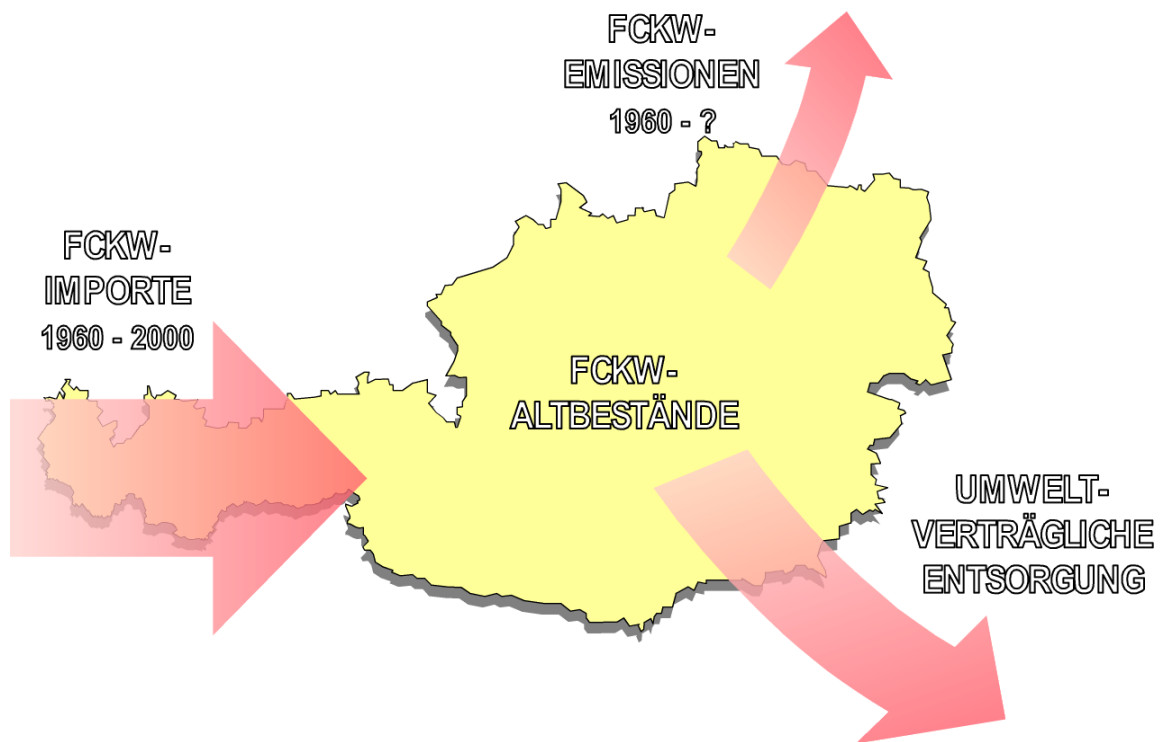


Nachhaltige FCKW Bewirtschaftung Österreich

Grundlagen für die Umsetzung von
Rückbaumaßnahmen für die noch in Verwendung
befindlichen Stoffe mit Ozonzerstörungspotenzial
des Bauwesens

Endbericht

Projekt FCKW Rückbau



RRRMMMAAAA

Initiative zur Förderung einer umweltverträglichen nachhaltigen Ressourcenbewirtschaftung

Ressourcen Management Agentur



Initiative zur Förderung einer umweltverträglichen nachhaltigen Ressourcenbewirtschaftung

Ressourcen Management Agentur

Nachhaltige FCKW Bewirtschaftung Österreich

**Grundlagen für die Umsetzung von
Rückbaumaßnahmen für die noch in Verwendung
befindlichen Stoffe mit Ozonzerstörungspotenzial
des Bauwesens**

Endbericht

Projekt FCKW Rückbau

Autoren

Richard Obernosterer
Roman Smutny
Erika Jäger

Unterstützt durch:

Österreichisches Bundesministerium für Land- und
Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW),
Sektion V (Allgemeine Umweltpolitik),
Abteilung Stoffbezogener Umweltschutz

Projektleitung:

Richard Obernosterer

Projektsachbearbeitung:

Richard Obernosterer

Roman Smutny

Erika Jäger

Grafische Gestaltung und Layout:

Richard Obernosterer, Roman Smutny, Erika Jäger

Impressum:

Ressourcen Management Agentur (RMA)

Initiative zur Förderung einer umweltverträglichen nachhaltigen Ressourcenbewirtschaftung

Argentinierstrasse 48 / 2. Stock

A-1040 Wien

Tel.: +43 (0)1 / 913 22 52-0

Fax: +43 (0)1 / 913 22 52-22

office@rma.at

Europastrasse 8, Technologiepark Villach (tpv)

A-9524 Villach

Tel. : +43 (0)4242 / 9003 3210

Fax : +43 (0)4242 / 9003 3210



Kurzfassung

Da die vorliegende Arbeit, und damit auch die Kurzfassung, in engem Zusammenhang mit der 2001 abgeschlossenen „Machbarkeitsstudie – Entsorgung der FCKW Altlasten“ und der 2002 abgeschlossenen Studie „Zielgruppenorientierte Öffentlichkeitsarbeit zum Thema FCKW - Altlasten in der Infrastruktur“ steht, sind die Kurzfassungen und die Schlussfolgerungen dieser beiden Studien im Anhang ersichtlich. Vorliegende Kurzfassung bezieht sich schwerpunktmäßig auf die Erkenntnisse der vorliegenden Arbeit.

Ziel der Studie ist es, die Größe der ODS Altbeständen für Dämmstoffe des Bauwesens zu aktualisieren und auf Grundlage der EU Ozonverordnung und dem Österreichischen Abfallwirtschaftsgesetz, ein finanzierbares, praxisingerechtes und nachhaltiges ODS Bewirtschaftungskonzept für Österreich vorzuschlagen. Das Problem der, in den noch verbauten Dämmstoffen des Bauwesens befindlichen ODS Mengen, besteht in zweierlei Hinsicht: sowohl während der Nutzung, als auch bei nicht fachgerechter Entsorgung entweichen Ozon-schicht dezimierende Stoffe in die Luft.

Mittels Literaturrecherchen und Experteninterviews wurden Informationen über Input, Lagerbildung und Output entlang der Lebenskette „ODS geschäumter Dämmstoffe“ eingeholt. Die Unsicherheit bzw. Bandbreite der Rohdaten ist hoch. Dies betrifft besonders die jährlich verbauten Mengen an Hartschaum-Dämmstoffen und die Treibmittel-Halbwertszeiten. Dennoch konnten die Unsicherheiten eingeschränkt und die Größenordnungen der ODS-Altbestände und ODS-Diffusionen in ausreichender Genauigkeit bestimmt werden, um Strategien für eine nachhaltige FCKW Bewirtschaftung abzuleiten.

In Österreich sind im Jahr 2003 in den Dämmstoffen des Bauwesens etwa 35.600 Tonnen (= 24.300 ODP-t bzw. 160 Mio. CO₂-Ä. t) an ozondezimierenden Stoffen gespeichert. Diese Menge entspricht etwa 14 % der in der Vergangenheit in allen Anwendungen (Spraydosen, Kühlsystemen, Schäume oder Brandschutzanlagen) eingesetzten ODP Mengen in Österreich. In den Dämmstoffen des Bauwesens ist jene Menge gespeichert, die in den Dämmstoffen von 80 Millionen Haushaltskühlgeräten, bzw die in den Dämmstoffen und Kühlmitteln von 57 Millionen Haushaltskühlgeräten (Gehalt bei der Entsorgung) enthalten ist. Bezogen auf den Treibhauseffekt entspricht diese gespeicherte Menge den gesamten Treibhausgasemissionen Österreichs von etwa 2 Jahren.

Die derzeitigen jährlichen Emissionen aus dem Lager betragen etwa 300 Tonnen (= 160 ODP-t/a bzw. 1340 CO₂-Ä. t/a). Diese jährlichen Diffusionsverluste an ozondezimierenden Stoffen aus Dämmstoffen des Bauwesens, bewertet in Treibhausgasäquivalenten, betragen im Jahr 2003 mehr als 10% des Kyoto Reduktionszieles von Österreich.

Ein ODS Entsorgungskonzept, dass sich auf die wesentlichen Hauptanwendungsgebiete konzentriert, kann eher als praktikabel angesehen werden, als die Entsorgung verhältnismäßig kleiner Mengen in unzähligen Anwendungen. 85% der noch im Bestand eruierten ODS-Mengen sind in nur 4 Anwendungsbereichen vorzufinden, wobei der Einsatz von PU-Sandwichelementen im Industriebau mit 67% dominiert. Es kann abgeschätzt werden, dass nahezu 80% der noch im Bestand ermittelten ODS-Mengen in Objektbauten (Industriebauten, große öffentliche Gebäude und Wohnbauten) aufzufinden ist. Im Ein- und Mehrfamilienwohnbau befinden sich nur geringe Mengen.

Um Grundlagen für zukünftige Bewirtschaftungsstrategien zu erhalten, wurden 4 Szenarien gerechnet. Als zukünftiges Bewirtschaftungskonzept lässt sich aus den Szenarien ableiten, dass die Priorität auf Objektbauten, mit Schwerpunkt PU-Sandwichelemente im Industriebau zu legen ist. Auf Grund der Standzeiten (Lebensdauer) von Industriebauten besteht in den nächsten 30 Jahren ein höherer Handlungsbedarf als in den Jahren danach. Bei entspre-



chender Umsetzung eines FCKW Bewirtschaftungskonzeptes können in den nächsten 30 Jahren etwa 56% der heute noch eingebauten ODS Mengen umweltverträglich entsorgt werden. In den nächsten 100 Jahren können etwa 70% rückgebaut werden, ca. 30% entweichen in die Atmosphäre.

Als Erkennungsmerkmale ODS hältiger Dämmungen auf der Baustelle wurden identifiziert:

- Betroffene Kunststoffsorten sind v.a. PU (Polyurethan) und XPS (extrudiertes Polystyrol);
- Vergleich Zeitpunkt der Objekterrichtung mit dem Zeitraum des ODS Konsums (1960 – 2000)
- XPS- und PU-Platten waren vor 1999 eingefärbt (rosa, blau, grün) und
- Durchführen des Beilsteintests (bei deren Durchführung entstehen jedoch Dioxine).

Nach Interpretation der derzeit geltenden Gesetzeslage in Österreich, sind alle FCKW- oder HFCKW-geschäumten XPS- und PU-Dämmungen, die bei Abbruch, Sanierung oder Rückbau als Abfall anfallen, als gefährlich einzustufen. Beim Rückbau bzw. Abbruch ist darauf zu achten, dass die Dämmmaterialien möglichst nicht zerkleinert werden und nicht oder kaum verunreinigt dem Entsorger übergeben werden. Um die umweltverträgliche Entsorgung der ODS sicher zu stellen, sind unbedingt entsprechende Nachweise einzufordern (bspw. RAL Gütezeichen für Dämmstoffe des Bauwesens prüfen). Als technische Möglichkeiten der umweltverträglichen Entsorgung stehen die Matrixentgasung oder die thermisch entsorgen (Hochtemperatur) zur Verfügung.

Die Kosten für die umweltverträgliche Behandlung (ohne Transport) von ODS geschäumten Dämmmaterialien in geeigneten Anlagen (Thermische Entsorgung) kann zwischen 150 und 200 €/Tonne angenommen werden. Die Preise schwanken regional und von Objekt zu Objekt stark. Für Transport und Behandlung wurden Preise bis 550 €/Tonne erhoben. Die Entsorgungskosten von ODS hältigen Dämmmaterialien kann bei einer Flachdachsanie rung um bis zu 30% Mehrkosten verursachen. Bezogen auf die Gesamtbaukosten macht der Preisunterschied jedoch i.d.R. bei Teilsanierungen unter 1% und bei Totalsanierung weit unter 1% aus.

Das bausteinartige Vorgehen bei der Umsetzung eines praxisgerechten, nachhaltigen FCKW Bewirtschaftungskonzeptes konnte mit vorliegender Studie bestätigt werden. Es sind beinahe alle Punkte des Bausteinkonzeptes behandelt oder vollständig abgearbeitet worden. Um ein praxisgerechtes, nachhaltiges FCKW Bewirtschaftungskonzept vollständig zu etablieren werden folgende nächste Schritte vorgeschlagen:

- Breite Streuung des erworbenen Wissens incl. eines eindeutigen Rechtsstandpunktes seitens des Gesetzgebers (Stichwort: Mengenschwelle). Im Zuge der vorliegenden Arbeit wurden die Informationen bereits mittels des Ratgebers und des Newsletter #2 an ausgewählte Akteure des Klimaschutzes und an interessierte Akteure (Datenbank aus FCKW Multiplikator) versendet.
- Präsentation der aktuellen Erkenntnisse und Abklärung der Technologiefragen in einem Round Table Gespräch mit allen beteiligten Akteuren
- Aufbau eines entsprechenden Monitoringinstruments zur Überprüfung der Wirksamkeit der getroffenen Maßnahmen
- Vorstellen der Ergebnisse in EU Gremien



Abkürzungen

/a	pro Jahr (annum)
/cap	pro Kopf (capita)
ODS	Ozon dezimierende Stoffe (ozone depleting substances)
ODP	Ozondezimierungspotenzial (ozone depleting potential)
GWP	Treibhauspotenzial (global warming potential)
t	metrische Tonnen (1 t = 1.000 kg)
t/a	metrische Tonnen pro Jahr
FS	Feuchsubstanz
TS	Trockensubstanz
V%	Volumsprozent
M%	Gewichtsprozent
FCKW	vollhalogenierte Fluorchlorkohlenwasserstoffe
H-FCKW	teihalogenierte Fluorchlorkohlenwasserstoffe
FKW	(vollhalogenierte bzw. perfluorierte) Fluorkohlenwasserstoffe
H-FKW	teihalogenierte Fluorkohlenwasserstoffe
KW	Kohlenwasserstoffe
WE	Wohnungseinheiten
AAEV	allgemeine Abwasseremissionsverordnung
AEV	Abwasseremissionsverordnung (betrifft die Verordnungen für einzelne Sparten)
ARA	Abwasserreinigungsanlage
BGBI	Bundesgesetzblatt
BGF	Bruttogeschoßfläche: Entspricht der nach den Außenmaßen der Gebäude in allen Vollgeschoßen über Niveau ermittelten Fläche.
IEV	Indirekteinleiterverordnung
KFZ	Kraftfahrzeug
l _{fm}	Laufmeter
LKW	Lastkraftwagen
MVA	Müllverbrennungsanlage
PB	Polybutylen
PE	Polyethylen
PHH	Privathaushalt
PKW	Personenkraftwagen
PP	Polypropylen
PVC	Polyvinylchlorid
RM	Ressourcenmanagement
SHH	Stoffhaushalt

Inhaltsverzeichnis

KURZFASSUNG	5
ABKÜRZUNGEN	7
INHALTSVERZEICHNIS	8
1 EINLEITUNG	11
1.1 Ausgangslage – Rückblick	12
1.1.1 Ausgewählte Ergebnisse der FCKW Bilanz Österreich	12
1.1.2 Ausgewählte Ergebnisse der FCKW Machbarkeitsstudie	13
1.1.3 Ausgewählte Ergebnisse aus dem Projekt „FCKW Multiplikator“:	16
1.2 Kurzdarstellung vorliegender Studie:	16
2 ZIEL UND FRAGESTELLUNG	17
3 METHODIK	19
3.1 Begriffsfestlegung	19
3.2 Arbeitsschritte	19
3.3 Systemdefinition	20
3.3.1 Systemgrenzen	20
3.3.2 Auswahl der Stoffe und Ermittlung der Stoffbilanzen	21
3.4 Erstellen von Szenarien	22
4 DATENERFASSUNG	23
4.1 Produktübersicht - Gütererfassung	23
4.2 XPS Hartschaumplatten	27
4.2.1 Anwendungsgebiete	27
4.2.2 Entwicklung von Import, Export, Produktion und Inlandsverbrauch:	28
4.2.3 Treibmittelgehalt und Diffusion	28
4.2.4 Emissionen aus Produktions-, Einbau- und Ausbauprozess	30
4.3 PU-Hartschaum	30
4.3.1 Allgemeines	30
4.3.2 Ermittlung der Diffusionsraten während der Nutzung	32
4.3.3 Emissionen aus Produktions-, Einbau- und Ausbauprozess	33
4.3.4 PU-Hartschaumplatten kaschiert	33
4.3.4.1 Anwendungsgebiete	33
4.3.4.2 Entwicklung von Import, Export, Produktion und Inlandsverbrauch: ...	34
4.3.4.3 Treibmittelgehalt und Diffusionsverluste	34
4.3.4.4 Emissionen aus Produktions-, Einbau- und Ausbauprozess	35
4.3.5 PU-Hartschaum-Sandwichelemente	35



4.3.5.1 Anwendungsgebiete	35
4.3.5.2 Entwicklung von Import, Export, Produktion und Inlandsverbrauch: ...	35
4.3.5.3 Treibmittelgehalt und Diffusion	36
4.3.5.4 Emissionen aus Produktions-, Einbau- und Ausbauprozess	36
4.3.6 PU-Rohrschaum	37
4.3.6.1 Anwendungsgebiete	37
4.3.6.2 Entwicklung von Import, Export, Produktion und Inlandsverbrauch: ...	37
4.3.6.3 Treibmittelgehalt und Diffusion	40
4.3.6.4 Emissionen aus Produktions-, Einbau- und Ausbauprozess	41
4.4 Qualität der Daten	41
5 ERGEBNISSE	43
5.1 jährlicher Mengenverbrauch an ODS	43
5.2 Bewertung der ODS Stoffflüsse und -lager bezüglich Ozonschichtdezimierung und Treibhauseffekt	45
5.3 Mögliche Szenarien einer FCKW Bewirtschaftung	48
5.3.1 Grundlagen zur Berechnung der Szenarien	48
5.3.2 Szenario 1: keine gezielte Entsorgung der ODS Lager	50
5.3.3 Szenario 2: gezielte Entsorgung am Ende der Nutzungsdauer bei konstantem Abbruch	51
5.3.4 Szenario 3: gezielter frühzeitiger Ausbau	52
5.4 Prioritätensetzung: die wichtigsten ODS - Anwendungsgebiete	54
5.4.1 Szenario 4: gezielte Entsorgung am Ende der Nutzungsdauer unter Berücksichtigung der kurzen Lebensdauer von Industriebauten	56
5.4.2 Vergleich der 4 Szenarien	57
6 GRUNDLAGEN FÜR EINE NACHHALTIGE FCKW BEWIRTSCHAFTUNG	59
6.1 Gesetzeslage	59
6.2 Grundlagen zu Ausbau- und Entsorgungskosten	60
6.2.1 Ausbau- bzw. Rückbaukosten	61
6.2.2 Kosten für Transport und der Entsorgung	61
6.2.3 Kalkulationsbeispiel einer Flachdachsanie rung	62
6.3 Erkennen FCKW geschäumter Dämmstoffe auf der Baustelle	63
6.4 Technische Grundlagen zu Abbruch, Rückbau und Entsorgung	64
6.4.1 Vorsichtsmaßnahmen beim Abbruch und Rückbau	64
6.4.2 Rückbaubarkeit von PU-Sandwichelementen	64
6.4.3 Rückbaubarkeit von XPS Platten auf Flachdächern	64
6.4.4 Rückbaubarkeit von XPS Platten bei Perimeterdämmung	64
6.4.5 Mengenschwelle für praktikable umweltverträgliche ODS Entsorgung	65
6.4.6 Möglichkeiten der Vernichtung von ODS	65
6.5 FCKW Newsletter und FCKW Ratgeber	66



7	VORSCHLAG FÜR EIN PRAXISGERECHTES, NACHHALTIGES FCKW BEWIRTSCHAFTUNGSKONZEPT	67
7.1	Das FCKW Bausteinkonzept.....	67
7.2	Vorschlag für die nächsten Schritte.....	68
7.3	Ausblick	69
8	SCHLUSSFOLGERUNGEN	71
9	ANHANG	75
9.1	Kurzfassung „Machbarkeitsstudie – Entsorgung der FCKW Altlasten“	75
9.2	Schlussfolgerungen „Machbarkeitsstudie – Entsorgung der FCKW Altlasten“	76
9.3	Kurzfassung „Zielgruppenorientierte Öffentlichkeitsarbeit zum Thema FCKW - Altlasten in der Infrastruktur“	79
9.4	Schlussfolgerungen „Zielgruppenorientierte Öffentlichkeitsarbeit zum Thema FCKW - Altlasten in der Infrastruktur“	80
9.5	Background / History (ohne FKW, HFKW, SF6).....	83
10	ABBILDUNGSVERZEICHNIS	85
11	LITERATURVERZEICHNIS.....	87

1 Einleitung

Chlorierte Kohlenwasserstoffe tragen aufgrund ihrer physikalisch-chemischen Eigenschaften zum Abbau der Ozonschicht und zum Treibhauseffekt bei. Mit dem Montreal-Protokoll und seinen Folgevereinbarungen, wurde auf internationaler Ebene auf diese globale Umweltbelastung reagiert. Die Unterzeichnerstaaten verpflichteten sich, auf den Einsatz ozondestimierender Stoffe sukzessive zu verzichten. Obwohl mehrere Stoffgruppen am Ozonabbau beteiligt sind, werden diese oft zur Vereinfachung unter dem Sammelbegriff FCKW zusammengefasst.

In Österreich kam es in den letzten Jahren zu einem nahezu vollständigen Ausstieg aus der Verwendung von FCKW. In langlebigen Gütern sind jedoch noch FCKWs gespeichert. Diese noch in Verwendung befindlichen Mengen, werden als FCKW-Altbestände (FCKW Lager) bezeichnet. Das Problem dieser Mengen besteht in zweierlei Hinsicht: sowohl während der Nutzung, als auch bei nicht fachgerechter Entsorgung, können FCKWs in die Luft entweichen.

Die Bewirtschaftung von FCKW Altbeständen ist bereits teilweise gesetzlich geregelt (Bspw.: Kühlgeräteentsorgung). Der größte Teil der derzeit gespeicherten FCKW-Menge befindet sich in Form von FCKW-geschäumten Dämmstoffen im Bauwesen. Das Lebensministerium ist bemüht, FCKW Emissionen aus Altbeständen so gering wie möglich zu halten und hat Schritte gesetzt, um ein finanzierbares, praxisgerechtes und nachhaltiges Bewirtschaftungskonzept für Dämmstoffe des Bauwesens auf Grundlage der EU Ozonverordnung und dem Abfallwirtschaftsgesetz auszuarbeiten.

Nach dem Österreichischen Abfallwirtschaftsgesetz (AWG) ist die Abfallwirtschaft danach auszurichten, dass der Schutz des Menschen und der Umwelt gewährleistet ist. Durch Emissionen von FCKW aus abfallwirtschaftlichen Prozessen (v.a. aus der Deponie) in die Umwelt, ist die Erreichung dieses Zieles gefährdet. Allgemein formuliert besteht das FCKW-Problem in der Abfallwirtschaft darin, FCKW-hältige Abfälle zu erkennen, diese umweltverträglich zu entsorgen und damit unkontrollierte FCKW-Emissionen zu unterbinden. Eine Verschiebung von FCKW-hältigen Produkten aus der Infrastruktur in die Deponie, bspw. bei der Entsorgung der beim Abbruch anfallenden Dämmstoffe auf Baurestmassendeponien, muss demnach verhindert werden (Stichwort: nachsorgefreie Deponie).

In der europäischen Verordnung [Verordnung (EG) Nr. 2037, 2000 #146] über Stoffe, die zum Abbau der Ozonschicht führen, werden Produktion und Verbrauch, Entsorgung und Emissionskontrolle dieser Substanzen geregelt. Diese Verordnung gilt ab Oktober 2000 in allen ihren Teilen verbindlich und unmittelbar in jedem Mitgliedstaat. Diese Verordnung enthält die Verpflichtung zur Zerstörung bzw. zum Recycling oder Aufarbeitung der ozonschichtgefährdenden Stoffe, wenn sie in Haushaltskühlgeräten, Kälte- und Klimaanlageanlagen, Wärmepumpen, als Lösungsmittel oder als Brandschutzmittel eingesetzt sind. Generell sollen alle praktikablen Vorsichtsmaßnahmen getroffen werden, um ein Austreten von geregelten Stoffen während der Nutzung oder bei Zerstörung bzw. Aufarbeitung zu verhindern oder auf ein Mindestmaß zu reduzieren. Bezugnehmend auf die Dämmstoffe, besagt diese Verordnung sinngemäß, dass FCKWs aus Dämmstoffen „falls praktikabel“ zurückzugewinnen und zu behandeln bzw. zu zerstören sind (Artikel 16, Absatz 3). Die Festlegung, ab wann das Rückgewinnen und Vernichten als praktikabel anzusehen ist, wurde in der Verordnung nicht definiert und soll durch den nationalen Gesetzgeber festgelegt werden.



Das Österreichische Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW), Sektion III, ist an einer praktikablen Umsetzung dieser Verordnung interessiert und unterstützt die Ressourcen Management Agentur (RMA) bei der Entwicklung eines FCKW Bewirtschaftungskonzeptes, um das FCKW Problem in Österreich nachhaltig zu lösen. Da die Dämmstoffe des Bauwesens das größte Lager darstellen, aber noch keine entsprechenden Maßnahmen zu deren umweltgerechter Entsorgung getroffen wurden, bilden FCKW aus Dämmstoffen des Baubereiches den Schwerpunkt in der vorliegenden Arbeit.

Die vorliegende Studie baut auf den Ergebnissen der 2001 abgeschlossenen „Machbarkeitsstudie – Entsorgung der FCKW Altlasten“ [Obernosterer et al., 2001b] und der 2002 abgeschlossenen Studie „Zielgruppenorientierte Öffentlichkeitsarbeit zum Thema FCKW - Altlasten in der Infrastruktur“ [Obernosterer & Smutny, 2003], die beide im Auftrag des BMLFUW erstellt wurden, auf. Die Kurzfassungen und Schlussfolgerungen dieser beiden Studien sind im Anhang ersichtlich.

1.1 Ausgangslage – Rückblick

Die Grundlagen für die vorliegende Diskussion bilden vorwiegend Arbeiten, die an der TU Wien durchgeführt wurden und die sich mit der FCKW Stoffbilanz Österreich beschäftigen [Obernosterer & Brunner, 1997], [Obernosterer, 1994]. Diese Arbeiten geben einen Überblick über den gesamten FCKW Haushalt in Österreich und stellen damit eine gute Basis für die Diskussion über mögliche zukünftige FCKW Managementkonzepte dar. In den Arbeiten wurde der Stoffhaushalt jener flüchtigen halogenierten Kohlenwasserstoffe für Österreich untersucht, die ein Ozonerstörungspotential (ODP) aufweisen. Das Ziel der Arbeiten war es, den Stofffluss anthropogen erzeugter, ozonschichtzerstörender flüchtiger Halogenkohlenwasserstoffe (FCKW, LCKW, H-FCKW und Halone) für Österreich zu erstellen, um die Einsatzbereiche, die Lager und die Emissionsquellen zu lokalisieren. Die Priorität dieser Arbeiten, lag bei der Ausarbeitung der für Österreich effizientesten Maßnahmen zum Schutze der Ozonschicht. Die Ergebnisse wurden in der „Machbarkeitsstudie – Entsorgung der FCKW Altlasten“ [Obernosterer & Smutny, 2003] bereits dargestellt und werden an dieser Stelle, zur besseren Verständlichkeit der Zielsetzung der vorliegenden Arbeit, nochmals kurz zusammengefasst.

1.1.1 Ausgewählte Ergebnisse der FCKW Bilanz Österreich

Bedingt durch den Einsatz von FCKW in langlebigen Gütern ist heute noch eine große FCKW-Menge (FCKW-Lager, FCKW „Altlast“) in Verwendung. In Abbildung 1-1 wurden die verschiedenen FCKW-Lager einander gegenübergestellt. Die gesamte gespeicherte Menge in Österreich wurde in dieser Arbeit mit ca. 60.000 ODP- Einheiten (Stand 1993) angegeben. Das Lager befand sich demnach im Bezugsjahr 1993 zu ca. 55 % in den Dämmstoffen im Baubereich, zu 19 % in den restlichen Schaumstoffen, zu 5 % in den Kühlsystemen, zu 4 % in den Feuerlöschsystemen und zu 17 % in den Deponien.

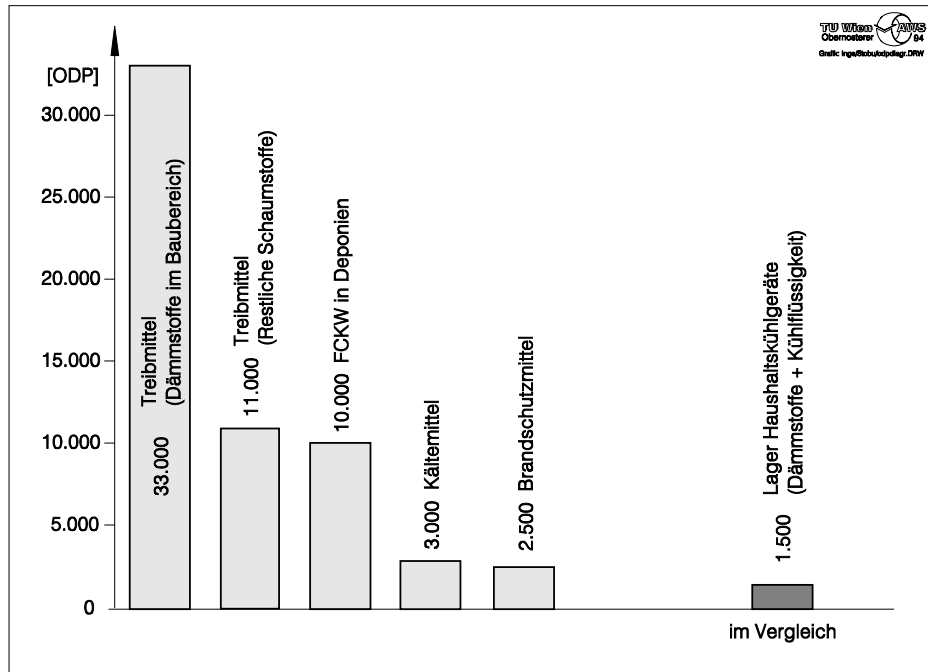


Abbildung 1-1: Vergleich der abgeschätzten FCKW-Lager Österreichs in [ODP] (Stand 1993) [Obernosterer & Brunner, 1997]

Das größte Lager in den Dämmstoffen im Baubereich wurde detaillierter untersucht. Bei der Herstellung von FCKW-geschäumten PU- und XPS-Wärmedämmstoffen verblieb der Großteil des Treibmittels in den sich bildenden, geschlossenen Poren. Die dabei akkumulierte FCKW-Menge entweicht langsam über Diffusionsprozesse. Die Angaben über Diffusionsraten sind sehr unterschiedlich. Deshalb ist die Lagerentwicklung schwer zu prognostizieren. Untersuchungen geben Halbwertszeiten der FCKWs in den Dämmstoffen zwischen 50 und 200 Jahren an. Bei Abbrucharbeiten von Gebäuden treten durch Zerstörung der Dämmstoffe vermutlich nur geringe FCKW-Mengen in die Atmosphäre aus. Der restliche Teil vergrößert, sofern er nicht fachgerecht durch thermische oder physikalisch-chemische Behandlung entsorgt wird, das FCKW-Lager in den Deponien. Dies bedeutet, dass mit einem Lagerabbau über einen langen Zeitraum von mehr als 150 Jahren zu rechnen ist.

1.1.2 Ausgewählte Ergebnisse der FCKW Machbarkeitsstudie

In der durchgeführten Machbarkeitsstudie wurden drei Szenarien (siehe folgende Abbildungen Abbildung 1-2, Abbildung 1-3, Abbildung 1-4) gerechnet, um die Möglichkeiten und die Auswirkungen unterschiedlicher FCKW-Entsorgungsstrategien abschätzen zu können. Die detaillierte Beschreibung kann in der Machbarkeitsstudie nachgelesen werden. Im Folgenden sind die wichtigsten Ergebnisse, die für die vorliegende Studie von Relevanz sind, zusammengefasst.

Szenario 1:
keine gezielte Entsorgung der FCKW-Lager

In Szenario 1 werden die Dämmstoffe auch in Zukunft, wie derzeit in der Bau- und Entsorgungspraxis üblich, deponiert. Es erfolgt keine gezielte Bewirtschaftung des FCKW-Lagers. Auf Grundlage der getroffenen Annahmen gelangen im Szenario 1 bereits während der Nutzungsdauer der Infrastruktur mehr als 45 % der FCKW direkt in die Atmosphäre. Im Zuge des Abbruchs gehen etwa 10 % der FCKW in die Atmosphäre. Die restlichen 45 % werden in die Deponien gebracht, wovon vermutlich ein wesentlicher Teil schlussendlich ebenfalls in die Atmosphäre entweichen wird. In diesem Szenario kann man davon ausgehen, dass nahezu das gesamte FCKW-Lager in die Atmosphäre transferiert wird.

