

Im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU)

Ressourceneffizienz in KMU Einsatz und Recycling von Werkstoffen

Eine explorative Studie

Schlussbericht, Oktober 2013

Auftraggeber

Bundesamt für Umwelt (BAFU), Abteilung Abfall und Rohstoffe, CH-3003 Bern

Das BAFU ist ein Amt des Eidg. Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK).

Auftragnehmer

Züst Engineering AG

Autor

Rainer Züst

Die Studie wurde im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU) verfasst.
Für den Inhalt ist allein der Auftragnehmer verantwortlich.

Züst Engineering AG
Eichbühlstrasse 6
8607 Seegräben

Telefon +41 44 932 51 59

rainer.zuest@zuestengineering.ch

www.zuestengineering.ch

Zusammenfassung

Drei zentrale Fragen

In der vorliegenden explorativen Studie soll insbesondere den folgenden drei Fragen nachgegangen werden:

- Wie gehen MEM-Firmen in repräsentativen MEM-Branchen typischerweise mit dem Thema „Materialeffizienz“ um? Welchen Nutzen haben sie davon?
- Welche Massnahmen im Bereich Materialeffizienz und mit welchem messbaren Erfolg haben diese Firmen **in der eigenen Produktion** (Beschaffung, Prozessoptimierung, Reduktion Ausschuss, Produktionsabfall-Recycling, ...) umgesetzt?
- Welche Massnahmen haben diese Firmen - falls diese Produkte respektive eigenen Komponenten entwickeln - **in der Produktentwicklung** im Hinblick auf effiziente Herstellung, Nutzung und Entsorgung umgesetzt? Und wie ist der Erfolg?

Abgrenzung und Inhalt der Studie

Es geht zunächst um eine erste Auslegeordnung; an einigen wenigen Beispielen, soll aufgezeigt werden, wie Produktionsfirmen mit dem Thema „Ressourceneffizienz“ umgehen. Wichtig sind dabei der Praxisbezug und die für die Studie notwendige Bereitschaft, Informationen offen zu legen.

Vorgehen und Ablauf

Im Rahmen der explorativen Studie wurden 11 Interviews im engeren Sinn mit entsprechenden Fachpersonen in den jeweiligen Firmen durchgeführt. Im Anschluss an das Interview wurde jeweils ein Protokoll im Umfang von 3-4 Seiten erstellt; dieses wurde von den Befragten gegengelesen, korrigiert, angepasst und genehmigt. Diese Protokolle sind vertraulich und werden deshalb nicht publiziert.

Im Anschluss an die Interview-Serie wurde eine Auswertung vorgenommen.

Befragte Firmen

Es wurden die folgenden Firmen befragt:

Firma	Produkt	Unternehmensbereich
Ancor Flexibles Rorschach AG, Goldau	Veredelte Aluminiumfolien für Verpackungen	Produktion in Goldach
Georg Fischer Piping Systems	Rohrleitungssysteme für unterschiedlichste Anwendungen	Produktion in Schaffhausen
Geberit, Jona	Ver- und Entsorgungssysteme im Sanitärbereich	Produktion Jona
Huber + Suhner, Herisau	Kleine Spritzgussteile für Elektronik, Automotive, ...	Produktion Tüfi
Huber + Suhner, Pfäffikon	Kunststoffgranulat nach bestimmten Rezepturen	Mischwerk Witzberg
Giroflex, Koblenz	Bürostühle	Werk Koblenz, plus Produkte
Knecht + Müller, Stein am Rhein	Brillengläser aus Kunststoff und Silikat	Unternehmen
Ernst Schweizer AG, Hedingen	Stahlbau: Fassaden, Wintergärten, Solaranlagen, ...	Unternehmen
PetroplastVinora, Jona	Extrudierte Kunststofffolien (1- und Mehrschicht)	Werk Jona
Netstal, Näfels	Hochleistungs- und Hochpräzisions-Spritzgiessmaschinen	Spritzgiessmaschine
Swiss Steel, Emmenbrücke	Stahlhersteller / Recycler	Werk Emmenbrücke

Erkenntnisse:

<i>Bedeutung Thema „Umwelt“</i>	Bei allen befragten Firmen hat das Thema Materialeffizienz einen relevanten Stellenwert; bei einigen Firmen wird im Sinne eines „top-Down-Ansatzes“ explizit eine höhere Umweltleistung und somit höhere Materialeffizienz von der Firmenleitung verlangt.
<i>Relevanz der Materialkosten</i>	Materialkosten sind in allen befragten Firmen relevant respektive stellen den grössten Kostenfaktor dar. Dieser variiert bei den befragten Firmen zwischen 20% und 90%. <u>Im Durchschnitt resultiert ein Wert von ca. 45%.</u> Die Ausgangssituation ist deshalb hervorragend. Im Gegensatz zu vielen anderen ökologischen Themen besteht bei der Materialeffizienz auch ein hoher ökonomischer Anreiz.
<i>Projekte im Kontext „Materialeffizienz“</i>	Bei allen befragten Firmen laufen Projekte im Kontext „Materialeffizienz“; insbesondere wird versucht, Verschwendungen jeglicher Art (Durchlaufzeit, Ware in Arbeit, Lager, ...) wenn möglich zu vermeiden, oder dann zu verringern.
<i>Verwendung von Sekundär- Kunststoff</i>	Einige Firmen verwenden bewusst Sekundärmaterialien respektive richten die Maschine auch auf die Verarbeitung von Sekundärkunststoff aus; dies erfolgt entweder, um aktiv die Umweltbelastung zu reduzieren oder dann aus Kostengründen. Ein Grossteil der Firmen wäre – unter Voraussetzungen – bereit, Sekundärkunststoff zu verwenden. Limitierende Faktoren sind jedoch insbesondere Verfügbarkeit und Konstanz in der Qualität.
<i>Interne Material- aufarbeitung</i>	Bei Kunststoff-verarbeitenden Betrieben werden systematisch Produktionsabfälle (Angüsse, Anfahrschrott, Ausschuss) gesammelt und aufbereitet. Als Ergebnis liegt Mahlgut oder Re-Granulat vor. Dieses wird wenn immer möglich intern wiederverwertet; ansonsten wird dieses weiterverkauft, selten in KVA verbrannt. Bei der Metallverarbeitung werden Abschnitte, Späne etc. sortenrein gesammelt und einem Recycling-Betrieb verkauft. Die übrigen Materialfraktionen, z.B. Plastikfolien und Karton von Verpackungen, werden in allen befragten Betrieben separat gesammelt und wenn möglich einem Recycling zugeführt.
<i>Anteil KVA</i>	Alle Firmen versuchen aktiv, den KVA-Anteil zu reduzieren. Der Anteil ist in der Regel sehr klein. Der KVA-Anteil der untersuchten Firmen bewegt sich zwischen wenigen Promille bis zu ca. 4% bezogen auf den gesamten Materialeinsatz. In dieser Zahl ist auch der „normale“ Kehricht aus dem Betrieb enthalten.
<i>Produkt- Rücknahme</i>	In der Regel bieten die befragten Firmen eine „Produktrücknahme“ an; zum einen betrifft dies beispielsweise den Konfektionsabfall beim Kunden (Zuschnitt, Restmengen, ...); zum anderen bieten „Produkthersteller“ auch die Rücknahme obsoleter Produkte an, z.B. im Rahmen von Neubeschaffungen. Das in den meisten Fällen existierende Angebot einer Produktrücknahme wird kaum genutzt; die zurückgenommenen Mengen entsprechen einem kleinen Bruchteil der gelieferten Mengen (in einem Fall unter 1 Promille).
Positionierung von Ecodesign	Das Thema Ecodesign – insbesondere als präventive Massnahme zur Verbesserung der Umweltleistung insgesamt – wird in unterschiedlichen Ausprägungen in allen Firmen verfolgt. Die Firmen versuchen aktiv, ihr Wissen und ihre Erfahrung in Bezug auf einen optimierten Produktlebenszyklus bereits im Rahmen der Produktspezifikation einzubringen.

<i>Eco im Design: Optimierung Materialeinsatz</i>	In allen befragten Firmen ist die Materialspezifikation ein Thema; zum einen geht es um die Recyklierbarkeit des Materials, also insbesondere um die Wiederverwertung von Kunststoff in der (eigenen) Produktion. Zum anderen wird aktiv der Frage nachgegangen, ob und in welcher Art Sekundärmaterial verwendet werden kann (primär Fragen zur Qualität) und ob auch genügende Mengen verfügbar sind.
<i>Eco im Design: Anpassung von „Geometrie“</i>	Bei den befragten Firmen werden z.T. auch die konstruktive Ausgestaltung der Produkte hinterfragt. Die befragten Firmen versuchen vielfach in diesem Bereich Optimierungen – in Koordination mit dem Kunden – bezüglich der eigenen Produktion zu erzielen.
<i>Eco im Design: Optimierung der Produkt- entwicklung</i>	Insbesondere bei Herstellern von eigenen Produkten – in der vorliegenden Studie sind es vier Unternehmen plus ein Produktionsmaschinenhersteller – wird die Produktion und je nach Relevanz auch die Nutzung „vorgedacht“ und optimiert. Diese Firmen haben weitgehend einen (gelebten) Ecodesign-Prozess in der Produktentwicklung.
<i>Eco im Design: Infrastruktur (Produktions- anlagen sowie Produktionshalle</i>	Bei allen befragten Firmen wird zumindest bei Neubeschaffung der Anlagen und der Infrastruktur auf Material- und Energieeffizienz geachtet. Viele der befragten Firmen setzten mit der Strategie der kleinen Schritte sukzessive Verbesserungen um. In der Regel basieren diese Optimierungen auf einer zuvor festgelegten Strategie.
Erfolgsfaktoren für eine hohe Materi- aleffizienz	Aus Sicht der befragten Firmen gibt es im Wesentlichen vier Erfolgsfaktoren im Hinblick auf eine hohe Materialeffizienz:
<i>Relevanz der Materialkosten</i>	10 der 11 befragten Firmen waren der Ansicht, dass der hohe Anteil der Materialkosten mithilft, die Materialeffizienz zu erhöhen.
<i>Eco im Design</i>	Ebenfalls 10 von 11 Firmen sehen bei Ecodesign eine wichtige Massnahme, den Materialeinsatz insgesamt zu reduzieren.
<i>Prozess im Griff / richtiges Produkt</i>	8 von 11 Firmen nennen eine hohe Prozesssicherheit als Erfolgsfaktor, denn Ausschuss stört. Die Ausschussquote liegt bei den befragten Firmen deutlich unter 1% bei der Massenfertigung (sofern diese Frage beantwortet wurde). Bei Losgrösse 1 und / oder speziellen Kundenanforderungen steigt dieser Wert bis auf 9%. Der Anfahrschrott ist je nach befragter Firma deutlich höher, im Einzelfall kann er 20% und mehr erreichen. Bei recyklierfähigem Kunststoff findet in der Regel eine interne Aufarbeitung und Wiederverwertung statt; insofern ging das Material nicht verloren– trotzdem wurde dazu zusätzlich Energie, Zeit und Produktionskapazität eingesetzt.
<i>Lean- Management / Management- systeme</i>	Managementsysteme sind für 7 von 11 Firmen ebenfalls ein wichtiger Erfolgsfaktor für eine gute Materialeffizienz. Damit sind zum einen Führungssysteme angesprochen, um Ziele im Betrieb systematisch umzusetzen. Zum andern geht es um „Denkhaltungen“ und die entsprechende Reorganisation. In diesem Kontext werden z.B. Lean-Konzepte umgesetzt.

Hemmnisse

	Aus Sicht der befragten Firmen gibt es im Wesentlichen drei Hemmnisse im Hinblick auf eine hohe Materialeffizienz:
<i>Normen & Standards</i>	Im Bereich Lebensmittel, Pharmazie und Chemie aber auch im Bereich Micro-Elektronik bestehen hohe Anforderungen an Materialien und deren Verarbeitung.

In diesen Bereichen verhindern u.U. einschlägige Normen den Einsatz von Sekundärmaterialien im Bereich Kunststoff. 7 der 11 befragten Firmen (mehrheitlich Kunststoff-verarbeitende Betriebe) sehen bei Normen und Standards gewisse Nachteile.

Kundenwünsche

Ähnlich sieht das Bild bei Kundenanforderungen aus; 7 der befragten Firmen sehen diese als Hemmnis. Insbesondere in industriellen Zuliefernetzwerken können Kundenanforderungen nicht oder dann nur teilweise angepasst werden.

Fehlendes übergeordnetes Recyclingsystem

6 von 11 Firmen sehen in „fehlenden übergeordneten Recyclingsystemen“ für Kunststoffe respektive Betriebsstoffe ein Hemmnis, den Einsatz von Sekundärwerkstoffen zu erhöhen respektive „Ab-Produkte“ einem externen Recycling zuzuführen.

Ausblick:

TopManufacturing

Thematischer Cluster als „Ideen-Börse“

In anderen Bereichen, z.B. Energieeffizienz von Antriebssystemen, werden bereits erfolgreich praxisnahe Themencluster betrieben. Der Zugang zu „State-of-the-Art“, „best practices“, Normen / Standards, ... wird vereinfacht. Ein gutes Beispiel ist in der Schweiz das Programm „TopMotors“. Die Dienstleistungen stossen auf breites Interesse. Denkbar wäre eine analoge Massnahmen bezüglich Materialeffizienz – im Fokus steht ein effizienter Betrieb; dadurch werden viele Firmen angesprochen.

Inhaltliche Herausforderungen

Bezüglich Themencluster bestehen u.a. thematische Herausforderungen:

- Systemoptimierungen: Das „Denken in Systemen“ im Kontext der Materialeffizienz müsste vermehrt gefördert werden, sowohl inner- wie auch ausserbetrieblich.
- Stand der Technik: Es stellt sich u.a. die Frage, wie „Musterlösungen“ einfach erfasst und Interessierten zugänglich gemacht werden könnten (=Breitenwirkung durch Multiplikation von guten Beispielen).
- Umfassendes Bewertungssystem: Für eine systematische Beurteilung unterschiedlicher Lösungen bezüglich Materialeffizienz braucht es Bewertungsprinzipien und vor allem auch Bewertungsfaktoren, welche eine breite Akzeptanz in der Industrie finden.

Schlussfolgerung

Materialeffizienz ist ein Mega-Thema, mit dem grossen Vorteil, dass es auch wirtschaftlich interessant ist. Deshalb braucht es keine Gesetze, Verbote oder Lenkungsmassnahmen, sondern Schulung, gute Beispiele, Erfolgsgeschichten, täglich neue Anreize; wie in ganz vielen anderen Bereichen auch.

Die Studie kommt zudem zum Schluss, dass die Kompetenz der Leute zu fördern ist, dass hier Planungshilfen und Normen helfen könnten und dass gute Beispiele erfasst, aufbereitet und verbreitet werden müssten. Das sind typische Verbandsaktivitäten; es ist deshalb zu prüfen, in wie fern entsprechende Verbände / Cluster für diese Arbeit gewonnen werden können. Die Idee von „TopManufacturing“ (oder „SmartManufacturing“) ist deshalb näher zu prüfen.

