

Jahresbericht 2003, 03. Dezember 2003

Abfall-Lösungsmittelverwertung in der chemischen Industrie, Phase 2

Autor	Christian Capello
beauftragte Institution	Gruppe für Umwelt- und Sicherheitstechnologie; ETH Zürich
Adresse	ETH Hönggerberg HCI G 143; 8093 Zürich
Telefon, E-mail,	01 / 633 44 01, capello@tech.chem.ethz.ch ,
Internetadresse	http://itcmail.ethz.ch/hungerb/
BFE-Nummern	Projekt: 100065; Verfügung: 150123
Dauer des Projekts	vom 01.01.2003 bis 31.07.2006

Zusammenfassung

Das erste Jahr des Projektes diente im Wesentlichen der Kontaktaufnahme und Einbindung von Unternehmen der chemischen Industrie in das Projekt. Mit Hilfe der Unternehmen konnte die Situation des Abfall-Lösungsmittelmanagements in der Schweizerischen chemischen Industrie erfasst werden und ein vernünftiges Systemmodell für die Bewertung mittels Ökobilanzen erarbeitet werden. Erhoben wurden Daten zu den Stoffströmen und den eingesetzten Technologien.

Zudem wurde mit der Bearbeitung von zwei Fallbeispielen begonnen, mit dem Ziel, die Einflussparameter der stofflichen Lösungsmittelwiedergewinnung zu identifizieren, deren Sensitivitäten zu prüfen und diese im Hinblick auf eine Modellbildung zu beschreiben.

Als weiteres Teilprojekt wurde begonnen, die petrochemische Lösungsmittelherstellung zu analysieren. Die Herstellungswege der wichtigsten Lösungsmittel wurden studiert und bereits in Datenbanken vorhandene Inventare von Lösungsmitteln auf ihre Plausibilität hin geprüft.

Im Bereich der thermischen Lösungsmittelverwertung wurde ein Multi-Input Allokationsmodell für die thermische Verwertung von Abfall-Lösungsmittel in Zementwerken entwickelt. Dieses Modell ist analog dem Modell der thermischen Abfall-Lösungsmittelverwertung in Abfalllösungsmittelverwertungsanlagen aufgebaut. Damit können Ökoinventare einschliesslich der Energienutzung für spezifische Abfall-Lösungsmittelgemische berechnet werden.

1 Projektziele 2003

Das erste Jahr des Projektes diente vor allem der Kontaktaufnahme mit mehreren Unternehmen der Schweizerischen Pharma- und Spezialitätenchemie (vgl. Abschnitt 3). Dank der Zusammenarbeit mit der Industrie konnte eine umfassende, für die Situation in der Schweiz repräsentative Analyse der Abfall-Lösungsmittelbehandlung erarbeitet werden (vgl. Abschnitt 2). Die Angaben der Unternehmen wurden im Hinblick auf die Anwendung von ökologischen Bewertungsmodellen (Ökobilanzen) erfasst und dokumentiert. Diese angestrebten und im Projektantrag ausführlich beschriebenen Ziele konnten erreicht werden. Parallel zu dieser Analyse wurde mit der Bearbeitung von Fallbeispielen begonnen. So wird einerseits ein Fallbeispiel bearbeitet, wo eine grosse Anzahl von Destillationsprozessen statistisch erfasst und ausgewertet wird. Damit sollen Durchschnittswerte für Prozessparameter und deren Vertrauensgrenzen bestimmt werden. Desweiteren wird auch ein Fallbeispiel eines spezifischen Destillationsprozesses bearbeitet, mit dem Ziel, die Einflussparameter auf Ebene der Prozessführung zu identifizieren und deren Sensitivitäten zu überprüfen.

2 Durchgeführte Arbeiten und erreichte Ergebnisse

2.1 RESULTATE DER BEFRAGUNG DER INDUSTRIEPARTNER – ANALYSE DER ABFALL-LÖSUNGSMITTELBEHANDLUNG IN DER CHEMISCHEN INDUSTRIE

Lösungsmittel erfüllen vielerlei Zwecke in der chemischen Industrie. So können sie als Reinigungsmittel, als Reaktions- oder Aufbereitungsmedium für chemische Synthesen, als Formulierungshilfsmittel oder als Rohstoff für Produkte eingesetzt werden [11,14,15]. In diesem Bericht werden ausschliesslich Lösungsmittel betrachtet, die als Synthesereaktionsmedium und Aufbereitungsmedium in der Schweizerischen Pharma- und Spezialitätenchemie eingesetzt werden. Zudem handelt es sich bei diesen Lösungsmitteln meist um organische Lösungsmittel, die bei Raumtemperatur und unter Normaldruck als Flüssigkeit vorliegen.

