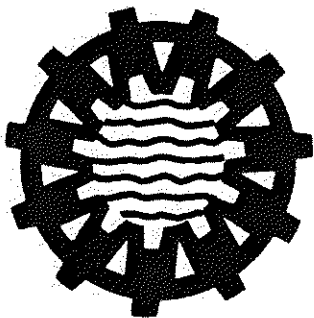


**Länderarbeitsgemeinschaft Wasser  
(LAWA)**

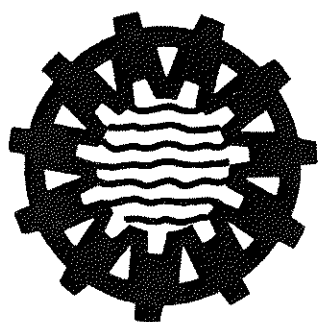
# **Einflüsse von Düngern auf die Gewässergüte**



**Ausgearbeitet von dem LAWA-Arbeitskreis  
„Einflüsse von Dünge- und Pflanzenschutz-  
mitteln auf die Gewässergüte”  
1982**

**Länderarbeitsgemeinschaft Wasser  
(LAWA)**

**Einflüsse von Düngern  
auf die Gewässergüte**



**Ausgearbeitet von dem LAWA-Arbeitskreis  
„Einflüsse von Dünge- und Pflanzenschutz-  
mitteln auf die Gewässergüte“  
1982**

## Geleitwort

Auf die Düngung landwirtschaftlicher Nutzflächen kann nicht verzichtet werden. Sie ist notwendig, um den Entzug von Pflanzennährstoffen durch Ernten auszugleichen und um die Bodenfruchtbarkeit zu erhalten. Da von den Düngern aber Einflüsse auf die Gewässer ausgehen, ist es Aufgabe der Wasserwirtschaft, unsere Gewässer vor Beeinträchtigungen zu schützen. Nicht immer stehen Düngung und Gewässerschutz im gemeinsamen Interesse der Landwirtschaft und der Wasserwirtschaft, in manchen Fällen stehen sie sich in einem klaren Zielkonflikt gegenüber.

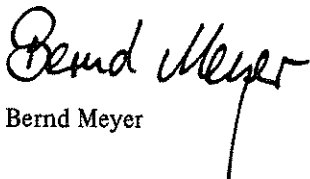
Die Länderarbeitsgemeinschaft Wasser hat am 25. Februar 1970 die Arbeitsgruppe „Einflüsse von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln auf die Gewässergüte“ gegründet. Sie legt hier das Arbeitsblatt „Einflüsse von Düngern auf die Gewässergüte“ vor, um durch Information Verständnis für die Belange der Landwirtschaft und der Wasserwirtschaft zu wecken und ihre Zusammenarbeit zu fördern. Das Arbeitsblatt stellt zudem Instrumente des Ausgleichs zwischen den verschiedenen Interessen zur Verfügung.

Für die Unterstützung des Vorhabens danke ich der Abwassertechnischen Vereinigung e.V. (ATV), der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, dem Bundesgesundheitsamt, dem Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, dem Deutschen Verein des Gas- und Wasserfaches e.V. (DVGW), der Fachgruppe Wasserchemie in der Gesellschaft Deutscher Chemiker e.V. und dem ehemaligen Kuratorium für Kulturbauwesen (heute: Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V. (DVWK)).

Mein besonderer Dank für die geleistete Arbeit gilt den Mitarbeitern aus Wissenschaft, Technik und Verwaltung in der LAWA-Arbeitsgruppe.

Ich hoffe, daß dieser Beitrag der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser die breite und ebenso wichtige Diskussion über den Schutz der Umweltmedien Boden und Wasser bereichert.

Bremen, im November 1982



Bernd Meyer

Senator für das Bauwesen der Freien Hansestadt Bremen

Vorsitzender der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA)

## Mitglieder des LAWA - Arbeitskreises

|                                  |  |
|----------------------------------|--|
| Massing, H.<br>(Obmann)          | Landesamt für Wasser und Abfall Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf  |
| Althaus, H.                      | Hygiene-Institut des Ruhrgebiets, Gelsenkirchen  |
| Beckel, A.                       | Ministerium für Landwirtschaft, Weinbau und Forsten des Landes Rheinland-Pfalz, Mainz  |
| Bernhardt, H.                    | Wahnbachtalsperrenverband, Siegburg  |
| Biernath-Wüpping, S.             | Landesamt für Wasserhaushalt und Küsten Schleswig-Holstein, Kiel   |
| Bondorf, H.                      | Hygienisches Institut der Freien und Hansestadt Hamburg, Hamburg   |
| Bortlitz, J.                     | Emschergenossenschaft, Essen   |
| Bramm, A. }<br>Czeratzki, W. † } | Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung der<br>Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, Braunschweig-Völkenrode (FAL) |
| von Fischer, D.                  | Landwirtschaftskammer Rheinland, Bonn  |
| Grim, J.                         | Zweckverband Bodensee-Wasserversorgung, Überlingen-Süßenmühle  |
| Kick, H.                         | Agrikulturchemisches Institut der Universität Bonn, Bonn   |
| König, D.                        | Landesamt für Wasserhaushalt und Küsten Schleswig-Holstein, Kiel   |
| Nusch, E. A.                     | Ruhrverband, Essen   |
| Petri, H.                        | Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene des Bundesgesundheitsamtes, Berlin  |
| Quentin, K.-E.                   | Institut für Wasserchemie und Chemische Balneologie der Technischen Universität München, München                               |
| Schua, L.                        | Regierung von Unterfranken, Würzburg   |
| Sprenger, F.                     | Emschergenossenschaft, Essen   |
| Such, W.                         | Wahnbachtalsperrenverband, Siegburg  |
| Zurhorst, R.                     | Bezirksstelle für Landeskultur Mittelrhein, Bonn   |

Außer den genannten Herren haben weitere Fachleute Anregungen gegeben.

## Inhalt

|   | Seite     |
|---|-----------|
| Geleitwort .....  | 3         |
| Mitglieder des LAWA-Arbeitskreises .....  | 4         |
| Inhaltsverzeichnis .....  | 5         |
| Vorbemerkung .....  | 7         |
| <b>1. Arten der Dünger .....</b>  | <b>8</b>  |
| 1.1 <b>Handelsdünger .....</b>  | <b>9</b>  |
| 1.1.1 Mineralische Düngemittel .....  | 9         |
| a) Mineralische Einnährstoffdünger  |           |
| b) Mineralische Mehrnährstoffdünger   |           |
| 1.1.2 Organische und organisch-mineralische Düngemittel .....   | 9         |
| 1.2 <b>Natur- und Hilfsstoffe .....</b>   | <b>9</b>  |
| 1.2.1 Wirtschaftsdünger .....   | 9         |
| a) Festmist   |           |
| b) Flüssigmist (Gülle)  |           |
| c) Jauche   |           |
| d) Silagesickersaft   |           |
| e) Stroh  |           |
| f) Gründünger   |           |
| g) Kompost  |           |
| 1.2.2 Bodenhilfsstoffe .....  | 10        |
| a) Bodenimpfmittel  |           |
| b) Bodenkrümler   |           |
| c) Bodenstabilisatoren  |           |
| d) Gesteinsmehle  |           |
| e) Andere Bodenhilfsstoffe  |           |
| 1.2.3 Kultursubstrate .....   | 10        |
| 1.2.4 Pflanzenhilfsmittel .....   | 10        |
| 1.3 <b>Siedlungsabfälle und Produktionsreststoffe .....</b>   | <b>10</b> |
| 1.3.1 Aufbereitete Siedlungsabfälle .....   | 11        |
| a) Abwasser, Fäkalien   |           |
| b) Klärschlamm  |           |
| c) Müllklärschlammkomposte  |           |
| d) Müllkomposte   |           |
| e) Klärschlammkomposte  |           |
| 1.3.2 Aufbereitete organische Produktionsreststoffe .....   | 11        |
| <b>2. Inhaltsstoffe der Dünger und Anfall der Wirtschaftsdünger .....</b>                                       | <b>12</b> |
| 2.1 <b>Handelsdünger .....</b>  | <b>12</b> |
| 2.2 <b>Wirtschaftsdünger .....</b>  | <b>12</b> |
| 2.3 <b>Siedlungsabfälle und Produktionsreststoffe .....</b>   | <b>13</b> |
| <b>3. Anwendung der Dünger .....</b>  | <b>15</b> |
| 3.1 <b>Grundsätzliche Feststellungen .....</b>  | <b>15</b> |
| 3.2 <b>Faktoren, die die Düngungsmaßnahmen beeinflussen .....</b>   | <b>15</b> |
| 3.2.1 Allgemeine Hinweise .....   | 15        |
| 3.2.2 Gegebenheiten des Standortes .....  | 15        |
| 3.2.3 Landwirtschaftliche Betriebssysteme und ihre Bedeutung<br>für die innerbetriebliche Düngersituation ..... | 15        |
| 3.3 <b>Düngerbedarf .....</b>   | <b>16</b> |

|  |    |
|--|----|
| <b>4. Umsetzung und Verfrachtung von Nährstoffen in die Gewässer unter besonderer Berücksichtigung der Düngung</b> ..... | 18 |
| 4.1 Umsetzung von Nährstoffen im Boden .....   | 18 |
| 4.2 Auswaschung von Nährstoffen in die Gewässer durch die Wasserbewegung im Boden .....                                  | 18 |
| 4.2.1 Sickerwasserbildung .....  | 19 |
| 4.2.2 Mobilität der Nährstoffe im Boden .....  | 19 |
| 4.2.3 Nährstoffentzüge durch landwirtschaftliche Kulturen .....  | 20 |
| 4.2.4 Nährstoffauswaschung .....   | 20 |
| a) Stickstoffauswaschung   |    |
| b) Phosphatauswaschung   |    |
| 4.3 Verlagerung von Nährstoffen in die Gewässer durch Oberflächenabfluß (Erosion, Abschwemmung) .....                    | 23 |
| <b>5. Auswirkungen der Dünger auf Gewässer und ihre Nutzungen</b> .....  | 25 |
| 5.1 Grundsätzliche Feststellungen .....  | 25 |
| 5.2 Auswirkungen auf das Grundwasser .....   | 25 |
| 5.3 Auswirkungen auf oberirdische Gewässer .....   | 26 |
| 5.3.1 Auswirkungen auf stehende Gewässer und gestaute Fließgewässer .....  | 27 |
| 5.3.2 Auswirkungen auf fließende Gewässer .....  | 29 |
| <b>6. Maßnahmen zur Abwendung von nachteiligen Einflüssen</b> .....  | 31 |
| 6.1 Maßnahmen der landwirtschaftlichen Innenwirtschaft .....   | 31 |
| 6.2 Maßnahmen im Bereich der Düngung .....   | 31 |
| 6.2.1 Lagerung der Dünger .....  | 31 |
| 6.2.2 Transporteinrichtungen für Dünger .....  | 33 |
| 6.2.3 Düngieranwendung .....   | 33 |
| a) Höhe der Düngergaben  |    |
| b) Art und Zeitpunkt der Düngung   |    |
| 6.2.4 Verwendung von Siedlungsabfällen und Produktionsreststoffen zur Düngung und Bodenverbesserung .....                | 34 |
| a) Abwasser und Fäkalien   |    |
| b) Klärschlamm   |    |
| c) Müllklärschlammkomposte und Müllkomposte  |    |
| d) Produktionsreststoffe   |    |
| 6.3 Flankierende Maßnahmen .....   | 38 |
| 6.4 Zusätzliche Maßnahmen in Wasserschutzgebieten .....  | 39 |
| 6.4.1 Allgemeines .....  | 39 |
| a) Schutzgebiete für Grundwasser   |    |
| b) Schutzgebiete für Trinkwassertalsperren   |    |
| c) Schutzgebiete für Seen  |    |
| d) Heilquellenschutzgebiete  |    |
| 6.4.2 Sammeln, Lagern und Transport von Düngern .....  | 42 |
| 6.4.3 Düngung .....  | 42 |
| <b>7. Dokumentation</b> .....  | 43 |
| 7.1 Rechtsvorschriften .....   | 43 |
| 7.2 Normen .....   | 43 |
| 7.3 Richtlinien und Merkblätter .....  | 44 |
| 7.4 Schrifttum .....   | 45 |
| 7.5 Weiterführendes Schrifttum .....   | 48 |
| <b>8. Anhang</b> .....   | 49 |

## Vorbemerkung

Nicht allein von Besiedlung und Industrialisierung sondern auch von der Landwirtschaft gehen wesentliche Einflüsse auf die Beschaffenheit der oberirdischen Gewässer und des Grundwassers aus. Durch Intensivierung der Nutzung, wie durch die Änderung der Betriebssysteme, können die Einflüsse unter Umständen erheblich verstärkt werden. Auf der anderen Seite lassen Verdichtungen der Besiedlung und Industrialisierung die Anforderungen an Menge und Beschaffenheit der Wasservorräte steigen. Ein Ausgleich zwischen den berechtigten Interessen der modernen Landwirtschaft und den Erfordernissen der gesicherten Wasserversorgung und weiterer wichtiger Wassernutzungen ist unabdingbar.

Die Einflüsse der Landwirtschaft ergeben sich aus der landwirtschaftlichen Innenwirtschaft (Haushalt, Stallungen, Milchwirtschaft, Nebenbetriebe) und der Bodenbewirtschaftung (Grünlandnutzung, Ackerwirtschaft und Sonderkulturen). Ein besonderes Problem stellen Betriebe mit größeren Tierbeständen ohne entsprechende landwirtschaftliche Nutzfläche dar (Konzentrierte Tierhaltung) (114, 321, 404). Auf diesen Gebieten sind starke Entwicklungen im Gange, durch Änderung von Konsumgewohnheiten, von wirtschaftlichen Voraussetzungen und von Arbeitstechniken bedingt. Sie sind unter dem Blickwinkel der sich ändernden Einflüsse auf Wasser und Boden zu beobachten und ggf. zu steuern. Die Erfordernisse des Gewässerschutzes und der landwirtschaftlichen Nutzung sind in Einklang zu bringen.

Wesentliche Einflußfaktoren sind die Düngung und die landwirtschaftlichen Betriebssysteme. Beide sollen in diesem Arbeitsblatt behandelt werden, da von ihnen häufig ähnliche Einflüsse (z.B. Nährstoffauswaschung) ausgehen.

Als Dünger werden in steigendem Maße auch häusliche Abfälle, gewerbliche und landwirtschaftliche Produktionsreststoffe und Abwasser verwendet. Das Arbeitsblatt bezieht die Aufbringung solcher Stoffe auf landwirtschaftlich, forstwirtschaftlich und gärtnerisch genutzte Flächen entspr. § 15 Abfallbeseitigungsgesetz (AbfG) (105) ein, wenn sie auch dem Zweck der Düngung dient. Die Abfallbeseitigung entspr. § 1, Abs. 1 AbfG ohne diesen Bezug zum landwirtschaftlichen Anbauvorgang wird nicht behandelt.

Das Arbeitsblatt soll einen Überblick über die Problematik geben und soll Hilfestellung bei der Zusammenarbeit zum Schutz der Gewässer leisten. Es werden – entsprechend dem augenblicklichen Stand von Wissenschaft und Technik – Lösungsmöglichkeiten aufgezeigt, die den Erfordernissen der Landwirtschaft und des Gewässerschutzes gerecht werden.

Das Arbeitsblatt behandelt nicht forstwirtschaftliche Betriebssysteme und Düngung, obwohl ihr Einfluß auf die Gewässergüte in Teilbereichen ähnlich ist.

Das vorliegende Arbeitsblatt wendet sich vornehmlich an

- wasserwirtschaftliche Dienststellen
- Unternehmen der Wasserversorgung
- Betreiber von Abwasser- und Abfallbeseitigungseinrichtungen
- Genehmigungsbehörden für Einrichtungen und Anlagen, in denen Abfälle und Reststoffe anfallen, die landwirtschaftlich verwertbar sind
- landwirtschaftliche Betriebe
- landwirtschaftliche Dienststellen und Berater
- Industrie und Handel.

Zur schnellen Information über mögliche Maßnahmen in der Praxis kann der Teil 6 herangezogen werden (er erhält eine besondere farbige Kennzeichnung).

## 1. Arten der Dünger

Dünger im Sinne dieses Merkblattes sind Stoffe, die der Pflanzenernährung und der Erhaltung und Förderung der Bodenfruchtbarkeit dienen.

Das Düngemittelgesetz (102) (438) regelt den Verkehr mit Düngemitteln und nicht die Anwendung. Es bezeichnet als Düngemittel im Sinne des Gesetzes

„Stoffe, die dazu bestimmt sind, unmittelbar oder mittelbar Nutzpflanzen zugeführt zu werden, um ihr Wachstum zu fördern, ihren Ertrag zu erhöhen oder ihre Qualität zu verbessern“ (§ 1, Abs. 1, Nr. 1).

Nicht unter die Düngemittel im Sinne des Düngemittelgesetzes fallen

„Stoffe, die überwiegend dazu bestimmt sind, Pflanzen vor Schadorganismen und Krankheiten zu schützen oder, ohne zur Ernährung von Pflanzen bestimmt zu sein, die Lebensvorgänge von Pflanzen zu beeinflussen, sowie Bodenhilfsstoffe, Kultursubstrate, Pflanzenhilfsmittel, Kohlendioxid, Torf und Wasser“ (§ 1, Abs. 1, Nr. 1).

Von den Stoffen, die nicht Düngemittel im Sinne des Düngemittelgesetzes sind, hat der Gesetzgeber

„Torf, Bodenhilfsstoffe, Kultursubstrate und Pflanzenhilfsmittel“

der Pflicht zur Kennzeichnung unterworfen (§ 3, Abs. 4).

Ausgenommen von den Vorschriften des Düngemittelgesetzes sind

„Abfälle wie Abwasser, Klärschlamm, Fäkalien und ähnliche Stoffe im Sinne des § 15 des Abfallbeseitigungsgesetzes, soweit ihnen keine Stoffe zum Zweck der Anreicherung mit Nährstoffen zugesetzt werden“ (§ 1, Abs. 2).

Die Düngemittel und ein Teil der in den beiden voraufgegangenen Absätzen behandelten Stoffe und Abfälle werden als Dünger im Sinne der oben aufgeführten Definition im vorliegenden Merkblatt berücksichtigt.

Die Düngemittel im Sinne des Düngemittelgesetzes müssen einem Düngemitteltyp (§ 2, Abs. 1) entsprechen, der durch die Düngemittelverordnung (103) (438) zugelassen worden ist. Die Zulassung wird auf der Grundlage ausgesprochen, daß die Düngemitteltypen

„bei sachgerechter Anwendung die Fruchtbarkeit des Bodens und die Gesundheit von Menschen und Haustieren nicht schädigen und den Naturhaushalt nicht gefährden sowie geeignet sind, das Wachstum von Nutzpflanzen wesentlich zu fördern, ihren Ertrag wesentlich zu erhöhen oder ihre Qualität wesentlich zu verbessern“ (§ 2, Abs. 2).

Wirtschaftsdünger werden nur dann erfaßt, wenn sie mit Stoffen mit wesentlichem Nährstoffgehalt vermischt sind (§ 2, Abs. 3, Nr. 3). Der Vorschrift, einem Düngemitteltyp zu entsprechen, unterliegen diejenigen Düngemittel nicht, „aus deren Kennzeichnung deutlich hervorgeht, daß sie nur zur Düngung von Rasen oder Zierpflanzen bestimmt sind“ (§ 2, Abs. 3, Nr. 4).

Durch die Düngemittelverordnung wird dem gewerbsmäßigen Veräußerer auferlegt, den Erwerber von Düngemitteln und Natur- und Hilfsstoffen schriftlich in vorgeschriebener Weise z.B. über Art und Höhe der typbestimmenden Bestandteile, Nährstoffformen, Nährstofflöslichkeiten aber auch über Zusammensetzung, Behandlung und bestimmte Anwendungshinweise zu informieren (§ 3).

Die einzelnen Düngemittel im Sinne des Düngemittelgesetzes, deren Zahl und teilweise auch deren Beschaffenheit sich dauernd ändert, sind zusammengestellt in einem vom Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten herausgegebenen Düngemittelverzeichnis (448).

Das Düngemittelgesetz sieht vor, daß bei der Abgrenzung der Düngemitteltypen bestimmte Gehalte an Nebenbestandteilen, z.B. pflanzenschädlichen Stoffen, nicht überschritten werden. Sie unterliegen einer ständigen Überprüfung. Dünger, die nicht unter das Düngemittelgesetz fallen, unterliegen z.T. anderen Vorschriften über Höchstmengen und Prüfung (§ 15 AbfG).

Mineralische Nährelemente der Pflanzen sind:

Hauptnährelemente (in größeren Mengen erforderlich)

- Stickstoff (N)
- Phosphor (P)
- Schwefel (S)
- Kalium (K)
- Calcium (Ca)
- Magnesium (Mg)

Spurennährelemente (in kleinen Mengen erforderlich)

- Chlor (Cl)
- Bor (B)
- Molybdän (Mo)
- Eisen (Fe)
- Mangan (Mn)
- Zink (Zn)
- Kupfer (Cu)



#### Nützliche Elemente (förderlich)

- Natrium (Na)
- Aluminium (Al)
- Silicium (Si)
- Kobalt (Co)

einschließlich weiterer nützlicher Stoffe, die von den Pflanzen benötigt werden, aber nicht gesondert gedüngt werden (414).

### 1.1 Handelsdünger

Handelsdünger sind solche Dünger, die nicht dem landwirtschaftlichen Betrieb entstammen, sondern durch Erwerb von außen dem Betrieb zugeführt werden. Es handelt sich dabei um Produkte mineralischer oder organischer Art und fester, flüssiger oder gasförmiger Konsistenz, die in einem gewerblichen Produktionsprozeß hergestellt werden oder in einem Bearbeitungs- oder Aufbereitungsprozeß aus Naturprodukten gewonnen werden.

#### 1.1.1 Mineralische Düngemittel

##### a) Mineralische Einnährstoffdünger

Bei diesen Handelsdüngern handelt es sich um Produkte mit maßgeblichen Anteilen von Stickstoff oder Phosphor oder Kalium oder Kalk und Magnesium (Abschnitt 1 der Typenliste der Düngemittelverordnung).

##### b) Mineralische Mehrnährstoffdünger

Unter diese Gruppe von Handelsdüngern fallen die Kombinationen mehrerer Hauptnährstoffe: NPK-Dünger, NP-Dünger, NK-Dünger, PK-Dünger (Abschnitt 2 der Typenliste der Düngemittelverordnung).

#### 1.1.2 Organische und organisch-mineralische Düngemittel

Diese Dünger werden durch Aufbereitung von tierischen oder pflanzlichen Stoffen, z. B. Fischen, Knochen, Blut, Guano, Lignin, „zu seuchenhygienisch unbedenklichen Produkten, frei von Krankheitskeimen“ hergestellt (Abschnitt 3 der Typenliste der Düngemittelverordnung). Dabei kommen teilweise auch Siedlungsabfälle, z. B. Müll, Klärschlamm oder Produktionsreststoffe, z. B. Schlempe, Fischabfälle, zur Verwendung (siehe 1.3).

Der Abschnitt 4 der Typenliste der Düngemittelverordnung umfaßt „Düngemittel mit Spurennährstoffen“, die bestimmte Mindestgehalte von Spurennährelementen als Zusatz zu den Düngemitteltypen der Abschnitte 1 bis 3 vorschreiben oder die als typbestimmende Bestandteile nur Spurennährstoffe enthalten. Dieser Abschnitt enthält auch Vorschriften über Höchstgehalte bestimmter Schadstoffe, z. B. Blei.

### 1.2 Natur- und Hilfsstoffe

Unter den Natur- und Hilfsstoffen faßt die Düngemittelverordnung (§ 4, Abs. 1) die Düngemittel und sonstigen Stoffe zusammen, die als Voraussetzung für einen gewerbsmäßigen Verkauf zwar keinem zugelassenen Düngemitteltyp zu entsprechen brauchen – nicht typisiert –, die aber nach Vorschrift der Anlage 3 der Düngemittelverordnung zu kennzeichnen sind – kennzeichnungspflichtig –.

#### 1.2.1 Wirtschaftsdünger

Die im landwirtschaftlichen Betrieb anfallenden festen und flüssigen Ausscheidungen der Tiere werden als Dünger je nach Aufstellungsart in Form von Festmist, Flüssigmist und Jauche genutzt.

a) **Festmist** (z. B. Stallmist) ist ein Gemisch aus Kot, wenig Harn und Einstreu. Als Einstreu ist vor allem Getreidestroh, aber auch Torf, Laub, Sägemehl oder anderes gebräuchlich.

b) **Flüssigmist** (Gülle) ist ein Gemenge von Kot und Harn, das gelegentlich mit einem geringen Anteil von Einstreu vermischt ist und zum Teil mit Wasser verdünnt gelagert, transportiert und ausgebracht wird. Je nach Art des Entmistungsverfahrens unterscheidet man zwischen Treibmist (ohne Wasserzusatz) und Schwemmist (mit Wasserzusatz). Von Vollgülle spricht man, wenn der gesamte Kot und Harn, von Harngülle, wenn nur ein geringer Kotanteil enthalten ist. Bei Dünngülle liegt – im Gegensatz zur Dickgülle – der Anteil der Trockensubstanz unter 7,5 Gewichtsprozent.

c) **Jauche** ist der von den Tieren ausgeschiedene und von Kot und Einstreu getrennt aufgefangene Harn, einschließlich Sickerwasser aus der Mistlagerung und ggfs. Reinigungswasser.

Daneben können in landwirtschaftlichen Betrieben zahlreiche Reststoffe anfallen, die nicht der tierischen Produktion entstammen, die aber gleichwohl als Dünger geeignet sind. Hierzu zählen z. B. die Reststoffe der Obst- und Traubenverwertung teilweise nach Aufbereitung, insbesondere aber Silagesickersaft.

d) **Silagesickersaft** entsteht neben anderen Stoffen bei der Konservierung von Grünfütter und Beiprodukten durch Vergärung (Silage). Er ist ein saures Gemisch aus Haftwasser, Zellsaft des Siliergutes, gelösten und suspendierten, organischen Stoffen und, sofern beigegeben, in Lösung gegangenen und chemisch umgesetzten Silagezusatzmitteln.

Pflanzliche Dünger, die im landwirtschaftlichen Betrieb anfallen oder zum Zwecke des Düngens erzeugt werden, sind Stroh, Gründünger und die Komposte.

e) **Stroh** wird zur Düngung kurz gehäckselt – häufig unter Zugabe von Mineraldünger, Jauche oder Gülle – in den Boden eingearbeitet.

- f) **Gründünger** wird u.a. im Zwischenfruchtbau wie durch Aussaat von Untersaaten und von Stoppelsaaten gewonnen. Es werden Gräser, Kleearten, Hülsenfrüchte, Kreuzblütler, Phacelia, Sonnenblumen und andere Arten bzw. Gemische aus den genannten Arten angebaut. Die erzeugte Pflanzenmasse kann ganz oder teilweise in den Boden eingearbeitet werden. Nach Verfütterung der oberirdischen Grünmasse verbleiben die Stoppel- und Wurzelmasse zur Gründüngung. Zur Gründüngung zählt auch das Einbringen von Rübenblatt u.ä.
- g) **Komposte** entstehen dadurch, daß pflanzliche Reststoffe des landwirtschaftlichen Betriebes, Blätter, Kraut, Laub, Stroh, Stallmist und dergleichen in Mieten einer geregelten Rotte unterworfen werden. Nach der Reife werden sie als Dünger – häufig unter Zumischung von Kalk – auf die landwirtschaftlichen Flächen, insbesondere Grünland und Gartenflächen, aufgebracht.

### 1.2.2 Bodenhilfsstoffe

Bodenhilfsstoffe sind

„Stoffe ohne wesentlichen Nährstoffgehalt, die den Boden biotisch, chemisch oder physikalisch beeinflussen, um seinen Zustand oder die Wirksamkeit von Düngemitteln zu verbessern“ (§ 1, Abs. 1, Nr. 3 Düngemittelgesetz).

Bei dieser Gruppe von Stoffen handelt es sich um sehr unterschiedliche Substanzen, die z.B. zur Förderung des Bodenlebens, zur Verbesserung der chemischen Prozesse im Boden, der Struktur des Bodens oder des Wasserhaushaltes bestimmt sind oder die Wirksamkeit der Düngemittel beeinflussen. Sie können natürlichen Ursprungs oder synthetisch hergestellt worden sein (438).

- a) **Bodenimpfmittel** sind mit bestimmten Bakterienarten angereicherte Trägersubstanzen. Durch ihre Anwendung soll über die Aktivierung der Mikroorganismen im Boden die Fruchtbarkeit und damit die Ertragssicherheit des Standortes erhöht werden.
- b) **Bodenkrümler** sollen positiv auf die Struktur der Ackerkrume einwirken und darüber hinaus auf feinerde-reichen Böden den Luft- und Wärmehaushalt des Bodens günstig beeinflussen.
- c) **Bodenstabilisatoren** werden zum Schutz des Bodens vor Erosion durch Wind oder Wasser ausgebracht.
- d) **Gesteinsmehle** werden vorwiegend in Betrieben, die ihre Flächen nach den Grundsätzen des alternativen Landbaues bewirtschaften, zur allgemeinen Anhebung der Bodenfruchtbarkeit eingesetzt.
- e) **Andere Bodenhilfsstoffe** (wie z.B. Nitrifikationshemmer).

### 1.2.3 Kultursubstrate

Kultursubstrate sind

„Pflanzenerden, Mischungen auf der Grundlage von Torf und andere Substrate, die den Pflanzen als Wurzelraum dienen, auch in flüssiger Form“ (§ 1, Abs. 1, Nr. 4 Düngemittelgesetz).

Die Kultursubstrate enthalten meist einen so geringen Gehalt an Nährstoffen, daß die Pflanzen ohne weitere Verdünnung in ihnen gedeihen können. Ihre Anwendung zu Düngezwecken in der Landwirtschaft ist jedoch im Regelfall unwirtschaftlich; für den Erwerbsgartenbau sind sie von besonderer Bedeutung (438).

### 1.2.4 Pflanzenhilfsmittel

Pflanzenhilfsmittel sind

„Stoffe ohne wesentlichen Nährstoffgehalt, die dazu bestimmt sind, auf die Pflanzen einzuwirken oder die Aufbereitung organischer Stoffe zu beeinflussen“ (§ 1, Abs. 1, Nr. 5 Düngemittelgesetz).

Es handelt sich hierbei in erster Linie um Aufbereitungshilfsmittel für organische Dünger sowie um Stoffe, die das Pflanzenwachstum beeinflussen sollen. Hierunter sind auch Präparate einzuordnen, die wegen ihres Gehaltes an verschiedenen Wirkstoffen bei bestimmten Anbauverfahren (Alternativer Landbau) ausgebracht werden. Pflanzenbehandlungsmittel im Sinne des Pflanzenschutzgesetzes sind keine Pflanzenhilfsmittel im Sinne des Düngemittelrechts.

### 1.3 Siedlungsabfälle und Produktionsreststoffe

Dieser Abschnitt behandelt Stoffe, die landwirtschaftlich verwertet werden und unter die Regelungen des Abfallbeseitigungsgesetzes – und nicht des Düngemittelgesetzes – fallen.

Die landwirtschaftliche, forstwirtschaftliche und gärtnerische Verwertung von Reststoffen des landwirtschaftlichen Betriebes, die nicht Wirtschaftsdünger sind (s.o. 1.2.1), von Siedlungsabfällen, wie Abwasser und Fäkalien, Klärschlamm, Klärschlammkompost, Müllklärschlammkomposte oder Müllkomposte, und von organischen Produktionsreststoffen ist unter bestimmten Bedingungen möglich. In geeigneten Fällen versorgen sie den Boden und die Pflanzen mit Nährstoffen und dienen der günstigen Beeinflussung von Bodeneigenschaften. Sie sind in den meisten Fällen vor dem Einsatz aufzubereiten. Die Verwertung wird geregelt in § 15 AbfG und in den nach dieser Ermächtigung erlassenen (109) oder zu erwartenden Rechtsverordnungen. Dadurch soll verhindert werden, daß die Erzeugung pflanzlicher Lebensmittel und Futtermittel beeinträchtigt wird, daß Gefahren für Mensch und Tier entstehen und daß eine schädliche Beeinflussung der Gewässer verursacht wird. Falls die Ausbringung von Wirtschaftsdüngern so erfolgt, daß das übliche Maß der landwirtschaftlichen Düngung überschritten wird, fällt diese Maßnahme ebenfalls unter die Regelungen des § 15 AbfG.

### 1.3.1 Aufbereitete Siedlungsabfälle

- a) Abwasser sind das durch häuslichen, gewerblichen, landwirtschaftlichen oder sonstigen Gebrauch in seinen Eigenschaften veränderte und das bei Trockenwetter damit zusammen abfließende Wasser (Schmutzwasser) sowie das von Niederschlägen aus dem Bereich von bebauten oder befestigten Flächen abfließende Wasser (Niederschlagswasser) (§ 2 Abwasserabgabengesetz) (104).

Fäkalien sind vom menschlichen Körper nicht weiter verwertbare und ausgeschiedene Stoffe (Exkrememente).

