

Technische Anforderungen und allgemeine Empfehlungen für die Entsorgung von Tiermehl und Tierfett in Verbrennungsanlagen

erstellt im Auftrag des Bundesministeriums für
Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit

Stand: 23.02.2001

Verfasser:

Dr.-Ing. A. Nottrodt GmbH
Wentzelstraße 24
22301 Hamburg

in Zusammenarbeit mit:

Dipl.-Ing. Jürgen Chibiorz

Charles-H. King.Str. 10
14163 Berlin

wandschneider + gutjahr
ingenieurgesellschaft mbh

Deelbögenkamp 4 c
22297 Hamburg

Berichts-Kennblatt

1. Berichtsnummer	2.	3.
4. Titel des Berichts Technische Anforderungen und allgemeine Empfehlungen für die Entsorgung von Tiermehl und Tierfett in Verbrennungsanlagen		
5. Autor(en), Name(n), Vorname(n) Nottrodt, Adolf Wandschneider, Jörn und Gutjahr, Martin Chibiorz, Jürgen		8. Abschlußdatum 31.01.2001
		9. Veröffentlichungsdatum 19.02.2001
6. Durchführende Institution (Name, Anschrift) Dr.-Ing. A. Nottrodt GmbH Wentzelstr. 24 D-22301 Hamburg a.nottrodt@t-online.de		10. UFOPLAN-Nr. 200 33 336
		11. Seitenzahl 63
		12. Literaturangaben 50
		13. Tabellen und Diagramme 7
7. Fördernde Institution (Name, Anschrift) Umweltbundesamt, Postfach 33 00 22, D-14191 Berlin		14. Abbildungen 2
15. Zusätzliche Angaben Dem Bericht sind zwei Anlagen beigelegt.		
16. Kurzfassung Im Dezember 2000 und Januar 2001 wurde der aktuelle Stand des Wissens und der Erfahrungen bei der Verbrennung von Tiermehl, Tierfett und sonstigen bei der Tierkörperbeseitigung anfallenden Stoffe zusammengetragen und gesichtet. Auf dieser Grundlage, und gestützt auf die einschlägige neuere Literatur sowie auf bereits bestehende Empfehlungen und Regelwerke, wurden Handlungshilfen abgeleitet, um schnellstens bundesweit den Betreibern von geeigneten industriellen thermischen Prozessen und Abfallverbrennungsanlagen sowie den beteiligten Genehmigungs- und Überwachungsbehörden einen einheitlichen Handlungsrahmen für die thermische Behandlung dieser Stoffgruppe zur Verfügung zu stellen. Es wurden auch Wissens- und Erfahrungsdefizite identifiziert; dazu werden im Bericht entsprechende Hinweise und Empfehlungen gegeben. Die Arbeitsplanung sah eine enge inhaltliche Diskussion mit den einschlägigen Unternehmensverbänden der Betreiber von thermischen Behandlungsanlagen einerseits und den beteiligten Bundesministerien und Bundesämtern sowie der Tierkörperbeseitigungsindustrie andererseits vor. Zu diesem Zweck wurde in Abstimmung mit Auftraggebern (BMU und UBA) und den zu beteiligenden Institutionen ein Projektverteiler festgelegt, der Personen benannte, die für ihre jeweilige Institution sprachen und bei der inhaltlichen Diskussion tätig wurden. Der Projektverteiler liegt dem Bericht in der Anlage 1 bei. Der Bericht liefert Angaben über Stoffdaten von Tiermehl und Tierfett, stellt aktuelle Erfahrungen bei der Verbrennung dieser Stoffe zusammen und formuliert Anforderungen sowie Empfehlungen.		
17. Schlagwörter Abfallverbrennung, Abfallmitverbrennung, Tierkörperbeseitigung, Tiermehl, Tierfett, BSE-Erreger, Arbeitsschutz, thermische Abfallbehandlung, Müllverbrennungsanlagen, Sonderabfallverbrennungsanlagen, Klärschlammverbrennungsanlagen, Kohlekraftwerke, Zementwerke, Vergasungsanlagen, Wirbelschichtverbrennung		
18. Preis	19.	20.

Report Cover Sheet

1. Report No.	2.	3.
4. Report Title Technical requirements and general recommendations for the disposal of meat and bone meal and tallow		
5. Author(s), Family Name(s), First Name(s) Nottrodt, Adolf Wandschneider, Jörn and Gutjahr, Martin Chibiorz, Jürgen	8. Report Date 31.01.2001	9. Publication Date 19.02.2001
6. Performing Organisation (Name, Address) Dr.-Ing. A. Nottrodt GmbH Wentzelstr. 24 D-22301 Hamburg a.nottrodt@t-online.de	10. UFOPLAN-Ref. No. 200 33 336	11. No. of Pages 63
	12. No. of References 50	13. No. of Tables, Diagrams 7
	14. No. of Figures 2	
	7. Sponsoring Agency (Name, Address) Umweltbundesamt, Postfach 33 00 22, D-14191 Berlin	
15. Supplementary Notes No. of appendices: 2		
16. Abstract In December 2000 and January 2001 the current state of knowledge and experience of the combustion of meat and bone meal (MBM) and tallow was compiled and examined. Taken into account the existing regulations and recommendations, this report was written in order to provide guidance on techniques and standards for the mal treatment of these materials. It is supposed to assist both operators of incineration plants and authorities to evaluate the suitability of a process and determine the necessary prerequisites. Lacks of knowledge are identified, and recommendations for gathering further information and experience are given in the report. The preparation of this report involved extensive discussions with representatives of incineration plants, governmental departments and MBM processing plants. A list of all the institutions involved and their representatives is attached to this report as appendix 1. The report includes physical and chemical data on MBM and tallow. It compiles the current experience with the combustion of MBM and offers requirements and recommendations.		
17. Keywords waste incineration, meat and bone meal, MBM, tallow, BSE, industrial safety regulations, thermal waste treatment, waste incineration plants, hazardous waste incineration plants, sewage sludge incineration plants, coal power tions, cement plants, gasification plants, fluidized bed incineration plants		
18. Price	19.	20.

Inhaltsverzeichnis:

Vorbemerkungen.....	5
1.0 Ausgangslage.....	8
1.1 Allgemein.....	8
1.2 Erstellung der Technischen Anforderungen	11
2.0 Zweck der Technischen Anforderungen	12
3.0 Stoffdaten von Tiermehl und Tierfett	14
3.1 Mengen.....	16
3.2 Zusammensetzung von Tiermehl und Tierfett	17
3.3 Schnittstelle TBA/Verbrennungsanlage	21
4.0 Aktuelle Erfahrungen.....	23
4.1 Bestehende Vollzugssituation.....	23
4.2 Verfahrens- und betriebstechnische Erfahrungen.....	23
4.2.1 Müllverbrennungsanlagen.....	24
4.2.2 Sonderabfallverbrennungsanlagen	31
4.2.3 Klärschlammverbrennungsanlagen	32
4.2.4 Kohlekraftwerke.....	34
4.2.5 Zementwerke.....	39
4.2.6 Vergasungsanlagen	43
4.2.7 Sonstige thermische Prozesse.....	44
4.3 Situation der Tiermehl-Mitverbrennung in betroffenen Nachbarländern.....	46
4.3.1 England	46
4.3.2 Schweiz.....	47
4.3.3 Frankreich.....	48
5.0 Anforderungen und Empfehlungen	49
5.1 Rechtliche Rahmenbedingungen.....	49
5.2 Verfahrens- und betriebstechnische Anforderungen.....	50
5.2.1 Allgemeine Anforderungen	50
5.2.1.1 Emissionen	51
5.2.1.2 Rückstände und Produkte	51
5.2.1.3 Arbeitsschutz	52
5.2.2 Spezielle Schutzmaßnahmen.....	54
5.3 Zusammenfassende Anmerkungen zur Eignung der Verfahren zur Tiermehl- Mitverbrennung	58
5.4 Ergänzende Empfehlungen	60
6.0 Literatur- und Quellenverzeichnis	61

Anlagen

1. Projektverteiler
2. Liste der deutschen TBAs

Vorbemerkungen

Der Bearbeitung der vorliegenden „Technischen Anforderungen“ (nachfolgend „Leitfaden“ genannt) lag folgende Aufgabenstellung zugrunde:

Sehr kurzfristig sollte der aktuelle Stand des Wissens und der Erfahrungen bei der Verbrennung von Tiermehl, Tierfett und sonstigen bei der Tierkörperbeseitigung anfallenden Stoffe zusammengetragen und gesichtet werden. Auf dieser Grundlage, und gestützt auf die einschlägige neuere Literatur sowie auf bereits bestehende Empfehlungen und Regelwerke, waren Handlungshilfen abzuleiten, um schnellstens bundesweit den Betreibern von geeigneten industriellen thermischen Prozessen und Abfallverbrennungsanlagen sowie den beteiligten Genehmigungs- und Überwachungsbehörden einen einheitlichen Handlungsrahmen für die thermische Behandlung dieser Stoffgruppe zur Verfügung zu stellen.

Für die einzelnen Anlagengruppen, die aus technischer Sicht kurzfristig für die thermische Behandlung von Tiermehl und verwandten Stoffen zur Verfügung stehen oder möglicherweise stehen könnten, war mit Hilfe einer Recherche bei Anlagenbetreibern jeweils das Wissen und die derzeitigen Erfahrungen bei der Verbrennung von Tiermehl zu ermitteln und übersichtlich zusammenzustellen. Dabei sollten insbesondere auch die Wissens- und Erfahrungsdefizite identifiziert werden, um nach Möglichkeit dazu entsprechende Hinweise und Empfehlungen anbieten zu können.

Zunächst sollten die für die Verbrennung von Tiermehl und Tierfett relevanten verfahrenstechnischen, hygienischen, ökologischen und wirtschaftlichen Randbedingungen betrachtet werden. Rechtliche Aspekte sollten nur am Rande bearbeitet werden.

Vor dem Hintergrund der augenblicklich bestehenden Vielfalt der rechtlichen Randbedingungen für die Verbrennung von Tiermehl und Tierfett in Deutschland, verbunden mit den sich daraus ergebenden entsprechend uneinheitlichen verfahrenstechnischen und betriebstechnischen Auflagen, wurden die rechtlichen Rahmenbedingungen nicht völlig außer Acht gelassen.

Die Arbeitsplanung sah eine möglichst enge inhaltliche Diskussion der Texte des Leitfadens mit den einschlägigen Unternehmensverbänden der Betreiber von thermischen

Behandlungsanlagen einerseits und den beteiligten Bundesministerien und Bundesämtern sowie der Tierkörperbeseitigungsindustrie andererseits vor. Zu diesem Zweck wurde in Abstimmung mit den Auftraggebern (BMU und UBA) und den zu beteiligenden Institutionen ein Projektverteiler festgelegt, der Personen benannte, die für ihre jeweiligen Institution sprachen und bei der Diskussion der Texte tätig wurden. Der Projektverteiler liegt dem Leitfaden im Anhang 1 bei.

Beginnend am 04. Dezember 2000, wurde die Aufgabenstellung in folgenden Arbeitsschritten bearbeitet:

1. Vorbereitung der für jede Verfahrensgruppe durchzuführende Recherchen im Arbeitskontakt mit den Verbänden der Anlagenbetreiber (ITAD, VGB, VKS/VKU, Arbeitskreis Sonderabfallverbrenner in Deutschland, VDZ, ATV, SVZ), Festlegung des Projektverteilers
2. Sichten und Auswerten der über die Verbände zurückfließenden Ergebnisse der Befragung
3. Bestandsaufnahme der für die Verbrennung von Tiermehl-/fett in den genannten Anlagengruppen relevanten verfahrenstechnischen, hygienischen, ökologischen, wirtschaftlichen und verwaltungsrechtlichen Randbedingungen verknüpft mit einem korrespondierenden Literaturstudium
4. Erarbeitung eines Rohentwurfs des Leitfadens und Versand an den Projektverteiler am 15.01.01
5. Verarbeitung der Rückläufe aus dem Projektverteiler und ergänzende Bearbeitung des Rohentwurfes zu einer Endfassung des Leitfadens mit dem dann verfügbaren Erkenntnisstand der Verfasser
6. Interne Schlussredaktion der Verfasser und Vorlage des Textes beim Auftraggeber bis zum 31. Januar 2001.

Der jetzt vorliegende Text stützt sich auch auf Informationen, die wegen der begrenzten Bearbeitungszeit und verfügbaren Arbeitskapazität teilweise ohne eine vertiefte fachliche Überprüfung übernommen werden mussten. Neben den ingenieurtechnischen und rechtlichen Sachverhalten wurden auch Informationen aus anderen Fachdisziplinen, z.B. aus den Bereichen Tiermedizin, Humanmedizin, Arbeits- und Gesundheitsschutz, mit einbezogen. Die Verfasser sind sich bewusst, dass Lücken, Ungenauigkeiten und auch Fehler nicht vollständig auszuschließen sind. Sie sind für jeden entsprechenden Hinweis aus dem Kreis der Leser und Nutzer des Leitfadens dankbar. Solche Hinweise werden gesammelt und gegebenenfalls in einer Fortschreibung berücksichtigt.

Die Verfasser bedanken sich bei allen Institutionen und Personen, die ihr Wissen und ihre Erfahrung zur Verfügung gestellt haben. Der Dank gilt insbesondere den Vertretern des Auftraggebers im BMU und im Umweltbundesamt. Ein besonderer Dank gilt auch den Institutionen und Verbänden sowie deren Sprecherin und Sprechern.

Die Verfasser

Berlin / Hamburg, den 23. Februar 2001

1.0 Ausgangslage

1.1 Allgemein

Der Nachweis des ersten BSE-Falles in Deutschland, der am 26.11.00 nach einem Anfangsverdacht durch die Bundesforschungsanstalt für Viruskrankheiten der Tiere bestätigt wurde, hat den Bundestag dazu veranlasst, am 01.12.00 mit sofortiger Wirkung ein Verfütterungsverbot von bestimmten Tierprodukten und Fetten an landwirtschaftliche Nutztiere (z.B. Schweine, Geflügel) zu erlassen. Gleichzeitig wurde die Verbringung dieser Futtermittel in die EU-Staaten und der Export in Drittländer verboten. Mit den im Gesetz genannten Futtermitteln sind im Wesentlichen die umgangssprachlich als „Tiermehl“ bezeichneten Stoffe gemeint, die in der Tierkörperbeseitigung und in Spezialbetrieben anfallen. Sie werden in Deutschland nach dem Drucksterilisationsverfahren (Wasserdampfdruck 3 bar, Temperatur 133 °C, Zeit 20 min., < 50 mm) behandelt und wurden bisher als Futtermittel in der Tierernährung genutzt. Das Drucksterilisationsverfahren wurde bis vor kurzem teilweise nicht für Fleischknochenmehl, Blutmehl, Federmehl und Tierfette angewendet, obwohl auch diese Stoffe als Futtermittel oder Futtermittelzusatz eingesetzt werden. Die bei Temperaturen von 50 - 70 °C flüssigen Tierfette werden teilweise als technische Fette in den Wirtschaftskreislauf zurückgeführt oder als Ersatzbrennstoff verwendet.

Die Verfütterung von Tiermehl an Rinder, Schafe und Ziegen ist bereits seit dem 01.07.1994 EU-weit verboten. Das nunmehr vollständige Verfütterungsverbot geht davon aus, dass Kontaminationen bei der Herstellung von Futtermitteln für Wiederkäuer nicht ausgeschlossen werden können und der aktuelle Kenntnisstand über Übertragungswege und Erregermengen unvollständig ist. Das Wissen über die Bedingungen, die für eine ausreichende Zerstörung des BSE-Erregers (infektiöse Prionen) erforderlich sind, kann zurzeit ebenfalls nicht als vollständig angesehen werden [1, 18]. Der Nachweis von Prionen ist zurzeit nur möglich, wenn die Konzentration an infektiösen Prionen mindestens ein Tausendstel der Konzentration im Gehirn- und Rückenmark klinisch infizierter Kühe beträgt [25].

Eine mögliche Übertragung von BSE auf den Menschen wird nach den neuesten Forschungsergebnissen als wahrscheinlich angesehen. Viele Hinweise deuten auf einen Zusammenhang zwischen BSE und einer neuen Variante der Creutzfeld-Jacob-Krankheit (nvCJD) hin. Auch wenn bisher alle Befunde nicht den Beweis für die Übertragung von BSE

auf den Menschen darstellen, so haben sich die Indizien dafür stark verdichtet [20, 23, 31, 44].

Damit ist der bisher praktizierte Verwertungsweg des Tiermehls aus Vorsorgegründen ausgeschlossen und muss durch andere Behandlungs- bzw. Verwertungswege ersetzt werden. Die Bundesregierung geht zumindest derzeit davon aus, dass Tiermehl und Tierfett auch nicht für andere Zwecke verwendet werden kann, z.B. etwa als Inputmaterial für Kompost- und Biogasanlagen oder für die Düngemittelherstellung, obgleich dies durch das oben genannte Futtermittelverbotsgesetz nicht ausgeschlossen wird.

Die Bundesregierung sieht derzeit als einzig mögliche Alternative die Entsorgung in thermischen Verfahren, weil im Zuge dieser Entsorgung die in diesen Stoffen u.U. enthaltenen BSE-Erreger in exothermen chemischen Umwandlungsprozessen (Verbrennung, Vergasung) bei ausreichend hohen Temperaturen, hinreichenden Verweilzeiten und Sauerstoffangeboten zerstört werden und damit nach einer thermischen Behandlung Infektionsrisiken soweit wie möglich ausgeschlossen werden können. Für diese Behandlung kommen kurzfristig nur bereits in Betrieb befindliche und für die Mitbehandlung von Tiermehl und Tierfett verfügbare und geeignete industrielle und kommunale thermische Anlagen in Betracht.

Die Errichtung von speziellen Verbrennungsanlagen für Tiermehl als Mono-Anlagen, wie sie derzeit in England realisiert werden, erscheint nur dann sinnvoll, wenn langfristig ausreichende Tiermehlmengen zur thermischen Behandlung garantiert werden. Denkbar ist außerdem auch ein Lösungsansatz, bei dem die TBAs selbst die thermische Behandlung übernehmen und die aus einer Kraft-/Wärmekopplung erzeugte Energie innerhalb der TBA genutzt wird. Beide Möglichkeiten stehen wegen der notwendigen Genehmigungs- und Realisierungszeiträume erst mittelfristig zur Verfügung und können daher keinen Beitrag zur Lösung der aktuellen Entsorgungsproblematik leisten. Die Frage der Wirtschaftlichkeit dieser Lösungen ist noch zu prüfen.

In Zusammenhang mit der thermischen Behandlung von Tiermehl wird in jüngster Zeit eine Veröffentlichung über das Überleben von TSE-Infektiösität bei 600 °C von Brown et al [18] diskutiert. In dieser Veröffentlichung wird von den Autoren berichtet, dass in Proben von Gehirnen infizierter Hamster nach einer 15-minütigen thermischen Behandlung bei 600 °C noch Reste von Infektiösität nachweisbar gewesen seien. Als mögliche Erklärung wird ein

anorganisches „molecular template“ diskutiert, welches in der Lage sei, die biologische Wiederherstellung (Replikation) der Infektionserreger auszulösen.