Résumée

Trois questions clés

La présente étude vise principalement à répondre aux trois questions suivantes:

- Comment les entreprises du secteur MEM (machines, équipements électriques, métaux) gèrent-elles la question de l'utilisation rationnelle des matériaux? Quels avantages en retirent-elles?
- Quelles mesures relevant de l'utilisation rationnelle des matériaux ces entreprises ont-elles mises en œuvre **dans leur propre production** (achats, optimisation des processus, réduction des déchets, recyclage des déchets de production, etc.), avec quels effets mesurables?
- Quelles mesures ces entreprises ont-elles mises en œuvre **dans le cadre du développement de produits** – dans le cas où elles développent des produits ou des composants – pour améliorer l'efficacité de leurs processus de production, réduire leur consommation de matériaux et améliorer leur gestion des déchets? Avec quels résultats?

Champ et contenu de l'étude

L'étude vise principalement à dresser un état des lieux. Sur la base de quelques exemples, il s'agit de montrer comment les entreprises de production traitent la question de l'utilisation efficace des ressources. Les facteurs déterminants à cet égard sont l'orientation pratique et la volonté de transparence des entreprises interrogées.

Procédure suivie

L'étude exploratoire a consisté à mener onze interviews au sens strict avec les experts compétents au sein des entreprises examinées. Chaque interview a été consignée dans un procès-verbal de trois à quatre pages, qui a été relu, corrigé, adapté et approuvé par l'expert interrogé. Ces procès-verbaux sont confidentiels et ne sont donc pas publiés.

A l'issue de la série d'interviews, on a procédé à une évaluation.

Entreprises interrogées

Les interviews ont été menées avec les entreprises suivantes:

Société	Produit	Secteur/division examinés
Ancor Flexibles Rorschach AG, Goldau	Feuilles d'aluminium transformées destinées aux emballages	Production, Goldach
Georg Fischer Piping Systems	Systèmes de conduites destinés aux applications les plus diverses	Production, Schaffhouse
Geberit, Jona	Systèmes d'approvisionnement et d'élimination dans le secteur sanitaire	Production, Jona
Huber + Suhner, Herisau	Petites pièces de moulage par injection pour les secteurs de l'électronique et de l'automobile, ...	Production, Tüfi
Huber + Suhner, Pfäffikon	Granulés de plastique selon diverses recettes	Usine de mixage, Witzberg
Giroflex, Koblenz	Chaises de bureau	Usine de Koblenz, plus produits
Knecht + Müller, Stein a. Rhein	Verres de lunettes en plastique et en silicate	Entreprise
Ernst Schweizer AG, Hedingen	Constructions en acier: façades, jardins d'hiver, installations solaires, ...	Entreprise
PetroplastVinora, Jona	Feuilles plastiques extrudées (1 ou plusieurs couches)	Usine de Jona
Netstal, Näfels	Machines de moulage par injection à hautes performances et de haute précision	Machines de moulage par injection
Swiss Steel, Emmenbrücke	Producteur d'acier / recycleur	Usine d'Emmenbrücke

Résultats:

Importance de la thématique environnementale

Dans toutes les entreprises interrogées, on voue une attention soutenue à l'utilisation rationnelle des matériaux; dans certaines d'entre elles, on met en œuvre une approche «top-down», visant à exiger de la direction une meilleure performance environnementale et donc plus d'efficacité dans l'utilisation des matériaux.

Importance du critère du coût des matériaux

Dans toutes les sociétés interrogées, les matériaux représentent un poste comptable important, voire le plus important. Ils peuvent représenter entre 20% et 90% des coûts, mais en moyenne environ 45%. La situation de départ est donc excellente, car au contraire de beaucoup de thématiques environnementales, l'utilisation rationnelle des matériaux présente des avantages sensibles en termes économiques.

Projets touchant à l'utilisation rationnelle des matériaux

Toutes les entreprises interrogées mènent des projets ayant trait à l'utilisation rationnelle des matériaux. Elles s'efforcent en particulier d'éviter, ou tout du moins de réduire, les gaspillages (temps de passage, marchandises en traitement, stock, etc.) au minimum.

Utilisation de matériaux secondaires

Certaines entreprises utilisent à dessein des matériaux secondaires ou règlent leurs machines de manière à pouvoir en utiliser; ce peut être soit pour réduire activement l'impact environnemental, soit pour réduire les coûts.

A certaines conditions, une grande partie des entreprises seraient prêtes à utiliser des matériaux secondaires. Les facteurs limitatifs sont la disponibilité et la constance de la qualité.

Traitement des matériaux en interne

Les entreprises travaillant le plastique procèdent à la collecte et au traitement systématique de leurs déchets de production (moulages, rebuts de mise en marche, rebuts). Elles obtiennent ainsi des matériaux broyés ou des granulats, qu'elles réutilisent dans la mesure du possible en interne; elles les revendent aussi parfois ou les livrent à une UIOM pour incinération.

Lors du traitement de métaux, on collecte séparément les segments et les copeaux pour les livrer à une entreprise de recyclage.

Toutes les entreprises interrogées collectent séparément les autres fractions de matériaux – feuilles plastiques, cartons d'emballage, etc. – et les livrent dans la mesure des possibilités à une entreprises de recyclage.

Proportion de matériaux incinérés en UIOM

Toutes les entreprises s'efforcent activement de restreindre au maximum la part de matériaux brûlés en UIOM, et celle-ci est en règle générale minime. La proportion envoyée aux UIOM dans les entreprises interrogées oscille entre quelques millièmes et 4% du volume total des matériaux utilisés. Cette proportion comprend les déchets «ordinaires» issus de l'exploitation.

Reprise de produits

En règle générale, les entreprises interrogées offrent un service de «reprise» de produits; cela concerne p. ex. les déchets de fabrication (déchets de coupe, restes, etc.) des clients; par ailleurs, certains fabricants proposent de reprendre leurs produits obsolètes, p. ex. dans le cadre d'un nouvel achat. Cette possibilité de reprise reste toutefois rarement exploitée, et les volumes repris ne représentent qu'une petite fraction des volumes livrés (moins de 1 pour mille dans un des cas examinés).

Positionnement du design écologique

Toutes les entreprises interrogées s'intéressent d'une manière ou d'une autre au design écologique – notamment à titre de mesure préventive destinée à améliorer leur bilan écologique global. Elles s'efforcent d'exploiter activement leurs connaissances et leur expérience en matière d'optimisation des cycles de vie des produits, et ce dès la phase de définition du cahier des charges.

*Design
écologique:
matériaux utilisés*

Toutes les entreprises interrogées s'efforcent d'optimiser leurs spécifications concernant les matériaux utilisés; il s'agit d'une part d'utiliser en priorité des matériaux recyclables, notamment de réutiliser les plastiques dans leur propre production ou celle d'une autre entreprise. D'autre part, elles s'efforcent de déterminer dans quelle proportion elles peuvent utiliser des matériaux secondaires et quels types de matériaux secondaires (critères qualitatifs), et si ces matériaux seraient disponibles en quantités suffisantes.

*Design
écologique :
«géométrie» des
produits*

Les entreprises interrogées s'intéressent également à la forme et à la construction de leurs produits. En concertation avec leurs clients, elles s'efforcent d'optimiser la forme des produits et des composants pour faciliter leur construction autant que pour économiser les matériaux.

*Design
écologique:
développement
des produits*

Notamment parmi les fabricants de produits finis – ils sont quatre dans la présente étude, plus un fabricant de machines de production – on s'efforce de «d'anticiper» et d'optimiser la production ainsi que, selon les cas, l'utilisation desdits produits. Ces entreprises appliquent activement des processus de design écologique à leur production.

*Design
écologique:
infrastructures
(installations et
locaux)*

Au minimum lors de l'achat des installations et des infrastructures, toutes les entreprises interrogées sont attentives à une utilisation rationnelle des matériaux et de l'énergie. Nombre d'entre elles appliquent également une stratégie d'optimisation progressive.

Facteurs pouvant favoriser une utilisation optimale des matériaux

Les entreprises interrogées citent quatre facteurs principaux pouvant favoriser une utilisation optimale des matériaux.

*Importance du
coût des
matériaux*

Sur onze entreprises interrogées, dix étaient d'avis que l'importance du poste comptable «matériaux» tendait à favoriser une utilisation rationnelle de ceux-ci.

*Design
écologique*

Sur onze entreprises interrogées, dix voient dans le design écologique un outil important pour réduire les volumes de matériaux utilisés.

*Maîtrise des
processus / choix
judicieux
de produits*

Sur onze entreprises interrogées, huit citent la fiabilité des processus parmi leurs principaux facteurs de réussite et le gaspillage comme un facteur négatif. Leurs taux de rebuts sont nettement inférieurs à 1% pour la production de masse (pour celles qui ont répondu à cette question). Pour la taille de lot 1 et pour les commandes spéciales, ce taux peut aller jusqu'à 9%. Les rebuts de mise en marche sont sensiblement plus importants selon l'entreprise interrogée et peuvent atteindre 20%, voire davantage. Les plastiques recyclables sont en principe traités et réutilisés en interne, ce qui permet d'économiser des matériaux, mais pas l'énergie, le temps et les capacités de production utilisés pour ce faire.

*Simplification des
structures et
systèmes de
gestion*

Pour sept des onze entreprises interrogées, les systèmes de gestion comptent parmi les facteurs pouvant favoriser une utilisation optimale des matériaux. Il s'agit, d'une part, de systèmes de gestion favorisant une mise en œuvre systématique des objectifs et, d'autre part, de la généralisation de stratégies propices à une utilisation rationnelle des matériaux. Les concepts de «lean management» figurent parmi ces modes d'organisation.

Obstacles

Les entreprises consultées identifient trois obstacles principaux à une utilisation rationnelle des matériaux:

*Normes /
standards*

Dans les secteurs industriels alimentaire, pharmaceutique, chimique et micro-électronique, les matériaux et leur transformation sont soumis à de grandes exi-

gences. Dans certains cas, il se peut que les normes auxquelles doivent satisfaire ces secteurs empêchent le recours à des matériaux plastiques secondaires. Sur onze entreprises, sept (pour la plupart des entreprises de l'industrie du plastique) estiment que ces normes constituent des désavantages.

Exigences des clients

Il en va de même des exigences des clients: sept des entreprises consultées les considèrent comme des obstacles. C'est notamment le cas des réseaux de sous-traitants industriels, qui ne peuvent pas ou qui peuvent en partie seulement les satisfaire.

Absence d'un système de recyclage centralisé

Six des onze entreprises considèrent que l'absence d'un système de recyclage centralisé constitue un obstacle à l'utilisation accrue de matériaux secondaires ou au recyclage externe des produits résiduels.

Perspectives:

*Production intelligente
Clusters thématique
comme bourse
aux idées*

Dans d'autres domaines, p.ex. l'efficacité énergétique des systèmes d'entraînement, des clusters thématiques orientés sur la pratique sont exploités avec succès. L'application des technologies correspondants à l'état de la technique, des meilleures pratiques et des normes est facilitée. Le programme suisse «TopMotors» constitue un bon exemple. Ces services rencontrent un grand intérêt. Une mesure analogue dans le domaine de l'efficacité des matériaux, qui se concentrerait sur la production, serait envisageable et permettrait d'attirer un grand nombre d'entreprises.

Défis

Les clusters thématiques soulèvent certains défis:

- optimisations systémiques: il convient de davantage promouvoir la notion de système dans le contexte de l'efficacité des matériaux, aussi bien à l'intérieur qu'à l'extérieur de l'entreprise.
- état de la technique: il s'agit de faciliter l'identification de solutions type et de les rendre accessibles aux entreprises intéressées (= effet boule de neige grâce à la multiplication des bonnes solutions)
- système d'évaluation global: l'évaluation systématique des différentes solutions en matière d'efficacité énergétique nécessite des principes, mais surtout des facteurs d'évaluation bénéficiant d'une large acceptation au sein de l'industrie.

Conclusions

L'utilisation rationnelle des matériaux est un thème de première importance, qui a en outre l'avantage d'être intéressant économiquement. Il n'est donc pas nécessaire de promulguer des lois, des interdictions ou des mesures incitatives. Il s'agit seulement de former les entreprises, de diffuser les bons exemples et les succès et de créer des incitations quotidiennes, comme c'est le cas dans nombre d'autres domaines.

La présente étude parvient aux conclusions suivantes: les compétences des individus doivent être valorisées, des aides à la planification et des normes peuvent se révéler utiles et les bons exemples doivent être recensés, synthétisés et diffusés. Or il s'agit d'activités associatives typiques. C'est pourquoi il convient d'examiner si des associations ou des clusters peuvent être intéressés par ces activités et de creuser la notion de production «intelligente».

Inhaltsverzeichnis:

1	Fragestellung und Abgrenzung	12
1.1	Höhere Ressourceneffizienz in industrieller Produktion	12
1.2	Steigerung der Ressourceneffizienz mit unterschiedlichen Strategien	14
1.3	Eco im Design – Optimierung der Produktlebensphasen	18
1.4	Recycling und stoffliche Wiederverwertung	20
2	Vorgehen und Eckwerte der befragten Firmen	26
3	Erkenntnisse	26
3.1	Genereller Umgang mit dem Thema „Materialeffizienz“	26
3.2	Materialkreislauf – intern und extern	27
3.3	Materialeffizienz und „Eco im Design“	28
3.4	Erfolgsfaktoren für eine hohe Materialeffizienz	30
3.5	Hemmnisse für eine hohe Materialeffizienz	32
4	Fazit und Ideen für weiteres Vorgehen	34
4.1	Materialeffizienz hat hohe Priorität in der produzierenden Industrie	34
4.2	Fördern von spezifischen Verbesserungen	35
4.3	TopManufacturing: Cluster zur Förderung der Materialeffizienz?	35
4.4	Schlussfolgerungen	38
	<u>Anhang I</u> : Rahmen für Interviews	39
	<u>Anhang II</u> : Rahmen für Protokolle	40

1. Fragestellung und Abgrenzung

1.1 Höhere Ressourceneffizienz in der industriellen Produktion

„Grüne Wirtschaft“

Unser aktuelles Wirtschaftssystem ist material- und energieintensiv. So intensiv, dass wir mit heutigem Verbrauch die Erde übernutzen. Diese Übernutzung ist nicht nachhaltig.

„Mit dem Begriff der Grünen Wirtschaft- wird eine ressourcenschonende Wirtschaftsweise umschrieben. Einer Wirtschaftsweise also, welche die Knappheit begrenzter Ressourcen und die Regenerationsfähigkeit erneuerbarer Ressourcen berücksichtigt, die Ressourceneffizienz verbessert und damit die Leistungsfähigkeit der Wirtschaft und die Wohlfahrt insgesamt stärkt“.¹

Effizienz- steigerung von Produktions- betrieben

Massnahme 11 des Aktionsplanes fokussiert sich auf die „Effizienzsteigerung von Abfallanlagen und Produktionsbetrieben“: Zu den Produktionsbetrieben steht:

„Es soll zunächst der Bedarf und die Möglichkeiten solcher Massnahmen und Regelungen zur Senkung des Rohstoffeinsatzes und zum vermehrten Einsatz von Sekundärrohstoffe bei Produktionsbetrieben geprüft werden. Einerseits sollen Produkte möglichst langlebig und andererseits verwertungsfreundlich im Hinblick auf die Rückführung der Sekundärrohstoffe in den Rohstoffkreislauf sein“.

