



**Nutzenaspekte**  
**Risikoabwägung**  
**Anwendungsempfehlungen**

**Gute fachliche Praxis**

## **IMPRESSUM**

### **Herausgeber und Copyright**

Staatliche Landwirtschaftliche Untersuchungs- und Forschungsanstalt (LUFÄ) Augustenberg, Neßlerstraße 23 - 31, 76227 Karlsruhe  
Tel. 0721/9468-0, Email: [poststelle@lufa.bwl.de](mailto:poststelle@lufa.bwl.de)

Direktor: Dr. Norbert Haber

Herausgabe: September 2006

### **Autoren**

Dr. Rainer Kluge

Dr. Markus Mokry

Nachdruck - auch auszugsweise - nur mit Zustimmung des Herausgebers  
unter Quellenangabe gestattet.

## INHALTSVERZEICHNIS

Seite

1.	Einführung .....	1
2.	Komposte .....	1
2.1.	Wertgebende Inhaltsstoffe von Komposten .....	1
2.2.	Schwermetalle und Problemstoffe.....	3
2.3.	Zuführen an Wert- und Nährstoffen mit Kompostgaben.....	4
2.4.	Wirkungen auf Bodenfruchtbarkeit und Ertrag .....	4
2.5.	Regeln für die nachhaltige Anwendung von Komposten.....	6
3.	Grünguthäcksel .....	7
3.1.	Wertgebende Inhaltsstoffe von Grünguthäcksel .....	7
3.2.	Schwermetalle und Problemstoffe.....	7
3.3.	Zuführen an Wert- und Nährstoffen mit Grünguthäckselgaben.....	7
3.4.	Wirkungen auf Bodenfruchtbarkeit und Ertrag .....	9
3.5.	Regeln für die nachhaltige Anwendung von Grünguthäcksel.....	11
4.	Filtrationskieselgur .....	11
4.1.	Wertgebende Inhaltsstoffe von Filtrationskieselgur.....	12
4.2.	Schwermetalle und weitere mögliche Risiken .....	12
4.3.	Pflanzenbauliche Wirkungen von Filtrationskieselgur .....	12
4.4.	Regeln für die nachhaltige Anwendung von Filtrationskieselgur .....	14
5.	Gelatinekalkschlamm .....	14
5.1.	Wertgebende Inhaltsstoffe von Gelatinekalkschlamm .....	15
5.2.	Schwermetalle und Seuchenhygiene .....	16
5.3.	Pflanzenbauliche Wirkungen von Gelatinekalkschlamm .....	16
5.4.	Anwendungsempfehlungen.....	16
6.	Frucht- und Gemüseabfälle.....	17
6.1.	Wertgebende Inhaltsstoffe von Frucht-/Gemüsebrei.....	17
6.2.	Schwermetalle und weitere mögliche Risiken .....	17
6.3.	Pflanzenbauliche Wirkungen von Frucht-/Gemüsebrei .....	17
6.4.	Anwendungsempfehlungen.....	19
7.	Zusammenfassung.....	19
8.	Literatur .....	20

## Abkürzungen und Erläuterungen

- Gehaltsangaben (% , mg/kg usw.) mit Zusatz TM bzw. FM:

TM - in der Trockenmasse, FM - in der Frischmasse

- Nährstoffangaben: stets Elementbezeichnung und chemische Form (Element oder Oxid),  
in der die Gehalte oder Gaben angegeben werden

Nährstoff	chemische Form	analoge Bezeichnung
Stickstoff	N	
Phosphor	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Phosphat
Kalium	K <sub>2</sub> O	Kali
Magnesium	MgO	Magnesiumoxid

- Lösliche Nährstoffgehalte:

Nährstoff	chemische Form	Extraktionsmittel
Stickstoff	Summe Nitrat + Ammonium	0,0125 M Calciumchloridlösung
Phosphor	Phosphatanionen	Calcium-Acetat-Lactat-Lösung (CAL)
Kalium	Kaliumkationen	Calcium-Acetat-Lactat-Lösung (CAL)
Magnesium	Magnesiumkationen	0,0125 M Calciumchloridlösung



# Nachhaltige Verwertung von Bioabfällen in der Landwirtschaft

## - Nutzenaspekte, Risikoabwägung, Anwendungsempfehlungen -

### 1. Einführung

Abfälle mit Wertstoffanteilen, vorrangig Bioabfälle mit relevanten Anteilen an organischer Substanz und Nährstoffen, sind lt. Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz [1] vorrangig stofflich, in der Regel landbaulich über den Boden zu verwerten, um im Sinne der Ressourcenschonung Stoffkreisläufe zu schließen.

Bei ihrer landbaulichen Verwertung sind maßgebende **Prinzipien der Nachhaltigkeit** einzuhalten, d.h. sie muss einen **messbaren Nutzen** für die Pflanzenproduktion und/oder die **Bodenfruchtbarkeit** erbringen (**Nutzenaspekte**) und gleichzeitig alle **Belange des Boden- und Umweltschutzes** mittel- und langfristig gewährleisten (**Risikoabwägung**) [2]. Als Düngemittel müssen die Abfälle bestimmte Mindestgehalte an Nährstoffen bzw. basisch wirksamer Substanz überschreiten - ansonsten ist nur der Einsatz als Bodenhilfsstoff zur Bodenverbesserung möglich - und in der Düngemittelverordnung gelistet sein [3]. Im Interesse des vorsorgenden Bodenschutzes sind dabei Grenzwerte für Schwermetalle im Boden sowie in den Abfällen lt. Bioabfallverordnung [4] bzw. lt. Düngemittelverordnung [3] zu unterschreiten. Außerdem sind Höchstgaben [4] und „Regeln der guten fachlichen Praxis beim Düngen“ lt. Düngeverordnung [5] einzuhalten, um vor allem Nährstoffüberhänge zu vermeiden.

Nachfolgend werden Komposte, Grüngut-häcksel, Filtrationskieselgur, Gelatinekalkschlamm und Frucht-/Gemüseabfälle als **geeignete Bioabfälle bzw. Sekundärrohstoffe** vorgestellt und nach den o.g. Gesichtspunkten diskutiert.

### 2. Komposte

Komposte werden als **Biokomposte** (Bioabfälle aus der Getrenntsammlung und Pflanzenabfälle) und **Grünkomposte** (reine Pflanzenabfälle) angeboten. Sie haben inzwischen, wie umfassende Untersuchungen belegen [6,7], ihre Eignung als Düngemittel und Bodenverbesserungsmittel in der Landwirtschaft sowie im Garten- und Landschaftsbau, gefördert durch zunehmend homogenere Qualitäten und auch die Gütesicherung nach RAL-Gütezeichen 251 [8], vielfältig unter Beweis gestellt.

#### 2.1. Wertgebende Inhaltsstoffe von Komposten

Auf der Grundlage umfangreicher Gütesicherungsarbeiten liegen mittlerweile fundierte Kenntnisse über die Inhaltsstoffe von Bio- und Grünkomposten vor (Tabelle 1). An wertgebenden Inhaltsstoffen sind vor allem der **Gehalt an organischer Substanz** von im Mittel 35 - 45 % TM, der **Gehalt an basisch wirksamen Stoffen** von im Mittel 3 - 6 % TM und die **Nährstoff-Gesamtgehalte** zu nennen. Sie bewegen sich im Mittel um

Stickstoff (N)	1,2 - 1,6 % TM
Phosphor (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	0,5 - 0,7 % TM
Kalium (K <sub>2</sub> O)	0,8 - 1,3 % TM
Magnesium (MgO)	0,5 - 0,9 % TM.

Sie erlauben je nach Gehalt überwiegend eine Einstufung gemäß Düngemittelverordnung [3] als **organische NPK- bzw. NP-Dünger**. Die Gehalte in Grüngutkomposten fallen dabei im Mittel um 20 - 30 % niedriger aus als in Biokomposten [10].

Die **löslichen Anteile der Nährstoff-Gesamtgehalte** von Komposten schwanken in weiten Grenzen [6, 9, 10] (Tabelle 2). Die löslichen Stickstoffanteile bewegen

Tabelle 1: Inhaltsstoffe von Bio- und Grünkomposten

Ergebnisse aus der bundesweiten Gütesicherung nach RAL-Gütezeichen 251 der Jahre 2004 und 2005 [9], Größe der Stichprobe: ca. 5.700 Kompostproben

Parameter		Mittelwerte		Quantile <sup>1</sup>			
		arith. Mittel	Median <sup>2</sup>	10.	20.	80.	90.
<i>Allgemeine Parameter</i>							
Trockenmasse	% FM <sup>3</sup>	64,1	64,0	52,1	56,1	72,0	76,4
Rohdichte	g/l FM	652	650	480	540	760	820
Salzgehalt	g/l FM	5,0	4,5	1,7	2,4	7,2	8,6
pH-Wert		7,5	7,6	6,7	7,0	8,1	8,3
Fremdstoffe > 2 mm	% TM <sup>4</sup>	0,15	0,09	0,01	0,02	0,24	0,37
Steine > 5 mm	% TM	1,63	1,27	0,23	0,50	2,56	3,50
Unkrautsamen	A <sup>5</sup> /l FM	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Nährstoff-Gesamtgehalte in % TM</i>							
Stickstoff	N	1,41	1,39	0,85	1,00	1,79	1,98
Phosphor	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,68	0,64	0,36	0,44	0,88	1,03
Kalium	K <sub>2</sub> O	1,09	1,07	0,57	0,71	1,44	1,64
Magnesium	MgO	0,78	0,70	0,34	0,44	1,04	1,30
<i>Lösliche Nährstoffe<sup>6</sup> in mg/l FM</i>							
Stickstoff insg.	N	332	253	27	72	534	704
davon Ammonium	NH <sub>4</sub> -N	248	145	2	11	446	619
Phosphor	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1.049	985	458	620	1.407	1.684
Kalium	K <sub>2</sub> O	3.642	3.421	1.720	2.230	4.902	5.814
Magnesium	Mg	233	216	146	169	284	328
<i>Weitere wertgebende Inhaltsstoffe in % TM</i>							
Org. Substanz		38,4	37,4	24,5	28,6	46,7	52,0
C <sup>7</sup> /N-Verhältnis		17,0	15,4	11,7	12,7	19,5	22,3
BWS <sup>8</sup>	CaO	4,54	4,04	1,94	2,50	6,27	7,70
<i>Schwermetallgehalte in mg/kg TM</i>							
Blei	Pb	44,8	40,6	23,4	28,2	58,3	70,5
Cadmium	Cd	0,47	0,42	0,25	0,31	0,60	0,74
Chrom	Cr	23,9	22,0	13,7	16,0	29,2	35,0
Nickel	Ni	15,0	13,1	6,7	8,4	19,2	24,0
Kupfer	Cu	50,3	46,3	28,1	33,5	65,1	78,5
Zink	Zn	183	173	122	139	221	259
Quecksilber	Hg	0,15	0,12	0,06	0,08	0,18	0,24