- b) Klärschlamm ist der bei der Behandlung von Abwasser in Abwasserbehandlungsanlagen anfallende Schlamm, auch entwässert oder getrocknet. Rohschlamm ist ein Klärschlamm, der Abwasserbehandlungsanlagen ohne vorherige Behandlung entnommen wird.
- c) Müllklärschlammkomposte sind Stoffe, die von den Ausgangsprodukten Müll (fester Siedlungsabfall) und Klärschlamm in einem Rotteprozeß gewonnen werden.
- d) Müllkomposte sind Stoffe, die in einem Rotteprozeß aus Müll aufbereitet sind.
- e) Klärschlammkomposte sind Stoffe, die in einem Rotteprozeß aus vorentwässertem Klärschlamm unter Zusatz weiterer Kohlenstoffträger wie Sägemehl, Stroh und Kraut gewonnen werden.

### 1.3.2 Aufbereitete organische Produktionsreststoffe

Solche Stoffe sind tierischen und pflanzlichen Ursprungs, z.B. Blutmehl, Hornmehl, Horngrieß, Hornspäne, Knochenmehl, Fischmehl, Schlempe, Rizinusschrot (s.a. 1.1.2). Sie fallen bei der Schlachtung und der gewerblichen Produktion, insbesondere der Nahrungsmittel- und der Arzneimittelindustrie, an und sind geeignet, den Pflanzen Nährstoffe zuzuführen oder den Boden für das Wachstum der Pflanzen positiv zu beeinflussen. Häufig werden sie mit Torf vermischt. In diesem Bereich sind ständige Änderungen nach Art und Umfang im Gange.

## 2. Inhaltsstoffe der Dünger und Anfall der Wirtschaftsdünger

### 2.1 Handelsdünger

Nach der Düngemittelverordnung, Anlage 1 (103), müssen die Düngemitteltypen bestimmte vorgeschriebene „Mindestgehalte“ an Nährstoffen enthalten. Tabelle 1 gibt den Nährstoffgehalt der in der Bundesrepublik Deutschland hauptsächlich verwendeten Düngemittel an; die angegebenen Werte können z.T. erheblich unter- bzw. überschritten werden.

**Tabelle 1:** Nährstoffgehalt hauptsächlich verwendeter Düngemittel, zum Beispiel:

Abschnitt 1 der Typenliste der Düngemittelverordnung:

Mineralische Einnährstoffdünger

|                                      |  |
|--------------------------------------|--|
| 1. Stickstoffdünger                  | 16 – 27% N                             |
| 2. Phosphatdünger                    | 15 – 29% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> |
| 3. Kalidünger                        | 28 – 50% K <sub>2</sub> O              |
| 4. Kalkdünger und<br>Magnesiumdünger | 40 – 90% CaO + MgO                     |

Abschnitt 2 der Typenliste der Düngemittelverordnung:

Mineralische Mehrnährstoffdünger

|               |   |
|---------------|---|
| 1. NPK-Dünger | 13% N, 13% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , 21% K <sub>2</sub> O |
| 2. NP-Dünger  | 20% N, 20% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>                        |
| 3. NK-Dünger  | 16% N, 24% K <sub>2</sub> O                                     |
| 4. PK-Dünger  | 10% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , 20% K <sub>2</sub> O        |

Umrechnungsfaktoren:

|                                |                                |                              |                              |
|--------------------------------|--------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| $P \times 2,29 \hat{=} P_2O_5$ | $P_2O_5 \times 0,44 \hat{=} P$ | $K \times 1,20 \hat{=} K_2O$ | $K_2O \times 0,83 \hat{=} K$ |
| $Ca \times 1,40 \hat{=} CaO$   | $CaO \times 0,71 \hat{=} Ca$   | $Mg \times 1,66 \hat{=} MgO$ | $MgO \times 0,60 \hat{=} Mg$ |

### 2.2 Wirtschaftsdünger

Die anfallende Menge der Exkremente landwirtschaftlicher Nutztiere und ihr Gehalt an organischer Substanz und Nährstoffen sind abhängig von Tierart, Alter der Tiere, Haltungsverfahren, Trockensubstanzgehalt der Exkremente und Fütterung; sie sind daher großen Schwankungen unterworfen. Dies gilt für Festmist, Flüssigmist und Jauche. Im Einzelfall können deshalb erhebliche Abweichungen von den im folgenden aufgeführten Durchschnittswerten auftreten.

Zur Bewertung der anfallenden Mengen und Inhaltsstoffe sowie ihrer landwirtschaftlichen Verwertung ist die Umrechnung auf Einheiten zweckmäßig:

Großvieheinheit (GV): Die Umrechnung des Viehbestandes auf Großvieheinheit erfolgt nach dem Lebendgewicht: 1 GV  $\hat{=} 500$  kg Lebendgewicht (320).

**Tabelle 2:** Umrechnung des Viehbestandes auf Großvieheinheiten, siehe Anhang

**Tabelle 3:** Frisch- bzw. Flüssigmistanfall, siehe Anhang

**Tabelle 4:** Dung- und Nährstoffanfall (Mittelwerte), siehe Anhang

**Tabelle 5:** Nährstoff-Versorgungsstufen und Düngungsempfehlungen

Teil 1: Rahmenschema zur Eichung und Auswertung der Bodenuntersuchung

Teil 2: Erläuterung der Düngungsempfehlung aufgrund der durchgeführten Bodenuntersuchung, siehe Anhang

Bei der Silagegewinnung fallen Sickersäfte an, die für sich oder zusammen mit anderen flüssigen Wirtschaftsdüngern auf landwirtschaftliche Nutzflächen ausgebracht werden.

**Tabelle 6:** Durchschnittliche Menge des Silagesickersaftes in Abhängigkeit vom Trockenmassegehalt, siehe Anhang

Im Vergleich zu kommunalem Abwasser hat der Silagesickersaft eine sehr hohe Konzentration an meist leicht zersetzlicher organischer Substanz, die z. B. bei Zuckerrübenblatt 70 bis 75% der Trockenmasse des Sickersaftes ausmacht. Infolgedessen werden zum aeroben, mikrobiellen Abbau große Sauerstoffmengen benötigt. Sollte er in ein Gewässer gelangen, so entspricht seine Abwasserbelastung pro t Zuckerrübenblatt 280 – 445 Einwohnergleichwerten (402).

**Tabelle 7: Zusammensetzung des Silagesickersaftes, siehe Anhang**

Durch Wirtschaftsdünger und Siedlungsabfälle und Produktionsreststoffe wird im allgemeinen nur ein Teil des Gesamt-Nährstoffbedarfs abgedeckt. Der in der Regel größere Restbedarf wird durch Zudüngung von Handelsdüngern befriedigt (447). Bodenhilfsstoffe, Kultursubstrate und Pflanzenhilfsstoffe spielen bei der Nährstoffversorgung kaum eine Rolle.

**Tabelle 8: Beispiel für die jährliche Nährstoffbilanz innerhalb einer Fruchtfolge (kg/ha) (436, geändert)**

|   | N          | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O |
|---|------------|-------------------------------|------------------|
| <b>Ernteentzug: *)</b><br>(75 GE/ha im Durchschnitt der Fruchtfolge:<br>Zuckerrüben, Winterweizen, Sommergerste)  | - 175      | - 65                          | - 230            |
| <b>Verluste:</b><br>durch Verlagerung, Festlegung etc.<br>(ca. 30% bei N, ca. 40% bei P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ,<br>ca. 20% bei K <sub>2</sub> O,<br>bezogen auf die gesamte Zufuhr) | - 70       | - 45                          | - 60             |
| <b>Zufuhr:</b><br>durch Niederschläge, Verwitterung etc.  | + 10       | + 8                           | + 30             |
| durch N-bindende Bakterien,   | + 40       | -                             | -                |
| durch Saat- und Pflanzgut,  | + 5        | + 2                           | + 5              |
| durch organische Düngung<br>(bei 0,8 GV/ha)   | + 40       | + 20                          | + 70             |
| <b>Bilanz</b>   | - 245 + 95 | - 110 + 30                    | - 290 + 105      |
| <b>Notwendige Zufuhr durch Düngung</b>  | + 150      | + 80                          | + 185            |

\*) 1 Getreideeinheit (GE)  $\hat{=}$  1 dt Getreide  $\hat{=}$  4 dt Zuckerrüben  $\hat{=}$  5 dt Kartoffeln

### 2.3 Siedlungsabfälle und Produktionsreststoffe

Die Siedlungsabfälle können äußerst unterschiedlich beschaffen sein.

Die Inhaltsstoffe von Klärschlamm hängen ab von der Herkunft des Abwassers (häuslich, gewerblich/industriell), dem Entwässerungssystem (Trennkanalesation, Mischkanalesation), dem Abwasserreinigungsverfahren (mechanisch, biologisch, chemisch, weitergehende Reinigung), der Schlammbehandlung (stabilisiert, konditioniert, entwässert, desinfiziert) und von anderen Faktoren.

**Tabelle 9: Nährstoffgehalt von Siedlungsabfällen (Mittelwerte) (415)**

| Art                     | Trocken-<br>substanz<br>% | Mengen-<br>einheit | Nährstoffgehalt in kg |                               |                  |     |     |
|-------------------------|---------------------------|--------------------|-----------------------|-------------------------------|------------------|-----|-----|
|                         |                           |                    | N                     | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O | CaO | MgO |
| flüssiger Klärschlamm   | 5                         | 10 m <sup>3</sup>  | 25                    | 27                            | 1                | 50  | 5   |
| stichfester Klärschlamm | 30                        | 10 t               | 40                    | 45                            | 5                | 210 | 40  |
| Müllklärschlammkompost  | 70                        | 10 t               | 45                    | 42                            | 78               | 230 | 39  |
| Müllkompost             | 70                        | 10 t               | 35                    | 40                            | 80               | 250 | 35  |

**Tabelle 10: Untersuchungsergebnisse von Klärschlammproben, siehe Anhang**

Müllkomposte können je nach Herkunft der Abfälle, Aufbereitung und Rotteverfahren unterschiedlich beschaffen sein.

**Tabelle 11: Untersuchungsergebnisse von Kompostproben, siehe Anhang**

Produktionsreststoffe aus der Nahrungs- und Futtermittelindustrie und der Holzaufbereitung sind im allgemeinen unbedenklich. So bestehen Rinden, Sägespäne, Ölkuchen, Tabakreste, Kakaoschalen sowie Reste der Konserven- und Suppenindustrie hauptsächlich aus pflanzlicher organischer Masse und einigen Pflanzennährstoffen, z.B. 2 – 7% N, 1 – 3% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Die Anwendungsmenge orientiert sich am Einsatz der Wirtschaftsdünger. Andere Produktionsreststoffe wie Flugsand, Abfallkalke, Ablaugen und Industrieschlämme müssen vor einer landwirtschaftlichen Verwertung auf ihre Zusammensetzung untersucht werden.

### 3. Anwendung der Dünger

#### 3.1 Grundsätzliche Feststellungen

Durch landwirtschaftliche Nutzung verringert sich der Gehalt an Pflanzennährstoffen im Boden. Der Nährstoffentzug durch die Ernten ist die wichtigste Verlustquelle; daneben spielen auch Veränderungen der Bodenbestandteile durch die Verwitterung und die Stoffverlagerung im und aus dem Boden eine Rolle. Wenn die Ertragsfähigkeit der landwirtschaftlichen Flächen wenigstens erhalten bleiben soll, müssen die Nährstoffverluste ersetzt werden (siehe Tabelle 8).

Häufig genügt jedoch in Anbetracht der Situation der deutschen Landwirtschaft im EG-Bereich (hohes Produktionsniveau), der wirtschaftlichen Gegebenheiten (Einsatz von Arbeitskräften und Maschinen), der veränderten Konsumgewohnheiten (Ansprüche an landwirtschaftliche Produkte) u. a. die Erhaltung der Ertragsfähigkeit nicht allein, sondern der Düngung, der Pflanzenzüchtung, verbesserten Maßnahmen der Bodenkultur und dem Pflanzenschutz wird eine entscheidende Bedeutung zugemessen. Zwischen diesen Faktoren besteht eine Wechselwirkung: Zum Beispiel hat das hohe Ertragspotential leistungsfähiger Sorten zu einem wesentlich höheren Nährstoffbedarf als bei den früheren Landsorten geführt.

Um auch in Jahren mit ungünstigen Wachstumsbedingungen hohe Erträge zu gewährleisten, wird ein so hohes Nährstoffniveau des Bodens angestrebt, daß möglichst jederzeit eine optimale Nährstoffversorgung der Pflanzen zum Erreichen des genetisch bedingten Höchstertes unter den gegebenen Bedingungen gesichert wird.

#### 3.2 Faktoren, die die Düngungsmaßnahmen beeinflussen

##### 3.2.1 Allgemeine Hinweise

Düngungsmaßnahmen beeinflussen sowohl die Flächenerträge als auch die Qualität der erzeugten Pflanzenmasse; sie besitzen daher einen sehr hohen Stellenwert. Die Düngungsmaßnahmen müssen sich – wie auch die übrigen Maßnahmen der Pflanzenproduktion – an den **Standortfaktoren** orientieren. Darunter fallen die Bodenverhältnisse, Geländegestaltung, Wasserhaushalt des Standortes und das Klima.

Die **Betriebsweise** des landwirtschaftlichen Betriebes ist ein weiterer Komplex. Darunter sind Faktoren wie Feldwirtschaft, Viehwirtschaft, Futterbau und weitere relevante Maßnahmen wie z. B. die Betriebszweige Forstwirtschaft und Fischzucht zu verstehen, die alle Einfluß auf die Betriebsstruktur ausüben.

Ein weiterer, wichtiger Faktorenkomplex der Düngungsmaßnahmen ist die **Düngersituation**. Sie hängt ab von der Betriebsweise (viehlose Landwirtschaft oder Grünlandbetrieb mit ausschließlicher Tierhaltung), vom Anfall an Ernterückständen, Zuschußdünger aus Fremdbetrieben, von der Nähe zu Anfallstellen und Verarbeitungsstellen von Siedlungsabfällen und Produktionsreststoffen sowie vom beabsichtigten Einsatz von Bodenhilfsstoffen u. ä. bei Sonderkulturen. Schließlich ist die jeweilige Preis-Kosten-Relation ein bedeutender Faktor.

Alle vier Komplexe, Standortfaktoren, Betriebsweise, Düngersituation und die Preis-Kosten-Relation, beeinflussen die Düngungsmaßnahmen erheblich. Diese werden daher in den meisten Fällen nach einem „Düngeplan“ erfolgen, der die o.a. Komplexe in besondere Beziehung bringt und dadurch den Nährstoffbedarf der Pflanzen unter Berücksichtigung der Bodennährstoffe und der Pflanzenentwicklung festsetzt.

##### 3.2.2 Gegebenheiten des Standortes

Die Standortfaktoren Boden, Oberflächengestalt und Klima beeinflussen die Düngungsmaßnahmen insofern, als sie direkt (Boden und Oberflächengestalt) bzw. indirekt (Klima) auf den Nährstoffhaushalt des Standortes einwirken. Heute ist es allerdings durch moderne Produktionstechniken möglich, z. B. durch Düngung, Dränung, Beregnung, natürliche Standortfaktoren zu überspielen. Der „Bodenschätzungsrahmen“ bewertet in einem Punktsystem von 1 bis 100 den Boden in seiner Eigenschaft, den Pflanzen als Standort zu dienen (410). Die physikalischen und chemischen Bodenkennwerte beeinflussen u. a. die Wahl der Düngerart und -menge und deren Pflanzenverfügbarkeit. Die Oberflächengestalt hat Auswirkungen auf die Bodenbildung, das Klima, den Wasserhaushalt und andere Einflußgrößen für das Pflanzenwachstum und damit auch auf den Düngerbedarf.

Das Klima mit seinen Großklima- und Kleinklimaerscheinungen übt Wirkungen auf alle Faktoren der Düngung aus und bestimmt in der Regel die landwirtschaftliche Betriebsweise. Die Jahreswitterung steuert die mikrobielle Tätigkeit im Boden und damit Freisetzung bzw. Bindung von Nährstoffen, d. h. ihre Verfügbarkeit für die Pflanzen.

##### 3.2.3 Landwirtschaftliche Betriebssysteme und ihre Bedeutung für die innerbetriebliche Düngersituation

Die betriebswirtschaftliche Ausrichtung eines Betriebes wird gekennzeichnet durch Produktionsstruktur, Aufwandsstruktur und Bewirtschaftungsintensität, wobei für die betriebswirtschaftliche Ausrichtung in der Regel nur die Produktionsstruktur herangezogen wird (428).

Aufgrund der Produktionsstruktur werden die Betriebe zunächst in **Betriebsbereiche** eingeteilt. Ein Betrieb wird dem Betriebsbereich Landwirtschaft, Gartenbau oder Forstwirtschaft zugeordnet, wenn mindestens 75 % des Standarddeckungsbeitrages (Betriebeinkommen) aus einem dieser Bereiche stammen. Die landwirtschaftlichen Betriebe werden in die **Betriebsformen**

- Marktfruchtbau
- Futterbau
- Veredelung
- Dauerkulturen
- landwirtschaftliche Gemischtbetriebe

unterteilt. Die Betriebe gehören einer dieser Betriebsformen an, wenn mindestens 50 % des gesamten Standarddeckungsbeitrages auf eine Produktionsrichtung entfallen. Nach dem Anteil einer Produktionsrichtung am Standarddeckungsbeitrag werden die **Betriebsarten** „Spezialbetriebe“ (75 % und mehr) und „Verbundbetriebe“ (50 bis 75 %) unterschieden. In der letzten Gliederungsstufe **Betriebstyp** (Tabelle 12) werden die Spezialbetriebe nach den wichtigsten Produktionszweigen (z. B. Schweine- und Geflügelhaltungsbetriebe), die Verbundbetriebe nach der zweitwichtigsten Produktionsrichtung untergliedert (z. B. Marktfrucht-Futterbaubetriebe oder Marktfrucht-Dauerkulturbetriebe).

Die Art des Betriebstypes beeinflusst die innerbetriebliche Düngersituation in starkem Maße. Der Nährstoffkreislauf in einem landwirtschaftlichen Betrieb wird besonders durch das Kulturartenverhältnis, die Fruchtfolge und die Viehwirtschaft bestimmt. Vielseitige Fruchtfolgen mit Gründüngung bzw. Futterbau sind für die Erhaltung der Ertragsfähigkeit der Böden sehr wirksam. Betriebe mit pflanzlicher Produktion und entsprechender Tierhaltung bieten dafür die beste Voraussetzung. Alle landwirtschaftlichen Nutzungen mit Verkauf von pflanzlichen und tierischen Produkten und Zukauf von Düngemitteln und Kraftfutter sind durch offene Nährstoffkreisläufe gekennzeichnet. Im reinen **Ackerbaubetrieb** ohne Grünland und Viehhaltung ist der Nährstoffexport durch den Verkauf der Produkte sehr ausgeprägt. Hier ist der Ersatzbedarf von außen hoch. In einem **Grünlandbetrieb** mit Tierhaltung ist der Stoffkreislauf dagegen sehr eng, d. h. die Nährstoffe können mehrere Male umlaufen. Dies bedeutet eine geringere Zufuhr von P und K von außen und auch geringere Exporte nach außen. Die Stickstoffdüngung läßt sich auch im Grünlandbetrieb mittlerer Intensität ohne entsprechende „Zufuhr von außen“ nicht durchführen, zumal die Wirkung der wirtschaftseigenen Dünger vor allem in Sommermonaten gering ist.

Der Tierbestand muß auf die landwirtschaftliche Nutzfläche abgestimmt sein. Eine zu starke Ausdehnung der Tierhaltung unter Zukauf von Futtermitteln bringt das Problem der sinnvollen Beseitigung der Abgänge der Tierhaltung und kann zur Belastung der Umwelt führen, sofern es nicht gelingt, diese Abgänge entweder schadlos zu beseitigen oder sie sinnvoll zu Düngezwecken außerhalb des Betriebes einzusetzen.

Normalerweise werden die tierischen Ausscheidungen als Nährstoffträger, besonders in Form des Stallmistes, zur Verbesserung des Humushaushaltes eingesetzt. Die Düngermenge kann hier dem Pflanzenbedarf angepaßt werden. Allerdings ist die Wirksamkeit der aus der Tierhaltung stammenden Dünger auch von der Mikroorganismenaktivität im Boden und damit vom Ablauf der Jahreswitterung abhängig. Eine gezielte Nährstoffzufuhr mit diesen Düngern ist daher unsicherer als mit den Mineraldüngern. Jauche sowie einstreuarmer Gülle können noch am ehesten im Hinblick auf ihre Stickstoff- und Kaliwirkung angepaßt werden.

Leider ist die Verteilung mit derzeitigen Geräten ungenau. Ernterückstände, vor allem aus dem Gemüse- und Hackfruchtbau, müssen in die Nährstoffbilanz einbezogen werden, desgleichen die Gründüngung. Allerdings ist das Gezeihen von Gründüngungspflanzen als zweite Frucht nach Getreide sehr von der Wassersituation abhängig. Eine sich schlecht entwickelnde Zweitfrucht wird keine größeren Nährstoffmengen aufnehmen und der Auswaschung oder Festlegung entziehen. Verwendet man zur Gründüngung Leguminosen, so wird zusätzlich Stickstoff aus der Luft gebunden und auch der Boden damit angereichert. Die dabei gebundene Stickstoffmenge kann 30–60 kg N/ha zusätzlich ausmachen. Jedoch können dann wiederum größere Stickstoffverluste durch Auswaschung auftreten (siehe 4.2.4).

Bei Leguminosen als Hauptfrucht können die Mengen an gebundenem Stickstoff ein Vielfaches davon erreichen. Gründüngung – das gleiche gilt auch für Futterpflanzen – hat einen günstigen Effekt auf die Bodeneigenschaften. Das trifft ebenfalls für Komposte zu, die aber im allgemeinen nur eine geringe Nährstoffwirkung haben, besonders wenn sie stark durchgerottet sind. Allerdings läßt sich durch sehr hohe Kompostgaben auch eine hohe Nährstoffzufuhr erreichen; für die Ausnutzung dieser Nährstoffe jedoch gilt das für den Stallmist Gesagte. Die Herstellung größerer Mengen wirtschaftseigener Komposte ist sehr aufwendig und mit Verlusten an Stickstoff und organischer Masse verbunden.

### 3.3 Düngerbedarf

Die Bemessung der Mineraldüngung richtet sich einerseits nach der jeweils angebauten Kulturart und dem zu erwartenden Ertrag, andererseits nach dem Nährstoffgehalt des Bodens sowie nach den mit Wirtschaftsdüngern, Ernterückständen oder Siedlungsabfällen ausgebrachten Nährstoffmengen. Zur Feststellung des Düngerbedarfes sind Bodenuntersuchungen, die nach anerkannten Analysemethoden (503) durchgeführt werden, ein wesentliches Orientierungsmittel.

Die Bodenuntersuchungsbefunde geben die z. Zt. der Probenahme vorgefundenen Nährstoffgehalte im Boden wieder. Alle 3 – 4 Jahre, spätestens nach Ablauf einer Fruchtfolge, sollte durch erneute Untersuchung die durch Düngung, Pflanzenentzug, Festlegung oder Auswaschung mögliche Veränderung des Nährstoffgehaltes neu überprüft und bei der weiteren Düngung berücksichtigt werden. In regelmäßigen Abständen sind der pH-Wert und die Gehalte von  $P_2O_5$  und  $K_2O$  und dort, wo ein Bedarf besteht, auch die an Mg zu bestimmen. Dies schließt nicht aus, daß bei Verdacht auf Mangel auch die Versorgung des Bodens an B, Cu, Mn und Na festgestellt wird, um vor allem bei gestiegenem Ertragsniveau durch gezielte Düngung hohe Erträge zu sichern.



Nach der Untersuchung werden, ausgehend von ermittelten Nährstoffgehalten im Boden, dem Landwirt, in Abhängigkeit von Ton- und Humusgehalt der Nutzflächen und den anzubauenden Kulturen, Düngungsempfehlungen gegeben. Die in Tabelle 5 (siehe Anhang) beispielhaft aufgeführten Düngungsempfehlungen für Acker- und Grünland gelten derzeit im Bereich der Landwirtschaftskammer Rheinland. Sie sind in Anlehnung an die vom Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten (VDLUFA) erarbeiteten Richtwerte zusammengestellt worden. In einigen Bundesländern bzw. Bereichen von landwirtschaftlichen Untersuchungs- und Forschungsanstalten haben ähnlichlautende, in anderen auf Grund andersartiger natürlicher und wirtschaftlicher Gegebenheiten zwar nach dem gleichen Rahmen aufgestellte, aber inhaltlich davon abweichende Düngungsempfehlungen Gültigkeit.

Während die Untersuchung der Böden auf  $P_2O_5$ ,  $K_2O$ ,  $CaO$  und  $Mg$  seit langem möglich ist, haben die Bemühungen zur Entwicklung von Methoden zur Bestimmung der Stickstoffvorräte in den Böden in den letzten Jahren zu Fortschritten geführt. Auf tiefgründigen Lössböden wurden nach der  $N_{min}$ -Methode befriedigende Düngungsempfehlungen erarbeitet. In vielen Untersuchungsstationen wird an der Weiterentwicklung dieser Methode gearbeitet (454).

#### 4. Umsetzung und Verfrachtung von Nährstoffen in die Gewässer unter besonderer Berücksichtigung der Düngung

Die aus Düngern stammenden Nährstoffe können in Abhängigkeit von vielerlei Einflußgrößen auf mehreren Wegen in die Gewässer transportiert werden, und zwar durch

- Auswaschung: Die Nährstoffe gelangen mit dem Sickerwasser in das Grundwasser und damit in oberirdische Gewässer und Grundwasserfassungen;
- Erosion: Durch Wasser bzw. Wind werden die Dünger mit festen Bodenmaterialien (einschließlich Streu) vom Oberboden oberflächlich ab- und in die oberirdischen Gewässer hineingetragen;
- Abschwemmung: Die Dünger werden in Form von Mineraldüngern, tierischen Ausscheidungen, Abfällen o. ä. oberflächlich in die Gewässer geschwemmt;
- direkten Eintrag: Durch belasteten Niederschlag, Windverfrachtung, Einfall von Streu bzw. Laub, tierische Ausscheidung von Exkrementen, Düngung von Fischteichen, u.a. gelangen Dünger direkt ins Gewässer (417).

Auch bodenbürtige Nährstoffe unterliegen der Auswaschung und Erosion.

##### 4.1 Umsetzung von Nährstoffen im Boden

Im Boden sind Mikroorganismen in großem Umfang an Umsetzungsprozessen und an der Erschließung der Nährstoffe beteiligt. Dies gilt nicht nur für die organischen Verbindungen, wie sie in Form von organischen Düngern in den Boden gelangen, sondern auch für die Nährstoffe aus den mineralischen Düngemitteln.

Von allen Nährstoffen wird der Stickstoff am stärksten in den bodenbiologischen Kreislauf einbezogen. Alle organischen Stickstoffverbindungen des Bodens werden durch mikrobielle Stoffumwandlungen in eine pflanzenaufnehmbare Form, d. h. in die Ammonium- ( $\text{NH}_4^+$ ) bzw. die Nitratform ( $\text{NO}_3^-$ ), überführt. Einige Organismen sind in der Lage, den elementaren, gasförmigen, atmosphärischen Stickstoff in körpereigenem Protein zu binden und ihn somit indirekt dem Bodenkreislauf zuzuführen; andererseits kann nach mikrobiellen Umsetzungen gasförmiger Stickstoff vom Boden in die Atmosphäre entweichen.

Das Nitrat entsteht bei der aeroben N-Mobilisierung durch Nitrifikation. Die als Nitrifikation (Bildung von  $\text{NO}_3^-$ ) und Denitrifikation (Bildung von  $\text{N}_2$ ) bekannten Vorgänge beeinflussen nachhaltig die Stickstoffform und -konzentration im Boden und Bodenwasser. Sofern das im Boden vorhandene Nitrat nicht von den Pflanzen aufgenommen wird, kann es bei Auftreten von Sickerwasser in tiefere Bodenschichten verlagert werden. Aufgrund der biologischen Aktivität der Mikroorganismen weist der Nitratgehalt des Bodens im Jahr zwei Maxima auf: Das erste in der Zeit April/Mai, wenn bei ausreichender Bodenfeuchte die Bodentemperatur ansteigt (bodenbiologische Frühjahrsaktivität), das zweite im September/Okttober, wenn nach der Ernte die Bodenfeuchte zunimmt und genügend Wurzel- und Ernterückstände zur Verfügung stehen (bodenbiologische Herbstaktivität). Während das freigesetzte  $\text{NO}_3^-$  aus der Frühjahrsaktivität im Ackerbau voll dem Pflanzenwachstum zugute kommen kann, ist das Nitrat aus der bodenbiologischen Herbstaktivität besonders auswaschungsgefährdet, weil es in der möglichen, oft auch vermeidbaren (Tabelle 16) Anbaulücke vor der winterlichen Versickerungsperiode gebildet wird.

Bei der Denitrifikation wird das Nitrat zu gasförmigem Stickstoff reduziert, der u.a. an die Atmosphäre abgegeben wird. Dieser Vorgang ist an anaerobe Bedingungen gebunden und kommt deshalb hauptsächlich in schlecht durchlüfteten Böden bei Vernässung und Dichtlagerung vor, es sind jedoch auch in tieferen Bodenschichten (1–5 m) Denitrifikationserscheinungen zu erwarten.

Ebenfalls am bodenbiologischen Kreislauf beteiligt sind Schwefel und Phosphor. Die Bedeutung der Mikroorganismenaktivität für den Phosphor liegt in erster Linie in der Fähigkeit, unlösliche Phosphorverbindungen in pflanzenverfügbare Formen zu überführen. Diese Umformung geschieht bei der mikrobiellen Zersetzung von Biomassen, bei der Phosphor vorübergehend in die Körpersubstanz der Mikroorganismen oder längerfristig beim Aufbau von Humusstoffen in diese eingebaut wird.

Die anderen Nährelemente sind zwar ebenfalls in den biologischen Kreislauf einbezogen, jedoch wird die Verfügbarkeit dieser Nährstoffe im Bodenwasser weitestgehend bestimmt durch die Art der Bindung an Austauschern des Bodens. Zeitlich bedingte Konzentrationsschwankungen dieser Nährstoffe im Bodenwasser sind vorzugsweise zurückzuführen auf Düngemaßnahmen, auf die Verwitterung von Mineralen, auf Austauschvorgänge und auf die Verdrängung alten Bodenwassers in tiefere Bodenschichten durch Neubildung von Bodenwasser.

##### 4.2 Auswaschung von Nährstoffen in die Gewässer durch die Wasserbewegung im Boden

Die Nährstoffwanderung im Boden ist abhängig von den chemisch-physikalischen Eigenschaften der Nährstoffe, von der Wasserbewegung im Boden und von den physikalischen, chemischen und biologischen Eigenschaften des Bodens. Als besonders wirksame Faktoren sind zu nennen die Bodenart, die Bodenstruktur, die Porengrößenverteilung, der Gehalt und die Art der Tonminerale und der organischen Substanz, pH-Wert, Redoxpotential, biologische Aktivitäten und der Grad der Durchwurzelung des Bodens.

Das Bodenwasser ist das Transportmittel für die Nährstoffe. Das in den Boden eindringende Niederschlagswasser verbleibt im Boden entweder als Haftwasser entgegen der Gravitation, oder es geht als Sickerwasser in das Grundwasser über. Zur Sickerwasserbildung kommt es, wenn dem Boden mehr Wasser zugeführt wird als er als Haftwasser festzuhalten vermag.

Als Einflußfaktoren der Mineralstoffauswaschungen sind zu nennen:

Jahresgang von Niederschlag, Verdunstung und Temperatur, Bewuchs (Art und Dauer), Bodenart, Durchlässigkeit des Bodens, Nährstoffvorrat im Boden, Mobilisierungs- und Festlegungsvermögen des Bodens (biologische Aktivität), Düngung (Zeitpunkt, Höhe, Düngerform).

#### 4.2.1 Sickerwasserbildung

Sickerwasserbildung und Mineralstoffverlagerung hängen im wesentlichen ab von:

- der klimatischen Wasserbilanz, d. h. von Menge und Verteilung der Niederschläge sowie vom Wasserverbrauch durch Evapotranspiration (Verdunstung von Boden und Pflanzen);
- Bodeneigenschaften, und zwar insbesondere solchen, die das Wasserhaltevermögen und die Durchlässigkeit betreffen, weiterhin vom Nährstoffgehalt;
- Mächtigkeit und Ausdehnung der Deckschichten;
- Geländemorphologie;
- pflanzenbaulichen Maßnahmen wie Bodenbedeckung, Kulturart, Höhe und zeitliche Aufteilung der Düngung.

Unter den mitteleuropäischen Klimaverhältnissen kann unter Bewuchs mit einer Sickerwassermenge von etwa 1/3 des mittleren Jahresniederschlags gerechnet werden; bei extrem leichten Sandböden steigt die Sickerwassermenge auf das Doppelte an. Da die Verdunstung von Boden und Pflanzen ein starkes sommerliches Maximum besitzt, weist der Sickerwasseranfall einen ausgeprägten Jahresgang auf; es entfallen etwa 1/3 auf das Sommerhalbjahr, 2/3 auf das Winterhalbjahr. Auf Schwarzbrache dagegen versickern etwa 60 % des Jahresniederschlags, wobei kaum Unterschiede zwischen Sommer- und Winterhalbjahr auftreten.

