

RRMMMAAAA

Initiative zur Erforschung einer umweltverträglichen nachhaltigen Ressourcenbewirtschaftung

Ressourcen Management Agentur

Stoffflussanalyse PHOSPHOR Österreich

(Projekt: P-STRAT)

Teilbericht des Projektes

Optimierte Strategie zur Bewirtschaftung phosphorreicher Stoffströme

Endbericht

Die Ressourcen Management Agentur (RMA)
ist ein Klimabündnisbetrieb

wir tun was
für den  klimaschutz **klimabündnis**
Betrieb 2008

RRMMMAAAA

Initiative zur Erforschung einer umweltverträglichen nachhaltigen Ressourcenbewirtschaftung

Ressourcen Management Agentur

Stoffflussanalyse PHOSPHOR Österreich

(Projekt: P-STRAT)

Teilbericht des Projektes

Optimierte Strategie zur Bewirtschaftung phosphorreicher Stoffströme

Endbericht

(Vers. 1.1)

**Hans Daxbeck
Andreas Gassner
Stefan Neumayer
Doris Ehrlinger**

Im Auftrag von
Umweltbundesamt GmbH

Wien, Dezember 2010

Projektleitung:
Hans Daxbeck

Projektsachbearbeitung:
Hans Daxbeck
Andreas Gassner
Stefan Neumayer
Doris Ehrlinger

Unter Mitwirkung von:
Christoph Lampert, Umweltbundesamt GmbH
Maria Tesar, Umweltbundesamt GmbH
Georg Windhofer, Umweltbundesamt GmbH
Peter Thaler, Umweltbundesamt GmbH

Für den Inhalt verantwortlich:
Ressourcen Management Agentur (RMA)
Initiative zur Erforschung einer umweltverträglichen nachhaltigen Ressourcenbewirtschaftung

Argentinierstrasse 48/2. Stock
1040 Wien
Tel.: +43 (0)1/913 22 52.0
Fax: +43 (0)1/913 22 52.22
office@rma.at; www.rma.at

Kurzfassung

Phosphor hat eine zentrale Bedeutung für den Energiestoffwechsel und ist daher für alle Organismen ein essentieller Nährstoff. Diese Ressource ist jedoch begrenzt vorhanden. Um die Reserven zu schonen, stellt sich die Frage, wieviel Phosphor sich in P-haltigen Abfallflüssen (z.B. im Klärschlamm) befindet, welche Phosphormengen in Abfällen bereits heute als Düngersatz eingesetzt werden und welche Bedeutung die Phosphorfrachten in den deponierten Abfällen im Vergleich zu den gegenwärtig eingesetzten Düngermengen in Österreich haben.

Der vorliegende Bericht „Stoffflussanalyse PHOSPHOR Österreich“ ist ein Teilbericht des Projektes „Optimierte Strategie zur Bewirtschaftung phosphorreicher Stoffströme“. Die Stoffflussanalyse Phosphor Österreich zeigt den IST-Stand des Phosphorhaushaltes Österreich. Die Prozesse Abfallwirtschaft und Abwasserwirtschaft werden dabei besonders berücksichtigt. Damit wird eine Datengrundlage geschaffen, um anhand von Szenarien, eine Strategie zur stofflichen und energetischen Nutzung von phosphorreichen Stoffströmen unter Berücksichtigung der Umweltauswirkungen und des Beitrages zum Ressourcenschutz zu erarbeiten. Der Bericht „Optimierte Strategie zur Bewirtschaftung phosphorreicher Stoffströme“ ist nicht Teil dieses Projektes.

Die Ergebnisse der Stoffflussanalyse zeigen, dass im Phosphorhaushalt Österreich jährlich ca. 106.000 t Phosphor vor allem von den Prozessen Industrie und Gewerbe (I+G) und Land- und Forstwirtschaft (LFW) umgesetzt werden. Der wichtigste Phosphorfluss sind die importierten „Rohstoffe Düngemittelerzeugung“ mit jährlich fast 103.000 t P. Diese Rohstoffe werden ausschließlich für die Erzeugung von mineralischen Düngemitteln verwendet, wovon 88.000 t P in hergestellten Mineraldüngern wieder exportiert werden. Auf den landwirtschaftlichen Böden werden über den Wirtschaftsdünger etwa 26.600 t P und über den Mineraldünger ca. 15.000 t P aufgebracht, d.s. in Summe 41.600 t P. Weitere 10.810 t P werden über den stabilisierten Klärschlamm mit etwa 5.480 t P und den Bodenverbesserungsmitteln mit ca. 5.330 t P auf den Böden aufgebracht.

Jährlich gelangen 7.670 t P in Aschen aus der Verbrennung auf die Deponien und gehen damit für ein zukünftiges Recycling verloren. Die bei der thermischen Behandlung vor allem von stabilisiertem Klärschlamm (5.030 t P) und von Tiermehl und Tierfett (1.190 t P) anfallende Asche wird gegenwärtig deponiert. Somit wird die Deponie (neben dem Prozess Boden) mit einem jährlichen Lagerzuwachs von ca. 9.120 t P zu einer wichtigen Senke für Phosphor in Österreich.

Die Menge der gegenwärtig in Österreich deponierten Aschen enthält ca. 7.670 t P. Wird die Menge des in Österreich aufgetragenen Mineraldüngers, d.s. rund 15.000 t P, mit der P-Menge der bei der thermischen Behandlung anfallenden und deponierten Aschen, d.s. etwa 7.670 t P verglichen, so könnten damit theoretisch über 50 % des Düngemittelbedarfs in Österreich gedeckt werden.

Österreich weist ein Wachstum des Phosphorlagers von etwa 13.000 t P pro Jahr auf. Der größte Lagerzuwachs ist im Prozess Abfallwirtschaft AWS (etwa 77 % des gesamten Lagerzuwachses) zu verzeichnen. Der Prozess Boden (BOD) weist die größte Senke im Gesamtsystem Österreich für Phosphor auf.

Inhaltsverzeichnis

KURZFASSUNGV

INHALTSVERZEICHNISVII

1 EINLEITUNG 1

2 ZIELSETZUNG UND FRAGESTELLUNGEN.....3

3 METHODIK.....5

4 SYSTEMDEFINITION UND DATENERFASSUNG 7

 4.1 Systemgrenzen7

 4.2 Prozess Land- und Forstwirtschaft (LFW).....8

 4.2.1 *Definition des Prozesses Land- und Forstwirtschaft*..... 8

 4.2.2 *Definition der Flüsse im Prozess Land- und Forstwirtschaft*..... 8

 4.3 Prozess Industrie und Gewerbe (I+G) 13

 4.3.1 *Definition des Prozesses Industrie und Gewerbe* 13

 4.3.2 *Definition der Flüsse im Prozess Industrie und Gewerbe* 13

 4.4 Prozess Privater Haushalt + kommunale Verwaltung (PHH)21

 4.4.1 *Definition des Prozesses Privater Haushalt + kommunale Verwaltung*.....21

 4.4.2 *Definition der Flüsse im Prozess Privater Haushalt + kommunale Verwaltung*21

 4.5 Prozess Abfallwirtschaft (AWS)24

 4.5.1 *Definition des Prozesses Abfallwirtschaft*24

 4.5.2 *Definition der Flüsse im Prozess Abfallwirtschaft*25

 4.5.3 *Subprozesse in der Abfallwirtschaft*.....31

 4.5.3.1 *Definition des Subprozesses Thermische Behandlung*31

 4.5.3.2 *Definition des Subprozesses mechanisch-biologische Behandlung MBA34*

 4.5.3.3 *Definition des Subprozesses Kompostierung*35

 4.5.3.4 *Definition des Subprozesses Vergärung*.....38

 4.5.3.5 *Definition des Subprozesses Tierkörperverwertung*39

 4.5.3.6 *Definition des Subprozesses Deponie*40

 4.5.3.7 *Definition des Subprozesses Recycling*.....42

4.6	Prozess Abwasserwirtschaft (AWW).....	43
4.6.1	<i>Definition des Prozesses Abwasserwirtschaft</i>	43
4.6.2	<i>Definition der Flüsse im Prozess Abwasserwirtschaft</i>	43
4.6.3	<i>Definition des Subprozesses mechanisch-biologische Abwasserreinigung (MBAR)</i>	46
4.6.4	<i>Definition des Subprozesses Klärschlammbehandlung</i>	48
4.7	Prozess Boden (BOD).....	50
4.7.1	<i>Definition des Prozesses Boden</i>	50
4.7.2	<i>Definition der Flüsse im Prozess Boden</i>	50
4.8	Prozess Gewässer (GEW).....	55
4.8.1	<i>Definition des Prozesses Gewässer</i>	55
4.8.2	<i>Definition der Flüsse im Prozess Gewässer</i>	55
5	ERGEBNISSE	58
5.1	Phosphorhaushalt Österreich.....	58
5.2	Prozess Land- und Forstwirtschaft (LFW).....	59
5.3	Prozess Industrie und Gewerbe (I+G)	60
5.4	Prozess Privater Haushalt und kommunale Verwaltung (PHH)	60
5.5	Prozess Abfallwirtschaft (AWS); Subsystem Abfallwirtschaft (AWS).....	61
5.6	Prozess Abwasserwirtschaft (AWW).....	64
5.7	Prozess Gewässer (GEW).....	65
5.8	Prozess Boden (BOD).....	65
6	SCHLUSSFOLGERUNGEN	66
7	LITERATURVERZEICHNIS.....	68
8	ANHANG	72
8.1	Begriffe der Methode der Stoffflussanalyse.....	72

1 Einleitung

Jeder Organismus benötigt den wichtigen Nährstoff Phosphor. Phosphorverbindungen sind maßgeblich beim Anbau der Zellen als auch beim Energie- und Informationstransfer beteiligt. Ein Phosphormangel (auch ein Phosphorüberschuss) kann Ökosysteme aus dem Gleichgewicht bringen und das Wachstum von Organismen reduzieren.

Der wichtigste Düngergrundstoff Phosphor ist begrenzt verfügbar. Lediglich 4 Länder (Marokko, China, Jordanien und Südafrika) besitzen etwa 80 % der weltweiten Reserven an Phosphatgesteinen. In Europa lagern kaum Phosphate, Österreich ist vollständig auf Importe angewiesen.

In den Abwasserreinigungsanlagen finden sich große Mengen an Phosphor im Klärschlamm, auch manche Abfallflüsse beinhalten relevante Mengen an Phosphor (z.B. Tiermehl). Derzeit werden in Österreich bedeutende Mengen an stabilisiertem Klärschlamm thermisch behandelt und anschließend deponiert. Mit geeigneten Phosphorrückgewinnungsverfahren könnte der im Klärschlamm enthaltene Phosphor zu Düngemitteln recycelt werden. Noch vorhandene natürliche Ressourcen würden geschont und die Importe könnten reduziert werden.

Zurzeit ist unklar, in welchem Ausmaß relevante P-haltige Güter stofflich genutzt werden bzw. welche Phosphorflüsse für eine P-Rückgewinnung in Frage kommen.

Für die Beantwortung dieser Fragen wird eine IST-Analyse der aktuellen Phosphorflüsse in Österreich durchgeführt, diese ist Gegenstand des vorliegenden Berichtes. Damit wird eine Datenbasis geschaffen, um in einem nächsten Schritt Szenarien und Optimierungsvorschläge zur stofflichen und energetischen Nutzung von P-reichen Materialien zu erarbeiten (siehe Bericht „Optimierte Strategie zur Bewirtschaftung phosphorreicher Stoffströme“).

2 Zielsetzung und Fragestellungen

Ziel ist, die Durchführung einer Stoffflussanalyse PHOSPHOR Österreich, um die massenmäßig wichtigsten phosphorhaltigen Güter in Österreich zu identifizieren.

Ausgehend von den importierten phosphorhaltigen Gütern werden jene relevanten Prozesse identifiziert und untersucht, in denen phosphorhaltige Güter anfallen oder eingesetzt werden. Darauf aufbauend werden die phosphorhaltigen Abfälle identifiziert und berechnet.

Folgende Fragen werden beantwortet:

- Wie ist das System „Phosphorhaushalt Österreich“ definiert, welche Prozesse und Güter sind für den Phosphorhaushalt relevant (Systemgrenzen)?
- Wie hoch sind die phosphorrelevanten Materialflüsse im System Österreich? Welche Bedeutung haben die Prozesse Abfall- und Abwasserwirtschaft im Rahmen des Gesamtsystems? Welche sind die bedeutendsten phosphorhaltigen Güter in den Prozessen Abfallwirtschaft und Abwasserwirtschaft?
- Welche Phosphorflüsse und –lager bestehen in Österreich?
- Welche Abfälle entstehen auf den Stufen der Primär- und Sekundärproduktion, Konsum, Abwasser- und Abfallwirtschaft? Inwieweit und über welche Wege werden sie verwertet?
- Welche Quellen von Phosphor können im System Österreich identifiziert werden?

3 Methodik

Für die Erstellung der Stoffflussanalyse Phosphor Österreich wird die Methode der Stoffflussanalyse angewandt. Die Methode der Stoffflussanalyse ist ein Werkzeug zur Beschreibung und Analyse beliebiger Systeme und dient gemäß ÖNORM S 2096-1 zur Identifizierung und Quantifizierung aller relevanten Flüsse von Stoffen in einem zeitlich und räumlich exakt abgegrenzten System, sowie der Bilanzierung der Stoffe innerhalb dieses Systems [ÖN S 2096-1, 2005]. Die Vorgehensweise bei der Durchführung einer Stoffflussanalyse resp. Güterflussanalyse ist im Regelblatt 514 des Österreichischen Wasser- und Abfallwirtschaftsverbandes detailliert beschrieben [ÖWAV, 2003] sowie in der ÖNORM S 2096, Teil 1 [ÖN S 2096-1, 2005] und Teil 2 [ÖN S 2096-2, 2005] normativ geregelt. Wichtigste Begriffe bei der Durchführung von Stoffflussanalysen („System“, „Systemgrenze“, „Prozess“, „Gut“ und „Stoff“) sind im Anhang erläutert.

Die spezifischen Treibhausgasemissionen bei der Behandlung der P-reichen Materialien sowie beim Einsatz der erzeugten Endprodukte werden ebenso wie die Gutschriften (i) bei der energetischer Nutzung biogener Materialien, (ii) bei der Substitution P- und N-haltiger Düngemittel und (iii) bei der Bereitstellung organischer Substanz aus der Literatur entnommen. Die Gutschriften von THG durch die Substitution von THG-Emissionen bei der Primärproduktion von P- und N-haltigen Düngemitteln Berechnungen mit GEMIS (Globales Emissionsmodell Integrierter Systeme) berechnet. Es werden keine Messungen durchgeführt.

Dieser Bericht umfasst das Gesamtsystem des Phosphorhaushaltes Österreich. Erfasst werden P-Flüsse in den Prozessen der Land- und Forstwirtschaft (LFW), Industrie und Gewerbe (I+G), Privater Haushalt und kommunale Verwaltung (PHH), Abfallwirtschaft (AWS), Abwasserwirtschaft (AWW), Gewässer (GEW) sowie Boden (BOD). Der Schwerpunkt liegt in den Prozessen AWS und AWW. Für die Darstellung des Systems wird die Software STAN verwendet.

4 Systemdefinition und Datenerfassung

Abbildung 4-1 zeigt die für die Erfassung des Phosphorhaushaltes Österreich relevanten Prozesse und Güterflüsse. Die Prozesse Abfallwirtschaft (AWS) und Abwasserwirtschaft (AWW) werden in weiterer Folge in Subsysteme untergliedert, um die Flüsse innerhalb dieser Prozesse präziser darstellen zu können.

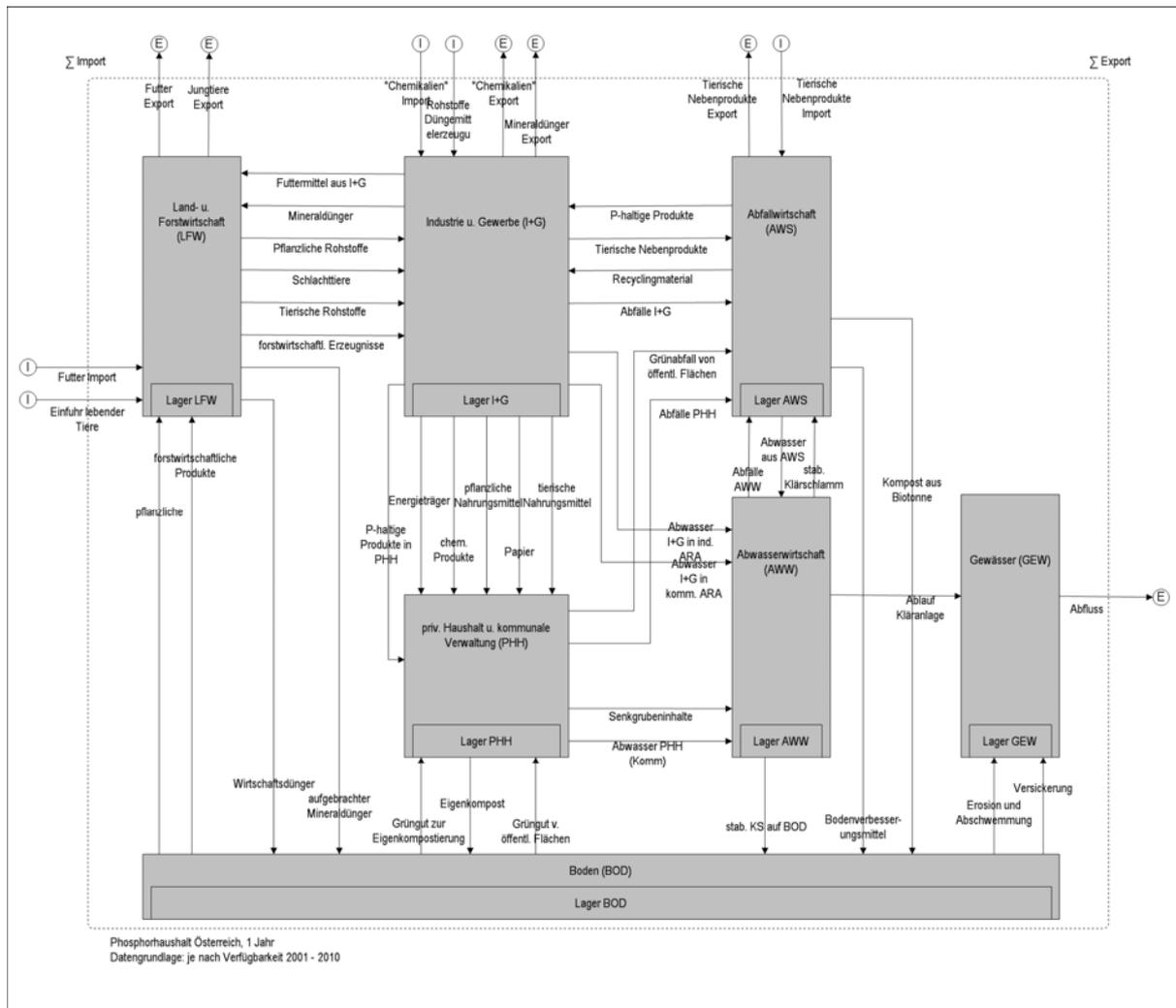


Abbildung 4-1: Systemdefinition Phosphorhaushalt Österreich

4.1 Systemgrenzen

Räumlich:

Bundesgebiet Österreich

Zeitlich:

1 Jahr. So weit vorhanden, werden Daten aus dem Jahr 2008 (Statusbericht 2009 zum BAWP) verwendet.

4.2 Prozess Land- und Forstwirtschaft (LFW)

4.2.1 Definition des Prozesses Land- und Forstwirtschaft

Dieser Prozess umfasst Tätigkeiten zum Anbau, Aufzucht und Ernte von pflanzlichen und tierischen Produkten in der Land- und Forstwirtschaft (Obst-, Gemüse-, Getreide- und Futteranbau, Import von lebenden Tieren) inklusive der Verwertung der dabei entstehenden organischen Abfälle und Ernterückstände für die Düngung. Die Schlachtung und Verarbeitung der Tiere sowie die Verarbeitung der pflanzlichen Erzeugnisse findet im Prozess I+G Berücksichtigung. Das Wachstum der Pflanzen auf land- und forstwirtschaftlichen Böden wird im Prozess Boden berücksichtigt.

4.2.2 Definition der Flüsse im Prozess Land- und Forstwirtschaft

Tabelle 4-1: Definition der Input- und Outputflüsse im Prozess Land- und Forstwirtschaft

Input	Beschreibung	Herkunft
Futter Import	Futtermittel ausschließlich für die Tierproduktion und von ausländischer Herkunft.	IMPORT
Mineraldünger	Anorganische, in der Industrie gefertigte Düngemittel mit hoher Nährstoffkonzentration.	I+G
Pflanzliche Produkte	Produktion und Ernte von pflanzlichen Rohstoffen wie Getreide, Gemüse, Obst und Grünfutter.	BOD
Forstwirtschaftliche Produkte	Produktion von Holz zur Weiterverarbeitung im Prozess I+G.	BOD
Einfuhr lebender Tiere	Import von lebenden Tieren aus dem Ausland. Berücksichtigt werden: Rinder, Kühe, Kälber, Schweine, Schafe, Ziegen, Pferde, Geflügel.	IMPORT
Futtermittel aus I+G	Futtermittel, die im Prozess I+G produziert werden und für die Land- und Forstwirtschaft als Nutztierfutter bestimmt sind.	I+G

Output	Beschreibung	Ziel
Wirtschaftsdünger	Summe der in der Viehwirtschaft anfallenden Produkte: Stallmist, Gülle, Jauche	BOD
Pflanzliche Rohstoffe	Rohstoffe aus der Pflanzenproduktion der Landwirtschaft zur Weiterverarbeitung zu pflanzlichen Nahrungsmitteln. Berücksichtigt werden Getreide, Gemüse und Obst.	I+G
aufgebrachter Mineraldünger	Anorganische, in der Industrie gefertigte Düngemittel mit hoher Nährstoffkonzentration.	BOD
Schlachttiere	Lebende Tiere, die im Prozess Industrie geschlachtet und zu tierischen Nahrungsmitteln verarbeitet werden. Berücksichtigt werden: Ochsen, Stiere, Kühe, Kälber, Kalbinnen Schweine, Schafe, Geflügel.	I+G
Forstwirtschaftliche Erzeugnisse	Ist die gesamte Entnahme an Holz in der Forstwirtschaft inkl. Roh- und Halbfertigwaren; Nutzholz, Energieholz; Holzgüter, Papierrohstoffe.	I+G
Futter Export	Futtermittel ausschließlich für die Tierproduktion, im Inland produziert und ins Ausland exportiert.	EXPORT
Jungtiere Export	Verkauf von Jungtieren ins Ausland zur Aufzucht in der Landwirtschaft.	EXPORT
Tierische Rohstoffe	Rohstoffe tierischer Herkunft, als Input zur weiteren Verarbeitung in den Prozess I+G. Berücksichtigt werden Milch (Rohmilch von Ziegen, Schafen und Kühen), tierische Fette, Honig und Schaleneier.	I+G

INPUT

Der Prozess Land- und Forstwirtschaft wird vor allem dominiert durch den Fluss pflanzliche Produkte, der pro Jahr 46.063 t Phosphor in diesen Prozess einbringt. Dieser Wert bezieht sich auf die Jahre 2001 bis 2006, die Gütermengen (verwendet wird der Mittelwert) stammen aus dem [BMLFUW, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006b sowie 2007]. Berücksichtigt werden Getreide, Ölsaaten, Obst sowie Grünfutter. Die Güter- und Phosphorflüsse setzen sich wie folgt zusammen:

Tabelle 4-2: Zusammensetzung der Güter- und Phosphormengen des Flusses „pflanzliche Produkte“ (exkl. Grünfutter, Silo- und Grünmais) (P-Konzentrationen nach [GERN, 2010])

Pflanzliche Produkte	Gütermenge (t/a)	P-Konzentration (in % FS)		P-Fluss (t/a)
		Min.	Max.	
Weichweizen	1.377.873	0,33	0,35	4.685
Hartweizen	64.551	0,33	0,35	219
Dinkel	15.841	0,33	0,35	54
Roggen	164.729	0,33	0,35	560
Wintermenggetreide	8.213	0,35	0,35	29
Wintergerste	396.293	0,33	0,35	1.347
Sommergerste	529.797	0,33	0,35	1.801
Sommerngetreide	29.160	0,33	0,35	99
Hafer	128.694	0,33	0,35	438
Körnermais	1.857.745	0,28	0,35	5.852
Triticale	173.714	0,33	0,35	591
Körnererbsen	98.004	0,48	0,48	470
Ackerbohnen	7.906	0,52	0,52	41
Winterraps zur Ölgewinnung	118.622	0,50	0,79	762
Sommerraps und Rüben	597	0,05	0,05	0
Sonnenblumen	70.563	0,70	0,70	493
Ölkürbis	8.283	0,50	0,70	50
Sojabohnen	46.504	0,48	0,48	223
Frühe und mittelfrühe Speiseerdäpfel	318.194	0,05	0,10	239
Späterdäpfel	356.823	0,05	0,10	268
Zuckerrüben (ohne Saatgut)	2.796.842	0,04	0,04	1.220
Futtermüben	31.472	0,03	0,04	11
Gemüse gesamt	530.200	0,07	0,13	530
Wein (Trauben)	472.303	0,11	0,11	520
Obst Intensivanbau	239.447	0,01	0,02	36
Obst Extensivanbau	528.868	0,01	0,02	79
Summe	10.371.240			20.618

Bei den pflanzlichen Produkten werden Grünfutter sowie Silo- und Grünmais ebenfalls berücksichtigt. Der Nettoertrag an Grünfutter (Dauergrünland und Feldfutter) beträgt im Jahr 2008 nach [BMLFUW, 2009a] rund 6.450.000 t. Der P-Gehalt liegt nach [ÖAG, 1993] zwischen 2,5 und 3,6 kg/t wobei die höhere Konzentration herangezogen wird. Die Phosphorfracht ergibt im Grünfutter 23.220 t Phosphor. Weiters werden nach [GERN, 2010]

3.311.090 t (FM) Silo- und Grünmais geerntet. Der Trockensubstanzgehalt liegt laut [Spiekers & Rutzmoser, 2008] zwischen 28 % und 35 %, für die Berechnung wird ein Mittelwert von 32 % verwendet. Es ergibt sich eine Gütermenge von 1.059.549 t (TM), welche 2.225 t Phosphor enthält (P-Konzentration liegt laut [ÖAG, 1993] bei 2,10 g/kg TM).