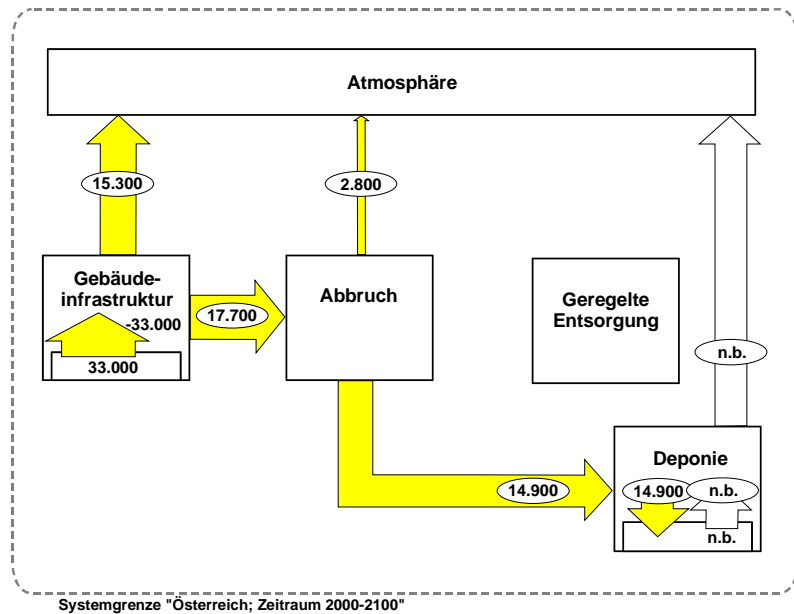


Abbildung 1-2: Szenario 1: keine gezielte Entsorgung der FCKW-Lager; Werte: ODP Einheiten [Obernosterer et al., 2001b]

Szenario 2:
gezielte Entsorgung der FCKW-Lager am Ende der Nutzungsdauer

Im Szenario 2 wird vorausgesetzt, dass das FCKW-Lager am Ende der Nutzungsdauer der Infrastruktur gezielt entsorgt und einer geregelten Entsorgung zugeführt wird. Im Szenario 2 gehen, wie im Szenario 1, während der Nutzungsdauer der Infrastruktur mehr als 45 % der FCKW direkt in die Atmosphäre. Im Zuge des Abbruchs gehen etwa 15 % der FCKW in die Atmosphäre und auf die Deponie. Die restlichen 40 % des abgebrochenen FCKW Lagers gelangen aber nun nicht mehr auf die Deponie sondern werden einer geregelten Entsorgung zugeführt, wodurch sich die Emissionen in die Atmosphäre, im Gegensatz zu Szenario 1, um etwa 13.000 ODP Einheiten, d.s. etwa 40 %, reduzieren.

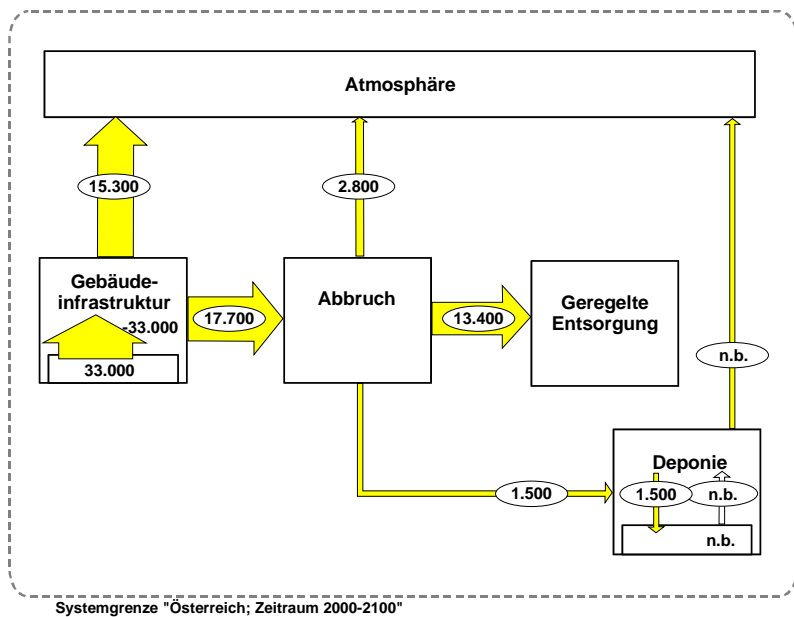


Abbildung 1-3: Szenario 2: gezielte Entsorgung der FCKW-Lager am Ende der Nutzungsdauer; Werte: ODP Einheiten [Obernosterer et al., 2001b]

Szenario 3: gezielter Ausbau während der Nutzung und geregelte Entsorgung der FCKW-Lager am Ende der Nutzungsdauer

Dem Szenario 3 liegt die Annahme zu Grunde, dass das FCKW-Lager am Ende der Nutzungsdauer der Infrastruktur umweltverträglich entsorgt wird. Zusätzlich werden ausgewählte FCKW-Lager bereits während der Nutzungsphase gezielt ausgebaut und ebenfalls geregelt entsorgt. Ein frühzeitiger gezielter Ausbau ausgewählter FCKW Lager bewirkt einen Rückgang der Emissionen aus der Gebäudeinfrastruktur um etwa 70 %. Durch den frühzeitigen Ausbau ausgewählter Produkte entweichen nun nur etwa 20 % während der Nutzung aus den Lagern. 10 % gehen beim Abbruch verloren, sie gelangen in die Deponie und in die Atmosphäre

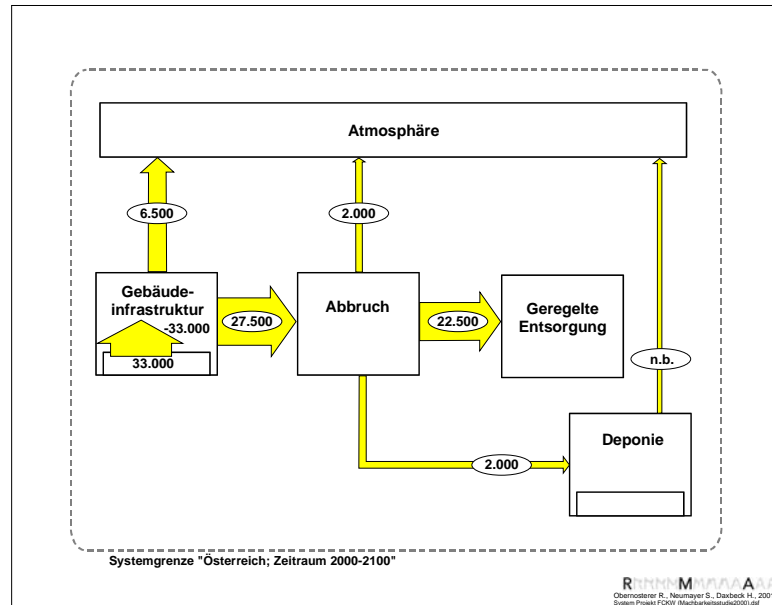


Abbildung 1-4: Szenario 3: gezielter Ausbau während der Nutzung und geregelte Entsorgung der FCKW-Lager am Ende der Nutzungsdauer; Werte: ODP Einheiten [Obernosterer et al., 2001b]

Aus den Ergebnissen der drei Szenarien konnten folgende Schlussfolgerungen gezogen werden:

- Allen Szenarien liegen Annahmen zu Grunde. Diese Annahmen müssen vor der Festlegung und Umsetzung einer konkreten Strategie evaluiert werden.
- Das Schadstoffpotenzial der in der Gebäudeinfrastruktur eingebauten FCKW-Lager ist groß. Grobe Schätzungen gehen davon aus, dass sich in Österreich von den, seit dem Beginn in allen Anwendung eingesetzten FCKW Mengen, noch fast 20 % in den Dämmstoffen des Bauwesens befinden.
- Werden keine konkreten Maßnahmen zur gezielten Erfassung FCKW-haltiger Dämmstoffe gesetzt, so werden bei Verfolgung der derzeitigen Entsorgungswege der Dämmstoffe im Bauwesen, die enthaltenen FCKWs größtenteils in die Umwelt emittieren.
- Die in der Machbarkeitsstudie vorgestellten Szenarien zeigen, dass eine Strategie zur umweltverträglichen Entsorgung der FCKW aus den Dämmstoffen im Baubereich, zu einer signifikanten Reduktion der FCKW Verluste in die Atmosphäre führen kann. Eine Entsorgung, die nach der Nutzung der Dämmstoffe rein in der Abfallwirtschaft ansetzt, ist dabei weniger effizient, als eine Strategie die ausgewählte Dämmstoffe frühzeitig rückbaut.

Aufbauend auf diesen Erkenntnissen wurde ein bausteinartiges Vorgehen für die Erstellung eines zukünftigen FCKW-Entsorgungskonzeptes erarbeitet. Das Konzept wurde in der Machbarkeitsstudie detailliert dargestellt und in einem Round Table Gespräch mit Vertretern aus Verwaltung (Länder und Bund), Bauwirtschaft und Entsorgung diskutiert. Es wurde bei diesem Treffen übereinstimmend festgestellt, dass die FCKW - Problematik lösbar ist. Weiters lieferte die Diskussion eine, von vielen Akteuren gemeinsam akzeptierte Zieldefinition. Diese ist im ersten Ansatz noch pauschal formuliert: Es sollten zukünftig soviel FCKW wie möglich bei möglichst geringem Aufwand erfasst und entsorgt werden. Die Verlagerung FCKW-hältiger Dämmstoffe auf die Deponie muss verhindert werden.

1.1.3 Ausgewählte Ergebnisse aus dem Projekt „FCKW Multiplikator“:

In der Machbarkeitsstudie wurde auch erkannt, dass die Größenordnung der Problematik in den betroffenen Branchen zuwenig bekannt ist. Diesem Informationsdefizit wurde im Projekt „FCKW Multiplikator“ durch gezielte Öffentlichkeitsarbeit entgegengewirkt. Es wurden die Ergebnisse der Machbarkeitsstudie in einem „FCKW Newsletter #1“ zusammengefasst und gezielt an Entscheidungsträger herangetragen. Der Fokus dieser Bemühungen wurde auf den mengenmäßig größten FCKW Altbestand, jenen in Dämmstoffen des Bauwesens gelegt. Mit dieser Informationsaktion konnte ein wesentlicher Beitrag zum Problembewusstsein der Akteure geleistet werden.

Im Zuge der Informationsaktion wurde eine Umfrage (Fragebogen und Interviews) durchgeführt, um ein Stimmungsbild zur Lösung der Problematik „FCKW – Altlasten“ in Österreich zu erfassen. Im Wesentlichen konnten die Schlussfolgerungen aus dem Round Table Gespräch auf breiter Basis bestätigt werden. Die Meinungen und Handlungsempfehlungen der Akteure aus Verwaltung, Forschung und Wirtschaft gehen in eine klare Richtung und unterscheiden sich unwesentlich.

1.2 Kurzdarstellung vorliegender Studie:

Die Aufgabenstellungen des Projektes basieren auf den wichtigsten Ergebnissen und Empfehlungen aus den bereits durchgeführten Studien, im Wesentlichen auf jenen aus dem Round Table Gespräch und der durchgeführten Umfrage. Dadurch ist das vorliegende Projekt stark auf die Anforderungen, Wünsche und Möglichkeiten der Akteure ausgerichtet. Durch diese Vorgehensweise haben die Resultate des Projektes ein hohes Erfolgspotenzial für die Umsetzung in die Praxis. Eine wesentliche Forderung der Praxis ist die Bereitstellung eines konkreten Ratgebers, wie FCKW geschäumte Dämmstoffe erkannt, ausgebaut und entsorgt werden können und die Schaffung von Rechtssicherheit. Als Basis für diese Anliegen ist eine Aktualisierung der FCKW Bilanz (bspw. bezüglich Diffusionsraten einzelner Produkte) und eine Darstellung der Gesetzeslage notwendig. Aufbauend darauf wird ein FCKW Ratgeber und ein Newsletter #2 verfasst.

2 Ziel und Fragestellung

Ziel der Studie ist es, die Größe der FCKW Altbeständen zu aktualisieren und auf Grundlage der EU Ozonverordnung, ein finanzierbares, praxisgerechtes und nachhaltiges FCKW Bewirtschaftungskonzept für Österreich vorzuschlagen. Es gilt eine konkrete Basis für die schrittweise Umsetzung zu schaffen, um die FCKW Emissionen aus den Altbeständen so gering wie möglich zu halten.

Erwartete Ergebnisse:

- Sicherheit über die Größe des FCKW Lagers und damit über das Gefährdungspotential (Absichern der Grundlagen, Aktualisierung der FCKW Bilanz Österreich)
- Verringerung der Emissionen von FCKW in die Atmosphäre
- Entwicklung eines Ratgebers für das Erkennen, den Abbruch und für die Entsorgung FCKW-hältiger Dämmstoffe. (Ratgeber FCKW Dämmstoffe: Erkennen – Ausbauen – Entsorgen)
- Newsletter #2 zum Thema „Rechtssicherheit“, „aktuelle Bilanz“ und „Umsetzungsstrategie (Hinweis auf Ratgeber)“



lebensministerium.at

RRMMMAAAA

Initiative zur Förderung einer umweltverträglichen nachhaltigen Ressourcenbewirtschaftung

Ressourcen Management Agentur

3 Methodik

3.1 Begriffsfestlegung

FCKW versus ODS

Wenn in Zeitungen von der Zerstörung der Ozonschicht zu lesen ist, werden meistens Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW) als Verursacher angegeben, da diese Stoffgruppe den höchsten Bekanntheitsgrad aufweist. Tatsächlich sind jedoch mehrere Stoffgruppen für diesen Effekt verantwortlich, die zusammenfassend als **Ozon dezimierende Stoffe (ODS)** bezeichnet werden und die beispielsweise innerhalb der EU durch die Ozonverordnung [Verordnung (EG) 2037, 2000] geregelt werden. In der vorliegenden Studie wurden die Bezeichnungen FCKW und ODS gleichwertig verwendet.

3.2 Arbeitsschritte

Das Arbeitsprogramm des Projektes lässt sich in 4 wesentliche Teile mit einigen wichtigen Unterpunkten gliedern:

1. Schließen von Wissenslücken der ODS Bilanz

- Erfassung des Diffusionsverhaltens von ODS aus den eingebauten Baumaterialien durch Literaturangaben und Experteninterviews
- Aktualisierung der Größe aller ODS - Altbestände in der Infrastruktur Österreichs, Datenerfassung mittels Literaturrecherche und Experteninterviews der eingesetzten Mengen bis 2002
- Grobe Abschätzung der Emissionen in die Atmosphäre, die beim Umbau oder Abbruch der Gebäude entstehen können durch Literaturangaben und Experteninterviews
- Bewertung dieser Mengen in Bezug auf den Ozonabbau und dem Treibhauseffekt (in ODP und GWP Einheiten)
- Zusammenfassung der Grundlagen, Berichterstattung

2. Schaffen von konkreten Voraussetzungen zur Entsorgung von ODS

- Zuteilung der erhobenen Mengen zu den einzelnen Einsatzbereichen, Lokalisierung der wichtigsten Altbestände
- Aktualisierung der Prioritätensetzung, Entwurf einer Ausbaustrategie, Abschätzung der Kosten (Definition jener Altbestände, wo ein Rückbau am wirkungsvollsten machbar ist)
- Erkennungsmerkmale der ODS-haltigen Dämmstoffe für den gezielten Ausbau
- Bestandaufnahme der verfügbaren Entsorgungstechnologien für ODS (Stand der Technik)
- Informationsbroschüre ODS Dämmstoffe (Ratgeber mit Ausbau- und Entsorgungstipps für ODS-haltige Dämmstoffe - Erkennen – Ausbauen – Entsorgen)

3. Schaffen von Grundlagen zur Rechtssicherheit

- Erhebung relevanter Gesetze, Verordnung und Richtlinien
- Abschätzung der zukünftigen Entwicklung in diesem Bereich mittels Experteninterviews (Gesetzgeber und Praxis)



4. Strategie zur Umsetzung einer praktikablen Entsorgung

- Überarbeitung der Bewirtschaftungsstrategien aus der Machbarkeitsstudie auf Basis des neu erworbenen Wissens, Prognose der Lagerdynamik
- Unterstützung bei der Umsetzung durch die Klimaschutzprogramme und Wohnbauförderungen der Länder (Informationen zusenden, Gespräche führen)
- Veröffentlichungen und Berichterstattung (Newsletter zur Verbreitung des neu erworbenen Know-hows an Akteure)

3.3 Systemdefinition

Die Systemdefinition wurde aus der Stoffbilanz für Ozon dezimierende Stoffe in Österreich [Obernosterer, 1994] übernommen (siehe auch [Obernosterer et al., 2001a]) und aufgrund des Studienzieles reduziert auf jene Prozesse, welche Produktion, Handel, Nutzung und Entsorgung von ODS-hältigen Wärmedämmstoffen abbilden. Alternative Einsatzgebiete von ODS wie z.B. Kühlanlagen, Löschanlagen oder Klimaanlageanlagen wurden in dieser Studie nicht untersucht. Die Ursache für diese Reduktion ist abgestimmt auf die Ziele des vorliegenden Projektes:

- Vorgehende Untersuchungen im Auftrag des Ministeriums zeigten, dass Altbestände von Ozon dezimierenden Stoffen derzeit noch in einem Umfang vorhanden sind, der ein bedeutendes Gefährdungspotenzial der Ozonschicht darstellt.
- Da sich der größte Teil dieser Altbestände in geschäumten Kunststoffen (v.a. Hartschaum-Dämmplatten) befindet, wird der Fokus der Studie auf dieses Anwendungsgebiet gelegt.
- Weitere Gründe für die Einschränkung auf geschäumte Kunststoffe sind die bereits erfolgreich laufenden Aktionen zur Entsorgung von ODS in den anderen genannten Einsatzbereichen (Löschanlagen, Klimaanlageanlagen, Kühlanlagen). Da im Schaumstoffbereich noch Bedarf für ähnliche Aktionen besteht und die Praktikabilität von Rückbau- und Entsorgungsmaßnahmen festzustellen ist, konzentriert sich die vorliegende Untersuchung auf dieses Einsatzgebiet.

3.3.1 Systemgrenzen

Räumliche Grenze: Österreich

Innerhalb Österreichs wurde die Analyse auf jene Prozesse konzentriert, welche Produktion, Handel, Nutzung und Entsorgung von ODS-hältigen Wärmedämmstoffen betreffen.

Zeitliche Grenze: 1 Jahr

Die zeitliche Grenze für die aktuelle Bilanz ist das Jahr 2003 und für die Prognosen der Jahre 2010, 2030 und 2100. Um die Lagerentwicklung zu analysieren wurden der gesamte Zeitraum seit Beginn der Verwendung halogenierter Treibmittel für Schaumstoffe in Österreich im Jahr 1965 bis zum Jahr 2004 untersucht und abgeschätzt.

3.3.2 Auswahl der Stoffe und Ermittlung der Stoffbilanzen

Untersucht wurden chlorierte Treibmittel (FCKW, HFCKW) von Dämmschaumstoffen. Diese Stoffe besitzen sowohl ein Ozondezimierungspotenzial (ODP – ozone depleting potential) als auch ein Treibhauspotenzial (GWP - global warming potential). Obwohl in jüngerer Vergangenheit (ab 90er Jahre) auch andere Treibmittel (HFKW) eingesetzt wurden, die lediglich ein Treibhauspotenzial aufweisen, konzentriert sich die vorliegende Untersuchung auf diejenigen Stoffe, die auch durch die EU-Ozonverordnung [Verordnung (EG) 2037, 2000] geregelt werden. Dabei handelt es sich um Stoffe der Gruppen I, II und VIII gemäß des Montrealer Protokolls, die bei der Herstellung von Dämmschaumstoffen Anwendung finden.

Mittels Literaturrecherchen und Experteninterviews wurden Informationen über Input, Lagerbildung und Output entlang der Lebenskette „ODS geschäumter Dämmstoffe“ eingeholt. Bei der Erhebung der Mengen wurde die Strategie gewählt, möglichst jene Bereiche (Produkte, Produktgruppen, Einsatzgebiete) zu identifizieren, in denen die größten Mengen gespeichert sind (Prioritätensetzung). Dies ist in der Zielsetzung der Studie begründet, gemäß der EU Ozonverordnung ein praktikables FCKW Bewirtschaftungskonzept zu entwickeln. Wenn es gelingt, große Mengen in wenigen Anwendungen zu identifizieren, ist ein Rückgewinnen und Vernichten der verbauten FCKW Mengen eher als praktikabel anzusehen, als bei unzähligen Anwendungen, in denen kleine Mengen vorhanden sind.

Die erhobenen Mengenangaben wurden mittels dem Ozondezimierungspotenzial (ODP – ozone depleting potential) und dem Treibhauspotenzial (GWP - global warming potential) bewertet. Tabelle 3-1 enthält eine Auflistung jener Treibhaus- und Ozondezimierungspotenziale von Stoffen, die als Schaumstofftreibmittel eingesetzt wurden (incl. HFKW = halogenierte Fluorkohlenwasserstoffe):

Tabelle 3-1: Treibhaus- und Ozondezimierungspotenzial von Schaumstofftreibmitteln

	Ozondezimierungspotenzial ⁽¹⁾	Treibhauspotenzial - GWP100 ⁽²⁾
	ODP	CO ₂ -Äquivalente
FCKW-11	1,000	4600
FCKW-12	1,000	10600
HFCKW-141b	0,110	700
HFCKW-142b	0,065	2400
HFCKW-22	0,055	1700
HFKW-245fa	0	950
HFKW-134a	0	1300
HFKW-365mfc	0	890
HFKW-152a	0	140 ⁽³⁾ 120

(1) EU-Ozon-Verordnung

(2) IPCC, 2001, "Climate Change 2001. IPCC Third Assessment Report"
(www.grida.no/climate/ipcc_tar/wg1/pdf/TAR-06.PDF)

(3) [Harnisch et al., 2003], S.32, GWP100 Jahre Kyoto („im Rahmen des Kyoto-Protokolles gültiger Wert“)



3.4 Erstellen von Szenarien

Um die Möglichkeiten und die Auswirkungen unterschiedlicher FCKW-Bewirtschaftungsstrategien abschätzen zu können, wurden 4 Szenarien gerechnet. Einerseits wurden die 3 Szenarien aus der Machbarkeitsstudie dem neu erworbenen Wissen angepasst, andererseits ergab sich aus dem neuen Erkenntnisstand ein weiteres Szenario, dass für eine Umsetzung eines nachhaltigen FCKW Bewirtschaftungskonzeptes sehr interessant erscheint. Die detaillierte Beschreibung der Szenarien wird im Ergebnisteil geführt. Die 4 Szenarien, die ermittelt wurden sind:

- Szenario 1: keine gezielte Entsorgung der FCKW-Lager
- Szenario 2: gezielte Entsorgung der FCKW-Lager am Ende der Nutzungsdauer
- Szenario 3: gezielter Ausbau während der Nutzung und geregelte Entsorgung der FCKW-Lager am Ende der Nutzungsdauer
- Szenario 4: gezielte Entsorgung der FCKW-Lager am Ende der Nutzungsdauer unter Berücksichtigung der kurzen Lebensdauer von Industriebauten (30 Jahre)

4 Datenerfassung

Die Datenerfassung erfolgte in einem Excel File (als CD-Rom verfügbar). Im Folgenden sind die wichtigsten Schritte der Datenerfassung zusammengefasst.

4.1 Produktübersicht - Gütererfassung

Geschäumte Kunststoffe können nach Material und Anwendungsgebiet unterschieden werden (ohne EPS):

- PU-Hartschaum
- PU-Weichschaum (flexibel)
- PU-Integralschaum (z.B. Lenkrad)
- XPS-Schaum für Wärmedämmung
- XPS-Schaum für Verpackung
- Polyolefin-Schäume (Polyethylen- und Polypropylenschaum) für Wärmedämmung
- Polyolefin-Schäume (Polyethylen- und Polypropylenschaum) für Verpackung
- Phenolschäume

Die Aufgabenstellung der Studie konzentriert sich auf Hartschäume für die Wärmedämmung von Bauwerken. Polyolefinschäume und Phenolschäume werden (z.B. aufgrund guter Brandeigenschaften von Phenolschäumen) auch für die Wärmedämmung von Gebäuden und Rohren eingesetzt und enthalten H-FCKW-141b oder Kohlenwasserstoffe als Treibmittel. Phenolschäume und Polyolefinschäume (PE, PP) besitzen jedoch derzeit einen sehr geringen Marktanteil aller Kunststoffschäume (ca. 1% in Europa 2001 [FTOC, 2003]) und werden daher nicht betrachtet. Aufgrund der Zielsetzung der Studie und der mengenmäßigen Bedeutung wurde die Untersuchung auf XPS- und PU-Hartschaum im Bauwesen konzentriert.

Produktion in Österreich

In einer Studie [Obernosterer et al., 2004] wurde der Inlandsverbrauch incl. geschätzter Importe aller künstlichen Dämmstoffe (EPS, XPS, PU, etc.) in Österreich erhoben. Dieser betrug ca. 1,6 Mio. m³ im Jahr 1999 [GDI Österreich, 2004] wobei diese Dämmschäume etwa 39 Vol-% aller Dämmstoffe betrug. Im Jahr 2001 blieb der Einsatz mit 1,6 Mio. m³ [GDI Österreich, 2004] annähernd gleich, allerdings sank der Anteil der Dämmschäume auf etwa 38 Vol-%. Das heißt, dass der Verbrauch im Vergleich zu 1999 zu Gunsten von Mineralwolle leicht zurückging. Bis 2003 stieg der Verbrauch von Dämmschäumen wieder auf 1,7 Mio m³ an, was einem Anteil von ca. 39 Vol-% entspricht [GDI Österreich, 2004] (siehe Tabelle 4-1)



Tabelle 4-1 Verbrauch von Dämmmaterialien in Österreich [Obernosterer et al., 2004]

Angaben in 1000 m ³	1993	1998*	1999*	2000*	2001*	2002*	2003*
Mineralwolldämmstoffe	1.700	2.305	2.274	2.440	2.488	2.470	2.500
Schaumstoffe	1.200	1.614	1.616	1.577	1.617	1.680	1.710
Sonstige	200	231	220	173	195	200	200
Summe Herstellerangaben	3.100	4.150	4.110	4.190	4.300	4.350	4.410

*incl. geschätzter Importe

Quelle: [GDI Österreich, 2004]

Tabelle 4-2 zeigt eine Zusammenstellung von Kunststoffschäumen - Arten und Anwendungsgebiete. Die Aufgabenstellung und der Untersuchungsrahmen der Studie beziehen sich auf die grau hinterlegten Anwendungsgebiete. Die Begründung der nicht untersuchten Güter befindet sich im Anschluss an die Tabelle. Gemäß dem beschriebenen methodischen Vorgehen galt es, die mengenmäßig wichtigsten Einsatzgebiete zu ermitteln. Mittels einer groben Datenerfassung wurden die zu untersuchenden Bereiche definiert (siehe Tabelle 4-2 und Tabelle 4-3)

Tabelle 4-2: Kunststoffschäume - Arten und Anwendungsgebiete (ohne EPS)

Kunststoff-typen	Schaum-produkte	Anwendungs-sektoren Bauwerke, Fahrzeuge, Kühlgeräte, Versorgungsleitungen, etc.	Anwendungen im Detail Dämmung (Wärme, Kälte, Schall) und manchmal auch tragende Funktion (z.B. Sandwichpaneele)
PU-Hartschaum	Platten, flexibel laminiert	Bauwerke (v.A. Wohnbauten)	Dämmung von Steildach, Flachdach, Außenwand, Fußboden, Bodenplatte und Tanks. Hauptanwendungen: Dachdämmung, Dämmung von hinterlüfteten Fassaden. Laminate: Aluminiumfolie, Papier, Karton, Glasvlies,...
	Sandwich-Paneele (starr beschichtet)	Bauwerke (v.A. Gewerbebauten), Fahrzeuge	Wanddämmung: Türen, Kühlhäuser, Kühlfahrzeuge, Geschäfte, Fabriken in z.B. Elektronik- Pharma- oder Lebensmittelbranche. Beschichtung (häufig profiliert): Stahl, Aluminium, Glasfaserverstärkter Kunststoff
	Rohr (Doppel- oder Formrohr)	Versorgungsleitungen	Transport von heißen und kalten Flüssigkeiten in einem Doppelrohr (außen Plastik, innen Stahl): Fernwärme, Chemiefabrik, Haustechnik u.ä.
	Block (1)	Bauwerke, Versorgungsleitungen und Fahrzeuge	Dämmplatten für den Hochbau und Dämmung von Rohren, Tanks, Kühlfahrzeugen. Üblicherweise ohne Beschichtung.
	Spritzschaum(2)	Bauwerke, u.a.	vor Allem Dachdämmung, Wanddämmung (besonders in USA). Aber auch: Industrielle Tanks, Rohrleitungen und Kühlfahrzeuge
Montageschaum (Dosenschaum, 1- oder 2-Komponentenschaum) (3)	Bauwerke (Montageschaum)	Montagesicherung, Fenster- und Türdichtung, Verbindung von Dämmplatten, Rohrdichtung	



	Gießschaum / Injizierter Schaum / Geräteschaum(4)	Geräte	Private und gewerblich Kühlgeräte, Klimaanlage, Boiler, Kühlcontainer, Kühlboxen, Thermobehälter
XPS	Platte	Bauwerke	Dämmung von Steildach, Flachdach (Umkehrdach), Außenwand, Perimeter und Fußboden. Frostschutz von Verkehrswegen (Straßen, Landebahnen, etc.)
	Folie(5)	Verpackung	Lebensmitteltassen, Behälter (Becher, Teller), Packmaterial (Chips)
PU-Weichschaum(6)	Block, Form	Möbel, Fahrzeuge	Polsterung, Matratzen, Unterlagen
PU-Integral-schaum u.ä. (7)	Injizierter Schaum (Außen höhere Dichte als Innen)	Fahrzeuge, Schuhwerk, etc.	Lenkräder, Armaturenbretter, Kopf- und Armstützen, Kfz-Außenteile, Computergehäuse, Ski, Surfboards, Schuhsohlen, Verpackung
Polyolefine(8)	Folien, Schläuche,...	Verpackung, etc.	Verpackungsfolien, Schwimmwesten, Baumaterialien, Schläuche für Wasserleitungen in Gebäuden
Phenol(8)	Platte, Panel, Block, Rohr, Injiziert	Bauwerke, Versorgungsleitungen	Dachdämmung, Wanddämmung (Türen, Kühlhäuser mit starr beschichteten Panelen), Rohrdämmung

Bemerkung: Die Aufgabenstellung und der Untersuchungsrahmen der Studie beziehen sich auf die grau hinterlegten Anwendungsgebiete.

Erläuterungen zu den nicht betrachteten Schäumen:

In Summe weisen diese Produktgruppen (excl. Pkt. (5) und (7)) im Bauwesen einen Marktanteil < 10% auf, weshalb sie hier nicht näher betrachtet werden.

(1) *PU-Blockschaum* wird primär als Rohstoff für Anwendungen verwendet, bei denen polsternde und dämmende Eigenschaften in Kombination mit sehr geringem Gewicht eine große Rolle spielen z.B. zur Schalldämmung von Maschinenteilen.

(2) *PU-Spritzschaum* findet Anwendung an der Innenseite von Decken und Wänden landwirtschaftlicher Speicher und Ställe, sowie bei der (meist nachträglichen) Dämmung von Fassaden, Böden und Dächern sowie Kühlräumen und Schiffen, d.h. überall dort, wo eine nahtlose und dauerhafte Kälte-/Wärmedämmung hergestellt werden soll. Im Hochbau wird der Spritzschaum bei Sanierungen eingesetzt.

(3) *Montageschäume* werden im Hochbau vor allem als Dicht- und Füllmaterial bei der Fenster- und Türenmontage eingesetzt. Der Großteil des Treibmittels tritt unmittelbar bei der Anwendung aus, der Rest verflüchtigt sich innerhalb weniger Jahre. Deshalb ist von einem geringen Lager auszugehen, das keine Relevanz für diese Studie hat.

(4) *PU-Gießschaum, Injektionsschaum, Geräteschaum*: Diese Schäume weisen in Summe im Bauwesen einen sehr geringen Marktanteil auf, weshalb sie hier nicht näher betrachtet werden. Der Großteil ihrer Anwendungsgebiete liegt in anderen Bereichen. Der Anteil von 18% am gesamten Treibmitteleinsatz in Europa steht für die Summe aller Anwendungsgebiete und macht daher, auf das Bauwesen reduziert, ebenfalls sehr wenig aus.

