



**BGK**

# Nutzwert- und Vorsorgeindex

Bewertung  
organischer Dünge- und Boden-  
verbesserungsmittel nach  
Nutzwert- und Vorsorgeindex



Bundesgütegemeinschaft  
Kompost e.V.  
Von-der-Wettern-Straße 25  
D-51149 Köln

[www.kompost.de](http://www.kompost.de)  
[info@kompost.de](mailto:info@kompost.de)



## **Impressum**

### **Herausgeber**

Bundesgütegemeinschaft  
Kompost e.V.  
Von-der-Wettern-Straße 25  
51149 Köln

Tel: 02203/35837-0  
Fax: 02203/35837-12

E-Mail: [info@kompost.de](mailto:info@kompost.de)  
Internet: [www.kompost.de](http://www.kompost.de)

### **Unter Mitarbeit von**

Dr. Jürgen Reinhold, Mitglied des Bundesgüteausschuss  
der Bundesgütegemeinschaft Kompost e.V.

### **Redaktion**

Dr. Bertram Kehres, Bundesgütegemeinschaft Kompost e.V.

**5. überarbeitete und ergänzte Auflage. Mai 2013**

**Informationsmaterialien, Bestell Nr.: 255**



## Inhaltsverzeichnis

	<b>Seite</b>
<b>1. Allgemeine Anforderungen als Voraussetzung für die Anwendung des Nutzwertindex und des Vorsorgeindex</b>	<b>4</b>
<b>2. Ableitung des Nutzwertindex</b>	<b>6</b>
<b>3. Ableitung des Vorsorgeindex</b>	<b>10</b>
<b>4. Algorithmus zur Berechnung des Nutzwertindex</b>	<b>11</b>
<b>4.1 Algorithmus zur Berechnung des Nutzwertindex</b>	<b>11</b>
<b>4.2 Nährstoffäquivalenz</b>	<b>11</b>
<b>4.3 Bodenverbesserungsäquivalenz</b>	<b>12</b>
<b>4.4 Temporäre C-Anreicherungsäquivalenz</b>	<b>13</b>
<b>4.5 Gesamtnutzwert</b>	<b>14</b>
<b>5. Algorithmus zur Berechnung des Vorsorgeindex</b>	<b>16</b>



## 1. Allgemeine Anforderungen als Voraussetzung für die Anwendung des Nutzwertindex und des Vorsorgeindex

Die qualitative Bewertung von Dünge- und Bodenverbesserungsmitteln (Düngern) hat sich bei der Verwertung von Abfällen in den zurückliegenden Jahren stark auf die Betrachtung potentieller Schadstoffgehalte fokussiert. Der Nutzwert von Düngern liegt jedoch in ihren wertgebenden Eigenschaften und Inhaltsstoffen begründet. Zur Qualitätsbewertung werden bei Abfällen zusätzlich und bei Mineraldüngemitteln und Wirtschaftsdüngern fast überwiegend die wertgebenden Merkmale herangezogen. Die Bewertungen nach Schadstoffgehalten und wertgebenden Merkmalen erfolgten zudem meist unabhängig voneinander.

In der Vergangenheit ist oft der Eindruck entstanden, dass Erzeugnisse mit z.B. geringeren Schwermetallgehalten „besser“ seien als solche mit höheren Gehalten. Relevant für den vorsorgenden Bodenschutz ist jedoch nicht der Gehalt, sondern die Restmenge an potentiellen Schadstoffen, die bei bedarfsgerechter, durch die wertgebenden Eigenschaften bzw. Inhaltsstoffe bestimmte Anwendung der Dünger, tatsächlich im Boden verbleibt. Für den einzelnen Standort geht es also um nutzwertnormierte Schadstofffrachten.

Vergleicht man nicht nur einzelne Qualitäten innerhalb einer Produktgruppe, sondern darüber hinaus auch sehr verschiedene Arten von Dünge- und Bodenverbesserungsmitteln (z.B. Kalkammonsalpeter, Schwefelsaures Kali, Biertreber, Thomasphosphat, Klärschlämme, Bioabfallkompost, Stallmist, Gülle u.a.), werden die o.g. Sachverhalte besonders auffällig. Eine vordringliche Bewertung unterschiedlichster Erzeugnisse auf Basis von Schwermetallgehalten führt zu Fehlbewertung und ist aus vorgenannten Gründen allein wenig zielführend.

Bei der qualitativen Bewertung von Dünge- und Bodenverbesserungsmitteln (betrifft nach Düngerecht v.a. Mineraldün-

gemittel, Wirtschaftsdünger, organische Düngemittel, Bodenhilfsstoffe) müssen in erster Linie die wertgebenden Eigenschaften bzw. Inhaltsstoffe und damit der Nutzen der Erzeugnisse zugrunde gelegt werden. Nur der Nutzen gewährleistet bei Produkten einen Marktwert (und mit Blick auf das Kreislaufwirtschaftsgesetz die Verwertbarkeit). Aus Sicht des vorsorgenden Bodenschutzes sind dann – unabhängig davon, ob es sich um Produkte oder Abfälle handelt – diejenigen Erzeugnisse „besser“, die bei vergleichbarem potentiellen Nutzwert die für Schadstoffe geltenden Grenzen am wenigsten ausschöpfen. Auf diese Weise können Nutzen- und Vorsorge-Ansprüche miteinander verbunden und bewertet werden.

Eine Betrachtung von Nutzen und Vorsorge nach wertgebenden Merkmalen und Schadstoffgehalten verlangt die Einhaltung bestimmter Voraussetzungen. Diese sind nicht im Rahmen der wertgebenden Merkmale und der Schadstoffgehalte quantifizierbar. Sie sind daher vorab zu prüfen und der Nutzwert- bzw. Vorsorgeindex erst bei ihrer Einhaltung abzuleiten.

Als Voraussetzungen gelten

- die Unbedenklichkeit im Hinblick auf die Hygiene und
- die Unbedenklichkeit im Hinblick auf Schadstoffe, die nicht über abfall- oder düngerechtliche Bestimmungen erfasst sind.

Seit der ersten Erarbeitung des Vorsorge-/ Nutzens-Verhältnisses durch die Bundesgütegemeinschaft Kompost in 2002 haben sich eine Reihe neuer Aspekte ergeben, die bei der Nutzwertableitung zu berücksichtigen sind. Zu nennen sind:

- ◆ Novellierung Düngemittelverordnung
- ◆ Novellierung Düngeverordnung
- ◆ Direktzahlungen-Verpflichtungenverordnung
- ◆ Klimaagenda 2020: Klimapolitik der



Bundesregierung nach den Beschlüssen des Europäischen Rates, Regierungserklärung von S. Gabriel am 26.04.2007, Deutscher Bundestag

- ◆ VDLUFA-Standpunkt Humusbilanzierung
- ◆ Entwicklung der RAL-Gütesicherung ASDüngung

Insgesamt ergab sich aus den Entwicklungen, dass die Ableitung von Nutzwert- und Vorsorgeindex für Dünge- und Bodenverbesserungsmittel erweitert und spezifiziert werden musste. Mit seiner Entscheidung vom 13./14. 03.2013 hat der Bundesgüteausschuss der Bundesgütegemeinschaft Kompost auf seiner 51. Sitzung die hier dokumentierte Revision beschlossen.