Der Import von Futter und die Einfuhr von lebenden Tieren spielt eine untergeordnete Rolle. Im Jahr 2008 wurden laut der Datenbank UN Comtrade [United Nations, 2008] 135.415 t Futtermittel importiert. Ein Teil des Imports umfasst im Wesentlichen organische Abfälle (47.576 t), welche laut [GERN, 2010] eine P-Konzentration von 0,1 bis zu 0,18 % aufweisen. Für die Berechnung wird die höhere P-Konzentration verwendet, da ein hoher tierischer Anteil angenommen wird. Grünfutter wird im Ausmaß von 47.989 t importiert. Die P-Konzentration liegt laut [ÖAG, 1993] zwischen 2,5 und 3,6 g P/kg. Es wird der Mittelwert von 3,05 g P/kg für die Berechnung verwendet. Insgesamt ergibt sich eine P-Menge im Fluss ‚Futter Import‘ von 354 t P. Die Gütermenge des Imports von lebenden Tieren wird mittels Daten der [Statistik Austria, 2010e] ermittelt und beträgt 79.809 t. Die P-Konzentration wird mit 7,06 g/kg nach [Binder et al., 2009] angenommen. Durch den Import von lebenden Tieren werden im Jahr 2008 563 t Phosphor transportiert.

Mineraldünger: Die in den letzten 5 Jahren in Österreich abgesetzte Düngermenge entspricht lt. [BMLFUW, 2009b] im Durchschnitt 179.120 t, d.s. 14.967 t P. Weiters werden Düngemittel im Ausmaß von 1.008.000 t [BMLFUW, 2005, 2006a, 2007, 2008 sowie 2009a] exportiert. Der darin enthaltene Phosphor beträgt 88.019 t P. Der Umrechnungsfaktor von P_2O_5 auf P wird mit 43,66 % festgelegt.

Die Produktion von forstwirtschaftlichen Produkten liegt laut [BMLFUW, 2009a] bei 21.800.000 Efm, der Umrechnungsfaktor in Tonnen wird mit 0,5 t/Efm angenommen und ergibt einen Massenfluss von 10.900.000 t. Holz hat einen sehr geringen P-Gehalt und wird mit 0,06 g P/kg laut [Binder et al., 2009] angenommen. Trotz des großen Massenflusses fließen lediglich 654 t Phosphor in diesen Prozess ein.

Die Gütermenge der Futtermittel aus I+G beträgt im Jahr 2008 110.000 t. Dieser Wert umfasst tierische Nebenprodukte aus der Milchverarbeitung und stammt aus dem [BMLFUW, 2009a.] Es liegt die Annahme zugrunde, dass dieser Fluss im Wesentlichen Molke beinhaltet. Laut [Lindermayer, 2010] enthält Molke (Süß- und Sauermolke) 0,5 g P/l (TS). Der P-Fluss beträgt somit 55 t P und spielt eine untergeordnete Rolle.

OUTPUT

Die bedeutendsten Flüsse innerhalb des Prozesses Land- und Forstwirtschaft sind der Wirtschaftsdünger und der auf den Boden aufgebrachte Mineraldünger. Im Wirtschaftsdünger beläuft sich der Phosphor laut [GERN, 2010] im Jahr 2006 auf 26.636 t P. Da es keine Daten zur Menge des Düngeranfalls gibt, wurde dieser durch Bilanzierung ermittelt und beträgt 9.295.927 t.

Bezüglich des Mineraldüngers wird angenommen, dass die P-Menge von 14.967 t P, die dem Prozess Land- und Forstwirtschaft zugeführt wird, auch auf dem Boden ausgebracht

wird. Laut den Erhebungsstatistiken der [Agrarmarkt Austria, 2009a und 2009b] beträgt die Gütermenge der pflanzlichen Rohstoffe 7.148.494 t. Nach [GERN, 2010] liegt die darin enthaltene Phosphorfracht zwischen 17.231 t und 20.240 t. Für die Bilanz wird der Minimalwert von 17.231 t Phosphor herangezogen.

Der Güterfluss der Schlachttiere beträgt im Jahr 2008 595.494 t und ergibt sich als Summe aus der Schlachtung von Stieren, Ochsen, Kühen, Kalbinnen, Kälber, Schweine, Schafe und Geflügel. Als Literaturquelle dient die [Statistik Austria, 2009a]. Die Gütermengen werden aus der Stückzahl multipliziert mit dem Lebendgewicht berechnet. Der P-Fluss von 4.204 t P ergibt sich aus der Summe der Schlachttiere und der P-Konzentration von 7,06 g P/kg [Binder et al., 2009].

Die Forstwirtschaftlichen Erzeugnisse haben zwar mit 3.975.000 t laut [BMLFUW, 2009a] für das Jahr 2008 einen hohen Güterfluss, der P-Austrag ist mit 239 t P jedoch gering. Angenommen wird eine P-Konzentration laut [Binder et al., 2009] von 0,06 g P/kg.

Der Güterfluss Futter Export wird der Datenbank UN Comtrade [United Nations, 2008] entnommen. Siehe nachfolgende Tabelle 4-3.

Tabelle 4-3: Berechnung der P-Menge des Flusses ‚Futter Export‘ [United Nations, 2008]

	Gütermenge (t)	P-Konzentration (g/kg)	P-Fluss (t/a)
Animal fodder and forage products, roots etc. (HS as reported - 1214)	14.942	3,05	46
Straw or fodder balers, including pick-up balers (HS as reported - 843340)	1.247	3,05	4
Other fodder and forage products, roots, etc. (HS as reported - 121490)	14.908	3,05	45
Summe	31.097		95

Die P-Konzentration wird mit 3,05 g P/kg für Grünfutter nach [ÖAG, 1993] festgelegt. Der P-Fluss beträgt für das Jahr 2008 95 t P. Ebenso werden für den Export von Jungtieren Daten aus der Datenbank UN Comtrade [United Nations, 2008] verwendet. In Summe sind dies 139 t. Die P-Konzentration wird mit 7,06 g P/kg laut [Binder et al., 2009] angenommen, der P-Fluss beträgt somit 1 t P.

Die tierischen Rohstoffe als Output des Prozesses I+G ergeben sich als Summe von Milch (berücksichtigt wird Rohmilch von Ziegen, Schafen und Kühen), tierischen Fetten, Schalen-eiern und Honig. Aus der Versorgungsbilanz der [Statistik Austria, 2010b, c, d und e] ergibt sich eine Gütermenge von 3.392.348 t. Die Berechnung des P-Flusses zeigt nachfolgende Tabelle:

Tabelle 4-4: Berechnung der Phosphormenge des Flusses ‚Tierische Rohstoffe‘

	P-Fluss in t/a (Mittelwerte)	Min. (t/a)	Max. (t/a)	P-Konzentration (mg/g)	Quelle
Milch	2.990	2.832	3.147		[Gern, 2010]
Tierische Fette	13	0	25		[Gern, 2010]
Schaleneier	143	113	173		[Gern, 2010]
Honig	2			0,23	eigene Berechnung nach [Horn, 1985]
Summe	3.148				

4.3 Prozess Industrie und Gewerbe (I+G)

4.3.1 Definition des Prozesses Industrie und Gewerbe

Der Prozess Industrie und Gewerbe umfasst die gesamte Verarbeitung von land- und forstwirtschaftlichen Erzeugnissen inkl. Futtermittelherstellung, Papierherstellung, Produktion von Produkten für den privaten Haushalt und die Bereitstellung von Energieträgern. Berücksichtigt werden auch P-haltige Rohstoffe, Chemikalien sowie P-haltige Reinigungsmittel. Die Abfallbehandlung im Rahmen von industriellen Prozessen, welche über die unmittelbare Verwertung von Produktionsabfällen hinaus geht ist Teil des Prozesses „Abfallwirtschaft“ (z.B. Klärschlamm in der Zementindustrie).

4.3.2 Definition der Flüsse im Prozess Industrie und Gewerbe

Tabelle 4-5: Definition der Input- und Outputflüsse im Prozess Industrie und Gewerbe

Input	Beschreibung	Herkunft
Rohstoffe Düngemittelerzeugung	Rohstoffe, die ausschließlich zur Düngemittelerzeugung nach Österreich importiert werden.	IMPORT
Chemikalien Import	Import von Chemikalien, P-haltigen Rohstoffen (z.B. Apatit) und P-haltigen Reinigungsmitteln.	IMPORT
P-haltige Produkte	Verarbeitung von P-haltigen Produkten, z.B. Asche von der KS Verbrennung im Zement, sonstiger Verbleib (z.B. Gelatine), Verwertung in der Lederverarbeitung sowie Futtermittel in I+G	AWS
Recyclingmaterial	Wiederverwertung von Stoffen/Produkten; v.a. Altpapier	AWS
Pflanzliche Rohstoffe	Rohstoffe aus der Pflanzenproduktion der Landwirtschaft zur Weiterverarbeitung zu pflanzlichen Nahrungsmitteln. Berücksichtigt werden Getreide, Gemüse und Obst.	LFW

Input	Beschreibung	Herkunft
Forstwirtschaftliche Erzeugnisse	Ist die gesamte Entnahme an Holz in der Forstwirtschaft inkl. Roh- und Halbfertigwaren; Nutzholz, Energieholz; Holzgüter, Papierrohstoffe.	LFW
Schlachttiere	Lebende Tiere, die im Prozess Industrie geschlachtet und zu tierischen Nahrungsmitteln verarbeitet werden. Berücksichtigt werden: Ochsen, Stiere, Kühe, Kalbinnen, Kälber, Schweine, Schafe, Geflügel.	LFW
Tierische Rohstoffe	Rohstoffe aus der Tierproduktion, für den menschlichen Verzehr bestimmt. Berücksichtigt werden Milch (Milch von Ziegen, Schafen und Kühen), tierische Fette, Honig und Schaleneier.	LFW
Output	Beschreibung	Ziel
Mineraldünger	Anorganische, in der Industrie gefertigte Düngemittel mit hoher Nährstoffkonzentration.	LFW
Futtermittel aus I+G	Futtermittel, die im Prozess I+G produziert werden und für die Land- und Forstwirtschaft als Nutztierfutter bestimmt sind.	LFW
Mineraldünger Export	Anorganische, im Ausland gefertigte Düngemittel mit hoher Nährstoffkonzentration.	EXPORT
Energieträger	Stein-, Braunkohle, Braunkohlenbriketts, Koks, Holz, Pellets, Holzbriketts, Hackschnitzel, Heizöl.	PHH
Abfälle von I+G	Nahrungs- und Genussmittelabfälle, Abfälle aus der Tierhaltung und Schlachtung, Häute und Lederabfälle, Holzabfälle, Zellulose- und Papierabfälle, Andere Abfälle aus der Verarbeitung und Veredelung tierischer und pflanzlicher Produkte, Abfälle mineralischen Ursprungs (Aschen), Oxide, Hydroxide, Salzabfälle, Abfälle von Säuren, Laugen, Konzentraten, Anteil von Abfällen zur biologischen Verwertung.	AWS
Abwasser I+G in komm. ARA	P-Fracht von Abwasser aus I+G, das in die kommunale Abwasserreinigung eingeht.	AWW
Abwasser I+G in industr. ARA	P-Fracht von Abwasser aus I+G, das in die industrielle Abwasserreinigung eingeht.	AWW
Chemische Produkte	Chemikalien sowie P-haltige Reinigungsmittel.	PHH
Tierische Nahrungsmittel	Tierische Nahrungsmittel für den menschlichen Verzehr. Dazu gehören Fleischwaren, Milch und Eier.	PHH
Pflanzliche Nahrungsmittel	Pflanzliche Nahrungsmittel für den menschlichen Verzehr. Dazu gehören Getreide, Obst und Gemüse.	PHH
Tierische Nebenprodukte	Beseitigung, Verarbeitung und Vernichtung von Tierkadavern und Schlachtabfällen.	AWS
Papier	Papier für den Konsum, Pappe, Kartonagen.	PHH

Output	Beschreibung	Ziel
Chemikalien Export	Export von Chemikalien, P-haltigen Rohstoffen und P-haltigen Reinigungsmitteln.	EXPORT
P-haltige Produkte	Umfassen Produkte, die dem PHH in Form von Gelatine, Heimtierfutter sowie Produkte aus der Verwertung in der Lederverarbeitung zugeführt werden.	PHH

INPUT

Die Gütermenge der importierten Rohstoffe für die Düngemittelerzeugung beträgt laut [BMLFUW, 2005, 2006a, 2007, 2008 sowie 2009a] im Durchschnitt ca. 1,1 Mio. t. Es wird die Annahme getroffen, dass die gesamte Produktionsmenge dem Import entspricht, da keine Rohstoffe für die Düngemittelerzeugung in Österreich abgebaut werden. Die in den letzten 5 Jahren in Österreich abgesetzte Düngermenge entspricht lt. [BMLFUW, 2009b] im Durchschnitt 179.120 t (darin enthalten sind 34.280 t P₂O₅), d.s. 14.967 t P. Der Umrechnungsfaktor von P₂O₅ auf P wird mit 43,66 % festgelegt. Weiters werden Düngemittel im Ausmaß von 1.008.000 t [BMLFUW, 2005, 2006a, 2007, 2008 sowie 2009a] exportiert. Der darin enthaltene Phosphor beträgt 88.019 t P. Die Phosphormenge in diesem Fluss liegt bei 102.985 t P und wird durch Bilanzierung ermittelt (Differenz aus dem aufgebrauchten Mineraldünger auf landwirtschaftliche Böden und dem Mineraldünger-Export).

Der Güterimport von Chemikalien laut der Datenbank UN Comtrade [United Nations, 2008] beträgt für das Jahr 2008 358.324 t. Zu den Chemikalien werden die Wasch- und Reinigungsmittel (349.473 t) sowie Phosphoric acid and polyphosphoric acids (8.851 t) gezählt. Ersteres wird mit einer P-Konzentration von 4,07 g P/l festgelegt. Den Phosphoric acid and polyphosphoric acids liegt die Annahme zugrunde, dass sie 20 % P₂O₅ enthalten [BMLFUW, 2009b]. Der Umrechnungsfaktor auf P wird mit 43,66 % festgesetzt. In Summe ergibt sich ein Phosphorfluss von 2.195 t P.

Das Recyclingmaterial ist ein Output des Prozesses AWS und beinhaltet im wesentlichen Altpapier und ist für den Phosphorhaushalt irrelevant. Laut des [BMLFUW, 2009c] ergibt sich eine Gütermenge von 749.500 t. Die P-Konzentration liegt im Altpapier bei 0,06 g/kg laut [Binder et al., 2009]. Die Phosphormenge in diesem Fluss beläuft sich auf 45 t P.

Die Gütermenge beträgt im Fluss P-haltige Produkte 179.805 t und setzt sich aus Klärschlamm-Asche in Zement (3.705 t), tierische Nebenprodukte wie Gelatine und Heimtierfutter (34.700 t), tierische Nebenprodukte aus der Verwertung in der Lederverarbeitung (31.400 t) sowie den Futtermittel aus I+G (110.000 t) zusammen. Die Berechnung des P-Flusses von 753 t P zeigt nachfolgende Tabelle:

Tabelle 4-6: Berechnung der Phosphormenge des Flusses „P-haltige Produkte“

Name	P-Konzentration	Einheit	P-Fluss	Einheit
KS Asche in Zement	63,51	g/kg	15	t/a

Name	P-Konzentration	Einheit	P-Fluss	Einheit
(TNP) Sonstiger Verbleib (Gelatine, Heimtierfutter)	7	g/kg	243	t/a
(TNP) Verwertung in der Lederverarbeitung	7	g/kg	220	t/a
Futtermittel aus I+G	0,5	g/l	55	t/a

Die P-Konzentrationen werden von [Binder et al., 2009] übernommen. Für die Futtermittel aus I+G (Milch) die von Lindermayer [Lindermayer, 2010] stammen, wird eine Konzentration von 0,5 g P/l angenommen.

Laut den Erhebungsstatistiken der [Agrarmarkt Austria, 2009a und 2009b] beträgt die Gütermenge der pflanzlichen Rohstoffe 7.148.494 t. Nach [Gern, 2010] liegt die darin enthaltene Phosphorfracht zwischen 17.231 t P und 20.240 t P. Für die Bilanz wird der Minimalwert von 17.231 t Phosphor herangezogen.

Die Forstwirtschaftlichen Erzeugnisse haben zwar mit 3.975.000 t laut [BMLFUW, 2009a] für das Jahr 2008 einen hohen Güterfluss, der P-Austrag ist mit 239 t P jedoch gering. Angenommen wird eine P-Konzentration laut [Binder et al., 2009] von 0,06 g/kg.

Der Güterfluss bezüglich der Schlachttiere beträgt im Jahr 2008 595.494 t und ergibt sich aus der Summe der Schlachtung von Stieren, Ochsen, Kühen, Kalbinnen, Kälbern, Schweinen, Schafen und Geflügel. Die Literaturquelle stammt von [Statistik Austria, 2009]. Die Gütermengen werden aus der Stückzahl und dem Lebendgewicht berechnet. Der P-Fluss von 4.204 t P ergibt sich aus der Summe der Schlachttiere und der P-Konzentration von 7,06 g P/kg [Binder et al., 2009].

Die tierischen Rohstoffe als Output des Prozesses I+G ergeben sich als Summe des Outputs von Milch (Rohmilch von Ziegen, Schafen, Kühen), tierischen Fetten, Schaleneiern und Honig. Aus der Versorgungsbilanz der [Statistik Austria, 2010b, c, d und e] ergibt sich eine Gütermenge von 3.392.348 t. Die Berechnung des P-Flusses zeigt nachfolgende Tabelle:

Tabelle 4-7: Berechnung der Phosphormenge des Flusses „Tierische Rohstoffe“

	P-Fluss in t/a (Mittelwerte)	Min. (t/a)	Max. (t/a)	P-Konzentration (mg/g)	Quelle
Milch	2.990	2.832	3.147		[Gern, 2010]
Tierische Fette	13	0	25		[Gern, 2010]
Schaleneier	143	113	173		[Gern, 2010]
Honig	2			0,23	eigene Berechnung nach [Horn, 1985]
Summe	3.148				

OUTPUT

Die in den letzten 5 Jahren in Österreich abgesetzte Düngermenge entspricht lt. [BMLFUW, 2009b] im Durchschnitt 179.120 t (d.s. 34.280 t P_2O_5), darin enthalten sind 14.967 t P. Der Umrechnungsfaktor von P_2O_5 auf P wird mit 43,66 % festgelegt. Die Gütermenge der Futtermittel aus I+G beträgt im Jahr 2008 110.000 t. Dieser Wert umfasst tierische Nebenprodukte aus der Milchverarbeitung und stammt aus dem [BMLFUW, 2009a]. Es liegt die Annahme zugrunde, dass dieser Fluss im Wesentlichen Molke beinhaltet. Laut [Lindermayer, 2010] enthält Molke (Süß- und Sauermolke) 0,5 g/l Phosphor (TS). Der P-Fluss beträgt 55 t P und spielt eine untergeordnete Rolle.

Für den Fluss Mineraldünger Export werden Mittelwerte der Jahre 2004 bis 2008 herangezogen, da der Mineraldünger Export für das Jahr 2008 aufgrund der Verringerung der Produktionsmenge und damit auch durch eine starke Verringerung der Exporte, nicht repräsentativ ist. Als Quelle werden die [Grünen Berichte des BMLFUW (2005, 2006b, 2007, 2008, 2009a)] herangezogen. Der Berechnung des P-Flusses liegt die Annahme zugrunde, dass in Düngemitteln rund 20 % P_2O_5 enthalten sind. Dieser Anteil ist eine Abschätzung aus den Düngerabsätzen in Österreich, aufgegliedert nach Stickstoff (N), Phosphor (P_2O_5) und Kali (K_2O). Düngemittel werden im Ausmaß von 1.008.000 t [BMLFUW, 2005, 2006a, 2007, 2008 sowie 2009a] exportiert. Der darin enthaltene Phosphor beträgt 88.019 t P. Der Umrechnungsfaktor von P_2O_5 auf P wird mit 43,66 % festgelegt.

Zu den Energieträgern zählen Steinkohle (38.530 t), Braunkohle (2.122 t), Braunkohlenbriketts (29.390 t), Koks (63.992 t), Holz (4.154.145 t), Pellets (179.234 t), Holzbriketts (100.804 t), Hackschnitzel (494.162 t) sowie Heizöl (1.365.865 t). In Summe ergibt dies einen Güterfluss von 6.428.244 t. Die P-Konzentration von Holz beträgt laut [Binder et al., 2009] 0,06 g P/kg. Heizöl ist mit 2 mg P/kg [Streit & Frieß, 1998] unbedeutend. Die P-Menge beträgt in diesem Fluss 304 t P.

Die Gütermengen der Abfälle aus I+G werden vollständig vom [BMLFUW, 2009c] übernommen. Sie setzen sich wie folgt zusammen: Nahrungs- und Genussmittelabfälle (836.000t), Markt- und Küchenabfälle (267.000 t), Küchen- und Kantinenabfälle (103.500 t), Häute und Lederabfälle (119.000 t), Holzabfälle (324.000 t), Zellulose- u. Papierabfälle (750.000 t), Andere Abfälle aus der Verarbeitung und Veredelung pflanzlicher und tierischer Produkte (302.000 t), Oxide, Hydroxide, Salzabfälle (88.000 t), Abfälle von Säuren, Laugen, Konzentraten (83.000 t). In Summe ergibt sich ein Güterfluss von insgesamt 2.872.500 t. Die Berechnung des Phosphorflusses zeigt nachfolgende Tabelle:

Tabelle 4-8: Berechnung der Phosphormenge des Flusses ‚Abfälle I+G‘

	P-Konzentration	Einheit	P-Fluss (t/a)	Min/Max (t/a)	Quelle
Nahrungs- und Genussmittelabfälle	1,9	g/kg	1.588		[Binder et al., 2009]

	P-Konzentration	Einheit	P-Fluss (t/a)	Min/Max (t/a)	Quelle
Marktabfälle	0,1	%	267		[Gern, 2010]
Küchen-, Kantinenabfälle	1,9	g/kg	197		[Binder et al., 2009]
Häute, Lederabfälle			357	238/476	[Binder et al., 2009]
Holzabfälle	0,06	g/kg	19		[Binder et al., 2009]
Zellulose- und Papierabfälle	0,06	g/kg	45		[Binder et al., 2009]
Abfälle aus Verarbeitung und Veredelung tierische und pflanzl. Produkte (Kartoffelstärke)	0,075 (Mittelwert aus 0,05 und 0,1%)	%	227		[Gern, 2010]
Summe			2.700		

Die Flüsse Oxide, Hydroxide, Salzabfälle sowie Abfälle von Säuren, Laugen und Konzentrationen wurden in der Berechnung des Phosphorflusses nicht berücksichtigt, da sie nahezu keinen Phosphor enthalten. In Summe liefern die Abfälle aus I+G 2.700 t Phosphor.

Die Abwässer I+G werden in Abwasser I+G unterteilt, die in den kommunalen Abwasserreinigungsanlagen behandelt werden und Abwasser I+G, die in industrielle Abwasserreinigungsanlagen eingehen. Die in die kommunalen Abwasserreinigungsanlagen eingehende Phosphorfracht beträgt laut [Windhofer, 2010] 3.256 t P. Die Menge an industriellem Abwasser, welche in der industriellen ARA gereinigt wird, beträgt 4.250 t P. Es wird angenommen, dass die Phosphorfracht im Output mit 4.250 t P dem Input entspricht. Die Phosphormenge von 4.250 t P setzt sich zusammen aus 2.636 t P (Klärschlamm aus industriellen Abwasserreinigungsanlagen welcher in den Prozess Abfallwirtschaft eingeht), aus 1.614 t P (Klärschlamm aus industriellen Abwasserreinigungsanlagen der in den Prozess Boden eingeht) sowie 63 t P aus dem Ablauf industrieller Kläranlagen.

Die Gütermenge des Flusses Chemische Produkte beträgt 163.709 t, und setzt sich zusammen aus zubereiteten Wasch- und Reinigungsmittel, d.s. laut der Konjunkturstatistik von Statistik Austria 2009 Feinwaschmittel (22.161 t), Geschirrspülmittel (60.630 t) und Reinigungsmittel (80.918 t). Diese werden im Prozess I+G hergestellt, und dem Prozess PHH zugeführt. Die Berechnung des Phosphorflusses zeigt nachfolgende Tabelle:

Tabelle 4-9: Berechnung der Phosphorfracht des Flusses ‚Chemische Produkte‘

	Anzahl [Windhofer, 2010]	P-Konzentration (in %)	P-Fluss (t/a)
EGW	7.191.140	0,01	661
EW	7.747.776		712
Summe	14.938.916		1.373

In Summe gelangen 1.373 t Phosphor durch die chemischen Produkte aus dem Prozess I+G.

Die pflanzlichen Nahrungsmittel, der [Statistik Austria, 2010a] entnommen, setzen sich aus folgenden Komponenten zusammen: Getreide (759.087 t), Ölsaaten (37.278 t), pflanzliche Öle (108.500 t), Obst (806.931 t), Gemüse (904.467 t), Kartoffel (468.251 t), Kartoffelstärke (9.000 t), Hülsenfrüchte (4.274 t), Reis (36.100 t) und Zucker (324.603 t). Die minimale Phosphorfracht wird laut [Gern, 2010] mit 2.617 t P übernommen.

Laut [BMLFUW, 2009c] ergeben sich tierische Nebenprodukte in Höhe von 609.400 t, die sich aus Schlachtabfällen aus der Schlachtung (277.500 t), Schlachtabfälle aus der Fleischverarbeitung (111.500 t), ehem. Lebensmittel tierischen Ursprungs (43.000 t), Falltiere – Tierkörper (39.700 t), Speiseabfälle aus grenzüberschreitendem Verkehr (1.900 t) sowie aus Molkereiabfälle aus der Milchverarbeitung (135.800 t) ergeben. Die Phosphorkonzentration in Schlachtabfällen liegt laut [Binder et al., 2009] bei 7 g P/kg, die ehemaligen Lebensmittel tierischen Ursprungs, die Küchen- und Speiseabfälle sowie die Speiseabfälle aus grenzüberschreitendem Verkehr werden in Anlehnung an [Gern, 2010] mit 0,18 % angenommen. Laut [Lindermayer, 2010] beinhaltet Molke 0,5 g P/l. Insgesamt ergibt sich in diesem Fluss eine Phosphorfracht von 3.150 t P.

Das Papier spielt im Phosphormanagement eine untergeordnete Rolle, es enthält eine Phosphorkonzentration (0,06 g P/kg nach [Binder et al., 2009]). Die Gütermenge beträgt 752.900 t und ergibt sich aus dem Papierkonsum der privaten Haushalte mit 601.000 t und aus dem Papieranteil im Restmüll mit rund 152.000 t. Diese Werte stammen aus dem [BMLFUW, 2006a]. Der Phosphorfluss beträgt 45 t P.

