

Holger Rohn

(Trifolium – Beratungsgesellschaft mbH)

Dr. Claus Lang-Koetz

(Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO)

Nico Pastewski

(Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO)

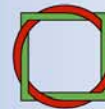
Michael Lettenmeier

(Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH)

Identifikation von Technologien, Produkten und Strategien mit hohem Ressourceneffizienzpotenzial – Ergebnisse eines kooperativen Auswahlprozesses

Meilensteinbericht aus dem Arbeitspaket 1 des MaRess-Projekts





Wuppertal Institut
für Klima, Umwelt, Energie
GmbH

Wuppertal Institut
in Kooperation mit

BASF
Borderstep
CSCP
Daimler
demea – VDI / VDE-IT
ECN
EFA NRW
FhG IAO
FhG UMSICHT
FU Berlin
GoYa!
GWS
Hochschule Pforzheim
IFEU
Institut für Verbraucherjournalismus
IÖW
IZT
MediaCompany
Ökopol
RWTH Aachen
SRH Hochschule Calw
Stiftung Warentest
ThyssenKrupp
Trifolium
TU Berlin
TU Darmstadt
TU Dresden
Universität Kassel
Universität Lüneburg
ZEW

Kontakt zu den Autor(inn)en:

Holger Rohn

Trifolium – Beratungsgesellschaft mbH

61169 Friedberg, Alte Bahnhofstr. 13

Tel.: +49 (0) 6031 68754 -64, Fax: -68

Mail: holger.rohn@trifolium.org

Dr. Claus Lang-Koetz

Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO

Nobelstr. 12, 70569 Stuttgart, Germany

Tel.: +49 (0) 711 970 -2222, Fax: -2287

Mail: claus.lang-koetz@iao.fraunhofer.de

**„Materialeffizienz und Ressourcenschonung“
(MaRes) – Projekt im Auftrag des BMU | UBA**

Projektlaufzeit: 07/2007 – 12/2010

Projektleitung:

Dr. Kora Kristof / Prof. Dr. Peter Hennicke

Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH

42103 Wuppertal, Döppersberg 19

Tel.: +49 (0) 202 2492 -183 / -136, Fax: -198 / -145

Mail: kora.kristof@wupperinst.org

peter.hennicke@wupperinst.org

© Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH

Weitere Informationen zum Projekt

„Materialeffizienz und Ressourcenschonung“ (MaRes)

finden Sie unter **www.ressourcen.wupperinst.org**

Gefördert wird das Vorhaben im Rahmen des UFOPLAN
durch das BMU und das UBA, Förderkennzeichen: 3707 93 300

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung
liegt bei den Autor(inn)en.



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und Reaktorsicherheit

**Umwelt
Bundes
Amt** 
Für Mensch und Umwelt

Identifikation von Technologien, Produkten und Strategien mit hohem Ressourceneffizienzpotenzial – Ergebnisse eines kooperativen Auswahlprozesses

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	3
2	Ressourceneffizienz – Ausgangsbasis	4
2.1	Relevanz der Ressourceneffizienz	4
2.2	Ressourcenintensive Branchen	5
2.3	Ressourcenintensive Bedürfnisfelder	7
2.4	Märkte für Ressourceneffizienz	8
2.5	Bedeutung der Ressourceneffizienz für Unternehmen	10
2.6	Eco-Innovation: ressourceneffiziente Produkte, Prozesse, Technologien und Dienstleistungen	12
3	Ressourceneffizienzpotenziale durch Technologien, Produkte und Strategien	14
3.1	Wissenslücken und erwarteter Wissenszuwachs durch Arbeitspaket 1	14
3.2	Untersuchungsrahmen und Vorgehen	15
3.3	Strukturierung des Untersuchungsfeldes	18
3.4	Technologien, Produkte und Strategien zur Erhöhung der Ressourceneffizienz	20
3.4.1	Ergebnisse Analyse und Vorauswahl	20
3.4.2	Ergebnisse der kriteriengestützten Bewertung	22
3.5	Auswahl der „Top20 Themen“ zur Abschätzung des Ressourceneffizienzpotenzials	23
4	Fazit und Ausblick	25
5	Literatur	28

Abbildungen

Abb. 1:	HWI-Rohstoffpreisindex 2001-2008 _____	4
Abb. 2:	Rohstoffbedarf der Welt 2050 ohne zusätzliche Effizienzsteigerungen _____	5
Abb. 3:	Verflechtung der Produktionssektoren Deutschland 2000 _____	7
Abb. 4:	Verteilung des direkten und indirekten Ressourcenverbrauchs auf Bedürfnisfelder _____	8
Abb. 5:	Prognostizierte jährliche Wachstumsraten einzelner Umwelttechnologien in Prozent 2005–2020 _____	9
Abb. 6:	Entwicklung der Produktivitäten im verarbeitenden Gewerbe _____	10
Abb. 7:	Kriteriengestützte Auswahl von Technologien, Produkten und Strategien mit hohem Ressourceneffizienzpotenzial _____	15
Abb. 8:	Themennennungen zu Technologien in der Themenliste „Top250“I _____	20
Abb. 9:	Themennennungen zu Produkten in der Themenliste „Top250“ _____	21
Abb. 10:	Themennennungen zu Strategien in der Themenliste „Top250“ _____	21
Abb. 11:	Übersicht zur Vorgehensweise der Potenzialanalyse _____	27

Tabellen

Tab. 1:	Direkter und indirekter Ressourcenaufwand in Deutschland induziert durch sektorale inländische Produktion für die letzte Verwendung _____	6
Tab. 2:	Erste Abschätzungen zu den Materialeffizienzpotenzialen _____	11
Tab. 3:	Bewertungskriterien zur Beurteilung der Technologien, Produkte und Strategien _____	17
Tab. 4:	Suchfeld und Strukturierung des Themenfeldes _____	19
Tab. 5:	Besonders relevante Themenfelder hinsichtlich erwarteter Ressourceneffizienzpotenziale, die aus den bisherigen Bewertungsschritten identifiziert wurden _____	22
Tab. 6:	Auswahl der „Top20 Themen“ zur Abschätzung der Ressourceneffizienzpotenziale _____	24

1 Einleitung

Umweltbelastungen durch die Entnahme und Nutzung von Ressourcen, die damit verbundenen Emissionen und auch die Entsorgung von Abfällen führen direkt zu ökologischen und in der Folge auch zu sozialen und ökonomischen Problemen. Versorgungsunsicherheit, Ressourcenknappheit, die sich daran entzündenden internationalen Rohstoffkonflikte, hohe und stark fluktuierende Rohstoffpreise können zu starken ökonomischen und sozialen Verwerfungen in allen Ländern der Erde führen. Die Wettbewerbsnachteile, die durch eine ineffiziente Ressourcennutzung entstehen, gefährden die Entwicklung von Unternehmen und Arbeitsplätzen. Die Steigerung der Ressourceneffizienz wird daher in der nationalen und internationalen Politik zunehmend zum Top-Thema. Vor diesem Hintergrund beauftragten das Bundesumweltministerium und das Umweltbundesamt 31 Projektpartner unter Leitung des Wuppertal Instituts mit dem Forschungsprojekt „Materialeffizienz und Ressourcenschonung“ (MaRess, vgl. <http://ressourcen.wupperinst.org>). Ziel des Projektes sind substanzielle Wissensfortschritte zu vier Kernfragen für die Steigerung der Ressourceneffizienz und für die Ressourcenschonung.

- Erstens gilt es, die Potenziale der Ressourceneffizienzsteigerung zu ermitteln.
- Zweitens sind Ansätze für zielgruppenspezifische Ressourceneffizienzpolitiken zu entwickeln.
- Drittens werden Ergebnisse hinsichtlich der Wirkungsanalyse auf gesamt- und betriebswirtschaftlicher Ebene erwartet.
- Der vierte Baustein ist die wissenschaftliche Begleitung der konkreten Umsetzung und des Agenda Setting sowie die Verbreitung der Ergebnisse.

Schwerpunkt und Zielrichtung des vorliegenden Papiers

Das vorliegende Papier befasst sich nachfolgend mit der oben genannten Kernfrage der Potenzialermittlung zur Ressourceneffizienzsteigerung. Schwerpunkte sind die Kurzdarstellung von bisherigen Kenntnissen zu Ressourceneffizienzpotenzialen aus bereits abgeschlossenen Untersuchungen und die vorliegenden **Zwischenergebnisse** aus dem Arbeitspaket 1 (AP1) „Identifikation und Potenzialanalyse von innovativen ressourceneffizienzsteigernden Leitprodukten, Leittechnologien und Leitmärkten“. Das Papier stellt somit den Arbeitsstand des AP1 nach Abschluss des ersten Arbeitsschritts (AS 1.1) des MaRess-Projekts dar. In AP1 werden Produkte und Technologien mit hohem Ressourceneffizienzpotenzial identifiziert (Leitprodukte und Leittechnologien) und Märkte zur Bereitstellung ressourceneffizienter Produkte untersucht (Leitmärkte). Ergebnis ist eine Liste zentraler, innovativer ressourceneffizienzsteigernder Leitprodukte und Leittechnologien. Auf dieser Basis erfolgt die tiefer gehende Ermittlung der Ressourceneffizienzpotenziale von ca. 20 ausgewählten Leitprodukten und -technologien. Die Verbindung zu innovativen Dienstleistungsangeboten, die die Erschließung von Leitmärkten erst ermöglichen, wird dabei berücksichtigt.

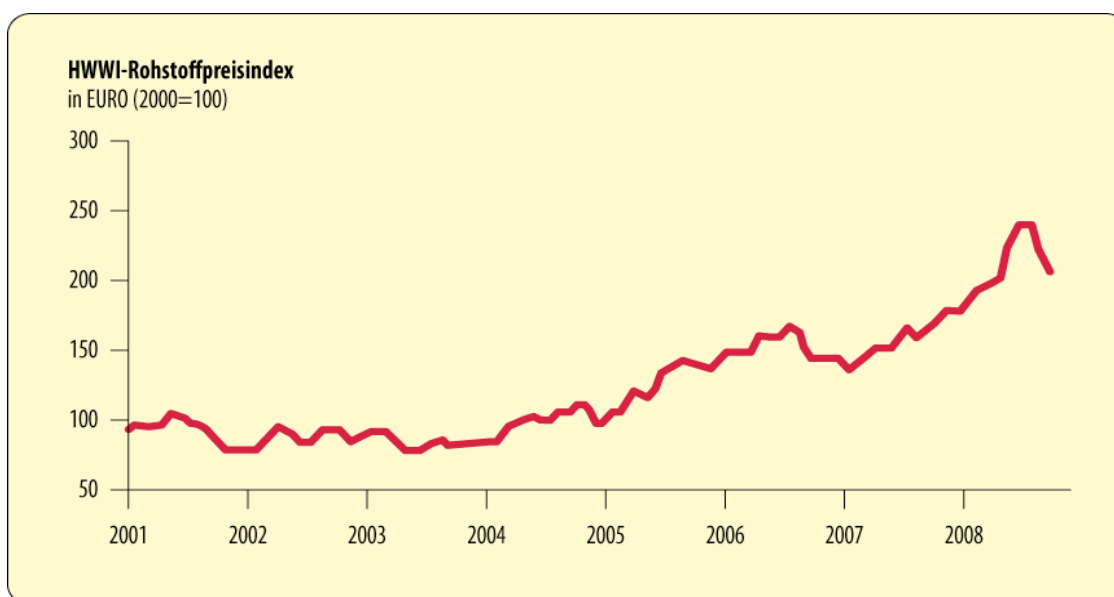
2 Ressourceneffizienz – Ausgangsbasis

Dieses Kapitel beschreibt die Ausgangsbasis für die Untersuchungen im Arbeitspaket 1 des Projektes MaRes (siehe Kap. 3), wobei besonders auf den Stand des Wissen zu den Schwerpunkten Branchen, Bedürfnisfelder und Märkte mit Relevanz für die Ressourceneffizienz eingegangen wird. Die wesentlichen Erkenntnisse aus vorhandenen Studien und erfolgten Untersuchungen werden zusammengefasst dargestellt. Es zeigt sich, dass insgesamt schon einiges an Wissen vorliegt, in der Regel jedoch wenig konkrete Potenziale benannt werden. Wenn quantifizierte Aussagen getroffen werden, sind diese meist eher heterogen, d. h. nicht konsistent dokumentiert. Zudem befassen sich die Abhandlungen meist mit Zusammenhängen auf der Makroebene und weniger mit konkreten Anwendungen (siehe auch Kap. 3.1).