## 2. Ableitung des Nutzwertindex

Die Bewertung der Nützlichkeit von Dünge- und Bodenverbesserungsmitteln bestimmt einerseits den Marktwert eines Produktes – andererseits sind die wertgebenden Inhaltsstoffe und Eigenschaften der Produkte sehr breit gefächert und stehen oft in keinem direkten Bezug zueinander. Bei einer vergleichenden Bewertung von Düngern und Bodenverbesserungsmitteln muss daher ein Bewertungsmaßstab angelegt werden der es erlaubt, unterschiedlichste Stoffe nach Maßgabe ihrer Nützlichkeit, d.h. ihrer wertgebenden Eigenschaften und Inhaltsstoffe einheitlich zu beurteilen.

Anwendungszweck von Düngern und Bodenverbesserungsmitteln sind die Pflanzenernährung und die Bodenverbesserung. Die Kriterien zur Bewertung der Nützlichkeit sind damit aus Sicht der Bodenfruchtbarkeit umschrieben. Das einseitige Herausgreifen einzelner Nutzenmerkmale (z.B. mittlerer Düngungsbedarf auf Nutzflächen) kann dem Anspruch einer Nützlichkeitsdefinition nach Bodenschutzrecht (Bodenfunktionen) allein nicht entsprechen, ist jedoch für eine Vorprüfung bei der Bewertung von Düngern und Bodenverbesserungsmitteln grundsätzlich nutzbar.

Ein erster wirkungsartbezogener Bewertungsansatz für Dünge- und Bodenverbesserungsmittel wurde vor allem zur Bewertung von organischen Sekundärdüngemitteln von der Bundesgütegemeinschaft Kompost e.V. entwickelt. Dieser Bewertungsansatz geht, unabhängig von den konkreten Anwendungsbedingungen der Dünge- und Bodenverbesserungsmittel, davon aus, dass in der traditionellen Düngerlehre zwischen Pflanzendüngung und Bodendüngung unterschieden wird.

Als Pflanzendünger werden die hauptsächlich der Ernährung der Pflanzen dienenden, über ihre Nährstoffe wirkenden Materialien bezeichnet. Bodendünger sind dagegen Materialien, die über ihre Wirkung auf physikalische, physikochemische und biologische Bodenmerk-

male vorwiegend mittelbar der Pflanzenentwicklung dienen. Damit werden die wertgebenden Inhaltsstoffe zwei unterschiedlichen Wirkungsbereichen zugeordnet, deren Relation Informationen darüber gibt, ob der zu bewertende Dünger mehr als Bodenverbesserungsmittel, als Nährstoffträger oder (bei ausgewogenem Verhältnis) als Multifunktions-Dünger einzu-stufen ist.

Die Bodendüngewirkungen bleiben bei der hier vorgestellten Bewertung der Nützlichkeit auf die Anteile an organischer Substanz und Kalk beschränkt. Diese Inhaltsstoffe treten in der Regel vergesellschaftet mit Nährstoffen auf und sind den Bodenverbesserungsmitteln zuzuordnen. Die nach Düngemittelverordnung nur mit unwesentlichen Nährstoffwirkungen verbundenen Bodenhilfsstoffe werden mit dem hier vorgestellten Nutzwertindex vor allem insoweit erfasst, wenn ihre Wirkungen auf ihren Gehalten an organischer Substanz bzw. an Kalk beruhen.

Folgt man dieser Einteilung, die der doppelten Zweckbestimmung als Dünger und Bodenverbesserungsmittel Rechnung trägt, können die wertgebenden Inhaltsstoffe wie folgt differenziert werden:

### pflanzenwirksame Inhaltsstoffe:

- pflanzenwirksamer Stickstoff (N)
- pflanzenwirksamer Phosphor ( $P_2O_5$ )
- Kalium ( $K_2O$ )
- Magnesium ( $MgO$ )
- Schwefel (S)

### bodenwirksame Inhaltsstoffe: -

- organischer Kohlenstoff
- basisch wirksame Bestandteile ( $CaO$ )

Die Ableitung des Nutzwertindex erfolgt in zwei Stufen.

Als erster Schritt erfolgt eine Vorprüfung, ob insbesondere flüssige Dünger einen relevanten Anteil an wertgebenden Inhaltsstoffen aufweisen (Prüfung einer wesentlichen Nutzwirkung). Dazu wird ge-



prüft, ob durch eine Aufwandmenge von 50 t Frischmasse je ha<sup>1</sup> eine wesentliche Nutzwirkung erzielt werden kann. Da für Bodenhilfsstoffe solch eine Wirkung seitens der Düngemittelverordnung ausgeschlossen wird, können die dort genannten Angaben für die einzelnen Nährstoffe und Calcium zur Unterscheidung wesentlicher von unwesentlichen Nährstoffgaben genutzt werden. Ergänzt wird diese Betrachtung durch Anforderungen an die Humusreproduktionsleistung nach den unteren Bedarfswerten des VDLUFA-Standpunktes „Humusbilanzierung“ und für Magnesium eine Einzelgabe in Höhe von 30 kg MgO je ha.

Für die Bewertung wird die Einhaltung zumindest einer wesentlichen Menge vorausgesetzt. Mindestens einer der in Tabelle 1 genannten nutzbringenden Inhaltsstoffe (Mindestgehalte) muss durch das zu bewertende Material überschritten werden, um im zweiten Schritt, die Ermittlung des Nutzwertindex zu rechtfertigen.

Der zweite Schritt der Ableitung des Nutzwertindex wird nachstehend beschrieben und ermöglicht eine differenzierte tro-

ckenmassebezogene Bewertung organischer Dünger und Bodenverbesserungsmittel.

Die Nährstoffe werden in Elementform durch Aufsummierung der prozentualen Anteile im zu bewertenden Material berücksichtigt. Für Stickstoff und Phosphor können sich durch temporäre Stabilisierungen im Boden je nach Materialbeschaffenheit anteilige Minderungen der Pflanzenverfügbarkeit ergeben. Das fließt in die Nährstoffbewertung mit ein, die als Nährstoffäquivalenz bezeichnet wird.