Der Export von Chemikalien hat, bezogen auf die Phosphorfracht, einen wesentlich höheren Anteil an der Gesamtmenge als zum Beispiel Papier oder Energieträger. Die Berechnung des Phosphorflusses von 678.135 t (nach [United Nations, 2008] zeigt nachfolgende Tabelle:

Tabelle 4-10: Chemikalien Export – Auflistung [United Nations, 2008]

Chemikalien	Güterfluss (t/a)
Finishing agents, dye carriers nes (HS as reported - 3809)	175.557
Organic surface active agent, preparation, except soa (HS as reported - 3402)	270.056
Organic surface-active agents, nes (HS as reported - 340219)	460

Chemikalien	Güterfluss (t/a)
Cationic surface-active agents (HS as reported - 340212)	130
Non-ionic surface active agents (HS as reported - 340213)	2.302
Finishing agents & dye carriers - paper industry (HS as reported - 380992)	172.011
Finishing agents, dye carriers, dressing, mordants ne (HS as reported - 380991)	3.113
Finishing agents & dye carriers, amylaceous (HS as reported - 380910)	16
Mineral or chemical fertilizers, phosphatic (SITC Rev.2 - 5622)	27.001
Mineral or chemical fertilizers, phosphatic (HS as reported - 3103)	27.001
Phosphoric acid and polyphosphoric acids (HS as reported - 280920)	488
SUMME	678.135

Dem Fluss Export von Chemikalien liegt die Annahme zugrunde, dass die nach Österreich importierten Chemikalien zum einen in Form von chemischen Produkten in den Prozess PHH und zum anderen in den Export eingehen. Im Jahr 2008 werden 2.195 t Phosphor nach Österreich importiert (siehe Fluss „Chemikalien Import“). Die Differenz aus dem Import und der chemischen Produkte (1.373 t P) ergibt eine Phosphorfracht für den Export von 822 t P.

Die Gütermengen der tierischen Nahrungsmittel stammen zum einen aus dem [BMLFUW, 2009a], zum anderen aus [Statistik Austria, 2009a]. Die Summe des Güterflusses von 3.669.638 t ergibt sich wie folgt: Milch (2.716.178 t), Eier (95.197 t), Rind-, Kalbfleisch (216.170 t), Schweinefleisch (532.946 t) und Geflügelfleisch (109.147 t). Die Phosphorfrachten in diesen Nahrungsmitteln werden nach [Gern, 2010] übernommen, jeweils die Minimalwerte werden zur Phosphorerhebung herangezogen: Eier (124 t), Rind-, Kalbfleisch (692 t), Schweinefleisch (1.705 t) und Geflügelfleisch (196 t). Die Phosphorfracht in der Milch (2.922 t P) ergibt sich aus der Differenz der Milchproduktion (2.990 t P) und der Molkereiabfälle (68 t P). Die gesamte Phosphorfracht beläuft sich auf 5.639 t P.

Der Fluss P-haltige Produkte beinhaltet Produkte aus der Verwertung in der Lederverarbeitung, welche sich laut [BMLFUW, 2009c] auf 31.400 t belaufen als auch Produkte aus sonstigem Verbleib wie Gelatine oder Heimtierfutter. Letzteres beläuft sich laut [BMLFUW, 2009C] auf 34.700 t. In Summe bedeutet dies eine Gütermenge von 66.100 t. Die Phosphorkonzentrationen, bzw. die Mittelwerte daraus werden von [Gern, 2010] übernommen. Die Konzentrationen betragen in der Lederverarbeitung 0,3 % und im Sonstigen Verbleib (Gelatine, Heimtierfutter) 0,14 %. Es ergibt sich somit ein Phosphorfluss von insgesamt 143 t P.

4.4 Prozess Privater Haushalt + kommunale Verwaltung (PHH)

4.4.1 Definition des Prozesses Privater Haushalt + kommunale Verwaltung

Der Prozess Privater Haushalt + kommunale Verwaltung umfasst die Konsumation von tierischen und pflanzlichen Nahrungsmitteln. Ebenso berücksichtigt wird der private Garten inklusive dessen Abfälle, öffentliche Parkanlagen, Grüngut aus öffentlichen Flächen wie z.B. Straßenbegleitpflanzungen und Eigenkompostierung. Weiters umfasst dieser Prozess auch den Bereich der Energieversorgung.

4.4.2 Definition der Flüsse im Prozess Privater Haushalt + kommunale Verwaltung

Tabelle 4-11: Definition der Input- und Outputflüsse im Prozess Privater Haushalt + kommunale Verwaltung

Input	Beschreibung	Herkunft
Tierische Nahrungsmittel	Tierische Nahrungsmittel für den menschlichen Verzehr. Berücksichtigt werden Fleisch, Milch, Eier und Honig.	I+G
Pflanzliche Nahrungsmittel	Pflanzliche Nahrungsmittel für den menschlichen Verzehr. Dazu gehören Getreide- und Getreideprodukte, Obst und Gemüse.	I+G
Papier	Papier für den Konsum, Pappe, Kartonagen.	I+G
Energieträger	Stein-, Braunkohle, Braunkohlenbriketts, Koks, Holz, Pellets, Holzbriketts, Hackschnitzel, Heizöl.	I+G
Chemische Produkte	Chemikalien sowie P-haltige Reinigungsmittel.	I+G
Grüngut von öffentlichen Flächen in den PHH	Umfasst pflanzliche Abfälle aus der Pflege von öffentlichen Grünflächen, wie Garten- und Parkabfälle, Friedhofsabfälle, Straßenbegleitgrün und getrennt gesammelte Grünabfälle.	BOD
Grüngut zur Eigenkompostierung	Umfasst pflanzliche Abfälle aus privaten Haushalten bzw. privaten Hausgärten.	BOD
P-haltige Produkte	Produkte aus der Verwertung in der Lederverarbeitung sowie sonstiger Verbleib wie Gelatine oder Heimtierfutter.	I+G
Output	Beschreibung	Ziel
Senkgrubeninhalte	häusliche Abwässer aus Objekten ohne Kanalanschluss.	AWW

Output	Beschreibung	Ziel
Eigenkompost	Kompostierung von pflanzlichen Abfällen aus dem PHH + kommunaler Verwaltung, Speise- und Lebensmittelabfälle pflanzlicher Herkunft, Grün- und Strauchschnitt; Grünabfälle aus öffentlichen Grünflächen wie Parkanlagen oder Straßenbegleitpflanzungen.	BOD
Abwasser PHH (Komm)	P-Fracht von Abwasser aus PHH.	AWW
Grünabfall von öffentlichen Flächen	Umfasst pflanzliche Abfälle wie Garten- und Parkabfälle, Friedhofsabfälle, Straßenbegleitgrün und getrennt gesammelte Grünabfälle.	AWS
Abfälle PHH	Feste Siedlungsabfälle einschließlich ähnlicher Gewerbeabfälle; Anteil von Abfällen zur biologischen Verwertung, Abfälle mineralischen Ursprungs (Aschen).	AWS

INPUT

Die Gütermengen der tierischen Nahrungsmittel stammen zum einen aus dem [BMLFUW, 2009a], zum anderen aus der [Statistik Austria, 2009]. Die Summe des Güterflusses von 3.669.638 t ergibt sich wie folgt: Milch (2.716.178 t), Eier (95.197 t), Rind-, Kalbfleisch (216.170 t), Schweinefleisch (532.946 t) und Geflügelfleisch (109.147 t). Die Phosphorfrachten in diesen Nahrungsmitteln wurden nach [Gern, 2010] übernommen, jeweils die Minimalwerte wurden zur Phosphorerhebung herangezogen: Eier (124 t), Rind-, Kalbfleisch (692 t), Schweinefleisch (1.705 t) und Geflügelfleisch (196 t). Die Phosphorfracht in der Milch (2.922 t P) ergibt sich aus der Differenz der Milchproduktion (2.990 t P) und der Molkereiabfälle (68 t P). Die gesamte Phosphorfracht beläuft sich in diesem Fluss auf 5.639 t P.

Die pflanzlichen Nahrungsmittel setzen sich aus folgenden Komponenten, der [Statistik Austria, 2010a] entnommen, zusammen: Getreide (759.087 t), Ölsaaten (37.278 t), pflanzliche Öle (108.500 t), Obst (806.931 t), Gemüse (904.467 t), Kartoffel (468.251 t), Kartoffelstärke (9.000 t), Hülsenfrüchte (4.274 t), Reis (36.100 t) und Zucker (324.603 t). Die minimale Phosphorfracht wird mit 2.617 t P laut [Gern, 2010] angesetzt.

Das Papier spielt im Phosphorhaushalt eine untergeordnete Rolle, es enthält eine geringe Phosphorkonzentration (0,06 g P/kg nach [Binder et al., 2009]). Die Gütermenge beträgt 752.900 t und ergibt sich aus dem Papierkonsum der privaten Haushalte mit 601.000 t und dem Papieranteil im Restmüll mit rund 152.000 t. Dieser Werte stammen aus dem [BMLFUW, 2009c]. Der Phosphorfluss beträgt 45 t P.

Zu den Energieträgern zählen Steinkohle (38.530 t), Braunkohle (2.122 t), Braunkohlenbriketts (29.390 t), Koks (63.992 t), Holz (4.154.145 t), Pellets (179.234 t), Holzbriketts (100.804 t), Hackschnitzel (494.162 t) sowie Heizöl (1.365.865 t). In Summe ergibt dies einen Güterfluss von 6.428.244 t. Die P-Konzentration von Holz beträgt laut [Binder et al.,

2009] 0,06 g P/kg. Heizöl ist mit 2 mg P/kg Phosphor [Streit & Frieß, 1998] unbedeutend. Die P-Menge in diesem Fluss beträgt 304 t P.

Die Gütermenge des Flusses Chemische Produkte beträgt 163.709 t, und setzt sich aus zubereiteten Wasch- und Reinigungsmittel zusammen, d.s. laut der Konjunkturstatistik von [Statistik Austria 2009] Feinwaschmittel (22.161 t), Geschirrspülmittel (60.630 t) und Reinigungsmittel (80.918 t). Diese werden im Prozess I+G hergestellt, und dem Prozess PHH zugeführt. Die Berechnung des Phosphorflusses zeigt nachfolgende Tabelle:

Tabelle 4-12: Berechnung der Phosphormenge des Flusses „Chemische Produkte“

	Anzahl [Windhofer, 2010]	Anteil an der Gesamtmenge von EGW und EW	P-Fluss (t/a)
EGW	7:191:140	0,01%	661
EW	7.747.776		712
Summe	14.938.916		1.373

In Summe gelangen durch die chemischen Produkte aus dem Prozess I+G 1.373 t Phosphor.

Zum Grüngut von öffentlichen Flächen zählen nach dem [BMLFUW, 2009c] Garten- und Parkabfälle (245.000 t), Friedhofsabfälle (207.000 t), Straßenbegleitgrün (204.000 t) sowie getrennt gesammelte Grünabfälle (470.300 t). Es ergibt sich ein Güterfluss von insgesamt 1.126.300 t. Laut [Binder et al., 2009] liegt die P-Konzentration in Grüngut bei 1,13 g P/kg. Somit beträgt die Phosphorfracht in diesem Fluss 1.273 t P.

Das Grüngut zur Eigenkompostierung beträgt laut [BMLFUW, 2009c] rund 1.500.000 t. Dieser Wert bezieht sich auf die getrennt gesammelten biogenen Abfälle aus Haushalten und ähnlichen Einrichtungen, die einer Eigenkompostierung zugeführt werden. Laut [Binder et al., 2009] liegt die P-Konzentration in Grüngut bei 1,13 g P/kg. Somit beträgt die Phosphorfracht in diesem Fluss 1.695 t P.

Der Fluss P-haltige Produkte beinhaltet Produkte aus der Verwertung in der Lederverarbeitung, welche sich laut [BMLFUW, 2009c] auf 31.400 t belaufen, als auch Produkte aus sonstigem Verbleib wie Gelatine oder Heimtiefutter. Letzteres beläuft sich laut [BMLFUW, 2009C] auf 34.700 t. In Summe bedeutet dies eine Gütermenge von 66.100 t. Die Phosphorkonzentrationen, bzw. die Mittelwerte daraus werden von [Gern, 2010] übernommen. Die Konzentrationen betragen in der Lederverarbeitung 0,3 % und im sonstigen Verbleib (Gelatine, Heimtiefutter) 0,14 %. Es ergibt sich somit ein Phosphorfluss von insgesamt 143 t P.

OUTPUT

Aufgrund mangelnder Datenlage werden die Senkgrubeninhalte durch Bilanzierung ermittelt. Diese betragen demnach 917.728 t. Basierend auf die nicht angeschlossenen Einwohner werden die Senkgrubeninhalte ermittelt. Die Anzahl der nicht angeschlossenen Einwohner

beläuft sich auf 607.484 (berechnet nach [Windhofer, 2010]). Nach [Windhofer, 2010] beläuft sich die spezifische Phosphorzulauftracht auf 1,6 g P/E.d. Hochgerechnet auf die nicht angeschlossenen Einwohner ergibt dies eine Phosphorfracht von jährlich rund 355 t P.

Die Gütermenge des Eigenkomposts als Output des Flusses „Grüngut zur Eigenkompostierung“ beträgt 525.000 t und ist mit 35 % Output der Kompostierungsanlagen abgeschätzt [Tesar, 2010]. Bei der Berechnung des P-Flusses liegt die Annahme zugrunde, dass jene Phosphorfracht im Ausgangsmaterial auch der Phosphorfracht im Endprodukt, dem Kompost, entspricht. Der Phosphorfluss beträgt demnach 1.695 t P.

Die Gütermenge des Abwassers PHH (Komm) wird durch Bilanzierung ermittelt und beträgt 12.192.672 t. Der Phosphorfluss von 4.525 t P wird aus [Windhofer, 2010] übernommen und wird berechnet aus der Anzahl der angeschlossenen Einwohner und der spezifischen Phosphorzulauftracht (1,6 g P/E.d).

Die Gütermenge der Abfälle PHH beträgt in Summe 2.024.423 t und setzt sich folgendermaßen zusammen. Der Restmüll des PHH beträgt laut [BMLFUW, 2009c] 1.379.000 t. Der organische Anteil im Restmüll beträgt 40,2 %, dies ergibt 554.358 t, der Restmüll ohne organischen Anteil beträgt somit 824.642 t. Weiters werden die getrennt gesammelten biogenen Abfällen (=Biotonne) mit 475.623 t [Tesar, 2010] sowie die Holz- und Strohaschen mit 169.800 t [BMLFUW, 2009c] berücksichtigt. Die Phosphorfracht im organischen Anteil im Restmüll liegt laut [Gern, 2010] zwischen 0,1 % und 0,18 % (d.s. 554 und 998 t Phosphor). Für die Berechnungen wird der maximale Wert verwendet, da angenommen wird, dass der Fleischanteil im Vergleich zum pflanzlichen Anteil höher liegt. Laut [Skutan & Brunner, 2005] beträgt der Phosphoranteil im Restmüll 0,1 % (FM), d.s. 825 t P für den Restmüll aus dem PHH. Die Phosphorfracht in der Biotonne liegt nach [Gern, 2010] zwischen 661 t und 1.190 t. Für die Berechnungen wird der höhere Wert herangezogen. Die Phosphorkonzentration bei Holz- und Strohaschen liegt laut [Binder et al., 2009] bei 4 g P/kg, somit ergibt sich eine Phosphorfracht von 679 t P. In Summe ergibt sich für den Fluss Abfälle PHH eine Phosphormenge von 3.692 t P.

Zum Grüngut von öffentlichen Flächen zählen nach dem [BMLFUW, 2009c] Garten- und Parkabfälle (245.000 t), Friedhofsabfälle (207.000 t), Straßenbegleitgrün (204.000 t) sowie getrennt gesammelte Grünabfälle (470.300 t). Es ergibt sich ein Güterfluss von insgesamt 1.126.300 t. Laut [Binder et al., 2009] liegt die P-Konzentration in Grüngut bei 1,13 g P/kg. Somit beträgt die Phosphorfracht in diesem Fluss 1.273 t P.

4.5 Prozess Abfallwirtschaft (AWS)

4.5.1 Definition des Prozesses Abfallwirtschaft

Der Prozess „Abfallwirtschaft“ umfasst die Sammlung von Abfällen, deren Behandlung in Abfallbehandlungsanlagen sowie die Zwischen- und Endlagerung von Abfällen in Deponien. Die Abfallbehandlung im Rahmen von industriellen Prozessen, die über die unmittelbare Verwer-

tung von Produktionsabfällen hinaus geht ist auch Teil des Prozesses „Abfallwirtschaft“ (z.B. Klärschlamm in der Zementindustrie). Die Eigenkompostierung wird dem Prozess „Privater Haushalt“ zugerechnet.

4.5.2 Definition der Flüsse im Prozess Abfallwirtschaft

Tabelle 4-13: Definition der Input- und Outputflüsse sowie des Lagers im Prozess Abfallwirtschaft

Input	Beschreibung	Herkunft
Tierische Nebenprodukte	Beseitigung, Verarbeitung und Vernichtung von Tierkadavern und Schlachtabfällen.	I+G
Tierische Nebenprodukte Import	Import von Tierkadavern und Schlachtabfällen.	IMPORT
Abfälle I+G	Nahrungs- und Genussmittelabfälle, Abfälle aus der Tierhaltung und Schlachtung, Häute und Lederabfälle, Holzabfälle, Zellulose-, und Papierabfälle, Andere Abfälle aus der Verarbeitung und Veredelung tierischer und pflanzlicher Produkte, Abfälle mineralischen Ursprungs (Aschen), Oxide, Hydroxide, Salzabfälle, Abfälle von Säuren, Laugen, Konzentraten, Anteil von Abfällen zur biologischen Verwertung.	I+G
Abfälle PHH	Feste Siedlungsabfälle einschließlich ähnlicher Gewerbeabfälle; Anteil von Abfällen zur biologischen Verwertung, Abfälle mineralischen Ursprungs (Aschen).	PHH
Abfälle AWW	Abfälle aus Wasseraufbereitung, Abwasserbehandlung und Gewässernutzung.	AWW
Grünabfall von öffentlichen Flächen	Umfasst pflanzliche Abfälle wie Garten- und Parkabfälle, Friedhofsabfälle, Straßenbegleitgrün und getrennt gesammelte Grünabfälle.	PHH
Stabilisierter Klärschlamm	Mischung aus festen Inhaltsstoffen (Primärschlamm) und dem bei der mikrobiellen Abwasserreinigung entstandenen Bakterien Schlamm (Überschussschlamm).	AWW
Output	Beschreibung	Ziel
Abwasser aus AWS	P-Fracht von verunreinigtem Abwasser aus AWS; zur Behandlung durch die Abwasserwirtschaft; Einsickerndes NS-Wasser aus der Deponie.	AWW
P-haltige Produkte	Verarbeitung von P-haltigen Produkten, z.B. Asche von der KS Verbrennung im Zement.	I+G

Output	Beschreibung	Ziel
Tierische Nebenprodukte Export	Export von Tierkadavern und Schlachtabfällen sowie Tiermehl.	EXPORT
Bodenverbesserungsmittel	Umfasst Kompost aus Kompostierungsanlagen von tierischen Nebenprodukten, Gärrest aus Biogasanlagen, Holz- und Strohasche zur weiteren Verwendung als auch Tiermehl und Tierfett, welches auf den Boden ausgebracht wird.	BOD
Recyclingmaterial	Wiederverwertung von Stoffen/ Produkten; v.a. Altpapier.	I+G
Lager	Beschreibung	
Holz- und Strohasche	Umfasst Holz- und Strohaschen aus Feuerungsanlagen und thermischen Behandlungsanlagen, die auf österreichischen Deponien gelagert werden.	
Klärschlamm aus AWS	Mischung aus festen Inhaltsstoffen (Primärschlamm) und dem bei der mikrobiellen Abwasserreinigung entstandenen Bakterien- und Schlamm (Überschussschlamm).	
Aschen aus Verbrennung	Umfasst Aschen aus der Klärschlammverbrennung, Aschen aus Restmüll (PHH), Verbrennung von Tiermehl und aus der Verbrennung von Speiseabfällen aus internationalem Bahn- und Flugverkehr.	
Abfälle aus Abfallbehandlung PHH	Umfasst die heizwertarme Fraktion aus mechanisch-biologischen Behandlungsanlagen sowie aus dem unbehandelten Restmüll.	

INPUT

Der Import von tierischen Nebenprodukten (TNP) beträgt laut [BMLFUW, 2009c] 34.000 t. Die Phosphorkonzentration wird nach [Binder et al., 2009] mit 7 g P/kg angenommen. Die Phosphorfracht beträgt 238 t P.

Laut [BMLFUW, 2009c] ergeben sich tierische Nebenprodukte in der Höhe von 609.400 t, die sich aus Schlachtabfällen aus der Schlachtung (277.500 t), Schlachtabfällen aus der Fleischverarbeitung (111.500 t), ehem. Lebensmittel tierischen Ursprungs (43.000 t), Falltiere – Tierkörper (39.700 t), Speiseabfälle aus grenzüberschreitendem Verkehr (1.900 t) sowie aus Molkereiabfällen aus der Milchverarbeitung (135.800 t) ergeben. Die Phosphorkonzentration in tierischen Nebenprodukten (d.s. Schlachtabfälle aus Schlachtung und Fleischverarbeitung, Falltiere – Tierkörper) wird nach [Binder et al., 2009] mit 7,0 g P/kg angenommen. Für die ehemaligen Lebensmittel tierischen Ursprungs und für Speiseabfälle aus dem grenzüberschreitenden Verkehr wird eine P-Konzentration von 0,18 % [Gern, 2010] festgelegt. Molkereiabfälle aus der Milchverarbeitung enthalten 0,5 g P/l [Lindermayer, 2010]. In Summe ergibt sich in diesem Fluss eine Phosphorfracht von 3.150 t P.

Die Menge an stabilisiertem Klärschlamm aus der Abwasserwirtschaft liegt bei insgesamt 208.798 t. Darin enthalten ist der kommunale Klärschlamm in AWS mit 112.598 t [Windhofer, 2010] sowie 96.200 t industrieller Klärschlamm [BMLFUW, 2002]. Von den 96.200 t werden 4.000 t deponiert und 92.200 t thermisch behandelt. Bezüglich der Phosphorfracht bedeutet dies, dass durch den kommunalen Klärschlamm, in Anlehnung an [Windhofer, 2010] 3.085 t P (582 t P Deponie und 2.2.503 t P in die Verbrennung) und durch den industriellen Klärschlamm 2.636 t (110 t P Deponie und 2.2.526 t P in die Verbrennung) in Anlehnung an [BMLFUW, 2002], insgesamt 5.721 t Phosphor in diesen Prozess eingehen. Die Phosphorkonzentration im industriellen Klärschlamm wird mit 2,74 % (TS) festgelegt und ergibt sich aus der P-Zulaufkraft von 7.781 t [Windhofer, 2010] abzüglich des Kläranlagenablaufs von 836 t [BMLFUW, 2002], dividiert des Klärschlammmanfalls von 253.528 t [Windhofer, 2010].

Die Gütermengen der Abfälle aus I+G werden vollständig vom [BMLFUW, 2009c] übernommen. Sie setzen sich wie folgt zusammen: Nahrungs- und Genussmittelabfälle (836.000 t), Marktabfälle (267.000 t), Küchen- und Kantinenabfälle (103.500 t), Häute und Lederabfälle (119.000 t), Holzabfälle (324.000 t), Zellulose- u. Papierabfälle (750.000 t), Andere Abfälle aus der Verarbeitung und Veredelung pflanzlicher und tierischer Produkte (302.000 t), Oxide, Hydroxide, Salzabfälle (88.000 t), Abfälle von Säuren, Laugen, Konzentraten (83.000 t). In Summe ergibt sich ein Güterfluss von insgesamt 2.976.500 t. Die Berechnung des Phosphorflusses zeigt nachfolgende Tabelle:

Tabelle 4-14: Berechnung der Phosphormenge des Flusses ‚Abfälle I+G‘

	P-Konzentration	Einheit	P-Fluss (t/a)	Min/Max (t/a)	Quelle
Nahrungs- und Genussmittelabfälle	1,9	g/kg	1.588		[Binder et al., 2009]

	P-Konzentration	Einheit	P-Fluss (t/a)	Min/Max (t/a)	Quelle
Marktabfälle	0,1	%	267		[Gern, 2010]
Küchen-, Kantinenabfälle	1,9	g/kg	197		[Binder et al., 2009]
Häute, Lederabfälle			357	238/476	[Binder et al., 2009]
Holzabfälle	0,06	g/kg	19		[Binder et al., 2009]
Zellulose- und Papierabfälle	0,06	g/kg	45		[Binder et al., 2009]
Abfälle aus Verarbeitung und Veredelung tierische und pflanzl. Produkte (Kartoffelstärke)	0,075 (Mittelwert aus 0,05 und 0,1%)	%	227		[Gern, 2010]
Summe			2.700		

Die Flüsse Oxide, Hydroxide, Salzabfälle sowie Abfälle von Säuren, Laugen und Konzentraten werden in der Berechnung des Phosphorflusses nicht berücksichtigt, da sie nahezu keinen Phosphor beinhalten. In Summe liefern die Abfälle aus I+G 2.700 t P.

Die Gütermenge der Abfälle PHH beträgt in Summe 2.024.423 t und setzt sich folgendermaßen zusammen. Der Restmüll des PHH beträgt laut [BMLFUW, 2009c] 1.379.000 t. Der organische Anteil im Restmüll beträgt 40,2 %, das sind 554.358 t, der Restmüll ohne organischen Anteil somit 824.642 t. Weiters werden die getrennt gesammelten biogenen Abfällen (=Biotonne) mit 475.623 t [Tesar, 2010] sowie die Holz- und Strohaschen mit 169.800 t [BMLFUW, 2009c] berücksichtigt. Die Phosphorkonzentration im organischen Anteil im Restmüll liegt laut [Gern, 2010] zwischen 0,1 % und 0,18 % (d.s. 554 und 998 t Phosphor). Für die Berechnungen wird der maximale Wert verwendet, da angenommen wird, dass der Fleischanteil im Verhältnis zum pflanzlichen Anteil höher liegt. Die Phosphorfracht in der Biotonne liegt nach [Gern, 2010] zwischen 661 t P und 1.190 t P. Für die Berechnungen wird der höhere Wert herangezogen. Die Phosphorkonzentration im Restmüll ohne organischen Anteil liegt laut [Skutan & Brunner, 2005] bei 0,1 %, es ergibt sich eine Phosphorfracht von 825 t P. Die Phosphorkonzentration bei Aschen liegt laut [Binder et al., 2009] bei 4 g P/kg, somit ergibt sich eine Phosphorfracht von 679 t P. Mit 3.692 t P spielt dieser Fluss im Prozess PHH eine geringe Rolle.