Relevanz der industriellen Produktion für die Schweiz

Die MEM-Industrie in der Schweiz beschäftigte 2012 rund 340'000 Mitarbeitende und erwirtschafteten einen Umsatz von ca. 80 Mrd. CHF bei rund 80% Exportanteil. Dies entspricht rund 33% des gesamtschweizerischen Warenexports. Der Wertschöpfung beträgt ca. 40 Mrd. CHF.

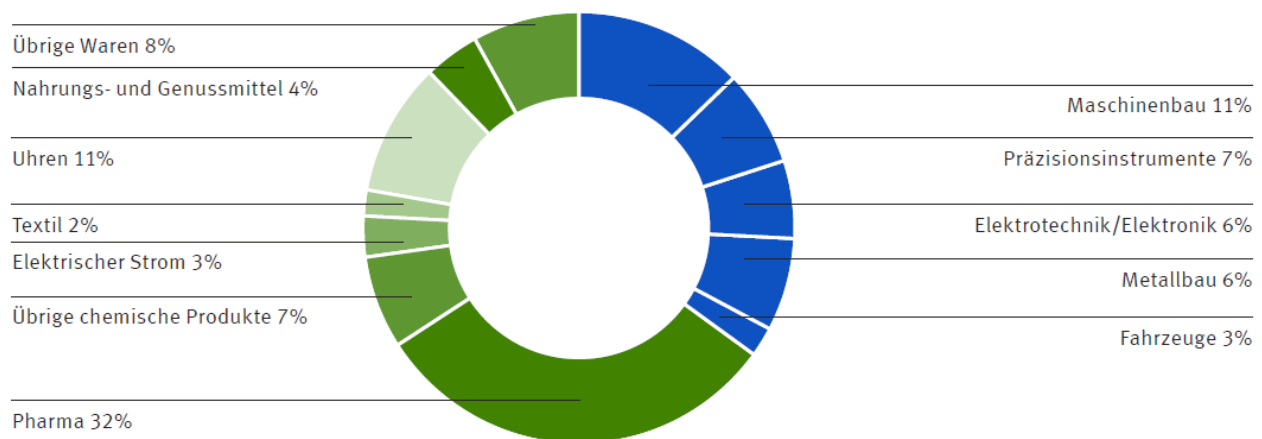


Abb. 1: Gesamtschweizerischer Warenexport 2012
(Quelle: Panorama Swissmem 2013)

¹ Bericht an den Bundesrat, Grüne Wirtschaft: Berichterstattung und Aktionsplan, Bundesamt für Umwelt BAFU, 8. März 2013

Rund 20 Mrd. CHF Umsatz jährlich entfallen auf die Herstellung von Produktionsmaschinen sowie ca. 7 Mrd. auf Komponenten, welche im Umfeld von Produktionsanlagen eingesetzt werden (z.B. Pumpen, Kompressoren sowie Apparate der Wärme- und Kältetechnik).

**Produktions-
standort Schweiz**

Um diese industrielle Produktionsleistung zu erreichen, werden jährlich beispielsweise für die Metallbearbeitung ca. 15'000 Werkzeugmaschinen neu in Betrieb genommen - 6'000 aus eigener Produktion und 9'000 als Importprodukte². Zudem werden weitere 15'000 Produktionsmaschinen jährlich in Betrieb genommen, u.a. Maschinen für graphische Prozesse, Maschinen für Bearbeitung von Kautschuk und Kunststoff sowie Werkzeugmaschinen für Bearbeitung nicht-metallischer Werkstoffe.

Der hohe Exportanteil verbunden mit einem starken Franken zwingt viele Firmen, effizient mit Ressourcen umzugehen, insbesondere auch wegen dem hohen Anteil an Materialkosten³. Es ist deshalb zu erwarten, dass MEM-Firmen auf vielfältige Art die Ressourceneffizienz bereits erhöht haben und künftig auch noch weiter erhöhen wollen.

**Drei zentrale
Fragen**

In der vorliegenden explorativen Studie soll deshalb insbesondere den folgenden drei Fragen nachgegangen werden:

- a) Wie gehen MEM-Firmen in repräsentativen MEM-Branchen typischerweise mit dem Thema „Materialeffizienz“ um? Welchen Nutzen haben sie davon?
- b) Welche Massnahmen und mit welchem messbaren Erfolg haben diese Firmen **in der eigenen Produktion** (Beschaffung, Prozessoptimierung, Reduktion Ausschuss, Produktionsabfall-Recycling, ...) umgesetzt?
- c) Welche Massnahmen haben diese Firmen - falls diese Produkte respektive eigenen Komponenten entwickeln - **in der Produktentwicklung** im Hinblick auf effiziente Herstellung, Nutzung und Entsorgung umgesetzt? Und wie ist der Erfolg?

**Abgrenzung
und Inhalt der
Studie**

In der vorliegenden explorativen Studie geht es zunächst um eine erste Auslegeordnung; an 11 Beispielen soll aufgezeigt werden, wie Produktionsfirmen mit dem Thema „Ressourceneffizienz“ umgehen. Wichtig sind dabei der Praxisbezug und die für die Studie notwendige Bereitschaft, Informationen offen zu legen.

Folgende Abgrenzungen gelten für die Studie:

*Auswahl der
Betriebe*

Es werden ausschließlich Betriebe betrachtet, welche sich bereits mit dem Thema „Umwelt“ intensiv auseinandergesetzt haben. Damit wird sichergestellt, dass (wirtschaftliche) Massnahmen zur Effizienzsteigerung bereits umgesetzt wurden.

² Schätzungen auf Basis der Zahlen der Oberzolldirektion, 2008

³ FAZ, 16.10.2008, Seite 14: „... Ausgaben für Material machen durchschnittlich 43 % der Gesamtkosten (in der deutschen Industrie) aus.“

<i>Zulieferbetriebe und Produkthersteller</i>	Es werden sowohl reine Zulieferbetriebe betrachtet (Material- und Teilelieferanten) wie auch Firmen, welche Produkte entwickeln, produzieren und verkaufen.
<i>Fokus auf Materialflüsse</i>	Im Rahmen der explorativen Studie werden vor allem Materialflüsse betrachtet. Zu diesem Zweck wird die Materialbeschaffung, Produktion, Vertrieb, Nutzung des Produkts und dessen Entsorgung analysiert. Bei reinen Zulieferbetrieben sind es somit Ausschnitte aus dem Produktentstehungsprozess. Unterschieden wird zwischen internem und externem stofflichen Recycling.
<i>Technische und organisatorische Verbesserungen</i>	Die Ressourceneffizienz kann durch technische oder organisatorische Massnahmen verbessert werden; vielfach geschieht dies durch einen so genannten „kontinuierlichen Verbesserungsprozess“ KVP. Von Interesse sind die umgesetzten Massnahmen und deren Nutznachweis.
<i>Eco im Design</i>	Firmen können auch Einfluss auf die Ausgestaltung des Produkts haben, z.B. Materialwahl oder Geometrie/Topologie, direkt im eigenen Betrieb oder indirekt in funktionierenden Zuliefernetzwerken. In der Studie wird deshalb auch untersucht, in wie fern diese Option genutzt wird.
<i>Kunststoff- und Metall- verarbeitung</i>	Es werden in der Studie mehr Kunststoff-verarbeitende Betriebe betrachtet als Metall-verarbeitende. Dies erfolgt aus der Tatsache, dass <ul style="list-style-type: none"> • im Bereich Metalle seit langem Recyclingsysteme bestehen und Sekundärmaterial breit verwendet ist⁴, • im Bereich Kunststoff entsprechende Recyclingsysteme vielfach fehlen, und • metallverarbeitende wie auch kunststoffverarbeitende Betriebe ähnliche organisatorische Modelle zur betrieblichen Effizienzsteigerung anwenden (z.B. KVP). •

1.2 Steigerung der Ressourceneffizienz mit unterschiedlichen Strategien

**Definition:
Ressourcen-
Effizienz** Ressourceneffizienz bezeichnet das Verhältnis zwischen Nutzen (Ertrag) und Ressourceneinsatz (Aufwand). Die Ressourceneffizienz kann deshalb durch zwei Strategien gesteigert werden:

- a) Steigerung des Nutzens (Output)
- b) Reduktion des Ressourceneinsatzes (Input)

Dazu einige Beispiele in Abb. 2 für Produktionsbetriebe:

⁴ Stahl ist ein Gemisch aus verschiedenen Materialien; dieser kann nur aus unterschiedlichen Grundmaterialien hergestellt werden. Insofern ist es spätestens seit Beginn der Industrialisierung interessant, Metallschrott zu sammeln und wieder einzuschmelzen. Heute sind Stahlwerke bestrebt, definierte Qualitäten von Schrott nach einer festgelegten „Schrottnomenklatur“ einzukaufen. Dieses „Vorsortieren“ übernehmen Schrotthändler. Swiss Steel beispielsweise ist ein reiner Recycling-Betrieb; die hergestellten Stahlsorten werden ausschliesslich aus Metallschrott hergestellt.

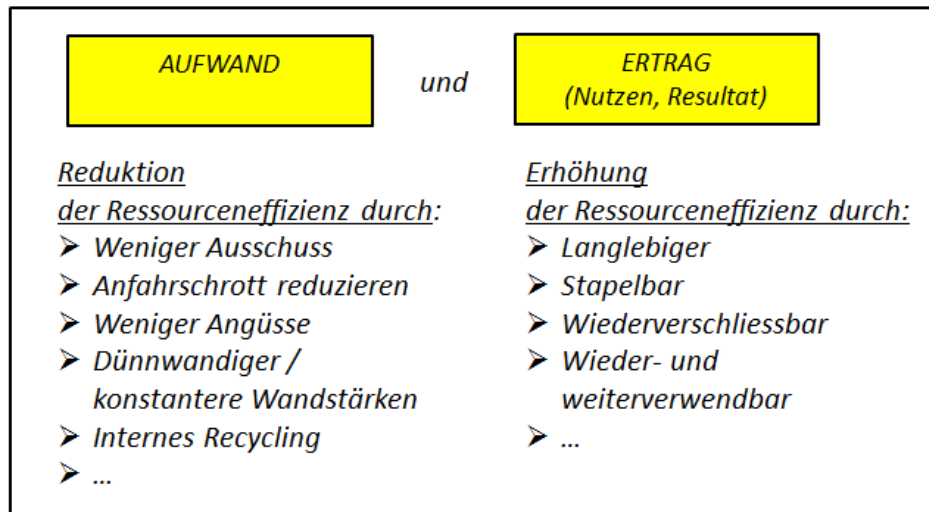


Abb. 2: Beispiele für die Erhöhung der Ressourceneffizienz

**Verbesserung der
Ressourcen-
effizienz durch
Organisatorische
Verbesserung**

Bei einem Auftragswechsel kommt es je nach Fertigungsverfahren zu größeren Umbauten respektive Umrüsten. Die Folge davon sind Stillstandzeiten und vielfach, nach erneuter Produktionsaufnahme, „Anfahrschrott“. Dieser könnte je nach Situation beispielsweise durch die folgenden drei organisatorischen Massnahmen reduziert werden:

- andere Losgrößen (und somit weniger Umrüsten); Nachteil könnte ein (zu) hoher Lagerbestand mit Lagerverlusten sein.
- DoE - Design of Experiments: eine statistische Versuchsplanung könnte mithelfen, Einfahrzeit und Einfahrschrott zu reduzieren.
- Andere Produktionsabfolge: ähnliche Aufträge könnten zusammengefasst und Umrüst- und Einfahrzeiten reduziert werden.

**Verbesserung der
Ressourcen-
effizienz durch
Technische
Verbesserung**

Denkbar sind auch technische respektive technologische Verbesserungen; im Fokus steht die eingesetzte Produktionstechnologie. Dazu weitere Beispiele:

- Mit (neuen) Spritzgusswerkzeugen auf Basis „Heisskanal“⁵ können Angüsse mehrheitlich vermieden werden.
- Angüsse können wieder aufbereitet werden (artenrein sammeln, mahlen und wieder- und weiterverwerten).
- Beim Spritzgießen von dünnwandigen Objekten wird der Prozess dermassen gestaltet und überwacht, damit die Wandstärke möglichst exakt der Zielvorgabe entspricht und wenn, dann nur gering überschritten wird. Und diese bessere Qualität wiederum erlaubt Produktentwicklungen mit geringerer Überdimensionierung aus Sicherheitsgründen.

⁵ Als Heißkanal oder Heißkanalsystem wird bei der Verarbeitung von Kunststoffen, insbesondere beim maschinellen Spritzgießen von Thermoplasten eine besondere Bauart des Angusssystems bezeichnet, die gegenüber dem restlichen Spritzgusswerkzeug thermisch isoliert und höher temperiert ist. (Wikipedia): Damit wird ein Erstarren des Angusses vermieden und der Materialeinsatz reduziert.

Verbesserung der Ressourcen-effizienz durch Eco im Design

Werden Produkte von Anfang an dermassen gestaltet, dass diese über den ganzen Produktlebenszyklus minimalen Energie- und Materialverbrauch haben, spricht man von Ecodesign⁶.

Ecodesign beginnt bereits in der Planung von neuen Produkten und ist eine wirksame vorsorgende Massnahme. Dazu braucht es bereits in der Produktentwicklung:

- a) ein Life-Cycle-Thinking: detaillierte Betrachtung und Beurteilung des ganzen Produktlebenszyklus inkl. aller Hilfsprozesse
- b) ein Herleiten und Umsetzen spezifischer Verbesserungsmassnahmen, sowie
- c) ein konstruktives Umsetzen in der Produktentwicklung.

Ecodesign setzt somit ein pro-aktives Verhalten voraus.

Anmerkung: Diverse Studien im In- und Ausland zeigen für das produzierende Gewerbe (vergleichbar mit MEM-Industrie in der Schweiz) im Kontext „Ecodesign“,

- dass eine Verbesserung der Ressourceneffizienz der MEM-Produkte im Durchschnitt von 25-35% in 10 Jahren möglich ist⁷,
- dass dazu insbesondere die Produktnutzung verbesserte werden muss,
- dass ein wesentlicher Teil dieser „25-35%“ ein „over-compliance“ ist, notwendig wäre eine umfassende Systemoptimierung; aktuelle und künftige Gesetze können dies nicht abdecken, da Gesetze regelbasiert sind;
- dass in rund 50% der Fälle bereits Lösungen & Konzepte bekannt sind⁸; notwendig wäre hier eine Aufarbeitung erfolgreicher Lösungen aus Forschung („State-of-the-Art“) respektive Praxis („best practices“),
- und dass Firmen vielfach keine Angaben machen können, wie sie das Thema Ressourceneffizienz im Rahmen neuer Produkte (Produktentwicklungsprozess) angehen sollen⁹; offensichtlich fehlt es hier an Wissen, wie eine Firma umsichtig mit dem Thema Ecodesign im Rahmen des Produktentwicklungsprozesses umgehen müsste.

