlicher Klärschlammverwertung (ohne Transport) sowie ausbringbare Menge an regionalem maschinell entwässertem Klärschlamm auf Ackerflächen der Bodenversorgungsstufe C für P ₂ O ₅ ...	79
Tabelle 20:	Zahlungsbereitschaft der entsorgungspflichtigen Körperschaft im Kreishof KLE bei landwirtschaftlicher Verwertung maschinell entwässerter Klärschlämme aus der Region.....	81
Tabelle 21:	Verwertungs- und Kompostierungsvergütungen mitsamt den jeweils dazugehörigen Arbeitsbedarfen	86
Tabelle 22:	Verwertbare Bioabfallkompostmengen in Abhängigkeit vom limitierenden Nährstoff	88
Tabelle 23:	Klärschlammparameter einiger ausgewählter weitergehender Verfahren zur Abwasserreinigung bei Verwendung unterschiedlicher Fällmittel	99
Tabelle 24:	Einfluß der Phytasefütterung auf die P ₂ O ₅ -Salden der Kreishöfe in RAUMIS im Jahr 2005.....	107
Tabelle 25:	Ausschöpfung des potentiell für die landwirtschaftliche Verwertung verfügbaren Klärschlamm- und Bioabfallkompostpools ohne Berücksichtigung der Bodenversorgungsstufen, kein interregionaler Klärschlammtransport	109
Tabelle 26:	Ausschöpfung des potentiell für die landwirtschaftliche Verwertung verfügbaren Klärschlamm- und Bioabfallkompostpools ohne Berücksichtigung der Bodenversorgungsstufen bei interregionalem Klärschlammtransport	110
Tabelle 27:	Ausschöpfung des potentiell für die landwirtschaftliche Verwertung verfügbaren Klärschlamm- und Bioabfallkompostpools mit Berücksichtigung der Bodenversorgungsstufen, kein interregionaler Klärschlammtransport	111
Tabelle 28:	Ausschöpfung des potentiell für die landwirtschaftliche Verwertung verfügbaren Klärschlamm- und Bioabfallkompostpools mit Berücksichtigung der Bodenversorgungsstufen bei interregionalem Klärschlammtransport	111

Tabelle 29:	Ausschöpfung des potentiell für die landwirtschaftliche Verwertung verfügbaren Klärschlamm- und Bioabfallkompostpools mit Berücksichtigung der Bodenversorgungsstufen und unter Bereitstellung von phosphatreduziertem Klärschlamm, kein interregionaler Klärschlammtransport.....	112
Tabelle 30:	Ausschöpfung des potentiell für die landwirtschaftliche Verwertung verfügbaren Klärschlamm- und Bioabfallkompostpools mit Berücksichtigung der Bodenversorgungsstufen und unter Bereitstellung von phosphatreduziertem Klärschlamm bei interregionalem Klärschlammtransport.....	113
Tabelle 31:	Ausschöpfung des potentiell für die landwirtschaftliche Verwertung verfügbaren Klärschlamm- und Bioabfallkompostpools mit Berücksichtigung der Bodenversorgungsstufen gemäß dem "novellierten" Treppenstufenmodell, kein interregionaler Klärschlammtransport und unter Bereitstellung von phosphatreduziertem Klärschlamm	114
Tabelle 32:	Ausschöpfung des potentiell für die landwirtschaftliche Verwertung verfügbaren Klärschlamm- und Bioabfallkompostpools mit Berücksichtigung der Bodenversorgungsstufen gemäß dem "novellierten" Treppenstufenmodell und einem interregionalem Klärschlammtransport	114
Tabelle 33:	Ausschöpfung des potentiell für die landwirtschaftliche Verwertung verfügbaren Klärschlamm- und Bioabfallkompostpools mit Berücksichtigung der Bodenversorgungsstufen gemäß dem "novellierten" Treppenstufenmodell, kein interregionaler Klärschlammtransport.....	115
Tabelle 34:	Ausschöpfung des potentiell für die landwirtschaftliche Verwertung verfügbaren Klärschlamm- und Bioabfallkompostpools mit Berücksichtigung der Bodenversorgungsstufen entsprechend den eigenen Szenariorahmenbedingungen und unter Bereitstellung von phosphatreduziertem Klärschlamm bei Berücksichtigung eines interregionalen Transports.....	115
Tabelle 35:	Verteilung der verwerteten Klärschlamm- und Bioabfallkomposttonnage auf die Ausbringungsflächen unterschiedlicher P ₂ O ₅ -Bodenversorgungsstufen, Treppenstufenmodell gemäß der NRW-Verwaltungsvorschrift zur AbfKlärV	117

Tabelle 36: Verteilung der verwerteten Klärschlamm- und Bioabfallkomposttonnage auf die Ausbringungsflächen unterschiedlicher P ₂ O ₅ -Bodenversorgungsstufen, Treppenstufenmodell gemäß dem "novellierten" Treppenstufenmodell	118
Tabelle 37: Klärschlamm- und Bioabfallkompostverwertung auf Pachtflächen unter Mitberücksichtigung der Bioabfallkompostverwertung auf Intensivwiesen	120
Tabelle 38: Vieh- und Einwohnerdichte im Verhältnis zur LF	122
Tabelle 39: Monoklärschlammverbrennungsanlagen in NRW mit den dazugehörigen Jahresdurchsatzleistungen	128
Tabelle 40: Durchschnittliche Kosten der Klärschlammabgebenden für Verwertung und Entsorgung	130

V. Abkürzungsverzeichnis

AbfKlärV	Abfallklärschlammverordnung
AID	Auswertungs- und Informationsdienst für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten e.V.
AGÖL	Arbeitsgemeinschaft Ökologischer Landbau e.V.
AOX	Absorbierte organisch-gebundene Halogene
ATV	Abwassertechnische Vereinigung e.V.
BMELF	Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
BUWAL	Schweizerisches Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft
DBV	Deutscher Bauernverband
dt	Dezitonne (100 kg)
EU	Europäische Union; innerhalb des Modellsystem RAUMIS steht das Kürzel auch für den Kreishof Euskirchen
FS	Frischsubstanz
ha	Hektar (10.000 m ²)
KrW-/AbfG	Kreislaufwirtschafts-/Abfallgesetz
KS	Klärschlamm
KTBL	Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V.
LINEG	Linksrheinische Entwässerungsgenossenschaft
LÖLF	Landesanstalt für Ökologie, Landschaftsentwicklung und Forstplanung Nordrhein-Westfalen
LUFA	Landwirtschaftliche Untersuchungs- und Forschungsanstalt
LUFEN	Pluralbegriff von LUFA
MURL	Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft (NRW)
MVA	Müllverbrennungsanlage
NRW	Nordrhein-Westfalen
PCB	Polychlorierte Biphenyle
PCDD/F	Polychlorierte Dibenzodioxine und -furane
RAUMIS	Regionales Agrar- und Umweltinformationssystem für die Bundesrepublik Deutschland
SPEL	Sektorale Produktions- und Einkommensmodell der Landwirtschaft der Europäischen Union
SRU	Sachverständigenrat für Umweltfragen
TASI	Technische Anleitung Siedlungsabfall
TS	Trockensubstanz
UBA	Umweltbundesamt
VDLUFA	Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten
WATSIM	World Agricultural Trade Simulation Model
WTO	World Trade Organisation

1. Einführung

1.1. Zum Gegenstandsbereich der Arbeit

In der Abfallwirtschaft ist das Stoffstrommanagement in den letzten Jahren und Jahrzehnten immer bedeutender geworden. In der Folge unterliegt das in Deutschland geltende Recht einschlägige Recht einem rasanten Fortschreibungsprozeß. Stand in der Vergangenheit noch die Beseitigung von Abfällen im Vordergrund, so steht in der Zielhierarchie heute die Vermeidung an erster Stelle, gefolgt von der Verwertung. Erst wenn diese beiden Wege verschlossen sind - so der Tenor der entsprechenden Gesetze und Verordnungen - soll der Abfall entsorgt werden.

Diese veränderte Zielhierarchie im Abfallrecht betrifft auch zwei besondere Abfallarten: Bioabfallkompost und Klärschlamm.

Bioabfallkompost entsteht bei der Kompostierung von Bioabfällen organisch-nativer Herkunft, die z.B. in Form von Kartoffelschalen, Obstabfällen etc. in der Küche anfallen. Bioabfallkomposte beinhalten aber auch Grünabfälle, die beispielsweise im Garten beim Rasenmähen, Laubkehren etc. anfallen. Bio- und Grünabfälle werden heutzutage mittels separater Müllgefäße erfaßt (Bioabfalltonne). Bedingt durch die geänderte o.g. Zielhierarchie hat sich das Bioabfallaufkommen der separaten Sammlung innerhalb der letzten Jahre vervielfacht. Die Abfälle können nicht vermieden werden, sondern sind lediglich stofflich zu verwerten. Die Bioabfälle decken rund 33 % des Abfallaufkommens der Privathaushalte ab. Es handelt sich somit um eine der quantitativ bedeutsamsten Abfallarten im Bereich der Siedlungsabfälle. Einer der Absatzkanäle, der zunehmend an Bedeutung gewinnt, ist die landwirtschaftliche Verwertung. In diesem Zusammenhang stellt sich die Frage, ob die Landwirtschaft sowohl unter düngewirtschaftlicher als auch unter ökonomischer Betrachtung überhaupt dieses Abfallaufkommen verwerten kann.

Infolge der Zielhierarchie im Abfallrecht ist die Bioabfalltonne in Bundesländern wie beispielsweise Hessen bereits flächendeckend eingeführt worden. In Nordrhein-Westfalen (NRW) ist dieser Prozeß noch nicht im gleichen Maße auf breiter Front vorangeschritten. Eine Ursache dafür liegt in der Befürchtung, daß die Komposte nicht abgesetzt werden könnten.

Klärschlamm kommunaler Herkunft fällt bei der Abwasserreinigung von Siedlungsabwässern an und enthält zu 50 % organische Substanz. Er stellt das Hauptrückstandsprodukt auf Kläranlagen dar. Rechengut- und Sandfangrückstände sind im Vergleich dazu von marginaler Bedeutung. Klärschlamm enthält zu 95 % Wasser. Entwässert man den Schlamm mittels Pressen (oder Zentrifugen), so erreicht man Trockensubstanzgehalte von rund 33 %. In der Bundesrepublik fallen jährlich annähernd drei Mio t TS an, davon allein über 25 % in Nordrhein-Westfalen (NRW).

Bei der Abwasserbehandlung wurden in NRW frühzeitig Maßnahmen zur Phosphateliminierung (d.h. Fällung aus dem Abwasserstrom in den Klärschlamm) auf den dafür vorgesehenen Kläranlagen umgesetzt. Dies kommt in entsprechend hohen Phosphatgehalten im Klärschlamm zum

Ausdruck. Außerdem ist, bedingt durch die Phosphateliminierung, die Gesamtklärschlammmenge weiter angestiegen.

Klärschlämme wurden in der Vergangenheit vorwiegend auf Deponien abgelagert. Dieser Entsorgungsweg ist durch rechtliche Vorgaben in Zukunft verbaut. Aufgrund ihres hohen Düngerwertes drängen deshalb auch diese Abfallströme in die landwirtschaftliche Verwertung.

Bioabfallkomposte und Klärschlämme konkurrieren in vielen Verwertungsbereichen als einander substituierende Produkte. Hier sind insbesondere die Rekultivierung, der Landschaftsbau, die Erden- und Substratherstellung als auch der Einsatz in der Landwirtschaft zu nennen. Alle genannten Verwertungsmaßnahmen, bis auf den Einsatz in der Landwirtschaft, haben endlichen Charakter bzw. zeichnen sich bei längerfristiger Betrachtung durch ein stark rückläufiges Absatzpotential aus. Deshalb ist ein thematischer Schwerpunkt von Absatzstudien für Bioabfallkomposte und Klärschlämme stets in der Landwirtschaft zu sehen.

Für NRW stellt sich die Frage, ob das am dichtesten besiedelte Flächenland in Deutschland die anfallenden Klärschlamm- und Bioabfallkompostmengen tatsächlich weitestgehend innerhalb der Landesgrenzen verwerten könnte. Dabei ist nicht nur die Frage nach dem landesweiten Verwertungsdurchschnitt aufzuwerfen. Es gilt zum einen, ein besonderes Augenmerk auf die Ballungszentren an Rhein und Ruhr zu werfen. Andererseits ist beispielsweise im Münsterland der Tatsache Rechnung zu tragen, daß es sich um eine klassische Veredlungsregion handelt, so daß auch hier die Absatzpotentiale stark limitiert sind, da Klärschlämme und Bioabfallkomposte mit den hofeigenen Wirtschaftsdüngern um die Verwertungsflächen konkurrieren.

Die Klärschlammverwertung ist durch die Klärschlammverordnung auf Ackerstandorte beschränkt. Deshalb stellen die Mittelgebirgslagen mit ihrem hohen Dauergrünlandanteil eine besonders zu beachtende Region dar. Dies gilt um so mehr, als auch der Einsatz von Bioabfallkomposten auf Dauergrünland umstritten ist.

Bedingt durch die Entwicklungen im Düngerecht limitiert bei den Klärschlämmen i.d.R. deren Phosphatgehalt die Ausbringungsmengen pro ha, während dies bei Bioabfallkomposten entweder Phosphat oder Kalium sein kann. Mittels Phosphat- und Kaliumbilanzen könnte somit auf Landes-, Kreis- oder gar Gemeindeebene festgehalten werden, ob in der Landwirtschaft neben den wirtschaftseigenen Düngern noch Platz für die sogenannten Sekundärrohstoffdünger ist.

Dabei gilt es zu beachten, daß

1. die Düngeverordnung Ausnahmeregelungen für wirtschaftseigene Dünger, nicht aber für Klärschlamm und Bioabfallkomposte vorsieht.
2. für die Abwasserverbände und die entsorgungspflichtigen Körperschaften kein Rechtstitel für die Aufbringung von Klärschlamm und Bioabfallkompost auf landwirtschaftlichen Flächen besteht.

Bedingt durch sich ändernde rechtliche Rahmenbedingungen stehen die Entscheidungsträger in Politik und Verwaltung vor dem Problem, die

künftigen Verwertungs- und Entsorgungskonzepte gestalten zu müssen. Daraus können sich erhebliche Folgeinvestitionen ergeben. Werden mit diesen Beträgen falsche Konzepte verfolgt, weil beispielsweise aus einer unzureichenden Informationslage heraus Entscheidungen unter Zeitdruck gefällt werden, so kann es zu erheblichen Fehlallokationen kommen.

Aufgabe der Wissenschaft ist nicht nur die Grundlagenforschung, sondern auch die praxisnahe Begleitung von technischen und gesellschaftlichen Transformationsprozessen. Dabei ist die Scientific Community gehalten, nicht nur Ex-Post-Analysen durchzuführen, sondern auch Entwicklungspotentiale und -chancen aufzuzeigen. Mittels Szenarien kann sie die Auswirkungen bestimmter Maßnahmen darlegen. Aufgrund dieser Information können die Akteure und Entscheidungsträger dann entweder

1. die Dinge weiter ihrem freien Lauf überlassen oder aber
2. die dem Szenario zugrundegelegten Maßnahmen ergreifen, um den prognostizierten Zustand zu erreichen oder aber
3. Maßnahmen ergreifen, die dem entgegenwirken.

Das Ziel einer wissenschaftlichen Arbeit dieser Gestalt liegt somit auch in der Politikberatung.

Primäres Ziel dieser Arbeit ist es, für Politik und Verwaltung zusätzliche Informationen bereit zu stellen, so daß die anstehenden Entscheidungen auf einer fundierten sachlichen Einschätzung erfolgen können. Daneben gilt es aber auch die weiteren betroffenen Akteure, beispielsweise die Landwirte, mit Hintergrundinformationen zu versorgen.

Dabei focussiert die Arbeit agrarökonomische Szenarien zur Verwertung von Klärschlamm und Bioabfallkomposten in NRW im Jahr 2005. Dieses Zieljahr wurde gewählt, weil zu diesem Zeitpunkt sowohl Übergangsvorschriften im Düngerecht als auch im Abfallrecht auslaufen. Darüber hinaus wurde ein Planungshorizont von sieben Jahren als realistischer Zeithorizont für die Umsetzung auf Landesebene angenommen.

1.2. Zum gewählten methodischen Verfahren

Als erster methodischer Arbeitsschritt muß der abfall- als auch düngerechtliche Hintergrund beleuchtet werden, da er wesentliche exogene Vorgaben beinhaltet. Viele Kompostierungsanlagen sind in NRW erst noch zu errichten, so daß auch geklärt werden muß, ob die Landwirte eigene Anlagen errichten würden, um dann die Kompostierung in Eigenregie durchzuführen. Diese Vorgehensweise macht Sinn, weil die Landwirte ggf. bemüht sein werden, sich zu einem frühen Zeitpunkt in die Wertschöpfungskette einzubringen.

Mit dem Modellsystem RAUMIS (Regionalisiertes Agrar- und Umweltinformationssystem für die Bundesrepublik Deutschland) erfolgen szenarische Betrachtungen. Es gilt folglich im Vorfeld zu beschreiben, was RAUMIS überhaupt ist. Daran anschließend müssen die Hintergründe zur Modellsystemerweiterung im Hinblick auf die zu erörternde Problemstellung beleuchtet werden. Dabei ist zu berücksichtigen, daß beispielsweise weder

die pflanzenbaulichen P_2O_5 -Entzüge pro Flächeneinheit noch die tierischen P_2O_5 -Ausscheidungen konstante Größen sind. Sie unterliegen genauso Änderungen durch den technischen Fortschritt wie die Nährstoffzusammensetzung der Klärschlämme bedingt durch technische Neuerungen auf den Kläranlagen.

In Zukunft wird aufgrund von abfallrechtlichen Bestimmungen neben der stofflichen Verwertung von Klärschlämmen und Bioabfällen nur noch die Verbrennung als Entsorgung Bestand haben. Die Landwirte können sich daher bei einem Angebotsüberschuß an Sekundärrohstoffdüngern zukünftig noch mehr an den dortigen "Vergleichspreisen" orientieren, wenn sie ihre sog. Einarbeitungsprämien ermitteln. Da der Umfang der Sekundärrohstoffverwertung in der Praxis nicht dirigistisch festgelegt wird, sondern in einem marktwirtschaftlichen System hauptsächlich von betriebswirtschaftlichen Erwägungen gesteuert wird, ist es somit in diesem Kontext von besonderer Bedeutung, die sich abzeichnende Preisbildung detailliert zu betrachten.

In der Praxis hilft es dem Entscheidungsträger wenig, wenn er mit einer unübersichtlichen Flut von Prognoseergebnissen überschüttet wird. Vielmehr braucht er Szenarioergebnisse zu einzelnen prägnanten Voreinstellungskonstellationen. Dabei muß nicht zwangsweise der zukünftige Status quo abgebildet werden. Es kann interessanter sein, zu sehen, welchen Einfluß einzelne Steuerungsinstrumente haben, damit sie bei der Umsetzung der Theorie in die Praxis wohldosiert zur Anwendung kommen können.

Vor diesem Hintergrund gilt es, die Gründe für die Auswahl der berechneten Szenarien darzulegen.

Die letztlich erzeugten Ergebnisse müssen anschließend dargelegt und erläutert werden. Dabei brauchen der Übersichtlichkeit halber nicht alle Zahlen vollständig wiedergegeben werden. Es gilt vielmehr, die relevanten Punkte herauszustellen.

Die Ergebnisse sind dann im Anschluß kritisch auf Plausibilität und Aussagekraft zu hinterfragen. Für die Beratung ist darüber hinaus von besonderem Interesse welche Schlußfolgerungen die einzelnen Akteure möglicherweise im Hinblick auf die skizzierte Entwicklung treffen werden.

2. Rechtliche Aspekte

Dieses Kapitel vermittelt einen Einblick in die rechtlichen Rahmenbedingungen, soweit dies als Hintergrundwissen für die vorliegende Fragestellung notwendig ist. Es werden deshalb nur die für die Arbeit besonders wichtigen Paragraphen und Erläuterungen herausgestellt. Soweit im Einzelfall ergänzende Ausführungen notwendig erscheinen, erfolgen diese in den einzelnen Kapiteln an gegebener Stelle.

2.1. Abfallrechtliche Dimension

2.1.1. Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz

Ziel dieses Bundesgesetzes¹ ist die Vermeidung, Verwertung und Entsorgung von Abfällen in der genannten Hierarchienfolge. § 5, Abs. 4 besagt, daß die Pflicht zur Verwertung von Abfällen einzuhalten ist, "soweit dies technisch möglich und wirtschaftlich zumutbar ist, insbesondere für einen gewonnenen Stoff oder gewonnene Energie ein Markt vorhanden ist oder geschaffen werden kann. (...) Die wirtschaftliche Zumutbarkeit ist gegeben, wenn die mit der Verwertung verbundenen Kosten nicht außer Verhältnis zu den Kosten stehen, die für eine Abfallbeseitigung zu tragen wären".

Die entsorgungspflichtigen Körperschaften sind demnach gehalten, ihre Klärschlämme und Bioabfallkomposte einer Verwertung zuzuführen, wenn sich ein Abnehmer findet, der nicht mehr Geld verlangt als für eine Entsorgung aufzuwenden wäre.

Die Verwertung kann stofflich oder energetisch erfolgen.² Der Gesetzgeber grenzt die thermische Behandlung zur Erlangung inerte Reststoffe vom energetischen Recycling ab. Er legt fest, daß der Heizwert von Abfallstoffen für ein energetisches Recycling mindestens 11 MJ/kg betragen muß und läßt lediglich für nachwachsende Rohstoffe³ geringere Grenzwerte zu (§ 6, Abs. 2).

¹ Die genaue Bezeichnung des Gesetz lautet: GESETZ ZUR FÖRDERUNG DER KREISLAUFWIRTSCHAFT UND SICHERUNG DER UMWELTVERTRÄGLICHEN BESEITIGUNG VON ABFÄLLEN (Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz -KrW-/AbfG) vom 27.9.1994, BGBl. I S. 2705. Im Folgenden wird die Abkürzung "KrW-/AbfG" verwendet.

² Dieses Bundesrecht bricht gegenläufiges Landesrecht, das pauschal der stofflichen Verwertung den Vorrang einräumt, wie beispielsweise § 1, Abs. 1 des ABFALLGESETZ FÜR DAS LAND NORDRHEIN-WESTFALEN in der Fassung vom 15. Dezember 1993.

Zwar werden die stoffliche und energetische Verwertung im KrW-/AbfG fast wortgleich nebeneinander genannt, doch bedeutet dies keine Gleichrangigkeit, denn im Einzelfall hat die umweltverträglichere Verwertungsart von beiden nach § 6, Abs. 1, Satz 2 Vorrang (vgl. VON KÖLLER, 1995, S. 74).

³ Bei den Abwasserverbänden und Kommunen wird diskutiert, Klärschlamm als nachwachsenden Rohstoff zu klassifizieren (SCHMELZ, 1996). Der Argumentationsstrang geht zum einem davon aus, daß der brennbare organische Teil des Klärschlammes als Zwischenprodukt eines Abbauprozesses von pflanzlicher und tierischer Nahrung des Menschen angesehen werden kann, die ihrerseits nachwachsend ist. Zum anderen sieht man im sog. Überschuß-

Maschinell entwässerter Klärschlamm hat i.d.R. einen TS-Gehalt von 33 %, verfügt aber lediglich über einen Heizwert von 2,1 MJ/kg, und selbst getrockneter Klärschlamm mit 90 % TS erreicht lediglich einen Heizwert von 9,2 MJ/kg (MURL, 1991, Abschnitt 4, S. 4).

Werden Klärschlämme verbrannt, kann also nicht von einem energetischen Recycling gesprochen werden. Stattdessen handelt es sich um eine thermische Behandlung mit dem Ziel der Volumenminimierung bei gleichzeitiger Erlangung von inerten Rückständen, die dann abgelagert werden können.

Für die Fraktion der Bioabfälle in Haushaltsabfällen leitet sich aus der o.g. Zielhierarchie des Gesetzes eine separate Erfassung der Bioabfallfraktion im Hausmüll durch die entsorgungspflichtigen Körperschaften her, sofern die Voraussetzungen des oben zitierten § 5, Abs. 4 KrW-/AbfG erfüllt sind.

Eine energetische Verwertung scheidet auch bei Bioabfällen aus (vgl. Kapitel 4.6.3).

Sowohl für Klärschlämme als auch für Bioabfälle bleibt somit nur die stoffliche Verwertung. Diese kann in folgenden Bereichen stattfinden:

- Landwirtschaft (Klärschlamm und Kompost)
- Landschaftsbau (Klärschlamm und Kompost)
- Rekultivierung, z.B. von Nachfolgelandschaften des Braunkohletagebaus (Klärschlamm und Kompost)
- Herstellung von Erds substraten (Klärschlamm und Kompost)
- Zementindustrie bei der Klinkerherstellung (Klärschlamm)⁴
- düngemittelerzeugende Industrie (Klärschlamm)

schlamm einen nachwachsenden Rohstoff. LINDNER (1997) teilte für das Bundesumweltministerium mit, daß eine solche Sichtweise nicht geteilt wird.

⁴ Der Einsatz von Klärschlamm in der Zementindustrie, der insbesondere auch in der Schweiz praktiziert wird, gilt dort als Mix von stofflicher und energetischer Verwertung (vgl. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL) (1991)).

Der Einsatz in der Produktion von Ziegelsteinen u.ä. ist bislang in Deutschland und der EU noch nicht über den Pilotmaßstab hinausgekommen (vgl. beispielsweise THIEDE UND ERDMANN (1995)). Anlässlich eines BMBF-Statusseminar zeigte sich allerdings, daß in Japan bereits erste großtechnische Ergebnisse vorliegen (vgl. beispielsweise DAIDO (1998)).

2.1.1.1. Untergesetzliches Regelwerk

2.1.1.1.1. Klärschlammverordnung

Die Ermächtigungsgrundlage dieser Bundesverordnung⁵ ist im § 8 des KrW-/AbfG zu sehen.⁶ U.a. ist vorgeschrieben, daß

- Klärschlamm lediglich auf bewirtschafteten Ackerflächen verwertet werden darf
- Ackerflächen im Naturschutz- und Wasserschutzgebieten (Zone I und II) nicht beschlammmt werden dürfen
- maximal 5 t TS in einem Zeitraum von 3 Jahren pro ha ausgebracht werden dürfen (sofern unter Beachtung der Düngeverordnung eine entsprechende Düngung angemessen wäre; vgl. Kapitel 2.2.2.1)
- alle zehn Jahre die beschlammten Flächen einer Schwermetalluntersuchung unterzogen werden müssen, deren Kosten die entsorgungspflichtige Körperschaft zu tragen hat
- bestimmte Schadstoffparameter im Klärschlamm, als auch im Boden, nicht überschritten werden dürfen.

2.1.1.1.2. NRW-Verwaltungsvorschrift zum Vollzug der Klärschlammverordnung

Die Verwaltungsvorschrift⁷ des Landesministeriums für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft (MURL, 1995b) übernimmt in wesentlichen Punkten die Auslegungsempfehlungen der Bund-Länder-Arbeitsgemeinschaft (ANNONY, 1992) im Wortlaut.

Sie verweist unter Punkt 3.3.1. auf das Düngemittelrecht, wonach sich die mit dem Klärschlamm zugeführten Nährstoffmengen, unter Berücksichtigung der Bodennährstoffvorräte, am Bedarf der Frucht bzw. der Fruchtfolge zu orientieren haben. Zum Nachweis "ist ein Düngeplan auf Basis der Empfehlungen der Landwirtschaftskammern unter Einbeziehung der Wirtschafts- und Handelsdüngergaben im Rahmen der Fruchtfolge z.B. nach den Vorgaben der Anlage 1 dieser Verwaltungsvorschrift" vorzulegen. Auf die Probleme mit der Anlage 1 macht Kapitel 4.2.2.2 aufmerksam. Auf Flächen, die bei der Bodenuntersuchung für Phosphat der Gehaltsklasse E zugeordnet werden, darf grundsätzlich kein Klärschlamm ausgebracht werden.

⁵ KLÄRSCHLAMMVERORDNUNG (AbfKlärV) vom 15.04.1992, BGBl. I, S. 912. Im Folgenden wird die Abkürzung "AbfKlärV" verwendet.

⁶ Es sei in diesem Zusammenhang auch auf die RICHTLINIE 86/278/EWG DES RATES VOM 12.06.1986 ÜBER DEN SCHUTZ DER UMWELT UND INSBESONDERE DER BÖDEN BEI DER VERWENDUNG VON KLÄRSCHLAMM IN DER LANDWIRTSCHAFT (ABl. EG Nr. L 181, S. 6) aufmerksam gemacht, die hier aber nicht weiter vertieft werden soll.

⁷ Verwaltungsvorschriften interpretieren und konkretisieren bestehende Rechtsnormen wie hier die AbfKlärV. Adressat ist nicht der Bürger, sondern die vollziehende Behörde. Verwaltungsvorschriften enthalten Anweisungen zur Ermessensausübung und zur Auslegung der bindenden Rechtsnormen im Regelfall, jedoch sind die Gerichte nur insofern an sog. norminterpretierende Verwaltungsvorschrift gebunden, als sie die Beschreibung des aktuellen Stands der Technik enthalten (QUEITSCH, 1995, S. 714).

2.1.1.1.3. Kompostverordnung

Die Bundeskompostverordnung liegt bislang erst im Entwurf⁸ vor. Die Ermächtigungsgrundlage ist, wie für die AbfklärV, im § 8 KrW-/AbfG geschaffen worden. Die Kompostverordnung soll ähnlich wie die AbfklärV für Klärschlämme, die Verwertung von Komposten rechtlich konkretisieren.

Da nach dem jetzigen Entwurf zur Kompostverordnung diese

- zunächst nur bis zum Jahr 2000 gültig sein soll und damit nicht von rechtlichem Bestand für das Zieljahr der vorliegenden Fragestellung ist, und sie
- außerdem ein zeitliches Stufen-Modell bei der Anwendung der Schadstoffgrenzwerte beinhaltet, das letztlich auf die Regelungen des Komposterlasses Baden-Württembergs hinausläuft, soll dieser Erlaß im folgenden kurz vorgestellt werden.⁹

2.1.1.1.4. Komposterlaß des Landes Baden-Württemberg

In Baden-Württemberg hatte bereits 1994 das dortige Umweltministerium einen Kompostierungserlaß (SCHMIDT-HORNIG, 1994) vorgelegt, der bis zum Inkrafttreten der Bundeskompostverordnung geltendes Recht in Baden-Württemberg darstellt.

Dieser orientiert sich im allgemeinen an den Regelungen der AbfklärV. Der Erlaß beinhaltet aber u.a. folgende wichtige Abweichungen:

- kein Ausbringungsverbot auf Dauergrünland, aber
- extrem strikte Schwermetallgrenzwerte, die über die Werte der AbfklärV hinausgehen, und die im Falle einer Kompostanwendung auf Dauergrünland eine Verwertung u.U. nicht nur im Einzelfall unmöglich erscheinen lassen. Für Ackerflächen gelten weniger strikte Grenzwerte.
- eine maximale Frachtobergrenze von 30 t TS/ha * 3 Jahren

⁸ BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT (1996): Entwurf der "Verordnung über die Verwertung von biologisch abbaubaren Abfällen auf landwirtschaftlich, forstwirtschaftlich und gärtnerisch genutzten Flächen (Bioabfall- und Kompostverordnung), Stand: 16.12.1996, Bonn. Im Folgenden wird der Begriff "Kompostverordnung" verwendet. Der vom DEUTSCHEN BUNDESRAT (1997) am 06.11.1997 herausgegebene überarbeitete Entwurf einer Bioabfallkompostverordnung sieht für zahlreiche Bioabfallarten eine Dauergrünlandanwendung vor. Für die quantitativ bedeutsamen Bioabfälle aus der separaten Erfassung bei den Haushalten mittels Biotonne aber nicht. Eine derartige Differenzierung der Bioabfallarten war in RAUMIS nicht vorgenommen worden. Es zeigt sich somit aber nach Abschluß der Berechnungen, daß es richtig war für diesen Punkt eine Szenariodifferenzierung vorzunehmen, gerade weil dieser Aspekt nachwievor umstritten ist. Ansonsten unterscheidet sich dieser Entwurf nicht wesentlich von der Vorgängerversion.

⁹ Auf entsprechende Parallelen machte beispielsweise auch die AGRAR-EUROPE (35/97, LÄNDERBERICHT 1) aufmerksam.

2.1.1.2. Antizipierendes Recht

Zukünftiges Recht kann sich aus Normen entwickeln, die zunächst noch nicht verpflichtend sind. Man spricht deshalb von vorweggreifendem oder auch antizipierendem Recht. Deshalb folgt an dieser Stelle ein kurzer Blick auf diese Normen

2.1.1.2.1. LAGA-Merkblatt M 10, RAL-Gütezeichen, Blauer Engel

Die TA Siedlungsabfall (vgl. Kapitel 2.1.1.3) verweist unter Punkt 5.4.1.2 (Anforderung an die erzeugten Komposte) auf das LAGA-Merkblatt 10¹⁰ (in der jeweils geltenden Fassung).

Es enthält Richtwerte hinsichtlich der maximal zulässigen Schwermetallgehalte im Kompost, die höher sind als die Schwermetallgrenzwerten des Komposterlasses Baden-Württembergs.

Das sog. RAL-Gütezeichen¹¹ vergibt die BUNDESGÜTEGEMEINSCHAFT KOMPOST E.V. (1992), wenn die Komposte einer Kompostierungsanlage bestimmte Mindestschadstoffgehalte nicht überschreiten. Die Bestimmungen sind aber nicht so restriktiv wie die des baden-württembergischen Komposterlasses. Gleiches gilt in noch stärkerem Maße für Komposte mit dem sog. Blauen Engel als Gütesiegel.

2.1.1.2.2. Grundsatzklärung relevanter Institutionen zur Anwendung von Komposten

Für das Land Nordrhein-Westfalen existiert eine gemeinsame Vereinbarung über Grundsätze der Anwendung von Komposten zur Verbesserung der Bodeneigenschaften und zur Pflanzenernährung in Nordrhein-Westfalen zwischen der Gütegemeinschaft Kompost Nordrhein-Westfalen e.V., der Landesanstalt für Ökologie, Landschaftsentwicklung und Forstplanung Nordrhein-Westfalen (LÖLF)¹² und den Landwirtschaftlichen Untersuchungs- und Forschungsanstalten der Landwirtschaftskammern Rheinland und Westfalen-Lippe (LUFEN) (GERWIN, POLETCHNY, LAMMERS, SCHMIDT; 1992, S. 47). Jedoch kann die Vereinbarung nach dem gegenwärtigen Stand als nicht länger richtungsweisend gelten. So sind zwar Bodenuntersuchungen für einige der in der AbfKlärV genannten Schwermetalle vorgesehen, doch bleibt die gemeinsame Vereinbarung mit einem Untersuchungsturnus von

¹⁰ Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (1995): Qualitätsempfehlungen für Kompost (Merkblatt 10, Stand 10/94) (LAGA-M 10), Berlin. Im Folgenden wird die Abkürzung "LAGA Merkblatt 10" verwendet.

¹¹ Die Abkürzung "RAL" steht für "Reichs-Ausschuß für Lieferbedingungen", der am 23.4.1925 in Berlin gegründet wurde. Das Gütezeichen wird heute vom Deutschen Institut für Gütesicherung und Kennzeichnung e.V. vergeben, unter dessen Dach auch die Bundesgütegemeinschaft Kompost e.V. angesiedelt ist (BUNDESGÜTEGEMEINSCHAFT KOMPOST E.V., 1992, S. 17).

¹² Heute Landesanstalt für Ökologie, Bodenordnung und Forstplanung (LÖBF).

15 Jahren deutlich hinter der Regelung der AbfKlärV mit einem zehnjährigen Turnus zurück.

Die gemeinsame Vereinbarung kann deshalb vom heutigen Standpunkt nur noch als ein Minimalkonsens angesehen werden.

2.1.1.3. Technische Anleitung Siedlungsabfall

Die Technische Anleitung Siedlungsabfall (TASI)¹³ ist eine Verwaltungsvorschrift auf Bundesebene zum KrW-/AbfG.¹⁴ Sie sieht im Anhang B vor, daß in Deponien ab dem Jahr 2005 nur noch inertes Material mit weniger als drei Masseprozent TOC zur Ablagerung gebracht werden darf. Daraus resultiert, daß künftig in der Praxis alle Siedlungsabfälle einer thermischen Behandlung unterzogen werden, bevor sie zur Ablagerung gelangen können.

Damit ist der bisherige Hauptentsorgungsweg, dem nach Auskunft der BUNDESREGIERUNG (1993, S. 3) 50 bis 60 % der Klärschlämme zugeführt wurden¹⁵, ab dem Jahr 2005 verschlossen. Die entsorgungspflichtigen Körperschaften sind deshalb gezwungen, andere Verwertungs- oder ggf. Entsorgungswege zu finden.¹⁶

2.1.2. Abfallverbringungsgesetz

In den Ländern der EU gilt im Grundsatz das Prinzip des freien Waren- und Güterverkehrs. Aber im § 3 Abfallverbringungsgesetzes, das ein Bundesgesetzes¹⁷ ist, wird der Beseitigungsautarkie im Inland der Vorzug eingeräumt. Damit wollte der Gesetzgeber dem sog. Abfalltourismus einen Riegel vorschieben.¹⁸ Er folgt damit dem Gebot des Artikels 130r, Abs. 2

¹³ Dritte Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Abfallgesetz (TA Siedlungsabfall) - Technische Anleitung zur Verwertung, Behandlung und sonstigen Entsorgung von Siedlungsabfällen vom 14.05.1993, BAnz. Nr. 99a. Im Folgenden wird der Begriff "TASI" verwendet.

¹⁴ Zum Rechtsstatus von Verwaltungsvorschriften vgl. Fußnote 7.

¹⁵ Der Prozentanteil der landwirtschaftlichen Klärschlammverwertung liegt demnach bei 25 - 30 %, der der thermischen Behandlung bei ca. 10 %.

¹⁶ Nach Angaben von WITTE (1997, S. 4), hat sich der Anteil der Klärschlammdeponierung in NRW innerhalb weniger Jahre von 55 % (entsprechend dem Bundesdurchschnitt) bereits auf rund 16 % im Jahr 1996 reduziert, während gleichzeitig der Anteil der Verbrennung von 10 % auf rund 39 % stieg, und die stoffliche Verwertung insgesamt annähernd stagnierte.

¹⁷ GESETZ ÜBER DIE ÜBERWACHUNG UND KONTROLLE DER GRENZÜBERSCHREITENDEN VERBRINGUNG VON ABFÄLLEN (Abfallverbringungsgesetz - AbfVerbrG) vom 30.9.1994, BGBl. I S. 2771. Im Folgenden wird der Begriff "AbfVerbrG" verwendet.

¹⁸ Das AbfVerbrG ist deshalb im Zusammenhang mit dem Ausführungsgesetz zum Basler Übereinkommen vom 30.9.1994 (BGBl. I, S. 2771) zu sehen. Durch das Ausführungsgesetz wird die VERORDNUNG (EWG) NR. 259/93 DES RATES ZUR ÜBERWACHUNG UND KONTROLLE DER VERBRINGUNG VON ABFÄLLEN IN DER, IN DIE UND AUS DER EUROPÄISCHEN GEMEINSCHAFT, vom 01.02.1993 (ABl. L 30, S. 1) in verbindliches Recht im Gebiet der Bundesrepublik Deutschland umgesetzt.

EWG¹⁹, der im Grundsatz festlegt, daß Umweltbeeinträchtigungen an ihrem Ursprung zu bekämpfen sind.

Gegen den § 3 dieses Gesetzes hatte die Kommission gegen die Bundesrepublik Deutschland geklagt worden. Der Europäische Gerichtshof (EuGH, 1995) entschied am 10.05.1995 zugunsten der Bundesrepublik Deutschland.²⁰

In der Konsequenz bedeutet dies, daß mit einer Klärschlammverbringung in das benachbarte Ausland nicht gerechnet werden kann.²¹

2.2. Düngerechtliche Dimension

2.2.1. Düngemittelgesetz

§ 9 dieses novellierten Bundesgesetzes²² schreibt die Einrichtung eines sog. Entschädigungsfonds vor. Er löst als obligatorischer Haftungsfonds den bisher freiwilligen Klärschlammhaftungsfonds²³ ab. Alle Anlagen, die Klärschlämme an die Landwirtschaft abgeben, sind verpflichtet, Beiträge an den obligatorischen Fonds zu entrichten.

Dadurch sollen im Bereich der Klärschlammverwertung unbekannte Risiken aus dem Auftreten neuer Schadstoffe sowie Vermögensschäden aus der

¹⁹ VERTRAG ZUR GRÜNDUNG DER EUROPÄISCHEN GEMEINSCHAFT (EG) in der Fassung vom 01.01.1995, u.a. abgedruckt in: EUROPÄISCHE UNION (Hrsg.): Die Vertragstexte von Maastricht mit den deutschen Begleitgesetzen, 5. Auflage, Bonn, S. 119 - 271.

²⁰ Zur verständlichen juristischen Einordnung des Urteils für Nicht-Juristen empfiehlt sich der Beitrag von WEIDEMANN (1995).

²¹ Unter bestimmten Voraussetzungen ist eine endgültige Klärschlammverbringung in EU-Länder, und unter weiteren Einschränkungen auch in EFTA-Staaten, die Vertragspartei des Baseler Übereinkommens sind, möglich. Das Verfahren zur Verwertung, von z.B. Klärschlamm in der Landwirtschaft, ist einfacher gestaltet als das zur Beseitigung. Rechtliche Details enthält u.a. ENTSORGA UND BDE (1995, S. 8 - 10). Zusammenfassend kann festgehalten werden, daß mit keinem nennenswerter Transfer in das an NRW angrenzende Ausland oder gar darüber hinaus zu rechnen, da

1. praktisch alle klärschlammabgebenden Kommunen und Abwasserverbände in den Ausschreibungsunterlagen eine Klausel eingearbeitet haben, die vorschreibt, daß die Verwertung oder Entsorgung im Inland zu erfolgen hat.
2. auch die angrenzenden Staaten Schwierigkeiten mit der vollständigen Verwertung von Klärschlamm haben und sich darüberhinaus auch dort Probleme bei der Klärschlamm-entsorgung auftun, so daß
3. nicht mit der unumgänglichen schriftlichen Zustimmung zu jedem Einfuhreinzel Fall durch das Verwertungsland zu rechnen ist. Letzteres gilt um so mehr, als Klärschlamm, Schweinegülle und Exkremente im Anhang III der VERORDNUNG (EWG) NR. 259/93 DES RATES ZUR ÜBERWACHUNG UND KONTROLLE DER VERBRINGUNG VON ABFÄLLEN IN DER, IN DIE UND AUS DER EUROPÄISCHEN GEMEINSCHAFT, vom 01.02.1993 (ABl. L 30, S. 1) im Rahmen der an Ampelfarben orientierten Bewertungsliste der Gelben Liste zugeordnet wurde. WENDENBURGER (1995, S. 839) führt aus, daß die jeweiligen Landesbehörden heute üblicherweise einem Import von Abfällen mit oftmals größter Skepsis begegnen, so daß beispielsweise selbst schadstoffreies und deshalb grün gelistetes "Altglas in die Tschechische Republik (EFTA-Staat, Anmerkung des Autors) nur mit vorheriger schriftlicher Zustimmung exportiert werden darf."

²² DÜNGEMITTELGESETZ vom 15.11.1977, BGBl. I S. 2134, entsprechend seiner letzten Änderung.

²³ Vgl. auch Fußnote 98.

nachträglichen Absenkung von Grenzwerten in Böden und Lebensmitteln abgedeckt werden, sofern sich eine Wertminderung der Flächen ergibt, bei der der eigentliche Verursacher nicht zu ermitteln ist (KLUGE, EMBERT, 1996, S. 31). Das Restrisiko der landwirtschaftlichen Klärschlammverwertung wird damit nicht mehr alleine von den Landwirten getragen. Von dieser vertrauensschaffenden Maßnahme erhofft sich u.a. das Bundeslandwirtschaftsministerium zukünftig eine größere Akzeptanz der landwirtschaftlichen Klärschlammverwertung seitens der Landwirte.

Es muß an dieser Stelle herausgestellt werden, daß der § 9 des Düngemittelgesetzes lediglich für Klärschlämme konzipiert wurde. Andere Sekundärrohstoffdünger sind nicht in den Entschädigungsfonds einbezogen worden.²⁴

2.2.2. Untergesetzliches Regelwerk

2.2.2.1. Düngeverordnung

Die Ermächtigungsgrundlage der Bundesdüngeverordnung²⁵ bildet § 1a, Abs. 3 des Düngemittelgesetzes. Die Verordnung regelt die fachliche Praxis der Düngung. Kernpunkt ist, daß die Düngung sich am Bedarf der Pflanzenkultur zu orientieren hat. Sind landwirtschaftliche Flächen mit bestimmten Nährstoffen schon hoch oder sehr hoch versorgt, ist die Düngung entsprechend zu reduzieren. Ausnahmen gewährt § 3, Abs 5: "Wirtschaftsdünger tierischer Herkunft dürfen auf Böden, die nach Feststellung einer amtlich anerkannten Untersuchungseinrichtung sehr hoch mit Phosphat oder Kali versorgt sind, nur bis in Höhe des Phosphat- oder Kalientzuges des Pflanzenbestandes unter Berücksichtigung der unter den jeweiligen Standortbedingungen zu erwartenden Erträge und Qualitäten ausgebracht werden, wenn schädliche Auswirkungen auf Gewässer nicht zu erwarten sind."²⁶

Es gilt, daß ansonsten die Wirtschaftsdüngergabe den pflanzlichen Entzug an Phosphor und/oder Kalium, beispielsweise auf Flächen der Versorgungs-

²⁴ Zudem ist der Begriff Klärschlamm sehr eng ausgelegt. Zur Kritik an dieser Vorgehensweise vgl. Fußnote 99.

²⁵ VERORDNUNG ÜBER DIE GRÜNDSÄTZE DER GUTEN FACHLICHEN PRAXIS BEIM DÜNGEN (Düngerverordnung) vom 26.01.1996, BGBl. I, S. 118. Im Folgenden wird der Begriff "Düngerverordnung" verwendet.

²⁶ In der Begründung zur Düngerverordnung (BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN, 1995a) heißt es an dieser Stelle: "Zur Aufrechterhaltung des innerbetrieblichen Nährstoffkreislaufes und aus Sicht der langfristigen Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit ist es jedoch sinnvoll, den Nährstoffbedarf der angebauten Kultur bis in Höhe der Nährstoffabfuhr vom Feld auch auf diesen Flächen mit den im Betrieb anfallenden Wirtschaftsdüngern abzudecken. (...) Eine weitere Anreicherung der Nährstoffe im Boden ist zu vermeiden." Die Rückführung der Flächen in die Bodenversorgungsstufe C stellt ein Ziel der Verordnung dar. Mit der oben zitierten Regelung ist allerdings den Bedenken des Deutschen Bauernverbandes hinsichtlich der Existenzgrundlage der Veredlungsbetrieben Rechnung getragen worden (WERNER, 1999).

stufe D ("hoch versorgt"²⁷), deutlich überschreiten darf, wenn dadurch Gewässer nicht direkt in Mitleidenschaft gezogen werden und weitere restriktive Parameter, beispielsweise zu Stickstoff, beachtet werden.

Bemerkenswert ist, daß die Düngeverordnung damit eine Ausnahmeregelung für Wirtschaftsdünger geschaffen hat, die die NRW-Verwaltungsvorschrift zur AbfKlärV für die Klärschlammverwertung nicht kennt.

2.2.2.2. Klärschlamm-Entschädigungsfondsverordnung

Die Ermächtigungsgrundlage zu dieser bislang erst im Entwurf vorliegenden Verordnung²⁸ liegt in § 9, Abs. 3 des Düngemittelgesetzes. Hinsichtlich der Details, auch bzgl. der Umsetzung in RAUMIS, sei auf Kapitel 4.5.2 verwiesen.

2.2.2.3. Düngemittelverordnung

Die Ermächtigungsgrundlage ist in § 2, Abs. 2 des Düngemittelgesetzes gegeben. Die Bundesdüngemittelverordnung²⁹ stuft sowohl Klärschlamm als auch Bioabfallkomposte als Sekundärrohstoffdünger ein. Infolgedessen "kann künftig ein Abfallstoff nicht alleine auf Grundlage niedriger Schadstoffgehalte auf landwirtschaftlichen Flächen 'entsorgt' werden (Schadlosigkeitsprinzip), sondern muß zusätzlich für eine landbauliche Verwertung den düngemittelrechtlichen Anforderungen an Stoffe nach § 1 Düngemittelgesetz genügen (Nützlichkeitsprinzip). Mit diesen Vorschriften ist die Landwirtschaft nicht länger 'Senke' für allein nach ihren Schadstoffgehalten für die landwirtschaftliche Verwertung geeignete Abfälle" (KLUGE UND EMBERT, 1996, S. 200).

²⁷ Die Düngeverordnung spricht nur von Böden die "hoch" oder "sehr hoch" angereichert sind. Die Zuordnung zu den angegebenen Bodenversorgungsstufen entspricht aber Punkt 2.3.4. der NRW-Verwaltungsvorschrift zur Düngeverordnung (MURL, 1997d, S. 293).

²⁸ BUNDESREGIERUNG (1997a): Entwurf der "Verordnung über den Klärschlamm-Entschädigungsfonds (Klärschlamm-Entschädigungsfondsverordnung - KlärEV)", publiziert u.a. in: Bundestag-Drucksache 13/8292).

BUNDESREGIERUNG (1997b): Entwurf der "Begründung zur Verordnung über den Klärschlamm-Entschädigungsfonds", publiziert u.a. in: AGRAR-EUROPE (35/97, DOKUMENTATION 6 - 11).

²⁹ DÜNGEMITTELVERORDNUNG vom 09.06.1991, BGBl. I S. 1450, entsprechend seiner letzten Änderung.

2.3. Genehmigung zur Errichtung und zum Betrieb von Kompostierungsanlagen

2.3.1. Bundesimmissionsschutzgesetz

Anlagen zur Behandlung von Abfällen müssen den Vorschriften des Bundesimmissionsschutzgesetzes³⁰ Rechnung tragen. Erfüllen die Anlagen die gesetzlichen Auflagen, müssen sie, unter Berücksichtigung von raumordnenden Belangen, genehmigt werden.³¹ In § 4 ist die Ermächtigungsgrundlage für die nachfolgende Verordnung gegeben.

2.3.2. Vierte Bundesimmissionsschutzverordnung als untergesetzliches Regelwerk

Im Anhang dieser Verordnung³² ist unter dem Punkt 8.5 festgelegt, daß Anlagen zur Kompostierung mit einer Durchsatzleistung von mehr als 0,75 t/h und weniger als 10 t/h nach einem vereinfachten Genehmigungsverfahren nach § 19 BImSchG errichtet werden können. Anlagen mit einem höheren Stundendurchsatz unterliegen dem normalen Genehmigungsverfahren nach § 10 BImSchG.

Anlagen unter 0,75 t Durchsatz pro Stunde unterliegen u.U. einem noch einfacherem Genehmigungsrecht. Nach NIES UND KLAGES-HABERKERN (1993, S. 16 und 17) ist strittig, ob sie, unter Berücksichtigung von TASI-Vorschriften zum Bau und Betrieb von Kompostierungsanlagen, womöglich nach Baurecht genehmigt werden könnte. Für die Landwirtschaft mit ihren Bauprivilegien würde dies eine nochmalige Bevorzugung bedeuten.

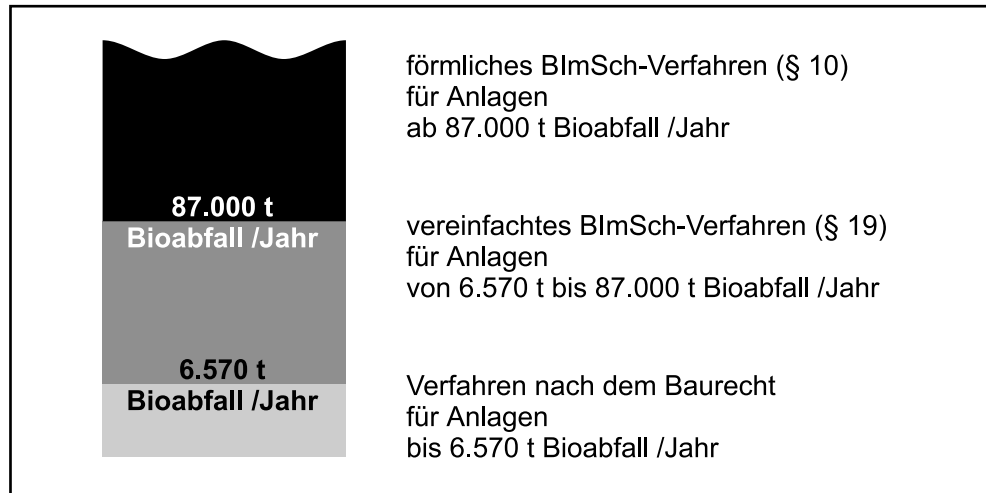
Da Bioabfall während des Kompostierungsprozesses einem rund 50-prozentigen Masseverlust unterliegt, gab es in der Vergangenheit immer wieder Schwierigkeit, ob sich die Durchsatzangabe auf den Bioabfallinput oder den Kompostoutput bezieht (VON LOSSAU, KRAUß, NEIDHARDT, 1992, S. 47 und 48). Geht man von der Inputvariante aus, so kann eine Kompostierungsanlage, die nach dem Baugesetzbuch errichtet werden soll bis zu 6570 t FS an Bioabfallkompost produzieren. Dies entspräche einer Bioabfallmenge von ca. 13.000 t FS.

³⁰ GESETZ ZUM SCHUTZ VOR SCHÄDLICHEN UMWELTEINWIRKUNGEN DURCH LUFTVERUNREINIGUNGEN, GERÄUSCHE, ERSCHÜTTERUNGEN UND ÄHNLICHEN VORGÄNGEN (Bundes-Immissionsschutzgesetz - BImSchG), BGBl. S. 3486. Im Folgenden wird die Bezeichnung "BImSchG" verwendet.

³¹ Ein Planfeststellungsverfahren sieht das KrW-/AbfG nur noch für Abfalldeponien vor.

³² VIERTE VERORDNUNG ZUR DURCHFÜHRUNG DES BUNDES-IMMISSIONSSCHUTZGESETZES (Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen - 4. BImSchV) vom 24.07.1985 BGBl. I S. 1782. Im Folgenden wird die Bezeichnung "4. BImSchV" verwendet.

Abbildung 1: Genehmigungsverfahren bei Kompostierungsanlagen in Abhängigkeit von der geplanten Anlagengröße



3. Modellsystem RAUMIS

Um die noch zu beschreibenden komplexen agrarökonomischen Szenarioberechnungen durchführen zu können, benötigt man ein rechnergestütztes Modellsystem. Hierfür wurde das "Regionalisierte Agrar- und Umweltinformationssystem für die Bundesrepublik Deutschland" (RAUMIS) herangezogen, das im Hinblick auf die zu betrachtende Fragestellung um einige Aspekte erweitert werden mußte. In diesem Kapitel wird zunächst das gewählte Modellsystem RAUMIS skizziert, um anschließend detaillierter auf die Hintergründe der Modellsystemerweiterung einzugehen.

RAUMIS wurde am Institut für Agrarpolitik der Universität Bonn seit den 80er Jahren entwickelt.³³ Ursprünglich umfaßte es lediglich die alten Bundesländer. Nach der Wiedervereinigung Deutschlands wurde am selben Institut das "Simulations- und Monitoringssystem für den Agrarbereich der ehemaligen DDR" (SIMONA)³⁴ für die neuen Bundesländer entwickelt. 1995 wurden beide Modellsysteme miteinander verschmolzen und weiterentwickelt. Das so entstandene System trägt wiederum den Namen RAUMIS.

Im folgenden sollen in geraffter Form wesentliche Charakteristika des Modellsystems RAUMIS beschrieben werden, soweit dies für das Verständnis der vorliegenden Arbeit notwendig ist. Für eine detaillierte Auseinandersetzung mit dem Modellsystem wird auf die entsprechenden neuen Dokumentationswerke verwiesen³⁵.

³³ In diesem Zusammenhang sei auf die entsprechenden Zwischen- und Abschlußberichte verwiesen, die detailliert die Entwicklungsgeschichte von RAUMIS wiedergeben:

- HENRICHSMEYER, W., DEHIO, J., GÄRTNER, W., KAMPEN, R.,v., STROTMANN, B. (1989): Zwischenbericht zum Forschungsvorhaben "Aufbau eines computergestützten regionalisierten Agrar- und Umweltinformationssystem für die Bundesrepublik Deutschland", Bonn.
- HENRICHSMEYER, W., DEHIO, J., KAMPEN, R.,v., KREINS, P., STROTMANN, B. (1990): Zwischenbericht 1990 zum Forschungsvorhaben "Aufbau eines computergestützten regionalisierten Agrar- und Umweltinformationssystem für die Bundesrepublik Deutschland", Bonn.
- HENRICHSMEYER, W., DEHIO, J., KAMPEN, R.,v., KREINS, P., STROTMANN, B. (1992): Endbericht zum Forschungsvorhaben "Aufbau eines computergestützten regionalisierten Agrar- und Umweltinformationssystem für die Bundesrepublik Deutschland" - Modellbeschreibung (BMELF 88 HS 025), Bonn.
- HENRICHSMEYER, W., KREINS, P. (1992): Endbericht zum Forschungsvorhaben "Aufbau eines computergestützten regionalisierten Agrar- und Umweltinformationssystem für die Bundesrepublik Deutschland" - EDV-Beschreibung (BMELF 88 HS 025), Bonn.

³⁴ HENRICHSMEYER et. al. (1993): Abschlußbericht zur zweiten Projektphase des Forschungsvorhabens - 90 HS 021 - des BMELF "Entwicklung eines differenzierten Simulations- und Monitoringsystems für den Agrarbereich der ehemaligen DDR" (SIMONA), Bonn.

³⁵ HENRICHSMEYER et. al. (1995): Stand der Arbeiten im Kooperationsprojekt zur Entwicklung des gesamtdeutschen Agrarsektormodells RAUMIS 96, Bonn / Braunschweig.
HENRICHSMEYER et. al. (1996): Endbericht zum Kooperationsprojekt "Entwicklung des gesamtdeutschen Agrarsektormodells RAUMIS 96", Bonn / Braunschweig.

3.1. Zielsetzung des Programms und übergeordnete Zielkomponente der Berechnungen

Das Modellsystem RAUMIS ist mit der Zielsetzung aufgebaut worden, ein computergestütztes Agarsektormodell zu erstellen, das gleichzeitig die kausalen Verknüpfungen zwischen der Landwirtschaft und ihren Auswirkungen auf die Umwelt darstellt.

Die übergeordnete Zielkomponente bei den Szenarioberechnungen mit RAUMIS liegt in der Einkommensmaximierung der einzelnen Regionen des Modellsystems. Nicht-monetäre Zielkomponenten im Rahmen einer mehrdimensionalen Nutzenfunktion können im Modell daher nicht berücksichtigt werden. HENRICHSMEYER UND WITZKE (1991, S. 219 - 221) diskutieren verschiedene Auffassungen in der Literatur und kommen zu dem Ergebnis, daß die Annahme der Gewinnmaximierung i.d.R. die geeignetste Arbeitshypothese für die Erklärung der laufenden landwirtschaftlichen Unternehmensentscheidungen über Faktoreinsatz und Produktionsprogramm darstellen, da sich Landwirte in starkem Maße einkommensorientiert verhalten.

Da RAUMIS aber auch als Umweltinformationssystem fungiert, gibt es ferner über folgende Bereiche in Verbindung mit der landwirtschaftlichen Produktion Auskunft:

- Stickstoff-Bilanzierung
- Phosphat- und Kalium-Bilanzierung³⁶
- Pflanzenschutzmittelgefährdungspotential
- Arten- und Biotopschutz
- Gasförmige Emissionen

3.2. Konzept des Modellsystems

3.2.1. Regionale Untergliederung

Insgesamt sind 431 Modellkreise spezifiziert, die als Kreishöfe angesprochen werden. Die Kreishöfe orientieren sich im allgemeinen an den Landkreisen. Kreisfreie Städte werden benachbarten Kreisen zugeschlagen. Für das Bundesland Nordrhein-Westfalen ergeben sich so beispielsweise 31 Kreishöfe. Die Namensbezeichnung orientiert sich an den Autokennzeichen der jeweiligen Kreise. Kreishöfe denen kreisfreie Städte oder andere Landkreise zugeordnete wurden, tragen jeweils ein "Q" als dritten Kennungsbuchstaben. Die nachfolgende Tabelle zeigt, wie die Zuordnung dieser Kreishöfe in RAUMIS erfolgt.

³⁶ Dieser Bereich wurde u.a. in Hinblick auf die Fragestellung der vorliegenden Arbeit neu implementiert (vgl. Kapitel 4.2).

Tabelle 1: Die aggregierten Kreishöfe in RAUMIS

MEQ	Kreis Mettmann, Düsseldorf, Duisburg, Essen, Mülheim, Oberhausen, Remscheid, Solingen, Wuppertal
VIQ	Viersen, Krefeld, Mönchengladbach
ACQ	Aachen (Landkreis), Aachen (Stadt)
GLQ	Rheinisch-Bergischer-Kreis, Köln, Leverkusen
SUQ	Rhein-Sieg-Kreis, Bonn
REQ	Kreis Recklinghausen, Bottrop, Gelsenkirchen
WAQ	Kreis Warendorf, Münster / W.
HFQ	Kreis Herford, Bielefeld
ENQ	Ennepe-Ruhr-Kreis, Bochum, Hagen, Herne
UNQ	Kreis Unna, Hamm, Dortmund

Die anderen NRW-Kreishöfe in RAUMIS entsprechen den verbleibenden politischen Landkreisen. Dies sind: Kleve (KLE), Neuss (NE), Wesel (WES), Düren (DN), Erftkreis (BM), Euskirchen (EU), Heinsberg (HS), Oberbergischer Kreis (GM), Borken (BOR), Coesfeld (COE), Steinfurt (ST), Gütersloh (GT), Höxter (HX), Detmold (DT), Minden (MI), Paderborn (PB), Hochsauerlandkreis (HSK), Märkischer Kreis (MK), Olpe (OE), Siegen-Wittgenstein (SI) und Soest (SO).

3.2.2. RAUMIS als angebotsorientiertes Mittelfristmodell

Da RAUMIS als nationales Modell konzipiert wurde, kann es nur die Angebotsseite erfassen, weil sich die Preisbildung auf dem gemeinsamen EU-Markt vollzieht, die ihrerseits durch die Entwicklung auf den Weltagarmärkten beeinflusst wird (LÖHE UND SANDER, 1997, S. 56). Das bedeutet, daß die Abnahmepreise als exogene Größen vorgegeben werden.

Als komparativ-statisches Mittelfristmodell verfügt RAUMIS über einen sog. aktivitätsanalytischen Ansatz, der den deutschen Agrarsektor nach der Definition der Landwirtschaftlichen Gesamtrechnung abbildet.³⁷

Jeder Kreishof maximiert in RAUMIS das Einkommen seiner Landwirte. Diese Optimierung erfolgt über einen Allokationsmechanismus mit nicht-linearer Zielfunktion, jedoch mit linearen Restriktionen ("Positive Quadratische Programmierung"). Als Ergebnis der einzelnen Kreishöfe werden Produktionsstrukturen und -mengen, Faktor- und Vorleistungseinsatz, Einkommen und Umweltkennziffern ausgewiesen.

³⁷ Ein rekursiv-dynamischer Ansatz soll künftig in RAUMIS den komparativ-statischen Ansatz ersetzen. Die Entwicklung gestaltet sich aber schwierig, so daß für die vorliegende Arbeit nachwievor der komparativ-statische Ansatz zum Einsatz kam. Die Vorteile des rekursiv-dynamischen Ansatzes in RAUMIS beschreibt CYPRIS (voraussichtlich 1999) in einer Dissertation. Einstweilen sei auf die grundlegenden Überlegungen zur positiv mathematischen Programmierung bei HOWITT (1995) verwiesen.

„Im Rahmen der Einkommensrechnung werden die monetären Input- und Outputgrößen zusammengeführt. Dabei wird durch Konsistenzprüfung gewährleistet, daß die aggregierten Einkommensgrößen in der Ex-Post-Abbildung mit den Dreijahresmitteln der Landwirtschaftlichen Gesamtrechnung übereinstimmen.“ (HENRICHSMAYER UND WEINGARTEN, 1992, S. 14). Durch diese Vorgehensweise kann das Modell für Simulationsrechnungen „geeicht“ werden.

Für jede RAUMIS-Region läßt sich das landwirtschaftliche Einkommen auf der Grundlage der Nettowertschöpfung zu Faktorkosten entsprechend der nachfolgenden Berechnungsmethode ermitteln (WEINGARTEN, 1995, S. 65):

	Produktionswert (beinhaltet produktionsabhängige Subventionen)
-	Vorleistungen
=	Bruttowertschöpfung zu Marktpreisen (LP-Lösung)
+	produktionsunabhängige Subventionen
-	Produktionssteuern
=	Bruttowertschöpfung zu Faktorpreisen
-	Abschreibungen
=	Nettowertschöpfung zu Faktorkosten

In RAUMIS gehen produktionsabhängige Subventionen und Produktionssteuern in die Zielzeile des LP-Modells ein und beeinflussen dadurch die Ausgestaltung des optimalen Produktionsprogramms, wohingegen produktionsunabhängige Subventionen und Produktionssteuern im LP-Modell nicht berücksichtigt werden. Sie finden Eingang in die auf der LP-Lösung aufbauende Einkommensberechnung, bei der auch die Abschreibungen berücksichtigt werden.

3.2.3. Produktionsverfahren und -intensitäten

Im pflanzlichen Produktionsbereich bietet RAUMIS 24 ackerbauliche Verfahren³⁸ an. Dabei handelt es sich um die nachfolgenden Verfahren³⁹: Winterweizen (WWEI), Sommerweizen (SWEI), Roggen (ROGG), Wintergerste (WGER), Sommergerste (SGER), Hafer (HAFE), sonstiges Getreide (SGET), Körnermais (KMAI), Hülsenfrüchte (HUEL), Frühkartoffeln (FKAR), Spätkartoffeln (SKAR), Zuckerrüben (ZRUE), sonstige Pflanzen (SPFL) und sonstige Handelsgewächse (SHAN), Raps (RAPS), sonstige Ölpflanzen (SOEL), Gemüse (GEMU), Obst (OBST), Weinreben (REBL), Klee (KLEE), Luzerne (LUZE), Feldgras (FEGR), Silomais (SMAI) und Futterrüben (SHAC).

³⁸ Mit dem Verfahren "Nachwachsender Rohstoff Raps" (NRRRA), das hier nicht weiter abgehandelt werden soll, wäre es noch ein Verfahren mehr.

³⁹ Die Klammerbezeichnung gibt das in RAUMIS verwendete Kürzel wieder.

In Ergänzung dazu können innerhalb bestimmter Schranken auch verschiedene Bodenbearbeitungsintensitäten bei einigen Ackerfrüchten dargestellt werden. Es wird unterschieden in:

- Verfahren mit Pflugbearbeitung,
- Verfahren mit Grubber- bzw. Scheibeneggenbearbeitung und
- Verfahren mit Stempelsaat.

Den Einsparungen an Arbeits- und Betriebsmitteln steht bei der konservierenden Bodenbearbeitung in RAUMIS ein geringerer Ertrag gegenüber.⁴⁰

Ferner unterscheidet RAUMIS vier Grünlandverfahren:

Wiesen (WIES), Weiden (WEID), extensiv bewirtschaftete Wiesen und Weiden (EXGR) und Hutungen (HUTU), die ganz extensiv bewirtschafteten werden. Somit können auch in diesem Grünlandbereich verschiedene Intensitäten dargestellt werden.

Im tierischen Produktionsbereich unterscheidet RAUMIS 16 Verfahren: Milchkühe (MIKU), Bullen (BULL), Färsen (FMAS), Färsenaufzucht (FAUF), Kälberaufzucht (KAUF), Kälbermast (KMAS), Altkühe (ALTK), Mutter- und Ammenkühe (AMMU), Schafe (SCHA), Schweinemast (SMAS), Sauenhaltung (SAUH), Legehennen (LEGE), Junghennen (JUHE), Masthähnchen (MAHH), sonstiges Geflügel (SOGU), sonstige Tierhaltung (SOTI).

Der Vorleistungseinsatz wird i.d.R. in physischen Größen, beispielsweise bei Dünger, Futter oder Tierbestandsergänzungen, abgebildet. Eine Ausnahme bilden monetäre Größen bei Reparaturkosten, Energie, Saatgutkosten, tierärztliche Behandlung etc..

Die Bereiche der pflanzlichen und tierischen Produktion sind auf vielfältige Weise in RAUMIS miteinander verknüpft. Einerseits beanspruchen sie alle Arbeit, aber auch über das Futtermodul und den Wirtschaftsdünger sind Interdependenzen gegeben.

3.2.4. Datenbasis des Modellsystems

In RAUMIS sind die Daten der Totalerhebung der Agrarberichterstattung aus den Jahren 1979, 1983, 1987 und 1991 erfaßt. Die Totalerhebung des Jahres 1995 war zum Zeitpunkt der Berechnungen noch nicht implementiert. Da im Bereich der landwirtschaftlichen Produktion Witterungsphänomene die Aussagefähigkeit dieser Einzeldaten erheblich beeinträchtigen können, werden die Schwankungen der Einzeldaten in RAUMIS durch mehrjährige Mittel geglättet.

Neben den schon erwähnten Agrarfachstatistiken, die kreisspezifische Daten über die Ertragsentwicklung, die Flächennutzung und die Viehbestände liefern, werden Daten unterschiedlichster Herkunft in einem aktivitätsanalytischen, konsistenten Rahmen zusammengeführt.

⁴⁰ Eine detaillierte Beschreibung des Extensivierungsmoduls gibt LÖHE (1996).

- Aus der Arbeitskräftestatistik werden Informationen zum Arbeitseinsatz in der Landwirtschaft entnommen.
- Das Sektorale Produktions- und Einkommensmodell der Landwirtschaft der Europäischen Union (SPEL⁴¹) liefert sektorale Daten zu Produktionsumfängen und -mengen, Faktor- und Vorleistungseinsatz sowie Preisen.
- Sonstige Statistiken liefern Daten zur Preisentwicklungen von Vorleistungsgrößen sowie zum Handelsdüngereinsatz auf Sektorebene.
- Kalkulationsdaten für die Landwirtschaft werden hinsichtlich prozeßspezifischer Vorleistungsgrößen, technologiespezifischer Abschreibungskosten und des dazugehörigen Arbeitskräftebedarf genutzt. Hauptinformationsquelle ist hier das Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL).

RAUMIS ist mit der Programmiersprache FORTRAN⁴² geschrieben worden. Bei der linearen Programmierung kommt das FORTRAN-Programmpaket MINOS zur Anwendung.

Mit RAUMIS sind einerseits Ex-post-Abbildungen möglich, andererseits können aber auch Vorausschätzungen und Simulationsanalysen durchgeführt werden, bei denen modellendogen der optimale Produktionsumfang mit dem damit verbundenen Faktoreinsatz, vor dem Hintergrund der vorgegebenen exogenen Rahmenbedingungen und Ressourcen, berechnet wird.

Entsprechend dem komparativ-statischen Ansatz werden bei in die Zukunft gerichteten Simulationsrechnungen verschiedene Parameter, die sich im Zeitablauf durch biologisch-technischen Fortschritt ändern (z.B. Milchleistung pro Kuh, Ertrag pro ha) in das jeweilige Zieljahr fortgeschrieben. Dabei berücksichtigt RAUMIS auch den erhöhten Arbeits und Nährstoffbedarf bei steigenden Erträgen der Pflanzenproduktion.

LÖHE UND SANDER (1997, S. 55) erläutern, daß die optimale spezielle Intensität für ertragssteigernde Inputs, basierend auf dem Konzept der neoklassischen Ertragsfunktionen, aufgrund von relativen Produkt/Vorleistungspreisverhältnisse bestimmt wird.

Weitere Faktoren wie die Nutzungsumwandlung von landwirtschaftlichen Flächen zu Bauland, die Abwanderung von Arbeitskräften aus der Landwirtschaft etc. werden in RAUMIS ebenfalls berücksichtigt.

⁴¹ Eine kurze Übersicht über das Modellsystem geben HENRICHSMEYER, W.; WEBER, G.; WOLF, W. (1995): SPEL-System, Überblick über das SPEL-System (Rev. 1), Luxemburg.

⁴² Da beim Aufbau der gesamtdeutschen RAUMIS-Version auf komplexe Teile der alten RAUMIS-Version zurückgegriffen wurde, die bereits in FORTRAN 77 geschrieben waren, wurde in den 90er Jahren nicht von der Möglichkeit Gebrauch gemacht mit der aktuelleren FORTRAN 90-Version zu arbeiten. Ein Vergleich der Beschreibung von FORTRAN 77 (RRZN, 1991) mit der Beschreibung von FORTRAN 90 (RRZN, 1995) zeigt allerdings auch, daß die Unterschiede grundsätzlich nicht überbewertet werden sollten, da die Grundzüge und Befehle weitestgehend identisch geblieben sind.

Eine immer wieder empfohlene Einführung in FORTRAN 77 bietet WEHNES (1985), darüber hinaus sei auch auf die Arbeit von GREUEL (1994) verwiesen, die sich speziell mit der FORTRAN 77-Programmierung von agrarsektoralen Politikinformationssystemen beschäftigt.

Um beispielsweise Substitutionsmöglichkeiten nicht unbegrenzten Spielraum zu geben, sind für einzelne Verfahren Anpassungsober- und untergrenzen festgelegt. So kann sich auch der Produktionsfaktor Arbeit nur innerhalb bestimmter Grenzen erhöhen oder vermindern, weil beispielsweise eine Abwanderung von 90 % der Arbeitskräfte in andere Sektoren innerhalb eines zehnjährigen Betrachtungszeitraumes unrealistisch wäre.

3.2.5. Modularer Aufbau

RAUMIS besteht aus verschiedenen Modulbausteinen, die z.T. je nach bearbeiteter Fragestellung zu- oder abgeschaltet werden können (z.B. Pflanzenschutzmittelmodul, Extensivierungsmodul etc.). Einzelne Kernmodule sind hingegen von essentieller Bedeutung.

Durch den modulartigen Aufbau des Modellsystems können die einzelnen Schritte im Programm gut nachvollzogen werden.

3.2.6. Bisherige Anwendungsfelder des Modellsystems

Das gesamtdeutsche RAUMIS-Modell wurde bislang hauptsächlich zur Politikberatung genutzt. Dabei standen insbesondere Fragen zur Fortführung der gegenwärtigen Agrarpolitik sowie zur darüberhinausgehenden Liberalisierung der Agrarmärkte mit ihren Auswirkungen auf den Agrarsektor und die Agrarregionen der Bundesrepublik Deutschland im Zentrum der Berechnungen.

Mit den RAUMIS-Vorgängerversionen wurden neben der Politikberatung auch grundsätzlichere wissenschaftliche Fragen evaluiert, die ihren Niederschlag u.a. in den nachfolgenden Dissertationen fanden:

- Nachwachsende Rohstoffe (ZIMMERMANN, 1993)
- Grundwasserschutz und Landwirtschaft (WEINGARTEN, 1995)
- Auswirkungen von Auflagen und Steuern im Pflanzenschutzbereich (DEHIO, 1993)
- Auswirkungen einer Stickstoffsteuer (STROTMANN, 1992)
- Gasförmige Emissionen (MEUDT, 1998)

Seit Beginn der Entwicklung von RAUMIS am Institut für Agrarpolitik der Universität Bonn im Auftrag des Bundeslandwirtschaftsministeriums wurden für den Auftraggeber immer wieder Simulationsrechnungen als Beitrag für die Politikberatung durchgeführt. Seit 1993 wird RAUMIS auch in der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft verwendet. Teile der Neuentwicklung der gesamtdeutschen Version wurden dort entwickelt. Daneben wird RAUMIS in der Forschungsgesellschaft für Agrarpolitik und Agrarsoziologie e.V. genutzt.

RAUMIS hat im Laufe der Jahre ein gutes Renommé gewonnen. Für die vorliegende Fragestellung erschien es als geeignetes Werkzeug hinsichtlich einer quantitativen Betrachtung. Allerdings waren noch Erweiterungen im Hinblick auf die zu erörternden Szenarien notwendig. Der Hintergrund dieser Erweiterungen wird im folgenden Kapitel dargelegt.

4. Hintergründe der Modellsystemerweiterungen

Im folgenden werden die Erweiterungen vor ihrem sachlichen Hintergrund dargelegt, um die vorgenommenen Maßnahmen nachvollziehbar zu machen.

4.1. Regionsspezifisch verfügbare Verwertungsflächen

Aufgrund von Ausbringungsverboten entspricht die potentiell verfügbare regionale Verwertungsfläche für Klärschlamm lediglich der Ackerfläche abzüglich

- der Flächen, die in Wasserschutzgebieten der Zone I und II liegen (vgl. § 4, Abs. 7 AbfKlärV)
- der Flächen, die in Naturschutzgebieten liegen, sofern sie nicht schon als Wasserschutzgebiet erfaßt sind (vgl. § 4, Abs. 6 AbfKlärV)
- der Flächen der Bodenversorgungsstufe E für P_2O_5 ⁴³ (vgl. Punkt 3.3.1 der NRW-Verwaltungsvorschrift zur AbfKlärV)
- der Flächenstilllegungsflächen (vgl. Düngeverordnung)
- der Obstflächen (vgl. § 4, Abs. 2 AbfKlärV)
- 50 % der Gemüseanbauflächen (vgl. ebenfalls § 4, Abs. 2 AbfKlärV).

Gemüseanbauflächen sind nur zu 50 % ausgeschlossen, weil nach § 4, Abs. 2 AbfKlärV lediglich im Jahr der Klärschlammausbringung und im darauf folgenden Jahr der Anbau von Feldgemüse unzulässig ist. Infolgedessen dürfte eine Klärschlammverwertung beispielsweise auf intensiv bewirtschafteten Feldgemüseanbauflächen der Köln-Aachener Bucht selbst bei einem guten Timing nicht immer möglich sein. In anderen Fällen ist aber durchaus denkbar, daß sich eine Verwertung von Klärschlamm bei entsprechender Gestaltung der Fruchtfolge mit einem Feldgemüseanbau in Einklang bringen ließ. Diesem Sachverhalt wurde durch die 50 Prozent-Regelung Rechnung getragen. Dabei ist der Wert von 50 % im Hinblick auf die Klärschlammverwertung als eher zu hoch als zu niedrig anzusehen.

Weitere Einschränkungen des § 4 der AbfKlärV wurden als nicht restriktiv erachtet. So kann mit einer Aufkalkung der Verwertungsflächen kurzfristig eine Anhebung des pH-Wertes in den gewünschten Bereich erreicht werden. Ackerflächen mit weniger als 5 % Tongehalt spiegeln extrem sandigen Standorte wider, die wegen ihrer schlechten Ackerzahlen nicht als Ackerstandorte in RAUMIS eingeordnet werden.⁴⁴

Den Einschränkungen bei der Klärschlammverwertung im Zusammenhang mit dem Feldfutteranbau kann im Ausbringungsjahr durch eine tiefwendende Einarbeitung des Klärschlammes noch vor der Saat begegnet werden (§ 4, Abs. 3 AbfKlärV). Bei einer konservierenden Bodenbearbeitung

⁴³ Auf Ausnahmen bei der Ausgestaltung der Szenarioahmenbedingungen wird an den jeweiligen Stellen hingewiesen.

⁴⁴ Zur Zuordnung der verschiedenartigen Flächen zu einzelnen Nutzungstypen siehe auch SCHLEEF UND VON SOTHEN (1996, S. 123).

ist der Fruchtfolgeplan entsprechend anzupassen. Folglich ergeben sich keine Restriktionen für den Verwertungsumfang durch den Feldfutteranbau.

Grundsätzlich können Bioabfallkomposte unter den selben Einschränkungen verwertet werden, die auch für die Klärschlammverwertung gelten. Allerdings ist unter bestimmten Voraussetzungen auch ein Einsatz auf Dauergrünlandflächen möglich.

Während beim Klärschlamm die düngende Nutzwirkung eindeutig im Vordergrund steht, wird bei den Bioabfallkomposten gleichzeitig auf die Humuswirkung für den Boden aufmerksam gemacht. Da die Grünlandstandorte, im Gegensatz zu den Ackerstandorten mit ihrer humuszehrenden Bodenbearbeitung, ohnehin hohe Humusgehalte aufweisen, erlischt ein Großteil der Nutzwirkung der Bioabfallkomposte bei Applikation auf Dauergrünlandflächen.

Vor dem Hintergrund der ökonomischen Anreizstruktur ("Verwertungsvergütung") sind Szenarien gerechnet worden, bei denen Bioabfallkompost auf Dauergrünland zu Einsatz kommt.

Die potentiell verfügbare regionale Grünlandfläche entspricht bei diesen Szenarien den Dauergrünlandfläche abzüglich

- des Extensivgrünlandes (EXGR)
- der Hutungen (HUTU)
- der intensiv bewirtschafteten Weiden (WEID)
- der intensiv bewirtschafteter Wiesen, sofern sie in Wasserschutzgebieten der Zone I und II liegen
- der intensiv bewirtschafteter Wiesen, sofern sie in Naturschutzgebieten liegen, die nicht schon als Wasserschutzgebiet erfaßt sind.
- der intensiv bewirtschafteter Wiesen der Bodenversorgungsstufe E für P_2O_5 und K_2O ⁴⁵

Für eine Verwertung von Bioabfallkomposten kämen also ggf. - neben den o.g. Ackerflächen - nur intensiv bewirtschaftete Wiesen in Frage, da

- auf intensiv bewirtschafteten Weiden in erheblichem Umfang sowohl eine Rückführung von Phosphor als auch von Kalium, bedingt durch den Weidegang der Tiere, gegeben ist.
- auf Extensivweiden dieser Nährstoffkreislauf, beispielsweise durch Mutterkuhhaltung, als annähernd geschlossen angesehen werden muß.
- auf Hutungsflächen schon aus definitorischen Gründen eine Düngung unterbleibt, und
- auf Extensivwiesen die Nährstoffbedarfe wegen der geringeren Nährstoffentzüge eher bescheiden ausfallen.

