

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)

Ressourceneffizienzpotenziale durch Technologien, Produkte und Strategien – Erste Ergebnisse

Input aus dem Arbeitspaket 1 des MaRes-Projekts zur 3. Innovationskonferenz
„Faktor X: Eine dritte industrielle Revolution“, 22.10.2008 in Berlin



Wuppertal, September 2008

ISSN 1867-0237

Kontakt zu den Autor/-innen:

Holger Rohn

Trifolium – Beratungsgesellschaft mbH

61169 Friedberg, Hanauer Str. 10

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

Paper zu Arbeitspaket 1 des Projekts
„Materialeffizienz und Ressourcenschonung“ (MaRes)

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

Projektlaufzeit: 07/2007 – 12/2010

Projektleitung:

Dr. Kora Kristof / Prof. Peter Hennicke

Wuppertal Institut für Klima, Umwelt und Energie GmbH

42103 Wuppertal, Döppersberg 19

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

Mail: kora.kristof@wupperinst.org

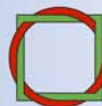
peter.hennicke@wupperinst.org

© Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH

Weitere Informationen zum Projekt

„Materialeffizienz und Ressourcenschonung“ (MaRes)

finden Sie unter www.ressourcen.wupperinst.org



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

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/-innen.



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und Reaktorsicherheit

**Umwelt
Bundes
Amt**
Für Mensch und Umwelt

Ressourceneffizienzpotenziale durch Technologien, Produkte und Strategien – Erste Ergebnisse aus dem Arbeitspaket 1 des Projekts MaRes

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	9
2.5	Bedeutung der Ressourceneffizienz für Unternehmen	9
2.6	Eco-Innovation: ressourceneffiziente Produkte, Prozesse, Technologien und Dienstleistungen	12
3	Ressourceneffizienzpotenziale durch Technologien, Produkte und Strategien	13
3.1	Wissenslücken und erwarteter Wissenszuwachs durch AP1	13
3.2	Untersuchungsrahmen und Vorgehen	14
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
4	Fazit und Ausblick	25
5	Literatur	27

Abbildungen

Abb. 1:	HWWI-Rohstoffpreisindex 2001-2008	4
Abb. 2:	Ressourcenbedarf 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	14
Abb. 8:	Übersicht zur Vorgehensweise der Potenzialanalyse	17
Abb. 9:	Themennennungen zu Technologien in der Themenliste „Top250“	20
Abb. 10:	Themennennungen zu Produkten in der Themenliste „Top250“	21
Abb. 11:	Themennennungen zu Strategien in der Themenliste „Top250“	21

Tabellen

Tab. 1:	Direkter und indirekter Ressourcenaufwand in Deutschland induziert durch sektorale inländische Produktion für die Letzte Verwendung _____	8
Tab. 2:	Materialeffizienzpotentiale - Erste Ergebnisse _____	12
Tab. 3:	Bewertungskriterien _____	18
Tab. 4:	Suchfeld und Strukturierung des Themenfeldes _____	22
Tab. 5:	Besonders relevante Themenfelder, die aus den bisherigen Bewertungsschritten identifiziert wurden _____	26

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. www.ressourcen.wupperinst.org). Ziel des Projektes sind substantielle 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 im MaRess-Projekt dar, wie er für die 3. Innovationskonferenz am 22.10.2008 in Berlin aufbereitet wurde.

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.