⁶ Mit Ecodesign wird die ressourceneffiziente Gestaltung von Produkten bezeichnet. Produkte können physische Produkte wie auch Dienstleistungen (Services) sein. Die Herausforderung besteht darin, neue Produkte (=Güter und Dienstleistungen) zu entwickeln und erfolgreich am Markt umzusetzen, die besonders schonend und effizient mit Energie und Rohstoffen umgehen. Dabei wird Ecodesign als integraler Bestandteil des bestehenden Entwicklungs- und Engineering-Prozesses von Firmen verstanden.

⁷ Ecodesign-Potenzialanalyse in der Schweizer MEM-Industrie - eine explorative Studie; bearbeitet von R. Züst, S. Züst (Züst Engineering AG) und S. Studer (Swissmem), 2010

Der Beitrag des Maschinen- und Anlagebaus zur Energieeffizienz; bearbeitet von Roland Berger Strategy Consultants im Auftrag des VDMA, 2009

Energieeffizienz in der Industrie – eine makroskopische Analyse der Effizienzentwicklung unter besonderer Berücksichtigung der Rolle des Maschinen- und Anlagebaus; bearbeitet von Prognos AG im Auftrag des VDMA, 2009

⁸ vgl. u.a. Show-Case-METTLER TOLEDO, Züst Engineering AG sowie inspire AG / ETH Zürich; Novatlantis, 2013

⁹ Relevanz der Ressourceneffizienz für Unternehmen des produzierenden Gewerbes; Reiner Erhardt, Nico Pastewski; Fraunhofer IAO; ISBN: 978-3-8396-0177-8)

**Hebelwirkung
bezüglich
Ressourcen-
effizienz**

Organisatorische und technische Verbesserungen wie auch Ecodesign beeinflussen die Ressourceneffizienz. Die Hebelwirkung ist jedoch unterschiedlich. Je grösser der Gestaltungsspielraum (Systemabgrenzung), desto grösser die Einflussnahme.

- Der grösste Einfluss auf die Ressourceneffizienz hat Ecodesign (vgl. Abb. 3) – der Gestaltungsspielraum (=Systemgrenze) ist weitgefasst. Beeinfluss- und gestaltbar ist der ganze Produktlebenslauf.

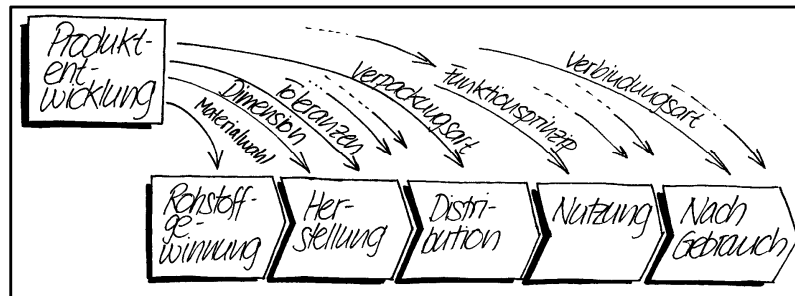


Abb. 3: Einflussmöglichkeiten von der Produktentwicklung auf die einzelnen Produktlebensabschnitte (Wimmer, Züst, 2002)

In der frühen Phase der Produktentwicklung wird ein wesentlicher Teil der technischen, ökonomischen, ökologischen und sozialen Auswirkungen festgelegt, sei es durch Materialwahl, Funktionsprinzip, Geometrie oder Toleranzen. Ebenso werden Produktionsstrategien, wie „make or buy“¹⁰, sowie „Produkt-Markt-Strategien“ ausgearbeitet. Der Produktlebenslauf ist somit zu einem Grossteil bereits festgelegt¹¹.

- Der Gestaltungsspielraum für technologische Optimierungen in der Produktion ist deutlich kleiner als jener in der Produktentwicklung, denn das herzustellende Produkt ist festgelegt und das Produktionssystem besteht bereits. Möglich sind noch kleine Schritte in die richtige Richtung. Entscheidend in der Praxis ist jedoch, dass diese Schritte vor Neu- und Umbauten sowie Investitionen in Produktionsanlagen abgeklärt und „vorgedacht“ werden. Die punktuelle Nachrüstung ist technisch meist schwierig und könnte deshalb unwirtschaftlich sein. Technische Optimierungen betreffen in der Praxis häufig eine Verbesserung des Fertigungsprozesses, z.B. Optimierung Operationsplan, Anpassung von Schnittgeschwindigkeiten,
- Noch enger wird es bei organisatorischen Verbesserungen - Produkte sind festgelegt und Produktionsmittel bestehen und können in der Kürze nicht verändert werden. Der Spielraum wird klein. Trotzdem, und weil organisatorische Massnahmen vielfach ohne grössere Kosten realisierbar sind, können attraktive Handlungsfelder entstehen. Beispiele dazu sind Losgrössenanpassungen und Auftragsabfolgen.

¹⁰ Hier geht es um die Frage, ob Teile / Baugruppen selbst hergestellt oder durch Fremdbezug beschafft werden; damit wird auch die so genannte Fertigungstiefe beeinflusst, respektive der Verbrauch an Ressourcen am Standort und bei Zulieferfirmen.

¹¹ Opitz stellt bereits 1970 fest, dass rund 70% der Herstellungskosten nach der Produktentwicklung festgelegt sind. In der nachfolgenden Produktion können nur noch 30% beeinflusst werden (Opitz, Moderne Produktionstechnik, Girardet Verlag, 1970). Diese Erkenntnisse sind u.a. auch in die Konstruktionsrichtlinie VDI 2221 ff. eingeflossen.

Eine Untersuchung anfangs der 90er Jahre bezüglich Life-Cycle-Kosten von elektrischen/elektronischen Geräten mit Berücksichtigung einer fachgerechten Entsorgung (insbesondere Demontage) und ohne Nutzungskosten zeigen, dass 90% und mehr der Kosten festgelegt sind (Züst, Wagner, Approach to the Identification and Quantification of Environmental Aspects during Product Life, CIRP Annuals 417171992, Hallwag Verlag)

**Fazit für
explorative Studie**

Produzierende Firmen sind in der Regel bestrebt, in allen drei Bereichen Verbesserungen zu erzielen. In der vorliegenden explorativen Studie werden wenn möglich alle drei Handlungsfelder (Eco im Design, technische Verbesserungen, organisatorische Verbesserungen) betrachtet und ausgewertet.

1.3. Eco im Design - Optimierung der Produktlebensphasen als Ganzes

**Propagieren
von Handlungs-
optionen**

Das Thema Ecodesign ist nicht neu. Vor 1996 wurde viel über „Design for X“ DFX publiziert, primär mit der Optik auf eine „integrierte Produktentwicklung“, welche unterschiedlichsten Anforderungen zu genügen hatte. Ecodesign war zu diesem Zeitpunkt eher ein Propagieren von unterschiedlichen Handlungsoptionen, z.B.: lange Lebensdauer, weniger Material, anderes Material, recycelbares Material, zerleg- respektive demontierbar, keine Giftstoffe, ... Als generelle Leitplanken taugen diese „klugen Ratschläge“ weder als „Einzelanwendung“ noch in Kombination. Gleiches gilt auch für allgemeine Checklisten. Bei diesen Ansätzen fehlt insgesamt die spezifische Schwachstellenanalyse und somit auch die Basis, den Nutzen solcher Massnahmen quantitativ auszuweisen.

**Handlungs-
optionen auf Basis
einer Schwachstel-
lenanalyse**

Kurz vor und vor allem nach 1996, also nach Einführung der ISO 14'001 (und damit verbunden auch der ISO/TR 14'062 zum Thema Ecodesign), wurde das Thema Ecodesign breiter diskutiert. Als erster Schritt wurden Hilfsmittel mit Tipps und Checklisten erarbeitet und publiziert. Auch ein entsprechender Prozess wurde dokumentiert. Die nun geforderte „Schwachstellenanalyse“ wurde (noch) nicht konsequent durchgeführt, obschon in einschlägigen Normen vorgeschrieben.

Mit der Revision der Norm ISO14'001:2004 wurde diesem Aspekt mehr Bedeutung beigemessen - die Rede war neu von „direkten und indirekten Umweltauswirkungen“, welche die einzelnen Firmen zu verbessern haben. „Indirekt“ bedeutet hier eben die Berücksichtigung der Auswirkungen von den eigenen Produkten in der späteren Herstellung und Nutzung.

**LCA, CO2-
Kalkulator und
Kumulierter Ener-
gieaufwand (KEA)**

In der Folge wurden vermehrt „Analyse-Tools“ erarbeitet und publiziert, z.B. LCA (nach ISO 14'040ff.), oder dann Screening-Methoden wie die KEA (kumulierter Energie-Aufwand, und davon abgeleitet der CO2-Kalkulator). Bei all diesen Methoden besteht die Schwierigkeit, eine sinnvolle Systemabgrenzung respektive ein „richtiges“ Systemmodell abzuleiten, welches dann bewertet wird. In der frühen Phase der Produktentwicklung beispielsweise, sind wenige und vor allem keine konkreten Informationen zum künftigen Produkt vorhanden. Notwendig wären hier zweckmässige Abschätzungen.

**Optimierung
von Systemen**

Momentan steht man vor der Frage, wie man „Systeme“ von Anfang an umweltgerecht respektive ressourceneffizient konzipieren kann. Die Schwierigkeit besteht darin, schrittweise eine neue Lösung (sprich „System“) - unter Berücksichtigung verschiedener Aspekte respektive Umsysteme - zu entwickeln. Dazu braucht es den gezielten Einbezug unterschied-

licher Fachpersonen und ein konsequenter Abgleich im Hinblick auf eine Gesamtintegration.

In der praktischen Umsetzung werden zu diesem Zweck vielfach „Workshops“ durchgeführt mit dem Ziel, einen möglichst guten Abgleich unterschiedlicher Fachbereiche bei gleichzeitiger Weiterentwicklung der betroffenen Systemteile zu erreichen. Wichtig ist dabei eine integrale Planung & Ablauf von Energie- und Stoffflüssen. Auch in der aktuell laufenden Revision der ISO 14001 (mit Publikationsziel 2015) müssen solche Life-Cycle-Überlegungen bei verschiedenen Tätigkeiten klarer in Betracht gezogen werden (insbesondere Produktdesign, ausgelagerte Prozesse, Upstream- und Downstream-Aktivitäten).

Fazit für explorative Studie

Ecodesign und schliesslich die Optimierung der Produktlebensphasen als Ganzes ist eine aktuelle Herausforderung für produzierende Firmen. In der Studie wird deshalb bewusst auch das Thema „Ecodesign“ mit den beteiligten Firmen diskutiert. Insbesondere wird wenn möglich auch untersucht, welchen Spielraum die Firmen haben und wie sie diesen ausnutzen.

Unterschiedliche Ecodesign-Strategien

Industrielle Produkte werden unterschiedlich genutzt. Ein Kühlschrank beispielsweise benötigt regelmässig Strom und ist somit aktiv. Ein Tisch kann ohne weiteren Ressourcenverbrauch genutzt werden und ist somit passiv. Ein hochisoliertes Haus mit moderner Wärmeerzeugung braucht wenig bis gar keine zusätzliche Energie und ist somit passiv. Eine Heimwerkerbohrmaschine, welche nur selten genutzt wird (1-2h ist die technische Lebensdauer im Durchschnitt), ist passiv, obschon diese Bohrmaschine einen elektrischen Anschluss hat. Zudem gibt es Produkte, die regelmässig bewegt werden (z.B. Auto und Eisenbahn, welche dann idealerweise leicht gebaut werden sollten).

Je nach „Mobilität“ und „Nutzungsart“ resultieren deshalb andere Ecodesign-Strategien (Abb. 4).

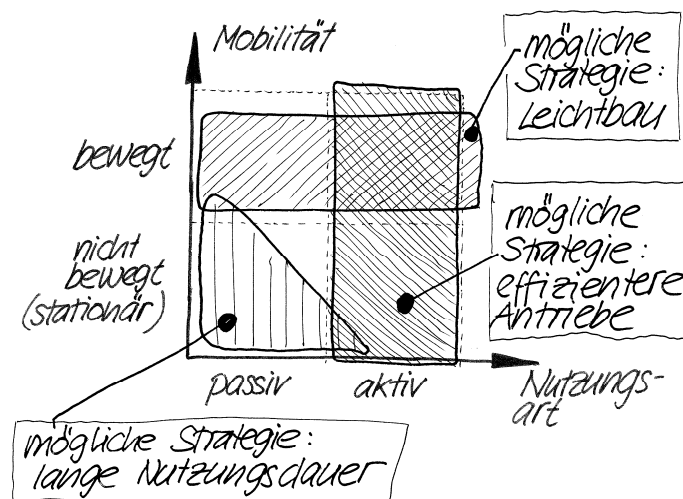


Abb. 4: Einordnung einiger weniger Ecodesign-Strategien aufgrund spezifischer Produktmerkmale (Quelle: Züst, Vorlesungsunterlagen ETH Zürich, 2013)

Ein Produktionsmaschinenhersteller beispielsweise muss sich auf effiziente Antriebs- und Regelungstechnik wie auch auf möglichst effiziente Nutzungsprozesse fokussieren. Der Materialeinsatz für den Bau der Maschine ist hier eher untergeordnet. Bei passiven und stationären Produkten hingegen, z.B. Möbel oder Niedrige-Energie-Haus, spielt die Materialwahl, die Herstellung, die Lebensdauer und vor allem dann auch die Recyclingfähigkeit eine wichtige Rolle.

Fazit für explorative Studie Insbesondere bei Produktherstellern richten sich die Fragen auch auf die Nutzung der Produkte.

1.4 Recycling und stofflicher Wiederverwertung

Unterschiedliche Formen von Recycling Die VDI-Richtlinie 2243 „Recyclinggerechte Produktentwicklung“ beschreibt vier Arten von Recycling, d.h. eine Kombination aus „wieder“ & „weiter“ sowie „verwenden“ & „verwerten“ (Abb. 5).

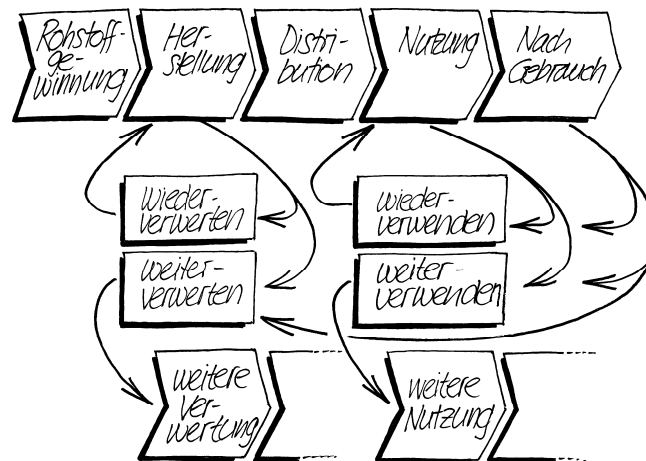


Abb. 5: Unterschiedliche Formen und Einsatzgebiete von Recycling
(Quelle: Wimmer, Züst, 2002, in Anlehnung an VDI 2243)

Recyclingmöglichkeiten in der Produktion sind nach VDI 2243: wiederverwerten (Recyclinggut wird für den gleichen Zweck wieder eingesetzt), sowie weiterverwerten (Recyclinggut wird für andere Anwendungen, meist minderwertiger Natur, eingesetzt.)