2.1 Relevanz der Ressourceneffizienz

Das nachhaltige Management natürlicher Ressourcen ist in der jüngeren Vergangenheit auch wegen starker Preisschwankungen auf den Energie- und Rohstoffmärkten für die Weltwirtschaft immer zentraler geworden (vgl. Abb. 1).

Abb. 1: HWWI-Rohstoffpreisindex 2001-2008



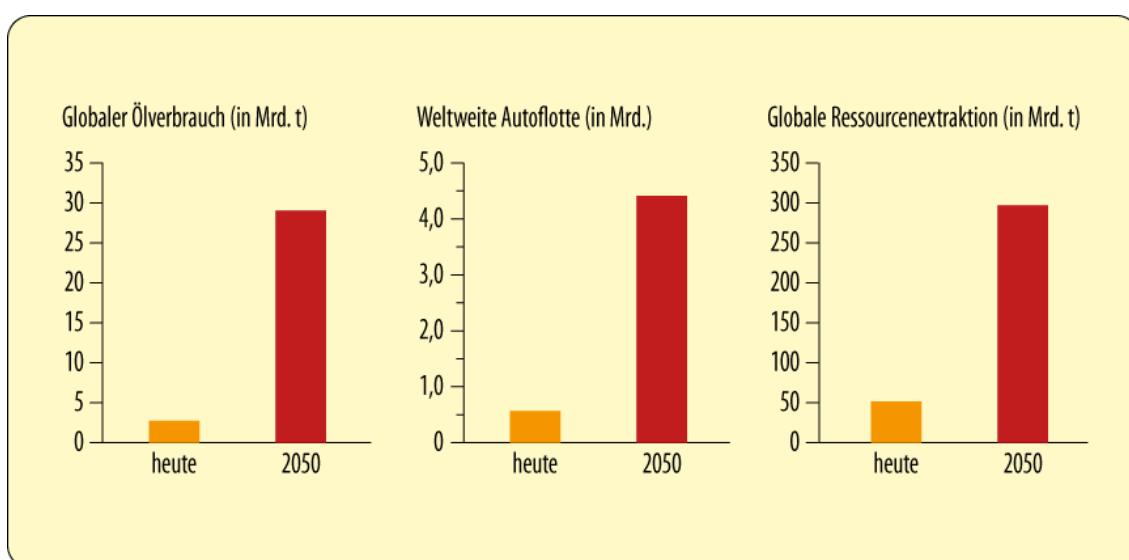
Quelle: HWWA 2008

Das spiegelt sich auch in der intensiven Debatte um eine wirkungsvolle Ressourcenpolitik wider (vgl. z. B. BMU 2006). In einem parallel entstandenen Policy Paper werden fünf Kernstrategien für die Ressourcenpolitik vorgestellt (Kristof / Hennicke 2008), mit denen den Innovationen und der wirtschaftlichen Modernisierung eine nachhaltige Richtung gegeben werden können.

So ist der globale Materialverbrauch in den vergangenen 30 Jahren stark gestiegen, insbesondere bei den Industrierohstoffen wie Rohöl, Steinkohle, Stahl, Aluminium oder Kupfer. Diese Entwicklung wird insbesondere durch den Industrialisierungsprozess der Schwellenländer beschleunigt. Laut Prognosen wird die Weltwirtschaft bis 2030 im Schnitt jährlich um drei Prozent wachsen (vgl. BMU 2007).

Die steigende Nachfrage wird auch vorangetrieben durch den Anstieg der Weltbevölkerung. Bis 2050 werden über 9 Milliarden Menschen auf der Erde leben und immer mehr davon in Städten und/oder in Industriegesellschaften (vgl. BMU 2007). Abb. 2 zeigt den geschätzten weltweiten Bedarf an Rohstoffen im Jahr 2050.

Abb. 2: Rohstoffbedarf der Welt 2050 ohne zusätzliche Effizienzsteigerungen



Quelle: Hennicke 2006 (eigene Berechnungen)

2.2 Ressourcenintensive Branchen

Eine Untersuchung des Wuppertal Instituts zeigt, dass in den Jahren 1991 und 2000 ca. 75 % des mit der inländischen Produktion verbundenen TMR (Total Material Requirement, also der gesamte direkte und indirekte Materialverbrauch einer Volkswirtschaft) Deutschlands auf die Endnachfrageproduktion folgender 12 Sektoren zurückzuführen ist (vgl. Tab. 1). Diese stellen damit die ressourcenintensivsten Aktivitäten Deutschlands dar (vgl. Acosta-Fernández 2007):

Tab. 1: Direkter und indirekter Ressourcenaufwand in Deutschland induziert durch sektorale inländische Produktion für die letzte Verwendung

NACE Rev.1 sect. ¹	Produktionssektor	Direkter und indirekter Ressourcenverbrauch 2000	
		in Mio. t	in %
45	Bauleistungen	964	18
15	Nahrungs- und Futtermittel, Getränke	465	9
27	Metalle und Halbzeug daraus	459	9
40	Energie (Elektro, Gas), DL der Energieversorgung	405	8
34	Kraftwagen und Kraftwagenteile	335	6
24	Chemische Erzeugnisse	269	5
29	Maschinen	211	4
10	Kohle, Torf	188	4
1	Erzeugnisse der Landwirtschaft, Jagd	183	3
23	Kokerei-, Mineralölerzeugnisse, Spalt-, Brutstoffe	157	3
26	Glas, Keramik, bearbeitete Steine und Erden	157	3
24	Steine und Erden, sonstige Bergbauerzeugnisse	136	3
	Restliche Produktionssektoren	1.360	26
	Alle Produktionssektoren insgesamt	5.843	100

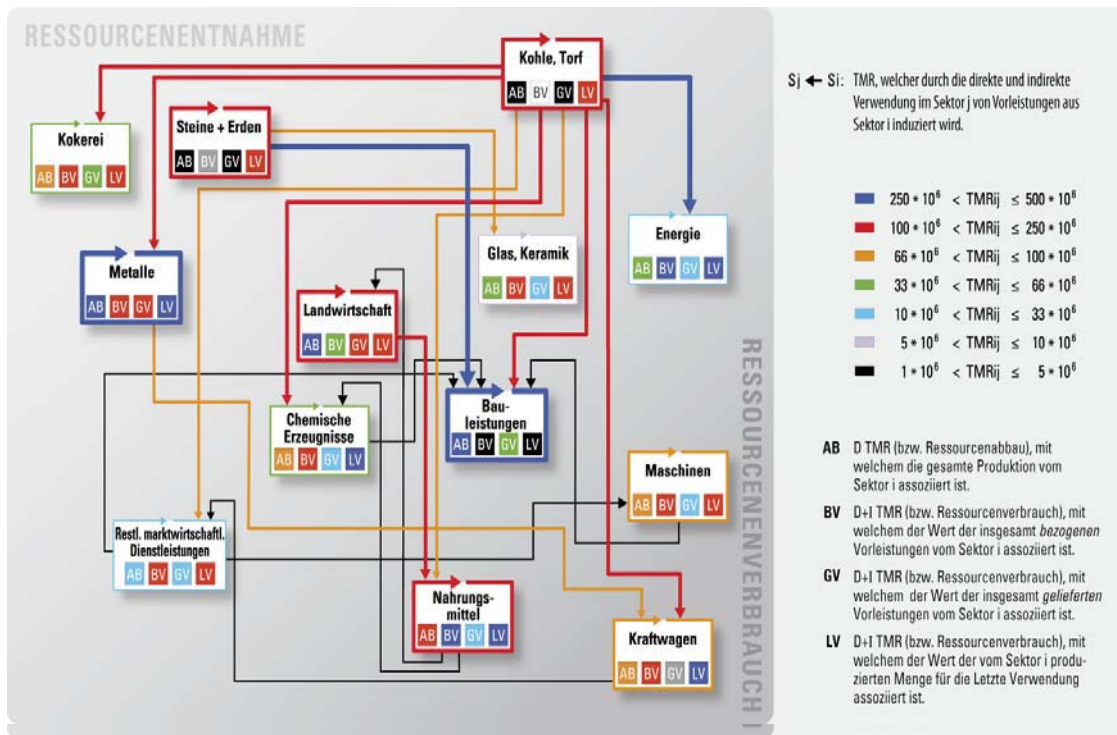
Quelle: Acosta-Fernández 2007

An vorderster Stelle steht der Sektor „Bauleistungen“, dessen Endnachfrageproduktion einen hohen Ressourcenaufwand verursacht. Im Jahre 2000 stellte der durch die Produktion verursachte Ressourcenverbrauch für die letzte Verwendung in der Bauindustrie 18 % des gesamtwirtschaftlichen TMR dar. Die Sektoren „Nahrungsmittelindustrie“, „Automobilindustrie“, der Sektor „Metalle“ sowie „Energie“ weisen mit über 5 % ebenfalls hohe Anteile auf. Der Ressourcenverbrauch durch die Endnachfrageproduktion aller Dienstleistungssektoren insgesamt ist mit rund 15 % am gesamtwirtschaftlichen TMR zu beziffern (vgl. dazu auch Kristof 2007).

Die vielfachen Verknüpfungen innerhalb der Wertschöpfungsketten und Sektoren stellen sich in einem komplexen Produkt-Dienstleistungs-Austausch zwischen den ressourcenintensiven Sektoren dar (vgl. Abb. 3).

¹ NACE Rev.1 sect. (Nomenclature statistique des activités économiques dans la Communauté européenne) ist ein System zur Klassifizierung von Wirtschaftszweigen. Die vorhandenen 60 Abteilungen können über einen zweistelligen numerischen Code identifiziert werden.

Abb. 3: Verflechtung der Produktionssektoren Deutschland 2000

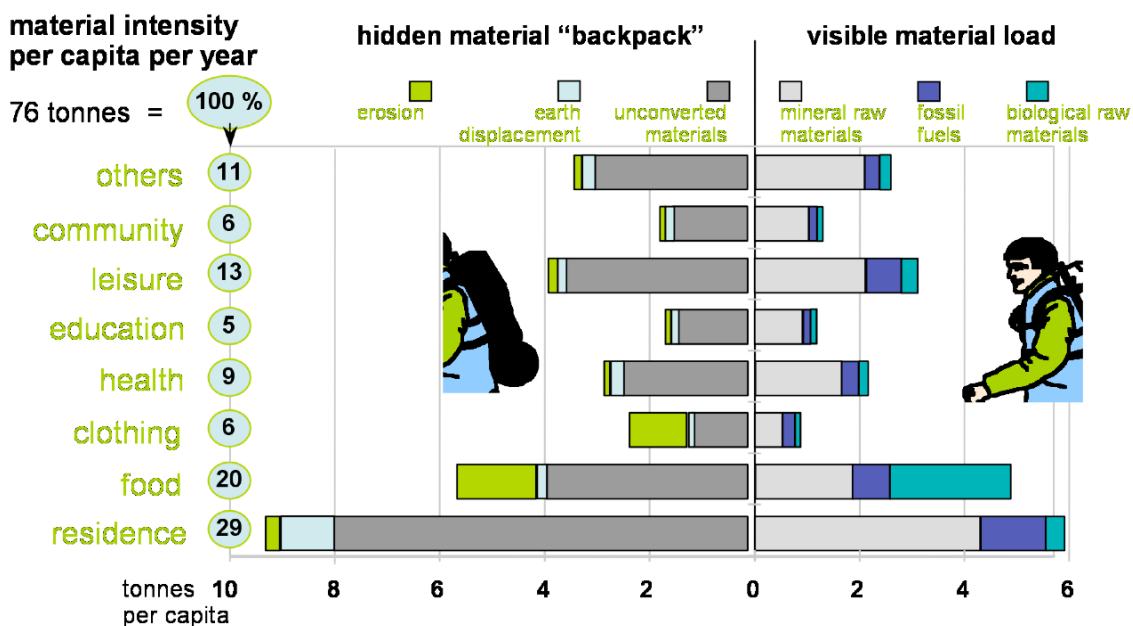


Quelle: Acosta-Fernández 2007

2.3 Ressourcenintensive Bedürfnisfelder

Die auf makroökonomischen Stoffstromdaten basierende Betrachtung des Ressourcenverbrauchs nach Bedürfnisfeldern (s. Abb. 4) offenbart, dass die Hälfte des Ressourcenverbrauchs auf die Felder Wohnen und Ernährung fällt. Dies betrifft gleichermaßen den direkten und den indirekten Ressourcenverbrauch. Weitere wichtige Bedürfnisfelder sind Freizeit und Gesundheit (vgl. Matthews et al. 2000; Bringezu / Schütz 2001). Mobilität ist in dieser Betrachtung in die jeweiligen Bedürfnisfelder integriert (z. B. Fahrt zum Einkaufen im Bedürfnisfeld Ernährung) und daher nicht getrennt ausgewiesen. Das Bedürfnisfeld Wohnen beinhaltet sowohl die Gebäude als auch deren Wärmeenergieverbrauch.

