ÖSTERREICHISCHE
AKADEMIE DER
WISSENSCHAFTEN

INSTITUT FÜR
TECHNIKFOLGEN-
ABSCHÄTZUNG

BEWERTUNG DES DURCHSETZUNGSPOTENTIALS UND DER WIRTSCHAFTLICHKEIT VORSORGENDER UMWELTTECHNOLOGIEN

ZWEI FALLBEISPIELE

ENDBERICHT

BEWERTUNG DES DURCHSETZUNGSPOTENTIALS UND DER WIRTSCHAFTLICHKEIT VORSORGENDER UMWELTTECHNOLOGIEN

ZWEI FALLBEISPIELE

ENDBERICHT

INSTITUT FÜR TECHNIKFOLGEN-ABSCHÄTZUNG
DER ÖSTERREICHISCHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

Dr. Mahshid Sotoudeh (Projektleitung)
Dipl.-Ing. Bettina Mihalyi
Mag. Rainer Stifter
Dipl.-Ing. Bernhard Siegele

STUDIE IM AUFTRAG DES BUNDESMINISTERIUMS
FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT, UMWELT UND WASSERWIRTSCHAFT
WIEN, AUGUST 2000

Inhalt – Teil I

Kurzfassung I
Summary III
1 Einleitung 1
2 Hintergrund 3
3 Methodik 5
4 Literatur 15

Abbildungsverzeichnis – Teil I

Abbildung 3-1: Bewertung der ausgewählten Technologien in zwei Gruppen 8

Tabellenverzeichnis – Teil I

Tabelle 3-1:Ergebnis der Vorerhebung 5
Tabelle 3-2: Grobspezifikation für thermoplastisch verarbeitbares Holz 9
Tabelle 3-3: Grobspezifikation für integrativen Einsatz der Membrantechnologie 10
Tabelle 3-4: Grobspezifikation für Solarfassade 10
Tabelle 3-5: Grobspezifikation für Energiegewinnung aus Biomasse 11

Inhalt – Teil 2

Fallbeispiel 1: Mikro-, Ultra und NanoFiltration sowie Umkehrosmose

1 Einleitung ..... MT 1

2 Ziel der Fallstudie ..... MT 3

3 Untersuchungsstrategie ..... MT 5

4 Technologiegeschichte ..... MT 7

5 Verfahrensdefinition ..... MT 9
- 5.1 Trennprinzip und Membranprozesse ..... MT 9
- 5.2 Membranwerkstoffe ..... MT 13
- 5.3 Modulbauarten ..... MT 14
- 5.4 Energieverbrauch im Vergleich zu einem Alternativverfahren ..... MT 14

6 Untersuchungsergebnisse ..... MT 17
- 6.1 Anwendungen ..... MT 18
- 6.2 Umweltschutzpotential ..... MT 19
- 6.3 Wirtschaftliche Fakten ..... MT 21

7 Wichtigste Vorteile aus Sicht der Anwender und Engineeringfirmen ..... MT 27

8 Hemmende Faktoren für die Verbreitung ..... MT 29
- 8.1 Unzureichende Information über die neue Technik und Fehlen von Erfahrungen ..... MT 30
- 8.2 Mehr Vertrauen in Konkurrenzverfahren und zu wenig Referenzen ..... MT 31
- 8.3 Wirtschaftliche Hemmnisse ..... MT 31
- 8.4 Bestehende Anlagen mit langen Abschreibungszeiten ..... MT 32
- 8.5 Technische Hemmnisse ..... MT 32

9 Ergebnisse der Reflexionsphase ..... MT 35
- 9.1 Reflexion der Hemmnisse ..... MT 37
- 9.2 Reflexion der Maßnahmen ..... MT 47
- 9.3 Überblickstabellen ..... MT 55

10 Erkenntnisse und Handlungsvorschläge ..... MT 57

11 Anhang ..... MT 61
- 11.1 Fragebogen für potentielle Anwender ..... MT 61
- 11.2 Fragebogen für Anwender ..... MT 64
- 11.3 Fragebogen für Engineeringfirmen und Forschungseinrichtungen ..... MT 69
- 11.4 Statistik ..... MT 73
- 11.5 Einige Rohdaten aus den Erhebungen ..... MT 76
- 11.6 Liste der kontaktierten Firmen, die Membrantechnologie anwenden ..... MT 79
- 11.7 Liste der kontaktierten Engineeringfirmen und Forschungsinstitute ..... MT 80

12 Literatur ..... MT 81

Inhalt – Teil 3
Fallbeispiel 2: Thermoplastisch verarbeitbares Holz

1 Ziel der Studie und Untersuchungsstrategie ..... tv-Holz 1

2 Technologiegeschichte ..... tv-Holz 3
2.1 Entwicklungsgeschichte einiger alternativer Werkstoffe ..... tv-Holz 4

3 Verfahrens- und Werkstoffdefinition ..... tv-Holz 9
3.1 Grundlagen der Verarbeitung thermoplastischer Formmassen ..... tv-Holz 9
3.2 Werkstoffliche Grundlagen thermoplastischer Werkstoffe, Eigenschaftskennwerte ..... tv-Holz 10
3.3 Aktuelle Situation für tv-Holzwerkstoffe ..... tv-Holz 10
3.4 Alternative Werkstoffe/Produkte ..... tv-Holz 12

4 Ergebnisse der Erhebung ..... tv-Holz 15
4.1 Technische Machbarkeit (Durchführbarkeit) Technologie tv-Holz ..... tv-Holz 15
4.1.1 Integration des Verfahrens in kunststoffverarbeitenden Betrieben ..... tv-Holz 15
4.1.2 Veränderungen der Produktqualität ..... tv-Holz 18
4.2 Umweltschutzpotential ..... tv-Holz 18
4.2.1 Ressourceneffizienz (Reduktionspotential bei Stoff- und Energieverbrauch) ..... tv-Holz 19
4.2.2 Reduktionspotential der Risiken für Menschen und Umwelt ..... tv-Holz 20
4.3 Betriebswirtschaftliche Bewertung ..... tv-Holz 23
4.3.1 Investitions- und Betriebskosten ..... tv-Holz 24
4.4 Marktanalyse ..... tv-Holz 25

5 Identifizierte hemmende Faktoren für die Verbreitung ..... tv-Holz 27
5.1 Technologische Hemmnisse ..... tv-Holz 27
5.2 Wirtschaftliche Hemmnisse ..... tv-Holz 27
5.3 Organisatorische und regulatorische Hemmnisse ..... tv-Holz 28

6 Einige Handlungsmöglichkeiten für die Zukunft ..... tv-Holz 29
6.1 Preis, neue Absatzmärkte, Image, Wettbewerb ..... tv-Holz 29
6.2 Produktqualität und Produktpalette ..... tv-Holz 30
6.3 Vorhandene und erwartete Umweltgesetze ..... tv-Holz 30

7 Anhang ..... tv-Holz 31

8 Literatur ..... tv-Holz 33

Teil 4: Zusammenfassung

Kurzfassung

Ziel...

Informationen für Umweltinnovationspolitik

Mit Hilfe von Informationen über technische, wirtschaftliche und organisatorische Einflußfaktoren auf Entstehung und Verbreitung vorsorgender Umwelttechnologien können Bausteine für eine Umweltinnovationspolitik gewonnen werden, die Umweltregulierungen und Empfehlungen durch komplementäre Maßnahmen ergänzen.

In dieser Studie sind Einflußfaktoren auf die Entwicklung und Verbreitung zweier innovativer umweltrelevanten Technologien, nämlich des integrativen Einsatzes der Membrantechnologie und thermoplastisch verarbeitbaren Holzes untersucht. Diese Beispiele wurden mit Hilfe einer interdisziplinären Expertengruppe aus dem Forschungs- und Innovationsbereich in Österreich ausgewählt.

Bei der Untersuchung wurden mehrere Hemmnisse identifiziert, die wirtschaftlichen, organisatorischen bzw. regulatorischen Charakter haben und für viele vorsorgende Umwelttechnologien relevant sind. Als Beispiele können:

- fehlende Motivation zur Ressourceneffizienz und Substitution schädlicher Stoffe wegen niedriger Preise der Ressourcen,
- organisatorische Hemmnisse für die notwendigen interdisziplinären Kooperationen zur Technologieentwicklung,
- informatorische Hemmnisse wegen der Geheimhaltung der Forschungsergebnisse und
- Mangel an Erfahrungen mit neuen Technologien sowie Mangel an Vertrauen in sie

erwähnt werden.

Maßnahmen... Motivation, Information und Kooperation

Es stellt sich daher die Frage, welche Maßnahmen von der Umweltinnovationspolitik getroffen werden sollen, um die vorsorgenden Umwelttechnologien zu unterstützen und sowohl die allgemeinen als auch ihre besonderen Verbreitungshemmnisse zu bewältigen. Eine abstrakte Antwort wäre, Maßnahmen zur Steigerung der Motivation der potentiellen Anwender, Bereitstellung der notwendigen Informationen, sowie Maßnahmen zur Verbesserung der Kooperation der Technologieentwickler.

Vertrauen der Anwender in neue Technologien aufbauen

Ohne Motivation durch wirtschaftliche, politische und regulatorische Rahmenbedingungen entsteht kein Interesse für den Einsatz vorsorgender Umwelttechnologien. Erst wenn Interesse erweckt wird, muß Vertrauen in neue Technologien vor allem durch Informationen aufgebaut werden. Für die Investitionsentscheidungen der potentiellen Anwender spielen die Informationen über Vorteile und praktische Erfolge, sowie gelungene Forschungsergebnisse über solche Technologien, eine große Rolle. Staatliche Unterstützung zur Erstellung allgemein zugänglicher Referenzanlagen wurde einheitlich von den befragten Akteuren begrüßt.

interdisziplinäre Kooperationen

Schließlich fördert die Kooperation der Technologieentwickler die Entwicklung und Umsetzung der vorsorgenden Umwelttechnologien. Für die Technologieentwickler – so zeigen beide Beispiele – ist die Entwicklung vorsorgender Umwelttechnologien eine interdisziplinäre Angelegenheit, und die Zusammensetzung der Gruppe der Technologieentwickler spielt eine entscheidende Rolle für die Verbreitung. Dabei konnte eine umweltpolitisch wichtige Konstellation für die Entwicklung erwünschter innovativer Lösungen identifiziert werden, wenn Forschungseinrichtungen eine Vermittlerrolle zwischen der Grundlagenforschung an den Universitäten und den Anwendungen in der Industrie spielen.

gezielte Verwertungspolitik öffentlicher Forschungseinrichtungen

Forschungseinrichtungen können durch eine gezielte Innovationspolitik, eine optimale wirtschaftliche Verwertung der Forschungsergebnisse ermöglichen und die Verbreitung der Technologie unterstützen. In diesem Fall müssen öffentlich finanzierte Forschungseinrichtungen in Österreich mehr als bis jetzt ihre Innovationen eigenständig wirtschaftlich verwerten (z. B. selbst als Patentanmelder auftreten), um möglichen Verbreitungshemmnissen gesellschaftlich wichtiger Technologien durch Firmen (Monopole) entgegenzuwirken.

Aufbau von Interessensvertretungen

Eine Maßnahme zur Unterstützung von Kooperationen könnte das Auftreten der Umweltpolitik als aktiver Vermittler für die Umsetzung innovativer Lösungen sein. Weiters konnte der Aufbau von Interessensvertretungen für vorsorgende Umwelttechnologien, die Aktivitäten der interdisziplinären Forschung und Entwicklung, Vermarktung, Umsetzung und Verbreitung koordinieren, eine wertvolle Maßnahme sein.

Neben allgemeinen Maßnahmen sind für die einzelnen innovativen Umwelttechnologien spezifische (oft technische) Handlungen notwendig. An dieser Stelle werden einige spezielle Erkenntnisse und Handlungsvorschläge für den integrativen Einsatz der Membrantechnologie und für thermoplastisch verarbeitbares Holz präsentiert:

Spezielle Erkenntnisse

integrativer Einsatz der Membrantechnologie

Die Chancen des integrativen Einsatzes der Membrantechnologie in Österreich wurden von den befragten Akteuren in den technischen und ökologischen Vorteilen gesehen. Durch die Möglichkeit der besseren Ressourceneffizienz und höheren Produktqualität in vielen Industriebranchen durch schonende und selektive Trennverfahren, sind hohe Umweltschutzpotentiale vorhanden. Der geringere Energieverbrauch ist für jene Betriebe speziell interessant, die durch Einsatz eines Membrantrennverfahrens ein thermisches Verfahren (z. B. Eindampfen) ersetzen können (z. B. Molkereien). Hier sind zugleich große Potentiale zur Reduktion von CO_2-Emission vorhanden.

beschränkte Standardisierbarkeit

Es soll hier betont werden, daß der Bedarf an individueller Optimierung des Verfahrens vor Ort bei fast allen integrativen Verfahren vorhanden ist. Daher ist die Standardisierbarkeit für diese Verfahren beschränkt.

Aufwand zur individuellen Optimierung reduzieren

Kooperation

Die Leistung der Membrantrennverfahren wird nicht zuletzt durch die Auswahl der Voreinrichtungen zur Vorbereitung der Mischungen sowie der Filtrationsdauer bestimmt. Eine individuelle Optimierung der Auslegung vor Ort ist deshalb unabdingbar. Um den zum Teil intensiven Optimierungsaufwand zeitlich und finanziell zu reduzieren, sind am Markt Pilotanlagen für branchenspezifische Anwendungen verfügbar, bei denen eine flexible Umstellung der Prozeßbedingungen möglich ist. Diese Anlagen sind durch die Kooperation der Anlagenbauer mit Engineeringfirmen, Universitätsinstituten und Anwendern entwickelt. Sie können einerseits dem Anwender beim Erwerben der Erfahrungen mit dem Verfahren helfen und anderseits später als Optimierungselement der endgültigen Anlage dienen. Da Membranterennverfahren modular ausgelegt werden, ist eine Erweiterung der Anlagen technisch relativ einfach realisierbar.

thermoplastisch verarbeitbares Holz

Als besonderer Vorteil des thermoplastisch verarbeitbaren Holzes gilt die Möglichkeit der Nutzung nachwachsender Rohstoffe zur Herstellung von komplexen Gegenständen in Serienproduktion.

Forschung

Die regionale Nutzung nachwachsender Rohstoffe ist jedoch mit dem Adaptierungs- und Optimierungsbedarf der Produktion verbunden. Eine breite Grundlagenforschung der Stoffeigenschaften für verschiedene Werkstoffe aus thermoplastisch verarbeitbarem Holz, sowie eine interdisziplinäre Zusammenar-

beit mit den Werkstoff- und Fertigungsexperten (speziell Experten der Holzverarbeitung) können entscheidende Impulse für die Verbreitung thermoplastisch verarbeitbaren Holzes erzeugen.

Bei der Herstellung von thermoplastisch verarbeitbarem Holz sind sowohl Rohstoffe und Verarbeitungsprozeß, als auch die Zusatzstoffe (Additiva) von großer Bedeutung. Während eine eigene Entwicklungsforschung für die Optimierung der Rohstoffeigenschaften und Verarbeitungsprozeß für jedes Produkt individuell erfolgen muß, kann die Forschung hinsichtlich Additiva auf einheitlicher Basis für alle Produkte erfolgen. Eine unabhängige Forschung und Entwicklung hinsichtlich Additiva aus nachwachsenden Rohstoffen bringt somit einen Vorteil für die Entwicklung aller dieser Produkte. Die Monopolisierung solcher Forschungsaktivitäten wird mittel- und langfristig der Verbreitung der thermoplastisch verarbeitbaren Produkte mehr schaden als nutzen.

bessere Produktqualität durch unabhängige und schnelle Entwicklung der Zusatzstoffe

Eine große Produktpalette, die notwendigerweise durch verschiedene Hersteller und durch verschiedene Verarbeitungsmethoden entsteht, ist eine wesentliche Voraussetzung für die Verbreitung dieser Produkte. Der Markteintritt der Einzelprodukte kann durch das Vorhandensein von großen Produktpaletten und Produktsystemen beschleunigt werden. Beispiel: Im Möbeldesign oder Innenausbau spielt die Anpassung verschiedener Produkte, wie Rahmen, Platten, Griffe, usw., in Einrichtungskonzepten eine entscheidende Rolle.

rasche Entwicklung großer Produktpaletten

Kooperation für Markteintritt

Summary

To achieve a sustainable high quality of life, economical and organisational conditions are necessary which allow long-term measures. Such conditions are also suitable for developing technologies, which prevent environmental problems, without a shift of problems (to other places and times). Such technologies are similar to pressure relief valves which prevent explosions instead of fighting against the fire with an extinguisher only after the explosion has occurred. Some examples are technologies, which reduce

- material and/or energy consumption,
- usage of hazardous substances,
- risks inherent to processes.

This report summarises the results of several interdisciplinary discussions on the important factors for development and diffusion of two such technologies, namely the integrative applications of *membrane technology* and *thermoplastic wood*. These examples have been chosen by several Austrian experts for research and innovation. Such information may help the development of environmental innovation policies by authorities completing and supporting the environmental regulations.

case studies

Not only general barriers, but also special problems could be identified through this study. Some examples of *general barriers* are as follow:

- lack of motivation to implement resource efficiency and substitution of dangerous substances due to the low prices of resources,
- organisational problems regarding the necessary interdisciplinary co-operations during new technology development,
- informational barriers due to the confidentiality of research results,
- lack of experience on the new technologies and limited confidence in them.

economical barriers

Development of technologies for reducing material or energy consumption or for minimising the usage of hazardous substances faces serious economical problems especially when the traditional raw materials in use have low prices and a change can not show prompt economical advantages for companies (for example low prices of water in Western Europe or petroleum).

A challenge for such technologies is the need for extensive knowledge on the entire process or the product life cycle along with the requirement of special expertise on the part of the process to be modified or developed. This leads to a dilemma for the development of such technologies. Although an interdisciplinary co-operation between many groups of experts is unavoidable, there are many organisational barriers inhibiting such co-operations.

a general problem of innovative technologies

A general problem affecting all innovative technologies is that companies tend to be sceptic, especially when they do not have enough experiences with a new process and can hardly estimate the benefits and costs of the necessary investment.

Such considerations lead us to the question, how it is possible for innovative, environmentally sound technologies to survive in spite of many general and special barriers. An immediate answer is that there is a necessity to support the motivation of potential participants, providing the necessary information to them as well as supporting interdisciplinary co-operations for technology development.

motivation

Undoubtedly, no interest can exist for using and applying preventive environmental technologies without motivation through economical, political and regulative factors. Only after motivation is it possible to make the user confident of the functionality and benefits of new technologies through providing the necessary information. Awareness of advantages and benefits of the technologies, presentation of practical successes and research results are crucial for the investment decision of potential users. Support of public reference-units through government was asked for often in the interviews and questionnaires.

innovation policy of research institutes

Additionally, supporting interdisciplinary co-operations promotes the development of environmentally sound technologies. It was observed that there are different interdisciplinary constellations for the development of these technologies. An important variant is found when publicly financed research institutes use the results of basic researches for industrial applications. To pursue an environmentally innovative policy and promote expansion of the application of new technologies, research institutes must design and apply suitable strategies for the presentation and marketing of their environmentally sound innovations.

representative groups

Another incentive measure is the involvement of public authorities in incorporating institutional innovations with environmental policies. The authority takes a role as mediator between technology development and application and mobilises the interest groups for co-operations and transactions. Organising the representative groups for environmentally sound technologies is one of these measures.

In addition to the above general and organisational points there are certain *product- and process-oriented measures* which can be considered for each of the following cases.

Integrated application of membrane technology

advantages

There have been some examples of integrated application of membrane technology implementation in Austria in the early 80s. And more such units have been built during the last ten years. Groups engaged in developing such units emphasise the technological and ecological advantages of this technology in terms of higher resource efficiency and better product quality through its gentle and selective separation technique. The reduced energy consumption of membrane technology is especially important for sectors that use evaporation (for example dairy companies) in their processes. In this manner it is also possible to reduce CO_2 emissions.

optimisation within the main process

The optimal technical operation of membrane units depends strongly on the periphery units for conditioning of feed and on the filtration intervals. The units must therefore be optimised within the main process. To reduce the time and costs of unit optimisation it is possible to use standardised pilot units for similar industrial applications with a flexible regulatory facility for adjustment of different process conditions. Such pilot units can be later used as a part of the main units, since membrane units are designed and applied in modular form.

Thermoplastic wood

Thermoplastic wood technology has been developed at inter-university research institutes in Austria and is in its early phase of industrial application. Wood and starch are processed like plastic materials. The special advantage of this technology is the possibility for producing complex products in serial productions from renewable resources.

open development of renewable additives

While the research activities for raw materials preparation and production processes are individual for each thermoplastic wood material, many additives can be used in all products. Therefore it is advantageous to support the research activities for renewable additives through public organisations for expanding the development of thermoplastic wood and avoiding technology diffusion stagnancy through isolated development activities primarily by private firms.

Another measure for a vast application of thermoplastic wood is the development of a wide spectrum of products. Through development of a variety of products and complete product pallets it is much easier to find markets in many sectors such as the furniture and building sectors.

basic research

Last but not least, basic research on material properties and interdisciplinary co-operations (especially with wood processing experts) are important measures that can generate a vast application of thermoplastic wood. Such activities can be promoted through suitable long-term economical and political strategies.

I Einleitung

Um die Ziele des Nationalen Umweltplans und des Vertrags von Amsterdam für eine nachhaltigen Entwicklung zu erreichen, setzt die Umweltpolitik in Österreich immer mehr auf umweltschonende Innovationen. An der Schnittstelle zwischen der Innovations-, Technologie- und Umweltpolitik entsteht die Umweltinnovationspolitik, zur Unterstützung innovativer und marktfähiger vorsorgender Umwelttechnologien. Da die Entwicklung und Verbreitung solcher Technologien eng mit den sozialen Interessen, sowie mit den wirtschaftlichen und politischen Rahmenbedingungen verbunden ist, werden Methoden der Technikfolgen-Abschätzung und Technikfrüherkennung für die Umweltpolitik zunehmend wichtiger. Aus diesem Grund wurde das Institut für Technikfolgen-Abschätzung vom Ministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft mit einer Piltotstudie beauftragt, die die Bedeutung technischer, wirtschaftlicher und organisatorischer Einflußfaktoren auf Entstehung und Verbreitung solcher Technologien untersuchen soll.

Das Projekt wurde interdisziplinär aufgebaut, um sowohl technisch-naturwissenschaftliche als auch sozialwissenschaftliche Parameter entsprechend berücksichtigen zu können.

An dieser Stelle soll allen Kollegen und Experten gedankt werden, die bei dieser Arbeit geholfen haben:
Dr. W. Peissl, Dr. W. Schramm, Prof. G. Tichy und DI A. Tschulik für die Begleitung des Projektes;
ao. Prof. A. Friedl und Dr. Michael Harasek für wertvolle Informationen und Durchsicht des Berichtes über den integrativen Einsatz der Membrantechnologie.
Dr. S. Alber, Dr. J. Fröhlich, Prof. H. Hofbauer, Mag. I. Klein,
Prof. M. Narodoslawsky, DI D. Pollak, Prof. A. Schmidt, Prof. H. Schnitzer,
Dr. C. Streissler und Prof. A. Teischinger haben bei der Auswahl der Beispiele sowie bei zahlreichen Diskussionen eine gelungene interdisziplinäre Arbeit ermöglicht.
Schließlich gilt der Dank auch Frau A. Walkensteiner für die Korrektur des Textes.

2 Hintergrund

Vorsorgende Umwelttechnologien

Innovative Ideen haben einen langen und schwierigen Weg vor sich bis zur Verwirklichung. Ideen, Konzepte und sogar entwickelte Systeme innovativer Technologien werden je nach vorhandenen technologischen, sozialen oder wirtschaftlichen Gegebenheiten abgelehnt oder auch akzeptiert und weiterverfolgt. Dabei existieren unterschiedliche Ansichten über den Verlauf des Innovationsprozesses. Der technische Fortschritt, die Kreativität des Individuums bzw. die Marktnachfrage werden von unterschiedlichen Autoren als Schlüsselfaktor für die Entstehung und Verbreitung der Innovationen ernannt.1 In der Entwicklung der Umweltinnovationen spielen zusätzlich die Sorge um den Inhalt des Fortschritts und die Zukunftsvorsorge eine grundlegende Rolle. Umweltinnovationen müssen zusätzlich die nationalen und internationalen Umweltziele (wie CO_2-Reduktion im Kyoto-Protokoll[2]) fördern. Diese Faktoren führen auch zu einem komplizierteren Verlauf der Entwicklung und Verbreitung der Umweltinnovationen bzw. innovativer Umwelttechnologien. Die Verbreitung innovativer Umwelttechnologien wird oft durch Externalitäten (externer Nutzen von F&E, externer Nutzen von Produkten und Prozessen des Umweltschutzes) zusätzlich erschwert.

Um die Verbreitungsmechanismen von innovativen Umwelttechnologien unter Berücksichtigung deren Besonderheiten beschreiben zu können, wurden zahlreiche Fallstudien durchgeführt. Rennings (1999) etwa betont marktstrategische Ziele als entscheidende Determinanten im Bereich des produktintegrierten Umweltschutzes und die Umweltregulierung als Triebkraft für umweltrelevante Prozeßinnovationen.[3] Als Einflußfaktoren wurden weiters die Verknüpfung institutioneller und sozialer Innovationen mit technologischen Innovationen identifiziert.[4] Obwohl solche allgemeinen Aussagen nur eine grobe Orientierung ermöglichen, können sie als Basis für den Aufbau einer Umweltinnovationspolitik zur Unterstützung der umweltpolitischen Ziele dienen.

---

[1] Siehe Sundbo (1998).

[2] Österreich ist diese Verpflichtung mit der Unterzeichnung des Protokolls von der Klimaschutzkonferenz in Kyoto 1997 eingegangen. Die EU hat sich darin dazu bekannt, als Ganzes ihre Treibhausgasemissionen um 8 % zu reduzieren. Innerhalb dieses EU-Gesamtziels sind den einzelnen Staaten unterschiedliche Verpflichtungen auferlegt. Sie reichen von einem Emissionsminus von 28 % für Luxemburg bis zu einem erlaubten Anstieg von 27 % für Portugal. Für Österreich ist eine Emissionsverringerung von 13 % vorgesehen. Erreicht werden soll das gemeinsame EU-Reduktionsziel bis zur Periode zwischen 2008 und 2012, Basisvergleichsjahr ist 1990. URL: http://www.bmu.gv.at/u_klimschtz/klimaschutz/kyoto1.htm.

[3] Außerdem wird für Deutschland in der vergangenen Legislaturperiode die Dominanz „weicher“ Instrumente der Umweltpolitik (Umwelthaftung, Umwelt-Audits, freiwillige Selbstverpflichtungen) identifiziert. Das Ordnungsrecht wirkt nach Meinung der Autoren vergleichsweise langfristig und diffus.

[4] Siehe Rennings (1999).

Für eine aktive und gezielte Mitgestaltung innovativer Umwelttechnologien ist in erster Linie die Untersuchung der Einflußfaktoren für deren Entwicklung und Verbreitung notwendig. Technikfolgen-Abschätzung und Technikfrüherkennung bieten dafür geeignete Methoden

- zur Identifizierung der erforderlichen Technologien,
- zur Identifizierung der Einflußfaktoren auf diese Technologien,
- zur Bewertung von Chancen und Risiken der ausgewählten Technologien nach festgelegten Kriterien und
- zur Entwicklung von Unterstützungsmaßnahmen und Reflexion der Ergebnisse.

Diese Methoden werden auch in der vorliegenden Studie angewendet.

3 Methodik

Das Projekt besteht aus drei Phasen:

Phase 1: Auswahl der Beispiele:

1. In einer Vorerhebung wurden Experten aus der Forschung gebeten innovative Technologien in der Entwicklungsphase zur Untersuchung vorzuschlagen, die
   - eine frühzeitige Vermeidung und Minderung von Umweltbelastungen so nahe an der Quelle wie möglich, erzielen,
   - ein hohes Durchsetzungspotential und hohe Verbreitungschancen, sowie
   - ein großes wirtschaftliches Potential für Österreich und gute Erfolgschancen am Weltmarkt versprechen.

   Die Ergebnisse dieser Vorerhebung sind in Tabelle 3-1 dokumentiert.

Tabelle 3-1: Ergebnis der Vorerhebung

Technologie	Spezifikation der Technologie	Kurze Beschreibung
Nutzung Nachwachsender Rohstoffe zur Herstellung verschiedener Werkstoffe	Thermoplastisches Vollholz	Holz wird mit natürlichen Harzen, Wachsen und Ölen beladen und verbessert dadurch seine Eigenschaften (vermindertes Quellen, ...) **Branchen:** Holzindustrie: Fußböden, Fassaden, Herstellen von Fenstern & Türen
	Fasal	Spritzgußfähiges Holz: Fasal besteht ca 60 % aus Holz. **Branchen:** Holzindustrie, Kunststoffindustrie, Automobilindustrie, Spielzeugindustrie, Musikinstrumente, ...
	Fasalex	Fasalex ist ein patentiertes Verfahren, um Faserstoffe, insbesonders Holz, in Verbindung mit thermoplastischen Biopolymeren zu Profilen zu extrudieren **Branchen:** Holzindustrie, Bauindustrie, Möbelindustrie, Herstellen von Fenstern &Türen.
Membran-technologie		Wertstoffrückgewinnung durch Einsatz von Membranen **Branchen:** Nahrungsmittelindustrie, Pharmaindustrie, Biotechnologie, Kraftwerkstechnik, chemische Industrie
Membran & Bioreaktor		Erhöhung der Zelldichte in einem Bioreaktor durch verschiedene Methoden (z. B. Immobilisierung von Mikroorganismen, Membrantrennverfahren) **Branchen:** Nahrungsmittelindustrie, Pharmaindustrie, Abwasserreinigung, Biotechnologie
Wassersparende Technologien		Durch Kombination von vorhandenen Wasseraufbereitungsverfahren sollen neue effiziente Wassertechnologien entwickelt werden **Branchen:** Lebensmittelindustrie, Metallindustrie, Textilindustrie, Papierindustrie.

Technologie	Spezifikation der Technologie	Kurze Beschreibung
Biomasse-vergasung mit Dampf		Vergasung von Biomasse oder anderen organischen Materialien (z. B. Kunststoffen, Klärschlamm) mittels Dampf in einer neuartigen intern zirkulierenden Wirbelschicht. Dabei wird der feste Brennstoff in ein hochwertiges Gas (niedriger Gehalt an Teer, kein Stickstoff, hoher Heizwert) übergeführt, das vielseitig einsetzbar ist. **Branchen:** Energietechnik (Raum- bzw. Prozeßwärmeerzeugung, Stromerzeugung durch Gasmotor, Gasturbine, Brennstoffzelle), chemische Industrie (Synthesegas), Stahlindustrie (Reduktionsgas f. Erze),...
Minderung diffuser Staub-emissionen		Entwicklung von Meßtechniken zur Beurteilung diffuser Staubemissionen, Entwicklung von Minderungsmaßnahmen **Branchen:** Stein- u. erdverarbeitende Industrie, Straßenstaub, Verkehr
Kupfer & Eisen-trennung aus Elektromotoren		Trennung der duktilen Materialien Kupfer und Weicheisen aus v. a. kleinen Elektromotoren (bis etwa 2.000 W) mittels konventioneller Shreddertechnologie und subsequenter Magnetseparation (Substitution von Weicheisen durch sprödes Material aus Pulvereisen in Kleinmotoren ermöglicht die maschinelle Trennung) **Branchen:** E-Motorenhersteller, Automobilindustrie, Haushaltsgerätehersteller, Unterhaltungselektronik, ...
Grüne Raffinerie		Fasern und deren Folgeprodukte, Grundchemikalien, Proteine (als Vorprodukt f. Futtermittel & Biotechnologie) werden aus Gras herge-stellt. Parallel eine energetische Nutzung der Reste in Biogasanlage **Branchen:** Zellstoffindustrie, Landwirtschaft, Kunststoffverarbeitung
ECO-Design	Haus, Autos	Berücksichtigung von Umweltverträglichkeit im Produktdesign über den gesamten Lebenszyklus.
Verbund-produkte aus nachwachsenden Rohstoffen	Holzplatten	Entwicklung von plattenförmigen und extrudierbaren Werkstoffen aus Holz unter Einsatz neuer Klebstofftechnologien für neue Einsatzgebiete von Holzwerkstoffen im Bauwesen (z. B. Fassadenplatten) **Branchen:** Holzbau
Anlagen-simulation		Kombination eines Simulationsprogramms mit den aktuellen Anlage-daten unter der Zielsetzung – Prozeßoptimierung und vorauschauende Umweltproblemvermeidung **Branchen:** vielfältig
Oberflächen-behandlung	Holzbeschichtung mit Vakumat-Technik	Industrielle Beschichtung von Schalungsträgern aus Holz mittels Vacumat-Technik. Vakumatlasur ist wasserbasiert und enthält weniger als 1,5 % VOC **Branchen:** Bauindustrie
Chromfreie Gerbung		Herstellung von Gerbereifolien ohne umweltbelastende Chromgerb-stoffe, mit Ledereigenschaften, die mit Chrom gegerbten Leder vergleichbar sind. **Branchen:** Leder
Keramikschalter		Keramikschalter können durch ihre thermischen Eigenschaften breite Anwendung in energiesparenden Regelungssystemen finden und risiko-reduzierend wirken. **Branchen:** vielfältig
Wärmedämm-systeme	Solarfassade	Eine transparente Wärmedämmung, die die Sonnenstrahlung in Wärme umwandelt (f. Ost-, Süd- und Westfassaden nutzbar). Das System benötigt im Sommer keine Abschattung. (verschiedene Schichten: Glas, Luft, Zellulosewabe) **Branchen:** Bauindustrie: Ein- und Mehrfamilienhaus, Objektbau
Transport-management		Verringerung von Gütertransport durch besseres Transportmanagement

2. Auf Basis dieser Vorerhebung wurden in einem interdisziplinären Workshop mit Hilfe der befragten Experten, sowie anderer Wirtschafts- und Innovationsexperten auf dem Gebiet vorsorgender Umwelttechnologien vier Technologien ausgewählt, die aufschlußreiche – und, wenn möglich, allgemeingültige – Hinweise auf die Verbreitungshemmnisse verschiedener vorsorgender Umwelttechnologien ergeben können.

   Zunächst wurden im Workshop die obengenannten abstrakten Bewertungskriterien durch Experten genauer definiert. Folgende Definitionen für die Bewertungskriterien wurden, je nach Eigenschaften der Technologien, zur Auswahl der Beispiele herangezogen:

   - Vermeidungspotential (Ressourceneffizienz, Reduktion von Risiken für Mensch und Umwelt, Substitution bedenklicher Stoffe),
   - breites Anwendungspotential (Einsatz in verschiedenen Prozessen oder Branchen, großes Marktvolumen),
   - Machbarkeit (technische, organisatorische Machbarkeit, betriebswirtschaftliche Vorteile, Akzeptanz, regulatorische Vorteile und Hemmnisse) und
   - wirtschaftliches Potential (volkswirtschaftliche Vorteile, Vorhandensein von Technologieentwicklern, Forschern und Anwendern in Österreich, Marktvolumen zur Anwendung in Österreich).

   Nach der Diskussion und Bewertung der Technologien in zwei parallelen Arbeitsgruppen und einer Enddiskussion im Plenum wählten die Experten die folgenden Technologien zur weiteren Untersuchung aus:

   - spritzgußfähiges Holz,
   - Solarfassade (bzw. ihre Integration in Niedrigenergiehäusern),
   - energetische Nutzung von Biomasse mit KWK in Einheiten < 10 MW
   - prozeßintegrierte Membrantechnologie.

Spritzgußfähiges (SGF) Holz (und thermoplastisch verarbeitbares Holz)

Die Vorauswahl enthielt Markenprodukte (Fasal/Fasalex), die als Beispiel für die Technologie „SGF Holz“ und thermoplastisch verarbeitbares Holz diskutiert wurden. Diese Technologien wurden an hochschulnahen Forschungsinstituten entwickelt und stehen derzeit am Beginn ihrer industriellen Anwendung. Dabei werden Holz und Stärke wie thermoplastische Kunststoffe verarbeitet. Die Produkte können in sehr vielen Branchen eingesetzt werden (Ersatz von gedrechselten Holzteilen und verschiedenen Profilen). Als besonderer Vorteil dieser Technologien gegenüber ihren Konkurrenzprodukten gilt die Reduktion des Energieverbrauchs im Lebenzyklus der Produkte.

Da die spritzgußfähigen und extrudierbaren Produkte als Schwerpunkt ausgewählt wurden, sind die Faserplatten und Naturfasermatten (wie die Produkte der Firma Funder für Türverkleidungen in der Autoindustrie) hier nicht berücksichtigt.

Solarfassade unter Berücksichtigung des Systems "Haus"

Diese Technologie wurde ausgewählt, weil österreichische Forscher und Hersteller schon länger an der Entwicklung diesbezüglicher innovativer Lösungen arbeiten. Als Schwachpunkt wurde die Integration der Solarfassade im System Haus gesehen. Die heterogene Zusammensetzung der vielen beim Hausbau beteiligten Akteure stellt hier ein Hindernis dar. Im Vordergrund steht die Durchführung des Baus, von der Planung bis zum fertigen Haus, aus einer Hand.

Energetische Nutzung von Biomasse mit KWK in Einheiten < 10 MW

Diese Technologie ermöglicht eine Substitution fossiler Energieträger. Dabei wurden die beiden Möglichkeiten Verbrennung/Vergasung genannt, jedoch keine Präferenz offengelegt, da die energetische Nutzung im Vordergrund steht. Es kommt hier zu einer Verknüpfung von Wissen der Hochschulen mit der Industrie.

Prozeßintegrierte Membrantechnologie

Für den Einsatz der Membrantechnologie in einem Bioreaktor zur Behandlung organisch belasteter Prozeßwässer wurde in einer Arbeitsgruppe ein hohes Vermeidungspotential gesehen. Dabei wurde im Plenum betont, daß die Anwendung dieser Technologie in Kläranlagen eine end-of-pipe-Lösung darstellt. Die Auswahlkriterien treffen deshalb bloß bei jenen Membrantrennverfahren zu, die im Prozeß integrativ eingesetzt werden.

Kriterien / Technologien	Vermeidungs-potential	Breite Anwendung Branchen	Wirtschaftliches Potential	Machbarkeit gesellschaftliche Rahmen Institution
Solarfassade	+++	++	+++	+++
SGF-Holz	++	+++	+++	++
Energ. Nutzung von Biomasse	+++	++	+++	++

Kriterien / Technologien	Vermeidungs-potential	Breite Anwendung	Wirtschaftliches Potential	Machbarkeit
FASALEX	++	++	+++	+++
ECO-Design Haus + Solarfassade	+++	+++	+++	+
Biomasse-Vergasung Energie/Synthesegas	+	+	+	+++
Membrantechnik + Bioreaktor (Kläranlage)	+++	++	++++	+++

+ ... vorhanden; ++ ... mittel; +++ ... sehr hoch

Abbildung 3-1: Bewertung der ausgewählten Technologien in zwei Gruppen

3. Die dritte Auswahlstufe war ein Miniassessment der ausgewählten Beispiele aus technischer und wirtschaftlicher Sicht. Dabei wurde ein Überblick über die Potentiale und möglichen Hemmnisse für diese Technologien (hauptsächlich aus der Sicht der Entwickler) geschaffen. Zwei Technologien wurden für weitere Analysen des Durchsetzungspotentials ausgewählt. Als entscheidende Faktoren bei der Auswahl können der Umfang und die Dauer der notwendigen Untersuchungen (maximal 10 Wochen für jeweilige Technologien) genannt werden. Außerdem wurden Beispiele gesucht, die unterschiedlichen Verbreitungscharakter aufweisen, um möglichst viele Einflußfaktoren auf die Entwicklung und Verbreitung der vorsorgenden Umwelttechnologien erfassen zu können. Eine Zusammenfassung der Ergebnisse des Miniassessments für einzelne Beispiele ist in den Tabellen 2 bis 5 zu finden.

Tabelle 3-2: Grobspezifikation für thermoplastisch verarbeitbares Holz

Technologieeigenschaften		Grobe Spezifikation
Rohstoffe		feinteiliges Holz (Sägemehl, Sägespäne, bestimmte Klassifikation und bestimmter Wassergehalt), stärkereicher Rohstoff (Mais, Reis, Cassava, etc.), Harz (natürlichen od. synthetischen Ursprungs)
Design		Spritzguß, Extrusion: Profile in jeder erdenklichen Form sind möglich
Produktions-verfahren	Systemauslegung, Verfahren	Granulatproduktion – kontinuierlich Profilextrusion – kontinuierlich Spritzguß – diskontinuierlich
	Ausrüstung	Trockenmischer, Dosierwerke, Doppel- oder Einwellen-Extruder, Spritzgußmaschine
	Bedienungspersonal	Kunststofftechniker, Hilfskräfte
	Zubehör	Abfüllanlage für Granulate, Big Bag Station, Säcke ev. Folien, Furniere für Weiterbehandlung der Profile Lackierstation optional
Dienstleistung im Zusammenhang mit dem Produkt		Beratung durch Fachkräfte (Werkzeugbauer, Designer), anwendungsbezogene Versuche in speziell eingerichtetem Technikum
Anwendung		insbesondere in der Innenanwendung, Zusammentreffen mit erhöhter Feuchtigkeit nur bei spezieller Rezeptur oder Nachbehandlung möglich
Erhaltung		Lebensdauer der Verfahrensteile von Qualität der Rohstoffe abhängig Natürliche Rohstoffe möglicherweise abrasiv durch hohen Aschegehalt
Entsorgung		Recyclierbar, teilweise kompostierbar, thermische Entsorgung

Tabelle 3-3: Grobspezifikation für integrativen Einsatz der Membrantechnologie

Technologieeigenschaften		Grobe Spezifikation
Produktions-verfahren	Systemauslegung, Verfahren	Durch Energiezufuhr trennen Membranmodulen in kontinuierlichen Verfahren kleine und mikroskopische Teilchen aus der Lösung. Ultrafiltration, Mikrofiltration, Umkehrosmose, Elektrodialyse und Pervaporation
	Ausrüstung	anwendungsspezifisch
	Bedienungspersonal	In erster Linie soll das Verfahren durch Forscher ausgelegt und optimiert werden. Bedienungspersonal soll entsprechende technische Ausbildung haben.
	Zubehör	anwendungsspezifisch
	Material	Membranen, Reinigungsmaterial für Membranen
Dienstleistung im Zusammenhang mit dem Produkt, Verfahren		Optimierung der Anlage für spezifische Anwendung
Anwendung		Abhängig von Partikelgröße und Mischungseigenschaften UF und ED für Produktion von organischen Säuren, Trennung der Lactose aus Milch in der Nahrungsmittelindustrie UF für Öl/Wasser-Abspaltung
Erhaltung		Aufwendig: Membranleistung kann u. a. durch geringe Qualitätsveränderungen des Feeds beeinflusst werden.
Entsorgung		Membranen müssen entsorgt werden

Tabelle 3-4: Grobspezifikation für Solarfassade

Technologieeigenschaften		Grobe Spezifikation
Rohstoffe		Papierwabe (Holz), Glas, Aluminiumrahmen, Dichtungen, Holzplatten
Design		Die Solarfassade besteht aus mehreren Schichten mit sehr unterschiedlichen Dichten und Stärken. Die einzelnen Schichtstärken sind von Projekt zu Projekt meist verschieden und werden von den gegebenen Bedingungen und Anforderungen bestimmt. Kombination von Papierwaben in unterschiedlichen Farben im Kern mit Sicherheitsglas mit unterschiedlichem Muster werden projektspezifisch entweder in fertigen Modulen oder auf der Stelle montiert.
Produktions-verfahren	Systemauslegung	Produktion kann in einer Halle sein oder am Bauplatz
	Ausrüstung	Geräte zum Montieren oder Installieren an der Wand
	Verfahren	Wabe und Glas werden zugeliefert. Produktion von Modulen im Fabrik oder Montierung am Bauplatz
	Bedienungspersonal	Design von Fassaden gemeinsam mit Architekten und Planer, geschultem Personal zum Montieren
	Zubehör	Aluminiumrahmen, Dichtungen
Dienstleistung im Zusammenhang mit dem Produkt		Projektspezifische Planung der Fassade, Marketing und Vertrieb der Produkte, Kontakte mit Architekten, Simulationsprogramme für Wärmedämmung
Anwendung		Wärmedämmung für Süd, Ost oder Westseite. Derzeit für Häuser mit bis etwa fünf Stockwerken (wegen Brandschutzvorschriften) Genossenschaftswohnungen, einigen Einfamilienhäusern, insgesamt etwa 40 Projekte
Erhaltung		Ordnungsgemäße Montierung ist die Voraussetzung für eine lange Lebensdauer der Solarfassade. Die Waben mit 7 Jahren Nutzungsdauer wurden durch die papiertechnische Stiftung in Münschen untersucht. Keine alterungsbedingte Erscheinungen wurden entdeckt.
Entsorgung		Wiederverwertbare Teile

Tabelle 3-5: Grobspezifikation für Energiegewinnung aus Biomasse

Technologieeigenschaften		Grobe Spezifikation
Rohstoffe		Biomasse durch Kriterien der Reinheit, Feuchtigkeit und Größe bestimmt
Design		Design des Endprodukts Wärme gekennzeichnet durch Temperaturniveau
Produktions-verfahren	Systemauslegung, Verfahren	Kontinuierlicher Biomassevergasung zur Strom und Wärmeerzeugung
	Ausrüstung	Interzirkulierende Wirbelschicht, Gaskühler, Gasreinigung, Verdichter, Gasturbine zur Stromerzeugung, Restwärmenutzung
	Bedienungspersonal Zubehör	Wichtiges Kriterium ist die Selbstständigkeit der Anlage, d. h. Steuerung vollautomatisch bzw. Wartung 1x täglich; Beeinflußt durch Verordnungen: ab bestimmte Anlagengröße muß Aufsichtspersonal vor Ort sein.
Dienstleistung im Zusammenhang mit dem Produkt, Verfahren		Kooperation zwischen Betreiber, Industrie und Wissenschaft; Anlagenbetreiber als Dienstleister für Altstoffentsorger, als Lieferant für Wasserstoff.
Anwendung		Biomasse-Blockheizkraftwerk für Wärme geführte Anwendungen (Nahwärmesysteme oder gewerbliche Anlagen), Anlagen kleineren Leistungsbereich Biomasse-Kraftwerk für stromgeführte Anwendungen mit hohem elektrischen Wirkungsgrad, Anlagen größeren Leistungsbereich für best. Zielgruppe (z. B. Segment Holz-Sägeindustrie) ausgerichtet
Erhaltung		Durch Einsatz geeigneter Rohstoffe und optimiertes Verfahren
Entsorgung		Asche, Reststoffe in Asche

Thermoplastisch verarbeitbares Holz wurde zur Untersuchung ausgewählt, da diese Technologie von Experten als eine Technologie mit hohem Vermeidungspotential identifiziert wurde, die vor dem Markteintritt steht und ein hohes Potential für breite Anwendung, sowie ein hohes wirtschaftliches Potential verspricht. Die zweite ausgewählte Technologie ist die **prozeßintegrierte Membrantechnologie** zur Behandlung der Prozeßlösungen. Bei dieser Technologie mit hohem Vermeidungspotential ist der Mangel an standardisierten und verfügbaren Verfahren am Markt von Interesse.

Umfang und Dauer einer Untersuchung des Durchsetzungspotentials der **Solarfassade und deren Integration in Niedrigenergiehäuser**, sowie eine Untersuchung der **Energiegewinnung aus Biomasse**, hätten nach den ersten Abschätzungen den Rahmen der vorhandenen Studie gesprengt.

Phase 2: Machbarkeitsanalyse der ausgewählten Technologien

Die ausgewählten Technologien wurden durch eine systematische und interdisziplinäre Analyse bezüglich der Machbarkeit im Unternehmen und der wirtschaftlichen Erfolgschancen bewertet. Beim Design der Fragebögen wurde der Fragenkatalog von Shen (1995)über die technischen, wirtschaftlichen, organisatorischen und umweltrelevanten Faktoren berücksichtigt. Der folgende Fragenkatalog wurde speziell für die jeweilige Technologie modifiziert. Er umfaßt:

Fragen im Zusammenhang mit der technischen Machbarkeit (Durchführbarkeit) einer Technologie im Unternehmen:

- Reduziert die jeweilige Technologie die Emissionen und Abfälle?
- Wieviel Platz ist dafür notwendig? Ist dieser Platz vorhanden?
- Müssen Versorgungsanlagen neu installiert werden?
- Passen die neuen notwendigen Systemauslegungen zu den vorhandenen Anlagen, Prozeßumsätzen, usw.?

- Wird die Produktqualität beibehalten?
- Wie lange dauert die Installation von neuen Systemen?
- Wie lange muß die Produktion für die Installation neuer Systeme stillgelegt werden?
- Müssen neue Kenntnisse zur Operation neuer Systeme erworben werden?
- Wird externes Service und Beratung vorhanden sein?
- Ist das System sicher?

Relevante Fragen über die umweltbezogene Machbarkeit einer Technologie im Unternehmen:

- Welche Emissionen und Abfälle werden quantitativ bzw. qualitativ verändert?
- Besteht ein Risiko einer Verschiebung des Problems zu anderen Medien?
- Wird Abfallbehandlung oder Entsorgung reduziert?
- Werden Stoff- und Energieverbrauch reduziert?
- Welche Umweltauswirkungen haben die neuen Stoffe und Prozesse?
- Wurde das System im Unternehmen oder anderswo schon erfolgreich eingesetzt?
- Welche gesetzlichen Anforderungen müssen erfüllt werden?

Einige Fragen im Zusammenhang mit der wirtschaftlichen Machbarkeit einer Technologie im Unternehmen und Marktanalyse:

- Welche Gewinne sind zu erwarten?
- Wie hoch sind die Betriebs- und Erhaltungskosten?
- Kosten/Nutzen Relation für Unternehmen?
- Welche Gruppen interessieren sich für die jeweilige Technologie?
- Welche Anforderungen stellen die Benutzer an die jeweilige Technologie?
- Welche Erwartungen haben die Hersteller der Technologie?
- Welche Nebenwirkungen werden für die Gruppen erwartet, die nur am Rande oder indirekt von der jeweiligen Technologie betroffen sind?
- Besteht ein Netzwerk zwischen Anbieter, Anwender und anderen interessierten Gruppen?

Einige Fragen über die institutionelle Machbarkeit einer Technologie im Unternehmen:

- Sind die Mitarbeiter für den Einsatz von neuen Systemen vorbereitet?
- Welche Verantwortungen müssen neu definiert werden?
- Welche Fertigkeiten müssen vorhanden sein?
- Welche Prozesse und Verfahren müssen organisatorisch geändert werden?
- Wie müssen die Informationsflüsse und Entscheidungsprozesse laufen?
- Welche Umweltstrategie verfolgt das Unternehmen?