Dauergrünlandflächen mit weniger als 5 % Tongehalt spiegeln extrem sandige Standorte wider, die nicht extra separat ausgeschlossen werden mußten, da Intensivwiesen infolge ihres hohen Wasserbedarfs nicht auf extrem sandigen Böden anzutreffen sind.

⁴⁵ Auf Ausnahmen bei der Ausgestaltung der Szenariorahmenbedingungen wird an den jeweiligen Stellen hingewiesen.

Außerdem muß berücksichtigt werden, daß extensiv bewirtschaftete Dauergrünlandflächen in NRW oftmals Bestandteil des Mittelgebirgs- oder des Feuchtwiesenschutzprogrammes sind. Dieser vom Land NRW finanzierte landwirtschaftliche Vertragsnaturschutz schließt eine Verwertung von Bioabfallkomposten aus.⁴⁶

Die Betriebe, die in der Arbeitsgemeinschaft Ökologischer Landbau e.V. (AGÖL) organisiert sind, lehnen eine Verwertung von Klärschlamm auf ihren Flächen grundsätzlich ab (ARBEITSGEMEINSCHAFT ÖKOLOGISCHER LANDBAU, 1990, S. 17).⁴⁷ Die Betriebsfläche der AGÖL-Betriebe wurde aber nicht von der potentiellen Verwertungsfläche subtrahiert, da

1. ihre Viehbesatzdichte immer eine extensive Dauergrünlandbewirtschaftung beinhaltet. Folglich ist keine potentielle Dauergrünlandverwertungsfläche auszuklammern.
2. Betriebe des ökologischen Landbaus tendenziell eher an Grenzstandorten als an Gunststandorten anzutreffen sind, weil dort ihre pflanzenbaulichen Ertragseinbußen im Vergleich zu konventionell wirtschaftenden Betrieben in absoluten Zahlen wesentlich geringer ausfallen als an Gunststandorten. Grenzstandorte sind in NRW aber überproportional häufig in Mittelgebirgslagen anzutreffen, die ihrerseits überdurchschnittlich häufig als Wasserschutz- oder Naturschutzgebiet fungieren und damit zumindest anteilig schon ausgeklammert wurden.
3. der Anteil der durch diese Betriebe bewirtschafteten landwirtschaftlichen Flächen in NRW ohnehin nur 1,04 % (BERG, 1998) beträgt.

Es ergibt sich somit de facto keine ernstzunehmende Abweichung im Ergebnis.

Durch Umwidmungen von landwirtschaftlicher Fläche für Straßen- und Wohnungsbau etc. wird der Gesamtumfang der landwirtschaftlicher Flächen kontinuierlich verringert. Diesen Prozeß berücksichtigt RAUMIS im Fortschreibungsmodul. Für die Berechnungen wurde darauf geachtet, daß sich durch diesen Prozeß auch die potentiellen Verwertungsflächen reduzieren.

In RAUMIS wurde unterstellt, daß im Zieljahr 2005 50 % der Acker- und Dauergrünlandflächen Pachtland seien werden. Diese Festlegung war unumgänglich, da Pachtland für die Verwertung von Sekundärrohstoff-

⁴⁶ So enthalten beispielsweise die Bewirtschaftungsverträge für naturschutzwürdige Flächen im Geltungsbereich des Mittelgebirgsprogramms in § 3, Abs. 2 (MURL, 1997a), sowie das Feuchtwiesenschutzprogrammes (MURL, 1997b) in vielen seiner Teilpakete, eine entsprechende Ausschlussklausel.

⁴⁷ Dies trifft nicht für Bioabfallkomposte zu, wie das Ergebnisprotokoll der AGÖL-Richtlinien-Fachleute zum Thema Kompost (HACCIUS, 1994) zeigt, dessen Quintizienz anschließend von TENHOLTERN UND REINERS (1995) zu einem Beitrag in der Verbandszeitschrift von BIOLAND verarbeitet wurde.

Die nach VERORDNUNG (EWG) NR. 2092/91 ÜBER DEN ÖKOLOGISCHEN LANDBAU UND DIE ENTSPRECHENDE KENNZEICHNUNG DER LANDWIRTSCHAFTLICHEN ERZEUGNISSE UND LEBENSMITTEL zertifizierten Betriebe der Siebengebirgshöfe-Erzeugergemeinschaft, die z.T. viehlos wirtschaften, praktizieren diese Nährstoffkreislaufwirtschaft bereits heute, indem sie Bioabfallkomposte auf ihren Flächen in größerem Umfang einsetzen (WUCHERPENNIG, 1997).

düngern aus den in Kapitel 4.4.1.3 noch auszuführenden Gründen u.U. nicht zur Verfügung steht. Eine räumlich differenzierte Betrachtung findet nicht statt, obwohl bekannt ist, daß derzeit der Pachtanteil in der Niederrheinischen Bucht schon über bei 50 % liegt. Es wäre aber in Anbetracht der geringen Datengrundlage verwehrt gewesen, eine räumliche Differenzierung durchzuführen. Es ist jedoch festzuhalten, daß Regionen, die heute schon einen hohen Pachtflächenanteilen haben, künftig einen geringeren Nettopachtflächenzuwachs aufweisen werden, als Regionen mit einem derzeit geringen Pachtanteil.⁴⁸

Alle pflanzlichen und tierischen Verfahren werden in RAUMIS entsprechend ihrem i.d.R. einjährigen Zyklus abgebildet. Die Klärschlamm- und Bioabfallkompostverwertung findet aber üblicherweise im dreijährigen Zyklus statt, weil dies mit erheblichen arbeitswirtschaftlichen Vorteilen verbunden ist und weil insbesondere maschinell entwässerte Klärschlammgaben entsprechend einem einjährigen Nährstoffbedarf - aus technischen Gründen - nicht hinreichend genau verteilt werden könnten. Eine Fläche, die einmal mit Klärschlamm oder Bioabfallkompost belegt wurde, steht dann in den beiden folgenden Jahren nicht mehr als Verwertungsfläche zur Verfügung. Sie kann in diesem Zeitraum i.d.R. auch nicht mit Wirtschaftsdüngern belegt werden, da üblicherweise der gesamte P_2O_5 -Bedarf für den dreijährigen Zeitraum mit der Klärschlammgabe abgedeckt wird und somit keine weitere Phosphatzufuhr benötigt wird.

Auf dieser Überlegung aufbauend wurde der Flächenbedarf zur Verwertung einer Tonne Klärschlammrockensubstanz wie folgt ermittelt:

1. Die Summe der Phosphatentzüge der ackerbaulichen Kulturen eines Kreishofes im Jahr 2005 (abzüglich Obstflächen und 50 % der Gemüseflächen), wurde durch die Anzahl der bewirtschafteten Ackerfläche (abzüglich Obstflächen und 50 % der Gemüseflächen) dividiert. Die so errechnete Zahl stellt den durchschnittlichen einjährigen Entzug der Pflanzen an Phosphat pro ha Ackerfläche im jeweiligen Kreishofs dar.
2. Dieser Wert wurde entsprechend dem dreijährigen Zyklus bei der Klärschlammverwertung, mit dem Faktor drei multipliziert.
3. Anschließend wurde dieses Produkt durch den P_2O_5 -Gehalt der regionalen Klärschlämme dividiert. Dadurch ergab sich die Höhe der auszubringen Klärschlammmenge/(ha * 3 Jahren).

⁴⁸ Diese Annahmen fußt im wesentlichen auf der Analyse des Agrarstrukturwandels in NRW von 1980 bis 1995 und der darauf aufbauenden Prognose bis zum Jahr 2003, wie sie KOCH-ACHELPÖHLER (1996, S. 140 ff.) beschreibt.

4. Rechnet man nun $1/(\text{Klärschlammmenge in t TS})$, so erhält man die Fläche, die drei Jahre lang durch den Klärschlamm belegt ist und nicht mit Wirtschaftsdüngern oder Kompost belegt werden darf.
5. Um diesen "Flächenbedarf" im Vergleich zu den schon implementierten RAUMIS-Produktionsverfahren (einjähriger Betrachtungszeitraum) richtig darstellen zu können, mußte der im vorherigen Schritt erhaltene Quotient noch mit dem Faktor drei multipliziert werden.

Wird bei der Szenarioberechnung ein Verfahren zur Klärschlamm- oder Bioabfallkompostverwertung realisiert, so wurde festgelegt, daß diese Fläche für eine Ausbringung von Wirtschaftsdüngern gesperrt ist. Zwar muß, orientiert am Nährstoffproporz, eine ausgleichende Stickstoffdüngung erfolgen, doch darf diese nicht über Wirtschaftsdünger erfolgen, weil man dann mit dem Stickstoff gleichzeitig zusätzliches P_2O_5 dem Boden zuführen würde, so daß die Phosphordarbietung dann den Dreijahresbedarf überstiege (s.o.).

4.2. Nährstoffe

4.2.1. Pflanzenbauliche Aspekte

4.2.1.1. Nährstoffbedarf und Nährstoffabfuhr

Im Zuge der Einführung von Phosphat- und Kaliumbilanzen in das Modellsystem RAUMIS zeigten SCHLEEF UND VON SOTHEN (1996, S. 121), daß entgegen der Vorgehensweise bei Stickstoff, man sich nicht an den KTBL-Empfehlungen für die Implementierung in RAUMIS orientieren konnte. Da beispielsweise der Phosphatbedarf auch die in den Nebenprodukten (Stroh, Kartoffelkraut, Rübenblatt) enthaltenen Nährstoffe beinhaltet, die aber auf dem Feld für die nachfolgende Ackerkultur verbleiben, mußte in RAUMIS letztlich der Nährstoffbedarf an Phosphat der Phosphatabfuhr mit dem abgefahrenen Erntegut gleichgesetzt werden.

Die nachfolgende Tabelle zeigt die Größenordnung der Phosphat- und Kaliumabfuhr mit den Haupternteprodukten bei den pflanzlichen Produktionsverfahren in RAUMIS. Das Datenmaterial orientiert sich an den Zahlen von OSWALD (1996) vom Referat für Düngungsfragen im Bundeslandwirtschaftsministerium und ist weitestgehend identisch mit den Zahlen der NRW-Verwaltungsvorschrift zur AbfKlärV.

Tabelle 2: Phosphat- und Kaliumabfuhr (kg/ha) mit den Haupternteprodukten (dt/ha)

	P ₂ O ₅	K ₂ O
Winterweizen	0,8 * E	0,6 * E
Sommerweizen	0,8 * E	0,6 * E
Roggen	0,8 * E	0,6 * E
Wintergerste	0,8 * E	0,6 * E
Sommergerste	0,8 * E	0,6 * E
Hafer	0,8 * E	0,8 * E
Sonstiges Getreide	0,8 * E	0,6 * E
Körnermais	0,8 * E	0,5 * E
Hülsenfrüchte	1,15 * E	1,4 * E
Frühkartoffeln	0,14 * E	0,6 * E
Spätkartoffeln	0,14 * E	0,6 * E
Zuckerrübe	0,1 * E	0,25 * E
sonstige Pflanzen und Handelspflanzen	43	143
Raps	1,8 * E	1,0 * E
sonstige Ölpflanzen	1,8 * E	1,0 * E
Gemüse	75	325
Obst	15	100
Rebland	50	70
Wiese (1)	0,21 * E	0,65 * E
Weide (1)	0,21 * E	0,65 * E
Hutung (1)	0	0
Klee (1)	0,16 * E	0,68 * E
Luzerne (1)	0,16 * E	0,68 * E
Feldgras (1)	0,21 * E	0,65 * E
Silomais (1)	0,16 * E	0,45 * E
sonstige Hackfrüchte (1)	0,08 * E	0,45 * E

E = Ertrag; (1) Für die Grundfütterverfahren wird der Ertrag in dt Frischmasse/ha zugrundegelegt.
Datenquelle: OSWALD (1996) vom Referat für Düngungsfragen im BMELF

4.2.1.2. Unvermeidbare Auswaschungsverluste von Phosphor und Kalium

4.2.1.2.1. Auswaschungsverluste bei Kalium

Wieviel Kalium im Boden gespeichert werden kann, hängt vom⁴⁹:

- Tongehalt
- und der Zusammensetzung nach Tonmineralien (Dreischichttonminerale wie Vermiculit und Illit speichern besonders viel Kalium)

Die LANDWIRTSCHAFTSKAMMER RHEINLAND (1995, S. 48) macht die Auswaschungen abhängig von:

1. der Niederschlagshöhe im Zusammenhang mit der Bodenart und
2. der Bodenbedeckung durch die jeweilige Pflanzenkultur.

SCHLEEF UND VON SOTHEN (1996, S. 124) leiteten daraus mittels Regressionsanalyse für den ersten Punkt die nachfolgende Auswaschungsfunktion für das Modellsystem RAUMIS her.

$$KAW_r = 19,18883 + 0,02 * NDS_r - 0,848261 * TGH_r$$

KAW _r :	Kaliumauswaschung in kg/(ha * Jahr) in Region r
NDS _r :	durchschnittliche Niederschlagshöhe in mm/Jahr in Region r
TGH _r :	durchschnittlicher Tongehalt in % in Region r

Diese Auswaschungsbeträge werden entsprechend den Daten der LANDWIRTSCHAFTSKAMMER RHEINLAND (1995, S. 50) mit prozentualen Zu- und Abschlägen versehen, die von +20 % (beispielsweise alle Maisverfahren), über 0 % (alle Weizenverfahren) bis -45 % (alle Grünlandverfahren) reichen, wodurch der o.g. zweite Punkt in RAUMIS berücksichtigt werden konnte.⁵⁰

Bei der Düngeplanung müssen diese unvermeidbaren Auswaschungsverluste (Bodenversorgungsstufe C) vom Grundsatz her mit berücksichtigt werden.

Auf Böden der Versorgungsstufe D und E für Kalium steigt die Auswaschung exponentiel an. Allerdings sollten diese über das Maß der unvermeidbaren Auswaschung hinausgehenden (erhöhten) Verluste nicht mit der geplanten Düngung ausgeglichen werden, da sie Ausdruck einer verfehlten Düngepraxis der Vergangenheit sind. Die über das Maß der unvermeidbaren Auswaschung hinausgehenden (erhöhten) Verluste wurden deshalb nicht in die Düngebedarfsberechnung in RAUMIS mit einbezogen.

⁴⁹ SCHEFFER (1992, S. 234 ff.)

⁵⁰ Es sei an dieser Stelle vermerkt, daß der Zwischenfruchtanbau bislang keinen Eingang in RAUMIS gefunden hat. Infolgedessen werden die Gesamtauswaschungsmengen in den Kreishöfen systematisch leicht überschätzt.

4.2.1.2.2. Auswaschungsverluste bei Phosphor

Vertikale P_2O_5 -Verluste spielen im Vergleich zu den horizontalen Verlusten durch Erosion eine beinahe vernachlässigbare Größe. Laut SCHEFFER kann "in sehr geringem Umfang eine Auswaschung aus dem Wurzelraum erfolgen" (1992, S. 259). Die LANDWIRTSCHAFTSKAMMER RHEINLAND (1995, S. 50) quantifiziert diese Verluste über alle Bodenarten und bei allen Niederschlagsmengen für die Bodenversorgungsstufe C auf pauschal $1 \text{ kg } P_2O_5/\text{ha} \cdot \text{Jahr}^{51}$ und versieht diese Größe mit den prozentualen Zu- und Abschlägen, die schon bei der Kaliumauswaschung genannt wurden.

Dieser methodische Ansatz wurde in RAUMIS übernommen, obgleich dieser Gesamtaspekt keinerlei Eingang in die Anlage 1 der NRW-Verwaltungsvorschrift zur AbfKlärV gefunden hat.

4.2.1.3. Bodenversorgungsstufen für Phosphor und Kalium

Da bei der Ausbringung von Klärschlamm entsprechend der NRW-Verwaltungsvorschrift zur AbfKlärV die Bodenversorgungsstufen bei der Kalkulation der Ausbringungsmenge pro ha berücksichtigt werden müssen (vgl. Kapitel 2.1.1.1.2), spielt dieser Punkt eine ganz wesentliche Rolle bei der Berechnung des landwirtschaftlichen Verwertungspotentials mit RAUMIS. Bisher kannte RAUMIS eine derartige Differenzierung nicht. Für Flächen der Versorgungsstufe D ist in RAUMIS deshalb (auch im Falle der Bioabfallkompostverwertung) von einer halben Entzugsdüngung entsprechend der Anlage 1 der o.g. Verwaltungsvorschrift ausgegangen worden.⁵²

Ende der 80er Jahre machten beispielsweise KÖSTER, SEVERIN, MÖHRING UND ZIEBELL (1988) auf stetig steigende Kalium- und Phosphatüberschüssen anhand von Düngerbilanzen für die Bundesrepublik Deutschland aufmerksam. Auch eine Zeitreihenauswertung der LUFA-Bodenuntersuchungen für das Gebiet Nordrhein von 1979 bis 1991 zeigte, daß sich die Versorgungsstufen zugunsten der Klassen D und E verschoben hatten (LANDWIRTSCHAFTSKAMMER RHEINLAND, 1995, S. 4 ff.). Dieser Trend hat sich zwischenzeitlich fortgesetzt, wie Ergebnisse von BROCKERHOFF (1998, S. 38 ff.) zeigen. WERNER UND BRENK (1996) werteten regional differenziert das gesamte Landesgebiet von NRW aus. Die Landessituation für Acker- und Grünland geben die nachfolgenden beiden Tabellen wieder. Flächen der Bodenversorgungsstufe A und B sind dabei der Versorgungsstufe C zugeordnet worden.

⁵¹ Lediglich für die Bodenart S bei 900 mm Jahresniederschlag werden $2 \text{ kg}/(\text{ha} \cdot \text{Jahr})$ angegeben. Dieser Extremfall wurde nicht weiter berücksichtigt.

⁵² Andere Szenarioeinstellung werden an entsprechender Stelle erläutert.

Tabelle 3: Verteilung der Ackerflächen in NRW auf die einzelnen Bodenversorgungsstufen

	C für P ₂ O ₅	D für P ₂ O ₅	E für P ₂ O ₅	
C für K ₂ O	X			19,6 %
D für K ₂ O	X			3,8 %
C für K ₂ O		X		30,7 %
D für K ₂ O		X		20,7 %
E für K ₂ O	X			0,2 %
E für K ₂ O		X		1,5 %
C für K ₂ O			X	8,9 %
D für K ₂ O			X	11,6 %
E für K ₂ O			X	2,9 %

Quelle: Die Datengrundlage wurde freundlicherweise von Christoph Brenk vom Agrikulturchemischen Institut der Universität Bonn zur Verfügung gestellt, das seinerseits für eine statistische Auswertung Zugriff auf die Datenstämme der NRW-LUFEN nehmen konnte. Es sei in diesem Zusammenhang nochmals auf die Arbeit von WERNER UND BRENK (1996) verwiesen.

Da insbesondere maschinell entwässerter Klärschlamm nur marginale Kaliummengen enthält, schreibt die NRW-Verwaltungsvorschrift zur AbfKlärV lediglich eine Analyse des Bodengehalts an P₂O₅ vor (Anlage 1 der Verwaltungsvorschrift). Dadurch könnten auch auf Flächen der Bodenversorgungsstufe E für K₂O Klärschlämme ausgebracht werden. Die potentielle Verwertungsfläche erhöhte sich dadurch im Landesdurchschnitt aber trotzdem kaum.

Die Regelung ist prinzipiell begrüßenswert, da infolge der fast ausschließlich auf Phosphat beschränkten Düngung mit entwässerten Klärschlamm die Ackerpflanzen auf Flächen der Bodenversorgungsstufe E für K₂O ihren K₂O-Bedarf vollständig aus den bereits im Bodenwasser gelösten K₂O-Vorräten beziehen können.

Die Datenlage zeigt aber auch, daß im Landesdurchschnitt 23,4 % der Ackerflächen schon der Bodenversorgungsstufe E für P₂O₅ angehören, auf denen grundsätzlich kein Klärschlamm verwertet werden darf (in RAUMIS auch kein Bioabfallkompost).⁵³ Auf lediglich 23,6 % der Ackerfläche kann eine volle P₂O₅-Entzugsdüngung mittels Klärschlamm Düngung stattfinden. Über 50 % der Ackerflächen sind der Bodenversorgungsstufe D für P₂O₅ zuzuordnen.

Sofern nicht aufgrund der geringen Nährstoffkonzentrationen bei den Bioabfallkomposten die Frachtobergrenze limitierend wirkt, so ist dies auf Dauergrünlandflächen mit seinem hohen Kaliumbedarf der Phosphatgehalt. Auf Ackerflächen kann hingegen auch der K₂O-Gehalt der Bioabfallkomposte die Anwendung limitieren.

Aufgrund des vergleichsweise ausgewogenen P : K -Verhältnisses ist bei den Bioabfallkomposten eine Anwendung auf Flächen der Boden-

⁵³ Andere Szenarioeinstellung werden an entsprechender Stelle erläutert.

versorgungsstufe E bei K_2O ausgeschlossen worden, weil dies nicht mit den Regelungen der Düngeverordnung in Einklang zu bringen wäre. Dafür kann Bioabfallkompost in einigen der berechneten Szenarien aber auch auf Dauergrünland zum Einsatz kommen.

Die nachfolgende Tabelle zeigt die Verteilung der Bodenversorgungsstufen für P_2O_5 und K_2O auf Grünland.⁵⁴

Tabelle 4: Verteilung der Grünlandflächen in NRW auf die einzelnen Bodenversorgungsstufen

	C für P_2O_5	D für P_2O_5	E für P_2O_5	
C für K_2O	X			38,5 %
D für K_2O	X			7,6 %
C für K_2O		X		16,5 %
D für K_2O		X		14,1 %
E für K_2O	X			1,4 %
E für K_2O		X		6,1 %
C für K_2O			X	4,7 %
D für K_2O			X	6,0 %
E für K_2O			X	5,0 %

Quelle: Die Datengrundlage wurde freundlicherweise von Christoph Brenk vom Agrarkulturchemischen Institut der Universität Bonn zur Verfügung gestellt, das seinerseits für eine statistische Auswertung Zugriff auf die Datenstämme der NRW-LUFEN nehmen konnte. Es sei in diesem Zusammenhang nochmals auf die Arbeit von WERNER UND BRENK (1996) verwiesen.

Die Einteilung der Bodenversorgungsstufen hat, regional differenziert nach Kreishöfen, Eingang in RAUMIS gefunden. Es sei in diesem Zusammenhang auch darauf aufmerksam gemacht, daß selbst in Kreishöfen mit geringen Viehbesatzdichten, wie beispielsweise in den Kreishöfen der Köln-Aachener Bucht, bei weitem keine ausgeglichenen Bodennährstoffverhältnisse angetroffen werden. Dies dürfte verschiedene Ursachen haben:

1. Die in der Landwirtschaft oftmals verwendeten KTBL-Empfehlungen zur Düngung orientieren sich am Nährstoffbedarf der Pflanzenkultur. Bei Marktfruchtanbaubetrieben bleibt aber ein erheblicher Anteil nach der Ernte mit den Nebenprodukten (z.B. Stroh, Kartoffelkraut, Rübenblatt) auf dem Feld und steht damit der nachfolgenden Frucht weitgehend wieder zur Verfügung. Berücksichtigen die Landwirte diese Rücklieferungen nur unvollständig, so reichern sich die Böden an.

⁵⁴ Da eine Bioabfallkompostverwertung nur auf intensiv bewirtschafteten Wiesen denkbar ist (vgl. Kapitel 4.1), wäre es sachgerechter gewesen, eine Auswertung der intensiv genutzten Wiesenflächen heranzuziehen. Dies war aber nicht möglich. Andererseits kann unterstellt werden, daß extensive Dauergrünlandflächen wegen der mit der Analyse verbundenen Kosten bis zum Stichtag der für die Analyseauswertung verwendeten Daten nicht im gleichen Maße einer Beprobung unterlagen wie die intensiv bewirtschafteten Flächen (nach § 8, Abs. 2 Düngeverordnung sind diese Flächen erstmalig verpflichtend bis zum 31.12.2000 zu untersuchen). Dieser Sachverhalt dürfte um so mehr für Hutungen zutreffen. Geht man infolgedessen von diesem veränderten Stichprobenumfang aus, so verlagert sich der Schwerpunkt der Tabelle 4 auf den Bereich der intensiven Dauergrünlandbewirtschaftung.

2. In der Vergangenheit wurde systematisch, wie beispielsweise die Linksrheinische Entwässerungsgenossenschaft selbst über sich schreibt (LINEG, 1994, S. 71), die maximal mögliche Klärschlammmenge, unabhängig vom jeweiligen Pflanzenbedarf, ausgebracht. In die vieharme linksrheinische Köln-Aachener Bucht (Bereich Euskirchen/Zülpich) verbrachte beispielsweise der rechtsrheinische AGGERVERBAND GUMMERSBACH (1993, S. 38) zumindest von 1991 bis 1993 seinen gesamten Klärschlamm. Solche "Importe" trugen unter Berücksichtigung der damaligen Praxis ebenfalls zur Anreicherung der Böden bei.
3. Die nachfolgende Tabelle zeigt, daß Ende der 70er Jahre den Landwirten im Rheinland eine drastische Erhöhung ihrer Bodenphosphatgehalte empfohlen wurde, die später - bei deutlich verbesserter Bodendurchwurzelung und der damit einhergehenden erhöhten Nährstoffeffizienz - in zwei Schritten mehr als rückgängig gemacht wurde.

Tabelle 5: Zuordnung der Versorgungsstufe C bei Phosphat im Rheinland

Jahr	mg P ₂ O ₅ /l (CAL)
1974	16 - 22
1978	21 - 30
1988	12 - 20
1994	10 - 18

Quelle: verändert nach WERNER (1995, S. 70)

Abschließend sei festgehalten, daß keine Fortschreibung der Trendentwicklung bei der Anreicherung der Böden in RAUMIS vorgenommen wurde, weil - auch in Ermangelung an seriösen quantitativen Prognosen - Unklarheiten über die Tendenz und Geschwindigkeit solcher Prozesse besteht, so daß von einer Stagnation ausgegangen wird.⁵⁵

⁵⁵ Durch die in der Düngeverordnung jetzt obligatorisch vorgeschriebenen Bodenuntersuchungen werden die Landwirte im Zieljahr 2005 über die Anreicherung ihrer Böden besser informiert sein und etwaige mineralische Düngungen unterlassen bzw. zurückfahren. In der Theorie könnte deshalb auch unterstellt werden, daß die Überversorgung der Böden bis zum Jahr 2005 zurückgefahren wird.

SCHAEFFER (1992, S. 256) macht aber darauf aufmerksam, daß die Düngungsempfehlungen der amtlichen Beratungsdienste in Deutschland entsprechend denen im benachbarten Ausland eigentlich erheblich niedriger seien könnten, ohne daß Ertragseinbußen zu befürchten wären. Zwar hat nach 1992 eine leichte weitere Absenkung bei den Bodenversorgungsstufen stattgefunden (vgl. Tabelle 5), jedoch würden weitere Absenkungen die derzeitige Situation aus der Sicht der landwirtschaftlichen Klärschlamm- und Bioabfallkompostverwertung noch verschärfen. Auf der anderen Seite gilt, insbesondere vor dem Hintergrund steigender Erträge bis zum Jahr 2005 (vgl. Kapitel 3), was WERNER (1995, S. 71) schreibt: "Bei allen Überlegungen zur Modifikation der Nährstoffversorgungsstufen darf jedoch nicht übersehen werden, daß das Risiko witterungsbedingter Ertragsschwankungen ansteigt, wenn die verfügbaren Nährstoffvorräte im Boden zu stark ausgeschöpft werden." Unter Berücksichtigung dieses Aspektes dürfte mit einer weiteren Absenkung der Bodenversorgungsstufen kaum mehr zu rechnen sein.

4.2.2. Nährstoffausscheidungen bei Tieren

4.2.2.1. Derzeitige Situation

Die Informationsgrundlage hinsichtlich der Nährstoffausscheidungen der verschiedenen landwirtschaftlichen Nutztierarten unter Berücksichtigung der jeweiligen Produktionsrichtungen fußt in Angaben von OSWALD (1996) vom Referat für Düngungsfragen im Bundeslandwirtschaftsministerium. Die Daten wurden entsprechend den in RAUMIS enthaltenen tierischen Produktionsverfahren aufbereitet anschließend implementiert. Die nachfolgende Tabelle gibt das Zahlenmaterial wieder, wie es in RAUMIS verwendet wird.⁵⁶

Tabelle 6: Nährstoffausscheidungen bei landwirtschaftlichen Nutztieren (kg/Stallplatz und Jahr)

	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Milchkühe	60,5 * 8,4 * ML (1)	14,0 * 4,0 * ML (1)	114,0 * 4,7 * ML (1)
Altkühe	71,0	21,9	96,0
Ammen- /Mutterkühe	96,0	29,0	129,0
Bullen	42,0	18,0	44,0
Färsen (Aufzucht)	46,0	14,8	63,0
Färsen (Mast)	46,0	14,8	63,0
Kälber (Aufzucht)	16,0	6,0	15,0
Kälber (Mast)	16,0	6,0	15,0
Sauen	33,6	17,6	15,6
Schweine (Mast)	12,0	5,5	5,6
Junghennen	0,28	0,16	0,15
Legehennen	0,74	0,41	0,33
Broiler	0,275	0,16	0,16
Sonstiges Geflügel	1,57	0,66	0,71
Schafe	13,0	4,9	15,0
Sonstige Tiere	64,0	35,0	56,0

(1) ML = Milchleistung in Tonnen

Datenquelle: OSWALD (1996) vom Referat für Düngungsfragen im BMELF

4.2.2.2. Einsatz von mikrobieller Phytase

Die derzeitige Situation hinsichtlich der P₂O₅-Ausscheidungen kann aber, unbeachtet der Leistungs- und Wachstumsförderer, nicht als fix angesehen werden. So ist seit langem bekannt, daß sich beispielsweise durch das Fütterungsregime die Nährstoffausscheidung in nicht unerheblichen

⁵⁶ Hinsichtlich der Kaliumausscheidungen bei Milchkühen ist unterstellt worden, daß 50 % der Tiere mit Ackerfutter versorgt werden. Für die Stickstoff- und Phosphorgehalte bei der Schweinemast ist für 50 % der Tiere eine Phasenfütterung unterstellt worden (SCHLEEF UND VON SOTHEN, 1996, S. 118 und 119).

Umfang verändern lassen. Dieser Aspekt hat vor allem vor dem Hintergrund der Überdüngung der landwirtschaftlichen Flächen in den Veredlerregionen eine besondere Bedeutung in den letzten Jahrzehnten erlangt. Stand zunächst ausschließlich Stickstoff im Mittelpunkt des Interesses, so kann dies heute auch für Phosphat behauptet werden.

Im Gegensatz zu den Wiederkäuern mit ihrem heterogenen Mikroorganismenbesatz im Magen sind Monogastrier kaum in der Lage, organisches Phosphat aus der Nahrung zu nutzen. Um eine Unterversorgung mit Leistungseinbußen zu vermeiden, ist in der Vergangenheit mit dem Mineralfutter eher eine überhöhte Dosis anorganischen Phosphors verfüttert worden (sog. Bevorratung). Dieser Trend hält bis heute an wie PFEFFER, SPIEKERS, BRINKER (1994, S. 75) zeigen konnten und schlägt sich folglich auch in den Zahlen des Bundeslandwirtschaftsministeriums nieder. Durch eine wissenschaftliche Beratung ist aber gewährleistet, daß dieser verschwenderische Einsatz beim Mineralfutter innerhalb der nächsten Jahre eingespart werden könnte. Ergebnisse des Instituts für Tierernährung der Universität Bonn zeigen, am Beispiel von Schweinemastbetrieben, daß die betroffenen Landwirte der Veredlerregionen in NRW durchaus gewillt sind, Empfehlungen zur Phasen- und Phytasefütterung umzusetzen.⁵⁷ Bis zum Jahr 2005 dürfte der Anteil der Mastschweine, die einer Phasenfütterung in NRW unterliegen, bei mehr als 50 % liegen.

Darüberhinaus ist es gelungen mikrobiell erzeugte Phytase zu erschwinglichen Preisen herzustellen. NIES (1997) und HEINZEL (1996) gehen davon aus, daß mikrobielle Phytase spätestens in den nächsten Jahren das Preisniveau des substituierbaren anorganischen Phosphors im Mineralfutter erlangen wird. Damit würden gegen den Einsatz in der Landwirtschaft keinerlei betriebswirtschaftliche Aspekte mehr sprechen.⁵⁸ Tatsächlich hat der Einsatz von Phytase auch schon Eingang in die Praxis gefunden und ist nicht mehr nur auf die wissenschaftliche Ebene beschränkt.⁵⁹

POTTHAST (1997), geht davon aus, daß sich durch neue methodische Ansätze bei der Futterrationberechnung die Phosphatausscheidungen nochmals senken ließen. Dieser Punkt ist aber zumindest gegenwärtig lediglich als Stand der Wissenschaft anzusehen und wurde deshalb für die vorliegende Arbeit nicht weiter berücksichtigt.

⁵⁷ PFEFFER, SPIEKERS, BRINKER (1994, S. 158 und 159) konnten zeigen, daß im Rahmen des Modellvorhabens "Planmäßige Fütterungsberatung" der Anteil der Betriebe mit Phasenfütterung innerhalb von nur zwei Jahren von 50 % auf 90 % anstieg. Bei gleichen biologischen und ökonomischen Leistungen im Betriebszweig Schweinemast konnten die Phosphorausscheidungen um etwa 15 % reduziert werden. Bei Einsatz von Phytase lag der Wert bei 24 %.

⁵⁸ Auch jetzt kann der Einsatz von mikrobieller Phytase im Futter in jedem Fall schon betriebswirtschaftlich sinnvoll sein, wenn einzelne Betriebe andernfalls durch einen zu hohen Viehbesatz zu Viehabstockungen gezwungen wären. Dieser Fall ist unter den derzeitigen rechtlichen Bedingungen insbesondere dann denkbar, wenn die Flächen eines Veredlungsbetriebes (fast) durchgehend der Bodenversorgungsstufe E für P_2O_5 angehören (vgl. Kapitel 2.2.2.1).

⁵⁹ So schreibt beispielsweise ROMBERG (1996, S. 8) für die Kammerbereiche Weser-Ems und Westfalen-Lippe: "Die RCG setzt seit 1995 in ihren Schweinefuttern generell Phytase ein."

Bei der Modellierung in RAUMIS wurde für das Zieljahr 2005, unter Berücksichtigung des biologisch-technischen Fortschritts, angenommen, daß 50 % der Schweine mit Phytase gefüttert werden. Der Grund für den Boom der prognostizierten Phytasefütterung im Vergleich zur schon lange bekannten Phasenfütterung, die immer noch nicht durchgehend praktiziert wird, ist auch in der leichten Umsetzbarkeit der Phytasefütterung für den Betrieb zu sehen, da etwaige kostenintensive bauliche Umbaumaßnahmen i.d.R. entfallen.

Wenn 50 % der Schweine einer Phytasefütterung unterlägen, würde das immer noch bedeuten, daß weniger als 50 % der Schweinemastbetriebe Phytase zum Einsatz bringen.

In der Geflügelwirtschaft ist infolge des hohen Konzentrationsprozesses mit einer schnelleren Umsetzung des biologisch-technischen Fortschritts zu rechnen, so daß hier unterstellt wurde, daß im Zieljahr 2005 sämtliche Broiler, Jung und Legehennen einer Phytasefütterung unterliegen.

Die nachfolgende Tabelle veranschaulicht die Größenordnungen der vorgenommenen Veränderungen:

Tabelle 7: Vorgaben zur Phosphatausscheidung bei monogastrischen landwirtschaftlichen Nutztieren im Klärschlamm- und Bioabfallmodul in RAUMIS (in kg / Stallplatz * Jahr)

	P ₂ O ₅ (derzeit)	P ₂ O ₅ (2005)	Veränderung
Sauen	17,6	14,1	-19,9 %
Mastschweine	5,5	4,24	-22,9 %
Junghennen	0,16	0,096	-40,0 %
Legehennen	0,41	0,251	-38,8 %
Masthähnchen	0,16	0,0944	-41,0 %
Sonstiges	0,66	0,66	0 %
Geflügel			

Quelle: eigene Berechnungen auf der Grundlage der in der Fußnote benannten Literaturquellen.^{60, 61}

⁶⁰ Um die quantitative Bedeutung der Phytasefütterung abschätzen zu können, wurde auf folgende Literaturstellen Zugriff genommen:

- Auswertungs- und Informationsdienst für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (AID) e.V. (1994): Mastschweine richtig füttern, Bonn.
- COPPOOLSE, J. ET AL. (1990): De uitscheiding van stikstof, fosfor en kalium door landbouwhuisdieren, Nu en Morgen, Den Haag.
- DELLAERT, B. ET AL. (1990): A comparison of different techniques to assess the biological availability of feed phosphates in pig feeding, *Netherlands Journal of Agricultural Sciences*, **38**, S. 555 - 566.
- DÜNGELHOFF, M., RODEHUTSCORD, M. (1995): Wirkung von Phytase auf die Verdaulichkeit des Phosphors beim Schwein, *Übersicht Tierernährung*, **23**, S. 133 - 157.
- JONGBLOED, A., KEMME, P., DELLAERT, B. (1990a): Microbiel fytase in de voeding van varkens, in: JONGBLOED, A., COPPOOLSE, J. (Hrsg.): Mestproblematik: aanpak via de voeding van varkens en pluimvee, Lelystad, S. 51 - 57.
- JEROCH, H. (1994): Bisherige Erkenntnisse zum Phytaseinsatz beim Geflügel, *Archiv für Geflügelwirtschaft* (1), S. 1 - 7.

Im Anhang 1 der NRW-Verwaltungsvorschrift zur AbfKlärV (MURL, 1995b, S. 682) sind für die geforderte Düngeplanerstellung (vgl. Kapitel 2.1.1.1.2) Hilfen gegeben. Zwar decken sich die Zahlen hinsichtlich des Nährstoffentzugs durch die Pflanzen mit den Daten von OSWALD (1996) vom Bundeslandwirtschaftsministerium, die als Grundlage auch in RAUMIS verwendet werden. Aber im Bereich der Tierhaltung zeichnen sich - entsprechend der nachfolgenden Tabelle - Diskrepanzen ab. Eine Erstellung des Düngeplans unter Zuhilfenahme der Anlage 1 der NRW-Verwaltungsvorschrift zur AbfKlärV führt nämlich zu einer Unterversorgung der Pflanzenbestände. Sie muß deshalb fortgeschrieben werden. Dies gilt um so mehr für das Betrachtungsjahr 2005, weil die Anlage 1 weder Phasen- noch Phytasefütterung berücksichtigt.

Tabelle 8: Vergleich der Phosphatausscheidungen zwischen monogastrischen landwirtschaftlichen Nutztieren im Klärschlamm- und Bioabfallmodul in RAUMIS im Jahr 2005 und den Vorgaben aus Anlage 1 der NRW-Verwaltungsvorschrift zur AbfKlärV (in kg / Stallplatz * Jahr)

	P ₂ O ₅ (RAUMIS 2005)	P ₂ O ₅ (Anlage 1)	Veränderung
Sauen	14,1	16,67	18,2 %
Mastschweine	4,24	7,1	67,5 %
Junghennen	0,096	0,167	74,0 %
Legehennen	0,251	0,5	99,2 %
Masthähnchen	0,0944	0,167	76,9 %

Die Zahlen belegen somit auch, daß im Falle einer betrieblichen Nährstoffbilanz bei den betroffenen Landwirten wesentlich mehr Klärschlamm zum Einsatz kommen könnte.

- PRIEMANN, T., PETERSEN, J. (1995): Einfluß einer kontrollierten Fütterung von Legehennen auf die Leistung und den Anfall von Stickstoff und Phosphor im Kot, *Archiv für Geflügelwirtschaft* (3), S. 198 - 207.
- WINDISCH, W., KIRCHGEßNER, M. (1996): Zum Einfluß von mikrobieller Phytase auf Mastleistung und den Stoffwechsel von Phosphor, Calcium und Stickstoff bei abgestufter Ca-Versorgung in der Broilermast, *Archiv für Geflügelwirtschaft* (1), S. 42 - 47.
- WITTMANN, M. ET AL. (1994): Influence of P-reduction in phytase supplemented pig diets on P and N utilization as well as performance and carcass quality under various feeding conditions, *Agribiological Research*, **47**, S. 214 - 230.

⁶¹ HOEGEN UND PFEFFER (1996, S. 35) sehen auch noch die Möglichkeit durch eine dreigeteilte Milchviehfütterung die P₂O₅-Ausscheidungen in diesem Produktionsbereich um 10 % zu mindern. Derartige Überlegungen wurden aber nicht in die Betrachtungen mit RAUMIS einbezogen. Sie veranschaulichen jedoch, daß es neben den berücksichtigten Maßnahmen noch weitere Ansatzpunkte zur Reduzierung von Nährstoffüberschüsse gibt. Berücksichtigt man ferner, daß die Milchviehwirtschaft oftmals einen relativ hohen Anteil an der Gesamtdung-einheitenanzahl einer Region ausmacht, so wird deutlich, daß der biologisch-technische Fortschritt in der Fütterungstechnik in RAUMIS sicherlich nicht überschätzt wurde.

4.2.3. Nährstoffgehalte bei den in RAUMIS eingebrachten Sekundärrohstoffdüngern

4.2.3.1. Bioabfallkomposte

Eine kreishofspezifische Differenzierung der Nährstoffgehalte bei den Bioabfallkomposten war weder möglich noch sinnvoll. Letztlich würde einer Untergliederung dieser ohnehin nur mit geringen Nährstoffkonzentrationen ausgestatteten Sekundärrohstoffdünger lediglich zu marginalen Änderungen führen. Stattdessen wurde eine solide und repräsentative Datenbasis von Durchschnittswerten gesucht.

Für die vorliegende Arbeit wurde auf die Datenbank der Bundesgütegemeinschaft Kompost mit 2200 Datensätzen Zugriff genommen. Sie nennt folgende Medianwerte bzgl. der Nährstoffgehalte:

Tabelle 9: Medianwerte (Prozentangaben bezogen auf TS-Gehalte) der Nährstoffgehalt in Komposten nach Angaben der Bundesgütegemeinschaft Kompost

Nges	1,12
P ₂ O ₅ gesamt	0,53
K ₂ O gesamt	0,93
CaO	3,43

Quelle: verändert nach BIDLINGMAIER (1995, S. 118)

Die Angaben sind annähernd identisch mit den von FRICKE ET AL. (1991, S. 106) geliefertem Datenmaterial des Arbeitskreises zur Nutzbarmachung von Siedlungsabfällen e.V.

Darüberhinaus wurde für die Arbeit angenommen, daß sich der durchschnittliche Kaliumgehalt der Bioabfallkomposte bis zum Jahr 2005 auf 1,12 % TS erhöht. Der Grund für diesen Anstieg ist in der optimierten Prozeßführung bei überdachten oder eingehausten Kompostierungsanlagen zu sehen.⁶²

⁶² Auch FRICKE et al. (1991, S. 116) machen auf die Bedeutung der Prozeßführung für den Kaliumgehalt der Komposte aufmerksam. So darf nicht übersehen werden, daß in den Anfängen der Bioabfallkompostierung, gegen Ende der 80er Jahre, die Mietenkompostierung oftmals noch ohne Überdachung durchgeführt wurde, während heute zumindest die Überdachung als Stand der Technik anzusehen ist. Infolgedessen gibt es heute bei starken Niederschlagsereignissen auch keine Kaliumauswaschungen mehr aus dem Mietenkörper. Außerdem wird in neueren Kompostierungsanlagen etwaiges Sickerwasser aufgefangen und zur Wiederbefeuchtung der Miete verwendet.

In den Datensätzen der Bundesgütegemeinschaft dürfte sich dieser Trend erst zeitverzögert bemerkbar machen, so daß der rund zehnpromtente Anstieg des Kaliumgehaltes trotzdem als abgesichert angesehen werden kann.

Für Stickstoff könnte mit demselben Argumentationsstrang auch auf entsprechend verringerte Verluste hingewiesen werden. Auf der anderen Seite kann der Einwand der Denitrifikation im Auffangbecken und der gasförmigen Verluste bei Wiedereinbringung in den Mietenkörper vorgebracht werden.

Hinsichtlich Phosphor und Kalium wird in RAUMIS von einer vollständigen Pflanzenverfügbarkeit der Nährstoffe im Kompost ausgegangen.

Der Stickstoff im Bioabfallkompost liegt nach FRICKE ET AL. (1991, S. 113) zu über 90 % als organischer Stickstoff vor. Die Autoren gehen davon aus, daß im Verlauf der Vegetationsperiode, "je nach Bodenart und vorherrschenden klimatischen Bedingungen, (...) 5 bis 15 % des org. gebundenen Stickstoffs im Boden durch Mineralisation in eine pflanzenverfügbare Form übergeführt werden". Der VDLUFA (1996, S. 5) als auch POLETSCHNY (1992, S. 119) sehen den anrechenbaren Stickstoffanteil an der Gesamtstickstoffzufuhr bei Bioabfallkomposten im Anwendungsjahr bei 10 bis 15 %.

ROßBACH, SCHERER UND WERNER (1996, S. 131) stellten bei alleiniger Fertigkompostgabe, mit 30 % Grünschnittanteil, im Gefäßversuch bei *Lolium multiflorum* (einjähriges Weidelgras) eine Ausnutzung des Kompoststickstoffs von 1,2 % fest. In der landbaulichen Praxis würde der Stickstoffgehalt der Komposte aber niemals die Düngung limitieren. Vielmehr ist für eine ausgewogene Bedarfsdeckung eine Kombination von Fertigkompost mit einer gleichzeitigen mineralischen Stickstoffgabe sinnvoll. Bei einem entsprechenden Versuch konnte der Ausnutzgrad auf 4,3 % gesteigert werden. Werte von 7 % stellten Maxima dar (SCHERER, WERNER, NEUMANN, 1996, S. 125).

In der Literatur wird immer wieder der positive Einfluß der Komposte auf den Humusgehalt der Böden angeführt. Da der Humusgehalt der Böden aber nicht beliebig gesteigert werden kann, ist ab einem gewissen Punkt mit einer stärkeren Rücklieferung des vormals im Kompost organisch eingebundenen Stickstoffs zu rechnen. Bei längerfristiger Betrachtung rechnen WERNER, SCHERER, ROßBACH (1998, S. 89) mit dem 1,2 bis 1,7-fachem N-Nachlieferungsvermögen, während POLETSCHNY (1992, S. 119) im Vergleich zur kurzfristigen Betrachtung von einer bis zu vierzigprozentigen Ausnutzung des Gesamtstickstoffs im Kompost ausgeht.

Tatsächlich würde dies aber bedeuten, daß die Landwirte mit diesem Stickstoffpool im Boden selbst nach Jahren weit mehr "rechnen" müßten, als sie dies zumindest in der Vergangenheit taten. Dies erfordert eine weitsichtige Düngeplanung und ein gutes Know-how in der Bestandsführung einer Ackerkultur, da der Stickstoff im Bioabfallkompost ansonsten keinen Marktwert für den Landwirt hat.⁶³

Um nicht zu unrealistische Annahmen zugrunde zu legen, ist in RAUMIS festgelegt worden, daß lediglich 5 % des Gesamtstickstoffgehalts der Komposte pflanzenverfügbar sind.

Um die Bioabfallkomposte nicht überzubewerten, wurde beim Stickstoff der vorgegebene Wert der Bundesgütegemeinschaft beibehalten.

⁶³ Außerdem steht dem durch permanente Ertragszuwächse gekennzeichneten Ackerbau das dann immer bedeutsamer werdende Risiko eines unerwünscht starken und vorzeitigen Mineralisierungsschub durch außergewöhnlich warme Wetterlagen im Frühjahr gegenüber.

4.2.3.2. Klärschlämme

Durch eine Datenerhebung Ende 1995 bei verschiedenen Abwasserverbänden in NRW konnten die Nährstoffgehalte der Klärschlämme einzelner Kläranlagen erhoben werden. Diese Daten, die rund 180 Anlagen umfaßten, wurden mit Informationen des LANDESAMTES FÜR WASSER UND ABFALL (1991) (jetzt Landesumweltamt) aus dem Erhebungsbogen KOM / AZV (Bestandsaufnahme der Abwasserbehandlungsanlagen (Kläranlagen) in Nordrhein-Westfalen) am Institut für Agrikulturchemie der Universität Bonn im Rahmen eines Forschungsvorhabens für das MURL⁶⁴ verschnitten. Dadurch konnten in Abhängigkeit von der Kläranlagenausstattung (Phosphat- und Stickstoffeliminationsverfahren, Klärschlamm-entwässerung) Rückschlüsse auf die Klärschlämme einzelner Kläranlantypen gezogen werden. Infolgedessen konnten auch Angaben für die Klärwerke ermittelt werden, von denen lediglich Informationen aus dem Erhebungsbogen KOM / AZV zum Klärschlammaufkommen und zur Kläranlagentechnologie vorlagen.

Die so errechneten Daten wurden dann, in auf Kreishofebene aggregierter Form, für dieses Forschungsvorhaben durch das Institut für Agrikulturchemie der Universität Bonn bereitgestellt. Somit liegen die Nährstoffgehalte für Klärschlämme kreishofspezifisch differenziert vor.

Mit erheblichen Veränderungen der Nährstoffzusammensetzung der Klärschlämme ist künftig nicht mehr zu rechnen, da im Land NRW bereits Ende 1993 fast alle Kläranlagen, die nach Anhang 1 der Rahmen-AbwasserVwV⁶⁵ eine Phosphatelimination durchführen müssen, mit der entsprechenden Technik ausgestattet waren (MURL, 1995a, S. 23).⁶⁶ Die Stickstoffelimination wird hauptsächlich auf größeren Anlagen betrieben, die ihre Klärschlämme ohnehin fast vollständig maschinell entwässern, so daß der pflanzenverfügbare Stickstoffanteil, unabhängig von einer Stickstoffelimination, ohnehin sehr gering ausfällt (vgl. Tabelle 10).⁶⁷ Darüberhinaus waren Ende 1993 immerhin schon weit über die Hälfte der nachzurüstenden Anlagen an eine Nitrifikations- bzw. auch Denitrifikationsanlage angeschlossen (MURL, 1995a, S. 22).

⁶⁴ In diesem Zusammenhang sei auf den Endbericht zu dieses Forschungsvorhabens verwiesen: WERNER, W.; BRENK, C. (1997): Entwicklung eines integrierten Nährstoffversorgungs-Konzepts als Basis eines umweltverträglichen, flächendeckenden Recyclings kommunaler Abfälle (Sekundärrohstoffdünger) in Nordrhein-Westfalen und regionalisierte Bilanzierung von Schwermetallflüssen, Forschungsberichte des Lehr- und Forschungsschwerpunktes "Umweltverträgliche und Standortgerechte Landwirtschaft", H. 48, Bonn.

⁶⁵ ALLGEMEINE RAHMEN-VERWALTUNGSVORSCHRIFT ÜBER MINDESTANFORDERUNGEN AN DAS EINLEITEN VON ABWASSER IN GEWÄSSER vom 31.07.1996.

⁶⁶ Es sei an dieser Stelle erwähnt, daß auf der anderen Seite beispielsweise der BERGISCH-RHEINISCHE WASSERVERBAND (1994, S. 28), überlegte zur Umgehung von Teilkomponenten dieser Vorschriften seine großen Klärwerke in Mettmann und Solingen-Ohligs, unter Berücksichtigung der Entwicklung im Einzugsgebiet, zu verkleinern.

⁶⁷ WITTE (1994, S. 16) schätzt den Stickstoffverluste durch gezielte Nitrifikation/Denitrifikation auf lediglich 17,5 %. Im Vergleich dazu rechnet er mit 50 % erhöhten Phosphatgehalten bei Einführung der Phosphatelimination. Für die vorliegende Arbeit war es daher wichtiger, daß die Einführung der Phosphateliminierung in NRW bereits weitestgehend abgeschlossen war.

Es wurde unterstellt, daß 1994/95 ca. 75 % der Klärschlämme maschinell entwässert wurden. Für das Jahr 2005 wird allerdings mit einem 90-prozentigen Anteil der maschinell entwässerten Klärschlämme am Gesamtklärschlammaufkommen gerechnet.

Diese Annahme gründet in vier Sachverhalten:

1. Naßschlämme enthalten u.a. erhebliche Mengen an gelöstem Stickstoff. Sie sind deshalb mit flüssigen Wirtschaftsdüngern vergleichbar, die spätestens seit der Verknüpfung der AbfKlärV mit der Düngeverordnung nicht mehr in der vegetationsfreien Zeit ausgebracht werden dürfen. Da Klärschlämme aber kontinuierlich anfallen, müßten Naßschlämme ggf. über Monate zwischengelagert werden, wobei es sich aufgrund der geringen TS-Gehalte dann um sehr groß dimensionierte und somit teure Becken handeln müßte.
Maschinell entwässerter Klärschlamm kann hingegen aufgrund seiner stofflichen Eigenschaften, die mehr denjenigen des Stallmists ähneln, ganzjährig ausgebracht werden und bietet insoweit Vorteile auf der Kostenseite.
2. Seit der rechtlichen Verknüpfung von AbfKlärV und Düngeverordnung dürfen nicht mehr pauschal 5 t TS an Naßschlamm in drei Jahren auf einen Hektar Ackerland ausgebracht werden. Dadurch bedingt wird mehr Verwertungsfläche für die gleiche Klärschlammmenge benötigt, die nur im weiteren Umfeld einer Kläranlage gefunden werden kann, so daß sich die Transportentfernungen tendenziell erhöhen. Bei steigenden Transportentfernungen und den damit verbundenen Kosten verliert die Naßschlammverwertung aber gegenüber den maschinell entwässerten Klärschlämmen drastisch an Bedeutung (vgl. Abbildung 3), so daß die landwirtschaftliche Naßschlammverwertung seit 1996 (Inkrafttreten der Düngeverordnung) rückläufig sein muß.
4. Der Transportaspekt greift um so mehr, als 1992 mit der Novellierung der AbfKlärV eine Verwertung von Klärschlämmen auf Dauergrünland entfiel. Insbesondere in Regionen mit hohem Dauergrünlandanteil an der LF (z.B. Kreis Siegen-Wittgenstein mit 85 %) dürfte dadurch ein nicht unerheblicher Flächenanteil zur Naßschlammverwertung weggebrochen sein, der sich auch durch ein etwaiges vermehrtes Umlenken von Wirtschaftsdüngern von Acker- auf Grünlandflächen nicht hätte wettmachen lassen.⁶⁸
5. Zahlenmaterial des LANDESAMT FÜR WASSER UND ABFALL (1990) belegt anhand von Zeitreihen den allgemeinen Trend zu mittleren und größeren Kläranlagen, wodurch sich der Gesamtumfang der Kläranlagen in NRW kontinuierlich reduziert.⁶⁹ Dadurch wird das Netz der Kläranlagen grobmaschiger, und die Naßschlammverwertung verliert aufgrund der Transportproblematik zunehmend an Bedeutung.

⁶⁸ Ohnehin darf die Bedeutung des Umlenkens von Wirtschaftsdüngern nicht überschätzt werden. Da sich in der Vergangenheit bereits gezeigt hat, daß hofnahe Flächen stärker mit Wirtschaftsdüngern belegt werden als hofferne Flächen ist fraglich, weshalb die Landwirte wegen der Naßschlammverwertung plötzlich anderes agieren sollten.

⁶⁹ So plant beispielsweise der WASSERVERBAND EIFEL-RUR (1994, S. 64) seine Kläranlagen von 92 auf 62 zu reduzieren.

Tatsächlich zeigt sich bei den Abwasserverbänden und Kommunen in NRW, daß diese mit der weiteren Aufstellung von Klärschlammpressen begonnen haben, die über das Maß der Reinvestition hinausgeht.⁷⁰ Insofern kann dieser Sachverhalt als Beleg für die Annahme herhalten, daß sich der Anteil des entwässerten Klärschlammes kontinuierlich erhöht und bis zum Jahr 2005 90 % des Gesamtklärschlammaufkommens betragen dürfte.

Maschinell zu entwässerndem Klärschlamm wird oftmals Kalk zugesetzt, um anschließend bessere Entwässerungsgrade zu erlangen. Es wurde für die weiteren Berechnungen angenommen, daß der Anteil der Klärschlämme, der unter Zugabe von Kalk entwässert werden wird, bei 50 % liegt. In den betroffenen Klärschlämmen reduziert sich durch diesen Verdünnungseffekt der durchschnittliche Nährstoffgehalt.

Darüberhinaus kann im maschinellen Entwässerungsprozeß das Kalium im Schlamm nur unzureichend zurückgehalten werden. Es läuft mit dem abgepreßten Wasser ab, so daß sich der durchschnittliche Kaliumgehalt der Gesamtschlammmenge bei einem weiteren Vordringen der maschinellen Entwässerung von Klärschlämmen reduziert.

Hinsichtlich des Stickstoffs kann infolge der maschinellen Entwässerung ebenfalls mit Nährstoffverlusten aus dem Schlamm gerechnet werden. Dies ist insbesondere von landwirtschaftlicher Bedeutung, da gerade der pflanzenverfügbare Stickstoff im Wasser gelöst ist und mit dem Preßwasser abläuft.⁷¹

Eine Auswertung von mehr als 1000 Naßschlämmen und 254 Preßschlämmen belegt dies anschaulich, wie die nachfolgende Tabelle zeigt. Während die Gesamtstickstoffgehalte um über 50 % sinken, fällt der NH_4 -Gehalt noch wesentlich deutlicher. Der Kaliumgehalt reduziert sich ebenfalls um deutlich mehr als die Hälfte, während der Phosphatgehalt, hauptsächlich bedingt durch den o.g. Verdünnungseffekt, um lediglich 20 % abfällt.

⁷⁰ So weist das MURL (1995a) in seiner Publikation auf Seite 34 erst 295 Entwässerungsanlagen bei insgesamt 967 Kläranlagen (S. 16) aus. Zwei Jahre später werden in einer aktualisierten Auflage (MURL, 1997c, S. 71) 304 Entwässerungsanlagen benannt, obwohl parallel dazu die Anzahl der Kläranlagen auf 914 (S. 27) gesunken ist. Dies entspricht einem bereinigten Zuwachs von 9,03 % in nur zwei Jahren.

⁷¹ Die Höhe des mittelfristig pflanzenverfügbaren Stickstoffs aus Klärschlamm ist, wie bei den Bioabfallkomposten auch (vgl. Kapitel 4.2.3.1), umstritten. Für die Berechnungen mit RAUMIS wurde, in Anlehnung an den ursprünglichen RAUMIS-Ansatz bei Festmist (HENRICHSMeyer, W., DEHIO, J., KAMPEN, R., V., KREINS, P., STROTMANN, B. (1992, S. 57)), davon ausgegangen, daß rund 30 % des Gesamtstickstoffgehaltes pflanzenverfügbar ist. Da die Klärschlämme i.d.R. gezielt anaerob ausgefault werden, dürfte ihr pflanzenverfügbare Stickstoffgehalt bei relativer Betrachtung auch tatsächlich etwas höher liegen als bei normaler Gülle oder bei Festmist, wie Praxiserfahrungen bei Biogasanlagen gezeigt haben (SCHULZ, 1992, S. 8).

Tabelle 10: Mittlere Nährstoffgehalte (50er Percentile) von Naß- und Preßschlamm

		Naßschlamm	Preßschlamm
TS	%	4,8	38,5
OS	% TS	51,6	29,6
Nges	% TS	4,3	1,9
NH ₄	% TS	0,5	0,1
P ₂ O ₅	% TS	3,7	2,9
K ₂ O	% TS	0,51	0,19
CaO	% TS	6,4	26,2

Quelle: verändert nach AICHBERGER, HOFER, PICHLER, GRUBER (1996, S. 81)

Beispielhaft ist am Kreis Kleve (KLE) dargestellt, wie auf den Klärschlamm-anfall ohne Kalkzugabe zur Entwässerung zurückgerechnet wurde:

Das derzeitige Klärschlammankommen unter teilweiser Zugabe von Kalk beträgt 31.454 t TS. Davon sind entsprechend der oben gemachten Annahmen derzeit 25 % Naßschlämme mit einem angenommenen ursprünglichen Kalkgehalt von 6 %, bezogen auf TS. Bei den verbleibenden 75 % wird unterstellt, daß die Hälfte unter vorheriger Zugabe von Kalk entwässert wird, wobei dann der CaO-Gehalt des Klärschlammes von 6 auf 20 % erhöht wird.⁷²

Es ergibt sich folglich folgende Gleichung:

$$Y = X \cdot A + X \cdot B + (X \cdot C) \cdot D$$

Y = derzeit anfallende Klärschlammmenge in t TS

X = derzeit anfallende Klärschlammmenge bei Subtraktion der Zuschlagskalkmengen

A = Anteil der Naßschlämme in %

B = Anteil der maschinell entwässerten Schlämme, die ohne Zuschlagsstoff (Kalk) entwässert werden in %

C = Klärschlammultiplikator als Ergebnis der Zugabe von Kalk für die maschinelle Entwässerung bei schlecht oder mäßig entwässerbaren Klärschlämmen

D = Anteil der maschinell entwässerten Schlämme, die mit Zuschlagsstoff (Kalk) entwässert wurden in %

Setzt man Y = 31.454, A = 25 %, B = 37,5 %, C = 1,14 und D = 37,5 %, so ergibt sich die gesuchte Klärschlammankommenmenge ohne Kalkzugabe (X) mit 29.885 t TS.

⁷² Momentan sind die sich dann ergebenden Kalkgehalte oftmals höher (vgl. auch Tabelle 10). Allerdings hat sich gerade in den letzten Jahren eine rasante Entwicklung im Bereich der Klärschlammpressen stattgefunden (Stichwort Hochleistungszentrifugen etc.). Da die Klärwerke den Zuschlagskalk zunächst zukaufen müssen und dann nochmals nach Einarbeitung in den Klärschlamm bei dessen Abgabe zur Verwertung mitbezahlen, können sie nicht daran interessiert sein, mehr Kalk zuzugeben als für ein betriebswirtschaftlich optimales Entwässerungsergebnis nötig ist. Dieser Kostenfaktor ist ein wichtiger Punkt bei der Weiterentwicklung der Pressen. Infolge der rasanten Entwicklung in diesem Bereich wurde unterstellt, daß bedingt durch den technischen Fortschritt sich die durchschnittlichen Kalkgehalte der maschinell entwässerten Schlämme bis zum Jahr 2005 um sechs Prozentpunkte auf durchschnittlich 20 % reduzieren.

Werden davon im Jahr 2005 lediglich 10 % als Naßschlamm abgegeben, so entspräche dies einer Menge von 2988 t TS. Die verbleibenden 26.897 t TS werden entwässert, davon 50 % ohne Kalkzugabe (13.448 t TS), wohingegen der aufgekalkte Rest eine Klärschlammmenge von 15.331 t TS erbringt. Die Gesamtklärschlammtonnage erhöht sich demnach allein durch die vordringende maschinelle Klärschlammmentwässerung im Kreis Kleve um 313 t, dies entspricht allerdings lediglich einer Erhöhung von knapp 1%. Insgesamt erhält die Klärschlammmenge des Kreises Kleve aber 1882 t Zuschlagskalk. Dies entspricht 6,3 % der Gesamtklärschlammmenge des Jahres 2005.

Kalk darf gemäß der NRW-Verwaltungsvorschrift zur AbfKlärV aus dem Klärschlamm nicht "herausgerechnet" werden. Dies kann - wie aus Tabelle 19 ersichtlich - in Verbindung mit der maximalen Frachtobergrenze von 5 t TS/(ha*3 Jahren) dazu führen, daß in einzelnen Kreisen infolge der hohen Phosphatentzüge der Ackerkulturen in drei Jahren keine ausreichende Nährstoffversorgung über die Klärschlammgabe geboten werden kann. Wäre es hingegen möglich, den Kalkgehalt "herauszurechnen", so könnte in den betroffenen Kreisen der Nährstoffgehalt der Pflanzenkulturen über maschinell entwässerte Klärschlämme vollständig abgedeckt werden, was so nur über eine Naßschlammapplikation möglich ist.

Da der Naßschlamm nicht dem o.g. Verdünnungseffekt unterliegt, sind seine Nährstoffgehalte, bezogen auf den Trockensubstanzgehalt, entsprechend höher. Setzt man in die o.g. Formel anstelle der derzeit anfallenden Klärschlammmenge in t TS den Wert des insgesamt in Klärschlamm vorhanden P_2O_5 ein, so erhält man mit Auflösung der Gleichung nach X den Gehalt an P_2O_5 in kg/ t TS im Naßschlamm.

Berechnet man entsprechend für Kalium und Stickstoff, so ergeben sich, unter Berücksichtigung der Nährstoffverluste im Preßwasser, die folgenden regionaldifferenzierten Nährstoffgehalte der Klärschlämme in NRW:

Tabelle 11: Kreishofspezifische Differenzierung der Nährstoffgehalte der Klärschlämme (kg/ t TS) in RAUMIS

Kreishöfe	maschinell entwässerter Klärschlamm			Naßschlamm		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
KLE	1,66	41,79	3,7	10,08	44,52	7,87
MEQ	1,67	42,1	3,73	10,17	44,86	7,96
NE	1,64	44,05	3,66	10	46,86	7,79
VIQ	1,65	42,87	3,68	10,05	45,67	7,84
WES	1,69	41,2	3,8	10,31	43,89	8,11
ACQ	1,69	49,31	3,79	10,27	52,54	8,07
DN	1,68	49,49	3,77	10,24	52,73	8,04
BM	1,66	48,59	3,7	10,1	51,76	7,89
EU	1,68	49,32	3,76	10,21	52,55	8,01
HS	1,68	49,44	3,78	10,25	52,68	8,06
GM	1,66	43,08	3,7	10,08	45,89	7,87
GLQ	1,64	45,76	3,66	10	48,76	7,79
SUQ	1,64	47	3,64	9,97	50,08	7,76
BOR	1,67	42,6	3,73	10,16	45,39	7,96
COE	1,6	38,26	3,52	9,73	40,77	7,51
REQ	1,69	40,09	3,78	10,26	42,72	8,06
ST	1,59	39,24	3,5	9,76	41,81	7,46
WAQ	1,62	42,79	3,59	9,87	45,59	7,66
GT	1,6	42,49	3,54	9,77	45,28	7,54
HFQ	1,61	42,31	3,56	9,81	45,08	7,59
HX	1,7	48,92	3,82	10,34	52,12	8,14
DT	1,62	43,43	3,59	9,85	46,27	7,64
MI	1,62	43,25	3,59	9,85	46,08	7,64
PB	1,61	42,96	3,55	9,77	45,77	7,56
ENQ	1,66	41,27	3,72	10,14	43,98	7,92
HSK	1,65	41,09	3,74	10,07	43,78	7,87
MK	1,63	41,05	3,63	9,94	43,73	7,72
OE	1,7	42,79	3,82	10,35	44,52	8,14
SI	1,7	40	3,83	10,36	42,61	8,16
SO	1,66	44,24	3,71	10,11	47,13	7,91
UNQ	1,6	36	3,53	9,74	38,36	7,53

Quelle: eigene Berechnungen mit Ausgangsdaten aus der gemeinsamen Datenerhebung mit Christoph Brenk (Institut für Agrikulturchemie der Universität Bonn) bei den Abwasserverbänden in NRW und einer statistischen Auswertung durch Brenk (s.a. Tabelle 3)

Es zeigten sich erhebliche regionale Unterschiede beim für die Applikationsmenge limitierend wirkenden P₂O₅. So haben die maschinell entwässerten Klärschlämme im Kreishof UNQ lediglich einen Gehalt von 36 kg / t TS, während dieser Wert im Kreishof DN mit 49,49 kg / t TS um rund 37 % höher ausfällt.

4.3. Klärschlamm- und Bioabfallkompostaufkommen

Für das Aufkommen an Bioabfall und Klärschlamm stellt die Einwohnerzahl eine entscheidende Kerngröße dar, weshalb das Augenmerk zunächst auf diesen Aspekt gelenkt sei.

Das LANDESAMT FÜR DATENVERARBEITUNG UND STATISTIK NORDRHEIN-WESTFALEN (1990, S. 12) geht in einer Vorausberechnungen (Bevölkerungsprognose 1988 bis 2005) für die kreisfreien Städte und Kreise Nordrhein-Westfalens davon aus, daß die Bevölkerung in NRW, bedingt durch den Zuzug von Aus- und Übersiedlern als auch von Asylbewerbern, von 16,7 auf 17,7 Mio. Einwohner anwachsen wird, und daß die höchsten Zuwanderungen zwischen 1988 und 1995 stattfinden, während nach dem Jahr 2000 eine nahezu ausgeglichene Wanderungsbilanz erwartet wird.

Da die Daten über das Klärschlammaufkommen auf dem Jahr 1991 stammen, hatte zu diesem Zeitpunkt zumindest ein Großteil der Wanderungsbewegungen bereits stattgefunden.⁷³

4.3.1. Regionsspezifisch verfügbare Bioabfallkompostmengen

Die Menge an Bio- und Grünabfall je Einwohner schwankt in Abhängigkeit von der Einwohnerdichte. Bei geringerer Einwohnerdichte verfügen die betroffenen Personen häufig über einen Garten. Daher fällt in den Verdichtungsräumen des Ruhrgebiet beispielsweise in wesentlich geringerem Umfang Garten- und Grünabfall pro Person an. Darüberhinaus ist zu berücksichtigen, daß die Singlehaushalte tendenziell eher in den Verdichtungsräumen zu finden sind, und daß deren Eßgewohnheiten stärker auf Tiefkühlkost und Fertiggerichte ausgerichtet sind, wobei weniger Bioabfall anfällt als bei der Zubereitung von Mahlzeiten aus Frischgemüse.

Auf die Siedlungsstruktur konnte lediglich über die Einwohnerzahlen der Gemeinden in bezug zur Fläche der Kommunen im Jahr 1991 rückgeschlossen werden. Entsprechende Daten, wie sie auch der Publikation des LANDESAMT FÜR DATENVERARBEITUNG UND STATISTIK NORDRHEIN-WESTFALEN (1991) zugrundeliegen, waren am Institut für Agrikulturchemie der Universität Bonn verfügbar. Hinsichtlich der Bio und Grünabfallmengen pro Einwohner wurden dann, in Anlehnung an FRICKE UND TURK (1991, S. 56), folgende drei Gruppen gebildet:

⁷³ Am 28.06.1993 war das Grundgesetz im Bundestag geändert worden. Infolgedessen ging die Anzahl der Asylanträge bundesweit drastisch zurück, da Antragsteller, die durch sog. sichere Drittstaaten einreisen, seither umgehend zurückgewiesen werden.

Tabelle 12: Bio- und Grünabfallmengen pro Person in Abhängigkeit von der Bevölkerungsdichte

ländlicher Raum	bis 600 Einwohner/km ²	130 kg FS/ Person*Jahr
Übergangsraum	600 bis 2000 Einwohner /km ²	90 kg FS/ Person*Jahr
Ballungsraum	mehr als 2000 Einwohner /km ²	60 kg FS/ Person*Jahr

Quelle: eigene Vorgaben in Anlehnung an FRICKE UND TURK (1991, S. 56)

Daß einzelne Kommunen und Abfallwirtschaftsverbände den Kreis der Bioabfälle, die einer Kompostierung zugeführt werden sollen, unterschiedlich weit auslegen, konnte nicht berücksichtigt werden.⁷⁴

Von der anfallenden Bioabfallmenge sind aber bei weitem nicht 100 % potentiell landwirtschaftlich verfügbar, denn

1. verbleibt ein Teil der Bioabfälle bei den Haushalten, sofern diese eine Eigenkompostierung durchführen.
2. ist die Landwirtschaft im Gegensatz zu anderen Verwertern nicht dazu in der Lage, den Kompost kostenlos abzunehmen.

Der erste Punkt sollte nicht überbewertet werden.⁷⁵ Außerdem besitzen selbst Haushalte mit Eigenkompostierung oftmals "als komplementäres Element" eine Biotonne, der sie beispielsweise Rosenholz aus dem Garten (verrottet zu langsam) und Zitrusfruchtschalen (zersetzen sich nur unvollständig in einem kleinen Komposthaufen) zuführen (FERBER, 1989, S. 165). Für die Berechnungen mit RAUMIS wurden je nach Kreishof Eigenkompostierungsraten zwischen 10 % und 20 % festgelegt.

Der zweite Punkt ist aber um so bedeutsamer. Die Entstehungsgeschichte der Bioabfallkompostierung zeigt, daß die Komposte zunächst im Bereich "Landschaftsbau, Rekultivierung" und "Erdsustratherstellung" vermarktet wurden. Erst mit der allmählichen Marktsättigung begann man, die Komposte in der Landwirtschaft einzusetzen.⁷⁶ Die Landwirte beurteilen den Kompost hauptsächlich nach dem Nährstoffgehalt. Infolgedessen hat er für sie nur einen geringen Wert. Auf deren anderen Seite haben sie, bei

⁷⁴ So zeigte sich bei einer gemeinsamen Exkursion mit BEER (1995), daß beispielsweise im Landkreis Ebersberg (bei München) mit seinem extrem dezentralisierten Kompostierungskonzept die Bürger aufgefordert wurden auch Eierschalen, kleinere Knochen und Speisereste etc. in die Bioabfalltonne zu geben. Üblicherweise ist dies nicht erwünscht, da bei mittleren und größeren Kompostierungsanlagen die Fertigkomposte nach erfolgter Kompostierung nochmals abgesiebt werden, wodurch der Störstoff- und somit auch im begrenzten Umfang der Schadstoffgehalt nachträglich nochmals reduziert werden kann. Sich langsam zersetzende Produkte, wie z.B. Knochen, finden sich dann im Siebüberlauf wieder und müssen anschließend einer Entsorgung zugeführt werden, weshalb viele Kommunen diese nicht mit der Bioabfalltonne erfassen.

⁷⁵ Während das BAYERISCHE STAATSMINISTERIUM FÜR LANDESENTWICKLUNG UND UMWELTFRAGEN (1990, S. 10) in Landkreis München die Möglichkeit sah durch "gezielte Maßnahmen" die Teilnehmerquote auf rund 80 % zu steigern, kam aber beispielsweise im Landkreis Bad Dürkheim "trotz eines intensiven Einsatzes von Abfallberatern (...) der Anteil der selbstkompostierenden Haushalte nicht über 10 % hinaus." (JUNG, 1991, S. 114).

⁷⁶ Exemplarisch sei auf den von VAN TUBERGEN (1992, S. 539) für die Niederlande beschriebenen Prozeß verwiesen, der sich so aber auch in Deutschland vollzogen hat.

gleicher Nährstoffgabe, im Vergleich zur mineralischen Düngung oder zur Verwertung von maschinell entwässerten Klärschlämmen, einen wesentlich höheren Arbeitsaufwand mit der Ausbringung und ggf. mit dem Transport der Bioabfallkomposte. Folgerichtig verlangen sie eine entsprechende Vergütung, wie sie diese für das Substitutionsprodukt Klärschlamm schon seit Jahren erhalten.

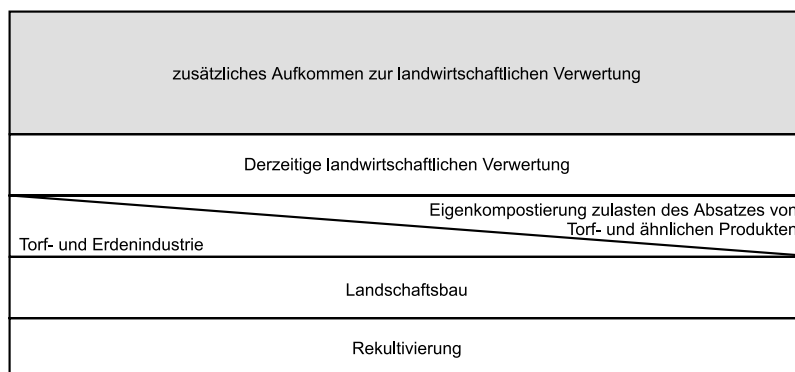
Die Erden- und Substratindustrie kann aber durch die kostenlose Abnahme von Kompost beispielsweise den Torfeinsatz reduzieren und dadurch Geld sparen. Für sie errechnet sich der Wert des Komposts nicht durch den Nährstoffgehalt, sondern anhand der eingesparten Lizenzgebühr für den Torfabbau. Die Lizenzgebühr wird aber nach Tonnage oder Volumen berechnet. Letztlich ist das Kosteneinsparpotential für diesen Wirtschaftsbereich höher als für die Landwirtschaft.

Auch im Landschaftsbau kann der immer wieder notwendige Zukauf von Erdmaterial reduziert werden. Da die Einsparpotentiale dieser Konkurrenten wesentlich größer sind als die der Landwirtschaft, ist es ihnen möglich, Komposte bereits zu solchen Konditionen abzunehmen, die für die Landwirtschaft noch unakzeptabel sind. Für die Landwirtschaft wird daher auch in Zukunft nur der nicht anderweitig absetzbare Kompost übrigbleiben.

Die einzelnen entsorgungspflichtigen Körperschaften könnten in Erkenntnis dieses Sachverhaltes bemüht sein, die Eigenkompostierung durch Gebührenanreizsysteme zu fördern, um möglichst wenig Kompost vermarkten zu müssen. Sektoral bedeutet dies aber, daß die Erden- und Substratindustrie weniger Erzeugnisse an Hobbygärtner etc. absetzen könnte, so daß letztlich vom verbleibenden Restkompost dann ein höherer Prozentsatz von der Landwirtschaft abgenommen werden müßte. Dieses Elastizitätsphänomen führt zumindest im Idealfall zu einem konstanten absoluten Verwertungspotential für die Landwirtschaft (vgl. Abbildung 2).

Für die vorliegende Arbeit wurde angenommen, daß der potentiell in der Landwirtschaft absetzbare Bioabfallkompostanteil von derzeit ca. 20 % sich durch die Ausdehnung der Bioabfallsammlung, infolge der Verwertungspflicht des KrW-/AbfG, bei gleichbleibenden absoluten Absatzmengen in den schon bestehenden Marktsegmenten, auf 50 % im Jahr 2005 erhöht.⁷⁷

Abbildung 2: Verwertungsströme der Bioabfallkomposte



⁷⁷ Diese Annahme deckt sich mit der Prognose der Bundesgütegemeinschaft Kompost (KEHRES, 1997).

Je nach Rottegrad lassen sich Gewicht und Volumen der Bioabfälle während der Kompostierung um durchschnittlich 50 % reduzieren.

In den RAUMIS-Kreishöfen stehen damit letztlich die in Spalte 3 der nachfolgenden Tabelle wiedergegebenen Bioabfallkompostmengen für eine landwirtschaftliche Verwertung zur Verfügung:

Tabelle 13: Kreishofspezifisch differenziertes Potential an maschinell entwässertem Klärschlamm, an Naßschlamm und an Bioabfallkomposten für eine landwirtschaftliche Verwertung in RAUMIS (Angaben bei Klärschlamm in t TS, Angaben bei Bioabfallkompost in t FS)

Kreishof	Klärschlamm	davon max. Naßschlamm	Bioabfall- kompost
KLE	25414	2988	14659
MEQ	46942	5520	103361
NE	32984	3878	18201
VIQ	30739	3614	28404
WES	56553	6650	19458
ACQ	3734	439	20615
DN	17789	2091	12214
BM	25558	3005	36250
EU	7491	880	9261
HS	11927	1402	11794
GM	3069	354	14308
GLQ	12079	1420	28500
SUQ	15638	1838	33122
BOR	15205	1788	17378
COE	11711	1377	10162
REQ	23743	2791	76940
ST	11818	1389	21153
WAQ	16541	1945	24762
GT	9074	1067	15587
HFQ	6956	818	24028
HX	3884	456	7893
DT	8890	1045	18559
MI	6057	712	14618
PB	6521	766	12495
ENQ	9246	1087	40919
HSK	3887	457	14494
MK	6597	775	20601
OE	3432	403	7070
SI	3309	389	14221
SO	11675	1372	15119
UNQ	15495	1822	42437

Quelle: eigene Berechnungen auf der Grundlage des von Herrn Brenk ermittelten Datenstamms (Details im Text zu diesem und dem nachfolgenden Kapitel)

Inwieweit in den Regionen tatsächlich eine Verwertung von Bioabfallkomposten im nichtlandwirtschaftlichen Bereich möglich ist, konnte nicht

hinterfragt werden. Es wird in RAUMIS davon ausgegangen, daß die Chancen dazu in allen Regionen gleichmäßig gegeben sind.

4.3.2. Regionsspezifisch verfügbare Klärschlammengen

Klärschlämme können nicht energetisch verwertet, sondern nur thermisch behandelt werden (vgl. Kapitel 2.1.1). Die stoffliche Verwertung erfolgt sowohl in der Landwirtschaft als auch im Bereich Substrat- und Erdenherstellung, im Landschaftsbau und in der Rekultivierung, z.B. von Braunkohlenachfolgelandschaften. Die drei letztgenannten Verwertungszweige können Klärschlämme, aus den schon im vorangegangenen Kapitel erörterten Gründen, preiswerter verwerten als landwirtschaftliche Abnehmer. Es wird in RAUMIS unterstellt, daß diese Verwerter 20 % der insgesamt in NRW anfallenden Klärschlämme verwerten, so daß für die anderen Verwertungszweige einschließlich der Entsorgung 80 % verbleiben. Da die größeren Kommunen und Abwasserverbände sich schon aus Gründen der Entsorgungssicherheit nicht ausschließlich auf eine Verwertung in der Landwirtschaft beschränken wollen, wäre es verkehrt gewesen, in RAUMIS den potentiell für die Landwirtschaft zugänglichen Klärschlamm pool auf 100 % des Gesamtaufkommens zu setzen.

Da die Abwasserverbände verstärkt auf eine maschinelle Entwässerung der Klärschlämme setzen, wird sich das Potential für eine landwirtschaftliche Naßschlammverwertung verringern, und das Gesamtklärschlamm aufkommen wird sich durch die Konditionierung eines Teils der maschinell entwässerten Klärschlämme mit Kalk leicht erhöhen (vgl. Kapitel 4.2.3.2).