Die Abfälle AWW beinhalten laut [BMLFUW, 2009d], 2.459 t Rechengut, 1.521 t Rückstände aus der Kanalreinigung, 40.000 t Sandfanginhalte sowie 20.000 t Inhalte aus Fettfängen. Insgesamt beträgt die Gütermenge in diesem Fluss 63.980 t. Bezüglich der Phosphorfracht ist dieser Fluss irrelevant, da Sandfanginhalte als auch die Fettfänge keinen Phosphor besitzen. Da Rechengut und Rückstände aus der Kanalreinigung einen gewissen pflanzlichen Anteil aufweisen, die laut [Binder et al., 2009] festgelegte Phosphorkonzentration für Holz mit 0,06 g P/kg übernommen wird. Der Phosphorfluss beträgt somit 0 t P.

Zum Grünabfall von öffentlichen Flächen zählen nach dem [BMLFUW, 2009c] Garten- und Parkabfälle (245.000 t), Friedhofsabfälle (207.000 t), Straßenbegleitgrün (204.000 t) sowie getrennt gesammelte Grünabfälle (470.300 t). Es ergibt sich ein Güterfluss von insgesamt 1.126.300 t. Laut [Binder et al., 2009] liegt die P-Konzentration in Grüngut bei 1,13 g P/kg. Somit beträgt die Phosphorfracht in diesem Fluss 1.273 t P.

OUTPUT

Abwasser aus AWS: laut [Schachermayer & Lampert, 2010] liegt das gewichtete Mittel des Anteils an Deponiesickerwasser von insgesamt 9 untersuchten Deponien mit Basisabdichtung an der insgesamt behandelten Abwassermenge bei 0,3 %, mit einer Bandbreite von 0,01 % bis 5,0 %. In Österreich gibt es 45 Massenabfalldeponien, etwa die Hälfte des Sickerwassers gelangt in die Kanalisation, der Rest an Sickerwasser gelangt in eigene Anlagen unter Einhaltung der Einleitbedingungen in den Vorfluter (=Direkteinleiter) [Schachermayer & Lampert, 2010]. Die Phosphorkonzentration im Abwasser von Deponien liegt nach [Döberl et al., 2002] bei 6 g P/l. Die Gütermenge in diesem Fluss ist (auch aufgrund der geringen Phosphorkonzentration) vernachlässigbar und wird mit 0 t P festgelegt.

Die Gütermenge beträgt im Fluss P-haltige Produkte 179.805 t und setzt sich aus Klärschlamm-Asche in Zement (3.705 t), tierischen Nebenprodukten wie Gelatine und Heimtierfutter (34.700 t), tierischen Nebenprodukten aus der Verwertung in der Lederverarbeitung (31.400 t) sowie den Futtermittel in I+G (110.000 t). Die Berechnung des Phosphorflusses von 753 t P zeigt nachfolgende Tabelle:

Tabelle 4-15: Berechnung des Phosphorflusses „P-haltige Produkte“

	Güterfluss (in t/a)	P-Konzentration (in g/kg)	P-Fluss (in t/a)
KS Asche in Zement	3.705	63,51	235
(TNP) Sonstiger Verbleib (Gelatine, Heimtierfutter)	34.700	7	243
(TNP) Verwertung in der Lederverarbeitung	31.400	7	220
Futtermittel in I+G	110.000	0,5	55

Die P-Konzentrationen werden von [Binder et al., 2009] und von [Lindermayer, 2010] übernommen.

Der Export von tierischen Nebenprodukten setzt sich laut [BMLFUW, 2009c] aus 14.651 t Tiermehl und 12.172 t Tierfett zusammen. Die P-Konzentration im Tiermehl liegt bei 3,15 % [Lettner et al., 1998] und in den tierischen Nebenprodukten bei 7 g P/kg [Binder et al., 2009]. Tierfett enthält keinen Phosphor. Somit beträgt der Phosphorfluss 527 t P.

Der Güterfluss der Bodenverbesserungsmittel beträgt in Summe 1.278.500 t (eigene Berechnung nach [BMLFUW, 2009c]). Diese Summe ergibt sich aus Kompost aus Grünabfall

von öffentlichen Flächen (1.126.300 t abzüglich des Rotteverlustes von 65 %), Kompost aus Kompostierungsanlagen von tierischen Nebenprodukten (12.000 t), Gärrest aus Biogasanlagen (340.400 t), dem Kompost aus Abfällen PHH (166.468 t), Kompost aus Abfällen I+G (255.675 t), Holz- und Strohasche zur weiteren Verwendung (77.000 t) und aus Tiermehl in den Boden (32.792 t). Der Gärrest aus Biogasanlagen setzt sich aus 125.400 t Abfälle I+G in Vergärung, d.s. im Wesentlichen Nahrungs- und Genussmittelabfälle (Annahme: 15 % der gesamten Nahrungs- und Genussmittel werden vergoren) sowie 215.000 t Tierischen Nebenprodukten in Vergärung zusammen. Die Phosphorkonzentration liegt laut [Binder et al., 2009] in Kompost aus Grünabfällen bei 1,13 g P/kg, in Kompost aus Kompostierungsanlagen von TNP bei 7 g P/kg, der Gärrest aus Biogasanlagen von TNP 0,2 % [GERN, 2010] sowie Abfälle I+G 1,9 g P/kg, die Holz- und Strohaschen zur weiteren Verwendung mit 4 g P/kg und das Tiermehl beläuft sich laut [Lettner et al., 1998] auf 3,15 %. Beim Kompost aus Grünabfall von öffentlichen Flächen sowie Gärrest aus Biogasanlagen von TNP wird die Annahme getroffen, dass der durch diese Flüsse eingebrachte Phosphor dem ausgebrachten Phosphor entspricht. In Summe ergibt sich ein Phosphorfluss von insgesamt 5.331 t P.

Das Recyclingmaterial ist ein Output des Prozesses AWS und beinhaltet im wesentlichen Altpapier. Laut des [BMLFUW, 2009c] ergibt sich eine Gütermenge von 749.500 t. Die P-Konzentration liegt laut [Binder et al., 2009] im Altpapier bei 0,06 g P/kg. Somit sind in diesem Fluss 45 t P enthalten.

LAGER

Laut [BMLFUW, 2009c] liegt der Güterfluss bei den Holz- und Strohaschen, welche einer Deponierung zugeführt werden, bei 93.499 t. Die Phosphorkonzentration mit 4 g P/kg wird von [Binder et al., 2009] übernommen. Der Phosphorfluss beträgt 374 t P.

Der Klärschlamm aus AWS, der deponiert wird, wird aus 21.253 t [Windhofer, 2010] kommunalen Klärschlamm und aus 4.000 t [BMLFUW, 2002] industriellen Klärschlamm berechnet. Die Phosphorfracht von insgesamt 692 t ergibt sich aus 110 t P von der Industrie und 582 t Phosphor im kommunalen Klärschlamm. Die Phosphorkonzentration im Klärschlamm wird mit 2,74 % (TS) festgelegt und ergibt sich aus der P-Zulauftracht von 7.781 t [Windhofer, 2010] abzüglich des Kläranlagenablaufs von 836 t [BMLFUW, 2002], dividiert durch den Klärschlammabfall von 253.528 t [Windhofer, 2010].

Ein weiterer Fluss, welcher der Deponie zugeführt wird, sind die Aschen aus Verbrennung. Der Güterfluss von rund 643.000 t besteht aus folgenden Komponenten: Klärschlamm Verbrennung (k.A.), Aschen aus Restmüll PHH (93.358 t), Tiermehl zur Verbrennung (37.883 t), Tierfett zur Verbrennung (5.191 t), Nahrungs- und Genussmittelabfälle (83.600 t), Verbrennung aus Speiseabfälle aus intern. Bahn-, Flugverkehr (1.900 t), Marktabfälle (k.A.), Abfälle aus der Verarbeitung und Veredelung tierischer und pflanzlicher Produkte (302.000 t) sowie Häute und Lederabfälle (119.000 t). Die gesamte Phosphorfracht in diesem Fluss beträgt 7.669 t P und wird wie im Folgenden beschrieben, berechnet. Die Phosphorfracht aus der Verbrennung von Klärschlamm liegt bei 5.029 t. Diese Summe ergibt sich aus dem Phosphoraufkommen des industriellen Klärschlammes (2.526 t P) und aus dem Phosphoraufkommen des kommunalen Klärschlammes (2.503 t P). Die Phosphorkonzentration der Aschen

aus Restmüll PHH wird nach [Binder et al., 2009] mit 6,48 g P/kg festgelegt und beträgt 605 t P. Weiters ist das Tiermehl zur Verbrennung inkludiert, bei welchem nach [Lettner et al., 1998] eine Phosphorkonzentration von 3,15 % angenommen wird. Die Aschen aus Verbrennung ist die Verbrennung von Speiseabfällen aus dem internationalen Flug- und Bahnverkehr. Diese werden nach [Binder et al., 2009] mit 7 g P/kg festgelegt. Die Phosphormenge ist mit 13 t sehr gering. In den Marktabfällen sind 86 t P, in den anderen Abfällen aus der Verarbeitung von tierischen und pflanzlichen Produkten 227 t P (P-Konzentration in Kartoffelstärke von [GERN, 2010] übernommen) sowie in Häuten und Lederabfällen 357 t P (3 % P-Konzentration laut [GERN, 2010]). In Summe ergibt sich in diesem Fluss eine Phosphorfracht von 7.669 t P.

Die Abfälle aus Abfallbehandlung PHH setzen sich wie folgt zusammen [BMLFUW, 2009c]: aus der heizwertarmen Fraktion aus MBA mit 278.558 t (20,2 % des gesamten Restmüllaufkommens) und aus dem unbehandelten Restmüll mit 107.562 t (7,8 % des gesamten Restmüllaufkommens). Die Phosphorkonzentration wird von [Skutan & Brunner, 2005] mit 0,1 % (P-Konzentration von Restmüll) übernommen. Somit ergibt sich eine Gesamtsumme von 386 t P.

4.5.3 Subprozesse in der Abfallwirtschaft

4.5.3.1 Definition des Subprozesses Thermische Behandlung

Der Subprozess „Thermische Behandlung“ umfasst die Verbrennung von Abfall zum Zweck der Entsorgung des Abfalls unter Nutzung der enthaltenen Energie und der Reduktion der Menge zur Deponierung.

Ziel der thermischen Behandlung von Abfällen ist die

- Reduktion des Gefährdungspotentials von Abfällen durch die Zerstörung ihrer organischen Anteile und durch die Konzentrierung der anorganischen Anteile unter nachfolgender Konditionierung (Immobilisierung) der Reststoffe;
- Reduktion der Masse und des Volumens an zu deponierenden Abfällen;
- Hygienisierung der Abfälle;
- Energiegewinnung.

In den thermischen Behandlungsanlagen werden hauptsächlich folgende Abfälle unter Nutzung der Energieinhalte verbrannt:

- Reststoffe aus der Holzbearbeitung / -verarbeitung sowie Altholz
- Reststoffe aus der Papier- und Zellstoff-Produktion
- Kunststoffe und Verpackungsmaterialien
- Heizwertreiche Fraktionen aus der Sortierung von Abfällen
- Klärschlämme und sonstige Schlämme
- Shredder-Rückstände
- Schlachtabfälle und Tierfett

Ebenso werden Abfälle aus Industrie und Gewerbe als auch Abfälle aus dem Privaten Haushalt berücksichtigt.

Tabelle 4-16: Definition der Input- und Outputflüsse im Subprozess Thermische Behandlung

Input	Beschreibung	Herkunft
Abfälle PHH	Umfasst die heizwertreiche Fraktion aus der mechanisch-biologischen Abfallbehandlung.	PHH
Tiermehl und Tierfett	Tierische Nebenprodukte, die aus der Tierkörperverwertung hervorgehen.	TKV
Abfälle I+G	Umfasst Nahrungs- und Genussmittelabfälle, Markt- und Holzabfälle.	I+G
Reststoffe aus Kompostierungsanlagen	Abfälle, die bei der Kompostierung anfallen, z.B. grobe Holzstücke.	Kompostierung
Stabilisierter Klärschlamm	Mischung aus festen Inhaltsstoffen (Primärschlamm) und dem bei der mikrobiellen Abwasserreinigung entstandenen Bakterien Schlamm (Überschussschlamm). Umfasst den kommunalen als auch den industriellen Klärschlamm.	AWW
Tierische Nebenprodukte in Verbrennung	Umfasst tierische Abfälle, die aus Risikobereichen stammen und die einer Verbrennung zugeführt werden.	LFW
Abfälle AWW	Abfälle aus Wasseraufbereitung, Abwasserbehandlung und Gewässernutzung.	AWW
Output	Beschreibung	Ziel
Aschen aus Verbrennung	Umfasst Aschen aus der Klärschlammverbrennung, Aschen aus Restmüll (PHH), Verbrennung von Tiermehl und aus der Verbrennung von Speiseabfällen aus internationalem Bahn- und Flugverkehr.	Deponie

INPUT

Die Gütermenge der Abfälle PHH, die einer thermischen Behandlung zugeführt werden, beträgt in Summe rund 933.600 t, das sind laut [BMLFUW, 2009c] 67,7 % des gesamten Restmüllaufkommens (1.379.000 t) des privaten Haushaltes. Folgende Abfälle aus dem privaten Haushalt werden thermisch behandelt: heizwertreiche Fraktion aus MBA (240.000 t), der organische Anteil im Restmüll (278.827 t) sowie Restmüll ohne organischen Anteil (414.773 t). Die Phosphorkonzentration im organischen Anteil des Restmülls liegt zwischen 0,1 und 0,18 %. Für die Berechnung wird der niedrigere P-Gehalt verwendet. Im Restmüll

ohne organischen Anteil liegt die Phosphorkonzentration laut [Skutan & Brunner, 2005] bei 0,1 %. In Summe beträgt die Phosphorfracht 694 t P.

Tiermehl und Tierfett fällt im Ausmaß von 43.047 t an, wobei 37.883 t auf Tiermehl und 5.191 t auf Tierfett entfallen [Gattermig, 2010]. Tierfett enthält nahezu keinen Phosphor, und ist für den Phosphorhaushalt unbedeutend. Das Tiermehl wird mit 3,15 % nach [Lettner et al., 1998] angenommen. Die Phosphormenge liegt in diesem Fluss bei 1.193 t P.

Der Güterfluss der Abfälle aus I+G liegt bei rund 977.00 t. Einer thermischen Behandlung zugeführt werden laut [BMLFUW, 2009c] ca. 10 % der gesamten Nahrungs- und Genussmittel, das sind 83.600 t. Nach [Gern, 2010] liegt die P-Konzentration bei 1,9 g P/kg, der Phosphoranteil beträgt 159 t P. Weiters werden Markt- und Holzabfälle im Ausmaß von 180.759 t bzw. 324.000 t verbrannt. Die Phosphorkonzentration der Markt- und Holzabfälle liegt laut [Skutan & Brunner, 2005] bei 0,1% und die Holzabfälle enthalten laut [Binder et al., 2009] 0,06 g P/kg. Ein weiterer Fluss „Andere Abfälle aus der Verarbeitung und Veredelung tierische und pflanzlicher Produkte“ geht mit 227 t P in den Prozess ein. In Summe ergibt dies eine Phosphorfracht von 445 t P.

Die Reststoffe aus Kompostierungsanlagen belaufen sich laut [Tesar, 2010] auf 70.000 t. Da diese Reststoffe hauptsächlich aus Holzstücken bestehen, werden diese mit der P-Konzentration von Holz mit 0,06 g P/kg [Binder et al., 2009] berechnet und betragen 4,2 t P.

Der Klärschlamm aus AWS, der thermisch behandelt wird, wird berechnet aus 91.345 t [Windhofer, 2010] des kommunalen Klärschlammes und aus 92.200 t des industriellen Klärschlammes, der laut [BMLFUW, 2002] 59,4 % der Gesamtanfallmenge in der Industrie entspricht. Die Phosphorfracht von insgesamt 5.029 t P ergibt sich aus 2.526 t P von der Industrie und aus 2.503 t Phosphor im kommunalen Klärschlamm. Die Phosphorkonzentration im Klärschlamm wird mit 2,74 % (TS) festgelegt und ergibt sich aus der P-Zulaufmenge von 7.781 t [Windhofer, 2010] abzüglich des Kläranlagenablaufs von 836 t [BMLFUW, 2002], dividiert durch den Klärschlammfall von 253.528 t [Windhofer, 2010].

Die Menge an tierischen Nebenprodukten, die in die Verbrennung eingehen, beläuft sich laut [BMLFUW, 2009c] auf 1.900 t. Die Phosphorkonzentration wird nach [Binder et al., 2009] mit 7 g P/kg übernommen. Somit liegt die Phosphorfracht bei 13 t P und spielt in diesem Prozess keine Rolle.

Die Abfälle AWW beinhalten laut [BMLFUW, 2009c], 2.459 t Rechengut, 1.521 t Rückstände aus der Kanalreinigung, 40.000 t Sandfanginhalte sowie 20.000 t Inhalte aus Fettfängen. Insgesamt beträgt die Gütermenge in diesem Fluss 63.980 t. Bezüglich der Phosphorfracht ist dieser Fluss unbedeutend, da Sandfanginhalte als auch die Fettfänge keinen Phosphor besitzen. Da Rechengut und Rückstände aus der Kanalreinigung einen gewissen pflanzlichen Anteil aufweisen wird die laut [Binder et al., 2009] festgelegte Phosphorkonzentration für Holz mit 0,06 g P/kg übernommen. Der Phosphorfluss beträgt 0 t P.

OUTPUT

Ein weiterer Fluss, welcher der Deponie zugeführt wird, sind die Aschen aus Verbrennung. Der Güterfluss von rund 643.000 t besteht aus folgenden Komponenten: Klärschlamm Verbrennung (k.A.), Aschen aus Restmüll PHH (93.358 t), Tiermehl zur Verbrennung (37.883 t), Tierfett zur Verbrennung (5.191 t), Nahrungs- und Genussmittelabfälle (83.600 t), Verbrennung aus Speiseabfälle aus intern. Bahn-, Flugverkehr (1.900 t), Marktabfälle (k.A.), Abfälle aus der Verarbeitung und Veredelung tierischer und pflanzlicher Produkte (302.000 t) sowie Häute und Lederabfälle (119.000 t). Die gesamte Phosphorfracht in diesem Fluss beträgt 7.669 t P und wird wie im Folgenden beschrieben, berechnet. Die Phosphorfracht aus der Verbrennung von Klärschlamm liegt bei 5.029 t. Diese Summe ergibt sich aus dem Phosphoraufkommen des industriellen Klärschlammes (2.526 t P) und aus dem Phosphoraufkommen des kommunalen Klärschlammes (2.503 t P). Die Phosphorkonzentration der Aschen aus Restmüll PHH wird nach [Binder et al., 2009] mit 6,48 g P/kg festgelegt und beträgt 605 t P. Weiters ist das Tiermehl zur Verbrennung inkludiert, bei welchem nach [Lettner et al., 1998] eine Phosphorkonzentration von 3,15 % angenommen wird. Die Aschen aus Verbrennung ist die Verbrennung von Speiseabfällen aus dem internationalen Flug- und Bahnverkehr. Diese werden nach [Binder et al., 2009] mit 7 g P/kg festgelegt. Die Phosphormenge ist mit 13 t sehr gering. In den Marktabfällen sind 86 t P, in den anderen Abfällen aus der Verarbeitung von tierischen und pflanzlichen Produkten 227 t P (P-Konzentration in Kartoffelstärke von [GERN, 2010] übernommen) sowie in Häuten und Lederabfällen 357 t P (3 % P-Konzentration laut [GERN, 2010]). In Summe ergibt sich in diesem Fluss eine Phosphorfracht von 7.669 t P.

4.5.3.2 Definition des Subprozesses mechanisch-biologische Behandlung MBA

Die mechanisch-biologische Behandlung ist eine verfahrenstechnische Kombination mechanischer und biologischer Prozesse. Behandelt werden Siedlungs- und Gewerbeabfällen. Klärschlämme und weitere geeignete Abfälle können gemeinsam mit diesen Abfällen mitbehandelt werden [Lebensministerium, 2006]. Durch die MBA kann ein reaktionsarmer Abfall erzeugt werden, der abgelagert werden darf. Die MBA kann auch einer Vorbehandlung von Abfällen vor einer thermischen Behandlung dienen, wobei die Abfälle zur weiteren thermischen Behandlung entweder abgetrennt oder trockenstabilisiert werden [Umweltbundesamt, 2010].

Ziel der biologischen Prozesse ist der Abbau organischer Substanzen durch aerober oder anaerober mit nachfolgendem aerobem Verfahren. Die mechanisch-biologische Behandlung reduziert den biologisch abbaubaren Anteil, das Volumen, der Wassergehalt, das Gasbildungspotenzial und die Atmungsaktivität der Abfälle erheblich und führt zu einer deutlichen Verbesserung des Auslaugverhaltens und des Setzungsverhaltens der Abfälle [Lebensministerium, 2006].

Tabelle 4-17: Definition der Input- und Outputflüsse im Subprozess mechanisch-biologische Behandlung MBA

Input	Beschreibung	Herkunft
Abfälle PHH	Umfasst die heizwertarme und die heizwertreiche Fraktion aus der mechanisch-biologischen Behandlungsanlage.	AWS
Output	Beschreibung	Ziel
Rottereststoffe	Reststoffe die durch eine mechanisch-biologische Behandlung anfallen und anschließend einer Deponie zugeführt werden.	Deponie

INPUT

Die Abfälle PHH beinhalten die heizwertarme Fraktion aus der mechanisch-biologischen Abfallbehandlung. Die Gütermenge aus MBA entspricht 20,2 % der Gesamtmenge an Restmüll, welcher im privaten Haushalt im Jahr 2008 laut [BMLFUW, 2009c] anfällt. Im Rahmen der heizwertarmen Fraktion fallen rund 278.558 t an. Bezüglich der Phosphorfracht wird hierbei lediglich die heizwertarme Fraktion mit 0,1 % P-Konzentration [Skutan & Brunner, 2005] berücksichtigt. Somit ergibt sich für diesen Fluss eine Phosphorfracht von insgesamt 279 t P.

OUTPUT

Angenommen wird, dass im Subprozess MBA keine Phosphorverluste entstehen. Somit ergibt sich für den Outputfluss Rottereststoffe eine Phosphorfracht von 279 t P.

4.5.3.3 Definition des Subprozesses Kompostierung

In einer Kompostierungsanlage zur Verwertung biogener Abfälle werden organische Materialien unter Beisein von Sauerstoff (aerobe Behandlung) in ein huminstoffreiches Produkt umgewandelt. Nach Behandlung der biogenen Abfälle werden diese als Komposte wieder in den natürlichen Stoffkreislauf rückgeführt. Dieser Subprozess umfasst im Wesentlichen Abfälle aus Industrie und Gewerbe, aus dem Privaten Haushalt sowie aus pflanzlichen Abfällen wie Grüngut.

Tabelle 4-18: Definition der Input- und Outputflüsse im Subprozess Kompostierung

Input	Beschreibung	Herkunft
Küchen- und Kantinenabfälle	Im Prozess I+G anfallender, überwiegend organischer Abfall aus Küchen und Kantinen.	I+G
Nahrungs- und Genussmittelabfälle	Im Prozess I+G anfallender Abfall aus Nahrungs- und Genussmitteln.	I+G
Grüngut von öffentlichen Flächen	Umfasst pflanzliche Abfälle wie Garten- und Parkabfälle, Friedhofsabfälle, Straßenbegleitgrün und getrennt gesammelte Grünabfälle.	BOD
Abfälle PHH	getrennt gesammelte biogene Abfälle (=Biotonne).	PHH

Tierische Nebenprodukte in Kompost	Tierkadaver und Schlachtabfälle, die zur Verwertung in den Prozess der Kompostierung eingehen.	I+G
Biotonne	Umfasst getrennt gesammelte Abfälle aus dem PHH, Biotonne	PHH
Output	Beschreibung	Ziel
Abwasser aus AWS	P-Fracht von verunreinigtem Abwasser aus AWS; zur Behandlung durch die Abwasserwirtschaft; Einsickerndes NS-Wasser aus der Deponie.	AWW
Kompost aus Abfälle PHH	Kompost aus Abfällen aus dem privaten Haushalt, als Produkt aus Kompostierungsanlagen.	BOD
Kompost aus Biotonne	Kompost aus getrennt gesammelten biogenen Abfälle aus dem PHH, Biotonne	BOD
Reststoffe aus Kompostierungsanlagen	Abfälle, die bei der Kompostierung anfallen, z.B. grobe Holzstücke.	MVA
Kompost aus Kompostierungsanlagen von TNP	Kompost aus tierischen Nebenprodukten, als Produkt aus Kompostierungsanlagen.	BOD
Kompost aus Grüngut öffentl. Flächen	Kompost aus Grüngut von öffentlichen Flächen, als Produkt aus Kompostierungsanlagen.	BOD
Kompost aus Abfällen I+G	Kompost aus Kompostierungsanlagen aus Abfällen von Industrie und Gewerbe.	BOD

INPUT

Von den Küchen- und Kantinenabfällen werden 103.500 t [BMLFUW, 2009] kompostiert. Nach [Binder et al., 2009], enthalten diese 1,9 g P/kg. Die Phosphorfracht beträgt 197 t P.

Bei den Nahrungs- und Genussmittelabfällen wird angenommen, dass 75 % der Gesamtmenge von 836.000 t einer Kompostierung zugeführt werden, das sind 627.000 t. Die P-Konzentration wird nach [Binder et al., 2009], mit 1,9 g P/kg übernommen. Die Phosphorfracht beträgt 1.191 t P.

Zum Grüngut von öffentlichen Flächen zählen nach dem [BMLFUW, 2009c] Garten- und Parkabfälle (245.000 t), Friedhofsabfälle (207.000 t), Straßenbegleitgrün (204.000 t) sowie getrennt gesammelte Grünabfälle (470.300 t). Es ergibt sich ein Güterfluss von insgesamt 1.126.300 t. Laut [Binder et al., 2009] liegt die P-Konzentration in Grüngut bei 1,13 g P/kg. Somit beträgt die Phosphorfracht in diesem Fluss 1.273 t P.