Der Lebenszyklus von Produkten beinhaltet im Allgemeinen drei Phasen: Die Herstellung, den Gebrauch und die Entsorgung bzw. Verwertung (z.B. [10]). Übertragen auf organische Lösungsmittel würde das bedeuten, dass deren Lebenszyklus mit der - meist petrochemischen - Herstellung beginnt. Vereinfachend wird im Folgenden angenommen, dass für chemische Prozesse in der Pharma- und Spezialitätenchemie hauptsächlich hochwertige Lösungsmittel eingesetzt werden. Hochwertig in diesem Zusammenhang bedeutet, dass die Lösungsmittel eine hohe technische Reinheit aufweisen und/oder das Spektrum der Nebenkomponenten klar definiert ist. Diese hochwertigen Lösungsmittel werden als Reaktionsmedium für Synthesen in verschiedenen Produktstufen eingesetzt. Durch diesen Gebrauch können die Lösungsmittel oft nicht mehr in den selben Prozessen eingesetzt werden, da sie entweder verschmutzt sind, in unbrauchbarer Form vorliegen oder auf Grund betrieblicher oder behördlicher Vorschriften nicht mehr wiederverwendet werden dürfen [15]. Falls gebrauchte Lösungsmittel nicht mehr ohne Aufarbeitungsprozess eingesetzt werden können, spricht man von Abfall-Lösungsmittel (ALM). Oftmals wird zumindest ein Teil des beim Prozess anfallenden Abfall-Lösungsmittels kontinuierlich aufbereitet und direkt in den Prozess zurückgeführt. In diesem Fall spricht man von einer anlageninternen Lösungsmittelrückgewinnung. Der andere Fall ist, wenn das Abfall-Lösungsmittel aus dem Prozess austritt und zentral gesammelt wird. Wird im Folgenden von Abfall-Lösungsmittel gesprochen, wird dabei immer dieses zentral gesammelte Abfall-Lösungsmittel gemeint. Für die Behandlung dieses zentral gesammelten Abfall-Lösungsmittels bieten sich verschiedene Varianten an:

- **Die Abfall-Lösungsmittel Entsorgung**
Bei der Entsorgung geht aus der Behandlung des Abfall-Lösungsmittels kein direkter Nutzen hervor. Das heisst, weder der Rohstoff noch der Energieinhalt des Abfall-Lösungsmittels wird verwertet. Die wichtigste Technologie der Entsorgung ist die Kanalisierung des Abfall-Lösungsmittels in einer Abwasserreinigungsanlage (ARA).

- **Die thermische Abfall-Lösungsmittelverwertung**
Bei der thermischen Verwertung wird die im Abfall-Lösungsmittel chemisch gebundene Energie zurückgewonnen. Oftmals substituiert das Abfall-Lösungsmittel dabei fossile Brennstoffe und trägt zur Energieproduktion eines Unternehmens bei. Abfall-Lösungsmittel wird zum grössten Teil in Sondermüllverbrennungsöfen (Abfall-Lösungsmittelverwertungsanlagen (ALV) oder Sonderabfallverbrennungsanlagen (SAVA)) thermisch verwertet. Andere Optionen sind die Verbrennung in Zementwerken, Kesselhäusern oder in thermischen Abluftverwertungsanlagen (TAV).

- **Die zentrale stoffliche Abfall-Lösungsmittelverwertung**
Die stoffliche Abfall-Lösungsmittelverwertung bezweckt die Wiedergewinnung von Lösungsmittel aus einem Abfall-Lösungsmittel bzw. das Entfernen von Verunreinigungen. Dabei können unterschiedliche Produkte mit verschiedenen Einsatzzwecken hervorgehen. Vereinfachend werden vier Möglichkeiten unterschieden, wie mit dem Abfall-Lösungsmittel verfahren wird: (1) Die Regeneration zu hochwertigem Lösungsmittel und Einsatz in der gleichen Prozessstufe (Stufenregeneration), (2) die Regeneration zu hochwertigem Lösungsmittel und Einsatz in einer vergleichbaren Prozessstufe (Pool-Lösungsmittel). Dabei werden Regenerate aus verschiedenen Aufarbeitungen zusammengeführt und gemischt. Diese gepoolten Regenerate müssen vorgeschriebene Spezifikationen einhalten, sowohl was die technische Reinheit als auch das Spektrum der NebenkompONENTEN betrifft. Dies erfordert einen hohen Aufwand für analytische Untersuchungen. Eine weitere Möglichkeit (3) ist das Downcycling. Dabei wird aus dem Abfall-Lösungsmittel „minderwertiges“ Lösungsmittel gewonnen. Als „minderwertig“ werden Lösungsmittel bezeichnet, die nicht eine hohe technische Reinheit haben und/oder viele bzw. ein unbekanntes Spektrum an NebenkompONENTEN aufweisen. Diese Regenerate werden nicht mehr in der Pharma- und Spezialitätenchemie eingesetzt, sondern werden an andere Industriezweige verkauft, die nicht so strengen Auflagen gerecht werden müssen. Dort können sie einerseits wieder als Synthesereaktionsmedium verwendet werden (z.B. in der Farben- und Lackindustrie) oder sie werden Produkten beigemischt (z.B. Reinigungsmittel). Als letzte Möglichkeit (4) wird das Abfall-Lösungsmittel zu Ersatzbrennstoff aufgearbeitet. Dazu werden nicht Komponenten des Abfall-Lösungsmittels zurückgewonnen, sondern es werden Verunreinigungen (z.B. Halogene, Metalle, Feststoffe) entfernt. Zudem kann der Wassergehalt verringert werden, damit ein Mindestbrennwert des Gemisches erreicht wird.