Bei den Klärwerken in NRW handelt es sich um Anlagen mit z.T. über 100.000 EW (Einwohnerwerte). Diese Anlagen produzieren erhebliche Mengen nährstoffreichen Klärschlammes und sind weder geographisch noch in bezug auf die Einwohnerzahlen gleichmäßig über die Kreisregionen verteilt. Für das Ruhrgebiet beispielsweise ergab sich die Situation, daß im Mündungsgebiet der Emscher ein Großteil der Abwässer des Ruhrgebiets geklärt wird. Entsprechend fallen dort immense Klärschlammengen an, während es in den benachbarten Kreishöfen kaum Klärschlamm gibt, wie auch Karten des MURL (1991, Abschnitt 2, S. 3) belegen.

Infolgedessen ist in einem ersten Schritt ein Radius von 30 km um jede Kläranlage geschlagen worden, um dann den Klärschlamm rechnerisch auf die Ackerflächen innerhalb dieser Kreisschnittflächen umzurechnen. Dadurch ergab sich eine kleinräumige Klärschlammverteilung über die Kreis(hof)grenzen hinweg.⁷⁸

Dennoch bleibt, wie am Kreishof WES in Tabelle 13 ersichtlich, ein Verhältnis von Klärschlamm zu Bioabfallkompost von 2,9 : 1 (56.553 t TS an Klärschlamm zu 19.458 t FS an Bioabfallkompost). Im eher ländlich strukturierten Kreishof SI liegt das Verhältnis von Klärschlamm zu Bioabfallkompost bei 1 : 4,3 (3309 t TS an Klärschlamm zu 14.221 t FS an

⁷⁸ Vgl. WERNER UND BRENK (1997, S. 28).

Bioabfallkompost). Diese Werte für den Kreis Siegen-Wittgenstein mit einer in sich geschlossenen Infrastruktur zur Abwasserbehandlung belegen die verzerrte Situation des Kreishofes WES nochmals anschaulich.

Es zeigt sich also bereits im Vorfeld, daß insbesondere im Kreishof WES eine vollständige regionale Klärschlamm- und Kompostverwertung durch die Landwirtschaft schwierig zu bewerkstelligen sein dürfte.

Unter Berücksichtigung der o.g. Punkte und der in Kapitel 4.2.3.2 angeführten Aspekte ergeben sich die in Tabelle 13 wiedergegebenen Naßschlamm- und Preßschlammengen in den einzelnen Kreishofregionen von RAUMIS.

4.4. Umsetzung der Verwertung von Klärschlamm- und Bioabfallkompost im Modellsystem RAUMIS

4.4.1. Bestimmungsfaktoren für die Differenzierung der Verwertung von Klärschlamm in RAUMIS

An den Landwirt können mit Blick auf die von ihm praktizierte Klärschlammverwertung folgende Fragen gestellt werden:

1. Kommt Naßschlamm oder maschinell entwässerter Klärschlamm zum Einsatz?
2. Bewerkstelligt er den Transport von der Kläranlage selbst, oder liefert ein Fuhrunternehmen den Klärschlamm an?
3. Erfolgt die Verwertung auf betriebseigener Fläche oder auf Pachtland?
4. Welcher Bodenversorgungsstufe unterliegt die Fläche (insbesondere hinsichtlich P_2O_5)?
5. Wird durch die Klärschlammverwertung mineralischer Dünger oder Wirtschaftsdünger substituiert?
6. Kommt Klärschlamm aus einem Klärwerk mit nachgeschalteter Phosphatelimination zum Einsatz?

Im folgenden soll anhand dieser Fragen die Differenzierung der in RAUMIS implementierten Verfahren zur Klärschlammverwertung erörtert werden. Abbildung 5 faßt die nachfolgenden Überlegungen in einer graphischen Darstellung zusammen.

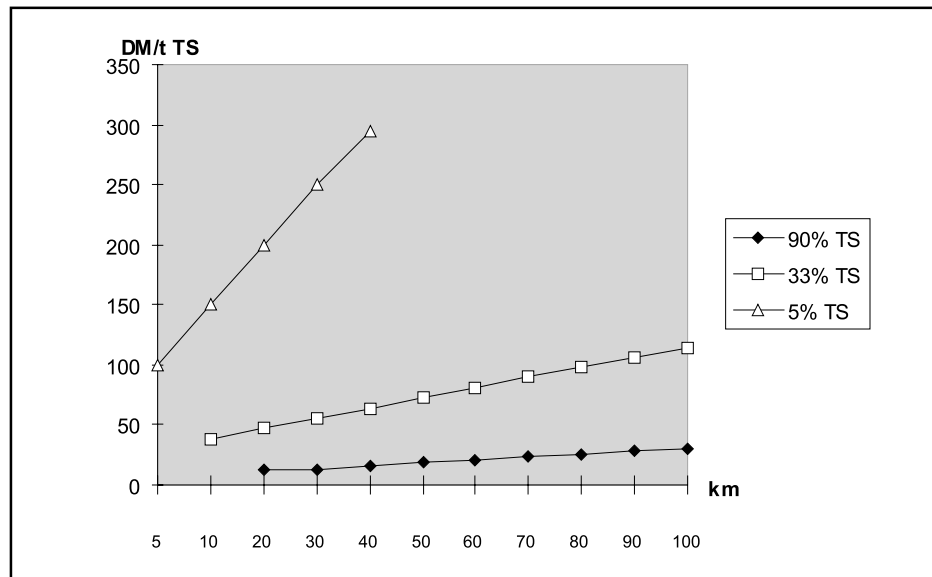
4.4.1.1. Naßschlamm versus maschinell entwässerten Klärschlamm

Wie schon in Kapitel 4.2.3.2 ausgeführt, enthalten die Naßschlämme im Vergleich zu den maschinell entwässerten Klärschlammern z. T. erheblich höhere Nährstoffgehalte pro t TS. Dies gilt es insbesondere bei der Berechnung der Ausbringungsmenge auf Kreishofebene zu berücksichtigen. Daneben zeichnen sich die Naßschlammverfahren, bedingt durch ihren äußerst geringen TS-Gehalt, durch einen wesentlich höheren Arbeitszeit- und Maschinenzeitbedarf pro Tonne TS aus, da wesentlich mehr Volumen transportiert und verteilt werden muß.

Ferner können Naßschlammverfahren nur im begrenzten Umfang (vgl. Kapitel 4.3.2), realisiert werden, weil

1. eine Ausbringung von Naßschlamm, wegen seiner stofflichen Beschaffenheit und in Verbindung mit der Düngeverordnung, nur während der Vegetationszeit erlaubt ist. Klärschlamm fällt im Klärwerk aber kontinuierlich an. Eine Lagerung von Naßschlamm erfordert aber im Vergleich zum maschinell entwässerten Klärschlamm ein mehrfaches der Lagerkapazität.
2. der Transport zu Verwertungsflächen, die weit vom Klärwerk entfernt gelegen sind, aus betriebswirtschaftlichen Gründen (Transportkosten) durch den Klärwerkbetreiber nicht erwogen wird, wie die nachfolgende Graphik anschaulich demonstriert.⁷⁹

Abbildung 3: Transportkosten von Klärschlamm in Abhängigkeit vom TS-Gehalt



Quelle: verändert nach MURL (1991, Abschnitt 5, S. 11).

4.4.1.2. Landwirtschaftlicher Klärschlammtransport versus Fuhrunternehmen

Bei sämtlichen RAUMIS-Verfahren zur Naßschlammverwertung wird unterstellt, daß die Landwirte den Klärschlamm selber beim Klärwerk abholen, um ihn dann direkt auf den Ackerflächen auszubringen. Ein Transport mit Tankfahrzeugen, mit anschließendem Umladen am Feldrand, wird in RAUMIS nicht separat berücksichtigt, wenngleich dies in der Praxis vorkommt. Da der Anteil der Naßschlämme an der gesamten Klärschlammverwertung auf maximal 12 % des Gesamtklärschlammauf-

⁷⁹ Dem stehen dann zwar auch Entwässerungskosten gegenüber, dennoch überwiegen die immensen Transportkosten. Zu den Kosten der Klärschlamm-entwässerung sei auch auf die textlichen Erläuterungen im Zusammenhang mit Abbildung 9 verwiesen.

kommens beschränkt worden ist, erschien diese Vereinfachung statthaft. Bei allen RAUMIS-Verfahren zur Klärschlammverwertung kann der Transport der stichfesten Schlämme (33 % TS)⁸⁰ vom Klärwerk zum Feldrand hingegen sowohl durch den Landwirt als auch durch ein vom Klärwerk beauftragtes Fuhrunternehmen erfolgen.

4.4.1.3. Betriebseigene Fläche versus Pachtland

Die Verwertung der Klärschlämme kann theoretisch entweder auf betriebseigenen Flächen erfolgen oder aber auf Pachtland. In der Praxis ist die Verwertung auf Pachtflächen aber i.d.R. ausgeschlossen, weil sich die Verpächter bei der Ausgestaltung der Pachtbedingungen üblicherweise an den Musterpachtverträgen der Landwirtschaftskammern orientieren. Diese enthielten aber zumindest bis jetzt fast immer einen Passus hinsichtlich der sog. ordnungsgemäßen Erhaltung des Pachtgegenstandes. Dies endet dann in der Aussage, wie sie der AID (1991, S. 37) beim Nachdruck eines solchen Mustervertrages wiedergibt: "Zur Aufbringung von Klärschlamm bedarf es der schriftlichen Einwilligung des Verpächters."⁸¹

Bei der Abfassung dieser Verfügungseinschränkung des Pachtobjektes stand in der Vergangenheit sicherlich der Vorsichtsgedanke Pate. Durch den nunmehr obligatorischen Beitritt des Klärschlammabgebenden zum Klärschlamm-Entschädigungsfonds nach § 9 des novellierten Düngemittelgesetzes kann dieser Einwand aber eigentlich nicht mehr vorgebracht werden (vgl. Kapitel 2.2.2.2).

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurde jedoch angenommen, daß die Verpächter der landwirtschaftlichen Klärschlammverwertung auch weiterhin kritisch gegenüberstehen werden und deshalb die Pachtverträge nicht ändern werden, weil

1. sich diese neue haftungsrechtliche Information nicht bis zum Jahr 2005 zu allen Verpächtern herumsprechen wird. So stehen viele Verpächter,

⁸⁰ Der durchschnittliche TS-Gehalt wurde in Anlehnung an den von LOLL et al. (1995, S. 272 und 273) veröffentlichten Arbeitsbericht "Maschinelle Schlammmentwässerung" des ATV/BDE/VKS-Fachschusses "Stabilisation, Entseuchung, Eindickung, Entwässerung und Konditionierung von Schlämmen" festgelegt. Demnach ist die Grenze der Entwässerbarkeit beim Einsatz von Filterpressen mit Polymeren - Konditionierung ohne Kalk - oder ähnlichen Zuschlagsstoffen bei mittelmäßig entwässerbaren Klärschlämmen mit rund 33 % TS gegeben. Bei Zugabe von Kalk o.ä. erhöht sich der Wert auf 40 %. Da aber auch noch Bandfilterpressen und Zentrifugen im Einsatz sind, die nur eine Entwässerbarkeit von ca. 24 % erreichen, wurde an dem Mittelwert von 33 % für das Jahr 2005 festgehalten. Bei statischer Eindickung ohne Konditionierung kann mit einem Wert von 4 - 7 % TS gerechnet werden. Für die Berechnungen mit RAUMIS wurde deshalb bei Naßschlämmen ein 5 %iger TS-Gehalt angenommen.

⁸¹ Von einzelnen Unternehmen, z.B. der A.U.S. Büssenschütt GmbH & Co. KG, wird immer wieder auf das Urteil des Oberlandesgericht Celle vom 12. Oktober 1989 - 7 U 5/89 - (103/89) aufmerksam gemacht, wonach eine Klärschlammdüngung eine ordnungsgemäße Bewirtschaftungsmaßnahme sei, die der Zustimmung des Grundstückeigentümers oder des Verpächters nicht bedürfe. Das gleiche Gericht hat jedoch mit Urteil vom 12. September 1996 - 7 U 171/95 (104/97) festgestellt, daß die zuvor genannte Praxis unzulässig ist, wenn der Pachtvertrag ein Klärschlammaufbringungsverbot vorsieht (vgl. DANERS, 1998, S. 9).

deren eigene Landwirtschaft eventuell schon von den (Groß-)Eltern aufgegeben wurde, heute nicht mehr in einem kontinuierlichen Kontakt zur Agrarrechtsentwicklung. Aufgrund dieser asymmetrischen Informationslage kann angenommen werden, daß gerade diese Verpächtergruppe auch in Zukunft auf der Fortführung der bestehenden ("bewährten") Pachtverträge bestehen wird.⁸²

2. bislang stets die Marktfruchtanbaubetriebe als Klärschlammverwerter in der Landwirtschaft aufgetreten sind, während in der Vergangenheit, vor dem Hintergrund der damaligen Gülleverordnung, die Veredler schon Schwierigkeiten hatten mit der Verwertung ihre Wirtschaftsdünger. Letztere waren deshalb stets bereit, für zusätzliches Pachtland einen höheren Pachtzins zu zahlen als Marktfruchtbetriebe. Dies belegt sowohl die Auswertung der Betriebsergebnisse durch die LANDWIRTSCHAFTSKAMMER WESTFALEN-LIPPE (1996) als auch die Auswertung durch die LANDWIRTSCHAFTSKAMMER RHEINLAND (1996). Obgleich die Gülleverordnungen zwischenzeitlich durch die Düngeverordnung ersetzt wurden, hat sich an der Problemstellung für die Veredlungsbetriebe nichts wesentliches verändert. Sie suchen weiterhin Pachtflächen für die Verwertung ihrer Wirtschaftsdünger und werden, wollen sie die i.d.R. lukrative Tierhaltung nicht drosseln, auch in Zukunft bereit sein, ein dem Marktfruchtanbaubetrieben vergleichbares Pachtangebot abzugeben. Für den einzelnen Verpächter wird damit die Diskussion um eine für ihn lästige Änderung der Pachtbedingungen auch in Zukunft entfallen.

Für die Berechnungen mit RAUMIS wurde infolgedessen weiterhin unterstellt, daß sich die Verpächter erst gegen Zahlung eines zusätzlichen Pachtzinses in Höhe von 10 % bereit finden, die oben zitierte Ausschlussklausel aus den Pachtverträgen zu streichen. Dieser Ansatz fußt in dem Gedanken, daß auch bei den Verpächtern die Gewinnmaximierung der primäre Leitgedanke wirtschaftlichen Handelns ist. Da sie wissen, daß die Landwirte eine Verwertungsprämie erhalten, die über die Kosten der Einarbeitung hinausgeht (vgl. Kapitel 4.6.1), wollen auch sie von diesem Geld partizipieren. Der erhöhte Pachtzins ist für die betroffenen Flächen jährlich zu zahlen, unabhängig von der Frage, ob und wieviel Klärschlamm im jeweiligen Jahr ausgebracht wird.

⁸² Unterstellt man, daß es sich bei den Verpächtern um eine repräsentative Teilgruppe der Gesamtgesellschaft handelt, dann spiegeln sich bei ihnen stärkere Vorurteile gegenüber der landwirtschaftlichen Klärschlammverwertung wider, als dies unter Landwirten der Fall ist, die berufsbedingt öfters Klärschlammanalysen sehen und deshalb um die seit Jahren sinkenden Schwermetallgehalte in den Klärschlämmen wissen (vgl. Kapitel 7.2). Lebensmittelkonzerne, wie beispielsweise die VK Mühlen AG, werben hingegen gezielt mit einem - wie sie selbst zugeben (RÖLL, 1995, S. 94 und 95) - vermeintlichen Qualitätsvorsprung ihrer Produkte, da vertraglich eine landwirtschaftliche Klärschlammverwertung auf den Anbauflächen ausgeschlossen ist. Sie schüren damit die unterschweligen Bedenken der Gesamtbevölkerung gegenüber der landwirtschaftlichen Klärschlammverwertung, so daß auch die Verpächter weiterhin einer Klärschlammverwertung tendenziell skeptisch gegenüber stehen dürften.

4.4.1.4. Bodenversorgungsstufen

Auf Flächen der Bodenversorgungsstufe D für P_2O_5 darf nach Anlage 1 der NRW-Verwaltungsvorschrift zur AbfKlärV lediglich eine halbe Entzugsdüngung mittels Klärschlamm stattfinden. Wie schon in Kapitel 4.2.1.3 ausgeführt, sind die Flächen der Bodenversorgungsstufe A und B der Versorgungsstufe C zugerechnet worden, infolgedessen stehen unter Berücksichtigung des rechtlichen Status quo sechs Nährstoffklassenkombinationen mit ihren jeweiligen Flächenanteilen für eine potentielle Klärschlammverwertung zur Verfügung.

Die Kombination C für P_2O_5 und C für K_2O bewirkt die gleiche Klärschlammausbringungsmenge pro Flächeneinheit wie beispielsweise die Kombination C für P_2O_5 und E für K_2O , weil die o.g. Verwaltungsvorschrift für Kalium keine Bodenanalyse vorsieht (vgl. Kapitel 4.2.1.3).

Die Berücksichtigung der Bodenversorgungsstufen war in RAUMIS bislang an keiner Stelle vorgesehen gewesen.⁸³ Es sei an dieser Stelle erwähnt, daß dieser Aspekt das Klärschlamm- und Kompostmodul in RAUMIS um ein Vielfaches vergrößert hat.

4.4.1.5. Substitution von mineralischen Düngern versus Wirtschaftsdüngersubstitution

Bislang erfolgte die landwirtschaftliche Verwertung von Klärschlamm durch einzelne Betriebe nur dann, wenn diese nach Verwertung der hofeigenen Wirtschaftsdünger noch über ein Nährstoffdefizit, insbesondere bei Phosphor, verfügten. Spätestens ab dem Jahr 2005 könnte sich die sog. Einarbeitungsprämie, die die Landwirte für die Abnahme des Klärschlammes erhalten, aber deutlich erhöhen (vgl. Kapitel 4.6.3). Es wurde deshalb im Rahmen dieser Untersuchung auch der Frage nachgegangen, ob die Klärschlammverwertung so konkurrenzstark werden könnte, daß sie einzelne tierische Verfahren zurück drängt. Die Ergebnisse zeigten jedoch, daß dieser Fall nicht eintritt.⁸⁴

⁸³ Dies kann bei Kurz- und Mittelfristbetrachtungen zu einer grundsätzlichen Überschätzung des sektoralen mineralischen Düngerbedarfs führen.

⁸⁴ Für den Fall, daß dies so wäre, ist berücksichtigt worden, daß der Landwirt im Falle einer Wirtschaftsdüngersubstitution die dann fehlenden Nährstoffe über eine mineralische Düngung zuführen. Für das Modellsystem RAUMIS wurde angenommen, daß diese sog. Ausgleichsdüngung für Kalium in einem separaten zusätzlichen Arbeitsschritt für einen dreijährigen Zeitraum erfolgt. Die Stickstoffausgleichsdüngung erfolgt hingegen jährlich. Arbeitswirtschaftliche Synergieeffekte ließen sich voraussichtlich nicht nutzen. Nur im Falle einer Ausbringung von Klärschlamm auf Flächen mit der Kalium-Bodenversorgungsstufe D oder E entfällt die Ausgleichsdüngung für Kalium und somit der zusätzliche Arbeits- und Maschinenaufwand.

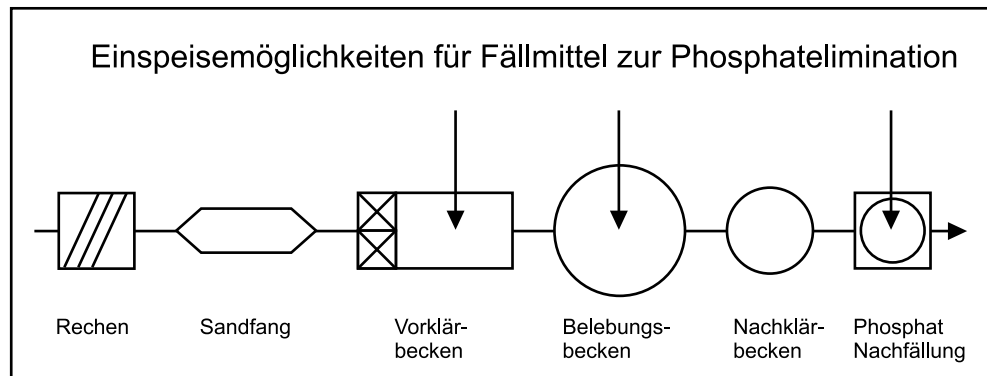
Obwohl dann sehr große Mengen an Kalium benötigt werden, sind die Böden selbst innerhalb kurzer Zeiträume in der Lage, diese Mengen entsprechend dem Pflanzenbedarf bereit zu stellen (SCHERER, 1997).

4.4.1.6. "Normaler" Klärschlamm versus Klärschlamm aus Anlagen mit nachgeschalteter Phosphateiminierung

Die Phosphatelimination im Klärwerk kann, wie aus Abbildung 4 ersichtlich, an drei Stellen vorgenommen werden.⁸⁵

1. Bei der sog. Vorfällung wird ein Fällmittel vor der biologischen Klärung dem zu behandelnden Abwasser beigegeben.
2. Bei der sog. Simultanfällung wird das Fällmittel während der biologischen Abwasserbehandlung eingebracht.
3. Bei der sog. Nachfällung wird das bereits mechanisch und biologisch gereinigte Abwasser einem weiteren Abwasserbehandlungsschritt unterzogen, indem erst nach der biologischen Klärung Fällmittel zugesetzt werden. Es fällt eine kleine Menge an stark phosphathaltigem sog. Tertiärschlamm aus.

Abbildung 4: Einspeisemöglichkeiten des Fällmittels in den zu reinigenden Abwasserstrom zur Phosphatelimination auf einer Kläranlage



Quelle: verändert nach MURL (1991, Abschnitt 3, S. 3)

In der Praxis hat sich hauptsächlich das Simultanverfahren durchgesetzt.⁸⁶

Klärschlämme aus Kläranlagen mit Simultanfällung zeichnen sich durch einen hohen Phosphatgehalt aus. Erfolgt die Phosphatfällung aber als Nachfällung und wird der Tertiärschlamm anschließend nicht mit dem restlichen Klärschlamm wieder vermischt, so weist der Tertiärschlamm für sich genommen einen sehr hohen P_2O_5 -Gehalt auf, während der restliche

⁸⁵ Detaillierte Ausführungen enthält u.a. HEGEMANN et. al. (1992): Verfahren zur Elimination von Phosphor aus Abwasser, Arbeitsblatt 202 der Abwassertechnischen Vereinigung e.V., St. Augustin.

⁸⁶ Dies dürfte zum einen mit der verbesserten Konsistenz der sog. Sekundärschlämme zusammenhängen; zum anderen aber auch mit dem im Vergleich zu den anderen Verfahren geringeren Fällmittelbedarf bei gleicher Phosphateliminationsleistung. Die Ursachen sind vielfältig. Zum einen wird ein Teil des Phosphats im Abwasser schon bei der mechanischen Abwasserreinigung ausgeschleust, so daß im Vergleich der Simultanfällung mit der Vorfällung entsprechend weniger Phosphat entfernt werden muß. Zum zweiten können Fällmittel, die zur Simultanfällung beigegeben werden niedriger dosiert werden als bei der Nachfällung, wodurch auch etwas weniger Klärschlamm anfällt, weil durch die längere Verweildauer des Fällmittels im Abwasser und das gleichmäßige Umrühren während der biologischen Reinigung das Fällmittel bessere Chancen hat, mit dem zu beseitigenden Phosphat in Kontakt zu kommen.

Klärschlamm einen um ca. 30 % geringeren Phosphatgehalt aufweist als bei einer Simultanfällung. Der Phosphatgehalt liegt dann um ca. 30 % unter denen in Tabelle 11 angegebenen Werten. Entsprechend kann man vom Klärschlamm aus Klärwerken mit Nachfällung theoretisch 30 % mehr pro Hektar verwerten, sofern der Tertiärschlamm nicht unter den restlichen Klärschlamm gemischt wird.

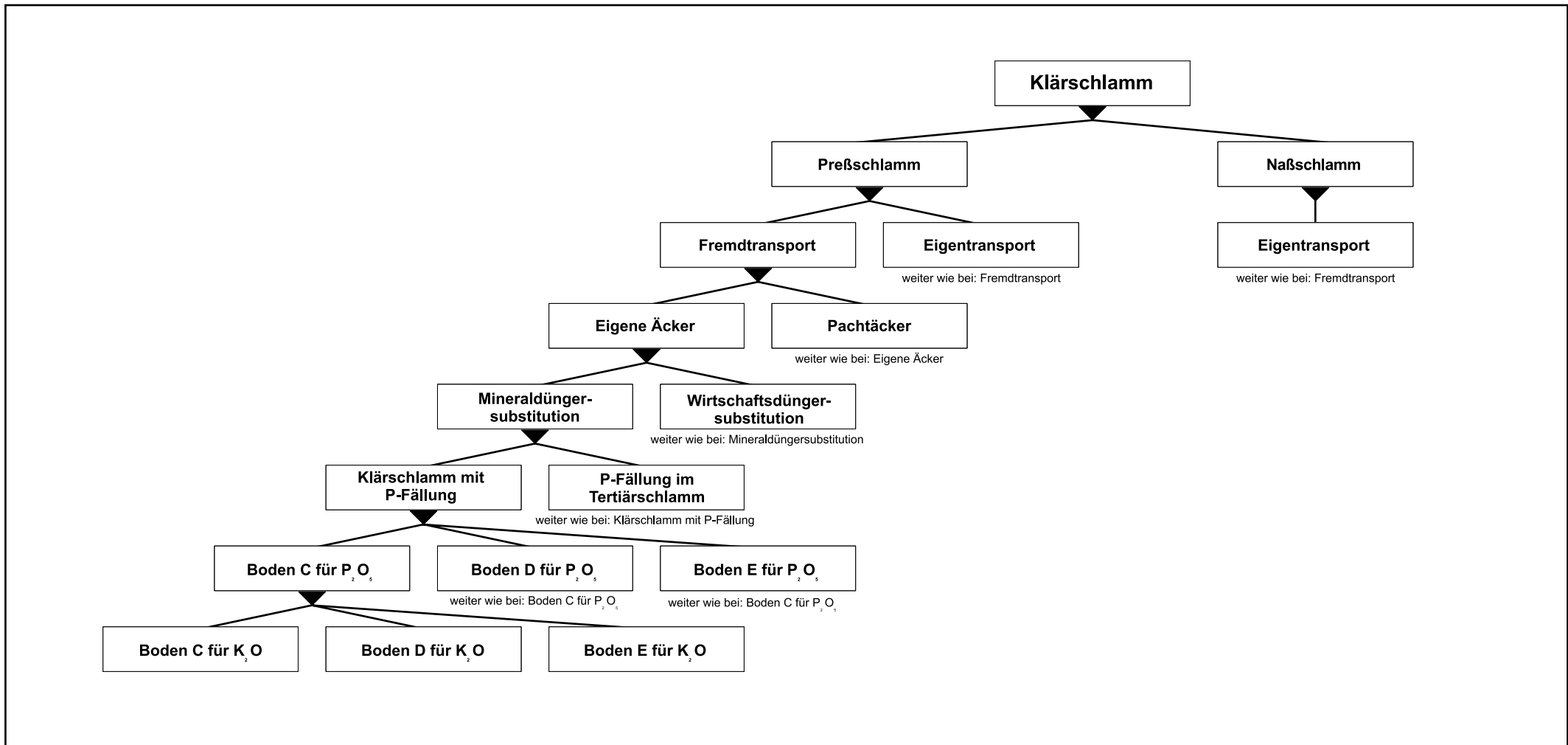
Technische Restriktionen bewirken in der Praxis, daß maschinell entwässerter Klärschlamm erst ab 2,75 t TS/ha ausgebracht werden kann, weil eine Feinverteilung ansonsten nicht gewährleistet ist (NEUKIRCHEN, 1997). Eine Naßschlammapplikation ist wegen des starken Verdünnungseffektes auch mit wesentlich geringeren TS-Tonnagen möglich. Für die Berechnungen mit RAUMIS wurde allerdings eine Mindestaufbringmenge von 2,0 t TS/ha festgelegt, weil bei geringeren Gaben der Kostenanteil für Flächenakquise und Bodenanalyse überproportional ansteigt (vgl. Kapitel 4.6.2), so daß eine Verwertung unter wirtschaftlichen Aspekten fraglich erscheint.

Tabelle 19 zeigt in der dritten Spalte, die durchschnittliche Klärschlammmenge die auf Ackerflächen der Bodenversorgungsstufe C für P_2O_5 im Jahr 2005 gegeben wird, wenn der maschinell entwässerte Klärschlamm der jeweiligen Region zum Einsatz kommt. Halbiert man diese Zahlen, so wird deutlich, daß für fast alle Kreishöfe eine Verwertung von maschinell entwässertem Klärschlamm auf Flächen der Bodenversorgungsstufe D überhaupt erst möglich wäre, wenn Klärschlämme mit entsprechend reduziertem Phosphatgehalt zum Einsatz kämen. Lediglich die Kreishöfe COE und UNQ wären in der Lage, die maschinell entwässerten Klärschlämme aus der Abwasserreinigung mit Simultanfällung auf Flächen der Bodenversorgungsstufe D für P_2O_5 zu verwerten. Zwar könnte in allen Kreishöfen Naßschlamm auf Ackerflächen der Bodenversorgungsstufe D für P_2O_5 ausgebracht werden, doch ist dessen Potential stark beschränkt (vgl. Kapitel 4.4.1.1).⁸⁷

⁸⁷ Der Kreishof EU kann in RAUMIS aufgrund seiner sehr hohen Phosphatgehalte im Klärschlamm, bei gleichzeitig recht geringen P_2O_5 -Entzügen auf Ackerflächen, auch von der Naßschlammoption keinen Gebrauch machen. Die leicht erhöhten P_2O_5 -Gehalte im Naßschlamm reduzieren die auszubringende Klärschlammmenge in Vergleich zum maschinell entwässerten Klärschlamm zusätzlich (vgl. Kapitel 4.2.3.2), so daß die 2 t TS/ha-Grenze unterschritten wird. Folglich kann auf Ackerflächen der Bodenversorgungsstufe D für P_2O_5 überhaupt kein Klärschlamm aus dem Kreishof EU verwertet werden.

Die Abbildung 5 zeigt in der Reihenfolge der Fragen nochmals die angebotenen Verfahren zur Klärschlammverwertung, aus denen sich das RAUMIS-Modell während des Optimierungslaufes bedienen kann.

Abbildung 5: Gesamtheit der verfügbaren Verfahren zur Klärschlammverwertung in RAUMIS



4.4.2. Bestimmungsfaktoren für die Differenzierung der Verwertung von Bioabfallkompost in RAUMIS

An den Landwirt können mit Blick auf die von ihm praktizierte Kompostverwertung folgende Fragen gestellt werden:

1. Bezieht er den Kompost von einem Kompostwerk oder kompostiert er Bioabfälle selbst?
2. Bewerkstelligt er den Transport vom Kompostwerk zum Feldrand selbst, oder liefert ein Fuhrunternehmen den Kompost an?
3. Erfolgt die Verwertung des Komposts auf Ackerflächen oder auf intensiv bewirtschafteten Wiesen?
4. Erfolgt die Verwertung auf betriebseigener Fläche oder auf Pachtland?
5. Welche Bodenversorgungsstufe unterliegt die Fläche jeweils hinsichtlich P_2O_5 und K_2O ?
6. Wird durch die Bioabfallkompostverwertung mineralischer Dünger oder Wirtschaftsdünger substituiert?

Im folgenden soll anhand dieser Fragen die Differenzierung der Kompostverfahren in RAUMIS erörtert werden. Abbildung 6 faßt die nachfolgenden Überlegungen in einer graphischen Darstellung zusammen.

4.4.2.1. Landwirtschaftliche Kompostierung von Abfällen aus der Biotonne versus Bezug von externen Bioabfallkomposten

JUNGWIRT (1992), BERNHARDT (1993), BREUNINGER (1992) und DÖRPMUND (1993a, 1993b) zeigen Möglichkeiten und Chancen einer durch Landwirte betriebenen Bioabfallkompostierung anhand von Beispielen auf. PFADLER UND KLAGES-HABERKERN (1993) führen aus, welche rechtlichen Aspekte bei der gemeinschaftlichen Unternehmensgründung mit dem Zwecke der Kompostierung von Bioabfällen zu beachten sind.

KERN (1989) und KERN UND WIEMER (1990) haben bereits Kostenanalysen für Mieten- und Boxenkompostierungsverfahren unterschiedlicher Größe und Ausstattung vorgelegt.

Es lag deshalb nahe, neben Verwertung von angeliefertem Bioabfallkompost auch solche Verfahren in RAUMIS mit einzubeziehen, bei denen die Landwirte die Kompostierung selbst durchführen, um sich damit eine zusätzliche Einkommensquelle zu erschließen.⁸⁸

⁸⁸ Es sei in diesem Zusammenhang angemerkt, daß diese Tätigkeit steuerlich nicht als Gewerbetätigkeit neben der Landwirtschaft anzusehen ist. Für den betroffenen Landwirt ergeben sich somit auch für diese Arbeiten die Vorteile, die die Landwirtschaft allgemein im Steuerrecht und hinsichtlich der Sozialversicherungsabgaben genießt. So schreibt beispielsweise der Steuerberater REINKE (1998, S. 17): "Eine Übernahme organischer Abfälle, deren Be- und Verarbeitung und Einsatz nahezu ausschließlich im eigenen landwirtschaftlichen Betrieb ist Landwirtschaft im steuerlichen Sinne."

Ein Vergleich des Bioabfallaufkommens in den Regionen (berechnet auf der Grundlage der in Kapitel 4.3.1 dargelegten Aspekte) mit den bereits errichteten Bioabfallkompostierungsanlagen (BUNDESGÜTEGEMEINSSCHAFT KOMPOST, 1996, S. 25 ff.) zeigte, daß in den folgenden Kreishöfen keine weiteren Kompostierungsanlagen mehr errichtet werden müssen: BM; EU, GLQ, BOR, COE, WAQ, GT, MI, MK, OE.⁸⁹

⁸⁹ Einzelne Kreishöfe verfügen über eine Anlagenkapazität, die das Potential an Bioabfällen aus deren Einzugsbereich bei weitem übersteigt. So betreibt die Firma Rethmann beispielsweise eine Anlage mit 60.000 t Input in der Stadt Coesfeld, die an den Kreis Borken angrenzt. Für beide Kreise zusammen würde die Anlage ausreichen. Für die Berechnungen in RAUMIS wurde deshalb angenommen, daß sich die Kreise die Anlage teilen, so daß keine neue Anlage errichtet werden muß. Das Kompostaufkommen wurde entsprechend dem Bioabfallaufkommen der beiden Kreishöfe diesen zugeordnet. Tatsächlich verhält es sich nach Auskunft von SCHARLAU (1996) aber so, daß es zwar eine "Entsorgungsgesellschaft Westmünsterland" gibt, die die beiden Kreise umfaßt, jedoch ist diese nicht für die Kompostierungsanlage zuständig. Zwar wird die Anlage sowohl mit 30.000 t Bioabfällen aus dem Kreis Coesfeld als auch mit Bioabfällen aus dem Kreis Borken betrieben, aber letzterer beabsichtigt, eine eigene Anlage zu errichten.

Auch die 22.000 t Inputanlage in Olpe, die ebenfalls von der Firma Rethmann errichtet wurde und heute von der Firma Edelhoff betrieben wird, kann nicht durch das Bioabfallaufkommen des Kreises ausgelastet werden. Nach Auskunft von JUNG (1996) wird die Anlage deshalb ergänzend mit Bioabfällen aus dem Bergischen Abfallverband (umfaßt den Oberbergischen Kreis und den Rheinisch-Bergischen Kreis) beschickt. Für die Berechnungen in RAUMIS wurden der Kreis Olpe und der Oberbergische Kreis deshalb hinsichtlich der Bioabfallkompostierung analog zum o.g. Fall als ein Konglomerat betrachtet.

Nach Angaben von SOLSCHEIT (1996) von der unteren Abfallwirtschaftsbehörde der kreisfreien Stadt Bielefeld (gehört in RAUMIS dem Kreishof HFQ an) hat es verschiedene Anläufe zur Installation eines Abfallzweckverbandes in Ostwestfalen-Lippe gegeben. Dieser Verband hätte sich auch um die Bioabfallkompostierung kümmern sollen, nachdem es bereits eine erfolgreiche Kooperation auf dem Gebiet der Müllverbrennung gibt. Der Status quo ist folgender: Im Kreis Herford existiert bislang keine Bioabfallkompostierungsanlage. Der sukzessive Anschluß schreitet auf freiwilliger Basis voran. Bislang werden diese Bioabfälle in den Kreis Gütersloh verbracht. Perspektivisch sollen auch Bioabfälle in den Kreis Herford verbracht werden. Beide Kreishöfe wurden deshalb analog zur o.g. Vorgehensweise für die Bioabfallverwertung in RAUMIS zusammengefaßt.

Nach Angaben von KRÄMER (1996) von der unteren Abfallwirtschaftsbehörde der kreisfreien Stadt Köln (gehört in RAUMIS dem Kreishof GLQ an) werden die Bioabfälle Kölns sowohl im Erftkreis, als auch im Rheinisch-Bergischen Kreis (gemeinsam mit denen der Stadt Leverkusen) kompostiert. Die Kreise wurden deshalb entsprechend der o.g. Vorgehensweise in RAUMIS zusammengefaßt.

Eine 80.000 t Anlage der Firma Rethmann wird im Kreishof UNQ, nach Angaben von BUSCHKAMP (1996), teilweise mit Bioabfällen aus dem Kreis Paderborn betrieben. Es erschien aber zweckorientierter, in RAUMIS die aneinander grenzenden Kreishöfe UNQ und MK zusammen zu betrachten, so daß dieser Weg beschritten wurde.

KRATZKE (1996) konnte für den Kreis Euskirchen und BECKER (1996) für den Kreis Minden-Lübbecke erklärende Auskunfte erteilen.

Somit konnte für alle existierenden Anlagen rechnerisch eine vollständige Auslastung erreicht werden. Die Recherchen zeigten aber auch, daß kapitalstarke Firmen, wie beispielsweise Rethmann, große Anlagen errichtet haben, ohne daß diese mit dem regionalen Bioabfallaufkommen ausgelastet werden könnten. Dadurch bedingt müssen Bioabfälle über weite Entfernungen herbeigeschafft werden. Andererseits sind die betroffenen Firma dadurch in der Lage, an jeder Ausschreibung zur Bioabfallverwertung teilzunehmen, da sie stets freie Kompostierungskapazitäten vorweisen können. Eine Vollkostenrechnung erfolgt nach Ansicht der o.g. Experten bei weitem nicht immer. Offensichtlich werden also derzeit auch unternehmensstrategische Ziele mit Dumpingpreisen verfolgt.

Für die anderen Regionen wurde in RAUMIS, in Abhängigkeit von der Bevölkerungsdichte und den schon errichteten Kompostanlagen, exogen vorgegeben, ob und ggf. wieviele Mieten- und/oder Boxenkompostierungsanlagen bis zum Jahr 2005 zu errichten wären. Die Landwirte können sich an diesen Anlagen optional beteiligen.

Mietenkompostierungsverfahren erlauben bei geringen Investitionskosten eine Kompostierung, die hauptsächlich in ländlichen Gebieten zum Einsatz kommt. Die Boxenkompostierung erlaubt eine exaktere Steuerung des Kompostierungsprozesses und ist daher i.d.R. geruchsärmer als die Mietenkompostierung. Neben diesen beiden Kompostierungsverfahren gibt es auch noch andere Systeme, wie beispielsweise das Brikollare- oder das Trommelkompostierungsverfahren. Eine Übersicht von WIEMER UND KERN (1992, S. 337 ff.) zeigte aber, daß die verschiedenen Ausführungsvarianten der Mieten- und Boxenkompostierung sowohl hinsichtlich der realisierten Anlagenanzahl als auch der verarbeiteten Tonnage dominierten. Darüberhinaus befanden sich in diesem Bereich auch mit Abstand die meisten Anlagen im Bau.

In RAUMIS werden Mietenkompostierungsverfahren mit folgenden Jahresdurchsatzleistungen angeboten:

- 2.400 t FS Bioabfall (LXX2⁹⁰), entsprechend 1.200 t FS an Bioabfallkompost
- 6.000 t FS Bioabfall (LXX6), entsprechend 3.000 t FS an Bioabfallkompost
- Verbund von zwei Anlagen à 6.000 t FS Bioabfall (LXXV), entsprechend 6.000 t Bioabfallkompost

Ferner werden zwei Boxenkompostierungsverfahren angeboten:

- 7.000 t FS Bioabfall (LXX7), entsprechend 3.500 t FS an Bioabfallkompost
- 10.000 t FS Bioabfall (LXX1), entsprechend 5.000 t FS an Bioabfallkompost

Wie die nachfolgende Tabelle zeigt, müßten beispielsweise im Kreishof MEQ noch eine Boxenkompostierungsanlage mit 7.000 t Input und außerdem 16 Anlagen à 10.000 t Input errichtet werden. Da größere Anlagen eine Kostendegression ermöglichen, werden sie mit Priorität errichtet. Kleine Anlagen kommen nur vereinzelt vor.

Ferner zeigt sich, daß mit den noch zu errichtenden Mietenkompostierungsanlagen zusätzliche 96.000 t Kompost produziert werden, während mit den noch zu errichtenden Boxenkompostierungsanlagen zusätzliche 209.000 t Kompost anfallen werden.

Tabelle 14: Kreishofspezifische Verteilung der noch zu errichtenden Kompostanlagen in NRW (die Zahlen geben die Kompostmenge in t FS je akkumulierten Anlagentyp an)

⁹⁰ Der Klammerbegriff stellt den Abkürzungsbezug im Modellsystem dar.

Kreishof	Mieten- Kompostierung			Boxen- kompostierung	
	LXX2	LXX6	LXXV	LXX7	LXX1
KLE		3.000			
MEQ				3.500	80.000
NE					5.000
VIQ	1.200				
WES		3.000	6.000		10.000
ACQ					10.000
DN			6.000		
HS	1.200		6.000		
GM	1.200	3.000			
SUQ			12.000		15.000
REQ				3.500	30.000
ST		12.000			
HFQ		6.000			15.000
HX		3.000	6.000		
DT	1.200				
PB			6.000	3.500	
ENQ				3.500	25.000
HSK	1.200	3.000			
SI		3.000	6.000		5.000
SO			6.000		
NRW	6.000	36.000	54.000	14.000	195.000

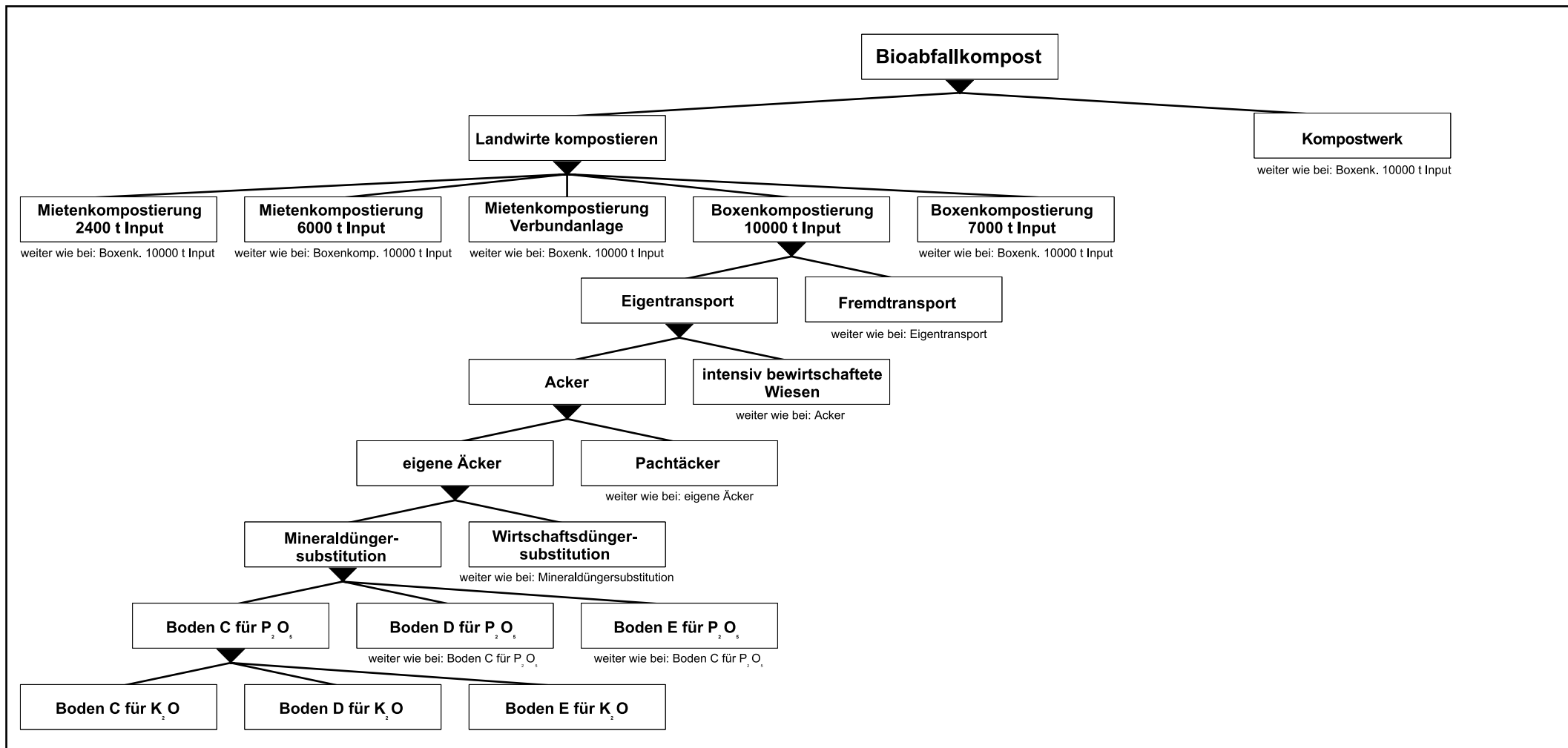
4.4.2.2. Verwertung auf Ackerflächen versus Verwertung auf intensiv bewirtschafteten Wiesen

Während Klärschlamm lediglich auf Ackerland verwertet werden kann, sind für Kompost auch Szenarien mit einer Verwertung auf Grünland berechnet worden. Dies machte eine weitergehende Differenzierung notwendig. So liegt beispielsweise der durchschnittliche Kaliumbedarf auf Dauergrünland wesentlich höher als auf Ackerflächen. Infolgedessen wirkt der Kaliumgehalt des Bioabfallkomposts zwar auf Ackerflächen hinsichtlich der auszubringenden Mengen grundsätzlich limitierend (sofern nicht die maximale Frachtobergrenze erreicht wird), bei intensiv bewirtschafteten Wiesen ist dies aber Phosphat (vgl. Kap 4.2.1.3). Zur Beschränkung der Dauergrünlandflächen auf die intensiv bewirtschafteten Flächen wird auf die Ausführungen in Kapitel 4.1 verwiesen.

Hinsichtlich der eingangs des Kapitels 4.4.2 gestellten Fragen 2, 4, 5 und 6 wird auf die entsprechenden Ausführungen beim Klärschlamm verwiesen.

Die Abbildung 6 zeigt die angebotenen Bioabfallkompostierungsverfahren, aus denen sich das RAUMIS-Modell während des Optimierungslaufes bedienen kann.

Abbildung 6: Gesamtheit der verfügbaren Verfahren zur Kompostverwertung in RAUMIS



4.5. Kostenstruktur der landwirtschaftlichen Klärschlamm- und Kompostverwertung

4.5.1. ... aus der Sicht der Landwirte

Die Kostenstruktur der landwirtschaftlichen Klärschlamm- und Bioabfallkompostverwertung setzt sich aus Sicht des Landwirtes aus folgenden Positionen zusammen:

1. Arbeit
2. Maschineneinsatz
3. ggf. zusätzlicher Pachtzins

Im Falle einer Wirtschaftsdüngersubstitution müssen noch die Kosten der mineralischen Ausgleichs- bzw. Zusatzdüngung addiert werden, während im Falle einer Substitution von mineralischem Dünger der Nährstoffwert des Klärschlammes oder des Bioabfallkomposts zu subtrahieren ist.⁹¹

Im Falle einer Wirtschaftsdüngersubstitution ergeben sich die Kosten für die eingesetzten mineralischen Dünger aus den marktüblichen Preisen. Diese waren in RAUMIS schon vorhanden.

Im Falle einer Wirtschaftsdüngersubstitution entfallen die Arbeit und der Maschinenaufwand für die mit der Tierhaltung verbundene Wirtschaftsdüngerausbringung. Dieser Arbeitsbedarf und die damit verbundenen Kosten sind in den entfallenen Tierhaltungsverfahren enthalten und somit, nach LÖHE (1995), modellendogen in RAUMIS berücksichtigt.⁹²

⁹¹ Etwaige geldwerte Vorteile z.B. der durch eine Bioabfallkompostgabe verbesserte Erosionsschutz, die von SCHÜLER ET AL (1992, S. 101) herausgestellte phytosanitäre Prophylaxe, oder auch die erhöhte biologische Aktivität des Bodens etc. werden nicht berücksichtigt, da eine monetäre Quantifizierung höchstens im Einzelfall möglich wäre.

Geldwerte Nachteile könnten sich im übrigen dadurch ergeben, daß die Böden nachweisbar schneller mit Schadstoffen angereichert werden, als wenn die Düngung auf mineralischen Wege erfolgen würde. Auch darf nicht außer acht gelassen werden, daß im Einzelfall der ein oder andere Landwirt ggf. auf einen für ihn ansonsten vorteilhaften Abschluß im Vertragsanbau (vgl. Fußnote 82) verzichten muß. Auch bei den Nachteilen ist aber eine pauschale monetäre Quantifizierung nicht möglich.

Es kann im übrigen nicht ausgeschlossen werden, daß sich die vorgenannten Aspekte mit ihren entgegengesetzten Wirkungsrichtungen u.U. in der Summe gegenseitig aufheben.

⁹² Wird ein Pflanzenbestand ausschließlich mineralisch gedüngt, so wäre denkbar, daß im Falle einer Klärschlamm- oder Bioabfallkompostverwertung auch etwas Arbeit für die mineralische Düngung eingespart wird. Dem kann aber entgegengehalten werden, daß beispielsweise eine bei Marktfruchtanbaubetrieben übliche Grunddüngung in einem Arbeitsgang mit einem Dreikomponentendünger (NPK) weniger Arbeit macht, als wenn Klärschlamm ausgebracht wird und infolgedessen eine Ausgleichsdüngung mit Harnstoff mittels Gerätebehälter und ein Kaliumgabe mittels Schleuderstreuer erfolgt. Dies sind zwei separate Arbeitsgänge, die nicht zusammengefaßt werden können. Arbeitseinsparungen ergeben sich bei einer Klärschlamm-anwendung zur Substitution von mineralischem Dünger also nicht.

Es stellt sich allerdings ganz grundsätzlich die Frage, wie diese in den KTBL-Daten enthaltenen Arbeitspositionen im Falle einer pflanzenbaulichen Grundnährstoffbedarfsdeckung über Wirtschaftsdünger in RAUMIS herausgerechnet werden könnten. Dies leistet, nach LÖHE (1995), RAUMIS derzeit nicht. Es kann allerdings die Frage gestellt werden, ob sich der Programmierungsaufwand angesichts der voraussichtlich marginalen Änderungen lohnt.

4.5.1.1. Faktor Arbeit

Die Entlohnung der Arbeit findet in den Berechnungen mit RAUMIS nur dann als Kostengröße Eingang, wenn Fremdarbeitskräfte zum Einsatz kommen. Andernfalls ergibt sich der Arbeitslohn für die Eigenarbeit der Landwirte aus den Nettoeinkommen zu Faktorpreisen (zu maximierende Zielgröße in RAUMIS) dividiert durch die geleisteten Arbeitsstunden.

4.5.1.2. Maschinenkosten

Die Maschinenkosten werden grundsätzlich in RAUMIS in drei Kostenblöcke aufgesplittet:

1. dem Aufwand für Energie (ENE)
2. den Reparaturen und Wartungsarbeiten (REP) und
3. den Abschreibungen bzw. Wertminderung (WEM), die nach Maschineneinsatzstunden erfolgt.

Darüberhinaus wird die unterschiedliche Maschinenausstattung der Betriebe in den einzelnen Kreishofregionen dadurch berücksichtigt, daß drei Technologiepakete geschnürt wurden, die entsprechend der nachfolgenden Formel unterschiedlich stark in jeder Region vertreten sind.

$$K_x = (ENE1 + REP1 + WEM1) * TP1 + \\ (ENE2 + REP2 + WEM2) * TP2 + \\ (ENE3 + REP3 + WEM3) * TP3$$

K_x = Maschinenkosten für das jeweilige Verfahren x

ENE = Aufwand für Energie

REP = Aufwand für Reparatur- und Wartungsarbeiten

WEM = Abschreibungen

TP_y = Anteil des Technologiepakets y (y = 1, 2 oder 3) im jeweiligen Kreishof

Die physischen Größen wie Energieverbrauch wurden KTBL-Daten (1994) entnommen und anschließend in monetäre Größen überführt.

Die Arbeitskette für die Verwertung von maschinell entwässerten Klärschlamm beinhaltet:

1. Laden des Klärschlammes auf der Kläranlage mittels Frontlader und anschließender Abtransport mit Schlepper und zwei Anhängern. Abgekippt wird am Feldrand. (Dieser erste Schritt entfällt, sofern ein Verfahren ohne landwirtschaftlichen Transport der Klärschlämme gewählt wurde.).
2. Laden am Feldrand und Ausbringen mittels Breitstreuer.
3. Einarbeiten des Klärschlammes in den Boden mit dem Grubber⁹³.

⁹³ Denkbar ist der Einsatz von Klärschlamm nach einer Getreidefrucht, bei der das Stroh gehäckselt auf dem Feld verbleibt. Der Stickstoff im Klärschlamm dient dann als N-Gabe, damit

Der Naßschlamm wird nach dem Transport sofort mit dem Güllefaß ausgebracht und nicht etwa nochmals zwischengelagert. Nach der Naßschlammausbringung wird gegrubbert.

Im Falle einer Wirtschaftsdüngersubstitution (vgl. Kapitel 4.4.1.5) erfolgt sowohl bei Naßschlamm als auch bei maschinell entwässerten Klärschlämmen zusätzlich die Ausgleichs- bzw. Zusatzdüngung durch:

1. eine einmalige Kaliumgabe mittels Schleuderstreuer für den nachfolgenden dreijährigen Zeitraum sowie
2. eine insgesamt dreimalige Harnstoffdüngergabe mittels Gerätebehälter.

Die RAUMIS-Verfahren zur Bioabfallkompostverwertung laufen grundsätzlich nach dem selben Schema ab, wie dies bei der Verwertung maschinell entwässerter Klärschlämme der Fall ist, allerdings

- erfolgt das Laden mit dem auf jeder Kompostanlage verfügbaren Radlader,
- entfällt ein Einarbeiten des Komposts in den Boden mittels Grubber. Dies wäre auf intensiv bewirtschafteten Wiesen ohnehin nicht möglich. Auf Ackerflächen kann der Kompost an der Krumeoberfläche darüberhinaus einen wichtigen Beitrag zum Erosionsschutz, insbesondere bei Denudation, leisten.⁹⁴
- entfällt im Falle einer Wirtschaftsdüngersubstitution das Ausbringen der Kaliumausgleichsdüngung.

es nicht zur gefürchteten N-Sperre im Boden kommt. Kurz nach der Getreideernte wird üblicherweise gegrubbert. Erfolgt die Klärschlammgabe vor diesem Zeitpunkt, so sind für den Bauern Synergieeffekte nutzbar. Dieses dürfte in der Praxis tatsächlich des öfteren der Fall sein, so daß die Kosten des Grubbens nicht zwangsweise der Klärschlammverwertung zugeordnet werden müßten. Auf der anderen Seite verlangt § 4, Abs. 3 der AbfKlärV beispielsweise im Falle einer Verfütterung des Zuckerrübenblattes eine tiefwendende Einarbeitung des Klärschlammes. Diese erfolgt aber nicht zwangsweise vor dem Legen der Zuckerrüben. So sind in RAUMIS sowohl Zuckerrübenverfahren mit konservierender Bodenbearbeitung als auch solche mit Direktsaat implementiert (LÖHE, 1996, S. 113 und 114). In diesem Fall wären die Kosten des Pflügens dem jeweiligen Verfahren der Klärschlammverwertung zuzurechnen. Grubbern ist aber ein wesentlich arbeits- und energiesparenderes Verfahren als Pflügen. Für die Berechnungen mit RAUMIS ist deshalb pauschal ein Grubbern nach der Klärschlammapplikation vorgesehen.

⁹⁴ Der Wirkung des Bioabfallkomposts geht dann in den Gleichungsfaktor C (cover) der Erosionsformel nach WISCHMEIER UND SMITH (1978) ein, weil der Kompost den Boden vor dem Aufprall der Tropfen schützt. Die Nutzwirkung hinsichtlich des Gleichungsfaktors P (protection) wäre auch bei Einarbeitung gegeben, da Kompost allgemein zu einem besseren Bodengefüge und damit einer erhöhten Drainfähigkeit des Bodens beiträgt.

Die einzelnen Technologiepakete verfügen über folgende Maschinen:

Tabelle 15: Maschinenausstattung der Technologiepakete bei der Klärschlamm- und Kompostverwertung in RAUMIS

	Technologie-paket 1	Technologie-paket 2	Technologie-paket 3
Schlepper	70 KW	105 KW	140 KW
Anhänger	6,5 t	6,5 t	8,0 t
Breitstreuer	40 dt	60 dt	80 dt
Güllefaß	4 m ³	6 m ³	8 m ³
Grubber	2 m AB	3 m AB	4 m AB
Schleuderstreuer	10 dt mit 10 m AB	12 dt mit 12 m AB	15 dt mit 15 m AB
Gerätebehälter	600 l	2000 l	2000 l

AB = Arbeitsbreite

Die Anteile der einzelnen Technologiepakete verschieben sich infolge des Agrarstrukturwandels bis zum Zieljahr 2005. Diesen für die Berechnungen mit RAUMIS trendmäßig fortgeschriebenen Wandel gibt die nachfolgende Tabelle wieder. Im arithmetischen Mittel der Kreise in NRW nehmen lediglich die Betriebe mit mehr als 50 ha Betriebsfläche zu, während alle anderen Betriebsgrößenklassen Anteile verlieren. Dieser Prozeß geht am stärksten im Kreishof SI und am schwächsten im Kreishof BM von statten, weil bei letzterem der Strukturwandel im Jahr 1991 schon vergleichsweise weit fortgeschritten war.

Es wurde unterstellt, daß die Maschinenausstattung der Betriebe im wesentlichen mit der Betriebsflächengröße korreliert.⁹⁵

⁹⁵ HENRICHSMEYER UND WITZKE (1991, S. 219) machen aber darauf aufmerksam, daß es bei den Landwirten im Rahmen von Prestigedenken gelegentlich zu einem überdimensionierten Faktoreinsatz beim Maschinenvermögen (insbesondere Schlepper, Anmerkung des Autors) kommt, so daß sich Abweichungen vom primären Ziel der Gewinn- und Einkommensmaximierung ergeben können. Dieser Aspekt konnte in RAUMIS nicht berücksichtigt werden.

Tabelle 16: Verteilung der Anteile der Technologiepakete im Jahr 1991 und im Jahr 2005 in RAUMIS

Kreishof	1991			2005		
	Techno- logie- paket 1	Techno- logie- paket 2	Techno- logie- paket 3	Techno- logie- paket 1	Techno- logie- paket 2	Techno- logie- paket 3
	< 20 ha	20 - 50 ha	>50 ha	< 20 ha	20 - 50 ha	> 50 ha
KLE	14,8 %	53,6 %	31,6 %	11,0 %	51,5 %	37,5 %
MEQ	15,7 %	37,7 %	46,6 %	11,3 %	35,1 %	53,6 %
NE	12,5 %	41,7 %	45,8 %	9,0 %	38,6 %	52,4 %
VIQ	18,3 %	57,6 %	24,1 %	14,0 %	56,7 %	29,3 %
WES	19,0 %	52,3 %	28,7 %	14,4 %	51,0 %	34,6 %
ACQ	18,4 %	54,1 %	27,5 %	14,0 %	52,8 %	33,2 %
DN	9,8 %	43,8 %	46,4 %	7,0 %	40,3 %	52,7 %
BM	9,2 %	29,2 %	61,6 %	6,4 %	26,0 %	67,6 %
EU	18,3 %	33,4 %	48,3 %	13,2 %	31,1 %	55,6 %
HS	17,4 %	56,9 %	25,7 %	13,3 %	55,7 %	31,0 %
GM	26,6 %	47,5 %	25,9 %	20,6 %	47,4 %	32,0 %
GLQ	18,7 %	36,8 %	44,6 %	13,7 %	34,6 %	51,8 %
SUQ	22,3 %	42,0 %	35,7 %	16,8 %	40,7 %	42,6 %
BOR	28,4 %	57,0 %	14,7 %	22,7 %	58,7 %	18,6 %
COE	20,3 %	50,6 %	29,1 %	15,4 %	49,5 %	35,1 %
REQ	20,3 %	53,2 %	26,5 %	15,5 %	52,3 %	32,2 %
ST	22,1 %	51,8 %	26,1 %	17,0 %	51,2 %	31,8 %
WAQ	18,1 %	45,0 %	36,8 %	13,5 %	43,0 %	43,5 %
GT	34,5 %	43,3 %	22,1 %	27,5 %	44,4 %	28,0 %
HFQ	31,3 %	39,7 %	29,0 %	24,4 %	39,7 %	35,9 %
HX	20,1 %	49,2 %	30,7 %	15,2 %	47,9 %	36,9 %
DT	14,1 %	36,3 %	49,6 %	10,1 %	33,4 %	56,5 %
MI	35,3 %	46,2 %	18,5 %	28,5 %	47,8 %	23,7 %
PB	27,0 %	46,4 %	26,6 %	20,9 %	46,3 %	32,8 %
ENQ	27,0 %	49,0 %	21,3 %	21,9 %	50,9 %	27,3 %
HSK	24,8 %	50,7 %	24,5 %	19,3 %	50,6 %	30,1 %
MK	19,8 %	45,8 %	34,4 %	14,9 %	44,1 %	41,0 %
OE	38,9 %	45,3 %	15,8 %	31,8 %	47,6 %	20,6 %
SI	52,3 %	35,4 %	12,2 %	44,6 %	38,9 %	16,5 %
SO	16,0 %	43,2 %	40,8 %	11,7 %	40,7 %	47,5 %
UNQ	14,8 %	41,2 %	44,0 %	10,7 %	38,5 %	50,8 %
NRW	22,1 %	45,7 %	32,1 %	17,1 %	44,7 %	38,1 %

Quelle: eigene Berechnungen unter Zuhilfenahme von Datenmaterial aus RAUMIS, wie es für eine Sonderabfrage vom BMELF für das Institut für Agrarpolitik der Universität Bonn zur Verfügung gestellt wurde.

4.5.1.3. Zusätzlicher Pachtzins bei Verwertung auf Pachtflächen

Erfolgt die Verwertung von Klärschlamm oder Bioabfallkompost auf Pachtflächen, so ist ein **erhöhter Pachtzins** an der Verpächter zu entrichten, der auf der zusätzliche 10 % taxiert worden ist (vgl. Kapitel 4.4.1.3). Infolge des regional recht unterschiedlichen Pachtpreinsniveaus in NRW ergaben sich die nachfolgenden zusätzliche Pachtzinsbelastung⁹⁶:

Tabelle 17: Zusätzlicher Pachtzins von 10 % bei der Verwertung von Klärschlamm- bzw. Bioabfallkompost auf gepachtetem Acker- und Dauergrünland Angaben in DM/(ha*Jahr)

Kreishof	Acker	Grünland	Kreishof	Acker	Grünland
KLE	74,50	57,00	ST	71,00	60,00
MEQ	65,00	48,00	WAQ	71,00	60,00
NE	73,00	53,00	GT	71,00	60,00
VIQ	73,00	53,00	HFQ	60,00	50,00
WES	74,50	57,00	HX	60,00	50,00
ACQ	50,00	40,00	DT	60,00	50,00
DN	73,00	53,00	MI	71,00	60,00
BM	73,00	53,00	PB	75,00	40,00
EU	50,00	40,00	ENQ	50,00	26,67
HS	73,00	53,00	HSK	50,00	26,67
GM	65,00	48,00	MK	50,00	26,67
GLQ	65,00	48,00	OE	50,00	26,67
SUQ	73,00	53,00	SI	50,00	26,67
BOR	71,00	60,00	SO	65,00	47,00
COE	71,00	60,00	UNQ	65,00	47,00
REQ	71,00	60,00			
			NRW	64,97	48,17
				(50,00 -	(26,67 -
				75,00)	60,00)

⁹⁶ Die regionale Pachtpreishöhe wurde in Anlehnung an die folgende Literatur errechnet:

- LANDWIRTSCHAFTSKAMMER RHEINLAND (1996): Betriebsergebnisse buchführender Betriebe, Wirtschaftsjahr 1994 / 95, Bonn.
- LANDWIRTSCHAFTSKAMMER WESTFALEN (1996): Betriebsergebnisse buchführender Betriebe, Wirtschaftsjahr 1994 / 95, Münster/W..

4.5.2. ... aus der Sicht der entsorgungspflichtigen Körperschaften

Die Kosten der Abwasserverbände und Kommunen für die landwirtschaftliche Klärschlammverwertung setzt sich aus folgenden Einzelpositionen zusammen:

1. den tatsächlichen Kosten des Landwirtes (siehe Kapitel 4.5.1),
2. dem unternehmerischen Gewinn für den Landwirt,
3. den ausschließlich vom Klärwerk und damit vom Abwasserverband oder der Kommune zu leistenden Beitrag in den Klärschlammhaftungsfonds,
4. den ebenfalls ausschließlich vom Klärwerk und damit vom Abwasserverband oder der Kommune zu tragenden Kosten für die im zehnjährigen Turnus durchzuführenden Bodenanalysen hinsichtlich der Schwermetalle (§ 3, Abs. 2 in Verbindung mit Abs. 7 AbfKlärV)⁹⁷,
5. den Kosten für die Flächenakquise, die letztlich auch vom Abwasserverband bzw. der Kommune zu tragen sind,
6. den Transportkosten, sofern diese Leistung nicht vom Landwirt erbracht wird und deshalb schon in Punkt 1 erfaßt ist.

Der Landwirt wird seine Kosten an die entsorgungspflichtige Körperschaft weiterreichen. In dem unter Punkt 2 genannten unternehmerischen Gewinn ist ein gewisser Aufschlag zur Abdeckung seines unternehmerischen Risikos enthalten. Diese beiden Positionen sind zusammengefaßt in der sog. Einarbeitungsprämie (vgl. Kapitel 4.6.1). Auf die anderen Positionen wird nachfolgend eingegangen.

4.5.2.1. Haftungsfonds

Der Beitrag zum beim freiwilligen Klärschlammhaftungsfonds betrug bislang 10 DM/t TS. Dieser Wert ist auch für die Berechnungen mit RAUMIS angenommen worden.⁹⁸

⁹⁷ Die jeweils erforderlichen Nährstoffanalysedaten liegen in den Betrieben vor, da die Bauern diese aufgrund der Düngeverordnung feststellen lassen müssen.

⁹⁸ Der derzeitige freiwillige Klärschlammhaftungsfonds besteht aus den kommunalen Spitzenverbänden, der Abwassertechnische Vereinigung (ATV) und dem Deutschen Bauernverband (DBV). Der Entwurf zur Klärschlamm-Entscheidungsverordnung sieht im 2. Abschnitt (Beitragsordnung) vor, daß die Klärwerke für Klärschlamm zur Verwertung in die Landwirtschaft einen Beitrag von 20 DM / t TS in den Fonds zahlen müssen, bis ein Fondsvolumen von 125 Mio. DM erreicht ist (Bundesregierung, 1997). Darüberhinaus besteht aber für den Eventualfall eine Nachschußpflicht von 125 Mio. DM, so daß Rücklagen für diesen Eventualfall bei den Abwasserverbänden und Kommunen zu bilden wären.

Eine über diese Summe hinausgehende Haftung schließt der Entwurf zur Klärschlammhaftungsverordnung in § 7, Abs. 1 ausdrücklich aus. Sollte der Klärschlammhaftungsfonds sich aber tatsächlich einmal genötigt sehen, einzelnen Landwirten den Verkehrswert von kontaminierten Flächen zu erstatten, so könnte man in NRW bei einem Durchschnittspreis von 46.749 DM/ha (AGRAR-EUROPE, 35/1997, MARKT + MEINUNG 16), sowie unter Berücksichtigung des in § 10 vorgesehenen Selbstbehaltes von 1125 DM, mit 250 Mio. DM lediglich die Landwirte für Flächen in einer Größenordnung von 5479,6 ha entschädigen.

125 Mio. DM entsprechen einer landwirtschaftlich zu verwertenden Klärschlammmenge von 6,25 Mio. t TS. Für das Jahr 1990 weist die BUNDESREGIERUNG (1993, S. 3) für die alten Bundesländer ein Klärschlammmanfall von 2,5 Mio t TS, und für die neuen Bundesländer von 0,207 Mio. t TS aus. Davon wurden in den alten Bundesländern zwischen 25 bis 30 % (27,5 %), in den neuen

Die Kosten der Bioabfallkompostierung setzen sich ebenfalls aus den o.g. Punkten zusammen, allerdings entfallen derzeit die Aufwendungen für den Haftungsfonds, weil es etwas vergleichbares weder auf obligatorischer noch auf freiwilliger Basis gibt.⁹⁹ Für Berechnungen mit RAUMIS wurde aber unterstellt, daß ein solcher Fonds bis zum Jahr 2005 geschaffen wird und das pro Tonne Bioabfallkompost (FS) 1 DM durch die Betreiber der Kompostierungsanlage zu entrichten ist, sofern der Bioabfallkompost in die Landwirtschaft abgegeben wird.

4.5.2.2. Bodenanalyse auf Schwermetalle

Die entsorgungspflichtige Körperschaft ist im Falle einer Verwertung von Klärschlamm in der Landwirtschaft verpflichtet, die Kosten der Schadstoffanalyse der Verwertungsfläche vor der ersten Verwertung (und bei weiteren Verwertungszyklen im 10jährigen Turnus) alleine zu bezahlen (§ 3, Abs. 7 AbfKlärV). Diese belaufen sich, unter Berücksichtigung eines Mengenrabattes, den die Abwasserverbände bei der von ihnen eingereichten Probemenge stets erhalten (RIES, 1997), auf ca. 200 DM/Probe.¹⁰⁰

Auch für die Verwertung des Bioabfallkompostes sind in RAUMIS Bodenproben analog zu den Bestimmungen der AbfKlärV berücksichtigt worden.

4.5.2.3. Flächenakquise

Für die Flächenakquise wurden 200 DM/ha einkalkuliert. Geht man von zehnjährigen Verwertungsverträgen aus (dann müßte das Klärwerk wieder eine Bodenanalyse zahlen), so könnten die beiden Position zu 400 DM/ha und 10 Jahren zusammengefaßt werden. Dividiert man diese durch 3,333 Nutzungszyklen, so ergeben sich bei einer maximalen Ausbringungsmenge von 5 t TS/ (3 Jahren* ha (Bodenversorgungsstufe C für P₂O₅)) Kosten in Höhe von 24 DM/t TS.

Bundesländern 41 %, landwirtschaftlich verwertet. Unterstellt man, daß der Verwertungsanteil in den neuen Ländern auf das Niveau der alten Bundesländer absinkt, und die Verwertungs menge in absoluten Zahlen bei künftig steigendem Gesamtklärschlammanfall konstant bleiben, so wäre der Fonds in 9 Jahren bei Beiträgen von 20 DM/t TS aufgefüllt.

Würde man den freiwilligen Klärschlammfonds, mit derzeit über 64 Mio DM (VAN RIESEN, 1997), in den obligatorischen Fonds einmünden lassen, so ließe sich bei gleichbleibender Laufzeit eine Beitragssenkung auf unter 10 DM/t TS erreichen, oder aber das zunächst zu erbringende Fondsvolumen könnte in 4,5 Jahren bereits eingezahlt sein (zu den rechtlichen Problemen sei ebenfalls auf VAN RIESEN (1997) verwiesen).

In diesem Zusammenhang soll nicht unerwähnt bleiben, daß der freiwillige Klärschlamm haftungsfonds seit Aufnahme seiner Tätigkeit im Januar 1990 bis August 1994 lediglich 6000 DM auszahlte und es sich hierbei um Kulanzfälle handelte (BRENSING, H., 1994, S. 1267).

⁹⁹ In diesem Zusammenhang sei erwähnt, daß nach Ansicht von KLUGE UND EMBERT (1996, S. 32) auch Klärschlammkomposte nicht eindeutig der Haftung des Fonds unterliegen, was diese als unbefriedigend bezeichnen.

¹⁰⁰ Oftmals sind diese Leistungen durch das vom Abwasserverband oder der Kommune mit der Verwertung beauftragte Unternehmen zu erbringen, das die damit verbunden Kosten aber letztlich über das Vergütungshonorar auf seinen Auftraggeber abwälzt.

Unberücksichtigt blieben etwaige Kontrollen der landwirtschaftlichen Klärschlammverwertung durch unabhängige Ingenieurbüros¹⁰¹, sowie die Tatsache, daß zumindest der derzeitige freiwillige Klärschlammhaftungsfonds die Schwermetallanalysen des Klärschlammes im dreimonatigen anstelle des in der AbfKlärV vorgesehenen sechsmonatigen Turnuses vorschreibt.

Die Kosten der mit der landwirtschaftlichen Klärschlammverwertung verbundenen Klärschlammanalysen können vom Abwasserverband oder der Kommune nicht der landwirtschaftlichen Verwertung zugerechnet werden. Diese Kosten fallen auch an, wenn Klärschlamm einer Verbrennung zugeführt wird, da eine regelmäßige Klärschlamm Schadstoffbeprobung heute eine Monitoringmaßnahme entsprechend dem Stand der Technik darstellt.

4.6. Vergütung der landwirtschaftlichen Klärschlamm- und Kompostverwertung

4.6.1. Bisherige Praxis

Bis zur Veröffentlichung der NRW-Verwaltungsvorschrift zur AbfKlärV wurden i.d.R. mit jeder Klärschlammgabe 5 t TS/(ha * 3 Jahren) unabhängig vom Nährstoffbedarf der Pflanzenkulturen innerhalb dieses dreijährigen Zyklus ausgebracht (vgl. beispielsweise LINEG, 1994, S. 71). Für das Einarbeiten der Schlämme in den Boden gab es üblicherweise sog. Einarbeitungsprämien. Diese lagen, je nach Region, bei rund 400 DM/ha und dreijährigem Verwertungszyklus.

Mit der Veröffentlichung der NRW-Verwaltungsvorschrift zur AbfKlärV und mit dem Inkrafttreten der Düngeverordnung hat sich die Situation dahingehend geändert, daß jetzt weniger Klärschlamm/ha verwertet werden kann.

Berechnet man die Einarbeitungsprämie nicht pro Hektar, sondern pro verwertete Tonne Klärschlamm, so lag die Prämie in der Vergangenheit bei 80 DM/t TS.¹⁰²

Auf der einen Seite verlangen heute die Landwirte - wo immer möglich - weiterhin 400 DM/ha an Einarbeitungsprämie, (obgleich das Einarbeiten des Klärschlammes natürlich nicht annähernd 400 DM/ha kostet, wie der Begriff

¹⁰¹ Verschiedene Abwasserverbände und Kommunen lassen die von ihnen mit der landwirtschaftlichen Klärschlammverwertung beauftragten Unternehmen durch Ingenieurbüros (z.B. die EnviQ GmbH & Co. KG in St. Augustin) kontrollieren, um dadurch ihren Betreiberpflichten zur Kontrolle der Klärschlammverwertung nachzukommen.

¹⁰² Zwar forderten beispielsweise WITTE UND LANGENOHL (1995, S. 1547), daß die landwirtschaftliche Klärschlammverwertung ohne Vergütung von statten gehen solle, doch stellt auch LANGENOHL (1997) fest, daß selbst die Firmen, die derzeit keine Vergütungen, Einarbeitungsprämien o.ä. zahlen, zumindest kostenlos Kalk oder Gutscheine für Mineräldünger an die betroffenen Landwirte abgeben. Letztlich ist es in diesem Zusammenhang aber unerheblich, ob Geld ausbezahlt wird, oder ob ein geldwerter Vorteil gewährt wird.

fälschlicherweise suggeriert). Dadurch würden sich aber die Verwertungskosten für die Klärwerke pro TS-Tonne deutlich erhöhen. Auf der anderen Seite möchten letztere das Gesamtkostenniveau der landwirtschaftlichen Klärschlammverwertung gerne beibehalten. Dadurch würden sich aber die Einarbeitungsprämien für die Landwirte reduzieren.

Da sich die landwirtschaftliche Kompostverwertung erst vor kurzem etablieren konnte, sind die Erfahrungen zur Vergütung bislang in der Literatur noch wenig beschrieben. Für die eigentliche Verwertung wird i.d.R. keine Vergütung gezahlt. Dies bestätigt auch HALM (1993, S. 256), der am Beispiel des Kreises Kassel darlegte, daß nur der Transport vom Kompostwerk zum Feld entlohnt wird, und daß dann der Nährstoffwert des Komposts subtrahiert wird. Seit 1993 hat sich das Kompostangebot aber erhöht, und viele Landwirte sind sich darüber im Klaren, daß der Absatz der Bioabfallkomposte zusammenbrechen würde, wenn nicht Landwirte als Verwerter zur Verfügung stünden. Dies stärkt deren Verhandlungsposition. So haben beispielsweise die bioabfallkompostverwertenden Landwirte im Einzugsgebiet des Bergischen Abfallverbands (BAV) nach Angaben von KIRSCH (1997) im Jahr 1997 eine Verwertungsprämie von 1 DM/t FS verlangt.

Zahlen von RIESS UND KNOCH (1995, S. 398) zur Kompostvermarktungssituation in Berlin zeigen, daß bereits 1995 für 10 % der Komposte Zuzahlungen von bis zu 70 DM/t FS geleistet wurden. Bei steigenden Kompostmengen wird infolge einer raschen Marktsättigung dieser Zuzahlungstrend anhalten.

Die Erfahrungen aus Berlin sind insofern für NRW relevant, da die Situation zumindest mit der in den NRW - Ballungsräumen vergleichbar sein dürfte.

Im folgenden soll zunächst der Frage nachgegangen werden, wie weit die Zahlungsbereitschaft der Abwasserverbände und der Kommunen im Zusammenhang mit der Verwertung und Entsorgung von Klärschlamm - vor dem Hintergrund der neuen rechtlichen Rahmenbedingungen - im Jahr 2005 reicht.

4.6.2. Erwartete Schattenpreise für Klärschlämme

Der Schattenpreis zur landwirtschaftlichen Klärschlammverwertung ergibt sich aus der Zahlungsbereitschaft der Abwasserverbände und der Kommunen. Diese wiederum orientiert sich an den Kosten für das nach der landwirtschaftlichen Klärschlammverwertung nächstpreiswertere Verwertungs- oder ggf. Entsorgungsverfahren.

Kann die entsorgungspflichtige Körperschaft den Klärschlamm nicht zur Verwertung an die in Kapitel 2.1.1 genannten Verwertungsbereiche abgegeben, muß der Klärschlamm einer thermischen Behandlung unterzogen werden. Tabelle 18 gibt eine Übersicht über die gebräuchlichsten Behandlungsalternativen. Zum Vergleich ist auch die Mitverbrennung von Klärschlämmen in Zementwerken bei gleichzeitiger Verwertung der Asche als Klinkerrohstoffsubstitut während des Sinterns mit beigefügt.

Tabelle 18: Übersicht der gebräuchlichsten Verfahren zur Klärschlammverbrennung

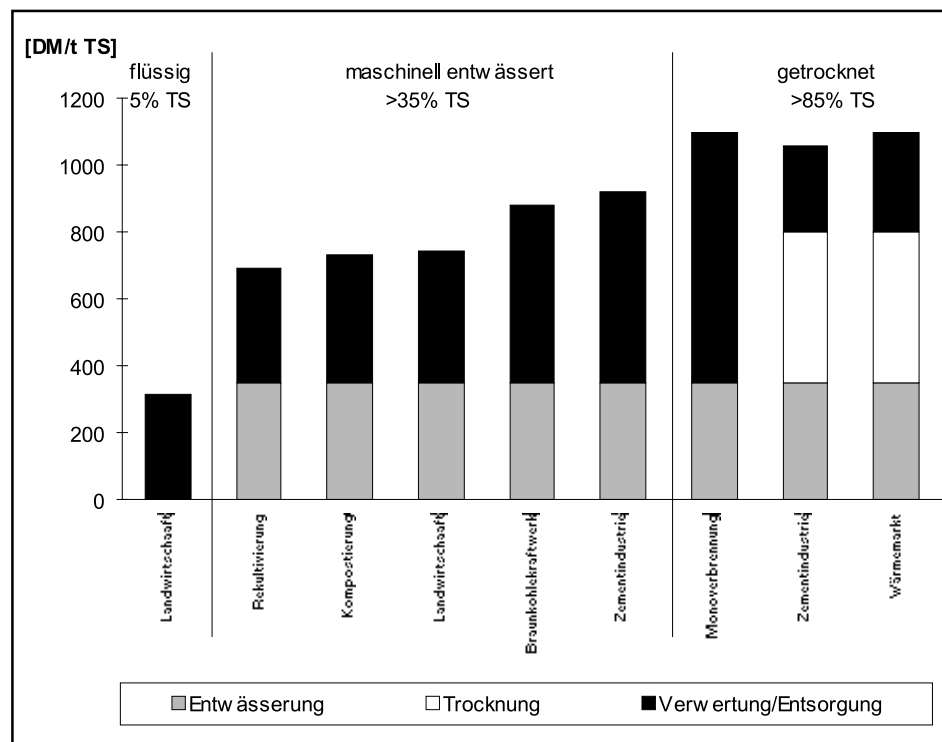
Verbrennungsart	Co-Verbrennung im Braunkohlekraftwerk	Co-Verbrennung in Steinkohleschmelzkammerfeuerungsanlagen	Co-Verbrennung in Müllverbrennungsanlagen		Mono-Verbrennung in Wirbelschichtöfen	Mono-Verbrennung in Etagenöfen	Co-Verbrennung (mit stofflicher Verwertung) in Zementöfen
TS-Gehalt des	ab ca. 25 %	über 90 %	bis 40 %	über 90 %	40 - 50 %		mind. 25 - 30 %, besser: > 90 %
Klärschlammanteil	bis 10 % technisch möglich	bis zu 25 % technisch möglich	zwischen 10 und 15 %	bis zu 50 % möglich	100 %		bis zu 5 % der Klinkerproduktion; (= 2,5 % über 90 % TS)
Rückstandsentsorgung	Deponierung der Asche gemeinsam mit den REA-Produkten als Stabilisator in abgedichteten Deponiebereichen der ausgekohlten Tagebaue. REA-Gips Verwertung in der Entwicklung	Überwiegende Verwendung des Granulats und des REA-Gipses in der Bau- und Baustoffindustrie	Filterstäube werden deponiert, die Schlacke kann verwertet werden		Deponie		Rückstände in Klinker eingebunden
Anlagen-Verfügbarkeit	Durchschnittliche Benutzungsdauer im Jahr: 80 % (7000 Stunden)	Durchschnittliche Benutzungsdauer im Jahr: 50 % (4300 Stunden)	zwischen 75 und 95 %		zwischen 80 und 98 %		relativ hoch, da bekannte Technik
Bemerkungen	Trotz Begrenzung ist eine Überwachung der KS-Qualität (regelmäßige Analyse der Inhaltsstoffe) sinnvoll; Entsorgungssicherheit ist gewährleistet		Klärschlammmenge wegen Absenkens der Betriebsbrenntemperatur begrenzt	erhebliche Zunahme des Staubanteils im Rohgas; Verschlackungsgefahr erfordert häufigeres Reinigen	bei ungenügender Entwässerung wird eine Stützfeuerung benötigt		Um die Entsorgungssicherheit nicht von der Zementnachfrage abhängig zu machen sind Ausweichmöglichkeiten vorzusehen

Quelle: verändert nach MURL (1991, Abschnitt 4, S. 6).