Abb. 4: Verteilung des direkten und indirekten Ressourcenverbrauchs auf Bedürfnisfelder



Quelle: Mathews et al. 2000; Bringezu / Schütz 2001

Eine neue Untersuchung auf Mikroebene über den Gesamtressourcenverbrauch von 27 finnischen Haushalten (Kotakorpi / Lähteenoja / Lettenmeier 2008) identifiziert die Konsumbereiche Mobilität, Tourismus, Wohnen und Ernährung als besonders relevant. Dabei umfasst Mobilität sämtliche Fahrten der Haushalte (außer Tourismus) und Wohnen den kompletten häuslichen Stromverbrauch (auch für z. B. Kochen). Außerdem offenbart die Studie Unterschiede bis zu einem Faktor 10 im gesamten Ressourcenverbrauch der einzelnen Haushalte. Besonders große Unterschiede traten in den Feldern Mobilität, Freizeit und Tourismus auf. Sie beruhen auf den unterschiedlichen Konsum- und Lebensstilen der Haushalte.

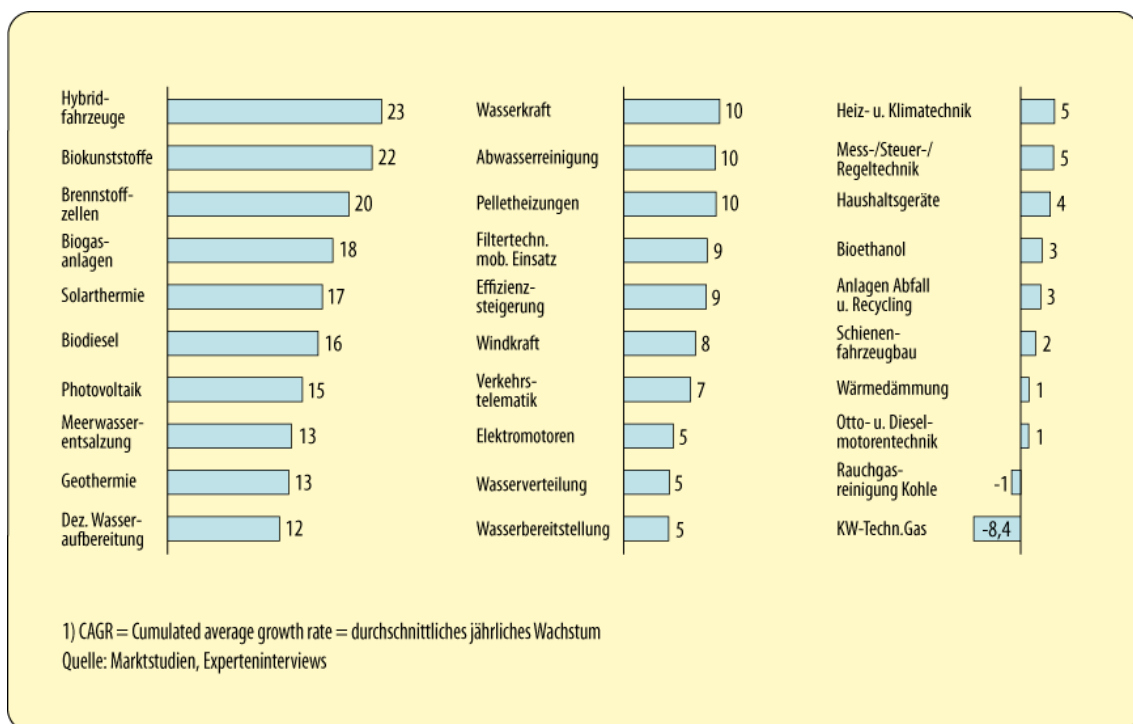
Beide Studien zeigen, dass Wohnen und Ernährung als eigentliche Bedürfnisfelder die höchste Relevanz für den Ressourcenverbrauch haben. Außerdem ist Mobilität von großer Bedeutung, egal ob sie getrennt ausgewiesen oder den einzelnen Bedürfnisfeldern zugeordnet wird. Innerhalb der Bereiche Wohnen und Mobilität ist bei der Betrachtung des globalen Ressourcenverbrauchs die gebaute Infrastruktur von großer Bedeutung.

2.4 Märkte für Ressourceneffizienz

Eine Studie der Roland Berger Strategy Consultants bescheinigt den Märkten für Umwelttechnologien ein hohes Marktpotenzial und weltweit dynamisches Wachstum (vgl. BMU 2007). Die in dieser Studie identifizierten sechs Leitmärkte (Umweltfreundliche Energieerzeugung und –speicherung, Energieeffizienz, Rohstoff- und Materialeffizienz, Kreislaufwirtschaft, nachhaltige Mobilität, nachhaltige Wasserwirtschaft) hatten zu-

sammen bereits 2005 ein Gesamtvolumen von etwa 1.000 Mrd. Euro. Betrachtet man die durchschnittliche Entwicklung dieser einzelnen Märkte, ist im Markt für Rohstoff- und Materialeffizienz mit 8 % das größte jährliche Wachstum zu erwarten. Treiber ist der Studie nach vor allem die Nutzung nachwachsender Rohstoffe, zum Beispiel für Biokunststoffe oder im Bereich von Arzneipflanzen und Bio-Kosmetik. Betrachtet man die Wachstumserwartungen einzelner Technologien, so zeigt sich, dass insbesondere Technologien wie Hybridfahrzeuge, Biokunststoffe, Brennstoffzellen und Biogasanlagen die höchsten Marktpotenziale aufweisen (vgl. Abb. 5).

Abb. 5: Prognostizierte jährliche Wachstumsraten einzelner Umwelttechnologien in Prozent 2005–2020



Quelle: BMU 2007

Von diesen Technologien wurden 12 ausgewählt und in einzelnen Studien (Zukunftsmarktstudien, download unter www.umweltbundesamt.de) vertiefend weiter untersucht. Darin wurden allerdings nur Marktgrößen abgeschätzt und keine Ressourceneffizienzpotentiale ermittelt.

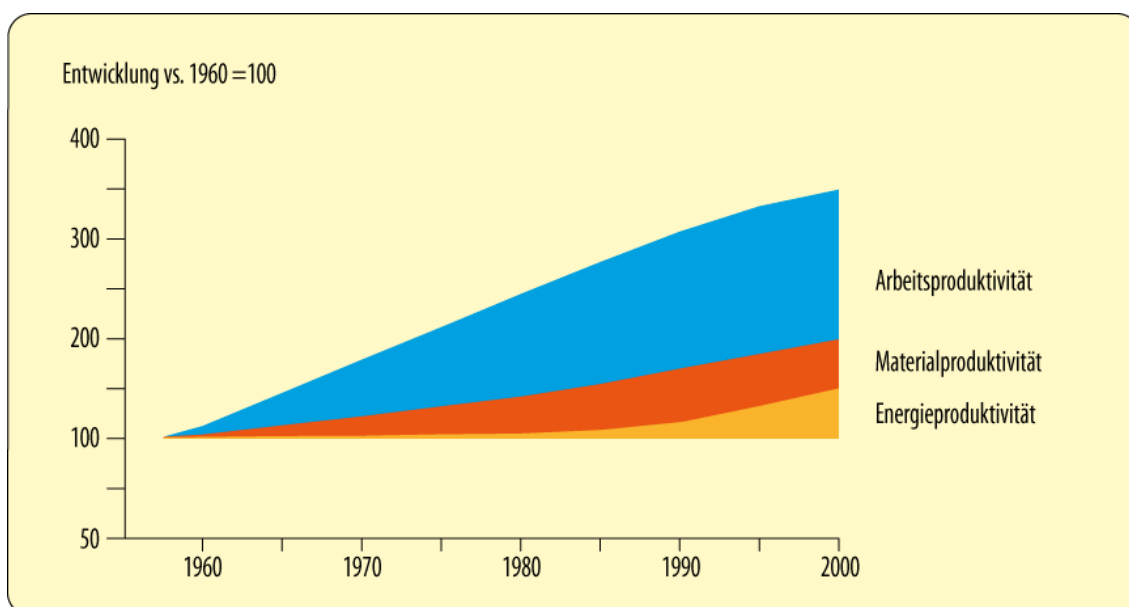
Ergänzend dazu wurde im Rahmen des AP 1 eine Kurzstudie zu zentralen sozioökonomischen Trends sowie Konsumtrends in den Ländern Brasilien, Russland, Indien und China (BRIC) erstellt (Petruschke 2009). Die ersten Ergebnisse zeigen, dass ein dynamisches Wirtschaftswachstum aus sozioökonomischer Sicht den Hintergrund der neuen Konsummuster und korrespondierenden Ressourcenverbräuchen bildet. Das ökonomische Wachstum schlägt sich insbesondere in der Entstehung einer neuen Mittelschicht mit neuen Präferenzen und Bedürfnissen nieder. Dies führt zu einem immensen Anstieg der Nachfrage nach Gütern für den privaten Konsum.

Die zunehmende Globalisierung von Arbeit, Sach- und Finanzkapital führe, so wird weiter argumentiert, in der Tendenz zu einer Angleichung kultureller Gewohnheiten und somit auch zu einer Angleichung von Nachfragepräferenzen. Allgemein zeige sich, dass im Rahmen von wirtschaftlichen Entwicklungsprozessen die auch im europäischen Kontext diskutierten Bereiche Mobilität, Ernährung und Landwirtschaft sowie Bauen und Wohnen an Bedeutung gewinnen. Im Konsumfeld Ernährung wird im BRIC-Kontext insbesondere die gestiegene Nachfrage nach Fleisch- und Milchprodukten und nach verarbeiteter Nahrung hervorgehoben. Im Konsumfeld Wohnen wird insbesondere die gestiegene Nachfrage nach Haushalts- und Einrichtungsgegenständen und der Anstieg des Wohnraums pro Kopf als prioritär eingestuft. Im Konsumfeld Mobilität wird insbesondere die gestiegene Nachfrage nach persönlicher Mobilität und die erhöhten Anforderungen an die Verkehrsinfrastruktur unterstrichen.

2.5 Bedeutung der Ressourceneffizienz für Unternehmen

Durchschnittlich 40 % der Bruttoproduktionskosten im verarbeitenden Gewerbe sind Materialkosten. Sie stellen damit den größten Kostenblock vor Personalkosten mit ca. 25 %, Energiekosten mit ca. 2 % und anderen dar. Eine Reduktion des Materialverbrauchs verspricht daher erhebliche Kosteneinsparpotenziale (siehe ADL / Wuppertal Institut / ISI 2005). Dieser wichtige Hebel für die Materialeffizienzsteigerung wurde bisher zu wenig ausgeschöpft (Abb. 6).