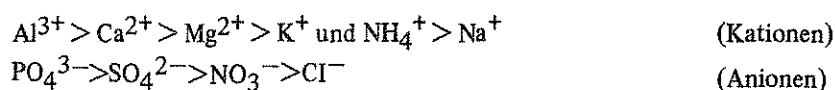
Als Folge unterschiedlichen Wasserspeichervermögens und erheblicher Unterschiede in der Permeabilität treten in Abhängigkeit von den verschiedenen Bodenarten unterschiedliche Sickerwassermengen auf, die jedoch starken Schwankungen in Abhängigkeit von der klimatischen Wasserbilanz unterworfen sind. Die in langjährigen Lysimeterversuchen in Abhängigkeit von der Bodenart festgestellten, unterschiedlichen Sickerwassermengen bei gleichen Standortbedingungen sind in Tabelle 13 (siehe Anhang) dargestellt. Diese Werte stellen lediglich Anhaltswerte dar, da Lysimeter häufig überhöhte Resultate liefern. Realistische Resultate sind aus den flächenbezogenen Untersuchungen an Wassereinzugsgebieten zu erwarten (420, 452). Auch pflanzenbauliche Maßnahmen wie Art und Dauer des Bewuchses sowie der Einsatz der Produktionsmittel Dünger und Wasser beeinflussen die Sickerwasserbildung. Anhaltswerte werden in Tabelle 14 (siehe Anhang) wiedergegeben.

Die Daten der Tabellen 13 und 14 stellen beispielhaft einige Untersuchungsergebnisse dar. Diese Ergebnisse dürfen nicht verallgemeinert werden oder gar als Grundlage für die Berechnung von Auswaschungsverlusten dienen, da sie regionale, standortspezifische Charakteristika beinhalten.

Mit lange anhaltender Bodenbedeckung (Hauptfrucht mit Zwischenfrucht) sinkt die Sickerwassermenge, da die Pflanzen mehr Wasser verbrauchen. Den gleichen Einfluß bewirkt der Einsatz von Düngemitteln, und mit Einschränkung auch das Beregnungswasser, da diese Produktionsmittel das Pflanzenwachstum fördern und somit ein höherer Verbrauch und eine bessere Ausnutzung des Bodenwassers durch die Kulturpflanzenbestände erreicht wird.

#### 4.2.2 Mobilität der Nährstoffe im Boden

Beim Transport mit dem Sickerwasserstrom liegen die Nährstoffe in gelöster Form vor. In dieser Form können sie beim Bodendurchfluß an Ton- und Humusteilchen des Bodens gebunden werden. Daher ist die Nährstoffauswaschung vom Sorptionsvermögen des Bodens abhängig. Die Bindung von Nährstoffen erfolgt an Tonmineralen und Humusstoffen, sog. Austauschern. Die Anlagerung von Nährstoffen an die Austauscher ist z. T. kaum reversibel (z. B. bei Phosphat, manchen Schwermetallen), z. T. voll reversibel (z. B. bei Alkali- und Erdalkalitionen); d. h. bereits an Austauschern angelagerte Nährstoffe können wieder in das Bodenwasser als gelöste Nährstoffe überführt werden und umgekehrt. Je mehr Tonminerale und Humusstoffe in einem Boden enthalten sind, desto mehr Nährstoffe vermag der Boden zu binden, sie dadurch dem Bodenwasser zu entziehen, die Auswaschung zunächst oder vollkommen zu verhindern und sie den Pflanzen später wieder zur Verfügung zu stellen. Allgemein ist die Mobilität von Nährstoffen (und Schadstoffen) abhängig vom pH-Wert des Bodens. Nicht alle Ionen werden mit derselben Intensität an die Bodenaustauscher sorbiert. Vielmehr bestehen in Abhängigkeit von den Ioneneigenschaften abnehmende Reihen bezüglich der Haftfestigkeit, wobei jedoch  $K^+$  und  $NH_4^+$  bevorzugt gebunden werden können (in Böden mit hohen Tonmineralgehalten).



Die Mobilität einiger Nährstoffe (Nitrat, Sulfat) wird zusätzlich beeinflusst durch den bodenbiologischen Kreislauf. Die ökologisch wichtigen Nährstoffe N und P werden vorzugsweise in anionischer Form angeboten bzw. zu solchen im Boden transformiert. Die Anion-Sorption der Böden ist schwach. Für die P-Bindung gelten weniger Aus- und Umtauschvorgänge als vielmehr eine P-Fällung zu schwerlöslichen Phosphaten. Die Fällungspartner sind Ca-, Fe-, Al-Ionen in der Bodenlösung. Da diese in organogenen Böden weitestgehend fehlen, ist die P-Auswaschungsrate nur in Mineralböden sehr gering.

### 4.2.3 Nährstoffentzüge durch landwirtschaftliche Kulturen

Die Pflanzen decken ihren Nährstoffbedarf aus den verfügbaren Bodennährstoffen. Dadurch wird dem Boden ein Teil der in ihm enthaltenen Nährstoffe entzogen. Bei dem in Deutschland herrschenden Produktionsniveau würde der Boden langfristig an Nährstoffen verarmen, wenn nicht durch organische bzw. mineralische Düngung jedes Jahr erneut Nährstoffe zugeführt würden. Die Tabelle 15 (siehe Anhang) gibt einen Überblick über den Nährstoffentzug verschiedener Kulturarten, bezogen auf 10 dt/ha bzw. 100 dt/ha Erntegut. Hieraus läßt sich der Nährstoffbedarf entsprechend den Ertragsersparungen ableiten, oder umgekehrt, der Nährstoffentzug bei gegebener Ertragsleistung in etwa abschätzen.

Die außerordentlich große Schwankungsbreite der Nährstoffentzüge basiert vor allem auf der Streubreite der Ernteergebnisse, ist also von vielerlei Variablen abhängig (Standortfaktoren). Es läßt sich feststellen, daß entsprechend der unterschiedlichen Massenproduktion und unterschiedlicher Ansprüche der Kulturpflanzen auch die Ansprüche dieser Kulturen an die Nährstoffversorgung unterschiedlich sind. Hieraus erklärt sich auch die kulturartenspezifische Düngungshöhe, wobei allerdings noch der Boden hinsichtlich Nährstoffgehalt, Transformations- und Nachlieferungsvermögen Berücksichtigung finden muß.

### 4.2.4 Nährstoffauswaschung

Eine Verlagerung von Nährstoffen mit dem Bodenwasser in tiefere Bodenschichten ist nicht gleichzusetzen mit einer Auswaschung der Nährstoffe in das Grundwasser. Auf tiefgründigen Böden mit einem großen Flurabstand zum Grundwasser werden Nährstoffe häufig in tiefere Bodenschichten verlagert, jedoch können sie von den landwirtschaftlichen Kulturpflanzen aus diesen Bodenschichten im Laufe der Vegetationsperiode noch erreicht und genutzt werden. Unter der Auswaschung von Nährstoffen wird der Anteil der verlagerten Nährstoffe verstanden, der bis in das Grundwasser gelangt. Aufgrund der besonderen wasserwirtschaftlichen Relevanz wird im folgenden nur die Auswaschung von Stickstoff und Phosphat besprochen, obwohl auch die anderen Stoffe (z. B.  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ) eine gewisse Rolle spielen können.

#### a) Stickstoffauswaschung

Der Anteil des mineralischen Düngerstickstoffes, der durch Auswaschung verlorengeht, reicht von geringen Mengen bis zu nennenswerten Verlusten, die durch eine Reihe von Faktoren bestimmt werden (Tabelle 16).

**Tabelle 16:** Beeinflussung der Sickerverluste an Düngerstickstoff durch verschiedene Faktoren (nach 416, verändert und ergänzt)

| Faktor                      | Es sind zu erwarten   |  |
|-----------------------------|---|--|
|                             | Geringe N-Sickerverluste  | Höhere N-Sickerverluste  |
| Kultur                      | Wüchsiger Bestand<br>Düngung zum wachsenden Bestand<br>Grünland und andere mehrjährige<br>Futterpflanzenbestände sowie<br>Zwischenfruchtbau | Schwachwüchsiger Bestand oder Brache<br>Düngung (Gesamtgabe) zur Saat<br>Ackerland |
| Boden                       | Ton-, Leimboden<br>geringe Durchlässigkeit<br>hoher Humusgehalt<br>hohe Feldkapazität   | Sandboden<br>hohe Durchlässigkeit<br>geringer Humusgehalt<br>geringe Feldkapazität |
| Termin der N-Gabe           | Zu Beginn der Hauptwachstumsperiode<br>oder<br>während intensiven Wachstums   | zum Ende<br>oder<br>außerhalb des Wachstums (Herbst, Winter)                       |
| Höhe der N-Gabe             | Empfohlene Menge oder weniger   | Mehr als empfohlene Menge  |
| Klimatische<br>Wasserbilanz | Wenig Sickerwasser  | Viel Sickerwasser  |

Der Stickstoffvorrat des landwirtschaftlich genutzten Oberbodens (Ackerkrume) beträgt 900 bis 9 000 kg N/ha, durchschnittlich werden jährlich 40 bis 100 (maximal 200) kg N/ha mineralisiert. In Niedermoorböden kann dagegen der Stickstoffvorrat bis zu 20 000 kg N/ha in den oberen 20 cm Bodentiefe betragen. Davon können jährlich bis zu 1 000 kg N/ha mineralisiert werden. Die Landwirtschaft kann gezielt einwirken auf die Höhe der Stickstoffauswaschung durch

- Wahl der Fruchtarten
- Höhe und Art der mineralischen Düngung
- Höhe und Art der organischen Düngung.

Art, Dauer und Dichte des Bewuchses üben einen unmittelbaren Einfluß auf die Stickstoffauswaschung aus, weil die größten Verluste in der vegetationslosen Zeit auftreten können und hier zwei Faktoren mit negativen Auswirkungen zusammenfallen: Die im Boden in verfügbarer Form vorliegenden Nährstoffe werden nicht von den Pflan-

zen ausgenutzt; dies fällt mit der Phase der größten Sickerwasserbildung zusammen und kann somit zu großen Stickstoffverlusten (Herbstaktivität der Mikroorganismen) führen. Bei Hauptfruchtbau ohne Zwischenfrüchtenimmt bei sonst gleichen Bedingungen die N-Auswaschung in folgender Rangfolge ab:

Reben oder Obstkulturen ohne Unterkulturen >  
Kartoffeln > Zuckerrüben > Getreide > Grünland.

Bei Anbau von Leguminosenhauptfrüchten ist mit stärkeren Stickstoffauswaschungsraten zu rechnen, da eine bakterielle Stickstoff-Freisetzung aus den Wurzelrückständen in die Anbaulücke für Nutzpflanzen fällt, in der ein verhältnismäßig geringer N-Bedarf besteht. Durch Zwischenfruchtbau kann die Anbaulücke verkürzt bzw. ganz geschlossen werden. Die Zwischenfrüchte benötigen zum Wachstum ebenfalls Wasser und Nährstoffe, und das in einer Zeit, die in die mikrobiologische Herbstaktivität im Boden fällt.

Langfristig besteht zwischen der Höhe der N-Düngung und der Höhe der N-Auswaschung ein direkter Zusammenhang, der an folgender Prinzipskizze erläutert werden soll (Abb. 1).

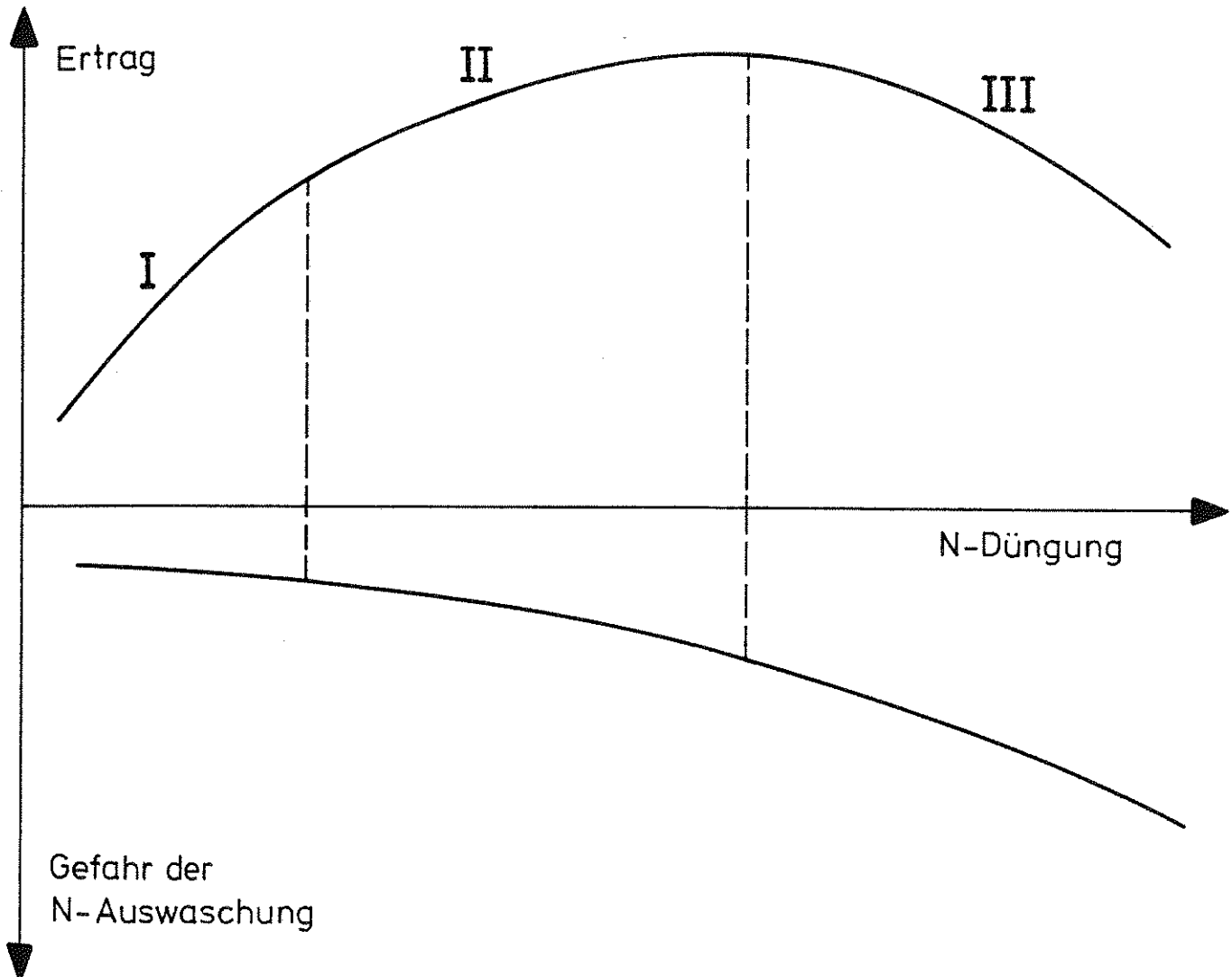


Abb. 1: Schematische Darstellung der Auswirkungen steigender N-Düngung auf Ertrag und Gefahr der N-Auswaschung

Steigende Stickstoffdüngung führt zunächst zu intensiven Ertragssteigerungen (Phase I), der Ertragszuwachs wird bei weiterer Steigerung der N-Düngung jedoch immer geringer (Phase II) und schlägt nach Erreichen des Ertrags- und Qualitätsmaximums um in ein Absinken des ökonomisch verwertbaren Ertrages (Phase III). Dies kann hervorgerufen werden durch das Auftreten von Lagergetreide, Qualitätsverschlechterung u.a.

Die Gefahr einer Stickstoffauswaschung nimmt mit steigender N-Düngung zu. In der Phase I wird der Düngestickstoff weitestgehend von den Pflanzen aufgenommen, die Auswaschungsraten sind gering. Die Stickstoffauswaschung kann in Phase II deutlich ansteigen, wenn die Pflanzen nicht den gesamten Düngestickstoff aufnehmen können. Das durchschnittliche Düngungsniveau der deutschen Landwirtschaft liegt im Bereich der 1. Hälfte der Phase II; dies wird durch jährliche, regional angelegte Stickstoffsteigerungsversuche (z. B. im amtlichen landwirtschaftlichen Versuchswesen) belegt. Am Ende der Phase II würde bereits eine Überversorgung mit Stickstoff bestehen, die die

Pflanzen zum Luxuskonsum führt. Darüber hinaus gesteigerte Stickstoffdüngung führt zu überproportionalen Auswaschungsverlusten. Solche Fälle treten auf bei sehr hoher Stickstoffdüngung und ungünstigen Bodenverhältnissen sowie bei unsachgemäßer Anwendung von Siedlungsabfällen und Flüssigmist in Verbindung mit mineralischer Stickstoffdüngung.

Die organische Düngung wirkt – bei sachgemäßer Anwendung – als indirekter Faktor, indem sie zur Erhaltung und Steigerung der Bodenproduktion und Bodenfruchtbarkeit beiträgt, dadurch die Mikroorganismenaktivität fördert und die Mineralisation anregt.

In Düngungsversuchen, die in der Bundesrepublik Deutschland mit markiertem Stickstoff und Phosphor durchgeführt wurden, waren im Sickerwasser, das im Verlaufe der ersten 12 Monate nach der Düngerverabreichung in 1 m Tiefe aufgefangen wurde, beim Stickstoff zumeist zwischen 1 % und 5 % und beim Phosphor stets weniger als 1 % des verabreichten markierten Düngers wiederzufinden (407, 430, 433, 440). Eine repräsentative Aufstellung über den Verbleib des N-Düngers läßt sich für westeuropäische Verhältnisse folgendermaßen vornehmen (Tabelle 17):

Tabelle 17: Verbleib des verabreichten mineralischen Stickstoff-Düngers (nach 416, verändert)

| Entzug/Verlust an Stickstoff in % der Düngergabe  | Ø   | Schwankungsbereich |
|---|-----|--------------------|
| • Ernte im Jahr der Anwendung   | 60  | 25 – 70            |
| • Auswaschung im Jahr der Anwendung   | 5   | 0 – 60             |
| • Aufnahme in die org. Substanz des Bodens und nachfolgende Mineralisation, wobei weitere Auswaschungsverluste auftreten können | 15  | 0 – 40             |
| • gasförmige Verluste   | 5   | 0 – 50             |
| • Denitrifikation   | 15  | 0 – 40             |
|   | 100 |                    |

#### b) Phosphatauswaschung

In der Ackerkrume, 0 bis 20 cm, enthalten Mineralböden insgesamt durchschnittlich je ha ca. zwischen 300 und 3 000 kgP (414), entsprechend zwischen 700 und 7 000 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

Vom Gesamtphosphat im Boden liegen vor:

- 40 – 80% in mineralisch schwerlöslicher
- 25 – 65% in organisch gebundener und
- 10 – 30% in mobiler, pflanzenverfügbarer Form.

Aber auch die mobile Form gibt nur einen geringen Teil in wasserlöslicher Form ab.

Die Ausnutzung der Düngerphosphate, d. h. derjenige Anteil des Düngerphosphats, der von den Pflanzen aufgenommen wird, hängt von einer Reihe von Faktoren ab, unter denen die Bodeneigenschaften sowie Art, Anwendungsweise und -zeitpunkt des P-Düngers bedeutsam sind.

Eine Bilanzierung des Phosphors in der Bundesrepublik Deutschland einschließlich Berlin (West) hat ergeben, daß dem Boden etwa doppelt soviel Phosphor pro Jahr zugeführt wird, wie ihm entzogen wird. Dies ergibt eine mittlere Ausnutzung des insgesamt aus Handels- und Wirtschaftsdünger zugeführten Phosphors von ca. 50 % (417).

Aus der Bilanz geht weiter hervor, daß es für den P-Entzug durch die landwirtschaftlichen Kulturpflanzen einer Minereraldüngung bedarf, die im Durchschnitt der Bundesrepublik Deutschland um den Faktor 1,3 höher liegt als der Entzug. Dies liegt daran, daß ein wesentlicher Teil des Phosphat im Kreislauf Boden – Pflanze – Tier – Boden verbleibt und somit den Pflanzen direkt wieder zugeführt wird. Hiervon entstammt wiederum ein größerer Anteil der Minereraldüngung früherer Jahre, so daß die langfristige Gesamtausnutzung des Mineraldünger-P vermutlich höher ist als der oben genannte Wert von 50 % (417). Im übrigen ist die Phosphatdüngung nach standortspezifischen Ansprüchen durchzuführen (Tabelle 5).

Das zugeführte Phosphat wird im Gegensatz zum Stickstoff über einen längeren Zeitraum und dann in der Regel nicht voll ausgenutzt, da die leicht löslichen Phosphate der Düngemittel im Laufe der Zeit durch Fällung (Ca-, Fe-, Al-Ionen) in nicht lösliche und nicht verfügbare Phosphate umgewandelt werden.

Mit steigender Phosphat-Anreicherung der Böden wird diese Verfügbarkeitsbeschränkung immer geringer, und damit steigt die Ausnutzung an. Dies beruht darauf, daß sich die Pflanze bei besserer Phosphat-Versorgung des Bodens einerseits immer stärker aus den im Vergleich zum natürlichen Vorrat leichter verfügbaren Dünger-Phosphaten versorgt, und daß sie andererseits bei gut versorgter Krume weniger Phosphat aus den Schichten unterhalb der Krume zu entnehmen genötigt ist, in die kaum Dünger-Phosphat gelangt. Erst dann, wenn die Phosphat-Aufnahme nicht mehr durch die Menge an verfügbarem Phosphat im Boden begrenzt ist, nimmt die Ausnutzung weiterer Phosphat-Gaben wieder ab (417).

P-Konzentrationen in Sickerwässern liegen im Mittel zwischen 0,01 und 0,1 mg P/l (entspr. 0,023 und 0,23 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/l). Sie hängen u. a. von der Bindungsfähigkeit des Bodens für Phosphat, der Wasserdurchlässigkeit, der Dicke der Bodendecke, dem Phosphat-Status und dem saison- und kulturartenabhängigen Phosphat-Bedarf der Vegetation ab. So treten höhere Werte vor allem bei schwach bindigen und/oder sehr durchlässigen sauren Böden (Sand-

Hochmoor-, stark gelockerte Böden) und bei höherem Phosphat-Sättigungsgrad des Bodens auf. Auf den meisten ackerbaulich genutzten Böden tritt die Hauptsickerwassermenge und damit die Phosphat-Auswaschung in der vegetationsfreien Zeit, und zwar besonders im ausgehenden Winter auf, wenn sie wassergesättigt sind. Während der Vegetationsperiode ist dagegen die Phosphat-Auswaschung durch die Phosphat-Aufnahme der Pflanze und die hohe Evapotranspiration (kaum Sickerwasser) sehr gering. Geringer ist sie auch bei Grünlandnutzung (417).

Bei tiefgründigen und bindungsstarken Böden wird die Phosphat-Konzentration des Sickerwassers von der Phosphat-Düngung nicht meßbar beeinflusst. Bei ca. 100 – 400 mm Sickerwasser pro Jahr entsprechen die oben genannten Phosphat-Konzentrationen einer Auswaschung von 0,01 – 0,4 kg P/ha (entsprechend 0,023 – 0,916 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha)(417).

Neue Untersuchungen an Dränabflüssen haben ergeben, daß auch auf schweren, bindigen Böden bei 400 mm Winterabflüssen mit Phosphat-Verlusten in Höhe von etwa 4 kg P/ha und Jahr gerechnet werden muß; jedoch gelangen diese Phosphatmengen nicht in tiefer liegendes Grundwasser. Höher liegen die Phosphat-Auswaschungsraten jedoch aus sauren Hochmoorböden (421): Bei Ackernutzung dieser Böden wurden bis zu 15 kg P/ha und Jahr (entsprechend 34,4 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha und Jahr), bei Grünlandnutzung bis zu 5 kg P/ha und Jahr (entsprechend 11,5 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha und Jahr) gemessen.

Die Phosphat-Auswaschung ist also in erster Linie abhängig von den in Tabelle 18 genannten Kriterien.

**Tabelle 18:** Wichtigste Kriterien, die zur Phosphat-Auswaschung beitragen (457)

| Faktoren   | Die P-Auswaschung fördernde Wirkung   |
|--|---|
| $k_f$ der Filterstrecke<br>$n_{FK}$ der Filterstrecke<br>Länge der Filterstrecke<br>(Abstand Bodenoberfläche<br>– Grundwasseroberfläche) | $> 1,0$ m/Tag<br>gering<br>$< 2,0$ m  |
| Sorbentien   |   |
| Fe-, Al- oder Ca-Ionen   | Fehlen bzw. sehr geringer Gehalt und/oder Blockierung der P-Sorption durch Chelate                        |
| Niedrige bis negative Redox-Werte  | Fehlen bzw. sehr geringe Gehalte, daher kaum Neubildung schwer- bzw. unlöslicher pedogener P-Verbindungen |
| Leicht lösliche P-Mineraldünger  | Unterbindung von Fällungsreaktionen   |
| P-reiche, leicht zersetzliche org. Dünger  | Unter den obengenannten Bedingungen<br>Verlagerung mit dem Sickerwasser bis zum Grundwasser möglich       |

Generell kann festgestellt werden, daß Phosphat normalerweise nur in geringen Mengen ausgewaschen wird (weniger als 1 kg P/ha jährlich); in sehr seltenen Fällen können Verluste bis zu 2 kg P/ha (entsprechend 4,58 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha) möglich sein. Solche besonderen Bedingungen können auf sehr sauren, sandigen Böden, auf Moorböden und anderen Böden, z. B. mit Staunässe (433), oder nach überhöhten Gülle- oder Klärschlammgaben vorliegen.

#### 4.3 Verlagerung von Nährstoffen in die Gewässer durch Oberflächenabfluß (Erosion, Abschwemmung)

Der Oberflächenabfluß von Natur- und Kulturböden enthält Stoffe in Suspensions- und Lösungsfracht. Sie können vernachlässigbar gering sein oder, als Folge von Schicht- und Grabenerosion, zu erheblichen Boden- und Nährstoffverlusten führen. Der Nährstofftransport durch Wassererosion ist nicht selektiv hinsichtlich der Bindungsform der Nährstoffe, d. h. es werden Nährstoffe gelöst, sorptiv gebunden bzw. in anorganischen und organischen Verbindungen transportiert. Allerdings ist der Nährstofftransport durch Wassererosion insofern selektiv, als organische Substanz und die nährstoffreichen Feinpartikel der Erosion bevorzugt unterliegen. Als Ursache der Wassererosion gelten das Aufschlagen von Regentropfen auf den Boden (Spritzwirkung) und die Transportkraft des Wassers, die zusammen eine Ablösung und anschließend den Transport von Partikeln aus dem Bodenverband hangabwärts bewirken. Die Erosionsgefahr ist besonders groß bei hoher Niederschlagsintensität auf von Vegetation entblößten Flächen in hängigem Gelände. Das Erosionsausmaß ist abhängig von der Regenhöhe und -dichte, vom Verlauf der Schneeschmelze, von den Bodeneigenschaften und von der Neigung, Länge und Form des Hanges, von der Bodenbearbeitung und dem Bewuchs.

Neben der Wassererosion spielt für die Nährstoffverlagerung in die Oberflächengewässer auch die Winderosion eine Rolle, wenn auch in weitaus geringerem Maße. Bei der Winderosion werden Bodenpartikel durch hohen Winddruck aus ihrem Verband gerissen und fortbewegt. Besonders gefährdet sind nichtbindige, feinsandige und leicht austrocknende Böden auf ebenen, ungeschützten Flächen.

Die Höhe der Nährstoffverlagerung durch Erosion ist abhängig von der Höhe des jährlichen Bodenabtrages und dem Nährstoffgehalt des Bodens. Es steht außer Frage, daß durch Erosion zwar auch Stickstoff in die Oberflächengewässer gelangt, jedoch ist diese N-Menge geringer als die, die durch Auswaschung die Gewässer erreicht. Bei durchschnittlichen Gesamt-N-Gehalten von 0,03 – 0,3% N im Boden und einem Bodenabtrag von 1 bis 30 t/ha·a

schwankt die N-Verlagerung durch Erosion in die Gewässer zwischen 0,3 kg N/ha·a und 90 kg N/ha·a. In der Regel liegen die Stickstoffverluste durch Oberflächenabfluß unter 20 kg N/ha·a, jedoch können auch größere Stofffrachten, insbesondere beim Weinbau, stattfinden.

Eine größere Bedeutung ist der Verlagerung von Phosphat durch Oberflächenabfluß zuzuschreiben. Da die Oberböden zuerst erodieren und diese phosphatreicher sind, werden hierbei auch große Mengen Phosphat verlagert. Das zunächst gleichmäßig verteilte Dünger-Phosphat wird daher umverteilt: Steilere Stellen des Hanges verarmen an Phosphat, während an flacheren Stellen und in Mulden phosphatreichere Böden entstehen.

Die Mengen abgetragenen Phosphats variieren je nach Hanglänge und -neigung (Erosion ab etwa 1 – 2% Gefälle), Zahl und Intensität erosionswirksamer Niederschläge, Bodeneigenschaften, Bewirtschaftungssystemen und Kulturpflanzenarten in sehr weiten Grenzen. Der Bereich des Bodenabtrages liegt etwa zwischen 1 und 30 t/ha·a. Bei 800 mg P/kg (entsprechend 1832 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/kg) im ungedüngten Oberboden ergibt dies einen P-Abtrag von 0,8 bis 24 kg P/ha·a (entsprechend 1,83 bis 54,9 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha·a), der im Erosionsbereich des Hanges z.T. durch Düngung ergänzt werden muß (417).

Die Tatsache, daß die aus Gewässeranalysen ermittelten P-Abträge meist wesentlich tiefer liegen (einige Zehntel kg P/ha·a), zeigt bereits, daß nur ein kleiner Teil des abgetragenen Bodenmaterials in die Gewässer gelangt. Weiterhin bewiesen wird dies durch die P-reichen Böden an den Hangfüßen und in den Mulden.

Der Phosphat-Anteil, der durch Erosion in die Gewässer gelangt, ist daher zwar in bezug auf den Gesamt-Dünger-Aufwand der Bundesrepublik Deutschland sehr gering, jedoch kann er bezogen auf den Gesamt-P-Eintrag in ein Gewässer, in weitgehend unbesiedelten, aber landwirtschaftlich genutzten Gebieten beträchtlich sein.

Der Phosphateintrag in die Oberflächengewässer durch Erosion erfolgt nahezu ausschließlich von solchen ackerbaulich genutzten Flächen, die im hängigen Gelände liegen. In der norddeutschen Tiefebene und in anderen ebenen Gebieten hat die Wassererosion nur geringe Bedeutung. Dagegen kann die Winderosion beachtliche Ausmaße annehmen. Eine Abschätzung des Phosphateintrages in die Gewässer durch Erosion auf der Basis der unterschiedlichen Erosionsgefährdung wird in der „Phosphatstudie“ der Fachgruppe Wasserchemie (417) durchgeführt. Die Abhängigkeit der Gewässerbelastung von der Intensität der Bodenerosion unterstreicht die Notwendigkeit der Erosionsbekämpfung in Gebieten, wo solche Gewässerbelastungen auftreten können.

Eine unmittelbare Beeinflussung der Gewässer kann vor allem dann auftreten, wenn Dünger jeder Art auf schneebedeckte Flächen, gefrorene Böden oder unmittelbar vor Starkregen, insbesondere im hängigen Gelände, ausgebracht wird. Darüber hinaus können vor allem auf Grünland je nach den morphologischen Verhältnissen und je nach der Bewirtschaftung (Standweiden mit Trittsverdichtungen) Abschwemmungen insbesondere von Tierexkrementen und verabfolgtem Dünger auftreten.



## 5. Auswirkungen der Dünger auf die Gewässer und ihre Nutzungen

### 5.1 Grundsätzliche Feststellungen

Die in Abschnitt 1. aufgeführten Dünger können im Rahmen der landwirtschaftlichen Anwendung in der Form des Düngers oder als Reaktions- oder Abbauprodukte in die Gewässer gelangen. Von ihnen können alle Gewässer – Grundwasser, stehende und fließende Oberflächengewässer – belastet werden. Diese sind z. T. als „wassergefährdende Stoffe“ im Sinne des WHG zu behandeln. Insoweit sind die Schutzbestimmungen des Wasserhaushaltsgesetzes (106) anzuwenden.

Zur Belastung durch Dünger allgemein sollen hier die Zufuhr von Erosionsprodukten als Folge von Bodenabtrag landwirtschaftlich genutzter Flächen sowie die Exkremente landwirtschaftlicher Nutztiere bei intensiver Weidewirtschaft gezählt werden.

Gewässer können durch verschiedene Stoffe aus landwirtschaftlichen Betriebssystemen und Düngern beeinflusst werden:

- unmittelbarer Nährstoffeintrag in Gewässer (z. B. anorganische und organische Stickstoff- und Phosphorverbindungen)
- Belastung der Gewässer mit anderen anorganischen Substanzen (z. B. Schwermetalle wie Blei, Cadmium; Salze wie Chloride)
- Belastung der Gewässer mit anderen organischen Substanzen (z. B. pflanzliche, tierische und gewerbliche Reststoffe)
- Belastung der Gewässer mit seuchenhygienisch bedenklichen Organismen (z. B. Bakterien, Viren, Pilze) und Wurmeiern

Sekundärwirkungen verschiedener Art können aus der genannten direkten Beeinflussung eintreten.