Der organische Kohlenstoff wird in seiner bodenverbessernden Wirkung gesamt bewertet (Bodenverbesserungsäquivalenz). Es werden keine Unterschiede zwischen leichtabbaubaren organischen Primärsubstanzen und den humusreproduktionswirksamen abbaustabileren organischen Anteilen gemacht. Damit sind die Wirkungen auf das Bodenleben und auf die Erhaltung des standort- und nutzungstypischen Humusgehaltes im Boden gleichgestellt. Zudem werden hier auch der nicht direkt pflanzenwirksame Stickstoffanteil und damit die zumindest temporär in den

Tabelle 1: Wesentliche Mindestmengen bei der Nährstoff- und Humusversorgung landwirtschaftlicher Böden zur Ableitung von Mindestgehalten bei einer Einzelgabe von 50 t FM/ha als Voraussetzung zur Bewertung des Nutzwertindex

Wirkparameter	Wesentliche Merkmale abgeleitet aus	Wesentliche Menge als Einzelgabe in kg/ha	Mindestgehalt bei einer Einzelgabe von 50 t FM/ha in kg/t FM
Stickstoff (N)	DÜMV	50	1,0
Phosphat (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	DÜMV	30	0,6
Kaliumoxid (K <sub>2</sub> O)	DÜMV	50	1,0
Magnesiumoxid (MgO)		30	0,6
Schwefel (S)	DÜMV	15	0,3
Calciumoxid (CaO)	DÜMV	500	10
Humusäquivalente (Häq)	VDLUFA-Standpunkt Humus	400*	8**

\* Häq/ha

\*\* Häq/t FM

<sup>1</sup> für flüssige Materialien kann sich bei höheren Gaben durch Fließvorgänge eine ungleichmäßige Verteilung ergeben – für feste Materialien ist hier die die Höchstgabe nach BioAbfV in der Regel erreicht



Bodenumus eingehende Menge angemessen bewertet.

Die Anforderungen einzelner Anwendungsbereiche an die nutzbringenden Wirkungspotentiale von Düngern und Bodenverbesserungsmitteln sind breit gefächert (siehe Abbildung 1). Während bei der intensiven Landwirtschaft, wo auch die ackerbauliche Nutzung landwirtschaftlicher Fläche zuzuordnen ist, der Düngemiteleinsetz vor allem durch Anforderungen an die Nährstoffversorgung der Pflanzen dominiert wird, sind für die Rekultivierung und für die Herstellung von Oberbodenmaterialien vor allem bodenverbessernde Eigenschaften gefragt. Erhöhte Nährstoffwirkungen sind hier häufig sogar unerwünscht.

Über den bodenfruchtbarkeitsorientierten Nutzen der Anwendung von Dünge- und Bodenverbesserungsmitteln hinausgehend werden in den letzten Jahren zunehmend auch klimaschutzrelevante Aspekte der Bodenbewirtschaftung diskutiert. Dies bezieht sich vor allem auf die Kohlenstoffanreicherung in Böden, wobei auch tem-

poräre (zeitweilige) Kohlenstoffanreicherungen als nützlich angesehen werden. Bezogen auf Dünge- und Bodenverbesserungsmittel sind hier vor allem organisch und karbonatisch gebundener Kohlenstoff von Interesse, die als Kohlenstoffanreicherungsäquivalenz in die Bewertung einfließt. Diese Wirkung ist jedoch nur dann positiv bewertbar, wenn der Kohlenstoff aus nachwachsenden Rohstoffen (z. B. Pflanzenaufwuchs) stammt. Fossile C-Quellen (z. B. Torf) können hier nicht berücksichtigt werden.

Die Bewertung des Gesamtnutzwertes erfordert dann eine geeignete Gewichtung zwischen der Bodenverbesserungswirkung, der Nährstoffwirkung und der C-Anreicherungswirkung, die eine Summierung der inhaltsstoffbezogenen Gehalte zulässt. Dabei ist die Gewichtung von Bodenverbesserungs- und C-Anreicherungswirkung vergleichsweise einfach, da sich beide im Wesentlichen auf den Kohlenstoffgehalt beziehen. Es ist also eine einheitliche Gewichtung von organischem Kohlenstoff und basisch wirksamem Cal-

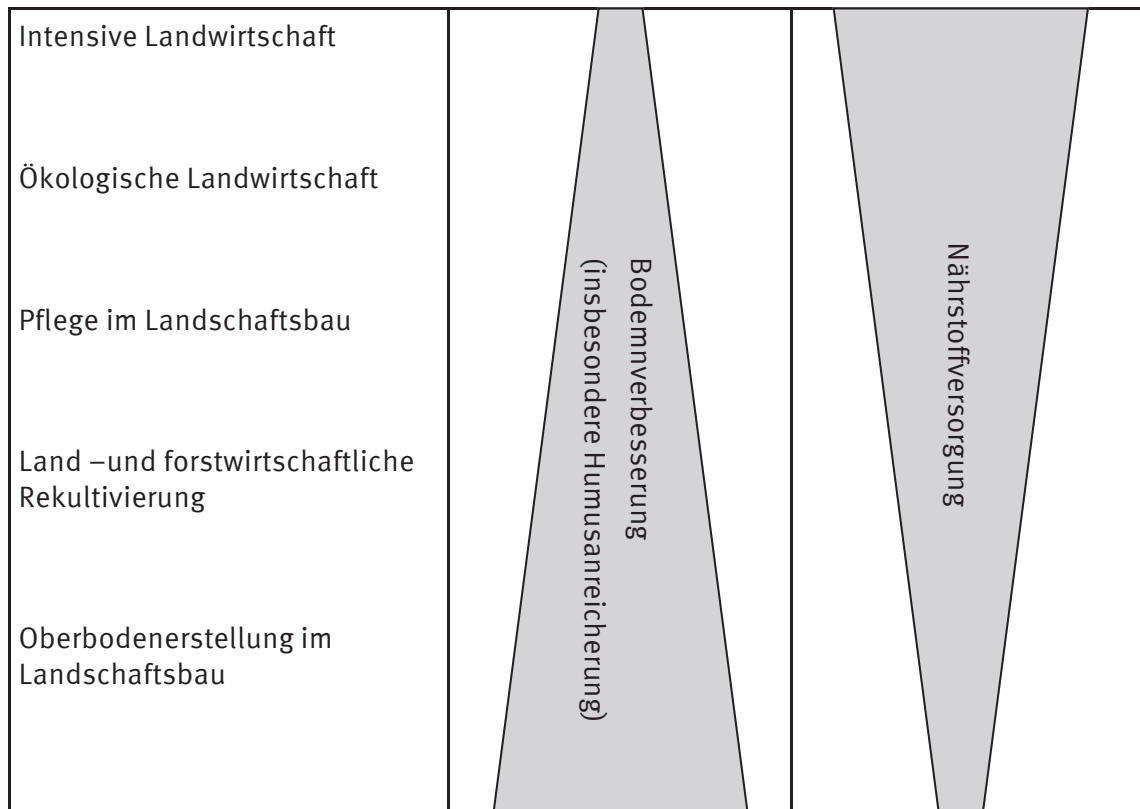


Abbildung 1: Prinzipdarstellung der Anforderungsrelationen unterschiedlicher Anwendungsfelder von Düngern und Bodenverbesserungsmitteln an deren nutzbringende Bodenfruchtbarkeitswirkungen





zium (im Boden vorwiegend als Calciumcarbonat vorhanden) angebracht.