Außerdem wurden die Hemmnisse der Technologien in einer vergleichbaren Form mit der Liste aus Frauenhofer-ISI (1998) erfaßt. Dabei wurden jeweils die relevanten technologischen bzw. ökonomischen, informatorischen, regulatorischen und organisatorischen Hemmnisse der jeweiligen Technologie aufgelistet.[5]

---

[5] *technologische Hemmnisse*: z. B. mangelnde Benutzerfreundlichkeit, geringe Qualität, partiell unausgereift; *ökonomische Hemmnisse*: z. B. überhöhte Renditeerwartung, Wettbewerbsverzerrungen im Export, nicht prognostizierbare Marktentwicklung, schwer einschätzbare Wirtschaftlichkeit; *informatorische Hemmnisse:* z. B. mangelnde Kostentransparenz, unzureichende Marktüberblick; *regulatorische Hemmnisse:* z. B. Fehlen verbindlicher technischer Normen; *organisatorische Hemmnisse:* z. B. unzureichende Logistik für Sammlung oder Distribution, Fehlen von Promotoren.

Phase 3: Aufbau der Thesen und Reflexion

Anschließend wurden anhand der Informationen aus der Phase 2 für das Beispiel „integrativen Einsatz der Membrantechnologie “ Thesen über die Potentiale und notwendigen Unterstützungsmaßnahmen dieser Technologie aufgestellt. Durch Reflexion mit interessierten Akteuren wurden diese Thesen bewertet.

Da im Rahmen der Untersuchung für thermoplastisch verarbeitbares Holz auf eine umfassende Befragung aller interessierten Akteure verzichtet werden mußte (siehe tv-Holz-Kapitel 2), konnte eine Reflexion der entwickelten Thesen für tv-Holz in geplanter Form mit allen beteiligten Akteuren nicht stattfinden.

4 Literatur

FRAUENHOFER-ISI (1998): Innovationspotentiale von Umwelttechnologien; in Reihe: Schriftenreihe des Frauenhofer Instituts für Systemtechnik und Innovationsforschung, Berlin: Umweltbundesamt.

RENNINGS, K. (Hg.) (1999): Innovation durch Umweltpolitik; in Reihe: Wirtschaftsanalysen, hg. v. ZEW: Nomos.

SHEN, T. T. (1995): Industrial Pollution Prevention: Springer.

SUNDBO, J. (1998): The theory of innovation. Enterpreneurs, technology and strategy; in Reihe: New horizons in the economics of innovation, hg. v. Christopher, F., Cheltenham, Northampton: Edward Elgar.

FALLBEISPIEL I
MIKRO-, ULTRA UND NANOFILTRATION SOWIE UMKEHROSMOSE (Integrativer Einsatz der Membrantechnologie)

Dr. Mahshid Sotoudeh
Dipl.-Ing. Bettina Mihalyi
Mag. Rainer Stifter

Inhalt

1 Einleitung ..... MT 1

2 Ziel der Fallstudie ..... MT 3

3 Untersuchungsstrategie ..... MT 5

4 Technologiegeschichte ..... MT 7

5 Verfahrensdefinition ..... MT 9
- 5.1 Trennprinzip und Membranprozesse ..... MT 9
- 5.2 Membranwerkstoffe ..... MT 13
- 5.3 Modulbauarten ..... MT 14
- 5.4 Energieverbrauch im Vergleich zu einem Alternativverfahren ..... MT 14

6 Untersuchungsergebnisse ..... MT 17
- 6.1 Anwendungen ..... MT 18
- 6.2 Umweltschutzpotential ..... MT 19
- 6.3 Wirtschaftliche Fakten ..... MT 21

7 Wichtigste Vorteile aus Sicht der Anwender und Engineeringfirmen ..... MT 27

8 Hemmende Faktoren für die Verbreitung ..... MT 29
- 8.1 Unzureichende Information über die neue Technik und Fehlen von Erfahrungen ..... MT 30
- 8.2 Mehr Vertrauen in Konkurrenzverfahren und zu wenig Referenzen ..... MT 31
- 8.3 Wirtschaftliche Hemmnisse ..... MT 31
- 8.4 Bestehende Anlagen mit langen Abschreibungszeiten ..... MT 32
- 8.5 Technische Hemmnisse ..... MT 32

9 Ergebnisse der Reflexionsphase ..... MT 35
- 9.1 Reflexion der Hemmnisse ..... MT 37
- 9.2 Reflexion der Maßnahmen ..... MT 47
- 9.3 Überblickstabellen ..... MT 55

10 Erkenntnisse und Handlungsvorschläge ..... MT 57

11 Anhang ..... MT 61
- 11.1 Fragebogen für potentielle Anwender ..... MT 61
- 11.2 Fragebogen für Anwender ..... MT 64
- 11.3 Fragebogen für Engineeringfirmen und Forschungseinrichtungen ..... MT 69
- 11.4 Statistik ..... MT 73
- 11.5 Einige Rohdaten aus den Erhebungen ..... MT 76
- 11.6 Liste der kontaktierten Firmen, die Membrantechnologie anwenden ..... MT 79
- 11.7 Liste der kontaktierten Engineeringfirmen und Forschungsinstitute ..... MT 80

12 Literatur ..... MT 81

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 5.1-1: Zuordnung der druckgetriebenen Membrantrennverfahren ..... MT 9

Abbildung 5.1-2: Größenordnung verschiedener Partikel ..... MT 10

Abbildung 5.1-3: Dynamischer und statischer Betrieb bei der Mikrofiltration ..... MT 11

Abbildung 5.1-4: Möglicher zeitlicher Verlauf des Permeatflusses bei der Ultra- und Mikrofiltration ..... MT 11

Abbildung 5.2-1: Klassifizierung von Membranen ..... MT 13

Abbildung 5.3-1: Strömungsvarianten von Membranmodulen ..... MT 14

Abbildung 9.1-1: Gesamtbeurteilung der Hemmnisse ..... MT 38

Abbildung 9.1-2: Gruppenbeurteilung der These H7 ..... MT 38

Abbildung 9.1-3: Gruppenbeurteilung der These H9 ..... MT 39

Abbildung 9.1-4: Gruppenbeurteilung der These H8 ..... MT 40

Abbildung 9.1-5: Gruppenbeurteilung der These H10 ..... MT 40

Abbildung 9.1-6: Gruppenbeurteilung der These H11 ..... MT 41

Abbildung 9.1-7: Gruppenbeurteilung der These H1 ..... MT 42

Abbildung 9.1-8: Gruppenbeurteilung der These H2 ..... MT 42

Abbildung 9.1-9: Gruppenbeurteilung der These H3 ..... MT 43

Abbildung 9.1-10: Gruppenbeurteilung der These H4 ..... MT 43

Abbildung 9.1-11: Gruppenbeurteilung der These H5 ..... MT 44

Abbildung 9.1-12: Gruppenbeurteilung der These H6 ..... MT 45

Abbildung 9.1-13: Gruppenbeurteilung der These H12 ..... MT 46

Abbildung 9.1-14: Gruppenbeurteilung der These H13 ..... MT 46

Abbildung 9.2-1: Gesamtbeurteilung der Maßnahmen ..... MT 47

Abbildung 9.2-2: Gruppenbeurteilung der These M1 ..... MT 48

Abbildung 9.2-3: Gruppenbeurteilung der These M2 ..... MT 49

Abbildung 9.2-4: Gruppenbeurteilung der These M5 ..... MT 49

Abbildung 9.2-5: Gruppenbeurteilung der These M3 ..... MT 50

Abbildung 9.2-6: Gruppenbeurteilung der These M4 ..... MT 51

Abbildung 9.2-7: Gruppenbeurteilung der These M6 ..... MT 51

Abbildung 9.2-8: Gruppenbeurteilung der These M7 ..... MT 52

Abbildung 9.2-9: Gruppenbeurteilung der These M8 ..... MT 52

Abbildung 9.2-10: Gruppenbeurteilung der These M9 ..... MT 53

Abbildung 9.2-11: Gruppenbeurteilung der These M10 ..... MT 54

Abbildung 9.2-12: Gruppenbeurteilung der These M11 ..... MT 54

Tabellenverzeichnis

Tabelle 6.1-1: Anwendungsgebiete der Membrantechnologie ..... MT 18

Tabelle 6.3-1: Beispiele für Investitionskosten von Anlagen zur Abwasseraufarbeitung ..... MT 22

Tabelle 6.3-2: Investitionskosten von Anlagen zur Produktaufarbeitung ..... MT 22

Tabelle 6.3-3: Anlage für Forschungs- und Entwicklungszwecke ..... MT 23

Tabelle 6.3-4: Entwicklungsstufe der Membrantechnologie in den einzelnen Anwendungsgebieten ..... MT 24

Tabelle 7-1: Anzahl der angegebenenVorteile und Entscheidungsgründe für die Membrantechnologie in verschiedenen Branchen ..... MT 27

Tabelle 8-1: Anzahl der angegebenen Hemmnisse und Bedenken der potentiellen Anwender gegen Membrantechnologie in verschiedenen Branchen ..... MT 29

Tabelle 9-1: Thesen über die Hemmnisse ..... MT 35

Tabelle 9-2: Thesen über die Maßnahmen ..... MT 36

Tabelle 9-3: Akteurengruppen ..... MT 37

Tabelle 9.3-1: Verteilung der Angaben zu den Hemmnissen ..... MT 55

Tabelle 9.3-2: Verteilung der Angaben zu den Maßnahmen ..... MT 56

Tabelle 11.5-1: Entscheidungsfaktoren und Erwartungen ..... MT 76

Tabelle 11.5-2: Bedenken bei der Entscheidung ..... MT 77

Tabelle 11.5-3: Einige Faktoren, die Entscheidung der Firmen erleichtern würden. ..... MT 78

1 Einleitung

Die Membrantechnologie hat ihre Leistungsfähigkeit in vielen technischen Anwendungen erfolgreich unter Beweis gestellt. Als Beispiele sind hierfür die Dialyse zur Blutreinigung, die Umkehrosmose für die Trinkwassergewinnung oder industrielle Anwendungen zur Gastrennung zu nennen. Für den vorbeugenden Umweltschutz durch Integration in bestehende Produktionsabläufe weisen speziell die druckbetriebenen Membrantrennverfahren, beginnend mit der Mikrofiltration über die Ultrafiltration, die Nanofiltration bis hin zur Umkehrosmose ein hohes Potential für technische Problemlösungen auf.

Durch die Integration der genannten Membrantrennverfahren in Produktionsabläufe oder Kombinationen davon sind in vielen Fällen wesentliche Verbesserungen der Prozeßproduktivität mit gleichzeitig stark reduzierten Prozeßabfallströmen zu erwarten. Als Beispiel ist der Betrieb von biotechnologischen Prozessen mit stark erhöhten Zelldichten durch den Einsatz von Mikrofiltration zu nennen.

In vielen möglichen Anwendungsfällen steht ein voller technischer Durchbruch noch aus. Die Untersuchung der Gründe dafür und das Auffinden von Wegen zur Beseitigung von hemmenden Faktoren sind Gegenstand der vorliegenden Studie.

2 Ziel der Fallstudie

Die Studie soll das technische, wirtschaftliche und umweltschutzrelevante Potential der integrativen Einsatz der Membrantechnologie abschätzen und ihre Verbreitungschancen bzw. ihr Durchsetzungspotential beurteilen. Es werden die möglichen Anwendungen am Markt aufgezeigt und die Hemmnisse und Chancen aus Sicht der Akteure dargestellt.

Schwerpunkt der Studie ist die Untersuchung integrierter Anwendungen der Membrananlagen in Verfahren zur Steigerung der Ressourceneffizienz und zur Vermeidung des Ausstoßes von umweltschädlichen Stoffen.

Die Anwendung der Membrantechnologie in der klassischen Umwelttechnik (end-of-pipe Verfahren), wie Belebschlammkonzentrierung, Deponiesickerwassersanierung usw. wurden bewußt nicht behandelt, da sie schon einen etablierten Markt besitzen und nicht als vorsorgende Umwelttechnologien gelten.

3 Untersuchungsstrategie

Zuerst wurden in der Phase 2 des Projektes die aktuell möglichen Anwendungsgebiete für die Mikro-, Ultra- und Nanofiltration in der Literatur und über das Internet recherchiert, um den Stand der Technik zu belegen.

Für die Untersuchung wurden Engineeringfirmen, Forschungsinstitute, Anwender und potentielle Anwender als Ansprechpartner bestimmt.[1]

Aus den Anwendungen wurden für die Markterhebung jene ausgewählt, die bereits im großtechnischen Maßstab eingesetzt werden. Diese Anwendungen wurden den betreffenden Branchen zugeordnet.

An erster Stelle wurden Engineeringfirmen kontaktiert, die die Planung und die Installation von Membrantrennanlagen durchführen und die durch ihre Tätigkeit einen Überblick über den Markt und die Anwendungsgebiete von Membrantrennverfahren besitzen (siehe Kapitel 11.7). Die von uns erhobenen möglichen Anwendungsgebiete der Membrantechnologie wurden dabei von Mitarbeitern der Engineeringfirmen bestätigt. Um Hemmnisse und Möglichkeiten auch von der Forschungsseite zu erfassen, wurden in dieser Phase einige Forschungseinrichtungen, die sich mit Membrantechnologie beschäftigen, befragt. Aus organisatorischen und zeitlichen Gründen konnte in dieser Phase keine Vollerhebung durchgeführt werden.

Im nächsten Schritt wurde das Potential für den Einsatz von Membranen in den einzelnen Firmen untersucht. Aus der Produktbilanz des ÖSTAT wurde die in Österreich erzeugte Menge jener Stoffe erhoben, die mittels Membrantrennverfahren bearbeitet werden können. Dazu zählen vor allem Bier, Fruchtsäfte, Milch, Molke, Proteine, Enzyme, Säuren, Laugen und Emulsionen. Das betrifft folgende Branchen:

- Lebensmittelindustrie
- Chemie und Biotechnologie
- Textilerzeugung
- Ledererzeugung
- Papierindustrie
- Elektronikindustrie
- Automobil- und metallverarbeitende Industrie.

Laut ÖSTAT beträgt die jährlich produzierte Menge für

- Bier (1997/98) 9.358.947 hl, für
- Kuhmilch (1998) 3.255.539 t und für
- Molke in flüssiger Form (1997) 216.701 t.

Die Produktionsergebnisse 1997 für Fruchtsäfte:

- nicht gefrorener Orangensaft, nicht gegoren, ohne Zusatz v. Alkohol 674.787 hl,
- Saft aus Pampelmusen od. Grapefruits, nicht gegoren, ohne Zusatz v. Alkohol 60.532 hl,

---

[1] In Österreich werden vereinzelt an Universitäten spezielle Separatoren für die Membrantechnologie entwickelt (TU-Wien, BOKU). Da Separatoren derzeit kein Limitierungsfaktor für die Verbreitung der Membrantechnologie sind und in vielfältigen Varianten am Markt verfügbar sind, wurde diese Gruppe als Ansprechpartner in der Studie nicht berücksichtigt.

- Saft aus anderen Zitrusfrüchten (ohne Mischungen), nicht gegoren, ohne Zusatz v. Alkohol 6.977 hl,
- Traubensaft (einschl. Traubenmost), nicht gegoren, ohne Zusatz v. Alkohol 9.624 hl,
- Apfelsaft, nicht gegoren, ohne Zusatz v. Alkohol 656.377 hl,
- Saft aus and. Früchten od. Gemüsen (ohne Mischungen), nicht gegoren, ohne Zusatz von Alkohol 293.758hl,
- Mischungen v. Säften, nicht gegoren, ohne Zusatz v.Alkohol 447.144 hl,
- Saftkonzentrate, nicht gegoren, ohne Zusatz v. Alkohol 722.127 hl.

Für Proteine, Enzyme, Laugen und Säuren sind keine Produktionsmengen erhältlich.

Um in der kurzen verfügbaren Zeit eine möglichst effektive Analyse der Marktsituation durchführen zu können, wurden aus den jeweiligen Branchen Firmen mit einem großen Produktionsvolumen ausgesucht. Außerdem wurden einzelne kleine Betriebe als exemplarische Beispiele kontaktiert.

Die Markterhebung erfolgte durch telefonische Kontaktaufnahme mit den zuständigen Mitarbeitern der Firmen. Nach Abklärung der Betriebssituation in Bezug auf die Einsatzmöglichkeiten der Membrantechnologie wurde im Falle einer bestehenden Anlage oder einer Einsatzmöglichkeit ein Fragebogen (siehe Anhang) an die Firma gesendet. Außerdem wurden telefonische oder persönliche Interviews mit Anwendern durchgeführt.

Es wurden in dieser Phase ungefähr 100 Institutionen kontaktiert. 79 erfolgreiche Kontakte konnten hergestellt werden. Ein erfolgreicher Kontakt bedeutet ein kurzes Telefongespräch mit der zuständigen Person in dieser Firma (bei größeren Firmen waren es oft mehrere Fachleute, was aber nur als ein Kontakt gerechnet wurde). 39 Fragebögen wurden ausgesendet und 8 persönliche sowie 6 telefonische Interviews durchgeführt (siehe Anhang).

4 Technologiegeschichte

> „Über den exakten Beginn der Geschichte der Membrane (lat. Membrana = Häutchen) kann keine Aussage getroffen werden. Die moderne Zeit der Membrane beginnt mit den Versuchen des Abbe Nollet mit natürlichen Membranen im Jahre 1748. Ihm gelang die Anreicherung von Alkohol in einem Alkohol/Wasser – Gemisch.“ (Staude 1992).

Die älteste, heute noch kommerziell genutzte Membranapplikation, ist die Dialyse mit Mikrofiltrationsmembranen. Die Mikrofiltrationsmembran entstand durch Arbeiten von Schoenbein in 1845 mit der Synthese von Nitrocellulose als erstes synthetisches Membranpolymer. Überraschenderweise werden einige dieser frühen Materialien auch heute noch eingesetzt.

Die Membranentwicklung sowie die Aufklärung der Stofftransportmechanismen wurde anschließend jahrzehntelang, hauptsächlich in Deutschland betrieben. 1907 entdeckte Bechhold, daß unterschiedliche Polymerkonzentrationen verschiedene Porengrößen aufweisen und prägte damit den Ausdruck Ultrafiltration.

Die erste kommerzielle Herstellung begann 1918 als Zsigmondy und Bachmann eine Methode zur Einstellung der Porengröße bei der Produktion von Nitrocellulosemembranen entwickelten. Die kommerzielle Entwicklung schritt aber zunächst nur sehr langsam voran.

Nach dem 2. Weltkrieg konnte durch die Entdeckung am Hygiene Institut der Universität Hamburg dieses Verfahren in eine breitere kommerzielle Produktion gebracht werden. Dabei wurde mittels Mikrofiltration Bakterien aus dem Trinkwasser separiert und analysiert. Diese Entdeckung war speziell für Deutschland nach dem Krieg sehr wichtig, da fast die ganze zivile Infrastruktur zerstört war.

An den Entwicklungen der folgenden Jahre waren amerikanische Firmen wie die Lovell Chemical Company und die Millipore Corporation (heute Weltmarktführer im Bereich der Mikrofiltration) wesentlich beteiligt. Ihre Berichte dokumentieren den schwierigen Übergang von der Produktion im Labormaßstab zur halbkommerziellen Produktion von Mikrofiltrationsmembranen.

1959 entwickelten Reid und Breton für UCLA (University of California) die ersten asymmetrischen Membranen aus Celluloseacetat. Eine sehr dünne Schicht Celluloseacetat wurde auf eine poröse Trägerschicht aufgetragen. Mit dieser Methode wurden hohe Durchflußraten möglich und bewirkten damit den Durchbruch auf dem Gebiet der Umkehrosmose.

Während die Forschergruppe der UCLA ihre Arbeiten mit der Umkehrosmose fortsetzte, arbeitete eine andere Gruppe, später als Amicon Corporation bezeichnet, an der Entwicklung der Ultrafiltrationsmembrane.

Chemische Eigenschaften der Cellulosepolymerisate schränkten ihren industriellen Einsatz stark ein und so begann 1965 die Suche nach anderen geeigneten Polymeren. Innerhalb kürzester Zeit entwickelten mehrere voneinander unabhängige Fachgruppen eine Vielzahl von anderen Polymermembranen wie Polyacrylnitril (1965), Polysulfon oder Polyvinylfluorid. Dieser Umstand leitete die explosionsartige Entwicklung in den folgenden 10 Jahren auf dem Gebiet der Ultrafiltration (Membranentwicklung und Prozeßentwicklung) ein. Als Folge dieser Vielfältigkeit begann auch die Modulbauweisen zu divergieren, bevor sich eine erfolgreiche Methode etablieren konnte (Noble und Stren 1995).

Die jüngste Entwicklung auf dem Gebiet der Membrantechnologie ist die Nanofiltration, deren Membrane lange Zeit als Ausschuß bei der Herstellung von Umkehrosmose Membranen verworfen wurden, bis man entdeckte, daß diese Separatoren sehr selektive Trenneigenschaften aufweisen. Seit ca. 15 Jahren wird dieses Membrantrennverfahren auch kommerziell genutzt.

Ohne Berücksichtigung der Anwendungen in der Medizin betrug der weltweite Umsatz mit Membranen und Membraneinheiten (Membranmodule, Filterkerzen) 1994 ca.1500 Mio US-Dollar (Ripperger 1995).

Die drei größten Firmen, die an der Prozeßentwicklung auf dem Gebiet der Umkehrosmose und der Ultrafiltration in Österreich in den 80er Jahren beteiligt waren, sind:

- die damaligen SGPVA (Simmering Graz. Pauker Voest Alpine) heute VAtech WABAG,
- die Thyssen Tochter Aquatechnik und
- der heutige BWT Konzern.

Heute gibt es in Österreich viele Akteure für Prozeßentwicklung in den Betrieben, in Engineeringfirmen & Forschungseinrichtungen und internationale Anbieter.

Eine umfassende Literaturrecherche für die Entwicklungsgeschichte dieser Technologie in Österreich hat zu keinen wesentlichen Informationen geführt. Für eine fundierte Dokumentation dieser Entwicklung ist eine eigene umfangreiche und systematische Recherche in den Archiven der Firmen notwendig.

5 Verfahrensdefinition

Dieses Kapitel gibt einen Überblick über die Funktionsweise und die verschiedenen Bauarten der untersuchten Membrantrennverfahren. Außer der Nanofiltration (NF), der Ultrafiltration (UF) und der Mikrofiltration (MF) wird hier auch die Umkehrosmose (RO) wegen ihrer häufigen Anwendung kurz beschrieben. Die Literaturquellen für die Verfahrendefinition in diesem Kapitel sind Rautenbach (1994) und Angerbauer und Sage (1998).

5.1 Trennprinzip und Membranprozesse

Membrane können wie eine Art Filter betrachtet werden, die eine Trennung dadurch bewirken, daß mindestens eine Komponente des zu trennenden Gemisches (Feed) die Membran nahezu ungehindert passieren kann (Permeat) während die anderen Komponenten mehr oder weniger stark zurück gehalten werden (Retentat).

Ultra- und Mikrofiltration gehören zu den druckgetriebenen Membrantrennverfahren und schließen die Lücke zwischen der Umkehrosmose und der Nanofiltration einerseits und der herkömmlichen Filtration andererseits. (Abb. 5.1)

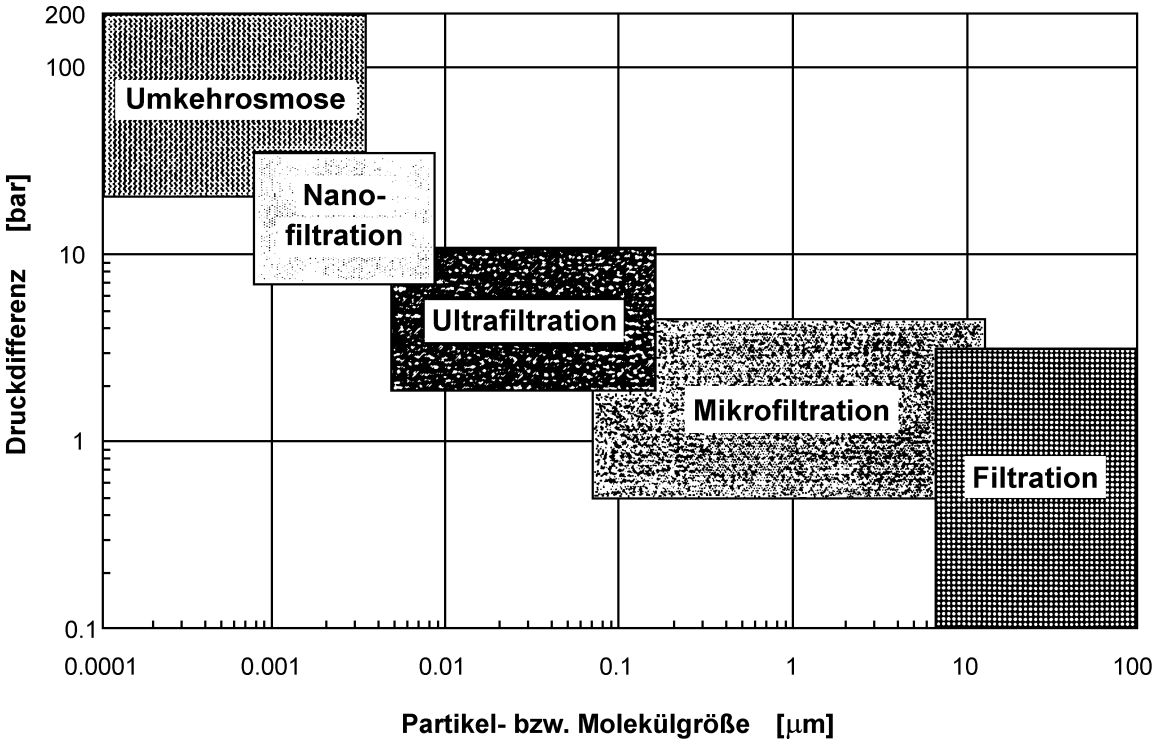

Abbildung 5.1-1: Zuordnung der druckgetriebenen Membrantrennverfahren

Die erforderliche transmembrane Druckdifferenz der verschiedenen Verfahren steigt mit kleiner werdender Partikel- bzw. Molekülgröße. Grund hierfür ist der

osmotische Druck des Lösungsmittels, der mit zunehmendem Molekulargewicht der gelösten Stoffes abnimmt. Typischer Arbeitsdruck:

Mikrofiltration ..... 1 bis 3 bar
Ultrafiltration ..... 3 bis 10 bar
Nanofiltration ..... bis 20 bar
Umkehrosmose ..... bis 100 bar

Da jedoch einerseits nicht nur die Partikelabmessungen, sondern auch die Molekül- bzw. Kolloidgestalt sowie Wechselwirkungen zwischen Membran und den zurückgehaltenen Komponenten für die in Abbildung 5.1-1 dargestellte Einordnung von Bedeutung sind, andererseits die Trennschnitte der Membranen mehr oder weniger scharf ausgebildet sein können, überschneiden einander die Einsatzbereiche zum Teil erheblich. Daher kann keine klare Abgrenzung erfolgen.

Die einzelnen Membranprozesse unterscheiden sich vor allem dadurch, welcher Stoff in welcher Form über die Membran transportiert wird, wie die Triebkraft realisiert wird und welcher Membrantyp zur Anwendung kommt.

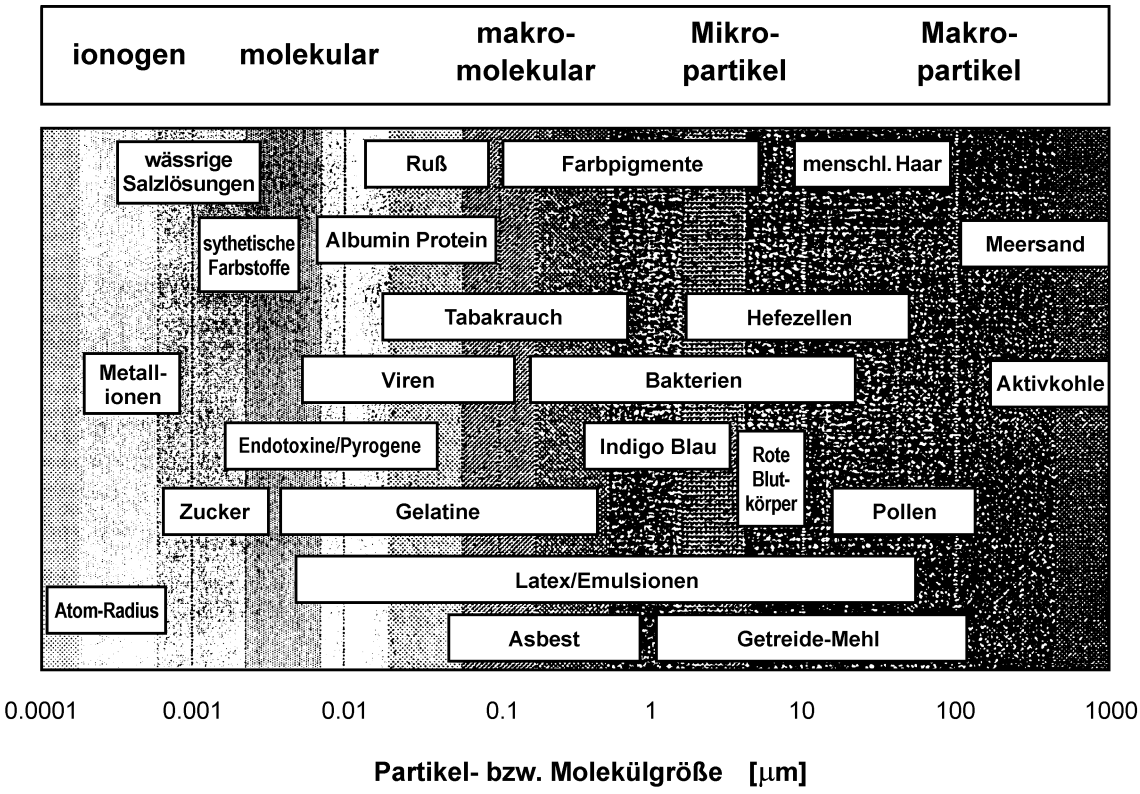

Abbildung 5.1-2: Größenordnung verschiedener Partikel

Die **Mikrofiltration** stellt das Bindeglied zwischen Filtration und Membrantrennverfahren dar. Teilweise wird sie wie eine Filtration als „dead-end-filtration“ betrieben, wobei die Membran orthogonal durchströmt wird und die abgelagerten Partikel einen anwachsenden Filterkuchen bilden. Teilweise wird sie aber auch als Querstromfiltration („cross-flow“) wie alle anderen Membrantrennverfahren betrieben (siehe Abbildung 5.1-3.), wobei bei der Überströmung des Feeds durch die Sogwirkung des Permeatstromes ebenfalls ein Teil der Partikel als Deckschicht auf der Membran abgelagert wird. Der größere Anteil der Partikel wird jedoch durch die Feedströmung mitgerissen.

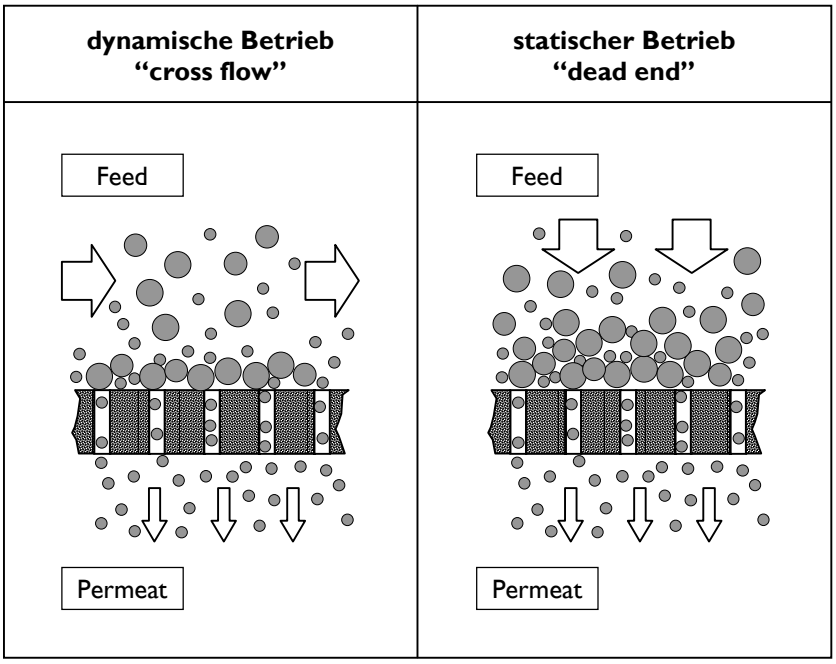

Abbildung 5.1-3: Dynamischer und statischer Betrieb bei der Mikrofiltration

Die Struktur der sich auf der Membran bildenden Deckschicht ist für die Lage des effektiven Trennschnittes bei der Querstromfiltration im allgemeinen von größerer Bedeutung als der Aufbau der Membran selbst. Man spricht deshalb in diesem Fall von einer „dynamischen Membran“ oder „Sekundärmembran“, die eine Verschiebung des effektiven Trennschnittes in Richtung kleiner Partikeldurchmesser während des Anlagenbetriebes zur Folge hat.

In extremen Fällen kann aus einem Mikrofiltrationsprozeß durch die gebildete Deckschicht während des Betriebes ein Ultrafiltrationsprozeß werden.

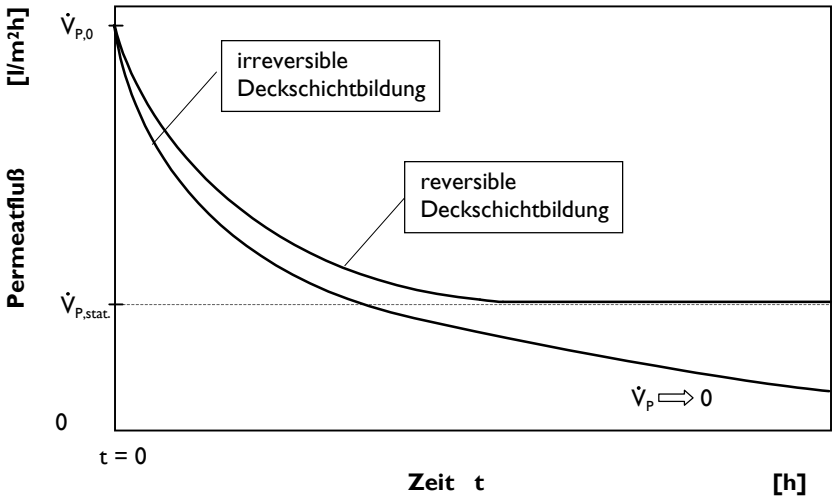

Abbildung 5.1-4: Möglicher zeitlicher Verlauf des Permeatflusses bei der Ultra- und Mikrofiltration

Auch bei der **Ultrafiltration** tritt diese Deckschichtbildung (Fouling) fast immer auf. Stellt sich bei einer bestimmten Schichtdicke dieser Deckschicht ein konstanter Permeatfluß ein, so spricht man von einer reversiblen Deckschicht. Solche Systeme verhalten sich nach einer bestimmten Anfahrtszeit stationär.

Es gibt aber ebenso viele Fälle, in denen der Permeatfluß stetig, wenn auch langsam, absinkt. Dies kann mit Strukturänderungen in der Deckschicht erklärt werden, z. B. durch Einlagern von feinen Partikeln in die zunächst von größeren Partikeln gebildeten Hohlräume. Solche Systeme machen eine Modellierung des Prozesses nicht mehr sinnvoll und erfordern eine intervallmäßige Abtragung der Deckschicht, z. B. durch Permeatrückspülung.

Schon jetzt wird deutlich, daß für eine sichere Anlagenauslegung bei der deckschichtbildenden Querstromfiltration – und diese umfaßt insbesondere die Ultra- und Mikrofiltration kolloidaler Suspensionen – **der Versuch unter Originalbedingungen, d. h. insbesondere mit dem Originalstoffsystem**, unerläßlich ist. Dabei ist auch der Einfluß der Filtrationsdauer auf die Permeatleistung zu berücksichtigen.

Die **Nanofiltration** ist wie die Umkehrosmose ein druckgetriebenes Membrantrennverfahren zur Aufarbeitung wässriger Lösungen. Nanofiltrationsmembranen sind ähnlich wie Umkehrosmosemembranen aufgebaut, unterscheiden sich jedoch in der chemischen Zusammensetzung.

Osmose ist eine Erscheinung, die den Konzentrationsausgleich zwischen einer Lösung und ihrem Lösungsmittel, die durch eine semipermeable Wand getrennt sind, anstrebt. Wirkt auf die Lösung von außen ein aufgeprägter, hydrostatischer Druck, der größer ist als die Differenz der osmotischen Drucke beiderseits der Membran, so kehrt sich die Flußrichtung um. Das Lösungsmittel wird aus der höherkonzentrierten Lösung herausgepreßt und wandert entgegen dem treibenden Konzentrationsgefälle in die verdünnte Lösung (Permeat). Dieser Vorgang wird als **Umkehrosmose** bezeichnet und dient zur Abtrennung von gelösten Stoffen, deren molare Massen gleich oder nur unwesentlich größer als die des Lösungsmittels sind.

Bei gelösten Inhaltsstoffen beginnt die Deckschichtbildung, die zu einer Membran-Verblockung führt, erst nach Überschreiten der Löslichkeitsgrenze (Scaling).

Allgemeine Anwendungsbereiche:

Mikrofiltration:	Konzentrierung kolloidaler Suspensionen
Ultrafiltration:	Fraktionierung von niedermolekular gelösten Stoffen und Makromolekülen
Nanofiltration:	Rückhalt mehrwertiger Anionen bei Permeation der einwertigen Ionen
	Rückhalt org. Verbindungen bei Permeation der einwertigen Salze
	Trennung von nieder- und höhermolekularen Inhaltsstoffen in wäßrigen Lösungen
Umkehrosmose:	Wasseraufbereitung, Aufkonzentrierung von Wässern und Lösungen

5.2 Membranwerkstoffe

Für die derzeit praktisch durchgeführten Trennoperationen mit Membranen sind eine Vielzahl effektiver Membranen aus den verschiedensten Polymeren verfügbar. Sei einigen Jahren stehen aber auch eine Reihe anorganischer Sinterwerkstoffe für die Membranherstellung zur Verfügung.

Die folgende Abbildung zeigt die Klassifizierung der Membranen nach Herkunft, Werkstoff, Struktur und Herstellung.

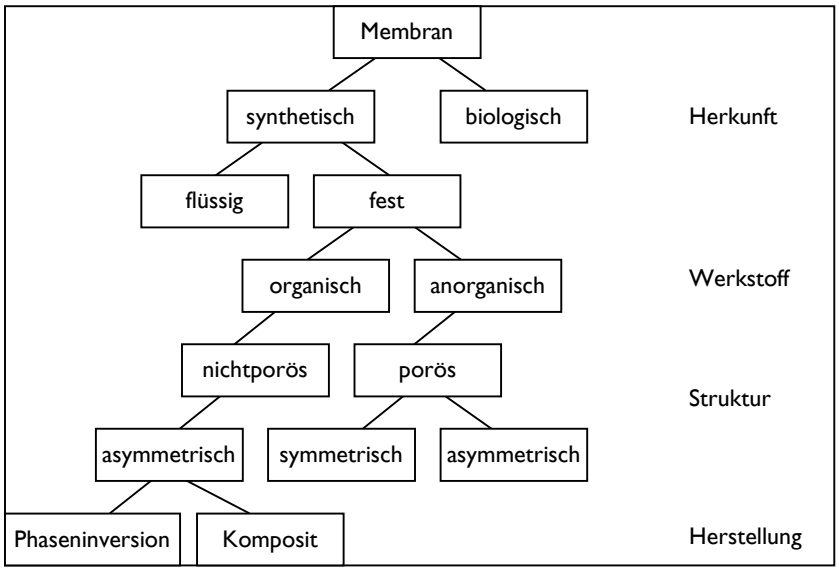

Abbildung 5.2-1: Klassifizierung von Membranen

Häufig verwendete Werkstoffe für Mikro- und Ultrafiltrationsmembrane sind Polypropylen – PP, Poly(tetrafluorethylen) – PTFE, aber auch Celluloseester, Polyamid, Polysulfon und Polycarbonatverbindungen.

Neben keramischen Werkstoffen aus Aluminium- und Zirkoniumoxid werden hauptsächlich Glas, Aluminium, Edelstähle und faserverstärkter Kohlenstoff verwendet. Alle diese Materialien zeichnen sich durch besonders gute mechanische Eigenschaften, sowie hohe thermische und chemische Resistenz aus, so daß sie bereits heute in vielen technischen Anwendungsbereichen zu einer ernsthaften Konkurrenz für die lange Zeit einzig verfügbaren organischen Membranen geworden sind.

Weiters gibt es Unterscheidungen im Aufbau der Membrane:

Asymmetrische Membrane haben den Vorteil, daß sie sehr dünn herstellbar sind, und so sehr hohe Permeatflüsse zulassen. Sie bestehen im Gegensatz zu **symmetrischen Membranen** aus einer dünnen, dichten Haut (Dicke ca. 0,2 µm) und einer darunter liegenden porösen Stützschicht (Dicke ca. 0,2 mm), die das Trennverhalten der aktiven Schicht nicht beeinfluß. Von einer **Compositemembran** spricht man, wenn die aktive Schicht und die Stützschicht aus unterschiedlichen Materialien bestehen.

5.3 Modulbauarten

Die Konstruktion oder Auswahl eines Membranmoduls ist immer die Suche nach dem optimalen Kompromiß zwischen hoher spezifischer Membranfläche einerseits und geringem Druckverlust bzw. geringer Verstopfungsneigung andererseits. Für die Ultrafiltration und Mikrofiltration kommen vorzugsweise Module mit freien Kanälen und moderaten charakteristischen Kanalabmessungen in Frage. Sehr weite Kanäle bieten nur geringe spezifische Oberflächen und sind deßhalb unwirtschaftlich. Sehr enge Kanäle weisen demgegenüber hohe Druckverluste auf und neigen insbesondere bei hochkonzentrierten Suspensionen der Mikrofiltration zur Verstopfung: Geeignet sind somit Rohr- und Kapillarmodule sowie Plattensysteme.

Da je nach Einsatzzweck der eine oder andere Gesichtspunkt im Vordergrund steht, sind auf dem Markt eine Reihe völlig unterschiedlich konzipierter Modultypen erhältlich. Sieht man von vielen konstruktiven Einzelheiten ab, so lassen sich die Module auf 2 Bauklassen und 6 Bauarten zurückführen.

Schlauchmembranen	Flachmembranen
Rohrmodul	Plattenmodul
Kapillarmodul	Wickelmodul
Hohlfasermodul	Kissenmodul

Folgende Strömungsvarianten kommen dabei zum Einsatz:

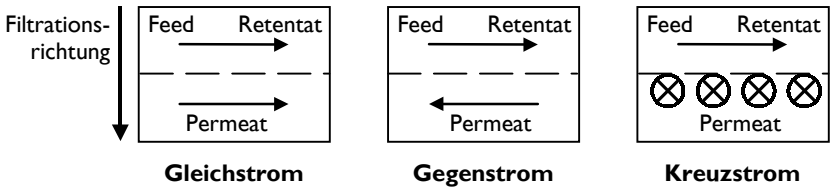

Abbildung 5.3-1: Strömungsvarianten von Membranmodulen

Je nach Anwendungsbereich schaltet man die Module parallel oder in Reihe bzw. in Kombination. Durch diese Modulbauweise können Membrantrennverfahren sehr einfach an jede Kapazität angepaßt werden.

5.4 Energieverbrauch im Vergleich zu einem Alternativverfahren

Energiebedarf einer Umkehrosmoseanlage

Entsalzungsleistung ..... 1 m³/h entsalztes Wasser
Schnittverhältnis (Recovery) 0,5
Betriebsdruck ..... 50 bar
Gesamt-Wirkungsgrad der Hochdruckpumpe 0,7
Membranflächenbelastung..... 25 l/(m².h)

Berechnung

Leistungsbedarf:

$$P = \frac{\Delta p \cdot \dot{V}}{\theta \cdot \eta_{gesamt}} \; [kW]$$

Δ ..... Druckdifferenz ..... [Pa]
$\dot{V}$ ..... Volumenstrom ..... [m³/s]
θ ..... Schnittverhältnis ..... [-]
η_{gesamt} ..... Gesamtwirkungsgrad ..... [-]
P ..... Leistung ..... [W]

$$P = \frac{5.10^6 * 1/3600}{0{,}5 * 0{,}7} = 3968\,W$$

Erforderliche Membranfläche:

$$A_M = \frac{\dot{V}}{\dot{v}_{spez}}$$

$$A_M = \frac{1}{0{,}025} = 40\,m^2$$

Vergleichsrechnung – Verdampfung:

Entsalzungsleistung ..... 1m³/h entsalztes Wasser
Verdampfungsenthalpie (Wasser) ..... 2,25*106 J/kg
System mit mehrstufiger Verdampfung (tatsächlicher Energiebedarf) ..... 25 %

$$P = \dot{V} \cdot \rho \cdot \Delta h_v \cdot f$$

P ..... Leistung ..... [W]
$\dot{V}$ ..... Volumenstrom ..... [m³/s]
ρ ..... Dichte ..... [kg/m³]
Δh_v ..... Verdampfungsenthalpie ..... [J/kg]
f ..... Quotient tatsächlicher und theoretischer Wärmebedarf ... [-] (Berücksichtigung der Stufenzahl, Brüdenkompression etc.)

$$P = 1/3600 * 1000 * 2{,}25.10^6 * 0{,}25 = 156250\,W$$

Anhand dieser einfachen Abschätzung kann gezeigt werden, welches Potential im Hinblick auf energetische Einsparungen (und damit verbundenes CO_2-Reduktionspotential) bei der Membrantechnologie gegeben ist. Im Falle dieses Rechenbeispiels wäre es eine Reduktion des Energiebedarfs auf ein Fünftel durch den Einsatz eines Membrantrennverfahrens, im Vergleich zu einer Verdampferanlage.

6 Untersuchungsergebnisse

Die Ergebnisse dieses Kapitels basieren auf den Informationen aus 79 Telefonkontakten, 8 persönlichen und 6 telefonischen Interviews sowie auf 20 beantworteten Fragebögen (detaillierte Aufstellung siehe Anhang Abschnitt 11.4). Die Kriterien für die Durchführung der Untersuchung sind in Kapitel 3 erklärt.

In der ersten Erhebungsphase wurden die Ansprechpartner (Engineeringfirmen und Forschungsinstitute zur Planung und Erstellung der Anlagen, Anwender und Potentielle Anwender) festgelegt.

Bei der Befragung der Mitarbeiter von Engineeringfirmen und Anwenderfirmen wurde festgestellt, daß das Wissen über Kunden und angewendete Verfahren nicht an Externe weitergegeben wird, da derzeit in Österreich das Konkurrenzdenken aufgrund der Auftragssituation sehr stark ausgeprägt ist. Es wurde auch beobachtet, daß auch in diesem Bereich einige Anwender (oft große aber auch einige kleine innovative Firmen) ihre eigene Anlagen selbst planen und errichten.

Aufgrund der Angaben der befragten Engineeringfirmen und Forschungseinrichtungen besteht in Österreich in allen Produktionsbereichen, in denen Membrantechnologie eingesetzt werden kann, ein großes Marktpotential, wenn die potentiellen Anwender vertrauen in die wirtschaftliche, technische Vorteile sowie die Umweltschutzvorteile dieser Technologie gewinnen.

Betriebswirtschaftliche Einsparungen bei Einsatz von Membrantechnologie ergeben sich aus:

- geringerem Einsatz von Chemikalien,
- geringeren Abwasser- und Permeatentsorgungskosten,
- geringeren Energiekosten,
- geringeren Transportkosten durch das Eindicken von Produkten, sowie
- gegebenenfalls erhöhten Produktqualität (vor allem im Bereich der Lebensmittelindustrie).

Diese Vorteile können jedoch im Einzelfall je nach den Gegebenheiten des Prozesses stark variieren. Die Engineeringfirmen können daher keine allgemein gültige Aussage über die exakte Höhe der finanziellen Einsparungen einer Membrantrennanlage gegenüber alternativen Verfahren machen. Von den technischen Vorteilen (z. B.: selektive und produktschonende Trennmethode, hohe Betriebssicherheit, flexible Modulbauweise usw.) und dem großen Umweltschutzpotential des Verfahrens sind jedoch die Anwender und die Engineeringfirmen überzeugt.

Durch die Möglichkeit einer schonenden und selektiven Stofftrennung kann die Membrantechnologie vielseitige Umweltschutzvorteile gegenüber chemischen und thermischen Trennverfahren aufweisen. Die größten Vorteile dabei sind die Reduktion bzw. Vermeidung des Verbrauchs von Chemikalien, die Reduktion des Energieverbrauchs (im Vergleich zu den thermischen Trennverfahren siehe 5.4) sowie ein wesentlich geringerer Ausstoß von Schadstoffen durch Kreislaufführung (wie z. B. Recycling von Laugen, Regeneration von Elektrotauchlackierbädern).

Die detaillierten Ergebnisse der Untersuchung sind in den Abschnitten 6.1 bis 6.3 dokumentiert. Anschließend sind im Kapitel 7 die Vorteile aus Sicht der Anwender und Engineeringfirmen dargestellt. Im Kapitel 8 sind die identifizierten Hemmnisse aufgelistet.

6.1 Anwendungen

Die Anwender nutzen die Membrantechnologie entweder zur Aufarbeitung der Prozeßflüssigkeit, eventuell auch mit Recyclierung von gereinigtem Wasser, oder sie wenden das Verfahren zur Abtrennung von Wertstoffen und Produkten aus dem Produktstrom an. Demgemäß kann man folgende Untersuchungsbereiche unterscheiden:

Tabelle 6.1-1: Anwendungsgebiete der Membrantechnologie

Anwendungen	**Aufarbeitung der Prozeßflüssigkeit**				**Aufarbeitung des Produktstromes**		
Bereiche	**Wertstoff-rückgew.**	**Emulsions-trennung**	**Wasser-aufbereitung**	**Recycling**	**Reinigung**	**Fraktionierung**	**Konzentrat**
Elektronikind.			Reinstwasser, Fotoresist-hältiges Abw.				
Bio-technologie	Enzyme				Proteine	Proteine, Plasmagewinnung	Enzyme
Chemische Ind.	Katalysator Lösungs-mittel						
Pharmazie	Enzyme			Laugen	Entkeimung von Bio-pharma.	Proteine, Antibiotika	Proteine
Medizin-technik					Hämo-filtration	Plasmapherese	IgG2a Antikörper
Metallverarb. Industrie	Lack	Öl-Wasser		Entfettungs-bad Elektro-tauchlackier-bad			
Textilindustrie	Farbstoffe, Schlichte-hilfsmittel			Schlichte-bad Textil-laugen			
Papier-industrie	Streich-wasser-aufarbeitung		Voll entsalztes Wasser				
LM-Ind.: Brauerein	Bier-Hefe Trennung		Kesselspeise-wasser, Brüden-kondensat	Laugen	Kaltent-keimung, Klarfiltration	Ent-alkoholisierung	
LM-Ind.: Molkereien			Permeat, Brüden-kondensat	Laugen	Molkeent-salzung	Protein-abtrennung	Milch, Molke, Lactose
LM-Ind.: Getränkeind.				Laugen	Klar-filtration	Entsäuerung	Fruchtsaft

Relativ gut verbreitet ist die Membrantechnologie derzeit im Bereich der metallverarbeitenden Industrie bzw. der Kfz-Industrie, für die Emulsionstrennung, wo das Abwasser zu einem hohen Prozentsatz mit Öl verunreinigt ist. Auch von den Engineeringfirmen werden hier bereits fertige Anlagenmodule angeboten, die durch entsprechende Vorreinigungsstufen ergänzt werden müssen. Für kleinere Kfz-Reparaturbetriebe, die nur kleine Mengen an Emulsionen entsorgen müssen und über keine geschlossenen Teilewaschanlagen verfügen sind die Alternativverfahren, wie Mineralölabscheider oder chemische Emulsionsspaltung wirtschaftlicher, da die Membranreinigung bei nicht-kontinuierlichem Betrieb oft aufwendig ist.