In Abbildung 2.1 wird der Lebenszyklus von Lösungsmittel in der Pharma- und Spezialitätenchemie schematisch dargestellt.

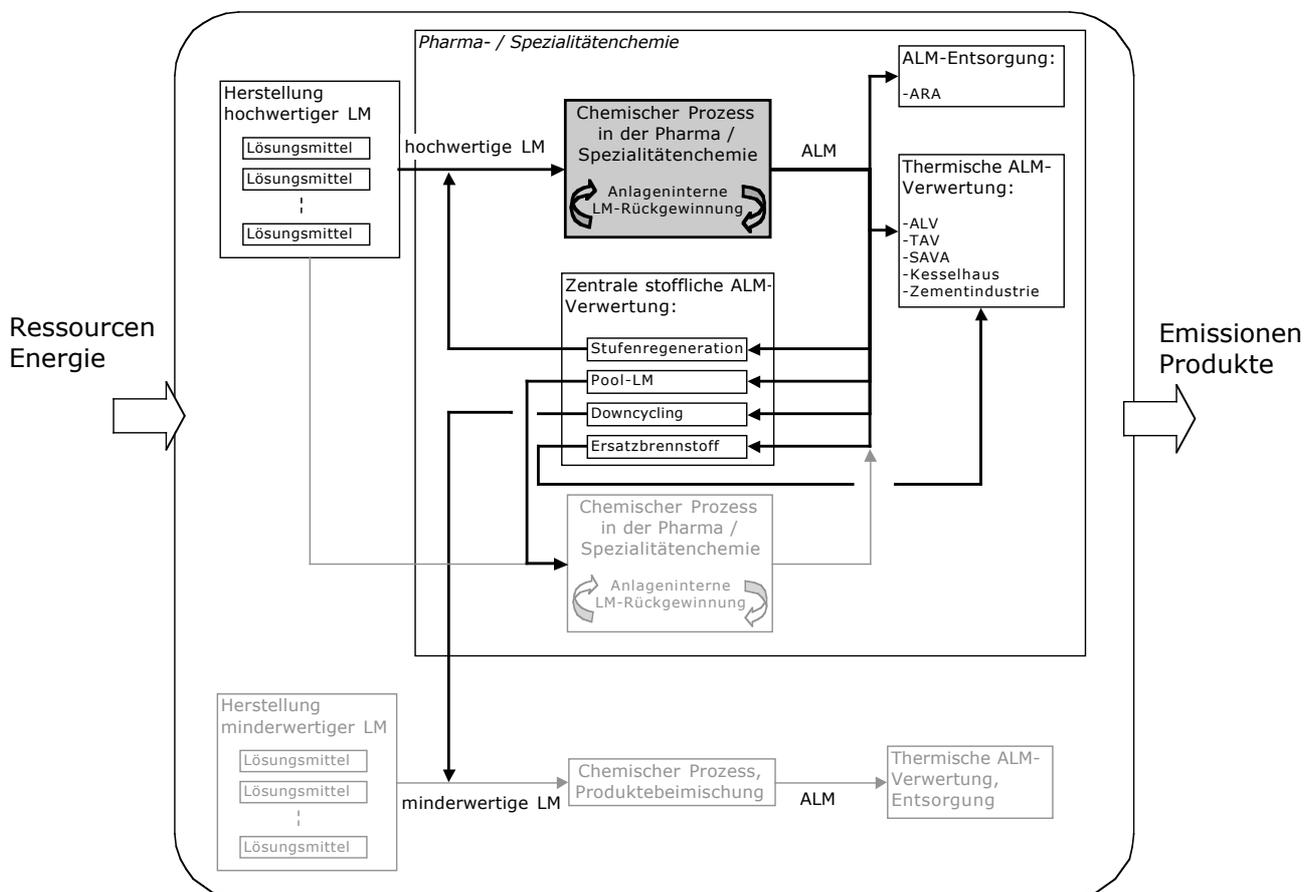


Abbildung 2-1: Schematische Darstellung des Lebenszyklus von Lösungsmitteln in der chemischen Industrie. Diese Abbildung zeigt ein vereinfachtes Bild; es werden nur die bedeutendsten Varianten des Lebenszyklus von Lösungsmitteln gezeigt. Drei Behandlungsoptionen können unterschieden werden: (1) Entsorgung (Abwasserreinigungsanlage (ARA)), (2) thermische Verwertung (Abfall-Lösungsmittelverwertungsanlage (ALV), Thermische Abluftverwertungsanlage (TAV), Sonderabfallverbrennungsanlage (SAVA), Kesselhaus oder Brennstoff in der Zementindustrie) und (3) stoffliche Aufbereitung in der zentralen stofflichen Verwertung.

In der chemischen Industrie werden Dutzende unterschiedlicher organischer Lösungsmittel verwendet [1,14]. Auch in den befragten Unternehmen wird eine grosse Vielfalt von organischen Lösungsmitteln eingesetzt. Im Jahr 2002 wurden 49 verschiedene organische Lösungsmittel verwendet [4,5,8,9,13]. Die gesamte Menge der eingegangenen Lösungsmittel liegt bei rund 200'000 Tonnen, wobei ein Teil dieser Lösungsmittel auch zu Reinigungszwecken verwendet wurde. Die wichtigsten Lösungsmittel sind Methanol, Toluol, Isopropanol, Essigester, Ethanol, THF und Aceton.