Recyclingmöglichkeiten in der Nutzung sind nach VDI 2243: wiederverwenden (das Teil / die Komponente wird nochmals für denselben Zweck verwendet), sowie weiterverwenden (Teil / Komponente oder allenfalls Produkt wird in weiteren Anwendungen genutzt – auch hier in der Regel auf „minderwertigem“ Niveau.)

Fazit für explorative Studie Im Rahmen der explorativen Studie wird bei Zulieferbetrieben, also mehr oder weniger reine Produktionsbetriebe, insbesondere der Aspekt der „Wiederverwertung“ betrachtet. Dies ist hier die effizienteste Art einer Material-Re-Integration.

Recycling braucht Energie

In metallverarbeitenden Betrieben entstehen u.a. Abschnitte, Späne und Ausschussteile. Diese „Ab-Produkte“ werden in der Regel artenrein gesammelt und dem Altmetallhändler verkauft. Interessant ist in diesem Zusammenhang eine energetische Betrachtung, wie das folgende Beispiel zeigt:

Beispiel:

Ein Produktionsbetrieb stellt mittels zerspanenden Fertigungsverfahren Alu- und Metallteile her. Dabei entstehen Späne, welche wieder eingeschmolzen werden. Dazu braucht es Energie¹²:

Wird beispielsweise Material zerspannt, z.B. mit Bohren oder Fräsen, sind für Aluminium 14.4 kJ/cm³ notwendig; für Stahl sind es 60 kJ/cm³

Die Späne werden eingesammelt und wieder eingeschmolzen (=Recycling); dazu braucht es u.a. Energie, für Aluminium 590 kJ/cm³ und für Stahl 250 kJ/cm³.

Für das anschliessend Recycling, um wiederum das Ausgangsmaterial zu erhalten, wird deutlich mehr Energie aufgewendet als für den eigentlichen Zerspanungsprozess, bei Aluminium ist es ca. Faktor 40 und bei Stahl immerhin noch ca. Faktor 4.

Je weniger schliesslich recykliert werden muss, desto besser. Um hier insgesamt eine Ressourcen-effiziente Lösung zu erreichen, müsste auch der Rohling (=Ausgangsteil) entsprechend optimiert werden unter Berücksichtigung des entsprechenden Zerspanungsvolumens respektive des anschliessenden Recyclings. Dies ist eine von vielen Facetten von Ecodesign. Oder anders gesagt: hohe Recycling-Mengen müssen nicht unbedingt gut sein!

Fazit für explorative Studie

Im Rahmen der explorativen Studie wird deshalb auch der Frage nachgegangen, wie Firmen insgesamt den Materialumsatz reduzieren.

Verlust an „Formgebungs-Energie“

Ein typisches Energie-Profil von einem Produkt ist in Abb. 6 dargestellt.

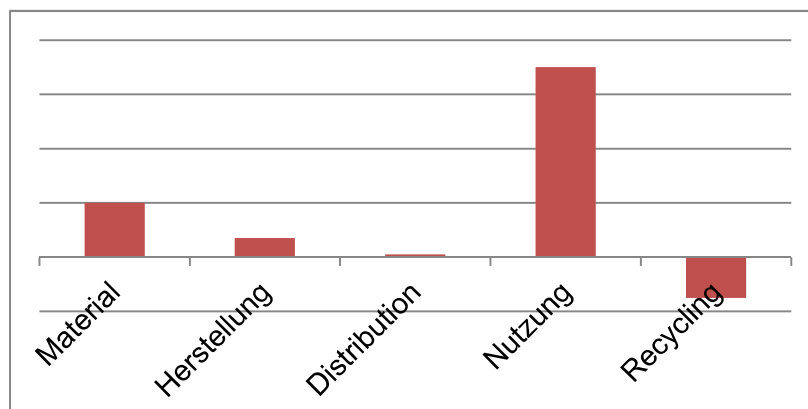


Abb. 6: Exemplarisches Energie-Profil von einer Maschine

¹² Es werden Energiewerte von Dahmus & Gutowski, 2004, verwendet.

Energie wird gebraucht für die Rohstoffgewinnung, Produktion und in der Regel im geringen Mass für die Distribution.

Maschinen & Geräte sind so genannte „aktive Produkte“; in Abb. 6 resultiert deshalb in der Nutzung ein relativ hoher Energieverbrauch.

Am Lebensende kann das Produkt recycelt werden. Dazu ist Energie notwendig. Vielfach ist dieser Energieaufwand geringer als für die Neuproduktion des eingesetzten Materials; deshalb resultiert ein negativer Energiewert in Abb. 6.

Das Beispiel in Abb. 6 zeigt zwei weitere wichtige Punkte:

- a) Das betrachtete Produkt ist „aktiv“; interessant sind deshalb Massnahmen interessant, welche insgesamt den Energieeinsatz reduzieren. Es kann z.B. sein, dass eine effizientere Maschine etwas mehr Energie für Material & Herstellung benötigt – also in einer ersten Betrachtung „materialintensiver“ wäre. Trotzdem wäre diese Maschine besser, wenn die Verbrauchsreduktion in der Nutzung grösser ist als der Mehrverbrauch in Materialbereitstellung & Herstellung.
- b) Im vorliegenden Beispiel liegt zudem ein stoffliches Recycling zu Grunde - die „Formgebungs-Energie“ geht dabei vollständig verloren. Dies gilt für fehlerhafte Teile in der Produktion wie auch für das Recycling am Produkt-Lebensende. Abb. 6 zeigt somit exemplarisch ein effizientes aber nicht effektives Recyclingsystem.

**Fazit für
explorative Studie**

Im Rahmen der explorativen Studie wird deshalb auch der Frage nach fehlerhaften Teilen und Ausschuss nachgegangen. Von Interesse sind hier technische oder organisatorische Massnahmen, um die Fehlerquote in der Produktion sukzessive zu senken, z.B. im Rahmen eines gelebten KVP.

2. Vorgehen und Eckwerte der befragten Firmen

Interview im engeren Sinn

Im Rahmen der explorativen Studie wurden Interviews im engeren Sinn mit entsprechenden Fachpersonen durchgeführt. Als Interview-Leitfaden diente eine Zusammenstellung möglicher „Material-Effizienz-Themen“ in den jeweiligen Lebensabschnitten (Anhang I). Dieses Dokument wie auch eine Kurzbeschreibung der Studie wurden den Befragten vorgängig zwecks Vorbereitung zugestellt.

Die Form der Interviews wurde bewusst gewählt, damit gezielt auf die spezifischen Situationen eingegangen werden kann. Von Interesse waren detaillierte Aussagen zu bestimmten Themen wie auch die Möglichkeit, durch Nachfragen die Aussagen und Einschätzungen besser einordnen zu können. Im Anschluss an das Interview wurde jeweils ein Protokoll erstellt, welches von den Befragten gegengelesen, korrigiert oder angepasst wurde.

Befragt und ausgewertet wurden bis anhin 11 Firmen.

Ablauf

Die explorative Studie wurde zwischen Juni und September 2013 durchgeführt.

- Anfrage* - Es wurden ca. 20 Firmen direkt per Email anfangs Juni 2013 und weitere Firmen an drei Veranstaltungen angesprochen. Die Bereitschaft zur Mitarbeit wurde dann telefonisch oder bei einem persönlichen Besuch in der Firma geklärt.
- Vorbereitung* - Als Vorbereitung, wie bereits erwähnt, wurde den Firmen ein Raster mit potentiellen Themen, strukturiert nach Produktlebensphasen, per Email zugestellt. Zudem wurden durch den Interviewer zusätzliche Informationen via Internet beschafft.
- Durchführung der Interview* - Für die Interviews wurden 1.5 – 2h eingeplant. Bei vier Firmen waren mehrere Personen mit unterschiedlichen betrieblichen Funktionen anwesend. Vorgängig oder im Anschluss an das Interview wurde zudem die Produktion besichtigt; das Ziel bestand darin, gewisse Aspekte vor Ort zu vertiefen.
- Protokolle* - Im Anschluss an das Interview wurde jeweils ein Protokoll im Umfang von 3-4 Seiten erstellt; dieses wurde von den Befragten gegengelesen, korrigiert, angepasst und genehmigt. Um einen ungefilterten und einfachen Zugang zu Informationen zu erhalten, wurde den Firmen Vertraulichkeit zugesichert. Die Protokolle sind deshalb ohne Gegenbericht der Firmen vertraulich und dürfen ohne Rückfrage nicht in einem Bericht veröffentlicht werden.
Im vorliegenden Bericht werden deshalb keine Protokolle angefügt. Im Anhang II befindet sich hingegen der Raster der Protokolle.
- Auswertung* - Im Anschluss an die Interview-Serie wurde eine Auswertung vorgenommen. Die Erkenntnisse sind in einem Excel-Blatt zusammenfassend dargestellt. Auch hier kann aus Diskretionsgründen die Liste nicht ohne Rückfrage veröffentlicht werden.

**Befragte
Firmen**

Es wurden die folgenden Firmen befragt:

Firma	Produkt	Unternehmensbereich
Amtcor Flexibles, Goldau	Veredelte Aluminiumfolien für Verpackungen	Produktion in Goldach
Georg Fischer Piping Systems	Rohrleitungssysteme für unterschiedlichste Anwendungen	Produktion in Schaffhausen
Geberit, Jona	Ver- und Entsorgungssysteme im Sanitärbereich	Produktion Jona
Huber + Suhner, Herisau	Kleine Spritzgussteile für Elektronik, Automotive, ...	Produktion Tüfi
Huber + Suhner, Pfäffikon	Kunststoffgranulat nach bestimmten Rezepturen	Mischwerk Witzberg
Giroflex, Koblenz	Bürostühle	Werk Koblenz, plus Produkte
Knecht + Müller, Stein am Rhein	Brillengläser aus Kunststoff und Silikat	Unternehmen
Ernst Schweizer AG, Hedingen	Stahlbau: Fassaden, Wintergärten, Solaranlagen, ...	Unternehmen
PetroplastVinora, Jona	Extrudierte Kunststofffolien (1- und Mehrschicht)	Werk Jona
Netstal, Näfels	Hochleistungs- und Hochpräzisions-Spritzgiessmaschinen	Spritzgiessmaschine
Swiss Steel, Emmenbrücke	Stahlhersteller / Recycler	Werk Emmenbrücke

Art der Firmen

Die Firmen sind folgendermassen charakterisiert:

- 6 Firmen sind klassische Zulieferer; sie sind somit Teil einer Zulieferkette.
- 4 Firmen stellen Endprodukte her und verkaufen diese an Grosshandel / Kunden
- 1 Firma stellt Produktionsmaschinen her; diese werden bei den Kunden als Produktionsmittel verwendet

*Anzahl
Mitarbeitende*

Die befragten Firmen beschäftigen die folgende Anzahl Mitarbeitenden:

Anzahl Mitarbeitende	Anzahl Firmen
1 - 99	3
100 - 249	1
250 - 399	4
400 - 549	2
550 - 699	1

*Bedeutung von
Umwelt /
Nachhaltigkeit*

Das Thema „Umwelt & Nachhaltigkeit“ hat bei allen befragten Firmen einen hohen Stellenwert; das Thema ist Teil der Strategie / Philosophie. Einige der befragten Firmen haben auch Umweltpreise erhalten oder sind von den Kunden für die gute Zusammenarbeit ausgezeichnet worden.

Alle Firmen haben ein Führungssystem nach ISO 14'0001; damit ist das Thema auch in der Unternehmensführung verankert.

9 Firmen publizieren entweder einen separaten Umwelt- respektive Nachhaltigkeitsbericht oder sie veröffentlichen relevante Zahlen im Geschäftsbericht oder Internet.

*Jährlicher
Materialumsatz*

Die befragten Firmen setzen in der Summe die folgende Menge an Material [Tonnen] jährlich um:

Materialumsatz [Tonnen] pro Jahr	Anzahl Firmen
weniger als 1000	2
zwischen 1'001 – 4'000	3
zwischen 4'001 – 6'000	2
Zwischen 6'001 – 8'000	1
ca. 20'000	1
ca. 30'000	1
ca. 600'000	1

**Fazit für
explorative
Studie**

Die Auswahl der Firmen deckt trotz geringer Zahl ein breites Spektrum bezüglich Grösse, Materialdurchsatz, Technologie und bedienten Märkten ab.

3. Erkenntnisse

3.1 Genereller Umgang mit dem Thema „Materialeffizienz“

Bedeutung Thema „Umwelt“ Bei allen befragten Firmen hat das Thema einen relevanten Stellenwert; bei einigen Firmen wird im Sinne eines „top-Down-Ansatzes“ explizit eine höhere Umwelleistung und somit höhere Materialeffizienz verlangt.

Relevanz der Materialkosten Materialkosten sind in allen befragten Firmen relevant respektive stellen den grössten Kostenfaktor dar. Dieser variiert bei den befragten Firmen zwischen 20% und 90%. Im Durchschnitt resultiert ein Wert von ca. 45%.

Mengenmässig sieht die Verteilung¹³ folgendermassen aus:

Materialkostenanteil	Anzahl Firmen
weniger als 25%	I
25 - 35%	III
36 - 45%	I
46 – 55%	IIII
56 - 65%	IIII
66 – 75%	II
Über 75%	I

Projekte im Kontext „Materialeffizienz“ Bei allen befragten Firmen laufen Projekte im Kontext „Materialeffizienz“; insbesondere wird versucht, Verschwendungen jeglicher Art (Durchlaufzeit, Ware in Arbeit, Lager, ...) wenn möglich zu vermeiden, oder dann zu verringern.

Realisierte Massnahmen in Bezug auf die Materialeffizienz sind z.B.:

- Eco im Produkt-Design: z.B. andere Materialien und dünnere Wandstärken,
- Technische Prozessoptimierungen, z.B. beim Spritzgiessen insbesondere das Thema „Heisskanal-Spritzgiessen“ respektive „Mehrkanal-Spritzgiessen, oder beim Extrudieren das „Mehr-Schicht-Extrudieren“; bei der Metallverarbeitung sind es beispielsweise optimierte Halbzeuge
- Organisatorische Verbesserungen, z.B. Umsetzung von „Lean-management“ und „Lean Sigma“ oder Teile davon, statistische Versuchsplanung bei Auftragswechsel (z.B. DoE) oder Losgrössenoptimierung.

Verwendung von Sekundärmaterialien Sekundärmaterialien müssen hoher Qualitätsanforderungen genügen. Zudem müssen diese auch für die verarbeitende Industrie immer verfügbar sein.