- Erläuterungen:
- <sup>1</sup> Quantil - Maßzahl für Spannweite der Stichprobe. Das 10., 20., 80. bzw. 90. Quantil bezeichnet den Gehalt, den 10, 20, 80 bzw. 90 % aller Einzelwerte der aufsteigend sortierten Stichprobe unterschreiten
  - <sup>2</sup> Median - der mittlere Wert (50. Quantil) der sortierten Stichprobe
  - <sup>3</sup> FM - in der Frischmasse
  - <sup>4</sup> TM - in der Trockenmasse
  - <sup>5</sup> A/l FM - Anzahl/l FM
  - <sup>6</sup> Gehalte löslicher Nährstoffe: N und Mg - CaCl<sub>2</sub>-Extrakt, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> und K<sub>2</sub>O - CAL-Extrakt
  - <sup>7</sup> C-Gehalt - 58 % des Gehaltes an organischer Substanz (bei wenig zersetzter organischer Substanz rechnet man mit einem C-Gehalt von 50 %)
  - <sup>8</sup> BWS - Basisch wirksame Stoffe

Tabelle 2: Größenordnungen der löslichen Nährstoffanteile von Komposten

Nährstoff		Löslicher Anteil der Nährstoffe in % der Gesamtgehalte	
		Mittel	Spannweite
Stickstoff	N	3 - 5	1 - 10
Phosphor	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	15 - 25	10 - 40
Kalium	K <sub>2</sub> O	65 - 70	50 - 85
Magnesium	MgO	7 - 10	5 - 15

Tabelle 3: Mittlere Zufuhren an Wert- und Nährstoffen mit Kompostgaben von 20 t/ha TM im 3jährigen Turnus und ihre Bewertung für die Dünge- und Humusbilanz

Wertstoffe	Mittlerer Bereich	Beurteilung <sup>1</sup>
Organische Substanz t/ha TM	2,5 - 3,0	positiv für Humusbilanz
Kalk - CaO dt/ha	2,0 - 4,0	positiv für Kalkbilanz
Nährstoffe kg/ha	Mittlerer Bereich	Nährstoffsaldo im Mittel
Stickstoff - N	80 - 110	schwach negativ
Phosphor - P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	35 - 55	ausgeglichen
Kalium - K <sub>2</sub> O	55 - 85	mittlere Entzüge: ausgeglichen hohe Entzüge: schwach negativ
Magnesium - MgO	35 - 60	stark positiv

<sup>1</sup> unterstellte Fruchtfolge: K. Mais (mittlere Nährstoffabfuhr) bzw. S.Mais (hohe Nährstoffabfuhr)/ W.Weizen/W.Gerste

sich überwiegend deutlich unterhalb von 10 %, bei Grünkomposten sogar nur um 1 - 3 % der N-Gesamtgehalte [10], Ausdruck für eine geringe und langsame Mineralisierung des organisch gebundenen Stickstoffs [6, 7].

Bei **Kohlenstoff/Stickstoff (C/N)-Verhältnissen** von im Mittel 15 - 17/1 (Tabelle 1) ist aber mittelfristig eine relativ gute Stickstoffdüngewirkung zu erwarten. Die Gesamtgehalte an Phosphor und vor allem an Kalium sind dagegen zu einem wesentlich höheren Anteil löslich und werden damit zügig pflanzenverfügbar (vgl. Punkt 2.3, Tabelle 4).

## 2.2. Schwermetalle und Problemstoffe

Eine Bewertung der entsprechenden Daten in Tabelle 1 zeigt:

Selbst die strengen Grenzwerte für Schwermetalle der Bioabfallverordnung [4] bei Gaben von 30 t/ha TM im 3jährigen Turnus werden heute nur in seltenen Fällen überschritten. Ihre Ausschöpfung beträgt im Mittel (außer Cu und Zn) 30 - 40 % und sogar für 90 % aller Proben (90. Quantil) maximal 70 - 75 %. Höhere Ausschöpfungsraten bei Cu und Zn von im Mittel 60 % sind angesichts der Tatsache, dass beide Schwermetalle von den Pflanzen als Spurennährstoffe benötigt werden, tolerierbar.

Die Fremdstoffgehalte >2 mm unterschreiten den Grenzwert von 0,5 % TM im Mittel erheblich und auch im ungünstigen Fall (90. Quantil) deutlich. Gleiches gilt für die Steinanteile. Beide Störstoffe bilden heute bei ordnungsgemäßer Kompostierung (Gütesicherung) kein Problem mehr.

Im Regelfall enthalten Komposte keine keimfähigen Samen und austriebsfähigen Pflanzenteile, Ausdruck für die zuverlässige Phytohygiene des Materials. Auch die seuchenhygienische Unbedenklichkeit (Freiheit von Salmonella gemäß Standarduntersuchung, in Tabelle 1 nicht dargestellt) ist heute gewährleistet. Insgesamt bestehen damit bei ordnungsgemäßer Kompostrotte keine Bedenken gegen die nachhaltige landbauliche Kompostanwendung.

### 2.3. Zufuhren an Wert- und Nährstoffen mit Kompostgaben

Mit pflanzenbaulich vertretbaren Kompostgaben von jährlich 6 - 7 t/ha TM bzw. 20 t/ha TM im 3jährigen Turnus (entsprechend etwa 30 - 35 t/ha FM) werden dem Boden erhebliche Mengen an Wert- und Nährstoffen zugeführt (Tabelle 3). Sie beeinflussen die Humus- und Kalkbilanz positiv. Auch die Nährstoffbilanz ist bei mittleren Erträgen und Abfuhr meist ausgeglichen, bei Magnesium sogar stets positiv.

### 2.4. Wirkungen auf Bodenfruchtbarkeit und Ertrag

Die maßgebenden **agrochemischen Parameter der Bodenfruchtbarkeit** werden gemäß Ergebnissen von Kompost-Dauerversuchen [6] wie folgt beeinflusst (Tabelle 4):

An erster Stelle steht die **Zufuhr an organischer Substanz**, durch welche die Humusbilanz positiv beeinflusst wird. Sie ist - neben der Bedeutung für die Düngewirkung - auch die maßgebende Voraussetzung für die verschiedenen „bodenverbessernden“ Wirkungen. Durch die **Kalkzufuhr** in der Größenordnung einer Erhaltungskalkung kann der pH-Wert des Bodens stabilisiert bzw. im günstigen Fall allmählich angehoben werden. Beide Stoffzufuhren bilden deshalb erhebliche **Einsparpotenziale** für die Düngung.

Unter den Nährstoffen ist die Zufuhr an **Phosphor und Kalium** entscheidend für die Düngewirkung von Kompost, denn bei-

de Nährstoffe werden relativ schnell düngewirksam. Das führte in den Kompost-Dauerversuchen zu deutlich angestiegenen „pflanzenverfügbaren“ Bodengehalten. Auf Grund ihrer hohen Düngeneffizienz ist die Zufuhr deshalb in der Düngebilanz voll anzurechnen. Sie kann die **Grunddüngung mit Phosphor und Kalium vollständig ersetzen (Einsparpotenzial)**. Gleichzeitig werden beide Nährstoffe damit zum begrenzenden Faktor für die Höhe der Kompostgabe.

Die hohe **Magnesium(Mg)-Zufuhr** mit Komposten, die durchweg zu einem erheblichen Positivsaldo führt, ist auf Grund der häufig nicht ausreichenden Versorgung der Böden als Vorteil anzusehen. Sie wirkt der permanenten Mg-Auswaschung aus dem Boden entgegen und birgt auf Grund der mäßigen Löslichkeit keine Gefahren für Pflanzen sowie für das Grundwasser.

Auch die **Stickstoff(N)-Zufuhr** kann zum begrenzenden Faktor der Kompostgabe werden. Um einen zu hohen N-Pool im Boden zu vermeiden, ist die N-Gesamtzufuhr über Kompost auf jährlich 170 kg/ha zu beschränken [5]. Besondere Sorgfalt erfordert die sachgerechte Anrechnung der mineralisierten N-Anteile für die mineralische N-Ergänzungsdüngung, um überhöhte lösliche N-Anteile im Boden zuverlässig zu vermeiden:

Nach kurzfristiger Kompostanwendung (1 - 3 Jahre) sind in der N-Düngebilanz jährlich nur max. 5 % der N-Gesamtzufuhr anzurechnen. Mittelfristig steigt der anrechenbare N-Anteil auf jährlich 10 %, bei Einbeziehung der erhöhten mineralischen N-Anteile im Boden auf etwa 15 %. Dabei sind in Abhängigkeit von der Kompostart Spannweiten von 0 (vorrangig Grünkomposte) bis 25 % (N-reiche Biokomposte) möglich.

Von besonderer Bedeutung sind - wie erwähnt - die **bodenverbessernden Wirkungen** regelmäßiger Kompostgaben (Tabelle 5). Wie zahlreiche Versuchsergebnisse belegen [6, 7, 10 - 13], werden durch die



Tabelle 4: Wirkungen regelmäßiger Kompostgaben von 20 t/ha TM im 3jährigen Turnus auf Parameter der Bodenfruchtbarkeit (Versorgung mit Humus, Kalk und Nährstoffen)

Parameter	Veränderungen in 5 - 10 Jahren		Beurteilung
Humusgehalt	Anstieg um 0,2 - 0,5 %, mittlere Anhebungsrate etwa 0,1 % je 8 t Zufuhr an organischer Substanz		Reproduktion der organischen Substanz eindeutig gesichert
N <sub>t</sub> -Gehalt <sup>1</sup>	Anstieg um 0,01 - 0,02 %, mittlere Anhebungsrate 0,01 % je 500 kg N <sub>t</sub> -Zufuhr		geringe Erhöhung des N <sub>t</sub> -Pools
pH-Wert	Erhaltung bzw. im günstigen Fall Anstieg um 0,2 - 0,4 pH-Einheiten		entspricht <b>Erhaltungskalkung</b>
Düngewirksame Nährstoffanteile		Pro Jahr anrechenbar (% der Gesamtzufuhr)	Düngeneffizienz und Anrechnung in der Düngebilanz
Stickstoff	- kurzfristig (1 - 3 J.)	0 - 3	- <b>geringe Düngeneffizienz</b> - kurzfristige Anrechnung: jährlich max. 5 % - mittelfristige Anrechnung: jährl. max. 10 % <u>ohne</u> N <sub>min</sub> -Anteil
	- mittelfristig (4 - 8 J.)	5 - 8	
	- mittelfristig + erhöhte N <sub>min</sub> -Gehalte <sup>2</sup>	10 - 15	
Phosphor	- Mittel Fruchtarten	35 - 45	- <b>hoch pflanzenverfügbar, hohe Düngeneffizienz</b> - <b>volle Anrechnung</b> , dadurch in der Regel <b>begrenzender Faktor der Kompostgabe !</b>
	- entzugsstarke Fruchtarten	50 - 60	
Kalium	- Mittel Fruchtarten	30 - 40	
	- entzugsstarke Fruchtarten	50 - 60	
Magnesium	Mittel Fruchtarten	5 - 10	- geringe Düngeneffizienz - langfristige Anrechnung

Anm.: <sup>1</sup> N<sub>t</sub>-Gehalt - N-Gesamtgehalt <sup>2</sup> N<sub>min</sub>-Gehalt - löslicher N-Gehalt des Bodens

erhebliche Zufuhr an organischer Substanz mit den Kompostgaben praktisch alle wesentlichen **bodenphysikalischen und -biologischen Parameter**, wie die Bodenstruktur, der Wasserhaushalt und vor allem die Bodenmikrobiologie, messbar positiv beeinflusst. Diese Wirkungen tragen maßgeblich zu einer **allmählichen Förderung der Bodenfruchtbarkeit** bei und verbessern vor allem die für die pflanzenbauliche Bodennutzung wesentlichen Eigenschaften, wie die Aggregatstabilität (reduziert Oberflächenverschlammung und Bodenabtrag, fördert die Befahrbarkeit), die Wasserspeicherung, die biologische Bodenaktivität und das Erosionsverhalten.