Die Gewichtung der Bodenverbesserungs- und der Nährstoffwirkungen erfolgt auf Basis des Anteils an Stickstoff im Bodenhumus. Der Kohlenstoffanteil im Bodenhumus beträgt im Mittel 58 %, woraus sich bei einem mittleren C/N-Verhältnis im Bodenhumus von 10:1 ein Stickstoffanteil im Bodenhumus von 5,8 % ableitet. Unter Berücksichtigung dieses Anteils kann ein Bewertungsverhältnis von boden- zu pflanzenwirksamen Inhaltsstoffen wie 1 : 10 angenommen werden. Dieses Verhältnis fließt in die wirkungsartbezogene Bewertung ein, indem die Nährstoffäquivalenz mit dem Faktor 10 gewichtet wird. Der Faktor 1 : 10 ist im Hinblick auf die verschiedenen Anwendungsbereiche für organische Dünger und Bodenverbesserungsmittel ein Kompromiss.

Die Summe der Bodenverbesserungswirkung, der Nährstoffwirkung und der C-Anreicherungswirkung wird nachfolgend als Gesamtnutzwert definiert. Er beschreibt die Gesamtnutzwirkung für die Trockenmasse einer Produkteinheit von Dünge- bzw. Bodenverbesserungsmitteln.

Der beim Anwender entstehende reale Nutzen von Düngern und Bodenverbesserungsmitteln wird neben den oben beschriebenen Wirkungspotenzialen durch die konkreten Standort- und Nutzungsbedingungen der Böden bestimmt. Die der Bodenbewirtschaftung zuzuordnende Düngung hat durch den Flächenbewirtschafter so zu erfolgen, dass die Anforderungen der Düngeverordnung eingehalten werden und standort- und nutzungs- bzw. bewirtschaftungstypische Bodenhumusgehalte hergestellt werden bzw. erhalten bleiben. Für den Inverkehrbringer von Dünge- und Bodenverbesserungsmitteln ist das jedoch hinsichtlich seiner Produktbewertung nicht maßgebend, da er nur begrenzten Einfluss auf die tatsächliche Anwendung der Dünger hat. Hier gilt der Grundsatz, dass Produkte in ihrem realen Gebrauchswert stets aus ihrer anforderungsgerechten Anwendung, also aus der praktischen Umsetzung ihrer Wirkungspo-

tenzen heraus definiert werden.

Informativ erfolgt neben der trockenmassebezogenen Bewertung des Nutzwertindex zusätzlich eine auf die Frischmasse des Düngers bezogene Bewertung sowie eine nach üblichen Aufwandmengen (für NPK nach dem NEQ-Modell von DAW und VDLUFA) bezogene Bewertung. Damit wird der Verbraucher in die Lage versetzt, den potenziellen Nutzen eines Düngers bzw. dessen Anwendung nach guter fachlicher Düngepraxis (Nährstoffversorgung) besser einschätzen zu können.



### 3. Ableitung des Vorsorgeindex

Die Anforderungen der schadlosen Verwertung von organischen Abfällen sind sowohl im Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG) und seinen untergesetzlichen Regelwerken (hier v.a. AbfKlärV und Bio-AbfV) als auch im Düngegesetz (hier v.a. DüMV) enthalten.

Für die Bewertung von Schadstoffgehalten werden die Grenzwerte nach Anlage 2 Tabelle 1.4 DüMV herangezogen. Darüber hinaus wird für Fremdstoffe (u.a. Glas, Kunststoff, Metall) der Grenzwerte nach § 3 Nr. 4 DüMV zugrundegelegt und für Chrom das in der DüMV nicht bestimmt ist, den Grenzwert der Bioabfallverordnung.

Die nutzwertbezogene Vorsorgeäquivalenz ergibt sich nun aus der Gegenüberstellung der höchsten Grenzwertausschöpfung und dem für den Dünger festgestellten Gesamtnutzwert. Die höchste Grenzwertausschöpfung wird in Prozent des Gesamtnutzwertes ausgedrückt. Der Vorsorgeindex wird abschließend als Relation der nutzwertbezogenen Vorsorgeäquivalenz eines konkreten Düngers zu derjenigen aus den nutzwertbestimmten Mindestanforderungen nach Düngemittelverordnung bzw. nach RAL-Gütesicherung (50 % über Mindestanforderungen nach DüMV) ausgewiesen.

Der Vorsorgeindex wird also so abgeleitet, dass sich eine nutzenbezogene Limitierung bezogen auf einen Höchstwert der Vorsorgeäquivalenz ergibt. Das nach oben beschriebener Verfahrensweise ermittelte düngerechtliche Vorsorgepotenzial wird dem Nutzwertindex (siehe Abschnitt 2) gegenüber gestellt. Die höchste angetroffene Vorsorgewertausschöpfung der bewertungsrelevanten Schadstoffe und Fremdstoffe wird in Prozent zu deren Gesamtnutzwert ausgedrückt. Bei Anwendung der Dünger bzw. Bodenverbesserungsmittel nach „guter fachlicher Düngungspraxis“ kommt das einer düngemittelrechtlich orientierten Schadstofffrachtenbetrachtung nahe, ohne die je-

weils konkreten Standort- und Nutzungsbedingungen des jeweiligen Anwenders kennen und berücksichtigen zu müssen.

## 4. Algorithmus zur Berechnung des Nutzwertindex

Nutzungs- und vorsorgebestimmende Merkmaleigenschaften sind:

- die Bodenverbesserungsäquivalenz,
- die Nährstoffäquivalenz,
- die C-Anreicherungsäquivalenz

und in der Summe

- die Gesamtwirkungsäquivalenz (Gesamtnutzwert), sowie
- die davon um 50 % angehobene güte-

zeichenäquivalente „Güte“.

Zur Berechnung der genannten Merkmaleigenschaften werden die Fremdüberwachungsergebnisse aus der RAL Gütesicherung herangezogen werden.