Neben der Frage nach der wissenschaftlichen Bewertung dieser Infektions-Hypothese ist für den Leitfaden die Frage relevant, ob die thermische Behandlung von infizierten Gewebeproben im Labor Schlüsse zulässt auf die Effizienz einer thermischen Behandlung (Verbrennung) von möglicherweise mit BSE-Erregern kontaminiertem Tiermehl in großtechnischen Verbrennungsanlagen, die dem Stand der Technik entsprechen.

Den Verfassern liegt eine Stellungnahme der Bundesforschungsanstalt für Viruskrankheiten der Tiere, Tübingen, vor, in der unter Bezugnahme auf die oben genannte Veröffentlichung die darin beschriebene Hypothese als hochgradig spekulativ angesehen wird und angesichts der Verbrennungsbedingungen in großtechnischen Verbrennungsanlagen keine Zweifel an der wirkungsvollen Zerstörung von BSE-Erregern bei der Verbrennung von Tiermehl geäußert werden, sofern in den Verbrennungsanlagen die Feuerraumbedingungen gemäß der 17. BImSchV eingehalten werden [39]. Diese Auffassung wird bestätigt durch eine Kurzstellungnahme des ISB Institut für Sicherheit in der Biotechnologie / TÜV Süddeutschland zur Mitverbrennung von Tiermehl in bayerischen Müllverbrennungsanlagen [42]. Diese Stellungnahme geht detailliert auf die Unterschiede zwischen den Laborbedingungen und den realen Verbrennungsbedingungen ein (siehe 4.2.1 unter Verbrennungsprozess und Rückstände/Produkte). Sie wurde zeitgleich und unabhängig von der Stellungnahme der Bundesforschungsanstalt für Viruskrankheiten der Tiere erstellt.

Im Übrigen ist bezüglich der Verfahren, die keine thermischen Behandlung (Verbrennung) beinhalten, festzustellen:

Die Ablagerung auf Deponien entfällt als Entsorgungsweg, weil durch eine Ablagerung die Zerstörung von möglicherweise vorhandenen BSE-Erregern nicht erreicht werden kann. Außerdem wird die Ablagerung dieses Materials wegen des hohen Organikgehaltes durch die Ablagerungsverordnung [28] untersagt.

Auch biologische Behandlungsverfahren (z.B. Biogas-Verfahren, Vergärung, mechanisch-biologische Behandlung) kommen nicht in Betracht, weil durch biologische Umwandlungsreaktionen allein eine mit einer thermischen Mineralisierung erreichbare Irreversibilität (Zerstörung organischen Materials) nicht möglich ist [29]. Durch biologische Verfahren wird die Reaktionsfähigkeit der behandelten Stoffe zwar vermindert, jedoch ohne

Zerstörung der biologisch schwer oder nicht abbaubaren Organik [30]. Allenfalls sind Kombinationslösungen mit thermischen Verfahren denkbar.

Auch entfällt die Entsorgung von Tiermehl und Tierfett durch stoffliche Verwertungswege, soweit diese nicht mit einer thermischen Behandlung kombiniert werden, da alle anderen Arten von (kalter) stofflicher Verwertung wegen Entfalls der thermischen Zerstörung u.U. vorhandener BSE-Erreger mit nicht auszuschließenden Infektionsrisiken verbunden wären.

1.2 Erstellung der Technischen Anforderungen

Vor dem Hintergrund der Entsorgungsproblematik von Tiermehl aufgrund des Verfütterungsverbot es hat die Bundesrepublik Deutschland, vertreten durch das BMU, dieses wiederum vertreten durch das UBA, in Abstimmung mit dem BMVEL die Dr.-Ing. A. Nottrodt GmbH beauftragt, in Zusammenarbeit mit Herrn Dipl.-Ing. Jürgen Chibiorz, Berlin, und der wandschneider + gutjahr ingenieurgesellschaft mbh, Hamburg, sowie nach Anhörung der Vertreter aller betroffenen Institutionen und Verbände (siehe Anlage 1) einen „Leitfaden zur Verbrennung von Tiermehl und Tierfett“ zu erstellen.

Rechtliche Aspekte dieses Leitfadens wurden im Unterauftrag der Dr.-Ing. A. Nottrodt GmbH durch Herrn Rechtsanwalt Dr. Bodo A. Baars, Hamburg, betreut.

Die Voraussetzungen, Randbedingungen und Erfahrungen mit der thermischen Behandlung von Tiermehl und Tierfett in verschiedenen Anlagen wurden zusammengestellt und sind in Kapitel 3 und 4 dieses Leitfadens dargestellt. Daraus folgen die in Kapitel 5 dargestellten Handlungsempfehlungen.

2.0 Zweck der Technischen Anforderungen

Im Rahmen der Bearbeitung dieses Leitfadens wurde, soweit in der Kürze der Bearbeitungszeit möglich, der aktuelle Stand des Wissens und der Erfahrung bei der Verbrennung von Tiermehl, Tierfett und sonstigen bei der Tierkörperbeseitigung anfallenden Stoffe zusammengestellt. Dadurch soll bundesweit den Betreibern von Abfallverbrennungsanlagen und geeigneten industriellen Prozessen sowie sonstigen Beteiligten eine Arbeitshilfe mit eindeutigen und begründeten Handlungsempfehlungen für die thermische Behandlung dieser Stoffgruppe zur Verfügung gestellt werden. Weiterhin können die Besitzer von Tiermehl und Tierfett die für sie wichtigen Anforderungen und gegebenenfalls notwendige Änderungen/Anpassungen ihrer Anlagen ableiten.

Fragen zu genehmigungsrechtlichen Voraussetzungen beim Einsatz von Tiermehl in Abfallverbrennungsanlagen und industriellen Prozessen, bei der Lagerung von Tiermehl sowie zur Überwachung einer ordnungsgemäßen Entsorgung sind an die jeweils nach Landesrecht zuständigen Behörden zu richten.

Wesentlicher Zweck des Leitfadens ist es auch, durch eine objektive und sachlich begründete Darstellung des Standes des Wissens und der Erfahrung unter Nennung der identifizierten Wissensdefizite sowie durch klar formulierte Handlungsempfehlungen die Information und damit die Akzeptanz der betroffenen Öffentlichkeit zu fördern. Gleiches gilt auch für die Information und Akzeptanz der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter in den Anlagen, die Tiermehl und Tierfett thermisch behandeln (verbrennen) bzw. behandeln wollen.

Es handelt sich bei den betrachteten Verbrennungsanlagen um folgende thermische Anlagengruppen:

- Müllverbrennungsanlagen
- Sonderabfallverbrennungsanlagen
- Kohlekraftwerke
- Zementwerke
- Klärschlammverbrennungsanlagen
- Vergasungsanlagen
- Sonstige industrielle thermische Prozesse

Der hier vorgelegte Leitfaden stellt die für die Verbrennung von Tiermehl und Tierfett relevanten verfahrenstechnischen, hygienischen, ökologischen, wirtschaftlichen und verwaltungsrechtlichen Randbedingungen zusammen. Aus diesen Randbedingungen ergibt sich eine Aussage über die Eignung der verschiedenen thermischen Behandlungsverfahren. Es werden Vorschläge für die Mindestanforderungen gemacht, die bei der Verbrennung von Tiermehl einzuhalten sind.

Grundsätzlich gilt die Empfehlung, die teilweise schon praktiziert wird, dass zwischen den Tiermehl und Tierfett produzierenden Betrieben, in der Regel Tierkörperbeseitigungsanstalten (TBAs), und geeigneten Verbrennungsanlagen in der Nähe dieser Anlagen eine feste Kooperation aufgebaut wird. So ist am einfachsten sicherzustellen, dass die verfahrenstechnischen und betrieblichen Maßnahmen gut aufeinander abgestimmt werden können; die jeweiligen speziellen Verhältnisse lassen sich so am einfachsten berücksichtigen.

Weiter wird eine enge Abstimmung mit den zuständigen Behörden empfohlen, um auch die notwendigen Verwaltungsangelegenheiten möglichst schnell und effektiv durchführen zu können.

3.0 Stoffdaten von Tiermehl und Tierfett

Der größte Teil der Menge an Tiermehl und Tierfett wird in den 43 deutschen Tierkörperbeseitigungsanstalten (TBA) produziert, ein fast ebenso großer Teil fällt in Spezialbetrieben an (siehe Tabelle 3.1). Eine Liste der deutschen TBAs ist als Anlage 2 beigefügt.

Ein Grundfließbild der Verarbeitung von Tierkörpern und Schlachtabfällen ist im Folgenden dargestellt:

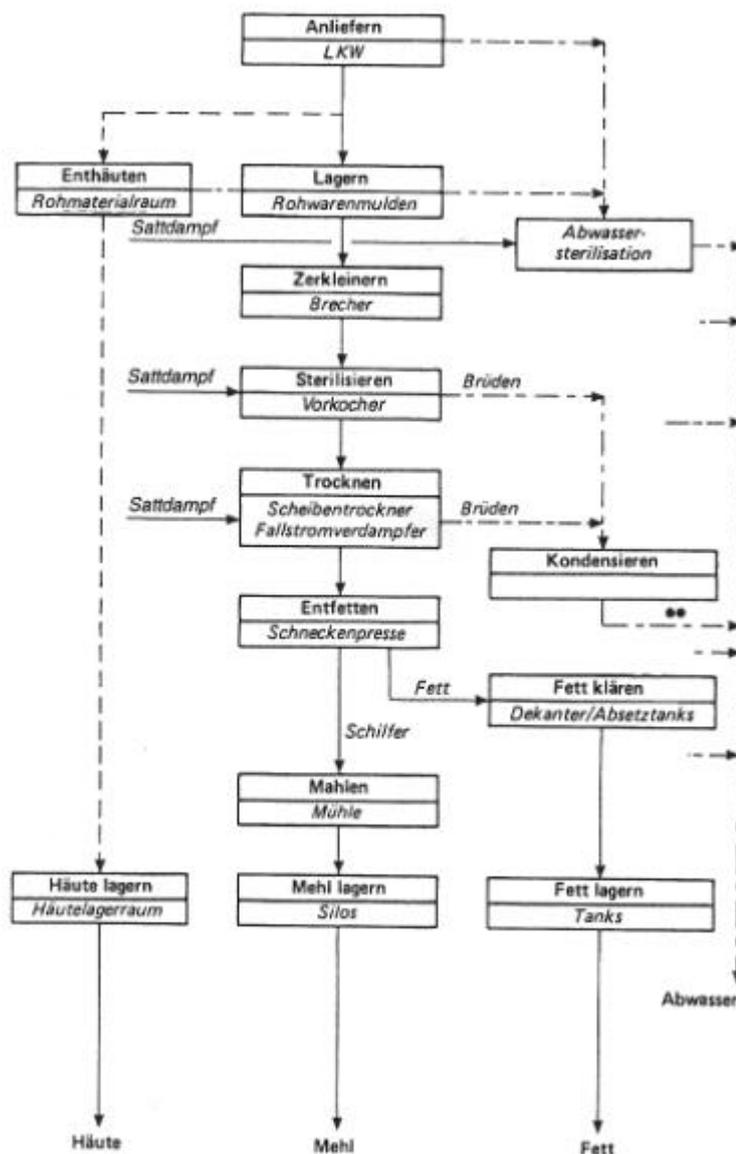


Bild 3.1: Grundfließbild der Verarbeitung von Tierkörpern und Schlachtabfällen [35]

Gemäß der Entscheidung der EU-Kommission vom 29. Juni 2000 sind sogenannte Risikomaterialien (specified risk material = SRM) definiert, d.h. Materialien mit einem erhöhten BSE-Risiko [9]. Hierzu gehören entsprechend Anhang 1 dieser Richtlinie im Wesentlichen Schädel, einschließlich Gehirn und Augen, Tonsillen, Rückenmark und Ileum von über zwölf Monate alten Rindern, Schafen und Ziegen. Diese spezifizierte Risikomaterialien werden nach Aussage der Fleischmehlindustrie ausschließlich besonderen TBAs zugeführt, die SRM verarbeiten.

Dieser Leitfaden geht grundsätzlich von folgenden Voraussetzungen aus:

- Tiermehl und Tierfett aus SRM werden getrennt erzeugt und gelagert.
- Tiermehl und Tierfett, sowohl hergestellt aus SRM als auch aus Nicht-SRM, wird nach dem Drucksterilisationsverfahren erzeugt.
- An BSE erkrankte Rinder werden vollständig als Risikomaterial eingestuft.

Zur Klarstellung wird noch einmal darauf hingewiesen, dass dieser Leitfaden sich auftragsgemäß mit vorwiegend technischen Fragestellungen befasst. Aus den o. g. grundsätzlichen Voraussetzungen kann daher nicht im Umkehrschluss die Empfehlung hergeleitet werden, dass auf den Einsatz von Tiermehlen, die nicht drucksterilisiert oder nicht bei 133 °C drucksterilisiert wurden, verzichtet werden sollte. Die Entscheidung hierüber obliegt, wie generell die Entscheidung zum Tiermehleinsatz in geeigneten Verbrennungs-/Mitverbrennungsanlagen, den zuständigen Behörden.

Hingewiesen wird auch darauf, dass aus anderen EU-Staaten importierte Tiermehle, die nicht gemäß den Parametern im Anhang I der Entscheidung EU 99/534/EG [47] behandelt wurden (133 °C, 20 min, 3 bar), nur in bestimmten Verbrennungsanlagen eingesetzt werden dürfen. Diese Verbrennungsanlagen (Abfallverwertungsanlagen) sind der EU gemäß Artikel 4 Abs. 2 Buchstabe d der Entscheidung 97/735/EG [48] zu melden und werden in einer Liste veröffentlicht. Sie sind befugt, verarbeitete Säugetierabfälle aus anderen Mitgliedsstaaten, die nicht gemäß den Parametern im Anhang der Entscheidung 99/534/EG [47] verarbeitet worden sind, zur Verbrennung oder zur Verwertung als Brennstoff entgegenzunehmen. Nach dem Stand 30. Januar 2001 sind 16 Verbrennungsanlagen aus Deutschland auf dieser Liste aufgeführt.

3.1 Mengen

Die in Deutschland 1999 verarbeiteten Fleischmengen sind in dem folgenden Diagramm dargestellt:

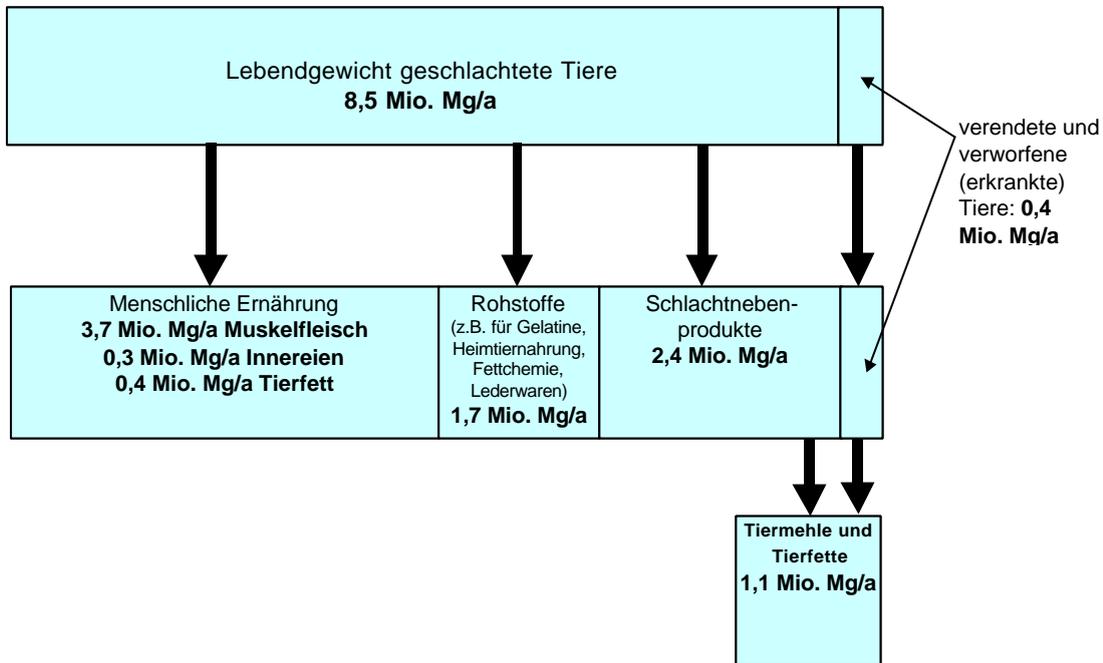


Bild 3.2: Fleischverarbeitung 1999 [16]

Die im Jahre 1999 erzeugten Tiermehle und Tierfette setzen sich wie folgt zusammen:

	Menge in Mg/a	hergestellt aus	hergestellt in
Tiermehl	378.000	Tierkörpern, Tierkörperteilen, Schlachtabfällen	Tierkörperbeseitigungs- anstalten (TBAs) (Anzahl: 43)
Tiermehl aus Risikomaterial	72.000	Risikomaterial (SRM)	speziellen TBAs
Tierfette (ohne Nahrungsverbrauch)	370.000	Tierkörpern, Tierkörperteilen, Schlachtabfällen	Tierkörperbeseitigungs- anstalten, Spezialbetrieben und Fettschmelzen
Fleischknochenmehl	215.000	knochenreichen Schlachtnebenprodukten	Spezialbetrieben (Anzahl: 10)
Blutmehl	22.000	Blut von als tauglich beurteilten Tieren	Blutmehlfabriken (Anzahl: 6-7)
Federmehl	16.000		Federmehlfabriken
Geflügelmehl	30.500		Geflügelmehlfabriken (Anzahl: 3)
Summe	1.103.500		

Tabelle. 3.1: Abschätzung des jährlichen Anfalls von Tiermehl und Tierfetten in Deutschland, [3, 16]

Die genannten Mengen können wegen der geänderten rechtlichen Situation nicht als gesicherte Planungsgrundlage angesehen werden. Den Verfassern sind weder die exakten Produktions- noch die zurzeit vorhandenen Lagermengen an Tiermehl und Tierfett bekannt. Die zukünftigen Mengen werden in Abhängigkeit der weiteren Entwicklung der BSE-Krise in der Bundesrepublik Deutschland stark schwanken, z.B. durch die angekündigte Schlachtaktion von 400.000 Rindern.

Die Verfasser erwarten, dass die vom BMVEL genannte Tiermehlmenge von knapp 0,5 Mio. Mg/a in den kommenden Jahren nicht tatsächlich zur Verbrennung anstehen wird. Aufgrund von Erfahrungen in vergleichbaren Krisensituationen gehen die Verfasser vielmehr davon aus, dass größere Mengen mittelfristig andere Verwendungswege gehen werden, gegebenenfalls nach Umstellung der bisherigen Produktionsprozesse in den Tiermehl-Erzeugerbetrieben.

Bei spezifizierten Risikomaterialien (SRM) kann demgegenüber davon ausgegangen werden, dass sie langfristig zur Verbrennung anstehen.