Es zeigt sich, daß eine Verbrennung von lediglich maschinell entwässerten Klärschlämmen nur in Braunkohlekraftwerken, der Zementindustrie und in Hausmüllverbrennungsanlagen mit Rostfeuerung denkbar ist.

Die Kosten für die Trocknung von Klärschlämmen belaufen sich nach Daten des MURL (1991, Abschnitt 5, S. 18 und 19) in Abhängigkeit von der angeschlossenen Einwohnerzahl einer Trocknungsanlage auf 200 bis 600 DM/t TS. Eine Trocknung für eine Anlage mit 150.000 Einwohnergleichwerten (EGW) würde demnach Kosten in Höhe von 472,35 DM/t TS verursachen. Zwar steigt dadurch der Brennwert der Klärschlämme; die Verbrennung von getrockneten Klärschlämmen bleibt aber tendenziell teurer als die Verbrennung von maschinell entwässerten Klärschlämmen. Dies belegt auch Daten der beiden Abwasserverbände Emschergenossenschaft und Lippeverband.

Abbildung 7: Kosten der Klärschlammverwertung und -entsorgung der Emschergenossenschaft und des Lippeverbandes



Quelle: Schmelz (1996, S. 16)

Es wird ersichtlich, daß die Verwertung im Bereich der Rekultivierung und des Landschaftsbaus, verglichen mit der in der Landwirtschaft (Ausnahme Naßschlammverwertung), zu günstigeren oder gleichen finanziellen Bedingungen erfolgen kann. Diese Daten bestätigen eigene Vorüberlegungen aus den Kapiteln 4.3.1 und 4.3.2. Nach der landwirtschaftlichen Verwertung folgt unter Kostengesichtspunkten die Verbrennung in Braunkohlekraftwerken, gefolgt von der in Zementwerken.

Die Verbrennung der Klärschlämme aus NRW könnte sogar theoretisch komplett in den Braunkohlekraftwerken NRWs erfolgen.¹⁰³ Da aber der Einsatz in Braunkohlekraftwerken eine Entsorgung darstellt, ist den Zementwerken als Verwertern der Vorzug zu geben. Jedoch schränkt das KrW-/AbfG mit § 5, Abs. 4 gleichzeitig ein, daß dies wirtschaftlich zumutbar sein muß (vgl. Kapitel 2.1.1).¹⁰⁴ Daraufhin wurde für jeden Kreishof, ausgehend von der Kreisstadt, die günstigste Entsorgungsalternative berechnet.¹⁰⁵ Bei den Berechnungen wurde entsprechend den Angaben des MURL (1991, Abschnitt 5, S. 26) mit einem zu entrichtenden Abnahmepreis des maschinell entwässerten Klärschlammes von 100 DM / t FS gerechnet. Der Abnahmepreis der Zementindustrie wurde mit 120 DM/t FS etwas höher angesetzt. Dieser Aufschlag entspricht auch den Angaben von SCHMELZ (vgl. Abbildung 7).

Die Frachtkosten wurden entsprechend den Angaben von IBRÜGGER (1992) berücksichtigt. Da bei einem TS-Gehalt von 33 % für 1 t TS an Klärschlamm 3 t maschinell entwässerten Klärschlamm transportiert werden müssen, hat dieser Faktor einen nicht unerheblichen Einfluß auf die Vergleichskostensituation. Dies gilt insbesondere dann, wenn Klärschlamm landwirtschaftlich vor Ort verwertet werden kann, während er zur Verbrennung über weitere Entfernungen transportiert werden müßte.

In NRW konzentrieren sich, wie Abbildung 8 zeigt, alle Braunkohlekraftwerke im süd-westlichen Landesteil (Braunkohletagebauegebiet der Köln-Aachener

¹⁰³ Das MURL (1991, Abschnitt 4, S. 7) gibt an, daß in einem 300-Megawatt-Braunkohlekraftwerk bei einer jährlichen Betriebsdauer von 7000 Stunden 350 t/h durchgesetzt werden. Wird der Klärschlamm entsprechend den Angaben aus Tabelle 18 mit Anteilen von 10 % unter die Braunkohle gemischt, so könnten stündlich 35 t FS bzw. 11,6 t TS mitverbrannt werden. Dies entspräche einer Jahresleistung von 81.666 t TS. KLATT et al. (1996) weisen unter der Kategorie Braunkohlekraftwerke für NRW eine Gesamtkapazität von 10.380 MW aus. Demnach könnten in den Braunkohlekraftwerken in NRW theoretisch 2,42 Mio t TS an Klärschlamm verbrannt werden. 1990 betrug in den alten Bundesländern das gesamte Klärschlamm aufkommen aber lediglich 2,5 Mio t TS (BUNDESREGIERUNG, 1993, S. 3).

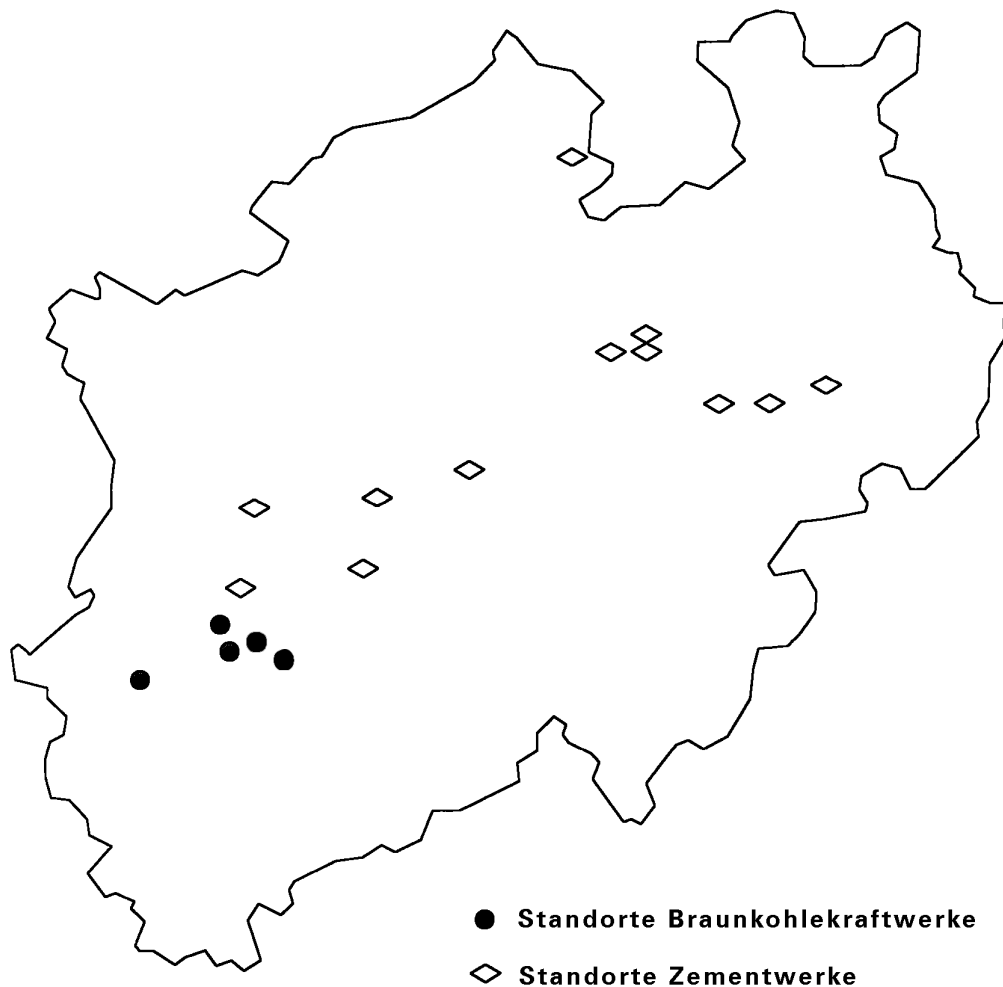
¹⁰⁴ §5, Abs. 4 KrW-/AbfG: "... Die wirtschaftliche Zumutbarkeit ist gegeben, wenn die mit der Verwertung verbundenen Kosten nicht außer Verhältnis zu den Kosten stehen, die für eine Abfallbeseitigung zu tragen wären." Der Begriff "nicht außer Verhältnis zu den Kosten stehen" wurde kostenminimierend interpretiert mit "nicht die Kosten übersteigen".

¹⁰⁵ Obgleich also weder die Entfernung aus dem geographischen Mittelpunkt des Kreises, noch die Entfernungen von den einzelnen Klärwerken zum nächstgelegenen Braunkohlekraft- oder Zementwerk berechnet wurde, handelt es sich um eine realistische Annahme, da

1. der meiste Klärschlamm im Einzugsgebiet des größten Klärwerks anfällt. Dies ist in der Regel in der Nähe der Kreisstadt zu finden, da die Verwaltungsmetropole üblicherweise identisch ist mit der größten Stadt im Kreis.
2. gerade bei kleineren Klärwerken die Entwässerung nicht immer auf der Kläranlage selbst stattfindet. Sind die Klärwerke zu klein für eine eigene stationäre Entwässerungsanlage, so wird der Naßschlamm, wie beispielsweise beim Wasserverband Eifel-Rur, zum nächstgelegenen größeren Klärwerk transportiert und dort mitentwässert, wenn die Transportentfernung nicht eine mobile Entwässerung unter betriebswirtschaftlichen Aspekten günstiger erscheinen läßt (s.a. Erläuterungen zu Abbildung 9).
Infolgedessen wäre es also nicht sachdienlicher, würde man die Transportentfernung von jeder einzelnen Kläranlage zum nächstgelegenen Braunkohlekraft- oder Zementwerk zur Grundlage der Berechnungen machen.

Bucht), während bis auf wenige Ausnahmen alle Zementwerke in der Region zwischen Hamm und Paderborn gelegen sind.

Abbildung 8: Regionale Verteilung der Braunkohlekraftwerke und der Zementwerke in NRW



Quelle: eigene Darstellung, Daten nach KLATT ET AL. (1996) und HUTH (1996)

Bedingt durch die räumliche Konzentration der Braunkohlekraftwerke im südwestlichen Landesteil ergab es sich, daß die Zementwerke in Westfalen trotz des höheren Abnahmepreises einen Teil der Klärschlämme aus Westfalen verwerten könnten. Der Grund ist in der wesentlich geringeren Transportentfernungen zu sehen. Dabei handelt es sich um die in Tabelle 19 mit einem "Z" kenntlich gemachten Kreishöfe.

Tabelle 19: Einarbeitungsprämie (DM/t TS) bei landwirtschaftlicher Klärschlammverwertung (ohne Transport) sowie ausbringbare Menge (t TS/ (ha * 3 Jahre)) an regionalem maschinell entwässertem Klärschlamm auf Ackerflächen der Bodenversorgungsstufe C für P₂O₅

Kreishof	Einarbeitungsprämie	Ausbringungsmenge
KLE	317,50	4,98
MEQ	280,95	4,08
NE	261,25	4,66
VIQ	270,41	4,84
WES	297,71	4,48
ACQ	261,14	4,64
DN	258,76	4,25
BM	255,38	4,74
EU	255,42	3,47
HS	276,40	4,58
GM	297,20	5,1*
GLQ	260,26	4,25
SUQ	274,04	4,46
BOR	323,30	5,06*
COE	335,00	5,64*
REQ	300,08	4,74
ST (Z)	338,60	5,24*
WAQ	326,28	4,73
GT (Z)	330,38	4,63
HFQ	341,11	4,87
HX (Z)	339,05	4,02
DT (Z)	326,81	4,53
MI (Z)	357,23	4,4
PB (Z)	314,15	4,52
ENQ	295,62	4,06
HSK	328,84	4,37
MK	298,72	4,17
OE	304,39	4,08
SI	304,63	3,73
SO (Z)	319,97	4,44
UNQ	316,70	5,64*
NRW	302,17	4,51*

Anmerkung: ^{106,107}

¹⁰⁶ Das Kürzel "(Z)" steht für Zementwerk und bedeutet, daß in diesen Kreisen die Verwertung über das nächstgelegene Zementwerk erfolgt.

Das Sternchen "*" bedeutet, daß der Preis auf der Grundlage der maximal erlaubten Aufbringungsmenge von 5 t TS/(ha*3 Jahren) berechnet wurde (§ 6, Abs. 1 AbfKlärV) und nicht auf der Grundlage der nach dem Pflanzenbedarf möglichen Klärschlammmenge.

¹⁰⁷ Die in Tabelle 19 wiedergegebenen durchschnittlichen Klärschlammgaben für den Kreishof COE mit 5,64 t bzw. 5,0 t TS/(ha * 3 Jahren) und für den Kreishof EU mit 3,47 t TS/(ha * 3 Jahren) verwirren wegen ihrer großen Diskrepanz zunächst, zumal Euskirchen noch zur Köln-Aachener-Bucht und somit zu den Gunststandorte innerhalb NRW gehört. Die Unterschiede erklären sich durch folgende Aspekte:

1. die hohen durchschnittlichen Phosphatentzüge im Kreishof COE infolge des intensiven Silomaisanbaus.
2. die geringen Phosphatgehalte im regionalen Klärschlamm des Kreishofes COE. Sie liegen bei lediglich 38,26 kg P₂O₅/t TS, während diese im Kreishof EU 49,32 kg P₂O₅/t TS

Am Beispiel des Kreishof KLE, der seine überschüssigen Klärschlämme in Braunkohlekraftwerken entsorgen würde, soll im folgenden die Grenze der Zahlungsbereitschaft der Abwasserverbände exemplarisch dargelegt werden (vgl. Tabelle 20). Sie setzt sich zusammen aus der ansonsten zu entrichtenden Entsorgungsgebühr von 300 DM/t TS zzgl. der Transportkosten in Höhe von 85,80 DM/t TS zum nächstgelegenen Braunkohlekraftwerk. Folglich muß die entsorgungspflichtige Körperschaft mindestens 385,80 DM/t TS für die Entsorgung oder Verwertung einer Tonne Klärschlamm aufwenden, sofern die Landwirtschaft nicht bereit wäre den Klärschlamm abzunehmen und außerdem alle anderen Absatzkanäle im Bereich Rekultivierung etc. schon bedient wären. Diesen Betrag kann die entsorgungspflichtige Körperschaft aber nicht dem Landwirt für die Verwertung zur Verfügung stellen, da sie im Falle einer Abgabe von Klärschlamm an die Landwirtschaft Ausgaben für den Klärschlammhaftungsfonds, die Bodenschadstoffanalyse und die Flächenakquise einkalkulieren muß (vgl. Kapitel 4.5.2). Geht man von einem zehnjährigen Verwertungsvertrag aus, können die beiden letztgenannten Position zu 400 DM zusammengefaßt werden. Dividiert man diese durch 3,333 Nutzungszyklen in einer 10jährigen Vertragszeit, so ergeben sich bei einer Ausbringungsmenge von 4,98 t TS/ha (Bodenversorgungsstufe C für P_2O_5) Kosten von 24,10 DM/t TS.

Demnach wäre die entsorgungspflichtige Körperschaft im Kreis Kleve bereit, bis zu 351,70 DM/t TS zahlen, wenn die Landwirte sich dazu bereit fänden, den regional anfallenden Klärschlamm zu verwerten und diesen auch selber am Klärwerk abholen würden. Müßte den Landwirten der Klärschlamm frei Feld geliefert werden, reduziert sich der Betrag um 34,20 DM/t TS auf 317,50 DM/t TS.¹⁰⁸

betragen (vgl. Tabelle 11). Somit enthalten die Klärschlämme des Kreishofes EU 28,91 % mehr P_2O_5 . Allein dieser Faktor verringert die hohe Ausbringungsmenge des Kreishofes COE rechnerisch auf 4,01 t TS/(ha*3 Jahren), sofern man die gleichen Nährstoffgehalte zugrundelegen würde wie im Kreishof EU.

3. Zwar gehört die Stadt Euskirchen gemeinsam mit anderen Kommunen des Kreises zur Köln-Achener-Bucht, aber von den elf Kommunen des Kreises Euskirchen, der von der Fläche her identisch ist mit dem RAUMIS-Kreishof EU, liegen sechs Kommunen im Gebiet der Eifel und der Venn. Diese Mittelgebirgslagen sind aber weitestgehend als Ungunststandorte anzusehen. Dadurch verschlechtert sich im Gesamtdurchschnitt aber das Ertragsniveau des Kreishofes. So liegt beispielsweise der durchschnittliche Winterweizenertrag bei lediglich 72,1 dt/ha, während in den benachbarten Kreishöfen BM und DN, die jeweils vollständig der Köln-Aachener-Bucht angehören, das Ertragsniveau 99,9 bzw. 93,7 dt/ha beträgt.

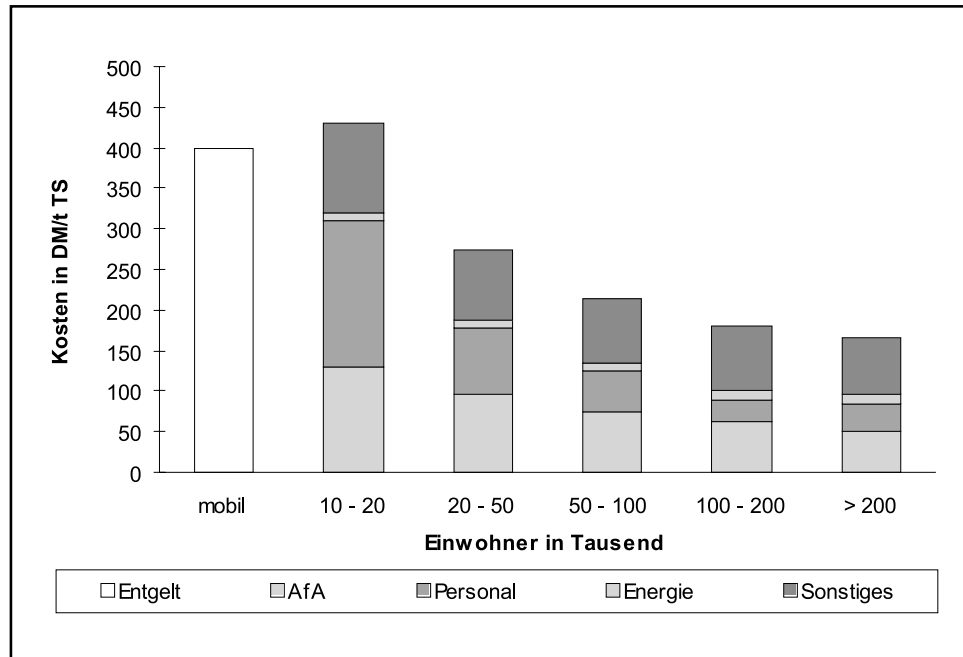
¹⁰⁸ Diese Werte wurden für die Berechnungen mit RAUMIS verwendet. Sie befinden sich in der Zielzeile des Optimierungstableaus. Die Vergütung wird nur einmal in drei Jahren ausgezahlt. Da die ausbringbare Klärschlamm- und Bioabfallkompostmenge von der - entsprechend der Düngeverordnung - "freien" Verwertungsfläche abhängt und dieser Wert in RAUMIS schon um dem Faktor 3 herabgesetzt wurde, kann nur entsprechend wenig Klärschlamm rechnerisch in RAUMIS ausgebracht werden. Unter diesem Gesichtspunkt ist es richtig, die Vergütung entsprechend der ausgebrachten Sekundärrohstoffmenge zu zahlen, da diese sich an der im jeweiligen Jahr rechnerisch ausgebrachten Menge orientiert (vgl. Kapitel 4.1 (Ende)).

Tabelle 20: Zahlungsbereitschaft der entsorgungspflichtigen Körperschaft im Kreishof KLE bei landwirtschaftlicher Verwertung maschinell entwässerter Klärschlämme (ab Feld) aus der Region

300,00 DM	1 t TS = 3 t FS mit 33 % TS-Gehalt <i>100 DM / t FS mit 33 % TS für die Verbrennung im Braunkohlekraftwerk</i>
+ 85,80 DM	Transport von 3 t FS zum Braunkohlekraftwerk
= 385,80 DM	Kosten der Entsorgung bzw. Verwertung für die entsorgungspflichtige Körperschaft
- 10,00 DM	Beitrag zum Klärschlammhaftungsfond
- 24,10 DM	Kosten pro Tonne TS für Bodenanalyse und Flächenakquise <i>Annahme: 4,98 t TS/ha * 3 Jahren zehnjähriger Nutzungsvertrag</i> <i>400 DM / 3,333 Nutzungszyklen = 120 DM / 3 Jahren</i> <i>120 DM / 4,98 t = 24,10 DM / t TS</i>
= 351,70 DM	Zahlungsbereitschaft der entsorgungspflichtigen Körperschaft im Kreishof KLE bei landwirtschaftlicher Verwertung ab Kläranlage.
- 34,20 DM	Transportkosten: Klärwerk bis Feldrand mit Fuhrunternehmen
= 317,50 DM	Zahlungsbereitschaft der entsorgungspflichtigen Körperschaft im Kreishof KLE bei landwirtschaftlicher Verwertung ab Feld

Im Falle einer Naßschlammverwertung müssen die 400 DM für Bodenanalyse und Flächenakquise aufgrund des höheren Phosphatgehaltes bei Naßschlamm (vgl. Kapitel 4.2.3.2) durch 4,67 t TS dividiert werden. Da eine Naßschlammverwertung in RAUMIS stets einen Transport beinhaltet, können die Landwirte in diesem Fall mit 350,12 DM/t TS rechnen und außerdem noch die eingesparten Entwässerungskosten des Klärwerks verlangen.

SCHMELZ (vgl. Abbildung 7) gibt die Kosten der maschinellen Entwässerung pauschal mit 350 DM/t TS an. Das MURL differenziert diesen Kostenblock in Abhängigkeit von der Kläranlagengröße und kommt zu den in Abbildung 9 wiedergegebenen Kosten.

Abbildung 9: Entwässerungskosten von Klärschlamm in Abhängigkeit von der Anlagengröße

Quelle: MURL (1991, Abschnitt 5, S. 14)

Aus der Darstellung wird ersichtlich, weshalb die Abwasserverbände bei geringer Entfernung Naßschlamm von kleineren Abwasserbehandlungsanlagen zu größeren Kläranlagen fahren. Das Entwässern mit mobilen Entwässerungseinheit vor Ort wäre teurer als der Transport und die anschließende preiswerte Entwässerung.¹⁰⁹

Die Entwässerungskosten können bei einer Naßschlammverwertung aber nicht vollständig dem Landwirt gutgeschrieben werden, da die Pressen nicht abgeschafft werden können, da sie z.B. für die Wintermonate vorgehalten werden müssen, in denen eine landwirtschaftliche Verwertung des kontinuierlich anfallenden Naßschlamms nicht möglich ist. Infolgedessen müssen die Fixkosten von den entsorgungspflichtigen Körperschaften einbehalten werden. Deren Anteil ist schwer abzuschätzen, auch lag für die vorliegende Arbeit kein hinreichendes Datenmaterial über die Anzahl, Größe und Verteilung der einzelnen Entwässerungseinheiten in NRW vor. Infolgedessen wurde für die Berechnungen mit RAUMIS pauschal unterstellt, daß sich 200 DM einsparen lassen. Folglich liegt die Zahlungsbereitschaft der entsorgungspflichtigen Körperschaft im Kreishof KLE bei der Abnahme von Naßschlamm bei insgesamt 550,12 DM/t TS.¹¹⁰

¹⁰⁹ Dies ist einer der Gründe, weshalb maschinell entwässerte Klärschlämme auch zu zentralen Trocknungsanlagen gefahren werden.

¹¹⁰ Es wären u.U. noch zusätzliche Kostenpositionen zu berücksichtigen (vgl. Fußnote 101). Aber bei der vorliegenden Arbeit sind nur die Kostengrößen berücksichtigt worden, die aufgrund der gegenwärtigen Rechtslage und Praxis tatsächlich entstehen. Nur diese konnten sicher taxiert werden und in RAUMIS berücksichtigt werden.

Die Kosten der Bodenanalyse sind unabhängig von der ausgebrachten Klärschlammmenge pro Hektar. Dies gilt auch für die Flächenakquise.¹¹¹ Auf Flächen der Bodenversorgungsstufe D für P_2O_5 zeigt dies drastische Auswirkungen bei der Vergütung. Die dann auszubringende Naßschlammmenge von 2,34 t TS/ha brächte eine Vergütung von lediglich 524,52 DM/t TS. Diese um 4,7 % herabgesetzte Vergütung erscheint zunächst gering. Würde eine Ausbringung von maschinell entwässertem Klärschlamm nicht an den technischen Restriktionen scheitern (vgl. Kapitel 4.4.1.6), so fielen der Vergütungsverlust bei 293,41 DM/t TS mit 7,6 % wesentlich höher aus. Durch den hohen Anteil der eingesparten Entwässerungskosten an der Gesamtvergütung ist dieser Effekt bei der Naßschlammverwertung zunächst nicht im gleichen Maße auffällig.

Da die Abwasserverbände und Kommunen entsprechend der bisherigen Praxis (Kapitel 4.6.1) lediglich 80 DM/t TS zahlten, wird deutlich, daß aus Sicht der Landwirte noch ein erheblicher Verhandlungsspielraum gegeben ist.

Tatsächlich wissen auch die Abwasserverbände um die Vorteile, die ihnen die bisherige Praxis der Klärschlammverwertung im Landschaftsbau, der Rekultivierung und der Landwirtschaft gebracht hat. So schreibt der LIPPEVERBAND (1994, S. 19): "Wären wir gezwungen, alle unsere Klärschlämme auf anderem Weg zu entsorgen, sie etwa zu verbrennen, so würde dies erhebliche Kostensteigerungen nach sich ziehen. Schätzungen nennen Mehrkosten von z.Z. etwa 20 DM je Einwohner und Jahr". Dies entspräche einer Kostensteigerung von 547,80 DM/t TS.¹¹²

Es zeigt sich somit, daß mit dem für RAUMIS verwendete Ansatz eher eine zurückhaltende Kostensteigerung prognostiziert wird. Die Zahlungsbereitschaft der Abwasserverbände könnte also u.U. auch höher ausfallen. Mit einem Unterschreiten der Prognosewerte ist nicht zu rechnen. Dies ergibt sich auch aus der Tatsache, daß es in NRW eine Jahreskapazität zur Klärschlammmonoverbrennung von rund 100.000 t TS gibt (UBA, 1998, S. 26a). Wie aus Abbildung 7 ersichtlich, schneiden diese Anlagen unter betriebswirtschaftlichen Gesichtspunkten aber ungünstiger ab als die Verbrennung in Braunkohlekraft- oder Zementwerken. Schon aus diesem Grund wäre in Kreishöfen mit einer Klärschlammmonoverbrennung eigentlich mit höheren Schattenpreisen zu rechnen.¹¹³

¹¹¹ Obwohl Bedingungen denkbar wären, daß zumindest die Aquisiteure nur eine reduzierte Vergütung bekämen, wenn die Flächen, infolge einer Einstufung in die Bodenversorgungsstufe D für P_2O_5 , nur "halb" für den Zweck der Klärschlammverwertung "taugen".

¹¹² Die Berechnung beruht auf einem Anfall an Klärschlamm von rund 0,1 kg TS/(Einwohner*Tag), auf der Grundlage einer weitergehender Abwasserbehandlung mit Phosphatfällung. Pro Jahr errechnen sich 36,5 kg TS. Folglich verursachen 27,39 Personen eine Tonne Klärschlamm. Bei 20 DM Mehrkosten/Person ergeben sich dann zusätzliche Kosten von 547,80 DM/t TS.

¹¹³ Dies wird aber nur in Einzelfällen zutreffen, denn Klärschlammmonoverbrennungsanlagen zeichnen sich durch einen extrem hohen AfA-Anteil an den Betriebskosten aus. Betreibt eine entsorgungspflichtige Körperschaft einmal eine solche Anlage, wird er sie solange weiterbetreiben, wie die variablen Kosten gedeckt sind. Die variablen Kosten sind aber

4.6.3. Erwartete Schattenpreise für Bioabfallkomposte

Weil viele Stadtverwaltungen - insbesondere im Ruhrgebiet - der Ansicht sind, daß sie ihre Bioabfälle keiner Verwertung zugeföhren können, verzichten sie auf die separate Erfassung zwecks Kompostierung. Besteht keine Möglichkeit zur Verwertung, werden die Bioabfälle der Haushalte weiterhin gemeinsam mit dem Restmüll in einem Abfallbehälter erfaßt, um sie dann über die Müllverbrennungsanlage (MVA) zu entsorgen.

Unterstellt man, daß die Verwertung von Bioabfallkomposten insbesondere in Ballungsräumen Schwierigkeiten bereitet, so deckt sich dies räumlich mit den Regionen, die in RAUMIS die kostenaufwendigere aber geruchsärmere Boxenkompostierung vorrangig zum Einsatz bringen.

Entsprechend den Daten nach KERN UND WIEMER (1990, S. 218) zur Kostenstruktur der Boxenkompostierung, verursacht eine 10.000-t-Inputanlage Betriebskosten von 115 DM/t Bioabfall (FS). Die Bundesvereinigung Humus- und Erdenwirtschaft (BHE) sieht die Kosten der Verbrennung allgemein bei 300 DM/t verbrannten Abfalls (SÜDDEUTSCHE ZEITUNG, 1997, S. 27). Berücksichtigt man den Rotteverlust von 50 %, so wäre es eigentlich unter betriebswirtschaftlichen Aspekten sinnvoll, den Bioabfall zunächst zu kompostieren, um ihn anschließend zu verbrennen, da diese Vorgehensweise Kosten von 265 DM/t Bioabfall (FS) anstelle von 300 DM/t FS verursachen würde.

Dieser Ansatz, den beispielsweise HUBER UND MAILLIART (1995, S. 8-1 ff.) in ihrer "Wirtschaftlichkeitsstudie für eine Biologisch-mechanische Vorschaltanlage in Kombination mit einer thermischen Restabfallbehandlungsanlage" verfolgten, ist aber hinsichtlich seiner kalkulatorischen Ausgangsbasis in Fachkreisen strittig, so daß davon abgesehen wurde ihn zur Grundlage der vorliegenden Arbeit zu machen.

Bei der Analyse der Kosten der landwirtschaftlichen Bioabfallkompostverwertung für den Landwirt hatte sich gezeigt, daß der landwirtschaftlich bewerkstelligte Transport der Bioabfallkomposte mit zwei Anhängern vom Kompostwerk zum Feldrand in etwa genausoviel Maschinenarbeitszeit pro t Bioabfallkompost (FS) in Anspruch nimmt wie das anschließende Laden am Feldrand und das Ausbringen mit dem Breitstreuer. Unterstellt man, daß der Schleppereinsatz mit einem Breitstreuer die gleichen Kosten an Energie, Reparatur und Wertminderung verursacht wie der LKW-Einsatz eines Fuhrunternehmers, so könnte man für den Feldeinsatz des Landwirtes in Anlehnung an den Transporttarif mit Kraftfahrzeugen (IBRÜGGER, 1992) vergüten. Für den Kreishof KLE, wie für alle anderen Kreishöfe auch, ergibt sich dann eine Verwertungsprämie von 13,51 DM/t Bioabfallkompost (FS).

vergleichsweise niedrig. Infolgedessen wird die entsorgungspflichtige Körperschaft frühestens dann auf das preiswertere Angebot einer landwirtschaftlichen Klärschlammverwertung zurückgreifen, wenn die Anlage abgeschrieben ist. Der Anlagenbetreiber hat sich mit dem Bau der Monoverbrennungsanlage also jeglicher Flexibilität beraubt.

Mit einem Unterschreiten des prognostizierten Wertes ist nicht zu rechnen. Vielmehr ist denkbar, daß die Zahlungsbereitschaft der Kompostwerke und -anlagen noch höher liegt. Dies ergibt sich aus der Tatsache, daß angesichts des rasant steigenden Bioabfallkompostaufkommens die Zuzahlungen an Bedeutung gewinnen werden, so daß auch diejenigen Verwerter künftig auf einer Abnahmeprämie bestehen werden, die diese in der Vergangenheit nicht eingefordert hatten (vgl. Kapitel 4.6.1).

Da der Bereich der landwirtschaftlichen Bioabfallkompostverwertung sich erst auf breiter Front etabliert, ist eine Einschätzung der künftigen Entwicklung in diesem Punkt besonders schwierig. Der nunmehr gewählte "Königsweg" ist auf jeden Fall praktikabel und vom Ansatz her auch nicht utopisch.

Bioabfallkompostierungsanlagen, die von Landwirten betrieben werden und die auch die Komposte auf den von ihnen bewirtschafteten Flächen verwerten, werden entsprechend den derzeit üblichen Vergütungssätzen für ihre Arbeit honoriert. Die Vergütungssätze beinhalten auch die Einarbeitungspämien für die Bioabfallkomposte. Entsprechend den Angaben von JUNG (1997), KLEINDYCK (1997) und KIRSCH (1997) wurden Vergütungssätze von 400 DM/t Bioabfallkompost (FS) in Ansatz gebracht. Subtrahiert man die Betriebskosten der verschiedenen Bioabfallkompostierungsanlagen, wobei die Arbeitskosten aus den Daten von KERN (1989) und KERN UND WIEMER (1990) herausgerechnet wurden und nur die Arbeitsstunden mit ihren physischen Größen Eingang in RAUMIS fanden, so ergeben sich die in der nachfolgenden Tabelle wiedergegebenen Verwertungs- und Kompostierungsvergütungen mitsamt dem daneben stehenden Arbeitsbedarf pro t Bioabfallkompost (FS).

Tabelle 21: Verwertungs- und Kompostierungsvergütungen (DM/t Bioabfallkompost (FS)) mitsamt den jeweils dazugehörigen Arbeitsbedarfen (Akh/t Bioabfallkompost (FS))

Bioabfallkompostverfahren in RAUMIS auf Ackerfläche der Bodenversorgungsstufe C für P ₂ O ₅ und K ₂ O	Akh/t FS an Bioabfallkompost	Vergütung für den Landwirt vor Abzug des Beitrags für Haftungsfonds und Bodenschwermetallanalysekosten	Vergütung für den Landwirt; Bodenversorgungsstufe C für P ₂ O ₅	Vergütung für den Landwirt; Bodenversorgungsstufe D für P ₂ O ₅
Verwertung ohne landwirtschaftlichen Transport	0,11	15,51	13,51	12,70
Verwertung mit landwirtschaftlichen Transport	0,18 ¹¹⁴	25,51	23,51	22,70
Verwertung plus Mietenkompostierung (2600 t FS an Output)	1,78	50,00	47,80	46,99
Verwertung plus Mietenkompostierung (6000 t FS an Output)	1,46	82,00	79,80	78,99
Verwertung plus Mietenkompostierung für zwei 6000 t FS Outputanlagen	1,48	96,00	93,80	92,99
Verwertung plus Boxenkompostierung (7000 t FS an Output)	1,18	60,00	57,80	56,99
Verwertung plus Boxenkompostierung (10000 t FS an Output)	1,14	81,00	83,80	82,99

Es zeigt sich, daß die Landwirte zwei Strategien fahren können:

- Verfügen sie über ein geringes Restarbeitszeitpotential, so werden sie nur den Bioabfallkompost ab Feldrand verwerten, aber nicht selber den Transport oder gar die Kompostierung durchführen. Sie können in diesem Falle einen sehr hohen Stundenverdienst erzielen. Werden im einem Kreishof beispielsweise 5.000 t Bioabfallkompost verwertet, so entspräche dies 67.550 DM (bzw. 117.550 DM mit Transport).
- Ist das Restarbeitszeitpotential deutlich höher, so können sie die Kompostierung selber bewerkstelligen. Der Stundenlohn sinkt, aber der Beitrag zum Gesamteinkommen der landwirtschaftlichen Haushalte ist im Falle der Boxenkompostierung mit einer 10.000 t-Inputanlage (= 5.000 t Bioabfallkompost (FS)) mit 419.000 DM um rund das sechsfache höher.

¹¹⁴ Der Arbeitsaufwand ist kleiner als die Maschinenarbeitsstundenzahl, da der Landwirt je zwei Anhänger mit einem Schlepper ziehen kann. Dadurch reduziert sich der Arbeitsaufwand, nicht aber der Aufwand an Maschinen pro t Bioabfallkompost.

Es zeigt sich ferner anhand der o.g. Tabelle, daß die Landwirte im - Vergleich zur Klärschlammverwertung - auf Flächen der Bodenversorgungsstufe D für P_2O_5 Bioabfallkomposte ohne große Abstriche bei der Einarbeitungsprämie pro Bioabfallkomposttonne verwerten können. Die auf Grundlage des Nährstoffbedarfs errechneten Kompostgaben können in vielen Fällen ohnehin nicht gegeben werden, da die maximal zulässige Frachtobergrenze auf Flächen der Bodenversorgungsstufe C vorher limitierend wirkt. Dies bewirkt beispielsweise, daß im Kreishof BM auf Flächen der Bodenversorgungsstufe D für P_2O_5 bei intensiven Wiesen (vgl. Tabelle 22) zwar nur 38 t FS/ha aufgebracht werden dürfen, dennoch wird die Frachtobergrenze zu über 63 % ausgeschöpft.

Berücksichtigt man ferner, daß ab 40 t/ha mit steigenden Kompostgaben die Arbeitseffizienz nur noch marginal ansteigt (vgl. Abbildung 10), so wird deutlich, daß durch die Verwertung von Bioabfallkomposten auf Flächen der Bodenversorgungsstufe D keine großen Einkommenseinbußen/t Kompost zu befürchten sind. Zwar muß wegen der reduzierten Ausbringungsmenge mit einem Umsatzeinbruch pro Hektar gerechnet werden, aber dieser Einbruch bleibt mit 37 % (obriges Beispiel) weit unter den eigentlich zu erwartenden 50 %.¹¹⁵

Entscheidend ist aber vielmehr, daß sich für die Klärschlammverwertung i.d.R. nur Flächen der Bodenversorgungsstufe C für P_2O_5 eignen (vgl. Kapitel 4.4.1.6). Vor dem Hintergrund des hohen Anteils an Ackerflächen (und Intensivwiesen) in der Bodenversorgungsstufe D für P_2O_5 wird die besondere Bedeutung der Bioabfallkomposte deutlich, denn sie unterliegen keinen technischen Restriktionen bei der Ausbringung.

Abbildung 10: Effizienz der Bioabfallkompostausbringung in Abhängigkeit von der Applikationsmenge

¹¹⁵ In Kreishöfen mit geringerem Kompostbedarf pro Hektar macht sich die Frachtobergrenze als limitierender Faktor nicht im gleichen Maße bemerkbar. Dann machen die Umsatzeinbrüche tatsächlich bis zu 50 % aus.

Während auf intensiv bewirtschafteten Wiesen stets der Phosphorgehalt der Bioabfallkomposte die Anwendung limitierte (es sei denn, die maximal zulässige Frachtobergrenze wurde vorher erreicht), so war dies auf Ackerflächen Kalium. Lediglich in den Kreishöfen KLE, VIQ, WES, GM, BOR, ST, OE und SI war der Phosphorgehalt der Bioabfallkomposte auch auf Ackerflächen limitierend.¹¹⁶

Tabelle 22: Verwertbare Bioabfallkompostmengen in Abhängigkeit vom limitierenden Nährstoff (in t FS/(ha*3 Jahren))

Kreishof		Ackerfläche	int. bewirtsch. Wiesen
KLE	P	59,8	56,0
MEQ		40,1	40,5
NE		53,9	58,6
VIQ	P	59,6	56,9
WES	P	53,0	47,4
ACQ		58,9	40,5
DN		48,8	53,4
BM		53,3	75,9 (*)
EU		34,7	39,7
HS		64,5 (*)	67,2 (*)
GM	P	63,1 (*)	44,8
GLQ		50,9	41,8
SUQ		52,3	39,7
BOR	P	61,9 (*)	73,3 (*)
COE		48,2	55,2
REQ		53,7	56,9
ST	P	59,0	59,5
WAQ		46,7	69,8 (*)
GT		55,4	53,4
HFQ		38,3	56,9
HX		33,9	45,7
DT		37,1	43,1
MI		39,3	74,1 (*)
PB		36,9	75,0 (*)
ENQ		41,8	39,7
HSK		47,4	44,8
MK		42,4	37,9
OE	P	50,1	41,4
SI	P	42,8	38,8
SO		37,3	40,5
UNQ		41,4	47,4

¹¹⁶ In der nachfolgenden Tabelle sind diese Kreishöfe durch ein "P" kenntlich gemacht. Kreishöfe in denen die Frachtobergrenze von 60 t FS auf Flächen der Bodenversorgungsstufe C überschritten würde, tragen in Klammern ein "*" hinter dem Zahlenwert. In diesen Fällen wurde mit lediglich 60 t FS/(ha*3 Jahren) gerechnet.

Ackerflächen der Bodenversorgungsstufe D (und E) für K_2O kommen, wie aus Tabelle 3 ersichtlich, wesentlich seltener vor, als Ackerflächen der Bodenversorgungsstufe D (und E) für P_2O_5 . Ackerflächen mit der Bodenversorgungsstufe D für K_2O kommen ebenfalls selten vor und werden optimalerweise mit Klärschlamm belegt. Die verbleibenden Ackerflächen erlauben somit meist eine Bioabfallkompostdüngung entsprechend der maximalen Frachtobergrenze.

Im Gegensatz zu den Klärschlämmen läßt sich mit der Verwertung von Bioabfallkompost auf Flächen mit Nährstoffanreicherungsproblemen noch ein vergleichsweise hoher Umsatz pro Flächeneinheit mit entsprechend hohen Einnahmen für die betroffenen Landwirte realisieren. Die Bioabfallkompostverwertung bietet sich aus Sicht der Landwirte somit insbesondere dann an, wenn Klärschlamm aufgrund von hohen Nährstoffgehalten kaum oder gar nicht zum Einsatz gebracht werden kann.

5. Ausgestaltung der Szenariorahmenbedingungen

5.1. Festlegung des agrarpolitischen Rahmens

Der landwirtschaftliche Sektor ist wie kaum ein zweiter Bereich der deutschen Volkswirtschaft durch die politischen Rahmenbedingungen in ein Korsett eingezwungen worden. Da der Bund seine diesbezüglichen Kompetenzen in starkem Maße an die EU abgegeben hat, sollen die dort gesetzten Rahmenbedingungen kurz beleuchtet werden, um daran die Frage anzuschließen, wie sich die Situation bis zum Jahr 2005 entwickeln könnte.

5.1.1. Gemeinsame Agrarpolitik der EU

Insbesondere die finanzpolitischen Probleme der EU, aber auch die Verpflichtungen aus der Uruguay-Runde zwangen die EU 1992 zu einer Abkehr von ihrer bisherigen Agrarpolitik. Die Details der Rahmenbedingungen für den pflanzlichen Bereich erläutert das BMELF (1997a). Die Rahmenbedingungen für den tierischen Bereich gibt ebenfalls das BMELF (1997b) mit einer speziellen Publikationsschrift wider.

Die Akteure der deutschen Agrarpolitik sehen die Problemlage, die 1992 zu einer Abänderung der Agrarpolitik führte als entschärft, wenngleich auch noch nicht als gänzlich beseitigt an (BMELF, 1997a, S. 1). Der Grundtenor über das Erreichte ist, gemessen an den Anfang der 90er-Jahre formulierten Zielen, positiv, weil

- die Überschußmengen der Agrarproduktion in vielen Bereichen verringert werden konnten,
- die landwirtschaftlichen Einkommen als weitestgehend gesichert angesehen werden.
- die EU-Ausgaben im Bereich der landwirtschaftlichen Subvention kalkulierbarer geworden sind,
- durch die Einführung von Ausgleichszahlungen der produktionsstimulierenden Produktförderung begegnet werden konnte.

5.1.2. Absehbare Änderungen der Gemeinsamen Agrarpolitik der EU

Die EU-Kommission will die Agrarpolitik aber weiter in Richtung eines WTO-konformen Marktmodells entwickeln und hat als Diskussionspapier die Agenda 2000 (EU-KOMMISSION, 1997¹¹⁷) vorgelegt, während der Bundeslandwirtschaftsminister an dem bisherigen System weitestgehend festhalten will (BMELF, 1997d, S. 1). Das BMELF (1997c, S. 4) erachtet nur noch die Marktüberschüsse im Bereich der Rindfleischproduktion als so gravierend, um in diesem Marktsegment nochmals korrigierend in die Agrarmarktpolitik einzugreifen.

¹¹⁷ Die vollständige deutschsprachige Textversion für den landwirtschaftlichen Teil ist beispielsweise im Internet unter folgendem Eintrag nachlesbar:
http://www.europa.eu.int/en/comm/dg06/ag2000/text/text_de.htm

5.1.2.1. Pflanzlicher Produktionszweig

Von elementarer Bedeutung für die Fortführung der Gemeinsamen Agrarpolitik der EU (GAP) ist, schon aufgrund der quantitativen Dimension, die Entwicklung der Getreideweltmärkte. Verharrt der Getreideweltmarktpreis bei über 119 ECU/t, so wäre das derzeitige Stützungssystem zumindest unter finanziellen Aspekten für die EU kaum fortführbar. Sinkt der Preis aber unter diese Marke, so gibt es zwei Anpassungsmechanismen:

1. Entweder der Getreideinterventionspreis sinkt auf Weltmarktpreisniveau, was einen Export von Getreide ohne Exporterstattung bedingt, oder
2. man entscheidet sich für eine Beibehaltung des derzeitigen Getreideinterventionspreises, dann wäre ein Export von Getreide nur mit Exporterstattungen zu bewerkstelligen. Wie Berechnungen von WEBER (1997, S. 29) mit dem Modellsystem SPEL/EU-MFSS¹¹⁸ zeigen, würde sich dadurch der obligatorische Flächenstilllegungssatz von derzeit 5 % auf mindestens 30 % erhöhen.

Es wurde für die vorliegende Arbeit unterstellt, daß die Akteure der Agrarpolitik der im letzten Punkt skizzierten Entwicklung im Vorfeld entgegenwirken werden, da offen bleiben muß, ob eine Flächenstilllegung in der genannten Größenordnung dem Bürger angesichts von Nettozuschüssen zum EAGFL (Abteilung Garantie) in Höhe von jährlich über 10 Mrd. DM (BUNDESREGIERUNG, 1997c, S. 155) verständlich gemacht werden könnte ("Geld für Nichtstun"). Daneben bestehen ordnungspolitische Bedenken, inwieweit von dem dirigistischen Wirtschaftsinstrument der obligatorischen Flächenstilllegung in einem marktwirtschaftlichen System Gebrauch gemacht werden sollte. So gehen beispielsweise HENRICHSMEYER UND WITZKE (1994, S. 226) im Rahmen einer Gesamtbeurteilung der Mengensteuerungspolitiken davon aus, daß die möglichen Vorteile dirigistischer Eingriffe im Regelfall weit von ihren Nachteilen aufgewogen werden.

Sollte aber tatsächlich der Fall eintreten, daß knapp ein Drittel der Ackerflächen verpflichtend stillzulegen wäre, so kann angenommen werden, daß dann auf diesen Flächen nachwachsende Rohstoffe angebaut würden.¹¹⁹ Dadurch findet ein Nährstoffzug statt, der durch eine

¹¹⁸ SPEL/EU = Sektorales Produktions- und Einkommensmodell der Landwirtschaft der Europäischen Union; MFSS = Mittelfristprognose- und Simulationssystem

¹¹⁹ Nachwachsende Rohstoffe fallen nicht unter das Anbauverbot. Nach Angaben des BMELF (1995c, S. 262) wurden in NRW im Jahr 1995 auf nur 14 % der von der konjunkturellen Stilllegung betroffenen Flächen nachwachsende Rohstoffe angebaut. Dabei handelte es sich fast ausschließlich um Raps, weil dieses Produktionsverfahren

1. in der Praxis eingeführt,
2. mit der vorhandenen Technik durchführbar ist, sowie
3. auf der Abnehmerseite keine Engpässe vorhanden sind.

Es darf angenommen werden, daß mit einem etwaig höheren Anteil der Stilllegungsfläche an der LF sich die Landwirte vermehrt mit der Möglichkeit des Anbaus von nachwachsenden Rohstoffen beschäftigen werden, so daß sich der Anteil von 14 % deutlich steigern ließe. Mit der Verlängerung der Anmeldefristen für den obligatorischen Anbau- und Abnahmevertrag über den Zeitpunkt der Saat hinaus (BMELF, 1997a, S. 20), dürfte jedenfalls

entsprechende Düngung auszugleichen wäre. Es ergäben sich also unter diesem Gesichtspunkt nur geringe Veränderungen zur Situation mit Getreideweltmarktpreisen von über 119 ECU/t.

Der erste Fall ist ebenfalls mit einer geringen Eintrittswahrscheinlichkeit versehen, weil es keinen Sinn macht, für den Eventualfall ein Instrument in Form des Interventionspreises bereitzustellen, um es dann, wenn es benötigt wird, gänzlich über Bord zu werfen.

Das BMELF gibt seiner Auffassung zur künftigen Entwicklung der Weltmarktpreise für Agrarprodukte wie folgt Ausdruck: "Aufgrund der weltweit wachsenden kaufkräftigen Nahrungsmittelnachfrage prognostizieren OECD und andere Institutionen eine insgesamt positive Entwicklung der Weltmarktpreise." (BMELF, 1997c, S. 1)

Konkreter wird VON LAMPE (1997, S. 15), der bei einer Fortschreibung der bisherigen Agrarpolitiken anhand von Berechnungen mit dem World Agricultural Trade Simulation Model (WATSIM)¹²⁰ zeigen konnte, daß die Getreideweltmarktpreise um weniger als 2 % p.a. sinken würden. Bei einer von VON LAMPE ebenfalls unterstellten Inflationsrate von 2,3 % p.a. würden dadurch die Preise zumindest nominal ansteigen.

Eine Simulationsberechnung mit WATSIM unter der Annahme einer vollständigen Liberalisierung der Märkte für Getreide und Ölsaaten zeigt, daß den zusätzlichen Produktionsmengen der EU (aufgrund entfallender Flächenstilllegungsverpflichtung) erhöhte Importe in Lateinamerika und der GUS (aufgrund wegfallender protektionistischer Maßnahmen) gegenüberstehen, die diesen Effekt bei weitem überkompensieren (VON LAMPE, 1997, S. 20).

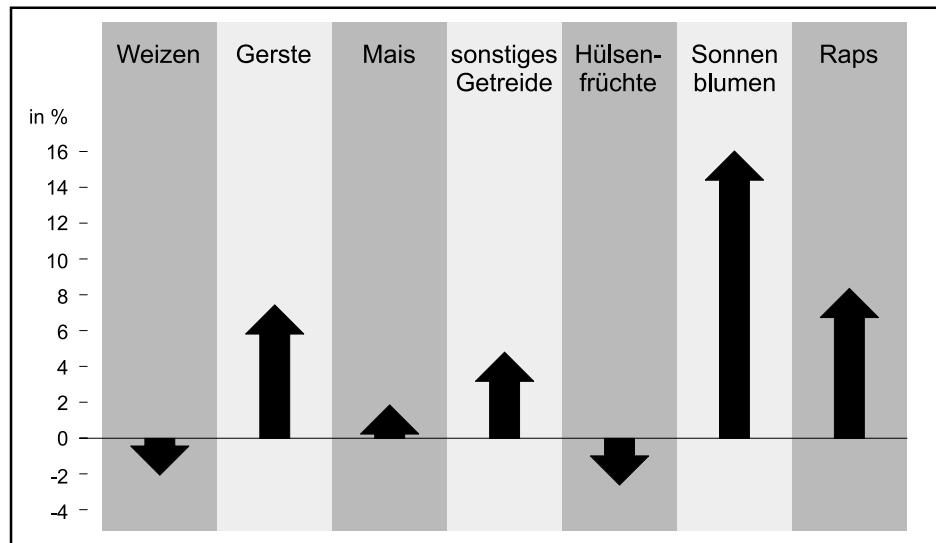
Im Falle einer weltweiten Liberalisierung würde der Weltmarktpreis für Weizen, wie Abbildung 11 zeigt, um 2 % sinken, während sich der Gerstepreis um über 7 % erhöht.

schon jetzt ein Engpaß beseitigt worden sein. Außerdem muß berücksichtigt werden, daß 1995 die Düngeverordnung noch nicht in Kraft war, die wesentlich restriktivere Auswirkungen zeigt als die damalige nordrhein-westfälische Gülleverordnung mit ihrer Dreidüngeeinheiten-Grenze. Heute versuchen deshalb insbesondere die veredelnden Betriebe durch den Anbau von nachwachsenden Rohstoffen "Flächen in der Produktion und damit als Gülleverwertungsfläche zu erhalten" (ROMBERG, 1996, S. 9).

Einschränkend auf den Anbau von Non-food-Raps kann in einigen Regionen allerdings der hohe Anteil der Zuckerrübenflächen an der LF wirken. Aus Fruchtfolgegründen scheidet dann der Anbau von Raps aus und es müßten ggf. andere Kulturen angebaut werden.

¹²⁰ Ein Simulationsmodell des Institutes für Agrarpolitik an der Universität Bonn.

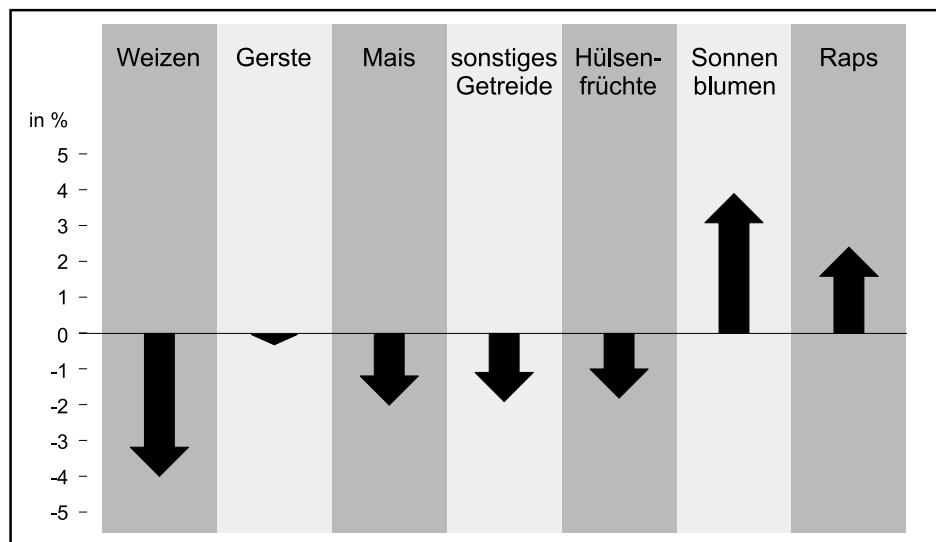
Abbildung 11: Änderung der Weltmarktpreise bei Getreide, Hülsenfrüchten und Ölsaaten bei einer weltweiten Liberalisierung der Märkte für diese Produkte



Quelle: verändert nach VON LAMPE (1997, S. 20 und 22)

Bei einer ausschließlich auf die EU beschränkten Liberalisierung fällt der Weizenpreis wesentlich stärker, während der Gerstepreis stagniert (vgl. Abbildung 12).

Abbildung 12: Änderung der Weltmarktpreise bei Getreide, Hülsenfrüchten und Ölsaaten bei einer auf die EU beschränkten Liberalisierung der Märkte für diese Produkte



Quelle: verändert nach VON LAMPE (1997, S. 20 und 22)

In der Ex-post Analyse zeigt sich für den Zeitraum Mitte 1986 bis Mitte 1997, daß der Weltmarktpreis für Gerste in 52,5 % aller Monate unter dem Interventionspreis der EU lag, während dies bei Weizen nur in 21,5 % der Monate der Fall war (AGRAR-EUROPE, 41/97, EUROPA-NACHRICHTEN 20). Bei einer weltweiten Liberalisierung der Getreide- und Ölsaatenmärkte

würde sich demnach aus der Sicht der Erzeuger die Situation bei Gerste deutlich verbessern, während sie sich bei Weizen etwas verschlechtern würde.

Es ist unter diesen Voraussetzungen kaum damit zu rechnen, daß die EU einseitig eine Liberalisierung vornehmen wird. Dies zeigt sich darin, daß das BMELF eine abwartende Position in Hinblick auf die anstehenden WTO-Verhandlungen favorisiert, um mehr Verhandlungsspielraum zu haben.

Untermuert wird diese Position des BMELF durch Berechnungen von LÖHE UND SANDER (1997, S. 61 ff.) mit RAUMIS, die zeigen, daß die Einkommensverluste im Rahmen einer Liberalisierung der Gemeinsamen Agrarpolitik im Bereich der Preisausgleichszahlungen für die "Grandes Cultures"-Früchte zu negativen Markteinkommenseffekten gegenüber einer Fortführung der Status quo Politik führen würde. Sie taxieren den landwirtschaftlichen Gesamteinkommensverlust (Nettowertschöpfung zu Faktorpreisen) auf rund 31 %. Bedingt durch die Abwanderung von Arbeitskräften aus der Landwirtschaft reduziert sich dieser Verlust pro Arbeitskraft nach Angaben der Autoren allerdings auf -0,4 %. Dabei zeigen sich erhebliche Unterschiede zwischen den einzelnen Bundesländern, allerdings liegt NRW im Bundesdurchschnitt.

Für die vorliegende Fragestellung wurde hinsichtlich der Berechnungen mit RAUMIS angenommen, daß im pflanzlichen Produktionsbereich sich der Weltgetreidepreis nicht über einen längeren Zeitraum unterhalb von 119 ECU/t bewegen wird.¹²¹

5.1.2.2. Tierischer Produktionszweig

In der Agenda 2000 wird im Bereich der tierischen Produktion eine Preissenkung im Milchsektor von 10 % (bei gleichzeitiger Gewährung einer Kuhprämie) diskutierte, die aber nach Expertenmeinung nicht dazu führen wird, daß die Quotenregelung abgeschafft werden wird (AGRAR-EUROPE, 41/97, EUROPA-NACHRICHTEN 20). Der Michkuhbestand würde somit im Vergleich zur Entwicklung unter den jetzigen Prognoserahmenbedingungen nur geringfügig absinken.¹²² Folglich würde aber die anfallende Wirtschaftsdüngermenge aus dem Bereich der Milchviehwirtschaft tendenziell eher sinken als steigen.

Der Vorschlag der Agenda 2000 zur Preissenkung von 30 % bei Rindfleisch würde hingegen in Verbindung mit dem Wegfall der Silomaisflächen aus der jetzigen Stützungsregelung bewirken, daß

¹²¹ HAASE (1997) macht für das BMELF darauf aufmerksam, daß im Falle eines gelegentlichen kurzfristigen Unterschreitens des Limits noch die Möglichkeit einer Zwischenlagerung besteht, um dann bei Preisen von über 119 ECU/t diese Mengen wieder zu verkaufen. Dadurch würde sich ggf. die Diskussion um erhöhte Flächenstilllegungssätze bzw. um abzusenkende Interventionspreise erübrigen.

¹²² Dabei wird in RAUMIS modellendogen berücksichtigt, daß durch steigende Milchleistungen pro Kuh die Anzahl der Milchkühe insgesamt bei gleichbleibender Milchquote sinkt.

1. die Bullenmast in einem verringerten Umfang praktiziert würde und
2. das extensivere Haltungformen in diesem Bereich vermehrt zum Einsatz kämen.

Diese Effekte sind auch erwünscht, um eine nachhaltige Marktberreinigung zu erreichen. Dadurch könnte beispielsweise die sog. Herodesprämie wieder abgeschafft werden.

Da weder der Schweine- noch der Geflügelmarkt einer Marktordnung unterliegt, ist nicht ersichtlich, warum die Produktion in diesen Bereichen parallel dazu ausgedehnt werden sollte. Diese Entwicklungsprozeß der Agenda 2000 würde sich im Hinblick auf steigende Verwertungspotentiale für Klärschlamm und Bioabfallkompost in zweierlei Hinsicht positiv auswirken:

1. Durch den verringerten Tierbestand würden weniger wirtschaftseigene Dünger anfallen.
2. Auf den vormals als Ackerfutterfläche für die Bullenmast genutzten Äckern könnten stattdessen Marktfrüchte angebaut werden. Diese verlassen im Rahmen der Hoftorbilanzierung den Betrieb, so daß der Nährstoffverlust entsprechend ausgeglichen werden muß.¹²³

Auf der anderen Seite ist aber auch denkbar, daß bei einem etwaigen Grünlandumbruchverbot¹²⁴ ein weiterer Anteil des bislang intensiv bewirtschafteten Grünlands in extensivere Formen übergeführt wird. Dies gilt insbesondere für NRW mit seinen Grünlandextensivierungsprogrammen. Dies würde die potentielle Verwertungsfläche für die Bioabfallkomposte reduzieren.

¹²³ Wird das Ackerfutter verfüttert, verlassen zwar über die Milch, das Fleisch etc. auch Nährstoffe den Betrieb. Der Effekt ist aber wesentlich geringer.

¹²⁴ Ein Grünlandumbruchverbot ist für die Berechnungen mit RAUMIS unterstellt worden. Diese Restriktion bewirkt in RAUMIS, daß bei einer starken Konkurrenzfähigkeit eines ackerbaulichen Verfahrens oder eines Verfahrens zur Klärschlamm- und/oder Bioabfallkompostverwertung nicht sämtliches Grünland in Ackerflächen umgewandelt wird. Dies wäre in der Realität schon aus landschaftsgeographischen Gründen (viele Mittelgebirgslagen lassen nur Grünlandwirtschaft zu) und aus Gründen des Naturschutzes unrealistisch gewesen.

In einer Projektion des Acker-Grünland-Verhältnisses für das Jahr 2003 in NRW kommt im übrigen auch KOCH-ACHELPÖHLER (1996, S. 227 ff.) zu dem Ergebnis, daß kein weiterer Grünlandumbruch in nennenswertem Umfang stattfinden wird. Er macht dies an zwei regional unterschiedlichen Entwicklungen fest:

1. In den Mittelgebirgslagen konzentriert sich die landwirtschaftliche Produktion mangels Alternativen auf die Milchviehhaltung und ggf. die extensive Rinderhaltung. Bei heute schon sehr hohen Dauergrünlandanteilen eröffnet der Verzicht auf Verfahren des Ackerbaus Rationalisierungs- und Kosteneinsparungspotentiale. Ein Ackerumbruch käm für diese Betriebe nur mit Blick auf einen etwaigen Silomaisanbau in Frage. Dies scheidet aber aufgrund von Hangneigung (Erosion) und klimatischen Gegebenheiten (Spätfrost) aus.
2. In Gebieten mit intensiver Viehhaltung sind weiteren Umwidmung dadurch Grenzen gesetzt, daß die mittlerweile verbliebenen Dauergrünlandflächen ggf. einer teuren Melioration unterzogen werden müßten, die heute nicht mehr gefördert wird. Außerdem war die Ausdehnung des Silomaisanbaus, zu dessen Lasten der Grünlandumbruch i.d.R. ging, insbesondere dort hoch, wo Verfahren der intensiven Bullenmast an Bedeutung gewannen. Eine Ausdehnung der intensiven Bullenmast kann vor dem Hintergrund sinkender Erzeugerpreise aber kaum angenommen werden.

Für die vorliegende Fragestellung wurde hinsichtlich der Berechnungen mit RAUMIS angenommen, daß der derzeitige Status quo im tierischen Bereich fortgeführt wird. Dies ist im Hinblick auf die Verwertungspotentiale für Klärschlamm und Bioabfallkompost eher als pessimistischer Rahmen anzusehen.

5.2. Gründe für die Auswahl der berechneten Szenarien

Es wurden Szenarien für alle Kreishöfe in NRW mit RAUMIS gerechnet, bei denen folgende Voreinstellungen zugeschaltet werden konnten:

- Verwertung von Klärschlamm und Bioabfallkompost auf Pachtland
- Verwertung von Bioabfallkompost auf Dauergrünland

Dadurch ergaben sich für jedes Szenario vier Varianten. Die Beweggründe für diese Grundunterteilung wurden bereits in den Kapiteln 4.4.1.3 und 4.4.2.2 dargelegt.

Die exogenen Vorgaben in RAUMIS waren in Ergänzung dazu dergestalt, daß die Szenarien sowohl mit als auch ohne Beachtung der nachfolgend genannten Punkte gerechnet wurden:

1. Berücksichtigung der Bodenversorgungsstufen für K_2O und P_2O_5 auf Acker- und Dauergrünlandflächen
2. Berücksichtigung des interregionalen Transports von maschinell entwässerten Klärschlämmen

Diese Szenarien wurden im Rahmen von Sonderberechnungen mit der Variante der forcierten landwirtschaftlichen Verwertung von Primär- und Sekundärschlämmen aus Kläranlagen mit nachgeschalteter Phosphatelimination durchgerechnet, wobei diese RAUMIS-Verfahren einen maximalen Anteil am verwertbaren Klärschlammaufkommen von 50 % haben durften.

Da die Einflußfaktoren nicht nur unter c.p.-Bedingungen beobachtet werden sollte, sondern auch im jeweiligen Zusammenspiel, ergab es sich, daß insgesamt 48 Szenarien für jeweils 31 Kreishofregionen in NRW gerechnet wurden. Im folgenden soll erklärt werden, warum diese Szenarioaspekte für die zu untersuchende Fragestellung von besonderer Relevanz sind.

5.2.1. Berücksichtigung der Bodenversorgungsstufen für K_2O und P_2O_5 auf Acker- und Dauergrünlandflächen

Um den rechtlichen Status quo bei der Verwertung von Klärschlämmen (und Bioabfallkomposten) abbilden zu können, ist es unverzichtbar, die Bodenversorgungsstufen für P_2O_5 auf Ackerflächen zu berücksichtigen. Es erschien im Zusammenhang mit den Bioabfallkomposten nur konsequent auch die Bodenversorgungsstufen für K_2O mit in die Betrachtungen ein zu beziehen. Da einzelne Szenarien auch eine Verwertung von Bioabfallkomposten auf intensiv bewirtschafteten Wiesen vorsehen, war es

folgerichtig, den rechtlichen Status quo der Klärschlamm- (und Bioabfallkompost-)Verwertung auch hier zur Anwendung zu bringen.

Insgesamt wurden die drei nachfolgenden Szenarioblöcke gerechnet:

1. Entsprechend der Anlage 1 der NRW-Verwaltungsvorschrift zur AbfKlärV wurde ein Treppenstufenmodell zur Berücksichtigung der Bodenversorgungsstufen verwendet ("Treppenstufenmodell gemäß der NRW-Verwaltungsvorschrift zur AbfKlärV"). Hinsichtlich der Nährstoffausscheidungen der Tiere wurde jedoch auf eigene Daten zurückgegriffen.
2. Im Bereich der Bodenversorgungsstufe D wurde eine Entzugsdüngung von 75 % zugelassen. Diese Vorgehensweise erscheint sinnvoll, weil WERNER UND BRENK (1996, S. 25) darauf aufmerksam machen, daß weit mehr als die Hälfte der Flächen in der Bodenversorgungsstufe D für P_2O_5 sich im Grenzbereich zur Bodenversorgungsstufe C befindet und nicht etwa zur Stufe E. Vor diesem Hintergrund erschien das Treppenstufenmodell des Anhangs zur NRW-Verwaltungsvorschrift zur AbfKlärV als fachlich unangemessen.
Das neue Szenario (sog. "noveliertes" Treppenstufenmodell) kommt damit in der Praxis dem von der LUFA Rheinland mittels dem Düngeplanungsprogramm PRODUNG ermittelten Ergebnissen nahe¹²⁵, ist aber nicht gänzlich mit ihm vergleichbar, weil auch eine halbe Entzugsdüngung auf Flächen der Bodenversorgungsstufe E zugelassen ist. Dies entspricht zwar keinswegs der derzeitigen Rechtsgrundlage, dennoch wird aber an dem übergeordneten Ziel der Rückführung dieser Flächen in die Bodenversorgungsstufe C mittels Nährstoffaushagerung festgehalten.
3. Ferner wurde für einige der Berechnungen exogen vorgegeben, daß alle Flächen im Jahr 2005 der Bodenversorgungsstufe C, sowohl für P_2O_5 als auch für K_2O angehören. Es wird also unterstellt, daß es das Ziel der Umweltpolitik ist, geeignete Instrumente zu ergreifen, um den über das unvermeidbare Maß hinausgehenden diffusen Nährstoffauswaschungen von Flächen der Bodenversorgungsstufe D und E entgegenzutreten. Selbstverständlich wäre es selbst bei Einstellung jeglicher P_2O_5 - bzw. K_2O -Düngung auf Flächen der Versorgungsstufe E unmöglich dieses Ziel innerhalb von nur sieben Jahren zu erreichen. Mit diesem Szenarioblock soll vielmehr dargelegt werden, wieviel Sekundärrohstoffdünger unter diesen Rahmenbedingungen einer landwirtschaftlichen Verwertung zugeführt werden könnten. Dadurch kann auch der Frage nachgegangen werden, ob es sinnvoll sein könnte, jetzt Klärschlämme in Monodeponien einzulagern, um sie zu einem späteren Zeitpunkt, wenn der Nährstoffüberhang in den Böden abgebaut ist, einer Verwertung in der Landwirtschaft zuzuführen. Dies ist aber nur sinnvoll, wenn das verfügbare Klärschlamm- (und Bioabfallkompost)-Aufkommen dann nicht mehr zur Deckung der landwirtschaftlichen Nachfrage nach Sekundärrohstoffdüngern reichen würde.

¹²⁵ Nach Angaben von FELDMANN (1998), verwendet die LUFA Rheinland diese Gleitfunktion anstelle des Treppenstufenmodells seit rund 1,5 Jahren.

5.2.2. Forcierte landwirtschaftliche Verwertung von Primär- und Sekundärschlämmen aus Kläranlagen mit nachgeschalteter Phosphatelimination

Wie schon in Kapitel 4.4.1.6 dargelegt, gibt es die Möglichkeit, einen Großteil der Klärschlämme eines Klärwerks so zu erzeugen, daß sie einen reduzierten P_2O_5 -Gehalt aufweisen. Dafür erhält man auf der anderen Seite einen Tertiärschlamm mit hohem P_2O_5 -Gehalt. Als Fällmittel werden üblicherweise Eisen- oder Aluminiumsalze verwendet.¹²⁶ In Ausnahmefällen kommt Kalk zum Einsatz. Tabelle 23 gibt einige Klärschlammparameter verschiedener weitergehender Verfahren zur Abwasserreinigung wieder.

¹²⁶ Umstritten ist, ob man dem mit Eisensalzen gefällten Phosphat aufgrund seiner schlechten Pflanzenverfügbarkeit einen geringeren Wert zuschreiben sollte. Dieser Aspekt könnte - insbesondere auf Böden der Versorgungsstufe A und B - von nicht zu unterschätzender Bedeutung sein. Denkbar ist, daß trotz entsprechender Klärschlammdüngung auf diesen Flächen die Bestände zu wenig Phosphat in pflanzenverfügbarer Form erhalten (SUNTHEIM UND DITTRICH, 1996, S. 97). Deshalb fordert beispielsweise ISERMANN (1996) mit Blick auf die landwirtschaftliche Klärschlammverwertung eine forcierte sog. biologische P-Elimination anstelle der chemischen Fällung. Dabei wird das Phosphat über Mikroorganismen aus dem Abwasser entfernt und ist besser pflanzenverfügbar (eine Nachfällung ist nicht möglich; zur Verfahrenstechnik siehe beispielsweise SCHEER (1994a, S. 1546 ff.)). Diese Technik hat in NRW keine große Verbreitung gefunden, obgleich neben SCHEER (1994b, S. 426) beispielsweise auch GLEISBERG UND HAHN (1995, S. 964) darauf aufmerksam machen, daß die Betriebskosten bis zu einer Anlagengröße von 100.000 EW unter denen einer chemischen Fällungsanlage liegen. Da in NRW aber nur ein ganz geringer Anteil der landwirtschaftlichen Flächen den Bodenversorgungsstufen A und B angehört und diese in RAUMIS ohnehin der Bodenversorgungsstufe C zugeordnet wurden (vgl. Kapitel 4.2.1.3), fand dieser Aspekt keine weitere Aufmerksamkeit. Auch WERNER (1996) hält diese Diskussion angesichts der i.d.R. mindestens ausreichend versorgten Standorte in NRW für überzogen und höchstens für erörterungswürdig im Hinblick auf die neuen Bundesländer.

Tabelle 23: Klärschlammparameter einiger ausgewählter weitergehender Verfahren zur Abwasserreinigung bei Verwendung unterschiedlicher Fällmittel (mit Belebungsverfahren $B_{TS} = 0,15$)

Fällmittel Klärschlamm- parameter		Metallsalze			Kalk		
		mittlere Fest- stoffmengen (g TS/E*d)	Glühverlust in %	Entwässerbarkeit	mittlere Fest- stoffmengen (g TS/E*d)	Glühverlust in %	Entwässerbarkeit
Vorfällung	Primärschlamm	65	52 - 60	<u>mittel</u> bis gut	65	52 - 60	<u>gut</u> bis mittel
	Sekundärschlamm	35	63 - 71	schlecht	35	63 - 71	schlecht
	Gesamtschlamm	100			100		
Simultanfällung	Primärschlamm	45	64 - 71	gut	45	64 - 71	gut
	Sekundärschlamm	45 ¹²⁷	51 - 58	<u>gut</u> bis mittel	45	51 - 58	<u>gut</u> bis mittel
	Gesamtschlamm	90			90		
Nachfällung	Primärschlamm	45	64 - 71	gut	45	64 - 71	gut
	Sekundärschlamm	35	63 - 71	schlecht	35	63 - 71	schlecht
	Tertiärschlamm	15	20 - 27	<u>mittel</u> bis schlecht	25	12 - 16	mittel
	Gesamtschlamm	95			105		

Quelle: verändert nach MURL (1991, Abschnitt 3, S. 8)

¹²⁷ Im Falle einer anaeroben Vorstufe mit Simultanfällung reduziert sich der Sekundärschlammanfall nochmals um 5 g TS/E*Tag.

Es zeigt sich, daß im Falle der Simultanfällung grundsätzlich mit den geringsten Klärschlammengen zu rechnen ist (vgl. Fußnote 86). Nachfällverfahren mit Metallsalzen verursachen hingegen ein um 5,6 % erhöhtes Klärschlammaufkommen. Vergleicht man die Nachfällung mit einem Verfahren der Simultanfällung, die über eine anaerobe Vorstufe verfügt, so fällt das zusätzliche Klärschlammaufkommen mit 11,8 % sogar noch höher aus. Grundsätzlich ist auch eine Nachfällung mit anaerober Vorstufe denkbar. Da aber kein Zahlenmaterial verfügbar war, wurde unterstellt, daß das zusätzliche Klärschlammaufkommen beim Einsatz von Eisensalzen in der Nachfällung grundsätzlich 11,8 % beträgt.

Die Abwasserbehandlungsverfahren mit Nachfällung regen zu folgenden Gedanken an:

1. Bringt man Klärschlämme mit reduziertem P_2O_5 -Gehalt auf landwirtschaftlichen Flächen aus, so kann man in vielen Kreisen die maximale Frachtobergrenze von 5 t TS/ha*3Jahren ausbringen.¹²⁸ Dadurch steigt das Potential der in der Landwirtschaft verwertbaren Klärschlämme. Auf der anderen Seite müssen insgesamt mehr Klärschlämme verwertet oder entsorgt werden. Da der P_2O_5 -Gehalt in den zu verwertenden Klärschlämmen um etwa 25 % im Vergleich zu den in Tabelle 11 angegebenen Werten sinkt, wird der vorgenannte Effekt von knapp 12 bzw. 17 % aber deutlich überkompensiert.
2. Bei annähernder Ausschöpfung der Frachtobergrenze erhöht sich die Vorteilhaftigkeit der landwirtschaftlichen Verwertung, da der Kostenanteil für Bodenakquise und Bodenanalyse pro Tonne verwertetem Klärschlamm einen geringeren Anteil ausmacht (vgl. Kapitel 4.6.2).
3. Tertiärschlämme würden tendenziell nicht zum gleichen Abnahmepreis von den Braunkohlekraftwerken übernommen wie die ansonsten angelieferten Mischkomponentenschlämme, da sie deutlich geringere Glühverlustgehalte aufweisen (vgl. Tabelle 23). Die Zementwerke würden sich weigern Tertiärschlämme abzunehmen.¹²⁹ Infolgedessen wäre es ratsam, Tertiärschlämme im Landschaftsbau und der Rekultivierung zu vermarkten, da hier keine P_2O_5 -Bilanzen gezogen werden müssen, so daß es innerhalb bestimmter substituierbarer Anteile relativ belanglos ist,

¹²⁸ In einigen Kreishöfen würde dadurch allerdings auch die Frachtobergrenze überschritten. Gerade in diesen Fällen bietet sich dann aber eine Verwertung auf Flächen der Bodenversorgungsstufe D für P_2O_5 an. Man kann zwar durch eine sog. Zweipunktfällung soviel Fällmittel in der biologischen Abwasserreinigung zusetzen, daß man einen Klärschlamm erhält, von dem genau 5 t TS/(ha * 3 Jahren) ausgebracht werden könnte, während man das "restliche" Phosphat in der Nachfällung fällt. Diese Feinheiten der Abwasserwirtschaft wurden für RAUMIS aber nicht weiter berücksichtigt, da sie i.d.R. auch nicht mit dem Ziel der Absatzoptimierung von Klärschlamm in der Landwirtschaft durchgeführt werden, sondern der Optimierung des Abwasserreinigungsprozesses dienen. Für Details zur Zweipunktfällung sei beispielhaft auf KULICKE UND PETZI (1994) verwiesen.

¹²⁹ Ein hoher P_2O_5 -Gehalt ist unerwünscht, weil sich dadurch die technische Eigenschaft der sog. Frühfestigkeit des Zement herabgesetzt wird (BUWAL, 1991, S. 34). Da Tertiärschlämme sich durch einen besonders hohen P_2O_5 -Gehalt auszeichnen, ist nicht damit zu rechnen, daß die Zementwerke Monochargen abnehmen, wenn gleichzeitig ausreichend "normale" Klärschlämme am Markt zum gleichen Preis zu haben sind.

ob bei gleichen Klärschlammengen diese höhere oder niedrigere P_2O_5 -Gehalte aufweisen.¹³⁰

4. Die Transportwürdigkeit dieser mit P_2O_5 hochangereicherten Tertiärschlämmen erhöht sich, so daß ein Transport zu düngemittelerzeugenden Unternehmen tendenziell attraktiver wird.¹³¹
5. Denkbar ist auch, die begrenzte Menge an nährstoffreichen Tertiärschlämme in Monodeponien zu lagern, um sie zu einem späteren Zeitpunkt einer Verwertung zuzuführen.
Den Gedanken der Klärschlammdeponierung mit dem Ziel der späteren (wie auch immer gearteten) Verwertung vertrat bereits IMHOFF (1992, S. 986).
6. Tertiärschlamm, bei dem Kalk als Fällmittel eingesetzt wird stellt nach BAUMANN, KRAUTH UND WERNER (1994, S. 2236) einen Rückstandskalk im Sinne der Düngemittelverordnung dar, bei dem aufgrund seiner Entstehung im Klarwasserablauf möglicherweise eine Verwertung im Bereich der Grünlandwirtschaft und der Forstwirtschaft möglich ist. Sollte dadurch der § 4, Abs. 4 und 5 der AbfKlärV umgangen werden können, so könnten sich diese Tertiärschlämme einen Absatzmarkt erschließen, der allen anderen Klärschlämmen (und im Falle von Forstflächen auch den Bioabfallkomposten) verschlossen bleibt.¹³²

¹³⁰ Eine vollständige Substitution erscheint insbesondere dann möglich, wenn der Tertiärschlamm noch mit Bioabfallkomposten o.ä. durchmischt wird, weil dem Substrat dann ein "erdige" Charakter verliehen wird.

