



Umweltforschungsplan
des Bundesministeriums für Umwelt,
Naturschutz und Reaktorsicherheit

Abfallwirtschaft

Förderkennzeichen (UFOPLAN) 205 33 313

Stoffstrommanagement von Biomasseabfällen mit dem Ziel
der Optimierung der Verwertung organischer Abfälle
- Kurzfassung -

von	
Ifeu-Institut für Energie- und Umweltforschung, Heidelberg	Florian Knappe Andreas Böß Horst Fehrenbach Jürgen Giegrich Regine Vogt
Öko-Institut für angewandte Ökologie, Darmstadt	Günter Dehoust Doris Schüler Kirsten Wiegmann Uwe Fritsche

im Auftrag
des Umweltbundesamtes

Juni 2006

Vorwort

Mit dem Forschungsprojekt „Stoffstrommanagement von Biomasseabfällen mit dem Ziel der Optimierung der Verwertung organischer Abfälle“ sollen die Stoffströme im Bereich der Biomasseabfälle identifiziert werden, die aus Sicht des Klima- und Ressourcenschutzes optimiert werden können. Diese Optimierung bzw. die Weiterentwicklung der Kreislaufwirtschaft zur ressourcenschonenden Stoffwirtschaft darf nicht zu Lasten schutzgutbezogener Anforderungen gehen. Entsprechend der Zielstellung wurden die sich bietenden Optionen umfassend bewertet.

Angesichts der Entwicklung, die die Abfallwirtschaft seit Beginn der 90er Jahre genommen hat, sind zum heutigen Zeitpunkt keine großen Ressourcenschonungspotenziale mehr zu erwarten, die durch einzelne Maßnahmen in der Abfallwirtschaft erschlossen werden können. Beispielsweise wird mit dem aktuellen Stand der Bioabfallkompostierung bereits jetzt ein positiver Beitrag zum Klimaschutz geleistet, da durch vermiedene Deponierung erhebliche Methanemissionen vermieden werden. Um künftig weitere Steigerungen erzielen zu können, werden zahlreiche kleinere Maßnahmen sowie eine Ausweitung des „Abfallblicks“ auf landwirtschaftliche Reststoffe (die im juristischen Sinn keine Abfälle darstellen) und Produkte, auf Produktion und Konsum notwendig sein. Das dabei genutzte Instrument der Materialflussanalyse soll auch bei der Untersuchung weiterer Materialströme genutzt werden.

Bei Umsetzung aller im Projekt entwickelten Szenarien sind im günstigsten Fall weitere 15 Mio. t an CO₂-Äquivalenten durch eine Optimierung der Verwertung biogener Rest- und Abfallstoffe erzielbar. Dazu kommen die aufgezeigten Möglichkeiten der Rückgewinnung der mineralischen Ressource Phosphat.

Die Umsetzung der aufgezeigten Optimierungsmöglichkeiten in die Entsorgungsrealität bedarf an einigen Stellen noch der Technikentwicklung. Es bedarf teilweise noch der innovativen und betriebssicheren Technologien bspw. adaptiert an die besondere Prozess- und Emissionssituation bei der Biomassenutzung. In vielen Fällen sind damit Kosten verbunden, die deren Realisierung bislang noch behindern. Dies gilt auch für die Kosten der aufgezeigten Ansätze zur Rückgewinnung von Phosphat im Verhältnis zu den heute noch niedrigen Rohphosphatpreisen.

Da Deutschland aber über keine eigenen Rohphosphatvorkommen verfügt, sind wir zu 100% vom Import von Rohphosphaten, z. T. auch aus politisch instabilen Regionen der Welt, oder den daraus gewonnenen Produkten abhängig. Angesichts der mittel- oder langfristig zu erwartenden Knappheiten auch bei mineralischen Ressourcen, wie dem nicht substituierbaren Phosphor ist die Notwendigkeit offensichtlich, Vorsorge zu treffen und die Abhängigkeit von Importen rechtzeitig zu reduzieren.

Darüber hinaus haben wir in Bezug auf die in Deutschland verwendeten Rohstoffe auch Verantwortung für die außerhalb Deutschlands entstehenden Umweltbelastungen zu tragen: Erhebliche Schadstoffemissionen in Staaten mit geringeren Umweltstandards sowie generell ein Verlust natürlichen Böden durch den Tagebau.