Abb. 6: Entwicklung der Produktivitäten im verarbeitenden Gewerbe



Quelle: Statistisches Bundesamt 2002

So ließen sich laut einer Studie von ADL / Wuppertal Institut / FhG ISI (2005) in ausgewählten Branchen deutliche Kosteneinsparpotenziale erschließen (vgl. Tab. 2).

Tab. 2: Erste Abschätzungen zu den Materialeffizienzpotenzialen

Branche	Materialeinsatz in Mrd. Euro i. J. 2002	Materialeinsparpotenzial in Mrd. Euro/a
Herstellung von Metallerzeugnissen	18,6	0,8 - 1,5
Herstellung von Kunststoffwaren	10,8	1,0 - 2,0
Herstellung von Geräten der Elektrizitätserzeugung und -verteilung	10,2	1,5 - 3,0
Chemische Industrie (ohne Grundstoffindustrie)	11,1	1,8 - 3,4
Baugewerbe: Hochbau und Ausbaugewerbe	11,1	0,2 - 1,2
Gesamt (autonomes und induziertes Potenzial)	61,8	5,3 - 11,1

Quelle: ADL / Wuppertal Institut / ISI 2005

Generell kann eine höhere Ressourceneffizienz folgenden Nutzen haben (vgl. u. a. Ritthoff et al. 2007; Bringezu 2004; Van der Voet et al. 2005; Schmidt-Bleek 2004; Liedtke / Busch 2005):

- Senkung der Kosten durch geringeren Verbrauch von Ressourcen, dadurch werden potenziell günstigere Produkte und geringere Kosten in der Nutzungsphase von Produkten ermöglicht,
- Erhöhung der Rohstoffsicherheit,
- Verringerung von Umweltbelastungen über den gesamten Produktlebensweg.

Weiterhin kann sie Innovationen im Produkt- und Produktionsbereich ermöglichen und damit neue Märkte für Produkte mit weniger Ressourceneinsatz erschließen. Dabei können sowohl nationale Märkte adressiert werden als auch internationale Märkte für den Export.

Für Unternehmen bestehen insbesondere folgende Ansatzpunkte zur Steigerung der Ressourceneffizienz (vgl. Ritthoff et al. 2007):

- Reduktion von Ressourcenverlusten durch Verbesserung bzw. Vergleichmäßigung der Qualität (Verminderung von Ausschuss),
- Optimierung der Produktionsprozesse, z. B. durch die Reduzierung von Verschnitt,
- Optimierung der Konstruktion, ressourcenschonendes Produktdesign (z. B. Leichtbau, leichtere Produkte),
- verstärktes Werkstoffrecycling,

- bessere Auslastung von Geräten, Anlagen und Spezialmaschinen,
- wertschöpfungskettenübergreifende Optimierungen.

Durch solche Optimierungsmaßnahmen sind Kosteneinsparungen von zum Teil zweistelligen Prozentzahlen möglich (Baron et al. 2005; BMU 2007).

Hierbei sollten nicht nur einzelne Prozesse betrachtet, sondern in einer integrierenden Optimierung die vor- und nachgelagerten Prozesse vom Rohstoffabbau bis zur Entsorgung berücksichtigt werden. Diese Notwendigkeit stellt zugleich eine große Herausforderung dar, denn durch die komplexen globalisierten Wertschöpfungsketten ist es oftmals schwierig alle Vorprodukte transparent zu verfolgen und zu beeinflussen.

In der Praxis verhindern jedoch verschiedene Hemmnisse oft die Hebung solcher Potenziale (vgl. ADL / Wuppertal Institut / ISI 2005):

- 1) Es besteht nur unzureichendes Wissen über neue Materialien und Prozesse, mit denen eine höhere Ressourceneffizienz erreicht werden kann.
- 2) Es wird das Risiko gescheut, bestehende Produktionsprozesse zu verändern und materialeffiziente Verfahren einzusetzen.
- 3) Ressourceneffizienzgewinne können oft nur wertschöpfungskettenübergreifend erreicht werden, dies erfordert eine intensive Kooperation mehrerer Akteure.

Vor dem oben skizzierten Hintergrund der wirtschaftlichen Bedeutung des Themas Ressourceneffizienz gibt es national sowohl auf Landes- als auch auf Bundesebene zahlreiche Initiativen, Förderprogramme und Netzwerke, die sich vorrangig an kleine und mittlere Unternehmen (KMU) richten. Beispielhaft für Anlaufstellen zur Beratung und Förderung von KMU in Bezug auf Ressourceneffizienz seien an dieser Stelle die Effizienz-Agentur NRW (EFA) und die Deutsche Materialeffizienzagentur (demea) genannt. Unterstützungs- und Beteiligungsmöglichkeiten in diesem Kontext bieten Netzwerke wie das PIUS-Netzwerk (vgl. www.pius-info.de) oder auch das Netzwerk Ressourceneffizienz (vgl. <http://www.netzwerk-ressourceneffizienz.de>).

2.6 Eco-Innovation: ressourceneffiziente Produkte, Prozesse, Technologien und Dienstleistungen

Ein wichtiger Ansatzpunkt zur Ressourceneffizienzsteigerung auf Unternehmensebene ist Innovation bzw. die Innovationsfähigkeit von Unternehmen. Entsprechende Ansätze für ökologische Innovationen finden sich unter Begriffen wie Öko- bzw. Eco-Innovation oder auch Öko- bzw. Eco-Design. Eine Eco-Innovation wird verstanden als ein neuartiges, wettbewerbsfähiges Produkt, Prozess, System Dienstleistung oder Verfahren zur Befriedigung menschlicher Bedürfnisse und zur Erhöhung der Lebensqualität unter Nutzung minimaler Verbräuche von Ressourcen (einschließlich Energie und Flächenverbrauch) über den vollständigen Lebenszyklus pro Output-Einheit und unter minimaler Emission toxischer Substanzen (vgl. Reid / Miedzinski 2008).

Dies umfasst neuartige oder verbesserte Lösungen mit dem Ziel, die Ressourceneffizienz zu verbessern oder Umweltwirkungen zu verringern. Dabei sind die Wirkungszusammenhänge, z. B. bei der Anwendung einer Eco-Innovation, in einem systemischen Zusammenhang zu betrachten (vgl. Reid / Miedzinski 2008).

Hierzu sind die benötigten physischen Materialien (Rohstoffe), die dem Produkt zu Grunde liegende Technologie, die Funktionsweise und die Nutzung des Produktes (Sachgut, Dienstleistung, hybrides Produkt; nutzungsverlängernde Strategien, Demontage u. a.) zu berücksichtigen.

Gerade in den frühen Phasen des Produktinnovationsprozesses (Ideengenerierung, Design, F&E) werden zentrale Entscheidungen getroffen, die sich auf die zukünftige Ressourceneffizienz eines Produktes auswirken. Es bestehen dort also verhältnismäßig große Möglichkeiten zur nachhaltigen und umweltfreundlichen Gestaltung von Produkten, Prozessen und Dienstleistungen.

In diesem Kontext spielen Technologien und ihre Anwendungen sowie Produkte und Strategien, die zu einer Erhöhung der Ressourceneffizienz führen können, eine wichtige Rolle (vgl. Neugebauer et al. 2008 / Bullinger et al. 2000 / Spath 2003). Sie können neuartige Produkte, Prozesse und Dienstleistungen, aber auch entscheidende organisatorische Innovationen ermöglichen, die zur Einsparung von Ressourcen führen.

So könnten etwa Technologien grundsätzlich folgendermaßen eingesetzt werden:

- Neue Ressourceneffizienztechnologien ersetzen bereits bekannte Technologien oder den bisherigen Stand der Technik in einem bekannten Aufgabenfeld, um die Ressourceneffizienz zu erhöhen (Konkurrenztechnologie / Substitutionstechnologie).
- Bisher nicht gekannte Funktionalitäten neuer Technologien führen zu neuen Anwendungsmöglichkeiten zur Erreichung einer höheren Ressourceneffizienz (neues Technologiefeld).

Hierbei sind nicht nur die theoretischen Möglichkeiten neuer Technologien zu betrachten, sondern auch deren Anwendungsmöglichkeiten in der Praxis, die mit unterschiedlichen Rahmenbedingungen verknüpft sind. Zu nennen sind hier insbesondere technische, marktliche und regulatorische Anforderungen, etwa zu Design, Preisen, Zulassung.

3 Ressourceneffizienzpotenziale durch Technologien, Produkte und Strategien

Einleitend erfolgt in diesem Kapitel, basierend auf den vorausgegangenen Ausführungen, eine Darstellung der Wissenslücken und des erwarteten Wissenszuwachs durch das AP1. Anschließend wird die grundlegende Vorgehensweise zur Auswahl ressourceneffizienzsteigernder Technologien, Produkte und Strategien dargestellt. Dies beinhaltet sowohl die Kriterien zur Auswahl als auch die Strukturierung des Untersuchungsfeldes. Die Darstellung der bisherigen Ergebnisse wird differenziert nach den Arbeitsschritten der Analyse und Vorauswahl sowie der kriteriengestützten Bewertung vorgenommen.

3.1 Wissenslücken und erwarteter Wissenszuwachs durch AP1

Während die übergeordneten Zielsetzungen und Strategien zur Erreichung einer höheren Ressourceneffizienz auf Makroebene (z. B. Faktor 4 / Faktor 10) weitgehend Akzeptanz finden, gibt es bisher keine umfassenden und dennoch konkreten Betrachtungen dazu, welche Potenziale für Ressourceneffizienz bestehen, wie hoch sie sind und wie diese konkret umgesetzt werden sollen. Die bisher vorhandenen Studien, Veröffentlichungen und Expertisen zu Ressourceneffizienzpotenzialen verbleiben teilweise auf einer abstrakten und wenig konkreten Ebene, häufig auch, ohne mögliche Reboundeffekte abzuschätzen. Außerdem gibt es eine Fülle von meist projektspezifischen Einzelbetrachtungen, die jedoch wenig zum gesamtwirtschaftlichen Potenzial von Technologien oder Produkten aussagen.