3.2 Zusammensetzung von Tiermehl und Tierfett

Aus Literaturangaben ergibt sich die Tiermehlzusammensetzung wie folgt:

Stoffbezeichnung, Quelle entsprechend Literaturverzeichnis	Einheit	Tiermehl analyse, Bayern [27]	Tiermehl probe Irland [5]	Tiermehl probe Portugal [6]	Tiermehl probe [8]	Tierfett [7]
Unterer Heizwert H_u	MJ/kg	18,0	15,7	17,8	16,13	39
Wassergehalt	%	4,6	18,9	2,2	7,53	0,1-0,4
Aschegehalt	%	22,03	29,4	23,6	31,0	-
Stickstoff	%	7,65	5,8	10,6	7,3	-
Schwefel, gesamt	%	0,62	0,5	0,4	0,33	-
Wasserstoff	%	5,86	7,7	6,9	5,07	-
Kohlenstoff	%	40,83	37,2	47,3	36,3	-

Tabelle 3.2: Elementarzusammensetzung von Tiermehl und Tierfett

In Tabelle 3.3 ist das Tiermehl, das für die Verbrennung besonders interessant ist, anderen Primär- und Ersatzbrennstoffen gegenübergestellt [19]:

	Einheit	Steinkohle	Hausmüll	Sortierreste	Tiermehl	Klärschlamm (TS)
Kohlenstoff	%	82 - 92	28 - 40	44 - 63	37,2	22 - 31
Wasserstoff	%	3 - 6	4 - 5	/	7,7	3 - 4
Stickstoff	%	1,3 - 1,9	1 - 2	<0,1	5,8	1,9 - 6
Schwefel, ges.	%	0,6 - 1,1	0,3 - 0,5	<0,1	0,5	0,5 - 1,3
Sauerstoff	%	2-10	16 - 22			11 - 16
Fluorid, ges.	%	<0,03				
Chlor, ges.	%	0,01 - 0,3*	0,4 - 1,0	1,2 - 2,2	0,5	0,05 - 0,4
Cyanide, ges.	mg/kg					
Arsen	mg/kg	1 - 50		2,3 - 12,3	0,3	
Blei	mg/kg	9 - 70	390 - 1830	14,5 - 258,5	4,25	206 - 390
Cadmium	mg/kg	0,1 - 2	1 - 33	8,5 - 66,2	0,43	3,6 - 4,3
Chrom, ges.	mg/kg	10 - 70	30 - 2760	15,4 - 68,6	8,31	64 - 72
Kupfer	mg/kg	5 - 70	60 - 2080	51,8 - 7278	29,4	322
Nickel	mg/kg	15 - 100		3,4 - 27,8	3,1	34
Quecksilber	mg/kg	0,08 - 2	0,5 - 12	<0,1	0,18	2,3
Zink	mg/kg	10 - 300	470 - 6530		140	
Glühverlust	Gew. %	70 - 90		80 - 93		
Heizwert	MJ/kg	25 - 30	7,5 - 15	18,2 - 28,2	15,7	8,0 - 11,5

* teilweise bis 1 %

Tabelle 3.3: Vergleich von Primär- und Sekundärbrennstoffen mit Tiermehl [19, 16, 41]

Bei diesem Vergleich ist zu berücksichtigen, dass Chlor im Tiermehl hauptsächlich als NaCl (Kochsalz) vorliegt.

Weitere Angaben über Inhaltsstoffe, die für die Mitverbrennung von Bedeutung sind, ergeben sich aus Tabelle 3.4 nach Angaben der Tiermehlerzeuger für verschiedene Produkte. Tiermehl Typ 55 ist ein fettreiches Tiermehl mit einem Proteingehalt von 55 %.

	Tiermehl Typ 55 [16]	Fleischknochenmehl [16]	Blutmehl [16]
Org. Substanz	75 %	56,9 %	88,2 %
Rohfett	12 %	10 %	0,5 %
Rohasche	21 %	39,5 %	3,6 %
Phosphor	3,1 %	6,1 %	0,16 %
Calcium	6,0 %	12,0 %	0,17 %

Tabelle 3.4 Inhaltsstoffe Tiermehlprodukte [16]

Im Hinblick auf die Mitverbrennung ist außerdem die Aschezusammensetzung interessant, die in Tabelle 3.5 spezifiziert ist. Die hohen Calcium- und Phosphoranteile sind aus dieser Ascheanalyse erkennbar:

Komponente	Tiermehlprobe, Bayern [27], Gew.-%
SiO ₂	1,42
Al ₂ O ₃	0,19
Fe ₂ O ₃	0,45
CaO	43,9
MgO	3,01
Na ₂ O	8,52
K ₂ O	1,36
SO ₃	2,08
P ₂ O ₅	37,7

Tabelle 3.5: Aschezusammensetzung Tiermehlprobe [27]

Die Schadstoffgehalte von Tiermehl aus verschiedenen Proben sind der nachfolgenden Tabelle 3.6 zu entnehmen, zum Vergleich sind die Grenzwerte der Klärschlammverordnung gegenübergestellt. Dieser Vergleich zeigt - auf der Basis der zur Verfügung stehenden Analysen -, dass Tiermehl eine geringe Schadstoffbelastung aufweist.

Stoffbezeichnung, Quelle	Einheit (bezogen auf TS)	Tiermehl, Bayern [27]	Tiermehl, Irland [5]	Tiermehl, Portugal [6]	Tierfett, Bayern [27]	Grenzwerte Klärschlammverordnung, § 4 (12) und §4 (10)
Chlor, gesamt	%	0,67	0,5	0,5	0,0031	
Chlor, organ.	mg/kg	-	-	55	-	
Blei	mg/kg	< 5	4,25	1,5	0,4	900
Quecksilber	mg/kg	< 0,2	0,18	0,2	< 0,01	8
Cadmium	mg/kg	< 1	0,43	0,4	< 0,05	10 (5)
Chrom	mg/kg	2,6	6,31	6,3	0,3	900
Kupfer	mg/kg	12	29,4	12,4	0,5	800
Nickel	mg/kg	< 4	3,1	3,3	< 0,1	200
Zink	mg/kg	110	-	-	-	2500 (2000)
Dioxine/Furane (TEQ)	ng/kg	-	0,3	0,2	-	100

Tabelle 3.6.: Schadstoffgehalte in Tiermehl

Detaillierte Untersuchungen über PCB, PAK, PCP und HCH liegen für zwei Tiermehlproben vor. Bei nicht nachweisbaren Mengen (n.n.) ist die Nachweisgrenze in Klammern angegeben:

Stoffbezeichnung, Quelle	Einheit	Tiermehl, Irland [5]	Tiermehl, Portugal [6]	Klärschlamm
Dioxine/Furane (TEQ)	ng/kg	0,3	0,2	10-20
PCB				0,3-4,5 mg/kg
PCB-28	ì g/kg TM	3,1	n.n.(1)	
PCB-52	ì g/kg TM	0,93	n.n.(1)	
PCB-101	ì g/kg TM	0,84	n.n.(1)	
PCB-138	ì g/kg TM	3,4	n.n.(1)	
PCB-153	ì g/kg TM	2,5	n.n.(1)	
PCB-180	ì g/kg TM	1,4	n.n.(1)	
PAK				0,6-19 mg/kg
Naphtalin	ì g/kg TM	n.n.(10)	n.n.(10)	
Acenaphtylen	ì g/kg TM	2	n.n.(5)	
Acenaphten	ì g/kg TM	16	n.n.(5)	
Fluoren	ì g/kg TM	81	n.n.(5)	
Phenatren	ì g/kg TM	156	9	
Anthracen	ì g/kg TM	25	n.n.(10)	
Fluoranthen	ì g/kg TM	n.n.(10)	n.n.(10)	
Pyren	ì g/kg TM	n.n.(10)	n.n.(10)	
Bezo(a)anthracen	ì g/kg TM	n.n.(10)	n.n.(10)	
Chrysen	ì g/kg TM	n.n.(10)	n.n.(10)	
Benzo(b)fluoranthen	ì g/kg TM	n.n.(10)	n.n.(10)	
Benzo(b)fluoranthen	ì g/kg TM	n.n.(10)	n.n.(10)	
Benzo(k)fluoranthen	ì g/kg TM	n.n.(10)	n.n.(10)	
Benzo(a)pyren	ì g/kg TM	n.n.(10)	n.n.(10)	
Indeno(1,2,3-cd)pyren	ì g/kg TM	n.n.(5)	n.n.(10)	
Benzo(ghi)pyren	ì g/kg TM	n.n.(5)	n.n.(10)	
Dibenz(ah)anthracen	ì g/kg TM	n.n.(5)	n.n.(10)	
PCP	ì g/kg TM	n.n. (5)	n.n. (20)	
HCH				
á-HCH	ì g/kg TM	n.n. (20)	n.n. (20)	
â-HCH	ì g/kg TM	n.n. (20)	n.n. (20)	
ã-HCH	ì g/kg TM	127	n.n. (20)	
ä-HCH	ì g/kg TM	n.n. (20)	n.n. (20)	
åHCH	ì g/kg TM	n.n. (20)	n.n. (20)	

Tabelle 3.7: PCB-, PAK, PCP- und HCH-Konzentrationen in Tiermehl

Für deutsche Tiermehle [27] liegen Analysen für PCB und HCH vor, die alle unterhalb der Nachweisgrenze von 20 ì g/kg lagen.

Die mechanischen Eigenschaften des Tiermehls unterscheiden sich je nach Produktionsstätte und können nicht allgemein spezifiziert werden. Es wird jedoch bereits jetzt bei der Herstellung von Tiermehl angestrebt, eine Kornverteilung einzustellen, die die schon bestehende Anforderung der Futtermittelindustrie nach möglichst geringer Staubbildung berücksichtigt. Ein hoher Feinkornanteil wird auch wegen der damit verbundenen Erhöhung der Explosionsgefahr so weit wie möglich vermieden ([11], [35]).

Das Schüttgewicht des bräunlich aussehenden Tiermehls beträgt etwa 600 kg/m^3 , es hat einen intensiven und süßlichen Geruch. Unter hygienischen Aspekten ist zu berücksichtigen, dass Tiermehl bei unsachgemäßer Lagerung mit Feuchtigkeitsaufnahme ein idealer Nährboden für jede Art von Bakterien, Pilzen und Ungeziefer ist.

Erfahrungen zeigen, dass grundsätzlich nur gemahlenes Tiermehl mit Wassergehalten von weniger als 5% und einem Fettgehalt von weniger als 14% pneumatisch förderfähig ist. Es gibt auch Aussagen, nach denen bereits bei Fettgehalten von mehr als 10 % Probleme bei der pneumatischen Förderung auftreten können. Da bei Tiermehl ein Fettgehalt von 10 % kaum unterschritten werden kann, kommt die pneumatische Förderung eher für Fleischknochen- und Blutmehl mit geringeren Fettgehalten in Frage.

3.3 Schnittstelle TBA/Verbrennungsanlage

In den TBAs wird das Tiermehl normalerweise in Silos zwischengelagert und wird mit entsprechenden Silofahrzeugen - bisher zur Futtermittelindustrie - abtransportiert. Der Transport und Austrag von Tiermehl aus den Silofahrzeugen ist Stand der Technik und funktioniert. Nur wenige TBAs verfügen über kleine Absackanlagen für die Direktbelieferung der Landwirtschaft. Diese sind nicht geeignet, die gesamte Produktion in abgesackter Form zu liefern. Die Weiterverarbeitung und abschließende Verpackung des Tierfutters/Tiermehls in entsprechende Handelsgebilde, d.h. in Säcke oder Big-Bags, erfolgte bisher in der Futtermittelindustrie.

Die bestehende Schnittstelle - Silo in den TBAs - ist gut geeignet, das Tiermehl der thermischen Behandlung in geschlossenen Fahrzeugen zuzuführen.

Grundsätzlich besteht auch die Möglichkeit für die TBAs, das Tiermehl als Schilfer zu liefern (siehe Bild 3.1). Diese entfettete Trockenmasse ist das unvermahlene Tiermehl und weist eine Stückgröße von bis zu 50 mm auf. Dieses Produkt ist praktisch staubfrei zu handhaben. Bei definitiver Lieferung des Tiermehls als Schilfer zur Mitverbrennung in thermischen Anlagen könnte die Zusammensetzung des Endproduktes im Hinblick auf die Verbrennung durch modifizierte Produktion in der TBA optimiert werden, da die Vermahlung entfällt. Die hierdurch erreichbaren Kosteneinsparungen für die TBA sind nicht gravierend, da lediglich das Mahlen und der damit verbundene Stromverbrauch entfällt.

Tiermehl wird teilweise auch in Form von Granulat oder Pellets angeboten.

Mittelfristig wird die Möglichkeit gesehen, den Tiermehl-Produktionsprozess unter Berücksichtigung der nachgeschalteten thermischen Behandlung zu optimieren, d.h. auf ggf. nicht mehr notwendige Verfahrensschritte zu verzichten und einen für die Handhabung und die die Verbrennung optimierten Brennstoff zu liefern. Die damit verbundenen Kosteneinsparungen können insbesondere dann ausgeschöpft werden, wenn die empfohlene langfristige Zusammenarbeit zwischen TBA und thermischer Anlage umgesetzt wird.

4.0 Aktuelle Erfahrungen

Nachfolgend werden die bisher gewonnenen Erfahrungen und die noch vorhandenen Wissensdefizite bei der Verbrennung von Tiermehl und Tierfett dargestellt. Dabei ist zu berücksichtigen, dass es sich bei allen Anlagentypen stets um eine Mitverbrennung von Tiermehl oder Tierfett handelt, da als Haupt-Brennstoff jeweils andere Stoffe eingesetzt werden.

Die Darstellung der Erfahrungen erfolgt, bezogen auf den jeweiligen Anlagentyp, gegliedert nach einem festen Schema entsprechend dem Verfahrensablauf, wobei aber nur die jeweils relevanten Aspekte aufgeführt werden.

4.1 Bestehende Vollzugssituation

Aufgrund des Handlungsdrucks haben die für den Vollzug zuständigen Länder den rechtlichen Rahmen für die – bedingt durch das am 02.12.2000 in Kraft getretene Gesetz über das Verbot des Verfütterns, des innergemeinschaftlichen Verbringens und der Ausfuhr bestimmter Futtermittel (BGBl. I S. 1635) – nicht mehr absetzbaren und damit zu beseitigenden (verbrennenden) Tiermehle und –fette sowie diese Materialien enthaltenden Futtermittel unterschiedlich ausgelegt.

So wurde die Beseitigung (Verbrennung) auf der Grundlage des Tierkörperbeseitigungsgesetzes, Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes sowie des Futtermittelgesetzes durchgeführt.

Wegen dieser unbefriedigenden Situation fand am 01.02.2001 eine Bund-Länder-Besprechung mit dem Ziel eines einheitlichen Vollzugs statt. Die Meinungsbildung hierüber wird in Kürze abgeschlossen sein; auf die dann folgende Veröffentlichung wird verwiesen.

4.2 Verfahrens- und betriebstechnische Erfahrungen

Nachfolgend werden die bisher mit der Tiermehl- bzw. Tierfettverbrennung gewonnenen Betriebserfahrungen getrennt für jede Anlagengruppe aufgezeigt. Ausdrücklich wird darauf hingewiesen, dass die gesammelten Erfahrungsberichte naturgemäß nicht widerspruchsfrei sind. Dies ist durch die unterschiedlichen Anlagenkonzepte innerhalb der Anlagengruppen

und die noch nicht immer optimierten Betriebsbedingungen erklärbar. Auf die Nennung einzelner Anlagen wird bis auf wenige Ausnahmen (z.B. [2]) bewusst verzichtet.

4.2.1 Müllverbrennungsanlagen

Aktuell ist in etwa 10 deutschen Müllverbrennungsanlagen, teilweise bereits seit längerer Zeit, Tiermehl verbrannt worden. Bis Ende des Jahres 2000 handelt es sich dabei insgesamt um ca. 40.000 Mg. Diese teilen sich wie folgt auf:

Hamburg:	In 3 Anlagen ca. 20.000 Mg
Bremen, Bremerhaven:	In 2 Anlagen ca. 6.000 Mg
Baden Württemberg, Saarland:	In 2 Anlagen ca. 6.000 Mg
Bayern:	In 2 Anlagen ca. 6.000 Mg

In einer Anlage wurde die Tiermehl-Mitverbrennung inzwischen durch das zuständige Arbeits- und Sozialministerium unterbunden.

Über die bei der Tiermehl-Mitverbrennung gewonnenen Erfahrungen existiert ein ausführlicher Bericht der MVA Stelling Moor, Hamburg, die etwa 6.000 Mg Tiermehl aus Irland verbrannt hat [2]. Weitere Informationen wurden durch Gespräche mit den Betreibern gewonnen.

Bis zum 30.11.2000 wurde ausschließlich Tiermehl verbrannt, das aus dem EU-Bereich stammt. Seit dem Inkrafttreten des Tiermehl-Verfütterungsverbotes in Deutschland erfolgt die Verbrennung kleinerer in Deutschland hergestellter Mengen in mehreren MVAs.

Da Tierfett für Müllverbrennungsanlagen ein ungeeigneter Brennstoff ist, liegen diesbezüglich keine Erfahrungen vor. Lediglich in einer Anlage mit Schwerölbrenner ist Tierfett erfolgreich verfeuert worden.

Anlieferung

Die Anlieferung von Tiermehl an Müllverbrennungsanlagen erfolgt im Regelfall über marktübliche Transportfahrzeuge für Heckentleerung durch Abkippen. Je nach Erzeuger und Qualität des Tiermehls erfolgte die Anlieferung in loser Schüttung oder alternativ in Verpackungsbehältnissen (z.B. als 25 kg oder 50 kg Sackware in Containern)

In einer Müllverbrennungsanlage wurde die Anlieferung in Big-bags vorgenommen, die durch eine im Müllbunker installierte Sackaufreissanlage geöffnet und entleert wurden. Von da aus wurde das Tiermehl über einen Rohrkettenförderer direkt zum Müllaufgabetrichter transportiert. Dieses Konzept wurde auf Veranlassung der Genehmigungsbehörde gewählt, es sollte hiermit sichergestellt werden, dass das Tiermehl nicht offen im Müllbunker auftritt. Diese Art der Anlieferung und Zuführung war jedoch sehr störanfällig und damit reparaturaufwendig. In Abstimmung mit der Genehmigungsbehörde wurde diese Anliefermethode daher durch normales Abkippen in den Müllbunker ersetzt.

Die Fahrzeuge wurden in den Bunker entleert, wobei besondere Staubemissionen wegen des relativ hohen Fett- und Wassergehaltes nicht registriert wurden, auch nicht beim Aufplatzen von Säcken.

Das Personal wurde im Vorwege über die Anlieferung von Tiermehl unterwiesen, und im Sinne des Vorsorgeprinzipes wurden allgemeine Verhaltensregeln und Schutzmaßnahmen festgelegt. Dabei waren insbesondere hygienische Verhaltensregeln maßgebend, da die bestehenden Betriebsanweisungen, z.B. über den Umgang mit Gefahrstoffen, weitgehend übernommen werden konnten.

Beispielsweise wurden die nachfolgend genannten Schutzmaßnahmen für die Tiermehlannahme genannt, die ohne Anspruch auf Vollständigkeit und ohne Bewertung zitiert werden. Dabei handelt es sich um eine Sammlung von Vorgaben aus verschiedenen Anlagen. Sie sind nicht unbedingt identisch mit den Empfehlungen der Verfasser, die dem Kapitel 5.2.1.3 zu entnehmen sind.