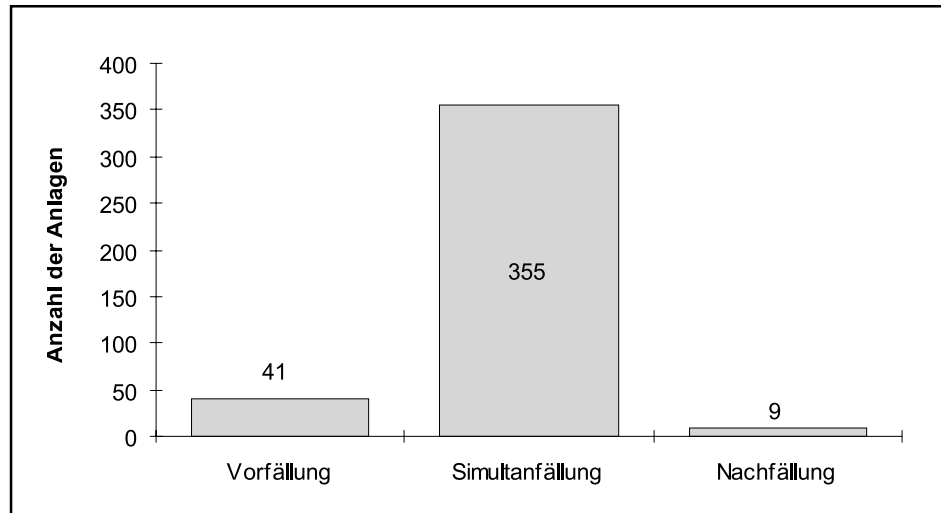
DELSCHEN, KÖNIG, LEUCHS, BANNICK (1996, S. 19 ff.) verlangen die Berücksichtigung von Nährstoffbilanzierungsaspekten beim Einsatz von Bioabfallkomposten im Landschaftsbau und in der Rekultivierung. Ihre Argumentation baut aber fast ausschließlich auf der Nitratbeeinträchtigung des Grundwassers auf. Folgt man diesem Argumentationsstrang, so ist die Substitution von Primär- und Sekundärschlämmen durch Tertiärschlämme zu begrüßen, weil letztere kaum noch Stickstoff enthalten und somit dem Präventionsgedanken besonders Rechnung getragen würde. Tatsächlich lassen sowohl die vom MINISTERIUM FÜR LANDWIRTSCHAFT, NATURSCHUTZ UND UMWELT THÜRINGEN (1995) erlassene Kalihaldenrichtlinie, als auch die vom MINISTERIUM FÜR UMWELT, ENERGIE UND VERKEHR DES SAARLANDES (1996) erlassene Steinkohlehaldenrichtlinie Gesamtstickstofffrachten von mehr als 10.000 kg N/ha zu; beide sind infolgedessen kritikwürdig (vgl. beispielsweise auch SCHMEISKY UND PODLACHA (1998)). Da im Landschaftsgartenbau und bei Rekultivierungsmaßnahmen i.d.R. nur einmalig während der vegetationsbegründenden Startphase mit einer nicht geschlossenen Pflanzendecke zu rechnen ist, kann unter Umweltaspekten aber nicht nachvollzogen werden, weshalb sich die Tertiärschlammgabe auf eine vier- bis fünfjährige Entzugsdüngung beschränken sollte (DELSCHEN, KÖNIG, LEUCHS, BANNICK, 1996, S. 22), da weder vertikale noch horizontale Auswaschungsverluste im nennenswerten Umfang zu befürchten sind.

¹³¹ Eventuell ließen sich dadurch sogar der Anteil an importiertem Phosphat in dieser Branche zurückdrängen, wodurch inländische Nährstoffkreise zunehmend geschlossen werden könnten.

¹³² PESCHEN, SÖLTER UND ZEHENDNER (1993, S. 117) geben an, daß - im Gegensatz zum Rest der Klärschlämme - die Abnahme der anfallenden Kalktertiärschlämme gesichert sei. Das Beispiel der Forstkalkung bestätigt dies. Laut BMELF (1995b, S. 78) wurden von 1984 bis 1994 annähernd 2 Mio. ha Wald gekalkt, das entspricht rund 19 % der Waldfläche. Der erste deutsche Waldbodenbericht zeigte, daß aber noch nahezu 80 % der untersuchten Waldböden bis in eine Tiefe von 30 cm mit einem pH-Wert unterhalb von 4,2 stark versauert sind, und daß zudem geringe bis sehr geringe Phosphatgehalte in allen Gebieten anzutreffen sind (AGRAR-EUROPE, 29/97, LÄNDERBERICHT 22 und 24). Es zeigt sich damit, daß prinzipiell ein großer Absatzmarkt für Rückstandskalke aus der Nachfällung existiert.

Abbildung 13 zeigt jedoch, daß 1993 von den 405 Kläranlagen in NRW, die mit einer Phosphatelimination ausgestattet waren, lediglich neun Anlagen die Phosphatnachfällung praktizierten.

Abbildung 13: Kommunale Abwasserbehandlungsanlagen mit Phosphatelimination in NRW - Stand 1993



Quelle: verändert nach MURL (1995a, S. 25)

Trotzdem wurden Szenarien berechnet, wonach im Jahr 2005 bis zu 50 % der verfügbaren Klärschlämme aus Abwasserbehandlungsanlagen mit Eisen als Fällmittel in der nachgeschalteten Phosphatfällung bereit gestellt werden könnten, sofern eine entsprechende Nachfrage nach P_2O_5 -reduzierten Klärschlämmen existiert.

Da in NRW mittlerweile fast alle betroffenen Kläranlagen die Vorschriften zur Phosphatelimination umgesetzt haben, sind entsprechende Ergänzungen der baulichen Anlagen aber nur unter Aufwendung zusätzlicher Finanzmittel möglich. Da eine zusätzliche Ausrüstung der Kläranlagen mit der Möglichkeit der Nachfällung nur mit dem Ziel der Bereitstellung von P_2O_5 -reduzierten Klärschlämmen für die landwirtschaftliche Verwertung erfolgen würde, wären die Kosten den landwirtschaftlichen Abnehmern anzulasten. Dies erfolgt zweckmäßigerweise über eine reduzierte Einarbeitungsprämie im Falle der Verwertung von P_2O_5 -reduzierten Klärschlämmen.¹³³

¹³³ Kläranlagen unterliegen nicht einem permanenten gleichem Abwasserzustrom. Infolgedessen muß eine Phosphatelimination so erfolgen, daß auch im Falle von Reinigungsspitzen die vorgeschriebenen P_2O_5 -Gehalte im gereinigten Wasser nicht überschritten werden. Deshalb müssen bei Nachfällanlagen Absetzbecken gebaut werden, die dem doppelten durchschnittlichen Abwasserzufluß pro Zeiteinheit entsprechen. Da dies die Baukosten erheblich erhöht hätte, und die Kläranlagen i.d.R. ohnehin über die Möglichkeit der Simultanfällung verfügen, wurde angenommen, daß der Betrieb in Zeiten der Spitzenbelastung, z.B. nach intensiven Niederschlagsereignissen, auf Simultanfällung umgestellt wird.

Die nachfolgende Zusammenstellung zeigt, um welche Größenordnung sich die Einarbeitungsprämie reduziert:

1. Zusätzliche Kosten für die Dosier- und Einmischgeräte der Nachfällung ¹³⁴	38,67 DM/t KS
2. Zusätzlicher Fällmittelverbrauch von 33 % (verglichen mit Simultanfällung) ¹³⁵	25,03 DM/t KS
3. AfA für Absetzbecken der Nachfällung ¹³⁶	36,10 DM/t KS
4. Steigende Verwertungs-/Entsorgungskosten infolge des zusätzlichen Schlamm-anfalls ¹³⁷	11,97 DM/t KS
5. Steigende Entwässerungskosten infolge des zusätzlichen Schlamm-anfalls ¹³⁸	11,97 DM/t KS
Gesamtkosten	123,74 DM/t KS¹³⁹

5.2.3. Interregionaler Transport von maschinell entwässertem Klärschlamm

Wie im weiteren auch die Ergebnisse zeigen, gibt es Kreishöfe, die das gesamte Bioabfall- und Klärschlammaufkommen verwerten können und darüberhinaus auch weitere Sekundärrohstoffdünger von außerhalb abnehmen würden. Dem gegenüber stehen solche Kreishöfe, die weder ihre Bioabfallkomposte noch ihre Klärschlämme vollständig verwerten können. Es liegt deshalb auf der Hand, den interregionalen Transport szenarisch in die Berechnungen einzubeziehen.

¹³⁴ Die Aufwendungen belaufen sich nach Angaben von GLEISBERG UND HAHN (1995, S. 962) auf 0,80 bis 1,60 DM/Einwohner und Jahr. Es wurde ein Mittelwert von 1,20 DM / Einwohner angenommen. Da bei einer Simultanfällung mit Fe-Salzen 32,23 Einwohner eine Tonne Klärschlamm pro Jahr "produzieren", ergab sich ein Wert von 38,67 DM/t TS für die zusätzliche Dosierungs- und Einmischanlage.

¹³⁵ Nach Angaben von GLEISBERG UND HAHN (1995, S. 963) liegen die Kosten für den Fällmittelinsatz bei der Simultanfällung bei 2,33 DM / Einwohner und Jahr. Bei einem um ca. 33 % erhöhten Fällmittelbedarf in der Nachfällung ergeben sich damit Zusatzkosten von 0,776 DM/Einwohner und Jahr. Dies entspricht 25,03 DM/t TS.

¹³⁶ Pro Einwohner und Tag fallen im Durchschnitt 150 l Abwasser an. Nach Angaben von SCHLEGEL (1997) muß das Wasser im Absetzbecken der Nachfällung 3,5 Stunden verweilen, damit sich die Eisenphosphate absetzen. Die Investitionskosten für ein Nachklärbecken beziffert SCHLEGEL (1997) auf 550 DM/m³. Bei einer Abschreibungsdauer von 18 Jahren und einem Zinssatz von 7,5 % ergeben sich Kosten von 51,18 DM/m³, die durch 45,71 Einwohner zu dividieren sind. Daraus errechnen sich 36,10 DM/t TS an AfA für das Absetzbecken der Nachfällung.

¹³⁷ Da mehr Klärschlamm anfällt, muß dieser auch mit den bekannten Kosten einer Verwertung bzw. Entsorgung zugeführt werden.

¹³⁸ Da mehr Klärschlamm anfällt muß auch mehr Klärschlamm entwässert werden. Die Kosten belaufen sich auf 11,97 DM/t TS (Kostendegression berücksichtigt).

¹³⁹ Da Nachfällungsanlagen mit Kalk in Deutschland noch seltener zu finden sind, als solche mit Metallsalzen, wurde für die Berechnungen mit RAUMIS der Spezialfall einer Nachfällung mit Kalk und einer etwaigen Verwertung im Forst oder auf Dauergrünland nicht weiter berücksichtigt.

Bei Naßschlamm (vgl. Abbildung 3) und bei Bioabfallkomposten wurde ein interregionaler Transport in RAUMIS aufgrund der geringen Transportwürdigkeit ausgeschlossen. Ein interregionaler Transport kommt in RAUMIS somit nur für maschinell entwässerte Klärschlämme zum Tragen.

Theoretisch ließe sich durch diesen Klärschlammtransport mittelbar der Bioabfallkompostabsatz in einem Kreishof beeinflussen. Würde beispielsweise Klärschlamm knapp, griffen die Landwirte vermehrt auf etwaig überschüssig vorhandenen Bioabfallkompost zurück. Im Falle einer das Angebot überragenden regionalen Klärschlammnachfrage muß allerdings damit gerechnet werden, daß ggf. aus weiter entfernt gelegenen Regionen überschüssiger Klärschlamm herbeigeschafft würde. Damit wäre Klärschlamm nicht mehr knapp, und Bioabfallkompost würde nicht mehr über das übliche Maß hinaus nachgefragt. Die oben beschriebene Knappheits-situation könnte also nur eintreten, wenn Klärschlamm innerhalb des Bundeslandes NRW knapp würde.

RAUMIS optimiert nicht alle Kreishöfe während der Computerberechnung simultan, sondern nacheinander. Folglich ist es zunächst nicht möglich, einen interregionalen Transport nachzubilden, in dem der eine Kreishof die etwaigen Überschüsse des anderen Kreishofes übernimmt und es simultan zu einer allumfassend optimalen Lösung kommt.¹⁴⁰ Dadurch sind vergleichende Aussagen zwischen den Kreishöfen problematisch, im Aggregat auf Landesebene dürften sich die Fehler aber wieder weitestgehend gegenseitig aufheben.

Aus sachlogischen Erwägungen können aber folgende theoretischen Überlegungen hergeleitet werden:

Wenn beispielsweise der im Kreishof ST der Landwirtschaft zur Verfügung stehende Klärschlamm pool nicht vollständig einer regionalen landwirtschaftlichen Verwertung zugeführt werden könnte, dann müßte die entsorgungspflichtige Körperschaft im Kreishof ST den Klärschlammüberschuß dem nächstgelegenen Braunkohlekraftwerk andienen. Dabei müßten die Transport-LKWs den Kreishof REQ durchfahren. Die Landwirte im Kreishof REQ geben sich, wegen der geringeren Transportentfernung zum nächstgelegenen Braunkohlekraftwerk, grundsätzlich mit einer niedrigeren Einarbeitungsprämie zufrieden als die Landwirte im Kreishof ST, da sie mit einer höheren Zahlungsbereitschaft ihrer entsorgungspflichtigen Körperschaft nicht rechnen können. Besteht nun im Kreishof REQ ein Bedarf an Klärschlamm, so kann der LKW dort seine Ladung zur Verwertung abgeben. Für die entsorgungspflichtige Körperschaft des Kreishofs ST wäre es unter betriebswirtschaftlicher Sichtweise gleich, ob der Klärschlamm im Braunkohlekraftwerk oder in der Landwirtschaft des Kreishofes REQ

¹⁴⁰ Auf Anregung von Wolfgang Britz vom Institut für Agrarpolitik der Universität Bonn wurde stattdessen für die Berechnungen in RAUMIS ein unbegrenztes Angebot von maschinell entwässertem Klärschlamm in jedem Kreishof angenommen. Dieser vereinfachte Modellansatz ist zumindest solange praktikabel, wie die Summe des landwirtschaftlich verwerteten Klärschlammes die Menge des landwirtschaftlich verfügbaren Klärschlamm pools in NRW nicht übersteigt.

untergebracht würde. Etwaig überschüssiger Klärschlamm aus dem Kreishof REQ könnte allerdings demnach nicht in den Kreishof ST verbracht werden, da die Landwirte im Kreishof ST Klärschlamm nur zu einem Preis von 338,60 DM/t TS¹⁴¹ abnehmen. Aus Erfahrung wissen sie, daß sie diesen Preis bei ihrer entsorgungspflichtigen Körperschaft durchsetzen können. Deshalb stellen sie auch entsprechende Forderungen an die entsorgungspflichtige Körperschaft des Kreishofes REQ. Deren Zahlungsbereitschaft liegt aber nur bei 300,08 DM. Wollen die Landwirte in ST den Klärschlamm aus REQ aber verwerten, müßten sie sich also mit einem entsprechend niedrigeren Preis begnügen, während dies im umgekehrten Fall für die Landwirte im Kreishof REQ nicht zutreffen würde.¹⁴²

Diese Preisbildungseffekte wurden wegen der o.g. technischen Probleme in RAUMIS aber nicht weiter berücksichtigt. Folglich lassen die RAUMIS-Berechnungen mit interregionalem Transport keine Aussagen hinsichtlich der tatsächlichen Nettowertschöpfung zu Faktorpreisen in den Kreishöfen zu.¹⁴³

¹⁴¹ Das Beispiel basiert auf der Annahme, daß der Klärschlamm auf Flächen der Bodenversorgungsstufe C für P_2O_5 verwertet wird.

¹⁴² Es sei in diesem Zusammenhang darauf aufmerksam gemacht, daß der Kreishof ST Überschüsse aus dem landwirtschaftlichen Klärschlamm pool dem nächstgelegenen Zementwerk andienen würde, weil dies trotz erhöhter Verwertungskosten von 60 DM/t TS kostengünstiger wäre als die Braunkohlekraftwerkslösung (vgl. Tabelle 19 mit dazugehörigem Erläuterungstext). Mit diesen 60 DM Differenz/t TS ließen sich aber auch Transportkosten von ST nach REQ abgedecken. Dies könnte dazu führen, daß der Kreishof ST seinen landwirtschaftlich nicht absetzbaren Klärschlamm in den Kreishof REQ transportiert, obwohl der Transportweg weiter ist als zum Zementwerk. Da die Landwirte im Kreishof REQ aber eine Kalkulation mit 100 DM/t FS (Braunkohlekraftwerk) statt mit 120 DM/t FS (Zementwerk) kennen, ergäben sich noch betriebswirtschaftliche Vorteile für die entsorgungspflichtigen Körperschaften des Kreishofes ST.

¹⁴³ Sollten durch den interregionalen Transport in RAUMIS Verfahren zur Wirtschaftsdünger substitution angewendet werden, so ist die Frage aufzuwerfen, ob diese tatsächlich realisiert würden, wenn im betroffenen Kreishof die zusätzliche Klärschlamm menge evtl. mit einer niedrigeren Vergütung für den von außerhalb herbeigeschafften Klärschlamm hätte gerechnet werden müssen. Da, wie in Kapitel 4.5.1 gezeigt, die Landwirte bei der Nachfrage von Klärschlamm zur Substitution von mineralischen Dünger starke Preisnachlässe bei der Einarbeitungsprämie zugestehen könnten, erlauben die Berechnungen also lediglich im Falle einer ausschließlichen Umsetzung von Verfahren zur Substitution von mineralischen Düngern in RAUMIS eine Aussage darüber, wieviel Klärschlamm im Jahr 2005 unter Berücksichtigung eines interregionalen Transports von maschinell entwässerten Klärschlämmen absetzbar wäre.

6. Ergebnisse

Im Vorfeld der RAUMIS-Berechnungen mit dem Klärschlamm- und Kompostmodul wurde der Einfluß der Phytasefütterung unter c.p.-Bedingungen im Modellsystem ermittelt. Da die Phytasefütterung das System im Hinblick auf die Klärschlamm- und Bioabfallkompostverwertung weitgehend beeinflusst, war eine isolierte Betrachtung dieses Faktors für die nachfolgende Erklärung der Lösungsergebnisse im multikausalen Zusammenspiel der Einflußfaktoren sinnvoll.

An die Ergebnisse der Berechnungen zur Phytasefütterung im RAUMIS-Modell schließen sich somit die RAUMIS-Berechnungen unter Hinzunahme des Klärschlamm- und Kompostmoduls an.

6.1. Auswirkungen der implementierten Phytasefütterung auf die Ergebnisse mit RAUMIS

Berechnungen von RAUMIS-Szenarien ohne Klärschlamm- und Bioabfallkompostverwertung zeigten, daß sich in keinem Kreishof im Jahr 2005 P_2O_5 -Überschüsse herausbilden.

Auf der anderen Seite zeigte sich aber auch, daß erst durch die Phytasefütterung in den Kreishöfen BOR, ST und GT entsprechende Überschüsse vermieden werden konnte.

Die nachfolgende Tabelle gibt die Ergebnisse dieser der RAUMIS-Berechnungen wieder.

Tabelle 24: Einfluß der Phytasefütterung auf die Phosphorbilanzen der Kreishöfe in RAUMIS im Jahr 2005 (Angaben in t P₂O₅)

Kreis hof	P ₂ O ₅ - Entzug	ohne Phytase- fütterung		mit Phytase- fütterung		Einsparung an anorganischem Futterphosphat	
		P ₂ O ₅ -Tiere	Saldo	P ₂ O ₅ -Tiere	Saldo	absolut	i.v.H.
KLE	-4551	4007	-544	3664	-887	-343	-8,6 %
MEQ	-1529	688	-841	637	-892	-51	-7,4 %
NE	-1974	477	-1497	432	-1542	-45	-9,4 %
VIQ	-2467	1344	-1123	1230	-1237	-114	-8,5 %
WES	-2941	2658	-283	2437	-504	-221	-8,3 %
ACQ	-1253	829	-424	806	-447	-23	-2,8 %
DN	-3287	746	-2541	703	-2584	-43	-5,8 %
BM	-2568	345	-2223	305	-2263	-40	-11,6 %
EU	-2340	1092	-1248	1060	-1280	-32	-2,9 %
HS	-2631	1129	-1502	1042	-1589	-87	-7,7 %
GM	-1399	1115	-284	1106	-293	-9	-0,8 %
GLQ	-1132	721	-411	691	-441	-30	-4,2 %
SUQ	-2423	1171	-1252	1146	-1277	-25	-2,1 %
BOR	-5940	6354	414	5542	-398	-812	-12,8 %
COE	-4559	4102	-457	3455	-1104	-647	-15,8 %
REQ	-1694	1565	-129	1345	-349	-220	-14,1 %
ST	-6148	6413	265	5491	-657	-922	-14,4 %
WAQ	-6325	5428	-897	4615	-1710	-813	-15,0 %
GT	-3161	3199	38	2734	-427	-465	-14,5 %
HFQ	-2018	1058	-960	910	-1108	-148	-14,0 %
HX	-3819	2506	-1313	2186	-1633	-320	-12,8 %
DT	-3232	1295	-1937	1142	-2090	-153	-11,8 %
MI	-4340	3668	-672	3097	-1243	-571	-15,6 %
PB	-3909	2926	-983	2525	-1384	-401	-13,7 %
ENQ	-816	615	-201	572	-244	-43	-7,0 %
HSK	-2662	1837	-825	1761	-901	-76	-4,1 %
MK	-1207	976	-231	917	-290	-59	-6,0 %
OE	-734	494	-240	478	-256	-16	-3,2 %
SI	-688	502	-186	493	-195	-9	-1,8 %
SO	-4436	2687	-1749	2315	-2121	-372	-13,8 %
UNQ	-2679	1544	-1135	1341	-1338	-203	-13,1 %
NRW	-88.862	63.491	-25.371	56.178	-32.684	-7.313	-11,5 %

Die Kreishöfe der Veredlerregion in Westfalen können durch den Phytaseinsatz die Phosphatausscheidungen ihrer Tierbestände um weit mehr als 10 % reduzieren. In vieharmen Regionen, wie beispielsweise der Köln-Aachener Bucht, liegt das Einsparungspotential i.d.R. deutlich unter 10 %. Der Kreishof GM mit seinem hohen Dauergrünlandanteil zeichnet sich durch einen hohen Anteil an Wiederkäuern am Viehbestand aus. Dies drückt sich andererseits aber auch im geringen Phosphateinsparungspotential der

Phytasefütterung mit 0,8 % aus. Im gewichteten Landesdurchschnitt lassen sich die Phosphatausscheidungen der Tiere um 11,5 % reduzieren.

Berechnungen zu den Kaliumbilanzen der Kreishöfe erbrachten, daß in BOR und in COE die Bilanzen mit 204 bzw. 64 t K₂O einen Saldoüberschuß ausweisen. Andere Kreishöfe wie beispielsweise WAQ vermeiden mit einem verbleibenden Bedarf von 7 t K₂O nur gerade einen Überschuß.¹⁴⁴

Insgesamt werden im Jahr 2005 in NRW 170.372 t K₂O im Pflanzenbau benötigt, während der tierische Produktionsbereich 138.405 t K₂O liefert. Der mit Sekundärrohstoffdüngern oder mineralischen Düngern abzudeckende Restbedarf von 31.967 t K₂O fällt mit rund 19 % niedriger aus, als bei Phosphat mit fast 29 % (ohne Berücksichtigung der Phytasefütterung) entsprechend 25.371 t P₂O₅ bzw. rund 37 % (mit Berücksichtigung der Phytasefütterung) entsprechend 32.684 t P₂O₅.

Es zeigen somit schon in diesem Stadium, daß der theoretische Umfang der Klärschlamm- und Bioabfallkompostverwertung für den Fall, daß die Phytasefütterung berücksichtigt ist, um rund 29 % über dem Verwertungs niveau für Klärschlamm und Bioabfallkompost ohne Phytasefütterung liegen kann.

Insgesamt sind in dem der landwirtschaftlichen Verwertung zugänglichen Klärschlamm- und Bioabfallkompostpool (vgl. Kapitel 4.3) 20.206 t P₂O₅ und 2.039 t K₂O enthalten. Selbst bei vollständiger Verwertung dieser Sekundärrohstoffdünger bleibt demnach noch ein Restbedarf, der über die mineralische Düngung abzudecken wäre. Für einen begrenzten Zeitraum könnten allerdings anstelle der mineralischen Düngung Nährstoffanlieferungen aus dem Bodenpool erfolgen.

Die Ergebnisse der RAUMIS-Berechnungen zeigen im folgenden Kapitel das komplizierte Zusammenspiel aller Faktoren unter dem Ziel der Maximierung der Kreishofeinkommen.

¹⁴⁴ Zwar zeigt K₂O bei Überdüngung, im Gegensatz zu P₂O₅ oder Stickstoff, kaum nachteilige Auswirkungen auf die Umwelt, da aber mit der Zufuhr von Sekundärrohstoffdüngern eine möglichst hohe Nutzwirkung (Düngung) im Verhältnis zur Schädigung (Schwermetalle und organische Schadstoffe) erzielt werden soll, ist in diesen Fällen in RAUMIS lediglich ein beschränktes zusätzliches K₂O-Verwertungspotential von 10 t zugestanden worden. Dadurch wurde die Sekundärrohstoffverwertung in diesen Kreishöfen nicht schon im vorhinein unterbunden. Würde auf die Kaliumüberschüsse tatsächlich ein entsprechend strenges Augenmerk gelegt, so würden sich innerhalb der Kreishöfe sicherlich auch noch Einsparungspotentiale in dieser Größenordnung finden lassen (in diesem Zusammenhang sei auch auf die Fußnoten 56 und 61 verwiesen).

6.2. Szenarioberechnungen mit dem Klärschlamm- und Kompostmodul in RAUMIS

Zunächst werden für alle Szenarien die Ergebnisse der folgenden Abfrage wiedergegeben:

1. Umfang der landwirtschaftlichen Klärschlammverwertung
2. Umfang der landwirtschaftlichen Bioabfallkompostverwertung

Die Darstellung der Ergebnisse erfolgt aggregiert auf Landesebene.

Anschließend werden einzelne sich daraus ergebende Fragen anhand von drei Szenarien vertiefend analysiert. In diesem Zusammenhang wird auch auf einzelne repräsentative Kreishöfe eingegangen, die charakteristische Merkmale wie beispielsweise einen überproportional hohen Dauergrünlandanteil aufweisen.

6.2.1. Umfang der Verwertung in den verschiedenen Szenarien

6.2.1.1. Szenarien ohne Berücksichtigung der verschiedenen Bodenversorgungsstufen

Tabelle 25 zeigt, daß in Abhängigkeit von der Frage, ob Pachtflächen und ggf. auch Intensivwiesen als Verwertungsfläche genutzt werden können, die in Nordrhein-Westfalen landwirtschaftlich verwertbare Klärschlamm- und Bioabfallkompostmengen zwischen 310.537 t TS Klärschlamm und 669.546 t FS Bioabfallkompost, bzw. 269.973 t TS Klärschlamm und 481.643 t FS Bioabfallkompost, schwankt. Dementsprechend wird der Klärschlamm pool, der der Landwirtschaft zugänglich ist zu 67 % bzw. 58 % ausgeschöpft. Der entsprechende Pool bei den Bioabfallkomposten wird zwischen 89 % bzw. 64 % ausgeschöpft.

Tabelle 25: Ausschöpfung des potentiell für die landwirtschaftliche Verwertung verfügbaren Klärschlamm- und Bioabfallkompostpools ohne Berücksichtigung der Bodenversorgungsstufen, kein interregionaler Klärschlammtransport

	Klärschlamm		Bioabfallkompost	
	absolut in t TS	i.v.H.	absolut in t FS	i.v.H.
mit Pacht, mit Intensivwiesen	310.537	67	669.546	89
ohne Pacht, ohne Intensivwiesen	269.973	58	481.643	64
mit Pacht, ohne Intensivwiesen	301.019	65	524.576	70
ohne Pacht, mit Intensivwiesen	282.789	61	619.300	83

Es zeigt sich zugleich, daß ohne eine Verwertungsmöglichkeit von Bioabfallkomposten auf Intensivwiesen sich der Anteil der landwirtschaftlich verwerteten Klärschlämme im Vergleich zur Variante "Mit Pacht, mit Intensivwiesen" annähernd hält (-2 Prozentpunkte), während die landwirtschaftliche Bioabfallkompostverwertung ein Minus von 19 Prozentpunkten aufweist.

Werden auch die Pachtflächen für eine Verwertung von Klärschlamm und Bioabfallkompost gesperrt (Variante "ohne Pacht, ohne Intensivwiese") dann sinkt die landwirtschaftliche Klärschlammverwertungsquote nochmals von 65 % auf 58 % ab. Hinsichtlich der Bioabfallkomposte sinkt die Verwertung von 70 % auf 64 %.

Bleiben Pachtflächen von der Verwertung ausgeklammert, während aber eine Bioabfallkompostverwertung auf betriebseigenen Intensivwiesen zugelassen ist, so stagniert die Klärschlammverwertung im Vergleich zur Szenariovariante "ohne Pacht, ohne Intensivwiesen" wohingegen die landwirtschaftliche Bioabfallkompostverwertung sich von einem Verwertungsanteil von zuvor 64 % auf 83 % hochschraubt.

Nimmt man die gleichen Szenariorahmenbedingungen an, wie zuvor, und läßt in allen Szenariovarianten einen interregionalen Klärschlammtransport zu, so wäre mit der landwirtschaftlichen Klärschlammverwertung ein Potential verwertbar, das über das in NRW für die Landwirtschaft verfügbare Quantum hinausginge, wie die nachfolgende Tabelle zeigt.

Tabelle 26: Ausschöpfung des potentiell für die landwirtschaftliche Verwertung verfügbaren Klärschlamm- und Bioabfallkompostpools ohne Berücksichtigung der Bodenversorgungsstufen bei interregionalem Klärschlammtransport

	Klärschlamm		Bioabfallkompost	
	absolut in t TS	i.v.H.	absolut in t FS	i.v.H.
mit Pacht, mit Intensivwiesen	663.126	143	628.417	84
ohne Pacht, ohne Intensivwiesen	525.185	113	320.464	43
mit Pacht, ohne Intensivwiesen	652.381	140	280.160	37
ohne Pacht, mit Intensivwiesen	544.885	117	594.048	79

Ein Abgleich mit Tabelle 25 zeigt, daß im Vergleich zum zuvor erläuterten Szenario annähernd die doppelte Klärschlammmenge in allen Szenariovarianten landwirtschaftlich verwertbar wäre. Dies ginge aber in den Szenariovarianten, die keine Intensivwiesen als Verwertungsfläche für Bioabfallkompost zulassen, wie beispielsweise "mit Pacht, ohne Intensivwiese", eindeutig zu Lasten der landwirtschaftlichen Bioabfallkompostverwertung. Zwar könnte die landwirtschaftlich verwertete Klärschlammmenge für dieses Beispiel von 301.019 t TS auf 652.381 t TS gesteigert werden (+117 %), jedoch fiel die landwirtschaftlich verwertete Bioabfallkompostmenge von 524.576 t FS auf 280.160 t FS (-47 %).

Aufgrund der unterschiedlichen Trockensubstanzgehalte und der unterschiedlichen Nährstoffgehalte ergäbe sich netto trotzdem eine deutliche zusätzliche Nährstoffzufuhr über die verwerteten Sekundärrohstoffdünger. Die Szenariovariante "ohne Pacht, ohne Intensivwiese" belegt diese Aussage nochmals anschaulich. Szenariovarianten mit der Komponente "mit Intensivwiese" weisen zwar auch Rückgänge bei der landwirtschaftlichen Bioabfallkompostverwertung auf, doch erreichen diese bei weitem nicht zweistellige Prozentzahlen.

6.2.1.2. Szenarien unter Berücksichtigung der verschiedenen Bodenversorgungsstufen

6.2.1.2.1. Treppenstufenmodell der NRW-Verwaltungsvorschrift zur AbfKlärV

Berücksichtigt man die aktuellen Bodenversorgungsstufen gemäß der NRW-Verwaltungsvorschrift zur AbfKlärV in einem Treppenstufenmodell, so wird ersichtlich, daß deutlich weniger Klärschlamm landwirtschaftlich verwertet werden kann als ohne Berücksichtigung der Bodenversorgungsstufen. Tabelle 27 zeigt die Situation mit Berücksichtigung der Bodenversorgungsstufen, Tabelle 25 bildet das dazugehörige Pendant ohne Berücksichtigung der Bodenversorgungsstufen.

Tabelle 27: Ausschöpfung des potentiell für die landwirtschaftliche Verwertung verfügbaren Klärschlamm- und Bioabfallkompostpools mit Berücksichtigung der Bodenversorgungsstufen, kein interregionaler Klärschlammtransport

	Klärschlamm		Bioabfallkompost	
	absolut in t TS	i.v.H.	absolut in t FS	i.v.H.
mit Pacht, mit Intensivwiesen	268.116	58	638.642	85
ohne Pacht, ohne Intensivwiesen	191.674	41	505.638	68
mit Pacht, ohne Intensivwiesen	260.641	56	505.612	68
ohne Pacht, mit Intensivwiesen	200.595	43	616.594	82

Für die Bioabfallkomposte haben sich im Hinblick auf die landesweit landwirtschaftlich verwertete Menge durch die veränderten Szenariorahmenbedingungen beinahe keine Auswirkungen ergeben. Die Abweichungen zur jeweiligen Szenariovariante in Tabelle 25 liegen zwischen rund 4 und Null Prozentpunkten ("mit Pacht, mit Intensivwiese" bzw. "ohne Pacht, mit Intensivwiese"), während beim Klärschlamm Abweichungen zwischen 9 und 18 Prozentpunkten ("mit Pacht, mit Intensivwiese" bzw. "ohne Pacht, mit Intensivwiese") beobachtet werden konnten.

Nimmt man die gleichen Szenariorahmenbedingungen an wie zuvor und läßt in allen Szenariovarianten einen interregionalen Klärschlammtransport zu, so kann das in der Landwirtschaft verwertbare Klärschlammpotential deutlich gesteigert werden, wie die nachfolgende Tabelle zeigt.

Tabelle 28: Ausschöpfung des potentiell für die landwirtschaftliche Verwertung verfügbaren Klärschlamm- und Bioabfallkompostpools mit Berücksichtigung der Bodenversorgungsstufen bei interregionalem Klärschlammtransport

	Klärschlamm		Bioabfallkompost	
	absolut in t TS	i.v.H.	absolut in t FS	i.v.H.
mit Pacht, mit Intensivwiesen	370.335	80	639.370	85
ohne Pacht, ohne Intensivwiesen	251.121	54	521.347	70
mit Pacht, ohne Intensivwiesen	349.064	75	454.664	61
ohne Pacht, mit Intensivwiesen	261.061	56	637.209	85

Der Vergleich von Tabelle 28 mit Tabelle 27 zeigt, daß die landwirtschaftliche Bioabfallkompostverwertung annähernd im gleichen Umfang praktiziert wird wie im Vergleichsszenario ohne interregionalem Transport (lediglich die Variante "mit Pacht, ohne Intensivwiese" weicht um 7 %-Punkte nach unten ab). Durch die Transportmöglichkeit läßt sich aber die landwirtschaftliche Klärschlammverwertung in den Szenariovarianten "mit Pacht" um fast die Hälfte steigern, während diese Steigerung bei den Szenariovarianten "ohne Pacht" jeweils nur bei rund einem Viertel liegt.

Ein Vergleich mit Tabelle 25 zeigt darüberhinaus, das durch die Transportoption für alle Szenariovarianten annähernd die gleichen Verwertungsquoten erreicht werden wie beim Szenario ohne interregionalen Transport und ohne Berücksichtigung der verschiedenen Bodenversorgungsstufen. Für die Szenariovarianten "mit Pacht" sind hinsichtlich des Klärschlammes sogar noch höhere Werte erkennbar.

Geht man davon aus, daß kein interregionaler Transport stattfindet, die Kläranlagen aber entsprechend den in Kapitel 5.2.2 dargelegten Ausführungen einen phosphatreduzierten Klärschlamm anbieten, so verbessern sich die Verwertungsergebnisse im Vergleich zum Szenario der Tabelle 27 leicht, wie die nachfolgende Tabelle zeigt.

Tabelle 29: Ausschöpfung des potentiell für die landwirtschaftliche Verwertung verfügbaren Klärschlamm- und Bioabfallkompostpools mit Berücksichtigung der Bodenversorgungsstufen und unter Bereitstellung von phosphatreduziertem Klärschlamm, kein interregionaler Klärschlammtransport

	Klärschlamm		Bioabfallkompost	
	absolut in t TS	i.v.H.	absolut in t FS	i.v.H.
mit Pacht, mit Intensivwiesen	269.336	58	570.894	76
ohne Pacht, ohne Intensivwiesen	209.532	45	503.664	67
mit Pacht, ohne Intensivwiesen	275.625	59	526.230	70
ohne Pacht, mit Intensivwiesen	224.964	48	623.564	83

Allerdings bewirken die phosphatreduzierten Klärschlämme lediglich eine Zunahme der landwirtschaftlichen Klärschlammverwertung von rund 5 %-Punkte, während bei den Bioabfallkomposten die Situation annähernd unverändert bleibt.

Läßt man allerdings unter den zuvor geschilderten Annahmen auch noch einen interregionalen Transport zu, dann explodiert die verwertbare Klärschlammmenge unter der Szenarioannahme "mit Pacht". Die in der Landwirtschaft verwertbaren Klärschlammengen verdoppeln sich annähernd, und selbst unter der Szenarioannahme "ohne Pacht" läßt sich die Verwertungsquote noch um die Hälfte steigern (vgl. Tabelle 30). Dieses Ausmaß übersteigt damit eindeutig das im Vergleich der Tabelle 27 und Tabelle 28 beobachteten Ausmaße bei zusätzlicher Berücksichtigung des interregionalen Transports.

Folglich kann eine Bereitstellung von phosphatreduziertem Klärschlamm nur dann zu einer nennenswerten Steigerung der landwirtschaftlichen

Klärschlammverwertung führen, wenn gleichzeitig ein interregionaler Klärschlammtransport praktiziert wird.

Tabelle 30: Ausschöpfung des potentiell für die landwirtschaftliche Verwertung verfügbaren Klärschlamm- und Bioabfallkompostpools mit Berücksichtigung der Bodenversorgungsstufen und unter Bereitstellung von phosphatreduziertem Klärschlamm bei interregionalem Klärschlammtransport

	Klärschlamm		Bioabfallkompost	
	absolut in t TS	i.v.H.	absolut in t FS	i.v.H.
mit Pacht, mit Intensivwiesen	528.188	114	696.275	93
ohne Pacht, ohne Intensivwiesen	328.495	71	427.604	57
mit Pacht, ohne Intensivwiesen	541.813	117	385.281	51
ohne Pacht, mit Intensivwiesen	354.877	76	596.905	80

Während bei der Szenariovariante "mit Pacht, mit Intensivwiese" sich auch noch deutlich erhöhte Verwertungsquoten bei der landwirtschaftlichen Bioabfallkompostverwertung ergeben (von 76 % auf 93 %) ist für die Szenariovariante "mit Pacht, ohne Intensivwiese" genau der entgegengesetzte Trend erkennbar (von 70 % auf 51 %). Während für die Szenariovariante "ohne Pacht, mit Intensivwiese" die landwirtschaftliche Bioabfallkompostverwertung nur leicht rückläufig ist (von 83 % auf 80 %), fällt diese Wirkung um so stärker aus, wenn zusätzlich auch noch die betriebseigenen Intensivwiesen von der Bioabfallkompostdüngung ausgeschlossen sind (von 67 % auf 57 %).

Darüberhinaus werden auch hier die der Landwirtschaft zur Verfügung stehenden Klärschlammengen rechnerisch für die beiden Szenariovarianten "mit Pacht" überschritten. Allerdings sind die Überschreitung geringfügiger als im Vergleichsszenario der Tabelle 26. Auch sackt die Verwertung der Bioabfallkomposte nicht im gleichen Maße für den Fall ab, daß auf Intensivwiesen keine Bioabfallkomposte ausgebracht werden dürfen.

6.2.1.2.2. "Novelliertes" Treppenstufenmodell

Berücksichtigt man die aktuellen Bodenversorgungsstufen gemäß der NRW-Verwaltungsvorschrift zur AbfKlärV und wendet ferner die auf Seite 97 in Punkt 2 beschriebenen Rahmenbedingungen an, so ergibt sich im Ergebnis hinsichtlich der landwirtschaftlich verwerteten Klärschlammmenge für die Szenariovarianten "mit Pacht" eine Position zwischen den Ergebnissen der Tabelle 25 und Tabelle 27, während die landwirtschaftliche Bioabfallkompostverwertung, analog zur schon oben besprochenen Entwicklung, annähernd stagniert.

Tabelle 31: Ausschöpfung des potentiell für die landwirtschaftliche Verwertung verfügbaren Klärschlamm- und Bioabfallkompostpools mit Berücksichtigung der Bodenversorgungsstufen gemäß dem "novellierten" Treppenstufenmodell, kein interregionaler Klärschlammtransport

	Klärschlamm		Bioabfallkompost	
	absolut in t TS	i.v.H.	absolut in t FS	i.v.H.
mit Pacht, mit Intensivwiesen	290.896	63	635.312	85
ohne Pacht, ohne Intensivwiesen	238.814	51	449.874	60
mit Pacht, ohne Intensivwiesen	288.286	62	488.883	65
ohne Pacht, mit Intensivwiesen	249.380	54	599.372	80

Der Vergleich der Tabelle 31 mit den Szenarien der Tabelle 25 und Tabelle 27 zeigt ferner, daß die Szenariovarianten "ohne Pacht" die landwirtschaftliche Klärschlammverwertung keine Mittelstellung zwischen den Szenarien ohne bzw. mit Berücksichtigung der Bodenversorgungsstufen einnimmt. Es wird vielmehr eine Situation erreicht, die im Ergebnis an die Berechnungen "ohne Berücksichtigung der Bodenversorgungsstufen" (vgl. Tabelle 25) heranreicht. So beträgt die Differenz bei der landwirtschaftlichen Klärschlammverwertungsquote für die Szenariovariante "ohne Pacht, ohne Intensivwiesen" im Falle einer Berücksichtigung der Bodenversorgungsstufen 10 Prozentpunkte, während lediglich 7 Prozentpunkte fehlen, um das selbe Niveau zu erreichen, wie im Szenario ohne Berücksichtigung der Bodenversorgungsstufen.

Zieht man auch hier die Transport-Option in die Betrachtungen mit ein, so ergibt sich eine Verwertungssituation, wie sie Tabelle 32 wiedergibt.

Tabelle 32: Ausschöpfung des potentiell für die landwirtschaftliche Verwertung verfügbaren Klärschlamm- und Bioabfallkompostpools mit Berücksichtigung der Bodenversorgungsstufen gemäß dem "novellierten" Treppenstufenmodell und einem interregionalem Klärschlammtransport

	Klärschlamm		Bioabfallkompost	
	absolut in t TS	i.v.H.	absolut in t FS	i.v.H.
mit Pacht, mit Intensivwiesen	582.713	126	556.535	74
ohne Pacht, ohne Intensivwiesen	376.239	81	327.233	44
mit Pacht, ohne Intensivwiesen	578.368	125	274.717	37
ohne Pacht, mit Intensivwiesen	408.340	88	550.537	74

Der Vergleich dieser Ergebnisse mit den Ergebnissen der Tabelle 26 und Tabelle 28 zeigt, daß sich die schon anhand der Ergebnisse in Tabelle 31 diskutierten Zusammenhänge im gleichen Maße wiederholen.

Nimmt man für diese Szenariorahmenkonstellation, zunächst ohne Berücksichtigung des interregionalen Klärschlammtransports, die phosphat-reduzierten Klärschlämme mit in die Betrachtung auf, so zeigt sich im Vergleich der Ergebnisse der Tabelle 33 mit der Tabelle 33, daß sich keine wesentlich erhöhte Verwertungsquote bei der landwirtschaftlichen Klärschlammverwertung ergibt. Auch Rückkopplungseffekte auf die landwirtschaftliche Bioabfallkompostverwertung lassen sich nicht beobachten.

Tabelle 33: Ausschöpfung des potentiell für die landwirtschaftliche Verwertung verfügbaren Klärschlamm- und Bioabfallkompostpools mit Berücksichtigung der Bodenversorgungsstufen gemäß dem "novellierten" Treppenstufenmodell, kein interregionaler Klärschlammtransport und unter Bereitstellung von phosphatreduziertem Klärschlamm

	Klärschlamm		Bioabfallkompost	
	absolut in t TS	i.v.H.	absolut in t FS	i.v.H.
mit Pacht, mit Intensivwiesen	293.475	63	635.312	85
ohne Pacht, ohne Intensivwiesen	238.712	51	450.943	60
mit Pacht, ohne Intensivwiesen	288.286	62	488.883	65
ohne Pacht, mit Intensivwiesen	249.004	54	603.147	81

Die phosphatreduzierten Klärschlämme können auch unter ergänzender Berücksichtigung eines interregionalen Klärschlammtransports weder zu einer erhöhten landwirtschaftlichen Klärschlammverwertungsquote noch indirekt zu einer erhöhten Verwertungsquote bei der landwirtschaftlichen Bioabfallkompostverwertung beitragen, wie der Vergleich der Tabelle 34 mit Tabelle 32 zeigt.

Tabelle 34: Ausschöpfung des potentiell für die landwirtschaftliche Verwertung verfügbaren Klärschlamm- und Bioabfallkompostpools mit Berücksichtigung der Bodenversorgungsstufen entsprechend den eigenen Szenariorahmenbedingungen und unter Bereitstellung von phosphatreduziertem Klärschlamm bei Berücksichtigung eines interregionalen Transports

	Klärschlamm		Bioabfallkompost	
	absolut in t TS	i.v.H.	absolut in t FS	i.v.H.
mit Pacht, mit Intensivwiesen	568.031	122	528.275	71
ohne Pacht, ohne Intensivwiesen	380.089	82	360.332	48
mit Pacht, ohne Intensivwiesen	569.887	123	292.977	39
ohne Pacht, mit Intensivwiesen	389.586	84	510.107	68

Erhöhte Verwertungsquoten waren bei interregionalem Klärschlammtransport unter der Szenariorahmenbedingung eines Treppenstufenmodells gemäß der NRW-Verwaltungsvorschrift zur AbfKlärV allerdings zu beobachten gewesen.

6.2.2. Detailergebnisse zu ausgesuchten Szenarien

Die Detailergebnisse werden anhand von drei Szenarien mitsamt den dazugehörigen Szenariovarianten dargestellt.

Da in RAUMIS die Gewinnmaximierung das oberste Gebot wirtschaftlichen Handels darstellt, waren Aussagen zu den Szenarien mit interregionalem Transport von Klärschlamm aus den schon in Kapitel 5.2.3 ausgeführten Gründen mit einem gewissen Unsicherheitsfaktor belastet, so daß sie für Detailaussagen nicht herangezogen wurden.

Auch hatten die Ergebnisse der Standardabfrage schon gezeigt, daß sich insbesondere unter Ausschluß des interregionalen Klärschlammtransports keine wesentlich verbesserte Verwertungsquote beim phosphatreduziertem Klärschlamm erzielen läßt. Infolgedessen wurden auch diese Szenarien keiner eingehenderen Betrachtung unterzogen, da sich kein zusätzlicher Informationsgewinn im Vergleich zu den Szenarien ohne phosphatreduziertem Klärschlamm erwarten ließ.

Die verbliebenen drei Szenarien unterscheiden sich in den Szenariorahmenbedingungen also lediglich in der Beachtung der Bodenversorgungsstufen. Entweder werden diese gar nicht berücksichtigt (bzw. es wird von der Annahme ausgegangen, daß alle Flächen der Versorgungsstufe C angehören), oder aber sie werden entsprechend der zwei Varianten des Treppenstufenmodells berücksichtigt.

6.2.2.1. Bedeutung der Naßschlammverwertung

Im Rahmen der drei näher untersuchten Szenarien schwankt die Verwertungsquote von Naßschlämmen in der Landwirtschaft zwischen 91 % ("mit Pacht, mit Intensivwiese, ohne Berücksichtigung der Bodenversorgungsstufen") und 85 % ("ohne Pacht, ohne Intensivwiesen, Berücksichtigung der Bodenversorgungsstufen gemäß dem Treppenstufenmodell der NRW-Verwaltungsvorschrift zur AbfKlärV").

Allerdings zeigt sich, daß in denjenigen Kreishöfen, in denen eine landwirtschaftliche Klärschlammverwertung stattfindet, der vorhandene Naßschlamm pool stets vollständig ausgeschöpft wird.

6.2.2.2. Bedeutung der Intensivwiesen

Der Anteil der über Intensivwiesen verwerteten Bioabfallkomposte korreliert mit dem Umfang der Einschränkungen, die sich aus der Beachtung der Bodenversorgungsstufen ergeben.

Während ohne eine Berücksichtigung der Bodenversorgungsstufen im Landesdurchschnitt 92 % (mit Pacht) bzw. 87 % (ohne Pacht) der verwerteten Bioabfallkomposte Intensivwiesen zugeführt würden, sind dies im Falle einer Berücksichtigung der Bodenversorgungsstufen entsprechend dem Treppenstufenmodell der NRW-Verwaltungsvorschrift zur AbfKlärV lediglich 56 % ("mit Pacht") bzw. 50 % ("ohne Pacht").

Bei einer Berücksichtigung der Bodenversorgungsstufen entsprechend den in Kapitel 5.2.3 ausgeführten Überlegungen würden 70 % der verwerteten Bioabfallkomposte als Sekundärrohstoffdünger auf Intensivwiesen ("mit Pacht") bzw. 64 % ("ohne Pacht") ausgebracht.

Diese Beobachtung deckt sich mit den Ausführungen zu Abbildung 10, wonach die Bioabfallkomposte insbesondere auf stark mit P_2O_5 angereicherten Ackerflächen zum Einsatz kommen, weil die Klärschlämme dort aufgrund der im Vergleich zum Bioabfallkompost exponentiell ansteigenden Ausbringungskosten weniger konkurrenzstark sind. Werden die Boden-

versorgungsstufen aber nicht weiter berücksichtigt, so drängen die Klärschlämme wieder stärker in den Vordergrund. Die Bioabfallkomposte kommen dann hauptsächlich in ihre Nische, den intensiv bewirtschafteten Wiesen, zum Einsatz, weil ihnen dort der Klärschlamm aufgrund der Restriktionen der AbfKlärV keine Konkurrenz machen kann.

6.2.2.3. Bedeutung der Bioabfallkompostierung durch Landwirte

In den Kreishöfen, in denen eine Kompostierung von Bioabfällen durch Landwirte aufgrund noch fehlender Kompostierungsanlagen installiert werden könnte, wird von dieser Möglichkeit seitens der Landwirtschaft weitestgehend Gebrauch gemacht. Dementsprechend schwankt der prozentuale Ausnutzungsgrad dieser Option zwischen 99 % und 85 %. Die niedrigeren Prozentwerte werden erreicht, wenn keine Verwertung von Bioabfallkomposten auf Intensivwiesen zugelassen wird.

6.2.2.4. Verteilung der Klärschlämme und Bioabfallkomposte auf Flächen mit unterschiedlichen Phosphatgehalten

Für das Szenario mit Berücksichtigung der Bodenversorgungsstufen entsprechend dem Treppenstufenmodell der NRW-Verwaltungsvorschrift zur AbfKlärV zeigt sich, daß über den hohen Ackerflächenanteile in der Versorgungsstufe D für P_2O_5 nur ein geringer Klärschlammanteil verwertet wird. Für die Bioabfallkomposte gilt dies, wie Tabelle 35 zeigt, hingegen nicht.

Tabelle 35: Verteilung der verwerteten Klärschlamm- und Bioabfallkomposttonnage auf die Ausbringungsflächen unterschiedlicher P_2O_5 -Bodenversorgungsstufen, Treppenstufenmodell gemäß der NRW-Verwaltungsvorschrift zur AbfKlärV

	P_2O_5 - Versorgung	Klärschlamm		Bioabfallkompost	
		absolut in t TS	i.v.H.	Absolut in t FS	i.v.H.
mit Pacht, mit Intensivwiesen	C	240.115	90	358.477	56
	D	28.001	10	280.165	44
ohne Pacht, ohne Intensivwiesen	C	161.659	84	105.371	21
	D	30.014	16	400.268	79
mit Pacht, ohne Intensivwiesen	C	234.411	90	146.865	29
	D	26.230	10	358.747	71
ohne Pacht, mit Intensivwiesen	C	165.454	82	296.852	48
	D	35.141	18	319.742	52

Bei den landwirtschaftlich verwerteten Klärschlämmen schwankt der über die Flächen der Phosphatversorgungsstufe C verwertete Anteil zwischen 82 % und 90 %. Er liegt im oberen Bereich, wenn Pachtflächen als Verwertungsflächen verfügbar sind. Es zeigt sich somit, daß die Flächen der Bodenversorgungsstufe D für P_2O_5 für die landwirtschaftliche Klärschlammverwertung von nachgeordneter Bedeutung sind. Allerdings

werden gerade in dieser "Nische" fast ausschließlich die Naßschlämme verwertet. Ansonsten ließ sich eine Verwertung von Klärschlämmen aufgrund der technischen Restriktion (vgl. Kapitel 4.4.1.6) unter diesen Szenariorahmenbedingungen auch gar nicht erklären.

Anders stellt sich die Situation bei den Bioabfallkomposten dar, denn hier zeigt sich, daß im Rahmen dieser Szenariorahmenbedingungen oftmals mehr als die Hälfte der Bioabfallkomposte über Flächen der Bodenversorgungsstufe D für P_2O_5 verwertet werden. Wenn keine Intensivwiesen für eine Bioabfallkompostverwertung verfügbar sind, schnellert der Anteil der auf Ackerflächen der Bodenversorgungsstufe D für P_2O_5 verwerteten Bioabfallkomposte auf über 70 % hoch. Sind Intensivwiesen hingegen verfügbar, liegt deren Anteil lediglich zwischen 44 % und 52 %.

Unter den Szenariorahmenbedingungen wie sie in Kapitel 5.2.3 beschrieben wurden, stellt sich die Situation wie folgt dar:

Tabelle 36: Verteilung der verwerteten Klärschlamm- und Bioabfallkomposttonnage auf die Ausbringungsflächen unterschiedlicher P_2O_5 -Bodenversorgungsstufen, Treppenstufenmodell gemäß dem "novellierten" Treppenstufenmodell

	P_2O_5 - Versorgung	Klärschlamm		Bioabfallkompost	
		absolut in t TS	i.v.H.	absolut in t FS	i.v.H.
mit Pacht, mit Intensivwiesen	C	125.349	43	341.230	54
	D	162.430	56	219.184	35
	E	3.117	1	74.898	12
ohne Pacht, ohne Intensivwiesen	C	94.939	40	106.739	24
	D	132.450	55	266.380	59
	E	11.425	5	76.755	17
mit Pacht, ohne Intensivwiesen	C	126.435	44	132.480	27
	D	158.706	55	256.249	52
	E	3.145	1	100.153	20
ohne Pacht, mit Intensivwiesen	C	97.961	39	299.835	50
	D	139.182	56	220.483	37
	E	12.237	5	79.055	13

Der Anteil der landwirtschaftlich verwerteten Klärschlämme, der den Flächen der Bodenversorgungsstufe D für P_2O_5 zugeführt wird, liegt für alle Szenariovarianten bei annähernd 55 %, während dieser Anteil für die Bodenversorgungsstufe C zwischen 39 % und 44 % liegt. Der Verwertungsanteil auf Flächen in der Bodenversorgungsstufe E für P_2O_5 liegt für die Szenariovarianten "mit Pacht" bei knapp über einem Prozentpunkt und erreicht für die Szenariovarianten "ohne Pacht" lediglich einen Anteil von knapp 5 % am verwerteten Klärschlamm. Obwohl die prozentuale Verteilung der Klärschlammverwertung auf die einzelnen Ackerflächen bei Klärschlamm in Abhängigkeit von der P_2O_5 -Versorgungsstufe stets gleich ist, kann an den absoluten Werten doch abgelesen werden, daß sich, ent-

sprechend der Verwertungsmöglichkeit auf Pachtflächen, sehr unterschiedliche Verwertungsmengen dahinter verbergen.

Stehen Intensivwiesen zur Verwertung von Bioabfallkomposten zur Verfügung, können rund 50 % der verwerteten Bioabfallkomposte über Flächen der Bodenversorgungsstufe C für P_2O_5 einer landwirtschaftlichen Verwertung zugeführt werden. Ist eine Verwertung über Intensivwiesen nicht möglich, sinkt dieser Anteil auf 27 % bzw. 24 %. Parallel dazu schnell der Bioabfallkompostanteil in der Bodenversorgungsstufe D von rund 35 % auf 52 % bzw. gar 59 % hoch. Es zeigt sich auch, daß es genau diese Szenariovarianten sind, die einen besonders hohen Anteil (17 % bzw. 20 %) der verwerteten Bioabfallkomposte auf Flächen der Versorgungsstufe E aufweisen, während dieser Anteil bei den Teilszenarien "mit Intensivwiesen" bei 13 % bzw. 12 % liegt.

6.2.2.5. Die Bedeutung der Pachtflächen

Werden die Bodenversorgungsstufen nicht berücksichtigt, so werden lediglich 8 % der landwirtschaftlich verwerteten Klärschlämme auf Pachtflächen ausgebracht. Aus Tabelle 37 geht hervor, daß gleichzeitig der Prozentsatz für die Bioabfallkompost bei 15 % liegt. Dabei handelt es sich zu über 90 % um gepachtete Intensivwiesen.

Dieser geringe Pachtflächenanteil bei der Klärschlammverwertung resultiert aus der Tatsache, daß eigentlich nur die Kreishöfe VIQ, NE und MEQ im nennenswerten Umfang Klärschlamm auf Pachtflächen verwerten. Diese Kreishöfe sind gekennzeichnet durch

- einen hohen eigenen regionalen Klärschlammanfall
- eine hohe externe Klärschlammzufuhr, bedingt durch die kleinräumliche 30-km-Verteilung der benachbarten Großkläranlagen.
- eine geringe Viehbesatzdichte

Die Landwirte dieser Kreishöfe können mit ihren Wirtschaftsdüngern nicht einmal die gepachteten Ackerflächen, die einen Anteil von 50 % an der Gesamtfläche ausmachen, mit Nährstoffen versorgen. In den anderen Kreishöfen werden hingegen diese 50 % der Ackerflächen mit Wirtschaftsdünger belegt, so daß überhaupt kein Klärschlamm auf Pachtflächen gelangen kann.

Die Bioabfallkomposte werden größtenteils über betriebseigene Intensivwiesen verwertet, weil sie dort in keiner direkten Konkurrenz zur Klärschlammverwertung auf den betriebseigenen Flächen stehen. Sofern zur Verwertung der Bioabfallkomposte Pachtflächen herangezogen werden, sind dies fast ausschließlich Intensivwiesen. Dies erklärt sich über den im Vergleich zum Ackerland geringeren zusätzlichen Pachtzins (vgl. Tabelle 17).

Tabelle 37: Klärschlamm- und Bioabfallkompostverwertung auf Pachtflächen unter Mitberücksichtigung der Bioabfallkompostverwertung auf Intensivwiesen

Szenarien "mit Pacht, mit Intensivwiesen"	Klärschlamm auf Pachtflächen		Bioabfallkompost auf Pachtflächen		Bioabfallkompost auf Intensivwiesen	
	absolut in t TS	i.v.H.	absolut in t FS	i.v.H.	absolut in t FS	i.v.H.
ohne Berücksichtigung von Bodennährstoffversorgungsstufen	24.163	8	105.112	16	614.597	92
mit Berücksichtigung von Bodennährstoffversorgungsstufen ¹⁴⁵	148.554	51	46.774	7	408.726	64

Werden die Bodenversorgungsstufen entsprechend den Rahmenbedingungen aus Kapitel 5.2.3 mit in die Betrachtungen eingezogen, so sinkt der Anteil der Bioabfallkomposte, die über Intensivwiesen verwertet werden, weil die Bioabfallkomposte verstärkt auf Ackerflächen der Bodenversorgungsstufe D bzw. E für P_2O_5 eingesetzt werden. Dies war auch schon aus Tabelle 36 ersichtlich. Dabei handelt es sich aber nicht um Pachtflächen, da der Anteil der Klärschlämme, die über Pachtflächen verwertet werden im Vergleich zum Szenario "ohne Berücksichtigung der Bodenversorgungsstufen" deutlich sinkt.

Die Klärschlämme werden bevorzugt auf Flächen der Bodenversorgungsstufe C und D hinsichtlich P_2O_5 eingesetzt. Dafür werden auch erhöhte Pachtzinsen in Kauf genommen. Infolgedessen erhöht sich der Anteil der Klärschlämme, die über Pachtflächen einer Verwertung zugeführt werden, auf annähernd 50 %.¹⁴⁶ Wirtschaftsdünger werden demnach auf gepachteten Ackerflächen der Bodenversorgungsstufe D und E, auf den von der Bioabfallkompostverwertung nicht betroffenen Dauergrünlandflächen und auf landwirtschaftlichen Flächen in Wasser- und Naturschutzgebieten verwertet.

¹⁴⁵ Entsprechend den Ausführungen in Kapitel 5.2.3.

¹⁴⁶ Die Abweichung in Tabelle 37 von 1,07 Prozentpunkten vom Wert von 50 % ist aus sachlogischen Gründen nicht möglich. Dieser Fehler erklärt sich durch Rundungsfehler bei den Berechnungen mit RAUMIS.

7. Diskussion

Die Ergebnisse zeigten für NRW, daß in Abhängigkeit von der Voreinstellung der exogenen Rahmenbedingungen, eine vollständige Verwertung des der Landwirtschaft zugänglichen Klärschlamm- und Bioabfallkompostpools möglich wäre.

Diese Ergebnisse würden durch die Berücksichtigung der anderen Bundesländer keineswegs in ihrer Aussagefähigkeit verfälscht werden. Vielmehr soll im folgenden dargelegt werden, daß in den anderen Flächenländern die landwirtschaftliche Sekundärrohstoffdüngerverwertung einen noch höheren Stellenwert in den regionalen und landesweiten Verwertungskonzepten einnehmen könnte.

Im weiteren Verlauf wird kurz auf die Schadstoffsituation im Zusammenhang mit der landwirtschaftlichen Verwertung von Sekundärrohstoffen eingegangen. Dies erscheint notwendig, weil von verschiedenen Seiten immer wieder der Einwand vorgetragen wird, daß insbesondere die landwirtschaftliche Klärschlammverwertung mit neuen toxikologischen Erkenntnissen kurzfristig wegbrechen könnte. In diesem Zusammenhang wird auch der Frage nachgegangen, ob und ggf. wieviel Verbrennungskapazität zukünftig noch zur Entsorgung der Klärschlämme benötigt wird.

Nach einer Betrachtung der weiteren Rechtsentwicklung werden einzelne Eckdaten der RAUMIS-Szenarien vertiefend diskutiert, um dann abschließend einen szenarischen Ausblick über die möglichen Schlußfolgerungen und die daraus resultierenden Entwicklungen zu geben.

7.1. Nordrhein-Westfalen als worst-case-Szenario

Die nachfolgende Tabelle zeigt, daß das Verhältnis von Einwohnerzahl zur LF in keinem Flächenbundesland - außer dem Saarland - in einem für die Klärschlamm- und Bioabfallkompostverwertung ungünstigeren Verhältnis zueinander steht als in NRW. Gleichzeitig existiert aber in keinem Bundesland ein höherer Viehbesatz pro Flächeneinheit als in NRW. Dies zusammengenommen sind denkbar schlechte Voraussetzungen für eine weitestgehend regionale oder zumindest auf das Bundesland begrenzte Sekundärrohstoffdüngerverwertung.

Tabelle 38: Vieh- und Einwohnerdichte im Verhältnis zur LF

	Einwohner in Mio	LF in 1000 ha	Viehdungein- heiten pro ha LF*	Einwohner pro ha LF
Schleswig-Holstein**	3,55	1065,9	1,21	3,33
Niedersachsen**	9,86	2723,7	1,26	3,62
Nordrhein-Westfalen	17,68	1575,8	1,39	11,22
Rheinland-Pfalz	3,88	723,9	0,64	5,36
Saarland	1,08	74,3	0,76	14,53
Hessen	5,92	782,9	0,81	7,56
Baden-Württemberg	10,17	1484,7	0,99	6,85
Bayern	11,77	3388,2	1,14	3,47
Thüringen	2,54	787,2	0,67	3,22
Sachsen	4,64	854,3	0,80	5,43
Brandenburg**	6,02	1298,5	0,56	4,64
Sachsen-Anhalt	2,79	1064,9	0,49	2,62
Mecklenburg-Vorpommern	1,86	1312,0	0,50	1,42
Bundesgebiet	81,76	***17162,0	0,96	4,76

Quelle: eigene Berechnungen, Ursprungsdaten aus AID (1997, S. 14 - 16).

- Berechnet auf der Grundlage der NRW-Verwaltungsvorschrift zur AbfKlärV

** Berlin (3,48 Mio. Einwohner) ist Brandenburg zugerechnet, während Bremen (0,68 Mio. Einwohner) Niedersachsen zugeordnet wurde und Hamburg (1,70 Mio. Einwohner) jeweils zur Hälfte auf Niedersachsen und Schleswig-Holstein aufgeteilt wurde. Die Einwohnerzahlen der Stadtstaaten stammen vom STATISTISCHEN BUNDESAMT (1997, S. 24) und wurden entsprechend addiert.

***Die Zahl entspricht nicht der Summe der Zahlen dieser Spalte, da die ha-Angaben der einzelnen Stadtstaaten nicht separat verfügbar waren. Sie lassen sich in der Summe nur aus der Differenz zum Bundeswert errechnen. Insofern müßten die Einwohner-pro-ha-Zahlen noch leicht nach unten korrigiert werden, sofern diese Flächenstaaten Stadtstaaten beinhalten.

Wenn, wie die Ergebnisse mit RAUMIS zeigten, NRW zumindest in der Lage ist, den Großteil seiner Klärschlämme einer landwirtschaftlichen Verwertung im eigenen Land zuzuführen, dann sollte es auch möglich sein die ggf. verbleibende Restmenge in den anderen Bundesländern landwirtschaftlich zu verwerten, ohne das dadurch die regionale Verwertung der dort anfallenden Klärschlämme gefährdet wird.¹⁴⁷ Klärschlamm kann also ein knappes Gut für die Landwirtschaft sein, wenn die regionalen Ungleichgewichte bei Angebot und Nachfrage beseitigt werden.

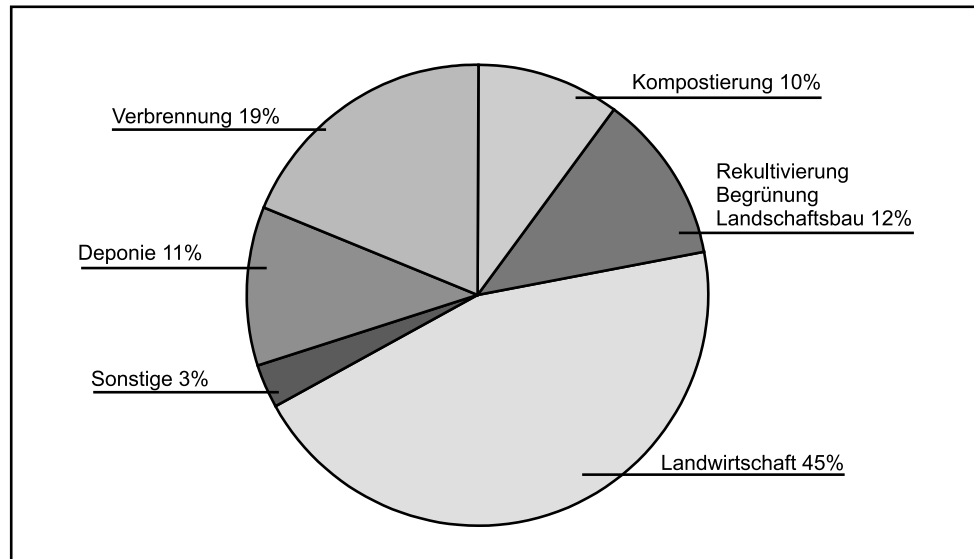
Derzeit versuchen die Abwasserverbände aber nicht, das Problem durch angepaßte logistische Konzepte zu bewältigen; vielmehr wird auf die Errichtung von thermischen Behandlungsanlagen gesetzt, wie die Beispiele der Stadt Bonn, des Niersverbandes etc. zeigen. Letzterer verbrennt neuerdings einen Großteil seiner Klärschlämme. Noch 1996 hatte dieser Verband den überwiegenden Teil seiner Klärschlämme in der Landwirt-

¹⁴⁷ Dies kann schon deshalb nicht passieren, da die Einarbeitungsprämien in den anderen Bundesländern deutlich über denen in NRW liegen würden, sofern dort keine Knappheitspreise herausbilden. Das hängt damit zusammen, daß - mit Ausnahme der Lausitz - nicht die Möglichkeit der preiswerten Coverbrennung in Braunkohlekraftwerken existiert und der Einsatz in Zementwerken quantitativ stärker begrenzt ist als in den Braunkohlekraftwerken.

schaft verwertet, wobei nur ca. 26 % überregional abgesetzt werden mußten (MELSA, 1998, S. 126).

Die derzeit aktuellsten Ergebnisse zu den tatsächlichen Verwertungs- und Entsorgungswegen bei Klärschlämmen im Bundesgebiet hat die ATV (1998) aufgrund einer repräsentativen Umfrage ermittelt. Abbildung 14 gibt die Ergebnisse wieder.

Abbildung 14: Anteil der einzelnen Wege bei der Klärschlammabgabe der Kläranlagen



Quelle: ATV (1998; S. 1)

Die ATV (1998, S. 2) kommentiert die Ergebnisse wie folgt:

„Bemerkenswert ist der hohe Anteil, der in der Landwirtschaft verwertet worden ist. Dieser Trend wird sich in der Zukunft nicht fortsetzen. Wie schon jetzt die Aussagen einiger nordrhein-westfälischer Abwasserverbände zeigen, werden größere Klärschlammengen verstärkt in thermischen Anlagen entsorgt. Als auffällig wurde registriert, daß der bislang wichtigste Entsorgungsweg - die Deponierung - von etwa 50 % (1991) auf nur noch 11 % zurückging.“

Somit hat sich die Situation im Vergleich zur Situation im Jahre 1993, wie sie durch die BUNDESREGIERUNG (1993, S. 3) wiedergegeben wurde (vgl. auch Kapitel 2.1.1.3), deutlich verändert. Offensichtlich sind die Klärschlammanteile, die in der Vergangenheit der Deponie zugeführt wurden, inzwischen verstärkt in die stoffliche Verwertung gegangen.

7.2. Einträge von Schadstoffen in die Nahrung bei der Verwertung von Klärschlämmen und Bioabfallkomposten in der Landwirtschaft

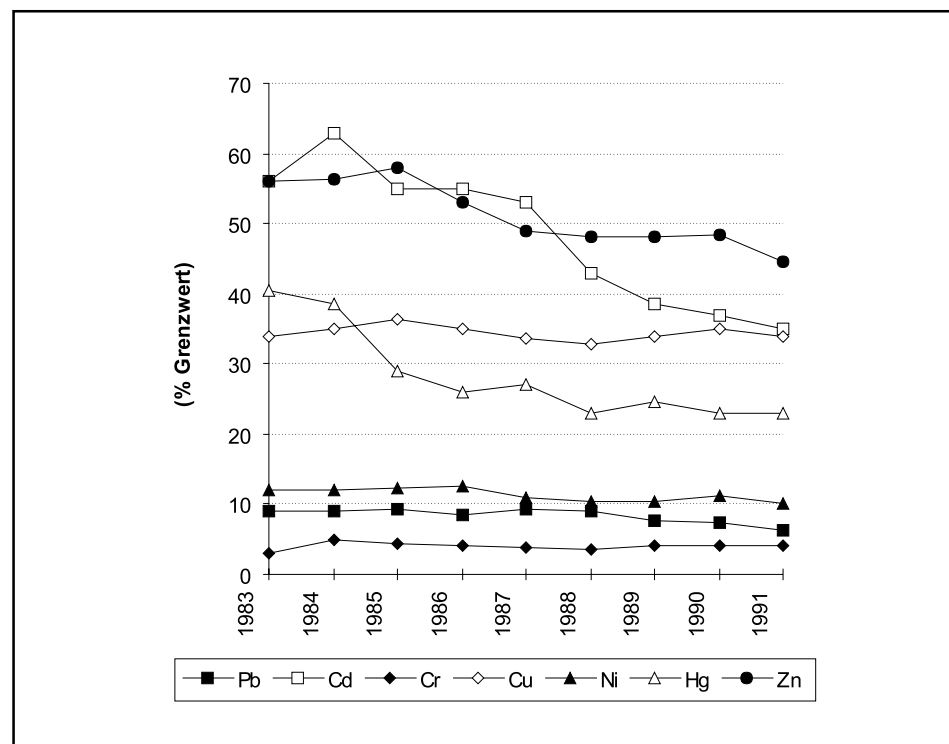
Immer wieder taucht die Frage auf, ob zukünftig noch andere Schadstoffe als die derzeit in der AbfKlärV reglementierten - insbesondere beim Klärschlamm - gefunden werden könnten, die dann vielleicht abrupt ein Ende der Verwertung in der Landwirtschaft bewirken könnten.

Dieser theoretische Einwand sollte nicht vorschnell übergangen werden. Es kann aber entgegnet werden, daß es derzeit kein Düngemittel gibt, das intensiver untersucht worden ist als Klärschlamm.

Die Zahl der Schwermetalle ist vergleichsweise übersichtlich. Mit überraschend neuen Erkenntnissen ist in diesem Bereich schon deshalb weder beim Klärschlamm noch beim Bioabfallkompost zu rechnen. Dies gilt sowohl vom human- als auch vom ökotoxikologischen Standpunkt.

Darüberhinaus ist festzuhalten, daß infolge der Indirekteinleitungsverordnung die Belastung der Klärschlämme mit Schwermetallen kontinuierlich zurückgefahren werden konnte (BMU, 1997, S. 18). Dies belegen auch die nachfolgend wiedergegebenen Zeitreihen der LUFA Hameln für Klärschlämme aus Niedersachsen (MERKEL UND MATTER, 1993, S. 1942). Sie zeigen, daß die Grenzwerte der AbfKlärV in immer kleineren Maße ausgeschöpft werden.

Abbildung 15: Entwicklung der Schwermetallgehalte in Klärschlämmen aus Niedersachsen



Quelle: MERKEL UND MATTER (1993, S. 1948)

Auch wenn dieser Trend sich nicht mit der gleichen Geschwindigkeit fortsetzen wird, so können trotzdem noch weitere Erfolge erzielt werden. Insbesondere durch ein weiteres Vordringen der sog. Sielhautanalysen läßt sich die Qualität der Klärschlämme noch verbessern, wenn dadurch Schadstoffemittenten ermittelt werden können und anschließend entsprechende Schadstoffvermeidungs- und Rückhaltestrategien veranlaßt werden. Die damit verbundenen Kosten lassen sich insbesondere dann wieder erwirtschaften, wenn die Klärschlämme anschließend in allen Parametern die Grenzwerte der AbfKlärV einhalten (LANGENOHL, KEDING, WITTE,

1996, S. 61), weil dann üblicherweise preiswertere Verwertungsalternativen bedient werden können.

In der aktuellen Diskussion um eine mögliche Novellierung der AbfklärV spielen sowohl beim Bundesumweltministerium als auch bei der ATV derzeit die organischen Schadstoffe und die endokrinen Stoffe eine vorrangige Rolle (THALER, 1998, S. 402 ff.).

Bei den in der AbfklärV reglementierten organischen Schadstoffen ist eine rückläufige Entwicklung auch bei den AOX zu erwarten. Zwar merkt beispielsweise HAGENDORF (1992, S. 1776 ff.) an, daß sich dieser Prozeß langsam vollziehe, weil es

1. noch einige Zeit dauern werde, bis das heutige Altpapier, das zu Toilettenpapier verarbeitet wird, vollständig durch chlorfrei gebleichtes Papier ersetzt sein wird.
2. noch zahlreiche Geschirrspülmittel mit Substituten für AOX ausgestattet werden müssen.

Beim PCB sind die Gehalte im Klärschlamm laut LITZ ET AL. (1998, S. 496) weiter rückläufig und auch die PCDD/F bewegen sich auf einem niedrigen Niveau und schöpfen den Grenzwert im Durchschnitt nur bruchteilartig aus.¹⁴⁸

In den 80er Jahren befürchtete man im Bundesumweltministerium, daß sich Dioxine und Furane über die Nahrungskette im menschlichen Körper anreichern könnten, wenn Klärschlamm auf Dauergrünland ausgebracht wird. Der Verordnungsgeber hatte deshalb, dem Vorsorgegrundsatz folgend, 1992 ein Aufbringungsverbot auf Dauergrünland erlassen. Da sich heute aber gezeigt hat, daß die damals vorgegebenen Grenzwerte kaum je erreicht werden, möchte beispielsweise die LUFA Bonn die landwirtschaftliche Klärschlammverwertung zumindest für Klärschlämme einer gehobenen Güteklasse auf Dauergrünland wieder zulassen (RIEB, 1998).¹⁴⁹

¹⁴⁸ Hinsichtlich der PCDD/F-Belastung von Klärschlämmen, die derzeit einer landwirtschaftlichen Verwertung zugeführt werden, konnte JÄGER (1995, S. 2247) im Rahmen einer repräsentativen Auswertung zeigen, daß in Ballungsräumen mit großen Kläranlagen der Grenzwert im gewichteten Mittel nur zu 26,9 % ausgeschöpft wird, während dieser Wert bei Klärschlämmen aus ländlicheren Räumen (kleinere Kläranlagen) lediglich 17,1 % beträgt. Darüberhinaus zeigten WEBER ET AL (1996, S. 1076), "daß bei der aeroben Stabilisation ein mehr oder weniger starker Abbau der PCDD/F zu beobachten ist, wohingegen die anaerob ausgefaulten Klärschlämme je nach Herkunft insgesamt gesehen keinen signifikanten Abbau bzw. Aufbau der untersuchten Verbindungen aufwiesen." Zwar geben die Autoren zu, daß sie diese Ergebnisse nicht bestimmten Mikroorganismenbesiedlungen oder Komplexkatalysatoren zuweisen konnten, dennoch sind diese Ergebnisse als interessanter Ansatzpunkt zur weiteren Schadstoffreduktion bei stärker PCDD/F-haltigen Klärschlämmen anzusehen.

¹⁴⁹ Sollte Klärschlamm tatsächlich wieder auf Dauergrünland zugelassen werden, womöglich auch eine Anwendung auf extensiv bewirtschafteten Wiesen, so könnte durch die von GEISLER (1980, S. 418 ff.) als "Plastizität" bezeichnete Eigenschaft des Dauergrünlandes der geringe Anteil an Stickstoff im Klärschlamm durch einen sich peu à peu einstellenden Leguminosenanteil im Grünlandbestand ausgeglichen werden.

In diesem Punkt ist auch ein Vorteil der Bioabfallkompostanwendung auf Wiesen zu sehen. Bioabfallkompost enthält neben Phosphor auch noch entsprechend viel Kalium, so das der

Grundsätzlich sind die organischen Schadstoffe wegen ihrer annähernd unendlichen Anzahl schwieriger zu kontrollieren als die Schwermetalle. Andererseits besteht aber bei den meisten organischen Schadstoffen die technische Möglichkeit die Böden in-situ oder ggf. off-site zu dekontaminieren.¹⁵⁰

In einem Übersichtsartikel mit dem Titel "Konzept zur Ermittlung und Bewertung der Relevanz schädlicher organischer Inhaltsstoffe im Klärschlamm" legen LITZ ET AL. (1998) dar, daß es wenige organische Schadstoffe sind, die sowohl eine hohe Persistenz aufweisen und gleichzeitig hohe oder zumindest mittlere Gehalte im Klärschlamm aufweisen. So sind auch viele Pflanzenschutzmittelrückstände, wie beispielsweise DDT und Lindan, rückläufig, und auch für andere Schadstoffe gilt insgesamt dieser Trend.

Abschließend soll an dieser Stelle erwähnt werden, daß Kläranlagen, die keine industriellen Einleiter am Netz haben und deren Abwasser mittels eines Trennsystems anstelle einer Mischwasserkanalisation erfaßt wird, hauptsächlich solche Stoffe im Klärschlamm aufweisen, die zuvor im Haushalt über die Toilette entsorgt wurden. Dabei handelt es sich i.d.R. um Fäkalien. Deshalb kann mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit zumindest für diese Klärschlämme ausgeschlossen werden, daß in Zukunft Beeinträchtigungen feststellbar sein werden, die eine landwirtschaftliche Verwertung zunichte machen. Ggf. wären Maßnahmen im Bereich des Lebensmittelrechts zu treffen. Es ist unter dem Blickwinkel der vielzitierten Entsorgungssicherheit somit mehr als unwahrscheinlich, daß die landwirtschaftliche Klärschlammverwertung als Verwertungszweig wegbrechen könnte.

Interessanterweise werden Schadstofffragen bei der Bioabfallkompostverwertung seltener diskutiert, obwohl hieraus bei gleicher Nutzwirkung über die zugeführten Düngestoffe, im Durchschnitt eine höhere Belastung der Böden mit Schadstoffen resultiert. Infolgedessen setzt beispielsweise die VDLUFA (1996, S. 3), mit Ausnahme der Grünabfallkomposte, die

ausschließlich fehlende Stickstoff aus dem Grünlandbestand geliefert werden könnte. Dieser Effekt wurde bei den Berechnungen mit RAUMIS aber nicht berücksichtigt, da er sich voraussichtlich nicht auf intensiv bewirtschafteten Wiesen in ausreichendem Maße einstellen wird.

Die landeseigenen Förderprogramme lassen aber keine Ausbringung von organischen Düngern auf Extensivgrünland zu, es sei denn es handelt sich um Ausscheidungen im Rahmen der Beweidung oder um betriebseigenen Festmist und/oder Jauche (vgl. Fußnote 46), so daß dieser Aspekt nicht weiter zu berücksichtigen war.

Es soll in diesem Zusammenhang auch nicht unerwähnt bleiben, daß der Einsatz von Klärschlamm auf Dauergrünland in einzelnen Kreishöfen zu einer ernstzunehmenden Konkurrenzsituation mit den Bioabfallkomposten führen könnte, so daß denkbar wäre, daß die Verwertungsquote der Bioabfallkomposte zulasten der verbesserten Klärschlammverwertungsquote sinken würde. Andererseits erschlossen sich aber in den Grünlandregionen der Mittelgebirgslagen neue regionale Verwertungspotentiale für den Klärschlamm, ohne daß dadurch die Bioabfallkompostverwertung zurückgedrängt würde.