Ultrafiltration wird im Bereich der metallverarbeitenden Industrie auch immer zur Regeneration des Entfettungsbades bzw. zur Regeneration von Elektrotauchlackierbädern eingesetzt.

Wasserlackrückgewinnung durch Aufkonzentrierung mittels Ultrafiltration ist technisch möglich, befindet sich aber industriell noch in der Testphase.

Aufarbeitung und Wiederverwendung von Wasser (Kesselspeisewasser und Brüdenkondensaten) durch Umkehrosmose und Nanofiltration sind relevant für die Lebensmittelindustrie, die Elektronikindustrie, die Papierindustrie, die Textilindustrie und die Kraftwerkstechnik.

Bei der Wasserenthärtung und Entsalzung tritt die Membrantechnologie als Alternative zum Ionentauscher auf. Zusammen mit der Aufarbeitung und Rückführung von Waschlaugen (NaOH) mittels Ultrafiltration stellt das ein enorm großes Einsatzgebiet dar, in dem Membrantechnologie noch kaum eingesetzt wird. Große Mengen an Waschlauge fallen speziell in der Lebensmittelindustrie (CIP-Laugen), bei Wäschereien und in Krankenhäusern an. Allgemeiner kann man diese Anwendungen auch als Behandlung von Abwasser bis zur Brauchwasserqualität bezeichen, die eine Wasserkreislaufschließung, oftmals verbunden mit Wertstoff- bzw. Energierückgewinnung, ermöglichen.

Im Bereich der Abwasseraufbereitung ist auf die derzeitige und in Zukunft geforderte Wasserqualität von Gewässern (Badegewässer, Grundwasser) hinzuweisen, die auch für den Fremdenverkehr eine besondere Rolle spielt. Eine konstante Qualität des Ablaufs der Kläranlagen kann zumeist nur durch Wasseraufbereitung mit Membrantrennverfahren erreicht werden (Entkeimung).

Derzeit wird in der Forschung und zum Teil auch schon in der Praxis an neuen Anwendungen der Membrantechnologie gearbeitet. In der Biotechnologie könnten durch Kreislaufführung von Enzymen mittels MF und UF neue Synthesemethoden entstehen. Hier ist nicht nur die Verfahrensentwicklung gefordert, sondern auch von der Membranentwicklung sind lösungsmittelbeständigere Materialien gefragt (Friedl 1995).

Der Membranreaktor, in dem die Membran gleichzeitig trennt und katalysiert, ist noch im Entwicklungsstadium und würde viele Produktionsverfahren revolutionieren und Abfallströme an der Quelle verhindern.

Membrantrennverfahren können ebenfalls bei der Produktion von Milchsäure aus Silage in der grünen Bioraffinerie eingesetzt werden. Dabei kann durch kontinuierliche Zurückführung der Zellen und Trennung des Produktes eine Effizienzsteigerung erzielt werden. In einem Reaktor im IFA in Tulln konnten Langzeitversuche ohne sterile Bedingungen erfolgreich durchgeführt werden (Madzingaidzo et al. 1999).

6.2 Umweltschutzpotential

Durch die Möglichkeit einer schonenden und selektiven Stofftrennung weisen die Membrantrennverfahren vielseitige Vorteile gegenüber chemischen und thermischen Trennverfahren auf. Die größten Vorteile für den Umweltschutz sind die Reduktion bzw. Vermeidung des Verbrauchs von Chemikalien und die Reduktion des Energieverbrauchs im Vergleich zu den thermischen Trennverfahren. Folgende entscheidende Beispiele wurden in diesem Zusammenhang in Interviews und Fragebögen angesprochen:

Nach der Größe des Volumenstromes ist die Waschlaugenaufarbeitung mittels Ultrafiltration sicherlich an die erste Stelle zu setzen. Der große Vorteil dieses Verfahrens besteht darin, daß die eingesetzte Lauge (NaOH) zu 80 bis 90 % zurückgeführt, eine entsprechende Menge an Säure zur Neutralisation eingespart, und die Salzfracht wie das Volumen des Abwassers damit erheblich reduziert werden kann.

Durch die erhöhte Salzfracht steigt die Konzentration an Chloridionen im Wasser an. Damit wird nicht nur das biologische Gleichgewicht gestört sondern auch die Löslichkeit von Schwermetallen, die im Gestein vorliegen, erhöht. Die Waschlaugenaufarbeitung führt daher zu einem geringeren Frischwasserbedarf, zur Verrringerung der Salzkonzentration im Abwasser und zur Vermeidung der Erhöhung von Schwermetallkonzentration im Gewässer.

Weiters fallen in diesen Bereich die Substitution von Ionentauschern zur Entsalzung, durch Umkehrosmose oder Nanofiltration, was vor allem die „scharfen“ Chemikalien zur Regeneration einspart.

Die Laugenaufarbeitung und die Entsalzung von Wasser sind Anwendungen der Membrantrennverfahren, die sich fast über alle untersuchten Industriezweige (z. B. Lebensmittelindustrie, Elektronikindustrie und Textilindustrie) erstrecken.

Ultrafiltration wird in der Lebensmittelindustrie für die Aufkonzentrierung von Milch, Molke oder Fruchtsäften als Konkurrenzverfahren zu den herkömmlichen Verdampfern bzw. zu Trocknungsanlagen angewendet. Der umwelttechnische Vorteil hier ist der wesentlich geringere Energiebedarf und die damit verbundene Reduktion der CO_2-Emission sowie die schonendere und selektivere Arbeitsweise. Für einen Betrieb wurden Einsparungen von 18000 m^3 CO_2 pro Jahr angegeben. Zusätzlich können durch die Herstellung von Lebensmittelkonzentraten Frachtkosten um bis zu 75 % (gegenüber unbehandelten Materialien) gesenkt werden.

Der Einsatz von UF und MF zur Klarfiltration im Bereich der Getränkeindustrie ersetzt die Kieselgurfilter mit großem Abfallaufkommen und eventuell Schönungshilfsmittel. Die Kaltentkeimung benötigt im Vergleich zum Kurzzeiterhitzer wesentlich weniger Energie und zerstört die Enzyme nicht.

Eine weitere Anwendung der Ultrafiltration zur Produktrückgewinnung und Ressourceneffizienz ist die Bier – Hefe Trennung, wo das Restbier aus dem Geläger (abgesetzte Hefe und Bier) abgetrennt und dem Produktstrom zugeführt werden kann.

Durch den Einsatz von Membrantrennverfahren können Filterhilfsmittel allein in der Biotechnologie in einem Ausmaß von einigen 100 t/Jahr eingespart werden.

Das mögliche Ausmaß an Rückgewinnung von Enzymen, Katalysatoren, Puffersalzen und Lösungsmitteln durch den Einsatz von Membrantrennverfahren im Bereich der Chemischen Industrie und der Biotechnologie kann mangels Informationen nicht näher spezifiziert werden, stellt aber in jedem Fall ein großes Umweltschutzpotential dar.

In der Textilindustrie ermöglicht die Membrantechnologie ein Recycling des Schlichtebades, welches gefährliche Stoffe und eine hohe CSB-Fracht enthält. Die Rückgewinnung und der Wiedereinsatz von Farbstoffen in der Textilchemie ist zur Zeit noch nicht möglich, wird aber mit neuen technischen Entwicklungen in naher Zukunft machbar sein.

Die Streichwasseraufarbeitung mit bis zu 100 %iger Wasserkreislaufführung ist ein technisch ausgereiftes Verfahren für die Papierindustrie und hat mit Prozeßwasserströmen im Bereich von 100 bis 1000 m^3/Tag wesentliche wirtschaftliche Bedeutung.

Bei der Emulsionsspaltung mittels Ultrafiltration werden im Vergleich zur Flotation oder chemischen Spaltung große Mengen an Chemikalien eingespart, und das abgetrennte Öl kann auch zur Energiegewinnung eingesetzt werden.

Weitere breite Umweltschutzpotentiale, die weltweit noch nicht genutzt werden, sind die Entkeimung von Wasser aus Kläranlagen mit biologischer Abwasserreinigung mittels Ultrafiltration, und die Entfernung pharmazeutischer Produkte aus dem Abwasser.

Allerdings müssen für die Reinigung von Membranen auch Chemikalien (Tenside) eingesetzt werden müssen. Fallweise muß auch der Feedstrom vor der Membran mit Chemikalien konditioniert werden. Die Membran selbst ist unter bestimmten Voraussetzungen als Betriebsmittel zu sehen (siehe Abschnitt 6.3), das teilweise von den Herstellern zurück genommen oder als Sondermüll, weil es sich zumeist um Composites (siehe Abschnitt 5.2) handelt, als Sondermüll thermisch entsorgt werden muß.

In Bezug auf die Nachhaltigkeit der Membrantrennverfahren wurde aber von Engineeringfirmen und Forschungseinrichtungen mehrfach versichert, daß durch dieses Verfahren keine neuen Umweltprobleme im Vergleich zu anderen Technologien auftreten und die umwelttechnischen Vorteile meist erheblich größer sind.

6.3 Wirtschaftliche Fakten

Im Rahmen der Erhebung wurde ein Überblick über bestehende Membran- anlagen aus unterschiedlichen Unternehmen in unterschiedlichen Branchen und deren Investitions- und Betriebskosten, Ressourceneinsparung, Wertstoffrückgewinnung, Abfallkosten und Amortisationszeiten gewonnen. Die Anlagen stammen aus verschiedenen Jahren, benötigten einen unterschiedlichen Forschungs- und Entwicklungsaufwand und wurden individuell prozeßorientiert ausgelegt. Die erhobenen Daten können deshalb nicht verallgemeinert dargestellt werden und sind nur eingeschränkt auf gleichartige Produktionsprozesse in der gleichen Branche übertragbar.

Betrachtung der Investitionskosten

Bei den Investitionskosten sind vor allem die Kosten für die Planung, den Bau der Anlage und der teilweise intensive Forschungs- und Entwicklungsaufwand für neue Anwendungen (bis zu 2 Jahre) zu nennen. Der Forschungsaufwand fällt jedoch, bei den hier untersuchten Anwendungen, bloß beim Einsatz der Membrantechnologie in neuen Anwendungsgebieten an.

Standardisierte Verfahren können ohne Forschungsaufwand, durch Modifizierung des Feedstroms mittels geeigneter Vorreinigungsstufen oder durch Optimierung der Prozeßbedingungen übertragen werden. Allerdings sind selbst für die Anlagen zur Aufbereitung von Öl/Wasser Emulsionen, die bereits standardisiert eingesetzt werden, wegen der zumeist sehr unterschiedlichen Zusammensetzung des Öl/Wasser Gemisches oft längere Testphasen nötig, um die Prozeßbedingungen zu optimieren (siehe Kapitel 5.1).

Die Kosten der Planungsphase, die bis zu 3 Monaten dauern kann, betragen ca. 10-15 % der Gesamtkosten. Die Installation vor Ort dauert zwischen 2 und 3 Wochen. Die Membrankosten selbst bewegen sich in einer großen Spannbreite. Der Preis für großindustriell eingesetzte Membrane liegt zwischen

US$ 30/m^2 bis US$ 150/m^2. Spezielle Membrane für Nischenanwendungen kosten bis zu US$ 1000/m^2, je nach Einsatzgebiet und Material. Allgemein gilt, daß Polymermembrane (z. B. für Umkehrosmose) ca. 10-20 % und keramische Membrane über 20 % der Investitionskosten ausmachen bzw. 2 bis 10 mal so teuer sind.

Von großer Bedeutung für die Kosten eines Membrantrennverfahrens sind die Membranstandzeiten (Lebensdauer der eingesetzten Membrane), sowie die Membranreinigung. Für Polymermembrane liegt die Betriebszeit zwischen 1 und 5 Jahren, wodurch die Membrankosten den Charakter von Betriebskosten annehmen. Keramische Membrane können durchaus Standzeiten über 5 Jahren erreichen und somit den Investitionskosten zugerechnet werden. Durch entsprechende Behandlung und Reinigung können die Standzeiten erhöht werden.

Durch die unterschiedlichen Anwendungsfälle konnte kein allgemein gültiger Zusammenhang bzw. keine lineare Beziehung zwischen Filtrationsleistung und Investitionskosten erstellt werden. Die Investitionskosten der angegebenen Beispiele stammen von befragten Betrieben, die Anlagen zur Abwasserbehandlung errichten, und stellen sich wie folgt dar:

Tabelle 6.3-1: Beispiele für Investitionskosten von Anlagen zur Abwasseraufarbeitung

Verfahren	Filtrationsleistung in m³/h	Investitions-kosten Gesamt in öS	Amortisationszeit in Jahren	Invest. Jahr
UF–Industrieabwasser	0,12	470.000	4	1990
MF–Emulsion mit Ölanteil bis 5 %	0,8	1.5 Mio.	2,7	1987
UF–Fermentationslösungen	4	7 Mio.	< 5	1997
NF–Wasser wird auf 0 dH° aufbereitet	12	1,05 Mio.	k. A.	1994

Die Kosten für die Anlagen zur Produktaufbereitung in den anderen Beispielen stellen sich bei den befragten Unternehmen wie folgt dar:

Tabelle 6.3-2: Investitionskosten von Anlagen zur Produktaufarbeitung

Verfahren	Filtrationsleistung in m³/h	Investitions-kosten Gesamt in öS	Amortisationszeit in Jahren	Invest. Jahr
UF-Wertstoffrück-gewinnung	2,7	18 Mio.	3,2	1999
MF–Kaltentkeimung	28	12 Mio.	k.A.	1994

Bei der ersten UF-Anlage mit Wertstoffrückgewinnung wurde den Investitionskosten auch der Forschungsaufwand zugerechnet.

Im Lebensmittelbereich werden Membrane von Molkereien zum Eindicken und Aufkonzentrieren von Milch, Molke eingesetzt. Bei einer in Planung befindlichen Anlage mit einer Filtrationsleistung von 6 m^3/h liegen die Kosten bei 6,7 Mio. öS, bei einer Anlage zur Molkeproduktion mit einer Filtrationsleistung von 12 m^3/h bei 7,4 Mio öS.

Betriebskosten und Amortisationszeiten

Die unterschiedlichen Kosten können vor allem durch Unterschiede in der Qualität des Produktwassers oder des „Feedstroms“ und durch eine unterschiedliche Definition der Kosten und Erträge erklärt werden.

Die Betriebskosten setzen sich vor allem aus den Kosten für Energie, Personal, Betriebsmittel (z. B. Reinigungsmittel), Entsorgungskosten für Abwasser und Permeat und gegebenenfalls aus der für die Membranen selbst zusammen, da die Lebensdauer von Membranen sehr unterschiedlich ist. Membrankosten können den Betriebskosten zugerechnet werden, wenn ihre Lebensdauer geringer als 5 Jahre ist. Im Schnitt werden die jährlichen Betriebskosten ohne Membrankosten zwischen 2 % und 10 % der Investitionskosten angegeben.

Diese Kosten müssen den Einsparungen gegenüber gestellt werden, die aus geringerem Einsatz von Chemikalien, geringere Abwasser- und Permeat-Entsorgungskosten, gesunkenen Energiekosten, geringeren Transportkosten durch das Eindicken von Produkten und gegebenenfalls erhöhter Produktqualität (vor allem im Bereich der Lebensmittelindustrie) entstehen. So wurde z. B. angegeben, daß den zusätzlichen Kosten von öS 0,13/kg Magermilch eine Verbesserung der Verwertung von öS 0,3 bis 0,4/kg Magermilch gegenüber stehen, die durch geringeren Chemikalien- und Energieeinsatz und geringere Frachtkosten und geringere Abwasserbelastung sowie eine Änderung der Qualität erzielt werden. Bei den meisten anderen befragten Unternehmen haben sich vor allem die Abfallmengen und dadurch die Abfallkosten deutlich reduziert.

Die berechnete relativ kurze Amortisationszeit der Anlagen werden von Firmen als Vorteil angegeben. In der Mehrzahl der erhobenen Beispiele haben die Anwender die statischen Amortisationszeiten meist zwischen 2 und 4 Jahren angegeben.[2]

Bei Anlagen für Forschungs- und Entwicklungszwecke wurde in Einzelbeispielen eine Amortisationszeit über 10 Jahren von den Firmen angegeben.

Beispiel:

Tabelle 6.3-3: Anlage für Forschungs- und Entwicklungszwecke

Verfahren	Filtrationsleistung in m^3/h	Investitions-kosten Gesamt in öS	Amortisationszeit in Jahren	Invest. Jahr
UF-Abwasser m. hohem CSB-Gehalt	8	3,1 Mio.	10	1997

Die Investitionskosten betragen auch bei kleineren Anlagen (Filtrationsleistung <1 m^3/h) meist über 1 Mio. öS, wodurch Membrananlagen überwiegend von mittleren und großen Produktionsbetrieben eingesetzt werden.

Bei der Herstellung bzw. Rückgewinnung von low-value Produkten und Stoffen profitieren vor allem größere Betriebe, da größere Stoffmengen umgesetzt werden. Trotzdem wurden bei der Untersuchung kleinere Anlagen identifiziert, die durch ihre innovative Anwendung (z. B. bessere Produktqualität und high-value Produkte) durchaus kürzere Amortisationszeiten erzielen und so für kleine Betriebe auch wirtschaftlich sind.

---

[2] Mit der Amortisationsmethode wird die Zeitdauer (Anzahl in Jahren) ermittelt, in welcher das Kapital einer Investition wieder zurückgeflossen ist. Die jährlichen Rückflüsse bestehen aus den Nettoeinnahmen, welche die Investition erzeugt. Bei der statischen Methode werden jedoch keine Kapitalverzinsungen berücksichtigt.

Mit Ausnahme der Planungskosten und der baulichen Änderungen steigen die Investitionskosten für Membrantrennanlagen mit der Filtrationsleistung linear an, da diese Anlagen aus mehreren identischen Einheiten modular aufgebaut sind und eine erhöhte Filtrationsleistung entsprechend größere Membranflächen und Betriebsmittel benötigt.

Wirtschaftliche Möglichkeiten

Die Anwendungsmöglichkeiten für die Membrantechnologie im Bereich der Nano-, Ultra- und Mikrofiltration sind sehr vielfältig. Im Rahmen dieser Studie wurde versucht, jene Bereiche in Österreich zu erfassen, die einerseits ein großes Marktvolumen versprechen und die andererseits, speziell in Bezug auf die Umweltrelevanz, Kreislaufsysteme und Abfallreduktion günstig eingeschätzt werden (siehe Kapitel 6.2).

Die Engineeringfirmen und Forschungseinrichtungen identifizieren für Österreich in der Zukunft ein großes Marktpotential, wenn potentielle Anwender einen entsprechenden Informationsstand über die wirtschaftlichen, technischen und Umweltschutzvorteile dieser Technologie erreichen.

Ein großes Potential liegt in jenen österreichischen Firmen, die derzeit aus unterschiedlichen Gründen (siehe Kapitel 8.4) noch alternative Verfahren einsetzen. In Relation zu internationalen Märkten mit einem großem Marktvolumen existiert in Österreich nur ein kleiner Markt. Für Engineeringfirmen und Forschungseinrichtungen besteht jedoch die Möglichkeit, das Wissen über die Entwicklung und den Einsatz von Membrantechnologien im Ausland anzuwenden, wie es z. B. im Bereich der Wasseraufbereitung bereits der Fall ist. Da durchschnittlich 20 % der Kosten einer Membrantrennanlage für die Planung und Entwicklung aufzuwenden sind, liegt auch im Export von Know-how in diesem Bereich ein großes wirtschaftliches Potential für Österreich.

International gesehen ist der Bereich der Wasseraufbereitung (Kesselspeisewasser, Brüdenkondensat und Reinstwassererzeugung) ein stark wachsender Markt mit großen Verbreitungsmöglichkeiten für die Membrantechnologie. Hier ist die Entwicklung von standardisierten Verfahren auch am weitesten fortgeschritten.

Die nachfolgende Tabelle gibt analog zu Tabelle 6.1-1 einen Überblick über die Anwendungsmöglichkeiten und eine Abschätzung, inwieweit Anlagen in den einzelnen hier untersuchten Anwendungsfällen als standardisiert zu betrachten sind. Dabei soll beachtet werden, daß die Standardisierung des Verfahrens oft nur in den einzelnen Branchen möglich ist.

Tabelle 6.3-4: Entwicklungsstufe der Membrantechnologie in den einzelnen Anwendungsgebieten

Anwendungen	Aufarbeitung der Prozeßflüssigkeit				Aufarbeitung des Produktstromes		
Bereiche	Wertstoff-rückgew.	Emulsions-trennung	Wasser-aufbereitung	Recycling	Reinigung	Fraktionierung	Konzentrat
	F	S	S	F/S	S	S	S

S = Standardisierte Anlagen werden in den einzelnen Branchen überwiegend eingesetzt
F = Forschungs- und Entwicklungsaufwand notwendig

Die Membrantechnologie bietet in vielen Industriebereichen die Möglichkeit neue Produkte oder konventionelle Produkte mit einer wesentlich besseren Qualität herzustellen und damit neue Märkte zu gewinnen. Diese Strategie könnte besonders jenen Industriezweigen neue Möglichkeiten eröffnen, die mit ihren derzeitigen Produkten Absatzprobleme haben.

Große, noch nicht ausgeschöpfte Einsatzmöglichkeiten, wurden im Bereich der Getränke- und Milchverarbeitung identifiziert (siehe Abschnitt 6.1). Für diese Anwendungsgebiete sind schon Erfahrungen und Referenzbeispiele vorhanden. Die jährliche Menge der in Österreich verarbeiteten Milch beträgt über 3 Mio. Tonnen (Produktbilanz ÖSTAT 1998). Durch Entsalzung von Molke durch Nanofiltration oder selektive Trennung der Milchbestandteile können neue Marktnischen abgedeckt werden. Möglichkeiten bieten sich auch in der Bierindustrie mit einem gesamten jährlichen Produktionsvolumen von über 9 Mio. Hl, wo durch Ultrafiltration eine schonende und selektive Bier-Hefe-Trennung oder Kaltentkeimung möglich ist. Membrantechnologie wird jedoch derzeit in diesem Bereichen aus verschiedenen Gründen (z. B.: Traditionsbewußtsein, Qualität, niedriges Preisniveau usw.) nicht eingesetzt. Auch wird bei der Herstellung von Fruchtsaftkonzentraten in Österreich (jährlich über 700 000 hl) zu 80 % noch mit energieintensiven Vakuumverdampfungsanlagen gearbeitet.

Wassersparende und abwasserreduzierende Maßnahmen durch Einsatz der Membrantechnologie werden in der wasserintensiven Lebensmittelindustrie derzeit nicht getroffen. Grund für die mangelnde Nachfrage sind ein relativ niedriger Preis für Frischwasser und niedrige Abwasserabgaben,

Der Bereich der chemischen Industrie und der Pharmaindustrie wird in Österreich mengenmäßig von wenigen Großbetrieben abgedeckt. Hier konnte durch Befragung kein genauer Einblick über das noch vorhandene Anwendungspotential gewonnen werden. In der Biotechnologie sind jedoch Membrantrennverfahren Stand der Technik, da es hier für viele Anwendungen im Prozeß keine Konkurrenzverfahren gibt.

Die Membrantechnologie im Bereich der Kläranlagen und der Trinkwasseraufbereitung war zwar nicht unmittelbares Ziel der Untersuchungen, kann aber hinsichtlich der wirtschaftlichen Einflüsse und Potentiale nicht ignoriert werden. Hier wendet man das Membranbelebungsverfahren zur Aufkonzentrierung der Biomasse und das Immobilisierungsverfahren zur Substitution des Nachklärbeckens an. Die österreichischen Forschungsinstitute arbeiten in diesem Bereich hauptsächlich an internationalen Projekten.

Durch weltweiten Einsatz der Membrantechnologie zur Wasserentkeimung würde der Preis für die Separatoren und Module wegen der steigenden Nachfrage voraussichtlich sinken und diese Technologie damit auch für andere Anwendungen wirtschaftlicher machen.

7 Wichtigste Vorteile aus Sicht der Anwender und Engineeringfirmen

Die Entscheidungsgründe und Erwartungen über die Vorteile der Membrantechnologie wurden bei der Untersuchung systematisch erfragt. Die Anzahl der Angaben sind im Anhang in der Tabelle 11.5-1: Entscheidungsfaktoren und Erwartungen, dokumentiert. Die Vorteile wurden in verschiedenen Bereichen mit nur geringfügig variierender Häufigkeit angegeben. Einige wichtige Entscheidungskriterien und Vorteile sind in folgender Tabelle dargestellt:

Tabelle 7-1: Anzahl der angegebenenVorteile und Entscheidungsgründe für die Membrantechnologie in verschiedenen Branchen

Anzahl der Kontakte	Branchen	Verminderung der Umweltbelastung	Reduktion von Ausgangsstoffen	Bessere Produktqualität	Geringere Produktkosten	Niedrigere Entsorgungskosten	Imagevorteil	Wartungs-freundlichkeit	Geringerer Energieverbrauch	Niedrigerer An-schaffungspreis der Membrananlage	Fördermittel
	Vorteile										
14	Engineering & Forschung	6	5	5	5	5	2	3	2		
	Entscheidungsgründe										
7	Elektronikindustrie	3	2		2		1	1			1
5	Biotech. & Chem.Ind.	2	2	3	1			1	1	1	
6	Automobil- und Metallverarb. Industrie	3	1			3	1				
10	Papierindustrie	2	2			1	1	1			
12	Brauereien	3	1	1	1	1	1	1	1	1	
13	Molkereien	1	1	1						1	
4	Getränkeindustrie	1	1	2	2	1	1		1		
8	Textilindustrie										
65	**Summe Angaben der Anwender**	**15**	**10**	**7**	**6**	**6**	**5**	**4**	**3**	**3**	**1**

Über die Verminderung der Umweltbelastung durch die Membrantechnologie herrscht nach der Tabelle 7-1 ein Konsens quer durch alle Sparten.

Für wasserintensive Branchen, wie Biotechnologie, Papierindustrie und Lebensmittelindustrie ist die Möglichkeit der Wasserkreislaufschließung ein großer Vorteil des Membrantrennverfahrens.

Ein Vorteil der Membrantechnologie, den sowohl große als auch kleine Betriebe nutzen können, ist die Modulbauweise, die eine problemlose Vergrößerung oder Reduktion des Durchflusses durch Hinzufügen bzw. ausschalten eines Moduls ermöglicht.

Biotechnologie und Lebensmittelindustrie haben angegeben, daß sie durch Membrantechnologie sowohl eine bessere Produktqualität, als auch geringere Produktkosten erzielen oder erwarten. Die Engineeringfirmen und die Forschungs-

einrichtungen bestätigten diese Erwartungen. Die Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit der Firmen in diesen Branchen kann mit der Reduktion von Ausgangsstoffen, niedrigeren Entsorgungskosten und einem Imagevorteil unterstützt werden.

Wesentlich niedrigere Entsorgungskosten des Abwassers ist bei den KFZ–Betrieben ein wichtiger Grund für den Einsatz der Membrantechnologie.

Der geringere Energieverbrauch (siehe Rechenbeispiel im Kapitel 5.4) ist für jene Betriebe, die durch Einsatz eines Membrantrennverfahrens ein thermisches Verfahren (z. B. Eindampfen) ersetzen können, wie Molkereien, speziell interessant. Hier sind gleichzeitig auch große Potentiale zur Reduktion der CO_2-Emission vorhanden.

Im Bereich der Biotechnologie und Lebensmittelindustrie wurde vereinzelt auch der niedrige Anschaffungspreise der Membrantechnologie als Vorteil angegeben.

Der Erhalt von Fördermitteln wurde hier nur von der Elektronikindustrie als Vorteil erwähnt. Bei der Frage jedoch, welche Maßnahmen die Entscheidung für eine Membrantrennanlage erleichtern, haben einige potentielle Anwender aus Biotechnologie, Papierindustrie und Lebensmittelindustrie die finanzielle Unterstützung und Förderung als notwendige Maßnahme angegeben (siehe Tabelle 11.5-3).

8 Hemmende Faktoren für die Verbreitung

Zur Identifikation der Hemmnisse für die Anwendung der Membrantechnologie wurden die potentiellen Anwender bzw. Engineeringfirmen und Forschungseinrichtungen befragt. Die Ergebnisse sind in der folgenden Tabelle dargestellt.

Tabelle 8-1: Anzahl der angegebenen Hemmnisse und Bedenken der potentiellen Anwender gegen Membrantechnologie in verschiedenen Branchen

Anzahl der Kontakte	Branchen	Unzureichender Informationsstand über die neue Technologie	Zu hohe Investitionskosten	Zu wenig Referenzen und mehr Vertrauen in Konkurrenzverfahren	Fehlen betrieblicher Erfahrung mit der Technologie	Bestehende Anlagen sollen ausgenutzt werden	Geringe Wirtschaftlichkeit wegen zu geringer Mengen der Volumenströme	Die Technologie ist noch nicht ausgereift oder die Funktionstüchtigkeit nicht gegeben	Die Implementierung ist schwierig, Höhe Komplexität, Anpassungsbedarf	Schwer einschätzbare Wirtschaftlichkeit	Produktqualität kann nicht eingehalten werden
	Hemmnisse										
14	Engineering & Forschung	7	4	6	5			2	2		
Potentielle Anwender		**Vorhandene Bedenken**									
2	Elektronikindustrie	2		1	1			1		1	
3	Biotech.& Chem.Ind.										
2	Automobil- und Metallver.Ind..			1							
6	Papierindustrie	5				4		1			
7	Brauereien	4	4	3		1					1
9	Molkereien	9	1	1	1		5	1		1	
1	Getränkeindustrie	1		1		1					
2	Textilindustrie	1	1	1							
32	**Summe Angaben der Anwender**	**22**	**6**	**8**	**2**	**6**	**5**	**3**		**2**	**1**

Die Spalten in der Tabelle 8- sind nach der Häufigkeit der Angaben geordnet.

8.1 Unzureichende Information über die neue Technik und Fehlen von Erfahrungen

Diese Hemmnisse gehen einerseits auf mangelnde Motivation der Wirtschaft für die Implementierung wassersparender und abwasserreduzierender Technologien zurück und sind anderseits bedingt durch fehlende Kenntnis der Techniker zur Umsetzung dieser Technologie.

Mangelnde Motivation

Bei vielen Unternehmen hat die fehlende Bereitschaft und das fehlende Interesse sich mit der Membrantechnologie auseinanderzusetzen, seine Wurzeln sowohl in der gesicherten Rohstoffversorgung, als auch in der Abwasserentsorgung.

Der Wasserreichtum in Österreich macht in vielen Fällen die Wasserkreislaufführung und damit die Membrantechnologie zu teuer, weil Frischwasser wesentlich billiger ist. Daher ist im Bewußtsein vieler Unternehmer Wasser nicht als Wertstoff verankert und Wasserkreislaufführung zur Erhöhung der Ressourceneffizienz kein Thema. Wasserintensive Branchen (z. B. die LM-Industrie oder die Papierindustrie) haben die hohen Investitionskosten dieser wassersparenden Technologien oft als Hemmnis für deren Einsatz erwähnt und solche Maßnahmen mit dem Argument der Standortsicherung abgelehnt.

Mangelnde Motivation, sich mit der Rückgewinnung der Chemikalien aus den Prozeßwässern durch den Membrantrennverfahren zu beschäftigen, wird auch in bestimmten Fällen (z. B. bei der Laugenaufarbeitung) durch die derzeitige Entsorgungsregulierungen begründet. Bei der Abwasserentsorgung legen die Kläranlagen in der Praxis die Entsorgungstarife der Abwasserströme auf das Volumen des Abwassers fest. Da Kläranlagenbetreiber auf die optimale Auslastung ihres Betriebes angewiesen sind, ergibt sich für Unternehmen meist keine Notwendigkeit einer innerbetrieblichen Aufbereitung bzw. Kreislaufführung.

In der Automobil- und metallverarbeitenden Industrie war der Informationsstand über diese Technologie bei den befragten Firmen prozentuell am höchsten. Der Grund dafür sind die hohen Entsorgungskosten für Emulsionen, die bei den entsprechenden Firmen einen Handlungsbedarf verursachen. Derzeit kann Altöl im Tank kostenlos entsorgt werden. Die Entsorgung von Öl/Wasser Emulsionen kostet je nach Zusammensetzung und Entsorgungsort von ca. öS 1,75/kg bis öS 2,5/kg.

Fehlende Kenntnis über die Einsatzmöglichkeiten

Zusätzlich scheint die Membrantechnologie in der Vergangenheit in allen Sparten der technischen Ausbildung stark vernachlässigt worden zu sein; der Wunsch nach besser ausgebildeten Fachkräften speziell auf diesem Gebiet wurde mehrfach geäußert. Es besteht offensichtlich ein erheblicher Nachholbedarf.

Diese mangelnde Kenntnis der Anwendungsmöglichkeiten und der Funktionsweise dieser Technik, die sich leider in zahlreichen Telefongesprächen mit den Firmen bestätigt hat, ist in 80 % der Fällen mit Interesselosigkeit gepaart. So lautete der monotone Kommentar: Man habe im Moment keinen Bedarf, werde den Einsatz der neuen Technologie aber im Falle einer Erneuerung in Betracht ziehen.

Der Informationsfluß zwischen Anwendern und möglichen Anwendern ist aufgrund des stark ausgeprägten Konkurrenzdenkens gering und verhindert den Erfahrungsaustausch zwischen den Beteiligten. Auch bei den Entwicklern der Membrantechnologie ist zu beobachten, daß sie oft nur mit einer bestimmten Anwendergruppe zusammenarbeiten und sich sehr wenig mit den neuen Entwicklungen in anderen Anwendungsbereichen beschäftigen bzw. ihre Erfahrungen mit anderen Technologieentwicklern nicht austauschen.

8.2 Mehr Vertrauen in Konkurrenzverfahren und zu wenig Referenzen

Ein weiteres Hindernis ist ein Mangel an Vertrauen in diese neue Technologie in Bezug auf den Nutzen und ihre Funktionstüchtigkeit. Darüber hinaus besteht Unsicherheit zwischen den potentiellen Anwender in Bezug auf den Wartungsaufwand und die Betriebssicherheit. Mit Referenzanlagen ließe sich die Funktionstüchtigkeit einer Anwendung am Leichtesten unter Beweis stellen.

8.3 Wirtschaftliche Hemmnisse

Hier werden aus der obigen Tabelle hohe Investitionskosten, schwer einschätzbare Wirtschaftlichkeit und geringe Wirtschaftlichkeit wegen zu kleiner Produktionsströme zusammengefaßt.

Oft sind diese Hemmnisse im Zusammenhang mit der Lebensmittelindustrie erwähnt worden. Die Betriebsstruktur dieser Branche in Österreich, mit vielen mittelständischen- und kleinen Betrieben, scheint eher ungünstig für die Verbreitung der Membrantechnologie zu sein. Die Investitionskosten für eine Membrananlage sind für kleinere Betriebe in eine, wie sie meinen, unsichere Technologie relativ hoch.

Zusätzlich hat sich in letzter Zeit in einigen Bereichen (z. B. in früher geschützten Bereichen wie Molkereien), der Wettbewerb verschärft, wodurch sich die Investitionsfreudigkeit von kleinen Unternehmen in diesen Bereichen, vor allem in den Umweltschutz stark reduziert hat. Es gibt trotzdem Ausnahmen, bei denen innovative Kleinunternehmen in der Lebensmittelindustrie, aber auch in der Textilindustrie, innovative Lösungen durch Membrantechnologie entwickelt haben und mit Erfolg nutzen.

Im Bereich der Wertstoffrückgewinnung von „low value“-Produkten sind Membrantrennverfahren meist nur für Großbetriebe interessant, die mit großen Volumströme arbeiten und mittelfristig keine Änderung der Prozesse planen. Daher wurden für die Papier- und Getränkeindustrie keine Bedenken geäußert. Allerdings sollte man beachten, daß sich die Wirtschaftlichkeit dieser Anlagen durch Preisänderungen der Wertstoffe verschlechtern oder verbessern kann.

Die Textilindustrie in Österreich besteht aus vielen kleineren Betrieben, die ihre Produkte stetig dem Modetrend anpassen müssen und deren Kunden sehr hohe Qualitätsanforderungen stellen. Die damit verbundene, stetige Änderung des Produktionsprozesses macht den Einsatz der Membrantechnologie unwirtschaftlich, weil die Anlage bei jeder Veränderung neu optimiert werden müßte.

Weitere wirtschaftliche Hemmnisse entstehen vor allem aus der Tatsache, daß Membrantrennanlagen produktionsspezifisch aufgebaut werden müssen und mit Ausnahme von bestimmten Bereichen (Blutdialyse, der Öl/Wasser Trennung und der Wasserentsalzung) schwer standardisierbar sind. Dadurch sind die Kosten und Einsparungen für den Betrieb zu Beginn der Planungsphase meist schwer einschätzbar.

8.4 Bestehende Anlagen mit langen Abschreibungszeiten

Dieses Hemmnis wurde nur von potentiellen Anwendern angegeben. So hat zum Beispiel die Papierindustrie vor einigen Jahren stark in den Bau von biologischen Kläranlagen investiert. Diese Anlagen sind für eine Laufzeit von ungefähr 25 Jahren ausgelegt und für die betreffenden Firmen ist es derzeit nicht nötig, in ein neues Verfahren zur Abwasserreduktion zu investieren. Ein paralleler Einsatz von Membrantrennverfahren zu den konkurrierenden Verfahren hätte jedoch den Vorteil, daß die Abwassermenge insgesamt reduziert wird und die Produktionskapazität erhöht werden kann, ohne eine Überbelastung der Kläranlage zu verursachen.

Ebenso wurde von der Lebensmittelindustrie angegeben, daß die Alternativanlagen (z. B. Verdampfer) aus wirtschaftlichen Gründen so lange wie möglich genutzt werden müssen.

Einige umweltbewußte Unternehmen in diesen Bereichen haben trotz z. B. bestehender Kläranlage die Membrantechnologie in ihren Prozeß integriert oder entwickeln eine derartige Methode.

8.5 Technische Hemmnisse

Bei der Befragung wurden vereinzelt unterschiedliche technische Hemmnisse angegeben.

Im Produktionsbereich ist oft eine Vorbehandlung des Produkt- bzw. Prozeßwasserstromes nötig z. B.: Substitution von Inhaltsstoffen oder durch Einsatz eines anderen Produktionsverfahrens um den Wirkungsgrad der Membrantechnologie zu verbessern oder den Einsatz wirtschaftlich und auch technisch zu ermöglichen.

Der Einsatz der Membrantechnologie in der Färberei der Textilindustrie oder der Zellstoffindustrie oder der Zitronensäureherstellung ist derzeit noch mit solchen Hemmnissen konfrontiert. Es gibt jedoch bereits erfolgreiche Modifikationen in anderen Fällen, wie die Einführung silikatfreier Reinigungslösungen bei der Regeneration von Entfettungsbädern, die besser ultrafiltrierbar sind.

Nachdem die Nanofiltration die jüngste Entwicklung auf dem Gebiet der Membrantechnologie ist, sie wird erst seit ca. 15 Jahren kommerziell eingesetzt, ist hier noch ein Aufholbedarf im Bereich der Membranentwicklung vorhanden. Durch solche Entwicklungen können viele Anwendungsmöglichkeiten realisiert werden, weil die Nanofiltration mit ihrer geringen Porengröße eine sehr selektive Abtrennung (z. B. nur einwertige Ionen) ermöglicht.

Die Membrane bei der Ultrafiltration sollten für die Anwendung in der Biotechnologie und der Pharmazie noch lösungsmittelbeständiger werden, um ein breiteres Einsatzgebiet zu ermöglichen und auch die Standzeiten der Membrane zu erhöhen. Für die Bereiche Chemie, Pharmazie und Biotechnologie konnten durch fehlende Informationen weitere Hemmnisse nicht festgelegt werden. Es gibt hier für viele Anwendungen kein Konkurrenzverfahren zur Membrantechnologie (z. B. Proteinabtrennung, Plasmagewinnung, Enzymabtrennung).

Ein Teil der noch zu leistenden Entwicklungsarbeit besteht in der Optimierung bereits funktionierender Verfahren in Bezug auf Energieverbrauch oder Lebensdauer der Membrane, um sie zu einer breiten Anwendung zu bringen.

Beispiel: Verfahrensmodifikationen in der Abwassertechnik sollen Membrantechnologie zusätzlich zur zuverlässigeren und störungsfreieren Funktionsweise auch noch wirtschaftlicher machen als herkömmliche Kläranlagen.

Die wirtschaftlichen und technischen Hemmnisse für die Verbreitung der Membrantechnologie sind in den Ländern, wie USA oder Japan, wo Wasser als Wertstoff betrachtet wird und eine hohe Motivation zur effizienten Nutzung vorhanden ist, schon aus diesem Grund, wesentlich geringer. Membrantrennverfahren können in diesen Ländern durch den notwendigen Einsatz in der Wasser- und Trinkwasseraufarbeitung ihre Betriebssicherheit und Zuverlässigkeit unter Beweis stellen und die Betriebstechniker können Erfahrungen im Umgang mit dieser Technologie sammeln.

9 Ergebnisse der Reflexionsphase

In der Phase 2 des Projektes wurden spezielle Membrantrennverfahren auf ihr technisches, ökonomisches und ökologisches Potential und ihre organisatorische Machbarkeit geprüft. Dabei wurden Verfahren berücksichtigt, die durch ihren integrativen Einsatz im Prozeß eine Qualitätsverbesserung der Produkte bzw. eine höhere Ressourceneffizienz (Reduktion des Energie- bzw. Rohstoffverbrauchs) ermöglichen. Neben den speziellen Hemmnissen dieser Technologie wurden auch allgemeine Ansätze für die Barrieren der vorsorgenden Umwelttechnologien identifiziert. Ebenfalls konnten bei den Maßnahmen zur stärkeren Verbreitung dieser Technologie sowohl spezielle als auch allgemeinere Handlungsvorschläge identifiziert werden. Anhand dieser Informationen wurden Thesen aufgebaut, die die Erkenntnisse aus der Erhebung zusammenfassen. Die Thesen beinhalten die Meinungen verschiedener Akteure zu den Hemmnissen bzw. ihre Vorschläge für unterstützende Handlungen zur Verbreitung der Technologie (siehe Tabelle 9-1 und Tabelle 9-2).

Um die Schwerpunkte bei den so entwickelten Thesen aus einer interdisziplinären Sicht identifizieren zu können, wurden sie an beteiligte Akteure zur Bewertung ausgesendet.

Tabelle 9-1: Thesen über die Hemmnisse

Kennummer	Thesen über Hemmnisse einer Verbreitung der Membrantechnologie
	Informatorische/wirtschaftliche Hemmnisse
H1	Mangelhafter Informationsfluß zwischen den Technologieentwicklern und den potentiellen Anwendern behindert das Wissen über die Chancen dieser Technologie.
H2	Die Chancen der Membrantechnologie sind für Anwender nicht ausreichend identifizierbar.
H3	Die Chancen der Membrantechnologie sind vor allem wegen mangelhafter Marketingstrategien nicht identifizierbar.
H4	Da die Chancen der Membrantechnologie für Anwender nicht ausreichend identifizierbar sind, wird das wirtschaftliche Risiko ihres Einsatzes oft überbewertet.
H5	Umweltschutz stellt für die Firmen meist keinen wirtschaftlichen Vorteil dar.
H6	Derzeit rechnen sich die abwasserreduzierenden Technologien wegen niedriger Entsorgungstarife oft nicht.
	Technische/organisatorische Hemmnisse
H7	Die Entwicklung von integrativen Verfahren benötigt höhere fachspezifische Expertise als end-of-pipe-Verfahren.
H8	Es gibt in der Industrie zu wenig Experten für den Einsatz und die industrielle Erforschung der integrativen Membrantechnologie.
H9	Erfolgreiche Entwickler von integrativen Verfahren müssen zusätzlich spezifisches Know-how über den Gesamtprozeß aufweisen.
H10	Engineeringfirmen und Forschungseinrichtungen sind hier besonders auf die Kooperation mit den Anlagebauern und Herstellern von Schnittstellen (z. B. Ventile) angewiesen.
H11	Der Mangel an standardisierten Anwendungen erschwert die Verbreitung.
	Regulatorische Hemmnisse
H12	Die derzeitigen gesetzlichen Regelungen sind nicht ausreichend geeignet, bei den Firmen Investitionen in vorsorgende Umwelttechnologien (z. B. integrative Verfahren) zu bewirken.
H13	Der Mangel an Empfehlungen über den Einsatz fortschrittlicher bester verfügbarer Technologien (Best Available Technologies, BAT, z. B. für Abwasserreduktion) erschwert deren Verbreitung.

Tabelle 9-2: Thesen über die Maßnahmen

Kennummer	Thesen über Maßnahmen, die eine Verbreitung vorsorgender Umwelttechnologien (u. a. integrative Membrantrennverfahren zum Wasserschutz und zur Ressourceneffizienz) positiv beeinflussen
M1	Es sollen allgemein zugängliche Referenzanlagen gefördert werden, die Vertrauen zu und Erfahrung mit der Technologie erhöhen.
M2	Investitionen in fortschrittlichen integrativen Verfahren, die Umweltrichtlinien übererfüllen, sollen eindeutig erkennbare Vorteile für Unternehmen mit sich bringen. Bspw.: • Einfachere Möglichkeit für einen Versuchsbetrieb, • Abdeckung von Zusatzkosten für innovative Leistungen, • andere: ...
M3	Neue Richtlinien zur Einhaltung der Umweltstandards sollen einen ausgeglichenen Wettbewerb zwischen den etablierten end-of-pipe Verfahren und neuen integrativen Verfahren ermöglichen.
M4	Beim Vorhandensein der Umweltschutzvorteile muß auf Mechanismen zur gemeinsamen Bewältigung wirtschaftlicher Risiken zurückgegriffen werden. Bspw.: • Vermittlung der Transaktionen zwischen den Anlagebauern und Anwendern • andere: ...
M5	Es soll sichergestellt sein, daß Forschungsergebnisse über neue Anwendungen bzw. neue Verfahren von öffentlichen Stellen und Forschungseinrichtungen auch öffentlich zugänglich sind.
M6	Zu Beginn gemeinsamer Forschungsprojekte soll zwischen den öffentlichen Forschungseinrichtungen und privaten Firmen die Möglichkeit der Verbreitung der Ergebnisse vertraglich festgelegt werden.
M7	Die Förderungsprogramme zur Technologieentwicklung sollen Marketingstrategien für die neuen Entwicklungen mit berücksichtigen.
M8	Die Umweltberatung für den Einsatz integrativer Verfahren zum vorsorgenden Umweltschutz soll gefördert werden (z. B. Förderung von 40 Stunden Beratung).
	Thesen über Maßnahmen, die speziell die Verbreitung der Membrantechnologie positiv beeinflussen
M9	Aufklärungsarbeit über den möglichen wirtschaftlichen Nutzen der Membrantechnologie durch bessere Produktqualität und Wertstoffrückgewinnung soll die Entscheidung der potentiellen Anwender erleichtern.
M10	Da Engineeringfirmen und Forschungseinrichtungen hier besonders auf die Kooperation mit den Anlagebauern und Herstellern von Schnittstellen (z. B. Ventile) angewiesen sind, müssen alle beteiligten gemeinsam koordinierte und geeignete Marketingstrategien für die Verbreitung der Anwendungsmöglichkeiten und ihrer Vorteile entwickeln.
M11	Einheitliche Lösungen in Form standardisierbarer Anwendungen sollen entwickelt werden, um eine Verringerung der Investitionskosten zu erzielen.

Die befragten Akteure wurden aus den Gruppen in der Tabelle 9- ausgewählt.

Die Beurteilung der Thesen erfolgte anonym und es waren Mehrfachantworten bei den Gruppen möglich.

Von 103 verschickten Fragebögen wurden 46 beantwortet. Darunter waren 17 Fragebögen mit Mehrfachantworten. In Summe wurden 69 Angaben für alle Akteurengruppen registriert. Für die Reflexion der Thesen wurden zusätzlich zu den befragten Akteuren der Phase 2 weitere Experten aus Umweltpolitik, Umweltberatung und Umwelttechnik um die Beurteilung der Thesen gebeten, um ein umfassendes Meinungsspektrum zu erhalten. Die Thesen waren in einer 5-Stufenskala (stimme voll zu, stimme mit Einschränkungen zu, stimme eher nicht zu, stimme überhaupt nicht zu, weiß nicht) zu beurteilen. Zusätzlich konnten die voll zustimmend beurteilten Thesen nach ihrer Wichtigkeit gereiht werden.

Tabelle 9-3: Akteurengruppen

Akteurengruppe	Anzahl der Angaben pro Gruppe	Kennwort
Technologieanwender	16	A
Potentieller Anwender	8	B
Forschungseinrichtung für Membrantechnologie	6	C
Universitätsinstitut	11	D
Engineeringfirma, technisches Büro	5	E
Beratungsfirma, Umweltberatung	5	F
Tätig im Bereich Umweltpolitik	6	G
Zuständig für Umweltregulierung und Vollzug	2	H
Organisation im Bereich Innovations- und Technologieforschung	6	I
Organisation im Bereich Umwelttechnik	2	J
Organisation im Bereich Umweltökonomie	2	K
Summe der Angaben aller Akteurengruppen	**69**	

Die Ergebnisse dieser Reflexion sind in den folgenden Abschnitten zusammengefaßt.

9.1 Reflexion der Hemmnisse

Die Thesen über die Hemmnisse zur Verbreitung der Membrantechnik sind in drei Bereiche Gegliedert:

- informatorisch/wirtschaftliche Hemmnisse (H1-H6)
- technisch/organisatorische Hemmnisse (H7-H11)
- regulatorische Hemmnisse (H12, H13).

Die Abbildung 9.1-1 zeigt die Gesamtbeurteilung aller Gruppen für jedes einzelne Hemmnis.