Ökonomische Bewertungen waren nicht Bestandteil des vorliegenden Projekts. Um den Klimaschutzziele zu entsprechen, wurden schon in der Vergangenheit durch den Gesetzgeber über verschiedene Anreizsysteme und Verordnungen Rahmenbedingungen geschaffen, die neue Strategien zur Klima- und Ressourcenschonung stützen und fördern. Die Ausarbeitung konkreter Instrumente zur Umsetzung der im Rahmen dieses Projektes aufgezeigten Möglichkeiten einer optimierten Stoffstrombewirtschaftung von Biomasseabfällen, bleibt Machbarkeitsstudien vorbehalten.

Ziel dieses Forschungsprojekts war es, Impulse zu geben. Die Entwicklung von Instrumenten erfordert dann u.a. auch eine eingehende Analyse der ökonomischen Randbedingungen.

1 Zielsetzung

Ein effektiver Klimaschutz und eine umfassende Schonung von fossilen und mineralischen Ressourcen sind nicht durch einzelne wenige Maßnahmen zu erzielen. Um die formulierten Ziele eines nachhaltigen Umgangs mit knappen Ressourcen zu erreichen, sind alle Bereiche von Wirtschaft und Gesellschaft auf Ansatzpunkte zu überprüfen, ob und in welchem Maße sie Möglichkeiten für eine Optimierung der Stoffströme bieten.

Mit diesem Projekt wurden die Biomassestoffströme identifiziert, die aus Sicht des Klima- und Ressourcenschutzes optimiert werden könnten. Das Forschungsprojekt beschränkte sich dabei auf die biogenen Reststoffe und ihre weitere Verwendung bzw. Entsorgung.

Eine aus Sicht des Klima- und Ressourcenschutzes angestrebte Optimierung des Stoffstrommanagements von Biomasseabfällen darf nicht zu Lasten anderer Schutzgüter wie z. B. Bodenschutz und Luftreinhaltung gehen. Entsprechend werden mögliche gegenläufige Effekte bei schutzgutbezogenen Anforderungen aufgezeigt.

2 Methodik

In einem ersten Bearbeitungsschritt wurden die Biomasseströme aus den Bereichen Landwirtschaft, Forstwirtschaft sowie Industrie- und Abfallwirtschaft auf Optimierungspotenziale analysiert. Ein Ansatz zur Optimierung ist dabei die Beeinflussung des Biomassestoffstroms (Stoffstromlenkung oder zusätzlicher Nutzungsschritt) oder eine technische Verbesserung auf Prozessebene.

Die als relevant erkannten Biomasseströme und Biomasseabfallströme wurden in einem zweiten Schritt quantitativ bilanziert und die Optimierungsoptionen nach verschiedenen Umweltwirkungskategorien bewertet. Maßstab ist jeweils der derzeitige oder zukünftig zu erwartende nicht optimierte Umgang mit den Biomasseabfällen. In die vergleichende Bewertung wurden sowohl die mit der Verwertung bzw. Entsorgung verbundenen Umweltlasten als auch die mit einer Verwertung angestrebten Klima- und Ressourcenschutzerfolge, d.h. die Substitution von Energie oder Primärprodukten, einbezogen.

Bei der Identifikation von Biomassestoffströmen aus der Forstwirtschaft und Landwirtschaft wurden keine Untersuchungen durchgeführt, inwieweit die Flächenproduktivität zu steigern wäre, Flächen für einen gezielten Anbau nachwachsender Rohstoffe zur Verfügung stünden oder die Nutzung der bislang als Rückstand auf den Flächen verbleibenden Biomasse mit Belangen des Naturschutzes in Konkurrenz tritt. Im Rahmen dieses Projektes wurden die Biomasseabfälle identifiziert, die abkömmlich, d.h. unstrittig den Flächen entnommen werden können bzw. auch heute schon entnommen werden, ohne die ökologische Wertigkeit dieser Flächen zu gefährden. Auch im Bereich der Industrie wurde nicht überprüft, inwieweit die industriellen Prozesse aus Sicht der Schonung fossiler und mineralischer Ressourcen oder des Klimaschutzes optimiert werden könnten.