Die Summe aller Vorteilswirkungen der landbaulichen Kompostanwendung spiegelt

sich im **Ernteertrag** wider. Im Mittel ist unter Bedingungen intensiver Pflanzenproduktion (Abfuhr sämtlicher Ernteprodukte einschließlich Stroh) mit Mehrerträgen von 5 - 8 % zu rechnen. Bei geringerer Produktionsintensität sind solche deutlichen Ertragswirkungen des Komposteinsatzes seltener. Mittel- und langfristig haben die bodenverbessernden Wirkungen der regelmäßigen Kompostanwendung offenkundig eine größere Bedeutung als die Düngungseffekte. In ihrer Summe qualifizieren beide Vorteilswirkungen die Komposte unter geeigneten Standort- und Nutzungsbedingungen als **wertvolle Sekundärrohstoffe (organische NPK-Dünger)** für den nachhaltigen Einsatz in der Pflanzenproduktion.

Tabelle 5: Bodenverbessernde Wirkungen regelmäßiger Kompostgaben

Parameter	Tendenz zur Verbesserung	Auswirkungen für die Bodennutzung
<b>Bodenstruktur</b>		
Aggregatstabilität	<b>deutlich</b>	Boden elastischer und mechanisch belastbarer, Schutz gegen Bodenverdichtungen, Erosionsminderung
Lagerungsdichte	<b>vorhanden</b>	bessere Durchlüftung und Drainage
<b>Wasserhaushalt</b>		
Porenvolumen und -verteilung	<b>vorhanden</b>	Anhebung des Anteils an Mittel- und Grobporen, bessere Durchlüftung und Drainage, verbesserter Gasaustausch
Nutzbare Feldkapazität	<b>deutlich</b>	erhöhte Kapazität zur Wasserspeicherung, erhöhter Wasservorrat bei Trockenheit, verstärkter Schutz der Pflanzenbestände gegen Trockenstress
Wasserkapazität	<b>deutlich</b>	
Wasserinfiltration	<b>unsicher</b>	bessere Wasserdurchleitung bei starken Niederschlägen, Verhinderung von Staunässe
<b>Bodenmikrobiologie</b>		
Mikrobielle Biomasse	<b>deutlich</b>	Aktivierung des Bodenlebens, Erhöhung der Widerstandsfähigkeit gegen Schadorganismen und auch gegen physikalische Bodenbelastungen, Verbesserung der Mineralisierung der organischen Substanz, Verbesserung der <b>Bodenfruchtbarkeit allgemein</b>
Dehydrogenaseaktivität	<b>deutlich</b>	
N-Mineralisierung	<b>vorhanden</b>	

## 2.5. Regeln für die nachhaltige Anwendung von Komposten

In der landwirtschaftlichen Praxis haben sich folgende Anwendungsempfehlungen bewährt [6, 7, 11 - 13]:

### ▪ Gabenhöhe:

- optimal jährlich 6 - 7 t/ha TM entspr. 10 - 12 t/ha FM
  - maximal jährlich 10 t/ha TM entspr. 17 t/ha FM
- zweckmäßig im 3jährigen Turnus

**Beachten:** ausgeglichene Nährstoffsalden, P- und K-Zufuhr begrenzend!

### ▪ Anrechnung Nährstoffzufuhren:

- Phosphor, Kalium, Magnesium: voll anrechnen
- Stickstoff: kurzfristig jährlich max. 5 %, mittelfristig 10 - 15 % der N-Zufuhr des Kompostes anrechnen

**Beachten:** große Spannweiten im Einzel-

fall! Grünkomposte meist niedrigere, Bio-komposte meist höhere Gehalte.

### ▪ Geeignete Anwendungstermine:

- vor der Saat bzw. dem Pflanzen: Wintergetreide/Zwischenfrüchte - August bis September

**Vorrangig Frischkomposte:** Bindung von Rest-Stickstoff in Winterperiode

Kartoffeln/Zuckerrüben - Februar bis März

Mais - März bis April

- Frostausbringung (Vegetationsbeginn)

**Vorteil:** keine Bodenverdichtung, schnellere Bodenerwärmung!

### ▪ Anwendungshinweise:

- **flache** Einarbeitung (5 - 10 cm), nicht unterpflügen (Fäulnis, Wurzelschädigung!)
- bei Erosionsgefahr: Mulchauflage

### 3. Grünguthäcksel

Unter der **Direktverwertung von Grünguthäcksel im Ackerbau** wird das

Aufbringen von gehäckselten Pflanzenabfällen auf Ackerflächen ohne vorherige Kompostierung

verstanden. Als Ausgangsmaterialien eignen sich nur stofflich unbedenkliche, d.h. unbelastete, schadstoffarme pflanzliche Abfälle (vgl. Punkt 3.5).

Mit der Direktverwertung, die sich in einigen Bundesländern inzwischen zu einem alternativen Verwertungsweg in der Landwirtschaft entwickelt hat, sollen geeignete Pflanzenabfälle nutzbringend und kostengünstig in den natürlichen Kreislauf zurückgeführt werden.

Lt. §10 Bioabfallverordnung [4] können solche getrennt erfassten Pflanzenabfälle von der Behandlungs- und Untersuchungspflicht ausgenommen werden. In Baden-Württemberg wurde dazu ein vereinfachtes Lieferscheinverfahren festgelegt [14] sowie ein Anwendungsmerkblatt [15] herausgegeben, um allen Belangen des Boden- und Umweltschutzes und der „guten fachlichen Praxis“ bei der Anwendung von Grünguthäcksel zuverlässig Rechnung zu tragen.

#### 3.1. Wertgebende Inhaltsstoffe von Grünguthäcksel

Anhand von repräsentativen Übersichtsuntersuchungen aus Baden-Württemberg [10] und Süd-Niedersachsen [16] erweist sich der **Gehalt an organischer Substanz** von im Mittel 80 - 90 % TM als der entscheidende Wertstoff von Grünguthäcksel (Tabelle 6). Die **Nährstoff-Gesamtgehalte** fallen auf Grund fehlender Abbauprozesse deutlich niedriger aus als bei Komposten und betragen im Mittel etwa

Stickstoff (N)	0,8 - 1,0 % TM
Phosphor (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	0,3 - 0,4 % TM
Kalium (K <sub>2</sub> O)	0,5 - 1,0 % TM
Magnesium (MgO)	0,3 - 0,5 % TM.

Unter den **löslichen Anteilen der Nährstoff-Gesamtgehalte** ist der Stickstoff mit

in der Regel weniger als 1 % praktisch vollständig gebunden und damit kurzfristig nicht düngewirksam, während die übrigen Nährstoffe eine ähnliche Löslichkeit aufweisen wie bei Komposten (Tabelle 7).

Formal sind Grünguthäcksel zwar gemäß Düngemittelverordnung [3] als organische NPK-Dünger einzustufen. Wegen der erheblichen Stickstoff-Immobilisierung infolge des weiten **Kohlenstoff/Stickstoff(C/N)-Verhältnisses** (im Mittel über 50/1) sind sie jedoch praktisch nur als Bodenverbesserungsmittel geeignet.

#### 3.2. Schwermetalle und Problemstoffe

Die Schwermetallgehalte von Grünguthäcksel bewegen sich auf dem Niveau unbedenklicher Pflanzengehalte. Sie unterschreiten die Grenzwerte der Bioabfallverordnung [4] im Mittel um Größenordnungen und führen auch im Maximum nicht zu Überschreitungen (Tabelle 6). Auf Grund der fehlenden Abbauprozesse und des rein pflanzlichen Materials betragen sie im Mittel nur etwa 20 - 30 % der Gehalte von Komposten. Trotz fehlender Hygienisierung hält sich auch der Besatz an keimfähigen Samen und austriebsfähigen Pflanzenteilen im Regelfall auf einem niedrigen Niveau unterhalb des Grenzwertes lt. Bioabfallverordnung von 2 je L Prübsubstrat und ist damit tolerierbar. Insgesamt sind die möglichen Risiken der Direktverwertung von Grünguthäcksel als gering und beherrschbar zu beurteilen.

#### 3.3. Zufuhren an Wert- und Nährstoffen mit Grünguthäckselgaben

In der Praxis haben sich Gaben von maximal 100 m<sup>3</sup>/ha Grünguthäcksel (entsprechend etwa 13 - 18 t/ha TM) als pflanzenbaulich geeignet erwiesen (Tabelle 8). Mit diesen Gaben werden erhebliche Anteile an organischer Substanz zugeführt, die sich auf die Humusbilanz und vor allem auf physikalische und biologische Parameter des Bodens (vgl. Punkt 3.4) deutlich positiv

Tabelle 6: Inhaltsstoffe von Grünguthäcksel

Ergebnisse einer Übersichtsuntersuchung aus Baden-Württemberg und Niedersachsen, Zeitraum 1992 - 1996, Größe der Stichprobe: 125 Proben

Parameter		Mittelwerte		Quantile <sup>1</sup>		Spannweite	
		arith. Mittel	Median <sup>2</sup>	10.	90.	Min	Max
<i>Allgemeine Parameter</i>							
Trockenmasse	% FM <sup>3</sup>	59,3	58,0	43,3	77,7	28,0	96,0
Rohdichte	g/l FM	260	266	136	354	57	688
Salzgehalt	g/l FM	0,98	0,80	0,35	1,90	0,14	3,72
pH-Wert		6,3	6,3	5,2	7,4	4,7	7,8
Maximalkorn	mm	266	240	150	454	50	900
Unkrautsamen	A <sup>o</sup> /l FM	0,6	0,0	0,0	2,0	0,0	16
<i>Nährstoff-Gesamtgehalte in % TM<sup>4</sup></i>							
Stickstoff	N	0,92	0,83	0,60	1,34	0,28	2,96
Phosphor	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,31	0,29	0,16	0,46	0,07	1,16
Kalium	K <sub>2</sub> O	0,77	0,55	0,35	1,56	0,21	4,44
Magnesium	MgO	0,39	0,34	0,15	0,70	0,08	1,66
Calcium	CaO	2,64	2,15	0,81	5,06	0,44	9,27
Schwefel	S	0,15	0,12	0,06	0,26	0,03	0,95
<i>Lösliche Nährstoffe<sup>6</sup> in % TM</i>							
Stickstoff	N	0,02	0,01	0,001	0,05	<0,001	0,58
Phosphor	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,09	0,05	0,03	0,18	0,01	0,75
Kalium	K <sub>2</sub> O	0,52	0,35	0,21	1,24	0,12	2,65
Magnesium	Mg	0,05	0,04	0,03	0,07	0,02	0,15
<i>Weitere wertgebende Inhaltsstoffe in % TM</i>							
Org. Substanz		81,2	84,0	63,3	94,4	42,2	97,3
C <sup>7</sup> /N-Verhältnis		49,1	49,6	28,0	66,9	14,0	99,0
<i>Schwermetallgehalte in mg/kg TM</i>							
Blei	Pb	12,9	9,6	3,5	26,6	1,4	64,0
Cadmium	Cd	0,23	0,20	0,13	0,34	0,05	0,83
Chrom	Cr	9,1	7,8	2,5	18,0	0,9	34,0
Nickel	Ni	4,9	4,0	1,1	10,0	0,5	18,0
Kupfer	Cu	11,5	10,0	5,6	17,6	3,3	36,0
Zink	Zn	59,6	54,0	36,0	91,6	21,0	212
Quecksilber	Hg	0,04	0,03	0,01	0,07	0,01	0,24