Da die Thesen im Bereich der technisch/organisatorischen Hemmnisse die größte Zustimmung gefunden haben, werden vorerst diese Thesen behandelt. Anschließend werden informatorische und regulatorische Thesen diskutiert.

Legende zu den folgenden Diagrammen: befragte Gruppen

Gruppe A: Technologieanwender
B: Potentieller Anwender
C: Forschungseinrichtung für Membrantechnologie
D: Universitätsinstitut
E: Engineeringfirma, technisches Büro
F: Beratungsfirma, Umweltberatung
G: Tätig im Bereich Umweltpolitik
H: Zuständig für Umweltregulierung und Vollzug
I: Organisation im Bereich Innovations- und Technologieforschung
J: Organisation im Bereich Umwelttechnik
K: Organisation im Bereich Umweltökonomie.

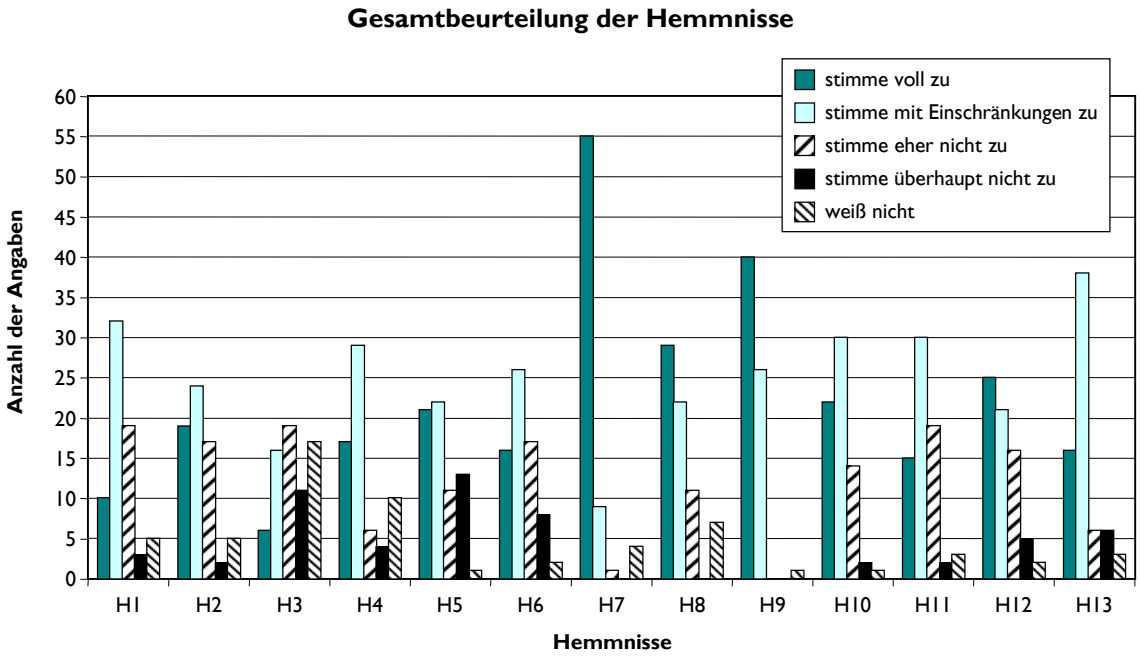

Abbildung 9.1-1: Gesamtbeurteilung der Hemmnisse

Es zeigt sich hier eine besonders große Zustimmung im Bereich der technisch/ organisatorischen Hemmnisse zu den Thesen H7 (*Die Entwicklung von integrativen Verfahren benötigt höhere fachspezifische Expertise als End-of-pipe Verfahren.*) und H9 (*Erfolgreiche Entwickler von integrativen Verfahren müssen zusätzlich spezifisches Know-how über den Gesamtprozeß aufweisen.*), die auch quer durch alle Gruppen einen großen Konsens aufweisen. Zusätzlich sind diese beiden Thesen auch mit großem Abstand als die Wichtigsten eingestuft worden.

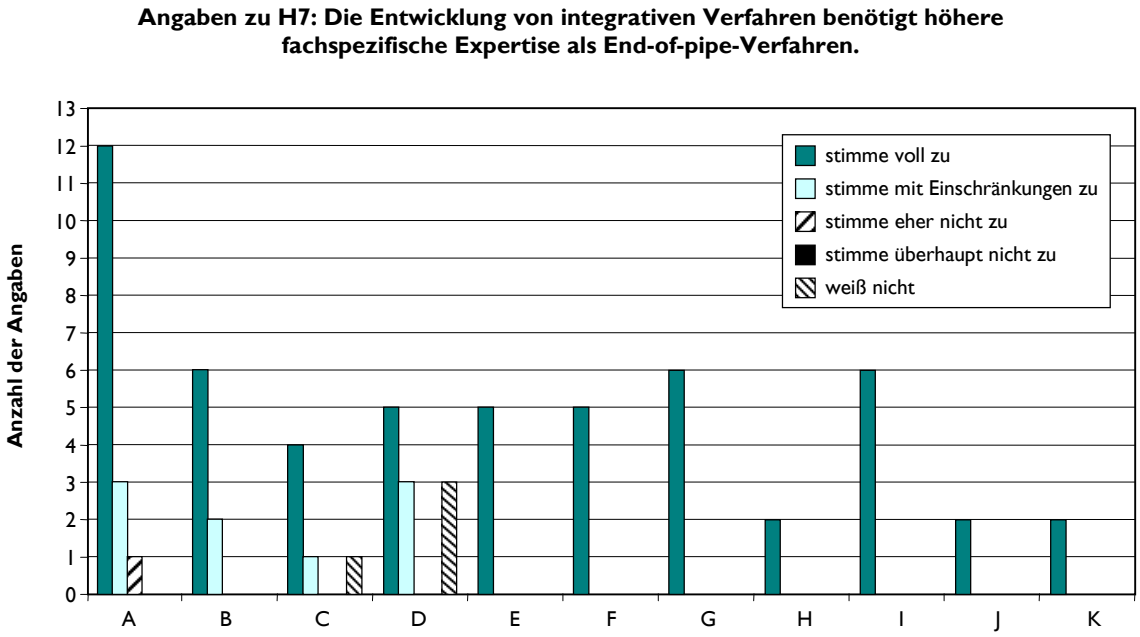

Abbildung 9.1-2: Gruppenbeurteilung der These H7, A-K ... befragte Gruppen (s. S. MT 37)

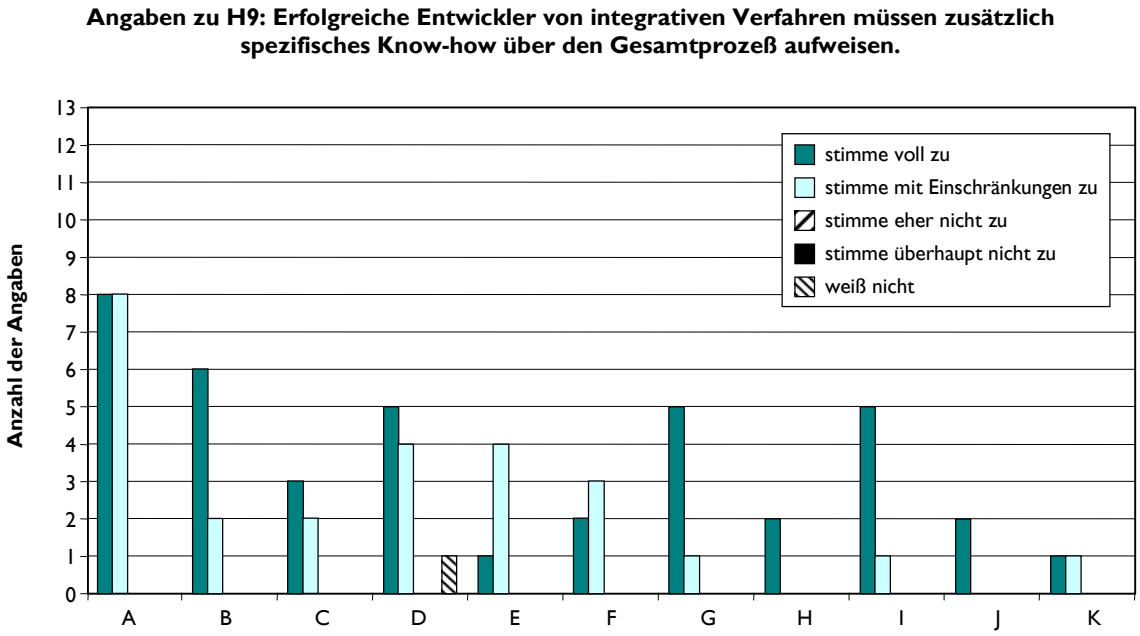

Abbildung 9.1-3: Gruppenbeurteilung der These H9, A-K ... befragte Gruppen (s. S. MT 37)

Mit dieser Bewertung haben die Akteure einen der wesentlichen Unterschiede der integrativen Verfahren gegenüber den End-of-pipe Verfahren bestätigt, und zwar den höheren Bedarf an fachspezifischem Know-how und Wissen über den Gesamtprozeß. Es kann daher argumentiert werden, daß eine erfolgreiche Entwicklung dieser Verfahren, nicht nur höhere Expertise benötigt, sondern auch ein höheres Ausmaß an Kooperation mit den Anwendern und den branchenspezifischen Anlagebauern bedarf, die das Wissen über den Gesamtprozeß besitzen. Dadurch kann den technischen Hemmnissen (längere Testphasen bei neuen Anwendungen, wenig Erfahrung mit dieser Technologie, aufwendige Optimierungsaufgaben)[3], die auch für die Membrantechnologie identifiziert wurden, entgegengewirkt werden.

Die allgemeine Beurteilung der informatorisch/wirtschaftlichen Hemmnisse sowie der regulatorischen Hemmnisse ist durch große Meinungsdifferenzen sowohl zwischen den Akteurengruppen als auch innerhalb der einzelnen Gruppen gekennzeichnet. In der folgenden Analyse werden die Meinungsdifferenzen über die Thesen in den einzelnen Bereichen diskutiert:

[3] Siehe Abschnitt 8.5

Meinungsdifferenzen über die technisch/organisatorischen Hemmnisse

Angaben zu H8: Es gibt in der Industrie zu wenig Experten für den Einsatz und die industrielle Erforschung der integrativen Membrantechnologie.

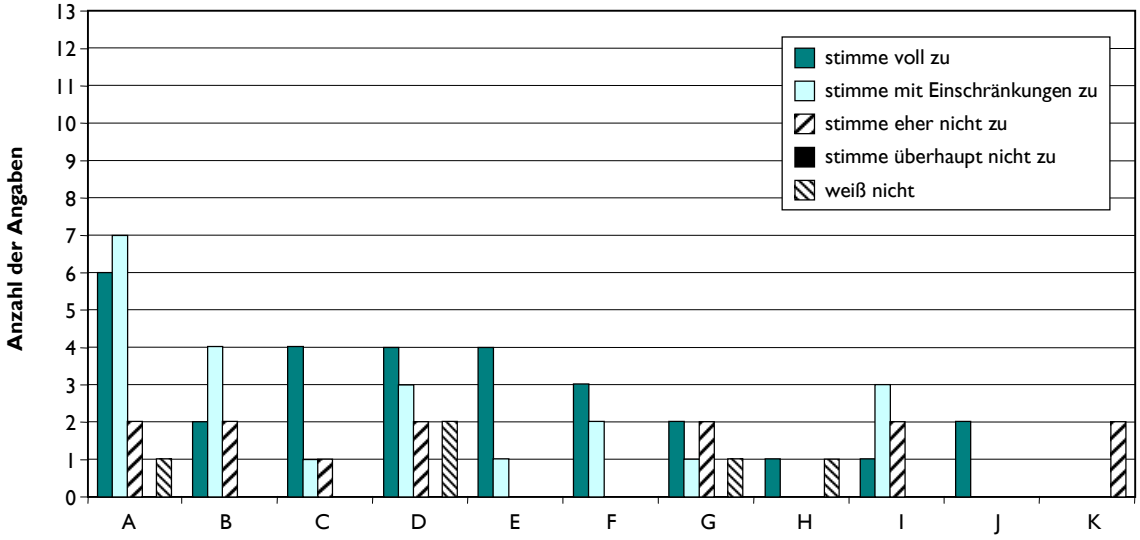

Abbildung 9.1-4: Gruppenbeurteilung der These H8, A-K ... befragte Gruppen (s. S. MT 37)

Technische Büros und Beratungsfirmen haben dem Mangel an Experten in der Industrie für den Einsatz und die industrielle Erforschung der integrativen Membrantechnologie voll bzw. mit der Einschränkung zugestimmt. In allen anderen Gruppen herrscht trotz allgemeiner Zustimmung eine gewisse Unsicherheit (stimme eher nicht zu), die möglicherweise auf unterschiedliche Situationen in den einzelnen Branchen zurückzuführen ist.

Angaben zu H10: Engineeringfirmen und Forschungseinrichtungen sind hier besonders auf die Kooperation mit den Anlagebauern und Herstellern von Schnittstellen angewiesen.

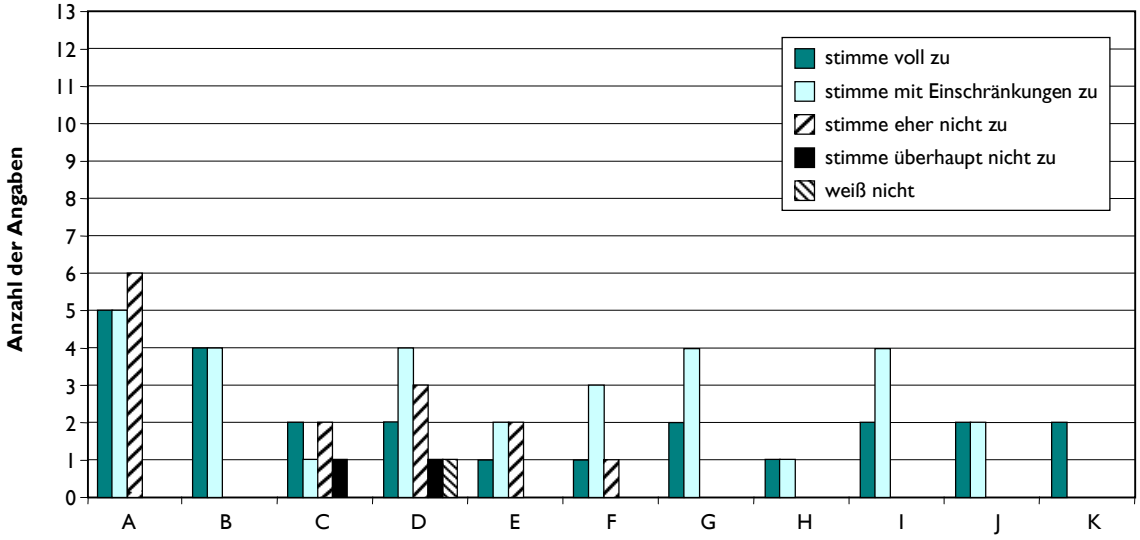

Abbildung 9.1-5: Gruppenbeurteilung der These H10, A-K ... befragte Gruppen (s. S. MT 37)

Die meisten Gruppen haben These H10 zugestimmt, wobei die Forschungseinrichtungen und die Universitätsinstitute eine stärker ablehnende Haltung einnehmen. Bezüglich der Meinungsdifferenzen innerhalb dieser Gruppe könnte eventuell argumentiert werden, daß grundlagenorientierte Forschungseinrichtungen weniger Bedarf an Kooperation haben als jene Forschungsinstitute, die an der konkreten Umsetzung der Technologie arbeiten bzw. angewandte Forschung betreiben. Hinsichtlich der Unsicherheit unter den Anwendern und den Engineering Firmen ist anzumerken, daß bei jenen Akteuren, die mit den schon standardisierten und damit häufig angewandten Verfahren der Membrantechnik arbeiten (z. B. Emulsionstrennung), der Bedarf an Kooperationen nicht mehr so groß ist, weil alle benötigten Elemente bereits am Markt verfügbar sind. Dieser Effekt war auch für H11 zu bemerken.

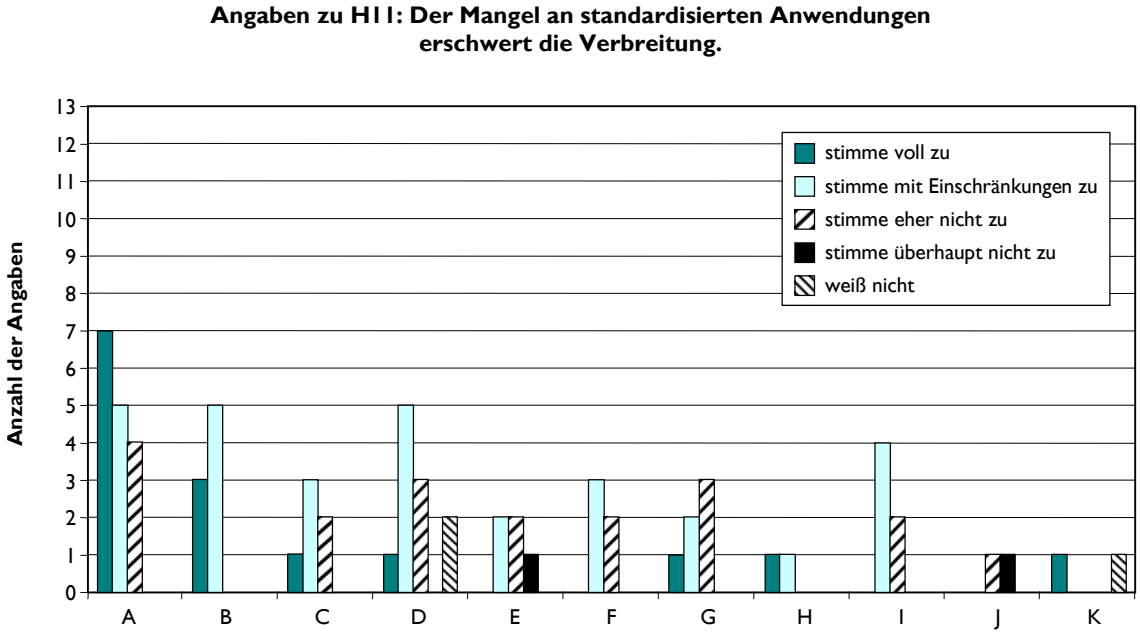

Abbildung 9.1-6: Gruppenbeurteilung der These H11, A-K ... befragte Gruppen (s. S. MT 37)

Auch für den Mangel an standardisierten Anwendungen als Hemmnis für die Verbreitung der Technologie ist allgemeine Zustimmung vorhanden, jedoch fallen die meisten Antworten in den mittleren Bereich der Beurteilungsskala (stimme mit Einschränkungen zu, stimme eher nicht zu), was allgemeine Unsicherheit bezüglich dieser These dokumentiert. Es ist aber gleichzeitig zu beachten, daß die potentiellen Anwender dieser These ausschließlich zustimmen und auch 44 % der Anwender voll zustimmen und damit die diesbezügliche Nachfrage bestätigt wird.

Meinungsdifferenzen über die informatorisch/wirtschaftlichen Hemmnisse

Die allgemeine Beurteilung der informatorisch/wirtschaftlichen Hemmnisse ist durch große Meinungsdifferenzen sowohl zwischen der Akteurengruppen als auch innerhalb der einzelnen Gruppen gekennzeichnet.

In den Thesen H1 bis H4 wurde in verschiedenen Formen die Aussage eingebaut, daß die Anwender die Chancen der Membrantechnologie nicht ausreichend

identifizieren können. Durch verschiedene Formulierungen sollte der Einfluß der Terminologie auf die Ergebnisse der Befragung überprüft werden. Die Gewichtung dieser Thesen ergab, daß die These H1 als die wichtigste und die These H3 als die unwichtigste angesehen und öfter abgelehnt wurde.

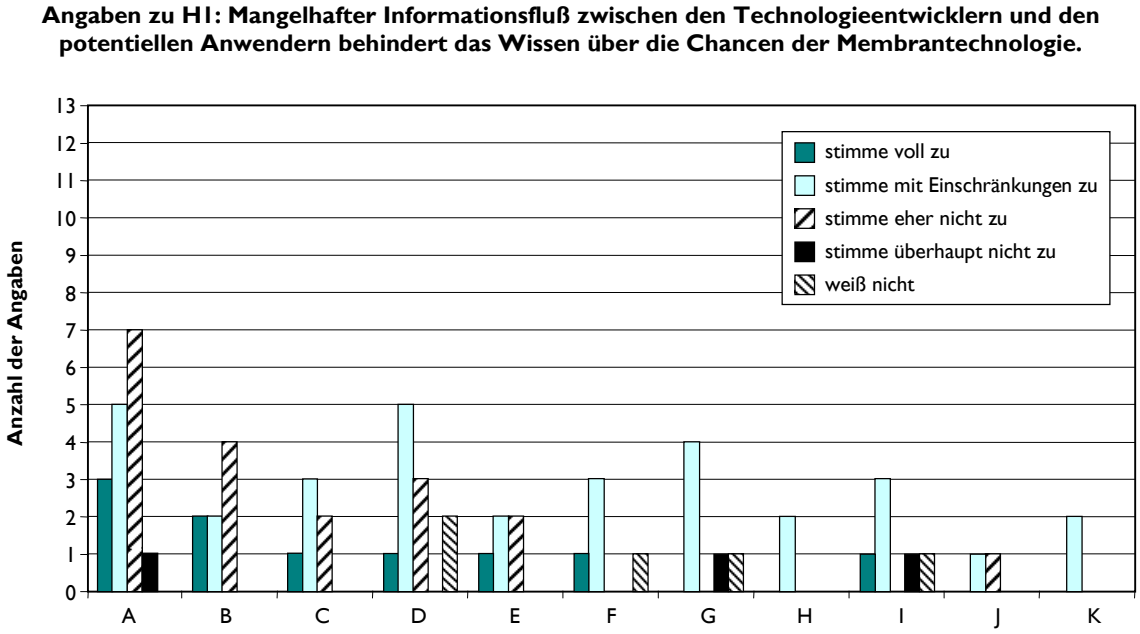

Abbildung 9.1-7: Gruppenbeurteilung der These H1, A-K ... befragte Gruppen (s. S. MT 37)

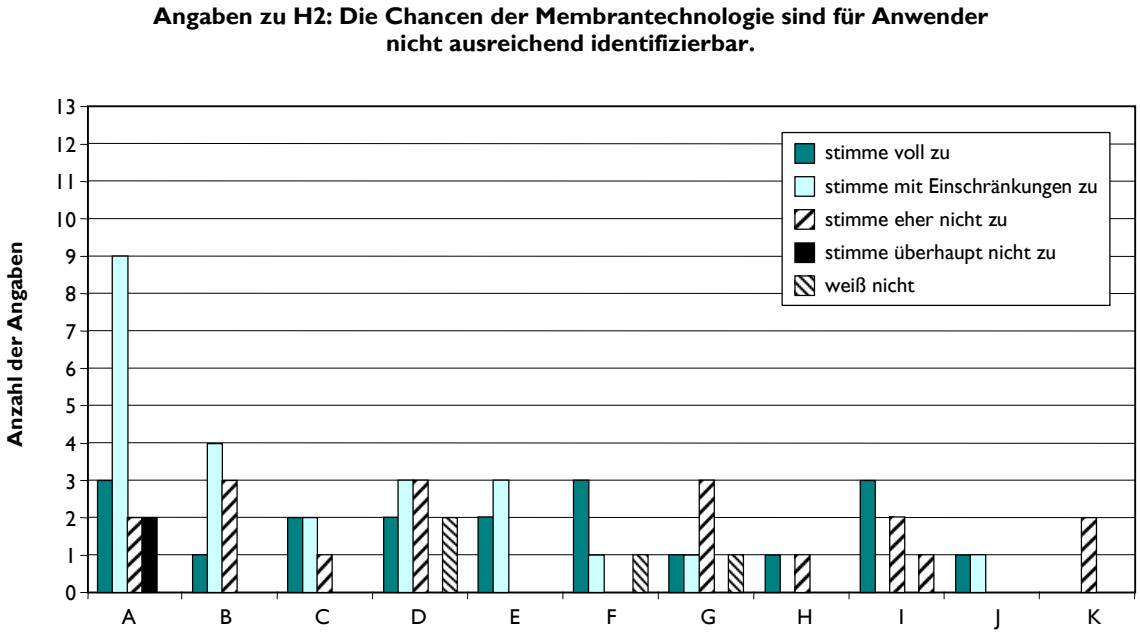

Abbildung 9.1-8: Gruppenbeurteilung der These H2, A-K ... befragte Gruppen (s. S. MT 37)

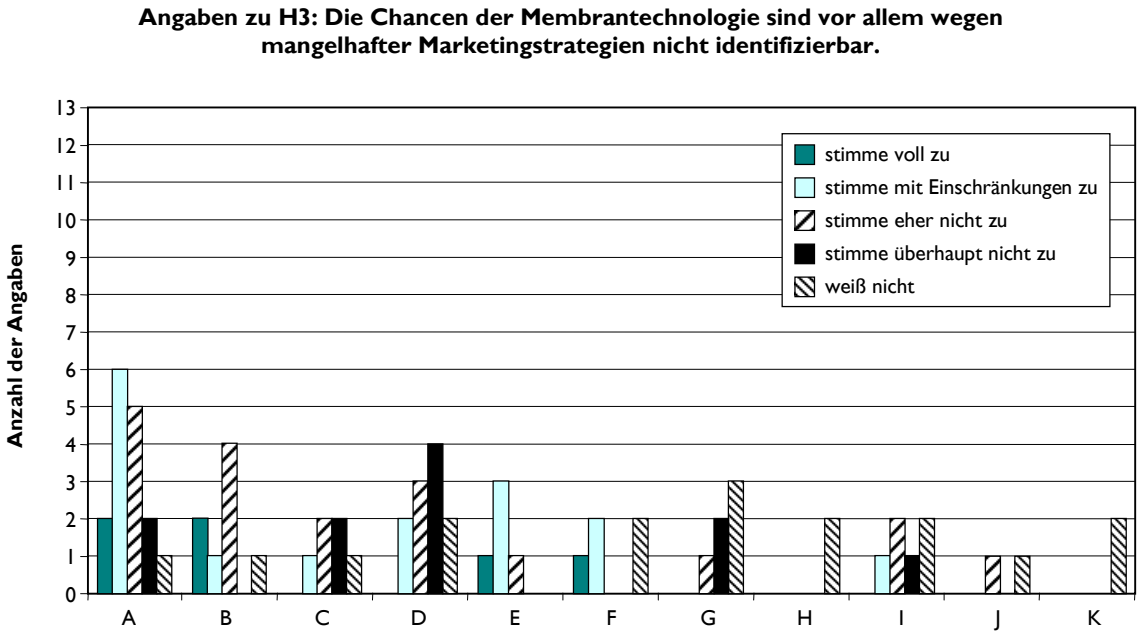

Abbildung 9.1-9: Gruppenbeurteilung der These H3, A-K ... befragte Gruppen (s. S. MT 37)

Die These H3 zeigt die größte Meinungsdifferenz und wird gleichzeitig auch am stärksten von den Technologieentwicklern abgelehnt. Jedoch 50 % der befragten Anwender und die Umweltberatungsfirmen, die bei dieser These als wichtige Gruppen betrachtet werden, stimmen diesem Hemmnis zu und sehen einen Bedarf an besseren Marketingstrategien der Technologientwickler.

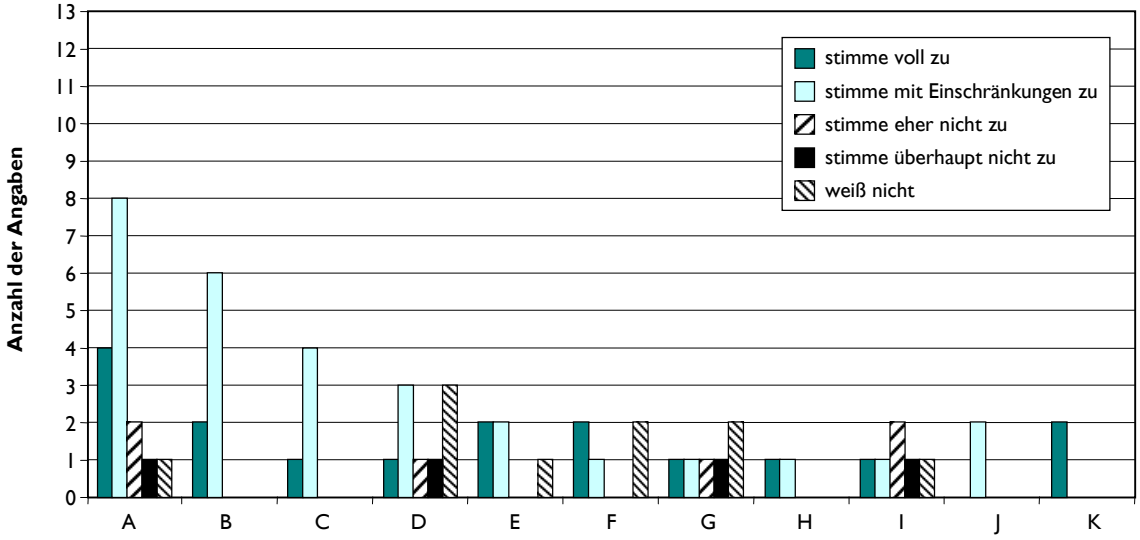

Abbildung 9.1-10: Gruppenbeurteilung der These H4, A-K ... befragte Gruppen (s. S. MT 37)

Bei These (H4) herrscht in mehreren Gruppen u. a. in der Gruppe der potentiellen Anwender, ein Konsens über die derzeitige Überbewertung bzw. Hochbewertung des wirtschaftlichen Risikos infolge des Mangels an Identifizierung des Nutzens der Membrantechnologie. Die potentiellen Anwender haben in der ersten Befragung hohe Kosten als Hemmnis für den Einsatz dieser Technologie angegeben. Da sie auch H4 (Überbewertung des wirtschaftlichen Risikos) zugestimmt haben, kann interpretiert werden, daß bei der ersten Erhebung mit den „zu hohen Kosten“ als ein Hemmnis eigentlich das hohe wirtschaftliche Risiko gemeint war. Da jede Investitionsentscheidung eine Abwägung zwischen Kosten und dem erwarteten Nutzen erfordert, steigt das wirtschaftliche Risiko einer Investition, wenn der Nutzen nicht eindeutig identifizierbar ist.

Durch Aufzeigen und Dokumentieren der Chancen und Nutzen der Membrantechnologie kann daher diesem Hemmnis entgegen gewirkt werden (z. B. Informationsveranstaltungen, Pilotprojekte).

Die unterschiedliche Bewertung der Thesen H1 bis H4 in mehreren Gruppen, sowie eine große Anzahl von „weiß nicht“ Antworten zu diesen Thesen kann auch terminologische Hintergründe haben, da abstrakte Formulierungen bei solchen interdisziplinären Meinungsbefragungen oft unterschiedliche Interpretationen zulassen. Damit wird der Bedarf an differenzierten und klaren Formulierungen bei solchen Diskussionen bestätigt.

Angaben zu H5: Umweltschutz stellt für die Firmen meist keinen wirtschaftlichen Vorteil dar.

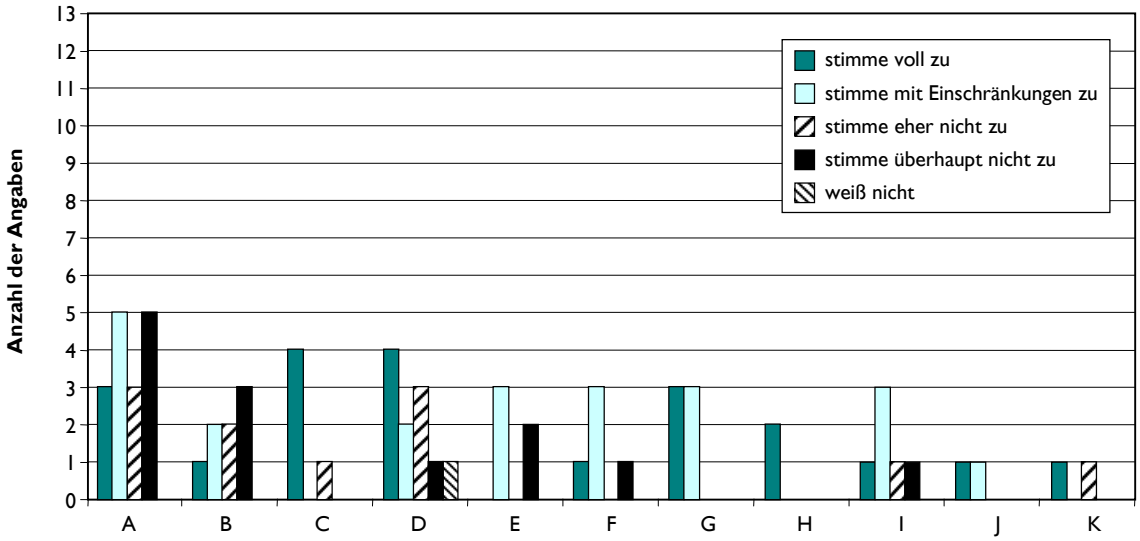

Abbildung 9.1-11: Gruppenbeurteilung der These H5, A-K ... befragte Gruppen (s. S. MT 37)

Für die Thesen H5 und H6 ist die Zustimmung leicht höher als die Ablehnung und auch hier herrscht eine große Meinungsdifferenz u. a. innerhalb der Gruppe der Anwender, und der Universitätsinstitute vor. Dieses Ergebnis kann auf verschiedene spezifische Arbeitsbereiche der Akteure dieser Gruppen zurückgeführt werden, die je nach Branche sehr unterschiedliche Bewertungen abgegeben haben.

Damit kann gezeigt werden, daß Umweltschutz in einigen Bereichen, auch bei den wassersparenden Technologien, schon wirtschaftliche Vorteile mit sich bringt, und die Umweltschutzkosten, nicht zuletzt wegen der regional sehr unterschiedlichen Entsorgungstarife, kein allgemein gültiges Hemmnis darstellen.

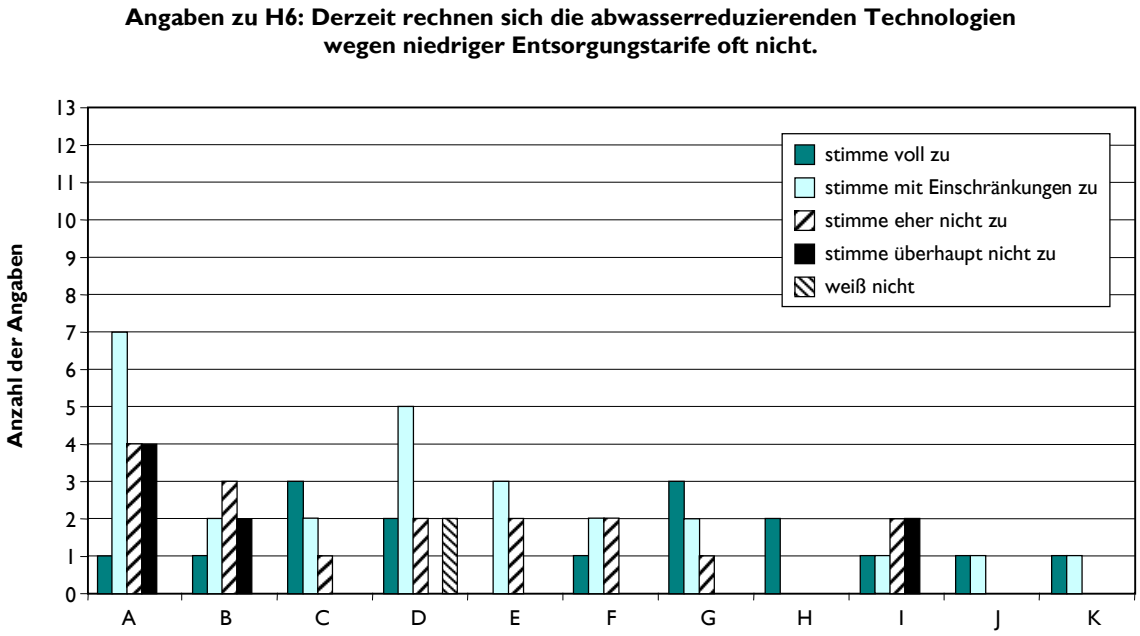

Abbildung 9.1-12: Gruppenbeurteilung der These H6, A-K ... befragte Gruppen (s. S. MT 37)

Meinungsdifferenzen über die regulatorischen Hemmnisse

Im Bereich der regulatorischen Hemmnisse waren zwei Thesen zu beurteilen. Die These H13 (*Der Mangel an Empfehlungen über den Einsatz fortschrittlicher bester verfügbarer Technologien erschwert deren Verbreitung*) erhielt etwas mehr Zustimmung als die These H12 (*Die derzeitigen gesetzlichen Regulierungen sind nicht ausreichend geeignet, bei den Firmen Investitionen in vorsorgende Umwelttechnologien zu bewirken*). Gleichzeitig wurde aber H12 als wichtiger eingestuft. Auch bei diesen Hemmnissen waren starke Meinungsdifferenzen zu bemerken. Ausschließlich zustimmend äußerten sich Engineerinfirmen, Umweltberatung, Zuständige für Umweltregulierung und Vollzug, Organisationen im Bereich Umwelttechnik und Umweltökonomie.

Für diese These wurde wieder in jenen Gruppen, die spezifische Arbeitsgebiete haben, wie Anwender und Universitätsinstitute die stärksten Meinungsdifferenzen dokumentiert, was den Bedarf an branchenspezifischen Regelungen aufzeigt. Diese These hat eine Verbindung mit These H6. Während H12 die gesetzlichen Regelungen bezüglich der vorsorgenden Umwelttechnologien betrachtet, wird in H6 speziell über die abwasserreduzierenden Technologien gesprochen. Beide Thesen wurden im Vergleich zueinander von den Akteuren einigermaßen ähnlich bewertet. Zu bemerken ist, daß alle Gruppen außer Universitätsinstituten und Forschungseinrichtungen der These H12, die allgemeiner formuliert ist, etwas öfter zugestimmt haben als der These H6.

Angaben zu H12: Die derzeitigen gesetzlichen Regulierungen sind nicht ausreichend geeignet, bei den Firmen Investitionen in vorsorgende Umwelttechnologien zu bewirken.

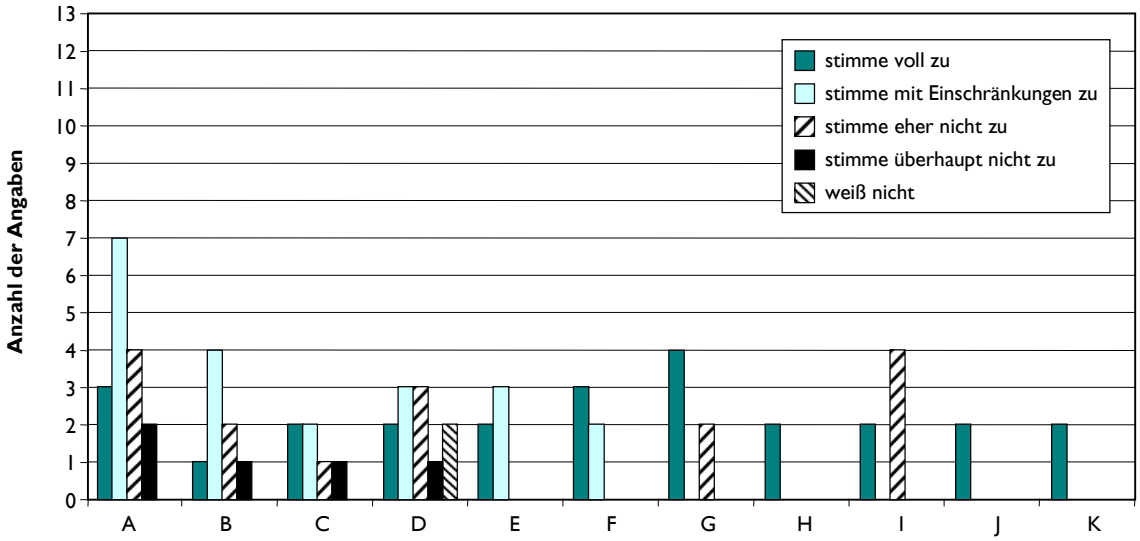

Abbildung 9.1-13: Gruppenbeurteilung der These H12, A-K ... befragte Gruppen (s. S. MT 37)

Angaben zu H13: Der Mangel an Empfehlungen über den Einsatz fortschrittlicher bester verfügbarer Technologien erschwert deren Verbreitung.

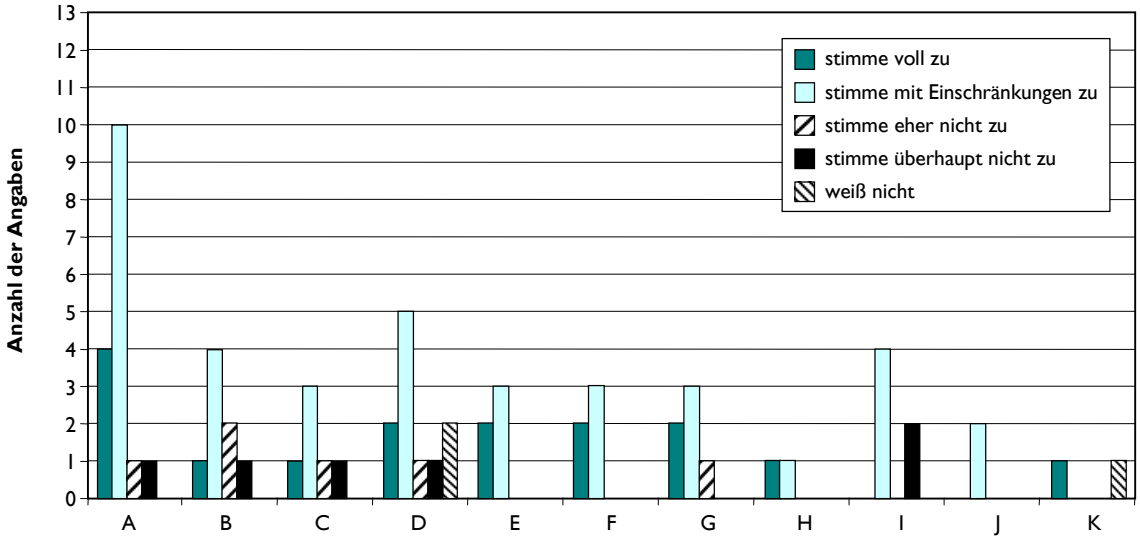

Abbildung 9.1-14: Gruppenbeurteilung der These H13, A-K ... befragte Gruppen (s. S. MT 37)

Die Mehrheit der befragten Anwender der Membrantechnologie hat den Bedarf an Empfehlungen über den Einsatz der fortschrittlichen Technologien erwähnt. Unter den potentiellen Anwendern gibt es einige, die sich an Richtlinien orientieren, andere wiederum lassen sich bei den Investitionen nicht von Richtlinien beeinflussen. Die Skepsis der Universitätsinstitute und Technologieforschung kann in diesem Fall nicht allgemein interpretiert werden.

9.2 Reflexion der Maßnahmen

Die Thesen über die Maßnahmen gliedern sich in zwei Bereiche:

- Thesen über die Maßnahmen, die allgemein eine Verbreitung vorsorgender Umwelttechnologien positiv beeinflussen (M1-M8)
- Thesen über die Maßnahmen, die speziell die Verbreitung der Membrantechnologie positiv beeinflussen (M9-M11).

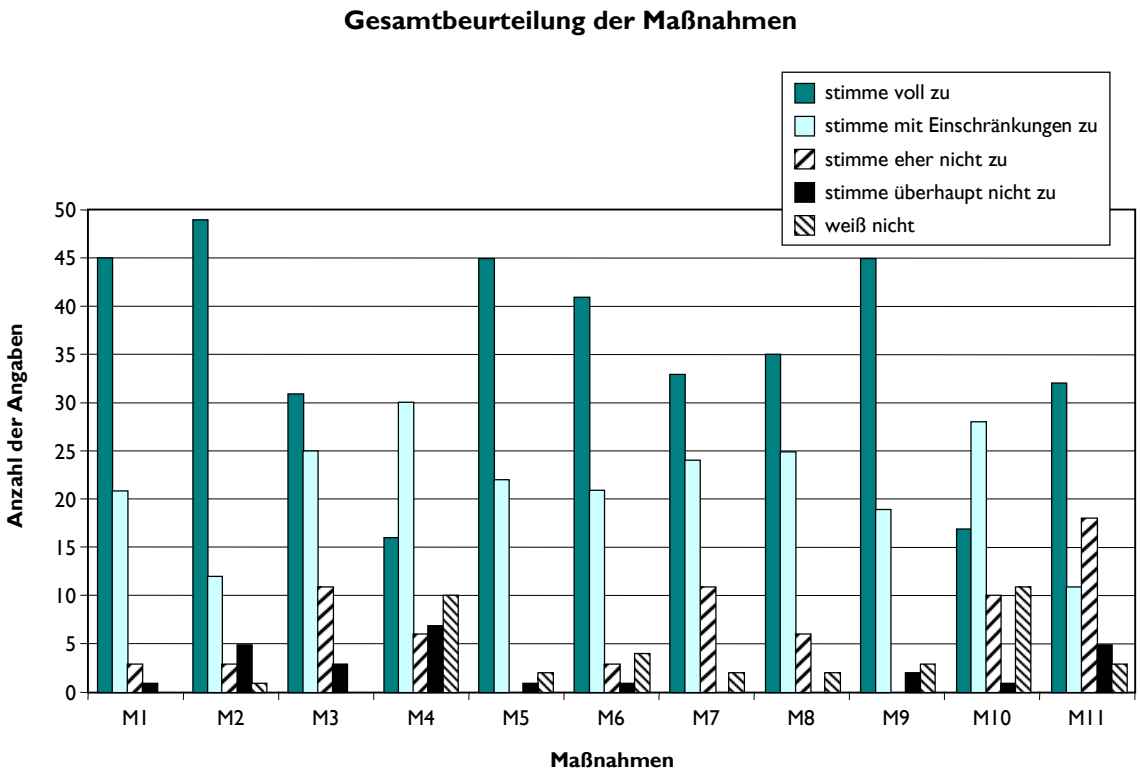

Abbildung 9.2-1: Gesamtbeurteilung der Maßnahmen

Legende zu den folgenden Diagrammen: befragte Gruppen

Gruppe A: Technologieanwender
B: Potentieller Anwender
C: Forschungseinrichtung für Membrantechnologie
D: Universitätsinstitut
E: Engineeringfirma, technisches Büro
F: Beratungsfirma, Umweltberatung
G: Tätig im Bereich Umweltpolitik
H: Zuständig für Umweltregulierung und Vollzug
I: Organisation im Bereich Innovations- und Technologieforschung
J: Organisation im Bereich Umwelttechnik
K: Organisation im Bereich Umweltökonomie.

Allgemeine Maßnahmen zur Verbreitung vorsorgender Umwelttechnologien

Im Bereich der allgemeinen Maßnahmen zur Verbreitung vorsorgender Umwelttechnologien fanden die Maßnahmen **M1** *(Es sollen allgemein zugängliche Referenzanlagen gefördert werden, die Vertrauen zu und Erfahrungen mit der Technologie erhöhen*), **M2** (*Investitionen in fortschrittliche integrative Verfahren, die Umweltrichtlinien übererfüllen, sollen eindeutig erkennbare Vorteile für Unternehmen mit sich bringen*) und **M5** (*Es soll sichergestellt sein, daß Forschungsergebnisse über neue Anwendungen bzw. neue Verfahren von öffentlichen Stellen und Forschungseinrichtungen auch öffentlich zugänglich sind*) überragende Zustimmung und es herrscht hier auch ein Konsens quer durch alle Gruppen. In diesen Thesen werden öffentlich finanzierte Förderungen für vorsorgende Umwelttechnologien in verschiedenen Formen gefordert.

Die These M9 (*Aufklärungsarbeit über den möglichen wirtschaftlichen Nutzen der Membrantechnologie durch bessere Produktqualität und Wertstoffrückgewinnung soll die Entscheidung der potentiellen Anwender erleichtern*) wurde als die wichtigste Maßnahme betrachtet.

Angaben zu M1: Es sollen allgemein zugängliche Referenzanlagen gefördert werden, die Vertrauen zu und Erfahrung mit der Technologie erhöhen.

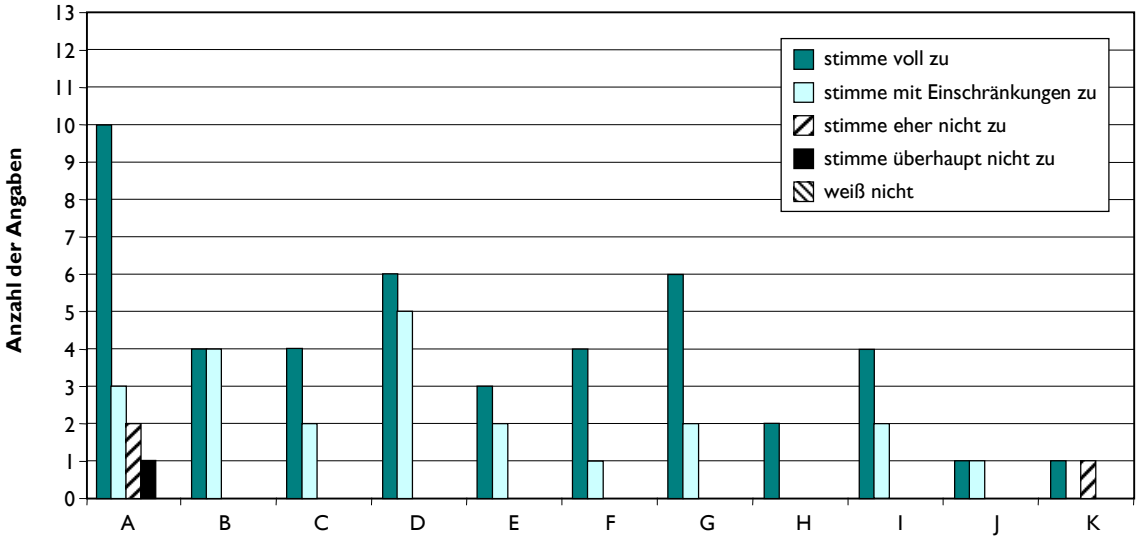

Abbildung 9.2-2: Gruppenbeurteilung der These M1, A-K ... befragte Gruppen (s. S. MT 47)

Die hohe Zustimmung zur Förderung allgemein zugänglicher Referenzanlagen bestätigt die Ergebnisse der ersten Erhebung über den großen Bedarf an Referenzanlagen, um Vertrauen in neue Technologien zu gewinnen.