- Das Tiermehl ist auf ein vorhandenes Polster von Hausmüll aufzubringen.
- Die Aufgabe des Tiermehls in den Bunker hat ohne sichtbare Staubbildung zu erfolgen.
- Die Trichterebene im Bereich der Greiferquerung ist mindestens einmal täglich mit Chlorbleichlauge zu desinfizieren. In einer anderen Anlage wurde 4%-ige Natronlauge durch den Veterinär vorgeschrieben (Diese Auflagen beziehen sich auf Anlagen, die ausländisches Tiermehl verbrennen, bei dem nicht sichergestellt ist, dass die Drucksterilisation in jedem Falle angewendet wurde).
- Die Lieferfahrzeuge müssen vor Verlassen des Betriebsgeländes desinfiziert (mittels Chlorbleichlauge) werden (Diese Auflage bezieht sich auf Anlagen, die ausländisches Tiermehl verbrennen, bei dem nicht sichergestellt ist, dass die Drucksterilisation in jedem Falle angewendet wurde).
- Eine Zwischenlagerung der Anliefercontainer auf dem Betriebsgelände ist nicht zulässig.

- Eine Mengenbegrenzung von max. 20% bzw. 10 % bzw. 5 % der Durchsatzleistung ist zu beachten.
- Längere Bunkerlagerung ist zu vermeiden.
- Direkter Hautkontakt mit Tiermehl ist zu vermeiden.

Die Reinigung der entleerten Fahrzeuge bzw. Transportbehälter ist nicht einheitlich geregelt und wird von Anlage zu Anlage unterschiedlich gehandhabt.

Lagerung und Vermischung

Die längerfristige Lagerung des angelieferten Tiermehls im Müllbunker wurde bisher bewusst vermieden, d.h. die Anlieferung erfolgte nur auf Tagesbasis. Bedingt durch den 5-tägigen Anlieferbetrieb und den 7-tägigen Verbrennungsbetrieb waren immer nur geringe Tiermehlmengen im Bunker vorrätig. Besondere Staub- und Geruchsemissionen konnten nicht festgestellt werden.

Wesentliche Aufgabe des Müllbunkers ist eine Vermischung des Tiermehls mit den übrigen Abfällen, da der Heizwert des Tiermehls den Durchschnitts-Heizwert der übrigen Abfälle deutlich übersteigt. Das Tiermehl wurde im Müllbunker mittels der Krananlagen mit dem Abfall gemischt und homogenisiert. Dafür haben sich die üblichen Polypgreifer auch bei losem Material bewährt, allerdings rieselt das Tiermehl teilweise heraus und verteilt sich auf der Bunkeroberfläche. Auch bei der Anlieferung von Sackware konnte durch Verteilen sichergestellt werden, dass eine für den Verbrennungsprozess ausreichende Vermischung erzielt wurde. Unzulässige Staubemissionen durch teilweises Aufreißen der Säcke infolge des Greiferbetriebes wurden nicht festgestellt.

Grundsätzlich hat sich die Zwischenlagerung des Tiermehls im Bunker als praktikabel erwiesen, vermehrte Ungezieferarten konnten erst nach mehreren Tagen Lagerzeit beobachtet werden. Einige Erfahrungen zeigen, dass der Böschungswinkel sich durch die Beimischung von Tiermehl infolge des hohen Fettgehaltes negativ verändert und damit die Stapelmöglichkeiten bzw. das Freihalten der Abkippstellen im Bunker eingeschränkt werden.

Weiterhin wurde beobachtet, dass sich das Schüttgewicht erhöht, da das Tiermehl vorwiegend in die Hohlräume der Schüttung fällt. Dadurch ist es teilweise zu Überfüllung des Greifers mit Ansprache der Überlastsicherung der Krane gekommen.

Das Tiermehl-Abfallgemisch kann mittels der üblichen Krananlagen grundsätzlich problemlos der Verbrennung zugeführt werden.

Die Förderung der erzeugten Rückstände (Schlacke, Flugaschen usw.) erfolgt in den vorhandenen Fördersystem ohne erkennbare Auswirkungen. Die in einem Fall erfolgte Förderung des Tiermehls direkt in den Aufgabetrichter der Feuerung mittels eines Rohrkettenförderers hat sich nicht bewährt und ist inzwischen außer Betrieb.

Bei der Beschickung in die Feuerung konnten negative Einflüsse nicht festgestellt werden.

Verbrennungsprozess

Tiermehl ist ein heizwertreicher, zündfreudiger Brennstoff. Er muss daher, wie übrige heizwertreiche Mono-Abfallfraktionen (z.B. Kunststoff) auch, möglichst gut mit dem übrigen Abfall vermischt und homogenisiert werden. Der Einsatz des homogenisierten Abfall-Tiermehl-Brennstoffes führt erfahrungsgemäß eher zu einer Verbesserung als zu einer Verschlechterung der Verbrennungsbedingungen. Wenn der Anteil des Tiermehls 10 –25 % des gesamten Abfallstromes nicht überschreitet, ist der Verbrennungsbetrieb im Rahmen der Feuerungsleistungsregelung gut beherrschbar. Bei einer Anlage wurde sogar eine Stabilisierung der Verbrennung beobachtet.

Im Hinblick auf die maximalen Tiermehl-Mengenanteile liegen sehr unterschiedliche Aussagen vor (maximal 5 %, 10 %, 25 %), die teilweise anlagenspezifisch erklärbar sind. In einer Anlage sind im Mittel 25 % Anteil Tiermehl verbrannt worden. Es wird erwartet, dass Tiermehlanteile bis maximal 10 % vom Abfallmassenstrom den Verbrennungsprozess nicht negativ beeinträchtigen.

Die Verbrennungstemperatur im Müllbett auf dem Rost beträgt ca. 800 bis 1000 °C [42] in der Hauptverbrennungszone. Die gesamte Expositionszeit auf dem Rost beträgt 30 bis 45 Minuten, davon ca. 10 Minuten in der Hauptverbrennungszone. Die Verweilzeit der Verbrennungsgase beträgt mehr als 2 Sekunden bei einer Temperatur von mehr als 850 °C. Bezüglich der Verbrennungsbedingungen im Feuerraum im Vergleich mit den Testbedingungen von Brown et al.[18] kommt der TÜV-Süddeutschland [42] zu der grundsätzlichen Anmerkung:

„Die Bedingungen zum Ausbrand sind in dem oben genannten Test grundlegend nicht mit den Bedingungen in einer Verbrennungsanlage nach 17. BImSchV vergleichbar. Die Verbrennungsbedingungen in einer nach der 17.BImSchV betriebenen Anlage sind aus

unserer Sicht wegen des geforderten Sauerstoffüberschusses wesentlich besser als die unter pyrolytischer Verbrennung ablaufenden Tests.“

Bei der Mitverbrennung von Tiermehl sind keine über das normale Ausmaß hinausgehenden Verschleißerscheinungen an den metallischen und keramischen Werkstoffen beobachtet worden. Ein erhöhtes Verschmutzungs- und Korrosionsverhalten ist auf Grundlage der bisherigen Erkenntnisse und Erfahrungen nicht nachweisbar. Es wurde sogar über eine Verminderung der Verschmutzungsneigung bei der Tiermehl-Mitverbrennung berichtet. Es wird aber darauf hingewiesen, dass durch den hohen Phosphorgehalt des Tiermeihls der Schmelzpunkt der Aschen erniedrigt wird und damit Probleme auftauchen können.

Emissionen

Aufgrund der Zusammensetzung des Tiermeihls mit im Vergleich zu Hausmüll relativ geringen Schadstoffgehalten sowie der aufwendigen Abgasreinigungstechniken in Müllverbrennungsanlagen konnten Einflüsse auf das Emissionsverhalten bei der Tiermehl-Mitverbrennung nicht beobachtet werden. Wegen des erhöhten Phosphorgehaltes im Tiermehl gibt es jedoch Hinweise dafür, dass möglicherweise Katalysatoren zur Entstickung (HD-SCR) beeinträchtigt werden. Belastbare Ergebnisse hierzu liegen aber nicht vor.

Rückstände/Produkte

Bezüglich der erreichbaren Inaktivierungsraten in den Verbrennungsrückständen im Vergleich mit der unter den Testbedingungen bei 600 °C erreichten Inaktivierungsrate von ca. 10^8 [18] kommt der TÜV-Süddeutschland[42] zu folgenden Schlussfolgerungen:

„Bei der Verbrennung in MVA können unter folgenden Bedingungen bei 600 °C und einer Verweilzeit von 15 Minuten höhere Inaktivierungsraten als ca. 10^8 erreicht werden:

- *Deutlich geringerer Wassergehalt als ca. 80 % wie bei dem verwendeten frischen Gewebe*
- *Kleine Partikelgröße von wenigen mm im Verbrennungsraum*
- *Sauerstoffüberschuss während der Verbrennung*
- *Sichere Gewähr, dass das Brenngut mindestens 15 Minuten im Ofen bei der angegebenen Temperatur verweilt.*

Nach heutigem Kenntnisstand kann Tiermehl aufgrund der Vorbehandlung und der Verdünnung mit nichtkontaminierten Material in der Tierkörperbeseitigungsanstalt keine Erregerkonzentration vergleichbar mit infiziertem Hirngewebe aufweisen. Daher ist davon

auszugehen, dass unter den o.a. Bedingungen eine vollständige Inaktivierung der Prionen bezogen auf den Einsatz von Tiermehl erfolgt.

Die Einhaltung der Anforderungen der 17. BImSchV gewährleistet einen entsprechenden Ausbrand der Abgase und gibt Hinweise auf die Temperaturbedingungen auf dem Rost einer MVA. Die Abluft sollte in jedem Fall in geeigneter Weise behandelt werden, damit keine infektiösen Partikel, die nicht eine ausreichende Zeit Kontakt mit den Bedingungen im Ofen hatten, entweichen können. Durch diese Abluftbehandlung ist eine weitere Sicherheit gegeben.“

Bezüglich der Rückstände aus Müllverbrennungsanlagen formuliert der TÜV Süddeutschland folgende Empfehlungen:

- *„Der sog. Rostdurchfall ist entweder einer erneuten thermischen Behandlung zu unterziehen oder so abzulagern, dass eine unkontrollierte Verbreitung ausgeschlossen ist.*
- *Zur Absicherung der Kenntnisse und um in der Praxis belegen zu können, ob überhaupt im Rostdurchfall oder der Schlacke noch Prionen vorhanden sind, wird eine analytische Überprüfung auf Eiweißstrukturen in Rostdurchfall und Schlacke empfohlen.*
- *Vorbeugend sollte die beim Abfahren der Anlage anfallende Schlacke separat aufgefangen werden, da beim Leerfahren des Rostes mit einer relativ raschen Abkühlung, verbunden mit einem schlechten Ausbrand zu rechnen ist.*
- *Untersuchung potentieller Einträge von Eiweißverbindungen in die Salzfraktion bei der Aufbereitung von der Wäscherwässer von MVA mit Salzurückgewinnung.“*

Produkte wie Salzsäure, Kochsalz und Gips werden nur bei einzelnen Müllverbrennungsanlagen erzeugt. Spezifizierte Einflüsse auf diese Produkte durch die Mitverbrennung von Tiermehl sind nicht bekannt.

Bei den Einflüssen auf die Rückstände ist zwischen den Rückständen aus der Verbrennung und den Rückständen aus der Abgasreinigung zu differenzieren. Ein Einfluss auf die Rückstände der Abgasreinigung konnte bisher weder qualitativ noch quantitativ beobachtet werden.

Bei den Rückständen aus der Verbrennung konnte ein Einfluss in Form einer veränderten Schlackequalität dann beobachtet werden, wenn der Anteil des Tiermehls am Gesamtabfallstrom den eigentlich vorgesehenen Anteil infolge schlechter Durchmischung deutlich überschritt. Die Qualitätsveränderung machte sich durch eine feinkörnigere, bräunlichere Schlacke bemerkbar, die teilweise auch geruchsbelastet war. Bei geringen Tiermehlanteilen, d.h. unter 5 -10 %, konnten derartige qualitative Veränderungen nicht beobachtet werden. Die bei der Tiermehl-Mitverbrennung erzeugten Schlacken wurden weiterhin, wie anlagenspezifisch üblich, einer stofflichen Verwertung ohne Beanstandung zugeführt. Erste Schlackenanalysen aus der Tiermehl-Mitverbrennung liegen vor. Darin wurde Apatit ($\text{Ca}_5(\text{F}, \text{Cl}, \text{OH}, \text{CO}_3)(\text{PO}_4)_3$) gefunden. Dies lässt erwarten, dass die Auswirkungen des Phosphors auf das Verfahren gering sind.

In einem Fall gibt es vorläufige Analysenergebnisse, die bei Verifizierung einen negativen Einfluss auf die Schlackenverwertung haben würden.

Bezüglich der Problematik des Rostdurchfalls sind bei den bisherigen Verbrennungsversuchen keine negativen Einflüsse beobachtet worden. Allgemein wird lediglich festgestellt, dass bei inhomogener Zusammensetzung und ab Tiermehlanteilen von > 25 % bzw. bereits > 10 % mit Beeinträchtigungen zu rechnen ist. Bei Anlagen mit Rückführung des Rostdurchfalls in die Feuerung bzw. den Müllbunker tritt diese Problematik nicht auf.

Kapazitäten

Die jeweils freien Kapazitäten sind von MVA zu MVA sehr unterschiedlich. Bei einer Gesamtkapazität aller Müllverbrennungsanlagen von ca. 14 Mio Mg/a Abfall könnten theoretisch bereits bei einer Mitverbrennung von 5% Tiermehl etwa 0,7 Mio. Mg Tiermehl verbrannt werden.

Behandlungspreise

Die Behandlungspreise für die Mitverbrennung von Tiermehl liegen bei ca. 200,00 - 300,00 DM/Mg, d.h. sie entsprechen üblicherweise den Entsorgungskosten für normale Abfälle. Aus dem höheren Heizwert ergibt sich, dass eine Tonne Tiermehl ca. 1,5 Tonnen Hausmüll ersetzt. Der daraus folgende theoretisch höhere Behandlungspreis lässt sich jedoch offensichtlich am Markt nicht durchsetzen. Dies führt bei gut ausgelasteten Müllverbrennungsanlagen dazu, dass eine Mitverbrennung von Tiermehl aus wirtschaftlichen Erwägungen zurzeit nicht weiter verfolgt wird.

4.2.2 Sonderabfallverbrennungsanlagen

Erfahrungen mit der Mitverbrennung von Tiermehl liegen bei drei deutschen Sonderabfallverbrennungsanlagen vor. Dabei handelt es sich vor allem um Tiermehl aus Frankreich.

Anlieferung, Lagerung, Förderung

Tiermehl wurde überwiegend lose, aber auch in big bags angeliefert und in einem geschlossenen Bunker gelagert. Das Abkippen des Tiermehls in den Bunker erfolgt analog zu Müllverbrennungsanlagen (s. Kap. 4.2). Eine Annahme in geschlossenen Gebinden wäre auch möglich. Die Aufgabe in den Drehrohrofen erfolgt wie bei Müllverbrennungsanlagen mit einem Greiferkran.

Verbrennung

Im Drehrohrofen liegen die Verbrennungstemperaturen bei 900 – 1.100 °C. In der Nachverbrennung beträgt die Verweilzeit der Verbrennungsgase mehr als 2 Sekunden bei Temperaturen von mindestens 1.100 °C. Der Durchsatz an Tiermehl wird aufgrund des Heizwertes und zur Sicherung des Ausbrandes begrenzt. Unter diesen Bedingungen wurden keine nachteiligen Auswirkungen auf den Verbrennungsprozess festgestellt.

Emissionen

Die Rauchgase gelangen nach dem Drehrohrofen in eine Nachbrennkammer, die eine Mindesttemperatur von 1.100 °C hat. Die Abgasreinigung ist auf Abfall mit wesentlich höheren Schadstoffbelastungen ausgelegt, so dass Einflüsse auf die Emissionen nicht registriert wurden und auch nicht zu erwarten sind.

Rückstände

Einflüsse auf Rückstände und Produkte wurden bei Begrenzung des Tiermehlanteils nicht festgestellt.

Kapazität

Die deutschen Sonderabfallverbrennungsanlagen haben zurzeit freie Kapazitäten. Sie könnten etwa 50.000 Mg/a an Tiermehl annehmen.

Behandlungspreise

Die Behandlungspreise liegen bei ca. DM 300,- bis DM 800,- pro Tonne.

4.2.3. Klärschlammverbrennungsanlagen

Klärschlamm wird größtenteils in Mono-Anlagen mit stationären Wirbelschichtfeuerungen verbrannt. Die grundsätzliche Eignung dieser Klärschlammverbrennungsanlagen für die Tiermehl-Mitverbrennung wird aus den folgenden Eigenschaften abgeleitet:

- Tiermehl und Klärschlamm sind von der Konsistenz vergleichbar und werden in geschlossenen Systemen gefördert. Erfahrungen des Betriebspersonals mit Material, das seuchenhygienisch nicht unbedenklich ist (Rechengut, Fette) liegen vor.
- Die Regeln der 17. BImSchV werden eingehalten. Die Wirbelschichtverbrennung ermöglicht es, dass auch die Aschebestandteile des Brennstoffes auf mindestens 850 °C erhitzt werden.

Erfahrungen aus Versuchen zur Mitverbrennung von Tiermehl liegen vor, auch Tierfette werden in verschiedenen Anlagen bereits mitverbrannt. In England wird zurzeit eine neue Anlage zur ausschließlichen Tiermehlverbrennung geplant, die als Wirbelschichtfeuerung ausgeführt wird (Siehe Kapitel 4.9.1).

Anlieferung, Lagerung

Bevorzugt wird grobkörniges Material wie Schilfer oder Pellets, möglich ist aber auch der Einsatz von feinkörnigem Material. Für die Annahme können teilweise vorhandene Einrichtungen zur Fremdschlammannahme eingesetzt werden. Wenn die Tiermehl-Mitverbrennung langfristig etabliert würde, sind in der Regel separate Silos oder Bunker vorgesehen, um eine gute Vermischung mit dem Klärschlamm sicherzustellen.

Förderung

Die Förderung erfolgt analog zum Klärschlamm in geschlossenen Systemen. Die Zugabe in die Feuerung erfolgt nach Vermischung mit dem Klärschlamm oder über separate Zuführung/Lanzen.

Verbrennung

Die Mitverbrennung von Tiermehl ist nach Aussage der Betreiber bis zu einem Anteil von 10 – 20 % der Durchsatztrockenmasse unproblematisch. Die Begrenzung des Anteils ist aufgrund der Feuerungsauslegung erforderlich, das Ausmaß hängt von der anlagenspezifischen Auslegung ab. Feuerungen, die auf die Mitverbrennung von höherkalorischem Material, z.B. Industrieschlämmen oder getrockneten Klärschlämmen, ausgelegt sind, können ggf. höhere Tiermehlanteile verbrennen. Bei zirkulierenden Wirbelschichtfeuerungen und Etagenöfen ist ebenfalls ein Tiermehlanteil oberhalb von 20 % der Durchsatztrockenmasse möglich, dies ist im Einzelfall zu klären. In jedem Fall muss die Wirbelfähigkeit des Tiermehls gegeben sein (maximale Korngröße, kein Einsatz von Schilfer möglich).