- Erläuterungen:
- <sup>1</sup> Quantil - Maßzahl für Spannweite der Stichprobe. Das 10., 20., 80. bzw. 90. Quantil bezeichnet den Gehalt, den 10, 20, 80 bzw. 90 % aller Einzelwerte der aufsteigend sortierten Stichprobe unterschreiten
  - <sup>2</sup> Median - der mittlere Wert (50. Quantil) der sortierten Stichprobe
  - <sup>3</sup> FM - in der Frischmasse
  - <sup>4</sup> TM - in der Trockenmasse
  - <sup>5</sup> A/l FM - Anzahl/l FM
  - <sup>6</sup> Gehalte löslicher Nährstoffe: N und Mg - CaCl<sub>2</sub>-Extrakt, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> und K<sub>2</sub>O - CAL-Extrakt
  - <sup>7</sup> C-Gehalt - 58 % des Gehaltes an organischer Substanz (siehe Tabelle 1)

Tabelle 7: Größenordnungen der löslichen Nährstoffanteile von Grünguthäcksel

Nährstoff		Löslicher Anteil der Nährstoffe in % der Gesamtgehalte	
		Mittel	Spannweite
Stickstoff	N	0,5 - 1	0,2 - 4
Phosphor	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	20 - 25	10 - 40
Kalium	K <sub>2</sub> O	65 - 70	50 - 85
Magnesium	MgO	20 - 25	10 - 35

auswirken. Die Nährstoffzufuhren bewegen sich in ähnlicher Größenordnung wie bei Komposten.

### 3.4. Wirkungen auf Bodenfruchtbarkeit und Ertrag

Ergebnisse mehrjähriger Feldversuche in Baden-Württemberg [10] sowie von Versuchen und Feldbeobachtungen in anderen Bundesländern belegen, dass bei regelmäßiger Anwendung von Grünguthäcksel positive Wirkungen auf die **Bodenfruchtbarkeit allgemein** (agrochemische sowie bodenphysikalische und -biologische Parameter) zu erwarten sind (Tabelle 9). Entscheidend ist die hohe Zufuhr an **organischer Substanz**, die über die Anhebung des Humusgehaltes mittelfristig die Bodenstruktur und vor allem den Wasserhaushalt des Bodens positiv beeinflussen kann.

Hervorzuheben ist die deutliche Erosionsminderung durch Mulchauflagen aus Grünguthäcksel, die dem Bodenabtrag in hängigen Lagen wirksam vermindern kann [16].

Im Vergleich dazu sind die Wirkungen von Grünguthäcksel auf agrochemische Parameter der Bodenfruchtbarkeit, sofern vorhanden, gering. Zumindest kurzfristig (3 - 6 Jahre) werden die **Gehalte an löslichen Nährstoffen** kaum positiv beeinflusst. Phosphor, Kalium und Magnesium werden wesentlich langsamer als bei Komposten pflanzenverfügbar, d.h. eine merkliche Düngewirkung ist nur mittel- und langfristig zu erwarten. Grünguthäcksel leisten keinen Beitrag zum Kalkhaushalt, führen aber auch nicht, wie häufig befürchtet, zur Versauerung des Bodens.

Tabelle 8: Mittlere Zufuhren an organischer Substanz und Nährstoffen mit Gaben an Grünguthäcksel von 100 m<sup>3</sup>/ha und ihre Bewertung für die Dünge- und Humusbilanz

Wertstoffe	Mittlerer Bereich	Beurteilung
Organische Substanz t/ha TM	10 - 15	Humusbilanz stark positiv
Nährstoffe kg/ha	Mittlerer Bereich	Nährstoffsaldo im Mittel <sup>1</sup>
Stickstoff - N	100 - 140	ausgeglichen
Phosphor - P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	35 - 55	ausgeglichen
Kalium - K <sub>2</sub> O	80 - 110	mittlere Entzüge: ausgeglichen hohe Entzüge: schwach negativ
Magnesium - MgO	40 - 60	stark positiv

Anm.: <sup>1</sup> Nährstoffsalden geben formal den Saldo von Zufuhr und Abfuhr an. Auf Grund der fehlenden (N) bzw. minimalen (P, K, Mg) Nährstoffwirkung und der notwendigen Düngung ist jedoch in der Düngebilanz von deutlichen Positivsalden auszugehen (vgl. Punkte 3.4 und 3.5). Unterstellte Fruchtfolge vgl. Punkt 2.1, Tabelle 3, Anm.

Vor allem die Stickstoffzufuhr kann auf Grund der **zeitweiligen N-Immobilisierung**, die nach Häckselgaben häufig zu verzeichnen ist, kurzfristig nicht düngewirksam angerechnet werden. Es muss, im Gegenteil, stets ergänzend eine volle, dem Düngebedarf der Fruchtart entsprechende Stickstoffdüngung verabreicht werden, um keine Ertragseinbrüche zu verursachen (vgl. Punkt 3.5). Dadurch kann mittelfristig ein erheblicher Positivsaldo an Stickstoff auflaufen. Für praktische Verhältnisse ist die zeitweilige N-Bindung jedoch als durchaus positiv zu beurteilen, weil sie die unerwünschte N-Auswaschung in kritischen Perioden (Wintermonate) verhindern kann.

Eine positive **Ertragswirkung** ist direkt nach Anwendung von Grünguthäcksel nicht zu erwarten. Damit kann nur mittel- und langfristig bei regelmäßiger Anwendung durch allmähliche Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit gerechnet werden.

Zusammenfassend sind Grünguthäcksel als geeignete **Bodenverbesserungsmittel mit geringer Nährstoffwirkung** zu beurteilen, mit denen maßgebende Bodeneigenschaften, wie die Befahrbarkeit, die Wasserspeicherung und -infiltration, die biologische Aktivität und das Erosionsverhalten, und damit letztlich die pflanzenbauliche Nutzung und die Bodenfruchtbarkeit gefördert werden.

Tabelle 9: Wirkung regelmäßiger Gaben an Grünguthäcksel von 100 m<sup>3</sup>/ha auf agrochemische sowie physikalische und biologische Parameter des Bodens

Parameter	Veränderungen in 3 - 6 Jahren	Beurteilung
<b>Agrochemische Bodenparameter</b>		
Humusgehalt	Anstieg - jährliche Gabe: um 0,2 - 0,3 % - 3jährige Gabe: um 0,1 - 0,2 %	Reproduktion der organischen Substanz gesichert
N <sub>t</sub> -Gehalt <sup>1</sup>	kein messbarer Anstieg, N-Zufuhr zu gering	nur langfristig Erhöhung des N <sub>t</sub> -Pools
pH-Wert	keine pH-Wirkung feststellbar	<b>keine Kalkwirkung</b> , aber auch keine Versauerung
lösliche Nährstoffe (P, K, Mg)	- bei P und Mg keine messbaren Anhebungen - bei K geringe Anhebungen	Nährstoffzufuhren werden nur langsam pflanzenverfügbar und düngewirksam → <b>minimale Düngeeffizienz</b>
N <sub>min</sub> -Gehalte	Abnahme um jährlich 10 kg/ha im Vergleich zu „ohne Grünguthäcksel“	zeitweilige N-Immobilisierung → <b>Verhinderung unerwünschter N-Auswaschung</b>
<b>Physikalische und biologische Bodenparameter</b>		
Bodenstruktur	- Aggregatstabilität: ansteigend - Lagerungsdichte: rückläufig	Schutz gegen Verschlammung und Bodenverdichtungen
Erosion	als Mulch deutlicher Schutz der Bodenoberfläche	<b>Erosionsminderung</b>
Wasserhaushalt	- Wasserkapazität: deutlich ansteigend - Wasserinfiltration: verbessert	Schutz gegen Trockenstress und gleichzeitig gegen Staunässe
Bodenbiologie	- mikrobielle Aktivität: verbessert - N-Mineralisation: keine Anhebung	langsame Aktivierung des Bodenlebens

### 3.5. Regeln für die nachhaltige Anwendung von Grünguthäcksel

Bei der Direktverwertung von Grünguthäcksel im Pflanzenbau sind folgende Regeln einzuhalten (vgl. dazu Merkblätter [14, 15]), um die unbedenkliche und damit nachhaltige Anwendung zu gewährleisten:

- **Nur stofflich unbedenkliche**, d.h. unbelastete und schadstoffarme **pflanzliche Abfälle**, wie Schnittgut (Baum-, Strauch- und Heckenschnitt), unbehandelte Holzabfälle sowie Mähgut (Gemisch aus Gras und grünen Pflanzenabfällen) aus der Park- und Landschaftspflege, von Streuobstwiesen, Extensivflächen und Hausgärten, einsetzen.

#### **Ungeeignet:**

Reiner Grasschnitt (Fäulnisprozesse!), Straßenbegleitgrün (Schadstoffbelastung) und Küchenabfälle, Gehölzschnitt aus Obstanlagen (Feuerbrand!), Material mit Fremdstoffanteilen (Kunststoffe u.a.).

- Auf **gute Häckselqualität** achten: Reißende und quetschende Zerkleinerung des Ausgangsmaterials (wichtig für Umsetzung im Boden), Teilchengröße nicht über 20 - 40 mm.
- **Gabenhöhe:** Optimal sind 80 - 100 m<sup>3</sup>/ha im 3jährigen Turnus. Jährliche Gaben in gleicher Höhe sind zwar pflanzenbaulich einsetzbar, führen aber zur Überschreitung der Höchstgaben lt. Bioabfallverordnung von 30 t/ha TM im 3jährigen Turnus und zu Positivsalden bei Nährstoffen.
- **Kulturen und Anwendungstermine:** Anwendung vorteilhaft zu Hackfrüchten, Mais, Getreidearten. Im Herbst vor der Saat: zweckmäßig flach einarbeiten (nicht einpflügen, Fäulnisgefahr!), vorteilhaft zur N-Bindung und Umsetzung im Boden. Nach der Frühjahrssaat: Oh-

ne Einarbeitung, da die Keimpflanzen die dünne Mulchschicht problemlos durchwachsen.

#### ▪ **Anrechnung der Nährstoffe in der Düngebilanz:**

Gemäß Düngeverordnung [5] sind alle Nährstoffzufuhren grundsätzlich anzurechnen. Da die Nährstoffe aus Grünguthäcksel kurzfristig nicht düngewirksam werden, ist nur ein mittelfristiger Ausgleich der Düngebilanz (zweckmäßig über zwei Fruchtfolgerotationen) praktisch machbar.