Die einzigen Gegenstimmen zur These M1 waren in der Gruppe der Anwender zu finden, die, wie schon die erste Erhebung gezeigt hat, teilweise einen Verlust ihres Wettbewerbsvorteils befürchten. Gerade sehr spezifische, integrative Verfahren können oft nur von Firmen der gleichen Branche eingesetzt werden, was in einer angespannten Marktsituation bei den Anwenderfirmen eine starke Konkurrenzsituation verursacht.

Kritische Stimmen (zu M2) zur Notwendigkeit erkennbarer Vorteile für Unternehmen, die Umweltrichtlinien übererfüllen, waren in der Gruppe der Zuständigen für Umweltpolitk, für Umweltregulierung und Vollzug und den Organisationen im Bereich Innovations- und Technologieforschung zu finden. Wenn

wir jedoch die möglichen zusätzlichen Hemmnisse für die innovativen vorsorgenden Umwelttechnologien betrachten (z. B. Bedarf an höherem Wissen über den Gesamtprozeß, oder schwer einschätzbare Wirtschaftlichkeit), sind weitere Vorteile zum Ausgleich hier oft notwendig.

M1 und M2 fanden nicht nur die stärkste Zustimmung, sondern sie wurden auch als die wichtigsten Maßnahmen angesehen.

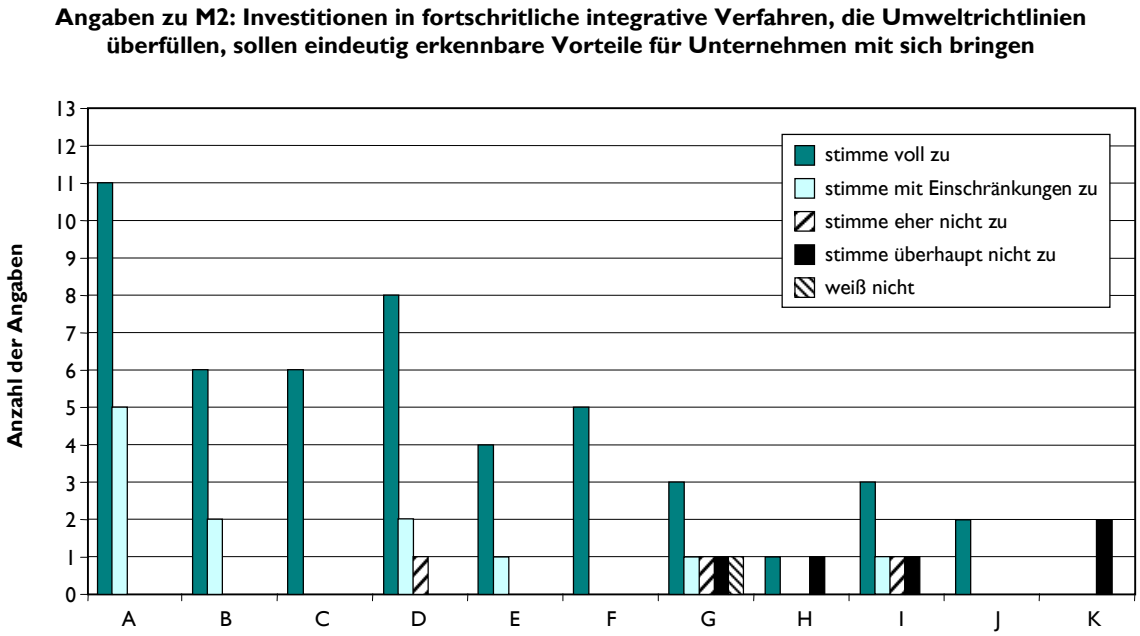

Abbildung 9.2-3: Gruppenbeurteilung der These M2, A-K ... befragte Gruppen (s. S. MT 47)

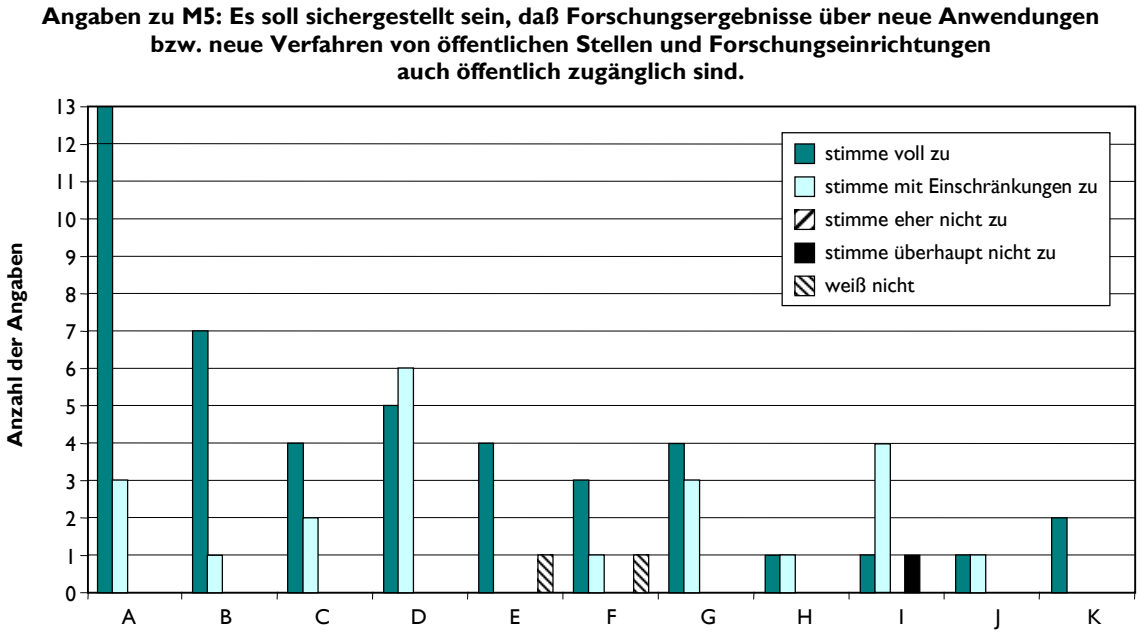

Abbildung 9.2-4: Gruppenbeurteilung der These M5, A-K ... befragte Gruppen (s. S. MT 47)

Der These M5 haben Forschungseinrichtungen und Universitätsinstitute grundsätzlich zugestimmt. Die Zustimmungen mit Einschränkungen können wegen Geheimhaltungspflichten bei den Auftragsarbeiten erfolgen. Umweltpolitisch ist jedoch wichtig, daß öffentliche Forschungseinrichtungen eine Verbreitung vorsorgender Umwelttechnologien durch Veröffentlichung ihrer gelungenen Forschungsergebnisse in diesem Bereich unterstützen.

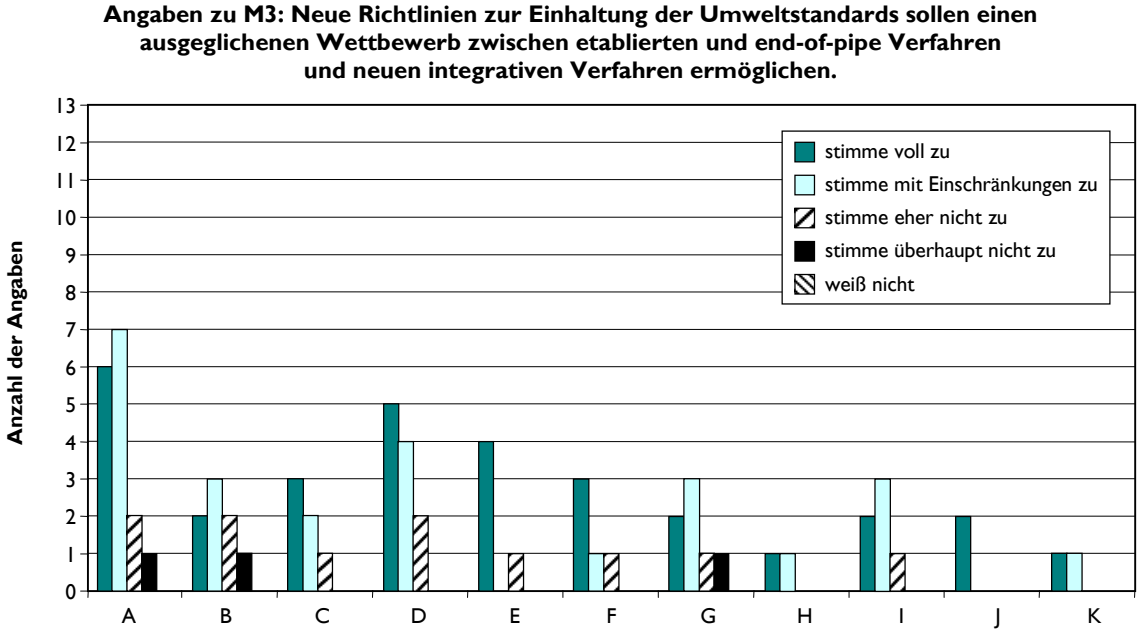

Abbildung 9.2-5: Gruppenbeurteilung der These M3, A-K ... befragte Gruppen (s. S. MT 47)

Unterstützung eines fairen Wettbewerbs zwischen den etablierten End-of-pipe Verfahren und neuen integrativen Verfahren durch neue Richtlinien zur Einhaltung der Umweltstandards wurde zwar überwiegend zugestimmt, jedoch wird eine stärkere Meinungsdifferenz innerhalb der einzelnen Gruppen identifiziert. Am stärksten kritisch äußerten sich diesbezüglich die potentiellen Anwender. Dabei soll betont werden, daß die Zielführung dieser Maßnahme sehr eng mit der Zusammenarbeit der Umweltpolitik und Forschungseinrichtungen verbunden ist. Dabei müssen neue Entwicklungen genau beobachtet werden, und in der entscheidenden Entwicklungsphase von integrativen Verfahren neue Richtlinien mit ausreichenden Übergangszeiten entworfen werden.

Die These M4 *(Beim Vorhandensein der Umweltschutzvorteile muß auf Mechanismen der gemeinsamen Bewältigung wirtschaftlicher Risiken zurückgegriffen werden*) wurde in der Gesamtbeurteilung nur leicht positiv bewertet und zeigt in den einzelnen Gruppen eine starke Meinungsdifferenz. Diese These wurde nicht als wichtig betrachtet. Sie wurde in einigen Fällen als eine Forderung nach finanzieller Förderung der Anwender verstanden. Dabei sind hier organisatorische Innovationen in der Umweltpolitik, wie die Vermittlung von Aktionen der Technologieentwickler und -anwender, die das wirtschaftliche Risiko der Umweltinnovationen gemeinsam bewältigen, viel wichtiger als Förderungen. Organisatorische Innovationen dieser Art können entscheidende Wirkung auf die technischen Umweltinnovationen zeigen, da einerseits eine gezielte Verbreitung der vorsorgenden Umwelttechnologien mit Hilfe der Umweltpolitik erzielt werden kann, anderseits die Technologieentwickler längerfristig planen können, bzw. Technologieanwender ihre Umweltprobleme mit weniger Investitionsdruck bewältigen können. Diese Maßnahme sollte jedoch in Kombination mit anderen

Maßnahmen, wie Vorteilen für die Übererfüllung der Umweltrichtlinien oder Errichtung von allgemein zugänglichen Referenzanlagen, durchgeführt werden, um einen optimalen Nutzen für alle Beteiligten zu garantieren.

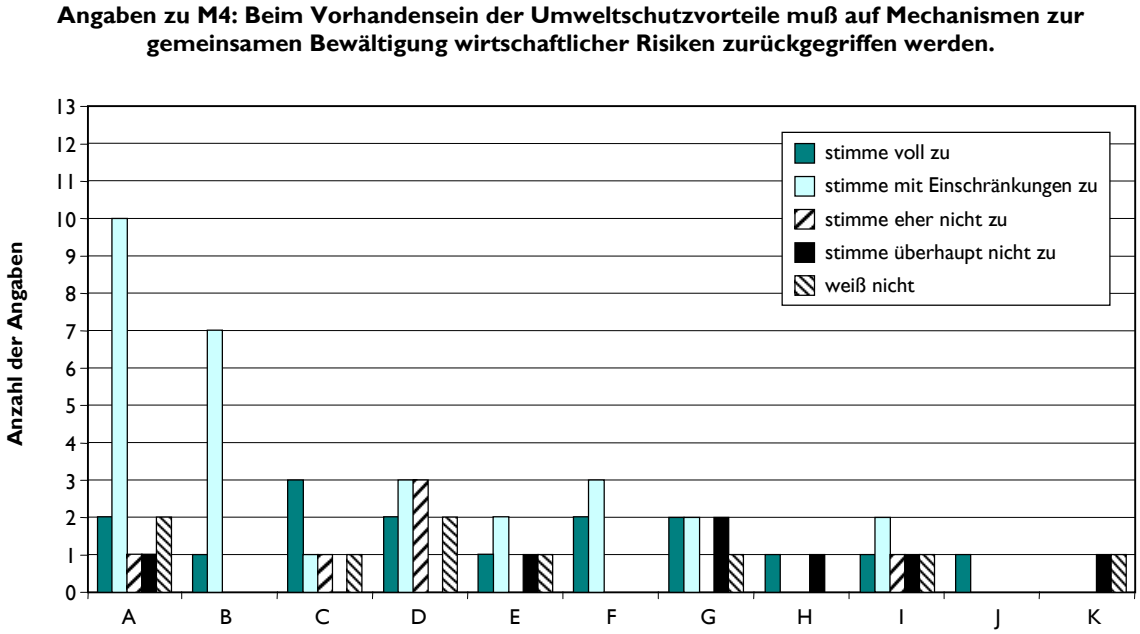

Abbildung 9.2-6: Gruppenbeurteilung der These M4, A-K ... befragte Gruppen (s. S. MT 47)

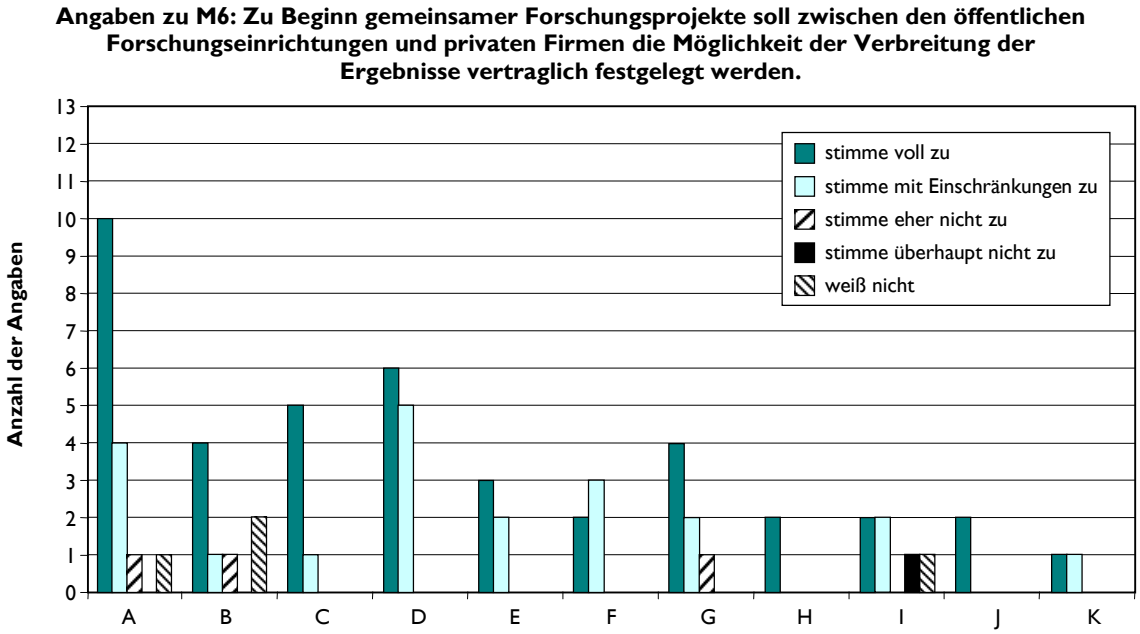

Abbildung 9.2-7: Gruppenbeurteilung der These M6, A-K ... befragte Gruppen (s. S. MT 47)

Diese These fand mit Ausnahme einiger skeptischen Stimmen in den einzelnen Gruppen ähnlich wie M5 sehr starke Zustimmung und wurde auch als annähernd gleich wichtig eingestuft.

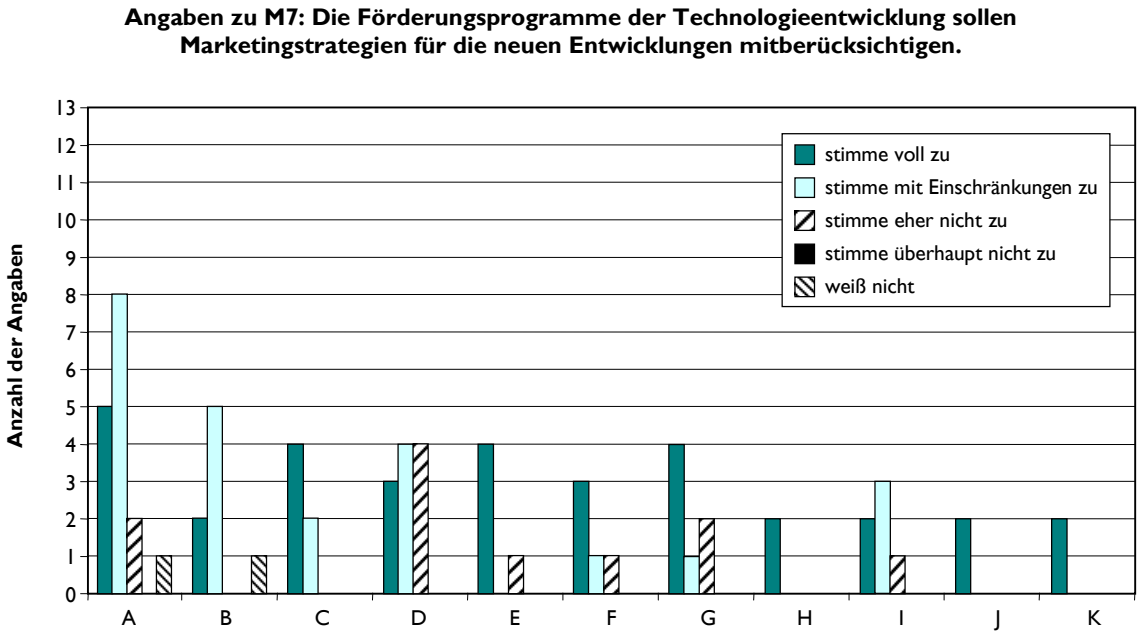

Abbildung 9.2-8: Gruppenbeurteilung der These M7, A-K ... befragte Gruppen (s. S. MT 47)

Die Zustimmung zur These M7 (*Die Förderprogramme zur Technologieentwicklung sollen Marketingstrategien für die neuen Entwicklungen mit berücksichtigen*) war allgemein groß aber auch mit einem großen Anteil von „Stimme mit Einschränkungen zu“. Universitätsinstitute haben hier einige kritische Stimmen angegeben. Es wird daher vermutet, daß der Stellenwert von Marketingstrategien speziell in grundlagenorientierten Forschungseinrichtungen umstritten ist.

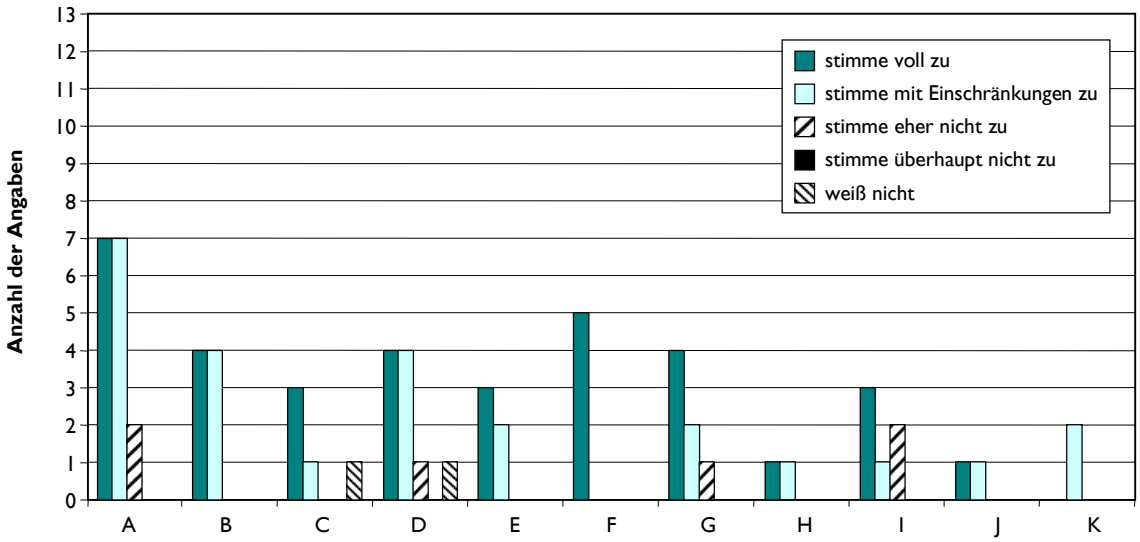

Abbildung 9.2-9: Gruppenbeurteilung der These M8, A-K ... befragte Gruppen (s. S. MT 47)

Die Maßnahme M8 (*Die Umweltberatung für den Einsatz integrativer Verfahren zum vorsorgenden Umweltschutz soll gefördert werden*) wurde von den potentiellen Anwendern, den Engineeringfirmen, den Umweltberatungsfirmen, den Organisationen im Bereich Umwelttechnik und Umweltökonomie am stärksten befürwortet und von den Organisationen im Bereich Innovations- und Technologieforschung am stärksten kritisch betrachtet.

Spezielle Maßnahmen zur Verbreitung der Membrantechnologie

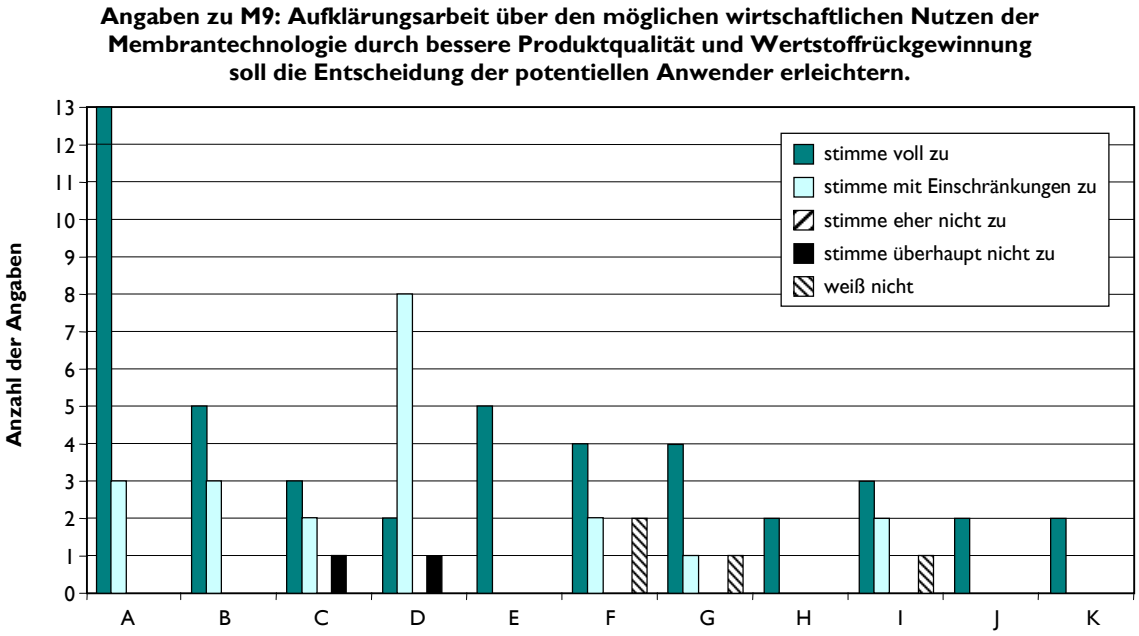

Abbildung 9.2-10: Gruppenbeurteilung der These M9, A-K ... befragte Gruppen (s. S. MT 47)

Von den Maßnahmen, die speziell die Verbreitung der Membrantechnologie positiv beeinflussen wurde M9 *(Aufklärungsarbeit über den möglichen wirtschaftlichen Nutzen der Membrantechnologie durch bessere Produktqualität und Wertstoffrückgewinnung soll die Entscheidung der potentiellen Anwender erleichtern*) fast ausschließlich positiv bewertet. Gleichzeitig wurde diese These auch als die wichtigste in diesem Bereich gesehen.

Die These M10 (*Da Engineeringfirmen und Forschungseinrichtungen hier besonders auf die Kooperation mit den Anlagebauern und Herstellern von Schnittstellen angewiesen sind, müssen alle Beteiligten gemeinsam koordinierte und geeignete Marketingstrategien für die Verbreitung der Anwendungsmöglichkeiten und ihrer Vorteile entwickeln*) erhielt hauptsächlich Zustimmung mit Einschränkungen und erzielte innerhalb der Gruppen keinen Konsens. Die stärkste Zustimmung erhielt diese These von der Gruppe der potentiellen Anwender. Beim Vergleich der Beurteilungen der Thesen H10 und M10 fällt auf, daß gerade Forschungseinrichtungen, Universitäten und Engineeringfirmen diesen beiden Thesen sehr kritisch gegenüber stehen im Gegensatz zu der sehr zustimmenden Beurteilung durch Anwender und potentielle Anwender. Hier zeigt sich bereits eine gewisse Differenz in der Sichtweise von Entwicklern und Anwendern der Membrantechnologie.

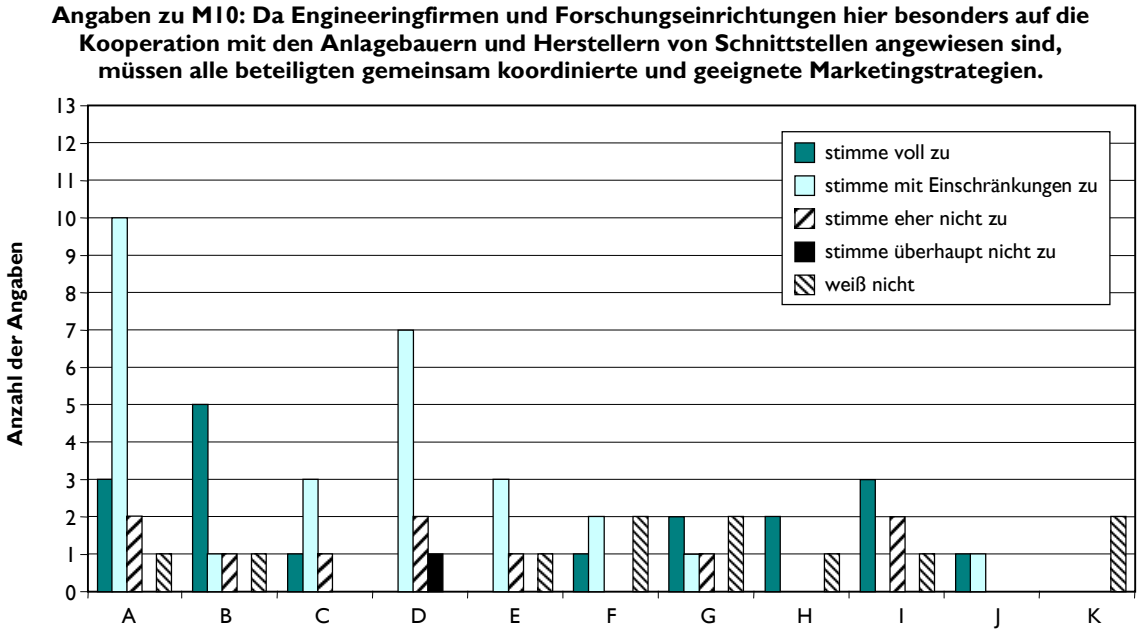

Abbildung 9.2-11: Gruppenbeurteilung der These M10, A-K ... befragte Gruppen (s. S. MT 47)

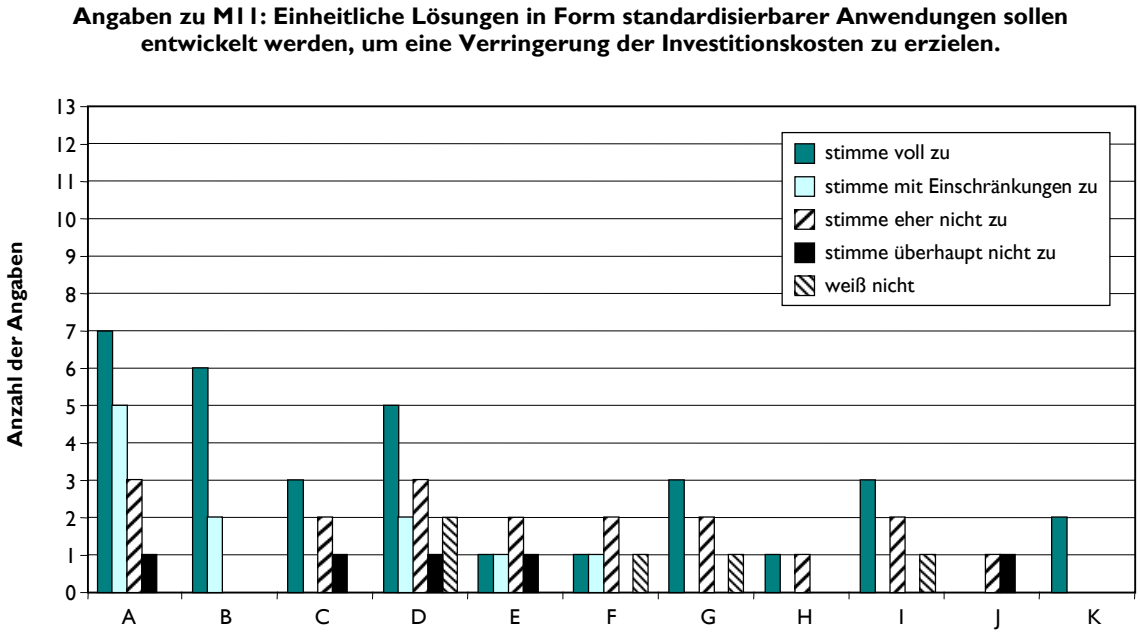

Abbildung 9.2-12: Gruppenbeurteilung der These M11, A-K ... befragte Gruppen (s. S. MT 47)

M11 (*Einheitliche Lösungen in Form standardisierbarer Anwendungen sollen entwickelt werden, um eine Verringerung der Investitionskosten zu erzielen*) ist durch eine stärkere Meinungsdifferenz gekennzeichnet, die sich mit einigen Ausnahmen durch alle Gruppen zieht. Die Gruppe der potentiellen Anwender und Organisationen im Bereich Umweltökonomie haben diese These zu 100 % positiv bewertet und die Organisationen im Bereich Umwelttechnik haben im Gegensatz zu allen anderen Gruppen diese These nur ablehnend beurteilt. Es

ist zu bemerken, daß die 2 Angaben in der Gruppe der Umwelttechnik auch die These H11 (über die mangelhafte Standardisierung als ein Hemmnis für die Verbreitung) ebenfalls ablehnend bewertet haben.

Engineeringfirmen und Umweltberater haben zwar oft die Standardisierung des Verfahrens als Verbreitungshemmnis angegeben, haben sich jedoch bei M11 mehr zurückgehalten und im Gegensatz zu den restlichen Gruppen M11 weniger zugestimmt als H11.

9.3 Überblickstabellen

In Tabellen 9.3-1 und 9.3-2 sind die Bewertung der Thesen in Prozentanteil angegeben. Thesen sind hier nach dem Anteil an Antworten mit voller Zustimmung geordnet. Die Ergebnisse zeigen in einigen wenigen Fällen einen Konsens auf. Oft sind jedoch Meinungsdifferenzen deutlich, die u. a. ein Signal für Diskussionsbedarf zwischen den Akteuren sind. Detaillierte Analyse der einzelnen Thesen sind in Abschnitt 9.1 und 9.2 präsentiert.

Tabelle 9.3-1: Verteilung der Angaben zu den Hemmnissen

Kennummer	Thesen über die Hemmnisse, geordnet nach dem Anteil an Antworten mit „Stimme voll zu“	stimme voll zu %	stimme mit Einschränkungen zu %	stimme eher nicht zu %	stimme überhaupt nicht zu %	weiß nicht %
H7	Die Entwicklung von integrativen Verfahren benötigt höhere fachspezifische Expertise als end-of-pipe-Verfahren.	80	13	1		6
H9	Erfolgreiche Entwickler von integrativen Verfahren müssen zusätzlich spezifisches Know-how über den Gesamtprozeß aufweisen.	60	39			1
H8	Es gibt in der Industrie zu wenig Experten für den Einsatz und die industrielle Erforschung der integrativen Membrantechnologie.	42	32	16		10
H12	Die derzeitigen gesetzlichen Regelungen sind nicht ausreichend geeignet, bei den Firmen Investitionen in vorsorgende Umwelttechnologien (z. B. integrative Verfahren) zu bewirken.	36	30	23	7	3
H10	Engineeringfirmen und Forschungseinrichtungen sind hier besonders auf die Kooperation mit den Anlagebauern und Herstellern von Schnittstellen (z. B. Ventile) angewiesen.	32	43	20	3	1
H5	Umweltschutz stellt für die Firmen meist keinen wirtschaftlichen Vorteil dar.	31	32	16	19	2
H2	Die Chancen der Membrantechnologie sind für Anwender nicht ausreichend identifizierbar.	28	36	25	3	8
H4	Da die Chancen der Membrantechnologie für Anwender nicht ausreichend identifizierbar sind, wird das wirtschaftliche Risiko ihres Einsatzes oft überbewertet.	26	44	9	6	15
H13	Der Mangel an Empfehlungen über den Einsatz fortschrittlicher bester verfügbarer Technologien (Best Available Technologies, BAT, z. B. für Abwasserreduktion) erschwert deren Verbreitung.	23	55	9	9	4
H6	Derzeit rechnen sich die abwasserreduzierenden Technologien wegen niedriger Entsorgungstarife oft nicht.	23	38	25	11	3
H11	Der Mangel an standardisierten Anwendungen erschwert die Verbreitung.	22	43	28	3	4
H1	Mangelhafter Informationsfluß zwischen den Technologieentwicklern und den potentiellen Anwendern behindert das Wissen über die Chancen dieser Technologie.	15	46	28	4	7
H3	Die Chancen der Membrantechnologie sind vor allem wegen mangelhafter Marketingstrategien nicht identifizierbar.	9	23	27	16	25

Tabelle 9.3-2: Verteilung der Angaben zu den Maßnahmen

Kennummer	Thesen über die Maßnahmen, geordnet nach dem Anteil an Antworten mit „Stimme voll zu“	stimme voll zu %	stimme mit Einschränkungen zu %	stimme eher nicht zu %	stimme überhaupt nicht zu %	weiß nicht %
M2	Investitionen in fortschrittlichen integrativen Verfahren, die Umweltrichtlinien übererfüllen, sollen eindeutig erkennbare Vorteile für Unternehmen mit sich bringen.	70	17	4	7	2
M9	Aufklärungsarbeit über den möglichen wirtschaftlichen Nutzen der Membrantechnologie durch bessere Produktqualität und Wertstoffrückgewinnung soll die Entscheidung der potentiellen Anwender erleichtern.	65	28		3	4
M1	Es sollen allgemein zugängliche Referenzanlagen gefördert werden, die Vertrauen zu und Erfahrung mit der Technologie erhöhen.	64	30	4	2	
M5	Es soll sichergestellt sein, daß Forschungsergebnisse über neue Anwendungen bzw. neue Verfahren von öffentlichen Stellen und Forschungseinrichtungen auch öffentlich zugänglich sind.	64	31		2	3
M6	Zu Beginn gemeinsamer Forschungsprojekte soll zwischen den öffentlichen Forschungseinrichtungen und privaten Firmen die Möglichkeit der Verbreitung der Ergebnisse vertraglich festgelegt werden.	59	30	4	1	6
M8	Die Umweltberatung für den Einsatz integrativer Verfahren zum vorsorgenden Umweltschutz soll gefördert werden (z. B. Förderung von 40 Stunden Beratung).	51	37	9		3
M7	Die Förderungsprogramme zur Technologieentwicklung sollen Marketingstrategien für die neuen Entwicklungen mit berücksichtigen.	47	34	16		3
M11	Einheitliche Lösungen in Form standardisierbarer Anwendungen sollen entwickelt werden, um eine Verringerung der Investitionskosten zu erzielen.	46	16	26	7	5
M3	Neue Richtlinien zur Einhaltung der Umweltstandards sollen einen ausgeglichenen Wettbewerb zwischen den etablierten end-of-pipe Verfahren und neuen integrativen Verfahren ermöglichen.	44	36	16	4	
M10	Da Engineeringfirmen und Forschungseinrichtungen hier besonders auf die Kooperation mit den Anlagebauern und Herstellern von Schnittstellen (z. B. Ventile) angewiesen sind, müssen alle beteiligten gemeinsam koordinierte und geeignete Marketingstrategien für die Verbreitung der Anwendungsmöglichkeiten und ihrer Vorteile entwickeln.	25	42	15	2	16
M4	Beim Vorhandensein der Umweltschutzvorteile muß auf Mechanismen zur gemeinsamen Bewältigung wirtschaftlicher Risiken zurückgegriffen werden.	24	43	9	10	14

10 Erkenntnisse und Handlungsvorschläge

Der integrative Einsatz der Membrantechnologie wurde von Experten als ein Beispiel ausgewählt, einerseits wegen des hohen Umweltschutzpotentials und der guten Marktfähigkeit, anderseits weil durch diese Untersuchung allgemeine Hinweise auf Hemmnisse und Chancen vorsorgender Umwelttechnologien durch diese Untersuchung erwartet wurden. Diese Wahl hat sich tatsächlich gut bewährt. Abwasserreduzierende Technologien werden in naher Zukunft, nicht nur zur Erhaltung einer hohen Lebensqualität, sondern auch aus wirtschaftlichen Gründen unerläßlich sein. Außerdem konnten bei der Untersuchung sowohl spezifische Hemmnisse für Membrantechnologie als auch allgemeinere Ansätze für das Durchsetzungspotential vorsorgender Umwelttechnologien identifiziert werden.

Konsensthemen

Die Chancen des integrativen Einsatzes der Membrantechnologie in Österreich wurden von den befragten Akteuren vor allem in den technischen und ökologischen Vorteilen, wie in der besseren Ressourceneffizenz und höheren Produktqualität durch schonende und selektive Trennverfahren in der Produktion, gesehen. Die notwendige fachspezifische Expertise und der gleichzeitige Bedarf an Wissen über das Gesamtverfahren ist eine Herausforderung vieler integrativer Technologien, die von allen befragten Akteure auch für diese Technologie als ein wichtiges Hemmnis identifiziert wurde. Ein großer Konsens herrschte auch für den Bedarf an öffentlich finanzierten Förderungen für vorsorgende Umwelttechnologien in verschiedenen Formen.

Differenzen

Über die Wirtschaftlichkeit der Technologie und Bereitschaft zu ihrer Einführung herrschten zwischen den beteiligten Akteuren Meinungsdifferenzen. Für die Unternehmen spielen nicht nur rein wirtschaftliche Berechnungen, wie die zu erwartetende Armortisationszeit, sondern auch das Vertrauen zu dem Verfahren für die Investitionen eine entscheidende Rolle. Die befragten Akteure sind sich auch in Bezug auf die Standardisierung der Membrantrennverfahren nicht einig. Während die Mehrheit der befragten Akteure (u. a. Anwender) dem Mangel an standardisierten Lösungen als ein Hemmnis für die Verbreitung (H11) zugestimmt haben, und auch eine Reduktion der Investitionskosten durch die Entwicklung solcher Lösungen erwarten, hat dieses Thema den höchsten Anteil an Ablehnungen vor allem von Seiten der befragten Engineeringfirmen erhalten. Dabei ist es anzumerken, daß bereits einige branchenspezifische standardisierte Produktions- oder Pilotanlagen für den integrativen Einsatz der Membrantechnologie am Markt verfügbar sind.

Spezifische Erfahrungen der befragten Akteure (speziell die Technologieentwickler und -anwender) spielen eine entscheidende Rolle bei der Identifikation der Einflußfaktoren. Die angegebenen Einflußfaktoren bzw. Meinungsdifferenzen über die Chancen und Hemmnisse der Technologie hängen oft damit zusammenhängen, in welchem Umfeld sich die Akteure befinden. Von den Akteuren aus verschiedenen Gruppen, die zusammen arbeiten und gemeinsame Erfahrungen haben, wurde oft eine einheitlichere Beurteilung zu den einzelnen Themen abgegeben, als von den einzelnen Gruppen selbst.

Während der Untersuchung wurde immer deutlicher, daß für die Bewertung der Membrantechnologie eine klare Unterscheidung zwischen dem *integrativen Einsatz* und *End-of-pipe-Verfahren* notwendig ist, da diese Technologie sowohl in der integrativen als auch additiven Form angewendet werden kann.

Integrative Verfahren

Für die *integrativen Verfahren* wird die Vermeidung und Minderung von Umweltbelastungen, so nahe an der Quelle wie möglich, verfolgt. Als Quelle wird hier im engeren Sinn der jeweilige Prozeß betrachtet. Da integrative Verfahren

die Entstehung der Umweltbelastungen im Prozeß verhindern und keine Verschiebung des Problems zu anderen Medien[4] verursachen, können sie im Gegensatz zu den additiven (End-of-pipe) Verfahren die Ressourceneffizienz erhöhen und damit sowohl das Umweltschutzpotential als auch die Wirtschaftlichkeit des Verfahrens positiv beeinflussen. Integrative Verfahren sind eine Maßnahme zum vorsorgenden Umweltschutz bei der Produktion und ein Beispiel für *vorsorgende Umwelttechnologien*. Als *Vorsorgende Umwelttechnologien* dienen alle Technologien, die zur Vermeidung und Minimierung der Umweltbelastungen in dem gesamten Lebenszyklus der Produkte (Design, Rohstoffbereitstellung, Produktion, Recycling, Weiterverwertung, Transport,...) führen und weder zeitliche noch räumliche Problemverschiebung verursachen.

Es wurde bei der Untersuchung auch deutlich, daß verschiedene Möglichkeiten für die Zusammensetzung der Gruppe der *Technologieentwickler* für integrative Verfahren vorhanden sind.

Technologieentwickler

Drei Konstellationen, die zu erfolgreichen Entwicklungen für den integrativen Einsatz der Membrantechnologie geführt haben, sind hier zu erwähnen:

- Forschungseinrichtungen spielen eine Vermittlungsrolle zwischen der Grundlagenforschung an den Universitäten und den Anwendungen in der Industrie. Sie können durch eine gezielte Innovationspolitik, eine optimale wirtschaftliche Verwertung der Forschungsergebnisse ermöglichen und die Verbreitung der Technologie unterstützen.
- Engineeringfirmen und technische Büros vermitteln zwischen den anwendungsorientierten Universitätsinstituten, Anlagebauern und Anwendern. Diese Variante spielt eine entscheidende Rolle bei der Verbreitung schon entwickelter Lösungen bzw. bei der Optimierung der Verfahren.
- Innovative Firmen, die eine eigene Verfahrenstechnikabteilung besitzen, wenden sich für spezifische Entwicklungen direkt an die Universitäten. Eine Verbreitung der Technologie ist hier wegen der Geheimhaltung der Forschungsergebnisse oft nicht möglich.

Es sind natürlich auch andere Varianten für Technologieentwicklungen möglich, die jeweils ein neues Bild der Gruppe „Technologieentwickler“ darstellen.

Technologieanwender nehmen ebenfalls in jeder Konstellation verschiedene Rollen ein. Während die innovativen Firmen in der Variante 3 die Entwicklung aktiv vorantreiben und als Teil der Technologieentwickler betrachtet werden, nehmen sie in Varianten 1 und 2 an der technischen Entwicklung weniger teil.

Unter Berücksichtigung verschiedenen Innovationsverhaltens der Unternehmen ist es notwendig, geeignete Strategien zur Verbreitung vorsorgender Umwelttechnologien zu entwickeln. Während sich manche Unternehmen bei ihren Entscheidungen an Vorschriften und Empfehlungen orientieren, lassen sich andere davon nicht beeinflussen. Zur Ergänzung der notwendigen Regulierung müssen daher andere Maßnahmen zur Verbreitung vorsorgender Umwelttechnologien eingesetzt werden.

Maßnahmen

Maßnahmen, die von den Akteuren übereinstimmend befürwortet wurden, sind oft öffentliche Unterstützungen zur Überwindung der zusätzlichen Hemmnisse für den Einsatz vorsorgender Umwelttechnologien (z. B. Bedarf an höherem Wissen über den Gesamtprozeß, oder schwer einschätzbare Wirtschaftlichkeit).

Dabei ist es in erster Linie wichtig, ein Vertrauen zu diesen oft wissensintensiven Verfahren zu schaffen, um die Bereitschaft für solche Investitionen und das Eingehen eines gewissen wirtschaftlichen Risikos zu erhöhen. Vertrauen zu den innovativen integrativen Verfahren kann durch eine Reihe technischer,

---

[4] Luft, Wasser, Boden

organisatorischer, wirtschaftlicher und informatorischer Maßnahmen aufgebaut werden. Die Erstellung von allgemein zugänglichen Referenzanlagen, Durchführung der Maßnahmen zur Unterstützung der Investitionen in solchen Technologien und Aufklärungsarbeit über die Vorteile können nach den Ergebnissen der Erhebung als konkrete Handlungsmöglichkeiten vorgeschlagen werden.

Erstellung der allgemein zugänglichen Referenzanlagen

Die öffentlich finanzierten Forschungseinrichtungen können gemeinsam mit interessierten Anwendern, den ersten Schritt ermöglichen. Durch Errichtung von allgemein zugänglichen Referenzanlagen, in einigen Firmen können die Forschungseinrichtungen ihre Forschungsergebnisse und das Praxiswissen anwendungsorientiert an die Interessenten vermitteln und somit den Austausch von Informationen verstärken.

Erhöhung der Investitionsfreudigkeit

Die Kooperationen zwischen den Technologieentwicklern und den Anwendern zur Entwicklung und Optimierung vorsorgender Umwelttechnologien können durch Bereitstellung öffentlicher Fördermittel und Sicherstellung bestimmter wirtschaftlicher Vorteile für die Vorreiter lukrativer gemacht werden. Mit Hilfe von Firmenberatern (z. B. Umweltmanagement) kann hier die Organisation der Zusammenarbeit erleichtert werden.

Zur Unterstützung der Verbreitung von vorsorgenden Umwelttechnologien können die öffentlichen Förderungen durch eine Form von günstigen Darlehen ersetzt werden. Es wäre auch sinnvoll, wenn Anwender ihre Investitionen an innovativen Technologien langfristig an Herstellern ihrer Anlagen zurückzahlen. Technologieentwickler können dadurch eine langfristige wirtschaftliche Planung erzielen und gleichzeitig können die Anwender (speziell die Klein- und Mittelbetriebe) ihre unmittelbar notwendige Investitionen leichter durchführen.

Interessenvertretung

Durch solche organisatorische Innovationen in der Umweltpolitik und das Auftreten als aktiver Vermittler bei der Entwicklung vorsorgender Umwelttechnologien kann eine gezielte Verbreitungsstrategie solcher Technologien verfolgt werden. Durch Aufbau einer Interessenvertretung können Aktivitäten im Zusammenhang mit der Entwicklung und Vermarktung vorsorgender Umwelttechnologien koordiniert werden. Solche Interessenvertretungen müssen eine zentrale und neutrale Anlaufstelle für Fragen und Aktivitäten in diesem Bereich darstellen.

Aufklärungsarbeit

Die Unterstützung der Aufklärungsarbeit über die Funktionsweise und die Möglichkeiten innovativer vorsorgender Technologien ist ebenfalls wichtig und wird mehr Aufgeschlossenheit und Vertrauen schaffen. Die Engineeringfirmen und Anwender bewerten neben den umwelttechnischen Vorteilen die Möglichkeit zur Erschließung neuer Kundenkreise und Märkte durch neue oder bessere Produkte, gepaart mit einer Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit durch den Imagegewinn als Hauptvorteil des integrativen Einsatzes der Membrantechnologie.

Durch eine wirksame Präsentation dieser Vorteile wird erwartet, in den Betrieben das Bewußtsein und die Bereitschaft zu erhöhen, sich mit dieser Technologie auseinander zu setzen und die Möglichkeit der Zusammenarbeit zwischen den Akteuren zu schaffen. Die Präsentation von neuen Technologien oder Anwendungen muß zielgerichtet und auch durch neue Medien erfolgen, um für die Interessenten leichter zugänglich zu werden (z. B. Informationen über vorsorgende Umwelttechnologien in Homepage für Nachhaltigkeit, www.nachhaltigkeit.at). Mehr Kolloquien oder Seminare, die von öffentlichen Einrichtungen in Österreich organisiert werden und Perspektiven aufzeigen, sind wünschenswert und wurden oftmals gefordert.

Lehre intensivieren

Es ist für die Ausbildungsorganisationen in allen technischen und wirtschaftlichen Ausbildungsebenen (HTL, FH, Universität) dringend notwendig, die Lehre über neue vorsorgende Umwelttechnologien zu intensivieren und geeignetes Lehrmaterial für diese Technologien zu entwickeln und einzusetzen. Zusätzlich müssen diese Organisationen sowohl in Forschungsplänen als auch in ihren Lehrprogrammen vorsorgende Umwelttechnologien stärker als bisher berücksichtigen.

Maßnahmen des Gesetzgebers

Die Unterstützung der Forschungseinrichtungen durch Kommunalkreditbank ist für die Aufklärungsarbeit und Bewußtseinsbildung eine reale Möglichkeit. In Österreich existieren auch Möglichkeiten für die Firmen und die Forschungseinrichtungen, vom FFF eine finanzielle Unterstützung für praxisorientierte Forschung zu bekommen. Allerdings sind solche Förderungen durch die rechtlich gesicherte Geheimhaltung der Forschungsergebnisse von privaten Firmen mit dem Risiko verbunden, daß die Förderungnehmer die Verbreitung der Forschungsergebnisse verlangsamen oder verhindern.

Weiters ist die Vergabe von Innovationspreisen (Neptun) ein Anreiz für die Firmen, sich mit neuen Technologien auseinanderzusetzen. In diesem Fall kann auch die Entwicklung standardisierter Verfahren als Ziel eines Wettbewerbs definiert werden.

Zusätzlich sind neben verstärkten Kontrollen der Emissionsgrenzwerte Empfehlungen zum Einsatz der jeweils besten verfügbaren Technologie (BAT) notwendig.

11 Anhang

11.1 Fragebogen für potentielle Anwender

Fragebogen zur Analyse des Potentials von Membrantrennverfahren
Im Bereich Mikro-, Nano- und Ultrafiltration

(bitte Zutreffendes ankreuzen)

Planen Sie der Einsatz von Membrantrennverfahren in Ihrem Unternehmen?