### 5.2 Auswirkungen auf das Grundwasser

Die wasserlöslichen Anteile der Dünger können in das Grundwasser gelangen, soweit sie nicht von den Pflanzen aufgenommen oder in den durchsickerten Bodenschichten fixiert oder umgewandelt werden. Besonders leicht passieren die Nitrationen sowie die Natrium-, Chlorid- und Sulfationen den Boden. Demgegenüber werden Phosphationen schon in den obersten Schichten chemisch oder sorptiv weitgehend festgelegt und gelangen nur in sehr geringen Mengen in das Grundwasser. Festlegungsprozessen unterliegen auch zahlreiche weitere anorganische Schadstoffe, z. B. Schwermetalle, und organische Substanzen, z. B. Reststoffe pflanzlicher, tierischer oder menschlicher Herkunft. Besondere Beachtung verdient die Frage der Remobilisierung der festgelegten Substanzen durch die im Boden ablaufenden chemischen und biologischen Vorgänge. Eine mögliche Belastung des Grundwassers mit seuchenhygienisch bedenklichen Mikroorganismen hängt von zahlreichen Vorgängen auf dem Sicker- und Fließweg ab; aufgrund praktischer Erfahrungen kann erwartet werden, daß nach einer Verweildauer im Boden von 50 Tagen das Wasser seuchenhygienisch unbedenklich ist (315).

Eine wesentliche Rolle bei der Belastung des Grundwassers spielen die anorganischen Stickstoffverbindungen. Die relativ immobil organischen Stickstoffverbindungen und die Ammoniumionen werden im Boden durch mikrobielle Oxidation größtenteils über Nitrit ( $\text{NO}_2^-$ ) zu Nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) umgewandelt (401). Dies kann unter ungünstigen Bedingungen zu einer unerwünschten Verringerung des Sauerstoffgehaltes in Bodenluft, Bodenwasser und Grundwasser führen.

Eisen- und Manganverbindungen können dann in einem derart sauerstoffarmen Milieu in Lösung gehen. Bei erneutem Sauerstoffzutritt kann es unter Mitwirkung von Eisen- und Manganbakterien zur oxidativen Ausfällung von Eisen und Mangan kommen (Verockerung der Brunnen) (314). Durch beide Vorgänge werden Trinkwassergewinnung und -aufbereitung gestört (422).

Ein hoher Nitratgehalt im Trinkwasser ist als toxisch anzusehen; das in Gegenwart nitratreduzierender Bakterien u. a. im menschlichen Darm entstehende Nitrit kann bei Säuglingen zu lebensbedrohender Vergiftung führen, der Methämoglobinämie oder Blausucht (439). Nach den bisherigen Erfahrungen wird bei Einhaltung eines Maximalwertes von 50 mg  $\text{NO}_3^-/1$  das Risiko für die Säuglingsmethämoglobinämie auf ein vertretbares Maß herabgesetzt. Nitrit kann zur Bildung karzinogener N-Nitroso-Verbindungen führen. Außerdem können bestimmte Stickstoffverbindungen (z. B.  $\text{NH}_4^+$ ) zu Störungen bei der Aufbereitung und Desinfektion von Trinkwasser führen.

Bei Düngung mit Siedlungsabfällen kann durch Überlastung des Bodens mit Spurennährelementen, Schwermetallen und anderen toxischen, organischen und anorganischen Substanzen das Grundwasser belastet und in seiner Nutzungsmöglichkeit beeinträchtigt werden.

Die Beweglichkeit der Spurenelemente und toxischer Substanzen hängt zum größten Teil von ihrem gelösten Anteil im Bodenwasser ab. Im wesentlichen beeinflussen zwei Prozesse die Konzentrationsverhältnisse zwischen flüssiger und fester Phase im Boden:

- Durch Adsorption an Tonminerale und organische Substanzen werden Ionen und Moleküle festgehalten.
- Durch Ausfällung können Spurenelemente und organische Substanzen festgelegt werden. Diese Prozesse werden in erster Linie bestimmt durch den pH-Wert im Bodenwasser. Mit steigendem pH-Wert nimmt in der Regel die Ausfällung der Schwermetallionen zu.

Die im Bodenwasser gelösten Schwermetalle, z. B. Kupfer, Cadmium und Blei, sind im allgemeinen in geringem Maße verlagerbar (412). Ihre Auswaschung in das Grundwasser ist allerdings bei hohem Grundwasserstand in Böden mit geringer Austauschkapazität (niedriger Tongehalt, geringer Gehalt an organischer Substanz) und niedrigem pH-Wert zu befürchten.

Die organischen Substanzen der Dünger können den Sauerstoffhaushalt von Boden und Wasser belasten und Geruchs- und Geschmacksbeeinträchtigungen verursachen. Bakterien, Pilze, Viren sowie Sporen können in seuchenhygienisch nicht einwandfreien organischen Düngemitteln auftreten und eine Gefährdung des geförderten Grundwassers bei seiner Nutzung für Mensch und Tier darstellen.

### 5.3 Auswirkungen auf oberirdische Gewässer

Dünger, die in oberirdische Gewässer gelangen, können dort unter bestimmten meteorologischen, hydrologischen und topographischen Bedingungen eine fördernde Wirkung auf das Pflanzenwachstum ausüben (Eutrophierung). Ein verstärktes Pflanzenwachstum in den Gewässern ist jedoch wegen der dadurch eingeschränkten Nutzungsmöglichkeiten des Wassers und Gewässers unerwünscht.

Die Eutrophierung, d. h. die nährstoffbedingte Intensivierung der Pflanzenproduktion in Gewässern, äußert sich in stehenden und langsam fließenden Gewässern überwiegend in Massentwicklungen von Planktonalgen, in schnell fließenden Gewässern in verstärkter Verkräutung durch Benthialgen, Wassermoose und höhere Wasserpflanzen (413). Für die autotrophe Produktion, d. h. für den Aufbau organischer Substanzen aus anorganischen Verbindungen, sind neben Licht (Photosynthese) und bestimmten Spurenelementen vor allem die Nährstoffe Phosphor und Stickstoff erforderlich. Beide Nährstoffe sind hinsichtlich ihrer Bedeutung für die Primärproduktion gleichberechtigt zu sehen, da jeder Nährstoff für sich das Pflanzenwachstum fördern kann; jedoch wird der Umfang der pflanzlichen Bioproduktion durch die Menge sämtlicher Nährstoffe und deren Verhältnis zueinander bestimmt. Je mehr einer der Nährstoffe im Verhältnis zu den anderen unteroptimal angeboten wird, desto mehr ist die Menge organischer Substanzen von der Konzentration dieses einen Stoffes abhängig. In den meisten stehenden Gewässern ist die Phosphorkonzentration so gering, daß dieser Nährstoff produktionsbegrenzend wirkt. Wenn jedoch die Phosphorzufuhr gesteigert wird, bzw. bereits erhöht ist, dann können zusätzliche Stickstoffgaben eine weitere Produktionssteigerung bewirken.

Generell kann festgestellt werden, daß dem Phosphor in der Regel die Rolle des „Initialzünders der Eutrophierung“ zukommt, während der Stickstoff meist von sekundärer Bedeutung für die Eutrophierung der Gewässer ist.

Die Jahresmenge und die Herkunft des Phosphors in der Bundesrepublik Deutschland sind für das Jahr 1975 in Tabelle 19 dargelegt (417).

**Tabelle 19:** Herkunft und Menge des Phosphors, der 1975 in die Gewässer der Bundesrepublik Deutschland gelangt ist (417).

|   |              |          |
|---|--------------|----------|
| – Häusliche Abwässer (Kanalisation)     | 67100 t/a P  | } 67,2%  |
| – Häusliche Abwässer (Direkteinleitung) | 2200 t/a P   |          |
| – Industrielle Abwässer                 | 13000 t/a P  | = 12,6%  |
| – Niederschläge                         | 2800 t/a P   | = 2,7%   |
| – Boden                                 | 9700 t/a P   | = 9,6%   |
| – Viehhaltung                           | 7700 t/a P   | = 7,5%   |
| – Sonstiges                             | 500 t/a P    | = 0,5%   |
|   | <hr/>        |          |
|   | 103000 t/a P | ≈ 100,0% |

Daraus geht hervor, daß die Phosphorbelastung der Gewässer im allgemeinen überwiegend aus kommunalen und industriellen Abwässern stammt (417).

Aus dieser allgemeinen Feststellung können jedoch keine Hinweise auf die Eutrophierungsgefährdung einzelner Gewässer abgeleitet werden, da die Anteile der Phosphorbelastung regional sehr unterschiedlich sein können (403, 417).

Die Stickstoffgehalte in den Gewässern sind im allgemeinen zu einem hohen Anteil auf Stickstoffmineralisation im Boden und Auswaschung zurückzuführen, wobei erhöhte Konzentrationen häufig in Gewässern mit vorwiegend landwirtschaftlich genutzten Einzugsgebieten festgestellt werden (423).

Die Jahresmenge und die Herkunft des Stickstoffs in der Bundesrepublik Deutschland sind für das Jahr 1971 in Tabelle 20 zusammengestellt (405).

**Tabelle 20:** Herkunft und Menge des Stickstoffs, der 1971 in die Gewässer der Bundesrepublik Deutschland gelangt ist (405)

|   |                   |                |
|---|-------------------|----------------|
| – kommunale Abwässer                              | 120000 t/a        | 22,4 %         |
| – landwirtschaftliche organische Dünger, Fäkalien | 52000 t/a         | 9,7 %          |
| – Mineraldünger                                   | 55000 t/a         | 10,3 %         |
| – natürliche Mineralisation des Bodens            | 290000 t/a        | 54,2 %         |
| – Niederschläge (8 kg/ha N)                       | 8000 t/a          | 1,5 %          |
| – Symbiotische und asymbiotische N-Bindung        | 10000 t/a         | 1,9 %          |
|   | <u>535000 t/a</u> | <u>100,0 %</u> |

### 5.3.1 Auswirkungen auf stehende Gewässer und gestaute Fließgewässer

Stehende und langsam fließende Gewässer sind gegen Eutrophierung in besonderem Maße anfällig, da wegen der geringen Wassererneuerung bereits schwache Belastungen und ihre Effekte akkumuliert werden. Dies gilt insbesondere für die Belastung des Sauerstoffhaushaltes, da die Sauerstoffaufnahme aus der Luft über die Wasseroberfläche im Vergleich zu Fließgewässern geringer ist und ein Transport des Sauerstoffes ins Tiefenwasser durch die temperaturbedingte Schichtung des Wasserkörpers zur Zeit der Sommerstagnation unterbunden wird. Dadurch kann es, wenn sauerstoffzehrende organische Substanzen in größerer Menge in ein Gewässer gelangen oder wenn der Sauerstoffvorrat zum Abbau der im Gewässer gebildeten Biomasse nicht ausreicht, zu einer Reihe voneinander abhängiger, chemischer und biologischer Prozesse kommen, wie z. B.:

- Rückgang des Sauerstoffgehaltes, Sauerstoffschwund im Tiefenwasser oder am Gewässergrund
- Bildung einer Faulschlammschicht durch Ablagerung von nicht oder nur unvollständig abgebauter Biomasse
- Freisetzung von Faulgasen (z. B. Schwefelwasserstoff, Methan)
- Remobilisierung von störenden Metallen (z. B. Eisen und Mangan)
- Remobilisierung von eutrophierenden Nährstoffen (z. B. Phosphaten)
- Anreicherung von Abbauprodukten (z. B. Kohlendioxid, Ammonium) und gelösten organischen Verbindungen.

Wie stark das Gewässer durch die Biomasse belastet wird, kann durch folgende Rechnung verdeutlicht werden (442):

Mit 1 g P kann theoretisch 100 g Algen-Biomasse gebildet werden, zu deren aerobem Abbau 150 g Sauerstoff benötigt wird. Dabei ist die Tatsache, daß der Phosphor nach Absterben der Algenzellen wieder freigesetzt und erneut inkorporiert werden kann, nicht berücksichtigt.

Der Trophiegrad stehender Gewässer kann aufgrund ihrer Phosphor- und Chlorophyllkonzentrationen (als Maß für die Phytoplanktonbiomasse) charakterisiert werden:

**Tabelle 21:** Trophieskala (nach 452 stark vereinfacht und z. T. ergänzt)

| Trophiecharakter | mittlere<br>Gesamt-<br>Phosphor-Kon-<br>zentration<br>( $\mu\text{g/l}$ ) | mittlere<br>Chlorophyll-<br>Konzentra-<br>tion<br>( $\mu\text{g/l}$ ) | maximale<br>Chloro-<br>phyll-Kon-<br>zentration<br>( $\mu\text{g/l}$ ) |
|------------------|---|---|--|
| oligotroph       | < 10  | 1–3   | < 10   |
| mesotroph        | 10–50   | 3–7   | 10–30  |
| eutroph          | 40–200  | 7–30  | 20–100   |
| hypertroph       | > 200   | > 30  | > 100  |

Diese Werte beruhen im wesentlichen auf den Daten eines mehrjährigen OECD-Untersuchungsprogrammes an über 100 Seen und Talsperren (452). Dabei darf man nicht übersehen, daß die Trophieskala ein Kontinuum darstellt und sich die darauf abgegrenzten Bereiche überschneiden. Dem tragen 2 Diagramme (Abb. 2 und 3) Rechnung, auf denen die Vorhersagewahrscheinlichkeit für oligotrophe, mesotrophe und eutrophe Bedingungen entsprechend den Jahresmittelwerten der Phosphor- und Chlorophyllkonzentrationen abgelesen werden können. Demnach ist z. B. ein See mit einer Gesamt-Phosphorkonzentration von  $10 \mu\text{g/l}$  mit einer Wahrscheinlichkeit von ca. 78 % oligotroph, ca. 20 % mesotroph und ca. 2 % eutroph oder ein Gewässer mit einer mittleren Chlorophyllkonzentration von etwa  $40 \mu\text{g/l}$  mit einer Aussagewahrscheinlichkeit von etwa 90 % eutroph.

Auffälligste Symptome der Eutrophierung sind:

- Verfärbung und Trübung des Wassers durch Massenentwicklung von Planktonalgen im freien Wasser (Pelagial)
- Massenentwicklung von Algen und krautigen Wasserpflanzen am Grund oder im Uferbereich des Gewässers (Benthal).

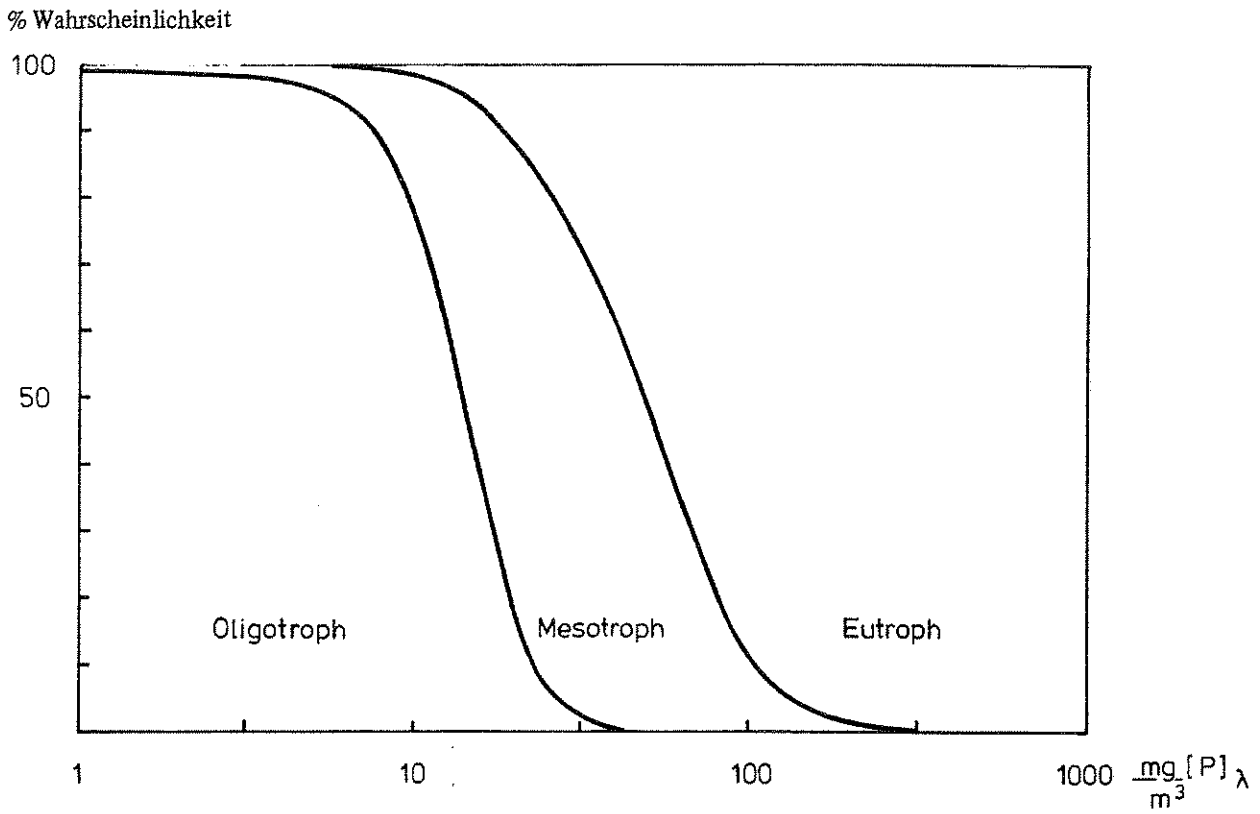


Abb. 2: Wahrscheinliche Abgrenzung der Trophiegrade für verschiedene Gesamt-P-Konzentrationen (Jahresmittelwerte) (452)

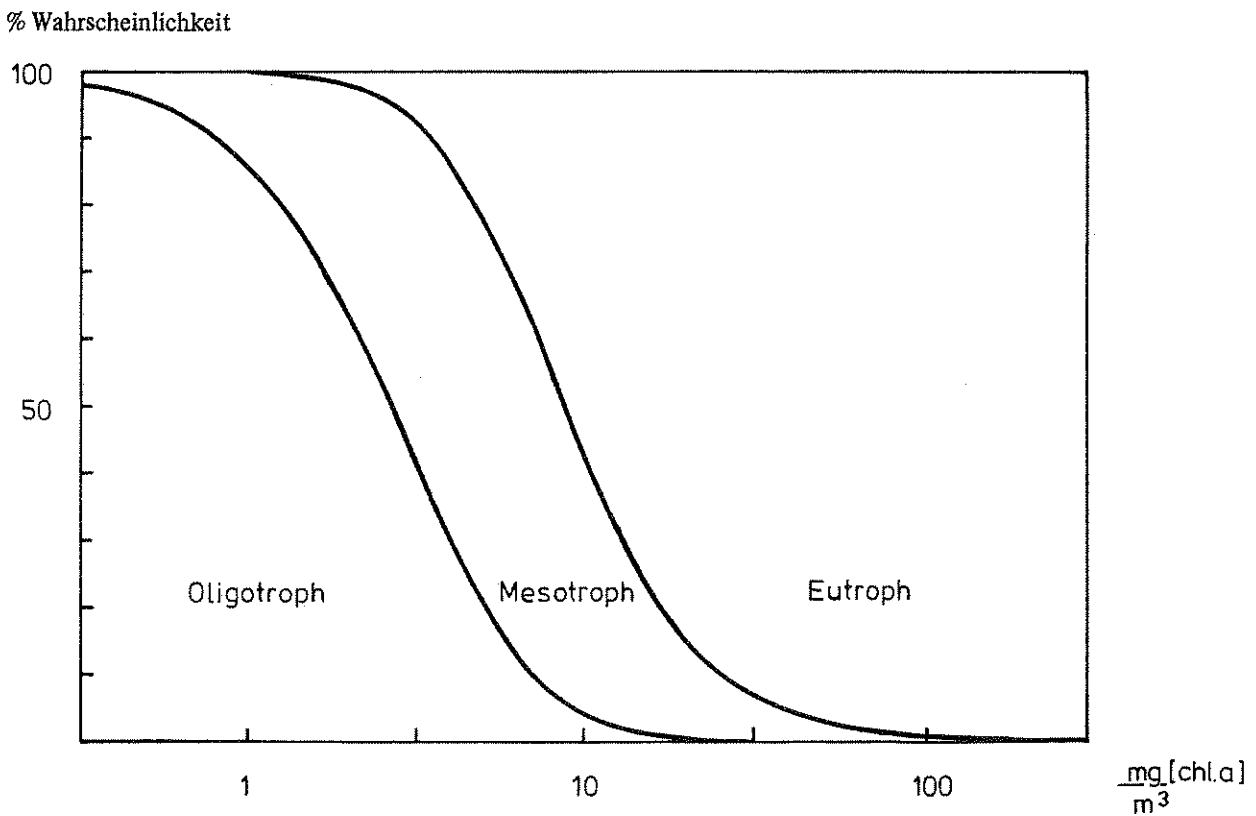


Abb. 3: Wahrscheinliche Abgrenzung der Trophiegrade für verschiedene Chlorophyllkonzentrationen (Jahresmittelwerte) (452)

Zu den volkswirtschaftlich bedeutendsten Folgen der Eutrophierung gehören:

- Aufbereitungsschwierigkeiten bei der Trink- und Brauchwassergewinnung: Bei Massenentwicklung von Planktonalgen kann z. B. durch Verkürzung der Filterlaufzeiten, Auftreten von Geruchs- und Geschmacksstoffen, Störung der Desinfektion und Wiederverkeimung in Versorgungsnetzen die Sicherheit der Trinkwasserversorgung beeinträchtigt werden. Deshalb ist bei der Nutzung eines stehenden Gewässers zur Trinkwassergewinnung der oligotrophe bis mesotrophe Zustand anzustreben.
- Gefährdung des Fischbestandes: Sauerstoffmangel im Tiefenwasser von Seen und Talsperren und die Erhöhung des pH-Wertes durch assimilatorischen CO<sub>2</sub>-Entzug im Oberflächenwasser engen den Lebensraum der Fische während der Sommerstagnation stark ein. Die natürliche Fortpflanzung bodenlaichender Fische wird durch Sauerstoffmangel am Gewässergrund verhindert. Tagesperiodische Schwankungen des Sauerstoffgehaltes mit starker Sauerstoffübersättigung während des Tages und Sauerstoffmangel während der Nacht haben in überdüngten flachen Seen und Teichen häufig zu Fischsterben größeren Ausmaßes geführt.
- Gefährdung von Warmblütern: Es sind Fälle bekannt geworden, bei denen es durch Bildung von Algtoxinen bei Menschen, die mit dem Wasser hocheutropher Gewässer in Berührung gekommen sind, zu Allergien, gastro-intestinalen oder dermatologischen Symptomen gekommen ist (424). Vergiftungen von Wasservögeln und Weidvieh sind ebenfalls auf Algtoxine (z. B. von manchen Blaualgen und Dinoflagellaten) zurückgeführt worden.
- Verminderung des Erholungswertes: Der Erholungswert eutropher Gewässer ist durch unästhetische Algenansammlungen, besonders wenn sie an den Ufern angetrieben werden und dort faulen (Geruchsbelästigung), stark herabgesetzt. Auch die Trübung des Wassers – die EG-Richtlinie für Badegewässer (108) schreibt eine Mindesttransparenz von 1 – 1,5 m vor –, Behinderung durch flottierende Wasserpflanzen sowie aus dem Bodenschlamm aufsteigende Faulgase mindern den Erholungswert eines Badegewässers. Bei starker Verkräutung werden auch die Sportfischerei und der Wassersport beeinträchtigt.
- Veränderung der Biocönose: Die Verschiebung des Artenspektrums von Salmoniden (z. B. Maränen, Felchen, Forellen) zu den weniger geschätzten Cyprinidenarten (z. B. Weißfischen) ist neben anderen ökonomisch weniger bedeutenden Änderungen in der Zusammensetzung der Biocönosen eine Folge der Eutrophierung.

Bei Zufuhr anderer anorganischer Stoffe, die nicht Nährstoffe sind, wie z. B. Schwermetalle, kann es bei stehenden oder sehr langsam fließenden Gewässern zu gravierenden Auswirkungen kommen. Die Stoffe werden teilweise in Schlamm festgelegt, so daß es zu einer Akkumulierung dieser Substanzen kommt. Im anaeroben Milieu kann eine Rücklösung, z. B. von Schwermetallen, in das Wasser erfolgen. Andererseits fallen die rückgelösten Schwermetalle in sauerstoffhaltigem Wasser leicht wieder aus. Durch Chelatbildner können diese Stoffe wieder remobilisiert werden, wobei es unter Umständen zu toxischen Konzentrationen im Wasser kommen kann.

### 5.3.2 Auswirkungen auf fließende Gewässer

In fließenden Gewässern wirkt sich die Eutrophierung meist weniger gravierend aus, da hier aufgrund der kurzen Aufenthaltszeit des Wassers im Flußsystem sowie durch Begrenzung des Lichteinfalles (z. B. Trübung, Uferbewuchs, Turbulenz) die Produktion von Planktonalgen eingeschränkt wird. Größere Mengen an Phytoplankton können sich daher nur in großen Flüssen und Strömen oder in Stau- oder Stillwasserbereichen von Fließgewässern entwickeln. Doch kommt es in Fließgewässern, durch reichliches Nährstoffangebot gefördert, oft zu übermäßiger Verkräutung. Massenentwicklungen von Fadenalgen, Wassermoosen und höheren Wasserpflanzen können vor allem in Flachlandflüssen sowie Be- und Entwässerungsgräben ein bedeutsames Abflußhindernis darstellen. Mit der Strömung abdriftende Pflanzenmassen können durch Verstopfen der Einlaufbauwerke und Beschädigungen der Turbinen zu Beeinträchtigungen beim Betrieb von Wasserkraftanlagen führen. Am Ende der Vegetationsperiode stellen abgestorbene, faulende Pflanzen häufig eine schwerwiegende Verunreinigung dar, die auch die Trinkwasseraufbereitung beeinträchtigen kann. Auch der Erholungswert der Gewässer kann durch Behinderung des Wassersports, der Sportfischerei und des Badebetriebes sowie durch ästhetische Probleme erheblich beeinträchtigt werden.

Von großer Bedeutung ist der Einfluß organischer Substanzen auf fließende Gewässer, wie sie vor allem aus Wirtschaftsdüngern (insbesondere Flüssigmist und Silagesickersaft), Siedlungsabfällen (insbesondere Abwasser, Klärschlamm, Kompost) herrühren. Der Silagesickersaft enthält neben hohen Nährstoffkonzentrationen (1 – 2 g/l Ges. N; 0,5 – 1 g/l Ges. P) ungewöhnlich hohe Gehalte an sauerstoffzehrenden Verbindungen, ausgedrückt als

KMnO<sub>4</sub>-Verbrauch: 90 bis über 120 g/l (437)

CSB (chemischer Sauerstoffbedarf): 80 – 110 g/l

BSB<sub>5</sub> (biochemischer Sauerstoffbedarf in 5 Tagen): 20 bis über 100 g/l (437)

1 m<sup>3</sup> Gärtsaft mit 50 – 80 g BSB<sub>5</sub>/l entspricht einer Belastung von etwa 1250 – 2000 Einwohnergleichwerten. Geht man von einem Gärtsaftanfall von 10 m<sup>3</sup>/ha Zuckerrübenanbaufläche aus, so entspricht die organische Belastung durch Rübenblattgärtsaft bis zu 20000 EGW/ha Zuckerrüben. Bei einem Gärtsaftanfall von 85 % in den ersten 10 Tagen ergibt sich somit eine kurzzeitige Belastung von 1700 EGW/Tag (306). Bei Einleiten von Silagesickersäften in ein Oberflächengewässer wird durch den raschen oxidativen Abbau der organischen Substanz der im Gewässer enthaltene Sauerstoff schnell und unter Umständen (geringer Abfluß, hohe Temperaturen) vollständig aufgezehrt. Die Folgen können Fischsterben sein.

Durch den hohen Gehalt an Ammonium und anderen Eiweiß-Abbauprodukten wird im Zuge der Nitrifikation der Sauerstoffhaushalt des Gewässers auch langfristig belastet. Gelangen Silagesäfte mit hohen Ammoniumkonzentrationen in Gewässer mit alkalischem Wasser (pH-Werte > 9 sind in eutrophen Gewässern keine Seltenheit), so wird

ein Teil des Ammoniums ( $\text{NH}_4^+$ ) in das stark fischtöxische, undissoziierte Ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) umgewandelt. Bei pH-Wert 9 (ca. 25 %  $\text{NH}_3$  bei  $20^\circ\text{C}$ ) wirken bereits ca. 4 mg/l  $\text{NH}_3/\text{NH}_4$  auf Forellen tödlich (435). Auch Nitrit, das bei gehemmter Oxidation in hohen Konzentrationen auftreten kann, ist ab 10 mg/l fischtöxisch.

Das Einleiten von Gärtsaft in Kanalisationen oder Kläranlagen ist ebenso wie das Einleiten von Jauche, Gülle oder Schwemmist in der Regel nicht tragbar, da die biologischen Abbauvorgänge als Folge der stoßweisen Überlastung der Kläranlagen mit organischen Stoffen und der Ammoniaktoxizität gestört und Betonteile von Kanalisationen und Kläranlagen korrodiert werden. Die überaus hohe organische Verschmutzung des Gärtsaftes überlastet schlagartig die biologische Reinigungsstufe einer Kläranlage und verschlechtert damit die Reinigungsleistung. Als Folge dieser Störung der biologischen Reinigung gelangen nicht nur der schädliche Gärtsaft ins Gewässer, sondern wegen der Überlastung der biologischen Reinigungsstufe auch noch beträchtliche Mengen unzureichend gereinigter Hausabwässer, mit der Folge einer erheblichen Gewässerschädigung.

Eine hohe Belastung der Gewässer und Beeinträchtigung ihrer Nutzungsfähigkeit stellt der Eintrag von seuchenhygienisch bedenklichen Mikroorganismen wie spezielle Bakterien, Sporen, Pilze und besonders von Viren dar. Sie können meist noch nach längerer Aufenthaltszeit im Gewässer nachgewiesen werden. Besonders die Zufuhr von Viren bildet einen erheblichen Unsicherheitsfaktor, da zur Zeit noch keine ausreichenden Kenntnisse über die Inaktivierung von Viren in oberirdischen Gewässern vorhanden sind und ihre Identifizierung z. T. noch nicht möglich ist.

## 6. Maßnahmen zur Abwendung von nachteiligen Einflüssen

### 6.1 Maßnahmen der landwirtschaftlichen Innenwirtschaft

Bei der landwirtschaftlichen Innenwirtschaft – Haushalt, Stallungen, Milchwirtschaft, Nebenbetriebe – fallen verschiedenartige Abwässer und Abfälle an:

- 1) häusliche Abwässer und Abfälle aus den Wohn-, Wirtschafts- und Aufenthaltsräumen
- 2) Abwässer und Abfälle aus der Stallhaltung, soweit nicht direkt Wirtschaftsdünger, wie Reststoffe pflanzlichen und tierischen Ursprungs, Futterküchenabwässer und -abfälle, Abwasser aus Waschanlagen für Nutztiere und Geräte, Silagereststoffe
- 3) Abwässer der Milchwirtschaft, wie Spülwasser
- 4) Abwässer und Abfälle der Nebenbetriebe, z. B. Mostverarbeitung
- 5) Niederschlagswasser von den Hof- und Verkehrsflächen, Düngersammelplätzen und den offenen Lager-, Verlade-, Sammel- und Verarbeitungsanlagen.

Für die Beseitigung der oben genannten Abwässer gelten die Bestimmungen des Wasserhaushaltsgesetzes (WHG) und der Wassergesetze der Länder (LWG). § 18a WHG normiert die Pflicht zur Abwasserbeseitigung; die Länder regeln, wer zur Abwasserbeseitigung verpflichtet ist.

Der Anschluß an eine öffentliche Kanalisation wird angestrebt. Ist der Anschluß an eine öffentliche Kanalisation nicht möglich und Einzeleinleitung wasserwirtschaftlich tragbar, so kann das Abwasser nach vorheriger, den allgemein anerkannten Regeln der Abwassertechnik (§ 18b WHG) entsprechender Behandlung (z. B. in einer Kleinkläranlage nach DIN 4261) (208) mit wasserrechtlicher Erlaubnis nach § 7 WHG in ein Gewässer (Grundwasser, oberirdisches Gewässer) eingeleitet werden. Es sind Vorkehrungen zu treffen, die den Eintritt auch des Niederschlagswassers, das von befestigten Flächen gefaßt und abgeleitet wird, ohne ausreichende Vorbehandlung in die Gewässer zuverlässig verhindern (456). Das Abholen und Verbringen des sonst nicht ordnungsgemäß beseitigten Schlammes aus einer Kleinkläranlage in eine öffentliche Kläranlage zur Aufbereitung fällt unter die Abwasserbeseitigungspflicht.

Die Abfallbeseitigung richtet sich nach dem Abfallbeseitigungsgesetz (AbfG) und den Abfallgesetzen der Länder (LAbfG). Die ordnungsgemäße Beseitigung der Abfälle (§ 2 AbfG) obliegt den nach Landesrecht zuständigen Körperschaften des öffentlichen Rechts gemäß § 3 AbfG. Die Pflicht der Besitzer von Abfällen, diese gemäß § 3 (1) AbfG dem Beseitigungspflichtigen zu überlassen, ist kein Hinderungsgrund, entsprechend § 15 AbfG die unter diese Vorschrift fallenden Stoffe auf landwirtschaftliche Nutzflächen aufzubringen.