Rückstände, Produkte

Als Rückstand fällt bei der Klärschlammverbrennung Asche an, die bei Wirbelschichtfeuerungen mit dem Abgas ausgetragen wird. Es ist nicht bekannt, ob die Eigenschaften dieser Asche durch die Mitverbrennung von Tiermehl beeinflusst werden. Unbekannt ist weiterhin, ob bei höheren Tiermehlanteilen eine Reduktion des Ascheschmelzpunktes zu Problemen führen könnte.

Emissionen

Es wurde beobachtet, dass die NO_x-Werte bei der Mitverbrennung von Tiermehl infolge des hohen Stickstoffanteils ansteigen. Sofern zur Einhaltung des Grenzwertes der 17.BImSchV Sekundärmaßnahmen zur Entstickung installiert sind, wird diese Erhöhung jedoch als unproblematisch angesehen; sind keine zusätzlichen Entstickungsmaßnahmen installiert, so ist das veränderte Emissionsverhalten zu beobachten. Ggf. ergeben sich hieraus dann Durchsatzbeschränkungen. Weitere Einflüsse der Tiermehl-Mitverbrennung auf die Emissionen sind nicht bekannt.

Kapazitäten

Nach Aussage der Betreiber bestehen derzeit freie Kapazitäten bei fast allen Klärschlamm-Verbrennungsanlagen. Es werden mögliche Durchsätze von 2.000 – 20.000 Mg/a pro Anlage genannt. Es gibt auch redundant vorhandene Verbrennungslinien, die bei Zustimmung der Genehmigungsbehörden in Betrieb genommen werden könnten. Die insgesamt freien Kapazitäten werden auf ca. 150.000 Mg/a abgeschätzt.

Behandlungspreise

Eine generelle Aussage über die Behandlungspreise kann nicht gemacht werden, sie sind abhängig von der jeweiligen Anlage und den dortigen Entsorgungsbedingungen.

4.2.4 Kohlekraftwerke

Bezüglich des Standes der Technik der Mitverbrennung von Abfällen in Kohlekraftwerken wird verwiesen auf das Quellenmaterial des VDI-Richtlinienwerkes im VDI-Handbuch Reinhaltung der Luft [32] [33].

Die Einsatzfähigkeit von Abfällen als Ersatzbrennstoff wird begrenzt durch die Lagermöglichkeit im Kraftwerk, die Notwendigkeit zur Vorbehandlung, um eine für die jeweilige Feuerung geeignete Darreichungsform zu erzielen, das Verbrennungsverhalten (einschl. Verschmutzung, Korrosion und Einfluss auf die Abgasreinigungssysteme),

Auswirkungen auf die Emissionen, die Produkte aus der Abgasreinigung und auf die Verbrennungsrückstände [33].

Großtechnische Versuche zur Tiermehl-Mitverbrennung werden seit dem Jahr 2000 in verschiedenen Anlagen durchgeführt. Ein Versuchsbetrieb mit einer Genehmigung für 6 Monate erfolgt z.B. im Kraftwerk Berlin-Oberhavel mit beigefügten Tiermehlmengen von 100 Mg/d. Mehrere Kraftwerke zeigen Interesse. Zurzeit läuft das Genehmigungsverfahren für die Tiermehl-Mitverbrennung im Kraftwerk Emsdorf der VSE AG. Außerdem liegen Erfahrungen mit der Tiermehl-Mitverbrennung beim Kraftwerk Staudinger in Hessen vor. Seit Dezember 2000 wird in der Zirkulierenden Wirbelschicht (ZWS) eines industriellen Kraftwerkes der Rethmann Lippewerke GmbH in Lünen Tiermehl mitverbrannt. Die Anlage ist auf 78 MW thermisch ausgelegt und wird zzt. mit ca. 45 MW thermisch gefahren. Es besteht eine befristete Genehmigung zur Verbrennung von Tiermehl. Zum jetzigen Zeitpunkt sollen ca. 50 bis 60 % der Feuerungswärmeleistung durch die Verbrennung von Tiermehl gedeckt werden. Die verbleibenden 40 bis 50 % werden nach diesen Angaben im Wesentlichen durch genehmigte Sekundärbrennstoffe und Kohle gedeckt. Für den Februar ist geplant, den Tiermehlanteil an der Feuerungswärmeleistung weiter zu erhöhen, mit dem Ziel, 100 % der Feuerungswärmeleistung durch Tiermehl zu erzeugen. Es wird berichtet, dass der Einsatz von Tiermehl einen positiven Effekt auf das Ausbrandverhalten hat und zu einer ruhigeren Verbrennung führte. Die Emissionen von Gesamt-C wie auch von CO wurden durch den Einsatz von Tiermehl verringert. Auch der Ausbrand der Asche wurde tendenziell bei Einsatz von Tiermehl verbessert.

Für die Annahme und die Förderung von Tiermehl werden teilweise bereits vorhandene Anlagen zur Klärschlamm-Mitverbrennung genutzt.

Die bisher durchgeführten Versuche beziehen sich nur auf die Mitverbrennung von Tiermehl, Erfahrungen zum Einsatz von Tierfett in Kohlekraftwerken liegen nicht vor.

Anlieferung und Lagerung

Folgende Methoden zur Annahme von Tiermehl sind bekannt:

Sofern Anlagen zur Klärschlammannahme vorhanden sind, wird die Anlieferung beispielsweise folgendermaßen durchgeführt: Das Tiermehl wird über LKWs angeliefert und in eine Einschüttvorrichtung ausgepresst, die an 3 Seiten eingehaust ist. Es wird dann über ein Transportband in eine Mischanlage gefördert, wo es mit Kohle gemischt und dann über die Mühlen in die Feuerung gegeben wird. Probleme mit Ex-Schutz werden nicht gesehen,

da das Tiermehl nicht feinkörnig ist. Das Tiermehl wird nicht zwischengelagert, sondern in kurzer Zeit verbrannt.

In Versuchen wurde das Tiermehl teilweise auf dem Kohleplatz abgekippt und dort mit der Kohle gemischt. Aus hygienischen Gründen (Ungeziefer) und aufgrund der Möglichkeit von Staub- und Geruchsemissionen war dies nur ein Provisorium für den Versuchsbetrieb. Dieses Annahmeverfahren ist nicht akzeptabel.

Weitergehende Planungen sehen die Errichtung von Silos für die Tiermehlannahme bei Anlieferung in Silofahrzeugen vor. Dabei ist zu beachten, dass nur bestimmte Tiermehlqualitäten auch silogängig bzw. pneumatisch förderbar sind. Insofern ist dieser Anlieferweg gegebenenfalls nur für einen Teilstrom des Tiermehls nutzbar. Bei einer möglichen Lagerung in Silos ist neben der Förderproblematik insbesondere auch das Problem der bei der Befüllung auftretenden Siloabluft (Staub und Geruch) sowie die eventuelle Gefahr der Selbsterhitzung und –entzündung zu klären.

Im Regelfall wird der Kontakt von Mitarbeitern mit Tiermehl durch eine entsprechende Automatisierung der Annahme und Förderung vermieden. Falls es bei Störungen doch erforderlich sein sollte, werden geeignete Einweg-Schutzanzüge, Handschuhe und Staubmasken verwendet.

Förderung und Verbrennung

Bei bisher durchgeführten Versuchen an Schmelz- und Staubfeuerungen wurde das Tiermehl entweder nach der Kohlemühle mit der Kohle gemischt oder gemeinsam in der Kohlemühle aufgemahlen und anschließend der Feuerung zugeführt. Die bisherigen Versuchs-ergebnisse zeigen, dass die Mitverbrennung von Tiermehl in Schmelz –und Staubfeuerungen grundsätzlich möglich ist. Negative Einflüsse auf den Verbrennungsprozess konnten bisher nicht beobachtet werden.

Weiterhin wurden Versuche durchgeführt, Tiermehl über separate Staubbrenner der Feuerung zuzuführen. Technische Versuche von Brennerherstellern haben gezeigt, dass die Zuführung des Tiermehls in die Feuerung mittels Staubbrenner grundsätzlich möglich ist. Insgesamt liegen zu dieser Thematik jedoch nur geringe großtechnische Erfahrungen vor, der Untersuchungsbedarf ist groß. Bezogen auf eine pneumatische Förderung des Tiermehls, sind die o.g. Einschränkungen zu beachten.

Die Verbrennungstemperaturen bei Staubfeuerungen (Steinkohle) betragen

1600 bis 1700 °C, wobei die Gastemperatur der Feststofftemperatur entspricht.

Aufgrund der Tiermehlzusammensetzung werden die folgenden Einflüsse auf die Feuerung als möglich angesehen:

- Schmelzkammerfeuerung: Verändertes Schmelzverhalten der Kohleasche wegen erhöhter Calcium- und Phosphorgehalte im Tiermehl
- Erhöhtes Verschmutzungsverhalten im Kessel wegen erhöhter Phosphorgehalte im Tiermehl
- Wegen höherer Chlorgehalte im Tiermehl wird erhöhte Kesselkorrosion befürchtet. Um dies endgültig beurteilen zu können, sind die vorliegenden Analysen von Kohle und Tiermehl nicht ausreichend.

Erfahrungen mit Rostfeuerungen sind in größerem Umfang nicht bekannt.

Emissionen

Bisher durchgeführte großtechnische Versuche ergaben keine erkennbaren Einflüsse auf das Emissionsverhalten von Kohlekraftwerken. Dies wird bestätigt durch die Erfahrungen, die bei der Mitverbrennung von Tiermehl und Talg in England gewonnen wurden [15, 17]. Zu berücksichtigen ist dabei jedoch, dass die Tiermehlanteile bei der Mitverbrennung relativ gering waren und die Versuchserfahrungen begrenzt sind. Mögliche Einflüsse auf das Emissionsverhalten sind im Folgenden dargestellt:

- Erhöhte NO_x-Emissionen durch einen erhöhten Stickstoffgehalt im Tiermehl (erhöhtes Brennstoff-NO_x).
- Erhöhte Chloremissionen durch erhöhten Chlorgehalt im Tiermehl können ausgeschlossen werden, da bei der Entschwefelung zuerst das Chlor abgeschieden wird.
- Nachteilige Auswirkungen auf die Abgasreinigung (insbesondere High-Dust-SCR) durch einen erhöhten Phosphorgehalt im Tiermehl.

Wegen der mangelnden großtechnischen Erfahrungen besteht hier noch Untersuchungsbedarf.

Produkte und Rückstände

Die bisher vorliegenden Untersuchungen an Schmelzkammergranulat lassen keine Einflüsse durch die Tiermehl-Mitverbrennung erkennen. Untersuchungen an REA-Gips

belegen ebenfalls keine Auswirkungen. Auf Grundlage der relativ geringen Erfahrungen lassen sich zusammenfassend Einflüsse auf die Produkte und Rückstände (Schmelzkammergranulat, Kesselasche, Flugasche, REA-Gips) anhand praktischer Ergebnisse nicht belegen. Die in England durchgeführten Mitverbrennungsversuche ergaben teilweise Reste von Aminosäuren in der Asche [17]. (Proteine und damit Prionen bestehen aus Ketten von Aminosäuren). Die Aminosäure-Ketten waren jedoch allesamt unvollständig, so dass daraus geschlossen wurde, dass keine Prionen vorliegen.

Unter Berücksichtigung der hohen Phosphor-, Kalzium- und Natriumgehalte im Tiermehl erscheinen Einflüsse auf die Aschen und den REA-Gips möglich. Auch hier besteht Untersuchungsbedarf, da eine Nichtverwertbarkeit der o.g. Produkte die Mitverbrennung von Tiermehl in Kohlekraftwerken ausschließen würde.

Bei vielen trocken entaschten Feuerungen wird die Flugasche zur Betonherstellung verwendet. Aufgrund der bautechnischen Zulassungen ist eine Verwertung der Flugasche bei Tiermehl-Mitverbrennung derzeit kaum möglich, dadurch müssten erhebliche Flugaschemengen deponiert werden. Für diese Kraftwerke ist eine Tiermehl-Mitverbrennung daher aus wirtschaftlichen Gründen nur möglich, wenn nach entsprechenden bautechnischen Untersuchungen eine Zulassung derartiger Flugaschen zur Betonherstellung erreicht wird.

Behandlungspreise

Belastbare Behandlungspreise lassen sich zum jetzigen Zeitpunkt nicht nennen, da sich der Markt für die Mitverbrennung von Tiermehl in Kohlekraftwerken noch nicht etabliert hat. Nach der Aussage eines Betreibers werden Behandlungspreise in Höhe von ca. 100,- bis 200,- DM/Mg erwartet.

Kapazität

Eine Aussage über die mögliche Kapazität der Mitverbrennung von Tiermehl in Kohlekraftwerken kann zurzeit nicht getroffen werden, da gesicherte Aussagen über den maximal möglichen Tiermehlanteil zurzeit nicht getroffen werden können. Angesichts der insgesamt großen Brennstoff-Durchsätze in Kohlekraftwerken würden aber auch geringe Mischanteile mit Tiermehl einen interessanten Entsorgungsweg für Tiermehl darstellen.

Es werden zurzeit ca. 40 Mio Mg/a Steinkohle in den Kraftwerken der deutschen Elektrizitätswirtschaft eingesetzt. Dazu kommen weitere Mengen in den Industriekraftwerken. Die verbrannte Braunkohle beläuft sich auf ca. 170 Mio Mg/a. Bei nur

1 % Substitution der Kohle durch Tiermehl ergibt sich daraus, bezogen auf den Heizwert, eine Verbrennungskapazität von 1,5 Mio Mg/a Tiermehl.

Bei der alleinigen Nutzung der großen Schmelzkammerfeuerungen könnten je 1000 Volllast-Betriebsstunden insgesamt 300.000 Mg/a Tiermehl bei 1% Tiermehlanteil, bezogen auf den Heizwert, mitverbrannt werden.

4.2.5 Zementwerke

Die deutschen Zementhersteller überprüfen zurzeit den Einsatz von Tiermehlen und -fetten als Ersatzbrennstoffe in ihren Werken. Es werden zzt. geeignete Technologien entwickelt, die spezielle Anforderungen an Arbeitssicherheit, Umwelt- und Gesundheitsschutz erfüllen. Damit soll zugleich sichergestellt werden, dass keine nachteiligen Auswirkungen auf die Produktqualität und den Brennprozess entstehen.

Der Weg einer energetischen Verwertung von Tiermehlen und -fetten wird von der Zementindustrie als sinnvoll angesehen, weil der thermische Prozess des Brennens von Zementklinker bezüglich der Temperaturen und der Stoffverweilzeiten gute Ausbrandbedingungen im Sinne der Anforderungen der 17. BImSchV bietet. Zugleich bietet die Substitution von fossilen Primärbrennstoffen (Kohle) ökologische und wirtschaftliche Vorteile.

Bezüglich des Standes der Technik der Zementwerke wird verwiesen auf das Quellenmaterial des Richtlinienwerkes im VDI-Handbuch Reinhaltung der Luft [32] [33] [34].

Allgemein können für den Einsatz von Sekundärbrennstoffen folgende wesentliche verfahrenstechnische Merkmale des Klinkerbrennprozesses genannt werden [33] [34]:

- Verweilzeit der Gase im Drehrohrofen von etwa 8 s bei Temperaturen oberhalb von 1200 °C
- Verweilzeit der Gase in der Zweitfeuerung von mehr als 2 s bei Temperaturen von über 850 °C
- Sorption gasförmiger Komponenten wie HF, HCl, SO₂ an alkalischen Reaktionspartnern und hohe Einbindung der partikelförmigen Schwermetalle
- Nutzung der Brennstoffaschen als Bestandteile des Klinkers, bei gleichzeitiger stofflicher und energetischer Verwertung
- Chemisch-mineralogische Einbindung von Spurenelementen in den Klinker

Die im Klinkerprozess eingesetzten Sekundärbrennstoffe müssen wie alle Roh- und Brennstoffe gut dosierbar sein.

Die Verbrennungsbedingungen in den Drehofenanlagen gewährleisten geringe Emissionskonzentrationen an PCDD/-F („Dioxine und Furane“). Abfälle, die relevante Verunreinigungen persistenter organischer Substanzen enthalten können (z.B. PCB-haltige Altöle), werden über die Hauptfeuerung zugegeben [33].

Ergänzend wird verwiesen auf die Angaben zu dem Einsatz von Abfällen in der Zementindustrie in dem im Druck befindlichen Entwurf der VDI-Richtlinie „Emissionsminderung Zementwerke“, Entwurf März 2001 [34].

Anlieferung und Lagerung

Die Anlieferung erfolgt in Silofahrzeugen. Der pneumatische Austrag aus den Fahrzeugen funktioniert grundsätzlich. Es besteht allerdings die Gefahr, dass das Material während der Fahrt kompaktiert und durch Fahrzeugbewegungen vor dem Austrag aufgelockert werden muss.

Schlanke, schmale Silos sind für die Lagerung von Tiermehl nicht geeignet, besser sind größere Silodurchmesser mit geringerer Höhe. Mit höheren Fettgehalten nimmt die Kompaktierungsneigung des Tiermehles zu. Das Tiermehl verklebt und bildet eine zähe Masse.

Auflockerungsluft ist keine Lösung für ein problematisches Fließverhalten. Shockblower werden zum Reinigen der Kanten bei Flachbodensilos bzw. bei Brückenbildung eingesetzt.

Die Filtertechnik der Siloanlage erfordert ständige Pflege und Wartung. Schläuche aus unbeschichteten Fasern oder Naturfasern verkleben mit zunehmendem Fettgehalt. Naturfasern sind nicht beständig gegen Bakterien.

Eine offene Lagerung von Tiermehl wird vermieden. Bei der Anlieferung und Lagerung von Tierfetten kann die Zementindustrie auf die vorliegenden Erfahrungen im Umgang mit schwerem Heizöl zurückgreifen. Die Tierfette können in geeigneten Tanks (z. B. beheizbar, mit Rührwerk) gelagert werden.

Förderung und Beschickung

Die pneumatische Förderung zwischen Lagersilo und Brenner wird mit steigendem Fettgehalt schwieriger. In Rohrleitungskrümmern kann es zu Verstopfungen kommen. Die mechanische Förderung mittels Trogkettenförderern, Förderschnecken und Becherwerken ist unproblematisch. In Becherwerken ist eine regelmäßige Reinigung der „toten Ecken“ notwendig, um sicherzustellen, dass keine Fäulnisherde entstehen.

Die Beschickung erfolgt in den bisher verfolgten Konzepten zur Mitverbrennung von Tiermehl über separate Blasleitungen mit einem eigenen Eintrag in das Ofensystem. Das Einbringen von Tierfetten in die Drehrohröfen erfolgt in Analogie zur Vorgehensweise beim Schweröl.

Einflüsse auf den Verbrennungsprozess

Die Einsatzmenge an Tiermehlen muss ggf. auch aufgrund der Chlor-Einträge in das Ofensystem begrenzt werden. Die Chlor-Einträge aus Roh- und Brennstoffen reagieren im Ofensystem zu Alkalichloriden. Diese verdampfen in der Sinterzone nahezu vollständig, kondensieren dann in kälteren Bereichen der Ofenanlage auf dem Brenngut und werden auf diese Weise erneut in das Ofensystem zurückgeführt. Dadurch entsteht ein Kreislauf zwischen dem Drehofen und dem Vorwärmer, der zu Anreicherungen von leichtschmelzenden Alkali-Verbindungen im Heißmehl führt. Bei zu starken Anreicherungen treten als Folge davon Anbackungen und Ansätze auf, so dass der betriebliche Reinigungsaufwand erhöht wird und auch Störungen bis zu Zyklonverstopfungen auftreten können. Diese Zusammenhänge sind vom Einsatz anderer Sekundärbrennstoffe bekannt. Sie können entweder durch eine Begrenzung des Chlor-Eintrages oder eine Entlastung des Chlorid-Kreislaufes kontrolliert werden. In Abhängigkeit von den Chlor-Gehalten der eingesetzten Roh- und Brennstoffe sind die Drehofenanlagen der Zementindustrie mit geeigneten Bypass-Systemen oder Staubabführungen ausgerüstet.