Das Spektrum des anfallenden Abfall-Lösungsmittels in der Pharma- und Spezialitätenchemie kann als sehr heterogen und zeitlich stark differenziert beschrieben werden. Das heisst, es fallen einerseits relativ reine Abfall-Gemische an, die sich aus ein bis zwei organischen Hauptkomponenten, Wasser und Produkterückständen zusammensetzen. Dies sind beispielsweise typische Gemische aus Extraktionen in flüssigen Systemen, wo Produkte aus einem Extraktionsgut mittels Lösungsmittel herausgelöst werden. Andererseits gehen aus der Produktion auch Abfall-

Gemische hervor, die sehr viele Lösungsmittel-Komponenten, Rückstände (Metalle, Feststoffe), gelöste Feststoffe (Salze) und Wasser beinhalten. Diese Zusammensetzung der Gemische kann damit erklärt werden, dass in der Pharma- und Spezialitätenchemie eine grosse Anzahl unterschiedlicher Reaktionen mit nur kleinen Mengen durchgeführt werden und für jede Reaktion das optimale Lösungsmittel verwendet wird [2]. Die Auswertung hat gezeigt, dass sehr viele unterschiedliche Lösungsmittel in teilweise kleinen Mengen verwendet werden.

Die verschiedenen Behandlungsoptionen für das Abfall-Lösungsmittel sind von unterschiedlicher Wichtigkeit. Abbildung 2.2 zeigt die prozentualen Anteile der einzelnen Behandlungsoptionen, wobei die thermische Verwertung detailliert dargestellt wird. Die Stufenregenerate und die Pool-Lösungsmittel werden unter Lösungsmittel-Regeneration zusammengefasst. Die Prozentangaben sind Durchschnittswerte der Mengenanteile der einzelnen Unternehmen.