### 4.1. Vorprüfung

Die Vorprüfung für die Ableitung des Nutzwertindex lässt sich nach Tabelle 1 wie folgt berechnen:

$$ZWN = 100 \cdot \left( \text{Maximum} \left\{ \frac{Häq_I}{Häq_M}, \frac{CaO_I}{CaO_M}, \frac{N_I}{N_G}, \frac{P_2O_{5I}}{P_2O_{5M}}, \frac{K_2O_I}{K_2O_M}, \frac{MgO_I}{MgO_M}, \frac{S_I}{S_M} \right\} \right)$$

ZWN	Zulassungswert für die Ableitung des Nutzwertindex
Häq <sub>I</sub>	Ist-Menge an Humusäquivalenten in Häq • t <sup>-1</sup> Frischmasse
Häq <sub>M</sub>	Mindestmenge an Humusäquivalenten in Häq • t <sup>-1</sup> Frischmasse
CaO <sub>I</sub>	Ist-Gehalt an CaO in kg • t <sup>-1</sup> Frischmasse
CaO <sub>M</sub>	Mindestgehalt an CaO in kg • t <sup>-1</sup> Frischmasse
N <sub>I</sub>	Ist-Gehalt an N <sub>ges</sub> in kg • t <sup>-1</sup> Frischmasse
N <sub>M</sub>	Mindestgehalt an N <sub>ges</sub> in kg • t <sup>-1</sup> Frischmasse
P <sub>2</sub> O <sub>5I</sub>	Ist-Gehalt an P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> in kg • t <sup>-1</sup> Frischmasse
K <sub>2</sub> O <sub>I</sub>	Ist-Gehalt an K <sub>2</sub> O in kg • t <sup>-1</sup> Frischmasse
K <sub>2</sub> O <sub>M</sub>	Mindestgehalt an K <sub>2</sub> O in kg • t <sup>-1</sup> Frischmasse
MgO <sub>I</sub>	Ist-Gehalt an MgO in kg • t <sup>-1</sup> Frischmasse
MgO <sub>M</sub>	Mindestgehalt an MgO in kg • t <sup>-1</sup> Frischmasse
S <sub>I</sub>	Ist-Gehalt an S in kg • t <sup>-1</sup> Frischmasse
S <sub>M</sub>	Mindestgehalt an S in kg • t <sup>-1</sup> Frischmasse

Der Zulassungswert muss einen Wert über 100 aufweisen, damit die nachfolgende Berechnung des Nutzwertes sinnvoll durchgeführt werden kann. Damit wird gewährleistet, dass zumindest ein wertgebender Inhaltsstoff den Anforderungen an eine wesentliche Nutzwirkung entspricht.

### 4.2 Nährstoffäquivalenz

Die Nährstoffäquivalenz (NSÄ) beschreibt die Summe der gewichteten Menge an Pflanzennährstoffen in Elementform. Als Nährstoffe werden die Gesamtgehalte von Stickstoff, Phosphor, Kalium, Magnesium und Schwefel berücksichtigt. Mikronährstoffe bleiben unberücksichtigt. Die maximale Nährstoffwirkung wird für Kali-



um, Magnesium und Schwefel mit 100 % der Gesamtgehalte angesetzt. Für Stickstoff und Phosphor werden materialspezifische Wichtungen der Wirksamkeiten angenommen.

Die Düngemittelverordnung verlangt für organische NPK-Dünger einen N-Mindestgehalt von 1,0 % i.d.TM. Dies ist bei der Grenzwertableitung für den Nutzwertindex zu berücksichtigen.

In der Düngeverordnung werden für Wirtschaftsdünger Pflanzenwirksamkeiten der Stickstoffgesamtgehalte im Anwendungsjahr gemäß Tabelle 2 folgt benannt.

Pflanzenwirksamkeiten der Stickstoffgesamtgehalte (in % vom Gesamt-N)	
Wirtschaftsdünger	
Stalldung	25-30
Gülle	50-60
Komposte und Gärrückstände aus Bioabfall	
Flüssige Gärprodukte	40-70
Flüssiger Klärschlamm	40-60
Feste Gärprodukte	20-40
Frischkompost	10-20
Fertigkompost	5-15

Tabelle 2: Pflanzenwirksamkeiten von Stickstoff in % des Gesamtgehaltes.

Für Bioabfallkomposte und Gärrückstände (aus/mit Bioabfällen) werden in der Sekundärliteratur vergleichsweise Werte gemäß Tabelle 2 genannt.

Die Bewertungsansätze sind somit zu spezifizieren. Für Mineraldüngemittel wird für Stickstoff von einer 100 %-igen Anrechenbarkeit im Anwendungsjahr ausgegangen. Für einzelne Düngemittel können sich auch bei den Phosphorgehalten geringere Pflanzenwirksamkeiten ableiten. Das betrifft vor allem Klärschlämme, Aschen und Rohphosphate. In solchen Fällen sind die

Angaben der Inverkehrbringer zu berücksichtigen.

### 4.3 Bodenverbesserungsäquivalenz

Die Bodenverbesserungsäquivalenz (BVÄ) beinhaltet die organischen Kohlenstoffanteile (aus dem Glühverlust abgeleitet) sowie das basisch wirksame Calcium.

Die Humusreproduktionsleistung organischer Dünge- und Bodenverbesserungsmittel wirkt im Boden direkt fruchtbarkeitserhaltend bzw. -steigernd. Die nicht humusreproduktionswirksame organische Substanz ist als direkte Nahrungsquelle für saprophytische Bodenlebewesen bedeutsam. Auch das hat eine bodenverbessernde Wirkung, da durch die mikrobiologische Aktivität der Lebendverbau von Feinbodenanteilen und damit die Krümelstruktur gefördert werden.

Calcium wirkt im Boden durch Erhöhung der Pufferkapazität der permanent durch Düngung und Deposition bedingten Versauerung entgegen. Für das Bodenleben werden günstige Bedingungen zum Lebendverbau von Tonmineralen mit organischer Bodensubstanz (Krümelstruktur) geschaffen. Zudem werden bodenbürtige Schaderreger zurückgedrängt.