(Wir ersuchen Sie, auch wenn keine konkreten Pläne vorliegen, den Fragebogen dennoch auszufüllen.)

❏ ja ❏ nein

Wenn ja, mit welcher Firma?

Für welchen Anwendungsprozeß soll (könnte) das Membrantrennverfahren eingesetzt werden?

❏ Abwasseraufarbeitung

Abwasser wird in Prozeß zurückgeführt

❏ ja ❏ nein

Wieviel %

❏ Downstream/Produktaufarbeitung

❏ Verbesserung des Produktumsatzes

❏ Wertstoffrückgewinnung

Welche?

❏ andere

Grobe Beschreibung von Input und Output des Verfahrens:

Welcher Membranprozeß könnte angewendet werden?

- ❏ Mikrofiltration
- ❏ Ultrafiltration
- ❏ Nanofiltration
- ❏ Verfahrenskombination
- ❏ andere

Notwendige Filtrationsleistung (l/h):

Wann soll das erste Mal ein Membrantrennverfahren in ihrem Unternehmen eingesetzt werden?

Wie beurteilen Sie folgende Punkte in Bezug auf die Einführung eines Membrantrennverfahrens in Ihrem Betrieb; im Vergleich zum alten bzw. alternativ Verfahren?
(1...viel höher, 2...höher, 3...egal, 4...geringer, 5...viel geringer)

Umweltbelastung	❏
Erfüllung von Umweltnormen (Grenzwerten)	❏
Rohstoffverbrauch	❏
Entsorgungskosten	❏
Energiekosten	❏
Investitionskosten	❏
Produktkosten	❏
Produktqualität	❏
Imagevorteil	❏
Wartungsfreundlichkeit	❏
Platzbedarf	❏
Funktionstüchtigkeit	❏
Betriebssicherheit	❏
Informationsstand über die neue Technik	❏
Anpassungsbedarf (baulich, verfahrenstechn.)	❏
Personalaufwand	❏

Ist es wirtschaftlich?	❑ ja	❑ nein
Gibt es Referenzen?	❑ ja	❑ nein
Ist die Technologie ausgereift?	❑ ja	❑ nein
Können Fördermittel in Anspruch genommen werden?	❑ ja	❑ nein
Sind Normen für den Betrieb vorhanden?	❑ ja	❑ nein

Was würde die Entscheidung erleichtern?

❑ Mehr betriebliche Erfahrung mit der Technik
❑ Eine finanzielle Unterstützung bzw. Förderung
❑ Eine fachliche Beratung durch einen unabhängigen Experten
❑ Besichtigung eines Referenzprojektes
❑ Vorhanden sein verbindlicher technische Normen für den Betrieb
❑ andere

Wie hoch schätzen Sie die Gesamtkosten für die Anschaffung der neuen Anlage?

Planung & Forschung:
Bauliche Änderungen:
Anlage:

Wie berechnen sie mögliche wirtschaftliche Vorteile und wie hoch schätzen sie diese ein?

Bemerkungen:

11.2 Fragebogen für Anwender

Fragebogen zur Analyse des Potentials von Membrantrennverfahren Im Bereich Mikro-, Nano- und Ultrafiltration

(bitte Zutreffendes ankreuzen)

Für welchen Anwendungsprozeß wird das Membrantrennverfahren eingesetzt?

❏ Abwasseraufarbeitung

Abwasser wird in Prozeß zurückgeführt

❏ ja ❏ nein

❏ Downstream/Produktaufarbeitung

❏ Verbesserung des Produktumsatzes

❏ Wertstoffrückgewinnung

❏ andere

Grobe Beschreibung von Input und Output des Verfahrens:

Welcher Membranprozeß wird angewendet?

❏ Mikrofiltration

❏ Ultrafiltration

❏ Nanofiltration

❏ Verfahrenskombination

❏ andere

Filtrationsleistung (l/h):

Welche Modulbauart wird angewendet?

Welche Art von Membran wird eingesetzt?

Wann wurde das erste mal ein Membrantrennverfahren in ihrem Unternehmen eingesetzt?

Was waren die Hauptgründe für die Anschaffung einer Membrananlage?

- ❏ Verminderung der Umweltbelastung durch eine Membrananlage
- ❏ Verbesserung der Produktqualität
- ❏ Geringere Produktkosten
- ❏ Geringere Energieverbrauch
- ❏ Niedrigerer Anschaffungspreis der Membrananlage
- ❏ Imagevorteil
- ❏ Wartungsfreundlichkeit der Membrananlage
- ❏ Platzsparender
- ❏ gute Referenzen
- ❏ andere Gründe:

Wer hat die Planung bzw. den Bau durchgeführt?

Wie war die Betreuung durch die Engineering Firma?

❏ sehr zufriedenstellend ❏ zufriedenstellend ❏ wenig **zufriedenstellend**

Wer führt die Wartung der Membrananlage durch?

- ❏ ein Mitarbeiter
- ❏ eine externe Firma: .....

Wie lange dauerte die Planungsphase?

❑ Tage
❑ Wochen
❑ Monate

Wie lange dauerte die Installation der Anlage?

❑ Tage
❑ Wochen
❑ Monate

Wurde mit der neuen Anlage eine alte Anlage ersetzt? ❑ ja ❑ nein

Waren mit der Installation Produktionsausfälle verbunden?

❑ ja ❑ nein

Wenn ja, wie lange mußte die Produktion stillgelegt werden und wie hoch war der finanzielle Verlust?

Mußten bauliche Änderungen vorgenommen werden?

❑ Neues Gebäude
❑ Neue Wasserinstallation
❑ Neue Stromzuleitung
❑ Umbau der vorhandenen Anlage
❑ Umbauten im Gebäude
❑ Zuleitung von Prozeßströmen
❑ Dampfzuleitung

Wie hoch waren die Gesamtkosten für die Anschaffung der neuen Anlage?

Planung & Forschung:
Bauliche Änderungen:
Anlage:

In welchem Ausmaß konnten Förderungen in Anspruch genommen werden?

Mußten Personelle Maßnahmen getroffen werden?

Neue Mitarbeiter aufgenommen ❑ ja ❑ nein

Wenn ja wie viele? .....

Kosten für Einschulung ❑ ja ❑ nein

Wenn ja wie hoch? .....

Hat sich die Qualität des Produkts aufgrund des Verfahrens geändert?

❑ nein ❑ besser ❑ schlechter

Bitte relevante Fragen für Ihr Unternehmen beantworten:

Welche Emissionen können durch das Verfahren verhindert werden?

In welchem Ausmaß werden Abfälle/Abwässer reduziert?

Wie haben sich die Entsorgungskosten geändert?

❑ .....% höher ❑ .....% niedriger

Welche Stoffe können rückgeführt werden?

Welche Menge an Ausgangsstoffen wird dadurch eingespart und wie hoch sind die damit verbundenen Kosteneinsparungen?

Konnte durch die Einführung der neuen Anlage eine Energieeinsparung erzielt werden?

❑ ja ❑ nein

Wenn ja, in welchem Ausmaß?

Wie hoch beziffern Sie den wirtschaftlichen Nutzen der Anlage pro Jahr?

+ Zusätzliche Einnahmen durch bessere Produktqualität
+ Vermeiden von Abgaben
+ Einsparungen von Ressourcen
+ Einsparungen von Energieverbrauch
+ andere Einsparungen

- Ausgaben für Wartung und Betrieb _____

= ÖS/Jahr

Wie lange ist die berechnete Amortisationszeit?

Planen Sie weitere Membrantrennverfahren in Ihrem Unternehmen?

❑ ja ❑ nein

11.3 Fragebogen für Engineeringfirmen und Forschungseinrichtungen

Dieser Fragebogen diente bei den Interviews zumeist nur als Leitfaden, weil diese Fragen nicht so kurz beantwortet werden konnten.

Fragebogen zur Analyse des Potentials von Membrantrennverfahren Im Bereich Mikro-, Nano- und Ultrafiltration

In welchen Branchen/Bereichen wenden sie Membrantrennverfahren an.
(Zutreffendes bitte ankreuzen und nötigenfalls ergänzen)

Molkereien	Proteinabtrennung u. Entsalzung von Molke
Brauereien	kaltentkeimung von Bier Alkoholfreies Bier Restbierrückgewinnung
Getränkeindustrie	Enttrübung von Wein und Fruchtsäften Fruchtsaftentsäuerung Wasseraufbereitung
Biotechnologie	Proteinreinigung Proteinfraktionierung
Metallindustrie	Emulsionstrennung Entfettungsbadrecycling
Textilindustrie	Farbstoffkonzentrierung u. –rückgewinnung
Chemie	Katalysatorrückgewinnung Lösungsmittelrückgewinnung Entsalzung von Zwischenprodukten
Pharmazie	Enzym -/Proteinreinigung
Elektronikindustrie	Polishing von Reinstwasser

Wo gibt es noch Anwendungsmöglichkeiten?

In welchen Bereichen ist das Membrantrennverfahren Ihrer Meinung nach am besten standardisiert?

Wie hoch ist der Entwicklungsstand der Membrantechnologie?

(1sehr hoch, 2hoch, 3mittel, 4eher gering, 5sehr gering)

In der Forschung ❑

In der Industrie ❑

Wie hoch ist der wirtschaftliche Aufwand der Implementierung? ❑

Wie hoch ist das Potential dieser Technologie für die Abfall- bzw. Problemvermeidung an der Quelle? ❑

Wie sehen sie die Möglichkeit einer breiten Anwendung? ❑

Wie sehen sie die Chance auf Verwirklichung in den nächsten 5 Jahren? ❑

Wie lange dauert im Durchschnitt die Planungsphase?

❑ Tage
❑ Wochen
❑ Monate

Wie lange dauert im Durchschnitt die Installation einer Membrantrennanlage?

❑ Tage
❑ Wochen
❑ Monate

Wie hoch sind im Durchschnitt die Kosten für Planung und Bau?

Welche Erwartungen setzen die Unternehmen in die Einführung eines Membrantrennverfahrens?

- ❑ Verminderung der Umweltbelastung durch eine Membrananlage
- ❑ Verbesserung der Produktqualität
- ❑ Geringere Produktkosten
- ❑ Geringere Energiekosten
- ❑ Niedrigerer Anschaffungspreis der Membrananlage
- ❑ Wartungsfreundlichkeit der Membrananlage
- ❑ Geringerer Platzbedarf
- ❑ Reduktion von Ausgangsstoffen
- ❑ Höhere Betriebssicherheit
- ❑ Niedrigere Entsorgungskosten
- ❑ Bessere Erfüllung von Umweltnormen (Grenzwerten)
- ❑ Erhalt von Fördermitteln
- ❑ Imagevorteil
- ❑ andere Gründe:

Welche Bedenken haben sie?

- ❑ Unzureichender Informationsstand über die neue Technik
- ❑ Funkionstüchtigkeit nicht gegeben
- ❑ Betriebssicherheit nicht ausreichend
- ❑ Zu hohe Kosten
- ❑ Schwer einschätzbare Wirtschaftlichkeit
- ❑ Zu wenig Referenzen
- ❑ Die Technologie ist noch nicht ausgereift
- ❑ Der Wartungsaufwand ist zu hoch
- ❑ Die Implementierung ist schwierig, Höhe Komplexität, Anpassungsbedarf
- ❑ Es sind umfangreiche Umbauten nötig
- ❑ Fehlen betrieblicher Erfahrung mit der Technik
- ❑ Andere:

Bei welchen Verfahren können Wertstoffe zurückgewonnen werden?

Bei welchen Verfahren kann Wasser im Kreis geführt werden?

Wo können Betriebsmittel bzw. Energie eingespart werden?

In welchen Bereichen könnten neue Umweltprobleme auftreten?

Bemerkungen:

11.4 Statistik

Allgemein:

Es wurden in Summe 79 erfolgreiche Kontakte hergestellt,

39 Fragebögen verschickt, von welchen 19 beantwortet wurden (= 46 %),

8 persönliche und 6 telefonische (Dauer mehr als 15 Minuten) Interviews durchgeführt.

Ein erfolgreicher Kontakt bedeutet ein kurzes Telefongespräch mit der zuständigen Person in dieser Firma (bei größeren Firmen waren es oft mehrere Fachleute, was aber nur als ein Kontakt gerechnet wurde).

Branchenbezogen

Engineering und Forschung:

Hier wurden 14 Unternehmen bzw. Forschungsstellen kontaktiert:

7 in Form von persönlichen Interviews

6 Telefoninterviews (+ 3 Fragebögen)

1 Email, wurde nicht beantwortet

Elektronikindustrie:

7 Firmen erfolgreich kontaktiert

4 Fragebögen verschickt — 3 Fragebögen wurden beantwortet; 3 Telefoninterviews

---

4 Firmen wenden MT an (Reinstwassererz., Reinigung von Fotoresisthäligem Abw., RO zur Entsalzung, Emulsionsspaltung)

1 Firma hat kein Anwendungsgebiet

2 Firmen kennen die Anwendungsmöglichkeiten nicht

Biotechnologie:

3 Firmen erfolgreich kontaktiert

4 Fragebögen verschickt — 4 Fragebögen wurden beantwortet

---

2 Firmen setzen MT mehrfach ein und entwickeln laufend neue Verfahren

1 Firma hatte eine Pilotanlage, die das Trennproblem nicht lösen konnte

Chemie:

2 Firmen erfolgreich kontaktiert

1 Fragebogen verschickt — keine Antwort; 1 Telefoninterview

Beide Firmen sind gerade dabei Verfahren zu entwickeln, es ist aber großtechnisch noch keine Anlage in Betrieb

Automobil- und Metallverarbeitende Industrie:

6 Firmen erfolgreich kontaktiert

4 Fragebögen wurden beantwortet

---

4 Firmen setzen Membrantechnologie ein

2 Firma verwendet ein Alternativverfahren

Textil- & Lederindustrie:

8 Firmen erfolgreich kontaktiert

2 Fragebögen verschickt keine Antwort

---

4 Firmen hatten keine Anwendungsmöglichkeit

1 Firma wollte keine Auskunft erteilen

1 Firma kennt Membrantechnologie nicht, hat aber Anwendungsmöglichkeiten

2 Firmen setzen MT ein (RO für Reinstwassererz., Wasserkreislaufführung)

Papierindustrie:

10 Firmen erfolgreich kontaktiert

4 Fragebögen verschickt 2 Fragebogen wurde beantwortet

6 Telefoninterviews

---

2 Firmen hatten keine Anwendungsmöglichkeit

4 Firmen wenden sie aus wirtschaftlichen Gründen nicht an

1 Firma weiß nicht, was man damit machen kann

1 Firma konnte MT aus technischen Gründen nicht einsetzen

2 Firmen haben UF Anlagen zur Abwasseraufarbeitung

Brauereien:

12 Betriebe erfolgreich kontaktiert

8 Fragebögen verschickt 4 Fragebögen wurden beantwortet

4 Telefoninterviews

---

6 Firmen setzen Membrantechnologie ein (1x Emulsionsspaltung f. Abw., 1x Kaltentkeimung, 1x RO f. Kesselspeisewasser, 2x Bier-Hefe Trennung)

3 Firmen setzen MT aus wirtschaftlichen Gründen nicht ein

3 Firmen setzen sie aus anderen Gründen nicht ein (Qualitätsprobleme, Firmenphilosophie)

1 Firma kennt MT nicht

Molkereien:

13 Betriebe erfolgreich kontaktiert

8 Fragebögen verschickt — 1 Fragebogen wurde beantwortet

---

3 Firmen sahen kein Einsatzgebiet

6 Firmen setzten es aus wirtschaftlichen Gründen nicht ein

2 Firmen hatten ein Membrantrennverfahren im Einsatz

Getränkeindustrie:

3 Betriebe erfolgreich kontaktiert

3 Fragebögen verschickt — 2 Fragebogen wurde beantwortet

1 e-mail

1 Telefoninterview

---

2 Firmen hatten ein Membrantrennverfahren im Einsatz

1 Firma sah darin noch kein Thema

11.5 Einige Rohdaten aus den Erhebungen

Bei der Untersuchung wurden die Entscheidungsfaktoren bzw. Erwartungen und Bedenken für den Einsatz der Technologie sowie mögliche Unterstützungsmaßnahmen zur breiten Anwendung systematisch befragt. Die Ergebnisse in diesem Zusammenhang aus den erfolgreichen Kontakten sind hier zusammengefaßt.

	Elektronikind.	**Biotechnologie, chem. Industrie**	**KfZ, Metallind.**	**Papierindustrie**	**LMI: Brauerien**	**LMI: Molkereien**	**LMI: Fruchtsaft**	**Textil- & Lederindustrie**	**Engineering/ Forschung**	**Summe**
Summe der Kontakte	7	5	6	10	12	13	4	8	14	**79**

Tabelle 11.5-1: Entscheidungsfaktoren und Erwartungen
Erklärung der Zahlen:
***Fett** geschrieben: Anzahl der Angaben der Anwender bzw. Engineeringfirmen und Forschungseinrichtungen in Fragebögen;*
Kursiv*: Anzahl der Angaben der potentiellen Anwender;*
[x]: Anzahl der Angaben in telefonischen Interviews der Engineeringfirmen oder Angaben der Firmen, die derzeit weder Anwender noch potentielle Anwender sind.

	Elektronikind.	**Biotechnologie, chem. Industrie**	**KfZ, Metallind.**	**Papierindustrie**	**LMI: Brauerien**	**LMI: Molkereien**	**LMI: Fruchtsaft**	**Engineering/ Forschung**	**Summe**
Verminderung der Umweltbelastung	**2**, *1*	**1**, *1*	**3**	**1**, *1*	**2**, *1*	*1*	**1**	**6**	**16**, *5*
Reduktion von Ausgangsstoffen und Rohstoffverbrauch	**1**, *1*	**1**, *1*		**2**	*1*	*1*	**1**	**5**	**10**, *4*
Verbesserung der Produktqualität		**2**, *1*			**1**	*1*	**2**	**5**	**10**, *2*
Niedrigere Entsorgungskosten			**3**	*1*	*1*		**1**	**5**	**9**, *2*
Geringere Produktkosten	**1**, *1*	**1**			*1*		**1**, [1]	**5**	**8, 2,** [1]
Imagevorteil	**1**		**1**	**1**	**1**		**1**	**2**	**7**
Wartungsfreundlichkeit	**1**	*1*		**1**	**1**			**3**	**6**, *1*
Geringere Energieverbrauch		*1*			**1**		**1**	**2**	**4**, *1*
Platzsparend				**1**		*1*		**2**	**3**, *1*
Betriebssicherheit		*1*		**1**				**2**	**3**, *1*
Funktionstüchtigkeit		*1*		**1**				**1**	**2**, *1*
Niedrigerer Anschaffungspreis der Membrananlage		*1*			**1**	*1*			**1**, *2*
Erhalt von Fördermitteln	*1*								*1*
Andere Gründe		**2**							**2**

Tabelle 11.5-2: Bedenken bei der Entscheidung
Erklärung der Zahlen:
***Fett** geschrieben: Anzahl der Angaben der Anwender bzw. Engineeringfirmen und Forschungseinrichtungen in Fragebögen;*
Kursiv*: Anzahl der Angaben der potentiellen Anwender;*
[x]: Anzahl der Angaben in telefonischen Interviews der Engineeringfirmen oder Angaben der Firmen, die derzeit weder Anwender noch potentielle Anwender sind.

	Elektronikind.	**Biotechnologie, chem. Industrie**	**KfZ, Metallind.**	**Papierindustrie**	**LMI: Brauerien**	**LMI: Molkereien**	**LMI: Fruchtsaft**	**Textil- & Lederindustrie**	**Engineering/ Forschung**	**Summe**
Unzureichender Informationsstand über die neue Technik									**6**, [1]	**6**, [1]
Zu wenig Referenzen und mehr Vertrauen in Konkurrenzverfahren	*1*		[1]		[3]	[1]	[1]	[1]	**5**, [1]	**5**, *1*, [8]
Fehlen betrieblicher Erfahrung mit der Technik	*1*					*1*			**5**	**5,** *2*
Zu hohe Kosten					*1*, [3]	[1]		[1]	**3**, [1]	**3**, *1*, [6]
Bestehende alternative Anlagen sollen ausgenutzt werden				[4]	[1]		[1]			[6]
Geringe Wirtschaftlichkeit wegen geringer Mengen der Ströme						[5]				[5]
Die Technologie ist noch nicht ausgereift	*1*					[1]			**2**	**2,** *1,* [1]
Funkionstüchtigkeit nicht gegeben				[1]					**2**	**2,** [1]
Der Wartungsaufwand ist hoch					*1*	*1*			**2**	**2,** *2*
Die Implementierung ist schwierig, Höhe Komplexität, Anpassungsbedarf									**2**	**2**
Betriebssicherheit nicht ausreichend						*1*			**1**	**1,** *1*
Schwer einschätzbare Wirtschaftlichkeit	*1*					*1*				*2*
Es sind umfangreiche Umbauten nötig						(1)			**1**	**1,** *1*
Personalaufwand					*1*					*1*
Produktqualität kann nicht eingehalten werden					[1]					[1]

Tabelle 11.5-3: Einige Faktoren, die Entscheidung der Firmen erleichtern würden:
Erklärung der Zahlen:
***Fett** geschrieben: Anzahl der Angaben der Anwender bzw. Engineeringfirmen und Forschungseinrichtungen in Fragebögen;*
Kursiv*: Anzahl der Angaben der potentiellen Anwender;*
[x]: Anzahl der Angaben in telefonischen Interviews der Engineeringfirmen oder Angaben der Firmen, die derzeit weder Anwender noch potentielle Anwender sind.

	Elektronikind.	**Biotechnologie, chem. Industrie**	**KfZ, Metallind.**	**Papierindustrie**	**LMI: Brauerien**	**LMI: Molkereien**	**LMI: Fruchtsaft**	**Engineering/ Forschung**	**Summe**
Eine finanzielle Unterstützung bzw. Förderung		*1*		*1*	*2*			**1**	**1**, *4*
Mehr betriebliche Erfahrung mit der Technik				*1*	*1*				*2*
Eine fachliche Beratung durch einen unabhängigen Experten									
Besichtigung eines Referenz- objektes					*1*	*1*			*2*
Vorhandensein von verbindlichen technischen Normen für den Betrieb						*1*			*1*

11.6 Liste der kontaktierten Firmen, die Membrantechnologie anwenden[5]

Firma	Verfahren	Mitarbeiter-anzahl	Umsatz öS
AT & S Austria Technologie & Systemtechnik Aktiengesellschaft	UF zur Reinigung von Fotoresisthältigem Abwasser	2800	3 206 000 000
Austria Mikro Systeme International Aktiengesellschaft	UF – Anlage für Reinstwassererzeugung	700	1 225 000 000
Fa EPCOS (Deutschlandsberg)	UF – Anlage zur Öl-Wasser Trennung	1600	k. A.
Biochemie Kundl	Abwasseraufarbeitung, Produktaufarbeitung (Enzyme, Proteine, Antibiotika)	2012	8 936 000 000
Andritz AG	UF f. Emulsionstrennung	1400	4 200 000 000
EUROSTAR Automobilwerk	RO für Wasserenthärtung UF für Reg. v. Entfettungsbädern UF für Reg. v.. Elektrotauchlackierbädern	1500	11 000 000 000
Konrad Wittwar GmbH	UF für Reg. d. Entfettungsbades u. d. Motorteilewaschanlage	370	1 400 000 000
Steyr-Daimler Puch Fahrzeugtechnik Graz	UF für Emulsionstrennung UF für Reg. v. Elektrotauchlackierbädern	4900	16 100 000 000
Sappi Gratkorn GmbH	UF zur Abwasseraufarbeitung und Wertstoffrückgewinnung	1400	5 699 000 000
Landfrisch Molkerei registrierte Genossenschaft mit beschränkter Haftung	UF zur Frischkäseerzeugung	161	900 00 000
KÄRNTNERMILCH, registrierte Genossenschaft m.b.H.	UF zur Aufkonzentrierung von Milchinhaltsstoffen	165	766 500 000
Ybbstaler Fruchtsaft Gesellschaft m.b.H.	UF für die Fruchtsaftklärung	180	1 200 000 000
RAUCH Fruchtsäfte Gesellschaft m.b.H.	UF für die Fruchtsaftklärung	625	3 900 000 000
Hermann Pfanner Getränke GmbH	k. A.	230	1 400 000 000
Ottakringer Brauerei AG	UF zur Restbierrückgewinnung	139	944 500 000
BRAU UNION Ö. Aktiengesellschaft	RO für Wasseraufbereitung, UF zur Kaltentkeimung	2694	7 368 000 000
Mohrenbrauerei August Huber	MF für Hefe-Bier Trennung	103	300 000 000
1. Obermurtaler Brauerei-genossenschaft in Murau G.m.b.H	UF zur Emulsionstrennung, Elektrodialyse zur Entalkoholisierung	115	290 000 000

[5] Diese Daten sind von den einzelnen Firmen bestätigt.

11.7 Liste der kontaktierten Engineeringfirmen und Forschungsinstitute

Firma/Institut	Arbeitsgebiet	Ansprechpartner
Austrian Research Centre Seibersdorf (EFCE Studie)	Alle Bereiche	Hr. Dr. Walter Serro
AWATEC	Emulsionstrennung, Lackrückgewinnung	Hr. Ing. W. Prochaska
Berghof	Alle Bereiche, Sp. Wasseraufarbeitung	Hr. Flück
BWT AG	Alle Bereiche	Hr. Jürgen Heiser
IFA Tulln Dept. Of Environm. Biotechnology (EFCE Studie)	Schwerpunkt: Wasseraufarbeitung	Hr. Dr. W. Fuchs
Maak Ing. R.	Schwerpunkt: Chemie und Biotechnologie	Hr. Ing. R. Maak
Universität Innsbruck, Forschungsinst. Für Textilchemie u. Textilphysik	Membrantechnologie im Bereich der Textilindustrie	Hr. Dr. Eduard Burtscher
VA TECH WABAG GmbH,	Schwerpunkt: Wasseraufarbeitung	Hr. Dr. B. Pouresmaeil
GAW-Gruppe	Alle Bereiche mit dem Schwerpunkt Papierindustrie	Hr. Bernd Kahler
BOKU Inst. F. Lebensmitteltechnologie	LM-Technologie, Biotechnologie	Hr. Dr. Senad Novalic
BOKU Inst. Of Diary Science and Bacteriology	keine praktische Anwendungen	Hr. Dr. Foißy Helmut
Fa. Serotech	Schwerpunkt: Milchindustrie/Biotechnologie	Hr. Dipl.-Ing. Fill
Institut für Verfahrenstechnik, TU-Wien	Schwerpunkt: Chemie, Pharmazie, Medizintechnik	Hr. Dr. M. Harasek, Hr. A.o. Prof. A. Friedl
Institut für Verfahrenstechnik der Johannes Kepler Universität, Linz	Schwerpunkt: Wasseraufarbeitung	Hr. o. Univ. Prof. Dr. W. Samhaber

12 Literatur

ANGERBAUER, C., SAGE, J. (1998): Membrantechnik in Industrie und Gewerbe, Graz: Stenum GmbH.

Frauenhofer-ISI (1998): Innovationspotentiale von Umwelttechnologien; in Reihe: Schriftenreihe des Frauenhofer Instituts für Systemtechnik und Innovationsforschung, Berlin: Umweltbundesamt

FRIEDL, A. (1995): Ausgewählte Membrantrennverfahren in der Biotechnologie und in der Umwelttechnik, Habilitation, Institut für Verfahrenstechnik, Brennstofftechnik und Umwelttechnik, Technische Universtität Wien, Wien.

MADZINGAIDZO, L., DANNER, H., BRAUN, R. (1999): Membrane technology for lactic acid separation & purification, The Green Biorefinery, Feldbach, Austria.

NOBLE, R. D., STREN, S. A. (Hg.) (1995): Membrane seperation technology principles and applications; in Reihe: Membrane Science and Technology Series.

RAUTENBACH, R. (Aachen, I. f. V. d. R.) (1994): Membranprozesse.

RENNINGS, K. (Hg.) (1999): Innovation durch Umweltpolitik; in Reihe: Wirtschaftsanalysen, hg. v. ZEW: Nomos.

RIPPERGER, S. (1995): Übersicht über die Membrantrennverfahren und ihre Entwicklung, F & S Flitrieren und Separieren Special-Membrantechnik, 2-5.

SHEN, T. T. (1995): Industrial Pollution Prevention: Springer.

STAUDE, E. (1992): Membranen und Membranprozesse, Grundlagen und Anwendungen, Weinheim: VCH.

SUNDBO, J. (1998): The theory of innovation. Enterpreneurs, technology and strategy; in Reihe: New horizons in the economics of innovation, hg. v. Christopher, F., Cheltenham, Northampton: Edward Elgar.

FALLBEISPIEL 2 THERMOPLASTISCH VERARBEITBARES HOLZ (TV-HOLZ)

Mahshid Sotoudeh
Bernhard Siegele
Rainer Stifter

Inhalt

1 Ziel der Studie und Untersuchungsstrategie ..... tv-Holz 1

2 Technologiegeschichte ..... tv-Holz 3
2.1 Entwicklungsgeschichte einiger alternativer Werkstoffe ..... tv-Holz 4

3 Verfahrens- und Werkstoffdefinition ..... tv-Holz 9
3.1 Grundlagen der Verarbeitung thermoplastischer Formmassen ..... tv-Holz 9
3.2 Werkstoffliche Grundlagen thermoplastischer Werkstoffe, Eigenschaftskennwerte ..... tv-Holz 10
3.3 Aktuelle Situation für tv-Holzwerkstoffe ..... tv-Holz 10
3.4 Alternative Werkstoffe/Produkte ..... tv-Holz 12

4 Ergebnisse der Erhebung ..... tv-Holz 15
4.1 Technische Machbarkeit (Durchführbarkeit) Technologie tv-Holz ..... tv-Holz 15
4.1.1 Integration des Verfahrens in kunststoffverarbeitenden Betrieben ..... tv-Holz 15
4.1.2 Veränderungen der Produktqualität ..... tv-Holz 18
4.2 Umweltschutzpotential ..... tv-Holz 18
4.2.1 Ressourceneffizienz (Reduktionspotential bei Stoff- und Energieverbrauch) ..... tv-Holz 19
4.2.2 Reduktionspotential der Risiken für Menschen und Umwelt ..... tv-Holz 20
4.3 Betriebswirtschaftliche Bewertung ..... tv-Holz 23
4.3.1 Investitions- und Betriebskosten ..... tv-Holz 24
4.4 Marktanalyse ..... tv-Holz 25

5 Identifizierte hemmende Faktoren für die Verbreitung ..... tv-Holz 27
5.1 Technologische Hemmnisse ..... tv-Holz 27
5.2 Wirtschaftliche Hemmnisse ..... tv-Holz 27
5.3 Organisatorische und regulatorische Hemmnisse ..... tv-Holz 28

6 Einige Handlungsmöglichkeiten für die Zukunft ..... tv-Holz 29
6.1 Preis, neue Absatzmärkte, Image, Wettbewerb ..... tv-Holz 29
6.2 Produktqualität und Produktpalette ..... tv-Holz 30
6.3 Vorhandene und erwartete Umweltgesetze ..... tv-Holz 30

7 Anhang ..... tv-Holz 31

8 Literatur ..... tv-Holz 33

Tabellenverzeichnis

Tabelle 3.4-1: Übersichtstabelle der Eigenschaftskennwerte von FASAL, Fasalex, ZELFO im Vergleich mit PVC-hart und MDF ..... tv-Holz 13

1 Ziel der Studie und Untersuchungsstrategie

Aufgabe der hier vorliegenden Studie ist es, das technische, wirtschaftliche und Umweltschutzpotential des thermoplastisch verarbeitbaren Holzes zu identifizieren und seine Verbreitungschancen bzw. sein Durchsetzungspotential abzuschätzen.

Thermoplastisch verarbeitbares Holz ist als eine neue Technologie ist mit Markthemmnissen konfrontiert. Hauptziel der Untersuchung war deshalb, diese Hemmnisse möglichst umfassend und aus der Sicht verschiedener Akteure zu identifizieren. Die Akteure wurden vorerst in den folgenden Gruppen aufgelistet:

- Rohstofflieferanten
- Entwickler & Forschungsinstitute bzw. Universitäten
- K-Plus Holz, Holzchemie
- Anlagenbauer
- Marketing, Vertrieb
- Lizenzinhaber, Anwender, die industrielle Forschung betreiben
- FFF (Forschungsförderungsfonds für die gewerbliche Wirtschaft)
- Potentielle Kunden:
  - Kunststoffindustrie
  - Holzverarbeitungsindustrie
  - Möbelindustrie
  - Baumärkte
- Kunden mit Vermittlungsrollen:
  - Baufirmen
  - Innenarchitekten
  - ECO-Design- Experten
  - Erzeuger & Entwickler für andere Produkte aus natürlichen Werkstoffen (z. B. Fußbodenhersteller)
- Konsumenten (privat und staatlich)
- Normungsinstitute
- Behörden.

Um Untersuchungen auf bestimmte Schwerpunkte zu konzentrieren, wurden die folgenden vier mögliche Anwendungsbereiche ausgewählt:

- Möbelindustrie und Design,
- Innenausbau
- Elektro- und Elektronikindustrie
- Verpackungsindustrie.

Die Vorerhebungen hatten bereits gezeigt, daß das ifa-Tulln für die Entwicklung einiger Produkte aus thermoplastisch verarbeitbarem Holz eine Vorreiterrolle spielt. Daher wurden zuerst die Entwicklungen am ifa-Tulln angesprochen. Parallel dazu wurde eine Literaturrecherche durchgeführt. Es wurden auch Interviews mit Akteuren geplant. Nach den ersten Kontakten mit der Abteilung „Naturstoff- und Verpackungsindustrie“ am ifa hat sich herausgestellt, daß sowohl die Entwickler, als auch die Firma <fasalex>, die für die Vermarktung der Patente und Lizenzen von Fasalex zuständig ist, massive Bedenken gegen ein umfassendes Interviewprogramm haben. Als Gründe wurden Geheimhaltung der Forschungsarbeiten, sensible Phase der Entwicklung, im Aufbau befindliche Marketingstrategie etc. genannt. Um den Verbreitungsprozeß

möglichst neutral beobachten zu können und eventuell in laufende Lizenzverfahren nicht einzugreifen, wurde vereinbart, daß die Kunden und Konsumenten bei dieser Studie nicht kontaktiert werden. Auch der FFF konnte nicht als Interviewpartner auftreten, da durch Geheimhaltungsvereinbarungen keine Informationen über Forschungsergebnisse weitergegeben werden dürfen. Da angenommen wurde, daß bei Fasal ähnliche Probleme auftreten könnten, wurde die Entwicklung von Fasalex als Beispiel für beide Werkstoffe ausgewählt (Definition der Werkstoffe Fasal und Fasalex: siehe 3.3). Mittels Recherche wurden auch andere thermoplastisch verarbeitbare Holzwerkstoffe gesucht.

Die modifizierte Liste der Akteure für Fasalex:

- ifa-Tulln
- K-Plus Holz, Holzchemie
- Firma <fasalex>
- Firma Zitta als Anwender im Entwicklungsverbund
- Experten der Kunststoffverarbeitung
- Fachverband Holzverarbeitende Industrie (für Berücksichtigung alternativer Werkstoffe)
- Behörden.

Es wurden bei der Recherche keine Universitäten in Österreich identifiziert, die Forschungsarbeiten im Bereich der physikalischen und mechanischen Eigenschaften, sowie der Molekularstruktur des thermoplastisch verarbeitbaren Holzes präsentieren und publizieren.

Für die Erstellung dieses Sachberichts zur Bewertung der aktuellen Situation wurden persönliche Interviews und telefonische Gespräche mit Schlüsselpersonen relevanter Unternehmen/Institute/Organisationen sowie Recherchen entsprechender Literatur, Veröffentlichungen, web sites etc. durchgeführt.

- fasalex Ges.m.b.H.: Hr. Mag. Peter Zulehner, Geschäftsführer: Patent- und Lizenzverwertung
- ZITTA woodprofile: Hr. Günter Mayrhofer, Verkaufsleiter: Lizenznehmer für Europa für Boden-, Wand und Deckenprofile, Produktion von Fasalex-Profilen
- ifa Tulln – Interuniversitäres Forschungsinstitut für Agrarbiotechnologie – Abteilung Naturstoff- und Verpackungstechnologie: Fr. Dipl.-Ing. Birgit Herbinger, Hr. Thomas Krivec: Forschung und Entwicklung im Bereich Agrarbiotechnologie
- TGM VA-EE – Versuchsanstalt für Elektrotechnik/Elektronik: Hr. Prof. Dr. Wolfgang Nitsche, Hr. Ing. Paul Prager: Informations- und Prüfstelle für Produkte/Verfahren
- Plastics Special – Extrusionszeitschrift, VM Verlag: Hr. Günther R. Merkel, Hr. Fritz Vollmer (Dossenheim, Köln): Deutschlands größte Fachzeitschrift für Extrusionstechnik mit aktuellem Marktüberblick
- K Plus Holz, Holzchemie: Hr. Prof. Dr. Alfred Teischinger (Versuchsanstalt für Holzindustrie HTBLuVA Mödling)
- Fachverband Holzverarbeitende Industrie: Hr. Dr. Alexander Schmied
- J.C.BAWART und Söhne GmbH: Hr. Norbert Burtscher
- Schärdinger Leistenfabrik: Fr. Gabriele Thrainer
- Lehner Leisten: Frau Herta Mikesch.

Für das thermoplastisch verarbeitbare Holz wurden vor allem die technischen, umweltbezogenen und wirtschaftlichen Fragen untersucht. Aufgrund des erwähnten Einschränkungen bei der Befragung der Anwender konnten die institutionellen Themen nur am Rande berücksichtigt werden.

2 Technologiegeschichte

In den letzten 150 Jahren haben technische und wirtschaftliche Rahmenbedingungen eine schrittweise Substitution vieler natürlicher Ressourcen durch fossile Rohstoffe hervorgebracht. Die Ölkrisen in den 70iger Jahren haben jedoch zu einer Neubewertung nachwachsender Rohstoffe geführt (Osteroth 1987). Neben der traditionellen chemischen Nutzung von Holz bei der Herstellung von Viskosefasern wurde an mechanischen[1] und biologischen Verfahren[2] zur Herstellung von Werkstoffen aus nachwachsenden Rohstoffen gearbeitet. Holzfasern wurden auch als Füllmaterial oder Verstärkungsmaterial in Kombination mit Kunststoffen eingesetzt (z. B. „Plastic Wood“).

Die erste Welle der Verschärfung der Umweltauflagen in den 80iger Jahren in Europa im für organische Emissionen, wie Formaldehyd und gefährliche Abfälle, beeinflußte weiter die Anwendung synthetischer Präparate. Die holzverarbeitende Industrie in Europa mußte zwischen 1989 und 1992 mit einer Stagnation der Märkte für Spanplatten kämpfen. Deshalb wurde eine Reihe von Veränderungen im Holzverarbeitungsverfahren durchgeführt. Es wurden neue Möglichkeiten der Nutzung natürlicher Zusätze, wie Tanninen[3], für Holzwerkstoffe untersucht. In dieser Zeit ist die Idee der flexibel verformbaren Werkstoffe aus Holz in Österreich entstanden. Im Jahre 1989 wurden in dem ifa in Tulln die ersten Arbeiten über thermoplastisch verarbeitbares Holz aus 100 % natürlichen Stoffen durchgeführt (IFA-Tulln 1996). Auf den Kunststoffmessen K95 und K98 (in Düsseldorf) wurden die Entwicklungen präsentiert.

Die Abteilung „Naturstoff- und Verpackungstechnologie“ im ifa-Tulln arbeitet seit 1989 an der Entwicklung von thermoplastischen Werkstoffen aus Holz und Stärke, die durch Spritzgußverfahren (Werkstoff Fasal) und Extrusion (Fasalex) verarbeitet werden können. An der Entwicklung des Werkstoffes Fasal wird seit 1994 gearbeitet. Ende 1995 hat die Firma Büchler aus Königstetten die Produktion und den Vertrieb der Fasal Granulate im Rahmen eines Lizenzvertrages übernommen. Im September 1998 wurde ifa-Tulln vom Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft eingeladen, im Rahmen des EU Agrarministerrates in St. Wolfgang, Fasal als neue, zukunftsweisende Technologie vorzustellen.

Im Zusammenhang mit Fasalex wurde im Jahre 1997 ein Forschungsprojekt vom ifa-Tulln zur Entwicklung von Bau- und Möbelprofilen aus Faserstoffen, besonders Holz in Kombination mit Biopolymeren, gestartet. Das Projekt wurde vom FFF und der Fa. Josko gefördert (IFA-Tulln 1998).

Die extrudierbaren Produkte (Fasalex) werden derzeit durch einen Verbund zwischen Entwickler, Anlagenherstellern und dem Lizenzinhaber <fasalex> Ges.m.b.H. (einer Josko Tochter), Fa. Josko sowie einigen Industriepartnern weiter entwickelt.[4] Die Firma <fasalex> ist im Kooperationsverbund zuständig für die Patent- und Lizenzverwertung.[5] Durch die Zusammenarbeit mit der

---

[1] thermoplastisch verarbeitbares Holz

[2] polylactide Polymere für Fasern aus Getreide

[3] [mittellat.-frz.] (Gallusgerbsäure), in Holz, Rinde und Blättern zahlr. Pflanzen sowie in Pflanzengallen enthaltene gallussäurehaltige Substanz; T. denaturiert Proteine; wird als Ledergerbstoff und Adstringens verwendet.

[4] Der Kooperationsverbund besteht derzeit aus den Firmen Josko, ifa-Tulln, Erfinder und Patentinhaber von fasalex, der Firma Zitta (Profilherstellung), Erema und Cincinnati (Hersteller von Kunststoffverarbeitungsmaschinen), sowie der Firma fasalex.

[5] Quellen: (BMLF und FFF 1998) sowie Firmenpräsentation fasalex durch Mag. Zulehner

Industrie wurden neue Anforderungen an das Produkt gestellt. Dabei ist auch eine Verschiebung in der Zusammensetzung des thermoplastisch verarbeitbaren Holzes vorgenommen worden, wo bis 20 % synthetische Zusätze eingesetzt werden können. Der zweite Teil des 1997 gestarteten Projektes ist im Oktober 1998 mit dem Ziel begonnen worden, neue Werkstoffe auf Basis eines überwiegenden Anteils natürlicher Rohstoffe zur Erzeugung von Fensterprofilen herzustellen.

Parallel zu diesen Entwicklungen arbeiten einige Firmen in Österreich an verschiedenen plastischen Materialien auf Holzbasis (z. B. Zelfo: aus einem Holzteig hergestellte Formen).

Im Rahmen der ACHEMA 2000[6] hat Frauenhofer-Institut für Chemische Technologie den Werkstoff ARBOFORM (tv-Holz aus Lignin und Cellulosefasern) präsentiert.

2.1 Entwicklungsgeschichte einiger alternativer Werkstoffe

Thermoplastisch verarbeitbares Holz ist einerseits ein moderner Holzwerkstoff für die holzverarbeitende Industrie, und stellt andererseits einen neuen Werkstoff für die kunststoffverarbeitende Industrie dar. Es kann daher angenommen werden, daß eine Reihe der Entwicklungshemmnisse für Holzwerkstoffe und Kunststoffe auch für thermoplastisch verarbeitbares Holz relevant sind. Allerdings sind die wirtschaftlichen und technischen Rahmenbedingungen derzeit anders als bei der Entwicklung der Kunststoffe Ende 18./Anfang 19. Jhdt. oder des Holzleimbaus im 16. Jahrhundert.

Entwicklungsgeschichte des Holzleimbaus

„Die Geschichte und das Alter des Leims ist ebenso alt wie die Benutzung des Holzes zum Anfertigen von Gebrauchs- und Kulturgegenständen oder für Bauzwecke. Die größte Bedeutung für die Verleimung von Holz hatte der Kaseinleim. In der Zeit zwischen den ersten Flugversuchen und dem Ausbruch des 2. Weltkrieges profitierte der Holzbau bezüglich Leimtechnik in erheblichem Maße von den Entwicklungen des Flugzeugbaus. Erst ab 1936 wurde Kaseinleim systematisch von Kunstharzleim abgelöst.

Der Grundgedanke für den modernen Holzleimbau des 20. Jahrhunderts, relativ kurze und schwache Holzabschnitte zu langen, kompakten Trägern zu verbinden und damit größere Stützweiten und Freiräume zu ermöglichen, ist erstmalig im 16. Jahrhundert in Frankreich dokumentiert worden. Um 1550 verband der französische Hofarchitekt Philibert de l´Orme mit Hilfe von Holznägeln geschweifte, verschränkt gestoßene Bretter zu beliebig gekrümmten Bindern“ (Schöne 1990).

Die Erfindung de l´Orme´s hat zwar neue Möglichkeiten für die Architekten eröffnet, war jedoch wegen des ungenügenden Verformungswiderstands zeitweilig in Vergessenheit geraten. Erst 300 Jahren später wurde diese Idee im Holzbau erneut aufgegriffen.

„Im Jahre 1823 von Emy entworfene Bohlenträger sind historische Quellen des Holzleimbaus. Dabei lagen verformte Bretter im elastischen Bereich flach

[6] 26. Ausstellungstagung Internationales Treffen für Chemische Technik, Umweltschutz und Biotechnologie, Mai 2000, Frankfurt am Main.

aufeinander und man konnte unter Ausnutzung des Reibungseffekts durch einfaches mechanisches Verpressen mit Spannnhölzern oder Zangen den nahezu biegesteifen Bogen in der gewünschten Krümmung erhalten“ (Schöne 1990).

Obwohl die bis heute erhaltene Hausbrücke über die Jagst bei Unterregenbach (Baden-Württemberg) mit zwei 40 m weitgespannten Bögen bereits vorher, 1821, entstanden ist, hat erst Emy den leimfreien Holzbrettbau einer wissenschaftlichen Untersuchung zugeführt und seine Anwendung popularisiert.

Die älteste Holzleimkonstruktion wurde im Jahre 1860 in England errichtet. Diese Bauweise wurde jedoch nicht weiter verfolgt, bis der deutsche Hofzimmermeister Otto Hetzner im Jahre 1906 die verleimten Lamellenträger erfand.[7]

Fördernde Faktoren: Interesse der Designer und Architekten an der Produktentwicklung, sowie Bau von herausragenden Demonstrationsprojekten, die von sich aus ihre hohe Qualität darstellen

„In das Licht der Öffentlichkeit rückte der Leimbau erstmals mit der Deutschen Reichs-Eisenbahnhalle, die anläßlich der Brüsseler Ausstellung im Jahre 1910 von Ingenieur Hermann Kügler, München, entworfen und von der Fa. Hetzner ausgeführt wurde. Die 43 m weitgespannte Halle sorgte für erhebliches Aufsehen und wurde mit einem Grand Prix ausgezeichnet. Nach dem Brüsseler Erfolg erfuhr die Hetzner-Bauweise eine relativ schnelle Verbreitung. 1911 bis 1914 wurden sowohl im zivilen als auch im militärischen Bereich zahlreiche Bauwerke in Leimbauweise errichtet bzw. überdacht“ (Schöne 1990).

Die oben genannten Beispiele verdeutlichen die entscheidende Rolle der Architekten und Designer in der Entwicklung der Bauwerkstoffe. Erst durch Demonstration der herausragenden Projekte der Designer und Architekten war es möglich, Holzleimbau zu verbreiten. Die Geschichte zeigt aber auch, daß die mechanischen Eigenschaften der Bauwerkstoffe ein kritisches Auswahlkriterium gewesen sind. Produktmängel bzw. -fehler in diesem Zweig haben oft eine langanhaltende Skepsis der Anwender ausgelöst.

Entwicklungsgeschichte einiger Kunststoffe

Die Entwicklung der Kunststoffe hat einen engen Zusammenhang mit der organischen und der Makromolekularchemie (siehe Anhang).

Die Geschichte der Entwicklung von zwei Pionierkunststoffen „Zelluloid“ und „Parkesin“ in Friedel (1979) zeigt die Schwierigkeiten der Entwicklung von neuen Stoffen. Die Geschichte der Entwicklung beider Werkstoffe beginnt 1846 mit der Entdeckung von Nitrozellulose von Christian Friedrich Schönbein. Im Jänner 1847 hat ein Medizinstudent namens J. Parker Maynard in Boston vorgeschlagen, daß ein Nitrozellulosefilm „Collodion“ als wasserfestes Wundpflaster benutzt werden konnte. 1851 hat F. Scott Collodion als photosensiblen Stoff präsentiert. In dieser Zeit hat der Metallurg und Chemiker Alexander Parkes seine Experimente mit Collodion begonnen. Er hatte Erfahrungen in der Nicht-Eisenmetallindustrie in Birmingham. Außerdem war er für die Arbeit mit Edelmetallen, Guttapercha (kautschukartigem Stoff) und Nitrozellulose berühmt. Sein Ziel war, wasserfeste Stoffe wie Papier, sowie glänzende feste und starke Gegenstände herzustellen. Obwohl Parkes jahrelang viele Experimente durchgeführt hat, hat er seine Ergebnisse etwa 10 Jahre nicht veröffentlicht, bis er 1862 seine Produkte wie Knöpfe, Kämme, Medaillons usw. unter dem Werkstoffnamen „Parkesin“ präsentierte. Parkesin war jedoch ein Mißerfolg. Die Produkte konnten nicht verkauft werden. Parkes hat nie eine Formel für den Nitrozellulosefilm vorgestellt. Er hatte auch die Wichtigkeit des festen Kampfers als Plastisizer (Weichmacher) für Zelluloid nicht erkannt, da er stets an einer flüssigen Mischung gearbeitet hat. Nachdem

[7] Otto Hetzer gründete 1872 die „Weimarische Bau- und Parkettfußfabrik“

die Präsentation im Jahre 1862 keine großen Erfolge gebracht hatte, wurde versucht, mit Parkesin billige Massenware herzustellen (statt über Qualität nachzudenken). Außerdem war nie eine Marketingstrategie vorhanden, um optimale Märkte zu finden. 1868 wurde Parkesin Company aufgelöst.