(5) *XPS-Folie* fällt aufgrund ihrer Anwendungsgebiete (z.B. Verpackungs-chips und -folien) nicht unter die hier betrachteten Dämmschäume. Außerdem verliert sie binnen einem Jahr nach der Produktion 100% der eingesetzten Treibmittel und ist daher für eine Analyse des Treibmittellagers nicht relevant.



(6) *PU-Weichschaum* wird im Bauwesen kaum eingesetzt, weist eine vernachlässigbare Lagerbildung wegen Ausgasung während des Einbaus auf und wird aus diesen Gründen hier nicht näher untersucht.

(7) *PU-Integralschaum* wird als Weich-, Halbhart- und Hart-Integralschaum hergestellt findet im Bauwesen nur als Hart-Integralschaum Anwendung z.B. in Form von Fensterrahmen, Formteilen u.ä. Die Einsatzmengen sind als gering einzustufen.

(8) *Polyolefinschäume und Phenolschäume* werden für die Wärmedämmung von Gebäuden und Rohren eingesetzt. Sie besitzen jedoch derzeit einen sehr geringen Marktanteil aller Kunststoffschäume (ca. 1% in Europa 2001 [Ozone Secretariat, 2003]).

Tabelle 4-3 Kunststoffschäume - Mengenmäßige Bedeutung und eingesetzte Treibmittel (ohne EPS)

Kunststoffschaum	Bedeutung	Eingesetzte Treibmittel (global 1960-2002) Klammerangaben für FKW: Zukünftiger Einsatz				
		FKKW 11, 12	H-FCKW 141b, 142b, 22	HFKW 245fa, 134a, 365mfc, 152fa	Kohlenwasserstoffe Pentan, Butan	Sonstige CO ₂ , H ₂ O, inerte Gase
PU-Platte (flexibel kaschiert)	10%	11	141b, 22+141b	(245fa, 365mfc, 227ea)	Pentan	
PU-Sandwich-Paneel (starr beschichtet)	12%	11	141b, 22, 142b+22	134a, 245fa, (365mfc+227ea)	Pentan	
PU-Rohrschaum (Doppel- oder Formrohr)	1%	11	141b	(245fa, 365mfc)	Pentan	CO ₂
PU-Blockschaum	2%	11	141b	(365mfc, 227ea, 245fa)	Pentan	CO ₂
PU-Spritzschaum	4%	11	141b	245fa, 365mfc, (227ea)	keine	CO ₂
PU-Montageschaum (Dosenschaum, 1- oder 2-Komponentenschaum)	2%	11	22	134a, 152a	Pentan, Butan, Dimethylether	
PU-Gießschaum / Injizierter Schaum / Geräteschaum	18%	11	141b, 22, 142b+22	134a, 245fa	Pentan, Butan	CO ₂
XPS-Platte	12%	12	142b, 22	134a, 152a	Diverse	CO ₂ , inerte Gase
XPS-Folie	?	12(?)	(?)	134a, 152a	Pentan, Butan	CO ₂
PU-Weichschaum (Block, Form)	32%	11	141b	keine	Pentan(?)	CO ₂ , H ₂ O, Methylenchlorid
PU-Integralschaum	4%	11	141b, 22+142b	134a, (245fa, 365mfc+227ea)	Pentan	CO ₂ , H ₂ O
Polyolefinschaum (Folien, Schläuche,...)	0,3%	11(?)	22, 142b	diverse	diverse	
Phenolschaum	0,8%	11(?)	141b	365mfc+227ea, 245fa	diverse	2-Chlorpropan

Bemerkung: Die Aufgabenstellung und der Untersuchungsrahmen der Studie beziehen sich auf die grau hinterlegten Anwendungsgebiete.



4.2 XPS Hartschaumplatten

Österreich hat erstaunlicherweise einen deutlich höheren Pro-Kopf-Verbrauch an XPS-Schaum als die restlichen europäischen Staaten. Daher lassen sich die österreichischen Verbrauchsverhältnisse für XPS nicht von Marktanalysen anderer Länder, wie z.B. Deutschland, abschätzen.

4.2.1 Anwendungsgebiete

Im Hochbau wird XPS-Hartschaum häufig für stark beanspruchte, erdberührende Bereiche in der Außendämmung eingesetzt: unter der Bodenplatte des Gebäudes und als Kellerdämmung gegen das Erdreich (sog. „Perimeterdämmung“). Weitere Einsatzgebiete sind das Umkehrdach, das einschalige, nicht belüftete Flachdach oder ein flach geneigtes Dach.

Die Besonderheit des Umkehrdaches ist, dass die Dämmschicht - im Gegensatz zu konventionellen Warmdächern - über der Dachabdichtung liegt. Eine spezielle Anwendung ist die Wärmebrückendämmung, die zunehmend an Bedeutung gewinnt.

Neben den typischen Dämmstoff-Produkten für das Bauwesen werden XPS-Hartschäume für spezielle Anwendungen eingesetzt. Diese Spezialprodukte repräsentieren insgesamt weniger als 10 % des europäischen XPS-Dämmstoffmarktes, sind aber sehr vielfältig mit einer Vielzahl von Anwendungen. Statistiken über diese Spezialprodukte (Anwendungsarten, Einsatzmengen) konnten nicht erhoben werden. Allerdings wurden sie in einer Studie ([Schwaab et al., 2004] zitiert in [Obernosterer et al., 2004]) in folgende Bereiche unterteilt:

- Paneele und Sandwich-Elemente (mit Verkleidungen aus Stahl, Aluminium oder Holz);
- Baumaterial im Nassbereich (zur Verkleidung mit Fliesen);
- Kühlfahrzeuge, Kühlcontainer, Kühlhäuser;
- Rohrschalen (für die Isolierung von Fernwärmerohren sind XPS-Hartschäume wegen ihrer Anwendungsgrenztemperatur von ca. 75°C nicht geeignet).

Tabelle 4-4: XPS-Anwendungen Deutschland, 1992 [Alicke & Boy, 1992]

Anteile am XPS-Lager	Anwendungsgebiet, Bauteil
20%	Umkehrdach (aber auch für Warmdach möglich)
9%	Wärmebrückendämmung (Fassade, Fensteranschluss)
10%	Kerndämmung (Wanddämmung bei 2-schaligem Aufbau)
13%	Deckendämmung (Kellerdecke oder Decke über Durchfahrt)
26%	Perimeter
14%	Boden (oberhalb und unterhalb der Bodenplatte)
4%	Verbundplatten
1%	Verkehrswege
3%	Sonstige: Sportstätten, Ställe
100%	Summe



Vorstehende

Tabelle 4-4 zeigt eine Abschätzung der Anwendungsgebiete von XPS-Platten für Deutschland im Jahr 1990 [Alicke & Boy, 1992]. Es ist anzunehmen, dass die Anteile der Einsatzgebiete für Österreich nur bedingt gelten, da erstens in Österreich pro Kopf etwa die dreifache XPS-Menge verbraucht wird und zweitens leichte Unterschiede in Klima und Bauweisen bestehen (z.B. enthält die Tabelle keine Steildächer). Daher wurden die Marktanteile für Österreich durch Befragung erhoben.

Abschätzung der Einsatzgebiete in Österreich vor 1990 [Befragung Schaumhersteller, 2004]:

- ca. 45 % für Perimeter- und Sockeldämmung (wegen Feuchtigkeitsbeständigkeit)
- ca. 30-35% für Umkehrdach (wegen Feuchtigkeitsbeständigkeit)
- ca. 0% Außenwand (wegen Preis)
- 0% Fernwärmeleitungen (wegen Anwendungsgrenztemperatur von ca. 75° C)
- ca. 20-25% Sonstiges

Übliche Plattenstärken vor 1990 lagen bei 6cm, später bei bis zu 12cm [Befragung Schaumhersteller, 2004].

4.2.2 Entwicklung von Import, Export, Produktion und Inlandsverbrauch:

XPS wird in Österreich seit dem Jahr 1991 produziert. Bis zu diesem Zeitpunkt wurde XPS in Österreich großteils von BASF und Dow Chemical vertrieben [Austrotherm, 2004]. Auch derzeit ist der Importanteil mit etwa 75 % [Bichler et al., 2001] von großer Bedeutung, wobei die größte Menge aus Deutschland importiert wird und kleinere Menge aus Italien und den BENELUX-Ländern stammen.

Die jährlich verbaute Menge an XPS-Schaum in Österreich wurde in einer Studie des Umweltbundesamts [Bichler et al., 2001] für die Zeitperiode 1986 bis 1999 durch Industriebefragung erhoben. Für die Jahre 2000 bis 2010 wurde ein jährliches Wachstum von 2% prognostiziert. Diese Zahlenangaben wurden in [Obernosterer et al., 2004] durch eine erneute Befragung ausgewählter Hersteller bestätigt [Klemm & Jandl, 2004], [Ambrosch et al., 2004].

4.2.3 Treibmittelgehalt und Diffusion

Die Werte für die Marktanteile der einzelnen Treibmittel wurden aufgrund der vorliegenden Literatur und den Befragungen abgeschätzt. Diese Abschätzung dient der Simulation des derzeitigen Lagers. Zur Ermittlung der Diffusionsverluste während der Nutzung wurden die Halbwertszeiten aufgrund der mittleren Plattendicke und eines Diffusionsmodells abgeschätzt (siehe Tabelle 4-5 und Tabelle 4-6).



Tabelle 4-5: Zusammenstellung der Treibmittel für den XPS-Konsum in Österreich

Periode	Marktanteile der Treibmittel	Treibmit- telgehalt im Schaum	Halbwerts- zeit	Mittlere Platten- dicke
bis 1990	100% FCKW-12	9 M%	45	50 mm
1991-1992	30% FCKW-12 35% HFCKW-142b 35% HFCKW-22	9 M% 11 M% 11 M%	55 50 20	60 mm
1993-1994	50% HFCKW-142b 50% HFCKW-22	11 M% 11 M%	50 20	60 mm
1995-1999	35% HFCKW-142b 35% HFCKW-22 15% CO2 15% HFKW-134a	11 M% 11 M% 9 M% 6-7 M%	70 25 n.r. 60	80 mm
2000-2005	30% CO2 10% HFKW-134a 60% HFKW-152a	9 M% 6-7 M% 6-7 M%	n.r. 85 25	100 mm
2005-2008	70% CO2 10% HFKW-134a 20% HFKW-152a	9 M% 6-7 M% 6-7 M%	n.r. 85 25	100 mm
2008-2010	80% CO2 10% Alternativen 10% HFKW-152a	9 M% n.r. 6-7 M%	n.r. n.r. 25	100 mm

Tabelle 4-6: Halbwertszeiten für XPS-Platten in Abhängigkeit von Treibmittel und Plattendicke [Boy]

HALBWERTSZEITEN [a]	Plattendicke [mm]							
	20	30	40	50	60	80	100	120
FCKW-12	27	33	40	45	55	80	115	150
HFCKW-142b	27	33	40	45	50	70	100	135
HFCKW-22	12	15	15	20	20	25	30	30
HFKW-134a	25	30	35	40	45	60	85	120
HFKW-152a	9	11	15	18	20	20	25	30

Quelle: [Boy] Die Zahlenwerte wurden aus einem Diffusionsmodell-Diagramm abgelesen

Laut obigem Diffusionsmodell (siehe Tabelle 4-6) bewegen sich die Halbwertszeiten von ODS in einer Bandbreite von etwa 15 bis 150 Jahren in Abhängigkeit des eingesetzten Treibmittels und der Dämmplattendicke. Die relativen Unterschiede in den Halbwertszeiten der Treibmittel sind bei dünnen Platten kleiner als bei dicken Platten.



4.2.4 Emissionen aus Produktions-, Einbau- und Ausbauprozess

Die Emissionen aus Produktions- und Einbauprozess sind im Verhältnis zu den Konsumemissionen klein und wurden je nach Anwendungsgebieten mit kleiner 10 % berücksichtigt.

Die Verluste beim Rückbau sind schwer zu quantifizieren, da entsprechende Untersuchungen fehlen. Bei geordnetem Rückbau (kein übermäßiges Zerstören der Dämmmaterialien) dürften die Verluste nicht über 10% liegen. Sollte der Rückbau mit Fräsen erfolgen, entweichen die größten Mengen in die Atmosphäre. Diese Art des Rückbaus sollte bei ODS geschäumten Dämmmaterialien vermieden werden.

Will man das Wiederverwendungspotential der XPS-Dämmprodukte ausnutzen, sollte die Verlegung der Dämmplatten möglichst so erfolgen, dass die Platten mit nur geringer oder keiner Beschädigung zurückgebaut werden können. Dazu zählen nicht verklebte Systeme, Trennlagen zwischen Dämmung und Beton oder mechanische Befestigungen. Auf Umkehrdächern werden und wurden Platten aus extrudiertem Polystyrol-Hartschaum lose verlegt und können daher weitestgehend zerstörungsfrei vom Dach entfernt werden. Rückgebaute, wiederverwendbare XPS-Dämmplatten aus mechanisch fixierten Anwendungen können zur Dämmung von Wänden, Sockeln und Wärmebrücken eingesetzt werden. Die bei der Herstellung von XPS anfallenden Produktionsabfälle werden recycelt und nahezu restlos in den Produktionszyklus rückgeführt. Auch XPS Abfälle aus dem Rückbau können in den Stoffkreislauf rückgeführt werden. Da der Extrusionsvorgang auf Verschmutzungen sehr sensibel reagiert, ist die Rückführung verunreinigter Abfälle in den Stoffkreislauf noch nicht möglich. Sollten jedoch XPS Platten vorliegen die mit ODS geschäumt wurden, wäre eine Entsorgung, bei der die ODS zerstört werden, die umweltverträglichere Lösung als die Wiederverwendung oder die Rückführung in den Produktionskreislauf (Ausnahme: die ODS Zerstörung wird bei dem Rückführungsprozess sichergestellt). XPS- Dämmstoffe verrotten nicht. Eine Energierückgewinnung durch Verbrennen ist mit entsprechenden Filteranlagen möglich (Siehe bspw. Machbarkeitsstudie [Obernosterer et al., 2001b] oder [Fachvereinigung Polystyrol-Extruderschäumstoff, 2004]

4.3 PU-Hartschaum

4.3.1 Allgemeines

Die Produktion von PU-Hartschaum in Europa begann etwa 1965 und die Produktionsmenge stieg bis heute etwa linear an. Dies wurde auch für den Konsum von PU-Hartschaum in Österreich angenommen. In **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** und Tabelle 4-8 sind statistische Daten über den PU Markt in Europa angegeben.



Tabelle 4-7 "Industry data. Socio-Economic Information on the European Polyurethanes Industry" [ISOPA, 2005]

Chemical Producers (t/a) 2002		
TOTAL Chemicalproducers	3.350.000	100%
Adhesives + Sealants	267.000	8%
Appliances (Kühlgeräte,...)	177.000	5%
Automotive	560.000	17%
Binders	181.000	5%
Building+Construction	585.000	17%
Coatings	560.000	17%
Elastomers	202.000	6%
Footwear	250.000	7%
Furniture+Bedding	570.000	17%
Zusammenfassung		
Summe nicht geschäumt	1.210.000	36%
Integralschaum	530.000	16%
Weichschaum	850.000	25%
Hartschaum	762.000	23%
Total	3.350.000	100%

Tabelle 4-8 The Rigid Polyurethane Foam Market in Western Europe in 1998 [Jeffer & De Vos, 1999] in Industrial Aids Ltd, London

MARKTSEKTOREN FÜR PU-Hartschaum	1000 t	%
Diskontinuierlich produzierte Sandwichplatten	92	14%
Blockschaum	37	6%
Sprühschaum	39	6%
Doppelrohr	31	5%
Kühlfahrzeuge (LKWs und Schiffe)	8	1%
Boiler	12	2%
Gewerbliche Kühlgeräte	10	2%
Total "Sonstige"	229	36%
Haushaltskühlgeräte	155	24%
Kontinuierlich produzierte Sandwichplatten	130	20%
Flexibel beschichtete Platten	123	19%
TOTAL	637	100%

Wie in Tabelle 4-2 und Tabelle 4-3 dargestellt, besteht der PU-Hartschaummarkt - im Gegensatz zu XPS - aus verschiedenen Produkten. Für die weitere Betrachtung wurden die PU Produkte in drei Hauptproduktkategorien zusammengefasst, die für die vorliegende Untersuchung die größte Relevanz haben: PU-Hartschaumplatten, PU-Hartschaum-Sandwichelemente und PU-Rohrschaum.



Nicht näher untersucht wurden:

- PU-Sprühschaum: Aufgrund des äußerst geringen Einsatzes in der Vergangenheit in Österreich wurde angenommen, dass dieses Produkt kein bedeutendes Lager an Treibmitteln aufgebaut hat.
- PU-Montageschaum (Dosenschaum): Aufgrund der offenen Poren entweicht das Treibmittel rasch und baut daher kein Lager auf.
- PU-Geräteschaum (z.B. Kühlgeräte): Aufgrund der Aufgabenstellung die das Bauwesen betrifft wurde diese Produktgruppe nicht näher untersucht.

Abgeleitet aus obigen Tabellen (**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**, Tabelle 4-8) lässt sich für den europäischen Markt zusammenfassend sagen:

- Etwa 60% der PU-Hartschäume wird für die Wärmedämmung von Bauwerken eingesetzt.
- Etwa 30% der PU-Hartschäume wird für die Wärmedämmung von Geräten und Fahrzeugen eingesetzt.
- Knapp 10% der PU-Hartschäume wird für die Wärmedämmung von Rohrleitungen (Fernwärme, etc.) eingesetzt.

4.3.2 Ermittlung der Diffusionsraten während der Nutzung

Wie Messungen des Forschungsinstitutes für Wärmeschutz in München zeigen, folgt die Abnahme der Wärmeleitfähigkeit von Hartschaumstoffen einer Exponentialfunktion. Kaum eine Untersuchung berechnet jedoch die Treibmittelemissionen aus der Nutzungsperiode mit Halbwertszeiten, sondern mit einer konstanten Abnahme des Treibmittelgehalts. Das macht jedoch besonders für langlebige Produkte, wie Hochbauanwendungen, einen bedeutenden Unterschied.

Die meisten Emissionsuntersuchungen rechnen mit einer relativ hohen Emissionsrate im ersten Jahr der Nutzung und für die weitere Nutzungsperiode mit einer konstanten Emissionsrate (bezogen auf die Masse an enthaltenen Treibmitteln zu Beginn der Nutzung). In vorliegender Studie wurden die Emissionen von FCKW Molekülen aus dem Dämmmaterial während der Nutzung mittels Halbwertszeiten berechnet.

Die Größe des Emissionsfaktors für Treibmittel aus der Nutzung von Dämmschäumen ist abhängig von Schaumstofftyp, Treibmitteltyp, Kaschierung (Verkleidung der Oberflächen), Plattendicke und Temperatur. Die theoretischen und mathematischen Grundlagen der Diffusion allgemein und der Diffusion aus Schäumen im Speziellen können z.B. in einer Studie der Chalmers Universität [Svanström, 1997] nachgelesen werden. Die Studie enthält auch eine Beschreibung bedeutender Einflüsse auf das Diffusionsverhalten:

- **Löslichkeit im Polymer:** Die meisten der gebräuchlichen Treibmittel für PU-Hartschaumstoffe sind nicht nur in den Schaumstoffzellen vorzufinden sondern auch zu einem gewissen Teil in der Polymermatrix gelöst, wobei der Übergang der Zellgase in die Polymermatrix über lange Zeitperioden anhalten kann. Die Löslichkeit im Polymer beeinflusst nicht nur Langzeit-Dämmwirkung der Schaumstoffe sondern auch das Diffusionsverhalten. Bezüglich der Löslichkeit von FCKW-11 in PU-Hartschaum ist folgendes festzuhalten:
 - Die Löslichkeit beträgt 3 % bis 33 % der Treibmittelmasse
 - In der Polymermatrix von alten Fernwärmerohren wurden etwa 4 M% Treibmittel festgestellt.



- **Diffusionsbarrieren:** Diffusionsbarrieren sind entweder Schaumschichten mit hoher Dichte oder Beschichtungen aus Stahl, Aluminium, Kunststoff (PVC), Papier, Mineralvlies, Glasfaser oder Asphaltimprägnierungen. Der Effekt der Barriere hängt vom Haftvermögen der Barriere mit dem PU-Hartschaum ab und der Anzahl von „Nadellöchern“ in der Beschichtung (z.B. bei dünnen Aluminiumfolien).
- **Einfluss der Temperatur:** Der Diffusionskoeffizient steigt durchschnittlich um etwa 10% pro °C im Temperaturbereich von 20-25 °C.

Die in der Literatur angegebenen effektiven Diffusionskoeffizienten für die Diffusion von Treibmitteln aus PU-Hartschaumstoffen sind in ihren Werten sehr unterschiedlich. Für FCKW-11 bei 20-25°C werden beispielsweise Faktoren von $0,063 \cdot 10^{-13}$ bis $5,7 \cdot 10^{-13}$ m²/s angegeben [Svanström, 1997].

Die unterschiedlichen Diffusionsraten aus der Literatur wurden den einzelnen Anwendungen zugewiesen. Da die Diffusionsangaben auf einzelnen Untersuchungen basieren, ist die Übertragung auf ganze Einsatzgebiete mit Fehlern behaftet. Die sich daraus ergebende Unsicherheit dürfte aber für die abgeschätzte Größenordnung der Ergebnisse von geringer Bedeutung sein. In den folgenden Kapiteln ist die Datenerfassung der Diffusionsraten einzelner Anwendungen beschrieben. Die getroffenen Annahmen sind im Berechnungsteil auf CD Rom ersichtlich [Obernosterer et al., 2005].

4.3.3 Emissionen aus Produktions-, Einbau- und Ausbauprozess

Die Emissionen aus Produktions- und Einbauprozess sind im Verhältnis zu den Konsumemissionen klein und wurden je nach Anwendungsgebieten mit kleiner 10 % berücksichtigt.

Die Verluste beim Rückbau sind schwer zu quantifizieren, da entsprechende Untersuchungen fehlen. Bei geordnetem Rückbau (kein übermäßiges Zerstören der Dämmmaterialien) dürften die Verluste nicht über 10% liegen. Sollte der Rückbau mit Fräsen erfolgen, entweichen die größten Mengen in die Atmosphäre. Diese Art des Rückbaus sollte bei ODS geschäumten Dämmmaterialien vermieden werden.

4.3.4 PU-Hartschaumplatten kaschiert

4.3.4.1 Anwendungsgebiete

Tabelle 4-9: Anwendungen von flexibel kaschierten PU-Hartschaumplatten

Anwendungen	Marktanteil	Info	Dicke	Kaschierung	Lambda
Steildach	60%	seit Ende 80er	12-18cm	Aluminium	0,023-0,024
Fußboden, Kellerdecken	(vor 1990: ca. 30%)	bes. bei Büro- und Wohnhochhäusern	4-6cm	Aluminium	0,023-0,024
Flachdach	30% (vor 1990: ca. 60%)	nicht geeignet für Umkehrdach	12-18cm (früher etwa 10cm; frühe 80er ca. 5cm)	Mineralvlies und Papiervlies	0,035
Sonstige	< 10%	Nahezu kein Einsatz auf Fassade			

Quelle: eigene Recherche



In Österreich eingesetzte Kaschierungen (immer doppelseitig, ansonsten bildet sich eine „Tellerform“ aus):

- Aluminium: Für Steildach und Fußboden. Aluminium wurde erst seit etwa 1990 die dominierende Kaschierung und ist davor wegen höherem Preis nahezu nicht eingesetzt worden.
- Mineralvlies: Flachdach
- Papiervlies (am günstigsten)
- PVC: bei Geflügel- und Schweineställen wegen Unempfindlichkeit gegenüber Ammoniak. Importiert aus Belgien.

4.3.4.2 Entwicklung von Import, Export, Produktion und Inlandsverbrauch:

Die jährlich verbaute Menge an PU-Hartschaumplatten in Österreich wurde mit etwa 5 M% der XPS-Hartschaummenge angegeben [Befragung Schaumhersteller, 2004]. Die bisherigen Annahmen für die Österreichische Luftschadstoff-Inventur waren 20-25% [Bichler et al., 2001]. In den folgenden Berechnungen wurde aber von der tatsächlich verbrauchten Menge im Basisjahr 2003 ausgegangen (Herstellerinterviews), was den 5M% des XPS-Verbrauchs auch näher kommt als 20-25% (5% von 443.000m³ XPS-Platten = 22.000m³ PU-Hartschaumplatten kaschiert. Tatsächlich 18.000m³). Der Importanteil liegt derzeit bei etwa 50 % und lag früher (vor 1990) deutlich niedriger, wobei die größte Menge aus Deutschland importiert wird und kleinere Mengen aus Italien und den BENELUX-Ländern stammen. Die Wachstumsraten des Konsums wurden wie für XPS mit 2 % pro Jahr angenommen [Bichler et al., 2001] und durch Herstellerinterviews bestätigt. Die durchschnittliche Dichte von PU-Dämmschaum beträgt etwa 33 kg/m³ [Bichler et al., 2001].

4.3.4.3 Treibmittelgehalt und Diffusionsverluste

Tabelle 4-10: Eingesetzte Treibmittel in PU-Hartschaumplatten kaschiert

Periode	PU-Platten	
	Marktanteile der Treibmittel	Treibmittelgehalt im Schaum
bis 1990	100% FCKW-11	15 M%
1991-1992	100% FCKW-11	7,5 M%
1993-1994	50% Pentan 30% HFCKW-141b 10% HFCKW-142b 10% HFCKW-22	n.r. 8 M% 8 M% 8 M%
1995-1999	80% Pentan 10% HFCKW-141b 5% HFCKW-142b 5% HFCKW-22	n.r. 8 M% 8 M% 8 M%
2000-2004	90% Pentan 10% HFCKW-134a	n.r. 3 M%
2005-2010	95% Pentan 5% Alternative	n.r. 3 M%

n.r = nicht recherchiert



Das Aufschäumen von PU-Hartschaum kann ausschließlich durch prozessbedingtes CO₂ erfolgen. Aus der Reaktion von Wasser, das in kleinen Mengen in der Polyolformulierung enthalten ist, mit Isocyanat entsteht CO₂, das als „chemisches“ Treibmittel genutzt wird. Da das CO₂ im Allgemeinen sehr schnell aus den von ihm geformten Schaumzellen diffundiert, trägt es zum Dämmvermögen nicht bei [Schwaab et al., 2004]. In Österreich ist das meistverwendete Treibmittel für PU-Hartschaum der halogenfreie Kohlenwasserstoff Pentan. Bei Haushaltsgeräten wird ausschließlich Pentan als Treibmittel verwendet, bei flexibel beschichteten Dämmplatten aus kontinuierlicher Fertigung wird es zu ca. 90 % eingesetzt.

Laut mehreren unterschiedlichen Untersuchungen (zitiert in [Svanström, 1997]) beträgt die Halbwertszeit von FCKW-11 in **un**-kaschierten PU-Platten mehr als 75 Jahre. Der Großteil der Platten wurde allerdings mit Aluminiumfolie kaschiert. Hierzu muss angemerkt werden, dass die meisten am Markt befindlichen PU-Platten doppelseitig mit Aluminiumfolie kaschiert werden, was zu einer deutlich höheren Halbwertszeit führt. Aluminiumkaschierungen sind jedoch erst seit 1990 in größerem Maße eingesetzt worden [Bichler et al., 2001] und haben daher für das FCKW-Lager nur eine sehr geringe Bedeutung. Es wurden für FCKWs, je nach Anwendungsgebiet, Halbwertszeiten von 100 bzw. 150 Jahren angenommen.

4.3.4.4 Emissionen aus Produktions-, Einbau- und Ausbauprozess

Die bei der Herstellung von kaschierten PU-Platten anfallenden Produktionsabfälle werden recycelt und nahezu restlos in den geschlossenen Produktionszyklus rückgeführt. Die Verluste beim Rückbau wurden kleiner 10% angenommen.

4.3.5 PU-Hartschaum-Sandwichelemente

4.3.5.1 Anwendungsgebiete

Die Sandwichelemente wurden in jenem Zeitraum, in dem FCKWs und HFCKWs als Treibmittel zum Einsatz kamen, zu etwa 35-40% in Kühlhäusern und zu etwa 60-65% als Dach- oder Wandelemente für Industriebauten eingesetzt. Heute liegt das Verhältnis bei 30% zu 70% - Tendenz zugunsten des Industriebaus steigend. Immer mehr Kühlhäuser werden in alternativen Bausystemen ausgeführt [Befragung Schaumhersteller, 2004].

4.3.5.2 Entwicklung von Import, Export, Produktion und Inlandsverbrauch:

Der Konsum von PU-Hartschaum-Sandwichpaneelen in Österreich beträgt etwa 300.000 m³/a mit einer Schaumdichte von 41 kg/m³ [Befragung Schaumhersteller, 2004]. Die eigene Produktion 2003 des (nach eigener Aussage) größten Herstellers in Österreich wurde mit ca. 1-1,5 Mio m²/a angegeben (bei einer mittleren Plattendicke von 100 mm). Der Export dieses Herstellers wurde mit ca. 1/3 der Produktion beziffert. Der Import nach Österreich soll 50% des Verbrauches betragen und die Gesamtproduktion und Import für Österreich ca. 4Mio m² [Zischkin, 2004].



4.3.5.3 Treibmittelgehalt und Diffusion

Tabelle 4-11: Eingesetzte Treibmittel in PU-Sandwich-elementen

Periode	PU-Sandwich-elemente	Treibmittelgehalt im Schaum
	Marktanteile der Treibmittel	
bis 1990	100% FCKW-11	15 M%
1991-1992	100% FCKW-11	7,5 M%
1993-1994	60% HFCKW-141b 20% HFCKW-142b 20% HFCKW-22	8 M% 8 M% 8 M%
1995-1999	50% HFCKW-141b 15% HFCKW-142b 15% HFCKW-22 20% Pentan	8 M% 8 M% 8 M% n.r.
2000-2004	50% Pentan 25% CO2 25% HFCKW-134a	n.r. n.r. 3 M%
2005-2010	60% Pentan 20% CO2 20% Alternative	n.r. n.r. 3 M%

n.r = nicht recherchiert

Die Halbwertszeit von FCKW-11 in PU-Hartschaum-Paneelen beträgt etwa 100 bis 400 Jahre [Svanström, 1997]. Es kann davon ausgegangen werden, dass die längeren Halbwertszeiten vor allem bei Sandwich-elementen für Kühlräume vorzufinden sind, da niedrigere Temperatur die Diffusion verzögert. Eine weitere Untersuchung (Gaarenstroom, 1989 zitiert in [Svanström, 1997]) des Gehalts an FCKW-11 in PU-Sandwich-elementen nach einer Nutzungszeit von 21 Jahren, zeigte keine signifikanten Veränderungen gegenüber dem ursprünglichen Gehalt. Für die Nutzungsphase wurden die Emissionen von einem Hersteller im Promille-Bereich angegeben, da die Elemente mit Metall (sehr dichtes Material) verkleidet sind, und die Stöße durch Gummidichtungen (ebenfalls sehr dicht) abgedeckt sind. Für die Berechnung in der vorliegenden Arbeit wurde eine Halbwertszeit von 200 Jahren angesetzt.

4.3.5.4 Emissionen aus Produktions-, Einbau- und Ausbauprozess

Wie einleitend beschrieben, wurden die Produktions- und Einbauverluste kleiner 10% angenommen. Die bei der Herstellung von kaschierten PU-Platten anfallenden Produktionsabfälle werden recycelt und nahezu restlos in den geschlossenen Produktionszyklus rückgeführt. In einer Studie [Oberosterer et al., 2004] wurden, nach Herstellerangaben, die Produktionsverluste kleiner 1% angenommen. Der Verschnitt bei Produktion beläuft sich auf ca. 2-3%. Verschnitte und dementsprechende Emissionen beim Einbau entstehen kaum, da die Sandwich-elemente genau vorgefertigt sind.