Emissionen

Die Zementhersteller bewerten den Einfluss der Mitverbrennung von Tiermehl auf das normale Emissionsniveau des Zementproduktionsprozesses als sehr gering. Die Spurenelementgehalte von Tiermehlen und -fetten sind mit denen der Regelbrennstoffe vergleichbar bzw. deutlich geringer. Die energetische Verwertung von Tiermehlen und -fetten hat deswegen keine Auswirkungen auf das Emissionsniveau. Dies konnte zwischenzeitlich durch erste Messungen an Drehofenanlagen bestätigt werden. Tiermehl enthält allerdings Stickstoffverbindungen, so dass grundsätzlich die Bildung von Brennstoff-

NO nicht auszuschließen ist. Da das Emissionsniveau der Stickoxide maßgeblich durch das thermisch gebildete NO bestimmt wird, ist davon auszugehen, dass das Gesamtniveau unverändert bleibt bzw. die auferlegten Grenzwerte unverändert eingehalten werden. Darüber hinaus ist zu berücksichtigen, dass die Stickstoffgehalte in den Tiermehlen zu einem erheblichen Teil auf Aminosäuren zurückzuführen sind. Diese können, wie andere organische Stickstoffverbindungen auch, NH_2 -Radikale bilden und damit sogar zu einer Reduktion der Stickoxidemissionen führen.

Produkte und Rückstände

Die Beurteilung eines Brennstoffes bezüglich seiner Einsatzbarkeit bei der Klinkerherstellung erfordert neben der energetischen immer auch eine stoffliche Betrachtung. Die mineralischen Bestandteile der Brennstoffe werden beim Klinkerbrennprozess in den Klinker eingebunden. In diesem Zusammenhang ist beim Einsatz von Tiermehlen der Phosphorgehalt zu berücksichtigen. Aus der Literatur gibt es Hinweise, dass erhöhte Phosphat-Gehalte die Erstarrungszeiten von Portlandzementklinkern verlängern können. Andere Autoren gehen allerdings davon aus, dass das im Klinker gebundene Phosphat als Calciumphosphat vorliegt und demnach keinen Einfluss auf das Erstarrungsverhalten der daraus hergestellten Zemente hat. Die bisher vorliegenden Erfahrungen und Untersuchungen der deutschen Zementindustrie ergeben, dass aus dem Einsatz von Tiermehlen kein Risiko für die Produktqualität resultiert. Die über die Tiermehle eingebrachten Phosphatgehalte werden in jedem Einzelfall geprüft und in Abhängigkeit von der sonstigen, im Wesentlichen rohmaterialbedingten Eintragungssituation bewertet.

Verfügbare Kapazitäten und Behandlungspreise

Es werden verfügbare Behandlungskapazitäten für die Mitverbrennung von Tiermehl in deutschen Zementwerken von 300.000 bis 400.000 Mg/a bei Annahmepreisen von ca. 200,00 DM/Mg genannt. Für Tierfette stehen weitere Kapazitäten zur Verfügung.

4.2.6 Vergasungsanlagen

In Deutschland existiert als großtechnische Vergasungsanlage für Abfälle lediglich das Sekundärrohstoff-Verwertungszentrum Schwarze Pumpe (SVZ). Hier liegen umfangreiche und langjährige Erfahrungen mit der Vergasung von Tiermehl und Tierfett vor.

Anlieferung, Lagerung

Der Einsatz von Tiermehl erfolgt auf drei Wegen:

Pelletiert:

Tiermehl kann pelletiert werden und wird vorzugsweise in Form von 16 mm großen Pellets in der Vergasung eingesetzt. Die Pellets werden als lose Schüttung im Container angeliefert.

Lose Schüttung:

Tiermehl in loser Schüttung wird über Containerfahrzeuge angeliefert. Es wird am Standort der SVZ mit getrocknetem Klärschlamm zusammen pelletiert.

Schilfer:

Schilfer wird in loser Schüttung im Container angeliefert.

In allen drei Fällen wird das Tiermehl in geschlossenen, automatisch arbeitenden Systemen gefördert. Eine Zwischenlagerung von Materialien ist nicht vorgesehen.

Es wird zurzeit lediglich Tiermehl angenommen, das nicht aus Risikomaterial stammt (kein SRM).

Die Anlagen werden nach Möglichkeit stets so betrieben, dass tiermehlberührte Aggregate vor einem Stillstand vollständig entleert werden. Falls doch Störungen auftreten, wird die Reinigung per Dampfstrahler durchgeführt. Für den innerbetrieblichen Umgang mit Tiermehl und Tierfett besteht eine entsprechende Handlungsvorschrift.

Tierfette mit einem Wassergehalt < 1 % werden als Heißmaterialien ($T > 50 \text{ °C}$) flüssig angenommen und in einem geschlossenen System zum Flugstromvergaser gefördert. Es wird unterschieden zwischen Fett aus SRM (speziellen Risikomaterialien) und normalem Fett. Beide Sorten können bei der SVZ vergast werden.

Vergasungsprozess

Nach Aussage des Betreibers bereiten Tiermehl und Tierfett bei dem Vergasungsprozess keinerlei Schwierigkeiten. Die Reaktionstemperatur wird beim Festbettdruckvergaser (Tiermehleinsatz) von 800 °C beginnend bis 1300 °C gefahren. Dabei wird ein Druck von 25 bar angewandt. Beim Flugstromvergaser (Tierfetteinsatz) erfolgt die chemische Spaltung zu Synthesegas mit den Hauptbestandteilen Wasserstoff und Kohlenmonoxid bei Reaktionstemperaturen von 1600 bis 1800 °C.

Produkte/Rückstände

Die Qualität des Produktes (Methanol) und der Schlacke wird nach Aussage der Betreiber durch die Tiermehl/-fettvergasung nicht beeinträchtigt.

Emissionen

Die Tiermehl/-fettvergasung hat nach Aussage der Betreiber keinen Einfluss auf die Emissionen. Der Chlorgehalt des Tiermehls ist unbedenklich, da der Annahmegrenzwert 10 % beträgt.

Kapazitäten

Die jährliche Behandlungskapazität beträgt für Tiermehl ca. 70.000 Mg/a, wobei eine Erhöhung der Kapazität geplant ist. Bei Tierfett beträgt die Kapazität ca. 60.000 Mg/a. Zurzeit können noch ca. 160 Mg/d an Tierfett (Wassergehalt < 1% und Anlieferungstemperatur > 50 °C) angenommen werden.

Behandlungspreise

Die Behandlungspreise der Mitvergasung von Tiermehl in der SVZ liegen bei ca. 165,- bis 200,- DM/Mg. Bei Tierfett schwanken die Preise stark. Hier gibt es zurzeit Wettbewerber, die Tierfett praktisch kostenfrei annehmen. Nach wie vor werden offenbar die Verwertungswege der chemischen Industrie genutzt.

4.2.7 Sonstige thermische Prozesse

Neben den o.g. thermischen Prozessen ist auch der Einsatz von Tiermehl und Tierfett in sonstigen thermischen Prozessen grundsätzlich denkbar. Beispielhaft für diese sonstigen thermischen Prozessen seien hier genannt:

- Stahlerzeugung
- Rückstandsverbrennung in Papierfabriken

- Energieerzeugung (Schwerölkraftwerke)
- Biomasseanlagen
- Thermoselect-Verfahren
- Asphaltmischanlagen
- Pyrolyseanlagen

Zum Einsatz von Tiermehl in diesen Anlagen sind derzeit keine Erfahrungen bekannt. Sofern für die Rückstandsverbrennung in Papierfabriken Wirbelschichtfeuerungen eingesetzt werden, gelten grundsätzlich die Aussagen des Kap. 4.4. Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, dass der Umgang mit hygienisch problematischen Materialien bei Papierfabriken nicht als selbstverständlich vorausgesetzt werden kann.

Beantragt wurde weiterhin, Tiermehl versuchsweise in Asphaltmischanlagen mit Braunkohlenstaubfeuerung einzusetzen. Die maximale Temperatur beträgt dabei lediglich 350 °C, die Regeln der 17. BImSchV können also nicht eingehalten werden. Aus diesem Grunde ist eine Genehmigung nicht zu erwarten.

Etwas umfangreicher sind die Erfahrungen für Tierfett, das als Heizölersatz eingesetzt wird. So wird z.B. in einem Kraftwerk Tierfett als Ersatzbrennstoff für Schweröl eingesetzt. Die Anlieferung, Lagerung, Förderung, Beschickung und Verbrennung erfolgt analog zum Primärbrennstoff Schweröl, da sich das Tierfett hinsichtlich der Konsistenz, der Schadstoffgehalte und des Heizwertes nicht wesentlich von Schweröl unterscheidet, sondern im Vergleich eher als höherwertig einzuschätzen ist. Aus den bisherigen großtechnischen Erfahrungen sind keine negativen Einflüsse auf das Verbrennungsverhalten, das Emissionsverhalten sowie die Produkte und Rückstände bekannt.

Eine Aussage über die Behandlungspreise beim Einsatz von Tierfett als Heizölersatz ist nicht möglich (vgl. auch Kap. 4.2.6). Ein erhöhter Einsatz von Tierfett in der Verbrennung als Heizölersatz ist nicht zu erwarten, da das erzeugte Tierfett nach wie vor stofflich in der industriellen und technischen Produktion eingesetzt wird.

Thermoselect befasst sich derzeit nicht mit der Annahme von Tiermehl. Erfahrungen liegen nicht vor.

4.3 Situation der Tiermehl-Mitverbrennung in betroffenen Nachbarländern

4.3.1 England

Zunächst sei darauf hingewiesen, dass in England bei der Tiermehlherstellung nicht das in Deutschland vorgeschriebene Druck-Sterilisationsverfahren angewendet wird. Angesichts des bestehenden Verfütterungsverbot wird dies nicht als erforderlich angesehen.

In England ist seit 1999 eine Anlage zur ausschließlichen Verbrennung von Tiermehl (meat and bone meal = MBM), mit einem Jahresdurchsatz von 85.000 Mg in Betrieb (Glanford power station, Flixborough). Diese Anlage verbrannte früher ausschließlich Hühnermist und wurde auf Tiermehl umgerüstet. Es handelt sich um eine Rostfeuerung. Das Tiermehl wird in einer geschlossenen Halle angenommen und mit gekapselten Bandfördern zur Feuerung transportiert. Spezifiziertes Risikomaterial wird nicht verbrannt. Seitens der Genehmigungsbehörde wurde vorgegeben, dass das Tiermehl mindestens 2 Sekunden einer Temperatur von 850 °C ausgesetzt ist.

Weiterhin bestehen seit längerem Öfen für die ausschließliche Verbrennung von MBM in Widnes und Wyminton, die insgesamt eine Verbrennungskapazität von 60.000 Mg/a haben.

Eine weitere Verbrennungsanlage nur für MBM wird zurzeit in Fawley errichtet. Hierbei handelt es sich um eine Wirbelschichtfeuerung mit einem Durchsatz von 60.000 Mg/a. Diese Anlage soll im April 2001 in Betrieb gehen. Die Gesamtverbrennungskapazität beträgt dann also ca. 200.000 Mg/a, wobei kein SRM verbrannt wird. Außerdem werden in England pro Woche ca. 3.000 Rinderkörper direkt verbrannt.

In englischen Kohlekraftwerken wurden 1996 und 1997 Versuche zur Mitverbrennung von Tiermehl durchgeführt. Diese Versuche sollen die Machbarkeit der Mitverbrennung bestätigt haben [15], haben aber nicht dazu geführt, dass sie in Kohlekraftwerken in England etabliert wurde. Seitens der Kraftwerksbetreiber gab es Vorbehalte im Hinblick auf mögliche Risiken und spezielle Forderungen hinsichtlich der Aufbereitung des Tiermehls, die insgesamt diese Entsorgungsvariante unwirtschaftlich gemacht hätten. Ausführlichere Berichte über diese Versuche liegen nicht vor.

Es ist nicht bekannt, dass Müllverbrennungsanlagen für die Mitverbrennung von Tiermehl eingesetzt werden. Englische Müllverbrennungsanlagen werden vermutlich wegen des Verzichtes auf eine Rückführung des Rostdurchfalls in die Feuerung dafür grundsätzlich als

weniger geeignet angesehen [13]. Über die Mitverbrennung von Tiermehl in Zementwerken liegen ebenfalls keine Informationen vor.

Die installierte Verbrennungskapazität reicht zurzeit noch nicht aus, den Tiermehlanfall thermisch zu behandeln. Im Juni 2000 wurden ca. 460.000 Mg Tiermehl gelagert. Für die Lagerung werden Hallen verwendet, aber auch spezielle Deponien. In Lincolnshire wird ein ehemaliger Flugzeug-Hangar für die Tiermehllagerung verwendet, der 100.000 Mg Tiermehl fasst.

4.3.2 Schweiz

In der Schweiz fallen pro Jahr 45.000 Mg Tiermehl, 20.000 Mg Knochenmehl und 20.000 Mg Fett an. Die Ablagerung von Abfällen organisch-chemischer Zusammensetzung ist in der Schweiz seit dem 1.1.2000 verboten und kommt daher für Tiermehl nicht in Frage. In Frage kommt derzeit nur die Mitverbrennung in Verbrennungsanlagen, wobei sich folgender Sachstand ergibt (s. „Entsorgungskonzept für Schlachtabfälle“, [26]):

- Müllverbrennungsanlagen sind mit regulären Abfällen mehr als ausgelastet und werden aus diesem Grunde für die Verbrennung von Tiermehl in größeren Mengen als wenig geeignet angesehen.
- Zementwerke verbrennen einen Teil des anfallenden Tiermehls und Tierfetts als Ersatzbrennstoff. Aus technischen Gründen kann zurzeit noch nicht die ganze Tiermehlproduktion übernommen werden.
- Es gibt eine Wirbelschichtfeuerung (RENI Niedergösgen), die größere Mengen an Knochenmehl annimmt, aber den Bedarf nicht decken kann.
- Sonderabfallverbrennungsanlagen sind entweder ausgelastet oder zu teuer.

Die Vergärung mit Rückstandsverbrennung wird aus energetischen Gründen als interessante Alternative zur Verbrennung angesehen.

Da die Verbrennungskapazität derzeit nicht ausreicht und die Lagerung mit Hygiene- und Sicherheitsrisiken verbunden ist, wird der Export des nicht in der Schweiz zu verbrennenden Tiermehls in die Nachbarländer angestrebt, z.B. zu Kraftwerken in Deutschland. Exportiert werden soll nur Tiermehl, das nicht aus SRM hergestellt wurde. Bedingung ist, dass die thermische Behandlung des exportierten Tiermehls im Ausland umweltfreundlich und nach dem Stand der Technik erfolgen soll.

4.3.3 Frankreich

In Frankreich werden pro Jahr ca. 850.000 Mg Tiermehl und ca. 150.000 Mg Tierfett erzeugt. Davon werden etwa 130.000 Mg Tiermehl und 40.000 Mg Tierfett aus Risikomaterialien hergestellt, die seit 1996 getrennt erfasst, verarbeitet und vollständig in der Zementindustrie mitverbrannt werden [49,50].

Das verbleibende Tiermehl soll zukünftig ebenfalls in der Zementindustrie und zusätzlich in Kraftwerken verbrannt werden. Die Kapazität in den Zementwerken beträgt derzeit ca. 200.000 Mg/a und soll auf ca. 450.000 Mg/a erweitert werden. Die Verbrennung in Kohlekraftwerken befindet sich noch im Versuchsstadium. Für Tierfett ist eine Verwertung als Ersatzbrennstoff vorgesehen.

Von BSE befallene Tiere werden zu Tiermehl verarbeitet, das in Sonderabfallverbrennungsanlagen verbrannt wird. Es handelt sich dabei um ca. 30 Mg/a, das aus 150 Mg befallenen Tieren hergestellt wird.

In Müllverbrennungsanlagen wurden bisher nur sehr geringe Mengen mitverbrannt; derzeit tauchen MVAs als geplante Entsorgungsanlagen nicht auf.

Eine immer noch große Menge an Tiermehl wird in Hallen gelagert oder deponiert, es handelt sich im Jahr 2001 um ca. 400.000 Mg.

In Frankreich wurde ebenfalls ein Hinweispapier zur Tiermehlentsorgung erstellt [21].

5.0 Anforderungen und Empfehlungen

5.1 Rechtliche Rahmenbedingungen

Für die Behandlung von Tiermehl und Tierfett sowie Mischfuttermittel in den verschiedenen Verbrennungs- und Vergasungsanlagen gelten keine besonderen Bestimmungen. Im Hinblick auf die große Menge des im Einzelnen in thermischen Behandlungsanlagen zu beseitigenden Materials sowie wegen der darin möglicherweise enthaltenen BSE-Erreger sind jedoch Hinweise und Vorgaben zu beachten:

Unabhängig von der Frage des anzuwendenden Rechts für die zu verbrennenden Tiermehle und Tierfette sowie Tiermehl und Tierfett enthaltende Futtermittel (s. Kapitel 4.1) dürfen diese Materialien von thermischen Behandlungsanlagen nur angenommen werden, wenn dies in der Anlagenzulassung ausdrücklich enthalten bzw. nicht ausgeschlossen ist. Ist die Anlage für die Verbrennung dieser Materialien nicht zugelassen, muss dies im Rahmen einer Änderungsgenehmigung oder einer Anzeige gemäß dem Bundes-Immissionsschutzgesetz (§ 16 bzw. § 15) erfolgen.

Zur Klärung des Verfahrens wird dem Anlagenbetreiber empfohlen, sich mit der zuständigen Genehmigungsbehörde in Verbindung zu setzen.

Des Weiteren muss die Verbrennungsanlage die Anforderungen der Verordnung über Verbrennungsanlagen für Abfälle und ähnliche brennbare Stoffe (17. BImSchV) erfüllen. Dies gilt insbesondere für die Einhaltung der feuerungstechnischen Voraussetzungen gemäß § 4 dieser Verordnung (Mindesttemperatur 850 °C, Verweilzeit mindestens 2 Sekunden, Mindestvolumengehalt an Sauerstoff 6 %, siehe 5.2.1.1) sowie die Emissionsgrenzwerte und die ergänzenden Schutzmaßnahmen für Staub.

Immisionsschutzrechtlich gibt es grundsätzlich keine Hinderungsgründe für die Verbrennung von Tiermehl und Tierfett in Abfallverbrennungsanlagen oder anderen industriellen Feuerungsanlagen. Dies gilt für alle Arten von Tiermehl und Tierfett, also auch für solche Materialien, die nicht entsprechend den geltenden gesetzlichen Bestimmungen (§ 5 TierKBAntStV bzw. RL 90/667/EWG) hergestellt worden sind oder bei deren Herstellung auch Risikomaterial eingesetzt worden ist. Die Entsorgung in für die thermische Behandlung von Abfällen zugelassenen Anlagen ist gerade bei diesen in mehrerer Hinsicht problematischen Materialien geboten.