Der Fluss Abfälle PHH umfasst die getrennt gesammelten biogenen Abfälle, die laut [BMLFUW, 2009c], 475.623 t ausmachen. Nach [Gern, 2010] bewegt sich die Phosphorfracht zwischen 661 t P und 1.190 t P. Der Minimalwert von 661 t P wird für den Phosphorfluss angenommen.

Tierische Nebenprodukte, die einer Kompostierung zugeführt werden, belaufen sich laut [BMLFUW, 2009c] auf rund 12.000 t. Die Phosphorkonzentration in tierischen Nebenprodukten wird mit 7 g P/kg nach [Binder et al., 2009] festgelegt. Die emittierte Phosphorfracht beträgt 84 t P.

Im Fluss Biotonne fällt Phosphor im Ausmaß von 1.190 t P an. Laut [GERN, 2010] liegt die Phosphorfracht zwischen 661 t P und 1.190 t P. Es wird der höhere Wert verwendet.

OUTPUT

Abwasser aus AWS: Die Phosphorkonzentration im Abwasser von Deponien liegt nach [Döberl et al., 2002] bei 6 g P/l. Die Gütermenge in diesem Fluss ist (auch aufgrund der geringen Phosphorkonzentration) vernachlässigbar und wird mit 0 t P festgelegt.

Die Gütermenge des Kompostes aus Abfällen des PHH beträgt 166.468 t. Es wird mit einem Rotteverlust von 65 % [BMLFUW, 2006a] gerechnet. Die Phosphorkonzentration im Kompost wird laut [Binder et al., 2009] mit 3,3 g P/kg angenommen. Somit wird in diesem Fluss 549 t Phosphor emittiert.

Bezüglich des Flusses Kompost aus Biotonne liegt die Annahme zugrunde, dass keine Phosphorverluste entstehen. Die Phosphorfracht in diesem Fluss entspricht somit der Phosphorfracht im Fluss „Biotonne“ und liegt bei 1.190 t P [GERN, 2010].

Die Reststoffe aus Kompostierungsanlagen belaufen sich laut [Tesar, 2010] auf 70.000 t. Da diese Reststoffe hauptsächlich aus Holzstücken bestehen, werden diese mit einer P-Konzentration von 0,06 g P/kg [Binder et al., 2009] angenommen. Die P-Fracht beträgt somit 4 t P.

Kompost aus Kompostierungsanlagen von TNP: Angenommen wird, dass die Phosphorfracht in den tierischen Nebenprodukten, die einer Kompostierung zugeführt werden, nicht verringert wird. Die emittierte Phosphorfracht beträgt somit 84 t P.

Der Kompost aus Grünut öffentlicher Flächen liegt bei 394.205 t. Der Rotteverlust wird mit 65 % laut [BMLFUW 2006b] angenommen. Mit einer P-Konzentration von 3,3 g P/kg [Binder et al., 2009] beträgt die Phosphorfracht 1.301 t P.

Der Kompost aus Abfällen I+G liegt bei 255.675 t und ergibt sich dem Input aus Nahrungs- und Genussmittelabfällen (627.000 t) sowie Küchen- und Kantinenabfällen (104.000 t), multipliziert mit der angenommenen Outputmenge von 35 % aus Kompostierungsanlagen. Es wird angenommen, dass jener Phosphor, der in diesen Prozess in den beiden Flüssen eingeht, durch den Kompost auf den Boden ausgebracht wird. Die Phosphormenge liegt somit bei insgesamt 1.388 t P.

4.5.3.4 Definition des Subprozesses Vergärung

In Biogasanlagen werden organische Materialien mit einem hohen Wassergehalt unter Ausschluss von Sauerstoff (anaerobe Behandlung bzw. Vergärung) biologisch abgebaut. Prinzipiell sind fast alle biogenen Stoffe mit Ausnahme von Holz (aufgrund des Ligningehalts) als Ausgangsmaterialien für die Behandlung in Biogasanlagen geeignet.

Stoffe aus der land- und forstwirtschaftlichen Urproduktion

- Wirtschaftsdünger, hauptsächlich aus Rinder-, Schweine-, Geflügelhaltung
- nachwachsende Rohstoffe (Silomais, Grassilage, Grünschnitt, Futterreste, etc.)
- verdorbene Futtermittel
- Fallobst

Rückstände aus der Be- und Verarbeitung landwirtschaftlicher Produkte

- Brauereirückstände
- Molkereiabfälle
- Ölsaatrückstände

Andere biogene Abfälle

- Speisereste
- Biotonnenabfälle
- Fettabscheiderinhalte
- Klärschlamm

In einer Anzahl der Ausgangsmaterialien können sich auch tierische Nebenprodukte gemäß Hygieneverordnung befinden. Diese müssen einem Hygienisierungsschritt unterzogen werden.

Tabelle 4-19: Definition der Input- und Outputflüsse im Subprozess Vergärung

Input	Beschreibung	Herkunft
Abfälle I+G - Vergärung	Nahrungs- und Genussmittel.	I+G
Tierische Nebenprodukte in Vergärung	Schlachtabfälle, Kadaver, die in Biogasanlagen beseitigt werden.	I+G
Output	Beschreibung	Ziel
Gärrest aus Biogasanlagen	Ist der Rückstand bei der Vergärung von Biomasse.	BOD
Abwasser aus Vergärung	Ist der flüssige Rückstand bei der Vergärung von Biomasse.	AWW

INPUT

Zu den Abfällen I+G – Vergärung zählen die Nahrungs- und Genussmittel. Für die Verwertung der Nahrungs- und Genussmittel wird die Annahme getroffen, dass 15 % der gesamten Nahrungs- und Genussmittel (836.000 t) der Vergärung zugeführt werden. Die Phosphor-

konzentration in diesen Abfällen liegt laut [Binder et al., 2009] bei 1,9 g P/kg. Die gesamte Phosphorfracht liegt in diesem Fluss bei 238 t P.

In Biogasanlagen werden 215.000 t laut [BMLFUW, 2009c] an tierischen Nebenprodukten beseitigt. Die Konzentration an Phosphor beträgt in tierischen Nebenprodukten nach [Gern, 2010] bei 0,2 %, wobei in diesem Fluss lediglich das Fleisch der Schlachttiere (und nicht die Knochen) betrachtet wird. Der Phosphorfluss liegt bei 430 t P.

OUTPUT

Der Output aus der Vergärung setzt sich aus dem Gärrest sowie dem Abwasser aus Vergärung zusammen. Angenommen wird, dass in diesem Subprozess keine Phosphorverluste entstehen. Die eingehende Phosphorfracht entspricht somit der Phosphormenge im Gärrest aus Biogasanlagen und beträgt 668 t P.

4.5.3.5 Definition des Subprozesses Tierkörperverwertung

Der Prozess Tierkörperverwertung umfasst den Import und die Verarbeitung von Schlachtabfällen und Tierkörpern.

Tabelle 4-20: Definition der Input- und Outputflüsse im Subprozess Tierkörperverwertung

Input	Beschreibung	Herkunft
Tierische Nebenprodukte Import	Schlachtabfälle und Kadaver, die aus dem Ausland importiert werden.	Import
Tierische Nebenprodukte	Beseitigung, Verarbeitung und Vernichtung von Tierkadavern und Schlachtabfällen.	I+G
Output	Beschreibung	Ziel
Tierische Nebenprodukte Export	Schlachtabfälle und Tierkadaver, die ins Ausland exportiert werden.	Export
Tiermehl und Tierfett MVA	Tierische Nebenprodukte, die aus der Tierkörperverwertung hervorgehen.	MVA
Tiermehl BOD	Tierisches Nebenprodukt, das aus der Tierkörperverwertung hervorgeht und aufgrund des Nährstoffreichtums auf den Boden ausgebracht wird.	BOD

INPUT

Der Import von tierischen Nebenprodukten (TNP) beträgt laut [BMLFUW, 2009c] 34.000 t. Die Phosphorkonzentration wird nach [Binder et al., 2009] mit 7 g P/kg angenommen. Die Phosphorfracht beträgt somit 238 t P.

Laut [BMLFUW, 2009c] werden 332.000 t tierische Nebenprodukte in Tierkörperverwertungsanlagen beseitigt. Bei einer Phosphorkonzentration von 7 g P/kg laut [Binder et al., 2009] beträgt der Phosphorfluss 2.324 t P.

OUTPUT

Der Export von tierischen Nebenprodukten setzt sich laut [Gatternig, 2010] aus 14.651 t Tiermehl und aus tierischen Nebenprodukten von 9.400 t zusammen. Die P-Konzentration beträgt im Tiermehl 3,15 % [Lettner et al., 1998] und in den tierischen Nebenprodukten bei 7 g P/kg [Binder et al., 2009]. Der Phosphorfluss beträgt 527 t P.

Tiermehl und Tierfett fällt im Ausmaß von 43.074 t an. Laut [Gatternig, 2010] werden Tiermehl im Ausmaß von 37.883 t und Tierfett im Ausmaß von 5.191 t thermisch behandelt. Tierfett enthält nahezu keinen Phosphor, und ist für den Phosphorhaushalt unbedeutend. Das Tiermehl wird mit 3,15 % nach [Lettner et al., 1998] angenommen. Die Phosphormenge liegt bei 1.193 t P.

Laut [Gatternig, 2010] werden 32.792 t Tiermehl auf den Boden ausgebracht. Mit einer P-Konzentration von 3,15 % [Lettner et al., 1998] liegt der Phosphorfluss bei 1.033 t P.

4.5.3.6 Definition des Subprozesses Deponie

Laut [BMLFUW, 2009c] besteht die gesamt deponierte Masse aus der direkten Anlieferung, aus den Rückständen von Abfällen aus der getrennten Sammlung sowie den Rückständen aus der MBA.

Die Deponieverordnung legt die betriebsbezogenen und technischen Anforderungen an Deponien fest, um während des gesamten Bestehens der Deponie negative Auswirkungen auf Umwelt sowie die damit verbundenen Risiken für die menschliche Gesundheit von abgelagerten Abfällen zu vermeiden bzw. vermindern [RIS, 2010].

Tabelle 4-21: Definition der Input- und Outputflüsse sowie des Lagers im Subprozess Deponie

Input	Beschreibung	Herkunft
Holz- und Strohasche	Umfasst Holz- und Strohaschen aus Feuerungsanlagen und thermischen Behandlungsanlagen, die auf österreichischen Deponien gelagert werden.	AWS
Klärschlamm aus AWS	Mischung aus festen Inhaltsstoffen (Primärschlamm) und dem bei der mikrobiellen Abwasserreinigung entstandenen Bakterien Schlamm (Überschussschlamm). Umfasst Klärschlamm, der auf Deponien endgelagert wird.	AWS
Aschen aus Verbrennung	Umfasst Aschen aus der Klärschlammverbrennung, Aschen aus Restmüll (PHH), Verbrennung von Tiermehl und aus der Verbrennung von Speiseabfällen aus internationalem Bahn- und Flugverkehr.	AWS
Abfälle aus Behandlung von Abfällen aus PHH	Umfasst die heizwertarme Fraktion aus mechanisch-biologischen Behandlungsanlagen sowie aus dem unbehandelten Restmüll.	AWS

Output	Beschreibung	Ziel
Sickerwasser	P-Fracht von verunreinigtem Abwasser aus AWS; zur Behandlung durch die Abwasserwirtschaft; Einsickerndes NS-Wasser aus der Deponie.	AWW
Lager	Beschreibung	
Holz- und Strohasche	Umfasst Holz- und Strohaschen aus Feuerungsanlagen und thermischen Behandlungsanlagen, die auf österreichischen Deponien gelagert werden.	
Klärschlamm aus AWS	Mischung aus festen Inhaltsstoffen (Primärschlamm) und dem bei der mikrobiellen Abwasserreinigung entstandenen Bakterien Schlamm (Überschussschlamm).	
Aschen aus Verbrennung	Diese beinhalten Aschen aus der Klärschlammverbrennung, Aschen aus Restmüll (PHH), Tiermehl zur Verbrennung und Verbrennung von Speiseabfällen aus internat. Bahn- und Flugverkehr.	
Abfälle aus Abfallbehandlung PHH	Umfasst die heizwertarme Fraktion aus mechanisch-biologischen Behandlungsanlagen sowie aus dem unbehandelten Restmüll.	

INPUT

Laut [BMLFUW, 2009c] liegt der Güterfluss bei den Holz- und Strohaschen, welche einer Deponierung zugeführt werden, bei 93.499 t. Die Phosphorkonzentration mit 4 g P/kg wird nach [Binder et al., 2009] übernommen. Der Phosphorfluss beträgt somit 374 t P.

Der Klärschlamm aus AWS, der deponiert wird, wird berechnet aus 21.253 t [Windhofer, 2010] des kommunalen Klärschlammes und aus 4.000 t des industriellen Klärschlammes, der laut [BMLFUW, 2002] 2,6 % der Gesamtanfallmenge in der Industrie entspricht. Die Phosphorfracht von insgesamt 692 t P ergibt sich aus 110 t von der Industrie und aus 582 t Phosphor im kommunalen Klärschlamm. Die Phosphorkonzentration im Klärschlamm wird mit 2,74 % (TS) festgelegt und ergibt sich aus der P-Zulauffracht von 7.781 t [Windhofer, 2010] abzüglich des Kläranlagenablaufs von 836 t [BMLFUW, 2002], dividiert durch den Klärschlamm anfall von 253.528 t [Windhofer, 2010].

Ein weiterer Fluss, welcher der Deponie zugeführt wird, sind die Aschen aus Verbrennung. Der Güterfluss von rund 643.000 t besteht aus folgenden Komponenten: Klärschlamm Verbrennung (k.A.), Aschen aus Restmüll PHH (93.358 t), Tiermehl zur Verbrennung (37.883 t), Tierfett zur Verbrennung (5.191 t), Nahrungs- und Genussmittelabfälle (83.600 t), Verbrennung aus Speiseabfälle aus intern. Bahn-, Flugverkehr (1.900 t), Marktabfälle (k.A.), Abfälle aus der Verarbeitung und Veredelung tierischer und pflanzlicher Produkte (302.000 t) sowie Häute und Lederabfälle (119.000 t). Die gesamte Phosphorfracht in diesem Fluss beträgt 7.669 t P und wird wie im Folgenden beschrieben, berechnet. Die Phosphorfracht aus der Verbrennung von Klärschlamm liegt bei 5.029 t. Diese Summe ergibt sich aus dem

Phosphoraufkommen des industriellen Klärschlammes (2.526 t P) und aus dem Phosphoraufkommen des kommunalen Klärschlammes (2.503 t P). Die Phosphorkonzentration der Aschen aus Restmüll PHH wird nach [Binder et al., 2009] mit 6,48 g P/kg festgelegt und beträgt 605 t P. Weiters ist das Tiermehl zur Verbrennung inkludiert, bei welchem nach [Lettner et al., 1998] eine Phosphorkonzentration von 3,15 % angenommen wird. Die Aschen aus Verbrennung ist die Verbrennung von Speiseabfällen aus dem internationalen Flug- und Bahnverkehr. Diese werden nach [Binder et al., 2009] mit 7 g P/kg festgelegt. Die Phosphormenge ist mit 13 t sehr gering. In den Marktabfällen sind 86 t P, in den anderen Abfällen aus der Verarbeitung von tierischen und pflanzlichen Produkten 227 t P (P-Konzentration in Kartoffelstärke von [GERN, 2010] übernommen) sowie in Häuten und Lederabfällen 357 t P (3 % P-Konzentration laut [GERN, 2010]). In Summe ergibt sich in diesem Fluss eine Phosphorfracht von 7.669 t P.

Die Abfälle aus Abfallbehandlung PHH setzen sich folgendermaßen zusammen [BMLFUW, 2009c]: aus der heizwertarmen Fraktion aus MBA mit 278.558 t (20,2 % des gesamten Restmüllaufkommens) und aus dem unbehandelten Restmüll mit 107.562 t (7,8 % des gesamten Restmüllaufkommens). Die Phosphorkonzentration beträgt laut [Skutan & Brunner, 2005] 0,1 %. Somit ergibt sich eine Gesamtsumme von 386 t P.

OUTPUT

Abwasser aus AWS: laut [Schachermayer & Lampert, 2010], liegt das gewichtete Mittel des Anteils an Deponiesickerwasser von insgesamt 9 untersuchten Deponien mit Basisabdichtung an der insgesamt behandelten Abwassermenge bei 0,3 %, mit einer Bandbreite von 0,01 % bis 5,0 %. In Österreich gibt es 45 Massenabfalldeponien, etwa die Hälfte des Sickerwassers gelangt in die Kanalisation, der Rest an Sickerwasser gelangt in eigene Anlagen unter Einhaltung der Einleitbedingungen in den Vorfluter (=Direkteinleiter) [Schachermayer & Lampert, 2010]. Die Phosphorkonzentration im Abwasser von Deponien liegt nach [Döberl et al., 2002] bei 6 g P/l. Die Gütermenge in diesem Fluss ist (auch aufgrund der geringen Phosphorkonzentration) vernachlässigbar und wird mit 0 t P festgelegt.

LAGER

Das Phosphorlager in diesem Prozess wird in Anlehnung an [Fellner et al., 2007] mit 76.100 t P abgeschätzt. Der jährliche Lagerzuwachs liegt bei 9.120 t P.

4.5.3.7 Definition des Subprozesses Recycling

Unter Recycling wird die stoffliche Verwertung von bereits genutzten Rohstoffen, Materialien oder Produkten verstanden. Auch Mischformen aus stofflicher und energetischer Verwertung sind im Recycling möglich [Umweltbundesamt, 2010b]. Dieser Subprozess umfasst Papierabfälle aus Industrie und Gewerbe, die als Altpapier wieder im Prozess I+G Verwendung finden.

Tabelle 4-22: Definition der Input- und Outputflüsse im Subprozess Recycling

Input	Beschreibung	Herkunft
Abfälle I+G	Zellulose-, und Papierabfälle	I+G
Output	Beschreibung	Ziel
Recyclingmaterial	Altpapier	I+G

INPUT

Die Zellulose- und Papierabfälle (aus Abfälle I+G) betragen für das Jahr 2008 laut [BMLFUW, 2009c] 750.000 t. Nach [Binder et al., 2009] wird mit einer P-Konzentration von 0,06 g P/kg gerechnet. Die Phosphorfracht liegt bei 45 t P.

OUTPUT

Recyclingmaterial: Es wird angenommen, dass die Zellulose- und Papierabfälle vollständig recycelt werden. Die Güter- sowie die Phosphormenge entspricht somit dem Input mit 750.000 t bzw. 45 t P.

4.6 Prozess Abwasserwirtschaft (AWW)

4.6.1 Definition des Prozesses Abwasserwirtschaft

Der Prozess „Abwasserwirtschaft“ umfasst die Sammlung und den Transport der Abwässer im Kanal, deren Behandlung in den Abwasserreinigungsanlagen (ARA) sowie die Abtrennung der Feststoffe vom gereinigten Abwasser. Weiters werden die Senkgruben zum Prozess gezählt. Die Behandlung der abgeschiedenen festen Abfälle wird dem Prozess „Abfallwirtschaft“ zugerechnet.

4.6.2 Definition der Flüsse im Prozess Abwasserwirtschaft

Tabelle 4-23: Definition der Input- und Outputflüsse im Prozess Abwasserwirtschaft

Input	Beschreibung	Herkunft
Senkgrubeneinhalte	häusliche Abwässer aus Objekten ohne Kanalan-schluss.	PHH
Abwasser I+G in komm. ARA	P-Fracht von Abwasser aus I+G, welches in kommunale Reinigungsanlagen eingeleitet wird.	I+G
Abwasser I+G in industr. ARA	P-Fracht von Abwasser aus I+G, welches in industrielle Reinigungsanlagen eingeleitet wird.	I+G
Abwasser PHH (Komm)	P-Fracht von Abwasser aus PHH.	PHH

Input	Beschreibung	Herkunft
Abwasser aus AWS	P-Fracht von Abwasser aus AWS; zur Behandlung durch die Abwasserwirtschaft; Einsickerndes NS-Wasser aus der Deponie.	AWS
Output	Beschreibung	Ziel
Ablauf Kläranlage	Beinhaltet den Ablauf aller kommunalen und industriellen Kläranlagen.	GEW
Stabilisierter Klärschlamm	Der in der AWW behandelte Klärschlamm, der in den Prozess AWS eingeht.	AWS
Stabilisierter Klärschlamm auf Boden	Der in der AWW behandelte Klärschlamm, der in der Land- und Forstwirtschaft Verwendung findet.	BOD
Abfälle AWW	Abfälle aus Wasseraufbereitung, Abwasserbehandlung und Gewässernutzung.	AWS

INPUT

Aufgrund mangelnder Datenlage werden die Senkgrubeninhalte durch Bilanzierung ermittelt. Diese betragen demnach 917.728 t. Basierend auf den nicht angeschlossenen Einwohner werden die Senkgrubeninhalte ermittelt. Die Anzahl der nicht angeschlossenen Einwohner beläuft sich auf 607.484 (berechnet nach [Windhofer, 2010]). Nach [Windhofer, 2010] beläuft sich die spezifische Phosphorzulaufkraft auf 1,6 g P/E.d. Hochgerechnet auf die nicht angeschlossenen Einwohnern ergibt dies eine Phosphorfracht von jährlich rund 355 t P.

Die Abwässer I+G werden unterteilt in Abwasser I+G, die in den kommunalen Abwasserreinigungsanlagen behandelt werden und Abwasser I+G, die in industrielle Abwasserreinigungsanlagen eingehen. Die in die kommunalen Abwasserreinigungsanlagen eingehende Phosphorfracht beträgt laut [Windhofer, 2010] 3.256 t P. Die Menge an industriellem Abwasser, welches in der industriellen ARA gereinigt wird, beträgt 4.250 t P. Es wird angenommen, dass die Phosphorfracht im Input dem Output entspricht. Die Phosphorfracht im Output ergibt sich aus dem industriellen Klärschlamm, der in die Abfallwirtschaft (Deponie und Verbrennung) eingeht, d.s. 2.636 t P, dem industriellen Klärschlamm der auf den Boden (landwirtschaftlicher Boden und sonstige Verwertung) ausgebracht wird, d.s. 1.614 t P sowie dem Ablauf aus industriellen Abwasserreinigungsanlagen mit 63 t P.

Die Gütermenge des Abwassers PHH (Komm) wird durch Bilanzierung ermittelt und beträgt 12.192.672 t. Der Phosphorfluss von 4.525 t P wird aus [Windhofer, 2010] übernommen und wird aus der Anzahl der angeschlossenen Einwohner und der spezifischen Phosphorzulaufkraft [1,6 g P/E.d)] berechnet.

Abwasser aus AWS: laut [Schachermayer & Lampert, 2010] liegt das gewichtete Mittel des Anteils an Deponiesickerwasser von insgesamt 9 untersuchten Deponien mit Basisabdichtung an der insgesamt behandelten Abwassermenge bei 0,3 %, mit einer Bandbreite von 0,01 % bis 5,00 %. In Österreich gibt es 45 Massenabfalldeponien, etwa die Hälfte des Sickerwassers gelangt in die Kanalisation, der Rest an Sickerwasser gelangt in eigene Anla-

gen unter Einhaltung der Einleitbedingungen in den Vorfluter (=Direkteinleiter) [Schachermayer & Lampert, 2010]. Die Phosphorkonzentration im Abwasser von Deponien liegt nach [Döberl et al., 2002] bei 6 g P/l. Die Gütermenge in diesem Fluss ist (auch aufgrund der geringen Phosphorkonzentration) vernachlässigbar und wird mit 0 t P festgelegt.

OUTPUT

Die Menge an stabilisiertem Klärschlamm aus der Abwasserwirtschaft liegt bei insgesamt 208.798 t. Darin enthalten ist der kommunale Klärschlamm in AWS mit 112.598 t [Windhofer, 2010] sowie 96.200 t industrieller Klärschlamm [BMLFUW, 2002]. Von den 96.200 t werden 4.000 t deponiert und 92.200 t thermisch behandelt. Bezüglich der Phosphorfracht bedeutet dies, dass durch den kommunalen Klärschlamm, in Anlehnung an [Windhofer, 2010] 3.085 t P (582 t P Deponie und 2.2.503 t P in die Verbrennung) und durch den industriellen Klärschlamm 2.636 t (110 t P Deponie und 2.2.526 t P in die Verbrennung) in Anlehnung an [BMLFUW, 2002], insgesamt 5.721 t Phosphor in diesen Prozess eingehen. Die Phosphorkonzentration im Klärschlamm wird mit 2,74 % (TS) festgelegt und ergibt sich aus der P-Zulaufmengen von 7.781 t [Windhofer, 2010] abzüglich des Kläranlagenablaufs von 836 t [BMLFUW, 2002], dividiert durch den Klärschlammmanfall von 253.528 t [Windhofer, 2010].

Die Gütermenge des stabilisierten Klärschlammes, der auf den Boden aufgebracht wird, beträgt in Summe 199.831 t. Dieser Wert unterteilt sich in kommunalem Klärschlamm mit 140.931 t laut [Windhofer, 2010] (40.390 t Landwirtschaft und 100.541 t auf sonstige Verwertung und Entsorgung) sowie dem industriellen Klärschlamm laut [BMLFUW, 2002] mit 58.900 t (4.800 t Landwirtschaft und 54.100 t sonstige Verwertung und Entsorgung). Die Phosphorkonzentration im Klärschlamm wird mit 2,74 % (TS) festgelegt und ergibt sich aus der P-Zulaufmengen von 7.781 t P [Windhofer, 2010] abzüglich des Kläranlagenablaufs von 836 t P [BMLFUW, 2002], dividiert durch den Klärschlammmanfall von 253.528 t [Windhofer, 2010]. Somit ergibt sich in diesem Fluss ein Phosphoraustrag von insgesamt 5.475 t P, und beinhaltet 3.862 t P im Klärschlamm aus kommunalen Kläranlagen sowie 1.614 t P im Klärschlamm aus industriellen Kläranlagen.

Die Abfälle AWW beinhalten laut [BMLFUW, 2009d], 2.459 t Rechengut, 1.521 t Rückstände aus der Kanalreinigung, 40.000 t Sandfanginhalte sowie 20.000 t Inhalte aus Fettfängen. Insgesamt beträgt die Gütermenge in diesem Fluss 63.980 t. Bezüglich der Phosphorfracht ist dieser Fluss unbedeutend, da Sandfanginhalte als auch die Fettfänge keinen Phosphor beinhalten. Da Rechengut und Rückstände aus der Kanalreinigung einen gewissen pflanzlichen Anteil aufweisen wird die laut [Binder et al., 2009] festgelegte Phosphorkonzentration für Holz mit 0,06 g P/kg übernommen. Der Phosphorfluss beträgt somit 0 t P.