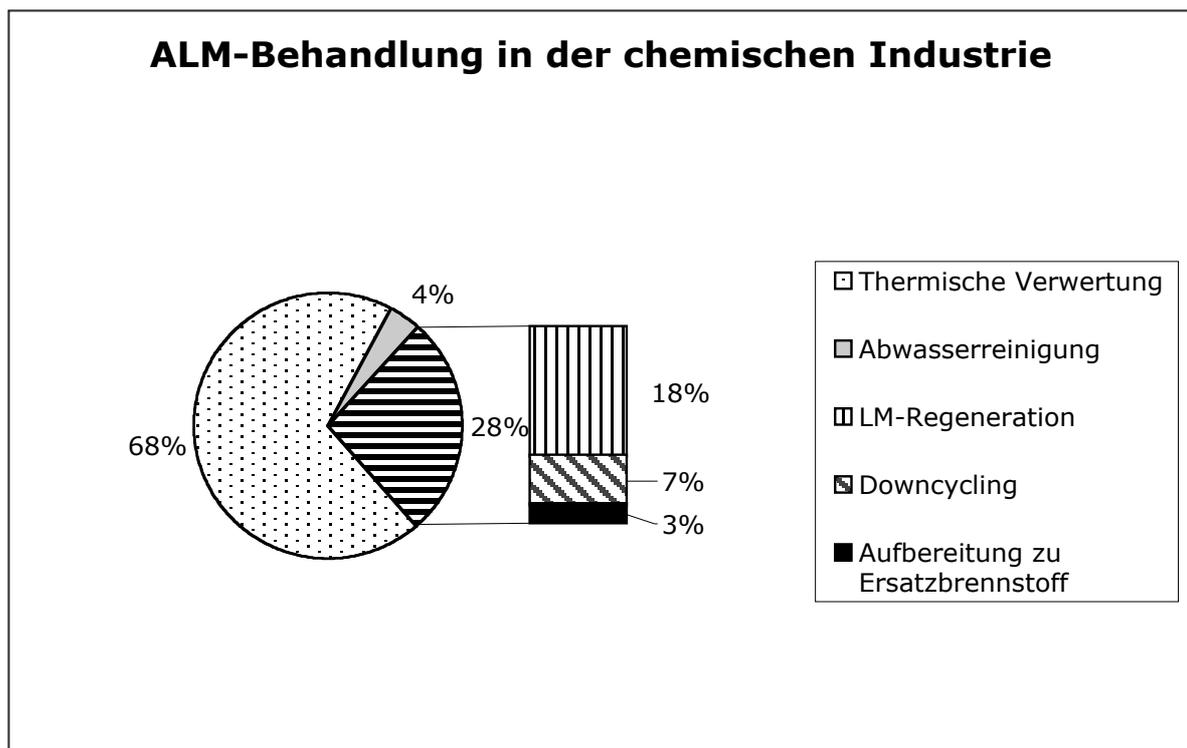


Abbildung 2.2: Darstellung der prozentualen Anteile der einzelnen ALM-Behandlungsoptionen. Dabei wird die stoffliche Verwertung detailliert gezeigt. Die Stufenregeneration und die Pool-Lösungsmittel (vgl. Abb. 2.1) werden zusammengefasst als Lösungsmittel-Regeneration. Die Prozentangaben sind Durchschnittswerte der Mengenanteile der befragten Unternehmen.

Aus Abbildung 2.2 geht hervor, dass die thermische Verwertung von Abfall-Lösungsmittel die Behandlungsoption mit dem grössten Anteil ist. Dies deckt sich auch mit Resultaten vergleichbarer Untersuchungen [2,11]. Begründet wird dieses Resultat vor allem mit der grossen Flexibilität der thermischen Verwertung bezüglich der Zusammensetzung der Abfall-Lösungsmittel. Dies ist insbesondere in der Pharma- und Spezialitätenchemie wichtig, da hier eine Vielzahl unterschiedlicher Lösungsmittel in kleineren Mengen eingesetzt wird. Auf der anderen Seite bietet die Rektifikation eine Flexibilität gegenüber der anfallenden Menge an Abfall-Lösungsmittel, denn diese Anlagen können ohne Probleme auch für eine gewisse Zeit abgeschaltet werden, wohingegen die Verbrennungsanlagen ununterbrochen betrieben werden müssen. Die aktuelle Situation bei den Unternehmen ist, dass Kapazitäten zur stofflichen Abfall-Lösungsmittelverwertung vorhanden sind. Gehört dies allerdings nicht zum Kerngeschäft, werden meist auch keine Investitionen mehr in diesem Bereich getätigt, sondern man beschränkt sich darauf, die bestehenden Anlagen noch solange wie möglich zu nutzen.

Das Abfall-Lösungsmittelmanagement eines Chemieunternehmens ist ein äusserst komplexes System. Für die Entscheidungsfindung, auf welche Weise ein Abfall-Lösungsmittel behandelt werden kann, werden viele Kriterien beurteilt. Die berücksichtigten Kriterien können grob in 5 Klassen eingeteilt werden: Kriterien bezüglich (1) Vorschriften, (2) Logistik, (3) Kosten, (4) Zusammensetzung des Abfall-Lösungsmittels und (5) Entstehung des Abfall-Lösungsmittels. Dabei kann zwischen zwei Arten von Kriterien unterschieden werden. Zum einen gibt es Kriterien, die zwingend erfüllt werden müssen, damit eine Technologie eingesetzt werden kann (z.B. Einhaltung von Richtlinien, das Abfall-Lösungsmittel muss gewisse physikalische Eigenschaften wie Trennbarkeit aufweisen oder es müssen ausreichende Lagerkapazitäten vorhanden sein). Daneben werden Kriterien beurteilt, die je nach Sachverhalt die Entscheidungsfindung hinsichtlich einer Behandlungsoption oder Technologie begünstigen (z.B. Abfall-Lösungsmittel mit hohem C-Gehalt machen die Verbrennung attraktiv, hingegen Gemische mit hohem Wasseranteil begünstigen die Entsorgung in der ARA). Eine Anforderung an alle Behandlungsoptionen ist die Sicherheit. Um dieser Anforderung zu genügen, müssen Vorschriften und interne Weisungen eingehalten werden.