Davon unabhängig sind bei der Tiermehlverbrennung aber Schutzmaßnahmen aus Arbeitsschutzgründen zu ergreifen. Auch hinsichtlich der Überwachung und Qualitätssicherung der Rückstände und Produkte sind besondere Maßnahmen geboten. Aus den bisherigen Betriebserfahrungen der verschiedenen Anlagentypen ergeben sich unterschiedliche, fachlich gebotene Hinweise für einen sicheren und bestimmungsgemäßen Betrieb bei der Mitverbrennung von Tiermehl und Tierfett. Derartige Hinweise folgen unter Kapitel 5.2.

Auch wenn grundsätzlich kein besonderes Gefährdungspotential bei der Verbrennung von Tiermehlen oder Tierfetten besteht, wenn die in den Anlagengenehmigungen geregelten Arbeits- und Gesundheitsschutzbestimmungen, insbesondere für den Umgang mit staubigen Gütern und biologischen Arbeitsstoffen, beachtet werden, sollten bei der thermischen Behandlung von Tiermehl und Tierfett zusätzliche Schutzmaßnahmen angeordnet werden. Diese gelten einmal für die Anlieferung der Materialien und zum anderen für den Umgang damit im Bereich der Lagerung. Die Verfasser haben sich dabei vor allem auf den Beschluss des Ausschusses für biologische Arbeitsstoffe (ABAS) über „spezielle Maßnahmen zum Schutz der Beschäftigten vor Infektionen durch BSE-Erreger“ vom 21.12.2000, aktualisiert am 06.02.2001, (Beschluss Nr. 602 [12]) gestützt. Die empfohlenen Schutzmaßnahmen sind in dem nachfolgenden Kapitel 5.2 näher dargestellt.

5.2 Verfahren- und betriebstechnische Anforderungen

5.2.1 Allgemeine Anforderungen

Im Folgenden sind Anforderungen aufgeführt, die unabhängig von der Art der Tiermehlmitverbrennung für jede Anlage empfohlen werden. Dabei werden die Aspekte Emissionen, Rückstände und Arbeitssicherheit betrachtet.

Für die thermische Behandlung von Tiermehl und Tierfett kommen nur solche thermischen Anlagen in Betracht, die eine immissionsschutzrechtliche Genehmigung unter Bezug auf die 17. BImSchV haben. Außerdem sollten die Verfahrensmerkmale dieser Anlagen dem aktuellen Stand der Technik entsprechen. Hinweise auf den Stand der Technik liefert u.a. das VDI-Handbuch „Reinhaltung der Luft“. Dazu wird auf die VDI-Richtlinie 3460 „Emissionsminderung Thermische Abfallbehandlung“ [32] verwiesen. In Abstimmung mit der Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN wird darauf aufmerksam gemacht, dass diese Richtlinie in einer aktualisierten Entwurfassung [33] sowie eine weitere VDI-

Richtlinie 2094 „Emissionsminderung Zementwerke“ [34] in einer Entwurfsfassung im Druck sind und im März 2001 veröffentlicht werden sollen.

5.2.1.1 Emissionen

Grundsätzlich gelten für Emissionen aus Anlagen, die Abfälle ganz oder teilweise verbrennen, die Regelungen der 17. BImSchV. Es wird keine Veranlassung gesehen, für die Verbrennung bzw. Mit-Verbrennung von Tiermehl geänderte Grenzwerte zu fordern oder von diesen Regelungen abzuweichen. Auf die Einhaltung der Feuerraumbedingungen gemäß

§ 4 (2) 17. BImSchV (Mindesttemperatur 850 °C, Verweilzeit mindestens 2 Sekunden, Mindestvolumengehalt an Sauerstoff 6 %) wird unter Bezug auf [39] und [42] noch einmal ausdrücklich hingewiesen. Die neue EG-Verbrennungsrichtlinie vom 04. Dezember 2000 [43] enthält keine Regelung für einen Mindestsauerstoffgehalt. Insoweit ist die Empfehlung des Leitfadens unter Bezug auf die in Deutschland geltende 17. BImSchV in diesem Punkte strenger als die neue EG-Richtlinie.

Im Hinblick auf die Anlieferung und Lagerung von Tiermehl muss sichergestellt werden, dass Staubemissionen in die Umgebung ausgeschlossen bzw. minimiert werden (zum Beispiel durch Absaugen der Luft und Einsatz als Verbrennungsluft). Falls Tiermehl in Silos gelagert wird, treten Emissionen bei der Befüllung auf. Hierfür gelten die Regelungen der TA Luft. Es wird empfohlen, bei Neuanlagen den Stand der Technik zu installieren.

Geschlossene Lagerhallen für die Zwischenlagerung von Tiermehl sind im Unterdruck zu betreiben, um Emissionen zu vermeiden. Auch hier sind für die abgeführte Abluft geeignete Abluftreinigungsanlagen einzusetzen. Auf die VDI-Richtlinie 2590 [35] und die in vielen Bundesländern angewandte Geruchsimmissions-Richtlinie (GIRL, [37]) wird verwiesen.

5.2.1.2 Rückstände und Produkte

Generell wird empfohlen, den Grad der Zerstörung von Tiermehl durch Analysen der Rückstände bzw. Produkte auf Proteine zu überprüfen. Für diese Überprüfung wurde in England eine Richtlinie der "Environment Agency" erstellt, die Empfehlungen zu Probenahme, Analysenart und zur Analysenhäufigkeit gibt [13].

In Deutschland gibt es zurzeit noch kein validiertes und standardisiertes Bestimmungsverfahren für den Gehalt an Proteinen in Verbrennungsrückständen und

Produkten. Es wird empfohlen, umgehend durch fachlich qualifizierte Institutionen eine solche Bestimmungsmethode erarbeiten zu lassen. Dabei kann u.U. auf die englische Richtlinie zurückgegriffen werden.

Die Anwendung von BSE-Tests (z.B. ELISA, Prionics) zur Bestimmung der Konzentration von Prionen wird nach Auskunft der Bundesforschungsanstalt für Viruskrankheiten der Tiere [40] als ungeeignet für die Beurteilung der Rückstände der Tiermehl-Mitverbrennung angesehen. Diese Tests haben derzeit eine Nachweisgrenze von höchstens 0,1 %, bezogen auf die Prionen-Konzentration im Gehirn- und Rückenmark klinisch infizierter Rinder [25,36]. Es muss davon ausgegangen werden, dass bereits bei der Anwendung dieser Tests auf Tiermehl, das nicht aus Risikomaterial hergestellt wurde, der Nachweis von Prionen messtechnisch nicht möglich sein dürfte. Allerdings liegen den Verfassern auch Hinweise auf Gegenmeinungen vor, die eine Anwendung dieser Tests in Erwägung ziehen, solange eine standardisierte Bestimmungsmethode für Proteine in Rückständen und Produkten nicht verfügbar ist. Deshalb wird ergänzend empfohlen, auch die Anwendbarkeit von BSE-Tests kurzfristig von fachlich qualifizierten Institutionen prüfen zu lassen.

Da zurzeit noch keine Rückstandsanalysen aus deutschen Anlagen mit Tiermehlverbrennung vorliegen, erscheint die Notwendigkeit von Analysen zunächst geboten. Wenn umfassendere Analysenergebnisse für Proteine vorliegen, wird es möglich sein, konkrete Vorgaben für die laufende Überwachung der anlagenspezifischen Rückstände und Produkte abzuleiten, soweit sich dies aufgrund der Analysenergebnisse als notwendig erweist.

5.2.1.3 Arbeitsschutz

Für die Arbeitsschutzmaßnahmen beim Umgang mit Tiermehl ist der Beschluss Nr. 602 des Ausschusses für biologische Arbeitsstoffe (ABAS) vom 21.12.2000, aktualisiert am 06.02.2001, heranzuziehen [12]. Dieser Beschluss, der über das Internet abrufbar ist (vgl. Literatur- und Quellenverzeichnis), basiert auf der Voraussetzung, dass das in der Bundesrepublik Deutschland vorgeschriebene Verfahren zur Herstellung von Tiermehlen nach dem heutigen Stand der Erkenntnisse die Inaktivierung potentiell vorhandener BSE-Erreger sicherstellt.

Ob das Druck-Sterilisationsverfahren eine vollständige Zerstörung aller BSE-Erreger gewährleistet, ist nicht unumstritten (siehe z.B. [20, 22]). In einer niederländischen Untersuchung [24] wurde eine Inaktivierung des BSE-Erregers bei Behandlung unter

Wasserdampfdruck von 3 bar bei 133 °C und 20 Minuten um den Faktor 160 - 1000 gemessen, so dass eine Restinfektiosität von 0,1 – 0,6 % vorliegt. Es kann daher zumindest als sicher gelten, dass durch das Drucksterilisationsverfahren die Risiken beim Umgang mit Tierprodukten stark reduziert werden.

Eine Risikoabschätzung der britischen „Environment Agency“ [17] geht davon aus, dass die Infektionsgefahr beim Prozess der Tiermehlerzeugung mindestens um den Faktor 50 reduziert wird (dabei ist zu berücksichtigen, dass in England das Drucksterilisationsverfahren nicht angewandt wird). Zusammenfassend kommt die Studie zu dem Ergebnis, dass für die untersuchten Entsorgungsmöglichkeiten das Risiko einer menschlichen Infektion durch den BSE-Erreger extrem gering sei. In diesem Zusammenhang ist auch darauf hinzuweisen, dass in England ein Zusammenhang zwischen beruflicher Exposition (z.B. bei Beschäftigten in fleischverarbeitenden Betrieben) und dem Auftreten von nvCJD nicht festgestellt werden konnte [1].

Wesentliche Aussagen der ABAS-Richtlinie sind im Folgenden zitiert:

- „Abs. 3.5 (1): Das in der Bundesrepublik Deutschland vorgeschriebene Verfahren (§5 TierKBAnstV) bei der Herstellung von Tiermehlen stellt nach dem heutigen Stand der Erkenntnisse die Inaktivierung potentiell vorhandener BSE-Erreger sicher. Bei der thermischen Verwertung (Verbrennung) der vorschriftsmäßig hergestellten Tiermehle sind deshalb neben den bereits geltenden (Arbeitsschutz-) Regelungen keine speziellen zusätzlichen Schutzmaßnahmen erforderlich.*
- Auf die grundsätzlich geltende Forderung einer Staubminimierung sowie auf die Gefahr der Neubesiedlung mit biologischen Arbeitsstoffen durch das hohe Nährstoffangebot und die Restfeuchte des Tiermehls bei der Lagerung wird hingewiesen.*
- Abs. 3.5 (2): Absatz 1 gilt auch für importierte Tiermehle, bei denen - z.B. durch entsprechende Zertifikate - sicher nachgewiesen werden kann, dass sie mindestens entsprechend dem in der Bundesrepublik Deutschland vorgeschriebenen Verfahren nach § 5 TierKBAnstV hergestellt wurden.*
- Abs. 3.5 (3): Bei der Verbrennung importierter Tiermehle, bei denen kein Nachweis entsprechend Absatz 2 vorliegt, ist sicherzustellen, dass Beschäftigte Tiermehlen nicht ausgesetzt sind.*

Abs. 3.5 (4): Soweit das Verbrennungsverfahren dies zulässt, ist pelletiertes Tiermehl zu verwenden. Schüttware ist nur in geschlossenen Systemen oder als Sackware (auf Dichtheit achten, Säcke mitverbrennen) einzusetzen.“

Der Beschluss des Ausschusses für Biologische Arbeitsstoffe kann als Mindestanforderung für den Umgang mit Tiermehl angesehen werden.

Zu berücksichtigen sind weiterhin die Ergänzungen der Richtlinie 602, die durch einen Erlass des Niedersächsischen Ministeriums für Frauen, Arbeit und Soziales herausgegeben wurden [38].

Weiterhin zu berücksichtigen sind die Technischen Regeln für Biologische Arbeitsstoffe TRBA 500: „Allgemeine Hygienemaßnahmen: Mindestanforderungen“ vom März 1999. [45]

5.2.2 Spezielle Schutzmaßnahmen

In diesem Kapitel werden zusätzlich zu den allgemeinen Anforderungen, die in Kap. 5.2.1 dargestellt sind, spezielle Empfehlungen für die Annahme und Lagerung von Tiermehl beschrieben. Unabhängig vom jeweiligen Anlagentyp ist dieser Bereich derjenige, in welchem ein direkter Kontakt des Betriebspersonals mit Tiermehl möglich ist und daher spezielle Regelungen erfordert. Eine vollständige Aufzählung aller relevanten Aspekte ist im Rahmen dieses Leitfadens – der eine Einzelfallprüfung nicht ersetzen kann - nicht möglich, hierfür wird ausdrücklich auf die zitierten Richtlinien und Vorschriften verwiesen.

Für die Anlieferung und Lagerung von Tiermehl sind grundsätzlich folgende Eigenschaften des Tiermehls zu beachten:

- Außer den durch BSE-Erreger möglicherweise vorhandenen Gefahren sind in Abhängigkeit von Lagerung und Zusammensetzung des Tiermehls die Gefahren durch Befall mit Ungeziefer, Bakterien und Pilzen zu berücksichtigen. Um diese Gefahren zu minimieren, ist eine Zunahme des Wassergehaltes bei der Lagerung zu vermeiden.
- Tiermehl kann sich bei Überschreitung von Grenztemperaturen und ungenügender Wärmeabfuhr selbst erhitzen und entzünden.
- Tiermehl kann sich bei längerer Lagerung verfestigen.
- Übliche Desinfektionsmittel bieten keine Gewähr für die vollständige Inaktivierung eventuell vorhandener BSE-Erreger.

- Bei bestimmten Korngrößen/-zusammensetzungen kann es zu Explosionsgefahr kommen.

Die Anlieferung des Tiermehls kann in Abhängigkeit von der Tiermehlqualität, insbesondere der Parameter

- Korngröße (Schilfer/Pellets/Tiermehl),
- Fettgehalt und
- Wassergehalt

mittels üblicher Fahrzeuge lose oder verpackt erfolgen. Für die Loseverladung kommen vorzugsweise Schilfer oder Pellets in Frage, die in abgedeckten Fahrzeugen staubfrei transportiert werden müssen. Der Einsatz von losem Tiermehl darf nur erfolgen, wenn durch entsprechende technische Maßnahmen (Silos, pneumatische Förderung etc.) ein geschlossenes System realisiert wird.

Das Personal ist anhand einer Betriebsanweisung über die Gefährdungen, insbesondere bei Tätigkeiten in Müllbunkern und Lagerhallen, sowie über die einzuhaltenden Schutzmaßnahmen einschließlich der Hygiene zu unterweisen.

Die Anlieferungsfahrzeuge bzw. die eingesetzten Transportbehälter sind nach dem Entleeren arbeitstäglich und vor jeder anderen Nutzung nass zu reinigen und mit Natronlauge (Natriumhydroxid) oder Chlorbleichlauge (Natriumhypochlorit) zu desinfizieren (Konzentration und Anwendung vgl. ABAS-Beschluss 603 [46]). Das Abwasser der Reinigungsarbeiten muss gesammelt und betriebsintern inaktiviert werden (z. B. durch Zuführung zum Verbrennungsprozess).

Mit Silofahrzeugen sollte nur Tiermehl transportiert werden, welches pneumatisch förderfähig ist. Voraussetzung hierfür ist ein gemahlenes Tiermehl mit einem Wassergehalt von ca. < 5 Gew.% und einem Fettgehalt von max. 10 - 13 Gew.%.

Eine Nutzung der Transportbehältnisse bzw. Fahrzeuge nach dem Tiermehltransport im Nahrungsmittelbereich ist auszuschließen.

Im Bereich der Müll- und Sonderabfallverbrennungsanlagen kann das Tiermehl über die vorhandenen Annahmesysteme durch Abkippen in den Müllbunker angeliefert werden, wenn die Luftabsaugung aus dem Müllbunker durch mindestens eine Verbrennungslinie gewährleistet ist. Während des Trimmens im Müllbunker (Vermischen des Tiermehls mit anderen Abfällen) ist das Entstehen erhöhter Staubemissionen zu vermeiden. Generell wird

das Tragen einer Staubschutzmaske der Kategorie FFP3 empfohlen, wenn der Kontakt mit tiermehlhaltigen Stäuben nicht ausgeschlossen werden kann.

Bei Bunkerbetrieb soll die Anlieferung von Tiermehl durch entsprechende Disposition so erfolgen, dass eine weitgehend arbeitstägliche Abarbeitung/Verbrennung des angelieferten Tiermehls gewährleistet ist. Der durchlaufende Verbrennungsbetrieb an allen Wochentagen mit möglichst gleicher Abfallzusammensetzung ist allerdings zu berücksichtigen.

Auch bei Silobetrieb ist eine möglichst kurze Verweilzeit des Tiermehls zur Vermeidung des Ungezieferbefalls und der Selbsterhitzung/-entzündung durch einen regelmäßigen Massenfluss anzustreben. Geruchsemissionen sind durch entsprechende Abluftreinigung zu vermeiden. Bei der pneumatischen Befüllung von Silos ist die Förderlufttemperatur auf weniger als 40 °C zu begrenzen, um die Gefahr der Selbsterhitzung zu minimieren.

Bei großen Silos oder Lagerhallen wird eine Kontrolle der Tiermehltemperatur empfohlen. Zu berücksichtigen ist, dass es bei längerer Lagerung zu einer Oxidation des im Tiermehl enthaltenen Fetts kommt, wodurch die Gefahr der Selbsterhitzung steigt. Die Höhe der Silos sollte 7 m nicht übersteigen, statt schlanker Silos sollten niedrige mit einem großen Querschnitt eingesetzt werden. Grundsätzlich muss auch eine Zunahme des Wassergehalts des Tiermehls vermieden werden, um den Befall mit Bakterien, Pilzen und Ungeziefer und die Gefahr der Verfestigung zu minimieren. Detaillierte Empfehlungen für die Lagerung von Tiermehl in Silos oder Hallen sind einer französischen Richtlinie [21] zu entnehmen.

Eine nicht eingehauste, offene Lagerung von Tiermehl (Halden) ist nicht zulässig.

Lange Zwischenlagerzeiten, verbunden mit sekundärem Wachstum biologischer Arbeitsstoffe, möglichem Ungezieferbefall und Geruchsbildung, sind bei loser Lagerung (Bunker, Hallen) zu vermeiden. Eine ausreichende Durchlüftung und regelmäßige Temperaturkontrollen sind sicherzustellen.

Pneumatische Förderanlagen sollten nur eingesetzt werden, wenn ein gemahlene Tiermehl mit einem Wassergehalt von weniger als 5 Gew.% und einem Fettgehalt von weniger als ca. 10 –13 Gew.% eingesetzt wird.