3 Identifizierte Stoffströme

Eine umfassende Analyse der aktuellen Stoffströme in der Forst-, Holz- und Papierwirtschaft zeigt, dass die anfallenden Reststoffe nahezu vollständig stofflich oder energetisch verwertet werden. Ein wesentlicher Grund für die hohen Verwertungsquoten sind die vielseitigen Verwendungsmöglichkeiten von Holzprodukten und Papier. Neben der stofflichen Nutzung (Sekundärrohstoff in der Holzwerkstoffindustrie, Altpapierrecycling, Rindenmulch u.a.) ist die Verbrennung sowohl in einfachen Kleinf Feuerungsanlagen als auch in Kraftwerken verbreitete Praxis und rentabel.

Hingegen befinden sich in der Forstwirtschaft selbst bei einer nachhaltigen Waldbewirtschaftung noch ungenutzte Potenziale für die Erzeugung von Stamm- und Industrieholz. Wird dieses Wirtschaftsholz zukünftig vermehrt erschlossen, fallen weitere Mengen Resthölzer oder Reststoffe bei der Holzverarbeitung an, die zur Substitution nicht erneuerbarer Ressourcen eingesetzt werden könnten. Bilanziert wurden folgende Szenarien:

- Verstärkter Einsatz von Zellulosedämmstoffen aus Altpapier zu Lasten konventioneller Dämmstoffe aus Mineralwolle und Polystyrol. Angenommen wird, dass dabei das für die Herstellung der Zellulosedämmstoffe verwendete Altpapier in der Papierindustrie durch erhöhte Waldrestholzmengen kompensiert wird.

Tabelle 1: Potenziale in der Land- und Forstwirtschaft

	Gesamtes Theoretisches Potenzial 1.000 t TS	Gesamtes Technisch- ökologisches Potenzial 1.000 t TS	Noch nicht genutztes Technisch- ökologisches Potenzial 1.000 t TS
Holzgewinnung in der Forstwirtschaft			
Stamm- und Industrieholz	36.000	11.700	9.400
Waldrestholz und sonstiges Schwachholz	16.600	12.400 - 14.900	4.100 - 6.600
Summe	52.600	24.100 - 26.600	13.500 - 16.000
Reststoffe aus der Forst-, Holz- und Papierwirtschaft			
Sägenebenprodukte	5.761	5.761	*
Altholz	9.680	9.680	*
Altpapierfassung beim Endverbraucher	12.330	10.080	*
Rinde	647	610	*
Papierschlämme	580	580	*
Summe	28.998	26.711	*
Reststoffe aus der Landwirtschaft			
Getreidestroh	30.970	3.600	3.420
Rapsstroh sowie Rüben- und Kartoffelblatt	14.720	6.230	6.230
andere Erntereste	k.A.	k.A.	k.A.
Gülle	20.143	18.344	16.358
Summe	65.833	28.174	26.008
Biotop- und Landschaftspflege			
Straßenbegleitgrün (maximal)	778	438	438
private & öffentliche Grünflächen (ohne Holz)	638	468	468
Biotoppflege (maximal)	1.913	947	947
Summe	3.328	1.852	1.852

* im Rahmen dieser Studie wurden keine relevanten noch nicht genutzten Potenziale identifiziert

- Verstärkte energetische Nutzung von Sägespänen über Pelletnutzung in Kleinfeuerungsanlagen zu Lasten fossiler Brennstoffe. Die bisher in der Holzwerkstoffindustrie eingesetzten Sägespänmengen werden durch eine verstärkte Waldrestholznutzung kompensiert.

In der Landwirtschaft fallen im Ackerbau und in der Viehhaltung Biomassereststoffe an. Eine umfassende Analyse der Biomassestoffströme zeigt Optimierungsmöglichkeiten bei der Behandlung der Reststoffe aus der Tierhaltung. Dabei handelt es sich um die Tierexkrementen, die als Wirtschaftsdünger auf landwirtschaftliche Flächen zurückgeführt werden. Sie werden bislang nur zu einem geringen Umfang (10%) vor der Nutzung als Düngemittel in Biogasanlagen energetisch genutzt.