¹⁵⁰ Einen Überblick über die technischen Möglichkeiten bei gleichzeitig kritischer Betrachtung der Einsatzmöglichkeiten vermittelt SRU (1995).

landbauliche Eignung von Klärschlämmen höher an, als die von Bioabfallkomposten.

Es ist somit zu belegen, daß das Anwendungsverbot von Klärschlämmen in AGÖL-Betrieben als nicht fachlich fundiert angesehen werden kann, sondern offensichtlich in strategischen Überlegungen zum Marketing fußt, wenn gleichzeitig die Anwendung von Bioabfallkomposten zugelassen ist (vgl. Fußnote 47).

Selbstverständlich wird es auch in Zukunft immer einige Klärschlammchargen geben, die - z.B. aufgrund von Betriebsunfällen - mit Schadstoffen kontaminiert sind. Es stellt sich somit die Frage, wieviel Verbrennungskapazitäten vorgehalten werden müssen. Dieser Fragestellung wird u.a. im nachfolgenden Kapitel nachgegangen.

7.3. Stellenwert der Klärschlammverbrennung in zukünftigen Abfallwirtschaftskonzepten

Es kann letztlich kein Zweifel bestehen, daß auch in Zukunft eine begrenzte Klärschlammverbrennungskapazität benötigt werden wird. Nur so ist nämlich zukünftig der Anteil an Klärschlamm, der nicht die Grenzwerte der Klärschlammverordnung einhält, zu entsorgen. Zwar ist es in diesem Zusammenhang belanglos, ob die Verbrennung in Monoklärschlammverbrennungsanlagen, in Braunkohlekraftwerken oder in Zementwerken stattfindet, sofern die beiden letztgenannten entsprechend der 17. BImSchV ausgerüstet sind. Die Zementwerke werden einem Einsatz entsprechender Klärschlamm voraussichtlich nur dann zustimmen, wenn der Klärschlamm mit organischen Schadstoffen belastet ist. Bei den hohen Temperaturen der Klinkerproduktion verbrennen diese und finden sich, im Gegensatz zu den Schwermetallen, nicht im Klinkerprodukt wieder. Braunkohleasche wird derzeit im allgemeinen abgelagert. Im Falle einer Verwertung der Aschen kämen prinzipiell die selben Bedenken zum tragen wie bei der Klinkerproduktion. Da Klärschlammaschen aus der Coverbrennung in Braunkohlekraftwerken nicht unter den technischen Deponiestandards entsprechend der TA Abfall, Teil 1 (1991)¹⁵¹, abgelagert werden müssen, sondern in tonhaltige Linsen der Abbaugelände verbracht werden können (MURL, 1991, Abschnitt 4, S. 6), kann angenommen werden, daß die Klärschlamm zukünftig zumindest die Schwermetallgrenzwerte der AbfKlärV einhalten müssen, wenn sie in Braunkohlekraftwerken verbrannt werden. Folglich verbleibt dann für Klärschlamm mit Schwermetallüberschreitungen im

¹⁵¹ Die "TA Abfall, Teil 1" ist die Kurzform für die "Zweite allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Abfallgesetz (TA Abfall); Teil 1: Technische Anleitung zur Lagerung, chemisch/physikalischen, biologischen Behandlung, Verbrennung und Ablagerung von besonderen überwachungsbedürftigen Abfällen".

Ob die Verbringung von Klärschlammaschen in den untertägigen Versatz als Verwertung anzusehen ist, wird derzeit von der EU-Kommission überprüft.
Im KrW-/AbfG ist die Maßnahme nicht aufgelistet. Auf Details soll an dieser Stelle aber nicht eingegangen werden.

Sinne der AbfKlärV nur die Verbrennung in Monoklärschlammverbrennungsanlagen.

Es wäre also zweckdienlich, die Braunkohlkraftwerke entsprechend ihrem eigentlichen Einsatzzweck zu nutzen, um dann noch nicht amortisierte Monoklärschlammverbrennungsanlagen weitestgehend auslasten zu können, so daß sie neben den variablen Kosten noch einen möglichst hohen Fixkostenanteil erwirtschaften können.

Unterstellt man, daß die bestehenden Monoklärschlammverbrennungsanlagen mit Klärschlämmen ausgelastet würden, die die Grenzwerte der AbfKlärV nicht einhalten, so würde sich der Klärschlamm pool, der der Landwirtschaft zugänglich ist, um diese Größenordnung reduzieren.¹⁵²

In NRW existieren die in Tabelle 39 benannten Monoklärschlammverbrennungsanlagen. Wären diese Anlagen vollständig ausgelastet, so könnten pro Jahr rund 100.000 t TS verbrannt werden. Bei einem TS-Gehalte der Klärschlämme von 33 % entspräche dies 67.287 t TS. Um diese Menge würde sich ggf. der potentiell für die Landwirtschaft verfügbare Pool vermindern. Dies entspräche rund 22 %.

Es muß als fraglich erachtet werden, ob im Jahr 2005 noch soviel Klärschlammtonnage unter Schadstoffaspekten einer Verbrennung zugeführt werden muß.

Tabelle 39: Monoklärschlammverbrennungsanlagen in NRW mit den dazugehörigen Jahresdurchsatzleistungen

Standort	Klärschlammmenge in t TS
Düren	10.000
Bochum*	7.000
Bottrop	20.000
Bonn	8.016
Wuppertal	40.000
Düsseldorf	12.500
Lünen **	97.500
NRW	195.016** bzw. 97.516

Quelle: UBA (1998, S. 26a)

- Die alte Anlage wird derzeit durch einen größeren Neubau ersetzt.

** In dieser Anlagen dürfen auch Sonderschlämme industrieller Herkunft verbrannt werden, so daß die Kapazität für die Verbrennung von Klärschlamm kommunaler Herkunft nur teilweise zur Verfügung steht.

¹⁵² Vorausgesetzt die 20 % Klärschlamm, die in die Rekultivierung etc. gehen und deshalb von vornherein als Potential von der landwirtschaftlichen Verwertung ausgeschlossen wurden, beinhalten ausschließlich solche Klärschlämme, die den Anforderungen der AbfKlärV gerecht werden.

7.4. Entwicklungen im Bereich der Zielhierarchie des KrW-/AbfG

Aus der Sicht der RHEINBRAUN AG (1997, S. 10) gilt es "die Regelungen des Kreislaufwirtschaftsgesetzes (...) dahingehend (zu) präzisieren, daß für kommunale Klärschlämme die thermische Verwertung unabhängig vom Heizwert definiert wird."

Sollte dieser Fall eintreten, wäre die für die Berechnungen mit RAUMIS unterstellte Zielhierarchie des § 5, Abs. 2 KrW-/AbfG gänzlich unterminiert. Ohnehin sind Verstöße gegen die Zielhierarchie bislang nicht als Ordnungswidrigkeiten o.ä. im Gesetz benannt.

Tatsächlich verfügt die Behörden somit über keine Handhabe, um die Umsetzung dieser Zielhierarchie unter Androhung von Strafe oder Bußgeld verlangen zu können, so daß der § 5, Abs. 2 KrW-/AbfG derzeit eigentlich nicht das Papier wert ist, auf dem er geschrieben steht.

Obgleich man theoretisch annehmen kann, daß eine Verwertung bei wirtschaftlicher Zumutbarkeit (kleinergleich der Kosten der Entsorgung) automatisch realisiert wird, können in der Praxis doch vielerorts Abweichungen beobachtet werden. Diese lassen sich mit folgenden Überlegungen begründen:

1. Altbewährte Pfade, die einmal beschritten worden sind, werden nicht ohne Not so schnell wieder verlassen (Kontinuität des in der Vergangenheit Bewährten)¹⁵³.
2. Der wirtschaftliche Druck ("Not"), der zu einer pareto-optimalen Lösung beiträgt, existiert nicht wirklich. Auch wenn viele Kläranlagen heute als (kommunale) Eigenbetriebe o.ä. betrieben werden, so sind es doch zumindest auf regionaler Ebene Monopolisten, die sich, im Falle eines Abwasserverbandes, lediglich einer Kontrolle durch ihre Mitgliedskommunen unterziehen müssen oder, bei kommunalen Kläranlagen, dem jeweiligen Werksausschuß Rechenschaft schuldig sind. Da beispielsweise die Werksausschußmitglieder dieser Tätigkeit im Ehrenamt nachgehen, können sie oftmals die Empfehlungen der Verwaltung oder derjenigen, die die vermeintlich bewährten Wege beschreiten, nur unzureichend fachlich hinterfragen, so daß eine Kurskorrektur unterbleibt.

Nur vor dem Hintergrund der Erkenntnisse der Institutionenökonomie läßt sich deshalb erklären, daß der Niersverband eine Verbrennung seiner Klärschlämme in einer eigenen Monoverbrennungsanlage durchsetzen konnte, obwohl er bislang seine Klärschlämme größtenteils regional und landwirtschaftlich verwerten konnte. Selbst wenn die Preisschere im Einzelfall des Niersverbandes nicht ganz so weit auseinanderklaffen sollte, wie dies die Ergebnisse der nachfolgend wiedergegeben Erhebung bei 51 % der nach Gesamtausbaugröße berechneten bundesdeutschen Kläranlagen

¹⁵³ BONUS (1994, S. 337) spricht in diesem Zusammenhang auch vom sog. Schweigekartell der OBERINGENIEURE.

belegt, so wird im Vergleich zu Tabelle 19 doch deutlich, welche Fehlallokationen dort ausgelöst wurden.

Tabelle 40: Durchschnittliche Kosten der Klärschlammabgebenden für Verwertung und Entsorgung

Verwertungs- und Entsorgungsweg	DM/ t TS
Landwirtschaft	327
Rekultivierung, Deponiebegrünung, Landschaftsbau	313
Kompostierung*	304
Verbrennung	763
Deponierung	417

Quelle: ATV (1998; S. 3)

- Die Kompostierung stellt eigentlich weder eine Verwertung noch eine Entsorgung dar, sondern ist vielmehr eine Behandlungstufe. Die Praxis zeigt aber, daß der Großteil davon anschließend der Rekultivierung, der Deponiebegrünung, dem Landschaftsbau und der Landwirtschaft zugeführt wird. Auch die Verbrennung ist eigentlich keine Entsorgung, sondern stellt vielmehr eine thermische Behandlung dar, deren feste Abfallstoffe entsorgt werden müssen.

Offensichtlich scheint in diesem Bereich also eine entsprechende Reglementierung durch den Verwaltungs- und Gesetzgeber notwendig zu sein, um Auswüchse dieser Art in Zukunft verhindern zu können.

Es zeigte sich aber auch, daß die in RAUMIS zugrunde gelegten Preise, mit denen die Landwirte für die landwirtschaftliche Verwertung rechnen können, noch höher hätten angesetzt werden können, ohne daß der Kontakt zur Praxis verloren gegangen wäre.

7.5. Aussagekraft des Modellsystems RAUMIS

Ein jedes Modell abstrahiert und vereinfacht die Realität, so auch RAUMIS. Es wird der Versuch unternommen, das Wesentliche zu berücksichtigen und die im Hinblick auf die Fragestellung nachrangigen Aspekte zu vereinfachen.

Um aber die Güte eines Rechnermodells oder die eines neuen Moduls in einem Rechnermodell ermitteln zu können, wird üblicherweise ein Kalibrierungslauf durchgeführt. Durch ex-ante Berechnungen läßt sich dann im Abgleich der dokumentierten Realität mit den Rechnerergebnissen eine Eichung vornehmen.¹⁵⁴ Dies konnte aus den folgenden Gründen für das Klärschlamm- und Bioabfallkompostmodul in RAUMIS nicht erfolgen bzw. wäre zwecklos gewesen:

1. Es liegt kein zugängliches Datenmaterial vor, aus dem hervorgeht, wieviel Klärschlamm in welchem Kreis mit welcher Klärschlammzusammensetzung landwirtschaftlich verwertet wurde. Die zugänglichen Daten des Klärschlammkatasters weisen lediglich aus, ob der Klärschlamm in der Landwirtschaft verwertet wurde und ob dies in NRW

¹⁵⁴ Dabei ist zu berücksichtigen, daß der Wirtschaftsprozeß permanenten Anpassungen unterliegt. Infolgedessen ist eine ex-ante Berechnung nicht zwangsweise identisch mit der dokumentierten Realität, die den zeitlichen angemessenen Maßnahmen immer etwas hinterher hinkt.

oder außerhalb erfolgte. Somit können die Ergebnisse mit RAUMIS nicht mit der tatsächlichen Situation in der Vergangenheit abgeglichen werden.

2. Die Berechnungen mit RAUMIS fußen in der Annahme, daß sich die Akteure durch wirtschaftliches Gewinnstreben leiten ließen. Tatsächlich haben in der z.T. sehr emotional geführten Diskussion sowohl strategische Entscheidungen (z.B. geplante Vermarktung von Getreide an Markenproduktfirmen, die nur nicht-klärschlammgedüngtes Getreide aufkaufen) als auch grundsätzliche Bedenken (z.T. aus Mangel an sachlicher Information oder/und schlechter Erfahrung aus der Zeit vor der Einführung der Klärschlammverordnung) dazu geführt, daß bei weitem nicht immer das einfache Schema des gewinnmaximierenden Wirtschaftens das Handeln in der Vergangenheit bestimmt hat.
3. Viele Kläranlagenbetreiber sahen sich weder durch den Gesetzes- und Verordnungsgeber noch durch die Kräfte des (nicht vollständigen) Marktes hinreichend genötigt, die vermeintlich bewährten Pfade der Entsorgung zu verlassen.

Da aber die anderen Teilkomponenten des RAUMIS-Programmes ihre Güte in ex-ante-Kalibrierungsläufen bewiesen haben, können entsprechende Einwände zumindest in den agrarwirtschaftlichen Teilbereichen als weitestgehend ausgeräumt angesehen werden.

Nachfolgend wird in einem Abwägungsprozeß deskriptiv der Frage nach der Güte des Klärschlamm- und Kompostmoduls in RAUMIS nachgegangen.

7.5.1. Beschränkung der Verwertung auf die Kreishöfe bzw. die Landesebene

Es ist sicherlich unrealistisch anzunehmen, daß sich die Klärschlammverwertung auf Kreishof- bzw. Landesebene beschränken ließe, ohne das Stoffströme diesen Räumen entweichen könnten. Dennoch war es interessant, daß unter bestimmten Rahmenbedingungen der Klärschlamm-pool, der in NRW der Landwirtschaft zugänglich ist, aufgebraucht werden könnte. Mit derartigen Knappheitssituationen rechnen die nordrhein-westfälischen Abwasserverbände offensichtlich nicht, wie die Schlußfolgerung zur Umfrage der ATV in der auf Seite 123 zitierten Textpassage deutlich machte.

Obwohl also der Transport über die NRW-Landesgrenzen de facto nicht ausgeschlossen werden kann¹⁵⁵, so lassen sich auf der anderen Seite aber auch zahlreiche Kommunen beobachten, die bei Ausschreibungen zur landwirtschaftlichen Klärschlammverwertung ein regionales Verwertungskonzept verlangen. Beispielhaft sei auf die beschränkte Ausschreibung der

¹⁵⁵ Nach Angaben von WOLF (1998) beabsichtigt die Emschergenossenschaft Klärschlämme zur Verwertung sogar über die Bundesgrenzen nach Belgien in die Zementindustrie zu verbringen. Entsprechende Notifizierungsverfahren würden derzeit betrieben.

Stadt Lippstadt vom März 1998 verwiesen, die einen Aktionsradius von 30 - 50 km favorisierte und nur in Ausnahmefällen darüber hinausgehende Verwertungsradien zuließ.

Auf der anderen Seite gilt es zu bedenken, daß der Ferntransport per LKW zukünftig u.U. nicht mehr den selben Stellenwert haben wird wie heute, weil im Bundestag sowohl die stärkste Oppositionspartei (CDU¹⁵⁶) als auch maßgebliche Kräfte in der Regierungskoalition den Kraftstoff verteuern wollen. Dadurch würde der Ferntransport teurer und in der Tendenz mehr Klärschlamm regional verwertet. Andererseits könnten sich aber auch die Transportströme vermehrt auf andere Transportwege verlagern. Der Transport per Schiff als die ohnehin preisgünstigste Transportalternative für Massenschüttgüter könnte von einer solchen Entwicklung profitieren.¹⁵⁷

Zumindest ein Teil der Klärschlämme wird das Landesgebiet also auch in Zukunft verlassen. Die damit einhergehende Verknappung des Klärschlammangebots wurde in RAUMIS nicht berücksichtigt. Es stellt sich aber die Frage, ob solche "Exporte" nicht schon dadurch hinreichend abgebildet wurden, daß der Klärschlamm pool, der der Landwirtschaft zugänglich ist, kleiner ist als das Gesamtklärschlammaufkommen. In diesem Punkt unterscheidet sich die vorliegende Arbeit beispielsweise von der von WERNER UND BRENK (1997b). Während diese die regionale Verwertungsquote aus der verwertbaren Klärschlammmenge in der Landwirtschaft im Verhältnis zum Gesamtanfall an Klärschlamm einer Region setzten, war für die Berechnungen mit RAUMIS ohnehin ein Anteil von 20 % der Klärschlämme für eine anderweitige Verwertung innerhalb von NRW, insbesondere in der Rekultivierung, reserviert. Bei den Bioabfallkomposten betrug dieser Anteil sogar 50 %.

¹⁵⁶ SÜDDEUTSCHE ZEITUNG (1998) vom 04./05. April 1998 mit der Head-line: "Auch die CDU will Strom und Benzin verteuern", S. 1.

¹⁵⁷ Für einen Klärschlammtransport per Schiff ist insbesondere die Großkläranlage im Emschermündungsgebiet prädestiniert, da sie

1. in unmittelbarer Nähe zu einem schiffbaren Fluß gelegen ist.
2. einen hohen Klärschlamm anfall aufweist, so daß mit dem Klärschlamm ausstoß von zwei Tagen ein Binnenschiff mit ausreichend Ladung beschickt werden kann. (Selbst die Kläranlagen einer Kommune wie Neuss benötigen Wochen, um ausreichend Ladung anzusammeln. Häufig fehlen dann aber auf den Kläranlagen ausreichend dimensionierte Lagerkapazitäten für entsprechende Zeiträume.)
3. im Kreishof WES gelegen ist, für den aus den schon in Kapitel 4.3.2 ausgeführten Gründen (extrem hoher Klärschlamm anfall aus dem Ruhrgebiet) nur eine schlechte Verwertungsquote erreicht werden kann, sofern der Klärschlamm nicht teilweise außerhalb des Einzugsgebietes dieses Kreishofes verwertet werden kann.

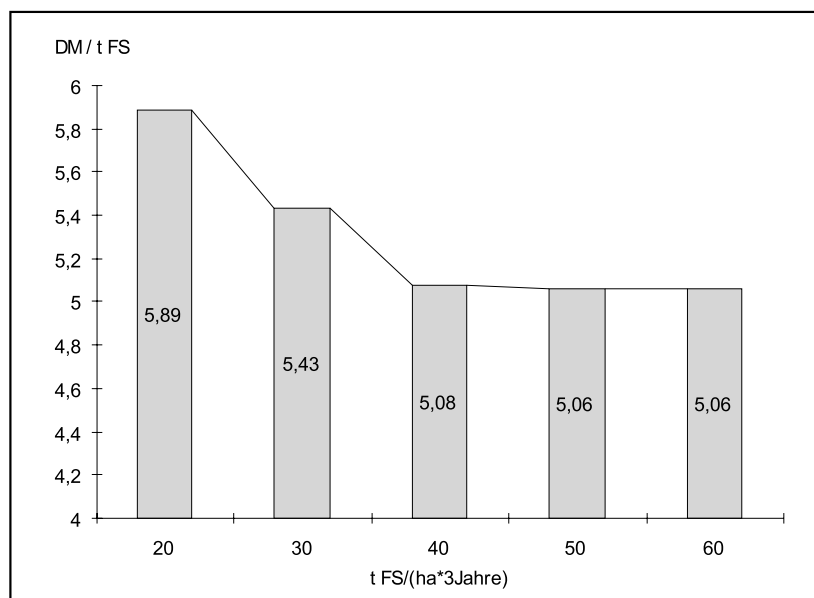
WOLF (1998) bestätigt, daß die Emschergenossenschaft von der Großkläranlage im Emschermündungsgebiet in der Vergangenheit auch schon mehrere Klärschlammtransporte per Schiff durchführen ließ.

Es zeigt sich ferner anhand der o.g. Tabelle, daß die Landwirte im - Vergleich zur Klärschlammverwertung - auf Flächen der Bodenversorgungsstufe D für P_2O_5 Bioabfallkomposte ohne große Abstriche bei der Einarbeitungsprämie pro Bioabfallkomposttonne verwerten können. Die auf Grundlage des Nährstoffbedarfs errechneten Kompostgaben können in vielen Fällen ohnehin nicht gegeben werden, da die maximal zulässige Frachtobergrenze auf Flächen der Bodenversorgungsstufe C vorher limitierend wirkt. Dies bewirkt beispielsweise, daß im Kreishof BM auf Flächen der Bodenversorgungsstufe D für P_2O_5 bei intensiven Wiesen (vgl. Tabelle 22) zwar nur 38 t FS/ha aufgebracht werden dürfen, dennoch wird die Frachtobergrenze zu über 63 % ausgeschöpft.

Berücksichtigt man ferner, daß ab 40 t/ha mit steigenden Kompostgaben die Arbeitseffizienz nur noch marginal ansteigt (vgl. Abbildung 10), so wird deutlich, daß durch die Verwertung von Bioabfallkomposten auf Flächen der Bodenversorgungsstufe D keine großen Einkommenseinbußen/t Kompost zu befürchten sind. Zwar muß wegen der reduzierten Ausbringungsmenge mit einem Umsatzeinbruch pro Hektar gerechnet werden, aber dieser Einbruch bleibt mit 37 % (obriges Beispiel) weit unter den eigentlich zu erwartenden 50 %.¹¹⁵

Entscheidend ist aber vielmehr, daß sich für die Klärschlammverwertung i.d.R. nur Flächen der Bodenversorgungsstufe C für P_2O_5 eignen (vgl. Kapitel 4.4.1.6). Vor dem Hintergrund des hohen Anteils an Ackerflächen (und Intensivwiesen) in der Bodenversorgungsstufe D für P_2O_5 wird die besondere Bedeutung der Bioabfallkomposte deutlich, denn sie unterliegen keinen technischen Restriktionen bei der Ausbringung.

Abbildung 10: Effizienz der Bioabfallkompostausbringung in Abhängigkeit von der Applikationsmenge



¹¹⁵ In Kreishöfen mit geringerem Kompostbedarf pro Hektar macht sich die Frachtobergrenze als limitierender Faktor nicht im gleichen Maße bemerkbar. Dann machen die Umsatzeinbrüche tatsächlich bis zu 50 % aus.

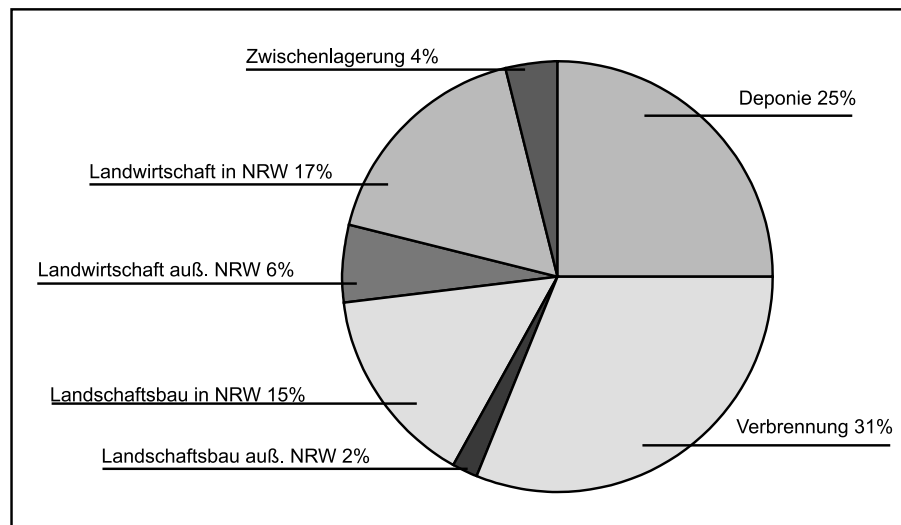
Dieser Anteil könnte sich evtl. hinsichtlich der Rekultivierung zu hoch gegriffen sein, weil

1. im Jahr 2005 der Steinkohlebergbau in NRW nicht mehr den heutigen Umfang haben wird und infolgedessen weniger Halden zu rekultivieren sein werden¹⁵⁸
2. die Rekultivierung von Deponieflächen stark rückläufig sein wird, weil neben weiteren Anstrengungen zur Abfallvermeidung und zum Recycling die bestehenden Abfalldeponien nur noch mit inerten Abfällen, also z.B. Aschen aus verbrannten Haushaltsabfällen, verfüllt werden können. Die Deponieverfüllung wird deshalb längere Zeiträume in Anspruch nehmen. Infolgedessen sinkt das Absatzpotential in der Deponierekultivierung.

Läge der Anteil der Klärschlämme, der sich außerhalb der Landwirtschaft in NRW verwerten ließe, unter 20 %, dann könnten allerdings Teilströme, die das Land NRW z.B. gen Belgien verlassen, im Idealfall die Mengen kompensieren, die bisher für die sonstige regionale oder landesinterne Verwertung in RAUMIS vorgesehen waren.

1993 lag der Anteil der Klärschlämme, die das Land NRW verließen, bei lediglich 8 %, wie die nachfolgende Grafik zeigt.

Abbildung 16: Verwertungs- und Entsorgungswege der Klärschlämme aus NRW



Quelle: wiedergegeben nach WERNER UND BRENK (1997b, S. 84), Datengrundlage: Klärschlammkataster des Landes NRW für das Jahr 1993.

Der derzeit zu beobachtende "Export" von Klärschlamm aus den Altbundesländern in die Rekultivierung der Tagebaunachfolgelandschaften der neuen Bundesländer dürfte bis zum Jahr 2005 nahezu vollständig abgeschlossen sein, da

¹⁵⁸ Zu Fragen der Verwertung von Klärschlamm und Klärschlammgemischen im Rahmen der Rekultivierung von Steinkohlehalden in NRW sei hinsichtlich der Mischungen und dem daraus resultierenden Absatzpotential auf die Arbeit von BIDLING-MAIER, W., KREFT, H., STÖPPLER-ZIMMER, H. (1994): "Substratherstellung im Rahmen der Klärschlamm Entsorgung und -verwertung im Raum Emscher-Lippe" verwiesen.

1. das Klärschlammaufkommen in den neuen Bundesländern wächst und entsprechend den Genehmigungsbescheiden für die Rekultivierung vorrangig landeseigene Klärschlämme zu verwerten sind (vgl. beispielsweise KYNAST (1994))
2. die meisten der großflächigen Rekultivierungsmaßnahmen bis dahin abgeschlossen sein werden. KOWALSKI (1995, S. 35) kommt beispielsweise für das Sächsische Staatsministerium für Umwelt und Landesentwicklung zu dem Schluß, daß dieser Einsatzbereich keinen nachhaltigen Beitrag zur Verwertung von Klärschlämmen beitragen wird, da die Verwertungskapazität bis zum Jahr 2000 auf eine nicht nennswerte Größe absinken werde. In diesem Sinne äußert sich beispielsweise auch WITTE (1996, S. 14) der zu dem Urteil kommt, daß der Einsatz in der Rekultivierung vom gegenwärtigen Standpunkt aus als überzeichnet anzusehen ist.

Es zeigt sich somit, daß der in RAUMIS gewählte Ansatz zur Beschränkung des Klärschlammtransportes auf das Bundesland NRW statthaft war.

7.5.2. Weitere Entwicklung der Agrarmärkte

Von großer Bedeutung für die bearbeitete Thematik ist die Frage, in wie weit sich die Rahmenbedingungen der Agrarpolitik ändern werden. Von besonderem Interesse ist in diesem Zusammenhang, wie sich die Weltagrarmärkte preislich entwickeln werden. Da mit niedrigerem Preisniveau die Anbauintensität sinkt und Grenzstandorte vermehrt aus der Produktion herausgenommen werden, ergeben sich entsprechende Rückkoppelungseffekte auf den Gesamtnährstoffentzug der Pflanzkulturen in den Kreishöfen. Da die tierische Erzeugung im Veredlungsbereich bei niedrigen (Welt-)Getreidepreisen u.U. noch zunehmen könnte, würde daraus u.U. ein vermehrter Anfall von Wirtschaftsdüngern resultieren. Gleichzeitig würde aber infolge des verminderten Pflanzennährstoffentzugs die über mineralische Dünger oder Sekundärrohstoffdünger zu schließende innerbetriebliche Nährstofflücke sich wie eine Irisblende verkleinern. Insofern zeigen Änderungen an diesem "Rädchen" starke Auswirkungen.

Es konnte aber gezeigt werden, daß beim BMELF eigentlich keine Änderungen des gegenwärtigen Systems erwünscht sind und das ggf. höchstens eine weiteren Drosselung der Rindfleischproduktion als dringlich erachtet wird. Dieser Punkt dürfte auch unter haushaltspolitischen Erwägungen für die EU von primärer Bedeutung sein.

Unter c.p.-Bedingungen würden entsprechende Änderungen aber das Verwertungspotential für Klärschlamm und Bioabfallkompost eher erhöhen als vermindern.

7.5.3. Exakte Taxierung der Schattenpreise

Auf eine etwaige Erhöhung der Transportkosten wurde bereits eingegangen. Mit sinkenden Transportkosten ist sicherlich nicht zu rechnen. Somit stellt sich die Frage, ob die Verbrennung in Braunkohlekraftwerken zukünftig weiterhin für 100 DM/t FS angeboten werden wird. Letztlich begeben sich die Abwasserverbände und Kommunen mit der Klärschlammverbrennung in Braunkohlekraftwerken in die Abhängigkeit eines Monopolisten¹⁵⁹, der zu einem späteren Zeitpunkt auch die Preise für die Verbrennung drastisch erhöhen könnte. Dadurch ergäben sich erheblich Monopolgewinne. Wäre eine landwirtschaftliche Verwertung erst einmal organisatorisch zerschlagen, so ließe sich diese nicht innerhalb weniger Jahre wieder aufbauen. Einer der Hauptvorteile der landwirtschaftlichen Verwertung ergibt sich für die Abwasserverbände und Kommunen aus der Unabhängigkeit gegenüber einem (Verbrennungs-)Monopolisten. Mit den Landwirten steht ihnen eine Vielzahl von Einzelabnehmern gegenüber, die über keine Marktmacht verfügen, um überhöhte Forderungen durchsetzen zu können. Bedauerlicherweise hat dieser Aspekt bei der vielstrapazierten sog. Entsorgungssicherheit bislang aber nachrangigen Charakter gehabt.

Zusammenfassend kann deshalb festgehalten werden, daß sich die ermittelten Schattenpreise nicht verringern, sondern eher erhöhen.¹⁶⁰ Dennoch wurde der derzeitige Status quo in das Zieljahr 2005 fortgeschrieben, was in der Tendenz eher eine pessimistische Annahme aus der Sicht der klärschlammverwertenden Landwirte sein dürfte.

Durch den in der Praxis zu beobachteten Transport zwischen den Regionen und über die Landesgrenzen NRWs hinaus wird sich diese Vergütung durch dann zu erzielende Knappheitspreise in einzelnen Regionen allerdings verringern lassen.

So schwierig die exakte Taxierung der Schattenpreise im Einzelfall sein mag, so bleibt doch unstrittig, daß die Einarbeitungsprämien auch in Zukunft oberhalb der tatsächlichen Kosten der Verwertung bzw. Einarbeitung liegen werden. Infolgedessen ergeben sich für die verwertbaren Mengen in der Landwirtschaft keine negativen Rückkopplungseffekte aus etwaig geringeren Schattenpreisen. Dies gilt zumindest solange, wie die Landwirte ihr wirtschaftliches Handeln unter der Maxime der Gewinnmaximierung betreiben.

¹⁵⁹ Die Rheinbraun AG ist ein beherrschtes Tochterunternehmen der RWE AG.

¹⁶⁰ Lediglich in den Peripheriegebieten des nord-östlichen Westfalens und im Siegener Raum könnten in der Praxis einzelne Schattenpreise unter denen von RAUMIS liegen, da die Zementwerke in den angrenzenden Bundesländern nicht mit in die Betrachtungen einbezogen wurden. Dadurch wäre es möglich, daß der alternative Verwertungsweg in Zementwerken der angrenzenden Bundesländern läge.

Für das südliche NRW haben Berechnungen allerdings gezeigt, daß im Zementwerk des Kreises Daun kein Klärschlamm verwertet würde, obwohl einzelne Kreise näher zum dortigen Zementwerk gelegen sind als zum nächsten Braunkohlekraftwerk. Die geringeren Transportkosten wurden aber durch den günstigeren Abnahmepreis der Braunkohlekraftwerke kompensiert.

Letztlich könnten somit Aussagen zur zusätzlichen Nettowertschöpfung zu Faktorpreisen, bedingt durch die landwirtschaftliche Verwertung von Klärschlamm und Bioabfallkompost, schnell in Zweifel gezogen werden. Dies gilt aber nicht für die Aussagen hinsichtlich der Verwertungsmengen. Für die Entscheidungsträger in den Abwasserverbänden und Kommunen stellen die Aussagen zum Absatzpotential entscheidende Kerninformationen dar, denn darauf werden die Investitionsentscheidungen für das nächste Jahrzehnt aufgebaut. Die Grundlagen für diese Entscheidungen sollten sich möglichst in Zukunft nicht ändern. Wenn also mit einem agrar-ökonomischen Modell die Aussage getroffen werden kann, daß eine bestimmte Klärschlammmenge zu einem vergleichbaren oder in Zukunft womöglich günstigeren Preis verwertbar ist, dann müßten nicht Entsorgungswege beschritten werden, die irreversibel sind und wegen hoher Fixkosten keine preisliche Elastizität zeigen können.

7.5.4. Nährstoffaspekte

7.5.4.1. Umsetzung des biologisch-technischen Fortschritts in der Praxis der landwirtschaftlichen Betriebe

In diesem Kontext stellt sich zunächst die Frage, ob die Viehhaltung tatsächlich im prognostizierten Umfang von den Maßnahmen zur nährstoffreduzierten Fütterung Gebrauch machen wird. Außerdem ist zu fragen, ob sich in der Realität, selbst ohne Berücksichtigung der Phytasefütterung, tatsächlich nur drei Kreishofregionen mit Phosphatüberschüssen fänden. Dieses Ergebnis der Berechnungen mit RAUMIS weicht von Aussagen ab, wie sie beispielsweise WERNER AND BRENK (1998c) formuliert haben, die für beinahe sämtliche Kreishöfe in West-Westfalen deutliche Überschüsse auswiesen. WERNER (1998, S. 175) und WERNER UND BRENK (1998b, S. 40) präsentierten Berechnungen für die erste Hälfte der 90er Jahre, bei denen die als sog. P-Teilbilanz bezeichnete Nährstofflücke mit lediglich 14.400 t P₂O₅ angegeben wurde¹⁶¹, während diese mit RAUMIS für das Jahr 2005 mit 25.371 (ohne Phytasefütterung, aber mit teilweise realiserter Phasenfütterung) bzw. mit 32.684 (mit Phytasefütterung plus teilweise realiserter Phasenfütterung) (vgl. Tabelle 24).

Die unterschiedlichen Ergebnisse lassen sich - zumindest teilweise - durch die folgenden Punkte erklären:

1. WERNER UND BRENK verwenden ein anderes Zieljahr für ihre Berechnungen als RAUMIS. Selbst ihr Prognoseszenario, mit dem Jahr 2000, weist noch einen Unterschied von fünf Jahren auf, der aber im Getreideanbau mit einem unterstellten jährlichen Ertragszuwachs von 1,8 % erheblich sein kann. Nimmt man beispielsweise für das Jahr 2000 ein Ertrags-

¹⁶¹ WERNER UND BRENK (1998a, S. 45) machen in diesem Zusammenhang darauf aufmerksam, daß es selbst in einzelnen Kreisen Betriebe gibt, die einen starken Nährstoffbedarf aufweisen, während andere mit Bilanzüberschüssen kämpfen. Die Autoren plädieren deshalb für einen Ausgleich der Ungleichgewichte durch eine zu präferierende Verwertung von Überschuß-Gülle in Nachbarbetrieben. Sie merken allerdings kritisch an, daß deren Betriebsleiter aufgrund von wirtschaftlichen Anreizen oftmals zur Aufnahme von Sekundärrohstoffdüngern neigen.

niveau von 80 dt/ha, so steigt der Ertrag bis zum Jahr 2005 auf 87,46 dt/ha. Dies entspricht einem zusätzlichen Nährstoffezug von rund 9 %.

2. Die Autoren verwenden für ihr Prognoseszenario die selben Phosphatausscheidungswerte im Bereich der Tierhaltung wie im Jahr 1996. PFEFFER, SPIEKERS UND BRINKER (1994) machten aber bereits deutlich, daß die Maßnahmen zur nährstoffreduzierten Fütterung einschließlich des Phytaseeinsatzs tatsächlich von den betroffenen Veredlerbetrieben umgesetzt werden. Im Landesdurchschnitt macht dieser Unterschied 11,5 % aus (vgl. Tabelle 24).

In der Summe machen diese beiden Effekte schon einen Unterschied von über 20 % aus.

Darüberhinaus gehen die genannten Autoren beispielsweise unter Bezugnahme auf eine persönliche Mitteilung von SPIEKERS aus dem Jahr 1995 davon aus, daß in der Schweinemast pro Stallplatz 6,0 kg P_2O_5 anfällt. Für RAUMIS ist unterstellt, daß Anfang der 90er-Jahre 50 % der in NRW gehaltenen Mastschweine zumindest einer zweistufigen Phasenfütterung unterliegen. OSWALD (1996a) gibt den P_2O_5 -Wert bei der Phasenfütterung mit 5 kg an, während er für die einphasige Fütterung 6 kg P_2O_5 pro Stallplatz benennt. Die Summe dieser und weiterer unterschiedlicher Eckdaten dürfte den Großteil abweichenden Ergebnisse erklären.

7.5.4.2. Einzelbetriebliche Anpassungsmöglichkeiten

Die Ergebnisse mit RAUMIS geben Durchschnittsberechnungen für Kreisregionen wieder. Die Landwirte können aber durch verschiedene einzelbetriebliche Maßnahmen dazu beitragen, daß der Nährstoffezug von ihrer Ackerfläche erhöht wird. Dadurch kann dann beispielsweise mehr Klärschlamm pro Flächeneinheit ausgebracht werden. Exemplarisch seien zwei Möglichkeiten erwähnt, die sich in der Praxis problemlos umsetzen lassen:

1. Auf Stilllegungsflächen können nachwachsende Rohstoffe angebaut werden. Bereits in Kapitel 5.2.3 war auf das noch schlummernde Potential aufmerksam gemacht worden.¹⁶²
2. Stroh, das heute oftmals in gehäckselter Form auf den Ackerflächen verbleibt, kann zu Big-bags verpreßt und anschließend verkauft werden. Insbesondere im Rheinland kaufen niederländische Unternehmen alljährlich Stroh auf.¹⁶³

¹⁶² Es ist zu beachten, daß im Rheinland aus fruchtfolgetechnischen Gründen kein Non-food-Raps angebaut werden kann. Stattdessen wäre aber beispielsweise der Anbau von Markerbsen sinnvoll. Erbsen bieten den Vorteil, daß im Falle einer Düngung mit Bioabfallkompost jede weitere Ausgleichsdüngung entfiel. Bei Klärschlamm müßte lediglich Kalium gedüngt werden. DAMBROTH (o.J., S. 4) prognostiziert den Markerbsen gute Marktchancen als nachwachsender Rohstoff für die Herstellung von abbaubaren Kunststoffen, verweist allerdings hinsichtlich einer erfolgreichen Erzeugergemeinschaft für nachwachsende Rohstoffe lediglich auf die Erzeugergemeinschaft für erucasäurehaltigen Öllein im Kreis Gifhorn (Niedersachsen).

¹⁶³ Durch die Abfuhr des Strohs zur innerbetrieblichen Verwertung würde sich kein zusätzlicher Nährstoffbedarf ergeben. Auch ein Verkauf an Pferdeställe o.ä. kann die innerbetriebliche Nährstoffbilanz nur verändern, wenn nicht anschließend der Festmist wieder zurückgenommen wird, wodurch sich sogar noch Nährstoffzuflüsse ergeben dürften, wenn nicht alle Tiere des

Der Erlös entspricht meist nur den Kosten für die Strohbergung zuzüglich dem Wert für die im Stroh enthaltenen Nährstoffe. Da aber durch die Abfuhr des Strohs zusätzliches P_2O_5 von der Fläche abtransportiert wird, muß mehr Klärschlamm zur Düngung zugeführt werden. Dadurch kann der Verkauf des Strohs lohnend werden, sofern attraktive "Einarbeitungsprämien" gezahlt werden. Die Humusbilanz wird über den Verkauf des Strohs nicht nachteilig beeinflusst, da mit dem Klärschlamm wieder reichlich organische Substanz der Fläche zugeführt wird.

Weitere Möglichkeiten zum zusätzlichen Nährstoffentzug ergäben sich beispielsweise durch einen vermehrten Zwischenfruchtanbau, der nicht der Gründüngung dient, sondern zur Futtergewinnung geborgen werden müßte. Dadurch können Hauptfutterflächen in entsprechendem Umfang mit Marktfrüchten bestellt werden. Der zusätzliche betriebliche Nährstoffverlust durch den Verkauf der Marktfrüchte könnte dann durch eine Sekundärrohstoffdüngung wieder ausgeglichen werden.

Inwieweit dieser Ansatz praktikabel ist, kann schlecht beurteilt werden, da zum einem schon jetzt die Landwirte an einer entsprechend intensiven Flächennutzung interessiert sind, sofern dadurch ein zusätzlicher Gewinn erwirtschaftet werden könnte.¹⁶⁴ Zum anderen kann auch nur im Einzelfall beurteilt werden, ob beispielsweise die Niederschlagsmenge und -verteilung noch einen Zwischenfruchtanbau zuläßt.

Möglichkeiten zur Verfütterung von Stroh, beispielsweise zur Rohfasierzufuhr in der Sauenhaltung, sind im Futtermodul von RAUMIS berücksichtigt. Eine vollständige Nutzung des Strohs zur Wiederkäuerfütterung mittels Aufschluß durch Natronlauge oder Ammoniak ist in der Vergangenheit versucht worden und nach Angaben von DEBRUCK (1980) auch mit gutem Erfolg in der Bundesrepublik praktiziert worden, wobei der Futterwert des Strohs nur mit dem von mäßigem Heu verglichen wird.

Theoretisch könnten infolgedessen einige Hauptfutterflächen für den Marktfruchtanbau genutzt werden. Allerdings konnte zumindest für NRW - entgegen der Aussage von DEBRUCK - nicht beobachtet werden, daß sich dieses Verfahren in der Praxis auf breiter Front durchzusetzen beginnt. Diese einzelbetriebliche Anpassungsmöglichkeit mit dem Ziel einer erhöhten Sekundärrohstoffdüngerverwertung scheint deshalb eher akademischen Charakter zu haben.

Pferdestalls auch mit Futter des strohliefernden Betriebes versorgt werden.

Eine echte zusätzliche Nährstoffabfuhr durch den Verkauf von Stroh ergibt sich für den Kreishof oder das Land NRW nur, wenn Stroh tatsächlich die Landesgrenzen verläßt und beispielsweise in die Niederlande veräußert wird. Dieser Nährstoffabfluß konnte in RAUMIS aber nicht berücksichtigt werden, weil kein Datenmaterial vorliegt, in welchem Umfang der beschriebene Nettostrohtransfer tatsächlich stattfindet.

¹⁶⁴ Denkbar ist natürlich, daß sich ein Gewinn erst unter Berücksichtigung der hohen Einarbeitungsprämien einstellen würde.

7.5.5. Zukünftiges Klärschlamm- und Bioabfallkompostaufkommen

Da sich in NRW die Einwohnerzahlen nicht durch besondere Migrationsprozesse verändern dürften, ist in diesem Punkt kein Unsicherheitsfaktor der vorliegenden Arbeit zu sehen.

Gleiches gilt für den Nährstoffgehalt der Klärschlämme. Zwar kann durch die zunehmende Stickstoffelimination auf den Kläranlagen der ohnehin geringe Stickstoffgehalt im Klärschlamm gesenkt werden, da er aber ohnehin im Vergleich zur Einarbeitungsprämie nur einen nachrangigen wertgebenden Bestandteil bei der landwirtschaftlichen Klärschlammverwertung darstellt und nicht limitierend auf die Frachtmenge wirkt, sind keine daraus resultierenden Unsicherheiten hinsichtlich der Aussagekraft der vorliegenden Arbeit zu befürchten. Entscheidender für den quantitativen Absatz ist vielmehr der Gehalt des Phosphates im Klärschlamm. Dieser wird sich aber nicht wesentlich ändern, da die Phosphatelimination in NRW bereits auf breiter Front eingeführt ist (vgl. Kapitel 4.2.3.2).

7.5.6. Dezentrale Verwertung von Bioabfallkompost

Bei den Bioabfallkomposten wird von entscheidender Bedeutung sein, ob die Kommunen tatsächlich auf das RAUMIS zugrundegelegte dezentrale Konzept zur Bioabfallkompostierung unter Einbindung der Landwirte bei der Kompostierung, setzen werden. Insbesondere in den Ballungszentren kann dies in Frage gestellt werden, wie zumindest die derzeitige Praxis zeigt.

Neben den im Modell verwendeten Mieten- und Boxenkompostierungsverfahren gibt es auch noch andere Kompostierungsverfahren. Teilweise eignen sie sich aber erst für Anlagen mit wesentlich größeren Durchsatzmengen. Ob diese dann aber in der Praxis von Landwirten betrieben würden, muß aufgrund der zentralen Konzeption dieser Anlagen zumindest bezweifelt werden.

In zunehmenden Maße gewinnen heute Anaerobverfahren an Bedeutung.¹⁶⁵ Diese Technik ist wesentlich komplizierter im Handling und außerdem kostenintensiver. Ob Landwirte solche Anlagen alleine oder im Zusammenschluß betreiben würden, muß deshalb bezweifelt werden. Zudem sind solche Anlagen bislang hauptsächlich in Ballungsräumen errichtet worden.

Für den landwirtschaftlichen Einsatz der Komposte spielt es aber letztlich keine Rolle, ob diese aus einer klassischen Kompostierungsanlage oder aus einer Anaerobanlage stammen. Folglich sind die Ergebnisse unter diesem Gesichtspunkt als sehr stabil anzusehen. Allerdings hatten die RAUMIS-Ergebnisse gezeigt, daß die Landwirte an fremderzeugten Komposten ein nachlassendes Interesse zeigen. Sollten die beschriebenen dezentralen

¹⁶⁵ FRANKFURTER ALLGEMEINE ZEITUNG vom 27.05.1994: Die Vergärung verdrängt die klassische Kompostierung, S. 25.

Konzepte also nicht umgesetzt werden, würde sich der in der Landwirtschaft verwertbare Anteil an Bioabfallkompost reduzieren.

Während sich die Landwirte beim Einsatz von Klärschlamm und Kompost auf ihren Flächen lediglich für einen Zeitraum von drei Jahren festlegen, bedeutet die Errichtung einer Kompostierungsanlage eine Entscheidung zur Verwertung von Bioabfallkompost auf i.d.R. mindestens zehn Jahre. Die Nachteile der eingeeengten unternehmerischen Flexibilität konnte in RAUMIS nicht nachgebildet werden. Es läßt sich schwer abschätzen, ob sich dadurch ggf. der Umfang der in den Szenarioberechnungen prognostizierten Verfahrensumfänge verändert hätte. Auch müssen mit der Errichtung der Kompostierungsanlagen beispielsweise ausreichend liquide Mittel verfügbar sein, um den notwendigen Eigenkapitalanteil der Baukosten aufbringen zu können. Allerdings kann festgehalten werden, daß die landwirtschaftlichen Haupterwerbsbetriebe in den alten Bundesländern mit 86,2 % eine sehr hohe Eigenkapitalquote aufweisen (BMELF, 1997e, S. 29). Diesbezüglich dürften sich keine Einschränkungen hinsichtlich der Szenarioergebnisse ergeben dürften.

Für RAUMIS war exogen vorgegeben, daß weder Bioabfälle noch Bioabfallkomposte über die Kreishofgrenzen hinaus transportiert werden, so daß überschüssige Bioabfälle womöglich keiner Verwertung, sondern nur einer Entsorgung zugeführt werden könnten. Diese Annahme hat sich im Vergleich zur gegenwärtigen Praxis als richtig erwiesen. Konzepte des Umlandverbands Frankfurt, wonach vorgerotteter und dadurch im Volumen erheblich reduzierter Bioabfall per Bahn zu außerhalb der Ballungszentren gelegenen Kompostierungsanlagen verbracht werden soll, wo dann die Endrotte und Vermarktung stattfindet (SCHRÖDER, BÖHM, WIEMER; 1991), stellen Ausnahmen dar. Gleiches gilt für den Transport per Schiff zu Kompostierungsanlagen in Schwedt/Oder oder in die Magdeburger Börde (ZÖLLER¹⁶⁶, 1998).

Wenn regionale Landwirte die landwirtschaftliche Bioabfallkompostverwertung nicht sicherstellen könnten, bliebe im Einzelfall zu überprüfen, ob die noch zu errichtenden Kompostierungsanlagen als Großkompostierungsanlagen an Anlegestellen für den Binnenschiffsverkehr errichtet werden könnten. Ein kostengünstiger Ferntransport per Schiff ermöglicht vielleicht eine überregionale Verwertung der Bioabfälle zu wirtschaftlich zumutbaren Kosten. Dadurch ließe sich dann eine Verbrennung der Bioabfälle in MVA vermeiden.

¹⁶⁶ Nach Angaben von Herrn Zöller von Binnenschiffereiunternehmen Fa. Zöller GmbH in Rostock, das bereits Erfahrungen mit dem Transport von Klärschlamm und Bioabfallkomposten auf dem Wasserweg gesammelt hat, kostet der Transport pro Tonne Klärschlamm (FS) ca. 30 DM von Köln bzw. dem Ruhrgebiet bis nach Magdeburg und ca. 40 DM bis Frankfurt/Oder bzw. Schwedt/Oder. Die Angaben beinhalten Laden und Löschen der Ladung, sowie den Transport per LKW zum Feldrand bzw. zur Kompostierungsanlage in unmittelbarer Nähe zur Anlegestelle. Anhand dieser beispielhaften Angaben wird deutlich, das Klärschlamm und Bioabfallkompost auf dem Wasserweg sehr kostengünstig auch über größere Entfernungen, und damit auch über die Landesgrenzen hinaus, transportiert werden kann.

Da in Ballungszentren an Rhein und Ruhr, im Gegensatz zu den Kläranlagen, noch zahlreiche Anlagen in der näheren Zukunft errichtet werden, sollte dieser Ansatz zumindest einer eingehenden Prüfung durch die kommunalen Entscheidungsträger unterzogen werden.

7.6. Ausblick: Überlegungen zur weiteren Entwicklung unter den exogenen Rahmenbedingungen von RAUMIS

In diesem Kapitel wird zunächst aus der Sicht der entsorgungspflichtigen Körperschaften und anschließend aus der Sicht der betroffenen Landwirte die mögliche weitere Entwicklungen hinsichtlich der Klärschlamm- und Bioabfallkompostverwertung beschrieben. Dabei werden auch die möglichen Anpassungsstrategien dargestellt. Abschließend wird aufgelistet, welche Maßnahmen der Gesetzes- und Verordnungsgeber ergreifen kann bzw. muß, wenn er einerseits die stoffliche Verwertung von Klärschlämmen und Bioabfallkomposten forcieren und außerdem auch die dafür notwendigen exogenen Rahmenbedingungen, wie sie in RAUMIS unterstellt wurden, verwirklichen will. Im Zusammenhang mit den Maßnahmen des Gesetzes- und Verordnungsgebers werden auch Ansätze aufgezeigt, die über das Hilfsinstrument des sog. Goldenen Zügels erreicht werden könnten.

7.6.1. Abwasserverbände und Kommunen

Klärschlamm und Bioabfallkompost muß aus der Sicht der Abgebenden ein knappes Gut sein bzw. dazu gemacht werden. Dies gilt einerseits wegen des übergeordneten Ziels der Entsorgungssicherheit, andererseits tragen die Knappheitspreise auch dem wirtschaftlichen Eigeninteresse der betroffenen Kommunen und Abwasserverbände Rechnung.

Zumindest die Abwasserverbände setzen beim Klärschlamm diese Strategie derzeit vornehmlich über den Weg der Verbrennung um.

Die Kommunen der Großstädte im Ruhrgebiet haben noch nicht flächendeckend die Bioabfalltonnen eingeführt. Sie sammeln Bioabfälle größtenteils weiterhin gemeinsam mit der Restabfallfraktion und führen sie dann einer Verbrennung in MVA zu. Infolgedessen sind bislang erst einzelne größere Bioabfallkompostanlagen entstanden.

Würden die Abwasserverbände und Kommunen mehr den Gesetzen des Marktes unterworfen sein oder strikter durch das KrW-/AbfG zur Verwertung unvermeidbaren Abfalls verpflichtet, so würden Klärschlämme und Bioabfallkomposte in wesentlich stärkerem Maße verwertet werden als dies gegenwärtig der Fall ist.

Im folgenden werden Punkte aufgelistet, die darlegen, wie die Anpassungsmechanismen der Kommunen und Abwasserverbände auf diese veränderten Rahmensituation voraussichtlich aussehen würden.

1. Die gegenwärtigen Alternativen in der Rekultivierung werden wegen ihres in der Zukunft rückläufigen Umfangs eine nachgeordnete Rolle spielen. Da auch eine Verwertung von Klärschlämmen in der Zement-

industrie nur im beschränkten Umfang möglich wäre und diese Materialien dort noch mit anderen Abfallstoffen konkurrieren, die ebenfalls nur mit hohen Zuschüssen über diese Schiene vermarktet und verwertet werden können (z.B. Altreifen, Altöl, Filterstäube etc.), wird hinsichtlich der Verwertung insbesondere die Landwirtschaft eine herausragende Rolle spielen. Dies gilt zumindest solange, wie in der Landwirtschaft nach Abzug der hofeigenen Wirtschaftsdünger noch ein Nährstoffbedarf sowohl an Phosphat als auch Kalium besteht. Da die Landwirtschaft darüberhinaus als annähernd zeitlich unbegrenzte Verwertungsschiene anzusehen ist, können die Kommunen und Abwasserverbände auch die geforderte Entsorgungssicherheit dokumentieren und werden deshalb insbesondere in diesem Bereich weitergehende Anstrengungen unternehmen.

2. Da die Transportwürdigkeit für Bioabfallkomposte niedriger anzusetzen ist als die für Klärschlämme, werden insbesondere letztere über angepaßte Logistikkonzepte entsprechend verteilt.

Da die Großkläranlage im Emschermündungsbereich aufgrund ihrer Lage in einem Ballungsraum ohnehin nur einen geringen Anteil ihres Klärschlammes einer regionalen landwirtschaftlichen Verwertung zuführen kann, muß sie sich vorrangig um eine überregionale Verwertung kümmern. Aufgrund ihres massiven Klärschlammaufkommens ist sie somit in Kombination mit ihrer günstigen verkehrstechnischen Lage an einer Wasserstraße prädestiniert für einen Abtransport von Klärschlamm mittels Binnenschiffen. Durch einen bereits erprobten Abtransport über den Mittellandkanal wird die Kläranlage zu einer nachhaltigen Verknappung des Klärschlammangebotes in NRW beitragen. Wird dadurch das Angebot stark verknappt, könnte die Nachfrage das dann noch bestehende Angebot übersteigt. Folglich kommt diese Verknappungsstrategie allen Klärschlamm- und Bioabfallkompostabgebenden durch tendenziell sinkende Gesamtkosten infolge von echten Knappheitspreisen bei der Abgabe dieser Stoffe in die Landwirtschaft zugute.

3. Die Kommunen werden im Hinblick auf eine regionale Verwertung der weitestgehend transportunwürdigen Bioabfallkomposte auf eine Einbindung der Landwirte aus der Region setzen.

Dies ist in größerem Umfange nur dann erfolgversprechend, wenn die Landwirte auch die noch zu errichtenden Kompostierungsanlagen selber betreiben und dafür eine angemessene Vergütung erhalten. Letztlich müssen dezentrale Bioabfallkompostierungskonzepte umgesetzt werden, die die Kommunen dadurch fördern, daß sie Kompostierungsanlagen im Außenbereich genehmigen, wenn sie in unmittelbarer Nähe zu einem Gehöft errichtet werden. Die Investitionen in die zu errichtenden Kompostierungsanlagen werden die Landwirte nur bei Abschluß von längerfristigen Verwertungsverträgen tätigen. Für die Kommunen entsteht aber so die gewünschte Entsorgungssicherheit.

4. Insbesondere in den Ballungsregionen entlang von Rhein und Ruhr werden die kommunalen Entscheidungsträger erwägen Großkompostierungs- bzw. Anaerobanlagen an Wasserstraßen zu errichten,

um anschließend den (vorgerotteten) Bioabfallkompost einer Verwertung in entlegeneren Regionen zuzuführen.

5. Sollte es aus Akzeptanzgründen, die in haftungsrechtlichen Bedenken liegen, nicht möglich sein den Kompost regional in der Landwirtschaft abzusetzen, so wird ein Komposthaftungsfonds von den Kommunen initiiert.
6. Eine zu forcierende Naßschlammabgabe wird es im stärkeren Maße ermöglichen, auch solche Landwirte mit Klärschlamm zu bedienen, die als Abstockungsbetrieb Flächen der Bodenversorgungsstufe D für P_2O_5 bewirtschaften und ansonsten wegen der technischen Restriktionen keinen Klärschlamm verwerten könnten. Gleichzeitig wird sich das Naßschlammangebot aber insgesamt weiter verringern.
7. Eine Einkommenskombination wird abstockungswilligen Landwirten von den Kommunen angeboten, die noch Betriebspersonal für die zu errichtenden Kompostierungsanlagen benötigen.
Dies ist insbesondere für solche landwirtschaftliche Betriebe interessant, die nicht die Möglichkeit zur preisgünstigen Zupacht von Acker- und Dauergrünlandflächen haben, um langfristig ihr Einkommen im Haupterwerb abzusichern. Hoferben, die deshalb ohnehin den Betrieb nur noch im Nebenerwerb und viehlos führen wollen, können so ein passendes zweites berufliche Standbein finden.
Durch die benötigten Arbeitskräfte auf den noch zu errichtenden Kompostierungsanlagen wird ein für beide Interessensseiten optimale Übereinkunft erzielt, wenn die betroffenen landwirtschaftlichen Betriebe sich zur Abnahme von Teilchargen des Bioabfallkomposts bereiterklären.
8. Maschinenringe, Raiffeisengenossenschaften und andere Institutionen, in denen die Landwirte regional organisiert sind, fungieren vermehrt als Ansprechpartner für die Abwasserverbände und die Kommunen, weil durch diese Organisationsmodelle die Akquisekosten für die Abwasserverbände und Kommunen gering gehalten werden können.
9. Die Kommunen nutzen die Möglichkeit, die landwirtschaftlichen Flächen, die in ihrem Eigentum sind, mit der Auflage zu verpachten, daß regionale Klärschlämme bzw. Bioabfallkomposte zur Grunddüngung herangezogen werden, sofern die entsprechenden Grenzwerte in allen Parametern eingehalten werden können.
10. Die Verbesserung der Kompost- und Klärschlammqualität wird weiterhin ein wichtiges Anliegen der Abwasserverbände und Kommunen sein, weil ansonsten nur die teure Verbrennung als Alternative bleibt. Infolgedessen werden weiterhin Anstrengungen unternommen, um bei allen Schadstoffparametern eine deutliche Unterschreitung der Grenzwerte zu realisieren.
11. Kläranlagen mit Nachfällung werden keinen nennswerten Umfang erlangen. Die biologische P-Elimination wird hingegen an Boden gewinnen, weil diese nicht nur unter betriebswirtschaftlicher Sichtweise günstiger abschneidet als die chemische Fällung, sondern das Phosphat im Klärschlamm besser pflanzenverfügbar ist und deshalb diese Schlämme von den Landwirten bevorzugt werden.

7.6.2. Landwirte

1. Der einzelne Landwirt wird i.d.R. die Änderungen der Rahmenbedingungen passiv abwarten.
2. Die Landwirte werden, unabhängig von ihrer tatsächlichen Kostenstruktur, von den Kommunen und Abwasserverbände soviel Geld für die Verwertung der Klärschlämme und Bioabfallkomposte verlangen, wie diese ansonsten für die Verwertung oder Entsorgung aufwenden müßten. Diese Strategie können sie zumindest solange verfolgen, wie es ein Überangebot von Klärschlamm und Bioabfallkompost gibt. Durch eine überregionale Verwertung bilden sich allerdings in unterschiedlichem Maße Knappheitsgrade bei den Sekundärrohstoffdünger heraus, so daß es bei unbefriedigter Nachfrage zu einem rapiden Verfall der sog. Einarbeitungsprämien kommt, da die Landwirte sich gegenseitig unterbieten werden.
3. Kalkkonditionierte Klärschlämme werden deutlich stärker nachgefragt und von den Landwirten auch bei geringeren Einarbeitungsprämien abgenommen.¹⁶⁷
4. Naßschlämme werden, soweit verfügbar, aufgrund der Tatsache, daß sie a) in schon stehende Getreidebestände oder junge Maiskulturen ausgebracht werden können, b) einen hohen pflanzenverfügbaren Stickstoffgehalt haben und c) einen immerhin beachtenswerten Kaliumgehalt aufweisen, geschätzt und verwendet.
5. Die Bioabfallkompostverwertung wird sich nur dann unter maßgeblicher Beteiligung der Landwirte etablieren, wenn diese in die Kompostierung mit einbezogen werden, und entsprechend für ihre Leistungen in diesem Bereich honoriert werden.
6. Die Landwirtschaft wird für die Verwertung von Bioabfallkomposten eine Einarbeitungsprämie verlangen, weil die Landwirte diese Erfahrungen bei den Klärschlämmen bereits sammeln konnten und sich zukünftig ihrer Marktposition auch bei den Bioabfallkomposten bewußt werden.
7. Die Landwirte werden in Form von Maschinenringen mehr in direkten Kontakt mit einzelnen Abwasserverbänden und Kommunen treten, um die Zwischengewinne der klärschlamm- und bioabfallhandelnden Unternehmen selber zu erwirtschaften. Im Zusammenschluß stellen sie als Bietergemeinschaft ernstzunehmende Gesprächspartner bei Ausschreibungen o.ä. für die klärschlamm- und kompostabgebenden Institutionen dar.
8. Mit der Koppelung der AbfKlärV an die Düngeverordnung ist die Variante der Vergütung der Klärschlammverwertung mittels Pauschbeträgen pro Hektar im Rückgang begriffen. Deshalb ist es auch nicht auszuschließen, daß die Landwirte die erwartete Verwertungsprämie nicht mehr an die verwertete Trockensubstanz, sondern an die verwertete Phosphatmenge

¹⁶⁷ So sind die Landwirte auch heute schon vereinzelt bereit für kalkkonditionierte Klärschlämme einen Nachlaß bei der Einarbeitungsprämie zu gewähren, da diese am Markt immer knapper werden, weil auf den Kläranlagen aus Kostengründen vermehrt Polymere zur Konditionierung verwendet werden und die Landwirte den Kalk nicht mehr ohne weiteres gratis beziehen können.

koppeln, da dies die auszubringende Klärschlammmenge und damit ihre Vergütung im wesentlichen beeinflusst.¹⁶⁸

9. Kalktertiärschlämme werden von den Landwirten nicht auf Dauergrünland ausgebracht, weil die "Öffnungsklausel" kaum bekannt ist und für die quantitativ marginale Menge keine aufklärerische Öffentlichkeitsarbeit, z.B. durch die Landwirtschaftskammern, geleistet wird.

7.6.3. (Agrar)-politischen Akteure

7.6.3.1. Aufgaben für den Gesetzes- und Verordnungsgeber

Der Gesetzes- und Verordnungsgeber könnte über eine Vielzahl von Möglichkeiten die Verwertung von Klärschlämmen und Bioabfallkomposten in der Landwirtschaft forcieren. Verfolgt er dieses Ziel, so müssen die nachfolgenden Maßnahmen ergriffen werden.

1. Das KrW-/AbfG wird dahingehend erweitert, daß unvermeidbare Abfälle unter Androhung von Strafe oder Bußgeld einer Verwertung zuzuführen sind, sofern dies wirtschaftlich zumutbar ist.
2. Die Rechtsauslegung wird dahingehend präzisiert, daß die Verbrennung von Klärschlamm keine energetische Verwertung im Sinne des KrW-/AbfG darstellt.
3. Die Verwertung von Kalktertiärschlämmen auf Dauergrünland und Forstflächen wird explizit zugelassen, weil die Gründe, die 1992 zu einem prinzipiellen Anwendungsverbot geführt haben dem nicht entgegenstehen.
4. Insbesondere mit Blick auf die regionale Verwertung von Klärschlämmen in Mittelgebirgslagen wird das Anwendungsverbot auf Dauergrünland - zumindest hinsichtlich der Wiesen - für solche Klärschlämme aufgehoben, die die Grenzwerte der AbfKlärV in allen Schadstoffparametern deutlich unterschreiten. Dabei kommt das von der LUFA Bonn vorgelegte Konzept zum Zuge.
5. Der aktuelle Entwurf zur Kompostverordnung, wonach unabhängig vom tatsächlichen Schadstoffgehalt einzelne organische Abfälle pauschal von einer Verwertung auf Dauergrünland ausgeschlossen werden, wird zurückgezogen, da durch eine feine Absiebung der Fremdstoffbesatz im Kompost so weit herabgesenkt werden kann, daß eine Verletzung der Tiere bei der Futteraufnahme ausgeschlossen werden kann.
6. Die vollständige Klärschlammverwertung einer Kommune oder eines Abwasserverbandes in der Rekultivierung kann, im Gegensatz zur Verwertung in der Landwirtschaft, nicht als Entsorgungssicherheit erhalten, weil diese Maßnahmen endlichen Charakter haben. Die landwirtschaftliche Verwertung ist zeitlich annähernd unbefristet, so daß sie den

¹⁶⁸ Das auch die Qualität der Klärschlämme zukünftig in die Vergütungsfindung mit eingehen könnte ist eher abwägig. Denkbar wäre, daß es erhöhte Einarbeitungsprämien gibt, wenn die Grenzwert der AbfKlärV beispielsweise bei einem Parameter fast vollständig ausgeschöpft würden.

Anforderungen an die Entsorgungssicherheit in ausreichendem Maße Rechnung trägt. Folglich wird das Schreiben des MURL vom 27.09.1994 (1994) an die Bezirksregierungen, daß wegen der "bekannten Unsicherheiten bei der landwirtschaftlichen Verwertung von Klärschlämmen (...) den Nachweis einer zehnjährigen Entsorgungssicherheit allein mit diesem Verwertungsweg nicht" zuläßt und deshalb dazu auffordert die Konzepte so auszulegen, "daß man sich gleichzeitig auf die thermische Behandlung von Klärschlämmen vorbereitet", widerrufen.¹⁶⁹

7. Die NRW-Verwaltungsvorschrift zur AbfKlärV wird in ihrem Anhang hinsichtlich der Nährstoffausscheidungen der Tiere an die tatsächlichen Gegebenheiten angepaßt.
8. Bei dieser Gelegenheit wird das gleitende System des ProDung-Düngungsprogramms der LUFA Bonn verbindlich an die Stelle des bisherigen Treppenstufenmodells gesetzt¹⁷⁰, sofern sich die Gleitfunktion nicht für den alltäglichen Gebrauch als unpraktikabel herausstellt und stattdessen ein fein abgestuftes Treppenstufenmodell zum Zuge kommt.
9. Die Einführung einer Energiesteuer, z.B. als CO₂-Steuer, stärkt die regionale Verwertung, so daß Transporte reduziert werden bzw. auf umweltverträgliche Bahnen umgelenkt werden.
10. Die Düngeverordnung wird novelliert, wobei die Ausnahmebestimmungen, die der Deutsche Bauernverband mit Verweis auf die ökonomische Existenzgrundlage der Veredlungsbetriebe errungen hat und die den Landwirten wissentlich zugestanden worden sind, aufgehoben werden (vgl. Fußnote 26).
11. Für Bioabfallkomposte wird ein Haftungsfonds, ggf. auf freiwilliger Basis, geschaffen, sofern der Absatz an haftungsrechtlichen Akzeptanzproblemen scheitern sollte.
12. Klärschlämme, die deutlich die Grenzwerte der AbfKlärV unterschreiten, können aufgrund einer Änderungsklausel in der TA Siedlungsabfall in Monoklärschlammdeponien zwischengelagert werden, um sie zu einem späteren Zeitpunkt für Düngezwecke verwerten zu können.¹⁷¹

7.6.3.2. Aufgaben für den Goldenen Zügel

Durch finanzielle Anreize und Mittelsteuerung der Gelder der öffentlichen Hand, z.B. an die Landwirtschaftskammern, kann über den sog. Goldenen

¹⁶⁹ Die zehnjährige Entsorgungssicherheit ist nach Angaben von MELSA (1998) zwischenzeitlich für die landwirtschaftliche Klärschlammverwertung auf einen Zeitraum von fünf Jahren verkürzt worden.

¹⁷⁰ Dies ist auch deshalb wichtig, weil das ProDung-System lediglich im Zuständigkeitsbereich der Landwirtschaftskammer Rheinland gilt, obwohl es zwischenzeitlich auch stillschweigend im Kammerbereich Westfalen-Lippe angewandt wird (RIEß, 1998).

¹⁷¹ Durch die Einführung einer (EU-weiten) Abgabe oder Steuer auf importierten Phosphor könnte die landwirtschaftliche Klärschlammverwertung noch an ökonomischen Anreiz gewinnen. Ob der Aufwand das Ergebnis rechtfertigt würde, bleibt dahin gestellt. Die Berechnungen mit RAUMIS zeigten jedenfalls, daß eigentlich schon ein ausreichender ökonomischer Anreiz vorhanden ist.

Zügel Einfluß auf die Beratungstätigkeit der Kammern genommen werden. Über den Goldenen Zügel könnten folgende Maßnahmen initiiert werden:

1. Die landwirtschaftlichen Beratungsdienste informieren forcierter im Hinblick auf die Einführung der mikrobiellen Phytase und klären gleichzeitig über die Einsparpotentiale einer Unterfußdüngung bei Mais auf Flächen der Bodenversorgungsstufen D bzw. E für P_2O_5 auf.
2. Mit dem Inkrafttreten des gesetzlichen Klärschlammhaftungsfonds werden aus den Musterpachtverträgen der Landwirtschaftskammern die Ausschlußklauseln zur Klärschlamm- und Bioabfallkompostaufbringung gestrichen.
3. Die Vorteile der Einkommenskombination durch Kompostierung von Bioabfällen mit anschließender landwirtschaftlicher Verwertung werden sowohl den Kommunen als auch den Landwirten verstärkt vermittelt.
4. In Zusammenarbeit mit den Verbraucherverbänden, die bereits klargestellt haben, daß die Forderung der weiterverarbeitenden Betriebe an die Landwirte, keine Klärschlämme in der Nahrungsmittelerzeugung einzusetzen, nicht ihre Unterstützung findet (KOLBA, 1998, S. 77), wird in eine sachbezogene Diskussion mit den AGÖL-Verbänden, den Getreidemühlen etc. über den Einsatz von Klärschlamm als Dünger in der Landwirtschaft eingetreten.
5. Die teilweise bestehenden Boden- und Güllebörsen werden um den Bereich der Sekundärrohstoffdünger erweitert.¹⁷²

¹⁷² In diesem Zusammenhang könnte es nützlich sein, im Internet eine Internetseite einzurichten, in der die einzelnen Verbände und Kommunen ihre zu vermarktenden Produkte mit den dazugehörigen Analyseergebnissen angeben können, so daß die Interessenten dafür Angebote abgeben können.

8. Zusammenfassung

Mit der vorliegenden Arbeit wurde zunächst auf rechtliche Rahmenbedingungen eingegangen, da diese maßgebliche exogene Rahmenbedingungen vorgeben. Die Zielhierarchie des KrW-/AbfG wurde als wesentliche Vorgabe des Gesetzesgebers für alle Szenarien übernommen. Es war allerdings zu konstatieren, daß für den Fall, daß gegen die Grundpflichten der Kreislaufwirtschaft wie sie in § 5 des Gesetzes beschrieben werden, verstoßen wird, kein Sanktionsmechanismus im Gesetz existiert. Insofern wurde hier ein Handlungsbedarf für den Gesetzesgeber ausgemacht.

Ferner wurde mit der vorliegenden Arbeit auf die Ungleichbehandlung von Wirtschaftsdüngern im Vergleich zu den Sekundärrohstoffdüngern wie Klärschlamm und Bioabfallkompost aufmerksam gemacht. So darf beispielsweise Klärschlamm nicht auf Flächen der Bodenversorgungsstufe E für P_2O_5 ausgebracht werden, während Wirtschaftsdünger aufgrund von Sonderregelungen auf diesen Flächen noch zur Düngung eingesetzt werden dürfen.

Trotz der Kritik an dieser Praxis wurde diese Tatsache als exogene Vorgabe für die berechneten Szenarien übernommen.

Obwohl die Bioabfallkomposte einen kleineren Nutzen-/Schadstoffquotienten aufweisen, wurde gezeigt, daß die Klärschlammverwertung wesentlich stärker reglementiert ist als die Bioabfallkompostverwertung in der Landwirtschaft.

Das pauschale Aufbringungsverbot von Klärschlamm auf Dauergrünland, das Anfang der 90er Jahre vom Ordnungsgeber aus Vorsorgegründen installiert wurde und vor dem Hintergrund seiner Entstehungsgeschichte heute eigentlich nicht mehr in dieser Form Bestandteil der AbfKlärV sein dürfte, wurde zwar kritisiert, aber trotzdem als exogene Rahmenbedingung für die Szenarioberechnung zugrunde gelegt.

Die agrarökonomischen Szenarioberechnungen wurden mit dem Modellsystem RAUMIS (Regionalisiertes Agrar- und Umweltinformationssystem für die Bundesrepublik Deutschland) für das Bundesland Nordrhein-Westfalen durchgeführt. Das Zieljahr 2005 liegt den Berechnungen zugrunde, weil zu diesem Zeitpunkt sowohl die Übergangsvorschriften in der Düngeverordnung als auch die in der TA Siedlungsabfall auslaufen. Daneben ist ein Planungshorizont von sieben Jahren für die Umsetzung der Ergebnisse in die Praxis als realistischer Zeitraum anzusehen.

Das Modellsystem ist regional in Anlehnung an die Landkreise in sog. Kreishöfe untergliedert. Dadurch können auch Unterschiede innerhalb NRWs transparent gemacht werden. Beispielhaft sei auf die unterschiedliche Ausgangslage in den Ballungszentren an Rhein und Ruhr, in der Veredlerregion des Münsterlandes sowie in den klassischen Dauergrünlandgebiete der Mittelgebirgslagen aufmerksam gemacht.

Als Verwertungsfläche für die Sekundärrohstoffdünger wurden überschneidungsbereinigt nur solche Flächen zugelassen, die nicht nach § 4 der AbfKlärV auszuschließen sind. Da die Ausschlußflächen aber mit Wirtschaftsdüngern bedient werden können und in allen Kreishöfen in ausreichendem Maße Wirtschaftsdünger zur Düngung dieser Flächen zur Verfügung stehen, hat dieser Faktor letztlich keinen limitierenden Einfluß auf den Umfang der Klärschlamm- und Bioabfallkompostverwertung im Modellsystem.

Als wesentlich bedeutsamer stellt sich hingegen die Veränderungen bedingt durch den biologisch-technischen Fortschritt in der Pflanzenzüchtung und in der Fütterungstechnik da. Während beispielsweise beim Getreidebau ein jährlicher Ertragszuwachs gemäß dem langjährigen Mittel von 1,8 % unterstellt wurde, kommt im Bereich der tierischen Erzeugung die mikrobielle Phytasefütterung bei 50 % der Schweine und fast 100 % des Geflügels zum Einsatz. Dadurch reduziert sich der P_2O_5 -Gehalt der Wirtschaftsdünger der Kreishöfe im Landesdurchschnitt voraussichtlich um 11,5 %. Der Schwankungsbereich dieses gewichteten Wertes liegt zwischen 0,8 % (Dauergrünlandregion) und 15,8 % (Veredlerregion).

Die der Landwirtschaft prinzipiell zur Verfügung stehende Klärschlammmenge wurde mit 80 % der Gesamtanfallmenge exogen vorgegeben. Bei den Bioabfallkomposten ist dieser Prozentsatz auf 50 % festgelegt. Die Restmengen bleiben somit als garantierte Mindestchargen den anderen Wegen in Rekultivierung, Landschaftsbau, Erden- und Substratherstellung oder Verbrennung vorbehalten.

Die maximale Frachtobergrenze wurde für Klärschlamm entsprechend der AbfKlärV mit 5 t TS/(ha*3 Jahren) angenommen. Der Wert für die Bioabfallkomposte beträgt 60 t FS/ (ha*3 Jahren). Die untere Frachtgrenze wurde bei maschinell entwässertem Klärschlamm, aufgrund der technischen Restriktionen bei der Ausbringung, auf 2,8 t TS/(ha* 3 Jahren) festgesetzt. Für Naßschlamm ist dieser Wert aus Gründen der Praxisnähe bei 2,0 t TS/(ha* 3 Jahren) angesetzt.

Der agrarpolitische Rahmen ist entsprechend den absehbaren Änderungen ausgestaltet. Es wurde davon ausgegangen, daß der Getreidepreis von 119 ECU/t nicht unterschritten wird. Auch im Bereich der Rindfleischerzeugung sind keine Veränderungen unterstellt.

Bei den Bioabfallkomposten ist eine flächendeckende Einführung der Bioabfalltonne unterstellt, wobei allerdings die unterschiedlichen Erfassungsmengen in Abhängigkeit von der Siedlungsstruktur berücksichtigt sind. Bei den Klärschlämmen werden unterschiedliche regionale Nährstoffgehalte als auch das weitere Vordringen der Entwässerungs-aggregate auf den Kläranlagen mit in die Betrachtungen einbezogen.

Da aufgrund der TA Siedlungsabfall ab dem Jahr 2005 neben der stofflichen Verwertung nur noch die Verbrennung Bestand haben wird, können sich die Landwirte mit ihren Forderungen hinsichtlich der sog. Einarbeitungsprämie an den Kosten der ansonsten von den Kommunen und Abwasserverbänden

zu bedienenden Verbrennung orientieren. Dabei müssen sie allerdings die im Falle einer landwirtschaftlichen Verwertung den Abwasserverbänden und Kommunen entstehenden Kosten hinsichtlich des Haftungsfonds, der Bodenanalyse auf Schwermetalle und der Flächenakquise subtrahieren. Diese drei Positionen werden, analog zum Klärschlamm, auch Bestandteil der exogenen Kostenstruktur bei der Bioabfallkompostverwertung, obwohl dies nicht dem derzeitigen rechtlichen Status quo entspricht.

Der beschriebene Preisbildungsmechanismus funktioniert solange, wie Klärschlamm (und mit leicht modifizierten Annahmen auch Bioabfallkompost) von den Abwasserverbänden und Kommunen nicht zu einem knappen Gut gemacht werden kann. Damit sich echte Knappheitspreise herausbilden können, müssen diese bessere logistische Konzepte ausarbeiten. Für die RAUMIS-Szenarien, die die Option des interregionalen Transports beinhalten, ist unterstellt worden, daß lediglich maschinell entwässerter Klärschlamm als transportwürdig anzusehen ist.

Die Landwirte können, wenn sich Knappheitspreise herausbilden, die Einarbeitungsprämien bis auf das Kostenniveau der tatsächlich mit der Einarbeitung verbundenen Kosten abzüglich dem Nährstoffwert des Sekundärrohstoffdüngers absenken. Es ist gezeigt worden, daß diese Kosten nur bei einem Bruchteil der ansonsten von den Landwirten durchsetzbaren Einarbeitungsprämien liegen.

Durch rechnerische Belege wurde dargestellt, daß im Landesdurchschnitt mehr P_2O_5 und K_2O im Pflanzenbau benötigt wird, als durch die in NRW anfallenden Wirtschaftsdünger, Klärschlämme und die Bioabfallkomposte bereit gestellt werden kann.

Da mit diesem vereinfachten Ansatz aber nicht der tatsächlichen Situation hinreichend Rechnung getragen wird und mit RAUMIS Maßnahmen für die Politikberatung evaluiert werden sollten, sind folgende Szenariosubvarianten durchgespielt worden:

- Einsatz von Sekundärrohstoffdüngern auf Pachtflächen bei Gewährung eines um 10 % erhöhten Pachtzinses; Einsatz von Bioabfallkomposten auf intensiv bewirtschafteten Wiesen
- Kein Einsatz von Sekundärrohstoffdüngern auf Pachtflächen bei Gewährung eines um 10 % erhöhten Pachtzinses; Kein Einsatz von Bioabfallkomposten auf intensiv bewirtschafteten Wiesen
- Kein Einsatz von Sekundärrohstoffdüngern auf Pachtflächen bei Gewährung eines um 10 % erhöhten Pachtzinses; Einsatz von Bioabfallkomposten auf intensiv bewirtschafteten Wiesen
- Einsatz von Sekundärrohstoffdüngern auf Pachtflächen bei Gewährung eines um 10 % erhöhten Pachtzinses; Kein Einsatz von Bioabfallkomposten auf intensiv bewirtschafteten Wiesen

Es zeigt sich, daß für eine möglichst weitgehende Klärschlammverwertung die Frage von Bedeutung ist, ob die Pachtflächen verfügbar sind. Für eine weitgehende Bioabfallkompostverwertung ist hingegen entscheidend, ob die betriebseigenen Intensivwiesen belegt werden können. Die intensiv

bewirtschafteten Pachtwiesen tragen nicht zu einer wesentlichen Verbesserung des Absatzes von Bioabfallkomposten bei.