#### ▪ **Stickstoffdüngung:**

Infolge der N-Bindung auf Grund des weiten C/N-Verhältnisses ist stets eine N-Düngung in Höhe des Düngedarfs der Fruchtart erforderlich, um Ertragsrückgänge zu vermeiden. Bei niedrigen N-Bodenreserven und holzreichen Häckselgaben ist im Anwendungsjahr ein „Immobilisierungszuschlag“ von 10 - 20 kg/ha N zu empfehlen.

## 4. Filtrationskieselgur

### Filtrationskieselgur aus der Bierproduktion, d.h.

gebrauchte, durch die Filtration von Bier mit natürlichen organischen Biertrubstoffen (Hefereste, Proteine) angereicherte gebrannte Diatomeenerde (ca. 85 % Siliziumdioxid -SiO<sub>2</sub>)

fällt in Deutschland in einer Größenordnung von ca. 50.000 t Frischmasse pro Jahr an. Die landwirtschaftliche Verwertung hat sich regional, im Umkreis von Brauereien, zu einer sinnvollen kostengünstigen Alternative zur Entsorgung auf Deponien bzw. zur Wiederaufbereitung entwickelt, mit zunehmender Tendenz. Dabei besteht vor allem Interesse an der Stickstoffdüngewirkung [10], daneben aber auch an möglichen Vorteilswirkungen für die Standfestigkeit von Getreide [17] sowie für die Güllewirtschaft auf Grünland [18, 19].

#### 4.1. Wertgebende Inhaltsstoffe von Filtrationskieselgur

Nach einer repräsentativen Übersichtsuntersuchung von gebrauchter Filtrationskieselgur aus der Bierherstellung in baden-württembergischen Brauereien [10] erweist sich der beachtliche **Stickstoffgehalt** von im Mittel 10 - 20 kg/t TM bzw. 3 - 6 kg/t FM (Tabelle 10) als maßgebender Inhaltsstoff, der eine Einstufung als **organisch-mineralischer N-Dünger** gemäß Düngemittelverordnung [3] zulässt. Alle anderen Nährstoffgehalte fallen sehr niedrig aus und haben für die pflanzenbauliche Verwertung keine Bedeutung.

Der Stickstoffanteil ist vollständig in der **organischen Substanz** von im Mittel 12 - 18 % TM gebunden, die überwiegend aus leicht mineralisierbaren Proteinen (Hefetrub u.a. Bestandteile der Bierproduktion) besteht. Das enge **Kohlenstoff/Stickstoff (C/N)-Verhältnis** von im Mittel 5/1 weist auf eine gute Mineralisierbarkeit und Pflanzenverfügbarkeit hin, auch wenn der lösliche Stickstoffgehalt deutlich unter 5 % des N-Gesamtgehaltes liegt.

#### 4.2. Schwermetalle und weitere mögliche Risiken

Die Schwermetallgehalte von Filtrationskieselgur fallen ausnahmslos sehr gering aus (Tabelle 10). Lediglich die Gehalte an Cr bzw. Ni weisen, bedingt durch die Bierproduktion in Edelstahlbehältern, ein gering erhöhtes Niveau auf. Aber auch sie schöpfen die strengen Grenzwerte der Bioabfallverordnung [4] für Gaben von 30 t/ha TM im 3jährigen Turnus im ungünstigsten Fall (Maximum!) nur zu 40 bzw. 80 % aus. Die Mittelwerte von Cr und Ni bewegen sich deutlich unterhalb der Grenzwerte, bei allen übrigen Schwermetallen sogar unterhalb der Hintergrundwerte unbelasteter Böden. Die Schwermetallfrachten, die mit einer pflanzenbaulich optimalen Gabe an Filtrationskieselgur von 20 t/ha FM ausgebracht werden, liegen in 90. Prozent aller

Fälle (90. Quantil) durchweg unter 20 % der Grenzfrachten.

Weitere mögliche Risiken, wie Fremdstoffgehalte und Unkrautsamen, sind nicht relevant. Die Seuchen- und Phytohygiene ist gewährleistet. Als mögliches Risiko wird lediglich die theoretisch denkbare Gefahr diskutiert, dass nach Abtrocknung der ausgebrachten Filtrationskieselgur unter Wind einfluss lungengängige Quarzstäube (Partikelgröße <10 µm) aufgewirbelt werden könnten, die für die Landwirte bzw. unbeteiligte Personen am Feldrand eine kanzerogene Gesundheitsgefährdung darstellen könnten. Diese Vermutung hält, wie Gutachten des Umweltbundesamtes [20] sowie der Universität Kiel [21] gezeigt haben, einer objektiven Risikobewertung nicht Stand. Trotzdem wurde in der Düngemittelverordnung aus Vorsorge festgelegt, dass Filtrationskieselgur nur im feuchten Zustand ausgebracht werden darf und danach sofort eingearbeitet werden muss.

Zusammenfassend ist Filtrationskieselgur, ausgehend von seinen Inhaltsstoffen, als ein **gut geeigneter Sekundärrohstoff** einzustufen, der als reiner **N-Dünger** im Vergleich zu anderen Bioabfällen praktisch ohne Probleme eingesetzt werden kann.

#### 4.3. Pflanzenbauliche Wirkungen von Filtrationskieselgur

Begrenzend für die **pflanzenbauliche Verwertung von Filtrationskieselgur im Ackerbau** ist die Stickstoffzufuhr. Ausgehend davon hat sich eine mittlere Gabe von 20 t/ha Frischmasse, mit der die Höchstgabe von jährlich 10 t/ha TM lt. Bioabfallverordnung [4] (entsprechend im Mittel mehr als 30 t/ha FM) zuverlässig unterschritten wird, als pflanzenbaulich optimal und verfahrenstechnisch vertretbar erwiesen.

Bei dieser Gabe wird dem Boden ein vergleichsweise geringer Anteil an **organischer Substanz** (mehr als 80 % TM der Filtrationskieselgur bestehen aus Diatomeenerde - SiO<sub>2</sub>) zugeführt (Tabelle 11), der die Humusbilanz nicht merklich positiv



beeinflussen kann. Die damit verbundene **Stickstoffzufuhr** kann den N-Bedarf angebauter Kulturen im Mittel meist weitgehend decken. Praxisversuche haben gezeigt [10, 17], dass davon im Ausbringungsjahr mindestens 60 - 80 % düngewirksam werden.

Neben der N-Düngewirkung soll die Anwendung von Filtrationskieselgur (wegen der darin enthaltenen Kieselsäure) auch zu einer Verbesserung der Standfähigkeit von Getreide sowie zu einer erhöhten Widerstandsfähigkeit gegen Pflanzenkrankheiten führen. Reproduzierbare wissenschaftliche Belege dafür liegen nicht vor [10].

Tabelle 10: Inhaltsstoffe von Filtrationskieselgur  
Ergebnisse einer Übersichtsuntersuchung aus 20 baden-württembergischen Brauereien,  
Zeitraum 1992 - 1997, Größe der Stichprobe: 56 Proben

Parameter	Mittelwerte		Quantile <sup>1</sup>		Spannweite		
	arith. Mittel	Median <sup>2</sup>	10.	90.	Min	Max	
<i>Allgemeine Parameter</i>							
Trockenmasse	% FM <sup>3</sup>	30,5	31,0	24,2	36,4	12,0	55,0
Rohdichte	g/l FM	1.091	1.093	1.010	1.185	754	1.280
Salzgehalt	g/l FM	1,5	1,1	0,4	2,9	0,2	9,1
pH-Wert		5,3	5,1	4,4	6,7	3,8	7,8
<i>Nährstoff-Gesamtgehalte in % TM<sup>4</sup></i>							
Stickstoff	N	1,64	1,62	0,78	2,48	0,35	3,12
Phosphor	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,21	0,18	0,08	0,39	0,02	0,51
Kalium	K <sub>2</sub> O	0,12	0,10	0,03	0,22	0,02	0,31
Magnesium	MgO	0,11	0,10	0,06	0,17	0,03	0,58
Calcium	CaO	0,28	0,30	0,08	0,50	0,07	0,61
<i>Lösliche Nährstoffe<sup>5</sup> in % TM</i>							
Stickstoff	N	0,03	0,01	<0,01	0,10	<0,01	0,16
Phosphor	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,07	0,05	<0,01	0,15	<0,01	0,18
Kalium	K <sub>2</sub> O	0,09	0,08	0,02	0,19	<0,01	0,27
Magnesium	Mg	0,02	0,01	<0,01	0,03	<0,01	0,08
<i>Weitere wertgebende Inhaltsstoffe in % TM</i>							
Org. Substanz		14,6	14,5	8,7	20,1	3,7	35,2
C <sup>6</sup> /N-Verhältnis		5,4	5,0	4,0	7,1	3,5	15,0
<i>Schwermetallgehalte in mg/kg TM</i>							
Blei	Pb	1,4	<1,0	<1,0	2,6	<1,0	6,0
Cadmium	Cd	0,14	<0,10	<0,10	0,27	<0,10	0,79
Chrom	Cr	14,1	16,0	3,7	20,3	1,3	28,0
Nickel	Ni	8,7	9,0	1,7	12,7	0,3	23,0
Kupfer	Cu	4,9	4,4	2,3	7,8	0,8	18,0
Zink	Zn	10,8	10,0	4,6	20,0	3,0	31,0
Quecksilber	Hg	0,01	<0,01	<0,01	0,03	<0,01	0,07

Erläuterungen: <sup>1</sup> Quantil - Maßzahl für Spannweite der Stichprobe. Das 10. bzw. 90. % Quantil bezeichnet den Gehalt, den 10 bzw. 90 % aller Einzelwerte der aufsteigend sortierten Stichprobe unterschreiten

<sup>2</sup> Median - der mittlere Wert (50. Quantil) der sortierten Stichprobe

<sup>3</sup> FM - in der Frischmasse

<sup>4</sup> TM - in der Trockenmasse

<sup>5</sup> Gehalte löslicher Nährstoffe: N und Mg - CaCl<sub>2</sub>-Extrakt, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> und K<sub>2</sub>O - CAL-Extrakt

<sup>6</sup> C-Gehalt - 58 % des Gehaltes an organischer Substanz

Tabelle 11: Mittlere Zufuhren an organischer Substanz und Stickstoff mit Gaben an Filtrationskieselgur von 20 t/ha Frischmasse und ihre Bewertung für die Düngebilanz

Parameter	Mittlerer Bereich	Beurteilung
Organische Substanz t/ha	0,7 - 1,1	Humusbilanz negativ
Stickstoff - N kg/ha	80 - 130	N-Bedarf je nach Kultur weitgehend bzw. vollständig gedeckt

Für die **pflanzenbauliche Verwertung von Filtrationskieselgur auf Dauergrünland** steht die optimale Einbindung in das Verfahren der Güllewirtschaft im Vordergrund. Nach Untersuchungen der LVVG Aulendorf (Baden-Württemberg) kann die Homogenisierbarkeit und Fließfähigkeit von Rindergülle durch Zusätze an Filtrationskieselgur von etwa 5 % erheblich verbessert werden. Das dient der Vermeidung von Schwimmschichten in Güllebehältern und begünstigt die Ausbringung der Gülle [10, 18, 19]. Der Zusatz von Filtrationskieselgur beeinflusst zudem die Zusammensetzung des Grünlandbestandes positiv in Richtung eiweißreicher Leguminosen und kann zu einer Mobilisierung bodenbürtiger Stickstoffreserven beitragen.