In der Ackerwirtschaft sind die so genannten Ernterückstände, die entweder direkt auf dem Feld verbleiben und untergepflügt und nur zu einem kleinen Anteil bislang zur weiteren Nutzung geborgen werden, Gegenstand der Untersuchung. Der Getreideanbau (Halmfrucht) ist in Deutschland mit Abstand am bedeutendsten. Das als Ernterückstand anfallende Stroh wird derzeit nur noch zu einem kleinen Anteil als Einstreu in der Viehwirtschaft verwendet, so dass ohne Gefährdung einer ausreichenden Humusproduktion der landwirtschaftlichen Böden etwa 10% des Gesamtaufkommens energetisch genutzt werden könnten. Näher untersucht wurden die Szenarien:

- Energetische Nutzung der flüssigen Wirtschaftsdünger über Biogasanlagen und anschließende Verwendung der Vergärungsrückstände als Düngemittel sowie energetische Nutzung des Biogases,
- Nutzung von Stroh in Kohlekraftwerken zur Energieerzeugung zu Lasten des fossilen Brennstoffs Kohle.

Auch auf den Flächen, die weder landwirtschaftlich noch forstwirtschaftlich genutzt werden, fällt durch die Biotop- und Landschaftspflege in großem Umfang Biomasse an. Gepflegt werden erhaltenswerte Biotope (Offenlandschaften wie Grünland, Heiden, Feuchtbiotope, Streuobstwiesen), sowie kommunale Gärten, Parks, Sportplätze, Friedhöfe und die Randstreifen von Verkehrswegen. Da diese Biomasse in der Regel nicht von der Fläche entfernt wird, sondern als Mulchmaterial ohne weiteren Nutzen auf den Böden verbleibt, ist sie in keiner Statistik erfasst und lässt sich daher nur mit großen Unsicherheiten in ihrem Aufkommen, ihren stofflichen Eigenschaften und ihrem derzeitigen Verbleib beschreiben.

In den Verarbeitungsstufen für landwirtschaftliche und forstwirtschaftliche Rohstoffe sowie beim Konsumenten, d.h. in der Industrie- und Abfallwirtschaft, fallen weitere biogene Reststoffe, Nebenprodukte oder Abfälle zur weiteren Entsorgung an. Die Analyse dieser Biomasseströme zeigte eine aus Sicht des Klimaschutzes und der

Schonung fossiler und mineralischer Ressourcen meist sinnvolle Verwertung, so dass nur für wenige Biomassen größere Optimierungspotenziale benannt werden können. Bei all diesen Produktionsrückständen handelt es sich um Stoffe, die bei bekannter, gleichbleibender Zusammensetzung bzw. Qualität als Massenabfälle anfallen, so dass sich wohl etablierte Verwertungswege meist außerhalb der Abfallwirtschaft ausbilden konnten, die sich aus ökonomischer und ökologischer Sicht als vorteilhaft erweisen. In aller Regel handelt es sich bei ihnen um eher unbeeinflusste Pflanzenrückstände, die für den Einsatz als Tierfutter geeignet sind und als anerkannte Futtermittel vermarktet werden. Einige weitere werden als Sekundärrohstoffe in anderen Wirtschaftsbereichen verarbeitet.

Tabelle 2: Identifizierte Optimierungspotenziale bei sonstiger Industrie- und Abfallwirtschaft

Stoffstrom	Maßnahme	Betrachtete Menge bzw. nutzbare Massen (in 1.000 t)
Tiermehl	Phosphorrückgewinnung	204
Bioabfälle	Vergärung anstatt Kompostierung und Verwertung als Torfsubstitut	4.100
Altspesiefette	Vergärung oder direkte Nutzung in BHKW	250
Klärschlamm*	Phosphorrückgewinnung	2.200

Aus Sicht des Klimaschutzes ergab die Analyse nur bei einigen wenigen Biomasseströmen aus der Abfallwirtschaft Optimierungspotenziale:

- Bioabfall aus Haushalten wird in aller Regel aerob zu Kompost verarbeitet. Mindestens die analoge Kompostqualität lässt sich jedoch erzielen, wenn der biologische Prozess mit einer Biogaserzeugung verbunden ist. Eine Optimierung dieses Biomassestromes ist daher dessen Vergärung und eine Vermarktung der Komposte in hochwertigen Anwendungsbereichen möglichst in Konkurrenz zu Produkten auf Torfbasis.
- Aus dem Biomasseanteil im Restabfall ließen sich in Anlehnung an die Praxis im Österreich Altspesiefette getrennt erfassen und als Co-Substrat in Biogasanlagen nutzen. Ein Verbleib in der Restmülltonne bedeutet eine Entsorgung über eine MVA.

- Eine weitere Möglichkeit besteht in einer einfachen Aufbereitung dieses Altspeisefette und ihr direkter Einsatz in als Blockheizkraftwerk ausgelegten Motoren mit Stromerzeugung und möglichst umfassender Wärmenutzung.