Der Ablauf von Kläranlagen beträgt im Jahr 2008 etwa 12.044.402 t und wird durch Bilanzierung ermittelt. Die emittierte Phosphorfracht liegt bei 899 t P. Dieser Wert setzt sich aus 836 t P aus kommunalen Abwasserreinigungsanlagen [Windhofer, 2010] sowie aus 63 t P von industriellen Direkteinleitern [BMLFUW, 2002] zusammen.

4.6.3 Definition des Subprozesses mechanisch-biologische Abwasserreinigung (MBAR)

Dieser Subprozess umfasst Abwässer aus Privaten Haushalten sowie aus Industrie und Gewerbe, welche in kommunalen Abwasserreinigungsanlagen behandelt werden. Abwässer aus Industrie und Gewerbe, die in eine industrielle Abwasserreinigungsanlage eingehen sowie Abwässer aus dem Privaten Haushalt ohne Kanalanschluss werden berücksichtigt. Ebenso enthalten ist die Klärschlammbehandlung sowie die Klärschlammfrachten welche in den Prozess Boden bzw. in die Abfallwirtschaft eingehen.

Tabelle 4-24: Definition der Input- und Outputflüsse im Subprozess mechanisch-biologische Behandlung

Input	Beschreibung	Herkunft
Abwasser aus AWS	P-Fracht von Abwasser aus AWS; zur Behandlung durch die Abwasserwirtschaft; Einsickerndes NS-Wasser aus der Deponie.	AWS
Abwasser PHH (Komm)	P-Fracht von Abwasser aus PHH.	PHH
Senkgrubeninhalte	häusliche Abwässer aus Objekten ohne Kanalanschluss.	PHH
Abwasser I+G in komm. ARA	P-Fracht von Abwasser aus I+G, das in die kommunale Abwasserreinigung eingeht.	I+G
Abwasser I+G in industr. ARA	P-Fracht von Abwasser aus I+G, das in die industrielle Abwasserreinigung eingeht.	I+G
Output	Beschreibung	Ziel
Klärschlamm	Mischung aus festen Inhaltsstoffen (Primärschlamm) und dem bei der mikrobiellen Abwasserreinigung entstandenen Bakterien Schlamm (Überschussschlamm).	Klärschlammbehandlung
Abfälle AWW	Abfälle aus Wasseraufbereitung, Abwasserbehandlung und Gewässernutzung.	AWS
Ablauf Kläranlage	Aus der mechanisch-biologischen Behandlung, als Input in den Prozess Gewässer.	GEW

INPUT

Abwasser aus AWS: laut [Schachermayer & Lampert, 2010] liegt das gewichtete Mittel des Anteils an Deponiesickerwasser von insgesamt 9 untersuchten Deponien mit Basisabdichtung an der insgesamt behandelten Abwassermenge bei 0,3 %, mit einer Bandbreite von 0,01 % bis 5,00 %. In Österreich gibt es 45 Massenabfalldeponien, etwa die Hälfte des Sickerwassers gelangt in die Kanalisation, der Rest an Sickerwasser gelangt in eigene Anlagen unter Einhaltung der Einleitbedingungen in den Vorfluter (=Direkteinleiter) [Schachermayer & Lampert, 2010]. Die Phosphorkonzentration im Abwasser von Deponien liegt nach

[Döberl et al., 2002] bei 6 g P/l. Die Gütermenge in diesem Fluss ist (auch aufgrund der geringen Phosphorkonzentration) vernachlässigbar und wird mit 0 t P festgelegt.

Die Gütermenge des Abwassers PHH (Komm) wird durch Bilanzierung ermittelt und beträgt 12.192.672 t. Der Phosphorfluss von 4.525 t wird aus [Windhofer, 2010] übernommen und wird aus der Anzahl der angeschlossenen Einwohner und der spezifischen Phosphorzulauf-fracht (1,6 g P/E.d) berechnet.

Die Abwässer I+G werden unterteilt in Abwasser I+G, die in den kommunalen Abwasserrei-nigungsanlagen behandelt werden und Abwasser I+G, die in industrielle Abwasserrei-nigungsanlagen eingehen. Die in die kommunalen Abwasserreinigungsanlagen eingehende Phosphorfracht beträgt laut [Windhofer, 2010] 3.256 t P. Die Menge an industriellem Abwas-ser, welches in der industriellen ARA gereinigt wird, beträgt 4.250 t P. Es wird angenommen, dass die Phosphorfracht im Output mit 4.250 t P dem Input entspricht. Die Phosphormenge von 4.250 t P setzt sich zusammen aus 2.636 t P (Klärschlamm aus industriellen Abwasser-reinigungsanlagen welcher in den Prozess Abfallwirtschaft eingeht), aus 1.614 t P (Klä-rschlamm aus industriellen Abwasserreinigungsanlagen der in den Prozess Boden eingeht) sowie 63 t P [BMLFUW, 2002] aus dem Ablauf industrieller Kläranlagen.

Aufgrund mangelnder Datenlage werden die Senkgrubeninhalte durch Bilanzierung ermittelt. Diese betragen demnach 917.728 t. Basierend auf die nicht angeschlossenen Einwohner werden die Senkgrubeninhalte ermittelt. Die Anzahl der nicht angeschlossenen Einwohner beläuft sich auf 607.484 (berechnet nach [Windhofer, 2010]). Nach [Windhofer, 2010] beläuft sich die spezifische Phosphorzulauf-fracht auf 1,6 g P/E.d. Hochgerechnet auf die nicht an-geschlossenen Einwohnern ergibt dies eine Phosphorfracht von jährlich rund 355 t P.

OUTPUT

Die Phosphorfracht, die in die Abwasserbehandlung durch den Klärschlamm eingebracht wird, beträgt in Summe 11.196 t P und beinhaltet jenen Klärschlamm aus industriellen und kommunalen Kläranlagen, der in die Prozesse Abfallwirtschaft und Boden eingehen. Die Menge an stabilisiertem Klärschlamm aus der Abwasserwirtschaft liegt bei insgesamt 208.798 t. Darin enthalten ist der kommunale Klärschlamm in AWS mit 112.598 t [Windhofer, 2010] sowie 96.200 t industrieller Klärschlamm [BMLFUW, 2002]. Von den 96.200 t werden 4.000 t deponiert und 92.200 t thermisch behandelt. Bezüglich der Phosphorfracht bedeutet dies, dass durch den kommunalen Klärschlamm, in Anlehnung an [Windhofer, 2010] 3.085 t P (582 t P Deponie und 2.503 t P in die Verbrennung) und durch den industriellen Klär-schlamm 2.636 t P (110 t P Deponie und 2.526 t P in die Verbrennung) in Anlehnung an [BMLFUW, 2002] insgesamt 5.721 t Phosphor ausgebracht werden. Die Phosphorkonzentra-tion im Klärschlamm wird mit 2,74 % (TS) festgelegt und ergibt sich aus der P-Zulauf-fracht von 7.781 t P abzüglich des Kläranlagenablaufs von 836 t P, dividiert durch den Klär-schlammanfall von 253.528 t [Windhofer, 2010]. Die Gütermenge des stabilisierten Klär-schlamm, die auf den Boden aufgebracht wird, beträgt in Summe 199.831 t. Dieser Wert unterteilt sich in kommunalem Klärschlamm mit 140.931 t laut [Windhofer, 2010] (40.390 t Landwirtschaft und 100.541 t auf sonstige Verwertung und Entsorgung) sowie dem indus-triellen Klärschlamm laut [BMLFUW, 2002] mit 58.900 t (4.800 t Landwirtschaft und 54.100 t

sonstige Verwertung und Entsorgung). Die Phosphorkonzentration im Klärschlamm wird mit 2,74 % (TS) festgelegt und ergibt sich aus der P-Zulaufkraft von 7.781 t P abzüglich des Kläranlagenablaufs von 836 t P, dividiert durch den Klärschlammanfall von 253.528 t [Windhofer, 2010]. Somit ergibt sich in diesem Fluss ein Phosphoraustrag von insgesamt 5.475 t P, und beinhaltet 3.862 t P im kommunalen Klärschlamm (1.107 t P wird auf landwirtschaftliche Böden ausgebracht und 2.755 t P entfallen auf die sonstige Verwertung und Entsorgung) sowie 1.614 t Phosphor im industriellen Klärschlamm (davon 132 t P auf landwirtschaftliche Böden und 1.482 t P auf sonstige Verwertung).

Die Abfälle AWW beinhalten laut [BMLFUW, 2009d] 2.459 t Rechengut, 1.521 t Rückstände aus der Kanalreinigung, 40.000 t Sandfanginhalte sowie 20.000 t Inhalte aus Fettfängen. Insgesamt beträgt die Gütermenge in diesem Fluss 63.980 t. Bezüglich der Phosphorfracht ist dieser Fluss unbedeutend, da Sandfanginhalte als auch die Fettfänge keinen Phosphor beinhalten. Da Rechengut und Rückstände aus der Kanalreinigung einen gewissen pflanzlichen Anteil aufweisen wird die laut [Binder et al., 2009] festgelegte Phosphorkonzentration für Holz mit 0,06 g P/kg übernommen. Der Phosphorfluss beträgt 0 t P.

Der Ablauf von Kläranlagen beträgt im Jahr 2008 etwa 12.044.402 t und wird durch Bilanzierung ermittelt. Die emittierte Phosphorfracht liegt bei 899 t P. Dieser Wert setzt sich zusammen aus 836 t P von kommunalen Abwasserreinigungsanlagen [Windhofer, 2010] sowie aus 63 t von industriellen Direkteinleitern [BMLFUW, 2002].

4.6.4 Definition des Subprozesses Klärschlammbehandlung

Dieser Subprozess umfasst die Behandlung des Klärschlammes aus der mechanisch-biologischen Abwasserbehandlung sowie die Ausbringung von stabilisiertem Klärschlamm auf die landwirtschaftlichen Böden bzw. den Eintrag in den Prozess Abfallwirtschaft.

Tabelle 4-25: *Definition der Input- und Outputflüsse im Subprozess Klärschlammbehandlung*

Input	Beschreibung	Herkunft
Klärschlamm	Mischung aus festen Inhaltsstoffen (Primärschlamm) und dem bei der mikrobiellen Abwasserreinigung entstandenen Bakterien Schlamm (Überschuss-schlamm).	Mechanisch- biologische Behandlung
Output	Beschreibung	Ziel
Stabilisierter Klärschlamm	Der in der AWW behandelte Klärschlamm, der in den Prozess AWS eingeht.	AWS
Stabilisierter Klärschlamm auf Boden	Der in der AWW behandelte Klärschlamm, der in der Land und Forstwirtschaft Verwendung findet.	BOD

INPUT

Die Phosphorfracht, die in die Abwasserbehandlung durch den Klärschlamm eingebracht wird, beträgt in Summe 11.196 t P und beinhaltet jenen Klärschlamm aus industriellen und kommunalen Kläranlagen, der in die Prozesse Abfallwirtschaft und Boden eingehen. Die Menge an stabilisiertem Klärschlamm aus der Abwasserwirtschaft liegt bei insgesamt 208.798 t. Darin enthalten ist der kommunale Klärschlamm in AWS mit 112.598 t [Windhofer, 2010] sowie 96.200 t industrieller Klärschlamm [BMLFUW, 2002]. Von den 96.200 t werden 4.000 t deponiert und 92.200 t thermisch behandelt. Bezüglich der Phosphorfracht bedeutet dies, dass durch den kommunalen Klärschlamm, in Anlehnung an [Windhofer, 2010] 3.085 t P (582 t P Deponie und 2.503 t P in die Verbrennung) und durch den industriellen Klärschlamm 2.636 t P (110 t P Deponie und 2.526 t P in die Verbrennung) in Anlehnung an [BMLFUW, 2002] insgesamt 5.721 t P ausgebracht werden. Die Phosphorkonzentration im Klärschlamm wird mit 2,74 % (TS) festgelegt und ergibt sich aus der P-Zulaufmenge von 7.781 t P abzüglich des Kläranlagenablaufs von 836 t P, dividiert durch den Klärschlammabfall von 253.528 t [Windhofer, 2010]. Die Gütermenge des stabilisierten Klärschlammes, der auf den Boden aufgebracht wird, beträgt in Summe 199.831 t. Dieser Wert unterteilt sich in kommunalem Klärschlamm mit 140.931 t laut [Windhofer, 2010] (40.390 t Landwirtschaft und 100.541 t auf sonstige Verwertung und Entsorgung) sowie dem industriellen Klärschlamm laut [BMLFUW, 2002] mit 58.900 t (4.800 t Landwirtschaft und 54.100 t sonstige Verwertung und Entsorgung). Die Phosphorkonzentration im Klärschlamm wird mit 2,74 % (TS) festgelegt und ergibt sich aus der P-Zulaufmenge von 7.781 t P abzüglich des Kläranlagenablaufs von 836 t P, dividiert durch den Klärschlammabfall von 253.528 t [Windhofer, 2010]. Somit ergibt sich in diesem Fluss ein Phosphoraustrag von insgesamt 5.475 t P, und beinhaltet 3.862 t P im kommunalen Klärschlamm (1.107 t P wird auf landwirtschaftliche Böden ausgebracht und 2.755 t P entfallen auf die sonstige Verwertung und Entsorgung) sowie 1.614 t Phosphor im industriellen Klärschlamm (davon 132 t P auf landwirtschaftliche Böden und 1.482 t P auf sonstige Verwertung).

Die Abfälle AWW beinhalten laut [BMLFUW, 2009d] 2.459 t Rechengut, 1.521 t Rückstände aus der Kanalreinigung, 40.000 t Sandfanginhalte sowie 20.000 t Inhalte aus Fettfängen. Insgesamt beträgt die Gütermenge in diesem Fluss 63.980 t. Bezüglich der Phosphorfracht ist dieser Fluss unbedeutend, da Sandfanginhalte als auch die Fettfänge keinen Phosphor beinhalten. Da Rechengut und Rückstände aus der Kanalreinigung einen gewissen pflanzlichen Anteil aufweisen wird die laut [Binder et al., 2009] festgelegte Phosphorkonzentration für Holz mit 0,06 g P/kg übernommen. Der Phosphorfluss beträgt somit 0 t P.

OUTPUT

Die Menge an stabilisiertem Klärschlamm aus der Abwasserwirtschaft liegt bei insgesamt 208.798 t. Darin enthalten ist der kommunale Klärschlamm in AWS mit 112.598 t [Windhofer, 2010] sowie 96.200 t industrieller Klärschlamm [BMLFUW, 2002]. Von den 96.200 t werden 4.000 t deponiert und 92.200 t thermisch behandelt. Bezüglich der Phosphorfracht bedeutet dies, dass durch den kommunalen Klärschlamm, in Anlehnung an [Windhofer, 2010] 3.083 t P (582 t P Deponie und 2.503 t P in die Verbrennung) und durch den industriellen Klärschlamm 2.636 t P (110 t P Deponie und 2.526 t P in die Verbrennung) in Anlehnung an [BMLFUW, 2002] insgesamt 5.721 t P emittiert werden. Die Phosphorkonzentration im Klär-

schlamm wird mit 2,74 % (TS) festgelegt und ergibt sich aus der P-Zulaufkraft von 7.781 t P abzüglich des Kläranlagenablaufs von 836 t, dividiert durch den Klärschlammanfall von 253.528 t [Windhofer, 2010].

Die Gütermenge des stabilisierten Klärschlamms, der auf den Boden aufgebracht wird, beträgt in Summe 199.831 t. Dieser Wert unterteilt sich in kommunalem Klärschlamm mit 140.931 t laut [Windhofer, 2010] (40.390 t Landwirtschaft und 100.541 t auf sonstige Verwertung und Entsorgung) sowie dem industriellen Klärschlamm laut [BMLFUW, 2002] mit 58.900 t (4.800 t Landwirtschaft und 54.100 t sonstige Verwertung und Entsorgung). Die Phosphorkonzentration im Klärschlamm wird mit 2,74 % (TS) festgelegt und ergibt sich aus der P-Zulaufkraft von 7.781 t P abzüglich des Kläranlagenablaufs von 836 t P, dividiert durch den Klärschlammanfall von 253.528 t [Windhofer, 2010]. Somit ergibt sich in diesem Fluss ein Phosphoraustrag von insgesamt 5.475 t P, und beinhaltet 3.862 t P im kommunalen Klärschlamm (1.107 t P wird auf landwirtschaftliche Böden ausgebracht und 2.755 t P entfallen auf die sonstige Verwertung und Entsorgung) sowie 1.614 t Phosphor im industriellen Klärschlamm (davon 132 t P auf landwirtschaftliche Böden und 1.482 t P auf sonstige Verwertung).

4.7 Prozess Boden (BOD)

4.7.1 Definition des Prozesses Boden

Dieser Prozess setzt sich aus den landwirtschaftlichen, den forstwirtschaftlichen und den sonstigen Böden zusammen. Zentrale Prozesse sind der Eintrag von organischen und mineralischen Düngemitteln sowie die pflanzliche und forstwirtschaftliche Produktion. Weiters werden Bodenverbesserungsmittel berücksichtigt, die als Rückstände bzw. als Output aus den Prozessen Abwasser- und Abfallwirtschaft auf den Boden ausgebracht werden können.

4.7.2 Definition der Flüsse im Prozess Boden

Tabelle 4-26: Definition der Input- und Outputflüsse im Prozess Boden

Input	Beschreibung	Herkunft
Bodenverbesserungsmittel	Umfasst Kompost aus Kompostierungsanlagen, Gärrest aus Biogasanlagen, Holz- und Strohasche sowie Tiermehl, welches auf den Boden ausgebracht wird. Zur Verwertung in Landwirtschaft, Landschafts- und Gartenbau.	AWS
Eigenkompost	Endprodukt aus der Kompostierung von Grünabfällen aus Schrebergärten.	PHH
Wirtschaftsdünger	Summe der in der Viehwirtschaft anfallenden Produkte: Stallmist, Gülle, Jauche.	LFW
Eigenkompost	Kompostierung von pflanzlichen Abfällen aus dem PHH +	PHH

Input	Beschreibung	Herkunft
	kommunaler Verwaltung, Speise- und Lebensmittelabfälle pflanzlicher Herkunft, Grün- und Strauchschnitt; Grünabfälle aus öffentlichen Grünflächen wie Parkanlagen oder Straßenbegleitpflanzungen.	
aufgebrachter Mineraldünger	Anorganische, in der Industrie gefertigte Düngemittel mit hoher Nährstoffkonzentration.	LFW
Stabilisierter Klärschlamm auf Boden	Der in der AWW behandelte Klärschlamm, der in der Land- und Forstwirtschaft Verwendung findet.	AWW
Kompost aus Biotonne	Kompost aus getrennt gesammelten Abfällen im PHH, Biotonne	AWS
Output	Beschreibung	Ziel
Erosion und Abschwemmung	Güter, die mit dem Regenwasser entsorgt/transportiert werden.	GEW
Versickerung	Versickerung von P-haltigen Stoffen (flüssig) in den Boden.	GEW
Pflanzliche Produkte	Produktion und Ernte von pflanzlichen Rohstoffen wie Getreide, Gemüse und Obst, Grünfutter.	LFW
Forstwirtschaftliche Produkte	Produktion von Holz zur Weiterverarbeitung im Prozess I+G.	LFW
Grüngut von öffentlichen Flächen	Umfasst pflanzliche Abfälle wie Garten- und Parkabfälle, Friedhofsabfälle, Straßenbegleitgrün und getrennt gesammelte Grünabfälle.	PHH
Grüngut zur Eigenkompostierung	Umfasst pflanzliche Abfälle aus privaten Haushalten.	PHH

INPUT

Der Güterfluss der Bodenverbesserungsmittel beträgt in Summe 1.278.500 t (eigene Berechnung nach [BMLFUW, 2009c]). Diese Summe ergibt sich aus Kompost aus Grünabfall von öffentlichen Flächen (1.126.300 t abzüglich des Rotteverlustes von 65 %), Kompost aus Kompostierungsanlagen von tierischen Nebenprodukten (12.000 t), Gärrest aus Biogasanlagen (340.400 t), dem Kompost aus Abfällen PHH (166.468 t), Kompost aus Abfällen I+G (255.675 t), Holz- und Strohasche zur weiteren Verwendung (77.000 t) und aus Tiermehl in den Boden (32.792 t [Gatternig, 2010]). Der Gärrest aus Biogasanlagen setzt sich aus 125.400 t Abfälle I+G in Vergärung, d.s. im Wesentlichen Nahrungs- und Genussmittelabfälle (Annahme: 15 % der gesamten Nahrungs- und Genussmittel werden vergoren) sowie 215.000 t Tierischen Nebenprodukten in Vergärung zusammen. Die Phosphorkonzentration liegt laut [Binder et al., 2009] in Kompost aus Grünabfällen bei 1,13 g P/kg, in Kompost aus Kompostierungsanlagen von TNP bei 7 g P/kg, der Gärrest aus Biogasanlagen von TNP 0,2 % [Gern, 2010] sowie Abfälle I+G 1,9 g P/kg, die Holz- und Strohaschen zur weiteren Verwendung mit 4 g P/kg und das Tiermehl beläuft sich laut [Lettner et al., 1998] auf 3,15 %. Beim Kompost aus Grünabfall von öffentlichen Flächen sowie Gärrest aus Biogasanlagen

von TNP wird die Annahme getroffen, dass der durch diese Flüsse eingebrachte Phosphor dem ausgebrachten Phosphor entspricht. In Summe ergibt sich ein Phosphorfluss von insgesamt 5.331 t P.

Im Wirtschaftsdünger beläuft sich der Phosphor laut [Gern, 2010] im Jahr 2006 auf 26.636 t P. Da es keine Daten zur Menge des Düngeranfalls gibt, wird dieser in diesem Fall durch Bilanzierung ermittelt und beträgt demnach 9.295.927 t. Bezüglich des Mineraldüngers wird angenommen, dass die Menge an Mineraldünger, die dem Prozess Land- und Forstwirtschaft zugeführt wird, auch auf dem Boden ausgebracht wird.

Die Gütermenge des Eigenkomposts als Output des Flusses „Grüngut zur Eigenkompostierung“ beträgt 525.000 t und ist mit 35 % Output der Kompostierungsanlagen abgeschätzt [Tesar, 2010]. Der Berechnung des P-Flusses liegt die Annahme zugrunde, dass jene Phosphorfracht im Ausgangsmaterial auch der Phosphorfracht im Endprodukt, dem Kompost, entspricht. Der Phosphorfluss beträgt demnach 1.695 t P.

Aufgebrachter Mineraldünger: Die in den letzten 5 Jahren in Österreich abgesetzte Düngermenge entspricht lt. [BMLFUW, 2009b] im Durchschnitt 179.120 t, darin enthalten sind 14.967 t P. Der Umrechnungsfaktor von P_2O_5 auf P wird mit 43,66 % festgelegt. Die Gütermenge des stabilisierten Klärschlamm, der auf den Boden aufgebracht wird, beträgt in Summe 199.831 t. Dieser Wert unterteilt sich in kommunalem Klärschlamm mit 140.931 t laut [Windhofer, 2010] (40.390 t Landwirtschaft und 100.541 t auf sonstige Verwertung und Entsorgung) sowie dem industriellen Klärschlamm laut [BMLFUW, 2002] mit 58.900 t (4.800 t Landwirtschaft und 54.100 t sonstige Verwertung und Entsorgung). Die Phosphorkonzentration im Klärschlamm wird mit 2,74 % (TS) festgelegt und ergibt sich aus der P-Zulaufmengen von 7.781 t P abzüglich des Kläranlagenablaufs von 836 t P, dividiert durch den Klärschlammmanfall von 253.528 t [Windhofer, 2010]. Somit ergibt sich in diesem Fluss ein Phosphorausstrag von insgesamt 5.475 t P, und beinhaltet 3.862 t P im kommunalen Klärschlamm (1.107 t P wird auf landwirtschaftliche Böden ausgebracht und 2.755 t P entfallen auf die sonstige Verwertung und Entsorgung) sowie 1.614 t Phosphor im industriellen Klärschlamm (davon 132 t P auf landwirtschaftliche Böden und 1.482 t P auf sonstige Verwertung).

Bezüglich des Flusses Kompost aus Biotonne liegt die Annahme zugrunde, dass keine Phosphorverluste entstehen. Die Phosphorfracht in diesem Fluss entspricht somit der Phosphorfracht im Fluss „Biotonne“ und liegt bei 1.190 t P [GERN, 2010].

OUTPUT

Die Phosphorfracht von Erosion und Abschwemmung im Jahr 1992 liegt nach [Zessner et al., 1998] zwischen 1.900 t und 5.700 t und beinhaltet die Erosion und Abschwemmung von Landwirtschaft und Forst sowie die Abschwemmung von sonstigen Böden. Es wird der Minimalwert von 1.900 t P verwendet.

Die Phosphorfracht bezüglich der Versickerung liegt bei 1.043 t P. Der Anteil des Sickerwasser aus dem Kanal beträgt 155 t P laut [Gern, 2010]. Das Sickerwasser aus Senkgruben liegt bei 355 t P, berechnet wird dieser Wert mithilfe einer angenommenen spezifischen P-Fracht

von 1,6 g P/E.d ([Hamm, 1989] und [Bernhardt, 1978]). Im Fluss Versickerung wird ebenso die Auswaschung von land- und forstwirtschaftlichen Böden berücksichtigt. Laut [Zeßner et al., 1998] liegt die Phosphorfracht in der Auswaschung landwirtschaftlicher Böden zwischen 187 t P und 374 t P. Für die Berechnung wird der Mittelwert von 281 t P verwendet. Durch die Auswaschung forstwirtschaftlicher Böden versickern 253 t P (Mittelwert aus 169 t und 337 t P) [Zeßner et al., 1998].

Zum Grüngut von öffentlichen Flächen zählen nach dem [BMLFUW, 2009c] Garten- und Parkabfälle (245.000 t), Friedhofsabfälle (207.000 t), Straßenbegleitgrün (204.000 t) sowie getrennt gesammelte Grünabfälle (470.300 t). Es ergibt sich ein Güterfluss von insgesamt 1.126.300 t. Laut [Binder et al., 2009] liegt die P-Konzentration in Grüngut bei 1,13 g P/kg. Somit beträgt die Phosphorfracht in diesem Fluss 1.273 t P.

Das Grüngut zur Eigenkompostierung beträgt laut [BMLFUW, 2009c] rund 1.500.000 t. Dieser Wert bezieht sich auf die getrennt gesammelten biogenen Abfälle aus Haushalten und ähnlichen Einrichtungen, die einer Eigenkompostierung zugeführt werden. Laut [Binder et al., 2009] liegt die P-Konzentration in Grüngut bei 1,13 g P/kg. Somit beträgt die Phosphorfracht in diesem Fluss 1.695 t P.