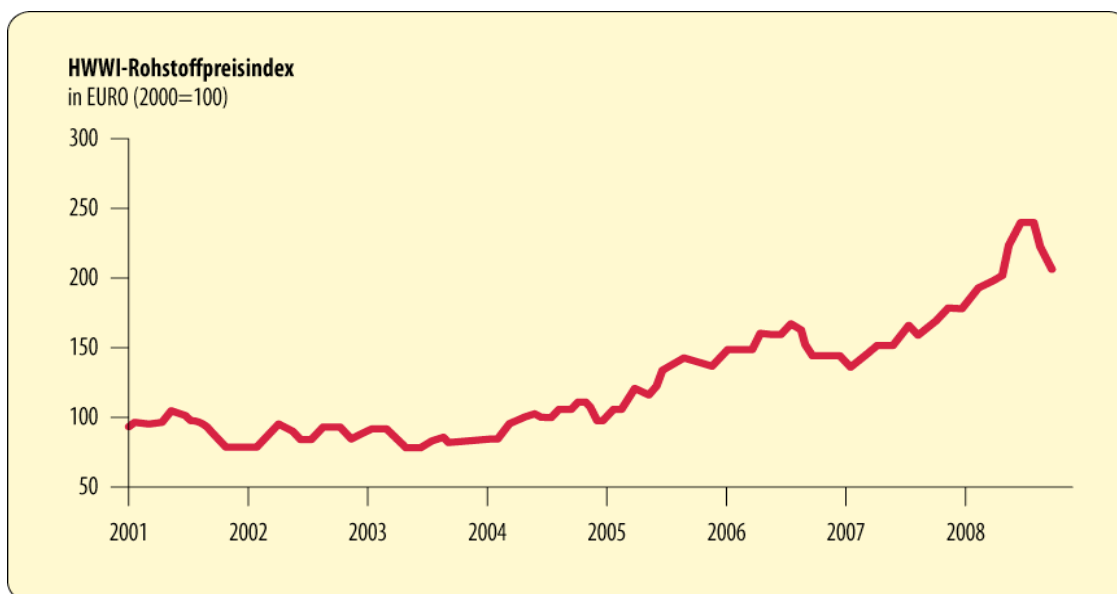
2 Ressourceneffizienz – Ausgangsbasis

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 Themenschwerpunkten 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 vor allem durch teilweise massive Preissteigerungen auf den Energie- und Rohstoffmärkten für die Weltwirtschaft immer zentraler geworden (vgl. Abb. 1). Das spiegelt sich auch in der intensiven Debatte um eine wirkungsvolle Ressourcenpolitik wider (vgl. z. B. BMU 2006). In dem parallel zu diesem Paper für die dritte Innovationskonferenz 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.

Abb. 1: HWWI-Rohstoffpreisindex 2001-2008

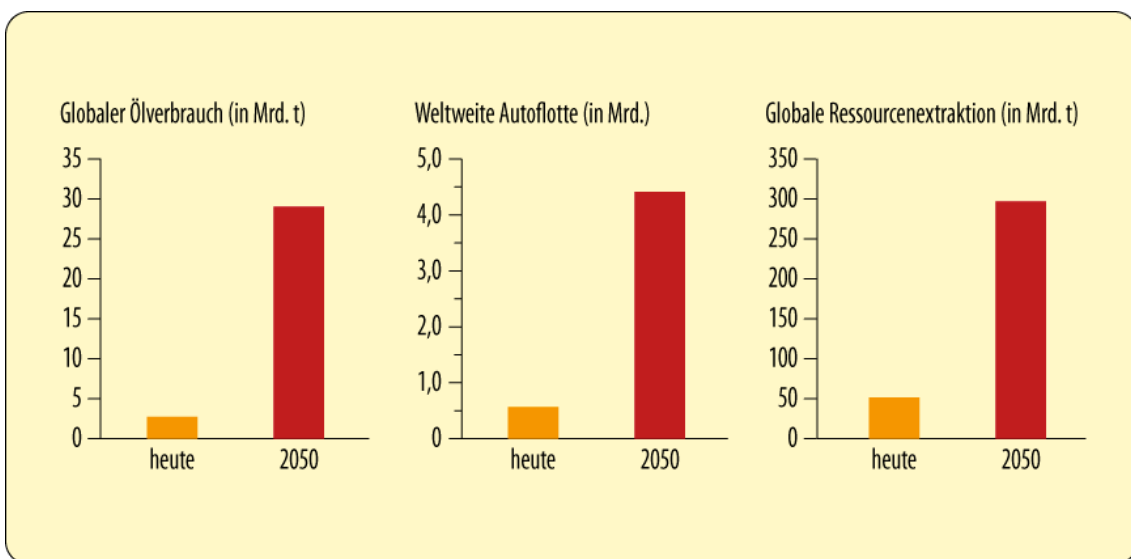


Quelle: HWWA 2008

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). Abbildung 2 zeigt den geschätzten weltweiten Bedarf an Ressourcen im Jahr 2050.