Müssen keine Bodenversorgungsstufen berücksichtigt werden bzw. befänden sich alle Flächen im Zielbereich C, so ließe sich theoretisch in allen Szenariovarianten die gesamte Klärschlammmenge in der Landwirtschaft absetzen, sofern ein interregionaler Transport zugelassen ist. Sollten dabei die Intensivwiesen nicht verfügbar sein, so liegt die absetzbare Bioabfallkompostmenge lediglich bei rund 40 %. Dieser Prozentsatz verdoppelt sich, sobald die Intensivwiesen mit Bioabfallkompost gedüngt werden dürfen.

Wird kein interregionaler Transport zugelassen, so tritt ein Zuwachs bei der verwerteten Bioabfallkompostmenge in den Szenarien ein, bei denen eine Düngung von Intensivwiesen ausgeschlossen gewesen war. Der Wert wächst dann auf rund 67 % an, während sich die verwertbare Klärschlammmenge in allen Szenariovarianten in etwa halbieren. Es bleibt deshalb festzuhalten, daß der interregionale Transport zu Lasten der Verwertung von Bioabfallkompost geht, sofern die Komposte nicht auf Intensivwiesen verwertet werden dürfen.

Berücksichtigt man die Bodenversorgungsstufen gemäß dem Treppenstufenmodell der NRW-Verwaltungsvorschrift zur AbfKlärV und läßt keinen interregionalen Klärschlammtransport zu, so stagniert der Bioabfallkompostabsatz in allen Szenariovarianten auf dem Niveau des vergleichbaren Szenarios ohne Berücksichtigung der Bodenversorgungsstufen. Sofern Pachtflächen verfügbar sind fällt der Absatz der Klärschlämme lediglich um acht Prozentpunkte zurück. Der Wert beträgt 17 Prozentpunkte, sofern diese nicht verfügbar sind.

Der interregionale Klärschlammtransport zeigt bei Beachtung der Bodenversorgungsstufen gemäß dem Treppenstufenmodell der NRW-Verwaltungsvorschrift zur AbfKlärV keinen wesentlichen Einfluß auf die absetzbare Bioabfallkompostmenge. Allerdings kann bei den Szenariovarianten, die eine Sekundärrohstoffdüngerverwertung auf Pachtland zulassen, rund 95.000 t TS an Klärschlamm mehr verwertet werden, was knapp 20 Prozentpunkten entspricht. Sind Pachtflächen nicht verfügbar, steigt der Wert lediglich um 60.000 t TS.

Eine als sog. "novelliertes Treppenstufenmodell" titulierte Szenariovoreinstellung beinhaltet, daß auf Flächen der Bodenversorgungsstufe D eine $\frac{3}{4}$ -Entzugsdüngung hinsichtlich des limitierenden Nährstoffes ausgebracht werden darf und auf Flächen der Bodenversorgungsstufe E noch eine halbe Entzugsdüngung. Es zeigt sich in Abhängigkeit von der Szenariosubvariante, daß bei diesen Sonderberechnungen lediglich 1 bis knapp 5 % der verwerteten Klärschlämme auf Flächen der Bodenversorgungsstufe E für P_2O_5 ausgebracht werden. Läßt man einen interregionalen Klärschlammtransport zu, so fällt dieser Anteil noch weiter ab. Somit läßt sich belegen, daß der Ordnungsgeber diese Flächen hätte garnicht dirigistisch von der Verwertung ausschließen müssen. Das

Marktgeschehen würde vielmehr dazu beitragen, daß auf diese Flächen kaum Klärschlamm gelangen würde.

Der Anteil der verwerteten Bioabfallkompostmenge auf Flächen der Bodenversorgungsstufe E für P_2O_5 liegt allerdings zwischen 10 und 20 %. Die beiden Szenariosubvarianten ohne Ausbringungsmöglichkeit auf Intensivwiesen geben dabei den oberen Skalenrand vor. Dies kommt auch dadurch zum Ausdruck, daß bei diesen Szenariosubvarianten jeweils über 50 % der verwerteten Bioabfallkompostmenge auf Flächen der Bodenversorgungsstufe D für P_2O_5 ausgebracht wird.

Diese Ergebnisse untermauern anschaulich, daß die Bioabfallkomposte gegenüber den Klärschlämmen insbesondere dann konkurrenzstark sind, wenn ein hoher Anteil der potentiell verfügbaren Verwertungsflächen bereits stark mit P_2O_5 angereichert ist.

Durch eine detaillierte Analyse der Szenarioergebnisse läßt sich weiterhin zeigen, daß die Bioabfälle hauptsächlich dann als Sekundärrohstoffdünger verwendet werden, wenn die Landwirte die Kompostierung selbst durchführen und entsprechend an der Wertschöpfungskette partizipieren können. Ansonsten geben sie tendenziell dem Klärschlamm den Vorzug.

Legt man das "novellierte" Treppenstufenmodell zugrunde, so beträgt die Verwertungsquote bei den Bioabfallkomposten rund 40 % des verfügbaren Aufkommens, sofern die intensiv bewirtschafteten Wiesen nicht verfügbar sind. Ansonsten liegt der Wert bei 74%. Ist Pachtland als Verwertungsfläche verfügbar, so übersteigt die Nachfrage nach Klärschlämmen deutlich das verfügbare Angebot, während ansonsten nur rund 85 % der Klärschlämme abgesetzt werden können und sich somit keine echten Knappheitspreise herausbilden würden.

Abschließend bleibt festzuhalten, daß die landwirtschaftliche Klärschlamm- und Bioabfallkompostverwertung nicht von der Schadstoffseite her in Bedrängnis kommt. Die Stoffströme könnten, trotz der starken Besiedlungsdichte und trotz des höchsten Viehbesatzes pro ha LF innerhalb Deutschlands, größtenteils einer landwirtschaftlichen Verwertung in NRW zugeführt werden. Gefordert sind insbesondere logistische Konzepte, mit denen die regionalen Ungleichgewichte von Angebot und Nachfrage austariert werden können.

Daneben kann insbesondere der Verordnungsgeber kurzfristig dazu beitragen, daß die aufstrebende Bioabfallkompostierung nicht demnächst mit Absatzproblemen konfrontiert wird. Dafür darf er bei der Verabschiedung der anstehenden Kompostverordnung die Bioabfallkomposte aus der separaten Sammlung nicht von einer Anwendung auf Dauergrünland ausschließen. Vor dem Hintergrund, daß in den Mittelgebirgslagen die ackerbaulichen Verwertungsmöglichkeiten für Klärschlamm stark eingeschränkt sind, sollte zumindest für Klärschlämme besonderer Güte über eine Wiederezulassung der Verwertung auf Dauergrünland nachgedacht werden.

Für die Ballungszentren an Rhein und Ruhr kann eine regionale Verwertung nicht verwirklicht werden. Dafür sind aber gerade dort einzelne Kläranlagen

aufgrund ihrer infrastrukturellen Lage und ihrer Anlagengröße prädestiniert für die Umsetzung von kostengünstigen und umweltverträglichen Logistikkonzepten, durch die auch eine Verwertung jenseits der NRW-Landesgrenzen in vieharmen Gebieten, beispielsweise in den neuen Bundesländern, verwirklicht werden könnte.

Somit verfügen insbesondere die NRW-Abwasserverbände über das Instrumentarium, um einerseits einer stoffliche Verwertung ihrer Klärschlämme auf breiterer Front zum Durchbruch zu verhelfen, und um andererseits das Kostenniveau durch die Herausbildung von echten Knappheitspreisen zu senken.

VI. Literaturverzeichnis

A

- n ABFALLGESETZ FÜR DAS LAND NORDRHEIN-WESTFALEN (Landesabfallgesetz -LAbfG-) vom 21. Juni 1988, zuletzt geändert durch Gesetz vom 15. Dezember 1993 (GV.NW. S.987 - SGV.NW.74).
- n ABWASSESTECHNISCHE VEREINIGUNG e.V. (ATV) (1998): Presseinformation 1/1998 der ATV: "Erste Ergebnisse: Klärschlammumfrage der ATV ermöglicht Kostentransparenz in der Abfallwirtschaft", Hennef.
- n AGGERVERBAND GUMMERBACH (1993): Aggerverband Gummersbach 1988 - 1992, Gummersbach.
- n AGRAR-EUROPE (41/1997): Gute Noten für den Getreideteil der Agenda 2000, EUROPA-NACHRICHTEN 20 - 21.
- n AGRAR-EUROPE (35/1997): Landwirtschaftliche Grundstücke deutlich billiger, MARKT + MEINUNG 16.
- n AGRAR-EUROPE (35/1997): Einigung über die Kompostverordnung in Sicht, LÄNDERBERICHT 1 - 2.
- n AGRAR-EUROPE (30/1997): "Klärschlamm-Entsündigungsfonds" soll Landwirte gegen Restrisiken absichern, LÄNDERBERICHT 21 - 22.
- n AGRAR-EUROPE (29/1997): "Im Waldboden ticket eine Zeitbombe", LÄNDERBERICHTE 22 - 24.
- n AGRAR-EUROPE (26/1997): Transparente Zulassungsverfahren für Futterzusatzstoffe gefordert, LÄNDERBERICHTE 10 - 11.
- n AICHBERGER, K., HOFER, G., PICHLER, H., GRUBER, U. (1996): Vergleich der Stoffgehalte von Naß- und Preßschlamm und der daraus resultierenden Frachten beim Einsatz in der Landwirtschaft, in: VERBAND DEUTSCHER LANDWIRTSCHAFTLICHER UNTERSUCHUNGS- UND FORSCHUNGSANSTALTEN (VDLUFA) (Hrsg.): Kurzfassungen der Vorträge des 109. VDLUFA-Kongress "Stoff- und Energiebilanzen in der Landwirtschaft", Darmstadt, 81.
- n ALLGEMEINE RAHMEN-VERWALTUNGSVORSCHRIFT ÜBER MINDESTANFORDERUNGEN AN DAS EINLEITEN VON ABWASSER IN GEWÄSSER vom 31.07.1996 (Rahmen-AbwasserVwV), GMBI. 1996, S. 729 - 748.
- n ANONYM (1992): Arbeitspapier "Hinweise zum Vollzug der AbfKlärV" der Bund-Länder-Besprechung vom 10.11.1992, in : ENTSORGA gGmbH zur Förderung der Abfallwirtschaft und der Städtereinigung und Bundesverband der deutschen Entsorgungswirtschaft e.V. (Hrsg.) (1994): Landwirtschaftliche Klärschlammverwertung, *Kreislaufwirtschaft in der Praxis*, Nr. 2, Köln, 32 - 41.
- n ARBEITSGEMEINSCHAFT ÖKOLOGISCHER LANDBAU (HRSG.) (1990): Rahmenrichtlinien zum ökologischen Landbau, 12. Auflage, Bad Dürkheim.
- n AUSFÜHRUNGSGESETZ ZUM BASLER ÜBEREINKOMMEN vom 30.9.1994 (BGBl. I, S. 2771).
- n AUSWERTUNGS- UND INFORMATIONSDIENST FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN E.V. (AID) (1997): Landwirtschaft in Zahlen, Bonn.
- n AUSWERTUNGS- UND INFORMATIONSDIENST FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN E.V. (AID) (1994): Mastschweine richtig füttern, Bonn.
- n AUSWERTUNGS- UND INFORMATIONSDIENST FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN E.V. (AID) (1991): Pachten und Verpachten, Teilflächen und Betriebe, Bonn.

B

- n BAUMANN, P., KRAUTH, K., WERNER, G. (1994): Nachfällung mit Kalkhydrat, *Korrespondenz Abwasser*, 12/94, 2232 - 2241.
- n BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR LANDESENTWICKLUNG UND UMWELTFRAGEN (Hrsg.) (1990): Abfallwirtschaft in Bayern, Auswertung einer Umfrage zur stofflichen und biologischen Verwertung von Hausmüll und hausmüllähnlichen Abfällen (Schlußbericht, Kurzfassung), Bd. 62, München.
- n BEISECKER, R., GÄTH, S., FREDE, H.G. (1996): Flächendeckende Verwertung von organischen Abfällen einschließlich der landwirtschaftlichen Wirtschaftsdünger im Spannungsfeld von Bodenschutz und Kreislaufwirtschaft, Wettenberg.
- n BERGISCH-RHEINISCHER WASSERVERBAND (1994): Jahresbericht 1994, Haan.
- n BERNHARDT, M. (1993): Kompostierung in Alt-Siloanlagen, Chancen für eine dezentrale Bioabfallkompostierung im Bundesland Brandenburg, *AbfallwirtschaftsJournal*, Jg. 5 (7), 75 - 76.
- n BIDLINGMAIER, W. (1995): Anlageninput und erzeugte Kompostqualität, in: WIEMER, K., KERN, M. (Hrsg.): Biologische Abfallbehandlung II, Kompostierung - Anaerobtechnik - Kalte Vorbehandlung - Klärschlammverwertung (Abfallwirtschaft - Neues aus Forschung und Praxis), Witzenhausen, 109 - 120.

- n BIDLINGMAIER, W., KREFT, H., STÖPPLER-ZIMMER, H. (1994): Substratherstellung im Rahmen der Klärschlamm Entsorgung und -verwertung im Raum Emscher-Lippe, Essen.
- n BONUS, H. (1994): Zwei Philosophien der Umweltpolitik, *List-Forum*, Heft 5, 323 - 342.
- n BRENK, C. (1998): Ableitung der landwirtschaftlichen Verwertungspotentiale für organogene Abfallstoffe (Sekundärrohstoffdünger) in Nordrhein-Westfalen anhand eines integrierten Nährstoffversorgungs-konzepts und ihre Bewertung in Hinblick auf die Schwermetallflüsse, Aachen.
- n BRENK, C., WERNER, W. (1996): Potentiale der landwirtschaftlichen Sekundärrohstoffverwertung in Nordrhein-Westfalen: Anlagenspezifische Abschätzung von Anfallsmengen und Stoffflüssen und ihre Bewertung vor dem Hintergrund eines integrierten Nährstoffversorgungs-konzepts, in: VERBAND DEUTSCHER LANDWIRTSCHAFTLICHER UNTERSUCHUNGS- UND FORSCHUNGSANSTALTEN (VDLUFA) (Hrsg.): Kurzfassungen der Vorträge des 109. VDLUFA-Kongress "Stoff- und Energiebilanzen in der Landwirtschaft", Darmstadt, 142.
- n BRENSING, H. (1994): Unterstützung der landwirtschaftlichen Verwertung von Klärschlamm durch einen Klärschlammhaftungsfonds, *Korrespondenz Abwasser*, 8/94, 1266 - 1267.
- n BREUNINGER, E. (1992): Komposthof statt Schweinestall?, *top-agrar*, H. 4, 30 - 33.
- n BROCKERHOFF, H. (1998): Große Unterschiede bei Nährstoffen, *LZ-Rheinland*, 9/98, 38 - 41.
- n BUNDESAMT FÜR UMWELT, WALD UND LANDSCHAFT (BUWAL) (1991): Klärschlammverbrennung, Untersuchung der Entsorgungsmöglichkeit von Klärschlamm durch Verbrennung, *Schriftenreihe Umwelt (Luft) Nr. 156*, Bern.
- n BUNDESGÜTEGEMEINSCHAFT KOMPOST E.V. (1996): Verzeichnis der Kompostanlagen in Deutschland, Köln.
- n BUNDESGÜTEGEMEINSCHAFT KOMPOST E.V. (1992): Qualitätskriterien und Güterichtlinien für das RAL-Gütezeichen "Kompost", Köln.
- n BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN (BMELF) (1998): Mehr Sicherheit bei der landwirtschaftlichen Verwertung von Klärschlamm, *Agrarpolitische Mitteilungen* 3/98.
- n BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN (BMELF) (1997a): Die europäische Agrarreform, Pflanzlicher Bereich, Flankierende Maßnahmen, Für das Erntejahr 1998, Bonn.
- n BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN (BMELF) (1997b): Die europäische Agrarreform, Tierprämien, Bonn.
- n BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN (BMELF) (1997c): Gute Zukunftschancen für eine leistungsorientierte und umweltverträgliche Landwirtschaft, *Agrarpolitische Mitteilungen* 9/97, 1.
- n BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN (BMELF) (1997d): Bundesernährungsminister Jochen Borchert: Pressekonferenz zum Agrarteil der "AGENDA 2000", *Mitteilungen für die Presse* (17. Juli 1997).
- n BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN (BMELF) (1997e): Agrarbericht der Bundesregierung 1997, Bonn.
- n BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN (BMELF) (1995a): Begründung zur Düngeverordnung, in: *Bundesrats-Drucksache* 402/95, Bonn.
- n BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN (BMELF) (1995b): Waldzustandsbericht der Bundesregierung, Bonn.
- n BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN (BMELF) (Hrsg.) (1995c): Bericht des Bundes und der Länder über Nachwachsende Rohstoffe, Bonn.
- n BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT (BMU) (Hrsg.) (1997): Mitteilung der Regierung der Bundesrepublik Deutschland gemäß Artikel 17 der Richtlinie des Rates 86/278/EWG vom 12.6.96 über den Schutz der Umwelt und insbesondere der Böden bei der Verwendung von Klärschlamm in der Landwirtschaft, korrigierte Fassung vom 10.07.1997, Bonn.
- n BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT (BMU) (1996): Entwurf der "Verordnung über die Verwertung von biologisch abbaubaren Abfällen auf landwirtschaftlich, forstwirtschaftlich und gärtnerisch genutzten Flächen (Bioabfall- und Kompostverordnung)", Stand: 16.12.1996, Bonn.
- n BUNDESREGIERUNG (1997a): Entwurf der "Verordnung über den Klärschlamm-Entschädigungsfonds (Klärschlamm-Entschädigungsfondsverordnung - KlärEV)", publiziert u.a. in: *Bundestag-Drucksache* 13/8292.
- n BUNDESREGIERUNG (1997b): Entwurf der "Begründung zur Verordnung über den Klärschlamm-Entschädigungsfonds", publiziert u.a. in: AGRAR-EUROPE vom 01.09.1997 (35/97), DOKUMENTATION 6 - 11.
- n BUNDESREGIERUNG (1997c): Agrarbericht der Bundesregierung 1997, Bonn.
- n BUNDESREGIERUNG (1993): Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage zur Verwendung und Entsorgung von Klärschlamm, *Bundestagsdrucksache* 12/4627, Bonn.

C

- n CANDINAS, T., SIEGENTHALER, A. (1992): Principes de la fumure, Boues d' épuration et compostes en agriculture, *Les cahiers de la Station fédérale de recherches en chimie agricole et sur l'hygiène de l' environnement*, No. 9, Berne.
- n COPPOOLSE, J. ET AL. (1990): De uitscheiding van stikstof, fosfor en kalium door landbouwhuisdieren, Nu en Morgen, Den Haag.
- n CYPRIIS, C. (voraussichtlich 1999): Positive Mathematische Programmierung im Agrarsektormodell RAUMIS, Dissertation in Vorbereitung.
- n CYPRIIS, C., MEUDT, M., SANDER, R. (1996): RAUMIS96 Schlüsselwortverzeichnis, 1. Auflage, Bonn

D

- n DAIDO, H. (1998): Manufacturing bricks from Ash in Tokyo, in: ROSENWINKEL, K. (Hrsg.): BMBF-Statusseminar: Stoffliche Verwertung von Klärschlämmen und Aschen aus der Klärschlammverbrennung als Baustoff, *Veröffentlichungen des Institutes für Siedlungswasserwirtschaft und Abfalltechnik der Universität Hannover, Heft 107*, Hannover, 13.1 - 13.7.
- n DAMBROTH, J. (o.J.): Eine Bestandsaufnahme zum Industrie- und Energiepflanzenanbau, BUNDESFORSCHUNGSGEMEINSCHAFT FÜR LANDWIRTSCHAFT (FAL), INSTITUT FÜR PFLANZENBAU (Hrsg.), Braunschweig.
- n DANERS, I. (1998): Klärschlammdüngung: Verstoß gegen den Pachtvertrag?, *LZ-Rheinland*, 2/98, 9.
- n DEBRUCK, J. (1980): Wohin mit dem Stroh?, AUSWERTUNGS- UND INFORMATIONSDIENST FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN E.V. (AID) (Hrsg.), Heft 54, Bonn.
- n DEHIO, J. (1993): Analyse der agrar- und umweltrelevanten Auswirkungen von Auflagen und Steuern im Pflanzenschutzbereich, *Studien zur Wirtschafts- und Agrarpolitik, Bd. 9*, Witterschlick / Bonn.
- n DELLAERT, B. ET AL. (1990): A comparison of different techniques to assess the biological availability of feed phosphates in pig feeding, *Netherlands Journal of Agricultural Sciences*, **38**, 555 - 566.
- n DELSCHEN, T., KÖNIG, W., LEUCHS, W., BANNICK, C. (1996): Begrenzung von Nährstoffeinträgen bei der Anwendung von Bioabfällen in Landschaftsbau und Rekultivierung, *EntsorgungsPraxis 12/96*, 19 - 24.
- n DEUTSCHER BUNDESRAT (Hrsg.) (1997): Verordnung über die Verwertung von unbehandelten und behandelten Bioabfällen auf landwirtschaftlich, forstlich und gärtnerisch genutzten Böden (Bioabfallverordnung - BioAbfV), *Bundesrat-Drucksache 883/97* (vom 06.11.1997, mit Begründung).
- n DÖRPMUND, H.-G. (1993a): Bayerische Landwirte als Kompostprofis, *Agrar-Übersicht*, Jg. 44 (1), 18 - 20.
- n DÖRPMUND, H.-G. (1993b): Hier entsorgen Bauern auch die Biotonne, *Agrar-Übersicht*, Jg. 44 (1), 21 - 22.
- n DRITTE ALLGEMEINE VERWALTUNGSVORSCHRIFT ZUM ABFALLGESETZ (TA Siedlungsabfall) - Technische Anleitung zur Verwertung, Behandlung und sonstigen Entsorgung von Siedlungsabfällen vom 14.05.1993, BAnz. Nr. 99a.
- n DÜNGELHOEF, M., RODEHUTSCORD, M. (1995): Wirkung von Phytasen auf die Verdaulichkeit des Phosphors beim Schwein, *Übersicht Tierernährung*, **23**, 133 - 157.
- n DÜNGEMITTELGESETZ VOM 15.11.1977, BGBl. I S. 2134, entsprechend seiner letzten Änderung.
- n DÜNGEMITTELVERORDNUNG VOM 09.06.1991, BGBl. I S. 1450, entsprechend seiner letzten Änderung.

E / F

- n EUROPÄISCHER GERICHTSHOF (EuGH) (1995): Urteil vom 10.05.1995 - Rs. C-422/92 (Kommission/Bundesrepublik Deutschland); abgedruckt u.a. in: *Neue Zeitschrift für Verwaltungsrecht*, 9/95, 885 - 888.
- n FERBER, K. (1989): Das Modellprojekt "Braune Mülltonne" und der "Biozellenreaktor" im Lahn-Dill-Kreis, in: WIEMER, K. (Hrsg.): Kompostierung International, Abfall-Wirtschaft, Bd. 2, Kassel, 163 - 168.
- n FRANKFURTER ALLGEMEINE ZEITUNG vom 27.05.1994: Die Vergärung verdrängt die klassische Kompostierung, 25.
- n FRICKE, K. ET AL. (1991): Die Bioabfallsammlung und -kompostierung in der Bundesrepublik Deutschland, Situationsanalyse 1991, *Schriftenreihe des Arbeitskreises für die Nutzbarmachung von Siedlungsabfällen (ANS) e.V.*, H. 20, Bad Kreuznach.
- n FRICKE, K., TURK, T. (1991): Stand und Stellenwert der Kompostierung in der Abfallwirtschaft, in: WIEMER, K., KERN, M. (Hrsg.): Bioabfallkompostierung - flächendeckende Einführung, Abfall-Wirtschaft, Bd. 6, Kassel, 13 - 94.

G

- n GEISLER, G. (1980): Pflanzenbau: Ein Lehrbuch - Biologische Grundlagen und Technik der Pflanzenproduktion, Berlin, Hamburg.
- n GERWIN, POLETSCHNY, LAMMERS, SCHMIDT (1992): Gemeinsame Vereinbarung über Grundsätze der Anwendung von Komposten zur Verbesserung der Bodeneigenschaften und zur Pflanzenernährung in Nordrhein-Westfalen zwischen Gütegemeinschaft Kompost Nordrhein-Westfalen e.V., Landesanstalt für Ökologie, Landschaftsentwicklung und Forstplanung Nordrhein-Westfalen, Landwirtschaftliche Untersuchungs- und Forschungsanstalt der Landwirtschaftskammer Rheinland, Landwirtschaftliche Untersuchungs- und Forschungsanstalt der Landwirtschaftskammer Westfalen-Lippe, *LÖLF-Mitteilungen*, 4/92, 47.
- n GESETZ ÜBER DIE ÜBERWACHUNG UND KONTROLLE DER GRENZÜBERSCHREITENDEN VERBRINGUNG VON ABFÄLLEN (Abfallverbringungsgesetz - AbfVerbrG) vom 30.9.1994, BGBl. I S. 2771.
- n GESETZ ZUM SCHUTZ VOR SCHÄDLICHEN UMWELTEINWIRKUNGEN DURCH LUFTVERUNREINIGUNGEN, GERÄUSCHE, ERSCHÜTTERUNGEN UND ÄHNLICHEN VORGÄNGEN (Bundes-Immissionsschutzgesetz - BImSchG), BGBl. S. 3486.
- n GESETZ ZUR FÖRDERUNG DER KREISLAUFWIRTSCHAFT UND SICHERUNG DER UMWELTVERTRÄGLICHEN BESEITIGUNG VON ABFÄLLEN (Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz -KrW-/AbfG) vom 27.9.1994, BGBl. I S. 2705.
- n GLEISBERG, D., HAHN, H. (1995): Zur Entwicklung der Phosphatentfernung aus Abwässern der Bundesrepublik Deutschland, *Korrespondenz Abwasser*, 6/95, 958 - 969.
- n GREUEL, H.-J. (1994): Anwendungsorientierte Einführung in die Programmierung von agrarsektoralen Politikinformationssystemen, unveröffentlichtes Manuskript, Bonn.

H

- n HALM, G. (1993): Kompostvermarktung in der Landwirtschaft durch den Maschinenring am Beispiel der Stadt Kassel, in: WIEMER, K., KERN, M. (Hrsg.): Biologische Abfallbehandlung - Kompostierung - Anaerobtechnik - Kalte Vorbehandlung (Abfallwirtschaft, Neues aus Forschung und Praxis), Witzhausen, 233 - 262.
- n HEGEMANN ET. AL. (1992): Verfahren zur Elimination von Phosphor aus Abwasser, Arbeitsblatt 202 der Abwassertechnischen Vereinigung e.V., St. Augustin.
- n HENRICHSMeyer, ET. AL. (1996): Endbericht zum Kooperationsprojekt "Entwicklung des gesamtdeutschen Agrarsektormodells RAUMIS 96", Bonn / Braunschweig.
- n HENRICHSMeyer, ET. AL. (1995): Stand der Arbeiten im Kooperationsprojekt zur Entwicklung des gesamtdeutschen Agrarsektormodells RAUMIS 96, Bonn / Braunschweig.
- n HENRICHSMeyer, ET. AL. (1993): Abschlußbericht zur zweiten Projektphase des Forschungsvorhabens - 90 HS 021 - des BMELF "Entwicklung eines differenzierten Simulations- und Monitoringsystems für den Agrarbereich der ehemaligen DDR" (SIMONA), Bonn.
- n HENRICHSMeyer, W. ET AL (1992): Endbericht zum Forschungsvorhaben "Aufbau eines computergestützten regionalisierten Agrar- und Umweltinformationssystem für die Bundesrepublik Deutschland" - Modellbeschreibung (BMELF 88 HS 025), Bonn.
- n HENRICHSMeyer, W. ET AL (1990): Zwischenbericht 1990 zum Forschungsvorhaben "Aufbau eines computergestützten regionalisierten Agrar- und Umweltinformationssystem für die Bundesrepublik Deutschland", Bonn.
- n HENRICHSMeyer, W. ET AL (1989): Zwischenbericht zum Forschungsvorhaben "Aufbau eines computergestützten regionalisierten Agrar- und Umweltinformationssystem für die Bundesrepublik Deutschland", Bonn.
- n HENRICHSMeyer, W., DEHIO, J., STROTMANN, B. (1992): Endbericht zum Forschungsvorhaben "Aufbau eines computergestützten regionalisierten Agrar- und Umweltinformationssystem für die Bundesrepublik Deutschland" - Ergebnisbeschreibung: Teil 2: Umweltpolitische Szenarien (BMELF 88 HS 025), Bonn.
- n HENRICHSMeyer, W., KREINS, P. (1992): Endbericht zum Forschungsvorhaben "Aufbau eines computergestützten regionalisierten Agrar- und Umweltinformationssystem für die Bundesrepublik Deutschland" - EDV-Beschreibung (BMELF 88 HS 025), Bonn.
- n HENRICHSMeyer, W., WEBER, G., WOLF, W. (1995): SPEL-System, Überblick über das SPEL-System (Rev. 1), Luxemburg.
- n HENRICHSMeyer, W., WEINGARTEN, P. (1992): Quantitative Analyse von Vorsorgestrategien zum Schutz des Grundwassers im Verursacherbereich Landwirtschaft, Endbericht, Bonn.
- n HENRICHSMeyer, W., WITZKE, H.-P. (1991): Agrarpolitik, Bd. 1, Agrarökonomische Grundlagen, Stuttgart.

- n HENRICHSMEYER, W., WITZKE, H.-P. (1994): Agrarpolitik, Bd. 2, Bewertung und Willensbildung, Stuttgart.
- n HENRICHSMEYER, W., ZIMMERMANN, N. (1992): Endbericht zum Forschungsvorhaben "Regional und betriebsstrukturell differenzierte Analyse von Szenarien mit nachwachsenden Rohstoffen unter Anwendung des regionalen Agrar- und Umweltinformationssystems RAUMIS", Bonn.
- n HOEGEN, B., PFEFFER, E. (1996): Nährstoffangepasste Fütterung - Möglichkeiten und Grenzen -, *Forschungsberichte des Lehr- und Forschungsschwerpunktes "Umweltverträgliche und Standortgerechte Landwirtschaft"*, H. 41, Bonn.
- n HOEGEN, B., BRENK, C., BOTSCHKE, J., WERNER, W. (1995): Bodenerosion in Nordrhein-Westfalen - Gefährdung und Schutzmaßnahmen -, *Forschungsberichte des Lehr- und Forschungsschwerpunktes "Umweltverträgliche und Standortgerechte Landwirtschaft"*, H. 30, Bonn.
- n HOWITT, R. (1995): Positive Mathematic Programming, *American Journal of Agricultural Economics*, Vol. 77, 329 - 342.
- n HUBER, H., MAILLIART, M. (1995): Wirtschaftlichkeitsstudie für eine Biologisch-mechanische Vorschaltanlage in Kombination mit einer thermischen Restabfallbehandlungsanlage, Endbericht der Ingenieurgesellschaft Abfall Prof. Tabasaran & Partner mbH, Stuttgart.

I / J

- n IBRÜGGER, G. (Hrsg.) (1992): Tarif für den Güterfernverkehr mit Kraftfahrzeugen - Güterfernverkehrstarif (GFT) -, Düsseldorf.
- n IMHOFF, K. (1992): Stellungnahme der ATV zur 6. Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zum Abfallgesetz (Technische Anleitung zur Vermeidung, Verwertung, Behandlung und sonstigen Entsorgung von Siedlungsabfall - TA Siedlungsabfall), *Korrespondenz Abwasser*, 7/92, 986 - 987.
- n IMHOFF, K., IMHOFF K. (1990): Taschenbuch der Stadtentwässerung, 27. Auflage, München, Wien.
- n IMPACT CONCEPT S.A. (1990): Etude des filières d'incinération des boues d'épuration en Suisse, Genève.
- n JÄGER, W. (1995): Wird der Qualitätsstandard für Klärschlamm durch die Grenzwerte für organische Schadstoffparameter verbessert?, *Korrespondenz Abwasser*, 12/95, 2243 - 2249.
- n JEROCH, H. (1994): Bisherige Erkenntnisse zum Phytaseinsatz beim Geflügel, *Archiv für Geflügelkunde* 58 (1), 1 - 7.
- n JONGBLOED, A., KEMME, P., DELLAERT, B. (1990a): Microbiel fytase in de voeding van varkens, in: JONGBLOED, A., COPPOOLSE, J. (Hrsg.): Mestproblematik: aanpak via de voeding van varkens en pluimvee, Lelystad, 51 - 57.
- n JUNG, G. (1991): Stellenwert und Umsetzung der Bioabfallkompostierung in Rheinland-Pfalz, in: WIEMER, K., KERN, M. (Hrsg.): Bioabfallkompostierung - flächendeckende Einführung, Abfall-Wirtschaft, Bd. 6, Kassel, 111 - 120.
- n JUNGWIRT, H. (1992): Die "Dezentrale Kompostierung" im Landkreis Ebersberg - Konzeption und erste Erfahrungen, in: WIEMER, K., KERN, M. (Hrsg.): Gütesicherung und Vermarktung von Bioabfallkompost, *Abfallwirtschaft* 9, Witzenhausen, 622 - 623.

K

- n KEHRES, B. (1994): Neue Märkte gesucht, *ENTSORGA-Magazin* 1/2.
- n KERN, M. (1989): Kostenstruktur der Mietenkompostierung - Arbeitswirtschaft und Betriebskosten -, *Abfall- Wirtschaft* 3, Kassel.
- n KERN, M., WIEMER, K. (1990): Kostenstruktur der Boxenkompostierung - Arbeitswirtschaft und Betriebskosten -, *Abfall- Wirtschaft* 4, Kassel.
- n KLÄRSCHLAMMVERORDNUNG (AbfKlärV) vom 15.04.1992, BGBl. I, S. 912.
- n KLATT, H.-J. ET AL. (Hrsg.) (1996): Jahrbuch 1996 Bergbau, Erdöl und Erdgas, Petrochemie, Elektrizität und Umweltschutz, Essen.
- n KLUGE, G., EMBERT, G. (1996): Das Düngemittelrecht mit fachlichen Erläuterungen, Münster-Hiltrup.
- n KOCH-ACHELPÖHLER, V. (1996): Landwirtschaft in Nordrhein-Westfalen, Analyse und Projektion des Agrarstrukturwandels 1980 - 2003, *Bericht der Forschungsgesellschaft und Agrarpolitik und Agrarsoziologie e.V.*, H. 304, Bonn.
- n KÖLLER, H., v. (1995): Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz: Textausgabe mit Erläuterungen, *Abfallwirtschaft in Forschung und Praxis*, Bd. 77, Berlin.
- n KÖSTER, W., SEVERIN, K., MÖHRING, D., ZIEBELL, H. (1988): Stickstoff-, Phosphor- und Kaliumdüngerbilanzen landwirtschaftlich genutzter Böden der Bundesrepublik Deutschland von 1950 - 1986, Hannover.
- n KOLBA, M. (1998): Sondermüll oder wertvoller Dünger, *LZ-Rheinland*, 9/98, 77.
- n KOWALSKI, H. (1995): Zukünftige Klärschlamm Entsorgung im Freistaat Sachsen, *UmweltTechnologie Aktuell*, 5/95, 35 - 38.

- n KULICKE, K., PETZI, S. (1994): Einsatz der Zweipunktfällung zur Phosphatelimination und Schlammbeschwerung auf der Kläranlage Forchheim: Auswirkungen auf Nitrifikationsleistung, Stickstoffabbau, CSB-Reduktion und Schwefelwasserstoffbindung, *Korrespondenz Abwasser*, 2269 - 2274.
- L**
- n LÄNDERARBEITSGEMEINSCHAFT ABFALL (1995): Qualitätsempfehlungen für Kompost (Merkblatt 10, Stand 10/94) (LAGA-M 10), Berlin.
- n LANDESAMT FÜR DATENVERARBEITUNG UND STATISTIK NORDRHEIN-WESTFALEN (1991): Entwicklungen in Nordrhein-Westfalen, Statistischer Jahresbericht 1991, Düsseldorf.
- n LANDESAMT FÜR DATENVERARBEITUNG UND STATISTIK NORDRHEIN-WESTFALEN (1990): Vorausberechnungen der Bevölkerung in den kreisfreien Städten und Kreisen Nordrhein-Westfalens, Bevölkerungsprognose 1988 bis 2005/20, Heft 634, Düsseldorf.
- n LANDESAMT FÜR WASSER UND ABFALL (1991): Bestandsaufnahme der Abwasserbehandlungsanlagen (Kläranlagen) in Nordrhein-Westfalen, Erhebungsbogen KOM / AZV, Düsseldorf.
- n LANDESAMT FÜR WASSER UND ABFALL (1990): Daten und Informationen aus den Jahren 1980 - 1987, Düsseldorf.
- n LANDWIRTSCHAFTSKAMMER RHEINLAND (1996): Betriebsergebnisse buchführender Betriebe, Wirtschaftsjahr 1994 / 95, Bonn.
- n LANDWIRTSCHAFTSKAMMER RHEINLAND (1995): Empfehlungen für die Düngung von Acker- und Grünland nach Bodenuntersuchungen, Bonn.
- n LANDWIRTSCHAFTSKAMMER WESTFALEN (1996): Betriebsergebnisse buchführender Betriebe, Wirtschaftsjahr 1994 / 95, Münster/W..
- n LANGENOHL, T., KEDING, M., WITTE, H. (1996): Sicherung der Klärschlammqualität durch gezielte Sielhautanalysen, *Wasser - Abfall - Praxis*, 1/96, 56 - 61.
- n LAMPE, M., v. (1997): Modelling effects on world agricultural markets using WATSIM; in: EUROPEAN COMMISSION (Hrsg.): The effects of a worldwide liberalisation of the markets on cereals, oilseeds and pulses on agriculture in the European Union, Luxemburg, 6 - 24.
- n LINKSNIEDERRHEINISCHE ENTWÄSSERUNGSGENOSSENSCHAFT (LINEG) (1995): Jahresbericht 1994, Kamp-Lintfort.
- n LIPPEVERBAND (1994): Geschäftsbericht 1993, Essen.
- n LITZ, N ET AL. (1998): Konzept zur Ermittlung und Bewertung der Relevanz schädlicher organischer Inhaltsstoffe im Klärschlamm, *Korrespondenz Abwasser*, 3/98, 45. Jg., 492 - 499.
- n KURATORIUM FÜR TECHNIK UND BAUWESEN IN DER LANDWIRTSCHAFT E.V. (KTBL) (1994): KTBL-Taschenbuch Landwirtschaft, Daten für die Betriebskalkulation in der Landwirtschaft, 17. Auflage, Münster-Hiltrup.
- n LOLL ET AL. (1995): Maschinelle Schlammwässerung, Arbeitsbericht des ATV/BDE/VKS-Fachausschusses 3.2 "Stabilisation, Entseuchung, Eindickung, Entwässerung und Konditionierung von Schlämmen", *Korrespondenz Abwasser*, 2/95, 271 - 285.
- n LÖHE, W. (1996): Extensivierungsmodul, in: HENRICHSMEYER, ET. AL. (1996): Endbericht zum Kooperationsprojekt "Entwicklung des gesamtdeutschen Agrarsektormodells RAUMIS 96", Bonn / Braunschweig, 109 - 114.
- n LÖHE, W., SANDER, R. (1997): The use of the RAUMIS modelling system to analyze regional effects on agriculture and environment in Germany by regions; in: EUROPEAN COMMISSION (Hrsg.): The effects of a worldwide liberalisation of the markets on cereals, oilseeds and pulses on agriculture in the European Union, Luxemburg, 53 - 66.
- n LOSSAU, E., v., KRAUß, M., NEIDHARDT, R. (1992): Bioabfallkompostierung, vorrangige Abfallverwertung, Frankfurt a.M..

M / N / O

- n MELSA, A. (1998): Entsorgungssicherheit ohne thermische Klärschlammbehandlung?, *UmweltTechnologie Aktuell*, 2/98, 126 - 130.
- n MERKEL, D., MATTER, Y. (1993): Pflanzennährstoffe und Schwermetallgehalte Niedersächsischer Klärschlämme; Teil 1: Untersuchungen auf Pflanzennährstoffe und Schwermetallgehalte 1983 - 1991, *Korrespondenz Abwasser*, 12/93, 1942 - 1945.
- n MEUDT, MARKUS (1998): Weiterentwicklung und Anwendung eines regional differenzierten Umweltindikatoren- und Politikinformationssystems für die Landwirtschaft der Bundesrepublik Deutschland dargestellt am Beispiel der Treibhausproblematik, Dissertation, Bonn.
- n MINISTERIE VAN VOLKSHUISVESTING, RUIMTELIJKE ORDENING EN MILIEUBEHEER (1993): Het Besluit kwaliteit en gebruik overige organische meststoffen, Den Haag.
- n MINISTERIUM FÜR LANDWIRTSCHAFT, NATURSCHUTZ UND UMWELT THÜRINGEN (1995): Richtlinie für die Abdeckung und Begrünung von Kalihalden im Freistaat Thüringen - Kalihaldenrichtlinie, *Thüringer Staatsanzeiger*, Nr. 51, 2126 - 2136.
- n MINISTERIUM FÜR UMWELT, ENERGIE UND VERKEHR DES SAARLANDES (1996): Richtlinie für die Verwertung von Reststoffen bei der Abdeckung und Rekultivierung von Halden des Steinkohlebergbaus auf Karbon, Saarbrücken.
- n MINISTERIUM FÜR UMWELT, RAUMORDNUNG UND LANDWIRTSCHAFT DES LANDES NORDRHEIN-WESTFALEN (MURL) (1997a): Richtlinien über die Gewährung von Zuwendungen für die Erhaltung und Pflege von Grünlandbiotopen im Rahmen des Mittelgebirgsprogramms (Mittelgebirgsprogramm - MGP); Runderlaß des Ministeriums - III B 5 - 941.03.00.00 - vom 08.04.1997, Düsseldorf.
- n MINISTERIUM FÜR UMWELT, RAUMORDNUNG UND LANDWIRTSCHAFT DES LANDES NORDRHEIN-WESTFALEN (MURL) (1997b): Richtlinien über die Gewährung von Zuwendungen für die Erhaltung und Pflege von Feuchtwiesenschutzgebieten für Zwecke des Naturschutzes zur Abwehr von unmittelbar drohenden Gefahren für den Naturhaushalt (Feuchtwiesenschutzprogramm - FWP); Runderlaß des Ministeriums - III B 5 - 941.02.00.00 - vom 08.04.1997, Düsseldorf.
- n MINISTERIUM FÜR UMWELT, RAUMORDNUNG UND LANDWIRTSCHAFT DES LANDES NORDRHEIN-WESTFALEN (MURL) (1997c): Entwicklung und Stand der Abwasserbeseitigung in Nordrhein-Westfalen, 5. Auflage, Düsseldorf.
- n MINISTERIUM FÜR UMWELT, RAUMORDNUNG UND LANDWIRTSCHAFT DES LANDES NORDRHEIN-WESTFALEN (MURL) (1997d): Verwaltungsvorschriften zum Vollzug der Verordnung über die gute fachliche Praxis beim Düngen (Düngeverordnung), *Ministerialblatt für das Land Nordrhein-Westfalen - Nr. 16 vom 17. März 1997*, 291 - 294.
- n MINISTERIUM FÜR UMWELT, RAUMORDNUNG UND LANDWIRTSCHAFT DES LANDES NORDRHEIN-WESTFALEN (MURL) (1995a): Entwicklung und Stand der Abwasserbeseitigung in Nordrhein-Westfalen, 3. Auflage, Düsseldorf.
- n MINISTERIUM FÜR UMWELT, RAUMORDNUNG UND LANDWIRTSCHAFT DES LANDES NORDRHEIN-WESTFALEN (MURL) (1995b): Verwaltungsvorschriften zum Vollzug der Klärschlammverordnung (AbfKlärV), *Ministerialblatt für das Land Nordrhein-Westfalen - Nr. 39 vom 12.07.1995*, 674 - 687.
- n MINISTERIUM FÜR UMWELT, RAUMORDNUNG UND LANDWIRTSCHAFT DES LANDES NORDRHEIN-WESTFALEN (MURL) (1993): Studie zur Erarbeitung von Grundlagen für die Ableitung und Erstellung von regionalen Klärschlamm-Entsorgungskonzepten, Teil 2, Düsseldorf.
- n MINISTERIUM FÜR UMWELT, RAUMORDNUNG UND LANDWIRTSCHAFT DES LANDES NORDRHEIN-WESTFALEN (MURL) (1991): Studie zur Erarbeitung von Grundlagen für die Ableitung und Erstellung von regionalen Klärschlamm-Entsorgungskonzepten, Teil 1, Düsseldorf.
- n NIES, V., KLAGES-HABERKERN, S. (1993): Rechtliche Vorgaben für die Kompostierung und Kompostanwendung, in: KURATORIUM FÜR TECHNIK UND BAUWESEN IN DER LANDWIRTSCHAFT E.V. (KTBL) (Hrsg.): Kompostierung und landwirtschaftliche Kompostverwertung, *KTBL-Arbeitspapier*, Nr. 191, Münster-Hiltrup, 9 - 33.

P

- n PESCHEN, N., SÖLTER, K., ZEHENDNER, H. (1993): Landwirtschaftliche Verwertung der aus der Nachfällung mit Kalk anfallenden calciumcarbonat- bzw. phosphathaltigen Fällprodukte (BMFT-Forschungsvorhaben 02 WS 90078), Schlußbericht, Köln.
- n PFADLER, W., KLAGES-HABERKERN, S. (1993): Unternehmerische Aspekte bei der Behandlung und Verwertung von Grünut und Bioabfall, in: KURATORIUM FÜR TECHNIK UND BAUWESEN IN DER LANDWIRTSCHAFT E.V. (KTBL) (Hrsg.): Kompostierung und landwirtschaftliche Kompostverwertung, *KTBL-Arbeitspapier*, Nr. 191, Münster-Hiltrup, 34 - 49.

- n PFEFFER, E. (1992): Umweltbelastungen durch die Tierhaltung und Möglichkeiten zu ihrer Minderung - Ernährungsphysiologische Aspekte, *Züchtungskunde* **64** (3 / 4), 254 - 261.
- n PFEFFER, E., SPIEKERS, H., BRINKER, S. (1994): Untersuchungen zur ökologischen und ökonomischen Ausrichtung der Schweinehaltung durch Wissenstransfer und planmäßige Fütterungsberatung, *Forschungsberichte des Lehr- und Forschungsschwerpunktes "Umweltverträgliche und Standortgerechte Landwirtschaft"*, H. 17, Bonn.
- n POLETSCHNY, H. (1993): Kompostverwertung im Landbau aus der Sicht des Verbandes Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten (VDLUFA), in: BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT (Hrsg.): Tagungsband "Perspektiven der biologischen Abfallbehandlung", 111 - 125.
- n PRIESMANN, T., PETERSEN, J. (1995): Einfluß einer kontrollierten Fütterung von Legehennen auf die Leistung und den Anfall von Stickstoff und Phosphor im Kot, *Archiv für Geflügelwirtschaft* (3), 198 - 207.

Q / R

- n QUEITSCH, P. (1995): Kreislaufwirtschafts- und Abfallrecht: erläuternde Ausgabe, Köln.
- n REINKE, R. (1998): Gewerbe ist keine Sünde, *DLG-Mitteilungen*, 1/1998, 16 - 17.
- n REGIONALES RECHENZENTRUM FÜR NIEDERSACHSEN (RRZN) (1995): FORTRAN 90, 3. Auflage, Hannover.
- n REGIONALES RECHENZENTRUM FÜR NIEDERSACHSEN (RRZN) (1991): FORTRAN 77 Sprachumfang, 8. Auflage, Hannover.
- n RHEINBRAUN AKTIENGESELLSCHAFT (Hrsg.) (1997): Klärschlamm-Mitverbrennung in der zirkulierenden Wirbelschichtfeuerung, *Rheinbraun informiert*, April, Köln.
- n RICHTLINIE 86/278/EWG DES RATES VOM 12.06.1986 ÜBER DEN SCHUTZ DER UMWELT UND INSBESONDERE DER BÖDEN BEI DER VERWENDUNG VON KLÄRSCHLAMM IN DER LANDWIRTSCHAFT (ABI. EG Nr. L 181, S. 6).
- n RIESS, P., KNOCH, A. (1995): Vermarktungskonzept für Kompost - am Beispiel des Landes Berlin, *AbfallwirtschaftsJournal*, 6/7, 395 - 399.
- n RÖLL, W. (1995): Klärschlamm und Lebensmittel, in: NIEDERSÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR ÖKOLOGIE (Hrsg.): Die landwirtschaftliche Verwertung von kommunalem Klärschlamm in Niedersachsen - ein Beitrag zur Stoffstrombewirtschaftung, Hildesheim.
- n ROMBERG, A. (1996): Was bringt die Düngeverordnung?, *RCG-aktuell*, 9/96, 8 - 9.
- n ROßBACH, J., SCHERER, H.-W., WERNER, W. (1996): N-Nachlieferung von Bioabfallkomposten und ihre Beziehung zu unterschiedlichen N-Fractionen, in: VERBAND DEUTSCHER LANDWIRTSCHAFTLICHER UNTERSUCHUNGS- UND FORSCHUNGSANSTALTEN (VDLUFA) (Hrsg.): Kurzfassungen der Vorträge des 108. VDLUFA-Kongress "Sekundärrohstoffe im Stoffkreislauf der Landwirtschaft", Darmstadt, 131.

S

- n SACHVERSTÄNDIGENRAT FÜR UMWELTFRAGEN (SRU) (1995): Altlasten II, Sondergutachten, Stuttgart.
- n SACHVERSTÄNDIGENRAT FÜR UMWELTFRAGEN (SRU) (1991): Abfallwirtschaft, Sondergutachten, Stuttgart.
- n SCHEER, H. (1995a): Praxisorientierte Bestandaufnahme zur vermehrten biologischen Phosphatelimination im deutschsprachigen Raum, *Korrespondenz Abwasser*, 9/95, 1546 - 1556.
- n SCHEER, H. (1995b): Belebungsverfahren mit biologischer Phosphatelimination: Bemessungsansätze und Kostenabschätzung, *Korrespondenz Abwasser*, 3/95, 426 - 441.
- n SCHEFFER, FRITZ (1992): Lehrbuch der Bodenkunde, 13. Auflage, Stuttgart.
- n SCHERER, H., WERNER, W., NEUMANN, A. (1996): N-Nachlieferung und N-Immobilisierung von Komposten mit unterschiedlichem Ausgangsmaterial, Rottegrad und C/N-Verhältnis, *Agribiological Research*, 2-3, 120 - 129.
- n SCHLEEF, K., SOTHEN, F., v. (1996): Nährstoffbilanzierung im Modellsystem RAUMIS, in: HENRICHSMeyer, ET. AL.: Endbericht zum Kooperationsprojekt "Entwicklung des gesamtdeutschen Agrarsektormodells RAUMIS 96", Bonn / Braunschweig, 115 - 136.
- n SCHMEISKY, H., PODLACHA, G. (1998): Klärschlammeinsatz in der Rekultivierung - Dumping oder Nutzen und Potential?, in: WIEMER, K., KERN, M. (Hrsg.): Bio- und Restabfallbehandlung II: biologisch - mechanisch - thermisch, Witzenhausen, 539 - 556.
- n SCHMELZ, K. (1996): Angepaßtes Konzept, *Müllmagazin*, 1/96, 14 - 17.
- n SCHRÖDER, BÖHM, WIEMER (1991): Integrierte Gesamtplanung zur Verwertung organischer Abfälle für das Gebiet des Umlandverbands Frankfurt, Kurzfassung der Studie, Darmstadt.
- n SCHÜLER, C. ET AL. (1992): Phytosanitäre Eigenschaften von Komposten, in: ARBEITSKREIS FÜR KOMPOSTIERUNG UND REZIRKULIERUNG (Hrsg.): Aus der Tonne auf den Acker, Weikersheim, 101 - 113.

- n SCHULZ, H. (1992): Entwicklungsstand der Biogastechnik und ihre Einbindung in den landwirtschaftlichen Betrieb, in: BECK, G., KRIEG, A. (Hrsg.): Tagungsbericht Biogas in der Landwirtschaft - Der Schlüssel zu einer gesamtheitlichen Kommunalpolitik, Beiträge der Referenten zur Tagung am 15. - 18. Dezember 1991 an der Bauernschule Hohenlohe, Kirchberg/Jagst-Weckelweiler, 2 - 13.
- n SÜDDEUTSCHE ZEITUNG (1998) vom 04/05. April 1998: "Auch die CDU will Strom und Benzin verteuern", 1.
- n SÜDDEUTSCHE ZEITUNG (1997) vom 16.10.1997: "Kompostverordnungen blähen die Müllgebühren auf", 27.
- n SPIEKERS, H., PFEFFER, E. (1991): Umweltschonende Ernährung von Schwein und Rind mit Stickstoff und Phosphor, *Übersicht Tierernährung* (19), 201 - 246.
- n STATISTISCHES BUNDESAMT (Hrsg.) (1997): Datenreport 1997 - Zahlen und Fakten über die Bundesrepublik Deutschland, 2. durchgesehene Auflage, Band 340 der Schriftenreihe der Bundeszentrale für politische Bildung, Bonn.
- n STRAFGESTZBUCH (StGB), vom 10. März 1987 BGBl. III, S. 450-2.
- n STROTMANN, B. (1992): Analyse der Auswirkung einer Stickstoffsteuer auf Produktion, Faktoreinsatz, Agrareinkommen und Stickstoffbilanz unter alternativen agrarpolitischen Rahmenbedingungen, *Studien zur Wirtschafts- und Agrarpolitik*, Bd. 6, Witterschlick / Bonn.
- n SUNTHEIM, L., DITTRICH, B. (1996): Klärschlamm - (k)ein wertvoller P-Dünger?, in: VERBAND DEUTSCHER LANDWIRTSCHAFTLICHER UNTERSUCHUNGS- UND FORSCHUNGSANSTALTEN (VDLUFA) (Hrsg.): Kurzfassungen der Vorträge des 109. VDLUFA-Kongress "Stoff- und Energiebilanzen in der Landwirtschaft", Darmstadt, 97.

T

- n TENHOLTERN, R., REINERS, E. (1995). Eingeschränkt einsetzbar: Bioabfallkompost im Ökobetrieb, *bio-land*, 1/95, 36 - 38.
- n THALER, S. (1998): Endokrin wirkende Substanzen - Auswirkungen auf Gewässer und Boden, *Korrespondenz Abwasser*, 3/98, 402 - 408.
- n THIEDE, D., ERDMANN, D. (1995): Einsatz von Klärschlamm zur Herstellung von keramischen Leichtbausteinen, *Entsorgungspraxis* 6/95, 44 - 47.
- n TUBERGEN, J., v. (1992): Vermarktung von Bioabfallkompost in den Niederlanden, in: WIEMER, K., KERN, M. (Hrsg.): Gütesicherung und Vermarktung von Bioabfallkompost, *Abfall-Wirtschaft* 9, Witzenhausen, 537 - 546.

U / V

- n UMWELTBUNDESAMT (UBA) (1998): Daten zur Anlagentechnik und zu den Standorten der thermischen Klärschlamm Entsorgung in der Bundesrepublik Deutschland, Berlin.
- n VERBAND DEUTSCHER LANDWIRTSCHAFTLICHER UNTERSUCHUNGS- UND FORSCHUNGSANSTALTEN (VDLUFA) (1996): VDLUFA-Standpunkt "Landbauliche Verwertung von geeigneten Abfällen als Sekundärrohstoffdünger, Bodenhilfsstoffe und Kultursubstrate", Darmstadt.
- n VERORDNUNG (EWG) NR. 259/93 DES RATES ZUR ÜBERWACHUNG UND KONTROLLE DER VERBRINGUNG VON ABFÄLLEN IN DER, IN DIE UND AUS DER EUROPÄISCHEN GEMEINSCHAFT, vom 01.02.1993 (ABl. L 30, S. 1).
- n VERORDNUNG (EWG) NR. 2092/91 DES RATES ÜBER DEN ÖKOLOGISCHEN LANDBAU UND DIE ENTSPRECHENDE KENNZEICHNUNG DER LANDWIRTSCHAFTLICHEN ERZEUGNISSE UND LEBENSMITTEL vom 24.06.1991 (ABl. L, S. 198).
- n VERORDNUNG ÜBER DIE GRÜNDSÄTZE DER GUTEN FACHLICHEN PRAXIS BEIM DÜNGEN (DÜNGEVERORDNUNG) vom 26.01.1996, BGBl. I, S. 118.
- n VERTRAG ZUR GRÜNDUNG DER EUROPÄISCHEN GEMEINSCHAFT (EG) in der Fassung vom 01.01.1995, u.a. abgedruckt in: EUROPÄISCHE UNION (Hrsg.): Die Vertragstexte von Maastricht mit den deutschen Begleitgesetzen, 5. Auflage, Bonn, 119 - 271.
- n VIERTE VERORDNUNG ZUR DURCHFÜHRUNG DES BUNDES-IMMISSIONSSCHUTZGESETZES (Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen - 4. BImSchV) vom 24.07.1985 BGBl. I, S. 1782.

W

- n WASSERVERBAND EIFEL-RUR (1994): Jahresbericht 1993, Düren.
- n WEBER, G. (1997): Modelling the effects on EU-agriculture with the SPEL/EU-MFSS-Modell; in: EUROPEAN COMMISSION (Hrsg.): The effects of a worldwide liberalisation of the markets on cereals, oilseeds and pulses on agriculture in the European Union, Luxemburg, 25 - 52.
- n WEBER, R. ET AL (1996): Einfluß der aeroben und anaeroben Fermentation auf die Gehalte von polychlorierten Dibenz-p-dioxinen und Dibenzofuranen in Klärschlamm, *Korrespondenz Abwasser*, 6/96, 1073 - 1076.
- n WEHNES, H. (1985): Strukturiertes Programmieren mit FORTRAN 77, München, Wien.
- n WEIDEMANN, C. (1995): Umsetzung von Abfall-Richtlinien: Urteil des EuGH zum deutschen Abfallrecht, *Neue Zeitschrift für Verwaltungsrecht*, 9/95, 866 - 868.
- n WEINGARTEN, P. (1995): Grundwasserschutz und Landwirtschaft - Eine quantitative Analyse von Vorsorgestrategien zum Schutz des Grundwassers vor Nitrateinträgen, Bonn (Dissertation).
- n WENDENBURG, H. (1995): Die Umsetzung des europäischen Abfallrechts, *Neue Zeitschrift für Verwaltungsrecht*, 9/95, 833 - 840.
- n WERNER, W. (1998): Perspektiven des Einsatzes von Sekundärrohstoff-Düngern in der Landwirtschaft am Beispiel Nordrhein-Westfalens, in: WIEMER, K., KERN, M. (Hrsg.): Bio- und Restabfallbehandlung II, biologisch - mechanisch - thermisch, Witzhausen, 163 - 181.
- n WERNER, W. (1995): Überprüfung der Nährstoffversorgungsklassen für Phosphat erforderlich?, in: DEUTSCHE LANDWIRTSCHAFTS-GESELLSCHAFT E.V. (Hrsg.): Stickstoff-, Phosphat- und Kali-Düngung unter veränderten Rahmenbedingungen der EU-Agrarreform, Frankfurt / M., 70 - 71.
- n WERNER, W. (1994): Recycling von Siedlungsabfällen in der Landwirtschaft - eine ökologische Herausforderung, in: FINK, K., LINDSCHEID, J. (Hrsg.): Vortragsreihe der 46. Hochschultagung der Landwirtschaftlichen Fakultät der Universität Bonn vom 22. Februar in Münster, Münster-Hiltrup, 31 - 52.
- n WERNER, W., BRENK, C. (1998a): Wohin mit Klärschlamm und Kompost?, Folge 1 *Landwirtschaftliches Wochenblatt Westfalen-Lippe*, Heft 4/98, 44 - 45.
- n WERNER, W., BRENK, C. (1998b): Wohin mit Klärschlamm und Kompost?, Folge 2 *Landwirtschaftliches Wochenblatt Westfalen-Lippe*, Heft 5/98, 40 - 41.
- n WERNER, W., BRENK, C. (1998c): Environmental friendly application of sewage sludge and compost from urban organic refuse based on integrated nutrient management concepts, in MORTVEDT, J. (Hrsg.): (Tagungsband zum) "Dahlia Greidinger International Symposium on Fertilization and the Environment", Haifa / Israel, 242 - 249.
- n WERNER, W., BRENK, C. (1997a): Regionalisierte und einzelbetriebliche Nährstoffbilanzierung als Informationsgrundlage zur gezielten Quantifizierung der Wirkungspotentiale von Maßnahmen zur Vermeidung auftretender Überschüsse, *Forschungsberichte des Lehr- und Forschungsschwerpunktes "Umweltverträgliche und Standortgerechte Landwirtschaft"*, H. 46, Bonn.
- n WERNER, W., BRENK, C. (1997b): Entwicklung eines integrierten Nährstoffversorgungs-Konzepts als Basis eines umweltverträglichen, flächendeckenden Recyclings kommunaler Abfälle (Sekundärrohstoffdünger) in Nordrhein-Westfalen und regionalisierte Bilanzierung von Schwermetallflüssen, *Forschungsberichte des Lehr- und Forschungsschwerpunktes "Umweltverträgliche und Standortgerechte Landwirtschaft"*, H. 48, Bonn.
- n WERNER, W., BRENK, C. (1996): Regionale und betriebliche Nährstoffbilanzen und Auswirkungen auf Nährstoffgehalte der Böden und Belastungspotentiale, in: ANONYM (Hrsg.): Nährstoffkreisläufe und Prozeßgestaltung - Umweltforschung - für die Zukunft, *Forschungsberichte des Lehr- und Forschungsschwerpunktes "Umweltverträgliche und Standortgerechte Landwirtschaft"*, H. 34, Bonn, 15 - 29.
- n WERNER, W., SCHERER, H., ROßBACH, J. (1998): Integration von Bioabfallkompost in das Düngungskonzept von Ackerbaubetrieben unter besonderer Berücksichtigung der N-Nachlieferung, *Forschungsberichte des Lehr- und Forschungsschwerpunktes "Umweltverträgliche und Standortgerechte Landwirtschaft"*, H. 62, Bonn.
- n WIEMER, K., KERN, M. (1992): Verfahrenstechnik der Bioabfallkompostierung, Witzhausen.
- n WINDISCH, W., KIRCHGEßNER, M. (1996): Zum Einfluß mikrobieller Phytase auf Mastleistung und den Stoffwechsel von Phosphor, Calcium und Stickstoff bei abgestufter Ca- Versorgung in der Broilermast, *Archiv für Geflügelkunde* **60** (1), 42 - 47.
- n WINTZER, D. ET AL. (1996): Wege zur umweltverträglichen Verwertung organischer Abfälle, *Abfallwirtschaft und Forschung und Praxis*, Bd. 97, Berlin.
- n WISCHMEIER, W., SMITH, D. (1978): Predicting rainfall losses - a guide to conservation planning, U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE (Hrsg.), *Agriculture Handbook No. 537*, Washington.

- n WITTE, H. (1997): Abwassertechnik braucht Qualität und Sachlichkeit, *Abwassertechnik*, 6/97, 3 - 4.
- n WITTE, H. (1996): Entwicklungstendenzen der Klärschlammverwertung und -entsorgung, *Abfall-Journal*, 4/96, 13 - 17.
- n WITTE, H. (1994): Entwicklungsstand der technischen Aufbereitung von Klärschlamm zur Weiterverwertung in der Landwirtschaft, in: *Berichte über Landwirtschaft* (Hrsg.): Bodennutzung und Bodenfruchtbarkeit, Bd. 6 (Recycling kommunaler und industrieller Abfälle in der Landwirtschaft), 208. Sonderheft, Münster-Hiltrup,
- n WITTE, H., LANGENOHL, T. (1995): Kostenanalyse als Mittel zur Bewertung der Qualität der landwirtschaftlichen Klärschlammverwertung, *Korrespondenz Abwasser*, 9/95, 1542 - 1551.
- n WITTMANN, M. ET AL. (1994): Influence of P-reduction in phytase supplemented pig diets on P and N utilization as well as performance and carcass quality under various feeding conditions, *Agribiological Research*, 47, 214 - 230.

Z

- n ZIMMERMANN, N. (1993): Analyse zur Wettbewerbsfähigkeit ausgewählter nachwachsender Rohstoffe für die Regionen der alten Länder der Bundesrepublik Deutschland, *Studien zur Wirtschafts- und Agrarpolitik*, Bd. 8, Witterschlick / Bonn.
- n ZWEITE ALLGEMEINE VERWALTUNGSVORSCHRIFT ZUM ABFALLGESETZ (TA ABFALL); TEIL 1: TECHNISCHE ANLEITUNG ZUR LAGERUNG, CHEMISCH/PHYSIKALISCHEN, BIOLOGISCHEN BEHANDLUNG, VERBRENNUNG UND ABLAGERUNG VON BESONDERES ÜBERWACHUNGSBEDÜRFTIGEN ABFÄLLEN (1991): vom 12. März 1991, GMBI. S. 139.

Sonstige Quellen:

- n HERR BECKER von der GVOA mbH & Co. KG in Hille, telefonische Auskunft vom 07.03.1996.
- n FRAU CHRISTA BEER von der Arbeitsgemeinschaft Umweltschutz und Statistik (ARGUS) an der Technischen Universität Berlin, gemeinsame Exkursion April 1995.
- n Herr BERG vom Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft des Landes Nordrhein-Westfalen, schriftliche Mitteilung vom 13.03.1998.
- n HERR BUSCHKAMP von der unteren Abfallwirtschaftsbehörde des Kreises Unna, telefonische Auskunft vom 20.05.1996.
- n EU-KOMMISSION (1997): Agenda 2000; deutschsprachig im Internet auf Seite: www.europa.eu.int/en/comm/dg06/ag2000/text/text_de.htm
- n HERR DIPL.-ING. AGR. CHRISTOPH FELDMANN von der EnviQ Umwelt- und Qualitätssicherung GmbH & Co. in St. Augustin, mündliche Auskunft vom 30.01.1998.
- n HERR DR. F. HAASE vom Bundeslandwirtschaftsministerium, Äußerung im Rahmen eines Diskussionsbeitrages zu den Vorträgen von WEBER, G. (1997, s.o) LÖHE, W. UND SANDER, R. (1997, s.o.) und LAMPE, M., v. (1997, s.o.) bei deren Vorstellung anlässlich des Workshops "Agrarpolitische Informationssysteme", veranstaltet vom Institut für Europäische Integrationsforschung e.V., dem Institut für Agrarpolitik, Marktforschung und Wirtschaftssoziologie der Universität Bonn, sowie dem European Centre for Agricultural, Region and Environmental Policy Research (EuroCARE) am 21.11.1997 in Bonn.
- n HERR DR. MANON HACCIUS aus Darmstadt als Protokollant des "Ergebnisprotokoll - Treffen der AGÖL-Richtlinien-Fachleute zum Thema Kompost am 18.10.1994 in der LUFA in Bonn".
- n HERR DR. HEINZEL von der BASF AG, telefonische Auskunft vom 04.11.1996.
- n FRAU HUTH, vom Informationszentrum Beton in Köln, übersandte am 15.3.1996 das Mitgliederverzeichnis des Bundesverbandes der Deutschen Zementindustrie.
- n HERR DR. KLAUS ISERMANN, Äußerung im Rahmen seines Vortrages "Entlastung der Nährstoff-Bilanz einer zukünftig nachhaltigen Landwirtschaft durch umweltverträgliche Gewinnung und Anwendung kommunaler Sekundärrohstoffe" am 18.9.1996 beim 108. VDLUFA-Kongreß in Trier.
- n HERR JUNG von der Olper Entsorgungszentrum GmbH & Co. KG, telefonische Auskunft vom 11.02.1996.
- n HERR DR. KEHRES, von der Bundesgütegemeinschaft Kompost e.V., telefonische Auskunft vom 22.04.1997.
- n HERR DIPL.-ING.AGR. ANDREAS KIRSCH, bearbeitet als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Pflanzenbau der Universität Bonn ein durch Drittmittel des Bergischen Abfallverbandes (BAV) gefördertes Forschungsvorhaben zur landwirtschaftlichen Bioabfallkompostverwertung; mündliche Auskunft vom 27.05.1997.
- n FRAU SABINE KLEINDYK, Geschäftsführerin des Entsorgungsbetriebes der Stadt Neu-Isenburg, mündliche Auskunft vom 08.07.1997.
- n Herr KRÄMER von der unteren Abfallwirtschaftsbehörde der kreisfreien Stadt Köln, telefonische Auskunft vom 14.02.1996.
- n Frau KRATZKE von der unteren Abfallwirtschaftsbehörde des Kreises Euskirchen, telefonische Auskunft vom 13.02.1996.
- n Frau Dr. KYNAST (1994) vom Regierungspräsidium Halle in einem Schreiben vom 28.02.1994 an die Leuna Werke AG.
- n HERR DIPL.-ING. AGR. THOMAS LANGENOHL, Geschäftsführer der Agrotec GmbH & Co. in St. Augustin, mündliche Auskunft vom 11.11.1997.
- n HERR DR. LINDNER vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Antwortschreiben an den Kasseler Entwässerungsbetrieb (z.Hd.: Herrn Neuschäfer) vom 12.02.1997.
- n HERR DIPL.-ING. AGR. WOLFGANG LÖHE, Mitarbeiter des sog. RAUMIS-Team am Institut für Agrarpolitik, Marktforschung und Wirtschaftssoziologie der Universität Bonn, mündliche Auskunft vom 28.11.1995.
- n HERR PROF. DIPL.-ING. MELSA, Niersverbandsvorsitzender in einem Wortbeitrag anlässlich der 31. Essener Tagung für Wasser- und Abfallwirtschaft am 27.03.1998.
- n MINISTERIUM FÜR UMWELT, RAUMORDNUNG UND LANDWIRTSCHAFT DES LANDES NORDRHEIN-WESTFALEN (MURL) (1994): Schreiben vom 27.09.1994 an die Bezirksregierungen in NRW (Aktenzeichen: IV A 2 - 827 - 24454/1), gezeichnet durch Nieß-Mache, Düsseldorf.
- n HERR DIPL.-ING. AGR. FRANK NEUKIRCHEN, Mitarbeiter der H & N Reststoff-Vertriebs-GmbH in Erftstadt-Frauenthal, telefonische Auskunft vom 12.08.1997.
- n HERR DR. NIES vom Institut für Tierernährung der Universität Bonn, mündliche Auskunft vom 12.02.1997.
- n HERR DR. OSWALD vom Referat 312 im Bundesministerium für Landwirtschaft, Ernährung und Forsten, schriftliches Auskunft vom 18.03.1996 (a).
- n HERR DR. OSWALD vom Referat 312 im Bundesministerium für Landwirtschaft, Ernährung und Forsten, telefonische Auskunft vom 26.11.1996 (b).

- n HERR POTTHAST von der LUFA Rheinland, mündliche Auskunft vom 05.12.1997.
- n HERR DR.-ING. SIGURD VAN RIESEN, Hauptgeschäftsführer der Abwassertechnischen Vereinigung e.V. (ATV), Schreiben vom 05.2.1997 an Herrn MR WEIRAUCH vom Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten; Kopie wurde freundlicherweise überreicht durch HERRN ESCH von der ATV mit Schreiben vom ebenfalls 05.02.1997.
- n HERR DR. PETER RIEß, Landwirtschaftliche Untersuchungs- und Forschungsanstalt der Landwirtschaftskammer Rheinland (LUFA Bonn), persönliche Mitteilung vom 05.12.1997.
- n HERR DR. PETER RIEß, Landwirtschaftliche Untersuchungs- und Forschungsanstalt der Landwirtschaftskammer Rheinland (LUFA Bonn), persönliche Mitteilung vom 25.03.1998.
- n HERR SCHARLAU von der unteren Abfallwirtschaftsbehörde des Kreises Coesfeld, telefonische Auskunft vom 12.02.1996.
- n HERR SCHLEGEL von der Emschergenossenschaft in Essen, telefonische Auskunft vom 07.04.1997.
- n HERR SCHMELZ von der gemeinsamen Abteilung Reststoffverwertung/Vermarktung von Emschergenossenschaft und Lippeverband in Essen, telefonische Auskunft vom 28.03.1996.
- n HERR SCHMIDT-HORNIG vom Umweltministeriums Baden Württemberg, Kompostierungserlaß des Landes Baden-Württemberg (1994) mit erläuternden Unterlagen, Schreiben vom 30.06.1994.
- n FRAU SOLSCHEIT von der unteren Abfallwirtschaftsbehörde der Stadt Bielefeld, telefonische Auskunft vom 13.02.1996.
- n HERR PROF. DR. WERNER, Mitglied des wissenschaftlichen Beirats für Düngungsfragen beim BMELF, persönliche Mitteilung vom 27.01.1999.
- n HERR PROF. DR. WERNER, im Rahmen eines Wortbeitrages zum Vortrag von HERRN DR. SUNTHEIM (s.a. Literaturverweis "SUNTHEIM, L., DITTRICH, B. (1996)") am 18.09.1996 in Trier.
- n HERR WOLF von der Emschergenossenschaft, persönliche Mitteilung vom 27.03.1998.
- n HERR DIPL.-ING. AGR. CHRISTIAN WUCHERPFENNIG, Geschäftsführer der Landesgeschäftsstelle der ANOG, einem Mitgliedsverband der AGÖL, in einem persönlichen Gespräch vom 06.05.1997.
- n HERR ZÖLLER vom Binnenschiffereiunternehmen Zöller GmbH in Rostock, telefonische Auskunft vom 04.03.1998.