Die ökologischen Auswirkungen sind ein klar sekundäres Entscheidungskriterium. Normalerweise wird die Ökologie als Entscheidungskriterium in Betracht gezogen, wenn zwei Optionen der Abfall-Lösungsmittelbehandlung auf Grund der obig aufgeführten Kriterien gleichwertig sind. Gemeinhin wird die Auffassung vertreten, dass die Rektifikation die ökologisch günstigste Behandlungsoption sei. Die thermische Verwertung wird wegen der Einsparung von fossilen Brennstoffen als ökologischer als eine Entsorgung bewertet. Interne Weisungen entsprechen dieser Einschätzung. Modelle für eine ökologische Bewertung der Abfall-Lösungsmittelbehandlungsoptionen werden in den befragten Unternehmen nicht angewendet.

2.2 SYSTEMMODELL

Für die Bewertung der Umweltauswirkungen der verschiedenen Behandlungsoptionen mittels Ökobilanz muss ein Systemmodell erstellt werden. Dabei kann auf frühere Arbeiten zurückgegriffen werden [6,7]. Die Behandlungsoptionen können auf Grund einer gemeinsamen funktionellen Einheit, der Dienstleistung eines Lösungsmittels in der chemischen Produktion, verglichen werden. Der funktionellen Einheit vorgelagert ist die petrochemische Herstellung von Lösungsmittel. Die nachgelagerten Prozesse sind je nach Abfall-Lösungsmittelbehandlung verschieden. Wird das Abfall-Lösungsmittel verwertet, so wird das gemäss diesem Systemmodell mit ökologischen Gutschriften gewertet. Dem liegt die Annahme zugrunde, dass die Verwertung von Abfall-Lösungsmittel den Gebrauch von Rohmaterialien vermeidet. So wird die Erzeugung von Dampf und Strom mittels Abfall-Lösungsmittelverbrennung in dem Masse vergütet, wie die resultierende Umweltbelastung durch die Verbrennung von Heizöl wäre. Werden bei der Abfall-Lösungsmittelbehandlung Lösungsmittel zurückgewonnen, so entspricht die ökologische Gutschrift der Umweltbelastung der petrochemischen Lösungsmittelherstellung. Daher muss die petrochemische Lösungsmittelherstellung zumindest für die wichtigsten Lösungsmittel bekannt sein.

In Anlehnung an Abbildung 2.1, wo die wichtigsten Varianten der Abfall-Lösungsmittelbehandlung schematisch dargestellt werden, können fünf unterschiedliche Varianten definiert werden:

- (1) Abwasserbehandlung: Das Abfall-Lösungsmittel wird in einer Abwasser-Reinigungsanlage kanalisiert und somit entsorgt. Es werden keine ökologischen Gutschriften gegeben.
- (2) Thermische Abfallbehandlung: Das Abfall-Lösungsmittel wird thermisch verwertet mittels einer der eruierten Technologien. Die Verwertung führt zu Dampf und Stromproduktion. Eine ökologische Gutschrift wird gegeben, da die Energiebereitstellung mittels fossiler Energieträger vermieden wird.
- (3) Recycling-System mit einem geschlossenen Kreislauf: Das Abfall-Lösungsmittel wird rektifiziert. Die Rückstände werden thermisch verwertet. Das regenerierte Lösungsmittel wird im sel-

ben oder einem vergleichbaren Prozess wieder verwendet. Eine ökologische Gutschrift wird gegeben, da eine petrochemische Herstellung von hochwertigen Lösungsmitteln vermieden wird.

(4) Recycling-System mit einem offenen Kreislauf: Das Abfall-Lösungsmittel wird rektifiziert. Die Rückstände werden thermisch verwertet. Das regenerierte Lösungsmittel wird aber anstelle eines minderwertigen Lösungsmittels eingesetzt. Eine ökologische Gutschrift wird gegeben, da eine petrochemische Herstellung von minderwertigen Lösungsmitteln vermieden wird.

(5) Thermische Abfallbehandlung mit Aufbereitung: Das Abfall-Lösungsmittel wird im Regenerationsbetrieb vorbehandelt, um Brennstoffqualität zu erreichen. Dieser Brennstoffersatz wird thermisch verwertet. Die ökologische Gutschrift wird für die Vermeidung der Energiebereitstellung durch fossile Energieträger gegeben.

Tabelle 2.1 zeigt das Systemmodell mit den beschriebenen Varianten.