Abb. 2: Ressourcenbedarf der Welt 2050 ohne zusätzliche Effizienzsteigerungen



Quelle: Hennicke 2006

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
14	Steine und Erden, sonstige Bergbauerzeugnisse	136	3
	Restliche Produktionssektoren	1.360	26
	Alle Produktionssektoren insgesamt	5.843	100

Quelle: Acosta-Fernández 2007

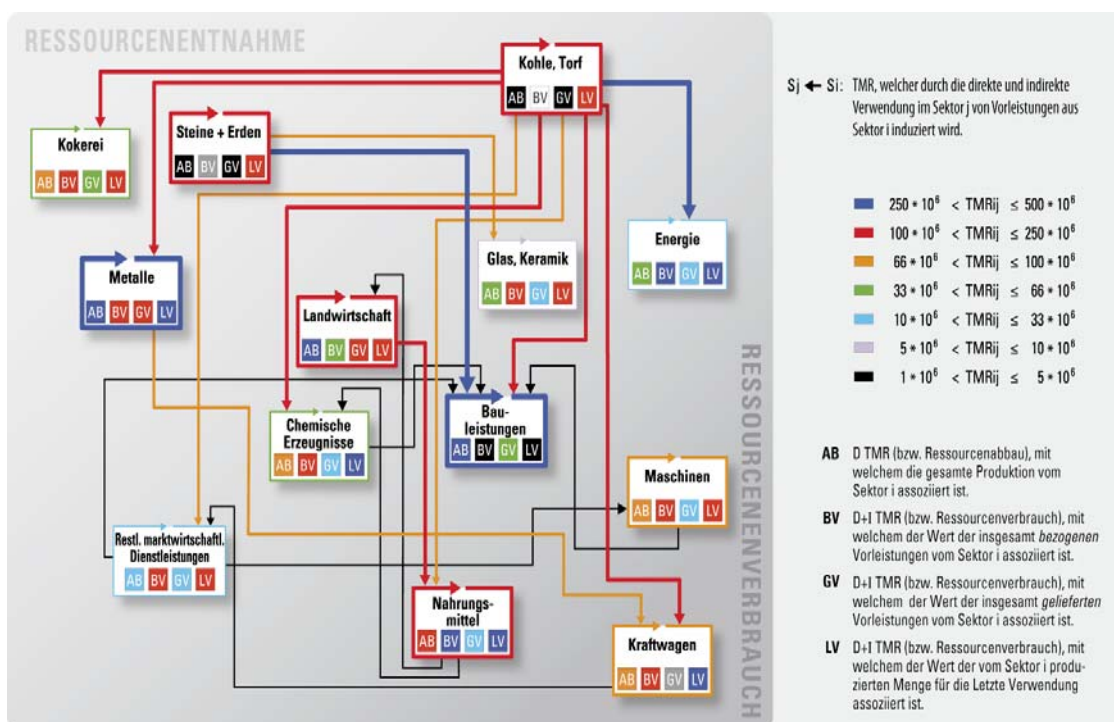
An vorderster Stelle steht der Sektor „Bauleistungen“, dessen Endnachfrageproduktion einen hohen Ressourcenaufwand verursacht. Im Jahre 2000 stellte der durch die Produktion verursachte Ressourcenverbrauch für die letzte Verwendung in der Bauindustrie 18 % des gesamtwirtschaftlichen TMR dar. Die Sektoren „Nahrungsmittelindustrie“, „Automobilindustrie“, der Sektor „Metalle“ sowie „Energie“ weisen mit über 5 % ebenfalls hohe Anteile auf.

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.

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).