### 6.2 Maßnahmen im Bereich der Düngung

#### 6.2.1 Lagerung der Dünger

**Handelsdünger** sind in der Regel als wassergefährdende Stoffe zu bewerten, die geeignet sind, nachhaltig die physikalische, chemische oder biologische Beschaffenheit des Wassers nachteilig zu verändern. Anlagen zum Lagern von Handelsdüngern müssen deshalb so beschaffen sein und so eingebaut, aufgestellt, unterhalten und betrieben werden, daß eine Verunreinigung der Gewässer oder eine sonstige nachteilige Veränderung ihrer Eigenschaften nicht zu besorgen ist. Nach § 19 h Abs. 1 Satz 1 WHG dürfen dabei Anlagen nicht einfacher oder herkömmlicher Art nur verwendet werden, wenn ihre Eignung von der zuständigen Behörde gesondert festgestellt ist.

Anlagen zum Lagern **fester Stoffe** sind einfacher oder herkömmlicher Art, wenn die Anlagen eine gegen die gelagerten Stoffe unter allen Betriebs- und Witterungsbedingungen beständige und undurchlässige Bodenfläche haben und die Stoffe

- in dauernd dicht verschlossenen, gegen nicht beabsichtigte Beschädigung geschützten und gegen Witterungseinflüsse und das Lagergut beständigen Behältern oder Verpackungen oder
- in geschlossenen Lagerräumen gelagert werden. Geschlossenen Lagerräumen stehen überdachte Lagerplätze gleich, die gegen Witterungseinflüsse durch Überdachung und seitlichen Abschluß so geschützt sind, daß das Lagergut nicht austreten kann.

Anlagen zum Lagern **flüssiger Stoffe** mit oberirdischen Lagerbehältern, bei denen der Rauminhalt aller Behälter mehr als 300 Liter in Gebäuden oder 1000 Liter im Freien beträgt, sowie Anlagen mit unterirdischen Lagerbehältern, sind einfacher oder herkömmlicher Art

- hinsichtlich ihres technischen Aufbaus, wenn
  - die Lagerbehälter doppelwandig sind oder als einwandige Behälter in einem flüssigkeitsdichten Auffangraum stehen,
  - und
  - Undichtheiten der Behälterwände durch ein Leckanzeigergerät selbsttätig angezeigt werden, ausgenommen bei oberirdischen Behältern im Auffangraum,
  - und
  - Auffangräume so bemessen sind, daß die dem Rauminhalt aller Behälter entsprechende Lagermenge zurückgehalten werden kann. Dient ein Auffangraum für mehrere oberirdische Lagerbehälter, so ist für eine Bemessung nur der Rauminhalt des größten Behälters maßgebend. Abläufe des Auffangraumes sind nur bei oberirdischen Lagerbehältern zulässig; sie müssen absperrenbar und gegen unbefugtes Öffnen gesichert sein.

- hinsichtlich ihrer Einzelteile, wenn insbesondere zu Werkstoff und Bauart technische Vorschriften oder Baubestimmungen eingeführt sind oder für Schutzvorkehrungen allgemeine Zulassungen vorliegen.

Kleinere Anlagen zur Lagerung flüssiger Stoffe sind einfacher oder herkömmlicher Art, wenn für sie technische Vorschriften eingeführt sind und die Anlagen diesen entsprechen.

Lagerungsanlagen nicht einfacher oder herkömmlicher Art dürfen ohne Eignungsfeststellung nach § 19 h Abs. 1 Satz 1 WHG verwendet werden, wenn für sie oder für alle ihre Einzelteile eine wasserrechtliche Bauartzulassung nach § 19 h Abs. 1 Satz 2 WHG erteilt ist. Bei Schutzvorkehrungen ersetzt eine gewerberechtliche Bauartzulassung oder ein baurechtliches Prüfzeichen die wasserrechtliche Bauartzulassung, § 19 h Abs. 1 Satz 5 WHG.

Da es sich bei Handelsdüngern oftmals nur um schwach wassergefährdende Stoffe handelt, können im Einzelfall geringere Anforderungen an Lagerungsanlagen gestellt werden.

Die Arbeitsgruppe „Vollzug der Lagerverordnungen“ der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser hat eine Eignungsfeststellung bei Anlagen zur Lagerung von Flüssigdüngern empfohlen, deren technischer Aufbau einen mehrwandigen Behälter vorsieht, dessen Dichtheit lediglich durch eine Lecksonde am Tiefpunkt des Behälters überwacht wird. In jedem Fall sind bei Einbau, Aufstellung, Unterhaltung und Betrieb die allgemein anerkannten Regeln der Technik einzuhalten.

Insbesondere sind die Behälter mit Überfüllsicherungen auszurüsten. Entnahmerohrleitungen müssen so ausgebildet sein, daß ein unbeabsichtigtes Auslaufen sicher verhindert wird. Die Flächen im Bereich der Befüll- und Entnahmeeinrichtungen müssen so beschaffen sein, daß auslaufende Flüssigkeiten erkannt und beseitigt werden und nicht in ein oberirdisches Gewässer, in die Kanalisation oder in den Boden gelangen können. Die Anlagen sind vor Inbetriebnahme und wiederkehrend alle fünf Jahre durch einen amtlichen Sachverständigen auf ihren ordnungsgemäßen Zustand überprüfen zu lassen.

Einrichtungen zur Lagerung und Sammlung der **Wirtschaftsdünger** müssen so beschaffen sein und so eingebaut, aufgestellt, unterhalten und betrieben werden, daß eine Verunreinigung der Gewässer oder eine sonstige nachteilige Veränderung ihrer Eigenschaften nicht zu besorgen ist. Lagerbehälter, Sammelgruben, Abläufe, Kanäle, Rinnen usw. sind zum Schutz gegen Versickern in den Untergrund dicht auszuführen und so zu gestalten sowie zu betreiben, daß kein Abfluß oder Abschwemmen in Dräne, Gewässer oder in die öffentliche Kanalisation möglich ist. Die Lagerung auf überschwemmungsgefährdeten Flächen ist unzulässig. Unzugängliche Hohlräume unter Böden, Rinnen und Behältern – außer der Dungableitung dienend – sind unzulässig.

Das Fassungsvermögen der Dungplatte, der Lagerbehälter bzw. der Auffangbehälter muß entsprechend den betriebstechnischen Erfordernissen und dem Ausbringungsverfahren ausreichend bemessen und auf den landwirtschaftlichen Betrieb abgestimmt sein. Ein Überlaufen muß verhindert werden (305).

**Tabelle 22:** Bemessung des Lagerraumes für Wirtschaftsdünger (nach 320)

| Art des Düngers   | Lagerfläche bzw. -raum je GV und Monat |            |                          |
|---|--|------------|--------------------------|
|   | Rindvieh                               | Schweine   | Hühner                   |
| <b>Stallmist</b>  |  |            |                          |
| Dungplatte in m <sup>2</sup><br>(bei 2,5 m Stapelhöhe)    | 0,5 – 0,7                              | rd. 0,5    | rd. 0,50<br>(Trockenkot) |
| <b>Jauche</b>   |  |            |                          |
| Grubenraum in m <sup>3</sup> je<br>nach Art der Fütterung | 0,5 – 0,7                              | 0,4 – 0,7  | –                        |
| <b>Gülle</b>  |  |            |                          |
| Grubenraum*) in m <sup>3</sup>                            | 1,5 – 1,8                              | 1,25 – 1,5 | 2,5 – 3,0                |

\*) Bei Wasserzusatz ist der Grubenraum entsprechend zu vergrößern.

Zur Zwischenlagerung von flüssigem Wirtschaftsdünger soll die Lagerkapazität in Abhängigkeit von Kulturart, Fruchtfolge, Zeitraum der Stallhaltung und den Ausbringungsmöglichkeiten (320) bemessen werden für eine Dauer von mindestens

- 2 – 3 Monaten in Niederungsgebieten,
- 3 – 4 Monaten in schnee- und frostarmen Gebieten der Mittelgebirge
- 4 – 5 Monaten in schnee- und frostreichen Gebieten der Mittelgebirge und im Hochgebirge.

Aus betrieblichen oder regionalen Gegebenheiten können längere Lagerzeiten notwendig sein.

**Gärfutterbehälter** sind nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik zu errichten (209) (306). Der Gärstoff aus Festbehältern ist in ausreichend bemessenen Sammelgruben oder -schächten, ggf. in fester Verbindung mit Jauche- und Güllegruben, aufzufangen.



Die Auffangeinrichtungen müssen mindestens 3 % des Siloraumes umfassen (306). Die Auffanggrube ist in den ersten 10 Tagen nach Befüllung täglich zu kontrollieren und rechtzeitig zu entleeren (306), unter ungünstigen Bedingungen häufiger (312).

Gärfuttermieten oder Flachsilos ohne Abdichtung zum Untergrund und ohne Gärstaftgruben sind nur zulässig, wenn

- sie mit Vorwekksilage (mindestens 30 % Trockenmassegehalt) befüllt werden (328)  
oder
- sie auf landwirtschaftlichen Nutzflächen eingerichtet werden, die außerhalb von Wasserschutz- und Überschwemmungsgebieten liegen,  
und  
ihr Standort jährlich wechselt  
und  
sie von oberirdischen Gewässern mindestens 50 m, von öffentlichen Straßen mindestens 10 m entfernt sind, ein Abfließen von Gärstaft in ein oberirdisches Gewässer, z. B. in geneigtem Gelände, verhindert wird und aufgrund der Mächtigkeit des Oberbodens, der Beschaffenheit des Untergrundes und des Flurabstandes des Grundwassers nicht zu besorgen ist, daß der Sickersaft das Grundwasser erreicht (306).

### 6.2.2 Transporteinrichtungen für Dünger

Transporteinrichtungen für Dünger sind so zu errichten und zu betreiben, daß das transportierte Material nicht in das Grundwasser und in ein oberirdisches Gewässer gelangen kann. Bei den **Handelsdüngern**, die gefährliche Güter sind, sind die Vorschriften über eine Beförderung gefährlicher Güter (vergl. Gesetz über die Beförderung gefährlicher Güter vom 6. 8. 1975 BGBl I S. 2121) zu beachten. Sie dürfen in Transportbehältern vorübergehend gelagert oder kurzfristig in Verbindung mit dem Transport bereitgestellt oder aufbewahrt werden, wenn die Transportbehälter den Anforderungen des Verkehrsrechts entsprechen (vergl. insbesondere Verordnung über die Beförderung gefährlicher Güter auf der Straße – GGVS vom 23. 8. 1979, BGBl I S. 1509 und Verordnung über die Beförderung gefährlicher Güter mit der Eisenbahn – GGVE vom 23. 8. 1978, BGBl I S. 1502 sowie Verordnung über die Beförderung gefährlicher Güter auf dem Rhein (ADNR) – Anlagenband zu BGBl. I 1971, S. 1851).

**Umschlagsanlagen für Handelsdünger** müssen gemäß § 19 g Abs. 2 WHG so beschaffen sein und so eingebaut, aufgestellt, unterhalten und betrieben werden, daß der bestmögliche Schutz der Gewässer vor Verunreinigung oder sonstiger nachteiliger Veränderung ihrer Eigenschaften erreicht wird. Ebenso wie Lagerungsanlagen sind Umschlagsanlagen nicht einfacher oder herkömmlicher Art gemäß § 19 h Abs. 1 Satz 1 WHG der Eignung nach festzustellen.

Umschlagsanlagen für feste und flüssige Stoffe sind einfacher oder herkömmlicher Art, wenn

- der Platz, auf dem umgeschlagen wird, eine gegen die Stoffe unter allen Betriebs- und Witterungsbedingungen beständige und undurchlässige Bodenfläche hat,
- die Bodenfläche durch ein Gefälle, Bordschwellen oder andere technische Schutzvorkehrungen zu einem Auffangraum ausgebildet ist, der über ein dichtes Ableitungssystem an eine Sammel-, Abscheide- oder Aufbereitungsanlage angeschlossen ist, und
- beim Umschlag von flüssigen Stoffen und Schüttgut die Anlage zusätzlich mit Einrichtungen ausgestattet ist oder Vorkehrungen getroffen sind, durch die Überfüllungen der Behälter vermieden werden.

**Umschlagsanlagen für Wirtschaftsdünger** müssen so beschaffen sein und so eingebaut, aufgestellt und betrieben werden, daß eine Verunreinigung der Gewässer oder eine sonstige nachteilige Veränderung seiner Eigenschaften verhütet wird, § 1 a Abs. 2 WHG.

Das Austreten von Düngern aus einer Lagerungs-, Transport- oder Umschlagsanlage in nicht nur unbedeutender Menge ist unverzüglich der Polizei oder der zuständigen Ordnungsbehörde anzuzeigen, soweit die Dünger in ein oberirdisches Gewässer, eine Abwasserbeseitigungsanlage oder in den Boden eingedrungen sind oder ein entsprechender Verdacht besteht. Der Betreiber der Abwasserbeseitigungsanlage ist gegebenenfalls ebenso zu unterrichten.

### 6.2.3 Düngermanagement

#### a) Höhe der Düngergaben

Die Düngergaben sind auf den Boden, seine Nährstoffversorgung, die Pflanzenarten und Fruchtfolge, die landwirtschaftliche Betriebsweise sowie die klimatischen Verhältnisse abzustimmen und sollen in einem Düngeplan festgelegt werden. Bei besonderen Verhältnissen, z. B. Änderung des Betriebssystems, soll die landwirtschaftliche Dienststelle um Beratung gebeten werden.

Die Betreiber von Intensivtierhaltungen (Dungüberschußbetriebe) haben den Nachweis über den Verbleib des Düngers zu erbringen.

Überschreitet die Höhe der Düngergaben das „übliche Maß der landwirtschaftlichen Düngung“, findet § 15 AbfG Anwendung (105). Das übliche Maß der landwirtschaftlichen Düngung kann als überschritten gelten, wenn im dreijährigen Durchschnitt je Hektar einer landwirtschaftlich, forstwirtschaftlich oder gärtnerisch genutzten Bodenfläche Wirtschaftsdünger von mehr als 3 – 4 Düngergroßvieheinheiten (DGV) pro Jahr, in Abhängigkeit von

den Gegebenheiten des Standortes auch weniger, aufgebracht werden. Eine Düngergroßvieheinheit (DVG) entspricht dem Viehbestand, dessen tierische Abscheidungen höchstens einen Gehalt von folgenden Nährstoffen enthalten:

80 kg N; 70 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; 90 kg K<sub>2</sub>O (450).

Die Düngung hat so zu erfolgen, daß die in dem Dünger enthaltenen Stoffe, insbesondere die Stickstoffverbindungen, keine schädlichen Veränderungen der physikalischen, chemischen oder biologischen Beschaffenheit oberirdischer Gewässer oder des Grundwassers herbeiführen (§ 3 Abs. 2 Nr. 2 WHG).

#### b) Art und Zeitpunkt der Düngung

Das Ausbringen der Dünger ist zu unterlassen, wenn die Gefahr der oberirdischen Abschwemmung besteht, insbesondere bei hängigem Gelände (305)

- auf wassergesättigtem Boden
- auf gefrorenem Boden
- auf Schneedecke.

Das Ausbringen von flüssigen Wirtschaftsdüngern auf Flächen mit einer Hangneigung von über 5% erfordert besondere Vorsicht bei der Dosierung und einen abgestimmten Beschickungsrhythmus, um ein Abschwemmen zu verhindern.

Das Verregnen von Dünger und das Ausbringen von Dünger in fester Form sind nicht zulässig, wenn zu befürchten ist, daß durch Wind Dünger in ein Gewässer verdriftet wird. Das gilt in besonderem Maße beim Ausbringen von Dünger durch Fluggeräte.

Beim Ausbringen ist ein solcher Abstand vom Gewässerufer einzuhalten, daß beim Verteilen kein Dünger in das Gewässer gelangt.

Der Einsatz von Stickstoffdünger sollte – angepaßt an den Bedarf der Pflanzen, z. B. nach der N<sub>min</sub>-Methode – in mehreren Gaben pro Jahr und zeitlich gesteuert erfolgen. Dadurch können die Auswaschungsverluste herabgesetzt werden. Gaben im Spätsommer und Herbst unterliegen in besonderem Maße der Auswaschungsgefahr (409), ausgenommen bei Grünland und Zwischenfrucht sowie Herbstsaaten mit längerer Vorwinterentwicklung (z. B. Winterraps, Wintergerste, Winterroggen).

Dünger sind nach der Anfuhr auf den zu behandelnden Flächen möglichst sofort zu verteilen oder einzuarbeiten. Der Zeitpunkt der Einarbeitung von Komposten in den Boden sollte um so früher gewählt werden, je geringer der Rottegrad ist, um die Gefahr der Nitratauswaschung zu verringern (418).

Unter ungünstigen Standortverhältnissen (z. B. leichte Böden, hochanstehendes Grundwasser) und bei bereits stärker belasteten Gewässern können Beschränkungen bei der Düngung hinsichtlich Art, Menge und Ausbringungszeitraum erforderlich werden.

Bei Reinigung von Düngegeräten darf durch das Reinigungswasser kein Dünger in oberirdische Gewässer und das Grundwasser gelangen.

### 6.2.4 Verwendung von Siedlungsabfällen und Produktionsreststoffen zur Düngung und Bodenverbesserung

Bei Verwendung von Siedlungsabfällen und Produktionsreststoffen zur Düngung und Bodenverbesserung sind besondere Voraussetzungen, Qualitätskriterien, Anwendungsempfehlungen und Grenzen der Verwertung zu beachten. Sie liegen in Merkblättern, Empfehlungen u. a. vor für

- Klärschlamm
  - von: Zentralstelle für Abfallbeseitigung – ZfA (335)
  - Abwassertechnische Vereinigung – ATV (303)
  - Länderarbeitsgemeinschaft Abfall – LAGA (323)
  - Deutscher Verband Forstlicher Forschungsanstalten – DVFF (313)
  - Land- und Hauswirtschaftlicher Auswertungs- und Informationsdienst e.V. – AID (445)
- Kompost aus Müll und Müllklärschlamm
  - von: Zentralstelle für Abfallbeseitigung und Umweltbundesamt – ZfA / UBA (336)
  - Land- und Hauswirtschaftlicher Auswertungs- und Informationsdienst e. V. – AID (443)

Bei der Verwendung von Klärschlamm ist die Klärschlammverordnung – AbfKlärV – vom 25. Juni 1982 zu beachten.

Bei Verwendung von Siedlungsabfällen und Produktionsreststoffen als Dünger sollten z. B. die folgenden oder andere Nachweise mit gleichem Informationsumfang gefordert werden:

**1. Lieferschein des Produzenten** (Abwasserbehandlungsanlage, Kompostwerk, Industriefirma) – mit Zweitschrift vom Anlieferer dem Landwirt überbracht – mit mindestens folgenden Angaben (entspr. Anhang 2 der AbfKlärV) (109):

- Nr. des Lieferscheines
- Datum der Anlieferung
- Name und Anschrift des Transportunternehmers
- Produzent (Name, Anschrift, Werk)
- Nr. der Eintragung im Betriebstagebuch (z. B. der Abwasserbehandlungsanlage) (302)
- Art des Materials (z. B. Faulschlamm, Müllkompost)

- Untersuchung des Materials (Datum, Nr. der Analyse, Nähr- und Schadstoffgehalte)
- Gesamtmenge (m<sup>3</sup> oder t)
- Trockenrückstand (%)
- Name und Anschrift des Anwenders
- beschickte Fläche (Gemarkung, Flur, Flurstück-Nr., Größe in ha, Nutzung)

Der Produzent hat ein Doppel des Lieferscheines fünf Jahre, vom Datum der Abgabe an gerechnet, aufzubewahren und der zuständigen Behörde auf Verlangen zur Prüfung vorzulegen (109).

Der Produzent hat das Material vor der ersten Lieferung und später regelmäßig (z. B. bei Klärschlamm in der Regel alle sechs Monate), jedoch auch in kürzeren (zwei Monate) oder längeren Abständen (24 Monate) auf seine Kosten untersuchen zu lassen (Anhang 1 der AbfKlärV) (109). Der Landwirt erhält mit der Liefermeldung einen Durchschlag des Befundes.

## 2. Kontrollbuch beim landwirtschaftlichen Betrieb mit mindestens folgenden Angaben:

- Datum der Aufbringung
- Nr. des Lieferscheines
- Produzent (Name, Anschrift, Werk)
- beschickte Fläche (Gemarkung, Flur, Flurstück-Nr., Größe in ha, Nutzung)
- Art des Materials
- aufgebrachte Menge (t Trockensubstanz je ha)

Lieferscheine und Kontrollbuch sind mindestens fünf Jahre lang aufzubewahren. Führt der Landwirt eine „Schlagkartei“, gilt diese als Kontrollbuch, wenn sie die entsprechenden Eintragungen enthält.

Böden, auf die regelmäßig Siedlungsabfälle und Produktionsreststoffe aufgebracht werden, sollten in mehrjährigen Abständen, mindestens jedoch vor dem ersten Aufbringen und nach Aufbringen von 10 t Trockensubstanz/ha oder nach fünf Jahren, auf ihre Gehalte an bestimmten Nähr- und Schadstoffen, z. B. Schwermetalle, untersucht werden (Anhang 1 der AbfKlärV). Damit soll sichergestellt werden, daß die geltenden Bodengrenzwerte nicht überschritten werden. Die Bodenuntersuchungen sollten von neutraler Stelle (z. B. einer Landwirtschaftlichen Untersuchungs- und Forschungsanstalt – LUFA) durchgeführt werden.

Bei der Düngung mit Siedlungsabfällen gelangen neben den Nährstoffen, organischen Substanzen und Ballaststoffen auch Schadstoffe, z. B. toxische organische Verbindungen, in den Boden (335). Überhöhte Gaben können zu schädlichen Anreicherungen dieser Substanzen im Boden und den Pflanzen führen. Tabelle 23 (419) gibt die tolerierbaren Gesamtgehalte einer Reihe von Elementen in Kulturböden wieder. Die Schwermetalle unterliegen z. T. einer intensiven Bindung an die Bodenbestandteile, so daß eine Abnahme durch Ernteentzug und Auswaschung in der Regel sehr gering ist (siehe Tabelle 23) (412). Schwermetalle können jedoch über Bodenabtrag in die Gewässer gelangen.

**Tabelle 23:** Orientierungsdaten für tolerierbare Gesamtgehalte einiger Elemente in Kulturböden und Ernteentzug der Elemente (Stand 1981) (412)

| Element     | Gesamtgehalte in lufttrockenem Boden in mg/kg |           | Ernteentzug in g/Ernte x ha |           |
|-------------|---|-----------|-----------------------------|-----------|
|             | Name  | Symbol    |                             | häufig    |
| Antimon     | Sb  | 0,1 – 0,5 | 5                           | 1 – 5     |
| Arsen       | As  | 2 – 20    | 20                          | 1 – 55    |
| Beryllium   | Be  | 1 – 5     | 10                          | 0,5 – 1   |
| Blei        | Pb  | 0,1 – 20  | 100                         | 1 – 80    |
| Bor         | B   | 5 – 30    | 25                          | 200 – 800 |
| Brom        | Br  | 1 – 10    | 10                          | 50 – 150  |
| Cadmium     | Cd  | 0,1 – 1   | 3                           | 0,3 – 8   |
| Chrom       | Cr  | 2 – 50    | 100                         | 1 – 10    |
| Fluor       | F   | 50 – 200  | 200                         | 20 – 200  |
| Kobalt      | Co  | 1 – 10    | 50                          | 1 – 6     |
| Kupfer      | Cu  | 1 – 20    | 100                         | 30 – 150  |
| Molybdän    | Mo  | 1 – 5     | 5                           | 10 – 50   |
| Nickel      | Ni  | 2 – 50    | 50                          | 10 – 30   |
| Quecksilber | Hg  | 0,1 – 1   | 2                           | 0,2 – 1,5 |
| Selen       | Se  | 0,1 – 5   | 10                          | 1 – 15    |
| Vanadium    | V   | 10 – 100  | 50                          | 1 – 100   |
| Zink        | Zn  | 10 – 50   | 300                         | 100 – 500 |
| Zinn        | Sn  | 1 – 20    | 50                          | 5 – 50    |

### a) Abwasser und Fäkalien

Soweit die landwirtschaftliche Verwertung von Abwässern und Fäkalien mit düngenden Inhaltsstoffen zum Einsatz kommt, ist sie seuchenhygienischen Erfordernissen anzupassen (siehe DIN 19650 – (210)). Hierzu gehören insbesondere die Entfernung oder Vernichtung von Wurmeiern und Parasiten. Das Aufbringen hat so zu erfolgen, daß keine unzulässige Belastung von Grund- und Oberflächenwasser durch Inhalts- und Umsetzungsstoffe des Abwassers entsteht. Weiterhin ist die landwirtschaftliche Nutzung der Aufbringungsflächen maßgebend. Fäkalien sollen nicht unverdünnt zur Düngung verwendet werden.

### b) Klärschlamm

Wichtige Faktoren bei der Aufbringung von Klärschlamm auf landwirtschaftliche Nutzflächen sind die Zusammensetzung und die Zustandsform. Rohschlamm ist ein Klärschlamm, der Abwasserbehandlungsanlagen ohne vorherige Behandlung entnommen wird (109). Klärschlamm kann Trockenmassegehalte zwischen 30 kg/t (flüssig) und 300 kg/t (entwässert) aufweisen (323, 331).

Die Zusammensetzung von Klärschlamm kann stark schwanken. Jeder Klärschlamm ist daher hinsichtlich seines Düngungseffektes und seiner sonstigen Wirkungen gesondert zu betrachten. Zu den Gesichtspunkten, die einer kritischen Würdigung bedürfen, gehören

- Nährstoffgehalte,
- hygienische Fragen (210, 323, 331)
- Gehalt an Schadstoffen, besonders Schwermetallen.

Das Aufbringen von Rohschlamm auf landwirtschaftlich genutzte Flächen ist verboten. Ebenso ist das Aufbringen von Klärschlamm auf Gemüse- und Obstanbauflächen verboten (109).

Es ist zwischen seuchenhygienisch bedenklichem bzw. unbedenklichem Klärschlamm zu unterscheiden (siehe Tabelle 25) (323, 335). Seuchenhygienisch unbedenklich ist ein Klärschlamm, der durch chemische oder thermische Konditionierung, thermische Trocknung, Erhitzung, Kompostierung, chemische Stabilisierung oder ein anderes Verfahren so behandelt worden ist, daß Krankheitserreger abgetötet werden, oder der auf Grund seiner Herkunft nachweislich keiner solchen Behandlung bedarf (109).

Das Aufbringen von seuchenhygienisch bedenklichem Klärschlamm auf Grünland und auf Feldfutteranbauflächen ist in der Zeit von Jahresanfang bis zum Abschluß der Nutzung oder Ernte und nach dem 31. Dezember 1986 gänzlich verboten (109). Daneben, und soweit in der Klärschlammverordnung nichts anderes bestimmt ist, gelten die Anforderungen an die hygienischen Belange, wie sie im Merkblatt Nr. 7 über die „Behandlung und Beseitigung von Klärschlamm unter besonderer Berücksichtigung ihrer seuchenhygienisch unbedenklichen Verwertung im Landbau“ niedergelegt sind (siehe Tabelle 25).

Das Aufbringen von Klärschlamm auf landwirtschaftlich genutzte Böden ist verboten, wenn sich aus Bodenuntersuchungen ergibt, daß der Gehalt an Blei, Cadmium, Chrom, Kupfer, Nickel, Quecksilber oder Zink in der Durchschnittsprobe nach Anhang I der AbfKlärV den Grenzwert nach Tabelle 24 übersteigt. Die zuständige Behörde kann im Einzelfall Ausnahmen zulassen, außer bei Überschreiten der Werte für Cadmium oder Quecksilber (109).

Das Aufbringen von Klärschlamm auf landwirtschaftlich genutzte Böden bedarf der Genehmigung, wenn sich aus Klärschlammuntersuchungen ergibt, daß der Gehalt an Blei, Cadmium, Chrom, Kupfer, Nickel, Quecksilber oder Zink in der Durchschnittsprobe nach Anhang I der AbfKlärV den Grenzwert der Tabelle 24 übersteigt (109).

**Tabelle 24:** Grenzwerte der Gehalte an Schwermetallen (109)

| Schwermetall | Gehalt                                     |   |
|--------------|--|---|
|              | im Klärschlamm<br>(mg/kg Trockenrückstand) | im Boden<br>(mg/kg lufttrockener Boden) |
| Blei         | 1200                                       | 100                                     |
| Cadmium      | 20   | 3                                       |
| Chrom        | 1200                                       | 100                                     |
| Kupfer       | 1200                                       | 100                                     |
| Nickel       | 200  | 50                                      |
| Quecksilber  | 25   | 2                                       |
| Zink         | 3000                                       | 300                                     |

Nach § 5 AbfKlärV dürfen durch Klärschlamm innerhalb von 3 Jahren nicht mehr als 5 t Trockenmasse je Hektar aufgebracht werden. Diese Menge kann bis auf das Zweifache erhöht werden, wenn in den auf das Aufbringungsjahr folgenden fünf Jahren kein Klärschlamm aufgebracht wird. Die zuständige Behörde kann Ausnahmen zulassen. Diese Begrenzung bedeutet, daß für die regelmäßige landwirtschaftliche Verwertung des Klärschlammes von 85 Einwohnergleichwerten eine landwirtschaftliche Nutzfläche von 1 ha erforderlich ist.



f) Bei **Obstanlagen** mit Unterkulturen oder Grünlandnutzung gelten die Bestimmungen für die entsprechenden Kulturen.

c) **Müllklärschlammkomposte und Müllkomposte**

Bei der Kompostierung von Müll ist meist eine Vorauslese bestimmter Inhaltsstoffe (z. B. Metalle, Kunststoffe, Glas) erforderlich. Neben einer gewissen Mindestmenge und -konzentration an organischer Substanz ist besonders das Kohlenstoff-Stickstoffverhältnis von Bedeutung. Wegen der günstigen Ergänzung von Hausmüll und Klärschlamm können diese Voraussetzungen durch eine gemeinsame Kompostierung verbessert werden (425).

Komposte dürfen auf landwirtschaftliche Nutzflächen aufgebracht werden, soweit sie seuchenhygienisch unbedenklich sind und die Merkmale einer der folgenden Qualitätsklassen erfüllen (336):

a) **Qualitätsklasse 3**

Frischkompost = entseuchter, in Rotte befindlicher Kompost (Anfangsstadium)  
organische Substanz  $\geq 25\%$  Trockensubstanz  
wirksamer Kohlenstoff: wirks. Stickstoff  $\geq 25-30:1$   
keine keimungsfähigen Samen höherer Pflanzen

b) **Qualitätsklasse 2**

Fertigkompost = entseuchter, in fortgeschrittener Rotte befindlicher Kompost  
organische Substanz  $\leq 20\%$  Trockensubstanz  
wirksamer Kohlenstoff: wirks. Stickstoff  $\leq 20-25:1$   
keine keimungsfähigen Samen höherer Pflanzen  
keine Keimhemmung bei 4 Teilen Erde : 1 Teil Kompost

c) **Qualitätsklasse 1**

Spezialkompost = für bestimmte Anwendungsgebiete weiter behandelter Frisch- oder Fertigkompost  
(z. B. Feinabsiebung, Beimischung von organischen oder mineralischen Stoffen, Nachrotte, thermische Trocknung, Ballaststoffminderung u. a.)

Je nach Verwendungszweck abweichende C/N-Verhältnisse.

Für eine Übergangszeit dürfen noch seuchenhygienisch bedenkliche Komposte unter besonderen Bedingungen (z. B. auf Ausweichflächen, während der Vegetationsruhe) aufgebracht werden.

Rohkompost (mechanisch aufbereiteter Müll – ggf. mit Klärschlamm vermischt – vor der Rotte und vor der Entseuchung) muß von der Verwertung ausgeschlossen werden. Frischkompost kann nur unter bestimmten Bedingungen landwirtschaftlich genutzt werden, z. B. zur Abdeckung als Frostschutz, als Mulchschicht auch flach eingearbeitet, als Herbstdüngung auf Flächen, die im folgenden Frühjahr bestellt werden (336). Im Regelfall werden Fertigkomposte eingesetzt. Spezialkomposte finden Anwendung in Baumschulen und besonders beim Zierpflanzenbau und ggf. beim Gemüsebau.

Auch bei Müll- und Müllklärschlammkomposten sind der Gehalt an Schwermetallen und sonstigen Schadstoffen wie beim Klärschlamm (siehe b) sowie Tabellen 11, 24 und 25 zu beachten. Höchstgehalte an Schadstoffen im Kompost können allerdings z.Z. noch nicht festgelegt werden (336).

Ein von der LAGA im März 1977 herausgegebenes vorläufiges Merkblatt „Qualitätskriterien und Anwendungsempfehlungen für Kompost aus Müll und Müllklärschlamm“ wird zur Zeit überarbeitet; mit der Festlegung von Konzentrations- und Frachtbegrenzungen für Schadstoffe ist bis Mitte 1983 zu rechnen.