4.3.6 PU-Rohrschaum

4.3.6.1 Anwendungsgebiete

Bereits seit mehr als 30 Jahren wird zur Wärmedämmung von Rohren aller Art PU-Hartschaumstoff eingesetzt. Wegen der besonderen Eigenschaften – gutes Dämmvermögen, hohe Festigkeit, Wärmebeständigkeit und geringe Wasseraufnahme – haben sich PU-Schaumstoffe heute für die Dämmung von Rohren in vielen Anwendungsbereichen durchgesetzt: von Installationsleitungen bis zu Rohrnetzen für den Fernwärmetransport oder sogar den Pipeline-Bau. Zur Dämmung der Rohre wurden in den 60er Jahren vorwiegend anorganische Dämmstoffe wie Mineralwolle eingesetzt. Ende der 60er wurden schließlich Mantelrohre verwendet: der Hohlraum zwischen einem metallischen, oder auch polymeren Innenrohr und einem äußeren konzentrisch angeordnetem Außenrohr, wird unter kontrollierten Bedingungen mit PU-Schaum ausgeschäumt. In einer Studie [Obernosterer et al., 2004] wurde angenommen, dass in Österreich ca. die Hälfte des bestehenden Fernwärmenetzes mit PU-Schaum gedämmt ist. Der Marktanteil, aller für die direkte Erdverlegung geeigneten Mantelrohrsysteme am Zubau neuer Fernwärmetrassen, erreicht mittlerweile mehr als drei Viertel. Etwa 75% der geschäumten Rohre wird für Fernwärmeleitungen eingesetzt. Der restliche Teil wird i.A. für die Leitung von kalten und warmen Flüssigkeiten in Industrieanlagen und auch für Haustechnik eingesetzt [Befragung Schaumhersteller, 2004].

4.3.6.2 Entwicklung von Import, Export, Produktion und Inlandsverbrauch:

Der PU Rohrschaumverbrauch wurde in [Obernosterer et al., 2004] untersucht; und die dort getroffenen Angaben, für die vorliegende Untersuchung übernommen. Das bestehende Fernwärmenetz in Österreich beläuft sich auf 3430 km und jährlich werden von Unternehmen zwischen 2004 und 2012 etwa 100 km Zubau erwartet [Fachverband Gas Wärme, 2004]. Diese Zahl wurde allerdings von einem Hersteller als unrealistisch angegeben [Hallada, 2005] und wurde deshalb nicht für die weiteren Berechnungen verwendet.

Von einem der größten Hersteller Österreichs wurde die Produktion für Fernwärme und Industrieanlagen 2003 mit ca. 500 km angegeben und der Export seiner Produktion von 70%. Über den Anteil des Imports nach Österreich wurden keine Aussagen getroffen [Wagner, 2004]. Ein weiterer Hersteller gibt für Fernwärme 300 km Produktion 2003 an und einen Exportanteil seiner Produktion von 15%. Weiters schätzt dieser Hersteller den Import nach Österreich mit ca. 30% ein [Hallada, 2005]. Ein dritter Hersteller produziert 100km pro Jahr und gibt weiters keine Auskunft über Import, Export [Endstrasser, 2004]. Für die weiteren Berechnungen wird die Inlandsproduktion an Fernwärmerohren in Österreich von 1000 km/a angenommen. Der Anteil für Export an der Inlandsproduktion wird mit 30% festgesetzt. Für den Gesamtimport an Fernwärmerohren nach Österreich wird ebenfalls mit 30% gerechnet.

Die mittleren Durchmesser und Dämmstärken der eingesetzten Rohre, konnten von den Herstellern allerdings aufgrund der breiten Palette an verschiedenen dimensionierten Produkten nicht angegeben werden [Befragung Schaumhersteller, 2004]. Grobe Abschätzungen gehen in Richtung 25 cm Außendurchmesser und 10 cm Dämmstärke, was einem jährlichen Zubau (1000 km) von etwa 31.000 m³ Schaum entspricht. Die Produktkataloge (z.B. www.isoplus.de) zeigen auch wesentlich größere Dimensionen, wie z.B. 130 cm Außendurchmesser und 30 cm Dämmung, was einem jährlichen Zubau (1000 km) von etwa 550.000 m³ Schaum entsprechen würde.



Bei Annahme von 50 cm Außendurchmesser und 25 cm Dämmung entspricht der jährlicher Zubau (1000 km) etwa 150.000 m³ Schaum.

Eine Analyse des Schwedischen Fernwärmenetzes [Svanström, 1997] (S.237) ergab folgende mittlere Schaumvolumina pro Kilometer Fernwärmeleitung:

- 25 m³/km für alte Leitungen (< 1973)
- 43 m³/km für neue Leitungen (> 1983)

In den weiteren Berechnungen wird von 40m³/km ausgegangen was bei 1000km Produktion 40.000m³ Schaum entspricht und einem Gewicht von 3000t (40.000m³x75kg/m³).

Die Dichte von Rohrschaum unterscheidet sich deutlich von herkömmlichem PU-Hartschaum und wird in [Svanström, 1997] mit 70-100 kg/m³ angegeben. Herstellerangaben liegen mit 55 kg/m³, 60 kg/m³ und 80 kg/m³ etwas unterhalb dieser Bandbreite [Befragung Schaumhersteller, 2004]. Eine Analyse des Schwedischen Fernwärmenetzes ergab eine mittlere Dichte von 76 kg/m³ [Svanström, 1997] (S.237). Für Berechnungen in dieser Studie wurde eine mittlere Dichte von 75 kg/m³ für Fernwärmerohre, und 30kg/m³ für Haustechnik angenommen.

Man sieht also, dass sich aufgrund unterschiedlicher Herstellerangaben sowie Literaturangaben eine Bandbreite von Werten ergibt, aus der eine große Unsicherheit der tatsächlich verbauten und produzierten Schaummengen auf dem Gebiet der Fernwärme resultiert.

Annahmen bzgl. jährlich konsumierter und produzierter Schaummenge in Haustechnik:

Die Produktion insgesamt eines Herstellers (Fernw.+Industrie+Haustechnik) wurde mit 25.000 km angegeben [Endstrasser, 2004]. D.h. für Haustechnik wurde abzüglich der Menge für Fernwärme mit 24.000 km gerechnet. Dabei handelt es sich nur um einen großen Produzenten von wärmeisolierten Leitungen, welcher allerdings angibt, in dieser Größenordnung der Produktion von PU-Rohrdämmungen für Haustechnikanlagen, in Österreich der Einzige zu sein [Steger, 2005]. In der Haustechnik liegt der Anteil an PU-Schäumen an der gesamten Produktion bei ca. 8% (da nur für erdverlegte Rohre – der Rest hauptsächlich PE-Schäume) für Rohre mit Durchmessern von 15-114mm [Steger, 2005]. Als Mittelwert wird mit 65mm durchschnittlichem Rohrdurchmesser gerechnet, da keine Kenntnisse über die Marktanteile der einzelnen Sektoren vorhanden sind. Mindestdämmstärken von Warmwasser-Verteilersystemen liegen zw. 40 und 120 mm. Ein Hersteller gab an, Haustechnikleitungen zw. 20 und 50mm zu produzieren, wobei der Großteil zw. 20 und 30 mm liegt [Steger, 2005]. Im Allgemeinen ist die Dämmstärke von Rohren abhängig vom Verwendungszweck der Rohre, Verlegung usw. Es wurde in den Berechnungen von 30mm Dämmstärke ausgegangen. D.h. bei Rohrdurchmesser 65mm und Dämmstärke 30mm ergeben sich 9m³/km. Aus 2000km Produktion (8% von 24.000km) in Österreich lässt sich aufgrund der Einschätzungen verschiedener Hersteller von Import/Export, der Verbrauch von 1600km errechnen. Aus dem Verbrauch ergibt sich im Jahr 2003 eine PU-Schaummenge von ca. 14.400m³ (1600kx9m³/km).

Ein Hersteller produziert seine Produkte in zwei Dichten des Dämmstoffes. Eine Kategorie weist eine Dichte von ca. 23kg/m³ auf, die andere ca. 35kg/m³ [Steger, 2005]. Für die folgenden Berechnungen wurde von 30kg/m³ Dichte ausgegangen, was für die oben genannte Menge ein Gewicht von ca. 432t ergibt.



Der Bereich Haustechnik wurde in bestehenden Studien nicht im Detail berücksichtigt. Die oben stehende Abschätzung zeigt, auch wenn sie auf sehr unsicheren Annahmen beruht, dass der Einsatz von PU-Rohrschäumen in Haustechnikanlagen ein nicht irrelevantes Einsatzgebiet darstellt (74% des verbrauchten PU-Schaumes für Fernwärme und 26% für Haustechnik). Zu Beginn der Recherchen wurde von Herstellern von Fernwärmeleitungen angegeben, dass Haustechnik im Vergleich zu Fernwärmetechnik vernachlässigt werden kann. Dies zeigt, dass die mächtigen Dämmstärken der Fernwärme im Vergleich zu den geringeren Stärken aber beträchtlich höheren Leitungslängen von Haustechnikanlagen, zu Fehleinschätzungen führen können.

Annahmen bzgl. jährlich konsumierter und produzierter Schaummenge insgesamt:

Aufgrund deutscher Marktverhältnisse kann der Konsum von geschäumten Rohren in Österreich auf 10.000 - 20.000 m³/a geschätzt werden [Obernosterer & Smutny, 2004]. Diese Zahl wurde allerdings von einem österreichischen Hersteller als sehr gering eingestuft.

Für die folgenden Berechnungen wurde die Produktion der Fernwärmerohre 2003 (ca. 40.000m³) und die Produktion der gedämmten Haustechnik-Rohrleitungen 2003 (ca. 14.000m³) addiert. Der Verbrauch 2003 der Fernwärmerohre wurde aufgrund der gleichen Anteile von Import und Export ebenfalls mit 40.000m³ (1000km) angenommen. Der Verbrauch der Leitungen für Haustechnik bezieht sich dagegen nur auf die Produktion (angegeben in produzierte lfm) eines österreichischen Herstellers [Steger, 2005], weshalb aufgrund unsicherer Informationen über durchschnittliche Dämmstärken und Rohrdurchmesser sowie die Umrechnung in m³ Schaum, mit sehr hoher Unsicherheit zu rechnen ist. Für die weiteren Berechnungen in dieser Studie, wurde von einem Inlandsverbrauch von PU-Rohrschaum für Österreich, von ca. 54.000m³ bzw. 3432t im Jahr 2003 ausgegangen.

Laut Hersteller stieg die Produktion in den letzten Jahren kontinuierlich um ca. 10%. In den kommenden Jahren wird allerdings mit einem höheren Anstieg (Annahme: ca. 15% jährlich) gerechnet, da Fernwärme in Österreich zunehmend gefördert wird.



4.3.6.3 Treibmittelgehalt und Diffusion

Tabelle 4-12: Eingesetzte Treibmittel in PU-Rohrschaum

Periode	PU-Rohrschaum	
	Marktanteile der Treibmittel	Treibmittelgehalt im Schaum
bis 1990	100% FCKW-11	10 M%
1991-1992	100% FCKW-11	10 M%
1993-1994	50% HFCKW-141b 50% CO ₂	8 M% n.r.
1995-1999	30% HFCKW-141b 50% CO ₂ 20% Pentan	8 M% n.r. n.r.
2000-2004	70% Pentan 20% CO ₂ 5% HFCKW-245fa 5% HFCKW-365mfc	n.r. n.r. 12 M% 12 M%
2005-2010	70% Pentan 20% CO ₂ 10% Alternative	n.r. n.r. 12 M%

n.r. = nicht recherchiert

Auf dem Gebiet der Rohrschäume wurde von mehreren Herstellern angegeben, dass nach dem FCKW-Verbot der Großteil der Firmen unmittelbar auf Alternativen wie Pentan oder CO₂ umgestiegen ist.

Insgesamt ist der Nachweis einer hohen Lebensdauer von Mantelrohren in der Praxis noch nicht gelungen. Besondere Aufgrabungen zur Entnahme von Rohrproben sind aus Kostengründen bis jetzt nicht möglich. Vorhandene Prüfstücke entstammen deshalb Gelegenheiten wie Umverlegungen, Stilllegungen und Störungen von Fernwärmeleitungen. Durch diese Art der zufälligen Probenahme können große Defizite entstehen [Maaß & Friedrich, 2004].

Die Alterung der Schaumstoffdämmung erfolgt zum Großteil durch Permeation – das Eindringen von Gasmolekülen in das Kunststoff-Polymer - und anschließende Diffusion entlang des Konzentrationsgefälles. Im Laufe der Zeit gelangen zunehmend Sauerstoff- und Stickstoffmoleküle in den Schaumstoff. Kohlendioxid und – wesentlich langsamer – organische Treibgase entweichen und die Wärmedämmeigenschaften des Schaumstoffes verschlechtern sich so im Laufe der Zeit. Dickere Mantelrohre verzögern allerdings diesen Anstieg der Wärmeleitfähigkeit, da der Mantel vor einem direkten Luftkontakt schützt. Die durch Oxidation und thermische Beanspruchung bewirkte Alterung zeigt sich in einer zunehmenden Sprödigkeit, zunehmender Offenzelligkeit und bräunlicher Verfärbung des Schaumstoffes.

Der Gehalt an FCKW-11 in einem untersuchten Rohrschaum betrug zu Nutzungsbeginn etwa 10 %. Nach 10-20 Jahren Nutzung wurde ein Restgehalt im Schaum (in Poren und Kunststoff) an FCKW-11 von 7 % gemessen [Svanström, 1997]. Das entspricht einer Halb-



wertszeit von 20-40 Jahren. Für die Berechnung wird der Mittelwert von 30 Jahren herangezogen. Bei stärkeren Ummantelungen ist es durchaus möglich, dass die Halbwertszeiten beträchtlich höher liegen.

4.3.6.4 Emissionen aus Produktions-, Einbau- und Ausbauprozess

Aufgrund der vorgefertigten Rohrelemente, braucht nur mehr die genaue Menge Schaum zwischen Rohr und Kaschierung eingespritzt werden, wodurch kaum ein Abfall entsteht – auch nicht bei der Verarbeitung.

4.4 Qualität der Daten

Die Unsicherheit bzw. Bandbreite der Rohdaten ist hoch. Dies betrifft besonders:

- Die jährlich verbauten Mengen an Hartschaum-Dämmstoffen: Die Schaumproduzenten besitzen nur grobe Abschätzungen über die verbaute Menge in Österreich, da Importe nur grob abgeschätzt werden können und der Überblick auf den gesamten PU-Markt - aufgrund Auffächerung in mehrere Hartschaumtypen - fehlt.
- Diffusion der Treibmittel: Die Treibmittel-Halbwertszeiten aus der Literatur schwanken z.B. für PU zwischen 100 und 400 Jahren.

Dennoch konnten die Unsicherheiten eingeschränkt und die Größenordnungen der ODS-Altbestände und ODS-Diffusionen in ausreichender Genauigkeit bestimmt werden, um Strategien für eine nachhaltige FCKW Bewirtschaftung abzuleiten. Die Strategie muss jedoch auf die Unsicherheiten eingehen. In der Bewirtschaftungsstrategie wird deshalb eine Erfolgskontrolle vorgeschlagen, die die Annahmen in der Praxis evaluieren soll. Sollten, entgegen den Annahmen, beträchtlich weniger ODS Mengen in den Schäumen bei Abbruch oder Rückbau vorhanden sein, so ist der Ausstieg aus dem Bewirtschaftungsplan (Begründung hinsichtlich der EU VO „falls praktikabel“) zu überlegen.



lebensministerium.at

RRMMMAAAA

Initiative zur Förderung einer umweltverträglichen nachhaltigen Ressourcenbewirtschaftung

Ressourcen Management Agentur

5 Ergebnisse

Untersucht wurden chlorierte Treibmittel (FCKW, HFCKW) von Dämmschaumstoffen (XPS- und PU-Dämmschäume). Diese Stoffe besitzen sowohl ein Ozondezimirungspotenzial (ODP) als auch ein Treibhauspotenzial (GWP - global warming potential). Obwohl in jüngerer Vergangenheit (ab 90er Jahre) auch andere Treibmittel (HFKW) eingesetzt wurden, die lediglich ein Treibhauspotenzial aufweisen, konzentriert sich die vorliegende Untersuchung auf diejenigen Stoffe, die durch die EU-Ozonverordnung [Verordnung (EG) 2037, 2000] in Gruppe I, II und VIII nach dem Montrealer Protokoll geregelt wurden.

5.1 jährlicher Mengenverbrauch an ODS

Österreich hat erstaunlicherweise einen deutlich höheren Pro-Kopf-Verbrauch an XPS-Schaum als die restlichen europäischen Staaten. Daher lassen sich die österreichischen Verbrauchsverhältnisse für XPS und auch für PU-Hartschaum nicht von Marktanalysen anderer Länder, wie z.B. Deutschland, abschätzen. Durch Herstellerinterviews konnten PU Konsumzahlen für Österreich ermittelt werden, die höher liegen, als in bisherigen Studien angenommen. Dies begründet sich in erster Linie aus höheren Produktions- bzw. Konsumzahlen von PU-Sandwichplatten. Details sind den obigen Kapiteln bzw. den Tabellen in CD Rom zu entnehmen {Obernosterer, 2005 #1289}.

XPS - Verbrauch in Österreich [1000 m³/a]

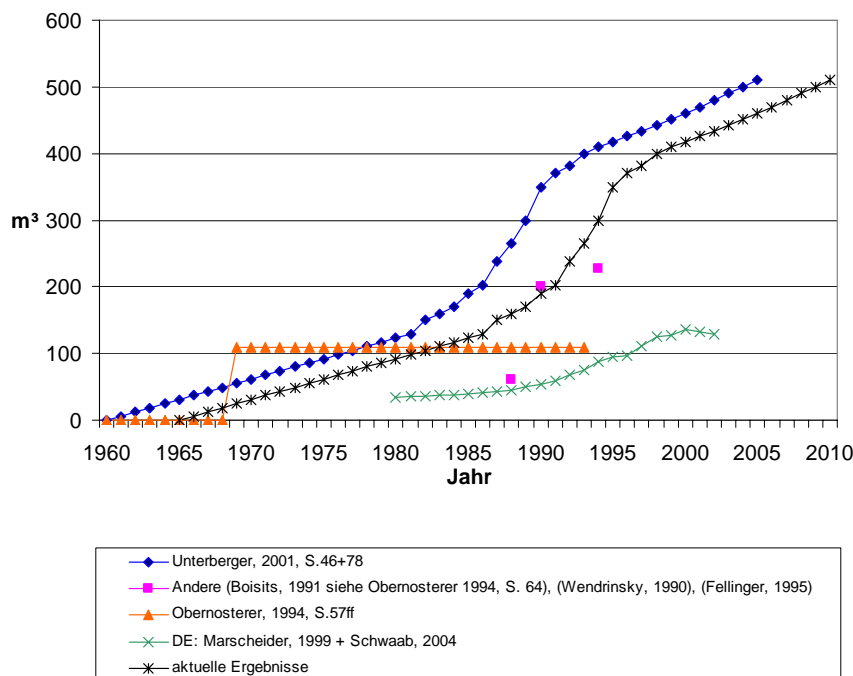


Abbildung 5-1: XPS Dämmstoffverbrauch in Österreich

PU - Verbrauch in Österreich [1000 m³/a]

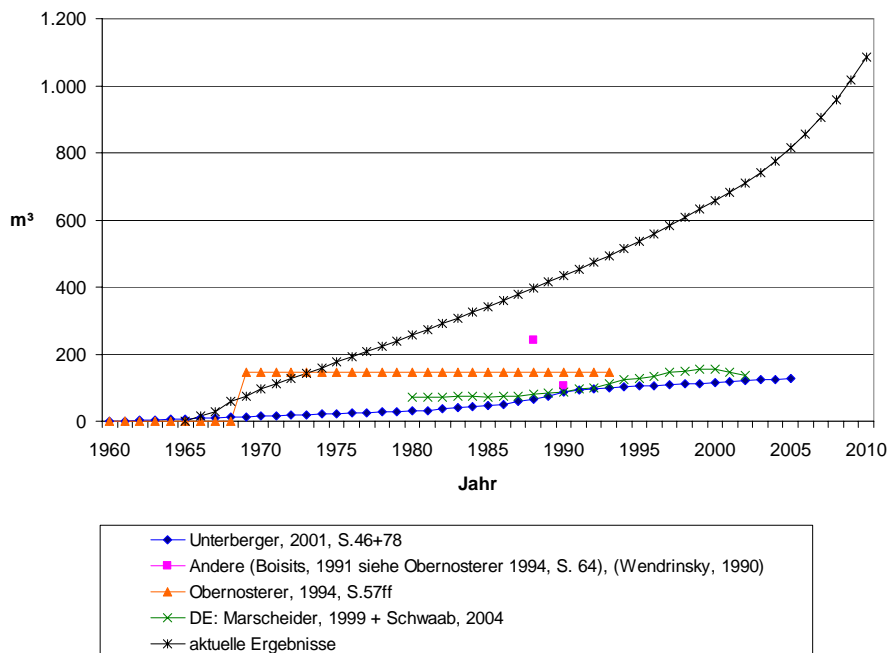


Abbildung 5-2: PU Dämmstoffverbrauch in Österreich

Nach der Recherche der vorliegenden Studie, steigen der XPS und der PU Dämmstoffverbrauch seit 1965 kontinuierlich an. In den letzten Jahren nehmen die Kurven einen exponentiellen Verlauf an, die sich mit den vermehrten Dämmmaßnahmen aufgrund des Klimaschutzes erklären lässt.

In den obigen zwei Abbildungen (Abbildung 5-1, Abbildung 5-2) sind die Ergebnisse dieser Arbeit, betreffend den Mengen an Dämmstoffverbrauch, den Ergebnissen anderer Studien gegenübergestellt. Der Vergleich zeigt große Bandbreiten. Unmittelbare Vergleiche lassen sich daraus allerdings nicht ableiten, da zu unterschiedliche Rahmenbedingungen und Betrachtungsweisen in die einzelnen Studien einbezogen wurden. Für die Aufgabenstellung der vorliegenden Arbeit kann die Größenordnung der Zahlen als gut abgesichert betrachtet werden, da sie neben Literaturangaben aus Studien und Statistiken auch auf intensiven Expertenbefragungen basieren. So kann davon ausgegangen werden, dass derzeit jährlich etwa 500.000 m³/a XPS und 1.100.000 m³/a PU Dämmstoffe in Österreich verbaut werden.



5.2 Bewertung der ODS Stoffflüsse und -lager bezüglich Ozon-schichtdezimierung und Treibhauseffekt

In folgenden Tabellen (Tabelle 5-1, Tabelle 5-2, Tabelle 5-3) wurden die Stoffflüsse und –lager ODS geschäumter Dämmstoffe des Bauwesens aus dem Jahr 2003, den prognostizierten Werten von 2010 und 2100 gegenübergestellt. Dabei basieren die Berechnungen jeweils auf einzelne Produkte und deren spezifisch erhobenen Werten (Verbrauch, Diffusion, etc). Zur besseren Übersicht wurden die entsprechenden Produktgruppen, PU Hartschaumplatten, PU Sandwichelemente, PU Rohrschaum und XPS Hartschaumplatten, zusammengefasst wurden [Obernosterer et al., 2005].

Bei der Prognose wurde davon ausgegangen, dass ab dem Verbot von FCKWs und HFCKWs in XPS- und PU-Dämmstoffen keine ODS mehr in Österreich eingesetzt werden. Der Input beträgt 0 Tonnen. Das vorhandene Lager an ODS wird durch die jährliche Diffusion der Treibgase aus dem Dämmstoff dezimiert (Annahme 1). Die Werte in folgenden Tabellen dienen als Basis für die im Anschluss beschriebenen Szenarien und als Darstellung, wie sich das ODS Lager ohne Einflussnahme entwickeln würde.

Tabelle 5-1: ODS Stoffflüsse und Stofflager der Jahre 2003, 2010 und 2100 - Mengenbezogene Auswertung

STOFFFLÜSSE + STOFFLAGER	Input 2003	Lager 2003	Diffusion 2003	Input 2010	Lager 2010	Diffusion 2010	Input 2100	Lager 2100	Diffusion 2100
	t/a	t	t/a	t/a	t	t/a	t/a	t	t/a
PU-Hartschaumplatten	0	1.536	10	0	1.465	10	0	797	5
PU-Sandwichelemente	0	20.658	71	0	20.163	70	0	14.760	51
PU-Rohrschaum	0	1.100	25	0	936	21	0	117	3
XPS- Hartschaumplatten	0	12.310	194	0	11.028	170	0	3.198	40
PU+XPS Total	0	35.605	301	0	33.592	271	0	18.872	99

Tabelle 5-2: ODS Stoffflüsse und Stofflager der Jahre 2003, 2010 und 2100 - Bewertung in ODP-Einheiten

OZONDEZIMIERUNGS - POTENZIAL	Input 2003	Lager 2003	Diffusion 2003	Input 2010	Lager 2010	Diffusion 2010	Input 2010	Lager 2100	Diffusion 2100
	ODP- t/a	ODP-t	ODP-t/a	ODP- t/a	ODP-t	ODP-t/a	ODP- t/a	ODP-t	ODP-t/a
PU-Hartschaumplatten	0	1.448	10	0	1.379	10	0	740	5
PU-Sandwichelemente	0	16.393	57	0	16.000	55	0	11.713	41
PU-Rohrschaum	0	832	19	0	708	16	0	88	2
XPS- Hartschaumplatten	0	5.627	73	0	5.140	66	0	1.637	20
PU+XPS Total	0	24.300	158	0	23.227	147	0	14.179	68



Tabelle 5-3: ODS Stoffflüsse und Stofflager der Jahre 2003, 2010 und 2100 - Bewertung in GWP -Einheiten

TREIBHAUS- POTENZIAL	Input 2003	Lager 2003	Diffusion 2003	Input 2010	Lager 2010	Diffusion 2010	Input 2010	Lager 2100	Diffusion 2100
	CO ₂ -Ä. t/a	1000 CO ₂ - Ä. t	1000 CO ₂ - Ä. t/a	CO ₂ -Ä. t/a	1000 CO ₂ - Ä. t	1000 CO ₂ -Ä. t/a	CO ₂ -Ä. t/a	1000 CO ₂ -Ä. t	1000 CO ₂ -Ä. t/a
PU- Hartschaumplatten	0	6.747	46	0	6.430	44	0	3.461	24
PU- Sandwichelemente	0	79.155	274	0	77.257	268	0	56.556	196
PU-Rohrschaum	0	3.886	89	0	3.305	75	0	413	9
XPS- Hartschaumplatten	0	69.828	935	0	63.566	843	0	20.070	248
PU+XPS Total	0	159.616	1.344	0	150.558	1.230	0	80.500	477

Das Ergebnis in ODP Einheiten zeigt, dass das errechnete bestehende Lager (2003: 24.300 ODP-t) kleiner als jener Wert ist, der in der Machbarkeitsstudie verwendet wurde (1993: 33.000 ODP-t). Dies ist darauf zurückzuführen, dass ein Teil des Lagers bereits in die Umwelt emittiert ist. Wesentlich für diese geringere Menge, waren des Weiteren neue Erkenntnisse, die sich auf Grund der in diesem Projekt durchgeführten detaillierten Erhebung ergaben. Es wurden neue Literaturangaben zu Mengen und Diffusionsverhalten erhoben. Die Bilanzdaten konnten mit breit angelegten Interviewreihen hinterfragt werden. Interessant in diesem Zusammenhang ist die Erkenntnis, dass unterschiedliche Studien mit der gleichen Methode (Führen von Interviews) zu unterschiedlichen Ergebnissen gelangt sind. Es kann demnach abgeleitet werden, dass selbst die Industrie über die eingesetzten Mengen nicht vollumfänglich informiert ist. Wird die im vorliegenden Bericht, trotz aller Unsicherheit angegebene Zahl, als „richtig“ eingestuft, so hat die befragte Industrie in einem Fall das Lager als zu hoch abgeschätzt, obwohl in der gängigen Praxis vermutet wird, dass Industrieangaben an der unteren Bandbreite angesiedelt sind. Diese Vermutung kann durch einen Interviewpartner insofern bestätigt werden, da dessen Industriebetrieb aus Marktforschungszwecken selbst eine derartige mengenbezogene Erhebung durchgeführt hat und ebenfalls ein Ergebnis mit großen Unsicherheiten erhalten hat. In vorliegender Studie wurde versucht, die Bandbreite einzuengen, indem die Angaben hinterfragt wurden und die Plausibilität geprüft wurde.

Im Jahr 2003 sind in Österreich in Dämmstoffen des Bauwesens etwa 35.600 Tonnen (= 24.300 ODP-t bzw. 160 Mio. CO₂-Ä. t) an ozondezimierenden Stoffen gespeichert. Unter der getroffenen Annahme, dass auf den Bestand kein Einfluss genommen wird, würde sich das Lager bis zum Jahr 2100 etwa halbieren. Da in der detaillierten Berechnung jedes Produkt mit seinen spezifischen Diffusionsraten betrachtet wurde, lässt dieses Ergebnis den Schluss zu, dass die durchschnittliche Diffusionsrate über alle untersuchten Produkte etwa eine Halbwertszeit von 100 Jahren (Exakt 126 Jahre) aufweist.

Grobe Schätzungen gehen davon aus, dass bis 1993 etwa 180.000 ODP-t in Österreich eingesetzt wurden [Obernosterer, 1994]. Diese Zahl beinhaltet nicht nur den Konsum in Dämmmaterialien, sondern auch jenen in allen anderen Anwendungen, wie bspw. in Spraydosen, Kühlsystemen oder Brandschutzanlagen. Die 24.000 ODP-t, die 2003 noch in Dämmstoffen des Bauwesens gespeichert waren, entsprechen demnach etwa 14 % der in der Vergangenheit eingesetzten ODP Menge in Österreich. Betrachtet man nur die untersuchten Produkte der vorliegenden Arbeit, so betrug der Konsum an ODS bis 2003 27.500 ODP-t. Es sind demnach in den untersuchten Produkten noch 88 % der eingesetzten Menge gespeichert.



Die derzeitigen jährlichen Emissionen aus dem Lager betragen etwa 300 Tonnen (= 160 ODP-t/a bzw. 1340 CO²-Ä. t/a). Da das Lager damit jährlich kleiner wird, sinken in der Zukunft entsprechend auch die jährlichen Diffusionsraten.

Obwohl FCKW nicht zu den „Kyoto Gasen“ zählen, werden - um die Bedeutung der ODS Lager zu verdeutlichen - im Folgenden das Treibhauspotenzial der ODS-Altbestände in Dämmstoffen des Bauwesens mit Treibhausgasemissionen und den Zielen Österreichs verglichen:

- Die Treibhausgasemissionen 2002 in Österreich betragen 85 Mio. Tonnen CO²-Äquivalente pro Jahr [Wieser et al., 2004]. Im Jahr 2003 betrug in Österreich das Treibhauspotential der ozondezimierenden Stoffe in Dämmstoffen des Bauwesens etwa 160 Mio. CO²-Ä. t. Dies bedeutet, dass diese gespeicherte Menge den Treibhausgasemissionen von etwa 2 Jahren entspricht.
- Das Kyoto-Ziel Österreichs wurde mit 13 % bis 2008/2012 gegenüber 1990 bzw. 1995 an Treibhausgasen festgelegt. Dies bedeutet eine Reduktion von 10 Mio. Tonnen CO²-Äquivalente gegenüber 1990 [BMLFUW, 2002]. Die jährlichen Diffusionsverluste an ozondezimierenden Stoffen aus Dämmstoffen des Bauwesens, bewertet in Treibhausgasäquivalenten, betragen im Jahr 2003 etwa 1,4 Mio CO² Tonnen, und damit mehr als 10% des Kyoto Reduktionszieles von Österreich.
- FCKW sind derzeit nicht im Kyoto Protokoll aufgenommen. Sowohl die gespeicherte Menge, wie die jährlichen diffusen Verluste, machen deren Bedeutung für den Klimaschutz jedoch sichtbar. Entsprechende Maßnahmen zur Vernichtung von ODS sollten auch im Zuge des Emissionshandels diskutiert werden.

In Abbildung 5-3 und Abbildung 5-4 ist der Verlauf der jährlichen Diffusionen (Ozondezimierungs- bzw. Treibhauspotenzial) für Annahme 1 bis zum Jahr 2010 ersichtlich. Leicht erkennbar ist der Knick, der sich auf Grund der Einsatzverbote von ODS in Österreich ergab. Wenn auch die jährlichen Diffusionsraten zurückgehen, so ist auf Grund der langen Standzeiten von Gebäuden auch in Zukunft mit Diffusionsverlusten zu rechnen.