Große Marktchancen durch eine offene aber schrittweise Marketing und Lizenzstrategie

Friedel vergleicht die Entwicklung vom Parkesin in England mit der Entwicklung von „Zelluloid“ in USA zwischen 1847 und 1890. Beide Entwicklungen waren ursprünglich zur Substitution von natürlichen Rohstoffen, wie Elfenbein (z. B. in Billardkugeln) gedacht und waren mit großen Hemmnissen konfrontiert. Obwohl keines der Werkstoffe Elfenbein-Billardkugeln ersetzt hat, konnte Zelluloid u. a. durch eine geschickte Marketingsstrategie gute Erfolge bei vielen Produkten erzielen. John Wesley Hyatt (1837-1920) der Entwickler von Zelluloid konnte 1871 halbfertige Formen von Zelluloid in seiner Firma herstellen. Hyatt hatte Erfahrungen mit Naturkautschuk und Formung von festen Rohstoffen. Er hat Nitrozellulose direkt mit Kampfer vermischt und nur geringe Mengen flüchtige Lösungsmittel dazu gegeben. Damit war es möglich, mit festen Werkstoffen zu arbeiten und relativ leicht verschiedene Formen herzustellen. 1872 betraute Hyatt den berühmten Geschäftsmann Marshall Lefferts für die Leitung der Firma. Friedel bezeichnet die Kampagne der Lefferts für das Produkt als genau so wichtig wie deren Entwicklung. Für die Weiterentwicklung von Zelluloid wurden unterschiedliche Lizenzen verkauft. Diese Lizenzinhaber haben nach Rücksprache mit der Celluloid Manufacturing Company Produkte wie Accessoires, Imitationen von Juwelen, Geschirr, Schachteln und Knöpfe hergestellt. Wichtig war jedoch, daß manche Lizenznehmer sich auf Einzelprodukte spezialisiert haben und einige eine breite Produktpalette hergestellt haben, die für das Image des Kunststoffes extrem wichtig war. Die Celluloid Manufacturing Company hat parallel dazu kontinuierlich neue Produktideen und Verarbeitungsmöglichkeiten weiterentwickelt.

Ein fördernder Faktor: Grundlagenforschung der Makromolekularchemie

Die ersten Kunststoffe konnten bloß kleine Märkte finden, der Durchbruch der Kunststoffe benötigte zahlreiche Forschungsarbeiten in den Universitäten und Forschungslabors. 1931 hat Carothers im Journal of American Chemical Science die Ergebnisse seiner Forschung über Polykondensation veröffentlicht, wo u. a. die Eigenschaften der Kunststoffe mit deren makromolekularen Struktur in Beziehung gebracht wurden. Daraufhin konnte 1935 Du Pont die erste künstliche Faser und den ersten thermoplastischen Kunststoff entwickeln und 1938 auf den Markt bringen. Die Konzentration der Forschung auf der organischen Chemie – auch wegen der niedrigen Ölpreise – war der tatsächliche Impuls für die Verbreitung dieser Kunststoffe.

Zusammenarbeit der Werkstoff- und Fertigungsexperten

Die vielfältigen Kunststoffverarbeitungsmöglichkeiten sind letzlich auch das Ergebnis der Zusammenarbeit von Werkstoff- und Fertigungsexperten. Zur Massenproduktion der Kunststoffe wurde z. B. der Extruder weiterentwickelt, um die Zusätze mit den Kunststoffen zu homogenisieren und gleichzeitig zu formen. Der Extruder ist an sich seit Archimedes bekannt. Archimedes hat die Konstruktion einer sich drehenden Schraube in einem Zylinder zur Förderung von Flüssigkeiten entdeckt. Seine Entwicklung wurde zu seiner Zeit zur Wasserförderung eingesetzt. Später hat man Extruder zum Mischen von Lehm und Stroh in der Ziegelerzeugung benutzt. Bevor der Extruder in der Kunststoffindustrie eingesetzt wurde, wurde er in der Kautschukindustrie zum Verdichten, Homogenisieren und Formen der Kautschukmassen mit Ruß und anderen Zusätzen angewendet. Gegen 1950 wurden verschiedene Thermoplaste durch Extruder hergestellt. Diese Entwicklung wurde in den 80er und 90er Jahren weiterentwickelt. Extruderbestandteile, wie Zylinder, Formen, Schnecken und andere Bestandteile der Maschine werden laufend für neue Applikationen optimiert.

Die Massenproduktion von hochqualitativen und maßgeschneiderten Produkten konnte ohne Zusammenarbeit verschiedener Disziplinen zur Forschung von

Stoffeigenschaften und ohne Modellierung von Werkstoffverhalten nicht realisiert werden. Modellierung des Fließverhaltens und der Verformbarkeit der Kunststoffmasse waren notwendig, um unter optimalen Druck- und Temperaturbedingungen und ohne Schädigung der Inhaltsstoffe, optimale mechanische und physikalische Eigenschaften des Produktes zu erzielen. Dieses Wissen erhöhte die Bereitschaft der Anwender für komplementäre Industrieforschung und war entscheidend für den Durchbruch zur Verbreitung der Kunststoffe.

Dieses Beispiel verdeutlicht die entscheidende Rolle der günstigen wirtschaftlichen und organisatorischen Rahmenbedingungen für die technische Entwicklung eines Werkstoffes. Denn eine fundierte Grundlagenforschung und zahlreiche organisatorische Innovationen zur Zusammenarbeit der Akteuren kann nur unter solchen Bedingungen realisiert werden.

3 Verfahrens- und Werkstoffdefinition

3.1 Grundlagen der Verarbeitung thermoplastischer Formmassen

Thermoplastisch verarbeitbares Holz ist ein Holzwerkstoff (biologisch nachwachsender Rohstoff), der durch ein Verfahren der Kunststofftechnik hergestellt wird.

Bei Thermoplasten kann die Formmasse durch Erwärmung über den thermoelastischen Zustand in einen plastisch-teigigen bis plastisch-flüssigen Zustand gebracht und geformt werden. Bei Thermoplasten kann dieser Vorgang nahezu beliebig oft wiederholt werden. Aus diesem Verhalten ergeben sich spezifische Verfahren zur Verarbeitung von thermoplastischen Werkstoffen. Die wichtigsten spanlosen Formgebungsverfahren (Urformverfahren) für Thermoplaste sind:

- Streichen
- Tauchen
- Kalandrieren
- Extrudieren
- Blasformen
- Spritzgießen
- Preßverfahren.

Weiters angewendet werden Umformverfahren (Biegen, Zug- Druckumformen und kombinierte Umformverfahren wie bspw. Tiefziehen) sowie Bearbeitungsverfahren (Spanen, Kleben, mechanisches Fügen oder Schweißen).

Die beiden Verfahren, die in der Verarbeitung polymerer Werkstoffe überragende Bedeutung erlangt haben sind die Extrusions- und Spritzgußtechnik. Durch diese Verfahren werden auch Fasal und Fasalex hergestellt.

Beim Extrudieren wird eine plastisch verformbare Masse durch eine Düse (Extrusionswerkzeug) gepreßt, welche dem Extrudat die für die spätere Anwendung gewünschte Querschnittsform gibt. Durch Kalibrieren, Abkühlen, Trocknen, chemische Umwandlungen in Flüssigkeitsbädern u. a. wird das Extrudat in den festen Zustand überführt. Dieser kontinuierliche Prozeß ist somit das wichtigste Verfahren zur Herstellung von Halbzeug (Rohre, Profile, Platten, Folien u. ä.).[8]

Bei der Spritzgußtechnologie handelt es sich um einen diskontinuierlichen Fertigungsprozeß. Beim Spritzgießen wird die in einem beheizten Zylinder plastifizierte Spritzgußmasse in eine temperierte Form (Werkzeug) gedrückt. Nach dem Erstarren der Masse wird das durch Ausfüllen der Formhöhlung (Kavität) gebildete Spritzgußteil entformt. Diese Vorgänge wiederholen sich

---

[8] Extruder haben auch als Maschinen für die kontinuierliche Aufbereitung von Kunststoffmassen mit nachfolgender Granulierung (Aufbereitungsextruder, Compoundierextruder) überragende technische Bedeutung erlangt. Eine Vertiefung in die Extrusionstechnik übersteigt die Intention und Kapazität dieser Abhandlung. Daher sei auf die einschlägige Fachliteratur verwiesen, wie beispielsweise (Hensen et al. 1989), (Johannaber 1992), (Becker und Braun 1990), (BASF 1991), (Knappe et al. 1992) und (Michaeli).

periodisch (Zykluszeit). Das Spritzgießen ist das wichtigste Verfahren zur Massenfertigung geformter Teile aus thermoplastischen Kunststoffen. Spritzgegossen werden einfachste Produkte wie Becher, Schüsseln und andere Haushaltsbehältnisse bis hin zu komplizierten Teilen wie Telefongehäuse, Lautsprecherboxen oder Fotoapparatgehäuse.[9]

3.2 Werkstoffliche Grundlagen thermoplastischer Werkstoffe, Eigenschaftskennwerte

Kunststoffe sind hochmolekulare organische Verbindungen, die entweder durch Abwandeln hochmolekularer Naturstoffe oder durch chemische Aneinanderlagerung niedermolekularer Grundbausteine (sog. Monomere) durch verschiedenartige Reaktionen entstehen[10]. Die Ketten werden in ihrer räumlichen Lage durch Primär- und Sekundärkräfte gehalten. Dieser Unterschied der Bindungskräfte ist kennzeichnend für Thermoplaste. Thermoplaste erweichen in der Wärme und sind nahezu beliebig formbar. Beim Abkühlen wird die Schmelze wieder fest. Dieser Vorgang ist theoretisch beliebig oft wiederholbar. Molekülgestalt, Polymerisationsgrad (Kettenlänge der Makromoleküle) und Ordnungszustand haben signifikanten Einfluß auf die Eigenschaften der Werkstoffe. Weiters werden Polymere durch Funktions-Zusatzstoffe (Additive) beeinflußt, die für die jeweilige Anwendung das Eigenschaftsbild, die Verarbeitbarkeit oder das Aussehen in gewollter Weise verändern. Beispiele für Additive sind Antioxidantien, Brandschutzausrüstung, Farbmittel, Fließhilfsmittel, Schlagzähigkeitsverbesserer, Treibmittel, UV-Stabilisatoren oder Weichmacher.[11]

3.3 Aktuelle Situation für tv-Holzwerkstoffe

tv-Holzwerkstoffe sind mit konventionellen polymeren Werkstoffen in weiten Bereichen vergleichbar. Die erforderliche Fließfähigkeit (für die Verarbeitung in Kunststoffmaschinen) wird durch den Wassergehalt sowie die Zugabe von Fließhilfsmitteln erreicht.

Die derzeit am Markt befindlichen Werkstoffe sind:

Fasal:

„Fasal: das Spritzgußgranulat aus nachwachsenden Rohstoffen“ ist ein thermoplastisches Granulat, das aus etwa 50 % Holz besteht, z. B. aus Abfallholz oder Schwachholz in Spanform oder als Sägemehl. Ausschlaggebend für die Eignung ist die Korngrößenverteilung und der Wassergehalt. Dazu kommen noch Mais und Naturharze. Der Mais kann als Gries, Schrot oder als Mehl

---

[9] Eine Vertiefung in die Spritzgußtechnik übersteigt ebenfalls die Intention und Kapazität dieser Abhandlung. Daher sei auf die einschlägige Fachliteratur verwiesen, wie (Johannaber 1992), (Becker und Braun 1990), (BASF 1991), (Michaeli; Knappe et al. 1992).

[10] Domininghaus; Die Kunststoffe und ihre Eigenschaften, 4. Auflage, VDI Verlag Düsseldorf 1992.

[11] Für Detailinformationen sei wiederum auf die facheinschlägige Literatur verwiesen: (Domininghaus 1992), (Becker und Braun 1990), (Sächtling 1989), (Rubin et al 1990), (Gächter und Müller 1989), (Carlowitz 1986).

vorliegen. Derzeit sind 4 Fasal-Typen ver-fügbar: Neben der auf reinen Naturstoffen basierenden Mischung FASAL F 134 gibt es drei weitere Varianten bei der die biologische Abbaubarkeit weniger im Vordergrund steht, als einfache Handhabbarkeit und Verarbeitbarkeit: FASAL F 197 (mit abbaubaren Polyestern) FASAL F386 (mit abbaubaren Polyamiden) und FASAL F 230 (auf Polyethylenbasis). Letzteres ist nicht abbaubar. FASAL ist aufgrund der Zusammensetzung für die Weiterbearbeitung als Holzwerkstoff zu betrachten und als solcher zu behandeln. Die üblichen Techniken wie Schneiden, Drehen, Drechseln, Fräsen etc. sind möglich aber nicht nötig. Zur Oberflächenbehandlung sind Lackieren und Pulverbeschichten geeignet. Diese Veredelungstechniken dienen nicht nur der optischen Verbesserung, sondern auch der Erhöhung der Schmutz- und Feuerresistenz. FASAL ist in allen denkbaren Varianten durch organische Pigmente oder anorganische Farbstoffe einfärbbar (wird nicht als Farbmasterbatch bei der Verarbeitung zugegeben, sondern erfolgt beim Granulieren; ca 0,5 bis 1 %). FASAL hat kleinere Schwindungen als konventionelle Thermoplaste und ist formstabiler. Die derzeit verfügbaren Typen sind ohne Brandschutzausrüstung. Untersuchungen von Fließfähigkeits-Kennwerten (mit Kapillarrheometer) sind geplant. [Produktinformation und Interviews ifa Tulln,].

Fasalex:

Fasalex ist ein Holzwerkstoff (biologisch nachwachsender Rohstoff), der in einem Verfahren der Kunststofftechnologie (Extrusion) hergestellt wird. Fasalex kann furniert, lackiert, pulverbeschichtet, eingefärbt und in Handarbeit veredelt werden. Derzeitige Anwendungsgebiete sind der Innenausbau (konkret als Profil für Kabelinstallationskanäle und Sesselleistenprofil, Türübergangsprofil), Möbel und verschiedene Industriebereiche (z. B. Reinigen von Gasen und Flüssigkeiten mit verkokten Profilen). An Außenanwendungen wird gearbeitet (Forschungsverbund). Derzeit sind vier Fasalex Typen verfügbar: LEX 111 S, LEX 380 B, LEX 377 B, LEX 213 N. Da bisher kein Bedarf bestand, wurden noch keine Langzeitversuche durchgeführt. Vollständige Eigenschaftsprofile verlangen weiters beispielsweise Brand- und Temperaturbeständigkeitsprüfungen, Fließfähigkeitsuntersuchungen [Produktinformation fasalex Ges.m.b.H., ifa Tulln].

Zelfo:

Der Werkstoff ZELFO ist ein völlig neuartiger Werkstoff, der sich durch eine Reihe von Vorteilen auszeichnet: Breite Rohstoffpalette (beinahe jedes zellulosehältige Ausgangsmaterial) ist verwendbar. Auch derzeit wertlose Fraktionen der Aufarbeitung von Hanf können zu Produkten mit vorteilhaften Eigenschaften verarbeitet werden (Hanfschäben z. B. zu Isolierplatten). Ein Upgrading von Altpapier ist möglich. Durch ZELFO werden gerade die kurzen Zellulosefasern zu hochwertigen Produkten verarbeitet. Die Produkte sind nach dem Lebenszyklus wieder problemlos in den natürlichen Kreislauf integrierbar. Beim Verfahren handelt es sich um rein mechanische Aufbereitung und geringe Eingriffstiefe. Die Zellulose wird in ihrer Grundstruktur nicht verändert. Die Mahlung der Ausgangsstoffe erfolgt im wäßrigen Medium ohne jeglichen Zusatz von Bindemitteln. Die gesamte Technologie ist verwandt mit der Papiertechnologie, wobei in vielen Details doch erhebliche Unterschiede bestehen. Einfache Formgebung und breite Vielfalt bei den Verarbeitungstechnologien (Spritzen, Gießen, Schleudern, Walzen etc). Derzeitige Anwendungen reichen von Gebrauchs-/Dekorartikeln (Armani „Gift Collection“ Schale, Bürobutler) über Werkzeuggriffe bis hin zu Designersesseln. Weitere Untersuchungen werden zusätzliche mechanische Kennwerte und Temperatureinflüsse sowie bruchmechanische Analysen zum besseren Verständnis der Struktur-Eigenschafts-Beziehungen und das Langzeitverhalten betreffen. [Produktinformation Zellform Ges.m.b.H., wissenschaftliche Veröffentlichung Joanneum Research – Institut für Kunststofftechnik, Leoben].

3.4 Alternative Werkstoffe/Produkte

Am Markt konkurrieren tv-Holzwerkstoffe nicht nur mit synthetischen Polymeren (Kunststoffe), sondern auch mit einer großen Anzahl von Produkten, die Sägenebenprodukte verbrauchen, derzeit im speziellen mit MDF-Produkten (Produkte aus mitteldichten Faserplatten), Produkten aus Spanplatten und Echtholzprodukten.

Span-, MDF- und Faserplatten bestehen zu mehr als 90 % aus Holz. Bei der Plattenproduktion werden als Bindemittel für die Holzfasern bzw. Holzspäne Aminoplast- oder Harnstoff-Formaldehydharze verwendet.

Auf Basis der Kontrollen des Österreichischen Holzforschungsinstituts (unabhängige, staatlich autorisierte Prüfanstalt) tragen in Österreich gefertigte Span-, MDF- und Faserplatten das Prüfzeichen E1, mit dem die Einhaltung der gesetzlichen Bestimmungen garantiert wird.

Die Holzprodukte im einzelnen

Spanplatten

Spanplatten werden durch Verpressen kurzer Holzfasern unter Zugabe von Bindemitteln hergesellt.

Faserplatten

Bei Faserplatten kommen im Unterschied zu Spanplatten längere und dünnere Fasern zum Einsatz. Beim Preßvorgang werden die holzeigenen Harze aktiviert. Faserplatten haben eine besonders gleichmäßige Dichte, verfügen über eine glatte Oberfläche und leichte Bearbeitbarkeit. Vor allem aber zeichnen sie sich durch eine hohe Bruch- und Biegefestigkeit aus.

MDF-Platten

MDF-Platte, mitteldichte Faserplatten, bestehen aus feinen Holzfasern, die zu einer Platte mit einer äußerst glatten Oberfläche und einer hohen Querzug- und Biegefestigkeit verpreßt werden. Für bestimmte Anwendungen, wie Profilteilen, sind Veredelungsschritte, beispielsweise Befräsen, erforderlich. Im Gegensatz zur MDF-Platte verfügt die HDF-Platte (hochdichte Faserplatte) über eine höhere Materialdichte und ist daher stärker belastbar und stabiler.

Die Beschichtung erfolgt bei allen diesen Plattentypen durch Verpressen von mit Melaminharz getränkten Dekorpapieren auf beiden Seiten der Platte.

Verwertung und Entsorgung

Auch für die alternativen Holzwerkstoffe stehen die üblichen Verfahren zur Verwertung oder Entsorgung zur Verfügung. Nach der Sammlung der Hölzer werden diese in recyclingfähige und nicht-recyclingfähige Hölzer getrennt. Die selektierten Gebrauchthölzer werden geschreddert und fließen in die Produktion ein.

Jene Mengen, die nicht im Rahmen des Recyclingprozesses einer neuen Verwendung zugeführt werden können, werden thermisch verwertet oder entsorgt. Der als Bindemittel verwendete Leim ist biologisch leicht abbaubar.

In der folgenden Tabelle sind die verfügbaren Eigenschaftskennwerte der einzelnen Werkstofftypen im Überblick dargestellt. Zum jetzigen Zeitpunkt ist diese Matrix noch lückenhaft.

Tabelle 3.4-1: Übersichtstabelle der Eigenschaftskennwerte von FASAL, Fasalex, ZELFO im Vergleich mit PVC-hart und MDF

Eigenschaften	Fasal F134[a)]	Fasal F197 [a)]	Fasal F230 [a)]	Fasal F386 [a)]	LEX 111 S[b)]	LEX 380 B[b)]	LEX 377 B[b)]	LEX 213 N[b)]	Fasalex[a)]	ZELFO HG [c)]	ZELFO HZ [c)]	MDF E1 Krono-span[b)]	MDF Mouldin[b)]	Holz-werk-stoffe[a)]	PVC-hart[a) d)]
Dichte [kg/dm³]	1,4	1,3	1,12	1,3	0,95-1,05	1,25-1,3	1,29	1,07	0,5-1,1	0,5	1,5	0,71-0,75	0,78	0,5-1,0	1,3-1,4
Oberflächenhärte [N/mm²]	90	64	21	51					30-70					40-100	100-140
Biegefestigkeit [N/mm²]	45	23	14	30	13	17-25	34-38	13	15-30	17	95	17		10-50	70-100
Biege-E-Modul [N/mm²]	5800	3200	960	2800	1500-2000	2000-2500	4000-4500	3400	2000-3000	1800	9400	1500-3000		1000-1500	2000
Zugfestigkeit [N/mm²]	25	13	8	19					5-20	7	55			5-40	50-70
Zug-E-Modul [N/mm²]	13200	8000	1300	3700					3000-4000	1500	6550			3000-5000	2500-3000
Reißdehnung [%]	0,3	0,4	2,5	1,5											8-20
Schlagzugzähigkeit [kJ/m²]	40	30	35	50											--
Schlagbiegezähigkeit Charpy [kJ/m²]	4	3,5	7	9	3,7-5,1	5-6	4,8-5,1	1,8		2	14				o. Br.
Biolog. Abbaubarkeit	einige Wo	einige Monate	nicht abbaub.	einige Monate											
Dickenquellung nach 2 h Wasserlagerung [%]					1,5-2,0	2,3-3,0	3,0	3,0-4,0	1-4			5,5-6,5		2-8	n. rel.
Dickenquellung nach [%] 24 h Wasserlagerung					8,0	ca 15	25					< 8	6,0-8,0		
Gewichtszunahme [%] nach 2 h Wasserlagerung					8-10	6-7	7-8	20				8-11			
Verlust der Biegefestigkeit in Wasserlagerung [%]															
nach 30 min	51	41	0	17											
nach 2 h	n. meßb.	41	0	20											
nach 4 h	n. meßb	n. meßb.	1,4	39											

Eigenschaften	Fasal F134[a)]	Fasal F197 [a)]	Fasal F230 [a)]	Fasal F386 [a)]	LEX 111 S[b)]	LEX 380 B[b)]	LEX 377 B[b)]	LEX 213 N[b)]	Fasalex[a)]	ZELFO HG [c)]	ZELFO HZ [c)]	MDF E1 Krono-span[b)]	MDF Mouldin[b)]	Holz-werk-stoffe[a)]	PVC-hart[a) d)]
Granulatgröße [mm]									3-6						
Schüttgewicht [kg/dm³]									0,3-0,4						
Brandbeständigkeit															schwer entflamm-bar
Energieinhalt [MJ/kg]															18
Langzeitverhalten															
Fließfähigkeit															

Datenherkunft:

a) ifa Tulln: Produktinformation, Jahresbericht, Homepage;
b) fasalex: Produktinformation, Interview, Präsentation;
c) Zellform Ges.m.b.H. Produktinformation, Publikation Joanneum Research – Institut für Kunststofftechnik, Leoben;
d) Literatur: Domininghaus: Die Kunststoffe und ihre Eigenschaften, VDI Verlag, Carlowitz – Kunststoff Tabellen

4 Ergebnisse der Erhebung

4.1 Technische Machbarkeit (Durchführbarkeit) Technologie tv-Holz

Die Analyse der technischen Machbarkeit wurde für spritzgußfähige und extrudierbare Werkstoffe durchgeführt. Die Produktentwicklung von Zelfo ist noch in einer sehr frühen Phase und die Verarbeitungsverfahren (Formung und Trocknung) entsprechen eher der Keramikverarbeitung. Die Befragungen über die technische Machbarkeit wurden auf Basis der Fragenliste der „Pollution Prevention Feasibility Analysis“ in Shen (1995) durchgeführt. Parallel dazu wurden Hinweise auf mögliche Hemmnisse nach den Definitionen in Frauenhofer-ISI (1998) gesammelt.

Der Gegenstand der Analyse technischer Machbarkeit ist hier die Integration des Verfahrens im Betrieb, die erwarteten Veränderungen der Produktqualität, Erhaltung und Handhabung des Verfahrens sowie die Erfahrungen mit der Technologie. Zum Schluß werden die identifizierten technischen, wirtschaftlichen, organisatorischen und regulatorischen Hemmnisse aufgelistet. In Fragestellungen bezüglich der Produktqualität werden Vergleiche mit anderen Holzwerkstoffen (z. B. MDF) gebracht.

Grundsätzlich soll betont werden, daß tv-Holz einen Holzwerkstoff darstellt und derzeit hinsichtlich der Eigenschaften nur in einigen Anwendungsfällen (z. B. Golftee) eine Substitution von Kunststoffen ermöglicht. Für die kunststoffverarbeitende Industrie ist deshalb diese Technologie als eine zusätzliche Produktionslinie, parallel zu den klassischen Kunststoffverarbeitung zu verstehen. Weiters besteht für holzverarbeitende Betriebe die Möglichkeit, durch ein neues Verfahren ähnliche Produkte zu erstellen.

4.1.1 Integration des Verfahrens in kunststoffverarbeitenden Betrieben

Platzbedarf für die tv-Holzverarbeitung

Thermoplastisches Holz ist ein Werkstoff, der die Materialeigenschaften von Holz mit den Verarbeitungseigenschaften von Kunststoffen verbindet. Dafür sind handelsübliche Verarbeitungsmaschinen einsetzbar. Werden die tv-Holzprodukte spritzgegossen, ist derselbe Platzbedarf wie bei konventionellen Spritzgußverfahren erforderlich. Für Extrusionsprozesse wird der Platzbedarf sogar reduziert, da die Nachfolgeeinrichtungen (Kalibrierung, Abkühlungsstrecke, Abzugseinrichtung) kleiner dimensioniert werden können.

Das Verarbeitungsunternehmen, das im Rahmen dieser Untersuchung kontaktiert wurde, ist bereits in der kunststoffverarbeitenden Industrie tätig und weiß um den Platzbedarf derartiger Verarbeitungtechnologien. Im Falle des besuchten Unternehmens wurde für die Entwicklung- und Einführungszeit ein Gebäude angemietet.

Implementierung des Verfahrens

Aufbauend auf der Erfahrung im Bereich der Kunststoffverarbeitung und der Herstellung von Formen und Werkzeugen kann die tv-Holz-Technologie ohne zu erwartende signifikante spezifische Schwierigkeiten implementiert werden. Vor allem im Bereich der Extrusion existiert starker Rückhalt durch die Zusammenarbeit im Entwicklungsverbund. Wie bereits erwähnt, sind natürlich Materialcharakteristika und produktindividuelle Feinabstimmungen zu beachten. Es darf nicht davon ausgegangen werden, daß Gegebenheiten für Kunststoffe direkt übernommen werden können. Dies gilt insbesondere auch aufgrund der Tatsache, daß die Verarbeiter auf regional verfügbare Rohstoffe zurückgreifen (sollen). Die „Lizenzphilosophie“ der zufolge für serienreife Produkte der Kunde bei den optimalen Feinabstimmungen der Rezeptur und Prozeßparameter unterstützt wird, kann den Einstieg in diese neue Technologie erleichtern. Individuelle Entwicklungsarbeit wird notwendig sein, doch ist trotz etwaiger Anfangsschwierigkeiten damit zu rechnen, daß die Implementierung der tv-Holzverarbeitung vergleichsweise kurze Zeiten in Anspruch nimmt.

Installation der Versorgungsanlagen

Im Gegensatz zu der gängigen Kunststoffverarbeitung erfolgt die Granulatherstellung meist beim Verarbeiter (konventionelles Kunststoffgranulat wird überwiegend bei einem der großen europäischen Rohstoffhersteller – ca 20 Rohstoffhersteller in Europa; zusammengeschlossen in der APME – Association of Plastics Manufacturers Europe, Brüssel produziert) und ist bereits mit den nötigen Zusätzen versehen. Import aus Übersee ist selten.

Diesbezüglich wird für tv-Holzverarbeitung eine zusätzliche Dosier-, Misch- und Granulieranlage einzurichten sein, da entsprechende tv-Holzgranulate noch kaum am Markt verfügbar sind. Als Reinigungsmischung für den Granulierextruder wird beispielsweise Polyethylen verwendet.

Hinsichtlich Energie- und Betriebsmittelversorgung (bspw. Kühlwasser) können die Anlagen der Kunststoffverarbeitung verwendet werden. Eine Dosiereinrichtung für Prozeßwasser (zur Gewährleistung entsprechender Feuchtigkeitswerte der Verarbeitungsmasse) ist erforderlich.

Anlieferung erfolgt in standardisierten Gebinden und Transportmitteln.

Anpassung der neuen notwendigen Systemauslegungen zu den vorhandenen Anlagen, Prozeßumsätze usw.

Für die Verarbeitung können konventionelle Verarbeitungsmaschinen eingesetzt werden. Dies gilt auch für Werkzeuge und Düsen für Kunststoffprodukte (Spritzgußteile, Profile etc). Materialdurchsätze sind im Extrusionsverfahren bei vergleichbaren Maschinengrößen wesentlich geringer (500 kg/h Kunststoffe – ca 150 kg/h tv-Holzwerkstoffe). Zykluszeiten im Spritzgußverfahren sind vor allem von der Produktwandstärke abhängig. Dünnwandige Teile (ca. 1 mm Wandstärke) benötigen für Fasal signifikant längere Zykluszeiten. Bei großen Wandstärken sind Fasalprodukte, aufgrund hoher Formstabilität, konkurrenzfähig. Auf Nachdruck kann infolge der geringen Schwindung von Fasalteilen fast vollständig verzichtet werden.

Dauer der Installation neuer Systeme

Zeitbestimmende Faktoren diesbezüglich sind die Lieferfrist der Verarbeitungsmaschinen (ca 6 bis 12 Monate je nach Hersteller und Maschinentyp) und die produktspezifische Entwicklung und Feinabstimmung bis zur Serienreife (z. B. bei Zitta 7 Monate)

Produktionskontinuität für die Installation neuer Systeme

Abgesehen von geringfügigen Adaptierungen sind tv-Holzwerkstoffe mit konventionellen Kunststoffverarbeitungsmaschinen verarbeitbar. Im Optimalfall kann die Produktion bei Verfügbarkeit des tv-Holzgranulats ohne Unterbrechung umgestellt werden.

Auch die Installation neuer Produktionslinien bedeutet nicht zwangsläufig eine Beeinträchtigung der restlichen Produktion, da diese unabhängig voneinander betrieben werden können. Möglicherweise stellt der verfügbare Platz diesbezüglich die bestimmende Größe dar.

Notwendige Kenntnisse im Bereich der tv-Holzverarbeitungs-Systeme, Externes Service und Beratung

Unternehmen, die sich mit der Technologie tv-Holz bisher beschäftigen, verfügen üblicherweise bereits über Erfahrung im Bereich der Kunststoffverarbeitung. Problematisch wird allerdings gesehen, daß die Kunststoffverarbeitung 1:1 auf tv-Holzwerkstoffe übertragen wird. Auch dieser neue Werkstoff wird charakteristische Eigenschaften und modifiziertes Verhalten aufweisen (bspw. wesentlich geringere Schwindung, worauf bei Entformungswinkeln der Werkzeuge zu achten ist). Die direkte Übernahme von materialspezifischen Fakten läßt sich möglicherweise nicht vollständig durchführen, was sich teilweise in unerwartet längeren Entwicklungszeiten niederschlägt. Dies funktioniert beispielsweise auch nicht bei der Herstellung von Kunststoffprodukten, die nach metallspezifischen Richtlinien konstruiert und verarbeitet werden.

Ein interdisziplinäres Bearbeiten der Aufgabenstellung erscheint auf jeden Fall sinnvoll. Es sollte nicht auf die Kunststofftechnologie abgestellt werden, auch die Holztechnologie ist einzubeziehen. Dieses interdisziplinäre Herangehen könnte sehr gut durch externe Beratung, externes Service oder Firmenschulungen realisiert werden.

Unternehmen, die neu in diese Technologie einsteigen, sollten jedenfalls das nötige Fachwissen in Form von qualifiziertem Personal (beider Fachrichtungen Holz und Kunststoff) einkaufen. Externe Unterstützung ist diesbezüglich jedenfalls zu empfehlen, um einen ganzheitlichen, umfassenden und nachhaltig verträglichen Systemansatz mit präventiver integrierter Vermeidung und Verminderung von Umweltbelastungen zu gewährleisten (gem. IPPC-Richtlinie)

Erfahrungen mit der Technologie

Das System der Verarbeitungstechnologie ist in der kunststoffverarbeitenden Industrie seit Jahrzehnten bekannt und erfolgreich eingesetzt. Die Tatsache, daß sich Anlagen für die originär vorgesehenen Materialien bewährt haben, läßt erwarten, daß sich tv-Holzprozesse bereits geleisteter Entwicklungsarbeit bedienen können und allfällige Anfangsschwierigkeiten rascher überwunden werden.

Sicherheit des Systems

Die Verarbeitung von Kunststoffen wie auch tv-Holz ist auf jeden Fall als sicher zu bezeichnen. Es bestehen keine besonderen Vorschriften hinsichtlich Störfallvorsorge, Anlagengenehmigungen oder ähnliches. Einzig im Rahmen des ArbeitnehmerInnenschutzes sind Absaugeeinrichtungen der Materialdämpfe vorgeschrieben. Im Falle von tv-Holz überwiegt selbst beim Einsatz von Additiven auf Polymerbasis der Geruch nach Holz/Stärke.

4.1.2 Veränderungen der Produktqualität

Zumindest gleichbleibende Produktqualität ist Grundvoraussetzung für die erfolgreiche Behauptung von tv-Holz am Markt. Aufgrund maßgeschneiderter Gestaltungsmöglichkeit (eines der Haupterfolgskriterien von Kunststoffverfahren) lassen sich auch komplexe Systemlösungen von Kunststoffen preiswert realisieren. Je komplexer das System (Werkzeug/Teil/Profil) desto kostengünstiger wird tv-Holz beispielsweise im Vergleich zum Hauptkonkurrenten im Profilsektor MDF-Profile (aus mitteldichten Faserplatten).

Da verschiedene tv-Holz-Werkstoffe unterschiedliche Eigenschaften aufweisen (siehe Tabelle 3.4-1), ist eine allgemeine Aussage über die Veränderungen der Produktqualität nur in den jeweiligen Konkreten Fällen möglich.

4.2 Umweltschutzpotential

Durch thermoplastisch verarbeitbares Holz können nichtbelasteten Holzabfällen zur Erzeugung von verrottbaren Produkten eingesetzt werden. Den Produkten aus thermoplastisch verarbeitbarem Holz, die keine fossilen und naturfremden Rohstoffen beinhalten und mit vertretbarem Energieaufwand hergestellt werden, kann hohes Vermeidungspotential zugerechnet werden.

Die physikalische Verarbeitung von nachwachsenden Rohstoffe ohne Einsatz von synthetischen Chemikalien hat allgemein folgende Vorteile:

- keine naturfremden Emissionen bei der Produktion und Anwendung
- verrottbare Abfälle.

In der Praxis werden jedoch sowohl bei der Produktion einige Prozent synthetisches Material (bei Fasalex bis 20 % möglich) als auch bei der Weiterverarbeitung durch Farben und Beschichtungen naturfremde Stoffe eingesetzt. Thermoplastisch verarbeitbares Holz ist daher nicht automatisch ein natürlicher Werkstoff. Die Produkte können jedoch derzeit als Zwischenlösung zur Substitution der fossilen Rohstoffe in der Möbelindustrie und einigen Anwendungsfällen im Innenausbau dienen. Die Erzeugung von hochqualitativen Produkten aus reinen nachwachsenden Rohstoffen benötigt jedoch eine umfangreiche zukünftige Forschung im Bereich der Werkstoffkunde und Verarbeitung nachwachsender Rohstoffe.

Bei einer chemischen Herstellung der Zwischenprodukte sind alle Risiken chemischer Prozesse zu berücksichtigen.

In diesem Kapitel werden für tv-Holz die Fragen der Ressourceneffizienz, Reduktion der Risiken für Mensch und Umwelt, u. a. durch naturfremde Stoffe, sowie die regulatorischen Rahmenbedingungen diskutiert:

4.2.1 Ressourceneffizienz (Reduktionspotential bei Stoff- und Energieverbrauch)

Die Stoff- und Energieströme bleiben bei den Verarbeitungsanlagen größtenteils unverändert, da tv-Holz Materialien vergleichbare Dichten aufweisen (siehe Übersicht Eigenschaftskennwerte) und in vergleichbaren Produkten eingesetzt werden. Doch kommt es im Vergleich mit Kunststoffen zu einer deutlich gesteigerten Ressourcenschonung endlicher, vor allem fossiler Rohstoffe (Reduktion der Massenströme an Primärmaterial), da Sägenebenprodukte als Rohstoffe dienen können.

Der Energieverbrauch bei Kunststoffen ist am größten bis zur Herstellung des Kunststoffgranulats (ca 100 MJ/kg). Demgegenüber werden bei der Kunststoffverarbeitung nur etwa 10 MJ/kg) verbraucht.[12] Vergleichbare Werte für thermoplastisch verarbeitbares Holz sind derzeit nicht vorhanden. Es wird jedoch erwartet, daß durch den Einsatz der Sägenebenprodukte eine Reduktion des Energieverbrauches bei der Herstellung der Ausgangsstoffe erzielt wird.

Der Energieverbrauch der Verarbeitungsverfahren ändert sich kaum. Im Spritzgußprozeß steht während des Plastifiziervorganges die Schmelze unter Temperatur- und Scherbelastung. Im Vergleich zur Extrusion, bei der allgemein mit Scherraten bis zu 10^2 s^{-1} im Werkzeug gerechnet wird, liegen die Scherraten beim Spritzgießen bis etwa 10^4 s^{-1} in Fließkanälen und Düse um zwei Größenordnungen darüber. Scher- und Temperaturbelastungen beim Verarbeitungsprozeß haben entscheidenden Einfluß auf Schädigungen der Polymeren und führen damit möglicherweise zu einer Reduktion von Eigenschaftskennwerten (bspw. Reißdehnung). Mögliche Änderungen des rheologischen Verhaltens bei mehrmaliger Verarbeitung wurde durch Bestimmung des thermischen Wirkungsgrades analysiert. Zur Definition des thermischen Wirkungsgrades:

$$\eta = c * m * \Delta t/E_{ges}$$

Dafür wurden Materialwerte aus der Literatur herangezogen [Knappe; Die thermischen Eigenschaften von Kunststoffen. Kunststoffe 66, 1976, S. 297 ff] Die Bestimmung der Gesamtenergie erfolgte durch Messung folgender Parameter:

- Energieaufnahme der Heizung [kWh]
- Energieaufnahme des Schneckenmotors [kWh]
- Energieaufnahme des Hydraulikmotors [kWh]
- Energieaufnahme des Temperiergerätes [kWh].

Zur Bestimmung der Enthalpie wurde die Schmelztemperatur Tm [°C] und die Ausstoßmenge [kg/h] gemessen.

Demzufolge ist der thermische Wirkungsgrad des Spritzgußprozesses an herkömmlichen Maschinen mit 5 bis 20 % sehr bescheiden. Er kann durch Ausnützung des Temperiervolumens (Verhältnis des Spritzteilvolumens zum maximalen Hubvolumen der Maschine) am oberen Wert gehalten werden.

Dieser grundsätzlich niedrige thermische Wirkungsgrad von Kunststoffverarbeitungsmaschinen von 5 bis 20 %, bei Verwendung der besten verfügbaren Technik, wird natürlich auch bei dieser Technologie nicht verbessert. [Thermischer Wirkungsgrad beim Spritzgießen von Polyethylen-Rezyklat; M. Bencsik, H. Hubeny; ÖKZ Österreichische Kunststoff Zeitschrift 7/8 1996, S 118 ff]

---

[12] abhängig vom Verarbeitungsverfahren [Eco-profiles Report 4: Polystyrene, Second edition 1997 oder Eco-profiles Report 3: Polyethylen, Polypropylen 1993: I. Boustead, APME Brussels, Eco-profiles Report 10: Polymer Converison, 1997]

4.2.2 Reduktionspotential der Risiken für Menschen und Umwelt

Reduktion der Emissionen und Abfälle (im Vergleich zu Kunststoffverarbeitung)

Sowohl Abfälle als auch Emissionen werden über den gesamten Produktlebenskreislauf reduziert. Durch den Einsatz großer Anteile an Abfallprodukten (Rezeptur besteht zu ca. 50-60 % aus Holzmehl, Sägespänen) wird bereits ein signifikanter Beitrag zur Ressourcenschonung und Abfallverminderung geleistet. Es handelt sich dabei um ein praktiziertes Beispiel für einen geschlossenen Kreislauf, das sowohl internes als auch externes Recycling mit einschließt.

Nach der Gebrauchsphase (sehr kurze Gebrauchsdauer im Verpackungs- und Freizeitbereich (meist spritzgegossene Produkte) bis zum Langzeiteinsatz im Bereich Innenausbau, Möbel- und Elektroindustrie) stehen die Verwertungsschienen

- Kompostierung,
- thermische Verwertung und
- werkstoffliche Verwertung

zur Auswahl.

Kompostierung: am ifa Tulln wurden Versuche betreffend die biologische Abbaubarkeit von Fasal durchgeführt. Die Untersuchungen umfaßten einen Respirometrischen Test (DIN EN 29 408), Kompostierungstest (CEN Draft TC 261 SC 4 WG 2), Auflösungstest und einen Pflanzenverträglichkeitstest (ON S 2023). Zusammenfassend kann Fasal als biologisch abbaubar, kompostierbar und ökotoxikologisch unbedenklich eingestuft werden. Durch den Holzanteil werden vorgegebene Abbauraten bei Tests mit kurzer Versuchsdauer nicht immer erreicht. Für diese Verwertungsschiene relevant sind weiters die in Kürze erwartete Kompostverordnung und Richtlinien vom Kompostgüteverband Österreichs KGVÖ. Die Zuordnung einer Schlüsselnummer nach ON S2100 (Abfallkatalog) ist durchzuführen. Für die üblichen Fasaltypen ist dies die Schlüsselnummer von Holz.

Bei **thermischer Verwertung** (unter Nutzung des Energiegehaltes) kann es aufgrund der Inhaltsstoffe zu keiner Verschlechterung der Emissionswerte kommen. An den tv-Holzwerkstoffen wurden bisher keine Brennwertversuche durchgeführt. Bei Fasal entspricht der Heizwert anzunehmenderweise jenem von Holz. Der Heizwert von Fasalex dürfte durch einen bis zu 20 %-igen Anteil an Kunststoffen (mit ca. 30-40 MJ/kg Energieinhalt) etwas höher liegen. (Eine analytische Bestimmung der Werte scheint sinnvoll).

Bei **stofflicher Wiederverwertung** gibt es keine Verschlechterung der Eigenschaftskennwerte, wie zahlreiche Versuche zeigen. Selbst der Einsatz von 100 % Rezyklat wäre möglich, was unmittelbar zu einer großen Reduktion der Abfallströme führt.

Während des **Gebrauchszeitraumes** der Produkte entstehen keinerlei Abfälle oder Emissionen.

Qualitative und quantitative Veränderung der Emissionen

Die **quantitative Veränderung** von Massen- und Energieströmen durch diese neue Technologie kann zum jetzigen Zeitpunkt nicht detailliert beantwortet werden, da keine Ökobilanzen (LCA gemäß ON EN ISO 14040ff) für diese konkrete Aufgabenstellung verfügbar sind.

Qualitativ werden folgende Veränderungen zu erwarten sein:

Reduktion von Abfällen im Kreislauf

Rohstoffproduktion

- *Holzmehl/Sägespäne:* Rohstoff ist zum Großteil Abfall aus Holzindustrie (Sägemehl, Sägespäne), basierend auf lokaler Versorgung;
- *Stärkeprodukte/Maisgries/-schrot (Reis, Soja etc.):* reiner Mahlprozeß meist ohne weitere Veredelung, basierend auf lokaler Versorgung;
- *Bioadditive:* auf Naturharzbasis (als Verarbeitungshilfe, Erhöhung der Fließfähigkeit, Beibehalten der Abbaubarkeit)
- *Additiv auf Kunststoffbasis* (als Verarbeitungshilfe, Erhöhung der Fließfähigkeit, Erhöhung der Lebensdauer). Je nach eingesetztem Polymer stehen umfassende Ökobilanzen der APME zur Verfügung (bspw. Eco-profile Report 4: Polystyrene, Second edition 1997 oder Eco-profiles Report 3: Polyethylen, Polypropylen 1993: I. Boustead, APME Brussels)

Misch- und Granulierprozeß: Bei diesem Verfahrensschritt entstehen keine Abfälle. Einzig die Reinigung des Granulierextruders (mit Polyethylen als Einfriermischung) läßt geringe Mengen entstehen.

Verarbeitung (Recycling firmenintern)

Anfahr- und Prüfmaterial sowie Ausschuß werden dem Prozeß nach Aufmahlung direkt wieder zugegeben.

Transport

Kein Entstehen von Abfällen.

Gebrauch

Kein Entstehen von Abfällen.

Wiederverwertung/Entsorgung

siehe oben „Verwertungsverfahren.

Reduktion von Emissionen

Rohstoffproduktion

- *Holzmehl/Sägespäne:* Rohstoff ist zum Großteil Abfall aus der Holzindustrie (Sägemehl, Sägespäne), Emissionen entstehen beim Holzverarbeitungsprozeß (Lärm, Geruch); Emissionen von Schadstoffen nicht relevant.;
- *Stärkeprodukte/Maisgries/-schrot (Reis, Soja etc.):* reiner Mahlprozeß meist ohne weitere Veredelung; Emissionen von Schadstoffen nicht relevant;
- *Bioadditive:* auf Naturharzbasis (als Verarbeitungshilfe, Erhöhung der Fließfähigkeit, Beibehalten der Abbaubarkeit); Emissionen von Schadstoffen nicht relevant;
- *Additiv auf Kunststoffbasis* (als Verarbeitungshilfe, Erhöhung der Fließfähigkeit, Erhöhung der Lebensdauer) (je nach eingesetztem Polymer stehen umfassende Ökobilanzen der APME zur Verfügung (bspw. Eco-profile Report 4: Polystyrene, Second edition 1997 oder Eco-profiles Report 3: Polyethylen, Polypropylen 1993, I. Boustead, APME Brussels); Emissionen und Transportwege werden berücksichtigt.

Misch- und Granulierprozeß

Lärmemissionen beim ca 3 minütlichen Misch- und beim anschließenden Granulierprozeß. Geruch nach Holz und Maisstärke.

Verarbeitung (Recycling firmenintern)

Lärmemissionen des Extruders; Geruch nach Holz und Maisstärke.

Transport

Emissionen durch Verbrennungsprozesse.

Gebrauch

Kein Entstehen von Emissionen.

Wiederverwertung/Entsorgung

Bei stofflicher Wiederverwertung entstehen die selben Emissionen wie bei Primärverarbeitung. Bei thermischer Verwertung entstehen Emissionen wie bei Holzverbrennung. Im Kompostierungstest nach TC 261 SC 4 WG 2 (CEN Draft) besteht das Produkt die Anforderungen hinsichtlich CO_2 Entwicklung. Laut Angaben der Hersteller gelten die Materialien als vollständig kompostierbar.

Verhinderung neuer Umweltprobleme

Nach den durchgeführten Recherchen und Untersuchungen sind zum jetzigen Zeitpunkt keine neuen Umweltprobleme zu erwarten. Doch bergen natürlich auch primär umweltverträgliche Nischenprodukte das Potential von erhöhten Umweltbelastungen beim Erreichen großindustrieller Standards. Ein worst case-Szenario könnte vielleicht die Primärproduktion von tropischem Holzmehl zur Befriedigung der Nachfrage auf den Weltmärkten sein (spekulative Annahme). Die Tatsache, daß diese Technologie zum größten Teil auf jeweils regional verfügbaren nachwachsenden Rohstoffen/Abfällen basiert, kombiniert mit Verarbeitungsanlagen, die sich über Jahrzehnte bewährt haben und weiter entwickelt wurden, läßt kaum neue Umweltprobleme erwarten.

Gesetzlichen Anforderungen zur Vermeidung der Risiken

Zu unterscheiden sind Anforderungen an die Betriebsanlage (Produktionsanlage) und Produktanforderungen.

Betriebs-/Produktionsanlage

Die gesetzlichen Anforderungen leiten sich aus dem Gewerberecht (betriebliche Anlagengenehmigung gemäß GewO 1994 idF BGBl I 59/1999 und Durchführungsverordnungen), aus dem ArbeitnehmerInnenschutz (AschG BGBl 450/1994 und Duchführungsverordnungen) und aus dem Abfallrecht (Abfallwirtschaftsgesetz BGBl I 151/1998 und Durchführungsverordnungen) ab. Dies sind allgemeine Anforderungen und enthalten keine Spezifika für tv-Holzverarbeitung bzw. Kunststoffverarbeitung. Diese beiden Technologien fallen auch nicht unter die Tätigkeiten der IPPC-Richtlinie (96/61/EG Integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung) in Anhang I (Kategorien von industriellen Tätigkeiten nach Artikel 1).

Produktanforderungen

Diese sind naturgemäß spezifisch und gelten für einzelne Produkte/Produktgruppen im jeweiligen Anwendungsbereich.

Im Rahmen dieser Untersuchung wurden vier Anwendungsbereiche ausgewählt:

Möbelindustrie: Herstellung im Extrusions- und Spritzgußprozeß; kompliziert konstruierte Langzeitanwendungen, keine besonderen gesetzlichen Produktanforderungen

Innenausbau: meist Herstellung im Extrusionsprozeß; spezifische Anforderungen im Elektroinstallationsbereich vor allem hinsichtlich Wärme- und Brandbeständigkeit (ÖVE EN 50085-1 Ausgabe 1996 Elektroinstallationssysteme für elektrische Installationen oder VDE 0604 Elektro-Installationskanäle für Wand und Decke)

Verpackungsindustrie: Herstellung im Extrusions- und Spritzgußprozeß; vor allem für kurzlebige Produkte; Anforderungen vor allem in Bereich Lebensmittelrecht

Elektroindustrie: Kunststoffartikel in diesem Bereich werden oft im Preßverfahren erzeugt; spezifische Anforderungen vor allem hinsichtlich Wärme- und Brandbeständigkeit sowie Rezyklierbarkeit (Europäische Elektronikschrott-Richtlinie: ab Mitte 2002 kann mit einer Verabschiedung gerechnet werden [Umweltjournal Ausgabe 2/2000])

Weitere allgemein zutreffende gesetzliche Rahmenbedingungen werden mit der in Kürze zu erwartenden Kompostverordnung und der mit Jänner 2004 relevanten Deponieverordnung (§ 5 Verbot der Deponierung) BGBl 164/1996 (seit 1997 in Kraft) zum Tragen kommen. Letztere bringt insofern einschneidende Änderungen, als Abfälle mit organischem Anteil über 5 % (TOC) nicht mehr auf eine Deponie gelangen dürfen und eine geeignete Behandlung vorgeschaltet werden muß. Durch die vollständige Rezyklier- bzw Kompostierbarkeit werden tv-Holzprodukte diese neuen Rahmenbedigungen, im Gegensatz zu anderen Werkstoffgruppen, ohne größere Schwierigkeiten erfüllen, da bereits im Grundsatz der Nachhaltigkeitsgedanke vorherrscht. In der Kompostverordnung werden Güteanforderungen für Kompost und Grenzwerte definiert werden

4.3 Betriebswirtschaftliche Bewertung

Die Entwicklung dieses Werkstoffs wurde vom ifa-Tulln und vom Entwickler in die Privatwirtschaft getragen. Dadurch bestand für das Unternehmen JOSKO die Möglichkeit einen Werkstoff weiter zu entwickeln, für den bereits Grundlagenwissen vorlag. Der gesamte Forschungsaufwand vom ifa-Tulln bis zum Werkstoff Fasalex wird mit öS 30 Mio. beziffert. Derzeit wird ein Technikum um öS 20 Mio. errichtet, um die Anlage und das Verfahren weiteren potentiellen Anwendern näher zu bringen und eigene Entwicklungen voranzutreiben. Förderungen (Zinsförderungen, Investitionszuschüsse) konnten seit 1990 vor allem vom Forschungsförderungsfonds (FFF) in Anspruch genommen werden.