Der Prozess Land- und Forstwirtschaft wird vor allem dominiert durch den Fluss pflanzliche Produkte, der pro Jahr 46.063 t P in diesen Prozess einbringt. Dieser Wert bezieht sich auf die Jahre 2001 bis 2006, die Gütermengen (verwendet wird der Mittelwert) stammen aus dem [BMLFUW, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006b sowie 2007]. Berücksichtigt werden Getreide, Ölsaaten, Obst sowie Grünfütter. Die Güter- und Phosphorflüsse setzen sich wie folgt zusammen:

Tabelle 4-27: Zusammensetzung der Güter- und Phosphormengen des Flusses „pflanzliche Produkte“ (exkl. Grünfütter, Silo- und Grünmais) (P-Konzentrationen nach [Gern, 2010])

Pflanzen	Gütermenge (t/a)	P-Konzentration (in % FS)		P-Fluss (t/a)
		Min.	Max.	
Weichweizen	1.377.873	0,33	0,35	4.685
Hartweizen	64.551	0,33	0,35	219
Dinkel	15.841	0,33	0,35	54
Roggen	164.729	0,33	0,35	560
Wintermenggetreide	8.213	0,35	0,35	29
Wintergerste	396.293	0,33	0,35	1.347
Sommergerste	529.797	0,33	0,35	1.801
Sommerngetreide	29.160	0,33	0,35	99
Hafer	128.694	0,33	0,35	438
Körnermais	1.857.745	0,28	0,35	5.852
Triticale	173.714	0,33	0,35	591
Körnererbsen	98.004	0,48	0,48	470
Ackerbohnen	7.906	0,52	0,52	41

Pflanzen	Gütermenge	P-Konzentration (in % FS)		P-Fluss (t/a)
		Min.	Max.	
Winterraps zur Ölgewinnung	118.622	0,50	0,79	762
Sommerraps und Rüben	597	0,05	0,05	0
Sonnenblumen	70.563	0,70	0,70	493
Ölkürbis	8.283	0,50	0,70	50
Sojabohnen	46.504	0,48	0,48	223
Frühe und mittelfrühe Speise- erdäpfel	318.194	0,05	0,10	239
Späterdäpfel	356.823	0,05	0,10	268
Zuckerrüben (ohne Saatgut)	2.796.842	0,04	0,04	1.220
Futterrüben	31.472	0,03	0,04	11
Gemüse gesamt	530.200	0,07	0,13	530
Wein (Trauben)	472.303	0,11	0,11	520
Obst Intensivanbau	239.447	0,01	0,02	36
Obst Extensivanbau	528.868	0,01	0,02	79
Summe	10.371.240			20.618

Bei den pflanzlichen Produkten ebenso berücksichtigt werden Grünfutter sowie Silo- und Grünmais. Der Nettoertrag an Grünfutter (Dauergrünland und Feldfutter) beträgt im Jahr 2008 nach [BMLFUW, 2009a] rund 6.450.000 t. Der P-Gehalt liegt nach [ÖAG, 1993] zwischen 2,5 und 3,6 kg P/t wobei die höhere Konzentration herangezogen wird. Die Phosphorfracht ergibt im Grünfutter 23.220 t P. Weiters werden nach [Gern, 2010] 3.311.090 t (FM) Silo- und Grünmais geerntet. Der Trockensubstanzgehalt liegt laut [Spiekers & Rutzmoser, 2008] zwischen 28 % und 35 %, für die Berechnung wird ein Mittelwert von 32 % verwendet. Es ergibt sich eine Gütermenge von 1.059.549 t (TM), welche 2.225 t Phosphor enthält (P-Konzentration liegt laut [ÖAG, 1993] bei 2,10 g P/kg TM).

Die forstwirtschaftlichen Produkte (Holz) liegt laut [BMLFUW, 2009a] bei 21.800.000 Efm, der Umrechnungsfaktor auf Tonnen wird mit 0,5 t/Efm angenommen und ergibt somit einen Massenfluss von 10.900.000 t. Holz hat einen sehr geringen P-Gehalt und wird mit 0,06 g P/kg laut [Binder et al., 2009] angenommen, sodass trotz des großen Massenfluss lediglich 654 t Phosphor in diesen Prozess einfließt.

LAGER

Für den Prozess Boden wird ein Phosphorlager in Anlehnung an [Fellner et al., 2007] mit 37.600.000 t P abgeschätzt.

4.8 Prozess Gewässer (GEW)

4.8.1 Definition des Prozesses Gewässer

Der Prozess Gewässer beinhaltet die Gesamtheit der Oberflächengewässer, Grundwasser und den Bereich Brauch- und Trinkwasserversorgung.

4.8.2 Definition der Flüsse im Prozess Gewässer

Tabelle 4-28: Definition der Input- und Outputflüsse im Prozess Gewässer

Input	Beschreibung	Herkunft
Versickerung	Versickerung von P-haltigen Stoffen (flüssig) in den Boden.	BOD
Ablauf Kläranlage	Beinhaltet den Ablauf aller kommunalen und industriellen Kläranlagen.	AWW
Erosion und Abschwemmung	Güter, die mit dem Regenwasser entsorgt/ transportiert werden.	BOD
Output	Beschreibung	Ziel
Abfluss	Von Flüssen und Bächen ins Ausland.	EXPORT

INPUT

Der Ablauf von Kläranlagen beträgt im Jahr 2008 etwa 12.044.402 t und wird durch Bilanzierung ermittelt. Die emittierte Phosphorfracht liegt bei 899 t P. Dieser Wert setzt sich zusammen aus 836 t P von kommunalen Abwasserreinigungsanlagen [Windhofer, 2010] sowie aus 63 t P von industriellen Direkteinleitern [BMLFUW, 2002].

Die Phosphorfracht von Erosion und Abschwemmung im Jahr 1992 liegt nach [Zessner et al., 1998] zwischen 1.900 t und 5.700 t und beinhaltet die Erosion und Abschwemmung von Landwirtschaft und Forst sowie die Abschwemmung von sonstigen Böden. Es wird der Minimalwert von 1.900 t P verwendet.

Die Phosphorfracht bezüglich der Versickerung liegt bei 1.043 t P. Der Anteil des Sickerwasser aus dem Kanal beträgt 155 t P laut [Gern, 2010]. Das Sickerwasser aus Senkgruben liegt bei 355 t P. Berechnet wird dieser Wert mithilfe einer angenommenen spezifischen P-Fracht von 1,6 g P/E.d ([Hamm, 1989] und [Bernhardt, 1978]). Im Fluss Versickerung wird ebenso die Auswaschung von land- und forstwirtschaftlichen Böden berücksichtigt. Laut [Zeßner et al., 1998] liegt die Phosphorfracht in der Auswaschung landwirtschaftlicher Böden zwischen 187 t P und 374 t P. Für die Berechnung wird der Mittelwert von 281 t P verwendet. Durch die Auswaschung forstwirtschaftlicher Böden versickern 253 t P (Mittelwert aus 169 t P und 337 t P) [Zeßner et al., 1998].

OUTPUT

Dem Abfluss liegt die Annahme zugrunde, dass jene Phosphorfracht, die den Input in den Prozess Gewässer darstellt, dem Output entspricht. In Summe sind dies 3.842 t P.

LAGER

Für diesen Prozess wird ein Phosphorlager von 8.360 t P abgeschätzt (nach [Fellner et al., 2007]).

5 Ergebnisse

5.1 Phosphorhaushalt Österreich

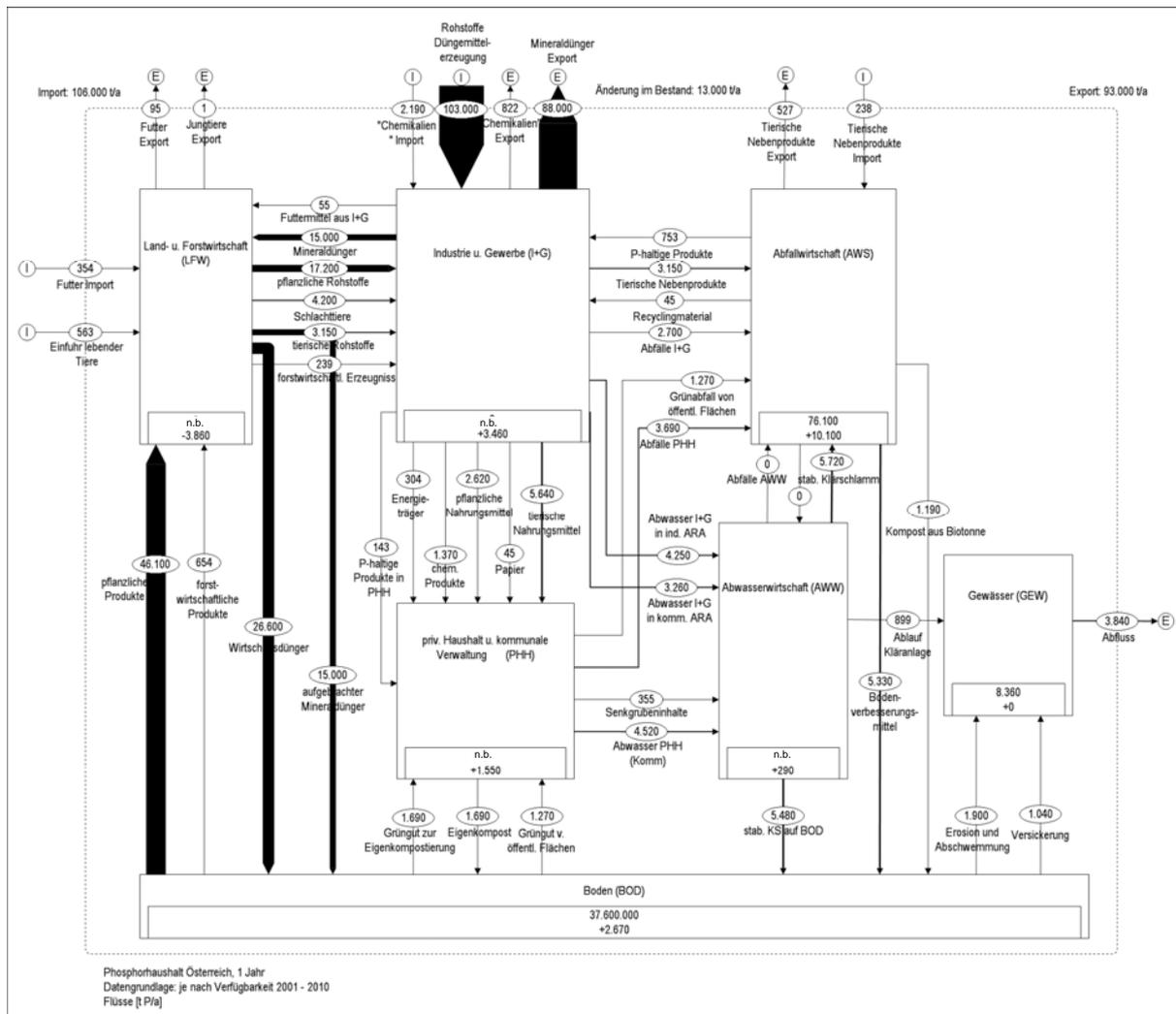


Abbildung 5-1: Phosphorhaushalt Österreich

Der Phosphorhaushalt Österreich wird vor allem durch die Prozesse Industrie und Gewerbe (I+G) und Land- und Forstwirtschaft (LFW) dominiert. Der wichtigste P-Input in den Prozess I+G sind die importierten „Rohstoffe Düngemittelerzeugung“ mit jährlich knapp 103.000 t P. Diese Rohstoffe werden ausschließlich für die Erzeugung von mineralischen Düngemitteln verwendet. Den Prozess Boden (BOD) dominiert die Düngung der landwirtschaftlichen Böden in Form von jährlich 26.600 t P „Wirtschaftsdünger“ und weiteren 15.000 t P „aufgebrachtem Mineraldünger“. Im Gegenzug werden dem Prozess BOD jährlich über die „pflanzlichen Produkte“ etwa 46.100 t P entzogen.

Über die phosphorhaltigen Güter werden jährlich etwa 106.000 t P importiert, wovon die „Rohstoffe zur Düngemittelerzeugung“ (rund 103.000 t P) mit 97 % den größten Anteil ha-

ben. Der Beitrag der importierten „Chemikalien“ (ca. 2.190 t P) am gesamten Import ist mit 2 % gering. Das importierte „Futter“ und die „lebenden Tiere“ spielen mit jährlich 354 t P bzw. 563 t P eine untergeordnete Rolle. Jährlich werden etwa 93.000 t P exportiert. Den größten Anteil an den exportierten Gütern (94 %) hat der exportierte „Mineraldünger“ mit etwa 88.000 t P. Über den Prozess Gewässer im „Abfluss“ verlassen weitere 3.840 t P Österreich. Ihr Beitrag an den exportierten Gütern liegt bei 4 %.

Österreich weist ein Nettowachstum des Phosphorlagers von etwa 13.000 t P (16.900 t P Lagerzuwachs abzüglich 3.890 t P Lagerabgang) pro Jahr auf. Die Lagerzuwächse finden vor allem in den Prozessen Abfallwirtschaft (AWS) und Industrie und Gewerbe (I+G) statt. Der größte Lagerzuwachs mit jährlich 10.100 t P, d.s. 78 % des gesamten Lagerzuwachses findet im Prozess Abfallwirtschaft (AWS) statt. Hauptverantwortlich für den Lagerzuwachs im Prozess AWS sind die „Aschen aus Verbrennung“, mit jährlich 7.670 t P liegt ihr Anteil bei 80 %. Der Lagerzuwachs im Prozess I+G liegt bei jährlich 3.460 t P, d.s. 26 % des gesamten Lagerzuwachses.

In den Prozess Abfallwirtschaft (AWS) fließen jährlich etwa 16.700 t P, wovon 54 % (ca. 9.120 t P) auf die Deponie gelangen. Von den deponierten Gütern entfallen etwa 80 % (ca. 7.670 t P) auf das Gut „Aschen aus Verbrennung“. Die wichtigsten Inputgüter in den Prozess AWS sind der „stab. Klärschlamm“ mit 5.720 t P, die „Abfälle PHH“ mit 3.690 t P und die „tierischen Nebenprodukte“ mit 3.150 t P. Den Prozess AWS verlassen jährlich etwa 7.800 t P, wovon 68 %, d.s. ca. 5.330 t P über die „Bodenverbesserungsmittel“ auf den Prozess Boden (BOD) gelangen.

In den Prozess Abwasserwirtschaft (AWW) fließen jährlich 12.400 t P. Die wichtigsten Inputgüter in den Prozess AWW sind der „stab. Klärschlamm auf BOD“ mit 5.480 t P, das „Abwasser PHH“ mit 4.520 t P, das „Abwasser I+G in ind. ARA“ mit 4.250 t P und das „Abwasser I+G in komm. ARA“ mit 3.260 t P. Aus dem Prozess AWW fließen jährlich ca. 12.100 t P, wovon 47 %, d.s. ca. 5.720 t P über den „stabilisierten Klärschlamm“ in den Prozess Abfallwirtschaft gelangen. Weitere 44 % d.s. ca. 5.480 t P verlassen die Abwasserwirtschaft über den „stab. Klärschlamm BOD“ in den Prozess Boden. Ein relevanter Lageraufbau (+290 t P) findet im Prozess AWW nicht statt.

5.2 Prozess Land- und Forstwirtschaft (LFW)

Der gesamte Input in den Prozess LFW beträgt etwa 62.700 t P, wobei 73 % aus dem Prozess Boden (BOD) stammen. Zentrale Inputflüsse sind die „pflanzlichen Produkte“ mit ca. 46.100 t P und der „Wirtschaftsdünger“ mit etwa 26.600 t P. Gemeinsam stellen sie 97 % der gesamten Phosphor-Inputmenge dar. Die Inputflüsse „Futtermittel aus I+G“, „Futter Import“ als auch „Einfuhr lebender Tiere“ spielen für den Phosphorhaushalt eine untergeordnete Rolle.

Den Prozess LFW verlassen etwa 66.500 t P, wovon 63 % in den Prozess Boden (BOD) und 37 % in den Prozess Industrie und Gewerbe (I+G) gelangen. Die wichtigsten Outputflüsse

sind der „Wirtschaftsdünger“ mit etwa 26.600 t P, der „aufgebrachte Mineraldünger“ mit rund 15.000 t P und die „pflanzlichen Rohstoffe“ mit über 17.200 t P. Die beiden Exportflüsse „Jungtiere Export“ und „Futter Export“ sind für den Phosphorhaushalt unbedeutend.

In diesem Prozess ergibt sich eine Lagerveränderung von minus 6 %, d.h. dass etwa 3.860 t P im Prozess Land- und Forstwirtschaft verloren gehen.

5.3 Prozess Industrie und Gewerbe (I+G)

In den Prozess Industrie und Gewerbe (I+G) gelangen ca. 130.800 t P. Die für die Erzeugung von Mineraldüngern benötigten Rohstoffe („Rohstoffe Düngemittelerzeugung“) tragen zu 78 % am gesamten Input dieses Prozesses bei. Weitere wichtige Inputflüsse sind die „pflanzlichen Rohstoffe“ mit über 17.200 t P, die „Schlachttiere“ mit ca. 4.200 t P und die „tierischen Rohstoffe“ mit ca. 3.150 t P.

Den Prozess Industrie und Gewerbe (I+G) verlassen ca. 127.340 t P. Die wichtigsten Outputflüsse sind der „Mineraldünger Export“ mit etwa 88.000 t P, „Futtermittel aus I+G“ mit rund 15.000 t P, „Abwasser I+G“ in die ind. und in die komm. ARA zusammen ca. 7.510 t P (4.250 t P ind. ARA, 3.260 t P komm. ARA) und „tierische Nahrungsmittel“ mit 5.640 t P.

Der Lagerzuwachs liegt im Prozess I+G bei rund 3.460 t P pro Jahr.

5.4 Prozess Privater Haushalt und kommunale Verwaltung (PHH)

Der gesamte Input in den Prozess PHH beträgt etwa 13.090 t P, wobei 77 % aus dem Prozess Industrie und Gewerbe (I+G) stammen. Die wichtigsten Inputflüsse sind die „tierischen Nahrungsmittel“ mit ca. 5.640 t P, die „pflanzlichen Nahrungsmittel“ mit ca. 2.620 t P und das „Grüngut zur Eigenkompostierung“ mit etwa 1.690 t P. 77 % des gesamten Phosphorinputs stammen aus dem Prozess Industrie und Gewerbe (I+G), die restl. 23 % aus dem Prozess Boden (BOD).

Den Prozess PHH verlassen 11.540 t P, wovon 43 % in den Prozess Abfallwirtschaft (AWS), 41 % in den Prozess Abwasserwirtschaft (AWW) und 15 % auf den Boden (BOD) gelangen. Die wichtigsten Outputflüsse sind das „Abwasser PHH (Komm)“ mit etwa 4.520 t P, „Abfälle PHH“ mit rund 3.690 t P und der „Eigenkompost“ mit ca. 1.690 t P.

Das Lager im Prozess Privater Haushalt und kommunale Verwaltung (PHH) wächst pro Jahr um rund 1.550 t P an.

5.5 Prozess Abfallwirtschaft (AWS); Subsystem Abfallwirtschaft (AWS)

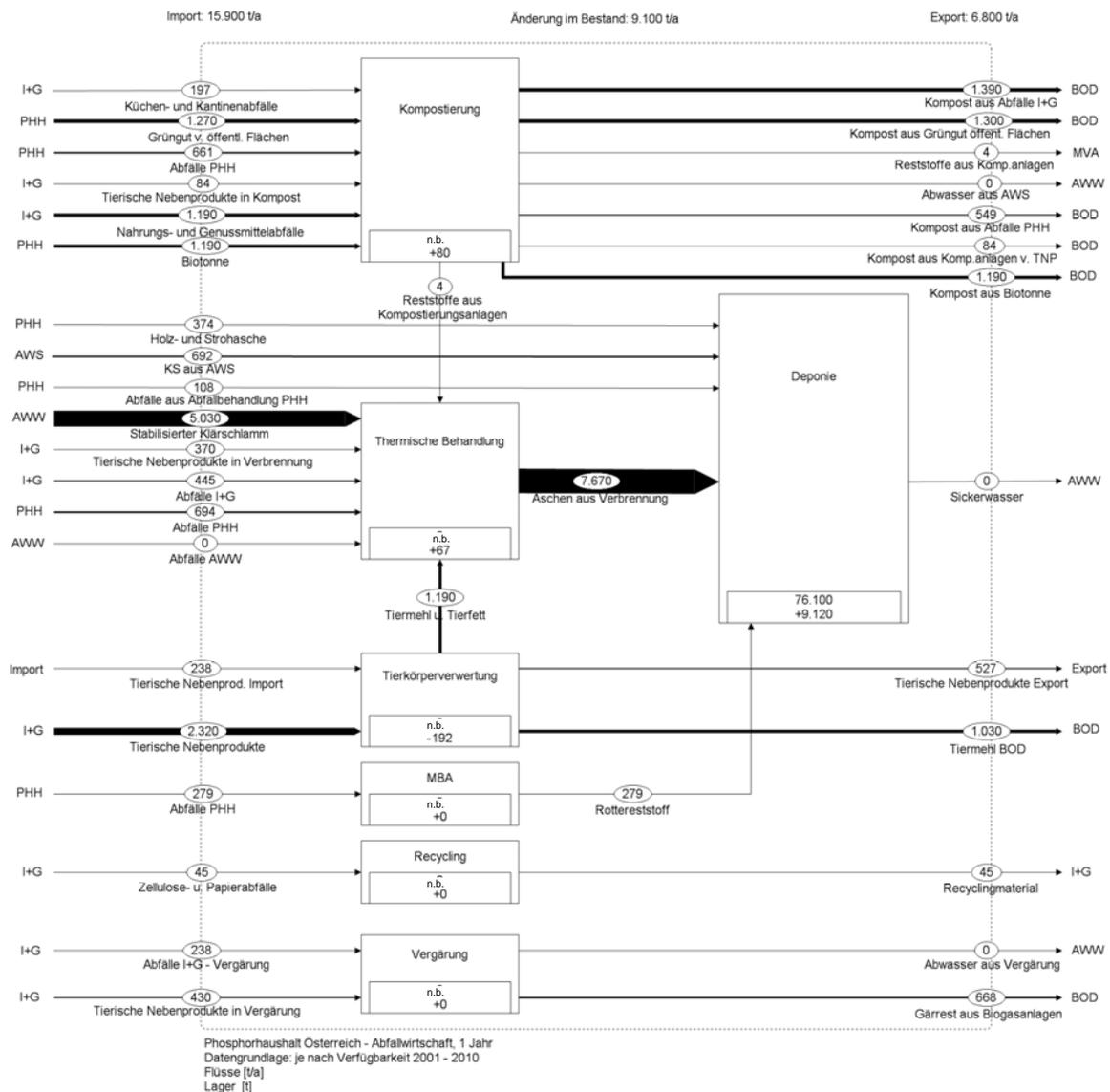


Abbildung 5-2: Phosphorhaushalt Österreich; Subsystem Abfallwirtschaft (AWS)

Im Subsystem Abfallwirtschaft sind vor allem die Prozesse Thermische Behandlung, Tierkörperverwertung und Kompostierung für den Phosphorhaushalt Österreich von Bedeutung. Der wichtigste P-Input in den Prozess Thermische Behandlung ist der „stabilisierte Klärschlamm“, der mit jährlich rund 5.030 t P für etwa 32 % des gesamten Phosphorinputs in das Subsystem AWS verantwortlich ist. Die „tierischen Nebenprodukte“ aus I+G mit 2.320 t P, das „Grüngut von öffentlichen Flächen“ mit 1.270 t P und die „Nahrungs- und Genussmittelabfälle“ mit 1.190 t P sind weitere zentrale phosphorhaltige Güter im Subsystem AWS. Diese 4 Güter sind für fast 61 % des gesamten Inputs in das Subsystem AWS verantwortlich. Etwa 33 % des gesamten Inputs stammt aus dem Prozess I+G, 31 % aus dem Prozess Abwas-

serwirtschaft (AWW) und knapp 30 % aus dem Prozess Privater Haushalt und kommunale Verwaltung (PHH).

Das Subsystem AWS verlassen etwa 6.800 t P, wovon ca. 90 % in den Prozess Boden (BOD) fließen. Der bedeutendste Outputfluss sind die „Bodenverbesserungsmittel“ mit 5.330 t P.

Der größte Fluss im Subsystem AWS die „Aschen aus Verbrennung“ mit jährlich ca. 7.670 t P verbleibt in der Abfallwirtschaft. Er gelangt in den Subprozess Deponie und ist zu etwa 80 % für den Lagerzuwachs in diesem Prozess verantwortlich. Weitere Flüsse in den Prozess Deponie sind „Klärschlamm aus AWS“ mit 692 t P und die „Holz- und Strohasche“ mit 374 t P. Die beiden Flüsse tragen weitere etwa 12 % zum Lagerzuwachs im Prozess Deponie bei.

Das Phosphorlager in der Deponie wird in Anlehnung an [Fellner et al., 2007] mit 76.100 t P abgeschätzt, die Deponie wächst jährlich um 9.120 t P an.

Subprozess Thermische Behandlung

In den Prozess Thermische Behandlung gelangen jährlich etwa 7.730 t P. Das wichtigste Inputgut „Stabilisierter Klärschlamm“ ist mit 5.030 t P zu 65 % hauptverantwortlich für gesamten Input in diesen Prozess. Ein weiterer wichtiger Inputfluss ist das „Tiermehl und Tierfett“ mit etwa 1.190 t P. Beide Güter sind etwa für 80 % des Inputs verantwortlich.

Den Prozess Thermische Behandlung verlassen etwa 7.670 t P pro Jahr. Die 7.670 t P gelangen über den einzigen Outputfluss „Aschen aus der Verbrennung“ in den Prozess Deponie.

Im Prozess Thermische Behandlung befindet sich kein relevantes Lager.

Subprozess Vergärung

In den Prozess Vergärung gehen die beiden Flüsse „Tierische Nebenprodukte in Vergärung“ mit 430 t P und „Abfälle I+G Vergärung“ mit 238 t P aus dem Prozess I+G. Der Fluss „Tierische Nebenprodukte in Vergärung“ trägt 64 % zum gesamten Phosphorinput bei. Der Outputfluss „Gärrest aus Biogasanlagen“ mit 668 t P gelangt auf den Prozess Boden. Im Abwasser befindet sich keine relevante Phosphorfracht. Im Prozess Vergärung befindet sich kein relevantes Lager.