¹³ Bei einigen Betrieben konnten von unterschiedlichen Unternehmensbereichen (=Business Units) dieser Wert erfasst werden; deshalb werden hier mehr als 11 Produktionsbereiche ausgewiesen.

Stahl ist ein typischer „Sekundärwerkstoff“; dieser wird beispielsweise in der Schweiz von zwei Stahlwerken hergestellt, mit Schrott aus der Schweiz. Eine entsprechende „Schrottnomenklatur“ (im Sinne eines Branchen-internen Standards) vereinfacht die Zusammenarbeit von Schrottaufbereiter und Stahlwerk. Mit definierten Ausgangsmaterialien lassen sich einfacher normierte Stahlqualitäten herstellen. Bei Stahl aus der Schweiz handelt es sich um 100%-Sekundärmaterial – dies wird so im Allgemeinen nicht wahrgenommen

Bei Buntmetallen besteht eine ähnliche Situation wie bei Stahl; auch hier wird aktiv Schrott von Schrottaufbereitern eingekauft und entsprechenden Metallwerken zur Aufarbeitung verkauft.

Im Bereich von Kunststoff besteht ein Recycling in ausgewählten Bereichen, wie beispielsweise PET. Aus industrieller Sicht gibt es aber keine wirkliche Nachfrage nach „Kunststoffschrott“.

Einige der befragten Firmen verwenden bewusst Sekundärmaterialien respektive richten die Maschine auch auf die Verarbeitung von Sekundärmaterial aus; dies erfolgt entweder, um aktiv die Umweltbelastung zu reduzieren (gemessen in UBP¹⁴) oder dann aus Kostengründen.

Ein Grossteil der Firmen wäre – unter Voraussetzungen – bereit, im Bereich Kunststoff Sekundärmaterial zu verwenden. Limitierende Faktoren sind insbesondere Verfügbarkeit und Konstanz in der Qualität.

3.2 Materialkreislauf – intern und extern

Interne Materialaufarbeitung

Bei Kunststoff-verarbeitenden Betrieben werden systematisch Produktionsabfälle (Angüsse, Anfahrschrott, Ausschuss) gesammelt und aufbereitet. Als Ergebnis liegt Mahlgut oder Re-Granulat vor. Dieses wird wenn immer möglich intern wiederverwertet; ansonsten wird dieses weiterverkauft, selten in KVA verbrannt.

Bei der Metallverarbeitung werden Abschnitte, Späne etc. sortenrein gesammelt und einem Recycling-Betrieb verkauft.

Die übrigen Materialfraktionen, z.B. Plastikfolien und Karton von Verpackungen, werden in allen befragten Betrieben separat gesammelt und wenn möglich einem Recycling zugeführt.

Anteil KVA

Alle Firmen versuchen aktiv, den KVA-Anteil zu reduzieren. Der Anteil ist in der Regel sehr klein.

Der KVA-Anteil der untersuchten Firmen bewegt zwischen wenigen Promille bis zu ca. 4% bezogen auf den gesamten Materialeinsatz. Vorsicht: In dieser Zahl ist auch der „normale“ Kehricht aus dem Betrieb enthalten.

Bei Kunststoff-verarbeitenden Betrieben gelangen in die KVA insbesondere Materialfraktionen, welche vermischt, thermisch verändert oder mechanisch

¹⁴ Öko-Bilanzierungsmethoden nach ökologischer Knappheit (=CH-Methode)

„zerstört“¹⁵ sind. In einem Fall gelangen die Kunststoffabfälle aus dem Spritzgiesswerk in Zementwerke.

In einem Fall können die Produktionsabfälle – primär (nasse) Kunststoffspäne – trotz intensiven Bestrebungen nicht weiterverarbeitet werden. Der KVA-Anteil ist hier deshalb hoch.

Produkt-Rücknahme

In der Regel bieten die befragten Firmen eine „Produktrücknahme“ an; zum einen betrifft dies beispielsweise den Konfektionsabfall beim Kunden (Zuschnitt, Restmengen, ...); zum anderen bieten „Produkthersteller“ auch die Rücknahme obsoleter Produkte an, z.B. im Rahmen von Neubeschaffungen.

Das Angebot einer Produktrücknahme wird kaum genutzt; die zurückgenommenen Mengen entsprechen einem kleinen Bruchteil der gelieferten Mengen (in einem Fall unter 1 Promille). Ein Grund ist sicher die Weiternutzung dieser Produkte bei weiteren Nutzern; so wird ein alter Bürostuhl beispielsweise im Hobbykeller weitergenutzt, oder eine alte Maschine wird ins Ausland verkauft oder am Nutzungsende direkt von einem Altmetallhändler verwertet.

Im Weiteren kann festgestellt werden, dass bei allen befragten Firmen die „obsoleten“ Produkte nach dem Lebensende in der Regel nicht zum Hersteller zurückkommen. Ein wesentlicher Grund ist sicher der „reduzierte Wert“ des obsoleten Produkts und die breite und vielfach auch diffuse Verteilung.

3.3 Materialeffizienz und „Eco im Design“

Positionierung von Ecodesign

Das Thema Ecodesign – insbesondere als präventive Massnahme – wird in unterschiedlichen Ausprägungen in allen Firmen verfolgt. Die Firmen versuchen aktiv, ihr Wissen und ihre Erfahrung in Bezug auf einen optimierten Produktlebenszyklus bereits im Rahmen der Produktspezifikation einzubringen.

Einsatz von Messsystemen

Alle befragten Firmen verwenden direkt oder indirekt Methoden einer Ökobilanzierung¹⁶; dazu einige Beispiele:

- Firma I führt seit über 20 Jahren regelmässig LCA durch auf Basis der ökologischen Knappheit (UBP) und Eco-Indicator 99; Resultate sind z.T. via Internet öffentlich zugänglich.
- Firma II hat zum Ziel, die verursachten UBP sukzessive zu reduzieren. Entsprechend detailliert ist die Informationsgrundlage zu den einzelnen Prozessen und eingekauften Materialien.
- Firma III verfügt über ein detailliertes ERP-System, welches die notwendige Transparenz schafft; mittels Simulation¹⁷ werden unterschiedli-

¹⁵ Faserverstärkter Kunststoff kann nicht beliebig oft recycelt, respektive gemahlen werden. Die Fasern werden dabei zerstört. Es werden deshalb nach einer bestimmten „Recycling-Anzahl“ die Restmengen entsorgt, vielfach via KVA.

¹⁶ Es werden zumindest Produkt- und Produktionssysteme sinnvoll abgegrenzt, detailliert abgebildet, analysiert und bewertet. Messsysteme können dabei UBP, Millipoints, kWh, CO₂, oder auch nur Energie- und Materialkosten sein.

¹⁷ Die hier erwähnte Software wurde kürzlich im Rahmen eines KTI-Projekts entwickelt.

che Handlungsoptionen bewertet, auch unter ökologischen Kriterien (z.B. ökologische Knappheit).

- Firma IV verwendet dieselbe Software und sucht aktiv nach Optimierungspotential
- Firma V verfügt über spezifische Engineering-Tools, um den Produktionsprozess detailliert zu verstehen, damit u.a. stabile Antriebs- und Regelsysteme optimale Fertigungsergebnisse zu erzielen (u.a. dünnwandig mit konstanter Wandstärke beim Einsatz von Recycling-Material)
- Firma VI setzt konsequent „cradle-to-cradle“ um – der Materialwert soll nicht verloren gehen. Hier sind, wie auch in den anderen Firmen, Themen wie „Value Stream Mapping“ aktuell.
- Zwei weitere Firmen haben mit der EnAW eine Zielvereinbarung abgeschlossen; Energie-Messungen schaffen hier Transparenz und ermöglichen gezielte Verbesserungen.

**Eco im Design:
Optimierung
Materialeinsatz**

In allen befragten Firmen ist die Materialspezifikation ein Thema; zum einen geht es um die Recyklierbarkeit des Materials, also insbesondere um die Wiederverwertung in der (eigenen) Produktion. Zum anderen wird aktiv der Frage nachgegangen, ob und in welcher Art Sekundärmaterial verwendet werden kann (primär Fragen zur Qualität) und ob auch genügende Mengen verfügbar sind.

Typische Ecodesign-Strategien, welche vielfach geprüft und umgesetzt wurden sind:

- **Weniger Material:** angestrebt werden z.B. dünnere Folien (Folien-Extrusion), dünnwandigere Teile (Spritzgiessen) oder konstantere Wandstärken (Spritzgiessen und Extrusion).
- **Anderes Material:** zum einen wird versucht, „minderwertiges“ Material in Mehrschicht-Produkten zu verarbeiten (z.B. Mehrkanal-Spritzgiessen, Mehrschicht-Extrusion); zum anderen wird versucht, Sekundärmaterial zu verarbeiten – dies bedingt jedoch eine neue (interne) Zulassung (mit teilweise grossem Aufwand) und Prozessanpassungen (andere Prozessparameter, u.U. neue Werkzeuge, ...).
- **Recyklierfähiges Material:** es werden bewusst Materialspezifikationen gewählt, welche sowohl ein internes Recycling (wiederverwerten) als auch externes Recycling (weiterverwerten) ermöglichen.

**Eco im Design:
Anpassung von
„Geometrie“ und
„Toleranzen“**

Bei den befragten Firmen werden z.T. auch die konstruktive Ausgestaltung der Produkte hinterfragt. In der Konstruktion müssen Teile und Produkte bereits dermassen konstruiert und ausgelegt sein, damit diese einfach herstellbar sind. Deshalb sollten auch rechtzeitig fertigungstechnische Gesichtspunkte im Design berücksichtigt werden.

Eine der befragten Firmen ist ein Teilelieferant im Automotive-Bereich. Dieser sucht den Kontakt zum Auftraggeber und unterstützt diesen bei der Festlegung der Teileanforderungen. Für dieses explizite Mitdenken wurde die befragte Firma mehrfach ausgezeichnet.

Die befragten Firmen versuchen vielfach Optimierungen – in Koordination mit dem Kunden – bezüglich der eigenen Produktion zu erzielen.

**Eco im Design:
Optimierung
der Produkt-
entwicklung**

Insbesondere bei Produktherstellern – in der vorliegenden Studie sind vier Unternehmen plus ein Produktionsmaschinenhersteller befragt worden – wird die Produktion und je nach Relevanz auch die Nutzung „vorgedacht“ und optimiert. Diese Firmen haben weitgehend einen (gelebten) Ecodesign-Prozess in der Produktentwicklung eingeführt. Zudem werden bei einigen Firmen die Mitarbeitenden aktiv zum Thema Ecodesign geschult. Zudem bestehen hier Ecodesign-Richtlinien und Planungs-Tools.

Einige der befragten Firmen kommunizieren Verbesserungen aktiv nach aussen, vielfach nicht unter dem Titel „Ressourceneffizienz“ oder „Ecodesign“, sondern unter besserer Öko-Bilanz oder höherem Kundennutzen.

**Eco im Design:
Infrastruktur
(Produktions-
anlagen sowie
Produktionshalle**

Bei allen befragten Firmen wird bei Neubeschaffung der Anlagen und der Infrastruktur auf Material- und Energieeffizienz geachtet.

Anmerkung: Bei der Optimierung der Infrastruktur muss sowohl die Produktionsanlage wie auch die Produktionshalle mit der Haustechnik (Medienversorgung) optimiert werden; dieser gleichzeitige Abgleich ist schwierig. Er bedingt in beiden Bereichen, die stets einen grossen Bestand an Vorhandenem aufweisen, kleine Schritte in die richtige Richtung. Entscheidend ist auch, dass diese Schritte vor Neu- und Umbauten sowie Investitionen in Produktionsanlagen abgeklärt und „vorgedacht“ werden, damit die relevanten Informationen bei der Lösungsfindung zur Verfügung stehen. Die punktuelle Nachrüstung ist technisch meist schwierig, wenn nicht unmöglich, und vor allem unwirtschaftlich.

Viele der befragten Firmen setzten mit der Strategie der kleinen Schritte sukzessive Verbesserungen um; typische Beispiele sind die energetische Verbesserung der Haustechnik (z.B. mit modernen Rückkühlsystemen und Weiternutzung der Abwärme) sowie das „Up-Grading“ von Maschinen und Produktionsanlagen im Hinblick auf höhere Produktivität und / oder geringerem Energieeinsatz. In der Regel basieren diese Optimierungen auf einer zuvor festgelegten Strategie.

3.4 Erfolgsfaktoren für eine hohe Materialeffizienz

**Materialeffizienz
erhöhen**

Nicht zuletzt wegen dem hohen Anteil an Materialkosten sind die Firmen bestrebt, diesen Teil niedrig zu halten und sukzessive zu reduzieren. Gesucht sind deshalb Massnahmen mit hohem Erfolgspotential.

Aus Sicht der befragten Firmen gibt es im Wesentlichen vier Erfolgsfaktoren im Hinblick auf eine hohe Materialeffizienz:

*Kostendruck /
Relevanz der
Materialkosten*

10 der 11 befragten Firmen¹⁸ waren der Ansicht, dass der hohe Anteil der Materialkosten mithilft, die Materialeffizienz zu erhöhen.

¹⁸ Eine Firma stellt kleine Kunststoffteile in relativ aufwändigen Fertigungsprozessen her (grosse Fertigungstiefe); der eigentliche Materialanteil an den Gesamtkosten ist gering. Treibende Kraft für eine hohe Materialeffizienz sind hier u.a. Strategie der Firma und ERP-System.

Dazu drei Beispiele:

- Firma A: 1% geringerer Materialverbrauch bedeutet ein um $\frac{3}{4}$ Mio. CHF geringerer Aufwand jährlich. Entsprechend prioritär wird deshalb das Thema Materialeffizienz behandelt.
- Firma B: Spritzgussmaschinen verbrauchen beispielsweise stündlich zwischen 200kg Kunststoff (Beispiel: HDPE-Verschlüsse bei PET-Flaschen) und 600 kg (PET-Preforms), und dies im 24-Stunden- und Wochenend-Betrieb. Der Materialkostenanteil dieser Produktionsbetriebe beträgt bis zu 70% der Gesamtkosten.
- Firma C: für nicht sichtbare Teile und Teile mit Schutzfunktion während der Montage verwendet die Firma konsequent Sekundärmaterial.

Eco im Design

Ebenfalls 10 von 11 Firmen sehen bei Ecodesign eine wichtige Massnahme, den Materialeinsatz insgesamt zu reduzieren. Auch hier drei Beispiele:

- Firma X: durch prozesstechnische Verbesserung können dünnwandigere Produkte mit gleichzeitig konstanterer Wandstärke für denselben Anwendungsbereich hergestellt werden.
- Firma Y: ein neues Farbenmanagement ermöglicht die Wiederverwertung von „Restposten“.
- Firma Y: durch Mehr-Schicht-Folien kann Material weiterverwertet werden.