Die Bodenverbesserungsäquivalenz (BVÄ) wie folgt berechnet:

$BVÄ = GV \cdot 5,8 + CaO \cdot 7,1$	
BVÄ	Bodenverbesserungsäquivalenz in kg/Mg TS
GV	Glühverlust in TS-%
CaO	basisch wirksames CaO in TS-%
5,8	% organischer Kohlenstoff in der organischen Substanz dividiert durch 10 (Anpassung an Nährstoffäquivalenz)
7,1	% Calcium in Calciumoxid dividiert durch 10 (Anpassung an Nährstoffäquivalenz)

Für Spurennährstoffdünger kann die Nährstoffäquivalenz sinngemäß erweitert werden. In den meisten anderen Dünge- und

$$NS\ddot{A} = CN_{\text{Humus}} \cdot 10 \cdot (N_{\text{ges}} \cdot W_N + P_{\text{ges}} \cdot W_P + K_{\text{ges}} \cdot W_K + Mg_{\text{ges}} \cdot W_{Mg} + S_{\text{ges}} \cdot W_S)$$

NSÄ	gewichtete Nährstoffäquivalenz in kg je Mg TS
CN <sub>Humus</sub>	Faktor: C-N-Verhältnis von Bodenumus=10
N <sub>ges</sub>	Gesamtstickstoffgehalt als N in TS-%
W <sub>N</sub>	Wirksamkeitsfaktor für Gesamtstickstoff
P <sub>ges</sub>	Gesamtposphorgehalt als P in TS-%
W <sub>P</sub>	Wirksamkeitsfaktor für Gesamtphosphor
K <sub>ges</sub>	Gesamtkaliumgehalt als K in TS-%
W <sub>K</sub>	Wirksamkeitsfaktor für Gesamtkalium
Mg <sub>ges</sub>	Gesamtmagnesiumoxidgehalt als Mg in TS-%
W <sub>Mg</sub>	Wirksamkeitsfaktor für Gesamtmagnesium
S <sub>ges</sub>	Gesamtschwefelgehalt als S in TS-%
W <sub>S</sub>	Wirksamkeitsfaktor für Schwefel

Bodenverbesserungsmitteln sind Spuren-nährstoffe in so geringem Maße enthalten, dass eine Berücksichtigung in der Nährstoffäquivalenz entfallen kann.

#### 4.4 Temporäre C- Anreicherungsäquivalenz

Die C-Anreicherungsäquivalenz (CSÄ) wird durch die zeitweilig in die Humusmatrix des Bodens integrierten organischen Kohlenstoffanteile und die durch Bildung von CaCO<sub>3</sub> im Boden stabilisierten mineralischen Kohlenstoffanteile gebildet. Das gilt jedoch nur für aus nachwachsenden Rohstoffen erzeugte Dünge- bzw. Bodenverbesserungsmittel. Für Erzeugnisse, die aus fossilen Ausgangsstoffen (z. B. Kohle, Torf) erzeugt werden, ist keine Klimaneutralität vorauszusetzen und damit auch keine temporäre C-Anreicherung anrechenbar.

In der Direktzahlungen-Verpflichtungenverordnung und im VDLUFA-Standpunkt Humusbilanzierung wird von differenzierten Humusreproduktionsleistungen für unterschiedliche organische Primärsubstanzen ausgegangen<sup>2</sup>. Als Ausgangspunkt wurde hier von folgenden Stabili-

tätsfaktoren der organischen Substanz ausgegangen:

Die Klimaschutzziele der Bundesregierung wurden in der Klimaagenda 2020 erläu-

Stabilitätsfaktoren der organischen Substanz	
Stalldung	0,78 - 1,27
Gülle	0,60 - 0,90
Stroh	0,62
Gründüngung, -schnitt	0,40
Flüssige Gärprodukte	0,75 - 0,90
Klärschlamm	0,70 - 1,25
Feste Gärprodukte	1,00
Frischkompostz	1,25
Fertigkompost	1,45

Tabelle 3: Stabilitätsfaktoren der organischen Substanz

<sup>2</sup> Grünentwurf VDLUFA-Humusbilanzierung (Stand Juli 2012)



tert. Das Hauptziel besteht dabei in der Verminderung der Freisetzung klimarelevanter Gase, ausgedrückt in CO<sub>2</sub>-Äquivalente. Da die Humusreproduktion mit kurz- bis mittelfristigen Verzögerungen der Umsatzgeschwindigkeit von organischem Kohlenstoff im Boden verbunden ist, kommt hier den oben genannten Abbaustabilitäten eine über die bodenverbessernde Wirkung hinausgehende Bedeutung zu. Die Klimaschutzwirkung kann somit für aus nachwachsenden Rohstoffen erzeugte organische Dünge- und Bodenverbesserungsmittel als CO<sub>2</sub>-Freisetzungsverzögerung bewertet werden. Hier erfährt ein Teil der organische Substanz eine Doppelpewertung.

Die leicht abbaubaren organischen Primärsubstanzanteile sind als klimaneutral einzuordnen und werden meist im Anwendungsjahr mineralisiert. Diese nicht humusreproduktionswirksame organische Substanz von Düngern und Bodenverbesserungsmitteln ist daher nicht dem Vorsorgebereich zuzuordnen.

Basisch wirksames Calcium wird im Boden in Form von Calciumkarbonat gespeichert. Geschieht im Boden eine Umwandlung aus Düngerkalk in Calciumkarbonat, so erfolgt eine Bindung von bodeneigenem Kohlendioxid. Ist von vornherein Calciumkarbonat im Dünger bzw. Bodenverbesserungsmittel enthalten wird der karbonatische Kohlenstoff direkt eingetragen und gespeichert. Eine Verlagerung von Calciumkarbonat in tiefere Bodenschicht ist bei weiterem Zusatz von Kohlendioxid und Wasser über die Bildung von löslichem Calciumhydrogenkarbonat möglich.

Die C-Anreicherungsäquivalenz (CSÄ) errechnet sich dann wie folgt:

$CSÄ = \left( \frac{GV \cdot 5,8 \cdot 35 \cdot SF}{10000} + CaO \cdot 2,1 \right) \cdot \frac{ANR}{100}$	
CSÄ	C-Anreicherungsäquivalenz in kg/Mg TS
GV	Glühverlust in TS-%
SF	Stabilitätsfaktor
CaO	basisch wirksames CaO in TS-%
ANR	Anteil nachwachsender Rohstoffe bei der Herstellung in %

5,8	% organischer Kohlenstoff in der organischen Substanz dividiert durch 10 (Anpassung an Nährstoffäquivalenz)
35	mittlere temporäre Humifizierung von Stallmist-C <sub>org</sub> im Boden
2,1	% Calcium in Calciumcarbonat dividiert durch 10 (Anpassung an Nährstoffäquivalenz)

Die CSÄ verdeutlicht, inwieweit die Freisetzung klimarelevanter Gase, insbesondere von CO<sub>2</sub>, durch die Anwendung von Dünge- bzw. Bodenverbesserungsmitteln zumindest temporär vermieden werden kann. Als temporär werden Zeiten von über 5 Jahre angesehen. Je größer der Stabilitätsfaktor, umso langfristiger ist diese Wirkung möglich (z. B. Bioabfallkomposte > 12 Jahre).

#### 4.5 Gesamtnutzwert

Der Gesamtnutzwert Gesamtnutzensäquivalenz GNÄ) von Dünge- und Bodenverbesserungsmitteln wird durch die Summe von Nährstoff-, Boden-, - und C-Anreicherungsäquivalenz gebildet.