Die Komposte enthalten außerdem etwa 1–2% lösliche Stoffe in der Trockenmasse. Hier ist besonders auf den erhöhten Gehalt an Chloriden und Sulfaten hinzuweisen, die schnell – noch im Jahr der Anwendung – der Auswaschung unterliegen. In bezug auf Schadstoffe und Nährstoffe muß analog den Regelungen für Klärschlamm verfahren werden.

Das Aufbringen von Komposten, die aus gewerblichen Abfällen oder Schlämmen bestimmter Betriebe gewonnen werden, kann seuchenhygienisch oder wegen gewisser Inhaltsstoffe bedenklich sein.

d) **Produktionsreststoffe**

Zur Düngung mit gewerblichen und industriellen Produktionsreststoffen, die nicht Abwasser, Schlamm oder Komposte entsprechend den vorangegangenen Ausführungen sind, lassen sich nur allgemeine Bedingungen formulieren: Die Produktionsreststoffe sollen seuchenhygienisch unbedenklich sein und keine Stoffe enthalten, die den Boden und das Pflanzenwachstum schädigen oder sich im Boden zu schädlichen Konzentrationen akkumulieren. Falls erforderlich, sind die Reststoffe vor der Anwendung als Dünger aufzubereiten, z.B. durch Desinfektion, Neutralisation, Vermischung mit inerten mineralischen Stoffen, Aussortieren bestimmter Inhaltsstoffe.

### 6.3 Flankierende Maßnahmen

Einer Beeinträchtigung der Gewässergüte durch Düngieranwendung kann mit geeigneten betriebswirtschaftlichen Maßnahmen und einer zweckmäßigen Bodenbewirtschaftung begegnet werden:

Die landwirtschaftliche Betriebsweise muß schon aus Gründen der Rentabilität möglichen Beeinträchtigungen der Gewässergüte durch Auswaschung und Erosion entgegenarbeiten. Daher sollten Anbaulücken im Herbst und Winter möglichst durch verstärkten Anbau von überwinterten Kulturen und Zwischenfruchtanbau vermieden werden. Auch Strohdüngung ist geeignet, Auswaschverluste auf landwirtschaftlichen Nutzflächen zu vermindern.

Zur Bekämpfung von Auswaschung und Erosion ist in gefährdeten Lagen besonders Dauergrünland geeignet. Bei Dauergrünland, das als Weide genutzt wird, ist die Gefahr der Abschwemmung von Stoffen aus Harn und Kot sowie aus organischen und mineralischen Düngern zu berücksichtigen. Auf geneigten Flächen kann durch geeignete Bodenbewirtschaftung, z. B. durch Bewirtschaftung parallel zu den Höhenschichtlinien, der Erosion begegnet werden. Oberirdisch abfließendes Niederschlagswasser ist in hangparallelen Furchen oder Gräben aufzufangen.

Die Anlage von Flurgehölzen, Bodenschutzanpflanzungen und Bewaldung vermindern an Hangflächen ebenfalls den Abtrag der Bodenkrume, insbesondere durch Winderosion.

Die Uferländer von stehenden und fließenden Gewässern sollen mit einem standortgerechten Dauerbewuchs zum Auffangen von Abschwemm- und Erosionsprodukten versehen sein.

Tränkestellen unmittelbar an und in Gewässern bieten die Gefahr einer Verunreinigung und sind zu vermeiden. Die Gewässer sind entlang von Viehweiden ggf. einzuzäunen. Das Tränken der Weidetiere aus Gewässern soll zweckmäßig über Zulaufleitungen mit Selbsttränkepumpen erfolgen.

## 6.4 Zusätzliche Maßnahmen in Wasserschutzgebieten

### 6.4.1 Allgemeines

Wasserschutzgebiete können, soweit es das Wohl der Allgemeinheit erfordert, nach § 19 WHG festgesetzt werden, um „1. Gewässer im Interesse der derzeit bestehenden oder künftigen öffentlichen Wasserversorgung vor nachteiligen Einwirkungen zu schützen oder

2. das Grundwasser anzureichern oder

3. das schädliche Abfließen von Niederschlagswasser zu verhüten.“ (106)

Daneben gelten die einschlägigen Bestimmungen der Landeswassergesetze.

Heilquellenschutzgebiete können nach Landesrecht festgesetzt werden (324).

In den Wasserschutzgebieten können zusätzliche Maßnahmen für den Gewässerschutz gefordert werden. Die Maßnahmen in den einzelnen Zonen eines Wasserschutzgebietes werden gemäß dem jeweiligen erforderlichen Schutzzweck festgelegt. Sie ergeben sich – abgestuft nach Verboten, Nutzungsbeschränkungen, Duldungspflichten, Genehmigungsvorbehalten und Anzeigepflichten – aus der geltenden Wasserschutzgebietsverordnung, der die Richtlinien für Trinkwasserschutzgebiete (I. – III. Teil) des DVGW-Regelwerkes und die Richtlinien für Heilquellenschutzgebiete der LAWA zugrunde liegen. Diese besagen, soweit es den landwirtschaftlichen Betrieb und die Düngung betreffen:

#### a) Schutzgebiete für Grundwasser: DVGW-Arbeitsblatt W 101, Ziffer 5 (315)

Zone III: Die Zone III soll den Schutz vor weitreichenden Beeinträchtigungen, insbesondere vor nicht oder schwer abbaubaren chemischen . . . Verunreinigungen, gewährleisten.

Wird die Zone III in III A und III B aufgegliedert, gelten in Zone III B für die Landwirtschaft keine Einschränkungen.

In der Zone III A sind gefährlich und in der Regel nicht tragbar vor allem <sup>1)</sup>:

- Intensivtierhaltung
- offene Lagerung und Anwendung boden- und wasserschädigender chemischer Mittel für Pflanzenschutz, für Aufwuchs- und Schädlingsbekämpfung sowie zur Wachstumsregelung
- Abwasserlandbehandlung, Abwasserverregnung, Versickerung von Abwasser . . . , Untergrundverrieselung, Sandfiltergräben, Abwassergruben
- Entleerung von Wagen der Fäkalienabfuhr

Zone II: Die Zone II soll den Schutz vor Verunreinigungen und sonstigen Beeinträchtigungen gewährleisten, die von verschiedenen menschlichen Tätigkeiten und Einrichtungen ausgehen und wegen ihrer Nähe zur Fassungsanlage besonders gefährdend sind.

In der Zone II sind gefährlich und in der Regel nicht tragbar vor allem <sup>1)</sup>:

- die für die Zonen III B und III A genannten Einrichtungen, Handlungen und Vorgänge
- landwirtschaftliche Betriebe, Stallungen, Gärfuttermieten
- Intensivbeweidung, Viehansammlungen, Pferche
- organische Düngung, sofern die Düngstoffe nach der Anfuhr nicht sofort verteilt werden oder die Gefahr ihrer oberirdischen Abschwemmung in den Fassungsbereich besteht
- Überdüngung <sup>2)</sup>
- offene Lagerung und unsachgemäße Anwendung von Mineraldünger
- Gärfuttermieten
- Gartenbaubetriebe
- Lagerung von Heizöl und Dieselöl
- Dräne und Vorflutgräben
- Fischteiche

<sup>1)</sup> Die Reihenfolge der Aufzählung bedeutet keine Rangfolge für die Bewertung

<sup>2)</sup> Überdüngung = eine über den Nährstoffbedarf der Pflanzen hinausgehende, Schaden an Pflanzen, Boden oder Grundwasser verursachende Düngergabe

- Zone I: Die Zone I soll den Schutz der unmittelbaren Umgebung der Fassungsanlage vor Verunreinigungen und sonstigen Beeinträchtigungen gewährleisten.
- In der Zone I sind gefährlich und in der Regel nicht tragbar vor allem <sup>1)</sup>:
- die für Zonen III B III A und II genannten Einrichtungen, Handlungen und Vorgänge
  - jede landwirtschaftliche Nutzung
  - Anwendung chemischer Mittel für Pflanzenschutz, für Aufwuchs- und Schädlingsbekämpfung sowie zur Wachstumsregelung
  - organische Düngung
- Die Flächen der Zone I sollen im Eigentum des Wasserversorgungsunternehmens stehen.

**b) Schutzgebiete für Trinkwassertalsperren: DVGW-Arbeitsblatt W 102, Ziffer 5 (316)**

- Zone III: Die Zone III soll den Schutz vor weitreichenden, insbesondere vor nicht oder schwer abbaubaren chemischen . . . Verunreinigungen und sonstigen Beeinträchtigungen sowie vor Eutrophierung gewährleisten.

In der Zone III, die vornehmlich forstwirtschaftlich genutzt werden soll, sind im allgemeinen tragbar:

- landwirtschaftliche Nutzung, wenn die Flurstücke so bewirtschaftet werden, daß keine verstärkte Bodenerosion eintritt (möglichst höhengleiche Furchen), und wenn die Düngung so vorgenommen wird, daß auch bei Starkregen, Schneeschmelze oder Überschwemmung die Abschwemmung der aufgebrauchten Stoffe in die Talsperre und ihre Zuläufe vermieden wird.
- landwirtschaftliche Betriebe, wenn Stallmist, Jauche, Gülle und Silagesäfte so gesammelt werden, daß sie weder in den Untergrund eindringen noch oberflächlich abfließen können und sie entweder in unbedenklicher Weise landwirtschaftlich oder gärtnerisch das ganze Jahr verwendet oder gefahrlos aus dem Wasserschutzgebiet entfernt werden, und wenn das häusliche Abwasser in einer für die Talsperre ungefährlichen Weise beseitigt wird,
- oberirdisches Lagern von Heizöl für den Hausgebrauch und von Dieselöl für landwirtschaftlichen Betrieb, wenn die erforderlichen Sicherheitsmaßnahmen für Bau, Antransport, Füllung, Lagerung und Betrieb getroffen und eingehalten werden.

In der Zone III sind gefährlich und in der Regel – ausgenommen die vorgenannten Einrichtungen, Handlungen und Vorgänge – nicht tragbar vor allem <sup>1)</sup>:

- Abwasserlandbehandlung, Abwasserverregnung, Versenkung oder Versickerung von Abwasser . . . , Untergrundverrieselung, Sandfiltergräben, Abwassergruben . . .
- Einleiten von Abwasser . . . – auch von behandeltem – in die Talsperrenzuläufe
- offene Lagerung und Anwendung boden- oder wassergefährdender Mittel für Pflanzenschutz, für Aufwuchs- und Schädlingsbekämpfung sowie Wachstumsregelung; Schädlingsmittelzerstäubung aus der Luft
- Entleerung von Wagen der Fäkalienabfuhr
- Viehtränken an oberirdischen Gewässern, Viehtrieb durch Gewässer
- Fischzuchtbetriebe; Fischteiche mit Fütterung
- Viehansammlungen, Pferche, Massentierhaltung
- Rodungen und sonstige Handlungen, die die Erosion begünstigen

- Zone II: Die Zone II soll den Schutz vor Verunreinigungen und sonstigen Beeinträchtigungen gewährleisten, die von verschiedenen menschlichen Tätigkeiten und Einrichtungen ausgehen und wegen ihrer Nähe zur Talsperre und zu deren Zuläufen besonders gefährdend sind.

In der Zone II sind im allgemeinen tragbar forstwirtschaftliche sowie landwirtschaftliche Nutzung als Grünland, wenn die Düngung so vorgenommen wird, daß auch bei Starkregen, Schneeschmelze oder Überschwemmung die Abschwemmung der aufgebrauchten Stoffe in die Talsperre und ihre Zuläufe vermieden wird.

In der Zone II sind gefährlich und in der Regel nicht tragbar vor allem <sup>1)</sup>:

- die für Zone III . . . genannten Einrichtungen, Handlungen und Vorgänge . . . landwirtschaftliche Betriebe, Stallungen
- Gärfuttersilos
- landwirtschaftliche Nutzung außer als Grünland
- organische Düngung, sofern die Dungstoffe nach der Anfuhr nicht sofort verteilt werden oder die Gefahr ihrer oberirdischen Abschwemmung in die Talsperre und ihre Zuläufe besteht
- Überdüngung <sup>2)</sup>
- offene Lagerung und unsachgemäße Anwendung von Mineraldünger
- Gärfuttermieten
- Kleingärten und Gartenbaubetriebe
- Fischteiche

<sup>1)</sup> siehe Fußnote Seite 39    <sup>2)</sup> siehe Fußnote Seite 39



- Zone I: Die Zone I soll den Schutz vor unmittelbaren Verunreinigungen und sonstigen Beeinträchtigungen des Talsperrenwassers gewährleisten.  
In der Zone I sind gefährlich und in der Regel nicht tragbar vor allem <sup>1)</sup>):
- die für die Zonen III und II genannten Einrichtungen, Handlungen und Vorgänge
  - jede landwirtschaftliche Nutzung
  - Anwendung chemischer Mittel für Pflanzenschutz, für Aufwuchs- und Schädlingsbekämpfung sowie zur Wachstumsregelung
  - Düngung

**c) Schutzgebiete für Seen: DVGW-Arbeitsblatt W 103, Ziffer 5 (317)**

Zone IIIB: Die Zone III B soll den Schutz vor den weitreichenden Beeinträchtigungen, insbesondere nicht abbaubaren chemischen . . . Verunreinigungen, gewährleisten.

In der Zone III B sind gefährlich vor allem <sup>1)</sup>):

- Einleiten nicht ausreichend behandelten Abwassers, insbesondere mit nicht abbaubaren chemischen . . . Inhaltsstoffen, in die Zuläufe
- Rodungen und sonstige Handlungen, die die Erosion begünstigen

Im übrigen ergeben sich für den landwirtschaftlichen Betrieb und die Düngung keine Einschränkungen.

Zone IIIA: Die Zone III A soll über die Schutzforderung in Zone III B hinaus den Schutz vor weitreichenden Verunreinigungen und sonstigen Beeinträchtigungen, insbesondere eutrophierenden Stoffen, gewährleisten.

In der Zone III A sind gefährlich vor allem <sup>1)</sup>):

- offene Lagerung und Anwendung boden- oder wasserschädigender chemischer Mittel für Pflanzenschutz, für Aufwuchs- und Schädlingsbekämpfung sowie zur Wachstumsregelung
- Abwasserbehandlung, Abwassererregung, Abwasserversenkung, Abwasserversickerung . . .
- Einleiten von Abwasser . . . – auch von behandeltem – in die Zuläufe

Zone IIB: Die Zone II B soll unmittelbare Verunreinigungen und sonstige Beeinträchtigungen des Sees vom Ufergelände her verhindern.

In der Zone II B sind gefährlich vor allem <sup>1)</sup>):

- die für die Zone III A . . . genannten Einrichtungen, Handlungen und Vorgänge
- organische Düngung, sofern die Dungstoffe nach der Anfuhr nicht sofort verteilt werden oder die Gefahr ihrer oberirdischen Abschwemmung in den See und seine Zuläufe besteht
- Überdüngung <sup>2)</sup>
- offene Lagerung und unsachgemäße Anwendung von Mineraldünger
- Gärfuttermieten
- Intensivtierhaltung, Viehansammlungen

Zone IIA: Die Zone II A soll den Schutz vor unmittelbaren Verunreinigungen und sonstigen Beeinträchtigungen im See selbst gewährleisten.

In der Zone II A sind gefährlich vor allem <sup>1)</sup>):

- die für die Zonen III B, III A und II B genannten Einrichtungen, Handlungen und Vorgänge
- Anwendung chemischer Mittel für Pflanzenschutz, für Aufwuchs- und Schädlingsbekämpfung sowie zur Wachstumsregelung
- Durchleiten von Abwasser und wassergefährdenden Stoffen in Rohrleitungen
- Fischzucht, Fischfütterung

Zone I: Die Zonen I B und I A sollen den Schutz vor unmittelbaren Verunreinigungen und sonstigen Beeinträchtigungen des Seewassers vom Ufergelände in der Nähe der Entnahmestelle bzw. im Entnahmebereich gewährleisten.

In den Zonen I B und I A sind gefährlich und in der Regel nicht tragbar vor allem <sup>1)</sup>):

- die in den Zonen III B, III A, II B und II A genannten Einrichtungen, Handlungen und Vorgänge.

**d) Heilquellenschutzgebiete: Richtlinien der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (324)**

Zone I: Die Zone I soll den Schutz der unmittelbaren Umgebung der Fassungsanlagen vor jeder Verunreinigung und sonstigen qualitativen Beeinträchtigungen gewährleisten.

In der Zone I sind über die in den Zonen II, III und IV als gefährlich gekennzeichneten Nutzungen und Einwirkungen hinaus in der Regel untragbar:

3. jede landwirtschaftliche Nutzung

<sup>1)</sup> siehe Fußnote Seite 39

**Zone II:** Die Zone II soll den Schutz vor Verunreinigungen und sonstigen qualitativen Beeinträchtigungen gewährleisten, die von bestimmten menschlichen Tätigkeiten und Einrichtungen ausgehen und wegen ihrer Nähe zur Fassungsanlage besonders gefährdend sind.

In der Zone II sind über die in den Zonen III und IV als gefährlich gekennzeichneten Nutzungen und Einwirkungen hinaus in der Regel als nicht tragbar diejenigen anzusehen, die entweder mit der dauernden Anwesenheit von Menschen oder mit der Zerstörung der belebten Bodenzone und der Deckschichten verbunden sind.

Derartige Nutzungen und Einwirkungen sind insbesondere:

- k) Intensivbeweidung, Viehansammlungen, Pferche
- l) organische Düngung, sofern die Dungstoffe nach der Anfuhr nicht sofort verteilt werden oder die Gefahr ihrer oberirdischen Abschwemmung in den Fassungsbereich besteht; Überdüngung
- m) offene Lagerung und unsachgemäße Anwendung von Mineraldünger
- n) Gärfuttermieten

**Zone III und**

**Zone IV:** Die Zonen III und IV sollen den Schutz vor weitreichenden qualitativen Beeinträchtigungen gewährleisten, insbesondere vor nicht oder schwer abbaubaren chemischen und radioaktiven Verunreinigungen.

In der Zone III sind über die in Zone IV als gefährlich bezeichnete Nutzungen und Einwirkungen hinaus in der Regel nicht tragbar, insbesondere:<sup>1)</sup>

- d) Massen- oder Intensivtierhaltung
- f) Abwasserlandbehandlung, Abwasserverregnung, Versickerung von Abwasser einschließlich des von Straßen und sonstigen Verkehrsflächen abfließenden Wassers, Untergrundverrieselung, Sandfiltergräben, Abwassergruben.

Die Maßnahmen der landwirtschaftlichen Betriebe in den Trinkwasser- und Heilquellenschutzgebieten sind nach morphologischen, bodenkundlichen und hydrologischen Kriterien zu beurteilen (310, 311, 455).

#### 6.4.2 Sammeln, Lagern und Transport von Düngern

In Wasserschutzgebieten unterliegen die Einrichtungen zum Sammeln, Lagern und Transport und zur Herstellung von Düngern zusätzlich den jeweiligen Spezialvorschriften des WHG und der Lagerbehälterverordnungen bzw. der Verordnung über Anlagen zum Lagern, Abfüllen und Umschlagen wassergefährdender Stoffe (VAWS) sowie der Wasserschutzgebietsverordnungen.

Regelmäßig darf Handelsdünger in Wasserschutzgebieten nur in der weiteren Schutzzone (Zone III) und nur in Anlagen gelagert werden, die in ihrem Aufbau einfacher oder herkömmlicher Art sind (vgl. z.B. § 15 Abs. 2 VAWS NW). Der Gesamtrauminhalt ist bei Anlagen mit unterirdischen Behältern zur Lagerung flüssiger Stoffe auf 40 000 Liter, bei Anlagen mit oberirdischen Behältern auf 100 000 Liter begrenzt. Der Auffangraum muß für den Gesamtrauminhalt der in ihm aufgestellten Behälter bemessen sein. Die Lagerung von Düngern vor dem Ausbringen im freien Feld darf auch kurzzeitig nur auf undurchlässigen Auflageflächen erfolgen. Flüssige Dünger müssen in dichten Behältern gelagert werden. Gärfuttermieten dürfen in Wasserschutzgebieten nur angelegt werden, wenn sie mit dichter Unterlage und ausreichend dimensionierten Auffangbehältern ausgerüstet sind. Im übrigen sind im Einzelfall die Festsetzungen der jeweiligen Schutzgebietsverordnung maßgebend.

#### 6.4.3 Düngung

Die Düngung in Wasserschutzgebieten hat generell nach einem mit der landwirtschaftlichen Beratung abgestimmten Düngeplan zu erfolgen. Der Düngeplan soll die Aufbringung der Dünger in Art, Menge und der Zeitfolge im einzelnen enthalten.

In Wasserschutzgebieten von Grundwassergewinnungsanlagen ist der Verhinderung der Auswaschung von Stickstoff große Bedeutung beizumessen. Auf Dauergrünland ist die Nitratauswaschung gering, wenn die – auch dort unerläßlichen – Dünger nicht zur Unzeit gegeben werden. Starker Leguminosenanbau steigert die auswaschungsgefährdeten Stickstoffvorräte im Boden. Gezielte Anwendung von Handelsdüngern, kombiniert mit Stroh- und Gründüngung, ist am wirksamsten, um die Auswaschung zu verhindern. Die Stickstoffgabe muß zeitlich eng an den voraussichtlichen Pflanzenbedarf angepaßt werden. Auf schwefelhaltige Dünger sollte verzichtet werden, und es sollten möglichst hochprozentige Kalisalze benutzt werden.

In den Zonen I (Entnahme- und Fassungsbereich) und II (engere Schutzzone) von Wasserschutzgebieten darf keine Düngung mit kommunalen Siedlungsabfällen erfolgen. In der Zone III (weitere Schutzzone) können Siedlungsabfälle unter Beachtung der in diesem Arbeitsblatt enthaltenen Vorschriften (siehe Abschnitt 6.2.4) aufgebracht werden. Eine Düngung mit industriellen Produktionsreststoffen ist nur dann zulässig, wenn durch Kontrolluntersuchungen sichergestellt ist, daß keine boden- und pflanzenschädlichen, veterinär- und humantoxikologisch bedenklichen Konzentrationen an Inhaltsstoffen (z.B. Schwermetalle) vorhanden sind.

<sup>1)</sup> siehe Fußnote Seite 39

## 7. Dokumentation

### 7.1 Rechtsvorschriften

101. Bundesseuchengesetz i. d. F. vom 18.12.1979 (BGBl. I S 2248).
102. Düngemittelgesetz vom 15.11.1977 (BGBl. I S. 2134).
103. Düngemittelverordnung vom 19.12.1977 (BGBl. I S. 2845), zuletzt geändert 14.07.1981 (BGBl. I S. 659).
104. Gesetz über Abgaben für das Einleiten von Abwasser in Gewässer (Abwasserabgabengesetz – AbwAG) vom 13.09.1976 (BGBl. I S. 2721).
105. Gesetz über die Beseitigung von Abfällen (Abfallbeseitigungsgesetz – AbfG) i. d. F. vom 05.01.1977 (BGBl. I S. 41, 288), zuletzt geändert 04.03.1982 (BGBl. I S. 281).
106. Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts (Wasserhaushaltsgesetz – WHG) i. d. F. d. Bekanntmachung vom 16.10.1976 (BGBl. I S. 3017), geändert durch Art. 69 EGAO 1977 vom 14.12.1976 (BGBl. I S. 3341) und durch Art. 7 Gesetz zur Bekämpfung der Umweltkriminalität – 18. StrÄndG – vom 28.03.1980 (BGBl. I S. 373).
107. Pflanzenschutzgesetz i. d. F. vom 02.10.1975 (BGBl. I S. 2591) ber. BGBl. 1976 I S. 1059, ber. BGBl. 1979 I S. 652, geänd. durch Art. 1 G. v. 16.06.1978 (BGBl. I S. 749).
108. Richtlinie über die Qualität der Badegewässer (76/160/EWG – Amtsblatt der EG vom 05.02.1976 – L 31/1.)
109. Klärschlammverordnung (AbfKlärV) vom 25.06.1982 (BGBl. I S. 734).
110. Verordnung über Anlagen zur Lagerung, Abfüllung und Beförderung brennbarer Flüssigkeiten zu Lande (Verordnung über brennbare Flüssigkeiten – VbF –) vom 27.02.1980 (BGBl. I S. 173, 229), geändert 03.05.1982 (BGBl. I S. 569).
111. Verordnung über Probenahmeverfahren und Analyseverfahren für die amtliche Düngemittelüberwachung (Probenahme- und Analyseverordnung – Düngemittel) vom 19.12.1977 (BGBl. I S. 2882), geänd. 10.04.1979 (BGBl. I S. 462, 468).
112. Verordnung über Trinkwasser und über Brauchwasser für Lebensmittelbetriebe (Trinkwasser-Verordnung) vom 31.01.1975 (BGBl. I S. 453), zuletzt geänd. 25.06.1980 (BGBl. I S. 764).
113. Verordnung über Anlagen zum Lagern, Abfüllen und Umschlagen wassergefährdender Stoffe (VAwS), z. B. vom 31.7.1981 (GV.NWS. 490).
114. Vierte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen – 4. BImSchV) vom 14.2.1975 (BGBl. I S. 499).

### 7.2 Normen

201. DIN 1185 Regelung des Bodenwasser-Haushaltes durch Rohrdränung, rohrlose Dränung und Unterbodenmelioration.
202. DIN 2000 Zentrale Trinkwasserversorgung, Leitsätze für Anforderungen an Trinkwasser; Planung, Bau und Betrieb der Anlagen.
203. DIN 2001 Leitsätze für die Einzel-Trinkwasserversorgung.
204. DIN 4045 Abwasserwesen, Fachausdrücke und Begriffserklärungen.
205. DIN 4046 Wasserversorgung, Begriffe, Gelbdruck vom Oktober 1980.
206. DIN 4047 Landwirtschaftlicher Wasserbau, Fachausdrücke und Begriffserklärungen.
207. DIN 4049 Gewässerkunde: Fachausdrücke und Begriffserklärungen,  
Blatt 1: Teil I = quantitativ,  
Blatt 2: Teil II = qualitativ.
208. DIN 4261 Kleinkläranlagen, Richtlinien für Anwendung, Bemessung, Ausführung und Betrieb.
209. DIN 11622 Gärfutterbehälter, Bemessung – Ausführung – Beschaffenheit.
210. DIN 19650 Bewässerung und Verwendung von Abwasserrückständen; Hygienische Richtlinien.

### 7.3 Richtlinien und Merkblätter

301. Abwassertechnische Vereinigung:  
Hinweise für das Einleiten von Abwasser aus gewerblichen und industriellen Betrieben in eine öffentliche Kanalisationsanlage, Arbeitsblatt A 115, Bonn, 1970.
302. Abwassertechnische Vereinigung:  
Dienst- und Betriebsanweisungen für das Personal von Kläranlagen, Arbeitsblatt A 124, Bonn, 1974.
303. Abwassertechnische Vereinigung:  
Merkblatt über die Verwertung von Klärschlamm in der Landwirtschaft, ATV-Landesgruppe Bayern, 1976.
304. Bayerische Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau, Bayerische Landesanstalt für Wasserforschung, Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft:  
Reinhaltung des Chiemsees, München, 19.10.1978.
305. Bayerische Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau, Bayerische Landesanstalt für Wasserforschung, Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft:  
Hinweise zur Verminderung der Phosphorzufuhr aus diffusen Quellen in die Gewässer, München, 22.1.1979.
306. Bayerische Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau, Bayerische Landesanstalt für Tierzucht, Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft:  
Merkblatt über die Gefährdung von Gewässern durch Gärtsaft (Silosickersaft) aus der Gärfutterbereitung, München, 2. Auflage, 1979.
307. Bayerische Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau, Bayerische Landesanstalt für Tierzucht, Bayerische Landesanstalt für Betriebswirtschaft und Agrarstruktur, Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft:  
Merkblatt über die sachgemäße Lagerung und Ausbringung von Wirtschaftsdüngern in der Landwirtschaft unter Berücksichtigung des Gewässerschutzes, München, 1979.
308. Blanken, G., Tietjen, C. und Strauch, D.:  
Entwurf Merkblatt: Tierische Exkreme aus Massentierhaltungen.
309. Bundesminister für Arbeit und Sozialordnung:  
Technische Regeln für gefährliche Arbeitsstoffe – Ammoniumnitrat – TRgA 511, Bundesarbeitsblatt, Fachbeilage, Arbeitsschutz, Ausgabe März 1976, Seite 288, Stand 9/76.
310. Deutsche Bodenkundliche Gesellschaft:  
Beurteilungskriterien und Empfehlungen zur Bodennutzung in Zone II von Schutzgebieten für Grundwasser.  
Arbeitskreis „Bodennutzung in Wasserschutz- und Wasserschongebieten“, Federführung: B. Wohlrab, Zeitschrift für Kulturtechnik und Flurbereinigung, Jg. 17, 1976.
311. Deutsche Bodenkundliche Gesellschaft:  
Beurteilungskriterien und Empfehlungen zur Bodennutzung in Schutzgebieten von Trinkwassertalsperren. Unveröffentlicht, 4. Entwurf, September 1980.  
Arbeitskreis „Bodennutzung in Wasserschutz- und Wasserschongebieten“. Bearbeitung: A. Fittchen, K. Mollenhauer, B. Wohlrab.
312. Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft:  
Wohin mit dem Gärtsaft?  
DLG-Merkblatt 128, Frankfurt, 1976.
313. Deutscher Verband Forstlicher Forschungsanstalten:  
Merkblatt über die Aufbringung von Klärschlamm auf forstlich genutzte Flächen, Arbeitskreis „Wald und Siedlungsabfälle“, Stuttgart, 1979.
314. Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V.:  
Hinweise zur Verhütung der biologischen Brunnenverockerung, DVGW-Regelwerk, Merkblatt E 131, Januar 1970.
315. Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V.:  
Richtlinien für Trinkwasserschutzgebiete, I. Teil: Schutzgebiete für Grundwasser, DVGW-Regelwerk, Arbeitsblatt W 101, Frankfurt/Main, 1975.
316. Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V.:  
Richtlinien für Trinkwasserschutzgebiete, II. Teil: Schutzgebiete für Trinkwassertalsperren, DVGW-Regelwerk, Arbeitsblatt W 102, Frankfurt/Main, 1975.
317. Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V.:  
Richtlinien für Trinkwasserschutzgebiete, III. Teil: Schutzgebiete für Seen, DVGW-Regelwerk, Arbeitsblatt W 103, Frankfurt/Main, 1975.
318. Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V.:  
Behandlung des Waldes in Schutzgebieten für Trinkwassertalsperren, DVGW-Regelwerk, Merkblatt W 105, Frankfurt/Main, 1979.
319. Hessischer Minister für Landesentwicklung, Umwelt, Landwirtschaft und Forsten:  
Informationsschrift: Möglichkeiten und Grenzen der Verwertung kommunalen Klärschlammes in der Landwirtschaft, Juli 1978 (Staatsanzeiger 1978, S. 2319).
320. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL):  
Abwasser aus landwirtschaftlichen Betrieben, KTBL-Planungsrahmen, PL 10, ATV-Arbeitsblatt A 116, Frankfurt/Main, November 1970.

321. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (KTBL):  
Abwassertechnische und wasserwirtschaftliche Probleme der Massentierhaltung, bearbeitet von Dr. Ing. K. Th. Rager  
Bauschrift 11, Frankfurt/Main, 1971.
322. Kuratorium für Wasser- und Kulturbauwesen e.V. (KWK) und  
Deutscher Verband für Wasserwirtschaft e.V. (DVWW):  
Nährstoffeintrag in Gewässer,  
Merkblatt zur Planung und Durchführung der Probenahme und Konservierung der Wasserproben, Regeln zur Wasserwirtschaft, Heft 110, 1978.
323. Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA):  
Möglichkeiten und Grenzen der Verwertung von Klärschlamm in der Landwirtschaft, Informationsschrift, Runderlaß des Ministers für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten NW vom 04.09.1978,  
(MinBl. NW S. 1588).
324. Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA):  
Richtlinien für Heilquellenschutzgebiete.  
2. überarbeitete Auflage, Fassung: Februar 1978,  
Flöttmann-Verlag, Gütersloh, 1979.
325. Landkreis Ochsenfurt:  
Merkblatt über die gewässerschädliche Ablagerung von Zuckerrübenblättern.
326. Land- und Hauswirtschaftlicher Auswertungs- und Informationsdienst e.V.:  
Gewässer sauberhalten,  
AID, Nr. 35, Bonn-Bad Godesberg, 1968.
327. Land- und Hauswirtschaftlicher Auswertungs- und Informationsdienst e.V.:  
Richtiges Lagern wassergefährdender Flüssigkeiten,  
AID, Nr. 337, Bonn-Bad Godesberg, 1971.
328. Land- und Hauswirtschaftlicher Auswertungs- und Informationsdienst e.V.:  
Gärfutter bereiten,  
AID, Nr. 280, Bonn-Bad Godesberg, 1977.
329. Landwirtschaftskammer Rheinland:  
Information über die Unterbringung von Klärschlamm im Landbau,  
Bonn, 1979.
330. Landwirtschaftskammer Rheinland:  
Bodenuntersuchungsbefund und Düngungsempfehlung (für die landwirtschaftlichen Betriebe des Kammerbezirkes herausgegebenes Faltblatt)  
Bonn, August 1980.
331. Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Umwelt Baden-Württemberg:  
Informationsschrift: Möglichkeiten und Grenzen der Verwertung von Klärschlamm in der Landwirtschaft, Stand Februar 1977.
332. Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Umwelt Baden-Württemberg:  
Richtlinien für die Anforderungen an Abwasser bei Einleitung in öffentliche Abwasseranlagen vom 28. Juni 1978, Nr. 74-5040.
333. Staatliches Amt für Wasser- und Abfallwirtschaft Münster:  
Merkblatt zur Lagerung und Beseitigung von Abwasser aus landwirtschaftlichen Betrieben, Münster/Westfalen, 1979.
334. Verein Deutscher Ingenieure:  
Auswurfbegrenzung Tierhaltung – Schweine.  
VDI-Richtlinie Nr. 3471.
335. Zentralstelle für Abfallbeseitigung (ZfA):  
Die Behandlung und Beseitigung von Klärschlämmen unter Berücksichtigung ihrer seuchenhygienisch unbedenklichen Verwertung im Landbau,  
ZfA-Merkblatt 7 (Mai 1972)  
Bundesgesundheitsblatt 1972, S. 234.
336. Zentralstelle für Abfallbeseitigung und Umweltbundesamt:  
Vorläufiges Merkblatt: Qualitätskriterien und Anwendungsempfehlungen für Kompost aus Müll und Klärschlamm,  
verabschiedet durch Beschluß der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall vom 10.03.1977.