Abb. 3: Verflechtung der Produktionssektoren Deutschland 2000

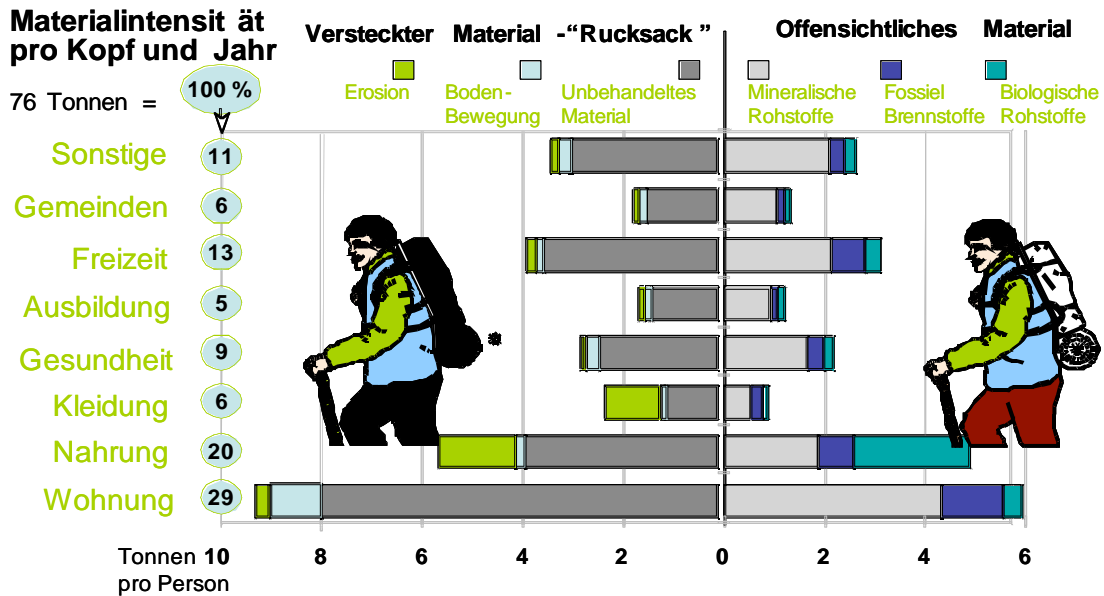


Quelle: Acosta-Fernández 2007

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 in Ernährung) und daher nicht getrennt ausgewiesen. Das Bedarfswelt 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

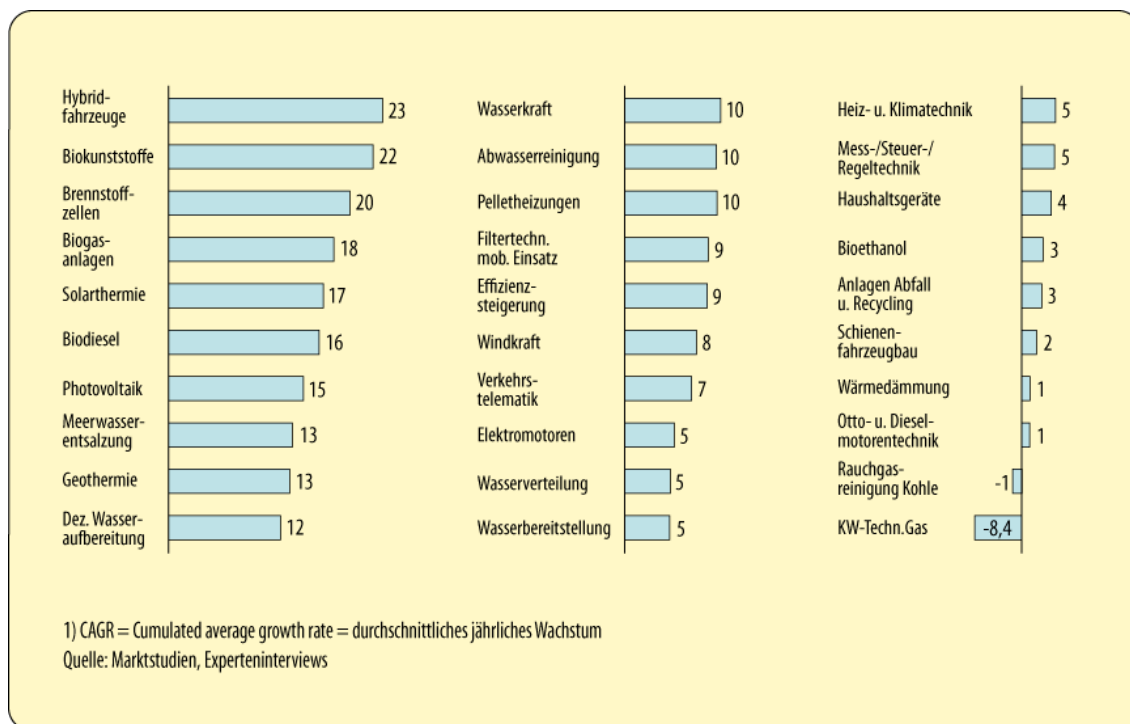
Eine neue Untersuchung auf Mikroebene über den Gesamtressourcenverbrauch von 27 finnischen Haushalten (Lähteenoja / Lettenmeier / Kotakorpi 2008) identifiziert die Konsumbereiche Mobilität, Wohnen und Ernährung als besonders relevant. Dabei fallen Mobilität und Wohnen besonders ins Gewicht, da Mobilität sämtliche Fahrten der Haushalte (außer Tourismus) umfasst und Wohnen den kompletten häuslichen Stromverbrauch (auch für z. B. Kochen). Außerdem offenbart die Studie Unterschiede bis zu einem Faktor 10 in den Ressourcenverbräuchen einzelner Haushalte. Die größten Unterschiede traten in den Feldern Mobilität, Wohnen und Tourismus auf und 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 hatten zusammen 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 hier vor allem die biobasierte Wirtschaft, wie zum Beispiel die Biokunststoffe. 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