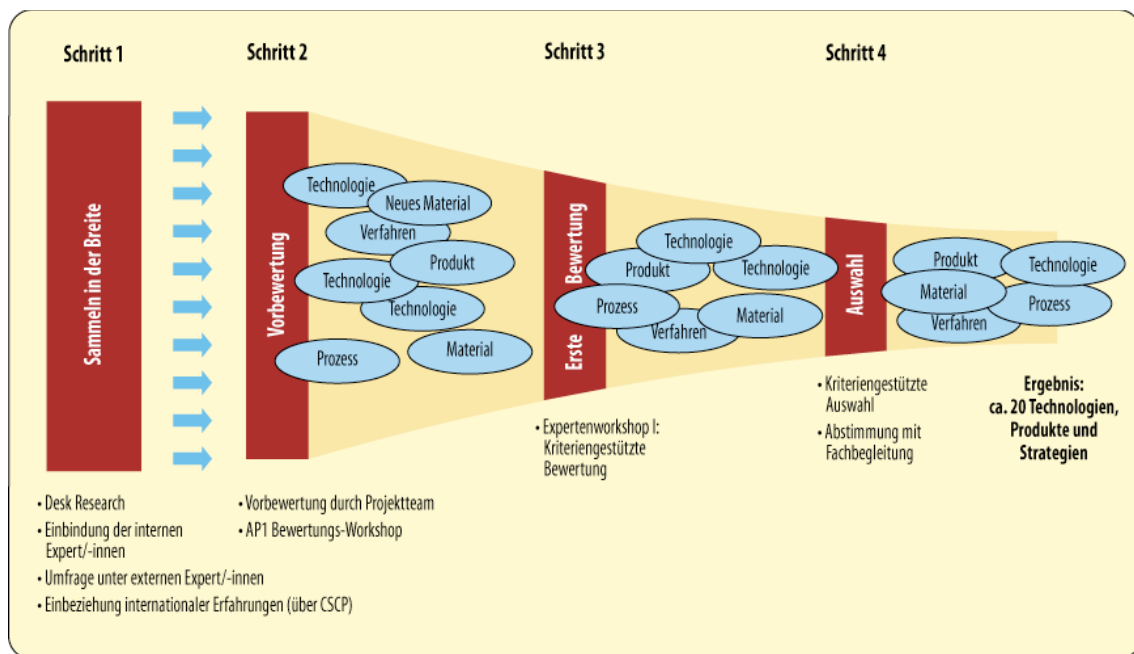
Ziel des Arbeitspakets ist es, Produkte und Technologien mit hohem Ressourceneffizienzpotenzial in Deutschland zu identifizieren (Leitprodukte und Leittechnologien) und das Ressourceneffizienzpotenzial für 20 besonders ressourceneffizienzsteigernde Technologien, Produkte und Strategien zu quantifizieren. Die Ergebnisse werden transparent und einheitlich dokumentiert und in eine volkswirtschaftliche Perspektive eingeordnet. Außerdem bietet AP1 eine Zusammenfassung des bisherigen Stands relevanter Abschätzungen zur Ressourceneffizienz und ermöglicht damit, die bisherige Diskussion zur Ressourceneffizienz bestimmter Branchen und Bedürfnisfelder zusammenzufassen und zu erweitern. Die gebündelte Bearbeitung von 20 Themen der Ressourceneffizienz lässt außerdem einen Schub bezüglich Methodik und Datenlage im Bereich Ressourceneffizienz erwarten. Weiterhin ermöglicht die Durchführung des in ein Expertennetzwerk eingebundenen Diplomandenprogramms zur Bestimmung der Ressourceneffizienzpotenziale eine Diffusion der Thematik in die akademische Ausbildung und eine Netzwerkbildung im Bereich der Universitäten zum Thema Ressourceneffizienz. Damit ist perspektivisch eine Intensivierung der Thematik auch in der akademischen Ausbildung der zukünftigen Entscheider/-innen zu erwarten. Ferner besteht die Möglichkeit, die Ergebnisse im Rahmen weiterer Arbeitspakete des MaRes-

Projekts und zukünftiger Projekte weiterzuverwenden, z. B. bei der Entwicklung von Instrumenten, Kommunikationsstrategien und Roadmaps.

3.2 Untersuchungsrahmen und Vorgehen

Das grundlegende Verfahren zur Auswahl ressourceneffizienzsteigernder Technologien, Produkte und Strategien untergliedert sich in vier Schritte (vgl. Abb. 7):

Abb. 7: Kriteriengestützte Auswahl von Technologien, Produkten und Strategien mit hohem Ressourceneffizienzpotenzial



Quelle: Eigene Darstellung

Die im ersten Schritt, im Desk Research und in der Umfrage, identifizierten möglichen ressourceneffizienzsteigernden Technologien, Produkte und Strategien wurden gesammelt und anschließend strukturiert in eine Übersichtsliste übertragen (Themenliste mit ca. 1.000 Vorschlägen). Diese Liste war handlungsleitend für die Identifikation möglicher Themen. Hierfür wurden relevante Studien, Veröffentlichungen und Daten-/Wissensbestände identifiziert und ausgewertet². Es wurden vor allem die Studien verwendet, die eine schlüssig strukturierte Darstellung und Betrachtung von relevanten Technologien und Produkten enthalten. Die Bereiche, die am häufigsten genannt wurden bzw. laut Expertenmeinung die größten Potenziale bieten könnten, wurden in die Untersuchung mit aufgenommen. Eine Strukturierung des Feldes wird in Kap. 3.3 vorgestellt. Die danach durchgeführte Umfrage hatte zum Ziel, diese Übersicht ressour-

² Die Recherche bezieht sich von einzelnen Ausnahmen abgesehen auf Deutschland bzw. deutsche/deutschsprachige Quellen. Insgesamt wurden über 100 Quellen ausgewertet.

ceneffizienzsteigernder Produkte und Technologien anzureichern. Sie diente als Untersuchung in der Breite zu einschlägigen Technologien, Produkten sowie Strategien. Adressaten der Umfrage (Zeitraum Mai bis Juli 2008) waren in erster Linie Experten/-innen aus Universitätsinstituten und außeruniversitären Instituten, Forschungseinrichtungen und Organisationen, aber auch aus Verbänden, Initiativen und Unternehmen. Die Umfrage konnte, auch aufgrund der Einbindung der AP1-Partner, an einen relativ großen Verteiler von insgesamt ca. 15.000 Adressaten versendet werden. Diese wurden über verschiedene Verteiler oder direkt per E-Mail angeschrieben und gebeten, den Fragebogen (Anhang der E-Mail und Download auf Projektwebseite) entsprechend ihrer Expertise auszufüllen. Zudem wurde die Umfrage über verschiedene einschlägige Newsletter bekannt gemacht, um auch sonstige Interessierte zu informieren. Neben dem Kernziel der Themenanreicherung diente die Umfrage der Öffentlichkeitsarbeit für das Projekt, der Sensibilisierung zum Thema Ressourceneffizienz sowie der Gewinnung weiterer Akteure für das Ressourceneffizienznetzwerk.

Im zweiten Schritt wurde AP1-intern eine erste Aufbereitung und Vorbewertung der Themenliste durchgeführt. Die Vorbewertung erfolgte anhand der generellen Einschätzung zu den drei Kriterien Ressourceneinsatz, Ressourceneffizienzpotenzial und wirtschaftliche Bedeutung (vgl. Tab. 3). Ergebnis war eine vorbereitete Themenliste mit ca. 250 Nennungen („Top250“).

Im dritten Schritt erfolgte eine kriteriengestützte Experten-Bewertung. Auf Basis dieser Bewertung wurde ein Ranking der ca. 250 Nennungen zur Erstellung der bewerteten Themenliste vorgenommen (sortierte Themenliste „Top250“). Im Rahmen eines weiteren Workshops mit den AP1-Beteiligten und weiteren Expert/-innen wurde die Themenliste und das Ranking nochmals diskutiert und validiert, sowie anschließend eine überarbeitete Themenliste mit ca. 50 Vorschlägen („Top50“) abgeleitet (vgl. Kap. 3.4).

Die Bewertung der Themenliste „Top250“ durch die Expert/-innen erfolgte anhand von sieben Kriterien. Diese Kriterien (siehe Tab. 3) dienten der groben Vorauswahl besonders ressourceneffizienter, ressourcenrelevanter, innovativer und auch neuer visionärer Technologien, Produkte und Strategien. Der Fokus der Kriterien auf Ressourceneffizienz wurde ergänzt durch Kriterien, die für die Umsetzung von signifikanter Bedeutung sind. Zu den jeweiligen Kriterien sind erläuternde Beispiele bzw. Aspekte angeführt, auf deren Basis die Bewertung durchgeführt wurde. Von den Beispielen/Aspekten können ein oder mehrere relevant sein. Es handelte sich dabei um eine qualitative Bewertung, die, soweit benennbar, auf quantifizierbaren Daten basierte (eine Potentialanalyse mit einer detaillierten Quantifizierung erfolgt im weiteren Projektverlauf für die ausgewählten Themen „Top20“).

Tab. 3: Bewertungskriterien zur Beurteilung der Technologien, Produkte und Strategien

Nr.	Kriterium zur Beurteilung der Technologien, Produkte, Strategien
1	Ressourceneinsatz / Mengenrelevanz , z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • Produktionseinheit / Infrastruktur mit hohem Einsatz von Ressourcen (absolut große Einsatzmengen, z. B. Stahlwerk) • Massenanwendung (z. B. Pumpen) • Mögliche / zu erwartende Reboundeffekte
2	Ressourceneffizienzpotenzial in Bezug auf, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • Abiotische Ressourcen • Biotische Ressourcen • Wasser • Energie • Sonstige
3	Sonstige Umweltauswirkungen , z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • Risiko für Gesundheit • Treibhauspotenzial • Emissionen in Wasser, Boden, Luft • Versauerung • Eutrophierung • Flächenverbrauch • Bodenbewegung / Erosion • Biodiversität
4	Realisierbarkeit , z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • Technische Realisierbarkeit • Wirtschaftlichkeit • Technologische Kompetenz in Deutschland vorhanden • Akzeptanz (Markt, Gesellschaft)
5	Wirtschaftliche Bedeutung , z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • Marktpotenzial • Innovationsgrad • Exportrelevanz • Internationale Bedeutung • Gesellschaftliche Trends berücksichtigend (z. B. Demografie) • Abhängigkeit von endlichen natürlichen Ressourcen
6	Kommunizierbarkeit , z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • Öffentlichkeitswirksamkeit • schnelle Erfolge versprechend • leicht verständlich
7	Übertragbarkeit , z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • Übertragbarkeit auf andere Handlungsfelder • Internationale Übertragbarkeit

Quelle: Eigene Darstellung

Die Auswahl erfolgte kriteriengestützt aus den besonders relevanten Themenfeldern bzw. den darin enthaltenen Einzelthemen (vgl. Kap. 3.4.2) anhand der beschriebenen Kriterien (vgl. Tabelle 4). Dazu wurden die Kriterien mit verschiedenen Gewichtungen hinterlegt und die Ergebnisse vergleichend ausgewertet. Die 20 Themen wurden abschließend für die weitere Bearbeitung in der Potenzialanalyse priorisiert.

Auf dieser Basis wurde im vierten Schritt die abschließende Auswahl der ca. 20 Produkte, Technologien und Strategien in Abstimmung mit dem Umweltbundesamt und dem Bundesumweltministerium vorgenommen, die im weiteren Verlauf in detaillierten Potentialanalysen bearbeitet werden (bewertete Themenliste: „Top20“). Diese Auswahl wurde auf Grundlage der im Experten-Workshop I getroffenen Priorisierungen durch die AP1-Beteiligten und externen Expert/-innen unter Berücksichtigung der genannten Kriterien vorgenommen. In die Erstellung der „Top20“-Themenliste flossen damit alle Ergebnisse der bisherigen Arbeiten mit ein. Die ausgewählten Themen sind in Kap. 3.5 aufgeführt.

3.3 Strukturierung des Untersuchungsfeldes

Insbesondere in Forschung und Entwicklung und der Produktentwicklung, aber auch in anderen Schritten des Lebenszyklus können Ressourceneinsparungen, z.T. mittels Technologien (z. B. Rohstoffförderung, Verfahrenstechnik, Fertigungstechnik) realisiert werden (siehe auch Kap. 2.6). Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Anwendung von Technologien nur im Zusammenspiel mit einer entsprechenden Gestaltung der Anwendung der Technologie zu ressourceneffizienten Produkten führt. Daher ist eine Technologie immer in ihrem Anwendungskontext zu betrachten.

Daneben wurde im Projekt ein Zugang zu Ressourceneffizienzpotentialen über Produkte gewählt. Viele Produkte lassen aufgrund ihrer Herstellungsprozesse und verwendeten Materialien ein besonders hohes Ressourceneffizienzpotenzial erwarten.

Generelle Prinzipien wie Lebensdauererlängerung, leichtes Produktdesign, Optimierungslösungen der Natur (Bionik) sowie Produktgestaltung sind schon seit längerem bekannt – gute Umsetzungsbeispiele sind jedoch rar und die Durchdringung in der Praxis ist noch gering. Dennoch können solche generellen Strategien und Prinzipien einen guten Hebel zur Steigerung der Ressourceneffizienz darstellen, denn ihre Implementierung beeinflusst den Lebenszyklus vielfältiger Produkte. Außerdem können durch die Einbeziehung von Aspekten des Produktnutzens in die Entwicklung auch völlig neue Lösungen zur Befriedigung von Verbraucherbedürfnissen über Produkt-Dienstleistungssysteme (PSS, product-service-systems) mit hohem Innovationspotenzial geschaffen werden. Daher wurden entsprechende Methoden, Instrumente und Konzepte unter dem Oberbegriff Strategien betrachtet. Managementmethoden (wie z. B. EMAS, ISO etc.), politische Instrumente (z. B. steuerliche Anreize, umweltbezogene Abgabensysteme) und Qualifizierungs- und Schulungskonzepte wurden nicht berücksichtigt, da diese in anderen Arbeitspaketen des MaRes-Projekts betrachtet werden.