Subprozess MBA

Der Prozess MBA spielt mit einer Phosphorfracht von jährlich etwa 279 t P für den Phosphorhaushalt Österreich eine untergeordnete Rolle. Der einzige Inputfluss „Abfälle PHH“ verlässt zu 100 % über die „Rottereststoffe“ den Prozess und geht in den Prozess Deponie ein. Im Prozess MBA befindet sich kein relevantes Lager.

Subprozess Kompostierung

In den Prozess Kompostierung fließen jährlich etwa 4.600 t P. Die beiden wichtigsten Inputgüter „Grüngut v. öffentlichen Flächen“ mit 1.270 t P aus dem Prozess PHH und „Nahrungs- und Genussmittelabfälle“ mit 1.190 t P aus dem Prozess I+G tragen 53 % zum gesamten Input in diesen Prozess bei.

Den Prozess Kompostierung verlassen etwa 4.500 t P pro Jahr, wovon nahezu 100 % auf den Prozess Boden aufgebracht werden. Die wichtigsten Outputgüter sind der „Kompost aus Abfällen I+G“ mit 1.390 t P, der „Kompost aus Grüngut öffentl. Flächen“ mit 1.300 t P und „Kompost aus Abfällen PHH“ mit 549 t P. Im Prozess Kompostierung befindet sich kein relevantes Lager.

Subprozess Tierkörperverwertung

Der Fluss „Tierische Nebenprodukte“ ist mit jährlich 2.320 t P zu 91 % hauptverantwortlich für den Input in den Prozess Tierkörperverwertung. Die restlichen 9 % tragen die importierten „Tierischen Nebenprodukte Import“ mit jährlich etwa 238 t P bei. Der Output von ca. 2.750 t P setzt sich zu 81 % aus den beiden Gütern „Tiermehl und Tierfett“ mit 1.190 t P und aus dem „Tiermehl BOD“ mit 1.030 t P zusammen. Das „Tiermehl und Tierfett“ gelangt in den Prozess Thermische Behandlung, das „Tiermehl BOD“ geht in den Prozess Boden ein. Im Prozess Tierkörperverwertung befindet sich kein relevantes Lager.

Subprozess Recycling

Der Prozess Recycling ist mit einer Phosphorfracht von jährlich 45 t P für den Phosphorhaushalt Österreich unbedeutend. Der Inputfluss besteht aus „Zellulose- und Papierabfällen“, der Outputfluss aus „Recyclingmaterial“. Im Prozess Recycling befindet sich kein relevantes Lager.

Subprozess Deponie

In den Prozess Deponie gelangen jährlich ca. 9.120 t P. Das wichtigste Inputgut ist die „Asche aus der Verbrennung“ aus dem Prozess Thermische Behandlung mit jährlich ca. 7.670 t P. Die „Asche aus der Verbrennung“ ist zu 84 % hauptverantwortlich für den gesamten Input in diesen Prozess. Ein weiterer Inputfluss ist „KS aus AWS“ mit 692 t P.

Da keine relevanten P-Flüsse den Prozess Deponie verlassen, verbleibt praktisch der gesamte P-Input auf der Deponie und führt somit zu einem jährlichen Lageraufbau von rund 9.120 t P, d.s. rund 12 % Lagerzuwachs. Das Lager des Subprozesses Deponie wurde in Anlehnung an [Fellner et al., 2007] mit 76.100 t P abgeschätzt.

5.6 Prozess Abwasserwirtschaft (AWW)

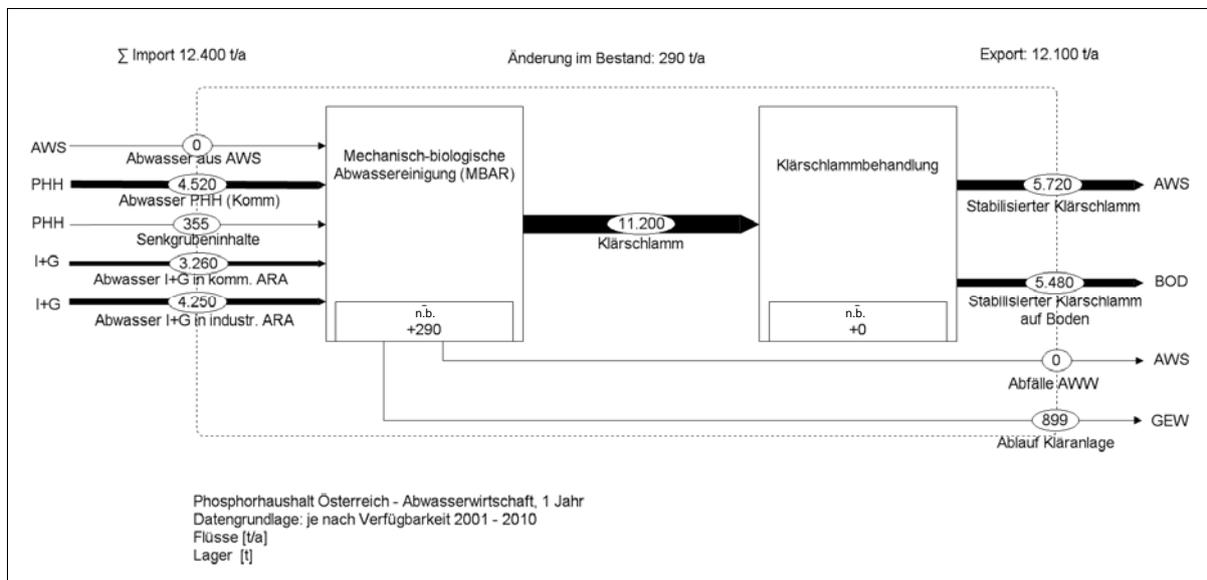


Abbildung 5-3: Phosphorhaushalt Österreich; Subsystem Abwasserwirtschaft (AWW)

Im Subsystem Abwasserwirtschaft sind die beiden Prozesse Mechanisch-biologische Abwasserreinigung (MBAR) und Klärschlammbehandlung für den Phosphorhaushalt Österreich von Bedeutung. Die zentralen phosphorhaltigen Güter im Subsystem AWW sind das „Abwasser PHH (Komm)“ mit jährlich rund 4.520 t P, das „Abwasser I+G in industr. ARA“ mit 4.250 t P und das „Abwasser I+G in komm. ARA“ mit 3.260 t P. Diese 3 Güter sind für etwa 97 % des gesamten Inputs in das Subsystem AWW verantwortlich. Etwa 61 % des gesamten Inputs stammt aus dem Prozesse I+G und 39 % aus dem Prozess Privater Haushalt und kommunale Verwaltung (PHH).

Das Subsystem AWW verlassen jährlich 12.100 t P, wovon ca. 45 % über das Gut „Stabilisierter Klärschlamm auf Boden“ in den Prozess Boden (BOD) und 47 % über das Gut „Stabilisierter Klärschlamm“ in den Prozess Abfallwirtschaft fließen. Im Subsystem Abwasserwirtschaft befindet sich kein relevantes Lager.

Subprozess Mechanisch-biologische Abwasserreinigung (MBAR)

97 % des gesamten in den Prozess Mechanisch-biologische Abwasserreinigung gelandenden Phosphors stammt vom Abwasser aus den Prozessen PHH und I+G welche in kommunalen und industriellen Abwasserreinigungsanlagen behandelt werden. Die Senkgrubeninhalte sind mengenmäßig unbedeutend und die Abwässer aus dem Prozess AWS enthalten nahezu keinen Phosphor. Es werden 61 % des P-Inputs durch den Prozess I+G und 39 % durch den Prozess PHH eingebracht. Im einzigen Outputfluss „Klärschlamm“ verlassen 11.200 t P diesen Prozess. Etwa 7 % des Phosphors, d.s. 899 t P gelangen über den „Ablauf Kläranlage“ in den Prozess Gewässer. Im Prozess Mechanisch-biologische Behandlung befindet sich kein relevantes Lager.

Subprozess Klärschlammbehandlung

Der gesamte Phosphor im Gut „Klärschlamm“ (11.200 t P) aus dem Prozess Mechanisch-biologische Abwasserreinigung gelangt in den Prozess Klärschlammbehandlung. Der Output von ca. 12.100 t P setzt sich zu 93 % aus den beiden Gütern „Stabilisierter Klärschlamm“ mit 5.720 t P und „Stabilisierter Klärschlamm auf den Boden“ mit 5.480 t P zusammen. Der „stabilisierte Klärschlamm“ wird im Prozess Thermische Behandlung verbrannt, der „stabilisierte Klärschlamm auf Boden“ wird auf dem Boden ausgebracht. Im Prozess Klärschlammbehandlung befindet sich kein relevantes Lager.

5.7 Prozess Gewässer (GEW)

In den Prozess Gewässer fließen in Summe jährlich rund 3.840 t P, wovon 77 % über die beiden Güter „Erosion und Abschwemmung“ mit 1.900 t P und „Versickerung“ mit 1.040 t P eingebracht werden. Die restlichen 23 % stammen vom Gut „Ablauf Kläranlage“, d.s. ca. 899 t P. Der Output entspricht mit 3.840 t P dem Input und verlässt den Prozess über das Gut „Abfluss“.

Das Phosphorlager in diesem Prozess wird auf 8.360 t P, in Anlehnung an [Fellner et al., 2007] abgeschätzt. Es finden keine Lagerveränderungen statt.

5.8 Prozess Boden (BOD)

In den Prozess Boden (BOD) fließen jährlich ca. 55.290 t P. Die beiden wichtigsten Inputgüter sind der „Wirtschaftsdünger“ mit 26.600 t P und der „aufgebrachte Mineraldünger“ mit 15.000 t P. Sie sind für 75 % des gesamten Inputs dieses Prozesses verantwortlich. Weitere wichtige Inputflüsse sind stabilisierter Klärschlamm „stab. KS auf BOD“ mit etwa 5.480 t P und die „Bodenverbesserungsmittel“ mit ca. 5.330 t P.

Den Prozess Boden (BOD) verlassen ca. 52.650 t P. Der wichtigste Outputfluss ist mit einem Anteil von ca. 87 % die „pflanzlichen Produkte“ mit etwa 46.100 t P. Weitere Outputgüter sind die „Erosion und Abschwemmung“ mit 1.900 t P, das „Grüngut zur Eigenkompostierung“ mit rund 1.690 t P, „Grüngut v. öffentl. Flächen“ mit 1.270 t P und die „Versickerung“ mit 1.040 t P.

Das P-Lager im Prozess Boden wird in Anlehnung an [Fellner et al., 2007] mit 37.600.000 t P für das System Österreich abgeschätzt. Der jährliche Lagerzuwachs liegt bei 2.670 t P.

6 Schlussfolgerungen

- **Im Phosphorhaushalt Österreich werden jährlich etwa 106.000 t Phosphor umgesetzt**

Für die Erzeugung von mineralischen Düngemitteln werden jährlich fast 103.000 t P benötigt, die für deren Herstellung benötigten Rohstoffe werden zur Gänze importiert. Ein Großteil (85 %), d.s. 88.000 t P werden über den hergestellten Mineraldünger wieder exportiert.

- **Dem Boden werden jährlich etwa 55.300 t Phosphor zugeführt und über die pflanzlichen Produkte etwa 46.100 t P wieder entzogen.**

Auf den landwirtschaftlichen Böden werden über den Wirtschaftsdünger etwa 26.600 t P und über den Mineraldünger ca. 15.000 t P aufgebracht, d.s. in Summe 41.600 t P. Weitere 10.810 t P werden über den stabilisierten Klärschlamm mit etwa 5.480 t P und den Bodenverbesserungsmitteln mit ca. 5.330 t P auf den Böden aufgebracht.

- **Jährlich gelangen 7.670 t P in Aschen aus der Verbrennung auf die Deponien und gehen damit für ein zukünftiges Recycling verloren.**

Die bei der thermischen Behandlung vor allem von stabilisiertem Klärschlamm (5.030 t P) und von Tiermehl und Tierfett (1.190 t P) anfallende Asche wird gegenwärtig deponiert. Somit wird die Deponie (neben dem Boden) mit einem jährlichen Lagerzuwachs von ca. 9.120 t P, das ist ein Lageraufbau von fast 12 %, zu einer wichtigen Senke für Phosphor in Österreich.

- **Die Menge der gegenwärtig in Österreich deponierten Aschen enthält ca. 7.670 t P. Diese Menge entspricht mehr als 50 % des jährlichen österreichischen Mineraldüngerbedarfs von etwa 15.000 t P.**

Wird die Menge des in Österreich aufgebrachten Mineraldüngers, d.s. rund 15.000 t P, mit der P-Menge der bei der thermischen Behandlung anfallenden und deponierten Aschen, d.s. etwa 7.670 t P verglichen, so könnten damit theoretisch über 50 % des Düngemittelbedarfs in Österreich gedeckt werden.

- **Praktisch der gesamte in der Kompostierung umgesetzte Phosphor gelangt auf die Böden.**

Die in der Kompostierung umgesetzten Abfälle enthalten etwa 4.600 t P. Praktisch die gesamte Menge Phosphor (4.500 t P) wird auf den Böden aufgebracht.

- **Vom in der Tierkörperverwertung umgesetzten Phosphor (ca. 2.560 t P) werden ca. 530 t P in tierischen Nebenprodukten exportiert.**

Etwa 21 % des in der Tierkörperverwertung anfallenden Phosphors gelangt in den Export und ist damit als potentieller Dünger verloren. Diese Menge ist jedoch im Vergleich zu den Phosphormengen in den Aschen unbedeutend.

- **Aus dem Prozess Abfallwirtschaft gelangen etwa 6.210 t P in den Boden und 9.120 t P in die Deponie.**

Über 90 % der im Prozess Abfallwirtschaft anfallenden Abfälle werden auf Böden ausgebracht, das sind fast 37 % des gesamten Inputs. Etwa 54 % des gesamten Phosphorinputs wird einer Deponierung zugeführt und ist für eine etwaige Phosphorrückgewinnung verloren.

7 Literaturverzeichnis

- AG, V., 2005 Mitverbrennung von Klärschlamm im Fernheizkraftwerk Mellach. <http://reports.verbund.com/nb/de/2005/ausgewaehlteprojekte/mitverbrennungklaerschlammminmellach.html>. 14.12.2010.
- AMA, 2009a: AMA-Ertragshebung (Sommer- und Herbsthebung). Daten & Fakten der AgrarMarkt Austria für den Bereich Getreide und Ölsaaten. AgrarMarkt Austria. Verfügbar unter: <http://www.ama.at/Portal.Node/ama/public?gentics.am=PCP&p.contentid=10007.27196> (Abfrage am 12.07.2010)
- AMA, 2009b: AMA-Ertragshebung (Sommer- und Herbsthebung). Daten & Fakten der AgrarMarkt Austria für den Bereich Obst. AgrarMarkt Austria. Verfügbar unter: http://www.ama.at/Portal.Node/ama/public?gentics.rm=PCP&gentics.pm=gti_full&p.contentid=10008.75209&01_ZEITREIHE_OBST_AT.pdf (Abfrage am 14.09.2010)
- Bernhardt, H., 1978: Phosphor - Wege und Verbleib in der BRD. Weinheim, New York.
- Binder C. R., de Baan L., Wittmer D., 2009: Phosphorflüsse in der Schweiz. Stand, Risiken und Handlungsoptionen. Abschlussbericht. Umwelt-Wissen Nr. 0928. Bundesamt für Umwelt, Bern.
- BMLFUW, 2002: Gewässerschutzbericht 2002. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt- und Wasserwirtschaft, Wien.
- BMLFUW, 2005: Grüner Bericht 2005. 46. Auflage, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien
- BMLFUW, 2006a: Bundes-Abfallwirtschaftsplan 2006. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien.
- BMLFUW, 2006b: Grüner Bericht 2006. 47. Auflage, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien
- BMLFUW, 2007: Grüner Bericht 2007. 48. Auflage, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien
- BMLFUW, 2008: Grüner Bericht 2008. 49. Auflage, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien.
- BMLFUW, 2009a: Grüner Bericht 2009. 50. Auflage, Wien: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft.

- BMLFUW, 2009b: Grüner Bericht 2009. Düngerabsatz im Zeitvergleich. 50. Auflage, Wien: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft. Verfügbar unter: <http://www.agraroekonomik.at/index.php?id=588> (Abfrage am 14.09.2010)
- BMLFUW, 2009c: Die Bestandsaufnahme der Abfallwirtschaft in Österreich. Statusbericht 2009. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft.
- BMLFUW, 2009d: Schriftliche Auskunft Manfred Domenig am 10.08.2010. Umweltbundesamt, Wien.
- Döberl, G.; Huber, R.; Fellner, J.; Cencic, O.; Brunner, P. H., 2002: Neue Strategien zur Nachsorge von Deponien und zur Sanierung von Altlasten. Projekt STRANDEZA. Technische Universität Wien. Institut für Wassergüte und Abfallwirtschaft. Abteilung Abfallwirtschaft und Stoffhaushalt. Wien.
- Gatternig, 2010: Schriftliche Mitteilung am 11.11.2010. Umweltbundesamt, Wien.
- Gern, 2010: Zwischenergebnisse aus dem ProVision Projekt „Gesunde Ernährung und Nachhaltigkeit“ unveröffentlicht, Wien: Institut für Wassergüte, Ressourcenmanagement und Abfallwirtschaft, TU Wien
- Hamm, A., 1989: Kompendium Auswirkungen der Phosphat-Höchstmengenverordnung für Waschmittel auf Kläranlagen und in Gewässern. Sankt Augustin.
- Horn, H., 1985: Die Waldtrachtkrankheit der Honigbiene. Der Einfluss des Mineralstoffgehaltes in Honigtauhonigen. In: Apidologie, 1985, 16 (2), 139-156. Landesanstalt für Bienenkunde der Universität Hohenheim, Stuttgart.
- Lebensministerium, 2006: Mechanisch-biologische Behandlungsanlagen (MBA) <http://www.bundesabfallwirtschaftsplan.at/article/archive/12488>. 21.12.2010.
- Lettner, F.; Wetscherek, W.; Knaus, W., 1998: Tiermehl in der Schweinemast. Aus "Die Bodenkultur". Universität für Bodenkultur Wien.
- Lindermayer, H., 2010: Telefonische Auskunft am 28. September 2010. Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft.
- ÖAG, 1993: Nähr- und Mineralstoffgehalt von Grundfuttermitteln in Österreich. Auswertung und Interpretation der Grundfutteranalysen des Futtermittellabors Rosenau der Nö. Landes-Landwirtschaftskammer. Österreichische Arbeitsgemeinschaft für Grünland und Futterbau, von L. Gruber, G. Wiedner, A. Vogel und T. Guggenberger.
- Oliva, J.; Bernhard, A.; Reisinger, H.; Domenig, M.; Krammer, H. J., 2009: Klärschlamm. Materialien zur Abfallwirtschaft. Umwelt Bundesamt GmbH. Klagenfurt.

- ÖN S 2096-1, 2005: Stoffflussanalyse. Teil 1: Anwendung in der Abfallwirtschaft – Begriffe. 01. 01. 2005.
- ÖN S 2096-2, 2005: Stoffflussanalyse. Teil 2: Anwendung in der Abfallwirtschaft – Methodik. 01. 01. 2005.
- ÖWAV, 2003: Die Anwendung der Stoffflussanalyse in der Abfallwirtschaft. ÖWAV-Regelblatt 514. Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband. Regelblätter des Wasser- und Abfallwirtschaftsverbandes (ÖWAV). Wien.
- RIS, 2010: Bundesrecht: Gesamte Rechtsvorschrift für Deponieverordnung 2008, Fassung vom 21.12.2010. <http://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=20005653>. 21.12.2010.
- Schachermayer, E., Lampert, C., 2010: Aufkommen und Behandlung von Deponiesickerwasser. Bestandsaufnahme an ausgewählten österreichischen Deponien. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt- und Wasserwirtschaft, Wien.
- Skutan, S., Brunner, P.-H., 2006: Stoffbilanzen mechanisch-biologischer Anlagen zur Behandlung von Restmüll (SEMBA). Endbericht. Technische Universität, Wien.
- Statistik Austria, 2009: Durchschnittliche Lebend- und Schlachtgewichte 2008. Jahresergebnisse. Schnellbericht 1.8. Wien. Verfügbar unter: http://www.statistik.at/web_de/statistiken/land_und_forstwirtschaft/viehbestand_tierische_erzeugung/schlachtungen/index.html (Abfrage am 14.09.2010)
- Statistik Austria, 2010a: Versorgungsbilanzen für pflanzliche Produkte 2008/09. Schnellbericht 1.27. Verfügbar unter: http://www.statistik.at/web_de/statistiken/land_und_forstwirtschaft/preise_bilanzen/versorgungsbilanzen/index.html (Abfrage am 14.09.2010)
- Statistik Austria, 2010b: Versorgungsbilanz für Rohmilch 2006. Statistik Austria, Wien. Verfügbar unter: http://www.statistik.at/web_de/statistiken/land_und_forstwirtschaft/preise_bilanzen/versorgungsbilanzen/index.html#index2 (Abfrage 14.09.2010)
- Statistik Austria, 2010c: Versorgungsbilanz für tierische Fette 2004 bis 2009. Statistik Austria, Wien. Verfügbar unter: http://www.statistik.at/web_de/statistiken/land_und_forstwirtschaft/preise_bilanzen/versorgungsbilanzen/index.html#index2 (Abfrage 14.09.2010)
- Statistik Austria, 2010d: Versorgungsbilanz für Eier 2004 bis 2009. Statistik Austria, Wien. Verfügbar unter: http://www.statistik.at/web_de/statistiken/land_und_forstwirtschaft/preise_bilanzen/versorgungsbilanzen/index.html#index2 (Abfrage 14.09.2010)

- Statistik Austria, 2010e: Versorgungsbilanz für Honig 2003/04 bis 2008/09. Statistik Austria, Wien. Verfügbar unter: http://www.statistik.at/web_de/statistiken/land_und_forstwirtschaft/preise_bilanzen/versorgungsbilanzen/index.html (Abfrage am 27.09.2010)
- Streit, A. & Frieß, H., 1998: Emissionsuntersuchungen an einem stationären Rapsöl-BHKW – Ergebnisse einer Grundsatzuntersuchung. Bayerisches Landesamt für Umweltschutz, München.
- Spiekers, H.; Rutzmoser, K., 2008: Kornausreife und Gehalt an Trockenmasse im Silomais. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft. Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft. Grub.
- Tesar, M., 2010: Behandlungsverfahren in welche die betrachteten biogenen Abfälle gelangen. Wien. Umweltbundesamt.
- Umweltbundesamt, 2010b: Mechanisch-Biologische Abfallbehandlung. <http://www.umweltbundesamt.at/umwelt/abfall/behandlung/mba/>. 21.12.2010.
- Umweltbundesamt, 2010c: Recycling. <http://www.umweltbundesamt.at/umweltschutz/abfall/behandlung/recycling/>. 21.12.2010.
- United Nations, 2008: Commodity Trade Statistics Database. UN Data. Verfügbar unter: <http://data.un.org/Browse.aspx?d=ComTrade>
- Windhofer, G., 2010: Schriftliche Mitteilung am 28.10.2010. Umweltbundesamt, Wien.
- Zeßner, M., Kroiß H., Deutsch, K, Kreuzinger, N. & Schaar, W., 1998: Nährstoffbilanzen der Donauanrainerstaaten. Erhebung für Österreich. Institut für Wassergüte und Abfallwirtschaft der TU Wien, Wien.

8 Anhang

8.1 Begriffe der Methode der Stoffflussanalyse.

Die nachfolgenden Definitionen sind der ÖNORM S 2096, Teil 1 [ÖN S 2096-1, 2005] entnommen.

System ist die Sammelbezeichnung für eine Menge von Prozessen (einschließlich Lager), die miteinander über Flüsse in Beziehung stehen, und die Abgrenzung nach außen. Im Rahmen der Stoffflussanalyse bezeichnet man die Elemente eines Systems als Prozesse (einschließlich Lager) und Flüsse (Güter-, Stoff- und Materialflüsse). Durch die Bezeichnung der Prozesse im System werden diejenigen Elemente, die nicht zum System gehören, ausgegrenzt und damit ist die Systemgrenze definiert. Ein System kann z.B. ein Betrieb (Abfallbehandlungsanlage), eine Region (z.B. Kremstal), eine Nation (z. B. Österreich) oder auch ein Privathaushalt sein. In einem System ist jeder Fluss durch je einen zugehörigen Herkunfts- und Zielprozess eindeutig identifiziert.

Die **Systemgrenze** ist die zeitliche und räumliche Abgrenzung des zu untersuchenden Systems. Als zeitliche Grenze wird in der Regel ein Jahr gewählt. Die räumliche Abgrenzung erfolgt dreidimensional z. B. über politische, hydrologische oder betriebliche Grenzen. Materialflüsse in ein System hinein werden als Importe, solche aus einem System hinaus als Exporte bezeichnet.

Ein **Prozess** beschreibt den Vorgang der Umwandlung (biologisch, chemisch, physikalisch), des Transportes oder der Lagerung von Gütern oder Stoffen. Beispiele für Prozesse sind: Vorgänge in einer Anlage (z. B. Abfallverbrennungsanlage, Papierfabrik), Dienstleistungen (z. B. Abfallsammlung), Ablagerung von Abfällen (z. B. Deponierung). Die Vorgänge innerhalb eines Prozesses werden in der Regel nicht betrachtet, der Prozess wird oft als Black Box bezeichnet.

Die einzelnen Prozesse werden über Güter- und Stoffflüsse miteinander verknüpft, wobei jeder Fluss über einen Herkunfts- und Zielprozess verfügt. Ein **Gut** ist definiert als ein Material, das aus einem oder mehreren Stoffen besteht und handelbar ist. Der Handelswert von Gütern kann je nach Betrachter sowohl positiv (z.B. Heizöl, Mineralwasser) als auch negativ (z.B. Restmüll, Abwasser) sein. In besonderen Fällen gibt es Güter, die keinen monetären Wert aufweisen, d.h. sie verhalten sich wertmäßig neutral. Beispiele dafür sind Luft, Kfz-Abgase oder Niederschlag.

Die Güter setzen sich also aus Stoffen zusammen. Ein **Stoff** wird definiert als Material, das aus identischen Einzelteilen besteht und entweder ein chemisches Element (Einzelteil Atom, z.B. Natrium, Kohlenstoff oder Kupfer) oder eine chemische Verbindung in reiner Form (Einzelteil Molekül, z.B. NH₃, CO₂, Kupfersulfat) ist. Keine Stoffe sind z.B. Trinkwasser, da es nicht nur aus reinem Wasser besteht, sondern auch Kalzium und viele Spurenelemente, oder PVC, da es neben polymerisiertem Vinylchlorid auch Additive enthält.