*Prozess im Griff /
richtiges Produkt*

8 von 11 Firmen nennen eine hohe Prozesssicherheit als Erfolgsfaktor, denn Ausschuss stört – dies betrifft fehlerhafte Teile in der Produktion wie auch Anfahrscrott. Ersteres bezeichnet man auch als Ausbeute (Yield; Verhältnis zwischen praktischer und theoretischer Ausbeute). Diese Kennzahl oder analoge Zahlen werden in allen befragten Firmen im Rahmen des Q-Managements (seit längerem) konsequent erfasst und ausgewiesen. Zu diesem Zweck kommen unterschiedliche Methoden und Tools zum Tragen.

Die Ausschussquote liegt bei den befragten Firmen, sofern diese Frage beantwortet wurde, deutlich unter 1% bei der Massenfertigung. Bei Losgrösse 1 und / oder speziellen Kundenanforderungen steigt dieser Wert bis auf 9%.

Der Anfahrscrott ist je nach befragter Firma deutlich höher, im Einzelfall kann er 20% und mehr erreichen. Bei recycelfähigem Material findet in der Regel eine interne Aufarbeitung und Wiederverwertung statt; insofern ist das Material nicht verloren – trotzdem wurde dazu zusätzlich Energie, Zeit und Produktionskapazität eingesetzt.

*Lean-
Management /
Management-
systeme*

Managementsysteme sind für 7 von 11 Firmen ebenfalls ein wichtiger Erfolgsfaktor für eine gute Materialeffizienz. Damit sind zum einen Führungssysteme angesprochen, um Ziele im Betrieb systematisch umzusetzen. Dies betrifft auch Effizienz-Ziele. Zum andern geht es um „Denkhaltungen“ und die entsprechende Reorganisation. In diesem Kontext werden z.B. Lean-Konzepte¹⁹ umgesetzt; weiterführende Konzepte, wie „six sigma“ oder

¹⁹ *Lean-Management (Wikipedia): Lean Management bedeutet „Werte ohne Verschwendung schaffen“. Ziel ist es, alle Aktivitäten, die für die Wertschöpfung notwendig sind, optimal aufeinander abzustimmen und überflüssige Tätigkeiten (Verschwendung, japanisch „muda“) zu vermeiden. Dazu gilt es, das bestehende System aus zwei Perspektiven zu überprüfen und zu verbessern: aus der Sicht des Kunden, dessen Wünsche nach Verfügbarkeit, Individualität, Quali-*

insbesondere die Kombination von beiden in „Lean Sigma“ sind weniger bekannt.

Weitere
Erfolgsfaktoren

Als Erfolgsfaktoren wurden genannt (in Klammer die Anzahl Nennungen):

- Kostendruck (Relevanz Materialkosten) (10)
 - Eco im Design (10)
 - Prozess im Griff / richtiges Produkt (8)
 - Lean Management (7)
- sowie:
- Relevante Materialkosten (4)
 - top-down (3)
 - neue Produktionstechnologien (2)
 - kleiner, überschaubarer Betrieb (2)
 - definierte Rezepturen & Normen bei Stahlrecycling (1)
 - Einsparung an Geld (1)
 - Person X, welche das Thema in der Firma aktiv bearbeitet (1)
 - gelebter KVP (1)
 - Losgrössenoptimierung (1)
 - ERP (1)
 - Qualität und Durchlaufzeit (1)
 - Maschinebautechnisch (1)
 - Pilotanlage für F&E (1)
 - Halbfabrikat (1)
 - Netzwerke (1)

3.5 Hemmnisse für eine hohe Materialeffizienz

**Zwingende
Anforderungen
durch Kunden und
Normen**

Der Kunde bestimmt, wie das Produkt ausgestaltet sein muss. Zudem legen Normen und Standards weitere Vorgaben fest, welche vielfach nicht unter der Perspektive der Materialeffizienz entstanden sind. Es verwundert deshalb nicht, dass „Normen & Standards“ sowie „Kundenanforderungen“ als häufigstes Hemmnis bezüglich Materialeffizienz genannt werden.

*Normen &
Standards*

Im Bereich Lebensmittel, Pharmazie und Chemie aber auch im Bereich Mikro-Elektronik bestehen hohe Anforderungen an Materialien und deren Verarbeitung. In diesen Bereichen verhindern einschlägige Normen den Einsatz von Sekundärmaterialien. 7 der 11 befragten Firmen sehen bei Normen²⁰ und Standards gewisse Nachteile.

tät und Preisgestaltung es möglichst optimal zu erfüllen gilt, und aus der Sicht des Unternehmens selbst, das profitabel funktionieren und seine Wettbewerbsfähigkeit verbessern muss.

Und Six Sigma (6σ) ist ein Managementsystem zur Prozessverbesserung, statistisches Qualitätsziel und zugleich eine Methode des Qualitätsmanagements. Ihr Kernelement ist die Beschreibung, Messung, Analyse, Verbesserung und Überwachung von Geschäftsvorgängen mit statistischen Mitteln.

²⁰ *Anmerkung: Normen sind nicht in Stein gemeisselt; die ISO beispielsweise überarbeitet regelmässig ihre Normen. Dies geschieht in einem partizipativen Ansatz. Der Prozess ist somit langsam und das Resultat ein Kompromiss. Es erstaunt deshalb nicht, wie träge ein Normenwerk ist und wie schwer es ist, dieses zu ändern.*

Kundenwünsche Ähnlich sieht das Bild bei Kundenanforderungen aus; 7 der befragten Firmen sehen diese als Hemmnis. Insbesondere in industriellen Zuliefernetzwerken können Kundenanforderungen nicht oder dann nur teilweise angepasst werden. Einige der befragten Firmen ist es gelungen, als Zulieferant eng mit dem Kunden in einem partnerschaftlichen Verhältnis zusammenzuarbeiten. So konnte u.a. auch die Materialeffizienz und damit verbunden die Kosten reduziert werden.

Auch für den Gesetzgeber wird es in diesem Bereich nicht einfach. Regulatorische Eingriffe könnten Produktionsbetriebe mit dem Argument begegnen, dass die gesetzlichen Einschränkungen den Marktzugang verhindern.

*Fehlendes
übergeordnetes
Recyclingsystem*

6 von 11 Firmen sehen in fehlenden übergeordneten Recyclingsystemen ein Hemmnis; trotz intensiver Suche konnten viele der befragten Firmen keine befriedigende Lösung finden. Vielfach betrifft dies die Abnahme von Kunststoffproduktionsabfällen; vielfach sind die Mengen zu klein oder dann die Materialzusammensetzung sehr speziell (insbesondere beim Spritzgiessen). Zum anderen betrifft die Kritik das Angebot an Sekundärmaterialien; Vorbehalte gibt es primär wegen der Qualität, welche zu stark variiert, sowie wegen der (mangelnden) Verfügbarkeit. Beim letzteren brauchen die Firmen eine Sicherheit in der Lieferbereitschaft. Aktuell ist diese zumindest für grössere Mengen nicht gegeben.

Eine Firma erachtet das Recycling von „Betriebsstoffen“ als schwierig; als Lösungsansatz wird ein „Recycling-Kompass“ genannt.

*Weitere
Hemmnisse*

Als Hemmnisse wurden genannt (in Klammer die Anzahl Nennungen):

- Normen und Standards (7)
 - Kundenanforderungen / Kundenvorgaben (7)
 - fehlendes übergeordnetes Recycling-System (6)
- sowie
- Markt / Nachfrage / Akzeptanz / Honorierung von „Öko“(3)
- und
- Sekundärwerkstoffe (Qualität und Verfügbarkeit) (2)
 - Zulassung neuer Werkstoffe (grosser Aufwand) (1)
 - Fehlende Produktionskapazität für reale Versuche (1)
 - Qualitätsprobleme (z.B. Verfärbungen) (1)
 - limitierter Platz (1)
 - fehlende Standardisierung (1)
 - hohe Arbeitsteilung / Zulieferketten (1)
 - fehlende spezifische Betrachtungen (Firmen- und Branchenspezifische Eigenheiten & Möglichkeiten) (1)

4. Fazit und Ideen für weiteres Vorgehen

4.1 Materialeffizienz hat hohe Priorität in der produzierenden Industrie

Präambel Im Rahmen der explorativen Studien wurden 11 Firmen aus der Schweizer MEM-Industrie befragt, welche sich bereits intensiv mit Fragen des betrieblichen Umweltschutzes befassen. 6 Firmen sind reine Zulieferbetriebe und 5 Firmen entwickeln, produzieren und vertreiben eigene Produkte.

Hohe Relevanz der Materialkosten Materialkosten sind relevant; in vielen der befragten Firmen stellen Materialkosten mit ca. 45% den grössten Kostenanteil dar, gefolgt von Maschinen-/Anlagen- sowie Personalkosten. Energiekosten, sofern erfasst und ausgewiesen, sind in vielen Fällen mit 3 – 4% relativ gering.

Anmerkung: Die Ausgangssituation ist deshalb hervorragend. Im Gegensatz zu vielen anderen ökologischen Themen besteht bei der Materialeffizienz auch ein hoher ökonomischer Anreiz.

1. Frage: Umgang mit Thema Materialeffizienz Alle befragten Firmen gehen umsichtig mit Material (Rohmaterial, Halbzeuge, Teile, Baugruppen) um; dies vor allem wegen der hohen Kosten.
Der Kostendruck auf die weitgehend Export-orientierte Schweizer Industrie ist gross; kann z.B. der Materialeinsatz um weitere 10% reduziert werden – ist realistisch durch Produkt- und Prozessoptimierungen – resultiert im Schnitt eine Kostenreduktion von immerhin 4%²¹.

2. Frage: Umgesetzte und geplante Massnahmen Alle befragten Firmen haben unterschiedlichste Massnahmen umgesetzt. Diese betreffen technische Optimierung wie auch organisatorische Anpassungen. Unterstützt werden diese Massnahmen vielfach durch so genannte Managementsysteme respektive separate Effizienzprogramme (Lean, Six Sigma, ...). Zudem werden unterschiedliche Optimierungs-Tool und Methoden eingesetzt, z.B. DoE als statistische Versuchsplanung.
Alle befragten Firmen achten bei Neubeschaffungen in Anlagen und Produktionsinfrastruktur auf eine bessere Energie- und Materialeffizienz.

3. Frage: Eco im Produktdesign Das Thema Ecodesign ist bei den befragten Firmen relevant; entsprechend sind bereits verschiedene Massnahmen umgesetzt worden, z.B. bei der Materialwahl, bei der Gestalt der Produkte (z.B. dünnwandiger & leichter), wie auch bei der Produktivität & Funktionalität der Produkte²².

Typischerweise ist Ecodesign ein Thema von Produktherstellern; diese versuchen durch bessere Produkte den Kundennutzen zu steigern bei gleichzeitig geringeren Kosten und Umweltbelastungen.

Die explorative Studie zeigt aber auch, dass die Zulieferer versuchen, die Herstellungskette gemeinsam mit Kunden und Materiallieferanten zu optimieren. Auch hier wird „Eco im Design“ betrieben.

²¹ Viele MEM-Unternehmen in der Schweiz weisen einen Gewinn von 4% auf den Umsatz aus; 4% geringere Kosten bedeutet eine Gewinnverdoppelung oder eine Kostenreduktion am Markt und somit bessere Marktchancen.

²² In der vorliegenden explorativen Studie wurde auch ein Produktionsmaschinenhersteller (Spritzgussmaschinen) betrachtet; ein wichtiger Teil ist hier die gemeinsame Optimierung des Prozesses mit dem Kunden.

4.2 Fördern von spezifischen Verbesserungen

Notwendig sind spezifische Verbesserungen	Auffallend und zugleich typisch für den Produktionsstandort Schweiz ist die hohe Heterogenität in Produkten, Herstellprozessen und Kunden. Die Firmen sind bestrebt, in ihrem eigenen Umfeld (respektive Fertigungssegment) eine möglichst effiziente Produktion zu betreiben; jedes Produktionssystem ist auf seine Art einzigartig, auch die Massnahmen zur Steigerung der Ressourceneffizienz. Es können deshalb keine pauschalen Empfehlungen für die Verbesserung der Materialeffizienz gemacht werden. Für jedes Produktionssystem sind spezifische Massnahmen zu entwickeln und umzusetzen.
Interesse der Industrie	Die Industrie – zumindest Firmen, welche bereits intensiv an der Verbesserung der eigenen Umweltleistung arbeiten – sind grundsätzlich an neuen Ideen und Impulsen interessiert. Ein differenzierte Betrachtung liefert dazu eine aktuelle Studie aus Deutschland ²³ :
<i>grosser Bedeutung der Materialeffizienz</i>	- Energieeffizienz (87%) und Materialeffizienz (77%) sind mit Abstand die aktuell interessantesten Themen für Unternehmen im Kontext der Nachhaltigkeit.
<i>Reduktion der Kosten</i>	- Hier sehen die Firmen Unterstützung bei den Unternehmenszielen durch Kostensenkung (87%) und Wettbewerbsvorteile (77%) sowie Image und Werbemöglichkeiten (53%) und Technologievorsprung / Öko-Innovation (49%).
<i>Bedarf der Firmen</i>	Zum einen sind für Firmen einfache und <u>schnell umsetzbare</u> Lösungen (66%) interessant (<u>Anmerkung</u> : =Multiplikation von „Musterlösungen“). Zum anderen sind es Lösungen im Bereich Re-Engineering (tiefgreifende Änderungen: 43%), sowie Systemlösungen (vollständig neue Lösungen: 43%).
<i>Externe Unterstützung</i>	Unterstützung bei der Umsetzung der Ressourceneffizienz sehen die Firmen insbesondere bei Weiterbildung / Kompetenzaufbau (57%), sowie in einer Kooperation in Themen-Cluster respektive Netzwerken (55%).

4.3 TopManufacturing: Cluster zur Förderung der Materialeffizienz?

Thematischer Cluster als „Ideen-Börse“	In anderen Bereichen, z.B. Energieeffizienz von Antriebssystemen, werden bereits erfolgreich entsprechende praxisnahe Themencluster betrieben. Der Zugang zu „State-of-the-Art“, „best practices“, Normen / Standards, ... wird vereinfacht. Ein gutes Beispiel ist TopMotors / S.A.F.E.. Die Dienstleistungen stossen auf breites Interesse. Einige der befragten Firmen begrüssen konkret einen partizipativen Ansatz; in Branchen sollen gemeinsam mit den Firmen „Standards“ festgelegt und umgesetzt werden. Damit erhoffen sich die Firmen wirksamer Massnahmen.
---	---

²³ Relevanz der Ressourceneffizienz für Unternehmen des produzierenden Gewerbes; Reiner Erhardt, Nico Pastewski; Fraunhofer IAO; ISBN: 978-3-8396-0177-8)

Zusätzlich wären in enger Kooperation insbesondere mit etablierten Hochschulen zudem Angebote denkbar, welche die Möglichkeiten einer „radikaleren Innovation“ unterstützen.

Inhaltliche Herausforderungen

In der Diskussion mit den beteiligten Firmen und Erkenntnisse aus weiteren ähnlich gelagerten Befragungen in Zusammenarbeit mit CH-Firmen²⁴ ergeben sich einige inhaltliche Herausforderungen. Diese bilden u.a. Arbeitsschwerpunkte von einer künftigen „TopManufacturing“-Initiative.