#### 4.4. Regeln für die nachhaltige Anwendung von Filtrationskieselgur

Für die direkte landbauliche Verwertung von gebrauchter Filtrationskieselgur im **Ackerbau**, vor allem im Ökolandbau, gelten folgende Regeln und Verfahrenshinweise [10]:

- **Pflanzenbaulich optimale Einsatzmenge:**

Abhängig vom N-Gesamtgehalt der Filtrationskieselgur, in der Regel 20 t/ha Frischmasse (in mehreren Gaben).

- **Applikation:**

- In feuchtem, krümel-fähigen Zustand, Entwässerung auf max. 30 % TM.
- Zeitpunkt: Bei Winterungen zwei Gaben (Vegetationsbeginn und Anfang Schossen), bei Sommerungen zur Saat.

- Technik: In fester Form mittels Stall-dungstreuer, bei geringen TM-Gehalten mit Gülletankwagen.
- Einarbeitung: Zur Vermeidung von Geruchsproblemen sowie von lungengängigen Quarzstäuben [3].

- **Ergänzende N-Düngung:**

Für eine optimale Ertragsbildung im Anwendungsjahr etwa 20 - 40 % des N-Düngebedarfes der Kultur durch geeignete N-Dünger ergänzen. In der Fruchtfolgerotation ist die N-Zufuhr voll anzurechnen.

#### Anwendung von Filtrationskieselgur auf Dauergrünland:

- **Zusatz zur Gülle:**

Zur Nutzung der positiven Eigenschaften (Verbesserung von Homogenisierbarkeit und Fließverhalten) der Güllemenge maximal 5 % an Filtrationskieselgur zusetzen. Diese vor Zugabe mit Wasser im Verhältnis 1/1 mischen.

- **Applikation:**

- Zeitpunkt: Frühjahr und weitere N-Düngungstermine.
- Technik: Gülle-fass mit Rührreinrichtung.

Für beide Verwertungswege besteht ein **Ausbringungsverbot** lt. Düngeverordnung [5] vom 01.11. bis 31.01.

## 5. Gelatine-kalkschlamm

### Gelatinekalkschlamm

ist ein Bioabfall, der bei der Behandlung von Prozesswässern der Gelatineproduktion anfällt und mit Kalk hygienisiert und konditioniert wird.

Ein Unternehmen zur Gelatineherstellung in Baden-Württemberg hat die pflanzenbauliche Verwertung dieses Bioabfalls auf den Weg gebracht. Zur Qualitätssicherung des Gelatinekalkschlammes, der in Nordbaden sowie in Süd-Hessen als Sekundärrohstoff in Größenordnungen von jährlich etwa 25.000 - 30.000 t eingesetzt wird, erfolgt eine regelmäßige Gütesicherung nach QLA [24].

## 5.1. Wertgebende Inhaltsstoffe von Gelatinekalkschlamm

Ergebnisse aus der Qualitätsüberwachung des Gelatineherstellers in Baden-Württemberg zeigen (Tabelle 12), dass Gelatinekalkschlamm in der Regel eine breiige, noch pumpfähige Konsistenz aufweist (TM-Gehalte im Mittel 12 - 15 % FM). **Wesentliche Nährstoffe** sind der hohe Stickstoffanteil von 30 - 40 kg N/t TM entspr. etwa

Tabelle 12: Inhaltsstoffe von Gelatinekalkschlamm

Ergebnisse der regelmäßigen Qualitätsüberwachung der Fa. GELITA AG, Anlage Eberbach (früher DGF Stoess), Zeitraum 2001 - 2006, Größe der Stichprobe: 72 Proben

Parameter	Mittelwerte		Quantile <sup>1</sup>		Spannweite		
	arith. Mittel	Median <sup>2</sup>	10.	90.	Min	Max	
<i>Allgemeine Parameter</i>							
Trockenmasse	% FM <sup>3</sup>	14,8	12,8	11,1	29,8	8,3	34,5
Rohdichte	g/l FM	1.047	1.046	1.033	1.058	1.024	1.079
Salzgehalt	g/l FM	13,9	13,0	8,3	20,6	7,8	23,6
pH-Wert		12,3	12,4	12,1	12,4	12,1	12,5
<i>Nährstoff-Gesamtgehalte in % TM<sup>4</sup></i>							
Stickstoff	N	3,6	3,6	3,3	4,0	3,0	4,3
Phosphor	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1,9	1,9	1,5	2,5	0,7	2,8
Kalium	K <sub>2</sub> O	0,19	0,19	0,11	0,25	0,04	0,35
Magnesium	MgO	0,46	0,46	0,34	0,60	0,28	0,65
Calcium	CaO	34,5	34,2	30,1	39,3	29,2	39,7
<i>Weitere wertgebende Inhaltsstoffe in % TM</i>							
Org. Substanz		35,8	35,6	29,6	41,4	26,8	45,7
C <sup>5</sup> /N-Verhältnis		5,7	5,8	5,0	6,2	4,8	6,8
BWS <sup>6</sup>	CaO	29,2	29,5	26,0	31,9	22,4	35,7
<i>Schwermetallgehalte in mg/kg TM</i>							
Blei	Pb	2,4	2,0	1,1	4,3	1,0	4,4
Cadmium	Cd	0,24	0,20	0,10	0,42	0,10	0,60
Chrom	Cr	4,8	5,1	0,5	6,4	0,5	8,1
Nickel	Ni	4,8	4,7	3,6	5,8	3,2	7,1
Kupfer	Cu	7,6	6,2	5,4	8,7	3,6	15,0
Zink	Zn	51	51	35	74	27	87
Quecksilber	Hg	0,02	<0,01	<0,01	0,10	<0,01	0,20
<i>Seuchenhygiene</i>							
Salmonella		nicht nachweisbar					

- Erläuterungen:
- <sup>1</sup> Quantil - Maßzahl für Spannweite der Stichprobe. Das 10. bzw. 90. Quantil bezeichnet den Gehalt, den 10 bzw. 90 % aller Einzelwerte der aufsteigend sortierten Stichprobe unterschreiten
  - <sup>2</sup> Median - der mittlere Wert (50. Quantil) der sortierten Stichprobe
  - <sup>3</sup> FM - in der Frischmasse
  - <sup>4</sup> TM - in der Trockenmasse
  - <sup>5</sup> C-Gehalt - 58 % des Gehaltes an organischer Substanz
  - <sup>6</sup> BWS - Basisch wirksame Stoffe

4,5 - 6 kg N/t FM, gefolgt vom Phosphorgehalt von 15 - 25 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/t TM entspr. etwa 2 - 4 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/t FM. Unter den **Wertstoffen** dominiert der hohe Anteil an basisch wirksamer Substanz von knapp 3 dt CaO/t TM entspr. etwa 0,5 dt CaO/t FM und der Gehalt an organischer Substanz von 30 - 40 % TM.

Nach diesen maßgebenden Inhaltsstoffen kann Gelatinekaltschlamm als **organischer NP-Dünger mit Kalkwirkung** eingestuft werden [3]. Das enge Kohlenstoff/Stickstoff(C/N)-Verhältnis von etwa 5/1 weist auf eine gute Mineralisierbarkeit und damit gute Pflanzenverfügbarkeit der organisch gebundenen N-Anteile hin.

## 5.2. Schwermetalle und Seuchenhigiene

Die Schwermetallgehalte fallen stets sehr niedrig aus und unterschreiten die Grenzwerte der Bioabfallverordnung [4] fast durchweg um Größenordnungen. Auch die Seuchenhigiene ist durch die Kalkkonditionierung gewährleistet. Befunde von Salmonella waren im gesamten Untersuchungszeitraum nicht nachweisbar. Gelatinekaltschlamm ist damit ein vergleichsweise unbedenklicher Sekundärrohstoff.

## 5.3. Pflanzenbauliche Wirkungen von Gelatinekaltschlamm

Für die pflanzenbauliche Verwertung von Gelatinekaltschlamm im Ackerbau ist der hohe **Kalkanteil** begrenzend, gefolgt von den wesentlichen **Nährstoffgehalten**. Mit pflanzenbaulich üblichen Aufwandmengen von 20 - 30 t/ha FM werden im Mittel etwa 10 - 15 dt CaO/ha, 100 - 150 kg N/ha und 60 - 90 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha ausgebracht. Per Saldo entspricht die Kalkzufuhr einer Erhaltungskalkung, während die Zufuhr an Stickstoff und Phosphor den Entzug in der Regel vollständig, bei Kulturen mit geringerem Bedarf sogar überkompensieren kann. Nach Praxisversuchen der LUFÄ Augustenberg, Karlsruhe, werden im Anwendungsjahr etwa 20 - 30 % der N-Gabe und 10 - 15 % der Phosphorgabe, d.h. damit re-

lativ zügig pflanzenverfügbar [22]. In der Fruchtfolge sind beide Nährstoffe gut düngewirksam. Sie sind deshalb in der Düngebilanz voll anzurechnen. Im Vergleich zu Gülle erfolgt eine langsamere N-Mineralisierung.

Daneben eignet sich Gelatinekaltschlamm auch, um die Ausbringung von **Rindergülle auf Dauergrünland** zu verbessern [26].

## 5.4. Anwendungsempfehlungen

Gaben an Gelatinekaltschlamm von 20 - 30 t/ha FM eignen sich nach bisherigen Erfahrungen im **Ackerbau** vor allem als **Frühjahrgabe** vor der Aussaat von Sommergetreide, Mais und Zuckerrüben. Besonders die Kopfkalkung zu Zuckerrüben bei nur oberflächiger Einarbeitung hat sich durch verschiedene Vorteilswirkungen (Strukturverbesserung der Ackerkrume und Minderung der Erosion, gute N-Startwirkung) bewährt. Bei regelmäßiger Anwendung kann die reguläre Kalkung und die Phosphordüngung eingespart und die N-Düngung deutlich reduziert werden.

Gelatinekaltschlamm ist auch für eine **Ausbringung auf die Stoppel** zu Winterungen sowie Winterzwischenfrüchten geeignet. Dafür sind geeignete Bedingungen, wie eine ausreichende Aufnahmefähigkeit des Bodens, Pflanzenwachstum zur Aufnahme des verfügbaren Stickstoffs (max. Gabe 40 kg N/ha!) und keine Erosionsgefahr, zu gewährleisten. In der Regel ist die Gabenhöhe auf max. 10 t/ha FM zu reduzieren.

Beim Einsatz von **Gelatinekaltschlamm auf Dauergrünland** steht - ähnlich wie bei Filtrationskieselgur (vgl. Punkt 4.3) - die optimale Einbindung in das Verfahren der Güllewirtschaft im Vordergrund. Nach Untersuchungen der LVVG Aulendorf (Baden-Württemberg) kann die Homogenisierbarkeit und Fließfähigkeit von Rindergülle durch Zusätze von 20 Gew.-% Gelatinekaltschlamm verbessert werden [26].

## 6. Frucht- und Gemüseabfälle

Mit **Frucht-/ Gemüsebrei** werden

Obst- und Gemüseabfälle bezeichnet, die bei der Handelssortierung in Packbetrieben und Großmärkten anfallen, gemahlen und dadurch homogenisiert werden.