Die VDSI-Fachgruppe „Thermische Abfallbehandlung“ hat Fachempfehlungen zur Umsetzung der Biostoffverordnung in thermischen Müllverwertungsanlagen verfasst [11]. Diese beziehen sich auf die Gefährdung durch biologische Arbeitsstoffe bei Tätigkeiten in

Müllverwertungsanlagen im allgemeinen. Sie sind nicht auf Tätigkeiten mit Tiermehl ausgerichtet. Diese Fachempfehlungen wurden unter dem 06.02.2001 veröffentlicht und sind nicht mit dem Ausschuss für Biologische Arbeitsstoffe (ABAS) abgestimmt.

Ergänzende Hinweise in Anlehnung an die Veröffentlichung der VDSI-Fachgruppe „Thermische Abfallbehandlung“ sind im folgenden aufgeführt:

Anlieferung

- Vermeidung von Stäuben. Ständige Absaugung des Müllbunkers durch die Verbrennungsluftgebläse der Kessel. Entsprechende Zwangsbelüftungsanlagen in Lagerhallen
- Direkter Hautkontakt mit Tiermehl ist zu vermeiden
- Waschgelegenheit im Bereich der Anlieferung, mindestens aber vor Pausenräumen
- Getrennte Aufbewahrungsmöglichkeiten für Straßen- und Arbeitskleidung
- Tragen körperbedeckender Arbeitskleidung
- Wöchentliches Wechseln und Reinigen der Arbeitskleidung durch den Arbeitgeber
- Verbot von Essen, Trinken, Rauchen und Schnupfen im Arbeitsbereich
- Regelmäßige Reinigung des Arbeitsbereiches
- Regelmäßige feuchte Reinigung der Kontrollräume und der Kabinen der Arbeitsmaschinen
- Tragen einer Feinstaubmaske der Kategorie FFP3 bei der Beobachtung des Abkippvorgangs an der unmittelbaren Abkippkante
- Erstellung einer Betriebsanweisung über o.g. Verhaltensregeln.

Grundsätzlich gilt, dass bei allen Arbeiten in dem direkt an den Müllbunker angrenzenden, räumlichen Bereich wie Schere, Aufgabetrichter etc. die gleichen Schutzmaßnahmen wie im Müllbunker zutreffend sind.

Tätigkeiten in Müllbunkern und Lagerhallen

- Vermeidung von vermehrter Staubbildung durch regelmäßige Reinigung
- Tragen von Einwegstaubschutzanzügen sowie Atemschutz der Klasse P3 oder FFP3, die sofort nach Gebrauch (z.B. in Müllsäcke) zu entsorgen sind
- Verhindern des Verschleppens von Keimen (biologische Arbeitsstoffe) aus dem Müllbunkerbereich durch sofortige Entsorgung (z.B. in Müllsäcke) bzw. Reinigung der Schutzausrüstung

- Möglichkeit für die Mitarbeiter zum Duschen unmittelbar nach längerem Aufenthalt im Müllbunker
- Regelmäßige feuchte Reinigung der an den Müllbunker angrenzenden Bereiche, wie Krankenzel, Durchgänge, Treppenhäuser etc.

Ergänzend wird auf die bereits zitierte englische Richtlinie verwiesen [1], die detaillierte Anforderungen für den Umgang, Transport und Lagerung von Tiermehl enthält. Außerdem sind insbesondere für die Lagerung von Tiermehl die Vorgaben einer entsprechenden französischen Richtlinie heranzuziehen [21].

5.3 Zusammenfassende Anmerkungen zur Eignung der Verfahren zur Tiermehl-Mitverbrennung

Die in den Kapiteln 4.2.1 bis 4.2.7 behandelten Verfahren können, sofern sie die Bedingungen der 17. BImSchV erfüllen und dem Stand der Technik entsprechen, als grundsätzlich geeignet für die Mitverbrennung von Tiermehl angesehen werden. Dabei ist eine Überprüfung der Rückstände und Produkte durchzuführen. Da dafür eine standardisierte deutsche Richtlinie zurzeit noch nicht verfügbar ist (siehe Anmerkungen entsprechend Kap. 5.2.1), sollte von einer qualifizierten Institution geprüft werden, ob die englische Richtlinie [13] vorläufig in Deutschland angewendet werden kann.

Zusammenfassend ergeben sich für die verschiedenen Anlagentypen die folgenden Feststellungen:

- Bei Müllverbrennungsanlagen ist als wesentlicher begrenzender Einfluss die Auswirkung der Tiermehl-Mitverbrennung auf die Schlackezusammensetzung zu berücksichtigen. Bei einem zu hohen Tiermehlanteil im Müll wurden Reste von Tiermehl in der Schlacke gefunden, Analysen liegen nicht vor. Weiterhin ergibt sich eine Begrenzung des Durchsatzes aufgrund des relativ hohen Heizwertes des Tiermehls.
- Bei Sonderabfallverbrennungsanlagen ist die Frage der Schlackenzusammensetzung im Vergleich zu Müllverbrennungsanlagen als weniger kritisch anzusehen, dieser Aspekt kann jedoch nicht vernachlässigt werden. Der maximale Tiermehlanteil wird hier ebenfalls durch die Schlackequalität und den Heizwert begrenzt. Aufgrund der bereits vorliegenden Betriebserfahrung der Sondermüllverbrennungsanlagen mit dem Umgang von gefährlichen Materialien werden hier grundsätzlich gute Voraussetzungen für die Verbrennung von Tiermehl aus SRM gesehen.

- Bei der Mitverbrennung von Tiermehl in Kohlekraftwerken können negative Einflüsse auf die Qualität der Rückstände und Produkte nach dem derzeitigen Kenntnisstand nicht ganz ausgeschlossen werden. Hier besteht noch Untersuchungsbedarf.
- Die Mitverbrennung von Tiermehl in Klärschlammverbrennungsanlagen wird in der Regel durch den im Vergleich zum Klärschlamm relativ hohen Heizwert des Tiermehls begrenzt. Die Wirbelschichtfeuerung bietet ansonsten gute Voraussetzungen für eine Mitverbrennung von Tiermehl.
- Die Mitverbrennung von Tiermehl in Zementwerken bietet den Vorteil besonders hoher Prozesstemperaturen in der Primärfeuerung ($>1200\text{ °C}$), in der Sekundärfeuerung werden Temperaturen von $>850\text{ °C}$ eingehalten. Nach dem derzeitigen Kenntnisstand können negative Einflüsse auf den Prozess und das Produkt Klinker dadurch vermieden werden, dass die eingetragenen Schadstofffrachten (Cl, P) begrenzt und kontrolliert werden.
- Bei der Vergasungsanlage SVZ existieren langjährige Erfahrungen mit der Tiermehl- und Tierfettbehandlung. Verfahrenstechnische Einschränkungen oder Vorbehalte sind nicht bekannt.

Bei der Mitverbrennung von Tiermehl aus SRM werden Vorteile der Sonderabfallverbrennungsanlagen im Vergleich zu den anderen Verfahren gesehen. Grund für diese Empfehlung sind weniger die verfahrenstechnischen Randbedingungen, sondern vielmehr die Erfahrungen und Voraussetzungen, die bei SVAs beim Umgang mit nicht unbedenklichen Materialien vorliegen. Sofern Tiermehl aus SRM in Müllverbrennungsanlagen, Kohlekraftwerken, Klärschlammverbrennungsanlagen, Zementwerken und Vergasungsanlagen mitverbrannt werden soll, ist der Schulung der Mitarbeiter und dem Thema Arbeitsschutz besondere Aufmerksamkeit zu schenken.

5.4 Ergänzende Empfehlungen

Es wird empfohlen, zwischen den Tiermehl und Tierfett produzierenden TBAs und den vorgesehenen thermischen Anlagen für die Mitverbrennung des Tiermehls eine feste Zuordnung zu vereinbaren, um eine optimale Abstimmung zwischen den Parteien zu ermöglichen. So können die jeweiligen betrieblichen Anforderungen gut aufeinander abgestimmt und die organisatorischen Belange einvernehmlich geregelt werden.

Eine umfassende und offene Information der Beschäftigten im eigenen Betrieb und eine entsprechende Informationspolitik der Öffentlichkeit gegenüber wird dringend empfohlen. Die Mitarbeiter sind laufend entsprechend dem sich ändernden Sach- und Kenntnisstand zu unterweisen und zu schulen.

6.0 Literatur- und Quellenverzeichnis

(Sofern verfügbar, sind die Internet-Adressen der Literaturstellen in Klammern angegeben)

- [1] The safe handling, transport and temporary storage of meat-and-bone meal which may be contaminated a BSE agent or other pathogens - Notes adopted by the Scientific Steering Committee at its meeting of 26-27 October 2000
(http://europa.eu.int/comm/food/fs/sc/ssc/out145_en.html)
- [2] Bericht über die Mitverbrennung von Tiermehl in der MVA Stellingr Moor, Bericht Nr. 00/E2-0/1 vom 15.02.00 (nicht veröffentlicht)
- [3] BML, Erstes Orientierungspapier: Verbot des Verfütterns von Tiermehl an landwirtschaftliche Nutztiere, 1.12.2000
- [4] Protokoll der 3. Sitzung der AG „Mitverbrennung“ im VGB-FA „Dampferzeugeranlagen“ vom 12.12.2000 in Essen, Anlage 4
- [5] Untersuchung einer Tiermehlprobe aus Irland durch das Labor „ergo“ in Hamburg, 10.06.99, im Auftrag der MVA Stellingr Moor
- [6] Untersuchung einer Tiermehlprobe aus Portugal durch das Labor „ergo“ in Hamburg, 31.03.00, im Auftrag der MVA Stellingr Moor
- [7] Telefax Sekundärrohstoff-Verwertungszentrum Schwarze Pumpe GmbH an BMU vom 06.12.2000
- [8] Analyse einer Tiermehlprobe durch Salamon & Seaber, 10.06.1997
- [9] Entscheidung der Kommission vom 29. Juni 2000 zur Regelung der Verwendung von bestimmtem Tiermaterial angesichts des Risikos der Übertragung von TSE-Erregern und zur Änderung der Entscheidung 94/474/EG, Dokument 300D0418,
(http://europa.eu.int/eur-lex/de/lif/dat/2000/de_300D0418.html)
- [10] Vorschlag für eine Verordnung des Europäischen Parlaments und Rates mit Hygienevorschriften für nicht für den menschlichen Verzehr bestimmte tierische Nebenprodukte vom 19.10.2000
(http://europa.eu.int/eur-lex/de/com/dat/2000/de_500PC0574.html)
- [11] Fachempfehlung der VDSI-Fachgruppe „Thermische Abfallbehandlung“ zur Umsetzung der Biostoffverordnung in thermischen Müllverwertungsanlagen, VDSI - Informationen 1/2001 vom 06.02.2001 (<http://www.vdsi.de/medien/infos/index.html>)
- [12] Beschluss des Ausschusses für biologische Arbeitsstoffe (ABAS) Nr. 602: „Spezielle Arbeitsschutzmaßnahmen zum Schutz der Beschäftigten vor Infektionen durch BSE-Erreger“, Stand 21.12.2000 1. Aktualisierung vom 06.02.2001
(<http://www.baua.de/prax/abas/bse.htm>)

- [13] IPC Guidance Note S2 1.05, Amplification Note No. 1: „Processes Subject to Integrated Pollution Control, Combustion of Meat and Bone Meal (MBM)“, January 1998
(<http://www.environment-agency.gov.uk/epns/meat.html>)
- [14] Telefonat zwischen Herrn Niemann, Verband der Fleischmehlindustrie e.V., und Herrn Wandschneider, W+G, am 11.01.2001
- [15] House of Commons, Public Accounts, Minutes of Evidence: „BSE, the cost of a crisis (PAC 98-99/52), Supplementary Memorandum submitted by the Intervention Board, Annex 2, (<http://www.parliament.the-stationery-office.co.uk/pa/cm199899/cmselect/cmpublicacc/790/8113020.htm>)
- [16] Informationen des Verbandes Fleischmehlindustrie e.V.
- [17] Environment Agency UK: „Risks From BSE Via Environmental Pathways, A Summary of Risk Assessment Studies carried out by the Environment Agency“, June 1997 (http://www.environment-agency.gov.uk/epns/bse_risks.htm)
- [18] Brown, Rau, Johnson, Bacote, Gibbs, Gajdusek (1999) „New studies on the heat resistance of hamper-adapted scrapie agent: threshold survival after ashing at 600 degrees C suggests an inorganic template or replication“ Proc Nat Acad Sci USA, 97, 3418-3421 (<http://www.pnas.org/cgi/content/full/97/7/3418>)
- [19] Angaben der Umwelt-Beratungsgesellschaft JOMA
- [20] Institute of Food Science and Technology: BSE 1 / 2, June 1999
(Internet: <http://www.ifst.org/hottop5.htm>, „The infective agent“)
- [21] Cahier des Charges: „Prescriptions techniques relatives aux transports, entreposage et elimination des farines et graisses animales dont l'emploi est suspendu dans l'alimentation animale par l'arrete du 14 novembre 2000“
(Zusammenstellung von Auflagen: „Technische Richtlinien für den Transport, die Lagerung und die Beseitigung von Tiermehlen und -fetten, deren Verwendung als Tierfutter durch das Verbot vom 14. November 2000 untersagt ist“)
- [22] Taylor DM, Fraser H, McConnell I, Brown DA, Brown KL, Lamza KA, Smith GR
„Decontamination studies with the agents of bovine spongiform encephalopathy and scrapie“. Arch Virol 1994;139(3-4):313-26,
(http://www.ncbi.nlm.nih.gov:80/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&list_uids=7832638&dopt=Abstract)
- [23] BSE Inquiry Report, Executive Summary, Oct. 2000
(<http://www.openi.co.uk/oi001026.htm>)
Vollständiger Bericht: (<http://www.bseinquiry.gov.uk/report/index.htm>)

- [24] Schreuder BEC, Geertsma RE, van Keulen LJM, van Asten JAAM, Enthoven P, Oberthür RC, de Koeijer AA, Osterhaus ADME "Studies on the efficacy of hyperbaric rendering procedures in inactivation bovine spongiform encephalopathy (BSE) and scrapie agents". Veterinary Record (1998) 142, 474-480
- [25] Telefonische Information des Verbandes Fleischmehlindustrie e.V., Herr Dr. R. Oberthür, 25./29.01.2001
- [26] BUWAL (Schweiz), Abteilung Abfall: "Elemente des Entsorgungskonzeptes für Schlachtabfälle", 19.01.2001
- [27] Informationen des bayerischen Amtes für Umweltschutz vom 24.01.2001
- [28] Beschluss des Bundeskabinetts vom 31. Januar 2001. Veröffentlichung im Bundesgesetzblatt im Februar 2001
- [29] Rat von Sachverständigen für Umweltfragen: Umweltgutachten 1998, Ziffer 601, Verlag Metzler-Poeschel Stuttgart, Februar 1998
- [30] Bericht zur „Ökologischen Vertretbarkeit“ der mechanisch-biologischen Vorbehandlung von Restabfällen einschließlich deren Ablagerung, S. 10, Umweltbundesamt Berlin, Juli 1999
- [31] H. Hossain, T. Chakraborty: Prion-Krankheiten, Anästhesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther 2001; 36: 15-24, Georg Thieme Verlag, Stuttgart, New York
- [32] VDI-Richtlinie 3460: Emissionsminderung Thermische Abfallbehandlung, September 1997
- [33] VDI-Richtlinie 3460: Emissionsminderung Thermische Abfallbehandlung, Entwurf, März 2001 (im Druck, verfügbar ab 01.03.01)
- [34] VDI-Richtlinie 2094: Emissionsminderung Zementwerke, Entwurf, März 2001 (im Druck, verfügbar ab 01.03.01)
- [35] VDI-Richtlinie 2590: Emissionsminderung Anlagen zur Verwertung und Beseitigung von Tierkörpern (Tierkörperteilen) und tierischen Erzeugnissen, Dez. 1996
- [36] Report and Scientific Opinion on mammalian derived meat and bone meal forming a cross-contaminant of animal feedstuffs adopted by the Scientific Steering Committee at its meeting of 24-25 September 1998
http://europa.eu.int/comm/food/fs/sc/ssc/out27_en.html
- [37] Feststellung und Beurteilung von Geruchsimmissionen (Geruchsimmissions-Richtlinie) mit Begründung und Auslegungshinweisen, LAI, 1998
- [38] Schutzmaßnahmen bei Tätigkeiten mit BSE-Gefährdung, Niedersächsisches Ministerium für Frauen, Arbeit und Soziales, Erlass vom 5. Januar 2001
- [39] Schriftliche Stellungnahme der Bundesforschungsanstalt für Viruskrankheiten der Tiere vom 26.01.01

- [40] Mündliche Auskunft der Bundesforschungsanstalt für Viruskrankheiten der Tiere, 29.01.01
- [41] Reimann, D.O. /Hämmerli, H.: Verbrennungstechnik in Theorie und Praxis, Schriftenreihe Umweltschutz, Bamberg 1995
- [42] Kurzstellungnahme zur Verbrennung von Tiermehl in bayerischen Müllverbrennungsanlagen, Januar 2001, ISB Institut für Sicherheit in der Biotechnologie / TÜV Süddeutschland, im Auftrag des Bayerischen Staatsministeriums für Landesentwicklung und Umweltfragen“
- [43] Richtlinie 2000/76/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 4. Dezember 2000 über die Verbrennung von Abfällen, Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften Nr. L 332 vom 28. Dezember 2000, S. 0091 (http://www.europa.eu.int/eur-lex/de/lif/dat/2000/de_300L0076.html)
- [44] Robert-Koch-Institut: Die bovine spongiforme Enzephalopathie (BSE) – eine Tierseuche mit erheblicher Bedeutung für den Menschen, Epidemiologisches Bulletin, 26. Januar 2001 / Nr.4 (<http://www.rki.de>)
- [45] TRBA 500 „Allgemeine Hygienemaßnahmen: Mindestanforderungen“. BArb Bl. 5/00, S. 53 (<http://www.baua.de/prax>)
- [46] Beschluss 603 „Empfehlung der Bundesanstalt für Viruskrankheiten der Tiere für die Probenentnahme und die Durchführung diagnostischer Arbeiten im Rahmen der epidemiologischen BSE- und Scrapie – Überwachungsprogramme sowie der Untersuchung konkreter Verdachtsfälle“. BArb Bl. 2/01 (<http://www.baua.de/prax/abas/bse.htm>)
- [47] 99/534/EG: Entscheidung des Rates vom 19. Juli 1999 über Maßnahmen zum Schutz gegen die transmissiblen spongiformen Enzephalopathien bei der Verarbeitung bestimmter tierischer Abfälle und zur Änderung der Entscheidung 97/735/EG der Kommission
Amtsblatt Nr. L 204 vom 04/08/1999 S. 0037 – 0042
(http://europa.eu.int/eur-lex/de/lif/dat/1999/de_399D0534.html)
- [48] 97/735/EG: Entscheidung der Kommission vom 21. Oktober 1997 über Schutzmassnahmen beim Handel mit bestimmten Arten von Säugetierabfällen
Amtsblatt nr. L 294 vom 28/10/1997 S. 0007 – 0016, geändert durch 399D0534 (ABl. L 204 04.08.1999 S.37)
(http://europa.eu.int/eur-lex/de/lif/dat/1997/de_397D0735.html)
- [49] Informationen von Dr. M. Knoche, Nr. J. Wiart, VDI-Seminar 43-36-21 „Prioritäre Abfallströme“, 15.02.2001, Neuss
- [50] Informationen des französischen Landwirtschaftsministeriums, November 2000