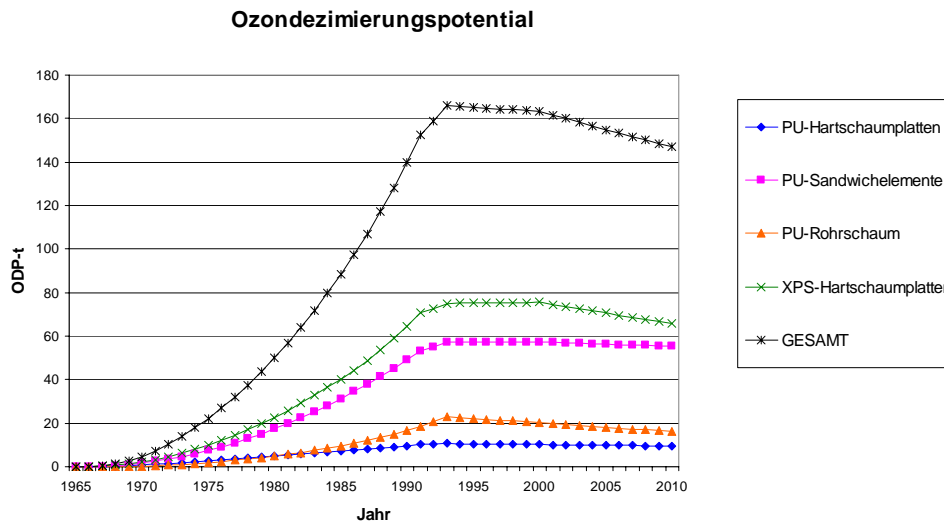


Abbildung 5-3: jährliche ODS Diffusionsmengen aus dem Lager im Zeitraum 1965 bis 2010 in ODP-t/a.

Treibhauspotential

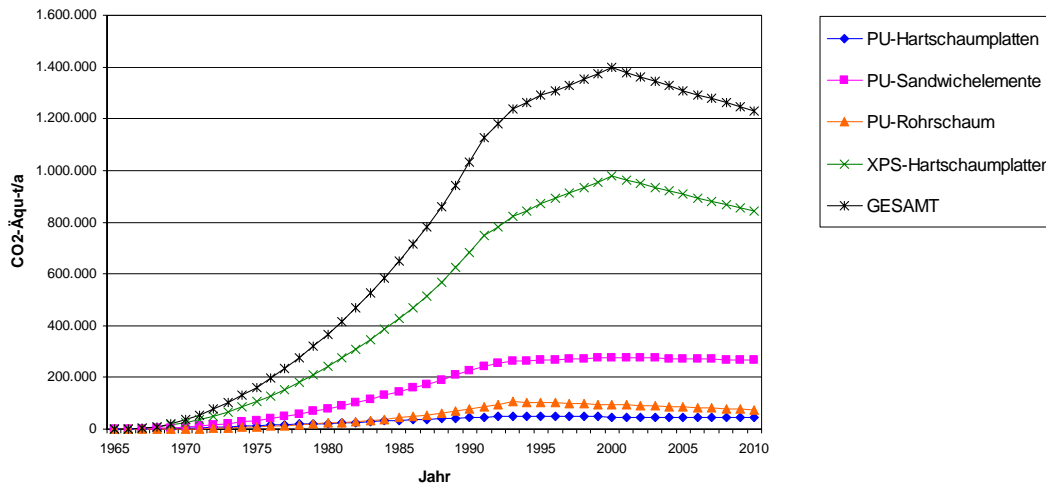


Abbildung 5-4: jährliche ODS Diffusionsmengen aus dem Lager im Zeitraum 1965 bis 2010 in GWP-t/a.

5.3 Mögliche Szenarien einer FCKW Bewirtschaftung

Um die Möglichkeiten und die Auswirkungen unterschiedlicher FCKW-Bewirtschaftungsstrategien abschätzen zu können, wurden 4 Szenarien gerechnet. Einerseits wurden die 3 Szenarien aus der Machbarkeitsstudie dem neu erworbenen Wissen angepasst, andererseits ergab sich aus dem neuen Erkenntnisstand ein weiteres Szenario.

5.3.1 Grundlagen zur Berechnung der Szenarien

Um zukünftige Szenarien beschreiben zu können, ist es erforderlich Annahmen zu treffen. Bevor auf die einzelnen Rahmenbedingungen der Szenarien eingegangen wird, sind in folgender Abbildung wesentliche Grundlagen zusammengefasst. Die Werte werden benötigt, um in den Szenarien die entsprechenden Bilanzzahlen bzw. deren Eingangsgrößen zu ermitteln. Die Ausgangslage bildet das im Jahr 2000 in den Dämmstoffen der Infrastruktur errechnete FCKW Lager von etwa 25.000 ODP.

2 Summenkurven („Annahme 1: Lagerentwicklung ohne Rücksicht auf Abbruch“ und „Annahme1: Diffusionsverluste aus Lager ohne Rücksicht auf Abbruch“) in Abbildung 5-5 beziehen sich auf die Annahme 1. Diese Annahme geht davon aus, dass das vorhandene Lager an ODS nur durch die jährliche Diffusion der Treibgase aus dem Dämmstoff dezimiert wird. Aus der Abbildung ist die ermittelte durchschnittliche Diffusionsrate der FCKW aus den Dämmstoffen von 126 Jahren ersichtlich. Der sich daraus ergebende durchschnittliche Diffusionsfaktor ist 1%.



Die anderen Kurven beziehen sich auf die Annahme 2. Die dabei getroffenen Annahmen sind:

- Der Einsatz an ODS ist vernachlässigbar gering, d.h. der zukünftige Input in das System an ODS ist Null.
- Auf Grund der Nutzungsdauer von Gebäuden wird angenommen, dass in 100 Jahren alle ODS geschäumten Dämmstoffe ausgebaut werden. Dies bedeutet, dass das ODP-Lager im Jahr 2100 auf 0 reduziert wird. Es wird eine lineare Abnahme unterstellt („Annahme 2: Lagerentwicklung bei Diffusion und Abbruch“). Dazu muss das Lager zwischen 2000 und 2100 jährlich um 250 ODP-t (das entspricht ca. 1.100 m³ Dämmschaum) vermindert werden. Um diese Abnahme zu simulieren, wurden die entsprechenden Diffusionsraten aus dem Lager („Annahme 2: Diffusionsverluste aus Lager“) ermittelt. Diese Kurve beschreibt den Anteil der Diffusion, die aus dem, um jährlich 250 ODP-t verminderten, Lager entweicht.
- Des Weiteren wurde angenommen, dass die Manipulationsverluste von ODS in die Atmosphäre bei Abbruch oder Rückbau 10% betragen („Annahme 2: Verluste bei Abbruch“).
- Die Differenz, die sich aus dieser Berechnung ergibt, ist jene Menge an ODS, die in den abgebrochenen bzw. rückgebauten Dämmmaterialien verbleibt („Annahme 2: ODP Potential in Abbruchprodukten“). Wie in Abbildung 5-5 ersichtlich, steigt diese Menge jährlich, da der Anteil Diffusion (= jährl. Lager x durchschn. Diffusionsfaktor) entsprechend der Lagerverringerung (250 ODP-t/a) sinkt. Diese Menge gelangt bei Szenario 1 in die Deponie. In Szenario 2 wird ein Teil dieser Menge geregelt entsorgt. Wobei hier angenommen wird, dass auch im sorgfältigsten Fall ein geringer Teil (ca. 10%) des Abbruchs auf die Deponie gelangt. In Szenario 3 wird ein Teil des Lagers gezielt vor Ende der Nutzungszeit ausgebaut. Szenario 4 beruht auf weiteren Annahmen, die im folgenden Kapitel beschrieben werden.
- Die Linie „ODP Potential in Abbruchprodukten“ zeigt in den letzten Jahren einen Anstieg. Dies erklärt sich daraus, dass die Diffusion im Laufe der Zeit entlang einer Exponentialfunktion abnimmt. Es sind somit am Ende der Nutzungszeit prozentual höhere ODS-Mengen in den Dämmstoffen gespeichert. Eine praktische Erklärung für dieses Phänomen ist, dass ODS Moleküle aus dem Kern der Dämmung langsamer ausdiffundieren als zu Beginn der Nutzung aus den oberen Schichten.

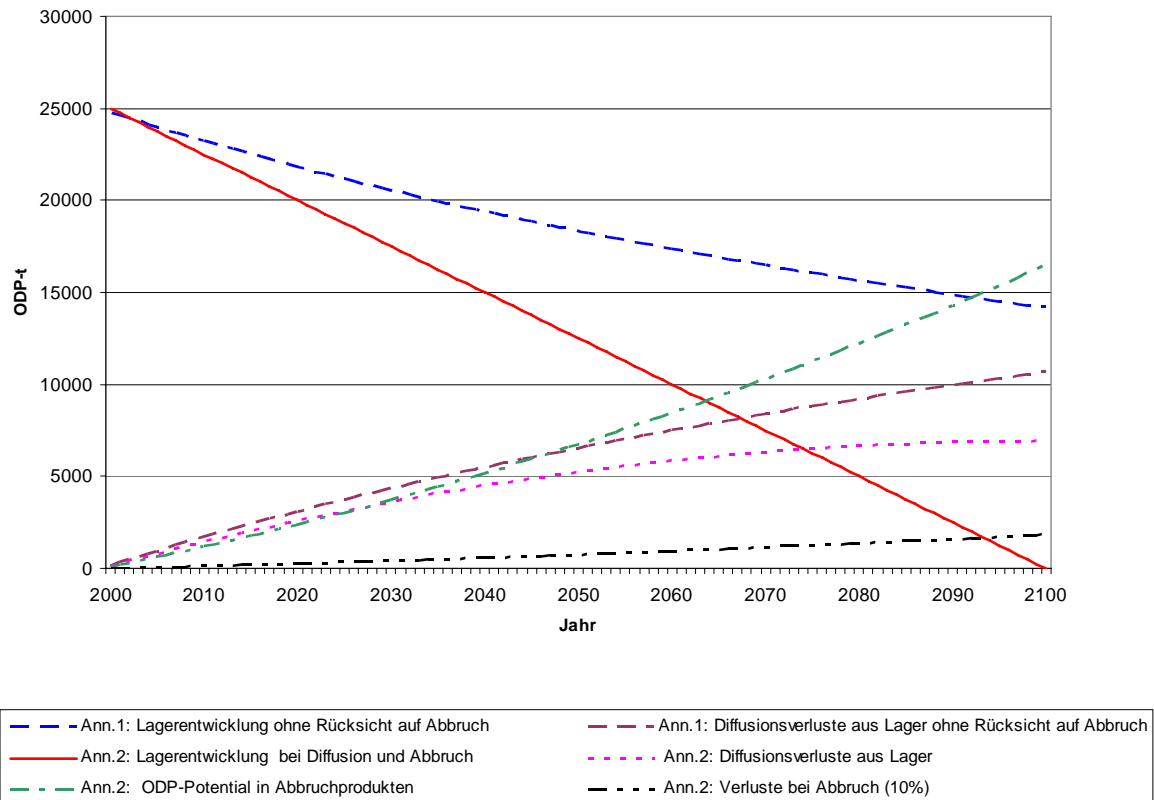
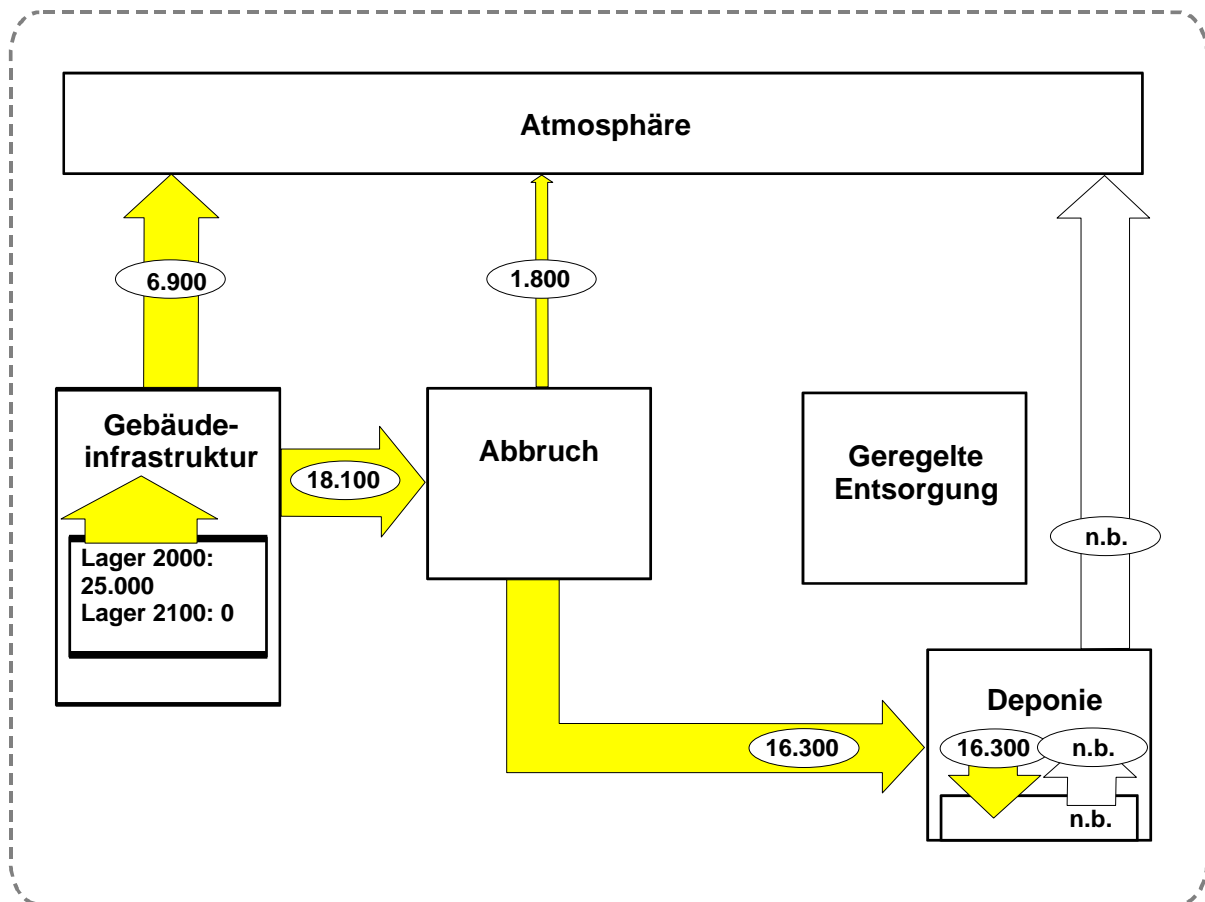


Abbildung 5-5: Lagerentwicklungen in ODP-t (Summenkurven) bis zum Jahr 2100 der Annahmen 1 und 2

5.3.2 Szenario 1: keine gezielte Entsorgung der ODS Lager

In Szenario 1 (Abbildung 5-6) werden die Dämmstoffe auch in Zukunft, wie derzeit in der Bau- und Entsorgungspraxis üblich, deponiert. Es erfolgt keine gezielte Bewirtschaftung des FCKW-Lagers. An der Eingangskontrolle der Deponien wird der nichtmineralische Anteil (inkl. der Kunststoffanteile) in den Baurestmassen nach der neuen Deponieverordnung (DVO) als kleiner 10 Vol % anerkannt und deshalb mit den Baurestmassen deponiert.

Auf Grundlage der getroffenen Annahmen, gelangen im Szenario 1 bereits während der Nutzungsdauer der Infrastruktur ca. 28 % der FCKWs direkt in die Atmosphäre. Im Zuge des Abbruchs gehen etwa 7 % des Lagers aus dem Jahr 2000 in die Atmosphäre. Die restlichen ca. 65 % werden in die Deponien gebracht, wo vermutlich ein wesentlicher Teil schlussendlich ebenfalls in die Atmosphäre entweichen wird. In diesem Szenario kann man davon ausgehen, dass nahezu das gesamte FCKW-Lager in die Atmosphäre transferieren wird. Dabei wurde von gleichen „Diffusionsvoraussetzungen“ in beiden Fällen (Diffusion aus Dämmstoff bei Deponie oder verbauten Materialien) ausgegangen. In der Deponie kommt es nach einschlägigen Studien zur teilweisen Umwandlung von ODS in Moleküle, die ein geringeres Gefahrenpotential aufweisen. Dieser Umstand wurde nicht weiter untersucht, da davon ausgegangen wird, das FCKW geschäumt Dämmmaterialien in Zukunft nicht mehr auf Deponien entsorgt werden dürfen.



Systemgrenze "Österreich; Zeitraum 2000-2100"

Abbildung 5-6: Szenario 1: keine gezielte Entsorgung der ODS-Lager; Werte: ODP Einheiten

5.3.3 Szenario 2: gezielte Entsorgung am Ende der Nutzungsdauer bei konstantem Abbruch

Im Szenario 2 (Abbildung 5-7) wird angenommen, dass das FCKW-Lager der Infrastruktur zwischen 2000 und 2100 geordnet rückgebaut und einer geregelten Entsorgung zugeführt wird. Es wird angenommen, dass ein gleichmäßiger Rückbau (250 ODP-t jährlich) auf allen Gebieten unter gleichen Umständen möglich ist.

Dieses Szenario 2 berücksichtigt Artikel 16, Absatz 3 der EU Ozonverordnung derart, dass die Zurückgewinnung der FCKWs bei Abbruch bzw. Sanierung von Bauwerken, also beim Abbau und der Entsorgung von FCKW-hältigen Dämmstoffen, erfolgt. Trotz den langen Standzeiten von mehreren Jahrzehnten einiger Anwendungen im Bauwesen, ist im Besonderen darauf hinzuweisen, dass FCKW-hältige Dämmstoffe im Zuge von Wartungs- und Umbauarbeiten sowie bei Schadensfällen bereits heute in die Abfallwirtschaft gelangen. Im Sinne der EU Verordnung und dem Österreichischen Abfallwirtschaftsgesetz ist in diesem Zusammenhang ein unmittelbarer Handlungsbedarf gegeben.

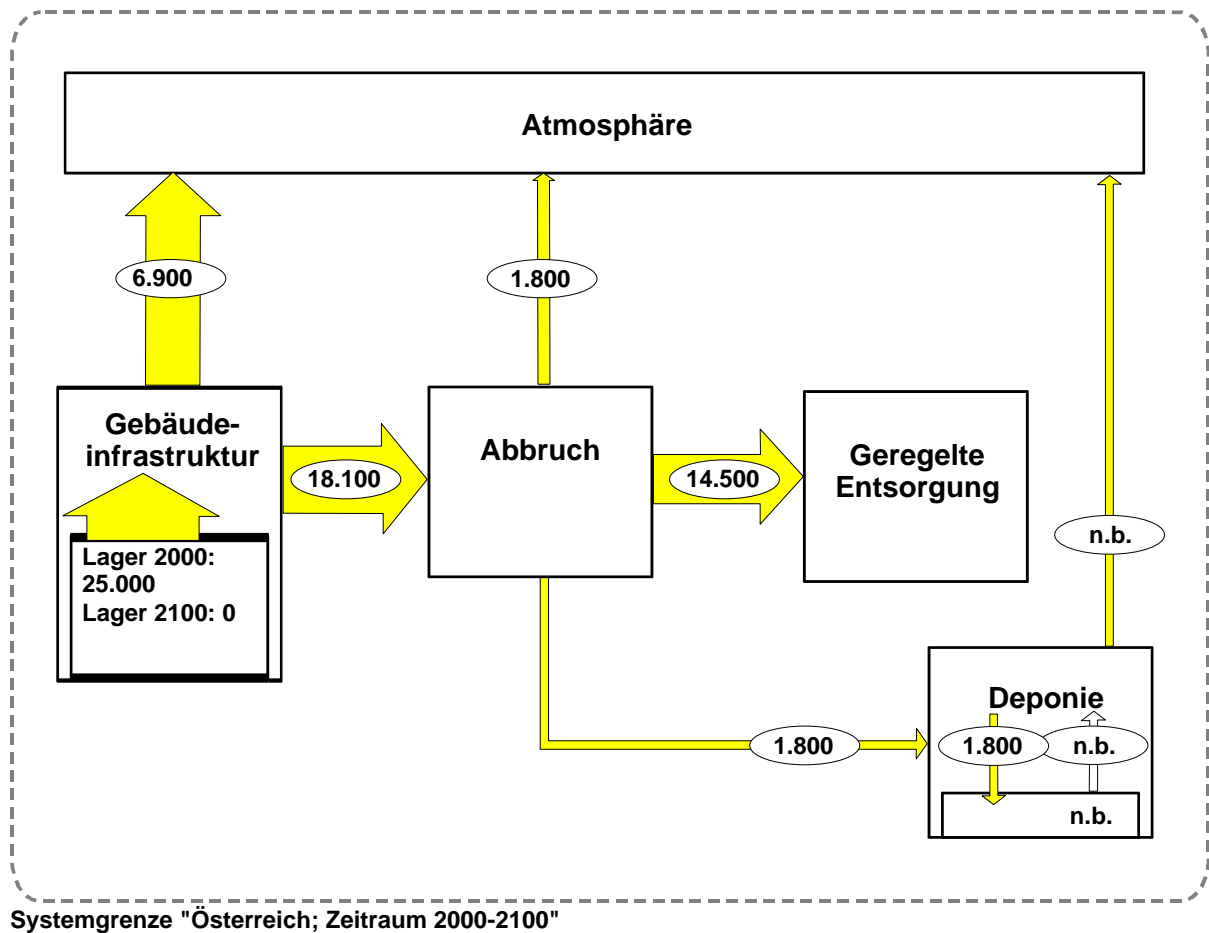


Abbildung 5-7: Szenario 2: gezielte Entsorgung der FCKW-Lager am Ende der Nutzungsdauer; Werte: ODP Einheiten

Im Szenario 2 gehen, wie in Szenario 1, während der Nutzungsdauer der Infrastruktur etwa 28 % des FCKW Lagerbestandes in die Atmosphäre. Im Zuge des Abbruchs gehen die angenommenen 10 % des Abbruchpotentials in die Atmosphäre und ebensoviel auf die Deponie. Bezogen auf die Lagergröße aus dem Jahr 2000 entspricht dies etwa je 7 %. Die restlichen FCKW werden einer geregelten Entsorgung zugeführt, wodurch sich die Emissionen in die Atmosphäre, im Gegensatz zu Szenario 1, um 14.500 ODP Einheiten reduzieren. In diesem Szenario können 58 % der Lagermenge von 2000 einer geregelten Entsorgung zugeführt werden.

5.3.4 Szenario 3: gezielter frühzeitiger Ausbau

Dem Szenario 3 (Abbildung 5-8) liegt die Annahme zu Grunde, dass das FCKW-Lager der Infrastruktur im Zeitraum zwischen 2000 und 2100 gezielt Rückgebaut und umweltverträglich entsorgt wird. Dabei gelten alle Annahmen aus Szenario 1 und 2, mit der Ausnahme, dass hier angenommen wird (Annahme 3), daß 50 % der FCKW-hältigen Dämmstoffe relativ leicht rückbaubar sind und somit im Vergleich zu Szenario 2, nur die Hälfte der ODS während der Nutzung in die Atmosphäre entweichen.



In der EU Ozonverordnung heißt es, dass alle praktikablen Vorsichtsmaßnahmen getroffen werden sollen, um ein Austreten von geregelten Stoffen während der Nutzung oder bei Zerstörung bzw. Aufarbeitung zu verhindern oder auf ein Mindestmaß zu reduzieren. Dieses Szenario 3 zeigt also, zusätzlich zu den Maßnahmen in der Entsorgung (Szenario 2), die Möglichkeit, die Emissionen schon während der Nutzung zu reduzieren. In der Folge ist zu prüfen, ob dieses Szenario auch als „praktikabel“ einzustufen ist (Artikel 16, Absatz 3; siehe Szenario 4).

Ein frühzeitiger gezielter Ausbau ausgewählter FCKW Lager bewirkt einen Rückgang der Emissionen aus der Gebäudeinfrastruktur um etwa 50 %. Durch den frühzeitigen Ausbau ausgewählter Produkte entweichen nun nur etwa 14 % während der Nutzung aus den Lagern. 8 % gehen beim Abbruch verloren, weitere 8% gelangen in die Deponie. 70% der Menge, die im Jahr 2000 in der Infrastruktur gespeichert war, werden einer geregelten Entsorgung zugeführt, wodurch sich die Emissionen in die Atmosphäre im Gegensatz zu Szenario 1 um ca. 17.400 ODP Einheiten reduzieren.

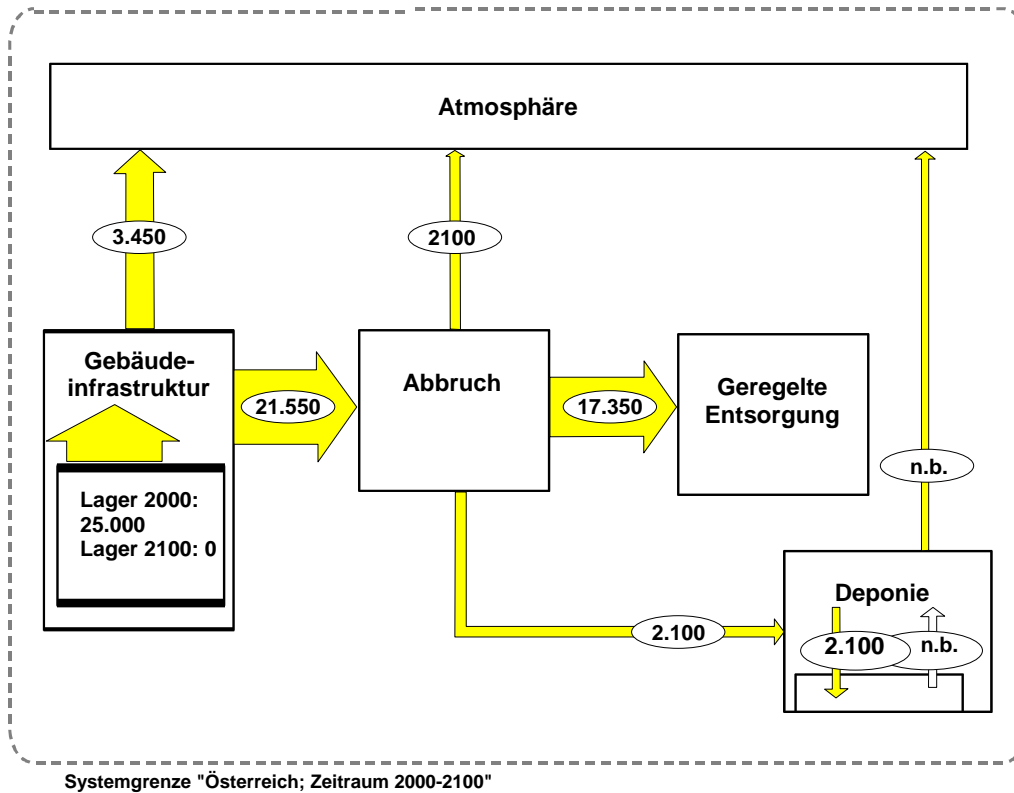


Abbildung 5-8: Szenario 3: gezielter Ausbau während der Nutzung und geregelte Entsorgung der FCKW-Lager am Ende der Nutzungsdauer; Werte: ODP Einheiten



5.4 Prioritätensetzung: die wichtigsten ODS - Anwendungsgebiete

In Tabelle 5-4 wurden die Hauptanwendungsgebiete der verschiedenen Produktgruppen und ihre Bedeutung am gesamten Lager zusammengefasst.

Tabelle 5-4: Hauptanwendungsgebiete der verschiedenen Produktgruppen

Anwendungsgebiete	Anteile	Lager ODP-t	Anteil am gesamten Lager %
XPS- Platten:			
Perimeterdämmung	45 %	2.600	10 %
Umkehrdach	35 %	2.000	8 %
Sonstiges	20 %	1.200	5 %
PU- Hartschaumplatten:			
Steildach, Fußboden, Kellerdecken	60 % (vor 1990: ca. 30 %)	900	4 %
Flachdach (nicht für Umkehrdächer geeignet!)	30 %, (vor 1990: ca. 60 %)	450	2 %
Sonstiges	10%	150	0,5 %
PU- Sandwichelemente:			
Industriebau- Kühlhäuser	35 %	5.800	23 %
Industriebauten Dach- oder Wandelemente	65 %	10.800	44 %
PU- Rohrschaum:			
Fernwärmeleitungen	90 %	800	3 %
Haustechnik & Industrie Kalt- Warmwasserleitungen	10 %	100	0,5 %
Summe	---	24.800	100 %

Die in Tabelle 5-4 durchgeführte Kategorisierung auf einzelne Anwendungen des Bauwesens zeigt eine deutliche Prioritätensetzung. 85% der noch im Bestand eruierten ODS-Mengen sind in nur 4 Anwendungsbereichen vorzufinden, wobei der Einsatz von PU-Sandwichelementen im Industriebau mit 67% dominiert. Die Haupteinsatzgebiete der PU Sandwichelemente waren im Zeitraum des FCKW-Einsatzes zu ca. 65% Dach- und Wandelemente und zu ca. 35% Kühlhäuser. Heute liegt das Verhältnis bei 70% zu 30% und die Tendenz zu Industriebauten ist steigend (lt. mündlicher Auskunft des größten österreichischen Herstellers). Bei Rückbaumaßnahmen ist zu beachten, dass Kühlhäuser in der Regel keine freistehenden Bauten sind, sondern einen integrierten Bestandteil von Objekten bilden (bspw. Kühlräume in Einkaufszentren).

Versucht man das ODS Lager in allen Objektbauten (Industriebauten, große öffentliche Gebäude und Wohnbauten) aus obiger Tabelle abzulesen, so sind zu den PU-Sandwichelementen noch wesentliche Teile aus den Anwendungen der XPS und PU Platten hinzuzurechnen. Es kann abgeschätzt werden, dass nahezu 80% der noch im Bestand ermittelten ODS-Mengen im Objektbau aufzufinden sind. Im Ein- und Mehrfamilienwohnbau befinden sich nur geringe Mengen.



Die durchschnittliche Lebensdauer im Industriebau beträgt etwa 30 Jahre, d.h., dass ein hohes mittelfristiges Abbruchpotential im momentan verbauten ODS Lager liegt. Daraus ergibt sich, dass ohne gezielte Rückbaumaßnahmen während der Nutzungsdauer, ein hohes Maß des ODS-Lagers in relativ kurzer Zeit gezielt entsorgen werden kann. Es ist auch zu beachten, dass gerade PU-Sandwichelemente aufgrund ihrer sehr dichten Kaschierungen sehr hohe Halbwertszeiten aufweisen. Das bedeutet, dass bei unsachgemäßer Deponierung des ohnehin anfallenden Abbruchs von Industriebauten, noch mehrere Jahrzehnte lang ozon-dezimierende Stoffe in die Atmosphäre gelangen können.

Auf diesen Begründungen wurde Szenario 4 ermittelt. Dabei wurden folgende Annahmen getroffen (Annahme 3; Abbildung 5-9; siehe auch [Obernosterer et al., 2005]): das Lager der PU Sandwichelemente im Industriebau von 16.600 ODP-t wird in den kommenden 30 Jahren zu 100% abgebaut. Zusätzlich dazu erfolgt auch ein Rückgang des restlichen Lagers durch Abbruch, Sanierungen oder Rückbau, wie in Annahme 2 vorausgesetzt. Dadurch stellt dieses Szenario das maximal zu erwartende ODS-Minderungspotential durch Abbruch aus dem Lager innerhalb der nächsten 30 Jahren dar. Unter diesen Annahmen würde sich das Lager von derzeit 25.000 im Jahr 2030 auf ca. 5.000 ODP-t reduzieren. Dieses verbleibende Lager ist relativ breit gestreut und in mehreren Anwendungen zu relativ kleinen Anteilen verteilt. Dadurch sind die ODS-haltigen Produkte dieses Lagers wesentlich schwerer aufzufinden und rückzubauen.

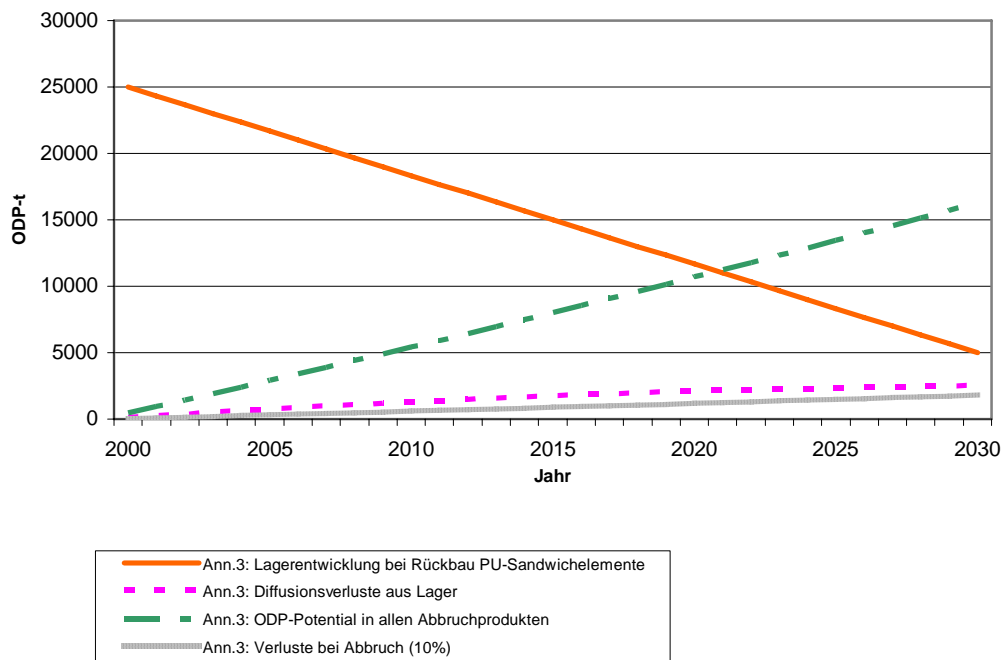


Abbildung 5-9 Lagerentwicklung in den nächsten 30 Jahren in ODP-t bei Annahme 3

Der Betrachtungszeitraum in Abbildung 5-9 beträgt 30 Jahre, da in diesem Zeitraum der größte Handlungsbedarf liegt. Die ermittelten Werte bilden die Grundlage für Szenario 4.