Dabei entsteht ein flüssig-breiiger Bioabfall, der auf Grund der rein pflanzlichen Ausgangsstoffe für eine Verwertung im Ackerbau als potenziell gut geeignet anzusehen ist. Das Verfahren der Direktverwertung auf Ackerflächen wurde in der Bundesrepublik bisher nur vereinzelt angewandt. Bekannt geworden sind die Bemühungen eines nordbadischen Packbetriebes, in dem jährlich etwa 1.000 - 1.500 t Frucht-/Gemüsebrei aufbereitet und pflanzenbaulich verwertet wurden [10].

### 6.1. Wertgebende Inhaltsstoffe von Frucht-/Gemüsebrei

Frucht-/Gemüsebrei ist mit einem Trockenmassegehalt von etwa 8 - 12 % FM pumpfähig (Tabelle 13). Der Feststoffanteil ist mit meist mehr als 90 % TM fast durchweg organischer Natur. Die pH-Werte bewegen sich mit 3,5 - 4,5 stets im mäßig sauren Bereich und weisen auf das kalkzehrende Potenzial von Frucht-/Gemüsebrei hin. Unter den Nährstoffgehalten sind die Gesamtgehalte an Stickstoff, Phosphor und Kalium für die Düngung von Interesse. Sie lassen formal eine Einstufung als **organischer NPK-Dünger** zu. Allerdings sind nur weniger als 10 % des N-Gesamtgehaltes löslich. Das ist unter Berücksichtigung des hohen Kohlenstoff/Stickstoff (C/N)-Verhältnisses von etwa 25 - 30/1 ein deutlicher Hinweis auf die geringe N-Düngewirksamkeit von Frucht-/Gemüsebrei. Der Phosphoranteil ist dagegen zu etwa 40 - 50 % löslich, der Kaliumanteil sogar zu mehr als 90 % löslich und damit gut pflanzenverfügbar.

### 6.2. Schwermetalle und weitere mögliche Risiken

Die Schwermetallgehalte von Frucht-/Gemüsebrei entsprechen unbedenklichen Pflanzengehalten (Tabelle 13). Sie schöpfen die strengen Grenzwerte der Bioabfallverordnung [4] für Gaben von 30 t/ha TM im 3jährigen Turnus im Mittel nur zu weniger als 10 % (Cu zu 15 %) aus. Auch im ungünstigen Fall (90. Quantil) beträgt die Ausschöpfung der Grenzwerte bei Pb, Cr, Ni und Hg weniger als 10 %, bei Cd knapp 30 % und bei Cu und Zn 40 - 50 %. Die Schwermetallanteile sind damit für die pflanzenbauliche Verwertung unerheblich.

Die Befürchtung, dass Frucht-/Gemüsebrei erhöhte Anteile an Rückständen von Pflanzenschutz- und Pflanzenbehandlungsmitteln (Wachsmittel u.ä.) enthält, hat sich nach Übersichtsuntersuchungen nicht bestätigt [10]. Die Gehalte an einschlägigen Fungiziden und Organochlorinsektiziden unterschritten überwiegend sogar die Grenzwerte für *pflanzliche Lebensmittel*. Eine Aufnahme bedenklicher Anteile dieser Pflanzenschutzmittel durch die Pflanzen aus Böden, auf denen Frucht-/Gemüsebrei verwertet wurde, ist nach Stand des Wissens ausgeschlossen.

### 6.3. Pflanzenbauliche Wirkungen von Frucht-/Gemüsebrei

Frucht-/Gemüsebrei hat sich nach bisherigen Praxisuntersuchungen als **schadstoffarmer Sekundärrohstoff mit düngewirksamen Nährstoffanteilen** (N, P, K) erwiesen [10]. Mit einer Gabe von 40 t/ha Frischmasse entspr. 4 t/ha TM, die verfahrenstechnisch noch vertretbar ist, werden **erhebliche Nährstofffrachten** zugeführt (Tabelle 14). Die hohe und gut düngewirksame Kaliumzufuhr übersteigt häufig den Düngebedarf der Kultur. Ein möglicher Positivsaldo kann für die Folgefrucht angerechnet werden. Die Stickstoffzufuhr deckt zwar per Saldo im Mittel fast den Pflanzenbedarf. Sie wird aber nur langsam düngewirksam und muss stets mit einer ergän-

zenden N-Düngung kombiniert werden. Mit Frucht-/Gemüsebrei werden auch beachtliche Phosphormengen zugeführt, die den Düngebedarf zwar nicht vollständig, aber doch anteilig decken können. Nicht zu unterschätzen ist die beträchtliche Zufuhr an **organischer Substanz**, die mittelfristig auch die Humusgehalte des Bodens positiv

beeinflussen kann. Nach bisherigen Praxiserfahrungen reagieren vor allem leichte Böden auf die Applikation von Frucht-/Gemüsebrei mit einer zügigen Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit. Das beträchtliche Säurepotenzial praxisrelevanter Gaben (vgl. Punkt 6.4) bewirkt kurzfristig **keine pH-Absenkungen** des Bodens.

Tabelle 13: Inhaltsstoffe von Frucht-/Gemüsebrei  
Ergebnisse einer Übersichtsuntersuchung (ein Packbetrieb)  
Zeitraum 1992 - 1997, Größe der Stichprobe: 13 Proben

Parameter		Mittelwerte		Quantile <sup>1</sup>		Spannweite	
		arith. Mittel	Median <sup>2</sup>	10.	90.	Min	Max
<i>Allgemeine Parameter</i>							
Trockenmasse	% FM <sup>3</sup>	10,4	10,0	7,0	15,0	7,0	15,0
Rohdichte	g/l FM	1.020	1.009	991	1.066	990	1.075
Salzgehalt	g/l FM	5,9	5,2	3,5	9,7	3,3	10,1
pH-Wert		4,0	3,9	3,3	5,1	3,2	5,3
<i>Nährstoff-Gesamtgehalte in % TM<sup>4</sup></i>							
Stickstoff	N	2,1	2,0	1,3	3,2	1,2	3,4
Phosphor	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,67	0,69	0,30	1,1	0,29	1,1
Kalium	K <sub>2</sub> O	3,0	3,1	1,3	4,4	1,3	4,4
Magnesium	MgO	0,29	0,26	0,18	0,47	0,16	0,50
Calcium	CaO	1,5	0,96	0,35	4,6	0,24	5,5
<i>Lösliche Nährstoffe<sup>5</sup> in % FM</i>							
Stickstoff	N	0,018	0,016	0,006	0,042	0,005	0,046
Phosphor	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,031	0,027	0,003	0,071	0,002	0,074
Kalium	K <sub>2</sub> O	0,26	0,28	0,15	0,40	0,13	0,44
Magnesium	Mg	0,013	0,014	0,009	0,016	0,008	0,016
<i>Weitere wertgebende Inhaltsstoffe in % TM</i>							
Org. Substanz		90,3	90,6	83,7	95,0	83,7	95,5
C <sup>6</sup> /N-Verhältnis		27,8	28,5	16,0	42,9	16,0	45,0
<i>Schwermetallgehalte in mg/kg TM</i>							
Blei	Pb	2,0	1,1	0,30	6,4	0,30	6,8
Cadmium	Cd	0,11	0,10	0,02	0,27	0,01	0,29
Chrom	Cr	2,2	2,2	1,0	4,1	1,0	4,1
Nickel	Ni	2,1	1,9	0,77	3,9	0,50	4,0
Kupfer	Cu	13,0	10,7	4,5	29,3	4,1	32,0
Zink	Zn	40,1	24,0	11,4	156	9,0	200
Quecksilber	Hg	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02

- Erläuterungen:
- <sup>1</sup> Quantil - Maßzahl für Spannweite der Stichprobe. Das 10. bzw. 90 % Quantil bezeichnet den Gehalt, den 10 bzw. 90 % aller Einzelwerte der aufsteigend sortierten Stichprobe unterschreiten
  - <sup>2</sup> Median - der mittlere Wert (50. Quantil) der sortierten Stichprobe
  - <sup>3</sup> FM - in der Frischmasse
  - <sup>4</sup> TM - in der Trockenmasse
  - <sup>5</sup> Gehalte löslicher Nährstoffe: N und Mg - CaCl<sub>2</sub>-Extrakt, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> und K<sub>2</sub>O - CAL-Extrakt
  - <sup>6</sup> C-Gehalt - 58 % des Gehaltes an organischer Substanz

Tabelle 14: Mittlere Zufuhren an organischer Substanz und Nährstoffen mit Gaben an Frucht-/Gemüsebrei von 40 t/ha Frischmasse und ihre Bewertung für die Dünge- und Humusbilanz

Parameter	Mittlerer Bereich	Beurteilung
Organische Substanz t/ha	3,5 - 3,8	Humusbilanz positiv
Nährstoffe		Nährstoffsaldo im Mittel
Stickstoff - N kg/ha	60 - 100	schwach negativ bis ausgeglichen
Phosphor - P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> kg/ha	20 - 40	schwach negativ bis negativ
Kalium - K <sub>2</sub> O kg/ha	100 - 140	positiv

Vor allem auf leichten Böden mit suboptimalen pH-Werten und fehlender Kalkreserve ist jedoch mittelfristig mit einer Erniedrigung des pH-Wertes zu rechnen, der durch entsprechende Kalkungen entgegengewirkt werden muss. Andererseits kann das Säurepotenzial von Frucht-/Gemüsebrei für Sonderkulturen, wie Beerenobst, Nadelbäume u.a., die schwach saure Bodenbedingungen benötigen, vorteilhaft genutzt werden.

#### 6.4. Anwendungsempfehlungen

Für die direkte Verwertung von Frucht-/Gemüsebrei zu Ackerkulturen sind folgende Regeln und Verfahrenshinweise zu beachten [10]:

- **Boden- und Standortvoraussetzungen:**  
Einsatz vorrangig auf leichten Böden mit Nährstoff- und Humusbedarf.

- **Anforderungen an den Frucht-/Gemüsebrei:**

Nur frisches, gut homogenisiertes Material (frei von Fremdstoffen!) einsetzen, überlagertes Material ungeeignet (Fäulnisgefahr, Geruchsprobleme), wertgebende Inhaltsstoffe regelmäßig untersuchen lassen.

- **Pflanzenbaulich optimale Einsatzmenge:**

Abhängig von Nährstoff-Gesamtgehalten, vor allem Kalium, in der Regel maximal 40 t/ha Frischmasse.

- **Optimaler Einsatztermin:**

Zweckmäßig vor der Saat, nach Ausbringung oberflächlich einarbeiten (Vermeidung von Verklebungen der Bodenoberfläche). **Ausbringungsverbot** lt. Düngeverordnung [5] vom 01.11. bis 31.01. beachten.

## 7. Zusammenfassung

Die Praxisergebnisse zu ausgewählten Bioabfällen belegen, dass mit Hilfe einer sorgfältigen objektiven Abwägung der Vorteilswirkungen und der möglichen Risiken erreicht werden kann, geeignete Materialien im Ackerbau sowie im Garten- und Landschaftsbau stofflich zu verwerten und damit im Sinne einer vernünftigen Ressourcenschonung Stoffkreisläufe zu schließen. Wesentlich ist dabei, alle Belange des Boden- und Umweltschutzes zu erfüllen und so die erforderliche Nachhaltigkeit zu gewährleisten.