$GNÄ_{TM} = NSÄ + BVÄ + CSÄ$	
GNÄ <sub>TM</sub>	Gesamtnutzensäquivalenz (Gesamtnutzwert) in kg/Mg TS
NSÄ	gewichtete Nährstoffäquivalenz in kg je Mg TS
BVÄ	Bodenverbesserungsäquivalenz in kg/Mg TS
CSÄ	C-Anreicherungsäquivalenz in kg/Mg TS

Aus dem Gesamtnutzwert wird der Nutzwertindex abgeleitet, indem der Gesamtnutzwert des zu bewertenden Produktes in Relation zum Gesamtnutzwert der oben genannten Mindestanforderungen nach Düngemittelverordnung gesetzt wird.

Der Nutzwertindex ergibt sich aus der Summe der Nährstoffwirkung, der Bodenverbesserungswirkung und der C-Anreicherung (einschl. Humusaufbau). Er beschreibt den Gesamtnutzwert eines Düngers in Prozent des Gesamtnutzwertes, der sich aus den Mindestanforderungen ergibt. Der Nutzwertindex ist auf die Trockenmasse einer Produkteinheit bezogen.



Bei der Bewertung im Rahmen der Gütesicherung wird davon ausgegangen, dass der Nutzwertindex eines Düngemittels um mindestens 50 % höher liegen muss als der Index, der sich aus den Mindestanforderungen ergibt. Ebenso muss der Vorsorgeindex um mindestens 50 % niedriger liegen als der Index, der sich nach den Mindestanforderungen ergibt.

Zusätzlich wird der Gesamtnutzwert (Gesamtnutzensäquivalenz) in kg/Mg FM angegeben. Dazu wird folgende Umrechnung durchgeführt:

$$GNÄ_{FM} = \frac{GNÄ_{TM}}{100} \cdot TM$$

GNÄ <sub>FM</sub>	Gesamtnutzensäquivalenz in kg • Mg FM <sup>-1</sup>
GNÄ <sub>TM</sub>	Gesamtnutzensäquivalenz in kg • Mg TS <sup>-1</sup>
TM	Trockenmasse in % der Frischmasse

Um den Gesamtnutzwert in Bezug zu üblichen Aufwandmengen nach guter fachlicher Düngungspraxis (Nährstoffversorgung) darstellen zu können, wird zuerst eine NPK-limitierte Aufwandmenge an Produkttrockenmasse ermittelt, die dann mit dem trockenmassebezogenen Gesamtnutzwert multipliziert werden kann. So ergibt sich folgende Funktion:

$$GNÄ_{gFD} = GNÄ_{TM} \cdot \left( \text{Minimum} \left\{ \frac{100 \cdot N_{gFD}}{N_I \cdot W_N}, \frac{100 \cdot P_{2O_5gFD}}{P_{2O_5I} \cdot W_P}, \frac{K_2O_{gFD}}{K_2O_I} \right\} \right)$$

GNÄ <sub>gFD</sub>	Gesamtnutzensäquivalenz in kg • ha <sup>-1</sup>
GNÄ <sub>TM</sub>	Gesamtnutzensäquivalenz in kg • t TS <sup>-1</sup>
N <sub>I</sub>	Ist-Gehalt an N <sub>ges</sub> in kg • t <sup>-1</sup> TS
W <sub>N</sub>	Wirksamkeitsfaktor für Gesamtstickstoff
N <sub>gFD</sub>	NEQ-Gabe an N <sub>ges</sub> von 170 kg • ha <sup>-1</sup>
P <sub>2O<sub>5</sub>I</sub>	Ist-Gehalt an P <sub>2O<sub>5</sub></sub> in kg • t <sup>-1</sup> TS
W <sub>P</sub>	Wirksamkeitsfaktor für Gesamtphosphor
P <sub>2O<sub>5</sub>M</sub>	NEQ-Gabe an P <sub>2O<sub>5</sub></sub> von 60 kg • ha <sup>-1</sup>
K <sub>2O<sub>I</sub></sub>	Ist-Gehalt an K <sub>2O</sub> in kg • t TS <sup>-1</sup>
K <sub>2O<sub>M</sub></sub>	NEQ-Gabe an K <sub>2O</sub> von 160 kg • ha <sup>-1</sup>

## 5. Algorithmus zur Berechnung des Vorsorgeindex

Die Vorsorgeäquivalenz (VAÄ) leitet sich aus den Fremdstoff- und Schwermetallgehalten der Dünge- und Bodenverbesserungsmittel ab, die in Relation zu den Grenzwerten nach Düngemittelverordnung (für Chrom nach BioAbfV) bewertet werden.

Dabei werden Kupfer und Zink nicht als

Schadstoffe, sondern als Spurennährstoffe betrachtet. In den Vorsorgebetrachtungen können diese beiden Schwermetalle daher unberücksichtigt bleiben.

Die Grenzwertausschöpfung (Vorsorgeäquivalenz) lässt sich wie folgt berechnen:

$$VA\ddot{A} = 100 \cdot \left( \text{Maximum} \left\{ \frac{FS_I}{FS_G}, \frac{As_I}{As_G}, \frac{Cd_I}{Cd_G}, \frac{Pb_I}{Pb_G}, \frac{Cr_I}{Cr_G}, \frac{Ni_I}{Ni_G}, \frac{Hg_I}{Hg_G}, \frac{Tl_I}{Tl_G}, \frac{PFT_I}{PFT_G}, \frac{OTE_I}{OTE_G} \right\} \right)$$

VAÄ	Vorsorgeäquivalenz (höchste Grenzwertausschöpfung in % des betreffenden Grenzwertes)
FS <sub>I</sub>	Ist-Gehalt Fremdstoffe > 2 mm (Glas, Metall, Kunststoff)
FS <sub>G</sub>	Grenzwert Fremdstoffe > 2 mm (Glas, Metall, Kunststoff)
As <sub>I</sub>	Ist-Gehalt Arsen
As <sub>G</sub>	Grenzwert Arsen
Pb <sub>I</sub>	Ist-Gehalt Blei
Pb <sub>G</sub>	Grenzwert Blei
Cd <sub>I</sub>	Ist-Gehalt Cadmium
Cd <sub>G</sub>	Grenzwert Cadmium
Cr <sub>I</sub>	Ist-Gehalt Chrom
Cr <sub>G</sub>	Grenzwert Chrom
Ni <sub>I</sub>	Ist-Gehalt Nickel
Ni <sub>G</sub>	Grenzwert Nickel
Hg <sub>I</sub>	Ist-Gehalt Quecksilber
Hg <sub>G</sub>	Grenzwert Quecksilber
Tl <sub>I</sub>	Ist-Gehalt Thallium
Tl <sub>G</sub>	Grenzwert Thallium
PFT <sub>I</sub>	Ist-Gehalt Perfluorierte Tenside
PFT <sub>G</sub>	Grenzwert Perfluorierte Tenside
OTE <sub>I</sub>	Ist-Gehalt Dioxine und dl-PCB
OTE <sub>G</sub>	Grenzwert Dioxine und dl-PCB