Auf Basis dieser Überlegungen wurde das Suchfeld der Betrachtungen in die Bereiche Technologien, Produkte und Strategien aufgeteilt und strukturiert. Die Strukturierung basiert auf verschiedenen Überblicksstudien unter besonderer Berücksichtigung der Bereiche, die ein hohes Ressourceneffizienzpotenzial bzw. einen guten Hebel zur Steigerung der Ressourceneffizienz erwarten lassen (vgl. hierzu auch die Kap. 2 und 3.2). Das resultierende Suchfeld ist in folgender Tabelle 4 dargestellt.

Tab. 4: Suchfeld und Strukturierung des Themenfeldes

Technologien	Produkte	Strategien
<ul style="list-style-type: none"> • Produktions- und Fertigungstechnologien • Optische Technologien • Informations- und Kommunikationstechnologien • Automatisierungstechnik • Umwelttechnologien • Energietechnologien • Nanotechnologien • Mikrosystemtechnik • Biotechnologien • Werkstofftechnologien • Gebäudetechnologien • Sonstiges 	<ul style="list-style-type: none"> • Metallerzeugnisse • Kunststoffwaren • Anlagen der Elektrizitätserzeugung und -verteilung • Chemische Produkte • Holzprodukte • Produkte der Medizin-, Mess-, Steuer-, Regelungstechnik und Optik (MMSRO) • Waren aus Papier und Karton • Waren des Baugewerbes • Sekundärrohstoffe • Textilien • Lebensmittel • Automobil, sonstige Verkehrs- und Transportmittel • Elektro- und Elektronikgeräte • Sonstiges 	<ul style="list-style-type: none"> • Lebensdauer- / Nutzungsverlängerung • Werkstoffsubstitution • Produktgestaltung und Produktdesign • Produkt-Dienstleistungssysteme • Life-Cycle-Optimierung • Virtualisierung • Kennzeichnung / Labelling / Marketing • Sonstiges

Quelle: Eigene Darstellung

Diese Strukturierung des Suchfeldes wurde als „Roter Faden“ in allen Arbeitsschritten (vgl. Abb. 7), von der Erarbeitung der Themenliste mit ca. 1.000 Vorschlägen über die „Top250“ bis zur „Top50“-Themenliste als Leitlinie berücksichtigt und fand ebenso in der abschließenden Auswahl der „Top20“ Eingang.

3.4 Technologien, Produkte und Strategien zur Erhöhung der Ressourceneffizienz

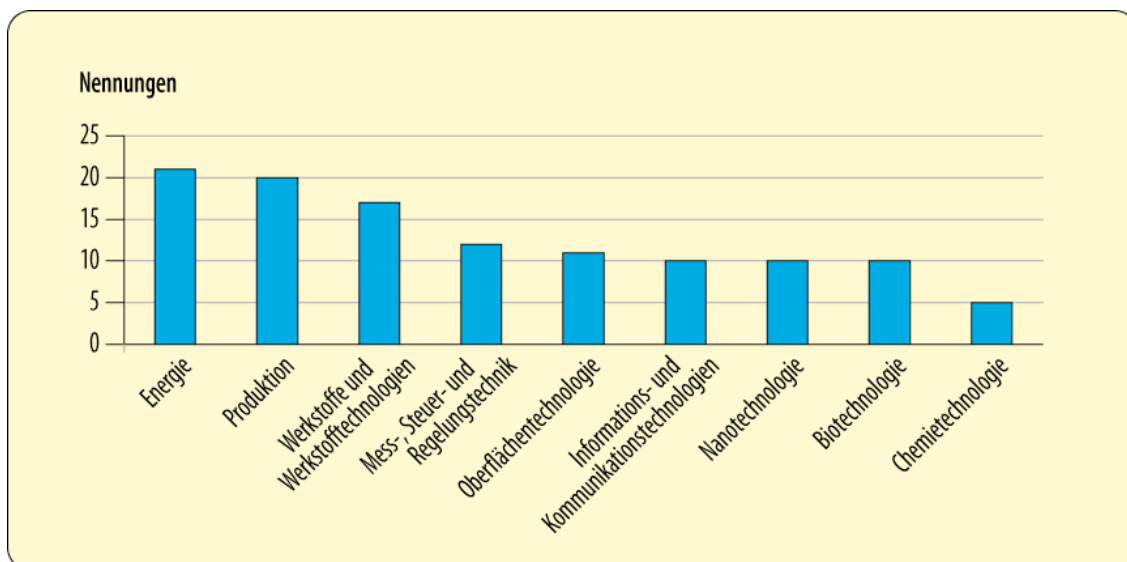
3.4.1 Ergebnisse Analyse und Vorauswahl

Aus dem zu Beginn der Arbeiten zu AP1 (vgl. Kap. 3.2) durchgeführten Desk Research und der Umfrage (vgl. Kap. 3.2) konnten insgesamt ca. 1.000 Nennungen von Einzelthemen zur Steigerung der Ressourceneffizienz gesammelt werden. Davon ergab der Rücklauf der im Zeitraum Mai bis Juli 2008 durchgeführten Umfrage 405 Nennungen zu Einzelthemen zur Steigerung der Ressourceneffizienz. Die Verteilung der Nennungen aus den Umfrageergebnissen verteilte sich zu 53 % auf Technologien, 17 % auf Produkte und 30 % auf Strategien. Diese Verteilung der Themen blieb in der anschließenden Themenliste („Top250“) mit 52 % Technologien, 16 % Produkten und 32 % Strategien nahezu unverändert.

Die Verteilung der Themen in der Themenliste „Top250“ stellt sich im Überblick wie folgt dar (Abb. 8 bis 10):

Im Bereich der Themennennungen zu Technologien zeigt sich eine insgesamt breite Verteilung auf die dargestellten Technologiefelder, mit Schwerpunkten auf Energie- und Produktionstechnologien, dicht gefolgt von Werkstoffen und Werkstofftechnologien (vgl. Abb. 8).

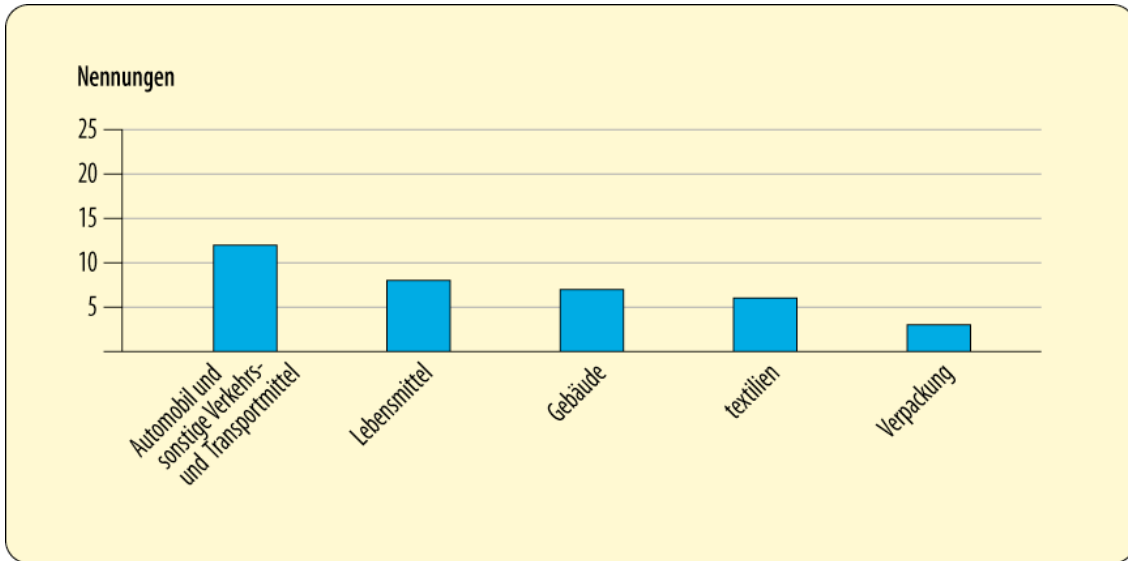
Abb. 8: Themennennungen zu Technologien in der Themenliste „Top250“



Quelle: Eigene Darstellung

Die Themennennungen zu den Produkten reflektieren die ressourcenintensiven Bedürfnisfelder Mobilität, Ernährung, Bauen / Wohnen und Bekleidung und werden ergänzt durch das Themenfeld Verpackung (vgl. Abb. 9).

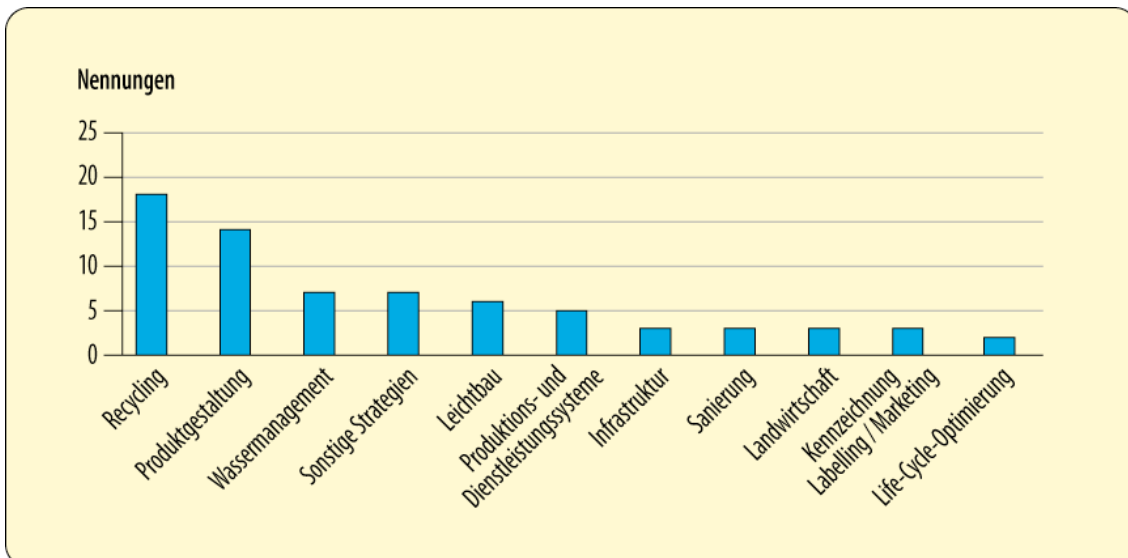
Abb. 9: Themennennungen zu Produkten in der Themenliste „Top250“



Quelle: Eigene Darstellung

Bei den Themennennungen zu Strategien zeigt sich einerseits ein sehr breit gefächertes Bild unterschiedlicher Ansätze, andererseits dominieren die Strategien Recycling sowie Produktgestaltung und Produktdesign deutlich vor allen übrigen Nennungen (vgl. Abb. 10).

Abb. 10: Themennennungen zu Strategien in der Themenliste „Top250“



Quelle: Eigene Darstellung

Im Vorfeld des AP1-übergreifenden Experten-Workshops wurde die Themenliste „Top250“ mit insgesamt 223 Einzelnennungen an 28 Experten/-innen gesendet. Der Rücklauf von nahezu 80 % (22 Fragebögen) der Expertenbewertung wurde anschließend zusammengeführt (bewertete Themenliste „Top250“). Im Rahmen des Workshops wurden die Themenliste und das Ranking diskutiert, validiert und anschließend eine überarbeitete Themenliste mit ca. 50 Vorschlägen („Top50“) abgeleitet und strukturiert. Das Ergebnis dieses Vorgehens ist im folgenden Kap. 3.4.2 im Überblick dargestellt.