Aus Sicht der Schonung mineralischer Ressourcen (Phosphat) ergab die Analyse bei Tiermehl für etwa 50% des Aufkommens und für kommunale Klärschlämme Optimierungspotenziale. Bei der Entsorgung von Klärschlämmen zeichnet sich aus Gründen des Bodenschutzes eine Orientierung in Richtung thermischer Behandlung vor allem in Kraftwerken ab. Auch bei Tiermehl steht die schadlose Beseitigung im Vordergrund. In beiden Fällen steht die Nutzung von Phosphor als wertgebendem Inhaltsstoff damit hinten an.

Bei beiden Biomassen ist eine Rückgewinnung des Phosphats über die Asche möglich, ohne die Ziele einer sicheren und schadlosen Entsorgung zu gefährden. Hierfür zeichnen sich Möglichkeiten der Aufbereitung und direkten Nutzung der Aschen als Düngemittel oder der Lösung des Phosphors über Säurebehandlung der Aschen ab, die jedoch noch nicht im Entsorgungsmaßstab erprobt sind. Für Klärschlämme ist zudem eine Optimierung der Abwasserreinigung mit einer höheren Ausschleusung an Phosphor denkbar. Folgende Szenarien wurden hierzu bilanziert:

- Mitverbrennung des Tiermehls in einer Monoklärschlammverbrennung anstatt über Zementwerke; Aufbereitung (Sinterung) der Asche zur direkten Verwendung als Düngemittel.
- Monoverbrennung des Tiermehls zur Energieversorgung von Tierkörperbeseitigungsanlagen anstatt Mitverbrennung in einem Zementwerk; Rückgewinnung des Phosphors aus der Asche.
- Rückgewinnung des Phosphors aus dem Abwasser/Klärschlamm und anschließende thermische Behandlung des Klärschlammes in einem Kraftwerk (Braunkohle).
- Entsorgung des Klärschlammes über eine Monoklärschlammverbrennung und Rückgewinnung des Phosphors aus der Asche anstatt einer thermischen Behandlung in einem Kraftwerk.

4 Zusammenfassende Darstellung der Ergebnisse für die einzelnen Szenarien

Ein verstärkter Einsatz von Einblaszellulose im Dämmbereich, verbunden mit einer vermehrten Produktion von Holzstoff für die Papierherstellung, ist vom Aspekt des Treibhauseffekts her nicht zu empfehlen. Die Treibhausbelastung durch die Prozesse der Holzstoff- und Einblaszelluloseherstellung überwiegen hier die Komplementärprozesse. Ohne diese ersatzweise Holzstoff-Produktion überwiegen die Vorteile des vermehrten Einsatzes von Altpapier als Einblaszellulose für die Gebäudedämmung.

Der Einsatz von Brennstoff aus Holz in Kleinf Feuerungsanlagen ist dagegen vorteilhaft. Die Energieaufwendungen, die in die Pelletherstellung als auch in die Aufbereitung des Waldholzes fließen, stehen in einem günstigen Verhältnis zu den damit verbundenen Substitutionserfolgen. Weitere Verbesserungen der Feuerungstechnik für Hausfeuerungen zur Minderung PM₁₀-Emissionen sind anzustreben.

Die energetische Nutzung von Stroh in Kohlekraftwerken ist aus Sicht des Klimaschutzes vorteilhaft. Auch bei den weiteren Umweltwirkungskriterien schneidet dieser Brennstoff gegenüber dem Kohleeinsatz günstiger ab.

Eine vermehrte Nutzung von Gülle in Biogasanlagen ist aus Sicht des Klima- und Ressourcenschutzes ebenfalls sehr erfolgversprechend. Dies setzt jedoch einen hohen KWK-Anteil voraus. Da sich dies im ländlichen Raum nur bedingt realisieren lässt, bietet die Einspeisung von Biogas ins Erdgasnetz eine gute Alternative, um das Biogas mit hohen Wirkungsgraden zu nutzen.

Auch die optimierte Nutzung der Bioabfälle aus Haushalten wäre gegenüber der konventionellen Kompostierung deutlich vorteilhaft. Aus Sicht des Klimaschutzes wären dann die größten Erfolge zu verzeichnen, wenn das erzeugte Biogas möglichst umfassend genutzt würde (siehe Diskussion Gülle) und die Vergärungsrückstände sich hochwertig in Konkurrenz zu Torfprodukten vermarkten ließen.