#### 7.4 Schrifttum

401. Amberger, A.:  
Dynamik des Stickstoffs im Boden im Hinblick auf Festlegung und Auswaschung, Wasser- und Abwasserforschung,  
7. Jahrgang, Nr. 1, 1974.
402. Bardtke, D. und Tietjen, C.:  
Silosickersaft, in: Strauch/Baader/Tietjen:  
Abfälle aus der Tierhaltung,  
Verlag Eugen Ulmer,  
Stuttgart 1977.
403. Bernhardt, H. und Hamm, A.:  
Die Belastung der wichtigsten Seen und Talsperren,  
ATV-Fortbildungskurs, Teil B/3, Nr. III.  
2.1 vom 17.3. – 21.3.1980.
404. Blanken, G., Strauch, D. und Tietjen, C.:  
Abfälle aus Massentierhaltungen, Müll und Abfall,  
4. Jahrgang, 1972, Heft 2.
405. Buchner, A. et al.:  
Düngemittel und Umweltschutz.  
In: Ullmanns Enzyklopädie der technischen Chemie,  
4. Auflage (1975), Band 10, S. 250 ff.
406. Buchner, A. und Sturm, H.:  
Gezielter Düngen,  
DLG-Verlag, Frankfurt/Main, 1980.
407. Buchner, A. und Isermann, K.:  
Düngung und Umwelt.  
In: Chemie in der Landwirtschaft; BASF-Symposium vom 12. September 1979 in Limburgerhof.  
Verlag Wissenschaft und Politik, 1980.

408. Bundesgesundheitsamt – Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene:  
Fachliche Unterlagen für die Rechtsverordnung nach § 15, Abs. 2 Abfallbeseitigungsgesetz, Ausarbeitung der BGA-Kommission: „Landwirtschaftliche Nutzung von Abfällen und ähnlichen Stoffen“, Berlin, März 1974.
409. Czeratzki, W.:  
Die Stickstoffauswaschung in der landwirtschaftlichen Pflanzenproduktion, Landbauforschung, Völkenrode, 23. Jahrgang, 1973, Heft 1.
410. Dahm-Ahrens, H.:  
Die Bodenkarte 1:5000 auf der Grundlage der Bodenschätzung, ihre Herstellung und ihre Verwendungsmöglichkeiten.  
Herausgeber: Geologisches Landesamt NW, Band 8, Krefeld, 1960.
411. Domsch, K.-H. (Herausgeber):  
Umweltschutz in Land- und Forstwirtschaft, Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin, 1972.
412. El-Bassam, N.:  
Spurenelemente: Nährstoffe und Gift zugleich,  
Kali-Briefe, 14 (4), 1978, S. 255 – 272.
413. Europäische Gemeinschaften:  
Ökologische Folgen der Anwendung moderner Produktionsmethoden in der Landwirtschaft, Hausmitteilungen über Landwirtschaft, Nr. 137, Brüssel, 1974.
414. Finck, A.:  
Pflanzenernährung in Stichworten,  
Verlag Ferdinand Hirt, 3. überarbeitete Auflage,  
Kiel 1976.
415. Fischer, D. von:  
Nährstoffwirkung wirtschaftseigener Dünger,  
Landwirtschaftliche Zeitschrift Rheinland, 145. Jahrgang Nr. 9, 1978.
416. Hauptarbeitskreis Düngung:  
Umweltaspekte der Düngemittelanwendung,  
Handbuch.  
Eigenverlag Centre d'Etude de L-Azote, International Superphosphate and Compound Manufactures Association Ltd., Internationales Kaliinstitut.
417. Hauptausschuß „Phosphate und Wasser“:  
Phosphor – Wege und Verbleib in der Bundesrepublik Deutschland,  
Verlag Chemie, Weinheim – New York, 1978.
418. Kick, H.:  
Verwertung von Abfällen im Landbau,  
in: W. Kumpf, K. Maas, H. Straub:  
Müll- und Abfallbeseitigung, Band 3,  
Erich Schmidt Verlag, Berlin, 1971.
419. Kloke, A.:  
Der Einfluß von Schadgasen und Schadstoffen auf die Vegetationsdecke,  
in: Olschowy, G. (Hrsg.):  
Natur- und Umweltschutz in der Bundesrepublik Deutschland, Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg, 1978.
420. Kretzschmar, R.:  
Der Einfluß unterschiedlicher Bodennutzungen auf die Nährstofffracht eines Gewässers, Schriftenreihe des Deutschen Verbandes für Wasserwirtschaft und Kulturbau, Heft 40, 1979.
421. Kuntze, H. und Scheffer, B.:  
Die Phosphatmobilität im Hochmoorboden in Abhängigkeit von der Düngung, Zeitschrift Pflanzenernährung, Bodenkunde, 142, 1979, S. 155 – 168.
422. Landesanstalt für Wasser und Abfall NW:  
Gutachtliche Stellungnahme über Einfluß der Landwirtschaft, insbesondere die Anwendung animalischer Düngemittel, Gärfermenten, Silageabwässer etc. im Bereich von Wasserschutzgebieten auf die Qualität von Grund- und Oberflächenwasser,  
unveröffentlicht, Krefeld, 1971.
423. Landesausschuß für landwirtschaftliche Forschung, Erziehung und Wirtschaftsberatung beim Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten NW:  
Untersuchungen zur Kontamination von Grund- und Oberflächenwasser durch land- und forstwirtschaftliche Bodennutzung,  
Aus: Forschung und Beratung, Reihe C, Heft 30 (1976), 245 Seiten  
Landwirtschaftsverlag Münster-Hiltrup.
424. Landner, L.:  
Eutrophication of Lakes – Causes, Effects and Means for Control  
Report WHO-Regional Office for Europe, ICP/CEP 210, 1976.
425. Landtag Nordrhein-Westfalen:  
Gesetzentwurf (LAbfG) der Landesregierung, Drucksache 7/2472 vom 27.02.1973.
426. Landwirtschaftliche Untersuchungs- und Forschungsanstalt Speyer:  
Untersuchungen von 76 Müllkompostproben aus Rheinland-Pfalz von 1971 bis 1980, Speyer 1980.
427. Landwirtschaftliche Untersuchungs- und Forschungsanstalt Speyer:  
Untersuchungen von 222 Klärschlammproben aus Rheinland-Pfalz von 1971 bis 1980, Speyer 1980.
428. Landwirtschaftskammer Hannover:  
Betriebsstatistik 1975/76 – Durchschnittsergebnisse von 1 112 Betrieben im Bereich der Landwirtschaftskammer Hannover.
429. Lippeverband:  
Düngwert von Klärschlamm  
unveröffentlichte Mitteilung, Juli 1978.
430. Ohlendorf, W.:  
Lysimeteruntersuchungen über den Verbleib der Düngernährstoffe insbesondere des mit 15 N markierten Stickstoffs,  
Institut für Pflanzenzüchtung der Justus-Liebig-Universität, Gießen.
431. Organisation für Economic Co-Operation and Development (OECD)

- Impact of fertilizers and agricultural waste products on the quality of waters, OECD-Report, Paris, 1973.
432. Organisation for Economic Co-Operation and Development (OECD)  
Synthesis Report von Vollenweider, R. und Kerekes, Paris, 9.5.1980.
433. Otto, A.:  
Fremdstoffbelastung der Gewässer in der Bundesrepublik Deutschland durch Land- und Forstwirtschaft, Angewandte Wissenschaft, Heft 214, Münster-Hiltrup, 1978.
434. Pfaff, C. und Friedrich, W.:  
Die Wasserbilanz des gewachsenen Bodens nach Lysimeterversuchen, WASSER UND BODEN, 6. Jahrgang, 1954, H. 9, Seite 1 – 5.
435. Reichenbach-Klinke, H.:  
Krankheiten und Schädigungen der Fische, Gustav-Fischer Verlag Stuttgart, 1966.
436. Ruhr-Stickstoff Aktiengesellschaft (Herausgeber):  
Faustzahlen für Landwirtschaft und Gartenbau, Landwirtschaftsverlag GmbH, Münster-Hiltrup, 9. überarbeitete Auflage, 1980.
437. Scherb, K.:  
Die Gärfutterbereitung und ihre Auswirkungen auf Vorfluter und Kläranlagen kleiner Gemeinden.  
In: Abwasser der Landwirtschaft und landwirtschaftlicher Verarbeitungsbetriebe Münchener Beiträge zur Abwasser-, Fischerei- und Flußbiologie, Band 16 (1969), Seite 147 – 164, Verlag R. Oldenbourg, München, Wien.
438. Schmitz, F.-J. und Kluge, G.:  
Das Düngemittelrecht mit fachlichen Erläuterungen, Landwirtschaftsverlag GmbH, Münster-Hiltrup, 1978.
439. Selenka, F.:  
Entstehung und Abbau von Nitrit in nitrat-haltiger Säuglingsnahrung, Archiv für Hygiene und Bakteriologie, 154. Band. 1970/1971.
440. Siegel, O.:  
Umweltbelastung durch Pflanzenschutz und Düngemittel, Mitteilungen des Verbandes Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten, Nr. 6, 1972, Seite 282 – 298.
441. Strauch, D.:  
Abfallprobleme in der Land- und Forstwirtschaft, in: Olschowy, G. (Herausgeber): Natur- und Umweltschutz in der Bundesrepublik Deutschland, Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg, 1978.
442. Stumm, W.:  
Einige ökologische Gesichtspunkte beim Gewässerschutz, Tagungsbericht Internat. Arbeitsgemeinschaft Wasserwerke Bodensee-Rhein, Verlag Juris, Zürich 1971.
443. Tietjen, C.:  
Qualitätsanforderungen der Landwirtschaft an Müllkompost, AID-Information, 26. Jahrgang, Nr. 4, Februar 1977.
444. Tietjen, C. und Bardtke, D.:  
Wirkung tierischer Exkremente auf Boden, Pflanze und Gewässer, Strauch/Baader/Tietjen: Abfälle aus der Tierhaltung, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 1977.
445. Tietjen, C.:  
Klärschlammanwendung zur Düngung, AID-Information, 27. Jahrgang, Nr. 10, Mai 1978.
446. Uhlmann, D.:  
Hydrobiologie, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 1975.
447. Verband der Landwirtschaftskammern:  
Düngervoranschlag über EDV, Schriftenreihe Heft 21, 1977.
448. Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten (VDLUFA):  
Düngemittelverzeichnis, VDLUFA, Darmstadt, 2. Auflage, 1974.
449. Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten (VDLUFA):  
Niederschrift über die Beschlüsse der Gemeinschaftssitzung der Fachgruppen I, II und X am 21. März 1979 in Münster.
450. Vetter, H. und andere:  
Mist- und Gülle-Verwertung und Beseitigung von Flüssigmist und Hühnerkot, DLG-Verlag, Frankfurt/Main, 1973.
451. Vetter, H. und Steffens, G.:  
Nährstoffgehalte in GülLEN, Landwirtschaftliche Untersuchungs- und Forschungsanstalt der Landwirtschaftskammer Weser-Ems, Oldenburg.
452. Vollenweider, R.A.:  
Das Nährstoffbelastungskonzept als Grundlage für den externen Eingriff in den Eutrophierungsprozeß stehender Gewässer und Talsperren, Zeitschrift für Wasser- und Abwasser-Forschung, 12. Jahrgang, Nr. 2, 1979.
453. Walther, W.:  
Beitrag zur Gewässerbelastung durch rein ackerbaulich genutzte Gebiete mit Lößböden. Veröffentlichung des Instituts für Stadtbauwesen. TU Braunschweig, Heft 28 (1979), 372 Seiten.

454. Wehrmann, J. und Scharpf, H.C.:  
Der Mineralstickstoffgehalt des Bodens als Maßstab für den Stickstoffdüngerbedarf ( $N_{\min}$ -Methode),  
Plant and Soil, 52, 1979.
455. Wohlrab, B.:  
Bodennutzung und Wasserschutzgebiete,  
Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft, 126, 1975, S. 359.
456. Wohlrab, B. und Süßmann, W.:  
Gewässergüte im ländlichen Raum,  
Zeitschrift für Kulturtechnik und Flurbereinigung, 18, 1977, S. 288.
457. Wohlrab, B. und andere:  
Einfluß der Bodennutzung auf Grundwasserbildung und Grundwassergüte – Zusammenfassung –.  
Aus: Berichte zur Landeskultur  
Herausgeber: Hessischer Minister für Landesentwicklung, Umwelt, Landwirtschaft und Forsten, 1979.
458. Zölsmann, M.:  
Die Abwässer aus landwirtschaftlichen Betrieben, Vortragsveröffentlichung  
Haus der Technik, Essen, Heft 70, 1966.
- 7.5 Weiterführendes Schrifttum**
501. Fachgruppe „Wasserchemie“ der GDCh:  
Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung,  
Verlag Chemie, Weinheim.
502. Linser, H.:  
Handbuch der Pflanzenernährung und Düngung,  
Bd. I: Pflanzenernährung, 1972  
Bd. II: Boden und Düngemittel, 1968  
Bd. III: Düngung der Kulturpflanzen, 1965  
Springer-Verlag, Wien.
503. Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten (VDLUFA):  
Methodenbuch, Bd. I:  
Untersuchung von Böden (Neuaufgabe in Vorbereitung).  
Neumann Verlag, Radebeul und Berlin, 1955.



## 8. Anhang

**Tabelle 2:** Umrechnung des Viehbestandes auf Großvieheinheiten und Anzahl der Tiere je GV (436, verändert)

| Tierart  | GV     | Anzahl Tiere je GV |
|--|--------|--------------------|
| <b>Rindvieh</b>  |        |                    |
| Zuchtbullen  | 1,20   | 0,83               |
| Milchkühe über 2 1/2 Jahre                                       | 1,10   | 0,91               |
| Jungvieh über 2 Jahre<br>(einschließlich Mast- und Schlachtvieh) | 1,00   | 1,00               |
| Jungvieh 1 – 2 Jahre (einschließlich Mastvieh)                   | 0,70   | 1,43               |
| Jungvieh unter 1 Jahr (einschließlich Mastvieh)                  | 0,30   | 3,33               |
| Mastkälber   | 0,25   | 4,00               |
| <b>Schweine</b>  |        |                    |
| Zuchtschweine ohne Ferkel  | 0,30   | 3,33               |
| Zuchtschweine mit Ferkel   | 0,45   | 2,22               |
| Mastschweine (schlachtreif)                                      | 0,20   | 5,00               |
| Mastschweine über 50 kg  | 0,16   | 6,25               |
| Läufer 20 – 50 kg  | 0,06   | 16,67              |
| <b>Hühner</b>  |        |                    |
| Legehennen   | 0,004  | 250,00             |
| Mastgeflügel (5 – 6 Umtriebe)                                    | 0,0016 | 625,00             |
| <b>Schafe</b>  |        |                    |
| Schafe über 1 Jahr   | 0,10   | 10,00              |
| Schafe unter 1 Jahr  | 0,05   | 20,00              |
| <b>Pferde</b>  |        |                    |
| Pferde schwer  | 1,20   | 0,83               |
| Pferde mittel  | 1,00   | 1,00               |
| Pferde leicht  | 0,80   | 1,25               |
| Fohlen   | 0,70   | 1,43               |

**Tabelle 3:** Frisch- bzw. Flüssigmistanfall (436)

|                              |         |        |
|------------------------------|---------|--------|
| GV Rind (Flüssigmist)        | 55      | kg/Tag |
| GV Rind (Flachstall)         | 40      | kg/Tag |
| GV Rind (Tiefstall)          | 50 – 70 | kg/Tag |
| GV Mastbullen und Jungrinder | 30 - 35 | kg/Tag |
| GV Pferd                     | 23      | kg/Tag |
| GV Schwein (Flüssigmist)     | 27,5    | kg/Tag |
| GV Schwein (Frischmist)      | 25      | kg/Tag |
| GV Huhn (Flüssigmist)        | 58      | kg/Tag |
| GV Huhn (Trockenkot)         | 12,5    | kg/Tag |

Tabelle 4: Dung- und Nährstoffanfall (Mittelwerte) (nach 330, 436, 458)

| Art   | Trocken-<br>substanz<br>% | Dunganfall<br>in kg |         | Nährstoffanfall in kg<br>je Jahr |                               |                  |     |     |
|---|---------------------------|---------------------|---------|----------------------------------|-------------------------------|------------------|-----|-----|
|   |                           | Tag                 | Jahr    | N                                | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O | CaO | MgO |
| Rinderflüssigmist je GV                           | 5                         | 90                  | 33 000  | 88                               | 44                            | 110              | 44  | 11  |
|   | 7,5                       | 60                  | 22 000  |                                  |                               |                  |     |     |
|   | 10                        | 45                  | 16 500  |                                  |                               |                  |     |     |
|   | 11                        | 41                  | 15 000  |                                  |                               |                  |     |     |
|   | 15                        | 30                  | 11 000  |                                  |                               |                  |     |     |
| Schweineflüssigmist je Mastier-<br>platz<br>je GV | 7,5                       | 5,5                 | 2 000   | 12                               | 9                             | 5                | 6   | 2   |
|   | 1                         | 289                 | 105 000 |                                  |                               |                  |     |     |
|   | 3,5                       | 82                  | 30 000  |                                  |                               |                  |     |     |
|   | 7                         | 41                  | 15 000  |                                  |                               |                  |     |     |
|   | 7,5                       | 38                  | 14 000  |                                  |                               |                  |     |     |
|   | 10,5                      | 28                  | 10 000  |                                  |                               |                  |     |     |
|   | 14                        | 21                  | 7 500   |                                  |                               |                  |     |     |
| Hühnerflüssigmist je Henne<br>je GV               | 15                        | 0,23                | 84      | 0,8                              | 0,7                           | 0,4              | 1,3 | 0,1 |
|   | 7                         | 123                 | 45 000  |                                  |                               |                  |     |     |
|   | 14                        | 62                  | 22 000  |                                  |                               |                  |     |     |
|   | 15                        | 58                  | 21 000  |                                  |                               |                  |     |     |
|   | 21                        | 41                  | 15 000  |                                  |                               |                  |     |     |

Im Einzelfall sind u. U. erhebliche Abweichungen von den Durchschnittswerten der Tabelle möglich.

Tabelle 5: Nährstoff-Versorgungsstufen und Düngungsempfehlungen (449) (330)  
Teil 1

| Rahmenschema zur Eichung und Auswertung der Bodenuntersuchung (VDLUFA 1979) (449) |                                |                                |   |
|---|--------------------------------|--------------------------------|---|
| Klasse / Stufe  | Makronährstoffe                | Kalk                           | Spurennährstoffe                            |
| (M)   | Meliorationsdüngung            | Meliorationsdüngung            | Meliorationsdüngung                         |
| A   | stark erhöhte Düngung          | stark erhöhte Düngung          | stark erhöhte Düngung                       |
| B   | mäßig erhöhte Düngung          | –                              | –   |
| C   | Erhaltungsdüngung              | Erhaltungsdüngung              | Erhaltungs- oder<br>Risikoausgleichsdüngung |
| D   | ca. 1/2 Erhaltungsdüngung      | –                              | –   |
| E   | keine Düngung                  | keine Düngung                  | keine Düngung                               |
| (S)   | Maßnahmen gegen<br>Übersorgung | Maßnahmen gegen<br>Übersorgung | Maßnahmen gegen<br>Übersorgung              |

**Teil 2: Erläuterung der Düngungsempfehlung auf Grund der durchgeführten Bodenuntersuchung (330)**

Für eine gezielte, auf den Nährstoffgehalt des Bodens und den Bedarf der Pflanzen abgestimmte Düngung sind Bodenuntersuchungen im Abstand von 3 bis 4 Jahren eine unerläßliche Voraussetzung.

**a) Ackerland**

**Kalkdüngung**

Die anzustrebenden pH-Werte sind abhängig von der Bodenart und dem Humusgehalt.

| Bodenart    | anzustrebender pH-Wert bei Humusgehalt in v.H. |                      |                            |                     |              | bei großem Kalkbedarf sind folgende jährliche Höchstabgaben nicht zu überschreiten in dt CaO je ha |
|-------------|--|----------------------|----------------------------|---------------------|--------------|--|
|             | 0 – 4 humusarm bis humos                       | 4, 1 – 8 stark humos | 8, 1 – 15 sehr stark humos | 15, 1 – 30 anmoorig | über 30 Torf |  |
| S           | 5,5  | 5,5                  | 5,0                        | 4,5                 | 4,0          | 10   |
| IS, sU      | 6,0  | 5,5                  | 5,0                        | 4,5                 | 4,0          | 15   |
| ssL, sL, IU | 6,5  | 6,0                  | 5,5                        | 5,0                 | 4,5          | 25   |
| uL, L       | 7,0  | 6,5                  | 6,0                        | 5,5                 | 4,5          | 35   |
| utL, tL, T  | 7,0  | 7,0                  | 6,0                        | 5,5                 | 4,5          | 50   |

Auf Böden mit mehr als 60 v.H. organische Substanz ist ein pH-Wert von 4,0 anzustreben.

Der Kalkbedarf wird unter Berücksichtigung des Aufkalkungszieles in dt Rein-CaO je ha angegeben und für eine Krümmenmächtigkeit von 25 cm berechnet. Bei größerer Bearbeitungstiefe sind Zuschläge erforderlich (z.B. 20 v.H. bei einer Pflugtiefe von 30 cm). Finden kohlen-saure Kalke Verwendung, ist eine Umrechnung von CaO auf CaCO<sub>3</sub> erforderlich (1 dt CaO = 1,73 dt CaCO<sub>3</sub>). Ergibt sich laut Bodenuntersuchungsbefund ein höherer Kalkbedarf als die jährlich empfohlene Höchstgabe, so ist die Kalkmenge auf mehrere Gaben zu verteilen.

**Phosphor-, Kali- und Magnesiumdüngung**

Die Höhe der Düngung mit Phosphor, Kali und Magnesium richtet sich nach der anzubauenden Fruchtart, der möglichen Ertrags-erwartung und dem Nährstoffgehalt (Gehaltsklasse) des Bodens.

Gehaltsklassen für P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O und Mg

| Nährstoff                     | Bodenart           | Nährstoffgehalt in mg je 100 g Boden bei Gehaltsklasse |          |         |             |               |
|-------------------------------|--------------------|--|----------|---------|-------------|---------------|
|                               |                    | A niedrig  | B mittel | C hoch  | D sehr hoch | E extrem hoch |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | alle Böden         | 0 – 10   | 11 – 20  | 21 – 30 | 31 – 40     | 41 –          |
| K <sub>2</sub> O              | S                  | 0 – 5  | 6 – 10   | 11 – 15 | 16 – 20     | 21 –          |
|                               | IS, sU             | 0 – 7  | 8 – 14   | 15 – 21 | 22 – 28     | 29 –          |
|                               | ssL, sL, IU, uL    | 0 – 8  | 9 – 18   | 17 – 24 | 25 – 32     | 33 –          |
|                               | L, utL, tL, T      | 0 – 10   | 11 – 20  | 21 – 30 | 31 – 40     | 41 –          |
| Mg                            | S, IS, sU          | 0 – 2  | 3        | 4 – 5   | 6 – 8       | 9 –           |
|                               | ssL, sL, IU, uL, L | 0 – 3  | 4        | 5 – 7   | 8 – 11      | 12 –          |
|                               | utL, tL, T         | 0 – 4  | 5 – 6    | 7 – 10  | 11 – 15     | 16 –          |

Düngungsempfehlung für P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O und MgO in kg Reinnährstoff je ha und Jahr mit organischen und mineralischen Düngemitteln zu verschiedenen Fruchtarten.

**Getreide**

| Nährstoff                     | Ertragsniveau dt/ha | Düngung in kg/ha bei Versorgungsstufe |     |     |    |   |
|-------------------------------|---------------------|---------------------------------------|-----|-----|----|---|
|                               |                     | A                                     | B   | C   | D  | E |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | 40                  | 120                                   | 80  | 50  | 25 | 0 |
|                               | 60                  | 180                                   | 110 | 70  | 35 | 0 |
|                               | 80                  | 200                                   | 140 | 90  | 45 | 0 |
| K <sub>2</sub> O              | 40                  | 200                                   | 150 | 100 | 50 | 0 |
|                               | 60                  | 240                                   | 190 | 140 | 70 | 0 |
|                               | 80                  | 280                                   | 230 | 180 | 90 | 0 |
| MgO                           | 40                  | 60                                    | 45  | 30  | 15 | 0 |
|                               | 60                  | 80                                    | 60  | 40  | 20 | 0 |
|                               | 80                  | 120                                   | 90  | 50  | 30 | 0 |

Zuckerrüben und Kohl/Futterrüben

| Nährstoff                     | Ertragsniveau dt/ha | Düngung in kg/ha bei Versorgungsstufe |     |     |     |   |
|-------------------------------|---------------------|---------------------------------------|-----|-----|-----|---|
|                               |                     | A                                     | B   | C   | D   | E |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | 400/ 800            | 220                                   | 160 | 100 | 50  | 0 |
|                               | 500/1000            | 240                                   | 180 | 120 | 60  | 0 |
|                               | 500/1200            | 260                                   | 200 | 140 | 70  | 0 |
| K <sub>2</sub> O              | 400/ 800            | 420                                   | 360 | 300 | 150 | 0 |
|                               | 500/1000            | 460                                   | 400 | 340 | 170 | 0 |
|                               | 600/1200            | 480                                   | 420 | 360 | 180 | 0 |
| MgO                           | 400/ 800            | 120                                   | 90  | 60  | 30  | 0 |
|                               | 500/1000            | 160                                   | 120 | 80  | 40  | 0 |
|                               | 600/1200            | 200                                   | 150 | 100 | 50  | 0 |

Kartoffeln

| Nährstoff                     | Ertragsniveau dt/ha | Düngung in kg/ha bei Versorgungsstufe |     |     |     |   |
|-------------------------------|---------------------|---------------------------------------|-----|-----|-----|---|
|                               |                     | A                                     | B   | C   | D   | E |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | 300                 | 220                                   | 160 | 100 | 50  | 0 |
|                               | 400                 | 240                                   | 180 | 120 | 60  | 0 |
|                               | 500                 | 260                                   | 200 | 140 | 70  | 0 |
| K <sub>2</sub> O *)           | 300                 | 380                                   | 320 | 260 | 130 | 0 |
|                               | 400                 | 420                                   | 350 | 300 | 150 | 0 |
|                               | 500                 | 440                                   | 380 | 320 | 160 | 0 |
| MgO                           | 300                 | 80                                    | 60  | 40  | 20  | 0 |
|                               | 400                 | 120                                   | 90  | 60  | 30  | 0 |
|                               | 500                 | 160                                   | 120 | 80  | 40  | 0 |

\*) als Mineraldüngerkali nicht mehr als 200 kg K<sub>2</sub>O/ha

Silomais/Körnermais

| Nährstoff                        | Ertragsniveau dt/ha | Düngung in kg/ha bei Versorgungsstufe |     |     |     |   |
|----------------------------------|---------------------|---------------------------------------|-----|-----|-----|---|
|                                  |                     | A                                     | B   | C   | D   | E |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> *) | 400/50              | 220                                   | 160 | 100 | 50  | 0 |
|                                  | 500/70              | 240                                   | 180 | 120 | 60  | 0 |
|                                  | 600/90              | 260                                   | 200 | 140 | 70  | 0 |
| K <sub>2</sub> O                 | 400/50              | 280                                   | 220 | 160 | 80  | 0 |
|                                  | 500/70              | 320                                   | 260 | 200 | 100 | 0 |
|                                  | 600/90              | 360                                   | 300 | 240 | 120 | 0 |
| MgO                              | 400/50              | 80                                    | 60  | 40  | 20  | 0 |
|                                  | 500/70              | 120                                   | 90  | 60  | 30  | 0 |
|                                  | 600/90              | 160                                   | 120 | 80  | 40  | 0 |

\*) einschließlich Reihendüngung. Auf ungünstigen Standorten Unterfußreihendüngung auch bei E

Feldgras, Klee gras, Luzerne

| Nährstoff                     | Nutzungsintensität  | Düngung in kg/ha bei Versorgungsstufe |     |     |     |   |
|-------------------------------|---------------------|---------------------------------------|-----|-----|-----|---|
|                               |                     | A                                     | B   | C   | D   | E |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | 2 Schnitte          | 200                                   | 150 | 100 | 60  | 0 |
|                               | 3 Schnitte          | 230                                   | 180 | 130 | 70  | 0 |
|                               | 4 und mehr Schnitte | 260                                   | 210 | 160 | 80  | 0 |
| K <sub>2</sub> O              | 2 Schnitte          | 320                                   | 280 | 200 | 100 | 0 |
|                               | 3 Schnitte          | 380                                   | 330 | 270 | 130 | 0 |
|                               | 4 und mehr Schnitte | 440                                   | 380 | 320 | 160 | 0 |
| MgO                           | 2 Schnitte          | 120                                   | 90  | 60  | 30  | 0 |
|                               | 3 Schnitte          | 160                                   | 120 | 80  | 40  | 0 |
|                               | 4 und mehr Schnitte | 200                                   | 150 | 100 | 50  | 0 |

Raps

| Nährstoff                     | Ertragsniveau dt/ha | Düngung in kg/ha bei Versorgungsstufe |     |     |     |   |
|-------------------------------|---------------------|---------------------------------------|-----|-----|-----|---|
|                               |                     | A                                     | B   | C   | D   | E |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | 25                  | 160                                   | 120 | 80  | 40  | 0 |
|                               | 30                  | 180                                   | 135 | 90  | 45  | 0 |
|                               | 35                  | 200                                   | 150 | 100 | 50  | 0 |
| K <sub>2</sub> O              | 25                  | 320                                   | 250 | 200 | 100 | 0 |
|                               | 30                  | 340                                   | 280 | 220 | 110 | 0 |
|                               | 35                  | 380                                   | 300 | 240 | 120 | 0 |
| MgO                           | 25                  | 80                                    | 60  | 40  | 20  | 0 |
|                               | 30                  | 100                                   | 75  | 50  | 25  | 0 |
|                               | 35                  | 120                                   | 90  | 60  | 30  | 0 |

Feldgemüse

| Nährstoff                     | Nutzungsintensität | Düngung in kg/ha bei Versorgungsstufe |     |     |     |   |
|-------------------------------|--------------------|---------------------------------------|-----|-----|-----|---|
|                               |                    | A                                     | B   | C   | D   | E |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | je Ernte           | 160                                   | 120 | 80  | 40  | 0 |
| K <sub>2</sub> O              | je Ernte           | 320                                   | 260 | 200 | 100 | 0 |
| MgO                           | je Ernte           | 80                                    | 80  | 40  | 20  | 0 |

Körnerleguminosen

| Nährstoff                     | Ertragsniveau dt/ha | Düngung in kg/ha bei Versorgungsstufe |     |     |    |   |
|-------------------------------|---------------------|---------------------------------------|-----|-----|----|---|
|                               |                     | A                                     | B   | C   | D  | E |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | 40                  | 160                                   | 120 | 80  | 40 | 0 |
| K <sub>2</sub> O              | 40                  | 240                                   | 180 | 120 | 60 | 0 |
| MgO                           | 40                  | 80                                    | 80  | 40  | 20 | 0 |

Kaligaben, die über 200 kg K<sub>2</sub>O je ha hinausgehen, sind auf S- und IS-Böden zu teilen

Kupfer- und Bordüngung

Gehaltsklassen für Cu und B

| Nährstoff | Bodenart                       | Nährstoffgehalt in mg je kg Boden bei Gehaltsklasse |             |             |                  |
|-----------|--------------------------------|---|-------------|-------------|------------------|
|           |                                | A<br>niedrig  | B<br>mittel | C<br>hoch   | E<br>extrem hoch |
| Cu        | alle Böden                     | 0 – 2,0   | 2,1 – 4,0   | 4,1 – 5,0   | 5,1 –            |
| B         | S, IS, sU                      | 0 – 0,30  | 0,31 – 0,60 | 0,51 – 1,20 | 1,21 –           |
|           | ssL, sL, IU, uL, L, utL, tL, T | 0 – 0,40  | 0,41 – 0,80 | 0,81 – 1,60 | 1,61 –           |

Düngungsempfehlung für Cu und B in kg Reinnährstoff je ha und Jahr

| Nährstoff | Bodenart                       | Fruchtart                              | Düngung in kg/ha bei Versorgungsstufe |      |     |   |
|-----------|--------------------------------|--|---------------------------------------|------|-----|---|
|           |                                |  | A                                     | B    | C   | E |
| Cu        | alle Böden                     | alle Früchte                           | 2 *)                                  | 1 *) | 0,2 | 0 |
| B **)     | S, IS, sU                      | Rüben                                  | 1,5                                   | 0,7  | 0,2 | 0 |
|           |                                | Kartoffeln,<br>Raps, Mais ***)<br>Kohl | 1                                     | 0,5  | 0,1 | 0 |
|           | ssL, sL, IU, uL, L, utL, tL, T | Rüben                                  | 2,5                                   | 1,2  | 0,3 | 0 |
|           |                                | Kartoffeln,<br>Raps, Mais ***)<br>Kohl | 1,5                                   | 0,7  | 0,2 | 0 |

\*) oder entsprechend höhere Vorratsgaben in größeren Zeitabständen

\*\*\*) 1 kg Bor = 4,9 kg Solubar \*\*\*) nicht zur Saat

## b) Grünland

### Kalkdüngung

Anzustrebende pH-Werte in Abhängigkeit von Bodenart und Gehalt an organischer Substanz

| Bodenart           | anzustrebender pH-Wert bei Humusgehalt in v. H. |                            |                     |              | bei großem Kalkbedarf sind folgende jährliche Höchstgaben nicht zu überschreiten in dt CaO je ha |
|--------------------|---|----------------------------|---------------------|--------------|--|
|                    | 0 – 8 humusarm bis stark humos                  | 8, 1 – 15 sehr stark humos | 15, 1 – 30 anmoorig | über 30 Torf |  |
| S, IS, sU          | 5,0   | 5,0                        | 4,5                 | 4,5          | 10   |
| ssL, sL, IU, uL, L | 5,5   | 5,5                        | 5,0                 | 4,5          | 15   |
| utL, tL, T         | 6,0   | 5,5                        | 5,0                 | 4,5          | 20   |

Der Kalkbedarf wird unter Berücksichtigung des Aufkalkungszieles in dt Rein-CaO je ha angegeben und für eine Narbendicke von 10 cm berechnet. Bei Grünlandumbruch ist die volle Bearbeitungstiefe zu berücksichtigen. Dadurch können gewisse Zuschläge erforderlich werden. Sehr hohe Kalkgaben sind entsprechend den empfohlenen jährlichen Höchstmengen in Teilgaben zu verabreichen.