3.4.2 Ergebnisse der kriteriengestützten Bewertung

Auf Basis der in Kap. 3.2. ausführlich beschriebenen differenzierten Begutachtung und komplexen expertengestützten Bewertungsmethodik mit Desk Research, Umfragen und Experten-Workshops (vgl. auch Abb. 7) wurden die in Tab. 5 zusammengestellten Themenfelder als besonders relevant eingestuft. Die in Klammern aufgeführten Beispiele für Unterthemen sind ebenfalls Ergebnis des expertengestützten Auswahlprozesses. Aus diesen Themen sollen die relevantesten Felder zuerst ausgewählt und anschließend ab Anfang 2009 einer vertieften Potenzialanalyse hinsichtlich ihrer Ressourceneffizienz unterzogen werden (vgl. Kap. 4).

Tab. 5: Besonders relevante Themenfelder hinsichtlich erwarteter Ressourceneffizienzpotenziale, die aus den bisherigen Bewertungsschritten identifiziert wurden

Technologien
<ul style="list-style-type: none"> • Sensorik (z. B. Condition Monitoring von Material und Struktur, standardisierte, mobile elektronische Steuerungs- und Regelungstechnik, autonome verteilte Mikrosysteme) • Oberflächentechnologien (z. B. Oberflächenveredelung, Oberflächenfunktionalisierungen mit Nanotechnologien, Optimierung tribologischer Systeme, neue Beschichtungstechnologien wie Plasma-/Vakuumtechnik) • Prozesstechnologien (z. B. Reinigung mit etwa Vibrationstechnik, Trocknungstechnologien wie IR-Trocknung, Simulationsmethoden, neuartige Umformtechnologien für Stahl, abfallfreie Verfahren) • Prozessintensivierungstechniken (z. B. Mikroreaktionstechnik und Mikroverfahrenstechnik, neuartige Katalysetechniken, Kopplung bestehender Verfahrenstechnik mit biotechnologischen Prozessen) • Wassermanagement (z. B. Membrantechnologie für Spezialanwendungen, Einengung der Prozesswasserkreisläufe, dezentrales Wassernutzungsmanagement wie Regenwassernutzung) • Recyclinginfrastrukturen und -technologien (z. B. Recycling von anspruchsvollen Produkten wie Schiffen, Trennverfahren für komplexe Stoffverbünde) • Werkstofftechnologien (z. B. Werkstoffe mit hoher Funktionsintegration, Nutzung von Sekundärrohstoffen aus dem Erdbau, Nutzung der Werkstoffvielfalt für den Leichtbau) • Technologien zur Nutzung nachwachsender Rohstoffe (z. B. Rohstoffgewinnung und Herstellung von Produkten aus Pflanzen – speziell Algen, Kunststoffe aus nachwachsenden Rohstoffen) • Technologien für Energiebereitstellung (z. B. Energiespeichertechnologien und Speichermedien, Wärme- und Kältetechnik, organische Photovoltaik, Ressourceneffizienz erneuerbarer Energien wie Offshore-Windkraftanlagen)

Produkte
<ul style="list-style-type: none"> • Lebensmittel (z. B. ressourceneffiziente Ernährungsmuster, integrative Prozess- und Produktkettenverkürzung, Verringerung des Ausschusses etwa durch verbesserte Haltbarkeit in der Foodchain, intelligente Landtechnik wie precision farming) • Bauprodukte und Infrastrukturen (z. B. Einsparung mineralischer Baustoffe im Erdbau, Volumen- und Massenreduktion durch innovative Baustoffe, innovativer Holzbau, ressourceneffiziente Dämmstoffsysteme) • Mobilität und Verkehr (z. B. ressourceneffiziente Verkehrssysteme, hocheffiziente Elektroautos, ressourceneffizienter Verkehr durch Leichtbau oder neue Antriebskonzepte wie Sky-Sails) • Informations- und Kommunikationstechnik (z. B. Green IT etwa durch Server-Virtualisierung, Thin Client & Server Centric Computing, mobile datensichere Thin-Client-Lösungen, ressourceneffiziente breitbandige optische Netztechnologien/-systeme, Next-Generation-TV-Geräte und Settop-Boxen) • Textilien (z. B. Substitution von ressourcenintensiven Fasern und Nutzungsdauerverlängerung bei Bekleidungstextilien, Einsatz von technischen Textilien im Leichtbau, Textilleasing)
Strategien
<ul style="list-style-type: none"> • „Design for resource efficiency“ (z. B. Beachtung von Ressourceneffizienzkriterien beim Design, insbesondere in frühen Phasen der Produktentwicklung oder Konstruktion, Bionik) • „Design for Reuse“ (z. B. Remanufacturing, bessere Lösbarkeit von Bauteilverbindungen durch schaltbare Klebstoffe) • Product-Service Systems zur Ressourceneffizienzsteigerung in der Nutzungsphase (z. B. Effizienz-Contracting im Chemiesektor, neuartige Formen von „Nutzen statt Besitzen“ bei Gebrauchs- und Investitionsgütern, Refurbishing) • Neue Produktions- und Konsummuster zur Ressourceneffizienzsteigerung (z. B. Production on demand, Selbstorganisation von Produktionsprozessen, soziale Innovationen) • Umsetzung von Ressourceneffizienz in Standards und Normen (z. B. Informationstools für Design, Umsetzung des Stands der Technik im technischen Regelwerk, in BVT-Blättern oder ISO-Normen, Ressourceneffizienz-Benchmarking, Ökodesign-Richtlinie unter Ressourceneffizienzgesichtspunkten, Ressourceneffizienzlabelling)

Quelle: Eigene Darstellung

3.5 Auswahl der „Top20 Themen“ zur Abschätzung des Ressourceneffizienzpotenzials

Die abschließende Auswahl der ca. 20 Produkte, Technologien und Strategien, die in detaillierten Potentialanalysen bearbeitet werden („Top20“), wurde in Abstimmung mit dem Umweltbundesamt und dem Bundesumweltministerium vorgenommen. Sie begründet sich auf den im Experten-Workshop I getroffenen Priorisierungen durch die AP1-Beteiligten und externen Expert/-innen unter Berücksichtigung der Kriterien (vgl. dazu Kap. 3.4.2, Tab. 5). In die Erstellung der „Top20“-Themenliste flossen damit alle Ergebnisse der vorherigen Arbeiten mit ein.

Die nachfolgende Liste der ausgewählten „Top20 Themen“ enthält aktuell insgesamt 24 Themen, die je nach Umsetzung und Erkenntnisgewinn im weiteren Projektverlauf aktualisiert und ggf. erweitert werden.

Tab. 6: Auswahl der „Top20 Themen“ zur Abschätzung der Ressourceneffizienzpotenziale

Nr.	Thema
1	Ressourceneffizienzpotenziale durch Umsetzung des Leichtbaus unter Nutzung der Vielfalt neuartiger Werkstoffe
2	Ressourceneffizienzpotenziale durch Nutzung der Mikroreakorteknik zur Herstellung von Chemikalien
3	Ressourceneffizienzpotenziale durch neuartige Umformtechnologien für höher- und höchstfeste Stähle
4	Ressourceneffizienzpotenziale durch Oberflächenfunktionalisierung mit Nanotechnologien
5	Ressourceneffizienzpotenziale durch schaltbare Klebstoffe zur besseren Lösbarkeit von Bauteilverbindungen
6	Ressourceneffizienzpotenziale in der Produktionstechnik
7	Green IT – Ressourceneffizienzpotenziale in ausgewählten Feldern
8	• Ressourceneffizienzpotenziale von Servern
9	• Ressourceneffizienzpotenziale von IuK-Endgeräten
9	• Ressourceneffizienzpotenziale von Telefon- und Datennetzen
10	Ressourceneffizienzpotenziale in der Bekleidungstextilproduktion durch Fasersubstitution
11	Beachtung von Ressourceneffizienzkriterien beim Design
12	Ressourceneffizienzpotenziale durch neuartige Formen von „Nutzen statt Besitzen“ im gewerblichen Bereich
13	Ressourceneffizienzpotenziale durch Production on Demand
14	Ressourceneffizienzpotenziale der nichtenergetischen Nutzung von Algen
15	Ressourceneffizienzpotenziale durch neuartige Anwendungen der Membrantechnologie für Spezialanwendungen
16	Ressourceneffiziente Energieerzeugung
17	Ressourceneffiziente Energiespeicherung
18	Ressourceneffizienzpotenziale ausgewählter Wertschöpfungsketten von Nahrungsmitteln
19	Ressourceneffizienzpotenziale der intelligenten Landtechnik
20	Ressourceneffizienzpotenziale von Dämmstoffsystemen
21	Ressourceneffizienzpotenziale im Bereich Verkehrssysteme
22	Ressourceneffizienzpotenziale im Individualverkehr durch Elektrofahrzeuge
23	Ressourceneffizienzpotenziale durch Einsparung primärer mineralischer Baustoffe im Erdbau
24	Ressourceneffizienzpotenziale durch Trennverfahren und Design-Möglichkeiten für Stoffverbände

Quelle: Eigene Darstellung

4 Fazit und Ausblick

Allgemeine Vorgehensweise

Die Auswahl wesentlicher Themenfelder zur Steigerung der Ressourceneffizienz in Form von Technologien, Produkten und Strategien ist ein außerordentlich komplexes Vorhaben. Dies zeigte sich in allen bisherigen Arbeitsschritten von der detaillierten Entwicklung der Vorgehensweise bis hin zur Umsetzung in den einzelnen Arbeitsschritten. Ein wesentlicher Grund hierfür ist die Breite des Untersuchungsrahmens, der im Vorfeld nicht auf bestimmte Produkte, Branchen, Bedürfnisfelder o. ä. eingeschränkt wurde. Zudem sind in der Regel quantitative Abschätzungen zu Ressourceneinsätzen und Ressourceneffizienzpotenzialen nicht vorhanden bzw. schwer zu ermitteln, weshalb u.a. eine qualitative Expertenbewertung durchgeführt wurde.

Die entwickelte Vorgehensweise und die Methoden zur Identifikation der in Kap. 3.4 dargestellten Ergebnisse haben sich jedoch als zielführend und effizient erwiesen und konnten durch die gezielte Expertenbeteiligung in den jeweiligen Arbeitsschritten validiert werden.

Identifizierte Themenfelder

Die identifizierten Themenfelder (vgl. Tab. 5) und final ausgewählten „Top20-Themen“ (vgl. Tab. 6) zur Steigerung der Ressourceneffizienz sind sehr breit angelegt, sowohl in ihrer Gesamtheit als auch innerhalb der drei Teilbereiche Technologien, Produkte und Strategien.

Im Bereich der Technologien finden sich in nahezu allen etablierten Technologiefeldern wie auch bei den neuen Technologien Erfolg versprechende konkrete Themen zur Steigerung der Ressourceneffizienz. Insgesamt sind viele Querschnittstechnologien bzw. solche Technologien mit breiten Anwendungsfeldern in der Auswahl enthalten. Die hier als relevant identifizierten Themenfelder weisen auch eine relativ hohe Deckungsgleichheit mit den vom Forschungszentrum Karlsruhe im Rahmen des etwa zeitgleich bearbeiteten Prozesses Roadmap Umwelttechnologien 2020 erhaltenen Experteneinschätzungen zu rohstoffeffizienten Technologien (vgl. u.a. Jörissen et al. 2008).

Die unter Produkte identifizierten Felder spiegeln sehr gut die ressourcenintensivsten Bedürfnisfelder in Deutschland wider (vgl. Kap. 2.3). In einigen Teilbereichen liegen bereits erste Analysen zur Ressourceneffizienz vor, hier gilt es, im nächsten Schritt eine geeignete Auswahl der innovativen Teilaspekte zur weiteren Analyse zu treffen.