Behandlung	Schema	Systembeschreibung	Ökologische Gutschriften
Entsorgung		Abwasserbehandlung	Keine
Thermische Verwertung		Thermische Abfallbehandlung	Energiebereitstellung mittels fossiler Energieträger (Heizöl, Erdgas)
Stoffliche Verwertung		Recycling-System mit einem geschlossenen Kreislauf	Petrochemische Herstellung hochwertiger Lösungsmittel und
		Recycling-System mit einem offenen Kreislauf	Petrochemische Herstellung minderwertiger Lösungsmittel
Thermische Verwertung		Thermische Abfallbehandlung mit Aufbereitung	Energiebereitstellung mittels fossiler Energieträger (Heizöl, Erdgas)

Tabelle 2.1: Darstellung des Systemmodells für den ökologischen Vergleich von Entsorgung, thermischer und stofflicher Verwertung. Die funktionelle Einheit ist definiert durch die Dienstleistung eines Lösungsmittels in der chemischen Produktion. Die Verwertung des Abfall-Lösungsmittels führt zu ökologischen Gutschriften.

Die fünf Varianten sollen in dem vorliegenden Projekt für verschiedene Lösungsmittelgemische untersucht werden. Hierfür wurde ein geeignetes Fallbeispiel eruiert und Daten für die stoffliche Verwertung werden von der Industrie bereitgestellt. Die Bewertung der thermischen Verwertung kann mit den vorhandenen Modellen [11,12] durchgeführt werden.

2.3 STATISTISCHE AUSWERTUNG VON DESTILLATIONSPROZESSEN

Generelle Angaben zu Destillationsprozessen sind schwierig zu treffen, da je nach Gemisch, Technologie und Zielvorgaben die Prozessparameter stark variieren können. Das angestrebte Ziel dieser Fallstudie ist nun, mit Hilfe einer statistischen Auswertung Durchschnittswerte für Prozessparameter und Angaben zu deren statistischen Wahrscheinlichkeitsverteilungen in Abhängigkeit von Gemischen und Technologien zu erhalten. Zu diesem Zweck wurden Daten von über 150 Destillationsprozessen in der chemischen Industrie zusammengetragen.

2.4 UNTERSUCHUNG DER PETROCHEMISCHEN LÖSUNGSMITTELHERSTELLUNG

Die Quantifizierung der Stoff- und Energieströme der petrochemischen Lösungsmittelherstellung ist für die Bewertung der stofflichen Verwertung unerlässlich, da hiermit Gutschriften berechnet werden (vgl. Abschnitt 2.2). In einem ersten Schritt wurde eruiert, für welche Lösungsmittel bereits Ökoinventare bestehen. In der neuen Inventardatenbank „Ecoinvent“ [3] sind Inventare vieler wichtigen Lösungsmittel vorhanden. Einige Lösungsmittel müssen aber noch selbstständig bilanziert werden. Die Umweltauswirkungen der petrochemischen Lösungsmittelherstellung hängen sehr stark von den einzelnen Prozessketten ab. Grundsätzlich zeigt sich aber deutlich, dass mit zunehmender Anzahl notwendiger Herstellungsprozesse auch die Umweltauswirkungen zunehmen. So ist die Herstellung von halogenierten Lösungsmitteln (z.B. Methylenchlorid) und hochwertigen Lösungsmitteln (z.B. Aceton) mit mehr als doppelt so hohen Umweltauswirkungen verbunden wie die Methanolproduktion. Der Energiebedarf der Produktion ist dabei der wichtigste Faktor.

2.5 MODELL DER THERMISCHEN ALM-VERWERTUNG IN ZEMENTWERKEN

Die thermische Verwertung von Abfall-Lösungsmittel in Zementwerken ist eine gängige Behandlungsoption in der chemischen Industrie (vgl. Abschnitt 2.1). Für den Einbezug dieser Option als Szenario wurde ein Multi-Input Allokationsmodell für die Berechnung von Ökoinventaren für spezifische Abfall-Lösungsmittelgemische erarbeitet. Dieses Modell wurde im Rahmen einer befristeten Anstellung von Fr. Seyler-Jahn erstellt. Das Modell wird in Form einer wissenschaftlichen Publikation veröffentlicht [12].

3 Zusammenarbeit

Im Jahr 2003 wurden wichtige Kontakte für verschiedene Bereiche des Projektes geknüpft oder verstärkt. Es handelt sich dabei insbesondere um Kontakte mit der chemischen Industrie. Daneben beteiligt sich auch ein Hersteller von Destillationskolonnen (Fa. Kühni AG) an dem Projekt. Im Bereich Ökobilanzen konnte eine indirekte Zusammenarbeit in Form einer fachlichen Betreuung der Dissertation (Koreferent: Dr. R. Frischknecht) erreicht werden. Die definitive Liste allen Projektpartnern ist in Tabelle 3.1 dargestellt.