5.4.1 Szenario 4: gezielte Entsorgung am Ende der Nutzungsdauer unter Berücksichtigung der kurzen Lebensdauer von Industriebauten

Szenario 4: Betrachtungszeitraum 30 Jahre

In Szenario 4 (Abbildung 5-10) wurde das größte produktspezifische FCKW-Lager (PU Sandwichelemente, die in Industriebauten verbaut sind) innerhalb von 30 Jahren einer geregelten Entsorgung zugeführt, und zwar ohne Initiativen für einen gezielten Rückbau bereits während der Nutzung. Im Szenario 4 wurde die oben angeführte Annahme 3 im Stoffflussdiagramm dargestellt.

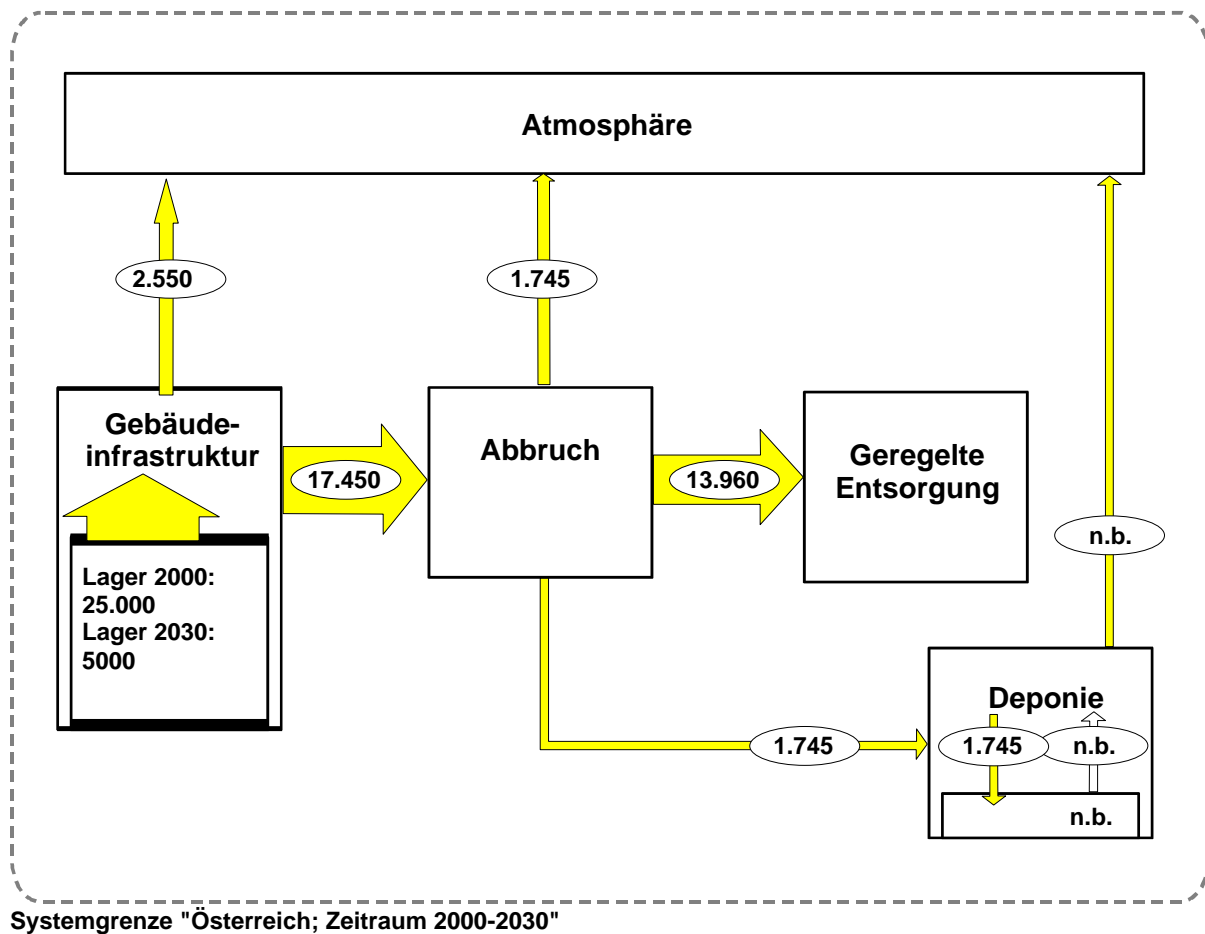


Abbildung 5-10: Szenario 4: gezielte Entsorgung der FCKW-Lager unter Berücksichtigung der Nutzungsdauer von PU-Sandwichelementen in Industriebauten bis 2030; Werte: ODP Einheiten

Szenario 4 stellt das maximal zu erwartende ODS-Minderungspotential durch Abbruch aus dem Lager in den nächsten 30 Jahren dar. Das derzeitige Lager von 25.000 ODP-t beträgt im Jahr 2030 ca. 5.000 ODP-t. Durch den Abbruch dieser ausgewählten Produkte entweichen innerhalb der nächsten 30 Jahre etwa 10 % aus der Gebäudeinfrastruktur (2.550 ODP-t). 1.745 ODP-t gehen beim Abbruch verloren, weitere 1.745 ODP-t gelangen in die Deponie und in Folge in die Atmosphäre. 56% des derzeitigen Lagers können bei entsprechenden Maßnahmen in den nächsten 30 Jahren einer geregelten Entsorgung zugeführt werden.



Szenario 4: Betrachtungszeitraum 100 Jahre

Zum besseren Vergleich mit Szenario 1 bis 3 wurde Szenario 4 als Variante ebenfalls mit einem Betrachtungszeitraum von 100 Jahren gerechnet (Szenario 4 – 100 Jahre). Dabei wurde davon ausgegangen, dass das restlich verbleibende Lager im Jahr 2030 (5000 ODP-t) gleich rückgebaut wird, wie bei Annahme 2. Unter diesen Annahmen können über 69 % (=17.200 ODP-t) der Lagermenge von 2000 einer geregelten Entsorgung zugeführt werden, 31 % emittieren in den nächsten 100 Jahren in die Atmosphäre.

5.4.2 Vergleich der 4 Szenarien

Beim Vergleich der Szenarien ist zu berücksichtigen, dass die Szenarien 1 bis 3 für einen Zeitraum von 100 Jahren gerechnet wurden, wogegen sich Szenario 4 einmal auf 30 und in der Variante auf 100 Jahre bezieht.

In Szenario 1 werden die Dämmstoffe auch in Zukunft, wie derzeit in der Bau- und Entsorgungspraxis üblich, deponiert. Da keine umweltverträgliche Entsorgung erfolgt, gelangen damit 100 % des Lagers direkt oder indirekt über den Prozess der Deponie in die Umwelt. Bei Szenario 2 wurde angenommen, dass eine umweltverträgliche Entsorgung der ODS Mengen erfolgt, die am Ende der Nutzungsdauer der Dämmstoffe bei Abbruch oder Sanierung anfallen. In diesem Szenario können 58 % der Lagermenge von 2000 einer geregelten Entsorgung zugeführt werden, 42 % emittieren in den nächsten 100 Jahren in die Atmosphäre. Der frühzeitige gezielte Ausbau ausgewählter FCKW Lager im Szenario 3 bewirkt, dass 70% der Menge, die im Jahr 2000 in der Infrastruktur gespeichert waren, einer geregelten Entsorgung zugeführt werden können. 30% entweichen hier in die Atmosphäre.

Szenario 4 (30 Jahre) zeigt, dass bereits in den nächsten 30 Jahren mit 56% der heute noch eingebauten ODS Menge als Abfallanfall zu rechnen ist.

Auffallend ist, dass unter den getroffenen Annahmen des Szenarios 4 beim Betrachtungszeitraum von 100 Jahren, dieselbe Menge wie im Szenario 3 des derzeitigen Lagers einer geregelten Entsorgung zugeführt werden kann. 70% können rückgebaut werden, ca. 30% entweichen in die Atmosphäre. Der Unterschied besteht lediglich darin, dass im Szenario 4 in den nächsten 30 Jahren mit einem höheren Anfall zu rechnen ist, hingegen im Szenario 3 der jährliche Anfall in den nächsten 100 Jahren als nahezu konstant angenommen wurde. Der geringe Unterschied im Vermeidungspotential an ODS Mengen, die in die Atmosphäre gelangen können, erklärt sich aus den hohen Halbwertszeiten der ODS in PU-Sandwichenelementen. Die wichtige Erkenntnis aus Szenario 4, bzw. dem Vergleich der Szenarien ist es, dass auf Basis der vorliegenden Untersuchungsergebnisse in den nächsten 30 Jahren ein höherer Handlungsbedarf besteht als in den Jahren danach. Das größte Vermeidungspotential von ODS Emissionen in die Atmosphäre besteht in den nächsten 30 Jahren im Industriebau.

In Abbildung 5-11 ist der Vergleich der Szenarien zusammengefasst. Dabei ist der Prozentsatz an Emissionen in die Atmosphäre, dem Prozentsatz des Vermeidungspotentials des im Jahr 2000 bestehenden ODS Lagers in Dämmstoffen des Baubereiches der jeweiligen Betrachtungszeiträume, gegenübergestellt.

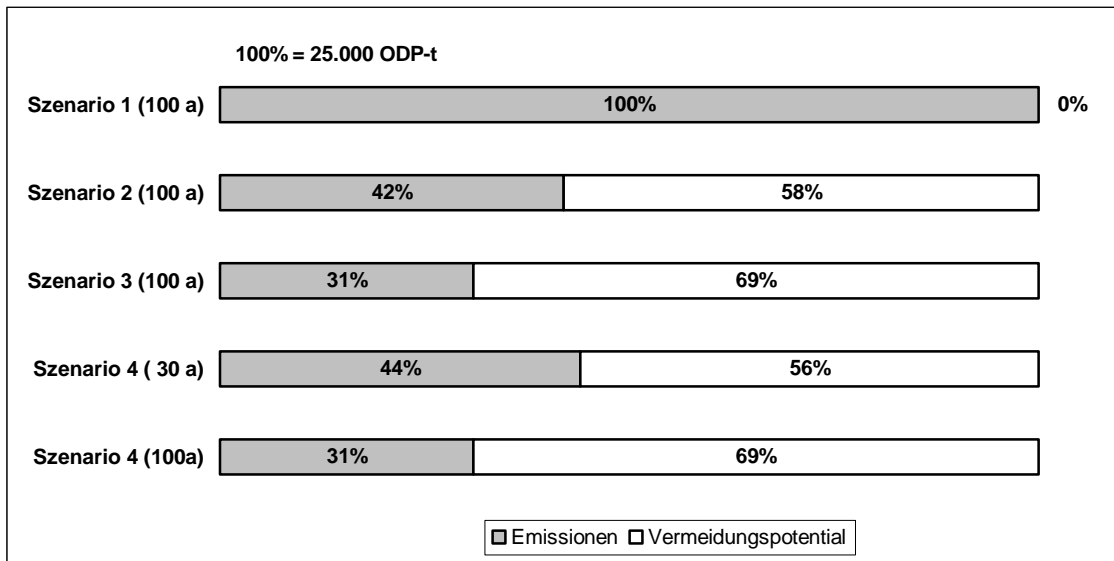


Abbildung 5-11: Vergleich der potentiellen zukünftigen Emissionen in die Atmosphäre und dem Vermeidungspotential der 4 Szenarien

6 Grundlagen für eine nachhaltige FCKW Bewirtschaftung

6.1 Gesetzeslage

In der europäischen Verordnung [Verordnung (EG) Nr. 2037, 2000 #146] über Stoffe, die zum Abbau der Ozonschicht führen, werden Produktion und Verbrauch, Entsorgung und Emissionskontrolle dieser Substanzen geregelt. Sie gilt ab Oktober 2000 in allen ihren Teilen verbindlich und unmittelbar in jedem Mitgliedstaat. Diese Verordnung enthält die Verpflichtung zur Zerstörung bzw. zum Recycling oder Aufarbeitung der ozonschichtgefährdenden Stoffe, wenn sie in Haushaltskühlgeräten, Kälte- und Klimaanlageanlagen, Wärmepumpen, als Lösungsmittel oder als Brandschutzmittel eingesetzt sind. Generell sollen alle praktikablen Vorsichtsmaßnahmen getroffen werden, um ein Austreten von geregelten Stoffen während der Nutzung oder bei Zerstörung bzw. Aufarbeitung zu verhindern oder auf ein Mindestmaß zu reduzieren. Bezugnehmend auf die Dämmstoffe, besagt diese Verordnung sinngemäß, dass FCKWs aus Dämmstoffen „falls praktikabel“ zurückzugewinnen und zu behandeln bzw. zu zerstören sind (Artikel 16, Absatz 3). Die Festlegung, ab wann das Rückgewinnen und Vernichten als praktikabel anzusehen ist, wurde in der Verordnung nicht definiert und soll durch den nationalen Gesetzgeber festgelegt werden.

Nach dem Österreichischen Abfallwirtschaftsgesetz (AWG) ist die Abfallwirtschaft danach auszurichten, dass der Schutz des Menschen und der Umwelt gewährleistet ist. Durch Emissionen von FCKW aus abfallwirtschaftlichen Prozessen (v.a. aus der Deponie) in die Umwelt, ist die Erreichung dieses Zieles gefährdet. Allgemein formuliert, besteht das FCKW-Problem in der Abfallwirtschaft darin, FCKW-hältige Abfälle zu erkennen, diese umweltverträglich zu entsorgen und damit unkontrollierte FCKW-Emissionen zu unterbinden. Eine Verschiebung von FCKW-hältigen Produkten aus der Infrastruktur in die Deponie, bspw. bei der Entsorgung der beim Abbruch anfallenden Dämmstoffe auf Baurestmassendeponien, muss demnach verhindert werden (Stichwort: nachsorgefreie Deponie). Die Bewirtschaftung von FCKW Altbeständen ist bereits teilweise gesetzlich geregelt (Bspw.: Kühlgeräteentsorgung).

FCKW sind als gefährliche Stoffe gemäß Chemikalienverordnung 1999, BGBl. II Nr. 81/2000 (Verordnung zum Chemikaliengesetz, Umsetzung der EU-Stoffrichtlinie Nr. 67/548, idgF.) eingestuft. Diese Einstufung erfolgt aufgrund Anhang B, Teil1, Pkt. 5.2.2.2. als gefährlich für die Umwelt mit dem Gefahrensymbol "N" und der Gefahrenbezeichnung R 59 "Gefährlich für die Ozonschicht". Diese Einstufung gilt für alle Stoffe im Anhang I der Ozonverordnung (EG) Nr. 2037/2000.

Im Jahr 2003 wurden durch die Abfallverzeichnisverordnung [BGBl II 570, 2003] in Anlage 3 die sog. „gefahrenrelevanten Stoffe“ geregelt. Unter Z 15 findet man als ökotoxisch eingestufte Stoffe u.a. FCKWs und HFCKWs. 2005 wurde im [BGBl II 89, 2005] diese Definition durch eine genauere ersetzt. Hier werden Abfälle als ökotoxisch und somit gefährlich eingestuft, deren Gesamtgehalt an FCKW und HFCKW u.ä. in Summe den Grenzwert von 2.000mg/kg TM übersteigt.

Im Zuge dieser Studie wurden die Massenanteile der FCKWs und HFCKWs in den betrachteten Dämmstoffen ermittelt. Sie lagen bei Produktion zw. 7,5 und 11 M%. Das bedeutet bei der geringsten eingesetzten Menge von 7,5 M% einen Treibmittelanteil von 75.000 mg/kg Produkt.



Damit lagen die Werte beim Einbau deutlich über den erwähnten 2.000 mg/kg. Demnach wären alle FCKW- oder HFCKW-geschäumten XPS- und PU-Dämmungen als gefährlicher Abfall einzustufen.

Auf Grund der Diffusion nehmen die Gehalte ab, womit sich die Frage stellt, welcher Massenanteil in der Trockensubstanz am Ende der Nutzung noch vorhanden ist. Bei einer durchschnittlichen Diffusionsrate von 1% müsste sich der Dämmstoff ca. 94 Jahre im Lager befinden, bis sich sein Treibmittelgehalt auf 2.000 mg/kg reduziert hat. In dieser durchschnittlichen Diffusionsrate ist auch der PU-Rohrschaum miteinbezogen, der aufgrund seiner Verwendung den weitaus höchsten Diffusionsfaktor aufweist. Würde man den PU Rohrschaum unberücksichtigt lassen, so würde sich die Zeitspanne sogar auf ca. 120 Jahre erhöhen. Dies bedeutet, dass der FCKW Gehalt in FCKW geschäumten Dämmstoffen des Bauwesens nach heutiger Wissenslage auch nach deren Nutzung den Grenzwert von 2.000 mg/kg übersteigen wird. Demnach ist davon auszugehen das alle FCKW- oder HFCKW-geschäumten XPS- und PU-Dämmungen bei Abbruch, Sanierung oder Rückbau als **gefährlicher Abfall** einzustufen sind.

Nach Angaben des Lebensministeriums werden voraussichtlich hauptsächlich folgende Abfallschlüsselnummern mit den dazugehörigen Spezifizierungen für die Abfallbewirtschaftung herangezogen werden:

- SN 57108 77 Polystyrol, Polystyrolschaum - gefährlich kontaminiert
- SN 57110 77 Polyurethan, Polyurethanschaum - gefährlich kontaminiert
- SN 57112 77 Hartschaum (ausgenommen solcher auf PVC-Basis) - gefährlich kontaminiert

6.2 Grundlagen zu Ausbau- und Entsorgungskosten

Die EU Ozonverordnung schreibt vor, dass für die, im Umlauf oder in Lagern eingebauten FCKW Mengen die Verpflichtung zur Rückgewinnung, Entsorgung bzw. Vernichtung besteht, falls dies praktikabel möglich ist. Die Festlegung, ab wann das Rückgewinnen und Vernichten als praktikabel anzusehen ist, wurde in der Verordnung nicht definiert und soll durch den nationalen Gesetzgeber festgelegt werden. In der Praxis stellt sich damit unter anderem die Frage der Kosten. Diese setzen sich zusammen aus:

- Abbruch und Rückbaukosten
- Entsorgungskosten und
- Transportkosten

Zur Abschätzung der Kosten wurden einerseits Angaben bei Entsorgungsfirmen erhoben und andererseits ein Kalkulationsbeispiel einer Flachdachsanierung dargestellt.

Festgehalten werden muss, dass die Ausbau- und Rückbaukosten von Objekt zu Objekt stark schwanken können. Beispielsweise ist der Rückbau in städtischen Gebieten komplexer, und damit teurer. Des Weiteren schwanken die Entsorgungskosten regional beträchtlich (Transportkosten, Möglichkeiten der Entsorgungstechnologien, etc).



6.2.1 Ausbau- bzw. Rückbaukosten

In Bezug auf Abbruch bzw. Rückbau ist bei jenen Anwendungen und Konstruktionen, die als leicht rückbaubar einzustufen sind, nur mit geringen Mehrkosten zu rechnen. Im Sinne der EU Ozonverordnung trifft diese Annahme auf jene Mengen zu, deren Rückgewinnung als praktikabel anzusehen ist.

Des Weiteren wurde das größte ODS Potential im Industriebau aufgefunden. Entsprechend den verbauten Mengen pro Objekt lässt sich vermuten, dass bei größeren Sanierungsmaßnahmen oder beim Abbruch, die verbauten Kunststoffe in diesen Bereichen über der Mengenschwelle der Baurestmassentrennverordnung [BGBl 259/1991, 1991] von 2,0 Tonnen liegen dürften. Da bei dieser Mengenschwelle Kunststoffe getrennt erfasst und entsorgt werden müssen, ist auch hier nicht mit wesentlichen Mehrkosten zu rechnen, da der Abbruch von ODS hältigen Schaumstoffen keinen besonderen Mehraufwand bedarf (Ausnahme möglichst zerstörungsfreier Rückbau). Für die getrennte Sammlung vor Ort ist pro Container mit einer Bereitstellungsgebühr von etwa 80 Euro zu rechnen.

6.2.2 Kosten für Transport und der Entsorgung

Es wurden Interviews mit Entsorgungsunternehmen geführt, die den Transport und die Entsorgung von Dämmstoffen anbieten. Folgende Preise konnten ermittelt werden: Die umweltverträgliche Behandlung (ohne Transport) von ODS geschäumten Dämmmaterialien in geeigneten Anlagen (Thermische Entsorgung) kann zwischen 150 und 200 €/Tonne angenommen werden. Pro Kubikmeter Dämmplatten ist, grob geschätzt, mit Preisen für Transport und Behandlung als gefährlicher Abfall von etwa 5-10 € zu rechnen (125 bis 300 €/Tonne, wenn auch einzelne Preisangaben bis zu 550 €/Tonne reichen). (Alle Werte Netto). Interessant ist, dass bei vielen Anbietern der Unterschied in den Preisen für die Entsorgung von Kunststoffen als gefährlicher oder nicht gefährlicher Abfall unwesentlich ist (nur Aufschlag für Begleitschein), bei anderen Anbietern jedoch die Preise um bis zu 100 % höher angesetzt werden.

In der oben angeführten Bandbreite von 125 bis 550 €/Tonne sind vor allem die Transportkosten variabel. Diese können aufgrund des großen Volumens des Dämmstoffes im Vergleich zu seinem Gewicht deutlich höher als für die Behandlung sein. Um die Kosten gering zu halten, ist es daher umso wichtiger, dass der Entsorger die Abfälle zu einer möglichst nahe gelegenen Behandlungsanlage transportiert.

Zu Berücksichtigen ist, dass die Dämmstoffe Wasser aufnehmen können. Die Entsorgung im trockenen Zustand ist damit kostengünstiger als im durchnässten Zustand, da in der Regel die Abrechnung nach Gewicht und nicht nach Volumen erfolgt.

6.2.3 Kalkulationsbeispiel einer Flachdachsanierung



Abbildung 6-1: Flachdachsanierung der HTL-Villach [Werner, 2003]

Anhand eines Kalkulationsbeispiels [Werner, 2003] wurde der Einfluss auf die Gesamtkosten zweier unterschiedlicher Entsorgungsmöglichkeiten von Dämmstoffen bei einer Flachdachsanierung berechnet. Dabei handelt es sich bei der Entsorgungsvariante 1 um nicht gefährlichen Abfall und bei Entsorgungsvariante 2 um gefährlichen Abfall. Die Kalkulation bezieht sich auf eine Fläche von 900m² mit einer zu entsorgenden Dämmmaterialmenge von 72,00m³, was einem Trockengewicht von 2,2 t entspricht. Im betrachteten Fall der Flachdachsanierung sind die FCKW-hältigen Dämmplatten lose verlegt, was einen einfachen sortenreinen Rückbau, ohne zusätzlichen Mehraufwand, ermöglicht.

Im betrachteten Fall wurde der billigste Kostenvoranschlag (Entsorgung und die Bereitstellung der notwendigen Container) der Entsorgungsvariante 1, der teuersten Möglichkeit der Entsorgungsvariante 2 gegenübergestellt. Es ergaben sich ca. 30% Mehrkosten (Knapp 1000 Euro) der Variante 2 gegenüber Variante 1. Die umweltverträgliche Entsorgung von ODS-hältigen Dämmmaterialien kann also bis zu 30% Mehrkosten für die Entsorgung verursachen. Dem muss aber entgegengehalten werden, dass die Entsorgungskosten nur einen geringen Teil der Gesamtbaukosten ausmachen können. Im vorliegenden Kalkulationsbeispiel, macht der kalkulierte Preisunterschied bezogen auf die Gesamtkosten der Flachdachsanierung (Gesamtbausumme) lediglich 1% aus. Rechnet man mit dem Durchschnitt und nicht mit dem Maximalwert der erhobenen Entsorgungskosten, sinkt dieser Anteil auf unter 0,5 %.



6.3 Erkennen FCKW geschäumter Dämmstoffe auf der Baustelle

Folgende Indizien als Erkennungsmerkmale wurden identifiziert:

- Erste Hinweise liefern die Anwendungen, in denen ODS eingesetzt wurden. Betroffene Kunststoffsorten sind PU (Polyurethan), XPS (extrudiertes Polystyrol; Markenname: Styrodur,...) und spezielle Kunststoffschäume (z.B. PIR, Polyethylen-Schaum). Eine unproblematische Kunststoffsorten ist EPS (expandiertes Polystyrol; Markenname: Styropor,...).
- Als weiterer Hinweis sollte der Zeitpunkt der Errichtung mit dem Zeitraum des ODS Konsums verglichen werden. XPS- und PU-Hartschaumdämmstoffe, die im Zeitraum zwischen 1960 - 1990 erzeugt bzw. verbaut worden sind, können ODS enthalten.
- Die Farbe der Dämmmaterialien liefert ein weiteres Indiz: XPS- und PU-Platten waren (vor 1999) eingefärbt (rosa, blau, grün), EPS-Dämmplatten hingegen meist weiß.
- Als äußerst Praxisrelevant dürfte für die Erkennung von ODS hältigen Dämmstoffen der Beilsteintest sein, da er auf der Baustelle angewendet werden kann. Mit dem Beilsteintest können Chlor-Verbindungen nachgewiesen werden. Eine Unterscheidung um welche Cl-Verbindungen es sich handelt (CKW, H-FCKW, FCKW), ist jedoch nicht möglich. Da als Treibmittel keine CKW eingesetzt wurden, der Test auf Fluor Verbindungen (FKW, H-FKW) nicht reagiert, wäre eine Erkennung in Kombination mit den obigen Parametern demnach möglich. Problematisch bei der Durchführung des Tests ist aber, dass Dioxine entstehen. Der Versuch sollte deshalb nicht in geschlossenen Räumen und nur unter Sicherheitsmaßnahmen für den Versuchsdurchführenden durchgeführt werden. Ein weiteres Problem bei der praktischen Anwendung ist, dass der Test auch bei bromierten Flammenschutzmitteln reagiert. Laut groben Schätzungen [Danish EPA, 1999] (S. 80) enthalten etwa die Hälfte der PU-Schäume und etwa 80% der XPS-Schäume (und 5% der EPS-Schäume) bromierte Flammenschutzmittel.

Für die Beilsteinprobe muss ein Kupferdraht, Stärke etwa 1-1,5 mm, verwendet werden. Dieser Draht wird in einer blau leuchtenden Schweißbrennerflamme kurz ausgeglüht, wobei sich die Flammenfarbe bei diesem Vorgang nicht verändern darf. Danach wird der heiße Kupferdraht in den Dämmstoff gestoßen, worauf sich ein schwarzer Belag von angekohltem Kunststoff auf dem Draht bildet. Nun wird der Kupferdraht erneut in die blau leuchtende Brennerflamme gehalten. Sind Chlorverbindungen vorhanden, bildet sich ein deutlich sichtbarer grüner Flammensaum. Die Grünfärbung ist umso stärker, je mehr Chlor vorhanden ist. Wichtig dabei ist, dass der Kupferdraht nicht mit bloßen Händen angefasst wird, da auch der Handschweiß (Chlor im Handschweiß) die Flammenfärbung auslöst. Der Draht muss deshalb mit einer Zange oder mit einem Handschuh gehalten werden. Des Weiteren ist darauf zu achten, dass der Cu-Draht nicht so stark erhitzt wird bis er schmilzt.

Die beschriebenen Methoden können als Indizien angesehen werden, um ODS hältige Dämmmaterialien zu erkennen. Gewissheit bringt nur eine Laborprobe (Gaschromatographie), mit der auch auf die jeweiligen Verbindungen rückgeschlossen werden kann.



6.4 Technische Grundlagen zu Abbruch, Rückbau und Entsorgung

6.4.1 Vorsichtsmaßnahmen beim Abbruch und Rückbau

NICHT ZERKLEINERN

Um ein Entweichen der Schadstoffe zu verhindern, muss eine Zerkleinerung bzw. ein Zerbrechen der Hartschaumplatten möglichst vermieden werden. Darauf ist besonders bei geklebten Dämmplatten zu achten.

KEINE VERUNREINIGUNGEN

Die Verunreinigung der Dämmplatten mit Resten von Mörtel oder Beton ist zu vermeiden, da dies gravierende Probleme bei der Behandlung der Abfälle verursachen kann.

6.4.2 Rückbaubarkeit von PU-Sandwichelementen

Im Industriebau liegt das größte FCKW-Sanierungspotential in Form von PU-Sandwichelementen. Hauptaugenmerk wird auf Hallen gelegt, die vor 1993 errichtet worden sind. Aufgrund der relativ kurzen Lebensdauer dieser Hallen liegt ein großes Abbruchpotential in den kommenden ca. 30 Jahre vor. Sandwichelemente weisen meist Verkleidungen aus Stahlblech, Edelstahl, Alu-Blech, verzinktem Blech u.ä. auf, deren Isolierkern aus Polyurethan (PU) -Hartschaum besteht. Der Hartschaumkern ist schubsteif mit den Außenschalen verbunden. Die Verkleidung und der Isolierkern sind mit Zweikomponentenkleber zusammengeklebt. Industriegebäude aus Sandwichelementen sind relativ leicht und rasch demontierbar. Die derzeitige Praxis des Rückbaus von Sandwichelementen [Befragung Schaumhersteller, 2004] stellt sich wie folgt dar:

- Abtrennung und Einschmelzung der Stahlbleche
- Schreddern des PU-Schaum.

Für eine nachhaltige FCKW Bewirtschaftung ist sicherzustellen, dass die beim Shreddern entweichenden ODS gesammelt und umweltverträglich entsorgt werden.

6.4.3 Rückbaubarkeit von XPS Platten auf Flachdächern

Bei Umkehrdächern sind die Dämmplatten lose verlegt, was einen einfachen sortenreinen Rückbau, ohne zusätzlichen Mehraufwand, ermöglicht.

6.4.4 Rückbaubarkeit von XPS Platten bei Perimeterdämmung

Perimeterdämmungen (Dämmung des Kellers zum Erdreich) sind verklebt. Ein zerstörungsfreier Rückbau ist nur mit erhöhtem Aufwand möglich. Technische Vorrichtungen (Fräsen mit Gasabsaugung) existieren derzeit nicht.

6.4.5 Mengenschwelle für praktikable umweltverträgliche ODS Entsorgung

Die EU Ozonverordnung schreibt vor, dass für die im Umlauf oder in Lagern eingebauten FCKW Mengen die Verpflichtung zur Rückgewinnung, Entsorgung bzw. Vernichtung besteht, falls dies praktikabel möglich ist. Für die Festlegung des nationalen Gesetzgebers, ab wann das Rückgewinnen und Vernichten als praktikabel anzusehen ist, wird in vorliegender Studie die Festlegung einer Mengenschwelle vorgeschlagen. Es wäre bei einer Umsetzung jedoch noch zu klären, ob dies mit den gegenwärtigen Anforderungen für die Bewirtschaftung von gefährlichen Abfällen möglich ist.

Als Mengenschwelle wird die praktikable, umweltverträgliche Entsorgung von ODS-haltigen Dämmstoffen aus dem Bauwesen ab 1 m³ Dämmstoff /Objekt vorgeschlagen.