In den ersten Jahren lag keine klare Vermarktungsstrategie und kein marktfähiges Produkt vor. Dies wirkte sich vor allem negativ auf das Image von tv-Holz aus, das lange Zeit als nicht serienreif galt. Daher wurde für die Vermarktung von Josko das Tochterunternehmen <fasalex> Ges.m.b.H. gegründet. Diese Firma hält die Vermarktungs- und Patentrechte für das Verfahren. <fasalex> erzeugt oder verkauft selbst keine Produkte, sondern vergibt nur das Recht auf die Anwendung dieses Verfahrens. Ein Lizenzrecht wird zumindest für die nächsten 10 Jahre bei der österreichischen Firma Zitta liegen, die das Produktions- und Verkaufsrecht auf Profile aus Fasalex für den Boden-, Wand- und Deckenbereich für Europa hält. Eine Vergabe von Sublizenzen ist möglich.

4.3.1 Investitions- und Betriebskosten

Die Investitions- und Betriebskosten beziehen sich nur auf derzeit bestehende Anlagen, die in der Studie erhoben wurden. Im Bereich der Investitions- und Betriebskosten können die Kosten der Verarbeitung vor allem zwei Bereichen gegenübergestellt werden:

- Kunststoffverarbeitende Industrie, durch die Verarbeitungseigenschaften von tv-Holz
- Holzverarbeitende Industrie, durch die Eigenschaft der Endprodukte

Ein weiterer wesentlicher Kostenfaktor besteht in den Entwicklungskosten, die von den tv-Holz verarbeitenden Betrieben bis zur Serienreife eines Produkts eingerechnet werden müssen.

Zusätzlich sind die Kosten des Maschinenparks einzurechnen. Die Fertigung erfolgt mit konventionellen Maschinen zur Verarbeitung von Kunststoffen. Diese Möglichkeit ist einer der größten Vorteile von tv-Holz, die für kunststoffverarbeitende Betriebe keine Substitution oder Neuanschaffung von Maschinen notwendig macht. Anstelle der Investitionskosten müssen aber Rüstkosten für die Umstellung der Maschinen an die Anforderungen des neuen Rohstoffgemisches eingerechnet werden. Für die holzverarbeitende Industrie ergibt sich die Notwendigkeit, zur Erzeugung von Produkten aus tv-Holz einen neuen Maschinenpark anzulegen. Die Kosten betragen dabei bei einer Auslegung auf eine Jahreskapazität von 15 Mio. lfm etwa 4 Mio öS.

Das Ausgangsmaterial von tv-Holz ist vor allem Holz und Harz bzw. Stärke in unterschiedlicher Form und Zusammensetzung. Die Kosten für die Ausgangsmaterialien in entsprechender Aufbereitung und Qualität (Holzmehl und Maisgries/-schrot und Additiv) liegen derzeit bei 8,- öS/kg, wobei die geringen Verkaufsmengen einen relativ hohen Preis verursachen. Die Ausgangsmaterialien (z. B. das Holzmehl) könnten von holzverarbeitenden Betrieben bezogen werden. Als Rohstoffe können jeweils landesübliche Ausgangsmaterialien verwendet werden, wodurch die Transportwege und -kosten gering bleiben.

Bei den Betriebskosten sind die, im Vergleich zur Kunststoffverarbeitung, gesunkenen Energiekosten zu nennen, die aus einem Wegfall des Trocknungsprozesses resultieren. Die Lebenszeit der Schnecken, die in den Anlagen eingebaut sind, werden im Gegensatz zur Kunststoffverarbeitung beim Einsatz von tv-Holz als geringer eingeschätzt.

Die Verarbeitungsanlagen sind den üblichen Wartungs- und Instandhaltungsmechanismen zu unterwerfen, wie zum Beispiel Ölwechsel nach etwa 1000 Betriebsstunden. Die Kosten dafür bleiben unverändert.

Konsequenterweise wäre der Einsatz von biologisch abbaubaren Ölen und Schmierstoffen zu überlegen. Am Markt werden mittlerweile eine Reihe von Alternativprodukten angeboten.

Im Bereich Personalkosten fallen für kunststoffverarbeitende Betriebe keine wesentlichen Schulungs- oder Ausbildungskosten an, da die Verarbeitung von tv-Holz der Verarbeitung von Kunststoffen ähnlich ist. Holzverarbeitende Betriebe müßten ihre Mitarbeiter komplett auf die neuen Anlagen einschulen.

Die Leisten (Sessel-, oder Sockelleisten) werden derzeit im Handel Profilen aus MDF- bzw. Spanplatten gegenübergestellt. Weitere Anwendungsgebiete sind erst in der Entwicklungsphase und noch nicht serienreif (z. B. Türzargen). Die Kosten für MDF-Rohlinge liegen im Bereich von 3-5 öS/lfm. Diese Profile werden aus Platten durch spanabhebende Bearbeitung (bspw. Fräsen und Sägen) hergestellt. Die Kosten von <fasalex>Profilen werden mit 5-10 öS/lfm angegeben.

Beim direkten Vergleich sind vor allem die Verarbeitungszeit und die Kosten für das Ausgangsmaterial von Bedeutung. Während tv-Holz mit zunehmender Komplexität der Profile preislich vorteilhafter wird, da die Verarbeitungszeit nicht wesentlich durch die Form des Endprodukts beeinflußt wird, kommt es bei Konkurrenzmaterialien (Holzwerkstoffe) durch verstärkte Bearbeitung bzw. Materialverluste zu Preisnachteilen. Im Gegensatz dazu stehen die derzeitig möglichen Produktionsmengen. Während z. B. die Verarbeitung von Kunststoff mittels einer Extrusionsmaschine bis zu 600 kg/h beträgt, kann vergleichsweise nur bis zu 150 kg/h Fasalex hergestellt werden.

Weitere Anwendungsmöglichkeiten haben noch keine Serienreife erreicht. Im Bereich der kunststoffverarbeitenden Industrie gibt es derzeit mit Kabelkanälen erst einen Anwendungsbereich, wobei Kabelkanäle aus PVC ersetzt werden. Bei dieser Anwendung mußten die einzelnen PVC-Teile in einem nachfolgenden Schritt zusammen gesteckt werden. Dieser Arbeitsschritt entfällt bei tv-Holz Kanälen, wodurch das Produkt günstiger wird.

4.4 Marktanalyse

Potentielle Märkte für tv-Holzprodukte können vor allem in drei Bereichen identifiziert werden:

- im Bereich der holzverarbeitenden Industrie, in denen das Produkt vergleichbare Eigenschaften und Anforderungen wie Konkurrenzprodukte erfüllen kann (z. B. Profile),
- die mögliche Substitution von Produkten aus Kunststoff (z. B. Kabelschienen), und
- die Schaffung völlig neuer Märkte für tv-Holzprodukte durch Ausschöpfung der neuen Gestaltungsmöglichkeiten dieser Produkte durch komplexere Formen.

Im ersten Bereich besteht die Möglichkeit der Substitution von Produkten aus MDF, Spanplatten und Holzprodukten, die eine intensive Bearbeitung erfordern. In Österreich werden jährlich über 30 Mio. m^3 Spanplatten und über 6 Mio. m^3 MDF produziert. Das geschätzte Potential beträgt bei Innenwandleisten in Europa über 250 Mio. Laufmeter pro Jahr. Die totale Substitution wäre hier theoretisch durch geringere Preise möglich. In der Praxis nehmen jedoch neben dem Preis, auch die Qualität und das positive Image, eine entscheidende Rolle zur Erhöhung der Kundennachfrage und Verbreitung des Produkts ein (siehe Kapitel 1).

Zusätzlich besteht in diesem Bereich die Möglichkeit der einfacheren Herstellung von Holzprodukten, die bisher mit zahlreichen Arbeitsschritten (Fräsen, Schleifen) und einer großen Abfallmenge (z. B. Holzstaub) verbunden war, z. B. Kisten, Bleistifte. Für diesen Bereich sind jedoch vom Lizenznehmer noch intensive Entwicklungsarbeiten durchzuführen.

Es soll erwähnt werden, daß in der letzten Zeit große holzverarbeitende Unternehmen in Österreich, die auch gleichzeitig in Europa ein großes Marktvolumen abdecken, massive Neuinvestitionen in Milliardenhöhen unternommen haben (Angaben aus Holzkurier: Produktionswerk von Binder, Fügen in Hallein mit dem geplanten Ausstoß 600 m^3/Tag, Investitionskosten 1 Mrd. S; oder Produktionswerk von Fritz Egger GmbH & Co im ostdeutschen Wismar mit dem von Ausstoß 360.000 m^2 MDF pro Jahr). Für die nächsten 10-15 Jahre wird daher starker Druck auf die Märkte der alternativen Werkstoffe vorhanden sein.

Der zweite Bereich besteht in der Identifikation neuer Märkte bzw. in der Substitution von Produkten aus Kunststoffen, z. B. PVC.

Im Gegensatz zu Kunststoffen besteht für tv-Holz allgemein der Vorteil, die Rohstoffe (u. a. Sägenebenprodukte) aus dem jeweiligen Land zu beziehen und die fertigen Produkte zu exportieren. Für Österreich, in dem Sägenebenprodukte bereits durch thermische Verwertung sowie die Papier- und Plattenindustrie verbraucht werden, muß tv-Holz mehr an Vorteile der Produkte und Produktionsmethode aufbauen, um Marktvorteile zu erzielen. Das bedeutet, daß z. B. durch eine effiziente Nutzung von Rohstoffen und rationale Verarbeitungsmethoden bei den hergestellten Profilen weitere Verarbeitungsschritte in der Bau- oder Möbelindustrie auszuschalten sind.

Für die Substitution der Kunststoffe wird ein massiver Forschungsaufwand notwendig sein, um die einzelnen komplexen Funktionen der Werkstoffe zu erfüllen. Firmen, die sich international mit neuen Polymeren und Werkstoffen aus nachwachsenden Rohstoffen auseinandersetzen, benötigen eine umfangreiche Forschungsinfrastruktur. Z. B. zur Produktion von Polylactid Faser aus Getreide kooperiert Dow[13] mit der University and Industrial Agricultural Products Center in Nebraska in den USA.

Der dritte potenzielle Markt für tv-Holz sind völlig neue Produkte durch neue Eigenschaften und Gestaltungsmöglichkeiten dieser Werkstoffe. In diesem Fall sind zwar nur Nischenmärkte zu finden, sie können jedoch zur Verstärkung der zukünftigen Märkte genutzt werden. Dabei kann das Beispiel der Entwicklung des Holzleimbaues herangezogen werden, wobei hauptsächlich durch die Möglichkeit weitgespannte Bögen in Gebäuden herzustellen, diese Werkstoffe verbreitet wurden (siehe Technologiegeschichte). Der Erfolg in diesem Bereich hängt jedoch sehr eng mit der Zusammenarbeit mit Architekten, Designern, Werkstoffexperten (auch Wissenschafter und Forscher der Makromolekularwerkstoffe, bzw. Holzwerkstoffe) Holzverarbeitungsexperten (auch Tischler) und Kunststoffexperten zusammen.

Die Märkte sollen nicht nur in langlebigen Produkten, sondern auch in verrottbaren und 100 % natürlichen Produkten in der Landwirtschaft gesucht werden.

Die Anlagen (kunststoffverarbeitende Maschinen) für die Aufbereitung und Verarbeitung von tv-Holz werden in Österreich produziert. Sowohl Extruder (bspw. der Firmen Cincinnatti Milacron und EREMA als auch Spritzgußmaschinen (bspw. der Firmen Battenfeld oder Engel) werden in Österreich erzeugt. Da Österreich im Bereich Kunststoffverarbeitungsmaschinen weltweit zu den führenden Ländern zählt, könnte die Zusammenarbeit mit dem Verbund tv-Holz für eine erweiterte Marktpräsenz dienen.

---

[13] Für Unternehmen wie *Dow Chemical Company* (mit 3500 chemischen Produkten, auch im Bereich der Chlorchemie) ist u. a. das Image solcher Produkte entscheidend.

5 Identifizierte hemmende Faktoren für die Verbreitung

In diesem Kapitel werden Hemmnisse, die durch Interviews bzw. Vergleich der analogen Entwicklungen identifiziert wurden zusammengestellt. Da die Untersuchung, wie im Kapitel 1 erwähnt wurde, keine umfangreiche Befragung beinhalten konnte, handelt es sich zum Teil um Thesen, die erst überprüft werden müssen.

5.1 Technologische Hemmnisse

- Die Entwicklung der Verfahren ist noch nicht abgeschlossen und es werden vom Lizenzgeber keine Lizenzen für erprobte Produkte vergeben, d. h. der Lizenznehmer ist noch zu Entwicklungsarbeit verpflichtet. So wurde z. B. auf der K98, der weltgrößten Kunststoffmesse in Düsseldorf die Erfahrung gemacht, daß ein Produkt für den Kunden nicht interessant ist, wenn es nicht vorzeigbar ist. „Das Patent allein ist zu wenig“, wie auch der neue Geschäftsführer von <fasalex> rückblickend eingesteht. Dies deckt sich auch mit der Meinung der größten deutschsprachigen Fachzeitschrift für Extrusion, Plastics Special, gemeint hat: „auf die K98 wurde diese Technologie präsentiert, aber seither nichts mehr davon gehört.“
- Da die Entwicklung noch nicht abgeschlossen ist, ist der Adaptierungs- und Entwicklungsbedarf für konkrete Produktanwendungen derzeit schwer einschätzbar.
- Die Zusammenarbeit mit Werkstoffexperten wurde in der Vergangenheit stark an der Kunststofftechnik konzentriert. Die stärkere Integration der Holzverarbeitung und Verarbeitung der mineralischen Werkstoffe in der Forschung kann die Entwicklung der Technologie positiv beeinflussen.
- Die Entwickler betrachten das Fehlen von konkreten Demonstrations- und Referenzobjekten als ein wesentliches Hemmnis. Wobei die Firma <fasalex> derzeit den Bau eines Technikums betreibt. Durch leichten Zugang zu Demonstrationsanlagen können Interessierte Vertrauen in das Verfahren gewinnen und Möglichkeiten der Entwicklung kennenlernen.
- Es gibt keine Langzeiterfahrungen mit den Produkten, wodurch vor allem die Bauindustrie Produkte aus tv-Holz scheut.
- Mangel an Eigenschaftskennwerten aus genormten Prüfverfahren: Derzeit sind keine Normen für tv-Holzprodukte vorhanden. Obwohl eine Normung den Markteintritt beschleunigen könnte, sind anscheinend noch weitere Entwicklungen notwendig, um normfähige Produkte herzustellen.

5.2 Wirtschaftliche Hemmnisse

- Das Forschungserfordernis (für einige Produkte bis 18 Personenmonate) erschwert die Lizenznahme für ein nicht vollständig ausgereiftes Verfahren, erhöht die Unsicherheit über zukünftige Märkte und behindert die stärkere Verbreitung.

- Die derzeitige Preissituation für fossile Rohstoffe benachteiligt nachwachsende Rohstoffe, da die Kosten für die Ausgangsmaterialien für tv-Holz höher sind. Dieser Nachteil wird durch geringe Einkaufsmengen noch verstärkt.
- Der Markteintritt der Produkte in der Bau- und Möbelindustrie ist für Werkstoffe leichter, die eine breite Produktpalette anbieten. Derzeit gibt es nur wenige serienreife Produkte aus tv-Holz.
- Kunststoffverarbeitende Betriebe verfügen über das Wissen zur Verarbeitung, müssen jedoch für die marktreifen Produkte neue Märkte suchen bzw. bereiten ihren eigenen Produkten Konkurrenz.
- KMU's in der Holzverarbeitung haben meist nicht die notwendigen finanziellen Ressourcen zum Ankauf von Extrusionsmaschinen und zum Erwerben des Wissens über die Verarbeitung und Entwicklung serienreifer Produkte. Die großen Firmen in dieser Branche haben erst hohe Investitionen in Konkurrenzprodukte getätigt.[14]
- Ein wirtschaftliches Hemmnis für tv-Holz in Österreich bezüglich des Rohstoffes ist der bereits vorhandene Verbrauch der heimischen Sägenebenprodukte in anderen Bereichen zur energetischen und stofflichen Nutzung. Dieses Problem kann in einigen Fällen mit einem organisatorischen Problem, nämlich keine optimale Verteilung der lokalen Überschüsse an Sägenebenprodukte, kombiniert sein.

5.3 Organisatorische und regulatorische Hemmnisse

- Potentielle Kunden von thermoplastisch verarbeitbarem Holz sind gleichzeitig auch potentielle Konkurrenten (Kunststoffverarbeiter).
- Die Technologie ist für Holzverarbeiter und Rohstofflieferanten vollständig neu. Die Bereitschaft und Aufgeschlossenheit als Anwender hier aufzutreten, ist daher niedriger.
- Da die Entwicklung der vorsorgenden Umwelttechnologien am häufigsten durch öffentliche Mittel gefördert wird, ist der übliche Verzicht der öffentlich geförderten Forschungseinrichtungen auf Patentanmeldungen sehr kontraproduktiv. Umweltpolitik kann die Entwicklung und Verbreitung der geförderten Umweltinnovationen aktiv mitgestalten und mitbestimmen, wenn öffentliche Forschungseinrichtungen selbst als Anmelder der Patente agieren.
- In der Zukunft besteht die Gefahr, daß Konkurrenzunternehmen Lizenzen aufkaufen und die Weiterentwicklung bzw. Verbreitung von tv-Holz unterbinden.
- Fehlen an Promotoren in der Wirtschaft.
- Mangel an Anreizen durch Umweltregulierung (bspw. Steuererleichterung für nachwachsende Rohstoffe).
- Fehlen an zugänglichen wissenschaftlichen Publikationen über die Funktionstüchtigkeit der Produkte erschwert die Entscheidung der Anwender.

[14] Für die holzverarbeitende Industrie sind vor allem die neuen Verarbeitungsmöglichkeiten von thermoplastisch verarbeitbarem Holz interessant.

6 Einige Handlungsmöglichkeiten für die Zukunft

Determinanten für die Durchsetzung dieser Technologie können in den folgenden Gruppen aufgeteilt werden:

- Preis, neue Absatzmärkte, Kundennachfrage, Image und Wettbewerb als entscheidende Marktmechanismen,
- Produktqualität und Produktpalette, die grundsätzlich für die Technologieentwicklung entscheidend sind,
- Vorhandene und erwartete Umweltgesetze.

Eine Kooperation der Entwickler und Hersteller verschiedene Produkte aus tv-Holz kann ein Impuls für deren Verbreitung sein. Durch solche Kooperationen können Determinanten der Marktmechanismen und Technologieentwicklung positiv beeinflußt werden.

6.1 Preis, neue Absatzmärkte, Image, Wettbewerb

Die Substitution der vorhandenen Produkte am Markt ist derzeit aus Preisgründen für tv-Holz schwierig. Falls jedoch die teuere Entsorgung der Konkurrenzprodukte diesen Produkten zugerechnet wird, können tv-Holzprodukte vergleichbare Preise erzielen. So lange ein Preisnachteil gegenüber den Konkurrenzprodukten besteht, können tv-Holzprodukte nur Marktnischen finden, die neue Anforderungen der Designer, Architekten, Industrie und Konsumenten erfüllen. Um diesen Weg zu gehen, ist eine enge Kooperation und intensive Kommunikation der Forschungs- und Entwicklungseinrichtungen, Produzenten, Promotoren und Konsumenten notwendig. Das Marketing soll daher auf Kommunikation und Organisation der Zusammenarbeit eingerichtet sein. Die Struktur der Firmen und Forschungsinstitute soll auch diese Aufgeschlossenheit gegenüber Kunden, die zur Kooperation bereit sind, unterstützen.

Durch Demonstrationsanlagen und Referenzprojekte kann ein besseres Image für die Produkte aufgebaut werden. Parallel dazu müssen Langzeitversuche ernsthaft in der Forschung integriert werden, um das Risiko der Funktionstüchtigkeit der langlebigen Produkte zu untersuchen.

Der Wettbewerb für die vorsorgenden Umwelttechnologien kann durch eine bessere Patentstrategie der Forschungseinrichtungen gefördert werden. Öffentlich finanzierte Forschungseinrichtungen sollten in der Zukunft die Patente für ihre Innovationen in diesem Bereich selbst anmelden. Obwohl Patentrechte allgemein einen Ausschluß von Rechten zu einer Nutzung und Entwicklung bedeuten, kann eine gezielte Vergabestrategie von Lizenzen zu einer breiten Weiterentwicklung führen. Grundlagenforschung im Bereich vorsorgender Umwelttechnologien wird in der Praxis durch öffentliche Mittel finanziert, und üblicherweise von Privatpersonen oder Firmen patentiert. Falls die Forschungsergebnisse von den Forschungseinrichtungen (öffentlich finanzierte Universitäten, Vereine) patentiert werden, kann dem möglichen Ausschluß einer breiten Forschung entgegengewirkt werden.

6.2 Produktqualität und Produktpalette

Bessere Produktqualität durch unabhängige und schnelle Entwicklung der Zusätze (Additive)

Bei der Herstellung von thermoplastisch verarbeitbarem Holz sind sowohl Rohstoffe und Verarbeitungsprozeß, als auch Zusätze von großer Bedeutung. Während jedes Produkt seine eigene Entwicklungsforschung für die Optimierung der Rohstoffeigenschaften, notwendigen Zusätze und Verarbeitungsprozeß benötigt, ist die Forschung hinsichtlich Additiva für alle Produkte relevant. Dies bedeutet, daß eine unabhängige Forschung und Entwicklung hinsichtlich Additiva für diese Produkte ein Vorteil für die Entwicklung aller Produkte mit sich bringt. Die Beschränkung bzw. Isolation solcher Forschungsaktivitäten wird mittel- und langfristig der Verbreitung der thermoplastisch verarbeitbaren Produkte mehr schaden als nutzen.

Rascher Entwicklung großer Produktpaletten aus verschiedenen Werkstoffen

Eine große Produktpalette, die notwendigerweise durch verschiedene Hersteller und durch verschiedene Verarbeitungsmethoden entsteht, ist eine wesentliche Voraussetzung für die Verbreitung dieser Produkte. Der Markteintritt der Einzelprodukte kann durch das Vorhandensein von großen Produktpaletten und Produktsystemen beschleunigt werden. Beispiel: Im Möbeldesign oder Innenausbau spielt die Anpassung verschiedener Produkte, wie Rahmen, Platten, Griffe, usw., in Einrichtungskonzepten eine entscheidende Rolle.

6.3 Vorhandene und erwartete Umweltgesetze

Für die Anwendung der Produkte in den einzelnen Bereichen gibt es gesetzlich vorgeschriebene Anforderungen (siehe 6.3.2). Es soll die Gültigkeit der Anforderungen anhand neuer Entwicklungen überprüft werden.

Die allgemein zutreffenden gesetzlichen Rahmenbedingungen werden mit der in Kürze zu erwartenden Kompostverordnung und der mit Jänner 2004 relevanten Deponieverordnung (§ 5 Verbot der Deponierung) BGBl 164/1996 (seit 1997 in Kraft) zum Tragen kommen. Letztere bringt insofern einschneidende Änderungen, als Abfälle mit organischem Anteil über 5 % (TOC) nicht mehr auf Deponien gelangen dürfen und eine geeignete Behandlung vorgeschaltet werden muß. Durch die vollständige Rezyklier- bzw Kompostierbarkeit werden tv-Holzprodukte diese neuen Rahmenbedigungen, im Gegensatz zu anderen Werkstoffgruppen, ohne größere Schwierigkeiten erfahren, da bereits im Grundsatz der Nachhaltigkeitsgedanke vorherrscht. In der Kompostverordnung werden Güteanforderungen für Kompost und Grenzwerte definiert werden.

Die durch die Regulierung notwendige Behandlung der Abfälle wirkt sich auch auf den Preis der Ausgangsmaterialien aus und ist damit ein Anreiz zur Anwendung nachwachsender Rohstoffe.

7 Anhang

Text aus der Vorlesung „Wiederverwertung von Kunst- und Verbundstoffen“, Prof. Dr. Reinhold W. Lang, 1992, Institut für Werkstoffkunde und -prüfung der Kunststoffe (IWPK), Montanuniversität Leoben.

ENTWICKLUNGSGESCHICHTE DER KUNSTSTOFFE *

1. Wissenschaftliche Entwicklung

Chemie

bis ca. 1600:	Zeitalter der Alchimisten
ca. 1530:	Th.B. von Hohenheim („Paracelsus“); Begründer der Iatrochemie
1661:	R. Boyle, „The Sceptical Chemist“; Rückkehr zur Atomhypothese
Anf. 1700:	G.E. Stahl; Phlogistontheorie
1783:	A.L. Lavoisier; Beschreibung von Oxidations- und Reduktionsvorgängen
1803:	J. Dalton; neue Atomtheorie, auf Bedürfnisse der Chemie abgestimmt
Anf. 1800:	L. Proust; Gesetz der konstanten Proportionen
1828:	J. Berzelius; Ordnungsschema für Elemente und Kennzeichnung mit Kürzeln (H, O)
1840:	J. Liebig; „Die organische Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur und Physiologie“
1863:	M. Berthelot; erste, noch ungenaue Theorie der Polymerisation
1869:	D. Mendelejew u. L. Mayer; Periodensystem der Elemente

Polymerwissenschaften

1861:	T. Graham; Konzept der Kolloide, erste Vorstellung von Riesenmolekülen
1905:	C.D. Harries; Atommodell des Kautschuks (Entwurf)
1920:	H. Staudinger; Begründer der modernen Polymerwissenschaft (Nobelpreis für Chemie 1953)
ab 1929:	H.F. Mark; Aufklärung der Struktur polymerer Werkstoffe
1953:	K. Ziegler; metallorganische Katalysatoren zur stereospezifischen Polymerisation (Nobelpreis für Chemie mit G. Natta 1963)
ab 1955:	J.P. Flory; Thermodynamik polymerer Systeme, LCP
ab 1975:	de Gennes; Reptation-Theorie (Nobelpreis für Physik 1991).

---

* siehe dazu auch U. Tschimmel, „Die Zehntausend-Dollar-Idee: Kunststoffgeschichte vom Zelluloid zum Superchip“, ECON Verlag, 1999.

2. Technische Entwicklung

1530 Rezeptur eines Kunststoffes aus Milchkasein als Ersatz für Rinderhorn (B. Schobinger, W. Seidel)

1820-1910 Technische Herstellung von Kunststoffen

- erster Regenmantel aus behandeltem Naturkautschuk (C. Mackintosh, 1823)
- Vulkanisation von Kautschuk mit Schwefel (C. Goodyear, 1839)
- *Zellulosekunststoffe (Zelluloid, Cellophan, Reyon, Parkesin)*
- Kaesinkunststoff (Galalith, 1897)
- Phenol-Formaldehydharz (Bakelit); erster vollsynthetischer Kunststoff (L. Baekeland, 1907)

1910-1955 Großtechnische Herstellung von Kunststoffen

- PVC (F. Klatte, 1912)
- Acrylkunststoff (O. Röhm, 1927)
- Synthesekautschuk Buna S (Leverkusen, 1929)
- künstlicher Kautschuk Neopren (W.H. Carothers, 1931)
- Hochdruck-PE (E.W. Fawcett, R.O. Gibson, 1933)
- Melamin-Formaldehydharze (Ciba, 1935)
- Nylon – PA 6.6 (W.H. Carothers, 1935)
- UP-Harze (C. Ellis, 1936)
- PS (H. Mark, C. Wulff, 1936)
- Polyurethane (O. Bayer, 1937)
- Perlon – PA 6 (P. Schlack, 1938)
- Teflon – PTEE (R.J. Plunkett, 1938)
- EP-Harze (P. Caston, 1938)
- Silikon-Harze, -Kautschuk (E.G. Rochow, 1940)
- PET, PBT (J.R. Whinfield, J.T. Dickson, 1941)
- PAN (H. Rein, 1941)
- PUR-Schaum (Leverkusen, 1941)
- POM (Du Pont, 1947)
- Styropor (F. Stastny, 1949)
- Niederdruck-PE (K. Ziegler, 1953)
- PC (H. Schnell, 1953)
- PP (G. Natta, 1954)

Seit 1955 Entwicklung von Spezialkunststoffen

- Modifizierung von Kunststoffen, Erhöhung der Sortenvielfalt (Additive, Blends, Copolymere etc.)
- Hochtemperaturthermoplaste PSU, PES, PEI, PEEK
- Produktion von Kohlenstoffasern (Union Carbide, 1959)
- LCP, Aramid-Fasern (S.L. Kwolek, P. Morgan, 1965)
- elektrisch leitfähige Kunststoffe, Polyacetylen (H. Shirakawa, A.G. Mac Diarmid, 1976).

8 Literatur

BASF (1991): Kunststoffverarbeitung im Gespräch 2, Extrusion, 4. Aufl.

BECKER, BRAUN (1990): Kunststoff-Handbuch, Die Kunststoffe, Bd. 1, München/Wien: Carl Hanser Verlag.

BMLF, FFF (1998): Holzinnovation aus Österreich, Wood Innovations: NORKA.

CARLOWITZ (1986): Kunststofftabellen, 3. Aufl., München/Wien: Carl Hanser.

DOMININGHAUS (1992): Die Kunststoffe und ihre Eigenschaften, 4. Aufl., Düsseldorf: VDI Verlag.

Frauenhofer-ISI (1998): Innovationspotentiale von Umwelttechnologien; in Reihe: Schriftenreihe des Frauenhofer Instituts für Systemtechnik und Innovationsforschung, Berlin: Umweltbundesamt.

FRIEDEL, R. (1979): Parkesine and Celluloid the failure and success of the first modern plastic, in: Hall, A. R., Smith, N. (Hg.): History of Technology: Mansell.

GÄCHTER, MÜLLER (1989): Kunststoff_Additive, 3. Aufl., München/Wien: Carl Hanser.

HENSEN, KNAPPE, POTENTE (1989): Handbuch der Kunststoff-Extrusionstechnik, Bd. 1, München/Wien: Carl Hanser Verlag.

IFA-Tulln (Interuniversitäres Forschungsinstitut für Agrarbiotechnologie Tulln) (1996): Jahresbericht.

IFA-Tulln (Interuniversitäres Forschungsinstitut für Agrarbiotechnologie Tulln) (1998): Jahresbericht.

JOHANNABER, (1992): Kunststoff-Maschinenführer, 3. Aufl., München/Wien: Carl Hanser Verlag.

KNAPPE, LAMPL, HEUEL (1992): Kunststoffverarbeitung und Werkzeugbau, München/Wien: Carl hanser Verlag.

Michaeli, Einführung in die Kunststoffverarbeitung, München/Wien: Carl Hanser Verlag.

OSTEROTH, D. (1987): Rohstoffe für die chemische Industrie, Die Naturwissenschaften 74(6), 257-263.

ÖSTAT 1995: Ökobilanz Wald, Wien.

RENNINGS, K. (Hg.), 1999, Innovation durch Umweltpolitik; in Reihe: Wirtschaftsanalysen, hg. v. ZEW: Nomos.

RUBIN et al (1990): Handbook of plastics materials and technology.

SÄCHTLING (1989): Kunststofftaschenbuch, 24. Aufl., München/Wien: Carl Hanser.

SCHÖNE, W. (1990): Historische Quellen und Geschichte des Holzleimbaus, Wissenschaftliche Berichte der technischen Hochschule Leipzig 8, 90-115.

SHEN, T. T. (1995): Industrial Pollution Prevention: Springer.

SUNDBO, J. (1998): The theory of innovation. Enterpreneurs, technology and strategy; in Reihe: New horizons in the economics of innovation, hg. v. Christopher, F., Cheltenham, Northampton: Edward Elgar.

ZUSAMMENFASSUNG

Zusammenfassung

Für Umweltinnovationen hat die Sorge um Inhalt des Fortschrittes und die Zukunftsvorsorge eine zentrale Bedeutung. Technologien mit vorsorgendem Charakter müssen die Belastungen unseres Lebensraums verringern bzw. verhindern, ohne die Umweltprobleme zeitlich oder räumlich zu verschieben. Solche Umwelttechnologien sind Sicherheitsventilen ähnlich, die das Risiko von Explosionen verringern, statt mit dem Feuerlöscher das Feuer nach der Explosion zu bekämpfen. Beispiele für vorsorgende Umwelttechnologien sind:

vorsorgende Umwelttechnologien

- Technologien, die Stoff- oder Energieverbrauch der Verfahren reduzieren,
- Technologien, die naturfremde und schädliche Stoffe ersetzen, oder
- Technologien, die das Unfallrisiko der Prozesse verringern.

ausgewählte Beispiele

Dieser Bericht stellt eine Zusammenfassung der Ergebnisse von Recherchen, Befragungen und vielen interdisziplinären Diskussionen über die Entwicklung und Verbreitung zweier innovativer umweltrelevanter Technologien, nämlich des integrativen Einsatzes der Membrantechnologie und thermoplastisch verarbeitbaren Holzes, dar. Diese Beispiele wurden in einem mehrstufen Verfahren mit Hilfe einer interdisziplinären Expertengruppe aus dem Forschungs- und Innovationsbereich in Österreich ausgewählt.

Bei der Untersuchung wurden mehrere Hemmnisse identifiziert, die wirtschaftlichen, organisatorischen bzw. regulatorischen Charakter haben und für viele vorsorgende Umwelttechnologien relevant sind. Als Beispiele können:

- fehlende Motivation zur Ressourceneffizienz und Substitution schädlicher Stoffe wegen niedriger Preise der Ressourcen,
- organisatorische Hemmnisse für die notwendigen interdisziplinären Kooperationen zur Technologieentwicklung,
- informatorische Hemmnisse wegen der Geheimhaltung der Forschungsergebnisse und
- Mangel an Erfahrungen mit neuen Technologien sowie Mangel an Vertrauen in sie

erwähnt werden.

... keine realistische Preise

Die Reduktion des Stoff- und Energieverbrauchs bzw. die Substitution der Rohstoffe ist mit wirtschaftlichen Hemmnissen konfrontiert, wenn Preise von Rohstoffen wie Frischwasser nicht ihren wahren Belastungen entsprechen. Dies ist oft ein zentraler Grund für Mangel an Motivation zum Einsatz vorsorgender Umwelttechnologien.

wissensintensiv

Als eine Herausforderung für diese Technologien wurde für beide Beispiele der Bedarf an umfassendem Wissen über den gesamten Prozeß bzw. den gesamten Lebenszyklus des Produktes zugleich mit dem Bedarf an spezifischem Wissen über den zu verändernden Prozeßschritt identifiziert. Dadurch kommt es oft zu einem Dilemma, da einerseits eine isolierte Technologieentwicklung nicht zielführend ist, Kooperationen jedoch auf organisatorische und wirtschaftliche Hemmnisse stoßen.

Geheimhaltung der Forschungsergebnisse

Auch wenn solche Kooperationen gelingen, besteht keine Garantie für die Verbreitung dieser Innovationen, da sie oft wegen der Geheimhaltung der Forschungsergebnisse und des Monopols durch beteiligte Firmen für eine breite Anwendung nicht verfügbar sind.

allgemeines Problem für innovative Technologien

Ein allgemeines Problem für innovative Technologien jeder Art, das auch für ausgewählte Beispiele in dieser Arbeit identifiziert wurde, ist die Skepsis über die Wirtschaftlichkeit dieser Technologien für den Betrieb, wenn die Erfahrungen mit der neuen Technologie und Informationen über Kosten und Nutzen fehlen. Mangelndes Vertrauen in neue Technologien verringert damit die Investitionsfreudigkeit der Unternehmen.

Unterstützungsstrategien müssen daher sowohl die Motivation der potentiellen Anwender und Bereitstellung der Informationen für sie fördern, als auch die Kooperation der Technologieentwickler erleichtern.

Ohne Motivation durch wirtschaftliche, politische und regulatorische Rahmenbedingungen entsteht kein Interesse für den Einsatz vorsorgender Umwelttechnologien. Erst wenn Interesse erweckt wird, muß Vertrauen in neue Technologien vor allem durch Informationen aufgebaut werden. Für die Investitionsentscheidungen der potentiellen Anwender spielen die Informationen über Vorteile und praktische Erfolge, sowie gelungene Forschungsergebnisse über solche Technologien, eine große Rolle. Staatliche Unterstützung zu der Erstellung allgemein zugänglicher Referenzanlagen wurde einheitlich von befragten Akteuren begrüßt.

interdisziplinäre Kooperationen

Schließlich fördert die Kooperation der Technologieentwickler die Entwicklung und Umsetzung vorsorgender Umwelttechnologien. Für die Technologieentwickler – so zeigen beide Beispiele – ist die Entwicklung vorsorgender Umwelttechnologien eine interdisziplinäre Angelegenheit, und verschiedene Konstellationen in der Technologieentwickler-Gruppe spielt eine entscheidende Rolle für die Verbreitung. Dabei konnte eine umweltpolitisch wichtige Konstellation für die Entwicklung erwünschter innovativer Lösungen identifiziert werden, wenn Forschungseinrichtungen eine Vermittlerrolle zwischen der Grundlagenforschung an den Universitäten und den Anwendungen in der Industrie spielen.

gezielte Verwertungspolitik öffentlicher Forschungseinrichtungen

Forschungseinrichtungen können durch eine gezielte Innovationspolitik, eine optimale wirtschaftliche Verwertung der Forschungsergebnisse ermöglichen und die Verbreitung der Technologie unterstützen. In diesem Fall müssen öffentlich finanzierte Forschungseinrichtungen in Österreich mehr als bis jetzt ihre Innovationen eigenständig wirtschaftlich verwerten (z. B. selbst als Patentanmelder auftreten), um möglichen Verbreitungshemmnissen gesellschaftlich wichtiger Technologien durch Firmen (Monopole) entgegenzuwirken.

Aufbau von Interessensvertretungen

Eine Maßnahme zur Unterstützung von Kooperationen könnte das Auftreten der Umweltpolitik als aktiver Vermittler für die Umsetzung innovativer Lösungen sein. Weiters konnte der Aufbau von Interessensvertretungen für vorsorgende Umwelttechnologien, die Aktivitäten der interdisziplinären Forschung und Entwicklung, Vermarktung, Umsetzung und Verbreitung koordinieren, eine wertvolle Maßnahme sein.

Neben allgemeinen Maßnahmen sind für die einzelnen innovativen Umwelttechnologien spezifische (oft technische) Handlungen notwendig. An dieser Stelle werden einige spezielle Erkenntnisse und Handlungsvorschläge für den integrativen Einsatz der Membrantechnologie und für thermoplastisch verarbeitbares Holz präsentiert:

Spezielle Erkenntnisse für die Beispiele

integrativer Einsatz der Membrantechnologie

Abwasserreduzierende Technologien werden in naher Zukunft, nicht nur zur Erhaltung der hohen Lebensqualität, sondern auch aus wirtschaftlichen Gründen unerläßlich sein. Für den integrativen Einsatz der Membrantechnologie in Österreich sind vereinzelt Beispiele von den frühen achtziger Jahren zu finden.

Mehr Anlagen sind jedoch in den letzten 10 Jahren errichtet worden.[1] Die Anwender nutzen die Membrantechnologie entweder zur Aufarbeitung der Prozeßflüssigkeit, eventuell auch zur Recyclierung von gereinigtem Wasser, oder sie wenden das Verfahren zur Abtrennung von Wertstoffen und Produkten aus dem Produktstrom an.

Die Chancen des integrativen Einsatzes der Membrantechnologie in Österreich wurden von den befragten Akteuren vor allem in den technischen und ökologischen Vorteilen gesehen, die folgende betriebswirtschaftliche Einsparungen ergeben können:

Vorteile

- geringerer Einsatz von Chemikalien,
- geringere Abwasser- und Permeatentsorgungskosten,
- geringere Energiekosten,
- geringere Transportkosten durch das Eindicken von Produkten, sowie
- gegebenenfalls erhöhte Produktqualität (vor allem im Bereich der Lebensmittelindustrie).

Diese Vorteile können jedoch im Einzelfall je nach den Gegebenheiten des Prozesses stark variieren.

Durch die bessere Ressourceneffizenz und höhere Produktqualität in vielen Industriebranchen durch schonende und selektive Trennverfahren, sind hohe Umweltschutzpotentiale vorhanden. Der geringere Energieverbrauch ist für jene Betriebe speziell interessant, die durch Einsatz eines Membrantrennverfahrens ein thermisches Verfahren (z. B. Eindampfen) ersetzen können (z. B. Molkereien). Hier sind zugleich große Potentiale zur Reduktion von CO_2-Emission vorhanden.

Da Membrantechnologie sowohl in der integrativen als auch additiven Form angewendet werden kann, soll bei der Bewertung eine klare Unterscheidung getroffen werden. Da integrative Verfahren die Entstehung der Umweltbelastungen im Prozeß verhindern und keine Verschiebung des Problems zu anderen Medien[2] verursachen, können sie im Gegensatz zu den additiven (End-of-pipe) Verfahren die Ressourceneffizienz erhöhen und damit sowohl das Umweltschutzpotential als auch die Wirtschaftlichkeit des Verfahrens positiv beeinflussen.

Es wurde bei der Untersuchung deutlich, daß verschiedene Möglichkeiten für die Zusammensetzung der Gruppe der **Technologieentwickler** für integrative Verfahren vorhanden sind.

Drei Konstellationen, die zu erfolgreichen Entwicklungen für den integrativen Einsatz der Membrantechnologie geführt haben, sind hier zu erwähnen:

- Forschungseinrichtungen spielen eine Vermittlungsrolle zwischen der Grundlagenforschung an den Universitäten und den Anwendungen in der Industrie. Sie können durch eine gezielte Innovationspolitik, eine optimale wirtschaftliche Verwertung der Forschungsergebnisse ermöglichen und die Verbreitung der Technologie unterstützen.
- Engineeringfirmen und technische Büros vermitteln zwischen den anwendungsorientierten Universitätsinstituten, Anlagebauern und Anwendern. Diese Variante spielt eine entscheidende Rolle bei der Verbreitung schon entwickelter Lösungen bzw. bei der Optimierung der Verfahren.

---

[1] Eine umfassende Literaturrecherche für die Entwicklungsgeschichte dieser Technologie in Österreich hat zu keinen wesentlichen Informationen geführt. Für eine fundierte Dokumentation dieser Entwicklung ist eine eigene umfangreiche und systematische Recherche in den Archiven der Firmen notwendig.

[2] Luft, Wasser, Boden.

- Innovative Firmen, die eine eigene Verfahrenstechnikabteilung besitzen, wenden sich für spezifische Entwicklungen direkt an die Universitäten. Eine Verbreitung der Technologie ist hier wegen der Geheimhaltung der Forschungsergebnisse oft nicht möglich.

Es sind natürlich auch andere Varianten für Technologieentwicklungen möglich, die jeweils ein neues Bild der Gruppe „Technologieentwickler“ darstellen.

Technologieanwender nehmen ebenfalls in jeder Konstellation verschiedene Rollen ein. Während die innovativen Firmen in der Variante 3 die Entwicklung aktiv vorantreiben und als Teil der Technologieentwickler betrachtet werden, nehmen sie in Varianten 1 und 2 an der technischen Entwicklung weniger teil.

Aufwand zur individuellen Optimierung reduzieren

Kooperation der Technologieentwickler

Das meist erwähnte technische Hemmnis ist der Bedarf an individueller Optimierung der Anlagen. Die Leistung der Membrantrennverfahren wird nicht zuletzt durch die Auswahl der Voreinrichtungen zur Vorbereitung der Mischungen sowie der Filtrationsdauer bestimmt. Eine individuelle Optimierung der Auslegung vor Ort ist deshalb unabdingbar. Um den zum Teil intensiven Optimierungsaufwand zeitlich und finanziell zu reduzieren, sind am internationalen Markt Pilotanlagen für branchenspezifische Anwendungen verfügbar, bei denen eine flexible Umstellung der Prozeßbedingungen möglich ist. Diese Anlagen werden durch die Kooperation der Anlagenbauer mit Engineeringfirmen, Universitätsinstituten und Anwendern entwickelt. Sie können einerseits dem Anwender beim Erwerb von Erfahrungen mit dem Verfahren helfen und anderseits später als Optimierungselement für die endgültigen Anlage dienen. Da Membrantrennverfahren modular ausgelegt werden, ist eine Erweiterung der Anlagen technisch relativ einfach realisierbar.

beschränkte Standardisierbarkeit

Es soll hier betont werden, daß der Bedarf an individueller Optimierung des Verfahrens vor Ort bei fast allen integrativen Verfahren vorhanden ist. Daher ist die Standardisierbarkeit für diese Verfahren beschränkt.

Bei der Reflexion der Thesen mit den Beteiligten hat sich herausgestellt, daß eine erhebliche Meinungsdifferenz bezüglich der Hemmnisse und Unterstützungsmaßnahmen zwischen den Akteuren besteht. Übereinstimmung herrscht bei höherem Bedarf an Expertise für die integrativen Verfahren im Vergleich zu den end-of-pipe Verfahren. Die Maßnahmen mit der höchsten Zustimmung fordern die öffentlich finanzierten Förderungen in verschiedenen Formen (z. B. Erstellung allgemein zugänglicher Referenzanlagen, Verbreitung von Forschungsergebnissen der öffentlich finanzierten Forschungseinrichtungen). Die Ergebnisse der Reflexion weisen auf einen erheblichen Diskussionsbedarf zwischen den Akteuren hin.

thermoplastisch verarbeitbares Holz

Die Technologien für **thermoplastisch verarbeitbares Holz** wurden an hochschulnahen Forschungsinstituten entwickelt und stehen derzeit am Beginn ihrer industriellen Anwendung. Dabei werden Holz und Stärke wie thermoplastische Kunststoffe verarbeitet. Thermoplastisch verarbeitbares Holz ist einerseits ein moderner Holzwerkstoff für die holzverarbeitende Industrie, und stellt andererseits einen neuen Werkstoff für die kunststoffverarbeitende Industrie dar. Als besonderer Vorteil des thermoplastisch verarbeitbaren Holzes gilt die Möglichkeit der Nutzung nachwachsender Rohstoffe (wie Sägenebenprodukte) zur Herstellung von komplexen Gegenständen in Serienproduktion.

Forschung

Die regionale Nutzung nachwachsender Rohstoffe ist jedoch mit Adaptierungs- und Optimierungsbedarf in der Produktion verbunden, was in vielen Fällen ein Verbreitungshemmnis darstellt. Eine breite Grundlagenforschung der Stoffeigenschaften für verschiedene Werkstoffe aus thermoplastisch verarbeitbarem Holz, sowie eine interdisziplinäre Zusammenarbeit mit den Werkstoff- und Fertigungsexperten (speziell Experten der Holzverarbeitung) können entscheidende Impulse für die Verbreitung thermoplastisch verarbeitbaren Holzes er-

zeugen. Dabei sind günstige wirtschaftliche und organisatorische Rahmenbedingungen notwendig, um eine fundierte Grundlagenforschung und zahlreiche organisatorische Innovationen zur Zusammenarbeit der Akteure zu ermöglichen.

Potentielle Märkte für tv-Holzprodukte können vor allem in drei Bereichen identifiziert werden:

- im Bereich der holzverarbeitenden Industrie, in denen das Produkt vergleichbare Eigenschaften und Anforderungen wie Konkurrenzprodukte erfüllen kann (z. B. Profile);
- die mögliche Substitution von Produkten aus Kunststoff (z. B. Kabelschienen);
- die Schaffung völlig neuer Märkte für tv-Holzprodukte durch Ausschöpfung der neuen Gestaltungsmöglichkeiten dieser Produkte durch komplexere Formen.

Da im Rahmen der Untersuchung für thermoplastisch verarbeitbares Holz auf eine umfassende Befragung aller interessierten Akteure verzichtet werden mußte (siehe tv-Holz-Kapitel 2), konnte eine Reflexion der entwickelten Thesen für tv-Holz in der geplanten Form mit allen beteiligten Akteuren nicht durchgeführt werden. Einige Thesen über die speziellen Hemmnisse und Maßnahmen auf Basis der Erhebungen werden hier präsentiert.

spezielles wirtschaftliches Hemmnis

Ein wirtschaftliches Hemmnis für tv-Holz in Österreich ist der bereits vorhandene Verbrauch der heimischen Sägenebenprodukte in anderen Bereichen wie energetische und stoffliche Nutzung. Dieses Problem kann in einigen Fällen mit einem organisatorischen Problem, nämlich keine optimale Verteilung der lokalen Überschüsse an Sägenebenprodukten, verbunden sein.

technische Maßnahmen

bessere Produktqualität durch unabhängige und schnelle Entwicklung der Zusatzstoffe

Bei der Herstellung von thermoplastisch verarbeitbarem Holz sind sowohl Rohstoffe und Verarbeitungsprozeß, als auch die Zusatzstoffe (Additiva) von großer Bedeutung. Während eine eigene Entwicklungsforschung für die Optimierung der Rohstoffeigenschaften und Verarbeitungsprozeß für jedes Produkt individuell erfolgen muß, kann die Forschung hinsichtlich Additiva auf einheitlicher Basis für alle Produkte erfolgen. Eine unabhängige Forschung und Entwicklung hinsichtlich Additiva aus nachwachsenden Rohstoffen bringt somit einen Vorteil für die Entwicklung aller dieser Produkte. Die Monopolisierung solcher Forschungsaktivitäten wird mittel- und langfristig der Verbreitung der thermoplastisch verarbeitbaren Produkte mehr schaden als nutzen.

rasche Entwicklung großer Produktpaletten

Kooperation für Markteintritt

Eine große Produktpalette, die notwendigerweise durch verschiedene Hersteller und durch verschiedene Verarbeitungsmethoden entsteht, ist eine wesentliche Voraussetzung für die Verbreitung dieser Produkte. Der Markteintritt der Einzelprodukte kann durch das Vorhandensein von großen Produktpaletten und Produktsystemen beschleunigt werden. Beispiel: Im Möbeldesign oder Innenausbau spielt die Anpassung verschiedener Produkte, wie Rahmen, Platten, Griffe, usw., in Einrichtungskonzepten eine entscheidende Rolle.

Abschließend soll angemerkt werden, daß nicht nur die identifizierten Einflußfaktoren auf Entstehung und Verbreitung vorsorgender Umwelttechnologien, sondern auch interdisziplinäre Diskussionen zwischen den beteiligten Akteuren ein Ergebnis dieser Pilotstudie sind. Bei der Untersuchung des integrativen Einsatzes der Membrantechnologie, wo Diskussionen mit allen beteiligten Akteuren möglich war, haben die interdisziplinären Diskussionen darüber hinaus dazu geführt, die Schwerpunkte der Meinungsdifferenzen und Konsensthemen deutlich aufzeigen zu können.