VII. Anhang

Pflanzliche Produktion:
(Ertragsangaben in t/ha)

WWEI = Winterweizen
 SWEI = Sommerweizen
 ROGG = Roggen
 WGER = Wintergerste
 SGER = Sommergerste
 HAFE = Hafer
 SGET = sonstiges Getreide
 KMAIS = Körnermais
 HUEL = Hülsenfrüchte
 FKAR = Frühkartoffeln
 SKAR = Spätkartoffeln
 ZRUE = Zuckerrüben
 SPFL = sonstige Pflanzen
 SHAN = sonstige
 Handelsgewächse
 RAPS = Raps
 SOEL = sonstige Ölpflanzen
 GEMU = Gemüse
 OBST = Obst
 REBL = Weinreben
 KLEE = Klee
 LUZE = Luzerne
 FEGR = Feldgras
 SMAI = Silomais
 SHAC = Futterrüben
 WIES = Wiesen
 WEID = Weiden
 EXGR = extensiv bewirtschaftete
 Wiesen und Weiden
 HUTU = Hutungen

Tierische Produktion:
Stallplätze

BULL = Bullen
 FMAS = Färsen
 FAUF = Färsenaufzucht
 KAUF = Kälberaufzucht
 KMAS = Kälbermast
 ALTK = Altkühe
 AMMU = Mutter- und
 Ammenkühe
 SCHA = Schafe
 SMAS = Schweinemast
 SAUH = Sauenhaltung
 LEGE = Legehennen
 JUHE = Junghennen
 MAHH = Masthähnchen
 SOGE = sonstiges Geflügel
 SOTI = sonstige Tierhaltung
 MIKU = Milchkühe

Kreishof: ACQ

(Verwertete Sekundärrohstoffdünger)

	"novelliertes" Treppenstufenmodell			
	ohne interregionalem Transport		mit interregionalem Transport	
	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)
mit Pacht, mit Intensivwiese	3734	20615	7129	20615
ohne Pacht, ohne Intensivwiesen	3734	20615	4680	10000
mit Pacht, ohne Intensivwiesen	3734	20615	7086	10000
ohne Pacht, mit Intensivwiesen	3734	20615	5497	20615

	Treppenstufenmodell gemäß der NRW-VV zur AbfKlärV			
	ohne interregionalem Transport		mit interregionalem Transport	
	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)
mit Pacht, mit Intensivwiese	3734	20615	3734	20615
ohne Pacht, ohne Intensivwiesen	2901	16259	2901	16259
mit Pacht, ohne Intensivwiesen	3734	12979	5463	12979
ohne Pacht, mit Intensivwiesen	2951	20615	2951	20615

	alle Flächen Bodenversorgungsstufe C für P2O5			
	ohne interregionalem Transport		mit interregionalem Transport	
	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)
mit Pacht, mit Intensivwiese	3734	20615	7827	20615
ohne Pacht, ohne Intensivwiesen	3734	20615	4757	20615
mit Pacht, ohne Intensivwiesen	3734	20615	7995	10000
ohne Pacht, mit Intensivwiesen	3734	20615	6810	20615

Kreishof: ACQ

1. Pflanzliche Verfahren:	WWEI	SWEI	ROGG	WGER	SGER	HAFE	KMAI	HUEL	RAPS
Ertragsniveau (t / ha)	9,71	7,74	5,85	7,61	3,6	5,86	7,16	4,32	3,78
UMFG (ha)	3961,4	28,9	237,4	1134,9	26,3	105,1	5,0	52,2	2,6
	SOEL	FKAR	SKAR	ZRUE	GEMU	OBST	REBL	SHAN	SOPF
Ertragsniveau (t / ha)	2,98	31,95	50,41	64,44	27,25	58,36		8,82	32,82
UMFG (ha)	0,3	10,8	135,4	2502,5	74,2	39,8		24,8	91,2
	KLEE	LUZE	FEGR	SMAI	SHAC	WIES	WEID	HUTU	EXGR
Ertragsniveau (t / ha)	28,7		30,38	57,96	103,57	21,75	22,08	3,32	15,45
UMFG (ha)	5,1		94,0	849,3	79,4	9002,2	2281,3	25,5	1537,9
	FLST								
UMFG (ha)	278,4								
2. Tierische Verfahren:	MIKU	ALTK	AMMU	KFAUF	KMAS	FAUF	FMAS	BULL	SAUH
UMFG (Stallplatz)	10879	156	3304	3236	114	6875	1395	4465	1048
Milchleistung (Kg)	6407								
	SMAS	JUHE	LEHE	MAHH	SOGE	SCHA	SOTI		
UMFG (Stallplatz)	4834	22194	71231	192	1613	5838	2122		

Kreishof: BM

(Verwertete Sekundärrohstoffdünger)

	"novelliertes" Treppenstufenmodell			
	ohne interregionalem Transport		mit interregionalem Transport	
	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)
mit Pacht, mit Intensivwiese	25558	36250	39559	2515
ohne Pacht, ohne Intensivwiesen	20952	0	20952	0
mit Pacht, ohne Intensivwiesen	25558	36250	39673	0
ohne Pacht, mit Intensivwiesen	20952	2028	20952	2028

	Treppenstufenmodell gemäß der NRW-VV zur AbfKlärV			
	ohne interregionalem Transport		mit interregionalem Transport	
	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)
mit Pacht, mit Intensivwiese	25558	36250	26676	36250
ohne Pacht, ohne Intensivwiesen	14840	30468	14840	30468
mit Pacht, ohne Intensivwiesen	25558	36250	26676	36250
ohne Pacht, mit Intensivwiesen	14840	31574	14840	31574

	alle Flächen Bodenversorgungsstufe C für P2O5			
	ohne interregionalem Transport		mit interregionalem Transport	
	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)
mit Pacht, mit Intensivwiese	25558	36250	44848	5283
ohne Pacht, ohne Intensivwiesen	24866	0	24866	0
mit Pacht, ohne Intensivwiesen	25558	36250	45146	0
ohne Pacht, mit Intensivwiesen	24866	2642	24866	2642

Kreishof: BM

1. Pflanzliche Verfahren:	WWEI	SWEI	ROGG	WGER	SGER	HAFE	KMAI	HUEL	RAPS
Ertragsniveau (t / ha)	9,99	7,74	9,39	8,02	6,05	6,91	8,52	4,87	4,27
UMFG (ha)	12347,7	53,1	2888,4	2573,0	61,9	360,0	89,6	569,3	23,8
	SOEL	FKAR	SKAR	ZRUE	GEMU	OBST	REBL	SHAN	SOPF
Ertragsniveau (t / ha)	2,97	33,41	52,24	63,71	27,25	58,36			
UMFG (ha)	2,4	179,6	946,9	9338,0	1050,3	171,9			
	KLEE	LUZE	FEGR	SMAI	SHAC	WIES	WEID	HUTU	EXGR
Ertragsniveau (t / ha)	53,3	45,73	51,84	53,92	106,53	40,8	40,8	6,12	28,56
UMFG (ha)	30,6	112,3	234,9	294,4	146,4	323,7	429,0	12,4	510,1
	FLST								
UMFG (ha)	838,2								
2. Tierische Verfahren:	MIKU	ALTK	AMMU	KFAUF	KMAS	FAUF	FMAS	BULL	SAUH
UMFG (Stallplatz)	1237	33	648	945	37	934	189	1719	1346
Milchleistung (Kg)	6524								
	SMAS	JUHE	LEHE	MAHH	SOGE	SCHA	SOTI		
UMFG (Stallplatz)	10037	48930	144299	608	40834	8477	1978		

Kreishof: BOR

(Verwertete Sekundärrohstoffdünger)

	"novelliertes" Treppenstufenmodell			
	ohne interregionalem Transport		mit interregionalem Transport	
	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)
mit Pacht, mit Intensivwiese	0	17378	0	17378
ohne Pacht, ohne Intensivwiesen	0	0	0	0
mit Pacht, ohne Intensivwiesen	0	0	0	0
ohne Pacht, mit Intensivwiesen	0	17378	0	17378

	Treppenstufenmodell gemäß der NRW-VV zur AbfKlärV			
	ohne interregionalem Transport		mit interregionalem Transport	
	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)
mit Pacht, mit Intensivwiese	0	17378	0	17378
ohne Pacht, ohne Intensivwiesen	0	0	0	0
mit Pacht, ohne Intensivwiesen	0	0	0	0
ohne Pacht, mit Intensivwiesen	0	17378	0	17378

	alle Flächen Bodenversorgungsstufe C für P2O5			
	ohne interregionalem Transport		mit interregionalem Transport	
	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)
mit Pacht, mit Intensivwiese	0	17378	0	17378
ohne Pacht, ohne Intensivwiesen	0	0	0	0
mit Pacht, ohne Intensivwiesen	0	0	0	0
ohne Pacht, mit Intensivwiesen	0	17378	0	17378

Kreishof: BOR

1. Pflanzliche Verfahren:	WWEI	SWEI	ROGG	WGER	SGER	HAFE	KMAI	HUEL	RAPS
Ertragsniveau (t / ha)	8,12	7,74	5,86	6,54	4,89	5,78	8,94	4,22	3,91
UMFG (ha)	4925,1	272,8	2312,2	6494,8	198,9	7165,4	13356,3	189,5	169,0
	SOEL	FKAR	SKAR	ZRUE	GEMU	OBST	REBL	SHAN	SOPF
Ertragsniveau (t / ha)	3,09	34,12	40,62	52,81	29,44	49,5		9,53	35,47
UMFG (ha)	4,3	220,2	1420,9	701,4	959,6	39,8		99,0	363,7
	KLEE	LUZE	FEGR	SMAI	SHAC	WIES	WEID	HUTU	EXGR
Ertragsniveau (t / ha)	50,33	48,42	51,56	51,7	111,23	39,69	39,38	5,91	27,77
UMFG (ha)	23,3	5,1	733,3	20200,4	236,0	15147,1	829,8	92,4	10712,9
	FLST								
UMFG (ha)	2415,8								
2. Tierische Verfahren:	MIKU	ALTK	AMMU	KFAUF	KMAS	FAUF	FMAS	BULL	SAUH
UMFG (Stallplatz)	34489	822	4472	50122	1679	28194	7912	69144	52867
Milchleistung (Kg)	6457								
	SMAS	JUHE	LEHE	MAHH	SOG	SCHA	SOTI		
UMFG (Stallplatz)	286716	288436	547709	251160	161701	10499	2265		

Kreishof: COE

(Verwertete Sekundärrohstoffdünger)

	"novelliertes" Treppenstufenmodell			
	ohne interregionalem Transport		mit interregionalem Transport	
	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)
mit Pacht, mit Intensivwiese	0	8367	0	8367
ohne Pacht, ohne Intensivwiesen	0	0	0	0
mit Pacht, ohne Intensivwiesen	0	0	0	0
ohne Pacht, mit Intensivwiesen	0	4183	0	4183

	Treppenstufenmodell gemäß der NRW-VV zur AbfKlärV			
	ohne interregionalem Transport		mit interregionalem Transport	
	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)
mit Pacht, mit Intensivwiese	0	8367	0	8367
ohne Pacht, ohne Intensivwiesen	0	0	0	0
mit Pacht, ohne Intensivwiesen	0	0	0	0
ohne Pacht, mit Intensivwiesen	0	4183	0	4183

	alle Flächen Bodenversorgungsstufe C für P2O5			
	ohne interregionalem Transport		mit interregionalem Transport	
	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)
mit Pacht, mit Intensivwiese	0	10162	0	10162
ohne Pacht, ohne Intensivwiesen	0	0	0	0
mit Pacht, ohne Intensivwiesen	0	0	0	0
ohne Pacht, mit Intensivwiesen	0	10162	0	10162

Kreishof: COE

1. Pflanzliche Verfahren:	WWEI	SWEI	ROGG	WGER	SGER	HAFE	KMAI	HUEL	RAPS
Ertragsniveau (t / ha)	8,61	7,74	4,98	7,09	4,77	5,5	9,07	3,74	3,85
UMFG (ha)	14217,8	69,9	209,4	8921,7	63,4	4837,9	12253,5	541,6	306,9
	SOEL	FKAR	SKAR	ZRUE	GEMU	OBST	REBL	SHAN	SOPF
Ertragsniveau (t / ha)	3,04	34,23	39,06	49,83	29,44	49,5			
UMFG (ha)	30,7	2,3	86,9	266,4	109,1	52,6			
	KLEE	LUZE	FEGR	SMAI	SHAC	WIES	WEID	HUTU	EXGR
Ertragsniveau (t / ha)	39,41	37,75	38,01	53,42	117,22	29,87	29,85	4,48	20,9
UMFG (ha)	188,9	5,1	569,9	11432,9	59,6	2697,3	4618,0	198,7	5009,3
	FLST								
UMFG (ha)	2318,9								
2. Tierische Verfahren:	MIKU	ALTK	AMMU	KFAUF	KMAS	FAUF	FMAS	BULL	SAUH
UMFG (Stallplatz)	12251	226	2236	13498	472	13803	3472	46207	40149
Milchleistung (Kg)	6490								
	SMAS	JUHE	LEHE	MAHH	SOGE	SCHA	SOTI		
UMFG (Stallplatz)	256342	289931	404686	55414	41339	8226	3429		

Kreishof: DN

(Verwertete Sekundärrohstoffdünger)

	"novelliertes" Treppenstufenmodell			
	ohne interregionalem Transport		mit interregionalem Transport	
	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)
mit Pacht, mit Intensivwiese	17789	12214	47814	12214
ohne Pacht, ohne Intensivwiesen	17789	12214	25443	12214
mit Pacht, ohne Intensivwiesen	17789	12214	47896	6000
ohne Pacht, mit Intensivwiesen	17789	12214	26313	12214

	Treppenstufenmodell gemäß der NRW-VV zur AbfKlärV			
	ohne interregionalem Transport		mit interregionalem Transport	
	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)
mit Pacht, mit Intensivwiese	17789	12214	25621	12214
ohne Pacht, ohne Intensivwiesen	13856	12214	13856	12214
mit Pacht, ohne Intensivwiesen	17789	12214	25621	12214
ohne Pacht, mit Intensivwiesen	13856	12214	13856	12214

	alle Flächen Bodenversorgungsstufe C für P2O5			
	ohne interregionalem Transport		mit interregionalem Transport	
	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)
mit Pacht, mit Intensivwiese	17789	12214	56325	12214
ohne Pacht, ohne Intensivwiesen	17789	12214	32388	6000
mit Pacht, ohne Intensivwiesen	17789	12214	56406	6000
ohne Pacht, mit Intensivwiesen	17789	12214	32985	12214

Kreishof: DN

1. Pflanzliche Verfahren:	WWEI	SWEI	ROGG	WGER	SGER	HAFE	KMAI	HUEL	RAPS
Ertragsniveau (t / ha)	9,37	7,74	6,99	8,02	5,83	5,53	7,31	2,52	3,73
UMFG (ha)	17221,5	112,0	2542,2	4692,7	211,7	445,6	45,1	256,4	146,6
	SOEL	FKAR	SKAR	ZRUE	GEMU	OBST	REBL	SHAN	SOPF
Ertragsniveau (t / ha)	2,59	35,04	40,8	58,93	27,25	58,36		8,82	32,82
UMFG (ha)	14,7	214,7	1536,2	11817,5	411,2	113,4		11,2	41,2
	KLEE	LUZE	FEGR	SMAI	SHAC	WIES	WEID	HUTU	EXGR
Ertragsniveau (t / ha)	37,58	33,9	36,46	49,54	111,85	28,62	29,72	4,46	
UMFG (ha)	76,6	5,1	471,4	734,7	212,6	3252,0	2668,7	117,5	
	FLST								
UMFG (ha)	1155,7								
2. Tierische Verfahren:	MIKU	ALTK	AMMU	KFAUF	KMAS	FAUF	FMAS	BULL	SAUH
UMFG (Stallplatz)	8082	56	3060	2332	81	5402	825	3218	1939
Milchleistung (Kg)	6570								
	SMAS	JUHE	LEHE	MAHH	SOGE	SCHA	SOTI		
UMFG (Stallplatz)	16746	4643	87814	1471	3679	12369	1294		

Kreishof: DT

(Verwertete Sekundärrohstoffdünger)

	"novelliertes" Treppenstufenmodell			
	ohne interregionalem Transport		mit interregionalem Transport	
	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)
mit Pacht, mit Intensivwiese	8890	18559	43571	18559
ohne Pacht, ohne Intensivwiesen	8890	18559	26451	18559
mit Pacht, ohne Intensivwiesen	8890	18559	43571	0
ohne Pacht, mit Intensivwiesen	8890	18559	43571	18559

	Treppenstufenmodell gemäß der NRW-VV zur AbfKlärV			
	ohne interregionalem Transport		mit interregionalem Transport	
	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)
mit Pacht, mit Intensivwiese	8890	18559	21580	18559
ohne Pacht, ohne Intensivwiesen	8890	18559	16517	18559
mit Pacht, ohne Intensivwiesen	8890	18559	31988	18559
ohne Pacht, mit Intensivwiesen	8890	18559	16517	18559

	alle Flächen Bodenversorgungsstufe C für P2O5			
	ohne interregionalem Transport		mit interregionalem Transport	
	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)
mit Pacht, mit Intensivwiese	8890	18559	49920	18559
ohne Pacht, ohne Intensivwiesen	8890	18559	49920	0
mit Pacht, ohne Intensivwiesen	8890	18559	49920	0
ohne Pacht, mit Intensivwiesen	8890	18559	49920	18559

Kreishof: DT

1. Pflanzliche Verfahren:	WWEI	SWEI	ROGG	WGER	SGER	HAFE	KMAI	HUEL	RAPS
Ertragsniveau (t / ha)	8,32	7,74	5,16	7,93	5,28	5,58	10,72	4,7	3,63
UMFG (ha)	14598,1	224,0	1250,5	10999,5	54,5	5354,2	460,8	638,3	2532,1
	SOEL	FKAR	SKAR	ZRUE	GEMU	OBST	REBL	SHAN	SOPF
Ertragsniveau (t / ha)	2,52	34,75	39,23	60,25	29,44	58,36			
UMFG (ha)	678,7	13,9	110,3	2276,7	291,5	74,8			
	KLEE	LUZE	FEGR	SMAI	SHAC	WIES	WEID	HUTU	EXGR
Ertragsniveau (t / ha)	35,77	21,85	32,79	54,76	108,96	23,18	24	3,6	16,22
UMFG (ha)	170,2	3,5	188,8	1781,7	220,1	2810,5	4673,5	320,7	1873,7
	FLST								
UMFG (ha)	1766,3								
2. Tierische Verfahren:	MIKU	ALTK	AMMU	KFAUF	KMAS	FAUF	FMAS	BULL	SAUH
UMFG (Stallplatz)	6276	119	3048	3050	132	6236	1121	11062	6347
Milchleistung (Kg)	6763								
	SMAS	JUHE	LEHE	MAHH	SOGE	SCHA	SOTI		
UMFG (Stallplatz)	59977	9604	75241	9853	16486	10012	2202		

Kreishof: ENQ

(Verwertete Sekundärrohstoffdünger)

	"novelliertes" Treppenstufenmodell			
	ohne interregionalem Transport		mit interregionalem Transport	
	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)
mit Pacht, mit Intensivwiese	4010	28500	4010	28500
ohne Pacht, ohne Intensivwiesen	1509	20256	1509	20256
mit Pacht, ohne Intensivwiesen	2834	20324	2834	20324
ohne Pacht, mit Intensivwiesen	1776	28500	1776	28500

	Treppenstufenmodell gemäß der NRW-VV zur AbfKlärV			
	ohne interregionalem Transport		mit interregionalem Transport	
	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)
mit Pacht, mit Intensivwiese	3494	27997	3494	27997
ohne Pacht, ohne Intensivwiesen	1278	15542	1278	15542
mit Pacht, ohne Intensivwiesen	1617	20788	1616	20790
ohne Pacht, mit Intensivwiesen	1591	25000	1590	25000

	alle Flächen Bodenversorgungsstufe C für P2O5			
	ohne interregionalem Transport		mit interregionalem Transport	
	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)
mit Pacht, mit Intensivwiese	4373	36392	4373	36392
ohne Pacht, ohne Intensivwiesen	2775	26220	2775	26220
mit Pacht, ohne Intensivwiesen	3598	25767	3598	25767
ohne Pacht, mit Intensivwiesen	4373	36392	4373	36392

Kreishof: ENQ

1. Pflanzliche Verfahren:	WWEI	SWEI	ROGG	WGER	SGER	HAFE	KMAI	HUEL	RAPS
Ertragsniveau (t / ha)	7,6	7,74	5,11	4,3	3,39	4,71	7,91	4,44	3,16
UMFG (ha)	1580,7	68,4	302,6	1761,2	62,8	1158,4	152,5	241,8	953,8
	SOEL	FKAR	SKAR	ZRUE	GEMU	OBST	REBL	SHAN	SOPF
Ertragsniveau (t / ha)	2,5	23,89	26,78	69,23	29,44	58,36		9,53	35,47
UMFG (ha)	74,2	8,3	19,1	3,7	65,1	22,2		75,9	278,9
	KLEE	LUZE	FEGR	SMAI	SHAC	WIES	WEID	HUTU	EXGR
Ertragsniveau (t / ha)	28,64	26,52	28,32	61,03	109,47	21,46	21,6	3,24	15,02
UMFG (ha)	15,3	5,1	176,7	668,4	70,3	5118,0	434,6	85,1	3412,0
	FLST								
UMFG (ha)	361,7								
2. Tierische Verfahren:	MIKU	ALTK	AMMU	KFAUF	KMAS	FAUF	FMAS	BULL	SAUH
UMFG (Stallplatz)	5570	94	2432	1809	72	3390	443	2671	1096
Milchleistung (Kg)	6168								
	SMAS	JUHE	LEHE	MAHH	SOGE	SCHA	SOTI		
UMFG (Stallplatz)	6406	63205	185298	1333	3362	7049	3518		

Kreishof: EU

(Verwertete Sekundärrohstoffdünger)

	"novelliertes" Treppenstufenmodell			
	ohne interregionalem Transport		mit interregionalem Transport	
	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)
mit Pacht, mit Intensivwiese	7491	9261	22317	9261
ohne Pacht, ohne Intensivwiesen	7491	9261	15721	1126
mit Pacht, ohne Intensivwiesen	7491	9261	22698	0
ohne Pacht, mit Intensivwiesen	7491	9261	15721	9261

	Treppenstufenmodell gemäß der NRW-VV zur AbfKlärV			
	ohne interregionalem Transport		mit interregionalem Transport	
	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)
mit Pacht, mit Intensivwiese	7491	9261	13334	9261
ohne Pacht, ohne Intensivwiesen	7491	9261	10371	9261
mit Pacht, ohne Intensivwiesen	7491	9261	19800	4743
ohne Pacht, mit Intensivwiesen	7491	9261	10371	9261

	alle Flächen Bodenversorgungsstufe C für P2O5			
	ohne interregionalem Transport		mit interregionalem Transport	
	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)
mit Pacht, mit Intensivwiese	7491	9261	23523	9261
ohne Pacht, ohne Intensivwiesen	7491	9261	19500	0
mit Pacht, ohne Intensivwiesen	7491	9261	24047	0
ohne Pacht, mit Intensivwiesen	7491	9261	19500	9261

Kreishof: EU

1. Pflanzliche Verfahren:	WWEI	SWEI	ROGG	WGER	SGER	HAFE	KMAI	HUEL	RAPS
Ertragsniveau (t / ha)	7,21	7,74	7,01	7,29	4,73	4,69	7,83	3,26	3,13
UMFG (ha)	8788,2	146,4	1930,5	3672,5	752,4	1180,7	163,6	746,6	1078,9
	SOEL	FKAR	SKAR	ZRUE	GEMU	OBST	REBL	SHAN	SOPF
Ertragsniveau (t / ha)	2,47	21,47	31,3	49,51	27,25	58,36		8,82	32,82
UMFG (ha)	150,6	3,7	214,3	3955,1	508,1	148,5		15,1	55,5
	KLEE	LUZE	FEGR	SMAI	SHAC	WIES	WEID	HUTU	EXGR
Ertragsniveau (t / ha)	26,5		25,46	31,69	93,1	21,4	20,59	3,09	
UMFG (ha)	122,5		262,1	1233,1	268,5	20521,5	741,1	182,7	
	FLST								
UMFG (ha)	920,4								
2. Tierische Verfahren:	MIKU	ALTK	AMMU	KFAUF	KMAS	FAUF	FMAS	BULL	SAUH
UMFG (Stallplatz)	12850	97	7244	3879	148	10295	1225	5352	1128
Milchleistung (Kg)	5852								
	SMAS	JUHE	LEHE	MAHH	SOGE	SCHA	SOTI		
UMFG (Stallplatz)	8195	8922	81228	31952	25968	15090	2288		

Kreishof: GLQ

(Verwertete Sekundärrohstoffdünger)

	"novelliertes" Treppenstufenmodell			
	ohne interregionalem Transport		mit interregionalem Transport	
	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)
mit Pacht, mit Intensivwiese	7481	28500	7481	28500
ohne Pacht, ohne Intensivwiesen	4142	17869	4142	17869
mit Pacht, ohne Intensivwiesen	8906	0	8906	0
ohne Pacht, mit Intensivwiesen	5738	28500	5738	28500

	Treppenstufenmodell gemäß der NRW-VV zur AbfKlärV			
	ohne interregionalem Transport		mit interregionalem Transport	
	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)
mit Pacht, mit Intensivwiese	7657	28500	7656	28500
ohne Pacht, ohne Intensivwiesen	2897	23562	2952	23011
mit Pacht, ohne Intensivwiesen	8725	0	8725	0
ohne Pacht, mit Intensivwiesen	5118	28500	5118	28500

	alle Flächen Bodenversorgungsstufe C für P2O5			
	ohne interregionalem Transport		mit interregionalem Transport	
	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)
mit Pacht, mit Intensivwiese	7699	28500	7699	28500
ohne Pacht, ohne Intensivwiesen	3550	28500	3550	28500
mit Pacht, ohne Intensivwiesen	4430	28500	9342	0
ohne Pacht, mit Intensivwiesen	6389	28500	6389	28500

Kreishof: GLQ

1. Pflanzliche Verfahren:	WWEI	SWEI	ROGG	WGER	SGER	HAFE	KMAI	HUEL	RAPS
Ertragsniveau (t / ha)	8,13	7,74	6,59	6,66	5,11	5,17	5,39	4,22	2,4
UMFG (ha)	1851,0	61,5	2437,6	1255,5	233,3	561,4	13,2	340,4	93,7
	SOEL	FKAR	SKAR	ZRUE	GEMU	OBST	REBL	SHAN	SOPF
Ertragsniveau (t / ha)		31,99	31,64	56,28	27,25	58,36		8,82	32,82
UMFG (ha)		12,5	46,7	1661,9	187,8	221,0		81,1	298,1
	KLEE	LUZE	FEGR	SMAI	SHAC	WIES	WEID	HUTU	EXGR
Ertragsniveau (t / ha)	28,82	21,98	28,47	63,44	109,51	22,29	22,26	3,34	
UMFG (ha)	27,2	51,6	342,1	712,3	85,7	7058,9	4101,7	138,4	
	FLST								
UMFG (ha)	332,9								
2. Tierische Verfahren:	MIKU	ALTK	AMMU	KFAUF	KMAS	FAUF	FMAS	BULL	SAUH
UMFG (Stallplatz)	7417	130	4032	2006	68	5433	655	2767	329
Milchleistung (Kg)	6723								
	SMAS	JUHE	LEHE	MAHH	SOGE	SCHA	SOTI		
UMFG (Stallplatz)	2854	37308	142124	16130	3386	10593	3509		

Kreishof: GM**(Verwertete Sekundärrohstoffdünger)**

	"novelliertes" Treppenstufenmodell			
	ohne interregionalem Transport		mit interregionalem Transport	
	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)
mit Pacht, mit Intensivwiese	0	3000	0	3000
ohne Pacht, ohne Intensivwiesen	0	0	0	0
mit Pacht, ohne Intensivwiesen	0	0	0	0
ohne Pacht, mit Intensivwiesen	0	3000	0	3000

	Treppenstufenmodell gemäß der NRW-VV zur AbfKlärV			
	ohne interregionalem Transport		mit interregionalem Transport	
	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)
mit Pacht, mit Intensivwiese	0	3000	0	3000
ohne Pacht, ohne Intensivwiesen	0	0	0	0
mit Pacht, ohne Intensivwiesen	0	0	0	0
ohne Pacht, mit Intensivwiesen	0	3000	0	3000

	alle Flächen Bodenversorgungsstufe C für P2O5			
	ohne interregionalem Transport		mit interregionalem Transport	
	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)
mit Pacht, mit Intensivwiese	0	3000	0	3000
ohne Pacht, ohne Intensivwiesen	0	0	0	0
mit Pacht, ohne Intensivwiesen	0	0	0	0
ohne Pacht, mit Intensivwiesen	0	3000	0	3000

Kreishof: GM

1. Pflanzliche Verfahren:	WWEI	SWEI	ROGG	WGER	SGER	HAFE	KMAI	HUEL	RAPS
Ertragsniveau (t / ha)	5,87	7,84	4,69	6,72	4,23	5	7,05	4,44	4,06
UMFG (ha)	37,9	2,1	8,3	780,0	32,2	143,8	13,4	1,0	4,6
	SOEL	FKAR	SKAR	ZRUE	GEMU	OBST	REBL	SHAN	SOPF
Ertragsniveau (t / ha)	3,2	14,58	29,59		27,25	58,36		8,82	32,82
UMFG (ha)	0,4	10,6	55,6		6,8	180,1		13,3	48,9
	KLEE	LUZE	FEGR	SMAI	SHAC	WIES	WEID	HUTU	EXGR
Ertragsniveau (t / ha)	40,41		32,24	53,27	120,86	23,93	24,24	3,64	
UMFG (ha)	4,0		120,8	1085,8	46,0	18229,6	8821,2	194,6	
	FLST								
UMFG (ha)	91,9								
2. Tierische Verfahren:	MIKU	ALTK	AMMU	KFAUF	KMAS	FAUF	FMAS	BULL	SAUH
UMFG (Stallplatz)	14202		6804	4118	181	9593	1360	5681	87
Milchleistung (Kg)	6122								
	SMAS	JUHE	LEHE	MAHH	SOGE	SCHA	SOTI		
UMFG (Stallplatz)	664	791	13177	3077	2146	13438	2350		

Kreishof: GT

(Verwertete Sekundärrohstoffdünger)

	"novelliertes" Treppenstufenmodell			
	ohne interregionalem Transport		mit interregionalem Transport	
	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)
mit Pacht, mit Intensivwiese	9074	15587	10148	15587
ohne Pacht, ohne Intensivwiesen	9074	646	9125	0
mit Pacht, ohne Intensivwiesen	9074	12898	10148	0
ohne Pacht, mit Intensivwiesen	9074	15587	9125	15587

	Treppenstufenmodell gemäß der NRW-VV zur AbfKlärV			
	ohne interregionalem Transport		mit interregionalem Transport	
	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)
mit Pacht, mit Intensivwiese	9074	15587	9074	15587
ohne Pacht, ohne Intensivwiesen	7824	7128	7824	7128
mit Pacht, ohne Intensivwiesen	9074	12898	10148	0
ohne Pacht, mit Intensivwiesen	8182	15587	8182	15587

	alle Flächen Bodenversorgungsstufe C für P2O5			
	ohne interregionalem Transport		mit interregionalem Transport	
	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)
mit Pacht, mit Intensivwiese	9074	15587	10148	15587
ohne Pacht, ohne Intensivwiesen	9074	12898	10148	0
mit Pacht, ohne Intensivwiesen	9074	12898	10148	0
ohne Pacht, mit Intensivwiesen	9074	15587	10148	15587

Kreishof: GT

1. Pflanzliche Verfahren:	WWEI	SWEI	ROGG	WGER	SGER	HAFE	KMAI	HUEL	RAPS
Ertragsniveau (t / ha)	8,2	7,74	4,67	6,53	4,89	5,24	7,55	4,21	3,74
UMFG (ha)	3886,1	186,3	965,8	6276,2	867,4	5065,3	8273,5	123,8	406,1
	SOEL	FKAR	SKAR	ZRUE	GEMU	OBST	REBL	SHAN	SOPF
Ertragsniveau (t / ha)	2,95	30,21	43,04	53,85	29,44	58,36		9,53	35,47
UMFG (ha)	79,0	77,7	684,9	189,9	231,7	88,9		49,6	182,2
	KLEE	LUZE	FEGR	SMAI	SHAC	WIES	WEID	HUTU	EXGR
Ertragsniveau (t / ha)	37,83	27,76	37,57	52,98	106,73	28,67	29,43	4,41	20,09
UMFG (ha)	45,4	5,1	295,0	9155,4	192,3	10292,6	277,0	165,8	7156,9
	FLST								
UMFG (ha)	1503,8								
2. Tierische Verfahren:	MIKU	ALTK	AMMU	KFAUF	KMAS	FAUF	FMAS	BULL	SAUH
UMFG (Stallplatz)	17391	281	3208	8397	359	11337	2787	32326	8540
Milchleistung (Kg)	6566								
	SMAS	JUHE	LEHE	MAHH	SOGE	SCHA	SOTI		
UMFG (Stallplatz)	95037	623097	619768	962311	108035	6661	3055		

Kreishof: HFQ

(Verwertete Sekundärrohstoffdünger)

	"novelliertes" Treppenstufenmodell			
	ohne interregionalem Transport		mit interregionalem Transport	
	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)
mit Pacht, mit Intensivwiese	6956	24028	23187	21000
ohne Pacht, ohne Intensivwiesen	6956	24028	14932	21000
mit Pacht, ohne Intensivwiesen	6956	24028	22322	21000
ohne Pacht, mit Intensivwiesen	6956	24028	15836	21000

	Treppenstufenmodell gemäß der NRW-VV zur AbfKlärV			
	ohne interregionalem Transport		mit interregionalem Transport	
	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)
mit Pacht, mit Intensivwiese	6956	24028	13476	24028
ohne Pacht, ohne Intensivwiesen	6956	24028	10491	24028
mit Pacht, ohne Intensivwiesen	6956	24028	20163	24028
ohne Pacht, mit Intensivwiesen	6956	24028	10491	24028

	alle Flächen Bodenversorgungsstufe C für P2O5			
	ohne interregionalem Transport		mit interregionalem Transport	
	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)
mit Pacht, mit Intensivwiese	6956	24028	26460	24028
ohne Pacht, ohne Intensivwiesen	6956	24028	17668	21000
mit Pacht, ohne Intensivwiesen	6956	24028	24711	21000
ohne Pacht, mit Intensivwiesen	6956	24028	18947	21000

Kreishof: HFQ

1. Pflanzliche Verfahren:	WWEI	SWEI	ROGG	WGER	SGER	HAFE	KMAI	HUEL	RAPS
Ertragsniveau (t / ha)	9,03	7,74	5,94	8,03	5,26	5,81	8,34	4,33	4,1
UMFG (ha)	7065,6	76,5	373,4	6591,5	40,7	3295,1	2075,2	591,8	1387,1
	SOEL	FKAR	SKAR	ZRUE	GEMU	OBST	REBL	SHAN	SOPF
Ertragsniveau (t / ha)	3,24	26,01	37,95	59,35	29,44	58,36		9,53	35,47
UMFG (ha)	144,4	16,1	168,5	706,0	351,4	91,2		22,7	83,3
	KLEE	LUZE	FEGR	SMAI	SHAC	WIES	WEID	HUTU	EXGR
Ertragsniveau (t / ha)	42,5	28,65	40,1	49,88	111,03	30,49	30,87	4,6	21,34
UMFG (ha)	93,6	2,3	238,8	1644,1	150,5	1609,6	1987,9	112,3	1073,1
	FLST								
UMFG (ha)	1047,7								
2. Tierische Verfahren:	MIKU	ALTK	AMMU	KFAUF	KMAS	FAUF	FMAS	BULL	SAUH
UMFG (Stallplatz)	4063	79	912	2669	105	2609	568	6109	10191
Milchleistung (Kg)	6933								
	SMAS	JUHE	LEHE	MAHH	SOGE	SCHA	SOTI		
UMFG (Stallplatz)	59603	22736	68973	1662	18508	5291	2308		

Kreishof: HS

(Verwertete Sekundärrohstoffdünger)

	"novelliertes" Treppenstufenmodell			
	ohne interregionalem Transport		mit interregionalem Transport	
	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)
mit Pacht, mit Intensivwiese	11927	11794	29800	11794
ohne Pacht, ohne Intensivwiesen	11927	11794	18210	11794
mit Pacht, ohne Intensivwiesen	11927	11794	29301	6000
ohne Pacht, mit Intensivwiesen	11927	11794	18567	11794

	Treppenstufenmodell gemäß der NRW-VV zur AbfKlärV			
	ohne interregionalem Transport		mit interregionalem Transport	
	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)
mit Pacht, mit Intensivwiese	11927	11794	15082	11794
ohne Pacht, ohne Intensivwiesen	8242	11794	8242	11794
mit Pacht, ohne Intensivwiesen	11927	11794	15082	11794
ohne Pacht, mit Intensivwiesen	8242	11794	8242	11794

	alle Flächen Bodenversorgungsstufe C für P2O5			
	ohne interregionalem Transport		mit interregionalem Transport	
	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)
mit Pacht, mit Intensivwiese	11927	11794	37908	11794
ohne Pacht, ohne Intensivwiesen	11927	11794	24209	6000
mit Pacht, ohne Intensivwiesen	11927	11794	37408	6000
ohne Pacht, mit Intensivwiesen	11927	11794	24806	11794

Kreishof: HS

1. Pflanzliche Verfahren:	WWEI	SWEI	ROGG	WGER	SGER	HAFE	KMAI	HUEL	RAPS
Ertragsniveau (t / ha)	9,17	9,2	6,22	7,64	5,6	6,19	8,25	4,39	4,16
UMFG (ha)	10709,4	188,8	1372,8	1728,1	22,0	438,1	374,0	450,7	12,9
	SOEL	FKAR	SKAR	ZRUE	GEMU	OBST	REBL	SHAN	SOPF
Ertragsniveau (t / ha)	3,28	31,64	39,63	62,16	27,25	58,36		8,82	32,82
UMFG (ha)	1,3	224,8	1311,0	8471,6	194,6	183,6		45,1	165,7
	KLEE	LUZE	FEGR	SMAI	SHAC	WIES	WEID	HUTU	EXGR
Ertragsniveau (t / ha)	44,39	40,37	43,92	62,85	132,64	36,06	34,98	5,25	25,2
UMFG (ha)	37,4	32,3	634,7	3931,0	248,1	3332,6	184,1	17,7	2356,3
	FLST								
UMFG (ha)	836,1								
2. Tierische Verfahren:	MIKU	ALTK	AMMU	KFAUF	KMAS	FAUF	FMAS	BULL	SAUH
UMFG (Stallplatz)	12046	147	2120	3585	123	6660	1342	11722	4738
Milchleistung (Kg)	6825								
	SMAS	JUHE	LEHE	MAHH	SOGE	SCHA	SOTI		
UMFG (Stallplatz)	23102	49196	161529	2094	4498	2324	1012		

Kreishof: HSK

(Verwertete Sekundärrohstoffdünger)

	"novelliertes" Treppenstufenmodell			
	ohne interregionalem Transport		mit interregionalem Transport	
	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)
mit Pacht, mit Intensivwiese	3887	14494	15757	14494
ohne Pacht, ohne Intensivwiesen	3887	14494	11814	6980
mit Pacht, ohne Intensivwiesen	3887	14494	16328	3000
ohne Pacht, mit Intensivwiesen	3887	14494	11814	14494

	Treppenstufenmodell gemäß der NRW-VV zur AbfKlärV			
	ohne interregionalem Transport		mit interregionalem Transport	
	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)
mit Pacht, mit Intensivwiese	3887	14494	11958	14494
ohne Pacht, ohne Intensivwiesen	3887	14494	9446	14494
mit Pacht, ohne Intensivwiesen	3887	14494	16427	3000
ohne Pacht, mit Intensivwiesen	3887	14494	9446	14494

	alle Flächen Bodenversorgungsstufe C für P2O5			
	ohne interregionalem Transport		mit interregionalem Transport	
	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)
mit Pacht, mit Intensivwiese	3887	14494	15899	14494
ohne Pacht, ohne Intensivwiesen	3887	14494	14077	3000
mit Pacht, ohne Intensivwiesen	3887	14494	16427	3000
ohne Pacht, mit Intensivwiesen	3887	14494	14376	14494

Kreishof: HSK

1. Pflanzliche Verfahren:	WWEI	SWEI	ROGG	WGER	SGER	HAFE	KMAI	HUEL	RAPS
Ertragsniveau (t / ha) (t / ha)	7,37	7,74	4,32	6,84	4,48	4,89	7	4,22	3,82
UMFG (ha)	2753,3	61,9	425,0	4081,6	964,5	2923,7	125,2	36,8	2221,4
	SOEL	FKAR	SKAR	ZRUE	GEMU	OBST	REBL	SHAN	SOPF
Ertragsniveau (t / ha) (t / ha)	3,02		26,18	40,85	29,44	58,36		9,53	35,47
UMFG (ha)	273,4		26,1	5,5	2,3	108,8		411,6	1512,2
	KLEE	LUZE	FEGR	SMAI	SHAC	WIES	WEID	HUTU	EXGR
Ertragsniveau (t / ha) (t / ha)	31,34	28,65	33,8	42,2	96,83	24,17	23,92	3,59	16,92
UMFG (ha)	17,6	2,3	617,8	1737,7	54,5	24843,2	1157,5	407,9	8530,5
	FLST								
UMFG (ha)	813,7								
2. Tierische Verfahren:	MIKU	ALTK	AMMU	KFAUF	KMAS	FAUF	FMAS	BULL	SAUH
UMFG (Stallplatz)	18080	179	9940	6639	297	15998	2057	9159	4194
Milchleistung (Kg)	6069								
	SMAS	JUHE	LEHE	MAHH	SOGE	SCHA	SOTI		
UMFG (Stallplatz)	27914	2863	68592	516	32411	18979	1985		

Kreishof: HX

(Verwertete Sekundärrohstoffdünger)

	"novelliertes" Treppenstufenmodell			
	ohne interregionalem Transport		mit interregionalem Transport	
	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)
mit Pacht, mit Intensivwiese	3884	7893	34220	7893
ohne Pacht, ohne Intensivwiesen	3884	7893	17688	7893
mit Pacht, ohne Intensivwiesen	3884	7893	33627	7893
ohne Pacht, mit Intensivwiesen	3884	7893	18222	7893

	Treppenstufenmodell gemäß der NRW-VV zur AbfKlärV			
	ohne interregionalem Transport		mit interregionalem Transport	
	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)
mit Pacht, mit Intensivwiese	3884	7893	17978	7893
ohne Pacht, ohne Intensivwiesen	3884	7893	13763	7893
mit Pacht, ohne Intensivwiesen	3884	7893	25341	7893
ohne Pacht, mit Intensivwiesen	3884	7893	14159	7893

	alle Flächen Bodenversorgungsstufe C für P2O5			
	ohne interregionalem Transport		mit interregionalem Transport	
	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)
mit Pacht, mit Intensivwiese	3884	7893	39023	7893
ohne Pacht, ohne Intensivwiesen	3884	7893	37066	7893
mit Pacht, ohne Intensivwiesen	3884	7893	38365	7893
ohne Pacht, mit Intensivwiesen	3884	7893	37853	7893

Kreishof: HX

1. Pflanzliche Verfahren:	WWEI	SWEI	ROGG	WGER	SGER	HAFE	KMAI	HUEL	RAPS
Ertragsniveau (t / ha) (t / ha)	7,82	7,74	4,79	7,85	5,08	5,61	9,52	4,6	3,75
UMFG (ha)	20730,2	230,2	97,1	13445,1	67,2	2963,9	414,1	1112,1	1281,2
	SOEL	FKAR	SKAR	ZRUE	GEMU	OBST	REBL	SHAN	SOPF
Ertragsniveau (t / ha) (t / ha)	2,96	26,71	35,42	53,41	29,44	58,36			
UMFG (ha)	810,9	5,8	56,8	2748,6	323,4	52,6			
	KLEE	LUZE	FEGR	SMAI	SHAC	WIES	WEID	HUTU	EXGR
Ertragsniveau (t / ha) (t / ha)	30,97	26,27	34,27	56,42	112,53	24,62	24,69	3,7	17,25
UMFG (ha)	60,1	9,3	150,3	2383,9	284,2	5770,1	2913,9	251,5	5957,0
	FLST								
UMFG (ha)	1923,7								
2. Tierische Verfahren:	MIKU	ALTK	AMMU	KFAUF	KMAS	FAUF	FMAS	BULL	SAUH
UMFG (Stallplatz)	12523	236	3852	6928	286	11143	2492	12661	25448
Milchleistung (Kg)	6262								
	SMAS	JUHE	LEHE	MAHH	SOGE	SCHA	SOTI		
UMFG (Stallplatz)	156068	5874	39380	30699	22701	15024	1367		

Kreishof: KLE

(Verwertete Sekundärrohstoffdünger)

	"novelliertes" Treppenstufenmodell			
	ohne interregionalem Transport		mit interregionalem Transport	
	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)
mit Pacht, mit Intensivwiese	19433	14659	19433	14659
ohne Pacht, ohne Intensivwiesen	16183	3000	16183	3000
mit Pacht, ohne Intensivwiesen	19167	3000	19167	3000
ohne Pacht, mit Intensivwiesen	16197	14659	16197	14659

	Treppenstufenmodell gemäß der NRW-VV zur AbfKlärV			
	ohne interregionalem Transport		mit interregionalem Transport	
	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)
mit Pacht, mit Intensivwiese	18633	14659	18633	14659
ohne Pacht, ohne Intensivwiesen	11203	14659	11203	14659
mit Pacht, ohne Intensivwiesen	18384	3000	18384	3000
ohne Pacht, mit Intensivwiesen	11203	14659	11203	14659

	alle Flächen Bodenversorgungsstufe C für P2O5			
	ohne interregionalem Transport		mit interregionalem Transport	
	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)
mit Pacht, mit Intensivwiese	21030	14659	21030	14659
ohne Pacht, ohne Intensivwiesen	20780	3000	20780	3000
mit Pacht, ohne Intensivwiesen	20780	3000	20780	3000
ohne Pacht, mit Intensivwiesen	21030	14659	21030	14659

Kreishof: KLE

1. Pflanzliche Verfahren:	WWEI	SWEI	ROGG	WGER	SGER	HAFE	KMAI	HUEL	RAPS
Ertragsniveau (t / ha)	8,65	7,74	5,39	6,72	5,43	5,86	7,93	4,23	4,13
UMFG (ha)	6278,7	158,3	717,4	4733,5	51,5	4552,6	2692,8	2705,8	842,8
	SOEL	FKAR	SKAR	ZRUE	GEMU	OBST	REBL	SHAN	SOPF
Ertragsniveau (t / ha)	3,25	34,41	44,49	59	29,44	58,36		9,53	35,47
UMFG (ha)	20,3	556,3	2270,0	4430,7	1747,0	157,9		294,2	1081,1
	KLEE	LUZE	FEGR	SMAI	SHAC	WIES	WEID	HUTU	EXGR
Ertragsniveau (t / ha)	38,88	23,11	40,52	50,99	120,94	30,22	29,29	4,39	21,1
UMFG (ha)	128,8	4,7	2025,3	11580,4	224,7	13336,8	999,6	85,1	9614,3
	FLST								
UMFG (ha)	1500,5								
2. Tierische Verfahren:	MIKU	ALTK	AMMU	KFAUF	KMAS	FAUF	FMAS	BULL	SAUH
UMFG (Stallplatz)	28625	718	8000	10496	448	22782	5079	34374	25568
Milchleistung (Kg)	7266								
	SMAS	JUHE	LEHE	MAHH	SOG	SCHA	SOTI		
UMFG (Stallplatz)	131150	39736	132451	158222	234622	10579	2681		

Kreishof: MEQ**(Verwertete Sekundärrohstoffdünger)**

	"novelliertes" Treppenstufenmodell			
	ohne interregionalem Transport		mit interregionalem Transport	
	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)
mit Pacht, mit Intensivwiese	15456	83500	15456	83500
ohne Pacht, ohne Intensivwiesen	4202	83500	4202	83500
mit Pacht, ohne Intensivwiesen	12573	83500	12573	83500
ohne Pacht, mit Intensivwiesen	7718	83500	7718	83500

	Treppenstufenmodell gemäß der NRW-VV zur AbfKlärV			
	ohne interregionalem Transport		mit interregionalem Transport	
	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)
mit Pacht, mit Intensivwiese	15018	83500	15018	83500
ohne Pacht, ohne Intensivwiesen	2732	83500	2732	83500
mit Pacht, ohne Intensivwiesen	11818	83500	11818	83500
ohne Pacht, mit Intensivwiesen	5263	83500	5263	83500

	alle Flächen Bodenversorgungsstufe C für P2O5			
	ohne interregionalem Transport		mit interregionalem Transport	
	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)
mit Pacht, mit Intensivwiese	18775	83500	18775	83500
ohne Pacht, ohne Intensivwiesen	5520	81236	5520	81236
mit Pacht, ohne Intensivwiesen	14007	83500	14007	83500
ohne Pacht, mit Intensivwiesen	9416	83500	9416	83500

Kreishof: MEQ

1. Pflanzliche Verfahren:	WWEI	SWEI	ROGG	WGER	SGER	HAFE	KMAI	HUEL	RAPS
Ertragsniveau (t / ha)	7,6	7,65	5,3	6,28	3,39	5,25	6	4,23	3,5
UMFG (ha)	5108,5	219,3	3388,0	2509,9	40,1	1890,6	98,0	1326,8	1107,0
	SOEL	FKAR	SKAR	ZRUE	GEMU	OBST	REBL	SHAN	SOPF
Ertragsniveau (t / ha)	2,76		28,95	47,63	29,44	58,36		9,53	35,47
UMFG (ha)	30,2		92,5	1819,5	427,9	204,7		82,0	301,1
	KLEE	LUZE	FEGR	SMAI	SHAC	WIES	WEID	HUTU	EXGR
Ertragsniveau (t / ha)	28,29		29,81	52,54	101,97	21,62	21,35	3,43	
UMFG (ha)	122,5		420,7	1269,1	110,4	5948,1	4494,8	374,4	
	FLST								
UMFG (ha)	775,3								
2. Tierische Verfahren:	MIKU	ALTK	AMMU	KFAUF	KMAS	FAUF	FMAS	BULL	SAUH
UMFG (Stallplatz)	5071	104	3682	1939	91	4881	583	4781	346
Milchleistung (Kg)	6204								
	SMAS	JUHE	LEHE	MAHH	SOGE	SCHA	SOTI		
UMFG (Stallplatz)	13619	5613	84558	6875	7570	20330	7585		

Kreishof: MI**(Verwertete Sekundärrohstoffdünger)**

	"novelliertes" Treppenstufenmodell			
	ohne interregionalem Transport		mit interregionalem Transport	
	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)
mit Pacht, mit Intensivwiese	6057	14618	27220	14618
ohne Pacht, ohne Intensivwiesen	6057	14618	21863	1228
mit Pacht, ohne Intensivwiesen	6057	14618	27220	0
ohne Pacht, mit Intensivwiesen	6057	14618	21925	14618

	Treppenstufenmodell gemäß der NRW-VV zur AbfKlärV			
	ohne interregionalem Transport		mit interregionalem Transport	
	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)
mit Pacht, mit Intensivwiese	6057	14618	15845	14618
ohne Pacht, ohne Intensivwiesen	6057	14618	11892	14618
mit Pacht, ohne Intensivwiesen	6057	14618	22582	14618
ohne Pacht, mit Intensivwiesen	6057	14618	11892	14618

	alle Flächen Bodenversorgungsstufe C für P2O5			
	ohne interregionalem Transport		mit interregionalem Transport	
	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)
mit Pacht, mit Intensivwiese	6057	14618	29674	14618
ohne Pacht, ohne Intensivwiesen	6057	14618	29674	0
mit Pacht, ohne Intensivwiesen	6057	14618	29674	0
ohne Pacht, mit Intensivwiesen	6057	14618	29674	14618

Kreishof: MI

1. Pflanzliche Verfahren:	WWEI	SWEI	ROGG	WGER	SGER	HAFE	KMAI	HUEL	RAPS
Ertragsniveau (t / ha)	8,12	7,74	4,71	6,7	4,75	5,54	7,77	4,5	3,91
UMFG (ha)	10044,8	330,0	519,3	11340,7	142,9	10638,3	6646,4	400,4	2557,4
	SOEL	FKAR	SKAR	ZRUE	GEMU	OBST	REBL	SHAN	SOPF
Ertragsniveau (t / ha)	3,08	22,58	36,82	59,19	29,44	58,36			
UMFG (ha)	283,9	2,9	337,0	290,3	123,4	88,9			
	KLEE	LUZE	FEGR	SMAI	SHAC	WIES	WEID	HUTU	EXGR
Ertragsniveau (t / ha)	58,18	28,65	57,48	55,51	119,83	39,92	40,14	6,02	27,95
UMFG (ha)	38,0	1,1	120,3	6156,6	160,6	9468,8	168,7	194,1	6554,4
	FLST								
UMFG (ha)	2189,9								
2. Tierische Verfahren:	MIKU	ALTK	AMMU	KFAUF	KMAS	FAUF	FMAS	BULL	SAUH
UMFG (Stallplatz)	14733	313	2700	6491	286	11190	3277	24820	37869
Milchleistung (Kg)	7258								
	SMAS	JUHE	LEHE	MAHH	SOGE	SCHA	SOTI		
UMFG (Stallplatz)	191379	218452	496805	332228	11355	8499	2276		

Kreishof: MK

(Verwertete Sekundärrohstoffdünger)

	"novelliertes" Treppenstufenmodell			
	ohne interregionalem Transport		mit interregionalem Transport	
	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)
mit Pacht, mit Intensivwiese	4225	20601	4225	20601
ohne Pacht, ohne Intensivwiesen	3707	0	3707	0
mit Pacht, ohne Intensivwiesen	5012	0	5012	0
ohne Pacht, mit Intensivwiesen	3613	20601	3613	20601

	Treppenstufenmodell gemäß der NRW-VV zur AbfKlärV			
	ohne interregionalem Transport		mit interregionalem Transport	
	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)
mit Pacht, mit Intensivwiese	4198	20601	4198	20601
ohne Pacht, ohne Intensivwiesen	3168	1402	3168	1402
mit Pacht, ohne Intensivwiesen	4661	0	4661	0
ohne Pacht, mit Intensivwiesen	3168	20601	3168	20601

	alle Flächen Bodenversorgungsstufe C für P2O5			
	ohne interregionalem Transport		mit interregionalem Transport	
	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)
mit Pacht, mit Intensivwiese	3465	20601	4406	20601
ohne Pacht, ohne Intensivwiesen	5570	0	5592	0
mit Pacht, ohne Intensivwiesen	5608	0	5570	0
ohne Pacht, mit Intensivwiesen	4523	20601	4428	20601

Kreishof: MK

1. Pflanzliche Verfahren:	WWEI	SWEI	ROGG	WGER	SGER	HAFE	KMAI	HUEL	RAPS
Ertragsniveau (t / ha)	6,86	7,73	4,3	6,19	4,44	5,04	7,66	3,38	3,94
UMFG (ha)	1700,6	26,8	431,3	2223,7	545,0	1459,4	146,0	236,0	865,0
	SOEL	FKAR	SKAR	ZRUE	GEMU	OBST	REBL	SHAN	SOPF
Ertragsniveau (t / ha)	3,11		24,81	48,6	29,44	58,36		9,53	35,47
UMFG (ha)	127,9		16,6	43,3	36,4	29,2		72,1	264,9
	KLEE	LUZE	FEGR	SMAI	SHAC	WIES	WEID	HUTU	EXGR
Ertragsniveau (t / ha)	27,57		26,93	55,1	103,89	20,23	20,12	3,02	14,09
UMFG (ha)	93,6		249,7	891,3	25,5	16456,3	365,6	219,0	389,7
	FLST								
UMFG (ha)	432,3								
2. Tierische Verfahren:	MIKU	ALTK	AMMU	KFAUF	KMAS	FAUF	FMAS	BULL	SAUH
UMFG (Stallplatz)	8567	115	5684	2821	119	7619	860	3946	3381
Milchleistung (Kg)	6226								
	SMAS	JUHE	LEHE	MAHH	SOGE	SCHA	SOTI		
UMFG (Stallplatz)	19355	29886	77561	1366	8098	7368	2155		

Kreishof: NE

(Verwertete Sekundärrohstoffdünger)

	"novelliertes" Treppenstufenmodell			
	ohne interregionalem Transport		mit interregionalem Transport	
	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)
mit Pacht, mit Intensivwiese	28396	9443	28396	9443
ohne Pacht, ohne Intensivwiesen	15810	5000	15810	5000
mit Pacht, ohne Intensivwiesen	28281	5000	28281	5000
ohne Pacht, mit Intensivwiesen	16225	5000	16225	5000

	Treppenstufenmodell gemäß der NRW-VV zur AbfKlärV			
	ohne interregionalem Transport		mit interregionalem Transport	
	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)
mit Pacht, mit Intensivwiese	18718	18201	18717	18201
ohne Pacht, ohne Intensivwiesen	11263	5000	11263	5000
mit Pacht, ohne Intensivwiesen	18718	18201	18718	18201
ohne Pacht, mit Intensivwiesen	11298	8010	11298	8010

	alle Flächen Bodenversorgungsstufe C für P2O5			
	ohne interregionalem Transport		mit interregionalem Transport	
	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)
mit Pacht, mit Intensivwiese	32984	11767	33783	11767
ohne Pacht, ohne Intensivwiesen	20480	5000	20480	5000
mit Pacht, ohne Intensivwiesen	32984	6750	33949	5000
ohne Pacht, mit Intensivwiesen	20978	5883	20978	5883

Kreishof: NE

1. Pflanzliche Verfahren:	WWEI	SWEI	ROGG	WGER	SGER	HAFE	KMAI	HUEL	RAPS
Ertragsniveau (t / ha)	8,75	8,8	7,01	5,86	4,87	5,95	7,23	4,42	4,11
UMFG (ha)	10021,6	918,1	2309,3	517,7	25,0	466,0	74,8	1350,0	70,9
	SOEL	FKAR	SKAR	ZRUE	GEMU	OBST	REBL	SHAN	SOPF
Ertragsniveau (t / ha)	3,24	29,84	43,94	60,98	29,44	58,36			
UMFG (ha)	1,9	150,5	1758,1	7070,6	1041,2	77,2			
	KLEE	LUZE	FEGR	SMAI	SHAC	WIES	WEID	HUTU	EXGR
Ertragsniveau (t / ha)	38,54	25,96	44,36	57,01	108,64	31,69	31,97	4,8	
UMFG (ha)	34,0	57,9	587,2	702,0	123,1	740,0	1111,4	146,6	
	FLST								
UMFG (ha)	703,5								
2. Tierische Verfahren:	MIKU	ALTK	AMMU	KFAUF	KMAS	FAUF	FMAS	BULL	SAUH
UMFG (Stallplatz)	2985	20	1008	1499	64	1942	235	2184	2498
Milchleistung (Kg)	6082								
	SMAS	JUHE	LEHE	MAHH	SOGE	SCHA	SOTI		
UMFG (Stallplatz)	14982	14614	94934	1344	4328	6599	2703		

Kreishof: OE**(Verwertete Sekundärrohstoffdünger)**

	"novelliertes" Treppenstufenmodell			
	ohne interregionalem Transport		mit interregionalem Transport	
	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)
mit Pacht, mit Intensivwiese	1416	7070	1416	7070
ohne Pacht, ohne Intensivwiesen	1224	0	1224	0
mit Pacht, ohne Intensivwiesen	1764	0	1764	0
ohne Pacht, mit Intensivwiesen	1224	7070	1224	7070

	Treppenstufenmodell gemäß der NRW-VV zur AbfKlärV			
	ohne interregionalem Transport		mit interregionalem Transport	
	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)
mit Pacht, mit Intensivwiese	1056	7070	1056	7070
ohne Pacht, ohne Intensivwiesen	800	0	800	0
mit Pacht, ohne Intensivwiesen	1056	0	1056	0
ohne Pacht, mit Intensivwiesen	800	7070	800	7070

	alle Flächen Bodenversorgungsstufe C für P2O5			
	ohne interregionalem Transport		mit interregionalem Transport	
	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)
mit Pacht, mit Intensivwiese	1884	7070	1884	7070
ohne Pacht, ohne Intensivwiesen	2134	0	2134	0
mit Pacht, ohne Intensivwiesen	2134	0	2134	0
ohne Pacht, mit Intensivwiesen	1884	7070	1884	7070

Kreishof: OE

1. Pflanzliche Verfahren:	WWEI	SWEI	ROGG	WGER	SGER	HAFE	KMAI	HUEL	RAPS
Ertragsniveau (t / ha)	5,36	6,2	3,75	5,65	4,33	4,58	7,43		3,54
UMFG (ha)	270,9	43,4	3,5	419,0	395,0	324,1	43,4		64,0
	SOEL	FKAR	SKAR	ZRUE	GEMU	OBST	REBL	SHAN	SOPF
Ertragsniveau (t / ha)	2,79	21,72	24,41	34,51	29,44	58,36		9,53	35,47
UMFG (ha)	6,2	2,9	14,5	1,8	3,8	49,1		192,8	708,6
	KLEE	LUZE	FEGR	SMAI	SHAC	WIES	WEID	HUTU	EXGR
Ertragsniveau (t / ha)	29,13	28,65	28,38	41,98	84,39	22,42	22,46	3,37	15,72
UMFG (ha)	5,1	15,9	68,8	348,9	16,7	12314,3	259,5	186,7	310,5
	FLST								
UMFG (ha)	88,6								
2. Tierische Verfahren:	MIKU	ALTK	AMMU	KFAUF	KMAS	FAUF	FMAS	BULL	SAUH
UMFG (Stallplatz)	4865	57	3840	1772	80	4646	600	2444	702
Milchleistung (Kg)	5436								
	SMAS	JUHE	LEHE	MAHH	SOGE	SCHA	SOTI		
UMFG (Stallplatz)	4975	374	43808	142	462	5371	834		

Kreishof: PB**(Verwertete Sekundärrohstoffdünger)**

	"novelliertes" Treppenstufenmodell			
	ohne interregionalem Transport		mit interregionalem Transport	
	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)
mit Pacht, mit Intensivwiese	6521	12495	30018	12495
ohne Pacht, ohne Intensivwiesen	6521	12495	19145	9500
mit Pacht, ohne Intensivwiesen	6521	12495	29278	9500
ohne Pacht, mit Intensivwiesen	6521	12495	19788	12495

	Treppenstufenmodell gemäß der NRW-VV zur AbfKlärV			
	ohne interregionalem Transport		mit interregionalem Transport	
	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)
mit Pacht, mit Intensivwiese	6521	12495	6521	12495
ohne Pacht, ohne Intensivwiesen	6521	12495	14359	12495
mit Pacht, ohne Intensivwiesen	6521	12495	24216	12495
ohne Pacht, mit Intensivwiesen	6521	12495	14986	12495

	alle Flächen Bodenversorgungsstufe C für P2O5			
	ohne interregionalem Transport		mit interregionalem Transport	
	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)
mit Pacht, mit Intensivwiese	6521	12495	33044	12495
ohne Pacht, ohne Intensivwiesen	6521	12495	32253	9500
mit Pacht, ohne Intensivwiesen	6521	12495	32253	9500
ohne Pacht, mit Intensivwiesen	6521	12495	33044	12495

Kreishof: PB

1. Pflanzliche Verfahren:	WWEI	SWEI	ROGG	WGER	SGER	HAFE	KMAI	HUEL	RAPS
Ertragsniveau (t / ha)	7,77	7,74	4,76	7,21	4,86	5,39	7,49	3,45	3,37
UMFG (ha)	12478,3	181,2	1088,7	12598,5	129,4	4617,7	3537,7	199,2	1813,4
	SOEL	FKAR	SKAR	ZRUE	GEMU	OBST	REBL	SHAN	SOPF
Ertragsniveau (t / ha)	2,66	18,33	29,32	47,58	29,44	58,36			
UMFG (ha)	217,8	9,0	147,5	258,1	143,9	57,3			
	KLEE	LUZE	FEGR	SMAI	SHAC	WIES	WEID	HUTU	EXGR
Ertragsniveau (t / ha)	53,66	38,02	52,82	54,73	102,76	40,35	40,4	6,06	28,26
UMFG (ha)	187,2	10,8	1010,7	4792,7	149,7	5405,7	3907,3	287,6	6400,4
	FLST								
UMFG (ha)	1841,9								
2. Tierische Verfahren:	MIKU	ALTK	AMMU	KFAUF	KMAS	FAUF	FMAS	BULL	SAUH
UMFG (Stallplatz)	13610	196	5048	7442	309	12567	2438	18217	22002
Milchleistung (Kg)	6384								
	SMAS	JUHE	LEHE	MAHH	SOGE	SCHA	SOTI		
UMFG (Stallplatz)	130766	368692	302538	203395	45066	24085	1725		

Kreishof: REQ

(Verwertete Sekundärrohstoffdünger)

	"novelliertes" Treppenstufenmodell			
	ohne interregionalem Transport		mit interregionalem Transport	
	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)
mit Pacht, mit Intensivwiese	3760	33500	4894	33500
ohne Pacht, ohne Intensivwiesen	3760	33500	3760	33500
mit Pacht, ohne Intensivwiesen	4894	33500	4894	33500
ohne Pacht, mit Intensivwiesen	4460	33500	4460	33500

	Treppenstufenmodell gemäß der NRW-VV zur AbfKlärV			
	ohne interregionalem Transport		mit interregionalem Transport	
	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)
mit Pacht, mit Intensivwiese	6188	33500	6188	33500
ohne Pacht, ohne Intensivwiesen	2933	33500	2933	33500
mit Pacht, ohne Intensivwiesen	4661	33500	4661	33500
ohne Pacht, mit Intensivwiesen	3639	33500	3639	33500

	alle Flächen Bodenversorgungsstufe C für P2O5			
	ohne interregionalem Transport		mit interregionalem Transport	
	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)
mit Pacht, mit Intensivwiese	8145	40033	8145	40033
ohne Pacht, ohne Intensivwiesen	5355	33500	5355	33500
mit Pacht, ohne Intensivwiesen	5355	33500	5355	33500
ohne Pacht, mit Intensivwiesen	7022	33500	7022	33500

Kreishof: REQ

1. Pflanzliche Verfahren:	WWEI	SWEI	ROGG	WGER	SGER	HAFE	KMAI	HUEL	RAPS
Ertragsniveau (t / ha)	8,02	8,21	6,18	6,35	4,06	4,76	7,7	4,44	3,26
UMFG (ha)	2116,0	88,4	1586,6	5140,8	72,1	1947,5	4120,6	266,9	116,1
	SOEL	FKAR	SKAR	ZRUE	GEMU	OBST	REBL	SHAN	SOPF
Ertragsniveau (t / ha)	2,57	21,59	37,16	48,82	29,44	49,5		9,53	35,47
UMFG (ha)	81,3	3,9	347,5	89,4	509,6	23,4		48,0	176,3
	KLEE	LUZE	FEGR	SMAI	SHAC	WIES	WEID	HUTU	EXGR
Ertragsniveau (t / ha)	41,09		40,57	48,81	131,15	30,44	30,54	4,54	21,33
UMFG (ha)	115,7		349,6	4773,5	126,3	2742,7	1270,8	115,7	2686,8
	FLST								
UMFG (ha)	893,8								
2. Tierische Verfahren:	MIKU	ALTK	AMMU	KFAUF	KMAS	FAUF	FMAS	BULL	SAUH
UMFG (Stallplatz)	5730	91	1668	4389	166	5406	725	16244	9871
Milchleistung (Kg)	6556								
	SMAS	JUHE	LEHE	MAHH	SOGE	SCHA	SOTI		
UMFG (Stallplatz)	87527	24860	225663	67436	14853	8706	4392		

Kreishof: SI**(Verwertete Sekundärrohstoffdünger)**

	"novelliertes" Treppenstufenmodell			
	ohne interregionalem Transport		mit interregionalem Transport	
	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)
mit Pacht, mit Intensivwiese	389	14221	389	14221
ohne Pacht, ohne Intensivwiesen	0	11815	0	11815
mit Pacht, ohne Intensivwiesen	27	14000	27	14000
ohne Pacht, mit Intensivwiesen	389	14221	389	14221

	Treppenstufenmodell gemäß der NRW-VV zur AbfKlärV			
	ohne interregionalem Transport		mit interregionalem Transport	
	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)
mit Pacht, mit Intensivwiese	389	14221	389	14221
ohne Pacht, ohne Intensivwiesen	84	5799	84	5799
mit Pacht, ohne Intensivwiesen	168	9275	168	9275
ohne Pacht, mit Intensivwiesen	389	14221	389	14221

	alle Flächen Bodenversorgungsstufe C für P2O5			
	ohne interregionalem Transport		mit interregionalem Transport	
	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)
mit Pacht, mit Intensivwiese	389	14221	389	14221
ohne Pacht, ohne Intensivwiesen	0	14000	0	14000
mit Pacht, ohne Intensivwiesen	0	14000	0	14000
ohne Pacht, mit Intensivwiesen	389	14221	389	14221

Kreishof: SI

1. Pflanzliche Verfahren:	WWEI	SWEI	ROGG	WGER	SGER	HAFE	KMAI	HUEL	RAPS
Ertragsniveau (t / ha)	5,86	7,74	4,09	4,19	4,26	4,44	7,5		3,62
UMFG (ha)	392,2	33,9	20,5	51,9	83,8	874,7	6,7		19,8
	SOEL	FKAR	SKAR	ZRUE	GEMU	OBST	REBL	SHAN	SOPF
Ertragsniveau (t / ha)	2,86	19,87	33,46		29,44	58,36		9,53	35,47
UMFG (ha)	1,5	6,0	280,5		6,8	11,7		29,8	109,4
	KLEE	LUZE	FEGR	SMAI	SHAC	WIES	WEID	HUTU	EXGR
Ertragsniveau (t / ha)	28,46	25,91	28,8	51,88	86,05	21,02	21,15	3,17	14,71
UMFG (ha)	11,4	0,6	180,4	156,6	32,3	6828,9	4111,9	228,6	1927,1
	FLST								
UMFG (ha)	73,9								
2. Tierische Verfahren:	MIKU	ALTK	AMMU	KFAUF	KMAS	FAUF	FMAS	BULL	SAUH
UMFG (Stallplatz)	3958		4893	1183	71	4943	553	1632	114
Milchleistung (Kg)	5328								
	SMAS	JUHE	LEHE	MAHH	SOGE	SCHA	SOTI		
UMFG (Stallplatz)	309	650	6469	138	1270	9970	1649		

Kreishof: SO**(Verwertete Sekundärrohstoffdünger)**

	"novelliertes" Treppenstufenmodell			
	ohne interregionalem Transport		mit interregionalem Transport	
	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)
mit Pacht, mit Intensivwiese	11675	15119	46134	15119
ohne Pacht, ohne Intensivwiesen	11675	15119	30600	6000
mit Pacht, ohne Intensivwiesen	11675	15119	45666	6000
ohne Pacht, mit Intensivwiesen	11675	15119	31005	15119

	Treppenstufenmodell gemäß der NRW-VV zur AbfKlärV			
	ohne interregionalem Transport		mit interregionalem Transport	
	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)
mit Pacht, mit Intensivwiese	11675	15119	27285	15119
ohne Pacht, ohne Intensivwiesen	11675	15119	22501	15119
mit Pacht, ohne Intensivwiesen	11675	15119	37873	15119
ohne Pacht, mit Intensivwiesen	11675	15119	22501	15119

	alle Flächen Bodenversorgungsstufe C für P2O5			
	ohne interregionalem Transport		mit interregionalem Transport	
	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)
mit Pacht, mit Intensivwiese	11675	15119	50640	15119
ohne Pacht, ohne Intensivwiesen	11675	15119	46705	6000
mit Pacht, ohne Intensivwiesen	11675	15119	50141	6000
ohne Pacht, mit Intensivwiesen	11675	15119	47303	15119

Kreishof: SO

1. Pflanzliche Verfahren:	WWEI	SWEI	ROGG	WGER	SGER	HAFE	KMAI	HUEL	RAPS
Ertragsniveau (t / ha)	7,95	7,74	5,32	7,65	5,26	5,6	8,08	4,09	3,74
UMFG (ha)	23709,4	294,9	826,8	15704,6	104,5	2911,4	4557,8	1427,4	1531,1
	SOEL	FKAR	SKAR	ZRUE	GEMU	OBST	REBL	SHAN	SOPF
Ertragsniveau (t / ha)	2,95	27,71	33,3	57,02	29,44	58,36			
UMFG (ha)	153,1	57,2	284,4	2726,5	446,8	35,1			
	KLEE	LUZE	FEGR	SMAI	SHAC	WIES	WEID	HUTU	EXGR
Ertragsniveau (t / ha)	27,3		30,03	51,52	119,02	21,96	22,11	3,32	
UMFG (ha)	113,3		997,3	3645,1	239,4	5151,5	6870,8	384,0	
	FLST								
UMFG (ha)	2517,2								
2. Tierische Verfahren:	MIKU	ALTK	AMMU	KFAUF	KMAS	FAUF	FMAS	BULL	SAUH
UMFG (Stallplatz)	9668	243	5088	7390	281	12014	1442	18847	17763
Milchleistung (Kg)	6671								
	SMAS	JUHE	LEHE	MAHH	SOGE	SCHA	SOTI		
UMFG (Stallplatz)	155186	86509	109505	41723	96786	25372	2144		

Kreishof: ST**(Verwertete Sekundärrohstoffdünger)**

	"novelliertes" Treppenstufenmodell			
	ohne interregionalem Transport		mit interregionalem Transport	
	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)
mit Pacht, mit Intensivwiese	1622	21153	1622	21153
ohne Pacht, ohne Intensivwiesen	1622	0	1622	0
mit Pacht, ohne Intensivwiesen	1622	0	1622	0
ohne Pacht, mit Intensivwiesen	1622	21153	1622	21153

	Treppenstufenmodell gemäß der NRW-VV zur AbfKlärV			
	ohne interregionalem Transport		mit interregionalem Transport	
	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)
mit Pacht, mit Intensivwiese	1622	21153	1621	21153
ohne Pacht, ohne Intensivwiesen	1622	0	1622	0
mit Pacht, ohne Intensivwiesen	1622	0	1622	0
ohne Pacht, mit Intensivwiesen	1622	21153	1622	21153

	alle Flächen Bodenversorgungsstufe C für P2O5			
	ohne interregionalem Transport		mit interregionalem Transport	
	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)
mit Pacht, mit Intensivwiese	1622	21153	1622	21153
ohne Pacht, ohne Intensivwiesen	1622	0	1622	0
mit Pacht, ohne Intensivwiesen	1622	0	1622	0
ohne Pacht, mit Intensivwiesen	1622	21153	1622	21153

Kreishof: ST

1. Pflanzliche Verfahren:	WWEI	SWEI	ROGG	WGER	SGER	HAFE	KMAI	HUEL	RAPS
Ertragsniveau (t / ha)	7,62	7,74	5,68	6,26	4,71	4,97	8,11	4,18	3,58
UMFG (ha)	5868,0	342,7	1698,1	8858,4	1015,6	8823,2	21201,4	522,2	568,7
	SOEL	FKAR	SKAR	ZRUE	GEMU	OBST	REBL	SHAN	SOPF
Ertragsniveau (t / ha)	2,83	32,18	39,03	55,57	29,44	49,5		9,53	35,47
UMFG (ha)	92,2	38,3	269,0	102,3	156,8	60,8		62,1	228,2
	KLEE	LUZE	FEGR	SMAI	SHAC	WIES	WEID	HUTU	EXGR
Ertragsniveau (t / ha)	38,39		40,61	51,11	95,79	32,17	33,48	5,02	22,85
UMFG (ha)	40,9		585,6	27028,1	153,2	9801,1	5420,3	214,5	10290,6
	FLST								
UMFG (ha)	3341,6								
2. Tierische Verfahren:	MIKU	ALTK	AMMU	KFAUF	KMAS	FAUF	FMAS	BULL	SAUH
UMFG (Stallplatz)	22870	533	5164	28388	975	27822	3707	106995	53359
Milchleistung (Kg)	5997								
	SMAS	JUHE	LEHE	MAHH	SOG	SCHA	SOTI		
UMFG (Stallplatz)	192200	101302	511817	34493	40776	6116	3480		

Kreishof: SUQ

(Verwertete Sekundärrohstoffdünger)

	"novelliertes" Treppenstufenmodell			
	ohne interregionalem Transport		mit interregionalem Transport	
	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)
mit Pacht, mit Intensivwiese	15638	33122	20968	33122
ohne Pacht, ohne Intensivwiesen	10735	27000	10735	27000
mit Pacht, ohne Intensivwiesen	15638	33122	19981	27000
ohne Pacht, mit Intensivwiesen	12907	33122	12907	33122

	Treppenstufenmodell gemäß der NRW-VV zur AbfKlärV			
	ohne interregionalem Transport		mit interregionalem Transport	
	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)
mit Pacht, mit Intensivwiese	15638	33122	15638	33122
ohne Pacht, ohne Intensivwiesen	9013	27000	9013	27000
mit Pacht, ohne Intensivwiesen	15638	33122	17825	27000
ohne Pacht, mit Intensivwiesen	10651	33122	10651	33122

	alle Flächen Bodenversorgungsstufe C für P2O5			
	ohne interregionalem Transport		mit interregionalem Transport	
	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)
mit Pacht, mit Intensivwiese	15638	33122	22175	33122
ohne Pacht, ohne Intensivwiesen	12217	27000	12217	27000
mit Pacht, ohne Intensivwiesen	15638	33122	21356	27000
ohne Pacht, mit Intensivwiesen	14906	33122	14906	33122

Kreishof: SUQ

1. Pflanzliche Verfahren:	WWEI	SWEI	ROGG	WGER	SGER	HAFE	KMAI	HUEL	RAPS
Ertragsniveau (t / ha)	7,74	8,01	6,29	7,52	4,83	5,8	5,96	4,35	3,63
UMFG (ha)	7130,1	191,3	1799,9	2840,3	57,3	1058,2	59,7	775,6	398,0
	SOEL	FKAR	SKAR	ZRUE	GEMU	OBST	REBL	SHAN	SOPF
Ertragsniveau (t / ha)	2,86	25,94	29,22	54,44	27,25	58,36	16,21	8,82	32,82
UMFG (ha)	31,0	15,8	61,7	3604,0	1416,8	1493,3	17,9	358,9	1318,8
	KLEE	LUZE	FEGR	SMAI	SHAC	WIES	WEID	HUTU	EXGR
Ertragsniveau (t / ha)	27,8	25,03	29,79	50,84	110,17	21,36	20,34	3,05	
UMFG (ha)	29,5	2,3	372,9	1802,6	200,3	18148,2	790,7	234,5	
	FLST								
UMFG (ha)	721,8								
2. Tierische Verfahren:	MIKU	ALTK	AMMU	KFAUF	KMAS	FAUF	FMAS	BULL	SAUH
UMFG (Stallplatz)	13093	241	7848	3955	152	10910	1188	8302	933
Milchleistung (Kg)	6172								
	SMAS	JUHE	LEHE	MAHH	SOGE	SCHA	SOTI		
UMFG (Stallplatz)	6288	11476	78588	1583	2621	14443	4686		

Kreishof: UNQ

(Verwertete Sekundärrohstoffdünger)

	"novelliertes" Treppenstufenmodell			
	ohne interregionalem Transport		mit interregionalem Transport	
	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)
mit Pacht, mit Intensivwiese	15495	42437	28224	13367
ohne Pacht, ohne Intensivwiesen	15495	42437	18835	0
mit Pacht, ohne Intensivwiesen	15495	42437	28224	0
ohne Pacht, mit Intensivwiesen	15495	42437	18657	10175

	Treppenstufenmodell gemäß der NRW-VV zur AbfKlärV			
	ohne interregionalem Transport		mit interregionalem Transport	
	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)
mit Pacht, mit Intensivwiese	15495	42437	22840	26906
ohne Pacht, ohne Intensivwiesen	12331	42437	12331	42437
mit Pacht, ohne Intensivwiesen	15495	42437	22840	13539
ohne Pacht, mit Intensivwiesen	12331	42437	12331	42437

	alle Flächen Bodenversorgungsstufe C für P2O5			
	ohne interregionalem Transport		mit interregionalem Transport	
	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)
mit Pacht, mit Intensivwiese	15495	42437	31874	42437
ohne Pacht, ohne Intensivwiesen	15495	42437	25980	0
mit Pacht, ohne Intensivwiesen	15495	42437	31874	0
ohne Pacht, mit Intensivwiesen	15495	42437	25980	30375

Kreishof: UNQ

1. Pflanzliche Verfahren:	WWEI	SWEI	ROGG	WGER	SGER	HAFE	KMAI	HUEL	RAPS
Ertragsniveau (t / ha)	8,41	7,74	5,16	6,81	4,86	5,57	7,85	4,66	3,9
UMFG (ha)	11599,3	226,2	476,7	4680,7	32,2	2747,9	4304,1	1056,0	2085,7
	SOEL	FKAR	SKAR	ZRUE	GEMU	OBST	REBL	SHAN	SOPF
Ertragsniveau (t / ha)	3,07	28,18	37,02	58,32	29,44	58,36		9,53	35,47
UMFG (ha)	267,3	46,4	264,3	671,9	185,5	31,6		5,3	19,3
	KLEE	LUZE	FEGR	SMAI	SHAC	WIES	WEID	HUTU	EXGR
Ertragsniveau (t / ha)	32,4		33,41	53,05	117,26	25,59	24,91	3,74	
UMFG (ha)	137,9		205,3	4518,6	149,8	3894,0	3951,9	128,7	
	FLST								
UMFG (ha)	1534,4								
2. Tierische Verfahren:	MIKU	ALTK	AMMU	KFAUF	KMAS	FAUF	FMAS	BULL	SAUH
UMFG (Stallplatz)	5725	85	3088	4809	179	7587	1367	22097	6502
Milchleistung (Kg)	5892								
	SMAS	JUHE	LEHE	MAHH	SOGE	SCHA	SOTI		
UMFG (Stallplatz)	46566	65052	177437	14757	20926	13824	3602		

Kreishof: VIQ

(Verwertete Sekundärrohstoffdünger)

	"novelliertes" Treppenstufenmodell			
	ohne interregionalem Transport		mit interregionalem Transport	
	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)
mit Pacht, mit Intensivwiese	22416	12715	22416	12715
ohne Pacht, ohne Intensivwiesen	17244	0	17244	0
mit Pacht, ohne Intensivwiesen	22554	0	22554	0
ohne Pacht, mit Intensivwiesen	17244	19623	17244	19623

	Treppenstufenmodell gemäß der NRW-VV zur AbfKlärV			
	ohne interregionalem Transport		mit interregionalem Transport	
	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)
mit Pacht, mit Intensivwiese	12830	28404	12829	28404
ohne Pacht, ohne Intensivwiesen	8222	28404	8222	28404
mit Pacht, ohne Intensivwiesen	12830	28404	12830	28404
ohne Pacht, mit Intensivwiesen	8222	28404	8222	28404

	alle Flächen Bodenversorgungsstufe C für P2O5			
	ohne interregionalem Transport		mit interregionalem Transport	
	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)
mit Pacht, mit Intensivwiese	29340	28404	29340	28404
ohne Pacht, ohne Intensivwiesen	23843	0	23843	0
mit Pacht, ohne Intensivwiesen	29340	0	29340	0
ohne Pacht, mit Intensivwiesen	23843	24183	23843	24183

Kreishof: VIQ

1. Pflanzliche Verfahren:	WWEI	SWEI	ROGG	WGER	SGER	HAFE	KMAI	HUEL	RAPS
Ertragsniveau (t / ha)	8,34	8,74	6,26	6,68	4,13	5,51	6,02	5,2	2,08
UMFG (ha)	6631,9	163,9	847,5	2808,3	18,9	1018,4	63,4	421,6	18,9
	SOEL	FKAR	SKAR	ZRUE	GEMU	OBST	REBL	SHAN	SOPF
Ertragsniveau (t / ha)		30,1	41,83	58,64	29,44	58,36		9,53	35,47
UMFG (ha)		745,1	3696,6	5608,7	1800,8	181,3		214,5	788,3
	KLEE	LUZE	FEGR	SMAI	SHAC	WIES	WEID	HUTU	EXGR
Ertragsniveau (t / ha)	37,96	26,93	43,51	51,42	115,64	30,87	31,25	4,68	21,64
UMFG (ha)	36,9	6,3	2279,2	4700,2	299,5	3129,6	298,0	70,4	2331,9
	FLST								
UMFG (ha)	711,0								
2. Tierische Verfahren:	MIKU	ALTK	AMMU	KFAUF	KMAS	FAUF	FMAS	BULL	SAUH
UMFG (Stallplatz)	12458	164	2012	4047	152	6787	1618	14415	6395
Milchleistung (Kg)	6606								
	SMAS	JUHE	LEHE	MAHH	SOGE	SCHA	SOTI		
UMFG (Stallplatz)	49032	26976	100174	113350	22545	9174	3859		

Kreishof: WAQ

(Verwertete Sekundärrohstoffdünger)

	"novelliertes" Treppenstufenmodell			
	ohne interregionalem Transport		mit interregionalem Transport	
	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)
mit Pacht, mit Intensivwiese	16541	24762	38181	22433
ohne Pacht, ohne Intensivwiesen	16541	24762	32839	0
mit Pacht, ohne Intensivwiesen	16541	24762	38181	0
ohne Pacht, mit Intensivwiesen	16541	24762	32839	11217

	Treppenstufenmodell gemäß der NRW-VV zur AbfKlärV			
	ohne interregionalem Transport		mit interregionalem Transport	
	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)
mit Pacht, mit Intensivwiese	16541	24762	23797	24762
ohne Pacht, ohne Intensivwiesen	16541	24762	19056	24762
mit Pacht, ohne Intensivwiesen	16541	24762	33761	24762
ohne Pacht, mit Intensivwiesen	16541	24762	19056	24762

	alle Flächen Bodenversorgungsstufe C für P2O5			
	ohne interregionalem Transport		mit interregionalem Transport	
	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)
mit Pacht, mit Intensivwiese	16541	24762	40768	24762
ohne Pacht, ohne Intensivwiesen	16541	24762	40768	0
mit Pacht, ohne Intensivwiesen	16541	24762	40768	0
ohne Pacht, mit Intensivwiesen	16541	24762	40768	24762

Kreishof: WAQ

1. Pflanzliche Verfahren:	WWEI	SWEI	ROGG	WGER	SGER	HAFE	KMAI	HUEL	RAPS
Ertragsniveau (t / ha)	8,46	7,74	4,97	6,77	4,75	5,23	7,67	3,49	3,33
UMFG (ha)	23332,2	517,5	1503,5	10492,5	162,0	7328,5	15520,4	986,4	503,8
	SOEL	FKAR	SKAR	ZRUE	GEMU	OBST	REBL	SHAN	SOPF
Ertragsniveau (t / ha)	2,63	27,03	37,82	55,66	29,44	49,5		9,53	35,47
UMFG (ha)	50,4	60,3	828,1	106,0	459,7	81,9		84,2	309,5
	KLEE	LUZE	FEGR	SMAI	SHAC	WIES	WEID	HUTU	EXGR
Ertragsniveau (t / ha)	51,31	44,85	52,28	50,12	110,79	37,71	38,29	5,74	26,58
UMFG (ha)	47,7	17,0	833,0	16195,9	225,9	6092,4	4741,3	120,1	7302,5
	FLST								
UMFG (ha)	3361,6								
2. Tierische Verfahren:	MIKU	ALTK	AMMU	KFAUF	KMAS	FAUF	FMAS	BULL	SAUH
UMFG (Stallplatz)	16321	370	3184	18416	642	18629	4242	71301	32116
Milchleistung (Kg)	6626								
	SMAS	JUHE	LEHE	MAHH	SOGE	SCHA	SOTI		
UMFG (Stallplatz)	267448	215725	412459	190846	168264	12471	5050		

Kreishof: WES**(Verwertete Sekundärrohstoffdünger)**

	"novelliertes" Treppenstufenmodell			
	ohne interregionalem Transport		mit interregionalem Transport	
	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)
mit Pacht, mit Intensivwiese	11175	19458	11175	19458
ohne Pacht, ohne Intensivwiesen	7804	19000	7804	19000
mit Pacht, ohne Intensivwiesen	9535	19000	9535	19000
ohne Pacht, mit Intensivwiesen	9395	19458	9395	19458

	Treppenstufenmodell gemäß der NRW-VV zur AbfKlärV			
	ohne interregionalem Transport		mit interregionalem Transport	
	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)
mit Pacht, mit Intensivwiese	10931	19458	10931	19458
ohne Pacht, ohne Intensivwiesen	6661	19000	6661	19000
mit Pacht, ohne Intensivwiesen	9000	19000	9000	19000
ohne Pacht, mit Intensivwiesen	8280	19458	8280	19458

	alle Flächen Bodenversorgungsstufe C für P2O5			
	ohne interregionalem Transport		mit interregionalem Transport	
	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)	Klärschlamm (t TS)	Kompost (t FS)
mit Pacht, mit Intensivwiese	11626	19458	11626	19458
ohne Pacht, ohne Intensivwiesen	10044	19000	10044	19000
mit Pacht, ohne Intensivwiesen	10044	19000	10044	19000
ohne Pacht, mit Intensivwiesen	11626	19458	11626	19458

Kreishof: WES

1. Pflanzliche Verfahren:	WWEI	SWEI	ROGG	WGER	SGER	HAFE	KMAI	HUEL	RAPS
Ertragsniveau (t / ha)	7,53	7,74	5,22	6,09	4,61	5,29	5,61	4,37	3,72
UMFG (ha)	2810,6	139,2	3026,0	5098,4	588,9	4199,5	345,4	557,0	946,3
	SOEL	FKAR	SKAR	ZRUE	GEMU	OBST	REBL	SHAN	SOPF
Ertragsniveau (t / ha)	2,94	38,37	40,81	48,05	29,44	58,36		9,53	35,47
UMFG (ha)	73,6	99,7	749,8	1855,4	448,3	115,8		131,5	483,3
	KLEE	LUZE	FEGR	SMAI	SHAC	WIES	WEID	HUTU	EXGR
Ertragsniveau (t / ha)	33,08	21,57	33,47	50,06	118,83	25,44	26,61	3,99	17,8
UMFG (ha)	134,5	2,3	1744,0	7740,9	191,2	7869,8	6110,0	122,0	5246,5
	FLST								
UMFG (ha)	1133,1								
2. Tierische Verfahren:	MIKU	ALTK	AMMU	KFAUF	KMAS	FAUF	FMAS	BULL	SAUH
UMFG (Stallplatz)	18664	308	7348	7788	354	16983	3471	22545	13167
Milchleistung (Kg)	6661								
	SMAS	JUHE	LEHE	MAHH	SOGE	SCHA	SOTI		
UMFG (Stallplatz)	68652	44215	267488	79592	80077	9958	3499		