Begründung:

- 1 m³ FCKW-geschäumtes (R-12) Dämmmaterial entspricht grob etwa 10 Kühlgeräten hinsichtlich Ozonerzeugungspotenzial und Treibhauspotenzial
- die Menge passt „relativ“ gut auf 1 Euro-Palette (80x120 cm, etwa 1m hoch) oder lässt sich gut in Big Packs sammeln (Plastiksäcke)
- Kleiner 1 m³ sind i.d.R. im Gebäude untergeordnete Anwendungen die nur unter hohem Aufwand rückgebaut werden können

6.4.6 Möglichkeiten der Vernichtung von ODS

Die Methoden wurden zum Teil in der Machbarkeitsstudie bereits beschrieben und sind hier kurz zusammengefasst:

- Schaumaufbereitung durch Matrixentgasung
- Schaum als ganzes thermisch entsorgen (Hochtemperatur)
- Treibmittlrückgewinnung und anschließende thermische Behandlung der ODS (vollmechanische Zerkleinerung in gekapselter Anlage, mobile Anlagen wie bei Kühlgeräten oder Schreddern (Nach Möglichkeit zu umgehen, da oft keine geschlossenen Systeme und entweichen der ODS während der Behandlung möglich))

Um die umweltverträgliche Entsorgung der ODS sicher zu stellen, sind unbedingt entsprechende Nachweise einzufordern. Als Bestätigung der umweltverträglichen Entsorgung (durch den Abfallübernehmer) stehen folgende Möglichkeiten zur Verfügung:

- Beschränkung auf Entsorgungsunternehmen, die mit dem RAL-Gütezeichen ausgezeichnet sind. Das RAL Gütezeichen wird derzeit für die Rückproduktion von FCKW-haltigen Kühlgeräten erteilt. Eine Umlegung auf die Dämmmaterialien des Bauwesens wäre wünschenswert.
- Müllverbrennungsanlagen (Rostfeuerung): Es ist zu bestätigen, dass die Dämmplatten vor der Verbrennung sachgemäß behandelt (nicht zerkleinert!) werden. Ausnahmen: Halbierung der Platten oder Zerkleinerung unter Luftabschluss und Absaugung sowie umweltverträgliche Behandlung der Schadstoffe.



Abbildung 6-2: RAL-Gütezeichen

Die Deponierung stellt keine sichere Entsorgung von ODS dar, wenn auch einige Substanzen in der Deponie zu weniger umweltgefährlichen Stoffen umgewandelt werden. Durch das Inkrafttreten der österreichischen Deponieverordnung dürfen keine größeren Mengen an geschäumten Dämmplatten auf die Deponie gelangen. Da jedoch Ausnahmegenehmigungen erteilt wurden, ist die Ablagern von Kunststoffen in einigen Regionen derzeit noch möglich.

6.5 FCKW Newsletter und FCKW Ratgeber

Im Zuge der vorliegenden Arbeit wurde ein Ratgeber erstellt, der das Erkennen, den Abbruch und die Entsorgung FCKW-hältiger Dämmstoffe beschreibt. Die Entsorgung ist stark von regionalen Verhältnissen abhängig, und sollte für jedes Bundesland getrennt verfasst werden. Während der Bearbeitung des Projektes wurde der Ratgeber in enger Kooperation mit dem Energieinstitut Vorarlberg erarbeitet. Des Weiteren wurde der FCKW Newsletter aus dem Projekt „FCKW Multiplikator“ aktualisiert und als Newsletter #2 neu aufgelegt.

Im Zuge der vorliegenden Arbeit wurden die Informationen an ausgewählte Akteure des Klimaschutzes und an interessierte Akteure (Datenbank aus FCKW Multiplikator) versendet.

7 Vorschlag für ein praxisgerechtes, nachhaltiges FCKW Bewirtschaftungskonzept

7.1 Das FCKW Bausteinkonzept

Aufbauend auf den Erkenntnissen der vorangegangenen und der vorliegenden Arbeit, wird ein bausteinartiges Vorgehen bei der Umsetzung eines praxisgerechten nachhaltigen FCKW Bewirtschaftungskonzeptes vorgeschlagen. Für eine erfolgreiche Umsetzung eines FCKW-Entsorgungskonzeptes sind folgende Voraussetzungen notwendig:

- ✓ Gesetzliche Regelung (Bund)
- ✓ Entsprechender Vollzug (Länder)
- ✓ Entsprechende Technologie (Wirtschaft)
- ✓ Schließen von vorhandenen Wissenslücken (Forschung)

Im Round Table Gespräch [Obernosterer et al., 2001b] mit Vertretern aus Verwaltung (Länder und Bund), Bauwirtschaft und Entsorgung wurde übereinstimmend festgestellt, dass die FCKW - Problematik lösbar ist. Das von der RMA vorgestellte Vorgehen zur Lösung der FCKW-Problematik wurde von den Teilnehmern stark befürwortet. Die Voraussetzungen für diese Zustimmung konnte durch vorliegende Arbeit weiter bestätigt werden.

Das FCKW-Bewirtschaftungskonzept basiert auf 4 Bausteinen. Die Punkte, die mit einem ✓ gekennzeichnet sind, wurden bereits vollständig abgearbeitet und jene, die mit einem ✎ gekennzeichnet wurden, sind noch offen. Jene Punkte, die mit ± symbolisiert sind, wurden teilweise bearbeitet, bzw. sollten in adaptierter Form nochmals durchgeführt werden.

- | | |
|--------------------|--|
| BAUSTEIN I | Schließen von Wissenslücken und Erstellung eines FCKW Bewirtschaftungskonzeptes <ul style="list-style-type: none">✓ Evaluation der Größe des FCKW Lagers✓ Identifizierung der Zusammensetzung des FCKW Lagers✓ Erfassung des Diffusionsverhaltens✓ Erfassung der Abbruchverluste✓ Erstellung des FCKW Entsorgungskonzeptes |
| BAUSTEIN II | Erarbeitung eines Maßnahmenkatalogs <ul style="list-style-type: none">± Durchführung von Round Table Gesprächen (Schaffung von Problembewusstsein)± Erarbeitung von konkreten Leitlinien (Ratgeber verfasst)± Erstellung von Schulungsunterlagen und Ausbildung vor Ort✎ Durchführung eines Musterabbruchs |

- BAUSTEIN III Analyse und Beurteilung der vorhandenen Entsorgungstechnologie - Technologieentwicklung
± Anreize für Technologieentwicklung schaffen
- BAUSTEIN IV Monitoring der Effizienz der Umsetzung des FCKW-Bewirtschaftungskonzeptes
¥ Aufbau eines entsprechenden Monitoringinstruments zur Überprüfung der Wirksamkeit der getroffenen Maßnahmen

7.2 Vorschlag für die nächsten Schritte

Es ist ersichtlich, dass beinahe alle Punkte des Bausteinkonzeptes behandelt oder vollständig abgearbeitet wurden. Um ein praxisgerechtes, nachhaltiges FCKW Bewirtschaftungskonzept vollständig zu etablieren, werden folgende nächste Schritte vorgeschlagen:

- Durchführen eines zweiten Round Table Gespräches zur Präsentation der aktuellen Erkenntnisse und Abklärung der Technologiefragen.
- Breite Streuung des erworbenen Wissens (Veröffentlichungen in wissenschaftlichen und praxisrelevanten Zeitschriften, Aufbau einer FCKW Info Webseite, Erweiterte Versendung des Ratgebers und des Newsletters, Durchführung von Seminaren und Schulungen in den einzelnen Bundesländern, Integrieren des Wissens in bestehende Netzwerke).
- Durchführen von Musterabbrüchen (Videodokumentation als Ausbildungsunterlagen).
- Definition der Rahmenbedingungen für die FCKW Bewirtschaftung seitens des Gesetzgebers. (bspw. VO zum Rückbau und der Entsorgung von ODS aus Dämmmaterialien des Bauwesens oder freiwillige Vereinbarung)
- Aufbau eines entsprechenden Monitoringinstruments zur Überprüfung der Wirksamkeit der getroffenen Maßnahmen (Dokumentation der Menge rückgebauter Dämmschäume und ODS, ODS Gehalte in rückgebauten Produkten). Obwohl die Größenordnungen der ODS-Altbestände und ODS-Diffusionen in ausreichender Genauigkeit bestimmt werden konnten, ist beim Bewirtschaftungskonzept auf die Unsicherheiten einzugehen. In der Erfolgskontrolle sollten die Annahmen in der Praxis evaluiert werden. Sollten, entgegen den Annahmen, beträchtlich weniger ODS Mengen in den Schäumen bei Abbruch oder Rückbau vorhanden sein, so ist der Ausstieg aus dem Bewirtschaftungsplan (Begründung hinsichtlich der EU VO „falls praktikabel“) zu überlegen.
- Außerdem wird vorgeschlagen, innerhalb der EU die gewonnenen Erkenntnisse zu verbreiten. Österreich nimmt mit der Umsetzung der Ergebnisse aus vorliegender Studie bei der FCKW Entsorgung aus dem Bestand eine Vorreiterrolle ein. Die Erkenntnisse könnten anderen Staaten bei der Umsetzung der EU Ozonverordnung hilfreich sein.



7.3 Ausblick

Eine energiesparende Bauweise und die Verwendung gesunder, umweltfreundlicher Baustoffe sind im Bereich des Wohnungsbaus mittlerweile weit verbreitet. Ganz anders sieht es jedoch bei Industrie- und Gewerbebauten und der Planung und Gestaltung ganzer Gewerbegebiete aus. Maßnahmen zu gezieltem Rückbau von Industriebauten als eine der wichtigsten und effektivsten Maßnahmen der FCKW-Sanierung, könnten in Zukunft ein Anstoß mit Win-Win-Win - Effekt für Industrie und Gewerbe darstellen:

1. Schonung der Ozonschicht
2. Reduktion der Treibhausgasemissionen durch eine umweltverträgliche Entsorgung der ODS-Altbestände
3. Setzen eines Schwerpunkts auf Nachhaltigkeit und Ökologie auch im Gewerbe- und Industriebau



lebensministerium.at

RRMMMAAAA

Initiative zur Förderung einer umweltverträglichen nachhaltigen Ressourcenbewirtschaftung

Ressourcen Management Agentur

8 Schlussfolgerungen

Da die vorliegende Arbeit, und damit auch die Schlussfolgerungen, in engem Zusammenhang mit der 2001 abgeschlossenen „Machbarkeitsstudie – Entsorgung der FCKW Altlasten“ [Obnosterer et al., 2001b] und der 2002 abgeschlossenen Studie „Zielgruppenorientierte Öffentlichkeitsarbeit zum Thema FCKW - Altlasten in der Infrastruktur“ [Obnosterer & Smutny, 2003] steht, sind die Kurzfassungen und die Schlussfolgerungen dieser beiden Studien im Anhang ersichtlich. Vorliegende Schlussfolgerungen beziehen sich auf die Erkenntnisse der vorliegenden Arbeit.

- Die Größe der ODS Altbeständen für Dämmstoffe des Bauwesens und des Diffusionsverhaltens von ODS aus den eingebauten Materialien, konnte mittels Literaturrecherchen und Experteninterviews aktualisiert werden. Das Problem der in Dämmstoffen des Bauwesens noch in Nutzung befindlichen ODS Mengen besteht in zweierlei Hinsicht: sowohl während der Nutzung, als auch bei nicht fachgerechter Entsorgung entweichen Ozonschicht dezimierende Stoffe in die Atmosphäre.
- Die aktualisierte Lagergröße (2003: 24.300 ODP-t) ist kleiner als jener Wert, der in der Machbarkeitsstudie verwendet wurde (1993: 33.000 ODP-t). Dies ist darauf zurückzuführen, dass ein Teil des Lagers bereits in die Umwelt emittiert ist. Wesentlich für die geringere Menge waren des Weiteren neue Erkenntnisse, die sich auf Grund der in diesem Projekt durchgeführten detaillierten Erhebung ergaben.
- Die Unsicherheit bzw. Bandbreite der Rohdaten ist hoch. Dies betrifft besonders die jährlich verbauten Mengen an Hartschaum-Dämmstoffen und die Treibmittel-Halbwertszeiten. Dennoch konnten die Unsicherheiten eingeschränkt und die Größenordnungen der ODS-Altbestände und der ODS-Diffusionen in ausreichender Genauigkeit bestimmt werden, um Strategien für eine nachhaltige FCKW Bewirtschaftung abzuleiten.
- Die unterschiedlichen Diffusionsraten aus der Literatur konnten den einzelnen Anwendungen zugewiesen werden. Die Halbwertszeiten von ODS bewegen sich in einer Bandbreite von etwa 15 bis 400 Jahren. In der detaillierten Berechnung wurde jedes Produkt mit seinen spezifischen Diffusionsraten betrachtet. Die durchschnittliche Diffusionsrate über alle untersuchten Produkte weist eine Halbwertszeit von 126 Jahren auf.
- Die 24.000 ODP-t die 2003 noch in Dämmstoffen des Bauwesens gespeichert waren entsprechen etwa 14 % der in der Vergangenheit in allen Anwendungen (Spraydosens, Kühlsystemen, Schäume oder Brandschutzanlagen) eingesetzten ODP Mengen in Österreich. Betrachtet man nur die untersuchten Produkte der vorliegenden Arbeit, so sind in diesen Produkten noch 88 % der eingesetzten FCKW-Menge gespeichert.
- In den Dämmstoffen des Bauwesens ist jene Menge an FCKWs gespeichert, die in den Dämmstoffen von 80 Millionen Haushaltskühlgeräten, bzw die in den Dämmstoffen und Kühlmitteln von 57 Millionen Haushaltskühlgeräten enthalten ist (Gehalt bei der Entsorgung von ODS hältigen Kühlgeräten). Bezogen auf den Treibhauseffekt entspricht diese gespeicherte Menge den gesamten Treibhausgasemissionen Österreichs von etwa 2 Jahren.



- Die derzeitigen jährlichen ODS Emissionen aus den Dämmstoffen durch Diffusion betragen etwa 300 Tonnen (= 160 ODP-t/a bzw. 1340 CO₂-Ä. t/a). Da das Lager jährlich kleiner wird, sinken in der Zukunft entsprechend auch die jährlichen Diffusionsraten. Die Diffusionsverluste an ozondezimierenden Stoffen aus Dämmstoffen des Bauwesens betragen im Jahr 2003, bewertet in Treibhausgasäquivalenten, mehr als 10% des Kyoto Reduktionszieles von Österreich.
- FCKWs sind derzeit im Kyoto Protokoll nicht aufgenommen. Sowohl die gespeicherte Menge, wie die jährlichen diffusen Verluste, machen deren Bedeutung für den Klimaschutz jedoch sichtbar. Entsprechende Maßnahmen zur Vernichtung von ODS sollten auch im Zuge des Emissionshandels diskutiert werden.
- Es konnten jene Produktgruppen eruiert werden, die den größten Anteil am gesamten ODS Lager darstellen. Es handelt sich dabei in erster Linie um PU-Sandwichenelemente mit einem Anteil von ca. 67 %, gefolgt von XPS-Platten mit 23 %. Damit konnten in nur 2 Produktgruppen 90 % der FCKW Lager aufgefunden werden.
- 85 % der noch im Bestand eruierten ODS-Mengen sind in nur 4 Anwendungsbereichen vorzufinden (PU Dach- und Wandelemente, PU Dämmungen von Kühlhäusern, XPS Perimeterdämmung und XPS Anwendungen bei Umkehrdächern). Es kann abgeschätzt werden, dass nahezu 80% der noch im Bestand ermittelten ODS-Mengen in Objektbauten (Industriebauten, große öffentliche Gebäude und Wohnbauten) aufzufinden sind. Im Ein- und Mehrfamilienwohnbau befinden sich nur geringe Mengen.
- Ein ODS Entsorgungskonzept, das sich auf die wesentlichen Produktgruppen und Hauptanwendungsgebiete konzentriert, kann einfacher umgesetzt werden, als die Entsorgung verhältnismäßig kleiner Mengen in unzähligen Anwendungen. Gemäß der EU Ozonverordnung sollte ein praktikables FCKW Bewirtschaftungskonzept möglich sein, da große Mengen in wenigen Produktgruppen und Anwendungsbereichen identifiziert wurden.
- Auf Grund der Standzeiten (Lebensdauer) von Industriebauten besteht in den nächsten Jahren ein höherer Handlungsbedarf als in den Jahren danach. Die durchschnittliche Lebensdauer im Industriebau beträgt etwa 30 Jahre. Damit besteht ein hohes mittelfristiges Abbruchpotential im momentan verbauten ODS Lager. Nützt man in den nächsten 30 Jahren die Chance, die Sandwichenelemente im Industriebau geordnet rückzubauen, so können bis nahezu 56% des bestehenden Lagers umweltverträglich entsorgt werden. Betrachtet man den Zeithorizont von über 100 Jahre so können etwa 70% der Menge, die im Jahr 2000 in der Infrastruktur gespeichert war, einer geregelten Entsorgung zugeführt werden, ca. 30% entweichen in die Atmosphäre.
- Ein Hauptproblem bei der Umsetzung eines ODS Entsorgungskonzeptes ist die Erkennung von ODS-haltigen Dämmstoffen auf der Baustelle. ODS haltige Dämmstoffe sind in erster Linie in der Gebäudeinfrastruktur vor 1993 eingesetzt worden. Sie weisen meist keine speziellen äußeren Kennzeichen auf, und sofern keine genauen Daten zu dem Objekt mehr verfügbar sind, ist eine Erkennung mit freiem Auge beinahe unmöglich. Eine Reihe von Indizien kann aber die Erkennung auf der Baustelle vereinfachen. Diese sind:



- Betroffene Kunststoffsorten sind v.a. PU (Polyurethan) und XPS (extrudiertes Polystyrol);
 - Vergleich Zeitpunkt der Objekterrichtung mit dem Zeitraum des ODS Konsums (1960 – 2000)
 - XPS- und PU-Platten waren vor 1999 eingefärbt (rosa, blau, grün)
 - Durchführen des Beilsteintests (bei deren Durchführung entstehen jedoch Dioxine).
- Die beschriebenen Methoden können als Indizien angesehen werden, um ODS haltige Dämmmaterialien zu erkennen. Gewissheit bringt nur eine Laborprobe (Gaschromatographie), mit der auch auf die jeweiligen Verbindungen rückgeschlossen werden kann.
 - Nach Interpretation der derzeit geltenden Gesetzeslage in Österreich, sind alle FCKW- oder HFCKW-geschäumten XPS- und PU-Dämmungen, die bei Abbruch, Sanierung oder Rückbau als Abfall anfallen, als gefährlich einzustufen.
 - Beim Rückbau bzw. Abbruch ist darauf zu achten, dass die Dämmmaterialien möglichst nicht zerkleinert werden und nicht oder kaum verunreinigt dem Entsorger übergeben werden. Um die umweltverträgliche Entsorgung der ODS sicher zu stellen, sind unbedingt entsprechende Nachweise einzufordern (bspw. RAL Gütezeichen für Dämmstoffe des Bauwesens prüfen). Als technische Möglichkeiten der umweltverträglichen Entsorgung stehen die Matrixentgasung oder die Thermische Entsorgung (Hochtemperatur) zur Verfügung.
 - Die Kosten für die umweltverträgliche Behandlung (ohne Transport) von ODS geschäumten Dämmmaterialien in geeigneten Anlagen (Thermische Entsorgung), kann zwischen 150 und 200 €/Tonne angenommen werden. Die Preise schwanken regional und von Objekt zu Objekt stark. Für Transport und Behandlung wurden Preise bis zu 550 €/Tonne erhoben.
 - Die Entsorgungskosten von ODS haltigen Dämmmaterialien können bei einer Flachdachsanierung um bis zu 30% Mehrkosten verursachen. Bezogen auf die Gesamtbaukosten macht der Preisunterschied jedoch i.d.R. bei Teilsanierungen unter 1% und bei Totalsanierung weit unter 1% aus.
 - Die Kosten des Transports können, aufgrund des großen Volumens des Dämmstoffes im Vergleich zu seinem Gewicht, deutlich höher sein als für die Behandlung. Um die Kosten gering zu halten ist es daher umso wichtiger, dass der Entsorger die Abfälle zu einer möglichst nahe gelegenen Behandlungsanlage transportiert. Weiters schwanken die Ausbau- und Rückbaukosten von Objekt zu Objekt stark. Beispielsweise ist der Rückbau in städtischen Gebieten komplexer, und damit teurer. Zu Berücksichtigen ist, dass die Dämmstoffe Wasser aufnehmen können. Die Entsorgung im trockenen Zustand ist damit kostengünstiger als im durchnässten Zustand, da in der Regel die Abrechnung nach Gewicht und nicht nach Volumen erfolgt.
 - Sollte der Gesetzgeber in Analogie zur Baurestmassentrennverordnung eine Mengenschwelle festsetzen wollen, so wird diese mit 1 m³ Dämmstoff /Objekt vorgeschlagen. Das Ozonschicht-Dezimierungspotential (ODP) von 1 m³ Dämmstoff entspricht grob jenem von 10 Haushaltskühlgeräten.



- Das bausteinartige Vorgehen bei der Umsetzung eines praxisgerechten, nachhaltigen FCKW Bewirtschaftungskonzeptes konnte mit vorliegender Studie bestätigt werden. Es sind beinahe alle Punkte des Bausteinkonzeptes behandelt oder vollständig abgearbeitet worden. Um ein praxisgerechtes, nachhaltiges FCKW Bewirtschaftungskonzept vollständig zu etablieren werden folgende weitere Schritte vorgeschlagen:
 - Breite Streuung des erworbenen Wissens incl. eines eindeutigen Rechtsstandpunktes seitens des Gesetzgebers (Stichwort: Mengenschwelle). (Veröffentlichungen in wissenschaftlichen und praxisrelevanten Zeitschriften, Aufbau einer FCKW Info Webseite, Erweiterte Versendung des Ratgebers und des Newsletters, Durchführung von Seminaren und Schulungen in den einzelnen Bundesländern, Integrieren des Wissens in bestehende Netzwerke).
 - Präsentation der aktuellen Erkenntnisse und Abklärung der Technologiefragen in einem Round Table Gespräch mit allen beteiligten Akteuren
 - Aufbau eines entsprechenden Monitoringinstruments zur Überprüfung der Wirksamkeit der getroffenen Maßnahmen (Dokumentation der Menge rückgebauter Dämmschäume, ODS Gehalte in rückgebauten Produkten).
 - Außerdem wird vorgeschlagen, innerhalb der EU die gewonnenen Erkenntnisse zu verbreiten. Österreich nimmt mit der Umsetzung der Ergebnisse aus vorliegender Studie bei der FCKW Entsorgung aus dem Bestand eine Vorreiterrolle ein. Die Erkenntnisse könnten anderen Staaten bei der Umsetzung der EU Ozonverordnung hilfreich sein.

9 Anhang

9.1 Kurzfassung „Machbarkeitsstudie – Entsorgung der FCKW Altlasten“

Nach dem Erfolg der gesetzlichen Regelungen, die zu einer weitgehenden Einschränkung des FCKW Einsatzes in Österreich führten, sind nun die noch in Verwendung befindlichen FCKW-Mengen umweltverträglich zu bewirtschaften. Das Umweltgefährdungspotential der durch den Einsatz von FCKW in langlebigen Gütern gespeicherten Mengen ist als hoch einzustufen, da diese Menge einem Drittel der insgesamt eingesetzten FCKW-Menge Österreichs entspricht. FCKW in Dämmstoffen des Bauwesens wurden als die mit Abstand größte akkumulierte Menge erkannt. Um die generellen Möglichkeiten einer "praktikablen" Entsorgung von FCKW hältigen Dämmstoffen zu prüfen, wurde die vorliegenden Machbarkeitsstudie durchgeführt.

Im Zuge dieser Machbarkeitsstudie wurde ein Round Table durchgeführt. Damit konnte ein erster Schritt gesetzt werden, um ein zukünftig notwendiges FCKW Bewirtschaftungskonzept vorzustellen und um einen breiten Konsens zwischen der öffentlichen Verwaltung und der Praxis zu schaffen. Als wesentliches Ergebnis des FCKW Round Tables kann zusammengefasst werden, dass nach Meinung der Teilnehmer das FCKW Problem der Dämmstoffe des Bauwesens ein lösbares Problem ist. Es gibt eine breite Zustimmung der Akteure den weiteren Prozess zu unterstützen und ein gemeinsames praktikables Entsorgungsziel zu bestimmen.

Die Wirtschaftsvertreter erwarten sich vom Gesetzgeber bundesweit einheitliche, nachvollziehbare und umsetzbare gesetzliche Regelung, deren Einhaltung auch überprüft wird, um für die Praxis Rechtsicherheit zu schaffen.

Werden für eine gezielte Entsorgung der FCKW-Lager keine Maßnahmen getroffen, ist die Beibehaltung der derzeitigen Entsorgungspraxis sehr wahrscheinlich. Die FCKW hältigen Dämmstoffe werden beim Abbruch als Bestandteil der Baurestmassen deponiert. Da FCKW hältige Dämmstoffe bereits heute in die Abfallwirtschaft gelangen, ist im Sinne der Ziele des Österreichischen Abfallwirtschaftsgesetzes, ein unmittelbarer Handlungsbedarf gegeben. Es sind demnach zum Schutz des Menschen und der Umwelt, sowie zur Gewährleistung einer nachsorgefreien Deponie Maßnahmen zu treffen, die eine Deponierung FCKW hältiger Dämmstoffe verhindern und eine entsprechende Entsorgung garantieren.

Ein weiterer konkreter gesetzlicher Handlungsbedarf ergibt sich durch die Umsetzung der EU Ozonverordnung. Danach gilt sinngemäß, dass FCKW Emissionen beim Abbruch und der Verwendung, falls praktikabel, zu vermeiden sind. 50 % der in Dämmstoffen befindlichen Mengen könnten nach einer ersten groben Schätzung einfach rückgebaut werden. Durch diese mögliche Einschränkung der Problemlösung auf spezielle Einsatzgebiete, steigt nicht nur die Wahrscheinlichkeit eine praktikable Entsorgungsstrategie zu entwickeln, sondern es können durch gezielten Ausbau auch die Diffusionsverluste von FCKW während der Nutzung minimiert werden.

FCKW hältige Dämmstoffe sind in Österreich „derzeit“ als nicht gefährlicher Abfall eingestuft. Im europäischen Abfallkatalog werden ab 1.1.2002 Kunststoffe aus dem Bauwesen, die gefährliche Stoffe enthalten, als gefährlicher Abfall deklariert.



Mit der Umsetzung dieser Verordnung in Österreich ist eine Änderung der Abfallzuordnung von FCKW hältigen Dämmstoffen möglich.

Im Zuge der Machbarkeitsstudie wurde ein mögliches Vorgehen eines FCKW Bewirtschaftungskonzeptes in vier Bausteinen entwickelt. Diese Vorgehensweise wurde am FCKW Round Table als praktikables Konzept zur Problemlösung angesehen. Das Bausteinkonzept beruht auf 4 Säulen. (1) Schließen von Wissenslücken und Erstellung eines FCKW Abfallwirtschaftskonzeptes (2) Aufbereitung und konkrete Umsetzung des FCKW Bewirtschaftungskonzeptes (3) Technologieentwicklung und Marketing und (4) Öffentlichkeitsarbeit und Monitoring.

Als erster Schritt sind die Wissenslücken zu schließen und ein praktikables Bewirtschaftungskonzept zu definieren. Dabei ist festzulegen, welche Mengen wann und wie rückgebaut und entsorgt werden sollen. Das theoretisch zu erwartende Entsorgungspotential und die Diffusionsraten einzelner Anwendungen sind zu bestimmen. Dazu sind die FCKW-Lager genügend genau zu lokalisieren und zu modellieren. Die Bewertung ist neben dem Ozonabbau-potential (ODP) auch mit dem Treibhausgaspotential (GWP) zu führen.

Im zweiten Schritt folgt die konkrete Umsetzung des FCKW Bewirtschaftungskonzeptes. Es ist ein entsprechendes Problembewusstsein zu schaffen und ein Maßnahmenkatalog auszuarbeiten. Wichtig an diesem Schritt sind Konzepte zur Umsetzung auf der Baustelle, wie Schulungen des Fachpersonals. Die Alternativprodukte, die anstatt der FCKW geschäumten Dämmstoffe eingesetzt werden, sind in ökologische Hinsicht mittels umfassender Ressourcenbilanzen zu prüfen.

Im dritten Schritt ist die bereits vorhandene Entsorgungstechnologie auf ihre Anwendbarkeit auf die FCKW-Problematik zu überprüfen, gegebenenfalls zu adaptieren oder neu zu entwickeln. Es hat sich gezeigt, dass einige notwendigen Technologien bereits bestehen oder von verwandten Problemen (Kühlschrankentsorgung, Asbestentsorgung) adaptiert werden können.

Im vierten Schritt des Bewirtschaftungskonzeptes wird ein entsprechendes Monitoringinstrument zur Überprüfung der Wirksamkeit der getroffenen Maßnahmen aufgebaut und die Ergebnisse veröffentlicht.

9.2 Schlussfolgerungen „Machbarkeitsstudie – Entsorgung der FCKW Altlasten“

.... der FCKW Bilanz Österreich

- In Österreich führten gesetzliche Regelungen zu einer weitgehenden Einschränkung des FCKW Einsatzes.
- Bedingt durch den Einsatz von FCKW in langlebigen Gütern ist heute noch eine große FCKW-Menge (FCKW-Lager, FCKW „Altlast“) in der Infrastruktur eingebaut.
- Das Umweltgefährdungspotential des FCKW Lagers ist als hoch einzustufen. Unter den getroffenen Annahmen entspricht die gespeicherte Menge einem Drittel der insgesamt bis 1993 eingesetzten FCKW-Menge Österreichs. Die Lagergröße und damit die Menge an potentiellen Emissionen ist in derselben Größenordnung wie 10 Jahremissionen zum Zeitpunkt des maximalen FCKW Verbrauches in Österreich.
- Unter den verschiedenen Anwendungen wurden FCKW in Dämmstoffen des Bauwesens als die mit Abstand größte akkumulierte Menge erkannt.

- Hinsichtlich der gespeicherten FCKW-Mengen in den Schaumstoffen des Bauwesens bestehen Wissenslücken. Beispielsweise ist das Diffusionsverhalten der FCKW aus den Dämmstoffen spezifischer Anwendungen zu untersuchen.

.... aus dem FCKW Round Table

- Der FCKW Round Table hat sich als geeignetes Instrument erwiesen, um einerseits die beteiligten Akteure zu informieren und andererseits die vorgeschlagenen Lösungsstrategien auf ihre Praxistauglichkeit und Akzeptanz zu prüfen.
- Es gibt eine breite Zustimmung der Akteure im Hinblick auf einen weiterführenden Prozess, der schlussendlich zu einer Lösung des FCKW Lagerproblems führt. Generell herrscht unter den Akteuren die Einstellung vor, dass das Problem FCKW hältiger Dämmstoffe des Bauwesens ein „lösbares“ Problem ist.
- Der FCKW Round Table lieferte eine gemeinsam akzeptierte Zieldefinition, die jedoch im ersten Ansatz noch pauschal formuliert ist. Demnach sollten zukünftig soviel FCKW wie möglich bei möglichst geringem Aufwand erfasst und entsorgt werden. Es ist vorstellbar, die leicht rückbaubaren Lager schon frühzeitig gezielt zu entsorgen. In jedem Fall muss die Verlagerung FCKW-hältiger Dämmstoffe auf die Deponie verhindert werden.
- Die Wirtschaft erwartet sich vom Gesetzgeber eine bundesweit einheitliche, nachvollziehbare und umsetzbare gesetzliche Regelung, deren Einhaltung auch überprüft wird. Nur durch verbindliche und klare Vorgaben für Abbruch und Entsorgung kann es für die betroffenen Unternehmen Rechtssicherheit geben. Der Handlungsbedarf zur Umsetzung eines FCKW Bewirtschaftungskonzeptes auf Grund gesetzlicher Regelungen ist jedoch groß.
- FCKW-hältige Dämmstoffe waren in Österreich zu diesem Zeitpunkt als nicht gefährlicher Abfall eingestuft. Im europäischen Abfallkatalog wurden ab 1.1.2002 Kunststoffe aus dem Bauwesen, die gefährliche Stoffe enthalten, als gefährlicher Abfall deklariert. Im Zuge der Implementierung des europäischen Abfallkatalogs in Österreich ist eine Änderung der Abfallzuordnung von FCKW-hältigen Dämmstoffen in der Festsetzungsverordnung möglich.
- Die EU Ozonverordnung fordert, dass alle praktikablen Vorsichtsmaßnahmen getroffen werden sollen, um ein Austreten von geregelten Stoffen während der Nutzung oder bei Zerstörung bzw. Aufarbeitung zu verhindern oder auf ein Mindestmaß zu reduzieren. Da nach einer ersten groben Schätzung 50 % der in Dämmstoffen befindlichen FCKW Mengen einfach rückgebaut werden könnten, ist zu prüfen, ob ein gezielter frühzeitiger Ausbau einzelner Anwendungen als „praktikabel“ einzustufen ist.
- Ein weiterer Handlungsbedarf lässt sich aus den Zielen des Österreichischen Abfallwirtschaftsgesetzes (AWG) herleiten. Es sind demnach zum Schutz des Menschen und der Umwelt, sowie zur Gewährleistung einer nachsorgefreien Deponie, Maßnahmen zu treffen, die eine Deponierung FCKW-hältiger Dämmstoffe verhindern und eine entsprechende Entsorgung dieser Abfälle garantieren.
- Trotz der langen Aufenthaltszeiten von mehreren Jahrzehnten einiger Baumaterialien in der Infrastruktur, ist im Besonderen darauf hinzuweisen, dass FCKW-hältige Dämmstoffe im Zuge von Wartungs- und Umbauarbeiten sowie bei Schadensfällen bereits heute in die Abfallwirtschaft gelangen. Des Weiteren wurden FCKW-hältige Dämmstoffe auch in Anwendungen mit kurzen Aufenthaltszeiten, wie beispielsweise



im Industriebau eingesetzt. Im Sinne der EU Verordnung und dem Österreichischen AWG sind diese Problemfelder vorrangig zu lösen.