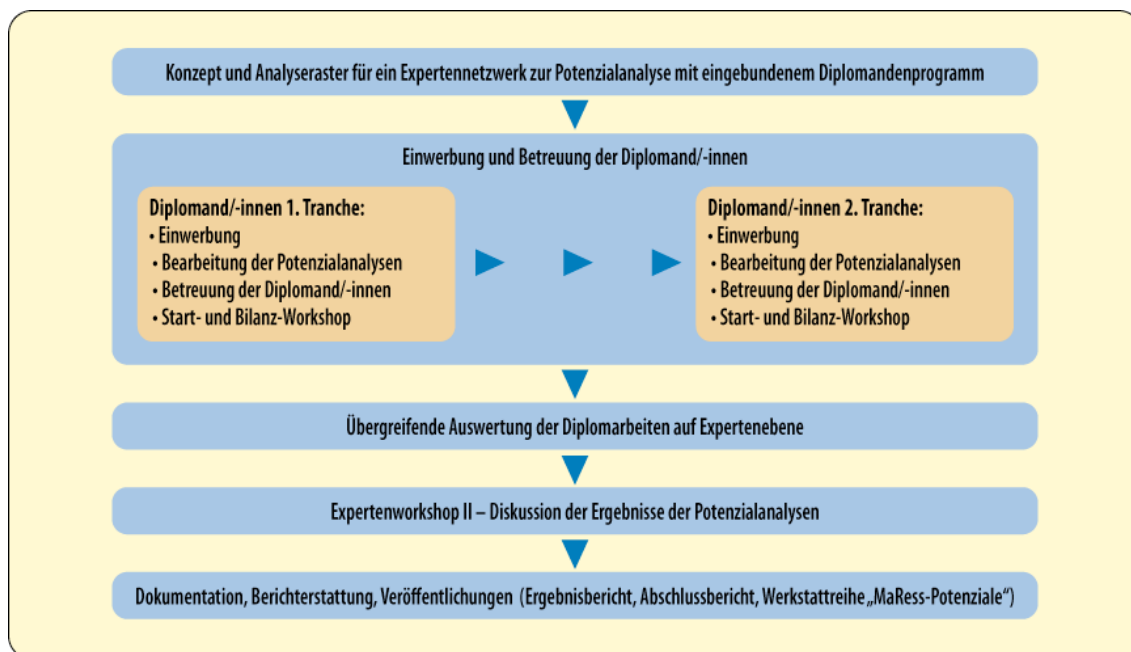
Im Bereich der Strategien finden sich in der Breite der Nennungen relativ viele bereits bekannte Ansätze wieder, wobei bei den meisten eine Anwendung in der Breite und eine Durchdringung in die Praxis aussteht. Zur weiteren Analyse wurden Themen berücksichtigt, bei denen die genannten Strategien in konkreten Anwendungsfeldern besonders hohe Ressourceneinsparungen erwarten lassen.

Weitere Vorgehensweise zur Potenzialanalyse

Aus den in Tab. 5 dargestellten besonders relevanten Themenfeldern wurden ca. 20 konkrete Themen (vgl. Tabelle 6) zur Durchführung einer Potenzialanalyse anhand der beschriebenen Kriterien (vgl. Tabelle 3) ausgewählt.

Die grobe Vorgehensweise zur Potenzialanalyse ab 2009 ist in Abb. 11 dargestellt:

Abb. 11: Übersicht zur Vorgehensweise der Potenzialanalyse



Quelle: Eigene Darstellung

Das Vorgehen basiert auf einem Konzept und Analyseraster für ein Expertennetzwerk zur Potenzialanalyse mit eingebundenem Diplomandenprogramm. Alle Potenzialanalysen werden diesem Konzept entsprechend nach einheitlichen Vorgaben durchgeführt, was sowohl Struktur und Aufbau der Arbeiten, die eingesetzten Methoden, die Auswertung, als auch die Ergebnisdarstellung und -diskussion betrifft. In den Potenzialanalysen ist eine Quantifizierung der Ressourceneffizienzpotenziale auf der Basis des Konzepts „Materialintensität pro Serviceeinheit (MIPS)“ vorgesehen (vgl. Schmidt-Bleek 1994; Ritthoff / Rohn / Liedtke 2002). Als konkrete Ergebnisse werden somit für die untersuchten Technologien und ihre Anwendungen bzw. die Produkte und Produktgruppen die lebenszyklusweiten Material-Inputs berechnet und jeweils konkrete Potenziale zur Ressourceneffizienzsteigerung und die zu deren Erschließung möglichen Handlungsoptionen benannt.

Um eine hohe Qualität und valide Ergebnisse zu erreichen, werden alle Potenzialanalysen nach einheitlichen Vorgaben (z. B. Struktur, Methoden und Auswertung) in intensiver fachlicher Begleitung durch die Experten/-innen in AP1 (insbesondere die der

beteiligten Universitäten) durchgeführt und in engem fachlichen Austausch aller Beteiligten realisiert.

Die vorliegenden Ergebnisse werden in mehreren AP1-internen Workshops diskutiert und dann von den am AP1 beteiligten Experten/-innen übergreifend ausgewertet. Außerdem werden diese Ergebnisse in einem Experten-Workshop im Frühjahr 2010 validiert, in den neben den AP1-Beteiligten auch weitere externe Experten/-innen eingebunden werden.

Die Ergebnisdokumentation ist auf Ebene der einzelnen Potenzialanalysen in einer Werkstattreihe „MaRess-Potenziale“ vorgesehen. Übergreifend werden die erarbeiteten Ergebnisse in einem Abschlussbericht dokumentiert.

Die Ergebnisse des AP1 fließen darüber hinaus in weitere Arbeitspakete des MaRess-Projektes und das Netzwerk Ressourceneffizienz ein.

5 Literatur

- Acosta-Fernández, José (2007): Identifikation prioritärer Handlungsfelder für die Erhöhung der gesamtwirtschaftlichen Ressourcenproduktivität in Deutschland. Bericht aus dem BMBF-Projekt „Steigerung der Ressourcenproduktivität als Kernstrategie einer nachhaltigen Entwicklung“; Wuppertal: Wuppertal Institut für Umwelt, Klima, Energie.
- Arthur D. Little GmbH (ADL); Wuppertal Institut; Fraunhofer-Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung (ISI) (2005): Studie zur Konzeption eines Programms für die Steigerung der Materialeffizienz in Mittelständischen Unternehmen, Abschlussbericht
- Baron, Ralf et al. (2005): Studie zur Konzeption eines Programms für die Steigerung der Materialeffizienz in mittelständischen Unternehmen: Abschlussbericht: Arthur D. Little GmbH [u.a.] <http://www.materialeffizienz.de/download/Abschlussbericht.pdf>.
- Bringezu, Stefan (2004): Erdlandung. Navigation zu den Ressourcen der Zukunft; Stuttgart: Hirzel.
- Bringezu, Stefan / Schütz, Helmut (2001): Material use indicators for the European Union, 1980-1997, Eurostat Working Paper 2/2001/B/2; Luxemburg: Eurostat.
- Bullinger, H.-J., Eversheim, W., Haasis, H.-D., Klocke, F. (Hrsg.) (2000): Auftragsabwicklung optimieren nach Umwelt- und Kostenzielen: OPUS - Organisationsmodelle und Informationssysteme für einen produktionsintegrierten Umweltschutz. Springer, Berlin, Heidelberg.
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) (Hg.) (2006): Ökologische Industriepolitik – Memorandum für einen „New Deal“ von Wirtschaft, Umwelt und Beschäftigung; Berlin
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit und Umweltbundesamt (BMU) (Hg.) (2007): Umweltpolitische Innovations- und Wachstumsmärkte aus Sicht der Unternehmen, Forschungsprojekt durchgeführt von Roland Berger Strategy Consultants; Dessau.
- Hamburgisches WeltWirtschaftsinstitut (HWWA) (2008): Rohstoffpreise 2008, HWWI Policy, Report Nr. 8 des HWWI-Kompetenzbereiches Wirtschaftliche Trends.
- Hennicke, Peter (2006): Präsentation auf der gemeinsamen Konferenz von BMU und IG Metall „Ressourceneffizienz – Innovation für Umwelt und Arbeit“; Berlin.
- Jörissen, Juliane et al. (2008): Roadmap Umwelttechnologien 2020. State-of-the-Art-Report (Kurzfassung). Wissenschaftliche Bericht FZKA 7425. Karlsruhe: Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse, Forschungszentrum Karlsruhe.
- Kristof, Kora (2007): Hot Spots und zentrale Ansatzpunkte zur Steigerung der Ressourceneffizienz. Ergebnispapier – Arbeitspaket 2.5: "Steigerung der Ressourcenproduktivität als Kernstrategie einer nachhaltigen Entwicklung", ein Projekt im Auftrag des BMBF; Wuppertal: Wuppertal-Institut für Klima, Umwelt, Energie, www.ressourcenproduktivitaet.de.
- Kristof, Kora / Hennicke, Peter (2008): Impulsprogramm Ressourceneffizienz: Innovationen und wirtschaftlicher Modernisierung eine Richtung geben; MaRes-Policy Paper als Input für die 3. Innovationskonferenz „Faktor X: Eine Dritte industrielle Revolution“ 22.10.2008 in Berlin.
- Kotakorpi, Elli / Lähteenoja, Satu / Lettenmeier, Michael (2008): Household MIPS. Natural resource consumption of Finnish households and its reduction. The Finnish Environment 43en | 2008; Helsinki: Ministry of the Environment. www.environment.fi/publications.

- Liedtke, Christa / Busch, Timo (Hg.) (2005): *Materialeffizienz*; München: oekom.
- Matthews, E. et al. (2000): *The Weight of Nations – Material Outflows of Industrial Economies*; Washington: Word Resources Institute.
- Neugebauer, R. / Blau, P. / Kuhl, M. / Bergmann, M. (2008): *Energieeffizienz in der Produktion*; *Energieeffizienz Magazin* No. 1, S. 18-19
- Petruschke, T. (2009): *MaRes Optionen im internationalen Kontext. Interner Bericht zur Expertenurfrage im Rahmen des AP1 des Projektes Materialeffizienz und Ressourcenschonung*. Wuppertal.
- Reid, Alasdair / Miedzinski, Michal (2008): *Eco-Innovation, final report for sectoral innovation watch*, Technopolis Group.
- Ritthoff, Michael / Liedtke, Christa / Kaiser, Claudia (2007): *Technologien zur Ressourceneffizienzsteigerung: Hot Spots und Ansatzpunkte, Bericht aus dem BMBF-Projekt „Steigerung der Ressourcenproduktivität als Kernstrategie einer nachhaltigen Entwicklung“*; Wuppertal: Wuppertal Institut für Umwelt, Klima, Energie.
- Ritthoff, Michael / Rohn, Holger / Liedtke, Christa (2002): *MIPS berechnen. Ressourcenproduktivität von Produkten und Dienstleistungen*. Wuppertal Spezial 27; Wuppertal: Wuppertal Institut für Umwelt, Klima, Energie.
- Schmidt-Bleek, Friedrich (1994): *Wieviel Umwelt braucht der Mensch? Das Maß für ökologisches Wirtschaften*; Berlin, Basel, Boston: Birkhäuser.
- Schmidt-Bleek, Friedrich (Hg.) (2004): *Der ökologische Rucksack. Wirtschaft für eine Zukunft mit Zukunft*; Stuttgart, Leipzig: Hirzel.
- Spath, D. (Hrsg.) (2003): *Ganzheitlich produzieren: Innovative Organisation und Führung*. LOG_X-Verlag, Stuttgart.
- Statistisches Bundesamt (2002): <http://www.destatis.de> (23.09.2008)
- Wuppertal Institut (2008): www.ressourcen.wupperinst.org (23.09.2008).
- Van der Voet, E. et al. (2005): *Policy review on decoupling of economic development and environmental pressure in the EU-25 and AC-3 countries*. CML report 166; Leiden: CML