Projektpartner	Ansprechperson
Bundesamt für Energie	Hr. M. Stettler
Koreferent ETH Bereich	Hr. R. Frischknecht
Ciba Spezialitätenchemie AG	Hr. D. Bayne
Ems-Dottikon AG	Hr. H. Schmid
Fachhochschule beider Basel / Kühni AG	Hr. E. Hungerbühler
Hoffmann-La Roche AG	Hr. H-P Isenring
Lonza AG	Hr. A. Huwiler
Novartis Pharma AG	Hr. U. Weber
Siegfried CMS AG	Fr. K. Knobloch
Valorec Services AG	Hr. B. Badertscher

Tabelle 3-1: Liste der beteiligten Projektpartner

4 Bewertung 2003 und Ausblick 2004

Im Jahr 2003 wurden die Zielsetzungen bezüglich der Industriekontakte und der Analyse des Abfall-Lösungsmittelmanagements innerhalb der Schweizerischen Pharma- und Spezialitätenchemie erreicht. Ebenso wurden zwei wichtige Fallbeispiele eruiert und Daten dazu erhoben. Jedoch liegen noch keine publizierbare Ergebnisse vor. Im Jahr 2004 werden die Arbeiten an den Fallbeispielen zu Ende geführt werden. Zudem soll die Problematik der Lösungsmittel-Inventare systematisch angegangen werden. Mit Hilfe der statistischen Auswertung der Daten zu den Destillationsprozessen sollen die Unsicherheiten der Prozessparameter beschrieben werden (Verteilungsfunktionen und Vertrauensintervalle). Dies ist Voraussetzung für eine Quantifizierung der Unsicherheiten über die gesamte Prozesskette mit Hilfe probabilistischer Modelle wie z.B. Monte Carlo Simulationen.

5 Referenzen

- [1] Ballenweg, S, et al.: 2002. Römpp-Online. Georg Thieme Verlag. URL: <http://www.roempp.com/prod/>.
- [2] Bruder, C: 2000. Abfalllösungsmittelmanagement in der chemisch-pharmazeutischen Industrie. Diplomarbeit. Gruppe Umwelt- und Sicherheitstechnologie. ETH Zürich.
- [3] Ecoinvent_Center: 2003. Swiss Center for Life Cycle Inventories: Ecoinvent 2000. URL: www.ecoinvent.ch.
- [4] EMS_DottikonAG: 2003. Angaben zur VOC-Bilanz der EMS Dottikon AG für die Geschäftsjahre 2002 und 2001. Dottikon.
- [5] Hoffmann-LaRocheAG: 2003. VOC-Bilanz für das Geschäftsjahr 2002. Basel.
- [6] Hofstetter, T, et al.: 2003. Ein ökologischer Vergleich der Verbrennung und Rektifikation von Abfalllösungsmitteln. Chemie Ingenieur Technik. (75). 1-2. 154-160.
- [7] Hofstetter, T, et al.: 2003. Environmental Preferable Treatment Options for Industrial Waste Solvent Management - A Case Study of a Toluene Containing Waste Solvent. TransIChemE. May 2003. (81). B.
- [8] LonzaAG: 2003. VOC-Bilanz für das Geschäftsjahr 2002. Visp.
- [9] Novartis_Pharma_AG: 2003. Angaben zur VOC-Bilanz der Novartis Pharma AG für das Geschäftsjahr 2002. Basel.
- [10] SETAC: 1991. A Technical Framework for Life-Cycle Assessments - Workshop Report. Society of Environmental Toxicology and Chemistry. Leiden.
- [11] Seyler-Jahn, C: 2003. Ein inputabhängiges Oekoinventar-Modell für die thermische Verwertung von Abfall-Lösungsmittel in der chemisch-pharmazeutischen Industrie. Dissertation ETH Nr. 15089. Gruppe für Umwelt- und Sicherheitstechnologie. ETH Zürich.
- [12] Seyler-Jahn, C: 2003. Life Cycle Inventory for Use of Waste Solvent as Fuel Substitute in the Cement Industry: A Multi-Input Allocation Model. International Journal of LCA. (Submitted November 7 2003).
- [13] Siegfried_CMS_AG: 2003. Angaben zur VOC-Bilanz der Siegfried CMS AG für die Geschäftsjahre 2002 und 2001. Zofingen.
- [14] Wiley-VCH: 2002. Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. 6th ed. Wiley-VCH. Weinheim.
- [15] Wypych, G: 2001. Handbook of Solvents. ChemTec Publishing. Toronto. 1-895198-24