- Die Entsorgung von aus dem Baurestmassen separierten FCKW-haltigen Dämmstoffen ist, rein technisch gesehen, machbar. Es ist zu erwarten, dass die Technologien zur Entsorgung bereits bestehen oder von verwandten Problemen (Kühlschranksorgung, Asbestentsorgung) rasch adaptiert werden können. In einem FCKW Abfallwirtschaftskonzept sind die anfallenden Mengen den Kapazitäten gegenüberzustellen und es ist auf die Möglichkeiten, Probleme und Rahmenbedingungen der einzelnen Technologien einzugehen.
- Die weiteren Schritte zur Lösung des FCKW Lagerproblems sollten nicht nur auf vollhalogenierte FCKW beschränkt werden. Das zu entwickelnde Entsorgungssystem sollte danach ausgerichtet werden, generell alle halogenkohlenwasserstoffhaltigen Dämmstoffe zu entsorgen und es sollte die Treibhausproblematik mitberücksichtigt werden.
- Die Alternativprodukte müssen umfassend bewertet werden (z.B. anfallende Abfallmengen, Energiebedarf). Die zukünftig verbauten Produkte dürfen nicht wieder zu den bekannten oder phänomenologisch ähnlichen Problemen führen. Deshalb sollten von den alternativ eingesetzten Produkten Lebenszyklusanalysen und von den verwendeten Stoffen in diesen Produkten Stoff- und Energiebilanzen durchgeführt werden. Eine so entstehende umfassende Ressourcenbilanz gäbe der Industrie, dem Konsumenten und dem Gesetzgeber mehr Sicherheit für die zukünftige ökologische Beurteilung der Produkte.
- Mit dem Round Table konnte eine erste Sensibilisierung einiger Akteure geschaffen werden. Generell ist die Problematik aber in der Baubranche unbekannt. Es sind weitere Schritte zur Information und Motivation der betroffenen Akteure zu setzen um ein Problembewusstsein zu schaffen. Es sind Möglichkeiten zu finden oder geeignete Technologien zu entwickeln, um auf der Baustelle zwischen FCKW-haltigen und FCKW-freien Materialien zu unterscheiden. Das Fachpersonal ist entsprechend zu schulen.

.... zur Umsetzung eines FCKW Bewirtschaftungskonzeptes

- Werden für eine gezielte Entsorgung der FCKW-Lager keine Maßnahmen getroffen, ist die Beibehaltung der derzeitigen Entsorgungspraxis sehr wahrscheinlich. Die FCKW haltigen Dämmstoffe werden beim Abbruch als Bestandteil der Baurestmassen deponiert. Ein Großteil der FCKW diffundiert während der Nutzungsphase in die Atmosphäre. Aus diesem Grund ist die Umsetzung eines FCKW Bewirtschaftungskonzeptes notwendig.
- Ein FCKW Bewirtschaftungskonzept ist machbar. Einerseits sind die benötigten Technologien zum Teil bereits vorhanden. Andererseits zeigte der Round Table eine breite Akzeptanz der beteiligten Akteure. Auch die Vorgehensweise für eine Umsetzung konnte im Zuge der Machbarkeitsstudie entwickelt werden. Das vorgestellte Bausteinkonzept wurde von den Akteuren am Round Table als praktikable Vorgehensweise zur Umsetzung eines FCKW Bewirtschaftungskonzeptes angesehen.

- Das Bausteinkonzept beruht auf 4 Säulen. (1) Schließen von Wissenslücken und Erstellung eines FCKW Abfallwirtschaftskonzeptes (2) Aufbereitung und konkrete Umsetzung des FCKW Bewirtschaftungskonzeptes (3) Technologieentwicklung und Marketing und (4) Öffentlichkeitsarbeit und Monitoring. Vorrangig sind die Wissenslücken zu schließen und ein praktikables Bewirtschaftungskonzept zu definieren. Dabei ist festzulegen welche Mengen, wann und wie rückgebaut und entsorgt werden sollen. Das theoretisch zu erwartende Entsorgungspotential und die Diffusionsraten einzelner Anwendungen sind zu bestimmen. Dazu sind die FCKW-Lager genügend genau zu lokalisieren und zu modellieren.

9.3 Kurzfassung „Zielgruppenorientierte Öffentlichkeitsarbeit zum Thema FCKW - Altlasten in der Infrastruktur“

In Österreich kam es in den letzten Jahren zu einem nahezu vollständigen Ausstieg aus der Verwendung von FCKW. In langlebigen Gütern sind jedoch noch FCKW gespeichert. Diese noch in Verwendung befindlichen Mengen werden als FCKW-Altbestände (FCKW Lager) bezeichnet. Beispielsweise sind in Bauwerken noch beachtliche FCKW Mengen vorhanden. Das Problem dieser Mengen besteht in zweierlei Hinsicht. Sowohl während der Nutzung als auch bei nicht fachgerechter Entsorgung können FCKW Emissionen in die Luft entweichen und damit einen Beitrag zum Ozonschichtabbau leisten.

Die Bewirtschaftung von FCKW Altbeständen ist bereits teilweise gesetzlich geregelt (Bspw.: Kühlgeräteentsorgung). Das Lebensministerium ist bemüht weitere FCKW Emissionen aus den Altbeständen so gering wie möglich zu halten und möchte gemeinsam mit allen beteiligten Akteuren ein finanzierbares, praxisgerechtes und nachhaltiges Bewirtschaftungskonzept auf Grundlage der EU Ozonverordnung und dem Abfallwirtschaftsgesetz gestalten.

Als wichtiger Schritt wurden in einer Machbarkeitsstudie prinzipielle Bewirtschaftungskonzepte mit Experten diskutiert (Round Table). Die Ergebnisse dieser Gespräche wurden in einem FCKW Newsletter zusammengefasst und an einen breiten Akteurskreis aus Verwaltung, Industrie und Forschung versandt. Der Fokus dieser Bemühungen wurde auf den mengenmäßig größten FCKW-Altbestand, jenen in Dämmschäumen des Bauwesens gelegt. Mit dieser Informationsaktion konnte ein wesentlicher Beitrag zum Problembewusstsein der Akteure geleistet werden.

Um ein Meinungsbild bezüglich der FCKW Problematik sowie deren Lösung zu erfassen, wurde eine Umfrage mittels Fragebögen und Interviews durchgeführt. Es konnte von 22% der relevanten Akteure eine Meinung eingeholt werden. Die betroffenen und interessierten Akteure werden in einer Adressdatenbank geführt. Eine Eintragung ist jederzeit möglich (Ressourcen Management Agentur (RMA); office@rma.at).

Resultate aus der Umfrage

- Die Problematik der FCKW-Altbestände und der FCKW-Diffusion aus Dämmstoffen sind den relevanten Akteuren bekannt, jedoch herrscht Unklarheit über deren Ausmaß.
- Die Ergebnisse der Umfrage bestätigen und ergänzen die Thesen und Schlussfolgerungen der Machbarkeitsstudie über nachhaltige FCKW - Bewirtschaftung in Österreich.
- 86% der Befragten forderten gezielte Maßnahmen zur Regulierung der FCKW-Altbestände in Dämmschäumen.



- Nach Angaben der Bauindustrie, der chemischen Industrie und der Forschung ist eine praktikable Lösung des FCKW Problems möglich. Bedenken kommen teilweise von Seiten der Verwaltung.
- Nahezu alle Befragten (97%) würden eine geregelte Entsorgung der FCKW Altbestände unterstützen. Als wichtige Bedingungen für eine Unterstützung wurden eine bundesweit einheitliche Gesetzgebung (Rechtssicherheit), die Überprüfung des ökologischen Nutzens und des ökonomischen Aufwandes und gezielten Maßnahmen genannt.
- Die größten Chancen für eine erfolgreiche FCKW Entsorgung bestehen, wenn sich das Konzept auf die großen Altbestände konzentriert. Ein selektiver Rückbau leicht erfassbarer FCKW Dämmplatten im Zuge des Gebäudeabbruchs erscheint am schnellsten realisierbar. In jedem Fall werden entsprechende Informations- und Schulungsmöglichkeiten gefordert.
- Das FCKW Problem mit den Herausforderungen des Klimaschutzes zu kombinieren wird von Vertretern des Klimaschutzes unterstützt. Es ist ein gemeinsames Vorgehen im Bereich der thermischen Gebäudesanierung mit der Kommunalkredit Austria und dem Klimaschutzprogrammen der Länder und Gemeinden denkbar.
- Technologien zu Rückbau und Behandlung von FCKW-Dämmstoffen sind nach Angabe der Akteure vorhanden bzw. rasch adaptierbar.

Schlussfolgerungen und Handlungsempfehlungen

Der FCKW-Newsletter ist ein erfolgreiches Instrument, um gezielt Information bezüglich der Problematik zu transportieren. Mehr als 50% der Befragten gaben an, ihr Fachwissen aus dem Newsletter oder der Machbarkeitsstudie bezogen zu haben.

Durch die FCKW-Umfrage konnte auf effiziente Art und Weise ein repräsentatives Stimmungsbild bezüglich der Problematik der FCKW Altlasten erfasst werden.

Die Meinungen und Handlungsempfehlungen der Akteure aus Verwaltung, Forschung und Wirtschaft gehen in eine klare Richtung und unterscheiden sich unwesentlich. Der vom Lebensministerium begonnene Weg eines gemeinsamen Vorgehens aller Akteure zur Umsetzung einer praktikablen Entsorgungsstrategie und dadurch der Vermeidung von FCKW Emissionen in die Atmosphäre kann Erfolg versprechend fortgesetzt werden.

Als nächster Schritt sollte ein gemeinsames Vorgehen mit den Bemühungen des Klimaschutzes diskutiert werden. Durch Synergieeffekte könnte ein Teil des FCKW Problems mit verhältnismäßig geringem Aufwand gelöst werden. Ein wesentlicher Vorteil besteht alleine darin, dass die Strategie nicht auf FCKW Gase isoliert, sondern wie von vielen Akteuren gefordert generell auf Treibgase mit Ozonabbau- und/oder Treibhauspotential angelegt wird. Des Weiteren besteht bei den Akteuren des Klimaschutzes bereits Know-How für die Empfehlungen umweltverträglicher Ersatzprodukte.

9.4 Schlussfolgerungen „Zielgruppenorientierte Öffentlichkeitsarbeit zum Thema FCKW - Altlasten in der Infrastruktur“

Relevante Akteure identifiziert und repräsentatives Stimmungsbild erfasst

Durch eine umfangreiche Adressrecherche wurden die relevanten Akteure aus Behörde, Industrie und Forschung identifiziert. Von 22% der relevanten Organisationen konnte durch Fragebögen und Interviews eine Meinung eingeholt werden. Dadurch wurde ein repräsentatives Stimmungsbild bezüglich der Problematik der FCKW Altbestände erfasst.



Thesen der FCKW Machbarkeitsstudie bestätigt

Die Antworten und das Stimmungsbild bestätigten die wichtigsten Thesen und Schlussfolgerungen aus der im Jahre 2001 durchgeführten Machbarkeitsstudie. Das dort entworfene schrittweise Vorgehen zur Umsetzung konnte untermauert und ergänzende Aspekte erfasst werden.

Problembewusstsein vorhanden - Sensibilisierung erreicht

Die Problematik, dass sich noch FCKW-hältige Produkte in Verwendung befinden ist den Akteuren großteils bekannt. Jedoch wurden der Stellenwert des Bauwesens und das Ausmaß der gespeicherten Mengen teilweise weit unterschätzt. Dass FCKW durch Diffusion aus den Dämmstoffen während der Nutzung entweichen ist ebenfalls bekannt. Es herrscht jedoch Unklarheit über das Ausmaß.

Sehr erfreulich und eine Bestätigung der durchgeführten Arbeiten ist der Umstand, dass der Großteil der Befragten angibt, ihr Wissen aus der FCKW-Machbarkeitsstudie oder dem FCKW-Newsletter bezogen zu haben.

Handlungsbedarf gegeben

Von nahezu allen Befragten kam die Forderung nach gezielten Maßnahmen und verbindlichen einheitlichen Zielsetzungen und Regelungen (Rechtssicherheit) zur Entsorgung der FCKW-Altbestände. Aufgrund der gesetzlichen Lage (EU-Ozonverordnung) wurde die Erarbeitung einer praktikablen Entsorgungsstrategie gefordert.

Lösungsmöglichkeiten vorhanden

Die Möglichkeit einer praktikablen Lösung, konnte von der Bauindustrie, der chemischen Industrie und der Forschung niemand verneinen. Technologien zum Rückbau und zur Behandlung von FCKW-Dämmstoffen sind nach Meinung der Befragten vorhanden oder können adaptiert werden.

Die Mehrheit der Befragten ist der Meinung, dass durch eine FCKW-Sanierung (Austausch der FCKW hältigen Dämmstoffe innerhalb der Nutzungsdauer der Gebäude) eine deutlich größere FCKW-Menge entsorgt werden kann, als lediglich durch einen geregelten Bauwerksabbruch. Ein selektiver Rückbau eines Großteils der FCKW Dämmplatten im Zuge des Gebäudeabbruchs erscheint technisch machbar und praktikabel. Von Seiten der Baufirmen und der Verwaltung kamen jedoch Bedenken bezüglich dem Anteil praktikabel entsorgbarer FCKW Dämmschäume im Hinblick auf anfallende Kosten und mögliche FCKW-Verluste beim Ausbau.

Kooperationsbereite Akteure identifiziert - Unterstützung vorhanden

Mehr als 90% der Befragten würden eine geregelte Entsorgung der FCKW Altbestände unterstützen. Als wichtige Bedingungen für eine Unterstützung wurden eine bundesweit einheitliche Gesetzgebung und die Überprüfung des ökologischen Nutzens und des ökonomischen Aufwandes genannt.

Informationsdefizite aufgezeigt

Für Industrie, Verwaltung und Forschung wurden jeweils Wissensdefizite identifiziert (z.B. derzeitige Rechtslage, Erkennung von FCKW-Schaumstoffen, vorhandene Entsorgungstechnologien, etc.) und damit ein Potenzial für gezielte Öffentlichkeitsarbeit und Schulungen aufgezeigt.



Ziele empfohlen

Die wichtigsten Ziele, die sich Österreich bei der FCKW Entsorgung setzen sollte, sind die Verhinderung der Ablagerung auf Deponien und eine minimale Freisetzung von FCKW in die Atmosphäre.

Chancen und Hemmnisse eines FCKW Entsorgungskonzeptes identifiziert

Die wichtigsten Chancen und Hemmnisse einer umweltorientierten FCKW-Entsorgung wurden identifiziert. Für die wichtigsten Hemmnisse wurden Lösungsmöglichkeiten aufgezeigt.

Obwohl das Stimmungsbild der einzelnen Sektoren unterschiedlich ist, konnten einige Gemeinsamkeiten bezüglich den Voraussetzungen für eine FCKW-Entsorgung erkannt werden.

Als wichtigste Chancen und Voraussetzungen für eine Umsetzung wurden genannt:

- Vorhandene Entsorgungstechnologien bereitstellen
- Position „Entsorgung FCKW-hältiger Dämmstoffe“ in der Leistungsbeschreibung Hochbau aufnehmen
- Verbindliche einheitliche Regelung schaffen
- Schulungen durchführen und Leitfaden für den Rückbau erstellen
- Gesamtheitliche Untersuchung der derzeitigen Situation und möglicher Entsorgungsmaßnahmen durchführen (Kosten, Nutzen, alle Gase mit Treibhaus- und/oder Ozonerstörungspotential, Ökobilanz)
- Den Klimaschutz bei der Umsetzung eines FCKW Entsorgungskonzeptes berücksichtigen

Als wichtigste Hemmnisse für eine Umsetzung wurden genannt:

- Höhere Kosten durch Rückbau und getrennte Entsorgung
- Fehlendes Problembewusstsein
- Erkennen FCKW-hältiger Schaumstoffe
- Rückbauprobleme

Handlungsempfehlungen abgeleitet

Die Meinungen und Handlungsempfehlungen der Akteure aus Verwaltung, Forschung und Wirtschaft gehen in eine klare Richtung und unterscheiden sich unwesentlich. Der vom Lebensministerium begonnene Weg eines gemeinsamen Vorgehens aller Akteure zur Umsetzung einer praktikablen Entsorgungsstrategie und dadurch der Vermeidung von FCKW Emissionen in die Atmosphäre kann Erfolg versprechend fortgesetzt werden.

Als nächster Schritt sollte ein gemeinsames Vorgehen mit den Bemühungen des Klimaschutzes diskutiert werden. Durch Synergieeffekte könnte ein Teil des FCKW Problems mit verhältnismäßig geringem Aufwand gelöst werden. Beispielsweise besteht bei den Akteuren des Klimaschutzes bereits Know-How für die Empfehlungen umweltverträglicher Ersatzprodukte.



9.5 Background / History (ohne FKW, HFKW, SF6)

Bemerkung: Ausnahmeregelungen sind zwecks Übersichtlichkeit nicht vollständig aufgelistet worden

- 1950: Beginn der Verwendung von Methylchlorid (= Dichlormethan; CH_2Cl_2) als Treibmittel für Schaumstoffe (Klemm, Austrotherm)
- 1960: In den 60er Jahren beginnt die Verwendung von FCKW als Treibmittel für Schaumstoffe (Klemm, Austrotherm).
- 1993: Ö-weites Verbot der Verwendung von vollhalogenierten FCKW in Druckgaspackungen (BGBl 55, 1989)
- 1991: Ö-weite Einschränkung der Verwendung von vollhalogenierten FCKW (BGBl 301, 1990)
- 1993: Ö-weites Verbot der Verwendung von vollhalogenierten FCKW als Treibmittel für Schaumstoffe (BGBl 301, 1990)**
- 1994: Ö-weites Verbot der Verwendung von vollhalogenierten FCKW als Kühlmittel für Klima- und Kälteanlagen (BGBl 301, 1990)
- 1995: Ö-weites Verbot der Verwendung von vollhalogenierten FCKW als Reinigungsmittel (BGBl 301, 1990)
- 1994: EU-weites Verbot der Produktion, des Inverkehrbringens und der Verwendung von Halonen und Tetrachlorkohlenstoff (erst ab 1995). Ausnahmen: Wartung von Klima- und Kälteanlagen bis Ende 2000 und Einsatz von Brandschutzeinrichtungen mit Halonen bis Ende 2003. (EG 3039/1994 und EG 2037/2000)
- 1996: EU-weites Verbot der Produktion, des Inverkehrbringens und der Verwendung von vollhalogenierten FCKW, 1,1,1-Trichlorethan und teilhalogenierten Fluorbromkohlenwasserstoffen. Stufenweise Einschränkung schon ab 1994. Ausnahmen: Wartung von Klima- und Kälteanlagen bis Ende 2000 (EG 3039/1994 und EG 2037/2000)
- 1996 Ö-weites Verbot des Inverkehrbringens und der Verwendung von teilhalogenierten Fluorbromkohlenwasserstoffen (BGBl 750/1995).
- 1998 Ö-weites Verbot des Inverkehrbringens und der Verwendung von Methylbromid (BGBl 750/1995).
- 2000 Ö-weites Verbot der Verwendung von teilhalogenierten Fluorchlorkohlenwasserstoffen für Schaumstoffe und für Lösungsmittel (BGBl 750/1995).**
- 2001 EU-weites Verbot der Verwendung von teilhalogenierten Fluorchlorkohlenwasserstoffen als Kältemittel für Kühl- und Klimaanlage. Stufenweise Einschränkung schon ab 1996 (EG 2037/2000)
- 2002 Ö-weites Verbot der Verwendung von teilhalogenierten Fluorchlorkohlenwasserstoffen als Kältemittel (BGBl 750/1995).
- 2004 EU-weites Verbot der Verwendung von teilhalogenierten Fluorchlorkohlenwasserstoffen für Schaumstoffe.** Stufenweise Einschränkung schon ab 2000 (EG 2037/2000)
- 2005 EU-weites Verbot der Produktion, des Inverkehrbringens und der Verwendung von Methylbromid. Stufenweise Einschränkung schon ab 1995 (EG 2037/2000 und EG 3039/1994)
- 2010 EU-weites Verbot des Inverkehrbringens und der Verwendung von teilhalogenierten Fluorchlorkohlenwasserstoffen. Stufenweise Einschränkung schon ab 2000 (EG 2037/2000)



lebensministerium.at

RRMMMAAAA

Initiative zur Förderung einer umweltverträglichen nachhaltigen Ressourcenbewirtschaftung

Ressourcen Management Agentur

2026 EU-weites Verbot der Produktion von teilhalogenierten Fluorchlorkohlenwasserstoffen. Stufenweise Einschränkung schon ab 2000 (EG 2037/2000)

Fluorchlorkohlenwasserstoffen, anderen vollhalogenierten Fluorchlorkohlenwasserstoffen, Halonen, Tetrachlorkohlenstoff, 1,1,1-Trichlorethan, Methylbromid, teilhalogenierten Fluorbromkohlenwasserstoffen und teilhalogenierten Fluorchlorkohlenwasserstoffen
Kategorisieren: je nach Alter der Dämmschäume das ODP und GWP Potenzial angeben und daher die Prioritäten für Sanierung festlegen (Sanierung sehr/nicht empfohlen)



10 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1: Vergleich der abgeschätzten FCKW-Lager Österreichs in [ODP] (Stand 1993) [Obernosterer & Brunner, 1997]	13
Abbildung 1-2: Szenario 1: keine gezielte Entsorgung der FCKW-Lager; Werte: ODP Einheiten [Obernosterer et al., 2001b].....	14
Abbildung 1-3: Szenario 2: gezielte Entsorgung der FCKW-Lager am Ende der Nutzungsdauer; Werte: ODP Einheiten [Obernosterer et al., 2001b].....	14
Abbildung 1-4: Szenario 3: gezielter Ausbau während der Nutzung und geregelte Entsorgung der FCKW-Lager am Ende der Nutzungsdauer; Werte: ODP Einheiten [Obernosterer et al., 2001b].....	15
Abbildung 5-1: XPS Dämmstoffverbrauch in Österreich	43
Abbildung 5-2: PU Dämmstoffverbrauch in Österreich	44
Abbildung 5-3: jährliche ODS Diffusionsmengen aus dem Lager im Zeitraum 1965 bis 2010 in ODP-t/a.....	47
Abbildung 5-4: jährliche ODS Diffusionsmengen aus dem Lager im Zeitraum 1965 bis 2010 in GWP-t/a.....	48
Abbildung 5-5: Lagerentwicklungen in ODP-t (Summenkurven) bis zum Jahr 2100 der Annahmen 1 und 2	50
Abbildung 5-6: Szenario 1: keine gezielte Entsorgung der ODS-Lager; Werte: ODP Einheiten	51
Abbildung 5-7: Szenario 2: gezielte Entsorgung der FCKW-Lager am Ende der Nutzungsdauer; Werte: ODP Einheiten.....	52
Abbildung 5-8: Szenario 3: gezielter Ausbau während der Nutzung und geregelte Entsorgung der FCKW-Lager am Ende der Nutzungsdauer; Werte: ODP Einheiten.....	53
Abbildung 5-9 Lagerentwicklung in den nächsten 30 Jahren in ODP-t bei Annahme 3.....	55
Abbildung 5-10: Szenario 4: gezielte Entsorgung der FCKW-Lager unter Berücksichtigung der Nutzungsdauer von PU-Sandwichelementen in Industriebauten bis 2030; Werte: ODP Einheiten.....	56
Abbildung 5-11: Vergleich der potentiellen zukünftigen Emissionen in die Atmosphäre und dem Vermeidungspotential der 4 Szenarien	58
Abbildung 6-1: Flachdachsanieierung der HTL-Villach [Werner, 2003]	62
Abbildung 6-2: RAL-Gütezeichen.....	66



lebensministerium.at

RRMMMAAAA

Initiative zur Förderung einer umweltverträglichen nachhaltigen Ressourcenbewirtschaftung

Ressourcen Management Agentur

11 Literaturverzeichnis

Alicke, G.; Boy, E. (1992) H-FCKW als Treibmittel für XPS-Schaum. In: Alternativen zu FCKW und Halonen. Tagungsband der Internationalen Konferenz in Berlin 1992. Hrsg. von BASF-Aktiengesellschaft.

Ambrosch; Hollauf; Kübacher (2004) Persönliche Mitteilung. Austrotherm.

Austrotherm (2004) Austrotherm. Unternehmen. Geschichte. 29.09.2004.
<http://www.austrotherm.com/austrotherm/at/main2/sub1/06836/index.shtml>.

Befragung Schaumhersteller (2004) Umfrage bei bedeutendsten Schaumproduzenten. Wien.

BGBl 259/1991 (1991) Verordnung des Bundesministers für Umwelt, Jugend und Familie über die Trennung von bei Bautätigkeiten anfallenden Materialien. 11.07.2005.

BGBl II 89 (2005) Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, mit der die Abfallverzeichnisverordnung geändert wird.

BGBl II 570 (2003) Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über ein Abfallverzeichnis (Abfallverzeichnisverordnung).

Bichler, B.; Werenskiold, W.; Unterberger, S. (2001) Abschätzung der tatsächlichen und potentiellen treibhauswirksamen Emissionen von H-FKW, P-FKW und SF6 für Österreich. Interner Bericht. 654. IB. Umweltbundesamt. Wien.

BMLFUW (2002) Strategie Österreichs zur Erreichung des Kyoto-Ziels. Klimastrategie 2008/2012. Bundesministerium für Land- u. Forstwirtschaft Umwelt u. Wasserwirtschaft. Wien.

Boy, E. Worin unterscheidet sich XPS von EPS. Herstellung-Eigenschaften-Anwendung. BASF Aktiengesellschaft. Ludwigshafen.

Danish EPA (1999) Brominated Flame Retardants. Substance Flow Analysis and Assessment of Alternatives. Danish Environmental Protection Agency.

Endstrasser (2004) Persönliche, mündliche Mitteilung. Steinbacher Dämmstoffe. Abteilung Technik.

Fachverband Gas Wärme (2004) Entwicklung der Fernwärme-Netzlänge. Fernwärme in Österreich - Zahlenspiegel 2004. 22.10.2004. www.gaswaerme.at/fw/fwflash/fwswf.htm.

Fachvereinigung Polystyrol-Extruderschäumstoff (2004) FPX-Dämmstoffe. 04.07.2005.
<http://www.fpx-daemmstoffe.de/>.

GDI Österreich (2004) Dämmstoffstatistik 1993-2003. Gemeinschaft Dämmstoffindustrie.

Hallada (2005) Persönliche Mitteilung. Firma KE KELIT.



Harnisch, J.; Schwarz, W.; Fabian, P.; Höhne, N.; Jenseit, W.; Jordan, A.; Koch, M.; Rheinberger, U.; Wartmann, S. (2003) Risiken und Nutzen von florierten Treibhausgasen in Techniken und Produkten unter besonderer Berücksichtigung der stoffintrinsic Eigenschaften. Umweltbundesamt. Berlin.

ISOPA (2005) Isopa - European Diisocyanate & Polyol Producers Association. 06.07.2005. http://www.isopa.org/htdocs/isopa_site/intro_page_orange.htm.

Jeffs, M.; De Vos, R. (1999) Zero ODP Blowing Agent Options for Rigid Polyurethane Insulating Foams.

Klemm; Jandl (2004) Persönliche Mitteilung. Austrotherm.

Maaß, J.; Friedrich, U. (2004) Dämmung von Rohrleitungen mit PUR-Schäumen. Projektinfo 11/2004. BINE Informationsdienst. Hrsg. von Fachinformationszentrum Karlsruhe. Karlsruhe.

Obernosterer, R. (1994) Flüchtige Halogenkohlenwasserstoffe FCKW, CKW, Halone. Stoffflußanalyse Österreich. Diplomarbeit. Technische Universität Wien. Institut für Wasser- und Abfallwirtschaft. Abteilung Abfallwirtschaft und Stoffhaushalt. Wien.

Obernosterer, R.; Brunner, P. H. (1997) Baurestmassen als zukünftige Hauptquelle für FCKW in der Abfallwirtschaft. Müll und Abfall 1 (97). S. 89-95.

Obernosterer, R.; Neumayer, S.; Daxbeck, H. (2001a) Machbarkeitsstudie. Entsorgung der FCKW Altlasten (Projekt FCKW-Machbarkeitsstudie). Ressourcen Management Agentur (RMA). Initiative zur Förderung einer umweltverträglichen nachhaltigen Ressourcenbewirtschaftung. Wien.

Obernosterer, R.; Neumayer, S.; Daxbeck, H. (2001b) Nachhaltige FCKW Bewirtschaftung Österreich. Entwicklung und praktische Umsetzung eines umweltverträglichen FCKW-Entsorgungskonzeptes, Machbarkeitsstudie. Ressourcen Management Agentur (RMA). Wien.

Obernosterer, R.; Smutny, R. (2003) Zielgruppenorientierte Öffentlichkeitsarbeit zum Thema FCKW - Altlasten in der Infrastruktur. Basis für eine zukünftige Entsorgung der noch in Verwendung befindlichen FCKW Mengen. Ergebnisse der Umfrage (Projekt FCKW-Multiplikator). Ressourcen Management Agentur (RMA). Initiative zur Förderung einer umweltverträglichen nachhaltigen Ressourcenbewirtschaftung. Wien.

Obernosterer, R.; Smutny, R. (2004) Nachhaltige FCKW - Bewirtschaftung Österreich. Umsetzung von Rückbaumaßnahmen für die noch in Verwendung befindlichen Stoffe mit Ozonzerstörungspotenzial des Bauwesens. FCKW-Rückbau. Zwischenbericht. Ressourcen Management Agentur (RMA). Initiative zur Förderung einer umweltverträglichen nachhaltigen Ressourcenbewirtschaftung. Villach, Wien.

Obernosterer, R.; Smutny, R.; Jäger, E. (2005) Nachhaltige FCKW-Bewirtschaftung Österreich. Berechnungen zum Endbericht. Ressourcen Management Agentur (RMA). Villach, Wien.

Obernosterer, R.; Smutny, R.; Jäger, E.; Merl, A. (2004) HFKW Gase in Dämmschäumen des Bauwesens. Evaluierung der HFKW-Emissionsberechnung aus der Produktion und dem



Einsatz von XPS-/PU-Platten und PU-Schäumen für die Österreichische Luftschadstoff-Inventur (Projekt: HFKW-Bau). Endbericht. Ressourcen Management Agentur (RMA). Villach.

Ozone Secretariat (2003) Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer. United Nations Environment Programme (UNEP). 2002 Report of the Rigid and Flexible Foams. Technical Options Committee. 2002 Assessment. United Nations Environment Programme. Nairobi.

Schwaab, K.; Dettling, F.; Bernhardt, D.; Elsner, C.; Sartorius, R.; Reimann, K.; Remus, R.; Plehn, W. (2004) Flourierte Treibhausgase in Produkten und Verfahren. Technische Maßnahmen zum Klimaschutz. Umweltbundesamt. Berlin.

Steger (2005) Persönliche Mitteilung. Firma Steinbacher.

Svanström, M. (1997) Blowing Agents in rigid Polyurethane Foam - Analytical Studies - Technical and Environmental Aspects. Doctoral Thesis. Chalmers University of Technology. Department of Chemical Environmental Science. Göteborg, Schweden.

Verordnung (EG) 2037 (2000) Verordnung des Europäischen Parlaments und des Rates über Stoffe, die zum Abbau der Ozonschicht führen. 29.06.2000.

Wagner (2004) Persönliche, mündliche Mitteilung. Isoplus Fernwärmetechnik.

Werner, A. (2003) Umweltfreundliche Entsorgung von FCKW-geschäumten Dämmplatten. Diplomarbeit. HTBLuVA-Villach. Villach.

Wieser, M.; Poupa, S.; Anderl, M.; Wappel, D.; Kurzweil, A.; Halper, D.; Weiss, P. (2004) Austria's national inventory report 2004. Submission under the United Nations Framework Convention on Climate Change. Umweltbundesamt. Wien.

Zischkin (2004) Persönliche Mitteilung. Brucha.