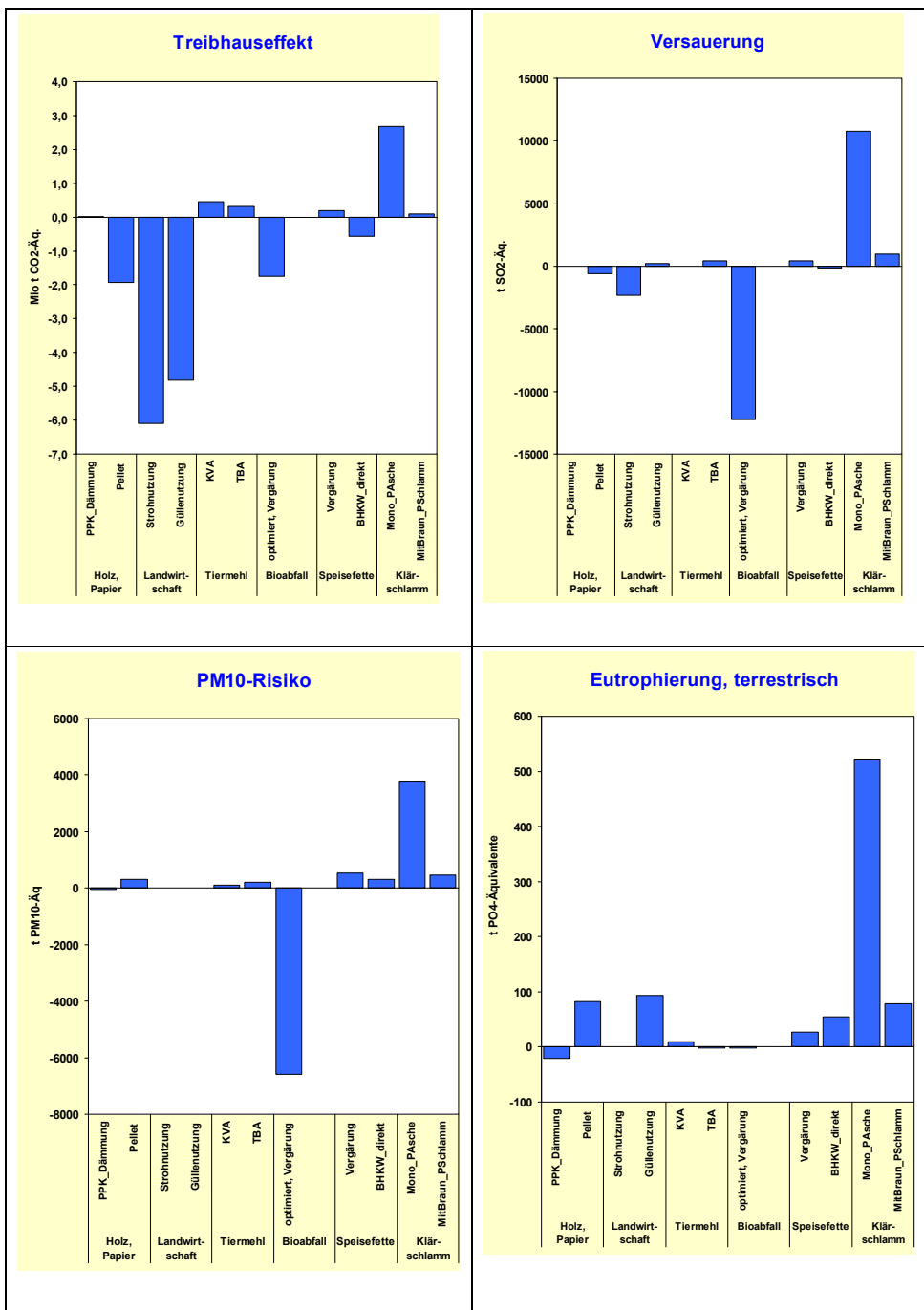


Abbildung 1: Vergleichende Betrachtung der Optimierungspotenziale von Biomasseströmen gegenüber dem Status Quo der Entsorgung bzw. dem zukünftig zu erwartenden Umgang

Obwohl Altspisefette nur einen vergleichsweise kleinen Biomassestrom darstellen, ist der direkte Einsatz als Brennstoff in als Blockheizkraftwerke ausgelegte Motoren aus Sicht des Klimaschutzes vorteilhaft. Dies gilt vor allem dann, wenn nicht nur Strom

erzeugt, sondern die Überschusswärme möglichst umfassend genutzt wird. Die Option einer Verwertung der Fette als Co-Substrat in Vergärungsanlagen weist dagegen bei üblichen Energienutzungsgraden gegenüber einem Verbleib im Restabfall deutlich geringere Erfolge auf und kann nicht empfohlen werden. Angesichts der geringen Anfallmengen ist auf eine optimierte Sammellogistik zu achten.