### Phosphor-, Kali-, Magnesium- und Natriumdüngung

Gehaltsklassen für  $P_2O_5$ ,  $K_2O$ , Mg und Na

| Nährstoff | Bodenart                         | Nährstoffgehalt in mg je 100 g Boden bei Gehaltsklasse |          |         |             |               |
|-----------|----------------------------------|--|----------|---------|-------------|---------------|
|           |                                  | A niedrig  | B mittel | C hoch  | D sehr hoch | E extrem hoch |
| $P_2O_5$  | alle Böden                       | 0 – 10   | 11 – 20  | 21 – 30 | 31 – 40     | 41 –          |
| $K_2O$    | S, IS, sU                        | 0 – 7  | 8 – 14   | 15 – 21 | 22 – 28     | 29 –          |
|           | ssL, sL, IU, uL, L<br>utL, tL, T | 0 – 10   | 11 – 20  | 21 – 30 | 31 – 40     | 41 –          |
| Mg        | alle Böden                       | 0 – 5  | 6 – 10   | 11 – 15 | 16 – 20     | 21 –          |
| Na        | alle Böden                       | 0 – 2  | 3 – 5    | 6 – 10  | 11 – 15     | 16 –          |

Düngungsempfehlung für  $P_2O_5$  und  $K_2O$  in kg Reinnährstoff je ha und Jahr mit organischen und mineralischen Düngemitteln

| Nährstoff | Nutzungsart   | Düngung in kg/ha bei Versorgungsstufe |     |     |    |   |
|-----------|---|---------------------------------------|-----|-----|----|---|
|           |   | A                                     | B   | C   | D  | E |
| $P_2O_5$  | nur Beweidung (Weide)   | 120                                   | 80  | 40  | 20 | 0 |
|           | 1 Schnitt sonst Beweidung (Mähweide)                          | 160                                   | 120 | 80  | 40 | 0 |
|           | Mähfläche 2 – 3 Schnitte (Wiese)                              | 160                                   | 120 | 80  | 40 | 0 |
|           | für jeden weiteren Schnitt zusätzlich auf Mähweide oder Wiese | 40                                    | 40  | 30  | 20 | 0 |
| $K_2O$    | nur Beweidung (Weide)   | 120                                   | 90  | 60  | 30 | 0 |
|           | 1 Schnitt sonst Beweidung (Mähweide)                          | 240                                   | 180 | 120 | 60 | 0 |
|           | Mähfläche 2 – 3 Schnitte (Wiese)                              | 320                                   | 240 | 160 | 80 | 0 |
|           | für jeden weiteren Schnitt zusätzlich auf Mähweide oder Wiese | 80                                    | 80  | 60  | 40 | 0 |
| MgO       | alle Nutzungsarten  | 200                                   | 100 | 50  | 25 | 0 |

Düngungsempfehlung für  $Na_2O$  in kg Reinnährstoff je ha und Jahr

| Nährstoff  | bei $K_2O$ -Versorgungsstufe | Düngung in kg/ha bei Versorgungsstufe |    |    |    |   |
|------------|------------------------------|---------------------------------------|----|----|----|---|
|            |                              | A                                     | B  | C  | D  | E |
| $Na_2O$ *) | A, B                         | 60                                    | 40 | 20 | 0  | 0 |
|            | C, D, E                      | 80                                    | 60 | 40 | 20 | 0 |

\*) 1 kg  $Na_2O$  = 1,9 kg NaCl (Kochsalz)

### Kupferdüngung

Gehaltsklassen für Cu und Düngungsempfehlungen für Cu bei allen Boden- und Nutzungsarten wie auf Ackerland

### c) Hinweise für die Düngung

Durchschnittlicher Nährstoffgehalt von Wirtschaftsdüngern und Ernterückständen

| Art                 | Mengen-<br>einheit | Nährstoffgehalt in kg |                               |                  |     |     |
|---------------------|--------------------|-----------------------|-------------------------------|------------------|-----|-----|
|                     |                    | N                     | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O | CaO | MgO |
| Rindermist *)       | 10 t               | 40                    | 30                            | 60               | 50  | 10  |
| Schweinemist *)     | 10 t               | 50                    | 50                            | 30               | 60  | 20  |
| Hühnermist (frisch) | 10 t               | 130                   | 110                           | 60               | 340 | 30  |
| Rinderjauche        | 10 m <sup>3</sup>  | 40                    | 0                             | 120              | 0   | 0   |
| Schweinejauche      | 10 m <sup>3</sup>  | 50                    | 20                            | 35               | 0   | 0   |
| Rindergülle *)      | 10 m <sup>3</sup>  | 40                    | 20                            | 50               | 20  | 5   |
| Schweinegülle *)    | 10 m <sup>3</sup>  | 60                    | 45                            | 25               | 30  | 10  |
| Hühnergülle *)      | 10 m <sup>3</sup>  | 100                   | 80                            | 50               | 150 | 15  |
| Zuckerrübenblatt    | 40 t               | 150                   | 40                            | 280              | 70  | 60  |
| Futterrübenblatt    | 35 t               | 100                   | 20                            | 160              | 140 | 75  |
| Kartoffelkraut      | 13 t               | 40                    | 15                            | 180              | 90  | 35  |
| Getreidestroh       | 5 t                | 35                    | 15                            | 120              | 20  | 15  |
| Körnerrapsstroh     | 6 t                | 40                    | 20                            | 220              | 30  | 30  |
| Körnermaisstroh     | 9 t                | 50                    | 25                            | 190              | 25  | 40  |
| Gründüngung         | 10 t               | 40                    | 20                            | 50               | 30  | 5   |

\*) Die angegebenen Nährstoffmengen basieren auf folgendem mittleren Trockenmassegehalt: Rinder- und Schweinemist 25 v.H., Rinder- und Schweinegülle 7,5 v.H., Hühnergülle 15 v.H.

Zur richtigen Abschätzung der tatsächlich über Wirtschaftsdünger anfallenden Nährstoffmengen wäre es vor allem für Betriebe mit starkem Viehbesatz durchaus empfehlenswert, zumindest N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> und K<sub>2</sub>O mittels Analyse bei der LUFA feststellen zu lassen.

#### Anzurechende Nährstoffe aus Wirtschaftsdüngern und Ernterückständen

Bei der Festlegung der Düngung auf den einzelnen Schlägen oder Koppeln sind bei gleichmäßiger Verteilung die mit Stallmist, Jauche oder Gülle ausgebrachten P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-, K<sub>2</sub>O- und MgO-Mengen langfristig zu 100 v.H. anzurechnen. Beim Hühnerdung ist zusätzlich der CaO-Gehalt zu beachten. Von den Ernterückständen sind beim Getreide-, Körnermais- und Körnerrapsstroh sowie beim Rübenblatt und Kartoffelkraut jeweils 50 v.H. des K<sub>2</sub>O-Gehaltes zu berechnen. Darüber hinaus sind beim eingepflügten Rübenblatt 50 v.H. des P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-Gehaltes mit zu berücksichtigen.

Die Höhe der N-Wirkung kann nach einer Düngung mit Stallmist und Rübenblatt im Mittel mit 30 v.H. sowie nach einer solchen mit Jauche, Gülle und Gründüngung mit 50 v.H. veranschlagt werden. Alle übrigen Inhaltsstoffe einschließlich die der Stoppel- und Wurzelreste bleiben zweckmäßigerweise bei der Düngerplanung weitgehend unbeachtet.

#### Anzustrebende Nährstoffgehalte im Boden

Für die Sicherung hoher Pflanzenerträge sind bei der Nährstoffversorgung der Acker- und Grünlandflächen mit P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O, Mg und Cu jeweils die Gehaltsklasse C (hoch versorgt) anzustreben.

#### Wünschenswerte Zusatzuntersuchungen

Für die Ermittlung des Kalkbedarfs, die richtige Deutung des Gehaltes an Kali, Magnesium und Bor ist die einmalige Bestimmung des Ton- und Schluffgehaltes sowie die des Humusgehaltes im Boden sinnvoll.

#### Bei Sonderfällen Spezialberatung einholen.

In Sonderfällen erteilt die zuständige Landwirtschaftsschule bzw. Bildungs- und Beratungsstelle eine Spezialberatung.

**Tabelle 6:** Durchschnittliche Menge des Silagesickersaftes in Abhängigkeit vom Trockenmassegehalt (436)

| TS-Gehalt<br>des Futters<br>% | z. B. Futterarten                    | Durchschnittsmenge Gärtsaft |                            |                    |
|-------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------|----------------------------|--------------------|
|                               |                                      | l/dt<br>Frischgut           | l/m <sup>3</sup><br>Silage | m <sup>3</sup> /ha |
| 10                            | Stoppelrüben,<br>Markstammkohl       | 45                          | 725                        | 20                 |
| 15                            | Zuckerrübenblatt,<br>Zwischenfrüchte | 33                          | 360                        | 13                 |
| 20                            | Gras, Klee,<br>Klee gras frisch      | 22                          | 200                        | 4                  |
| 25                            | Mais, milchteigreif                  | 11                          | 75                         | 5                  |
| 30                            | Anwekksilagen, teigreifer Mais       | 0                           | 0                          | 0                  |

Nach 10 Tagen ist etwa die Hälfte, nach 20 Tagen sind drei Viertel der Menge abgelaufen; stärkere Zerkleinerung beschleunigt das Abfließen.

Nach anderen Veröffentlichungen sollen sogar bis zu 85% in den ersten 10 Tagen nach der Einlagerung abfließen (306).

**Tabelle 7: Zusammensetzung des Silagesickersaftes (436)**

Die Zusammensetzung ist nahezu unabhängig von der Futterart; höhere Konzentration tritt mit zunehmender Ablaufzeit ein.

|   |   |
|---|---|
| Trockensubstanz   | 40 – 120 kg/m <sup>3</sup>                                      |
| org. Substanz   | 30 – 90 kg/m <sup>3</sup>                                       |
| org. Säuren   | 10 – 35 kg/m <sup>3</sup>                                       |
| N   | 1,0 – 2,0 kg/m <sup>3</sup> bei pH-Wert von 3,8 – 4,5           |
| K <sub>2</sub> O  | 3,5 – 6,0 kg/m <sup>3</sup>                                     |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>   | 0,5 – 1,5 kg/m <sup>3</sup>                                     |
| Biochemischer Sauerstoffbedarf BSB <sub>5</sub> (als O <sub>2</sub> ) | 45 – 120 kg/m <sup>3</sup> = 250 – 400mal mehr als Hausabwässer |

**Tabelle 10: Untersuchungsergebnisse von Klärschlammproben, auszugsweise**

zitiert nach a = (331) Klärschlamm

b = (429) Faulschlamm

c = (429) Trockenbeetschlamm

d = (427) Klärschlamm

|                       |                                  | n   | Mittelwert | Streubereich |        |             |     | n     | Mittelwert | Streubereich |      |
|-----------------------|----------------------------------|-----|------------|--------------|--------|-------------|-----|-------|------------|--------------|------|
|                       |                                  |     |            | min.         | max.   |             |     |       |            | min.         | max. |
| mg/kg Trockensubstanz |                                  |     |            |              |        |             |     |       |            |              |      |
| a                     | Trockensub.                      | 344 | 353        | 26           | 933    | Mangan      | 144 | 357   | 57         | 1245         |      |
| b                     | g/kg Orig.-                      | 60  | 45         | 18           | 76     | (Mn)        | 60  | 460   | 220        | 1200         |      |
| c                     | Schlamm                          | 22  | 230        | 130          | 480    |             | 22  | 720   | 220        | 1810         |      |
| d                     |                                  | 222 | 250        | 3            | 886    |             | –   | –     | –          | –            |      |
| a                     | pH                               | 144 | 7,3        | 5,9          | 12,3   | Bor         | 344 | 23 *) | 9 *)       | 358 *)       |      |
| b                     |                                  | 60  | 6,4        | 5,6          | 7,9    | (B)         | 60  | 20 *) | 10 *)      | 70 *)        |      |
| c                     |                                  | 22  | 6,1        | 5,4          | 6,6    |             | 22  | 10 *) | 3 *)       | 40 *)        |      |
| d                     |                                  | 222 | 6,1        | 5,2          | 7,8    |             | 222 | 15    | 0,6        | 84           |      |
| g/kg Trockensubstanz  |                                  |     |            |              |        |             |     |       |            |              |      |
| a                     | Org.-Subst.                      | 344 | 479        | 103          | 827    | Kupfer      | 344 | 378   | 20         | 2500         |      |
| b                     | Glühverl.                        | 60  | 484        | 298          | 675    | (Cu)        | 60  | 370   | 130        | 1800         |      |
| c                     |                                  | 22  | 448        | 335          | 649    |             | 22  | 220   | 130        | 410          |      |
| d                     |                                  | –   | –          | –            | –      |             | 222 | 310   | < 1        | 2800         |      |
| a                     | Org. Kohlenstoff                 | –   | –          | –            | –      | Zink        | 344 | 2071  | 70         | 1575         |      |
| b                     | (C) ges.                         | 60  | 265        | 174          | 314    | (Zn)        | 60  | 1800  | 1000       | 3200         |      |
| c                     |                                  | 22  | 257        | 183          | 362    |             | 22  | 1700  | 900        | 2800         |      |
| d                     |                                  | 222 | 228        | 47           | 409    |             | 222 | 1516  | 95         | 7434         |      |
| a                     | Stickstoff                       | 344 | 21         | 4            | 123    | Blei        | 344 | 299   | 19         | 1500         |      |
| b                     | (N) ges.                         | 60  | 45         | 17           | 64     | (Pb)        | 60  | 210   | 70         | 400          |      |
| c                     |                                  | 22  | 31         | 10           | 59     |             | 22  | 180   | 30         | 380          |      |
| d                     |                                  | 222 | 31         | 4            | 90     |             | 222 | 255   | 16         | 2050         |      |
| a                     | Ammoniumstickstoff               | 144 | 3          | 0,01         | 23     | Nickel      | –   | –     | –          | –            |      |
| b                     | (N)                              | 60  | 6          | 2            | 20     | (Ni)        | 60  | 70    | 30         | 220          |      |
| c                     |                                  | –   | –          | –            | –      |             | 22  | 50    | 20         | 70           |      |
| d                     |                                  | 222 | 0,1        | nn           | 7      |             | 222 | 57    | 8          | 414          |      |
| a                     | Phosphor                         | 200 | 39         | 5            | 113    | Chrom       | 200 | 630   | 10         | 6400         |      |
| b                     | (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) | 60  | 65         | 29           | 128    | (Cr)        | 60  | 130   | 30         | 540          |      |
| c                     | ges.                             | 22  | 47         | 11           | 99     |             | 22  | 150   | 10         | 490          |      |
| d                     |                                  | 222 | 34         | 0,7          | 109    |             | 222 | 437   | 5,5        | 1060         |      |
| a                     | Kalium                           | 144 | 1,7 *)     | 0,2 *)       | 14 *)  | Cadmium     | 344 | 17    | 1          | 150          |      |
| b                     | (K <sub>2</sub> O)               | 60  | 4          | 2            | 7      | (Cd)        | 60  | 9     | 2          | 20           |      |
| c                     |                                  | 22  | 3,5        | 2            | 5      |             | 22  | 7     | 6          | 10           |      |
| d                     |                                  | 222 | 2          | 0,2          | 14     |             | 222 | 6     | 0,5        | 257          |      |
| a                     | Calcium                          | 144 | 103        | 7            | 559    | Quecksilber | –   | –     | –          | –            |      |
| b                     | (CaO)                            | 60  | 50         | 25           | 74     | (Hg)        | 15  | 2,9   | 0,1        | 7            |      |
| c                     |                                  | 22  | 49         | 27           | 77     |             | 11  | 1     | 0,3        | 2            |      |
| d                     |                                  | 222 | 70         | 4            | 294    |             | 222 | 2,6   | 0,1        | 10           |      |
| a                     | Magnesium                        | 144 | 0,65 *)    | nn           | 4,8 *) | Arsen       | –   | –     | –          | –            |      |
| b                     | (MgO)                            | 60  | 15         | 6            | 19     | (As)        | –   | –     | –          | –            |      |
| c                     |                                  | 22  | 11         | 9            | 17     |             | –   | –     | –          | –            |      |
| d                     |                                  | 222 | 6          | 0,2          | 21     |             | 222 | 5     | nn         | 167          |      |

\*) löslich



**Tabelle 11:** Untersuchungsergebnisse von Kompostproben, auszugsweise  
zitiert nach a = (336), Kompost, 1970 – 1975  
b = (426), Müllkompost, 1971 – 1980

|   |   | n  | Mittelwert           | Streuber. |      |                  | n  | Mittelwert            | Streuber. |      |
|---|---|----|----------------------|-----------|------|------------------|----|-----------------------|-----------|------|
|   |   |    |                      | min.      | max. |                  |    |                       | min.      | max. |
|   |   |    |                      |           |      |                  |    | mg/kg Trockensubstanz |           |      |
| a | Trockenstanz, g/kg Orig.-Sub.             | 61 | 650                  | 437       | 889  | Mangan (Mn)      | 12 | 511                   | 304       | 1305 |
| b |   | 76 | 664                  | 365       | 863  |                  | –  | –                     | –         | –    |
| a | pH  | 83 | 7,7                  | 6,1       | 8,6  | Bor (B)          | 72 | 32                    | 3         | 105  |
| b |   | 76 | 7,1                  | 6,6       | 8,0  |                  | 76 | 8,1                   | 2,2       | 25   |
|   |   |    | g/kg Trockensubstanz |           |      |                  |    |                       |           |      |
| a | Org. Subst. Glühverlust                   | 78 | 376                  | 187       | 602  | Kupfer (Cu)      | 86 | 266                   | 71        | 2800 |
| b |   | –  | –                    | –         | –    |                  | 76 | 535                   | 120       | 2800 |
| a | Kohlenst. (C)                             | 37 | 238                  | 99        | 294  | Zink (Zn)        | 90 | 1000                  | 421       | 2830 |
| b |   | 76 | 130                  | 74        | 281  |                  | 76 | 1096                  | 632       | 2830 |
| a | Stickst. (N) ges.                         | 98 | 7                    | 1         | 18   | Blei (Pb)        | 87 | 229                   | 24        | 1000 |
| b |   | 76 | 7                    | 2         | 13   |                  | 76 | 472                   | 33        | 2295 |
| a | Phosphor (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) | 98 | 6                    | 1         | 17   | Nickel (Ni)      | –  | –                     | –         | –    |
| b |   | 76 | 10                   | 2         | 31   |                  | 76 | 68                    | 5,5       | 199  |
| a | Kalium (K <sub>2</sub> O)                 | 98 | 5                    | 1         | 23   | Chrom (Cr)       | –  | –                     | –         | –    |
| b |   | 76 | 4                    | 1         | 7    |                  | 76 | 78                    | 13,4      | 216  |
| a | Calcium (CaO)                             | 88 | 50                   | 7         | 214  | Cadmium (Cd)     | 66 | 3,7                   | 0,8       | 7,4  |
| b |   | 76 | 76                   | 13        | 214  |                  | 76 | 3,3                   | 0,8       | 6    |
| a | Magnesium (MgO)                           | 86 | 7                    | 1         | 82   | Quecksilber (Hg) | 28 | 2                     | 0,2       | 6    |
| b |   | 76 | 11                   | 5         | 17   |                  | 76 | 1,8                   | 0,8       | 3,8  |
| a |   |    |                      |           |      | Arsen (As)       | 28 | 7,2                   | 0,6       | 16   |
| b |   |    |                      |           |      |                  | 76 | 6,3                   | nn        | 19,7 |

Tabelle 12: Landwirtschaftliche Betriebssysteme (428)

| Betriebstyp  | 1. Bedingung  | 2. Bedingung  |
|--|---|---|
| Marktfrucht – Intensiv                             | Marktfruchtanteil größer als 75%                        | Intensivfruchtanteil größer als Extensivfruchtanteil  |
| Marktfrucht – Extensiv                             | Marktfruchtanteil größer als 75%                        | Extensivfruchtanteil größer als Intensivfruchtanteil  |
| Marktfrucht – Futterbau                            | Marktfruchtanteil größer als 50%<br>kleiner als 75%     | Futterbauanteil zweitstärkster Produktionszweig       |
| Marktfrucht – Veredelung                           | Marktfruchtanteil größer als 50%<br>kleiner als 75%     | fl. unabh. Veredelung zweitstärkster Produktionszweig |
| Futterbau – Milchvieh                              | Futterbauanteil größer als 75%                          | Milchviehanteil größer als Rindermastanteil           |
| Futterbau – Rindermast                             | Futterbauanteil größer als 75%                          | Rindermastanteil größer als Milchviehanteil           |
| Futterbau – Marktfrucht                            | Futterbauanteil größer als 50%<br>kleiner als 75%       | Marktfruchtanteil zweitstärkster Produktionszweig     |
| Futterbau – Veredelung                             | Futterbauanteil größer als 50%<br>kleiner als 75%       | fl. unabh. Veredelung zweitstärkster Produktionszweig |
| Veredelung – Schweine                              | fl. unabh. Veredelung größer als 75%                    | Schweineanteil größer als Geflügelanteil              |
| Veredelung – Geflügel                              | fl. unabh. Veredelung größer als 75%                    | Geflügelanteil größer als Schweineanteil              |
| Veredelung – Marktfrucht                           | fl. unabh. Veredelung größer als 50%<br>kleiner als 75% | Marktfruchtanteil zweitstärkster Produktionszweig     |
| Veredelung – Futterbau                             | fl. unabh. Veredelung größer als 50%<br>kleiner als 75% | Futterbauanteil zweitstärkster Produktionszweig       |
| Gemischtbetrieb mit Marktfruchtbau                 | kein Produktionszweig über 50%                          | Marktfruchtbau stärkster Produktionszweig             |
| Gemischtbetrieb mit Futterbau                      | kein Produktionszweig über 50%                          | Futterbauanteil stärkster Produktionszweig            |
| Gemischtbetrieb mit flächenunabhängiger Veredelung | kein Produktionszweig über 50%                          | fl. unabh. Veredelung stärkster Produktionszweig      |
| Dauerkultur – Obstbau                              | Dauerkulturanteil größer als 75%                        | Obstbauanteil größer als andere Dauerkulturen         |
| Dauerkultur – Futterbau                            | Dauerkulturanteil größer als 50%<br>kleiner als 75%     | Futterbauanteil zweitstärkster Produktionszweig       |

Tabelle 13: Sickerwassermengen in Abhängigkeit von der Bodenart (434)

|                      | Niederschlag<br>(mm) | Sickerwassermenge |                      |  |
|----------------------|----------------------|-------------------|----------------------|--|
|                      |                      | in<br>mm          | in<br>% Niederschlag | in<br>% Niederschlag<br>bezogen auf Sand |
| Sand                 | 751                  | 475               | 63                   | 100                                      |
| schwachlehmiger Sand | 656                  | 252               | 38                   | 60                                       |
| kalkreicher Sand     | 631                  | 240               | 38                   | 60                                       |
| saurer Lehm          | 656                  | 178               | 27                   | 43                                       |

Tabelle 14: Sickerwassermengen in Abhängigkeit vom Standort  
und von pflanzenbaulichen Maßnahmen (434)

| Bodenart                    | Frucht              | N-Düngung | Beregnung | Niederschlag | Sickerwassermenge |                   |
|-----------------------------|---------------------|-----------|-----------|--------------|-------------------|-------------------|
|                             |                     |           |           |              | mm                | %<br>Niederschlag |
| Sand                        | Hauptfrucht         | -         | -         | 636          | 280               | 44                |
|                             | ohne Zwischenfrucht | +         | -         | 636          | 248               | 39                |
|                             | Hauptfrucht         | -         | -         | 649          | 228               | 35                |
|                             | mit Zwischenfrucht  | +         | -         | 649          | 199               | 31                |
| Lehm                        | Kleegrass           | +         | -         | 693          | 260               | 38                |
| schwach<br>lehmiger<br>Sand | Gemüse              | +         | -         | 606          | 147               | 24                |
|                             | Kartoffeln          | -         | -         | 646          | 261               | 44                |
|                             |                     | +         | -         | 646          | 251               | 39                |
|                             | Wi-Getreide         | -         | -         | 621          | 220               | 35                |
|                             |                     | +         | -         | 621          | 198               | 32                |
|                             | So-Getreide         | -         | -         | 628          | 223               | 36                |
|                             |                     | +         | -         | 628          | 197               | 31                |
|                             | Hackfrucht          | +         | schwach   | 610          | 144               | 24                |
|                             | Getreide            | +         | stark     | 780          | 176               | 23                |

Tabelle 15: Entzug an Kernnährstoffen (436)

| Fruchtart            | Ernteentzug in kg pro     | N                     | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O | CaO       | MgO     |
|----------------------|---------------------------|-----------------------|-------------------------------|------------------|-----------|---------|
| Roggen               | 10 dt Körner mit Stroh    | 20 - 30               | 7 - 15                        | 20 - 30          | 6 - 10    | 2 - 5   |
| Weizen               | 10 dt Körner mit Stroh    | 25 - 35               | 7 - 14                        | 20 - 25          | 4 - 8     | 2 - 5   |
| Wintergerste         | 10 dt Körner mit Stroh    | 20 - 25               | 8 - 12                        | 20 - 30          | 8 - 12    | 2 - 4   |
| Sommergerste         | 10 dt Körner mit Stroh    | 15 - 25               | 8 - 12                        | 20 - 25          | 8 - 12    | 2 - 4   |
| Hafer                | 10 dt Körner mit Stroh    | 20 - 30               | 10 - 15                       | 30 - 40          | 4 - 8     | 3 - 5   |
| Getreide allg.       | 10 dt Körner mit Stroh    | 20 - 30               | 7 - 15                        | 20 - 30          | 6 - 10    | 2 - 5   |
| Getreide allg.       | 10 dt Körner ohne Stroh   | 15 - 20               | 6 - 10                        | 5 - 8            | 0,5 - 2   | 1,5 - 3 |
| Körnermais           | 10 dt Körner mit Stroh    | 25 - 30               | 10 - 15                       | 30 - 40          | 6 - 10    | 6 - 10  |
| Raps und Rübsen      | 10 dt Körner mit Stroh    | 50 - 60               | 25 - 35                       | 60 - 70          | 40 - 70   | 7 - 12  |
| Erbsen               | 10 dt Körner mit Stroh    | 55 - 65 <sup>1)</sup> | 15 - 20                       | 30 - 40          | 30 - 35   | 4 - 8   |
| Ackerbohnen          | 10 dt Körner mit Stroh    | 60 - 65 <sup>1)</sup> | 15 - 20                       | 40 - 50          | 30 - 40   | 5 - 10  |
| Lupinen              | 10 dt Körner mit Stroh    | 70 - 80 <sup>1)</sup> | 15 - 20                       | 40 - 50          | 22 - 26   | 8 - 12  |
| Frühkartoffeln       | 100 dt Knollen mit Kraut  | 50 - 60               | 20 - 25                       | 80 - 100         | 35 - 40   | 10 - 20 |
| Spätkartoffeln       | 100 dt Knollen mit Kraut  | 45 - 55               | 15 - 20                       | 75 - 90          | 15 - 40   | 9 - 15  |
| Spätkartoffeln       | 100 dt Knollen ohne Kraut | 30 - 40               | 10 - 15                       | 55 - 65          | 1 - 5     | 3 - 10  |
| Zuckerrüben          | 100 dt Rüben mit Blatt    | 40 - 55               | 15 - 20                       | 60 - 100         | 10 - 20   | 10 - 20 |
| Zuckerrüben          | 100 dt Rüben ohne Blatt   | 15 - 22               | 8 - 10                        | 25 - 30          | 3 - 6     | 5 - 10  |
| Futterrüben          | 100 dt Rüben mit Blatt    | 20 - 30               | 8 - 12                        | 70 - 90          | 8 - 12    | 8 - 12  |
| Kohlrüben            | 100 dt Rüben mit Blatt    | 30 - 40 <sup>1)</sup> | 10 - 16                       | 50 - 60          | 15 - 25   | 6 - 10  |
| Luzerne              | 10 dt Heu                 | 20 - 30 <sup>1)</sup> | 5 - 10                        | 20 - 25          | 25 - 30   | 2 - 4   |
| Rotklee              | 10 dt Heu                 | 20 - 25 <sup>1)</sup> | 4 - 8                         | 20 - 25          | 18 - 25   | 4 - 6   |
| Futtermispel         | 100 dt Grünmasse          | 50 - 60               | 10 - 15                       | 50 - 60          | 30 - 40   | 4 - 8   |
| Futterroggen         | 100 dt Grünmasse          | 40 - 50               | 10 - 15                       | 55 - 65          | 10 - 15   | 4 - 6   |
| Wickroggen           | 100 dt Grünmasse          | 45 - 55 <sup>1)</sup> | 15 - 20                       | 60 - 70          | 30 - 35   | 6 - 10  |
| Landsberger Gemenge  | 100 dt Grünmasse          | 50 - 60               | 15 - 20                       | 40 - 60          | 30 - 40   | 4 - 10  |
| Silomais             | 100 dt Grünmasse          | 25 - 35               | 15 - 20                       | 35 - 45          | 12 - 18   | 5 - 10  |
| Sonnenblumen         | 100 dt Grünmasse          | 20 - 30               | 8 - 12                        | 35 - 45          | 30 - 35   | 2 - 6   |
| Senf                 | 100 dt Grünmasse          | 40 - 50               | 6 - 10                        | 35 - 45          | 40 - 45   | 10 - 15 |
| Markstammkohl        | 100 dt Grünmasse          | 60 - 70               | 18 - 23                       | 70 - 80          | 40 - 45   | 10 - 15 |
| Stoppelrüben         | 100 dt Grünmasse          | 20 - 30               | 10 - 20                       | 50 - 60          | 20 - 40   | 8 - 12  |
| Tabak                | ha Gesamtpfl. *)          | 8 - 200               | 18 - 35                       | 170 - 350        | 190 - 270 | 8 - 25  |
|                      | 10 dt Blätter *)          | 20 - 30               | 3 - 5                         | 30 - 60          | 50 - 70   | 2 - 8   |
| Hopfen               | 10 dt Dolden              | 85 - 95               | 35 - 45                       | 80 - 100         | 140 - 160 | 25 - 30 |
| Reben                | 10 dt Trauben             |                       |                               |                  |           |         |
|                      | mit Blatt und Holzzuwachs | 7 - 10                | 3 - 4                         | 10 - 15          | 13 - 16   | 3 - 6   |
| Wiesen               | 10 dt Heu                 | 15 - 20               | 5 - 10                        | 25 - 30          | 8 - 12    | 6 - 8   |
| Weiden <sup>2)</sup> | 1000 kStE                 | 45 - 55               | 18 - 23                       | 55 - 65          | 25 - 35   | 10 - 15 |

1) Ein Teil des Stickstoffs aus der Luft

\*) Niedrige Werte: Virgin-Tabak; hohe Werte: Geudertheimer und Burley

2) Bei Weiden wird ein großer Teil der mit dem Futter entzogenen Nährstoffe im Kot und Harn dem Boden wieder zugeführt.