Ausgehend von den gewonnenen wissenschaftlichen und praktischen Erfahrungen ergeben sich **grundsätzliche Regeln** [2, 6, 10, 25], die bei der **Entscheidungsfindung** für oder gegen eine landbauliche Verwertung von Bioabfällen zu beachten sind (Abbildung).

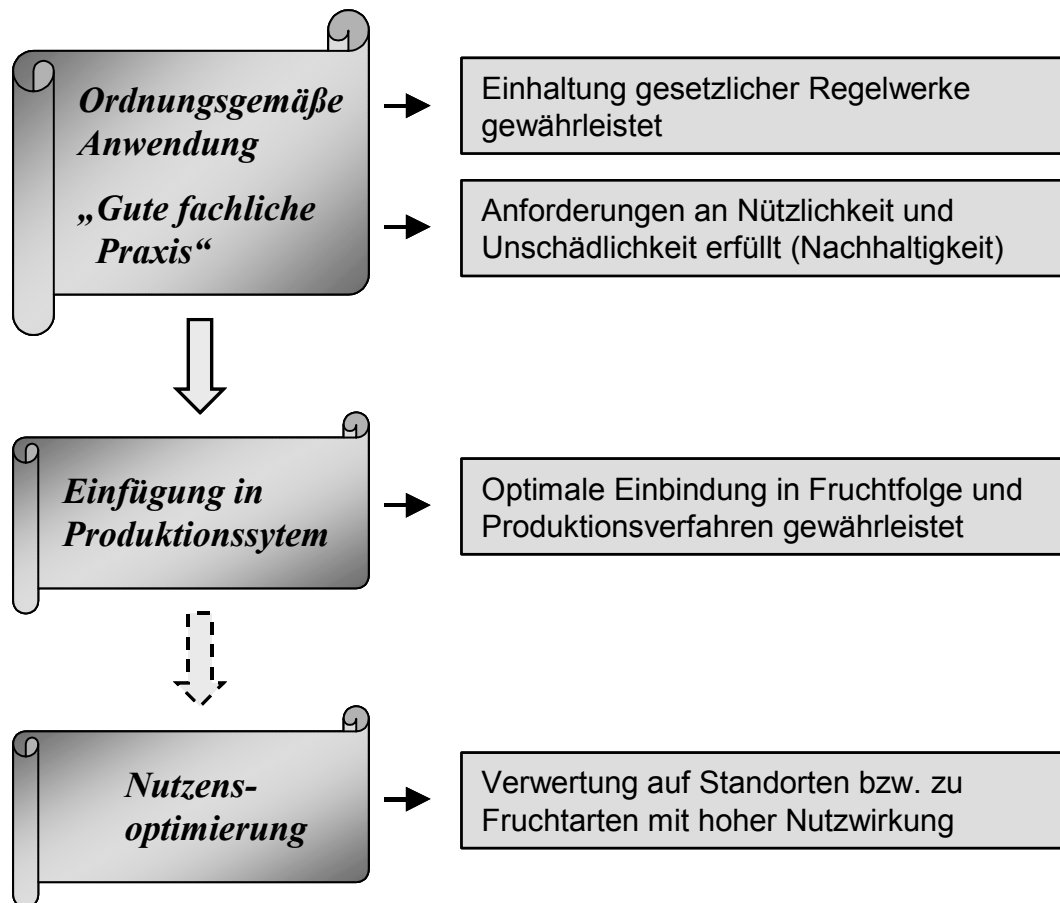


Abbildung: Landbauliche Verwertung geeigneter Bioabfälle  
- Grundsätzliche Regeln für die Entscheidungsfindung -

## 8. Literatur

- [1] Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Beseitigung von Abfällen (Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz - KrW-/AbfG) vom 27.09.1994, Bundesgesetzblatt, Jahrgang 1994, Teil I, Nr. 66, S. 2705 - 2728.
- [2] Landbauliche Verwertung von geeigneten Abfällen als Sekundärrohstoffdünger, Bodenhilfsstoffe und Kultursubstrate. Wissenschaftlicher Standpunkt des Verbandes Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten - VDLUFA, Darmstadt, 1996, 7 Seiten. Hrsg.: VDLUFA-Geschäftsstelle, c/o LUFA Speyer, Obere Langgasse 40, 67346 Speyer.
- [3] Verordnung über das Inverkehrbringen von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsstoffen (Düngemittelverordnung DüMV) vom 26.11.2003, Bundesgesetzblatt, Jahrgang 2003, Teil I, Nr. 57, S. 2373 - 2437.
- [4] Verordnung über die Verwertung von Bioabfällen auf landwirtschaftlich, forstwirtschaftlich und gärtnerisch genutzten Böden (Bioabfallverordnung - BioAbfV) vom 21.09.1998. Bundesgesetzblatt Jahrgang 1998, Teil I, Nr. 65, S. 2955 - 2981.
- [5] Verordnung über die Anwendung von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln nach den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis beim Düngen (Düngeverordnung - DüV) vom 10.01.2006, BGBl. I vom 13.01.2006, S. 33 - 43.
- [6] Verbund-Forschungsprojekt der Deutschen Bundesstiftung Umwelt Osnabrück (DBU) „Nachhaltige Kompostverwertung in der Landwirtschaft“, Bearbeiter: LUFA Augustenberg, Karlsruhe, Universität Hohenheim, Stuttgart, und Fachhochschule Nürtingen, Abschlussbericht 2003, 307 S., 75 Abb., 110 Tab., Anhang, Hrsg.: LUFA Augustenberg, Nesslerstrasse 23 - 31, 76227 Karlsruhe.



- [7] Handbuch Kompost im Gartenbau, 1. Auflage 2002, Hrsg.: Zentralverband Gartenbau e.V. (ZVG), Verlag FGG GmbH, Godesberger Allee 142 - 148, 53175 Bonn, ISBN 3-9806422-0-1.
- [8] Gütesicherung für Kompost nach RAL-Gütezeichen 251, Bundesgütegemeinschaft Kompost e.V. - BGK, Wilhelm-von-der-Wettern-Straße 25, 51149 Köln-Gremberghoven.
- [9] Auswertung der BGK, unveröffentlicht.
- [10] Forschungsvorhaben Baden-Württemberg PWAB 95 171 „Erarbeitung von Grundlagen für Anwendungsrichtlinien zur Verwertung geeigneter Rest- und Abfallstoffe im landwirtschaftlichen Pflanzenbau“, Bearbeiter: LUFA Augustenberg, Karlsruhe, und Institut für Bodenkunde und Standortslehre Hohenheim, Stuttgart. Abschlussbericht 1999, 276 S., 54 Abb. und 70 Tab. sowie Anhang.
- [11] EBERTSEDER, T. (1997): Qualitätskriterien und Einsatzstrategien für Komposte aus Bioabfall auf landwirtschaftlich genutzten Flächen. Diss. Techn. Univ. München. Shaker Verl. Aachen, Berichte aus der Agrarwirtschaft, 164 S. und Anhang.
- [12] BUCHGRABER, K. (2002): Einsatz von Biokompost als Düngemittel in der Landwirtschaft. Abschlussbericht. Hrsg. Amt der Steiermärkischen Landesregierung, Fachabteilung Ic, Graz, Österreich, und Saubermacher-Dienstleistungs-AG, Graz, Österreich, 85 S.
- [13] HARTMANN, R. (2002): Studien zur standortgerechten Kompostanwendung auf drei pedologisch unterschiedlichen, landwirtschaftlich genutzten Flächen der Wildeshauser Geest, Niedersachsen. Diss. Universität Bremen Fachbereich 2, 139 S.
- [14] VwV BioAbfV: Vollzugshinweise für die Grünschnittverwertung, Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg, Stuttgart, Mai 2001, Az.: 26-8973.10/4.
- [15] „Direktverwertung von Grünguthäcksel im Ackerbau“, Merkblätter für die umweltgerechte Landbewirtschaftung, Nr. 8, Oktober 1995, Hrsg.: Landesanstalt für Pflanzenbau Forchheim, Kutschenweg 20, 76287 Rheinstetten.
- [16] BRANDT, M. (1997): Grünguthäcksel-Verwertung zur Vermeidung von Boden-erosion und Nährstoffaustrag. Diss. Univ.-Gesamthochschule Kassel. "Boden und Landschaft" Schriftenreihe Univ. Gießen 18, 164 S.
- [17] SCHULZ, R., GSCHWANDER, S. und RÖMHELD, V. (1995): Stickstoff- und Siliziumdüngewirkung von Filtrationskieselgur bei Getreide. Kongreßband 1995. VDLUFA-Schriftenreihe 40, S. 937 - 940.
- [18] KUNZ, H.-G. (1992): Eignung von Filtrationskieselgur als Güllezusatzmittel. Prüfbericht vom 21.10.1992., Az: 23-8981.99 (unveröffentlicht), 11 S., Lehr- und Versuchsanstalt für Viehhaltung und Grünlandwirtschaft Aulendorf, 88326 Aulendorf.
- [19] KUNZ, H.-G. (1998): Ein Prost dem Grünland. Einsatz von Brauerei-Filtrationskieselgur auf Grünland. BW agrar, Stuttgart, Nr. 8, S. 14 und 15.
- [20] Stellungnahme zu Schreiben der Fa. Tremonis und die Einstufung von Brauereiekieselguren in den EWC/HWC. Umweltbundesamt Berlin, III 3.5, 28.11.1997.
- [21] HORN, R.: Gutachten zur physikalischen Charakterisierung von Brauereiekieselgur. Institut für Pflanzenernährung und Bodenkunde, Universität Kiel, 19.05.1998.
- [22] MOKRY, M. und KLUGE, R.: Produktionsbezogener Bodenschutz bei der landbaulichen Verwertung von Grünguthäcksel und Gelatine-Kalkschlamm – Ergebnisse eines Forschungsprojektes aus Baden-Württemberg. Mitt. Deutsch. Bodenk. Ges. 93 (2000), S. 315 – 318.
- [24] SCHAAF, H. und OBERMAIER, M. (2002): Gütesicherung QLA (Qualitätssicherung Landbauliche Abfallverwertung). In: Handbuch Kompost im Gartenbau, Zentralverband Gartenbau e.V. (Hrsg.), Verlag FGG Förderungsgesellschaft Gartenbau mbH, 53175 Bonn, ISBN 3-9806422-0-1, S. 265 - 283.
- [25] SCHAAF, H. (2003): Nachhaltige Verwertung von organischen Abfällen in der Landwirtschaft – Anforderungen und Praxiserfahrungen. In: K. Wiemer und M. Kern (Hrsg.): Bio- und Restabfallstoffbehandlung VII. M.I.C. Baeza-Verlag Witzenhausen, S. 188 - 204.
- [26] KUNZ, H.-G. (1992): Prüfung des Zusatzes von Kalkschlämmen aus der Gelatinefabrikation zu Gülle aus der Milchviehhaltung. Prüfbericht vom 20.10.1992, Az. 23-8981.99 (unveröffentlicht), Lehr- und Versuchsanstalt für Viehhaltung und Grünlandwirtschaft Aulendorf, 88326 Aulendorf.