Der Vorsorgeindex ist eine qualitative Bewertungsgrundlage für Dünge- und Bodenverbesserungsmittel. Er wird durch den Quotienten des Vorsorgeanspruches und der Gesamtwirkungsäquivalenz als Vorsorgeindex (VI) ausgedrückt. Der Vorsorgeindex wird wie folgt berechnet:

$VI = 100 \cdot \frac{VA\ddot{A}}{GW\ddot{A}}$	
VI	Nutzwertbezogener Vorsorgeindex
GWÄ	Gesamtnutzensäquivalenz (Gesamtnutzwert)
VAÄ	Vorsorgeäquivalenz, düngerechtlicher Vorsorgeanspruch in % der maximalen Grenzwertausschöpfung eines Fremd- bzw. Schadstoffs

In Tabelle 4 ist eine Richt- und Grenzwertberechnung zusammengestellt, wobei für die wertgebenden Parameter niedrige bzw. nicht zu unterschreitende Gehaltsangaben enthalten sind – für die vorsorgebestimmenden Schadstoffgehalte sind dagegen die nicht zu überschreitenden Grenzwerte der Düngemittelverordnung (für Chrom der Bioabfallverordnung) als Bewertungsmaßstab herangezogen.

So ergibt sich zum Einen ein Grenzwert für die Bewertung des Vorsorgeindex, der den Anforderungen der Düngemittelverordnung und der Bioabfallverordnung genügt. Im Fall der Gütesicherung wird davon ausgegangen, dass die Anforderungen an den Nutzwertindex um 50 % höher angesetzt werden, als er sich aus den Verordnungsgrenzen ableitet. Die Nützlichkeit wird also verstärkt abgefordert, woraus sich dann, bei unveränderter Vorsorgeäquivalenz, für die Vergabe des RAL-GZ ein Vorsorgeindex von 67% gegenüber dem Bezug auf die Verordnungsgrenzen ergibt.



Parameter (Bewertungsrelevanz)	Gehalt in % TS	Gewichtungs- faktor	gewichtete Gehalte (Mindestanf.)
<b>Ableitung des Nutzwertindex</b>			
<b>Nährstoffäquivalenz</b>			
Stickstoff (N)	1,0(2)	10(10)	10
Phosphor (P)	0,13(2)	100	13
Kalium (K)	0,41(2)	100	42
Magnesium (Mg)	0,09(3)	100	9
Schwefel (S)	0,15(3)	100	15
<b>Summe</b>			<b>89</b>
<b>Bodenverbesserungsäquivalenz</b>			
Organische Substanz	15(1)	2,9(6)	44
basisch wirksame Stoffe (CaO)	2,5(3)	2,1(7)	5
<b>Summe</b>			<b>49</b>
<b>C-Anreicherungsäquivalenz</b>			
Organische Substanz	15(1)	5,8(8)	87
basisch wirksame Stoffe (CaO)	2,5(3)	7,1(9)	18
Summe			105
<b>Gesamtnutzwert (Mindestanforderungen nach Rechtsbestimmungen: 89+49+105=243)</b>			<b>243</b>
<b>Gesamtnutzwert (50 % höhere Anforderungen für Gütesicherung: 243x1,5=365)</b>			<b>365</b>
<b>Nutzwertindex relativ (Anforderung Gütesicherung (in % des Gesamtnutzwertes für Gütesicherung))</b>			<b>100 %</b>
<b>Ableitung des Vorsorgeindex</b>			
Parameter (Bewertungsrelevanz)	Grenzwert nach DüMV bzw. BioAbfV in mg/kg TS		Ausschöpfungs- grad
<b>Grenzwertausschöpfung</b>			
Fremdstoffe	0,5(4)		100
Arsen	40(4)		100
Blei	150(4)		100
Cadmium	1,5(4)		100
Chrom	100(5)		100
Nickel	80(4)		100
Quecksilber	1,0(4)		100
Thallium	1,0(4)		100
Perfluorierte Tenside (PFT)	0,1(4)		100
PCDD/F und dl-PCB (OTE)	30(4)		100
Vorsorgeäquivalenz (höchste Grenzwertausschöpfung in % vom betreffenden Grenzwert)			100
Vorsorgeindex (bezogen auf Mindestanforderungen Rechtsbestimmungen: 100*(100/243)			42,3
Vorsorgeindex (bezogen auf Anforderungen der Gütesicherung: 100*(100/365)			27,4
<b>Vorsorgeindex relativ (27,4 = 100 %)</b>			<b>100 %</b>
<b>Zusatzinformationen zum Gesamtnutzwert</b>			
Gesamtnutzwert (Gesamtnutzensäquivalenz)	bezogen auf Frischmasse		68
	bezogen auf (11) bzw. (12)		1936

Tabelle 4: RAL-Relevante Ableitung von Deklarations-bzw. Grenzwerten der Bodenverbesserungsäquivalenz, der Nährstoffäquivalenz, der C-Anreicherungsäquivalenz, der Gesamtwirkungsäquivalenz, des Nutzwertindex sowie des Vorsorgeindex (Beispiel Bioabfallprodukt mit Stabilitätsfaktor 1,45)



- (1) Mindestgehalt nach RAL Gütesicherung Kompost
- (2) Mindestgehalte nach Düngemittelverordnung, Typ Organisch-Mineralischer NPK-Dünger
- (3) Kennzeichnungsschwelle für nicht düngemitteltypbestimmende Nährstoffe nach Anlage 2 DüMV, abzüglich der prozentual zulässigen Toleranz.
- (4) nach DüMV
- (5) nach BioAbfV
- (6) % organischer Kohlenstoff in der organischen Substanz dividiert durch 10 (Anpassung an Nährstoffäquivalenz) multipliziert mit Abbaustabilität von Fertigungskompost (50% = 0,5)  
→  $5,8 \cdot 0,5 = 2,9$
- (7) Anteil-% Calcium in Calciumcarbonat dividiert durch 10 (Anpassung an Nährstoffäquivalenz)
- (8) Anteil-% organischer Kohlenstoff in der organischen Substanz dividiert durch 10 (Anpassung an Nährstoffäquivalenz)
- (9) Anteil-% Calcium in Calciumoxid dividiert durch 10 (Anpassung an Nährstoffäquivalenz)
- (10) Wirksamkeitsfaktor für Gesamtstickstoff von Fertigungskompost in Prozent von Gesamt-N (hier 10 %)
- (11) 170 kg N/ha; 60 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha; 160 g K<sub>2</sub>O/ha
- (12) Bioabfälle: 10 t TM/ha\*a; Klärschlämme: 1,67 t TM/ha\*a