Eco im Design

Mit Eco im Design können die meisten KMU weit mehr Umweltleistung erzeugen als am Produktionsstandort selbst. Gefragt sind deshalb neue Produkte & Prozesse, welche eine einfachere Herstellung ermöglichen und beim Kunden bessere Resultate liefern, und dies bei deutlich geringerem Ressourceneinsatz.

Die Schwierigkeit besteht darin, zu Beginn von neuen Produkt- und Prozessentwicklungen die relevanten Themen und Zusammenhänge zu erkennen. Vielfach ist der Fokus auf schnellere, günstigere und bessere Prozesse ausgerichtet. Dass aber gleichzeitig auch die Ressourceneffizienz massgeblich verbessert werden kann, bleibt vielfach unberücksichtigt oder wird ignoriert.

Ein wesentlicher Grund, warum in der Praxis das Thema Ecodesign nicht breit umgesetzt wird, und dies zeigen diverse aktuelle Studien, ist die Tatsache, dass KMU vielfach nicht wissen, wie sie das Thema pro-aktiv in ihren Planungsabläufen berücksichtigen sollen.

- ⇒ Der präventive Ansatz, sowohl auf Stufe „Produktdesign“ wie auch „Produktionsdesign“ muss gefördert werden. Insbesondere müssen rechtzeitig in Planungs- und Entscheidungsprozessen die richtigen Fragen gestellt werden.

Denkbar sind beispielsweise branchen-spezifische „Ecodesign-Checks“ für die Produktentwicklung²⁵ oder „Beschaffungsrichtlinien“ für die Erneuerung und Optimierung von bestehenden Produktionsanlagen²⁶.

Eng verknüpft mit Eco im Design sind Systemoptimierungen respektive „Forschen am System“.

Systemoptimierungen

Systeme, und vor allem Produktionssysteme zu optimieren ist nicht trivial. Zum einen muss das System als Ganzes erfasst und beurteilt werden. Zum anderen sollen die einzelnen Teilsysteme / Bereiche, trotz unterschiedlicher beteiligter Organisationen, gemeinsam optimiert werden; dieser Abgleich wird schwierig. Dieser ist aber notwendig, um eine maximale Effizienz zu

²⁴ z.B. „A+W-Pilot-Schulung“ zu Ecodesign für Maschinen- und Gerätehersteller“, 2013, finanziert durch BFE, bearbeitet von Züst Engineering AG sowie inspire AG / IWF der ETH Zürich

²⁵ Bestehende Tools, z.B. im Kontext von entsprechenden EU-Arbeitsgruppen, basieren weitgehendst auf LCA-Ansätzen und setzen somit eine detaillierte Beschreibung der Produkte voraus. Eine rasche Beurteilung ist damit nicht möglich.

²⁶ Siehe beispielsweise: Eco-effiziente Produktionsmaschinen in moderner Haustechnik bei METTLER TOLEDO - Hohe Energieeffizienz durch Optimierung des Gesamtsystems, ein Show-Case, ausgearbeitet von inspire AG / ETH Zürich sowie Züst Engineering AG, mit finanzieller Unterstützung von Novatlantis / ETH Bereich, Sommer 2013, mit dem Anhang: Mögliche Schritte und Inhalte für ein angepasstes Prozessmanagement

erreichen²⁷. Hemmnisse dazu sind die Komplexität, mangelndes Wissen, die Risiken, welche mit einer Veränderung eingegangen werden.

⇒ Das „Denken in Systemen“ im Kontext der Materialeffizienz muss vermehrt gefördert werden, sowohl inner- wie ausserbetrieblich.

Weder die Systemdefinition noch die Festlegung von Nutzungsszenarien sind komplexe Aufgaben. Trotzdem bereiten sie grosse Mühe, weil den Beteiligten die Routine im Umgang mit unbekanntem Grössen fehlt. Die Tatsache, dass es immer Fälle gibt, die von einer Annahme stark abweichen, macht es schwierig, einen Kompromiss zu finden.

Eine neutrale Vorgabe von Dritten, insbesondere von einer Norm, wird dagegen umstandslos akzeptiert. Eine ähnliche Wirkung entfalten vergleichbare Beispiele, welche herbeigezogen werden können.

*Fokusbildung
sowie
Stand der
Technik /
best practices*

Die Entscheidungen in Unternehmen werden massiv vereinfacht, wenn für einzelne Aspekte ein anerkannter Stand der Technik als Empfehlung, Norm oder dergleichen verfügbar ist. Es ist sonst für die Beteiligten schwierig zu entscheiden, wie weit sie mit einer Optimierung gehen sollen. Es gibt heute zwar Checklisten und allgemeine Empfehlungen, aber keine allgemeinen Richtwerte²⁸, z.B. in Bezug auf Verwendung von Sekundärmaterialien und andere Eco-Design-Kennwerte.

⇒ Es stellt sich u.a. die Frage, wie „Musterlösungen“ einfach erfasst und Interessierten zugänglich gemacht werden könnten (=Breitenwirkung durch Multiplikation von guten Beispielen).

Die Benennung von Fokusthemen dient auch dem Clustering der Ansatzpunkte und der Einzelmassnahmen. Dieses Vorgehen und die Anschaulichkeit der Fokusthemen tragen dazu bei, dass sie zudem in der Kommunikation mit Marketing / Produktmanagement und mit Kunden verwendet werden können²⁹.

*Umfassendes
Bewertungs-
system*

Zur Bewertung von alternativen Lösungen punkto Materialeffizienz müssen diese quantitativ bewertet werden. Zum einen sind dies die Materialflüsse inkl. Lager sowie Aufbereitungs- und Recyclingprozesse. Zum anderen werden für die industriellen Produktionsprozesse – Produktion wie auch Recycling – Energie benötigt.

In der Produktion ist Elektrizität vielfach der relevante Energieträger. Weitere Versorgungen können leitungsgebundene Energien wie beispielsweise

²⁷ In der unter Fussnote 5 erwähnten Studie wird das Ecodesign-Potential bis 2020 mit 25% angegeben, dies insbesondere mit „Systemoptimierungen“; eine Untersuchung im Bereich Werkzeugmaschinen vom CECIMO, dem europäischen Branchenverband, zeigt, dass über Gesetze nur 4-6% möglich sind. Gesetze sind „regelbasiert“ und beziehen sich somit auf „einfach“ mess- und beurteilbare Situationen. Der Rest, also die eigentliche Systemoptimierung, bleibt ein „over compliance“

²⁸ Einige der befragten Firmen sind bereit respektive regen an, im Rahmen von Branchenvereinbarungen / SRI entsprechende Lösungen und Richtwerte gemeinsam auszuarbeiten

²⁹ Im Bereich Gestaltung energieeffizienter Werkzeugmaschinen wurde bereits gemeinsam mit Firmen in diversen Projekten ein Raster entwickelt; Fokusthemen sind a) Produktivitäts- / Prozessverbesserung, b) Betrieb ohne Nutzen / Stand-By Management, c) Wärmehaushalt und d) Hallenintegration, inkl. Druckluftversorgung. Diese vier Fokusbereiche haben sich in den Workshops mit Werkzeugmaschinenherstellern als nützlich erwiesen. Doch nicht alle Themen können damit sinnvoll eingeordnet werden. Deshalb gibt es neben den Fokusthemen auch Technologiethemen.

Druckluft, Wärme und Kühlmedien sein. Diese werden von einer Fabrikinstallation unter Verwendung von Elektrizität bereitgestellt. Deshalb ist es naheliegend, ein elektrisches Äquivalent für diese zusätzlichen Medien zu berechnen, um Energiedaten konsolidieren zu können. Dieses elektrische Äquivalent ist von der jeweiligen Installation abhängig. Ähnliche Überlegungen betreffen auch das Umsystem, sprich übergeordnete Recyclingsysteme – auch hier gibt es unterschiedliche Ausprägungen, welche je nach Relevanz zu berücksichtigen sind.

- ⇒ Für eine systematische Beurteilung unterschiedlicher Lösungen bezüglich Materialeffizienz braucht es Bewertungsprinzipien³⁰ und vor allem auch Bewertungsfaktoren³¹, welche eine breite Akzeptanz in der Industrie finden.

4.4 Schlussfolgerungen

Mögliches weiteres Vorgehen

Materialeffizienz ist ein Mega-Thema, mit dem grossen Vorteil, dass es auch wirtschaftlich interessant ist. Deshalb braucht es keine Gesetze, Verbote oder Lenkungsmaßnahmen, sondern Schulung, gute Beispiele, Erfolgsgeschichten, täglich neue Anreize; wie in ganz vielen anderen Bereichen auch, z. B. in der Gesundheitsprävention. Die Leute sollen nicht mehr darüber rätseln, ob das Glas halb leer oder halb voll sei, sondern realisieren, dass es einen Faktor 2 überdimensioniert ist.

Die Studie kommt zudem zum Schluss, dass die Kompetenz der Leute zu fördern ist, dass hier Planungshilfen und Normen helfen könnten und dass gute Beispiele erfasst, aufbereitet und verbreitet werden müssten. Das sind typische Verbandsaktivitäten; es ist deshalb zu prüfen, in wie fern entsprechende Verbände für dies Arbeit gewonnen werden können.

³⁰ Bezüglich Life-Cycle-Bewertung bestehen bereits vielfältige und akzeptierte Prinzipien (z.B. ISO 14040ff.)

³¹ Ein Ansatz wären beispielsweise „Energie-Äquivalente“

Anhang I: Rahmen für Interviews

Rohmaterial A	<ul style="list-style-type: none"> - Materialwahl (Vorgeschichte; Recyklat; ...) - Materialzustand / Form / Halbzeug: Länge, Querschnitt, ... - Verpackung / Transportschutz / Anlieferung (Silo; Säcke; oder ölige Oberfläche gegen Rost; ...)
Verarbeitung B	<ul style="list-style-type: none"> - Materialeinsparungen (präventiv – technisch): <ul style="list-style-type: none"> ○ Dünner, kleiner, leichter... ○ Stabiler Prozess (weniger Ausschuss, präzisere Wandstärken, ...) ○ kürzere Bahnlängen, geringere Volumen, ... (= weniger Anfahrscrott) ○ Bessere Technologien (Heisskanal-Anguss, Mehrkanalgiessen, Mehrschicht-Extrudieren, ...) - Materialeinsparungen (präventiv – organisatorisch): <ul style="list-style-type: none"> ○ Bessere Abläufe (z.B. effizientere Schachtelungen, ...) ○ Losgrößen / Batchgrößen (→ Ablauf, Organisation, ...) - Generell Reduktion von „Verschwendungen“: <ul style="list-style-type: none"> ○ Ausschuss (Q-Management; Prozessüberwachung; ...) ○ Anfahrscrott, ... (z.B. organisatorisch mit DoE; technisch durch internes Recycling) ○ Vermeidung von Stillständen / Unterbrüchen / Unfälle / ... ○ Betriebs- und Hilfsstoffe reduzieren (z.B. Trockenbearbeitung, ...) ○ Betriebsstoffe aktiv bewirtschaften (z.B. Druckfarben-Management; ...) ○ Vermeidung von Lagerbeständen (z.B. weniger Lager / Zwischenlager; ...; oder Halbfabrikate / Plattformen / Standardisierung) - Ab-Produkte bewirtschaften: <ul style="list-style-type: none"> ○ z.B. internes & externes Recycling (Sammeln / sortieren, mahlen / granulieren, wiederverwerten / weiterverwerten) - Umgang mit Zukaufteilen
Distribution und Einbau C	<ul style="list-style-type: none"> - Absatzplanung <ul style="list-style-type: none"> ○ Reduktion Lagermengen (nach Umsatz, nach Absatz, ...) - Vermeidung Ladenhüter (zu lange am Lager, Fehlbestellungen, Fehllieferungen, Reklamationen, Retouren, ... (→ bessere End-to-End-Planung)) - Umgang mit Installationsabfälle / Verpackungen / ... <ul style="list-style-type: none"> ○ Abschnitte, Späne, .. ○ Sammlung / Recycling (reine Fraktionen mit Info) ○ Rücknahme „Alt-Produkte“ respektive analoger Produkte & Materialien
Use D	<ul style="list-style-type: none"> - Dito „Verarbeitung“ (siehe oben) - Optimierung der Funktionalität: <ul style="list-style-type: none"> ○ Schnellere Zyklen, ... ○ Höhere Qualität, stabilere Prozesse, ... ○ effizientere Prozesse (dünnwandiger; ...) ○ Vermeidung von Stillständen, Pannen, ... ○ Verwertung von Sekundärmaterialien ○ Reduktion / Vermeidung von Betriebs- und Hilfsstoffen - Lebensdauer optimieren (insbesondere bei passiven Produkten) - Reparaturfähigkeit / Ausbaufähigkeit / Wartbarkeit, sowie Wieder- und Weiterverwendung von Komponenten & Teilen
End-of-Life E	<ul style="list-style-type: none"> - Erhöhung Demontagefreundlichkeit - Wiederverwendung von Teilen und Komponenten Sammlung / Recycling - Wieder- und Weiterverwertung von Materialien - Verbrennungsgerecht / Deponie-gerecht

(Quelle: in Anlehnung an: W. Wimmer, R. Züst: „Ecodesign-Pilot“; Verlag Industrielle Organisation, Zürich)

Anhang II: Rahmen für Protokolle

Beispiel: Firma xy

Allgemeine Information zur Firma

Produkt-Markt	Art der Produkte und Dienstleistungen
Betrieb	Art des Betriebes
Werk / Produktion	Kurzbeschreibung der Produktion
Informationen zu Nachhaltigkeit	Bezug zum Thema Nachhaltigkeit et al.

Materialeinsatz und Umgang mit Material

Produkt	Kurzbeschreibung Produkte respektive hergestellten Produkte
<i>Eingesetztes Materialien</i>	Beschreibungen und Erklärungen
<i>Nutzung & Lebensdauer</i>	Beschreibungen und Erklärungen
Einsatz von „sekundär Wertstoffen“	Beschreibungen und Erklärungen
Produktions-internes Recycling	Beschreibungen und Erklärungen
<i>Abfall- / Ausschussraten</i>	Beschreibungen und Erklärungen
<i>Anfahrtschrott</i>	Beschreibungen und Erklärungen
<i>Internes Werkstoff-Recycling</i>	Beschreibungen und Erklärungen
<i>Externes stoffliches Recycling</i>	Beschreibungen und Erklärungen
<i>KVA oder Deponie</i>	.Beschreibungen und Erklärungen
Recycling während Distribution	Beschreibungen und Erklärungen
Recycling während Nutzung	Beschreibungen und Erklärungen
Recycling am Lebensende	Beschreibungen und Erklärungen

Erfolgsfaktoren für bestehendes Recycling / Umgang mit Material

Erfolgsfaktor 1	Beschreibungen und Erklärungen
Erfolgsfaktor 2	Beschreibungen und Erklärungen

Hemmnisse im Bereich Materialeffizienz

Hemmnis 1	Beschreibungen und Erklärungen
Hemmnis 2	Beschreibungen und Erklärungen