Die derzeitige Entsorgung von Tiermehl in Zementwerken und die zukünftig zu erwartenden Entsorgung von kommunalen Klärschlämmen in Kraftwerken ist aus energetischer Sicht und damit aus Sicht des Klimaschutzes bereits vorteilhaft. Alle diskutierten Optimierungsansätze zur Nutzung von Phosphor sind aus energetischer Sicht weniger günstig. Dies gilt insbesondere für Klärschlamm und dann, wenn auf Verbrennungsanlagen mit schlechten Energiewirkungsgraden zurückgegriffen werden muss. Eine für die Rückgewinnung von P aus der Asche notwendige Monoverbrennung muss aber nicht zwangsläufig schlechte Energiewirkungsgrade aufweisen. Wird Phosphor bereits in der Abwasserbehandlung umfassender rückgewonnen, ist dies zwar mit geringeren Erfolgen verbunden, die nachfolgende thermische Behandlung ist jedoch davon unbeeinflusst.

5 Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Biomasseabfallströme werden aus Sicht des Klimaschutzes und der Schonung fossiler und mineralischer Ressourcen meist vorteilhaft genutzt. Dies schließt nicht aus, dass es bei allen Stoffströmen im Detail in geringerem Umfang weitere Möglichkeiten der Optimierung bestehen.

Die in Wirtschaftsdünger (Gülle) und Bioabfall aus Haushalten enthaltenen Pflanzennährstoffe werden über deren Verwendung als Düngemittel oder zur Humusreproduktion der Böden optimal genutzt. In beiden Fällen könnten diese Stoffströme über eine Vorbehandlung in Biogasanlagen optimiert werden. Ein solcher energetischer Behandlungsschritt würde einen deutlichen Beitrag zum Klimaschutz leisten. Im Falle der Kompostgewinnung aus Bioabfall wird dieser Erfolg durch eine Vermarktung in Konkurrenz zu Produkten auf Torfbasis gestützt.

Wie am Beispiel der energetischen Nutzung von Stroh in Kraftwerken und von Restholz als Pellet in Kleinfeuerungsanlagen gezeigt werden konnte, fallen in der Landwirtschaft und Forstwirtschaft Biomasseabfälle an, die aufgrund ihres Energiegehaltes einen

wichtigen Beitrag zur Substitution fossiler Brennstoffe leisten können. Selbst mit dem vorsichtig abgeschätzten Mengenpotenzial, das die Belange des Natur- und Bodenschutzes berücksichtigt, ohne dass diese in diesem Vorhaben näher untersucht worden sind, ließen sich auch im Vergleich zu anderen Biomassestoffströmen gute Erfolge erzielen.

Im Gegensatz zu Österreich werden in Deutschland Altspisefette aus Privathaushalten nicht getrennt erfasst. Ihre Entsorgung erfolgt ausgehärtet als Teil des Restabfalls. Sofern die Randbedingungen eine gute Sammellogistik zulassen, sollte über ihre getrennte Erfassung und direkte Nutzung als Brennstoff in Blockheizkraftwerken nachgedacht werden.

Tiermehl und kommunale Klärschlämme bergen ein deutliches Potenzial zur Schonung der Ressource Rohphosphat. Wenn die Lösungsansätze einer Sinterung der Asche und ihre direkte Nutzung als Düngemittel aber auch die Rücklösung von P über Säuren im Entsorgungsbetrieb großtechnisch realisiert werden können, wäre eine Optimierung der derzeitigen Biomassestoffströme wünschenswert. Werden deshalb als Alternativen zum Einsatz in Zement- und Kraftwerken neue Mono-Verbrennungsanlagen errichtet, ist über Technik- und Standortwahl auf eine möglichst umfassende Nutzung des Energiegehaltes dieser Biomassen zu achten.