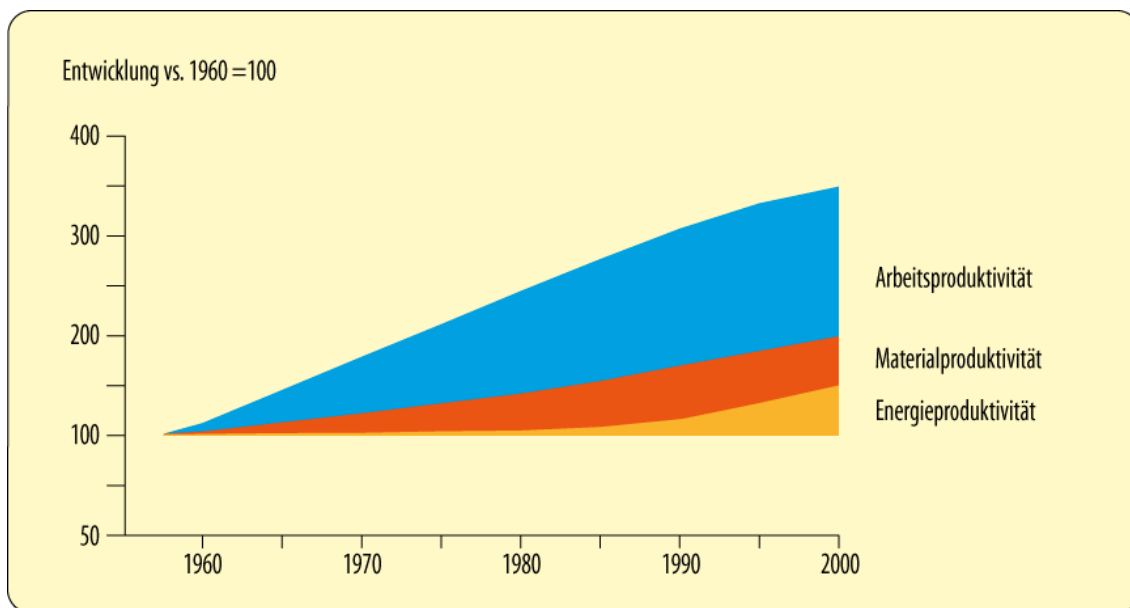
Von diesen Technologien wurden 12 ausgewählt und in einzelnen Studien (Leitmarktstudien) vertiefend weiter untersucht. Darin wurden allerdings nur Marktgrößen abgeschätzt und keine Ressourceneffizienzpotenziale bestimmt.

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 Effizienzsteigerung 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 (vgl. ADL / Wuppertal Institut / ISI 2005) in ausgewählten Branchen deutliche ökonomische Einsparpotenziale erschließen (vgl. Tab. 2).

Tab. 2: Erste Abschätzungen zu 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, -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 Prozessbereich 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 werden, sondern in einer integrierenden Optimierung die vor- und nachgelagerten Prozesse vom Rohstoffabbau bis zur Entsorgung berücksichtigt werden.

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 (<http://www.netzwerk-ressourceneffizienz.de>) des BMU.

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

Eine Eco-Innovation ist 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 Dienst-

leistungen, 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

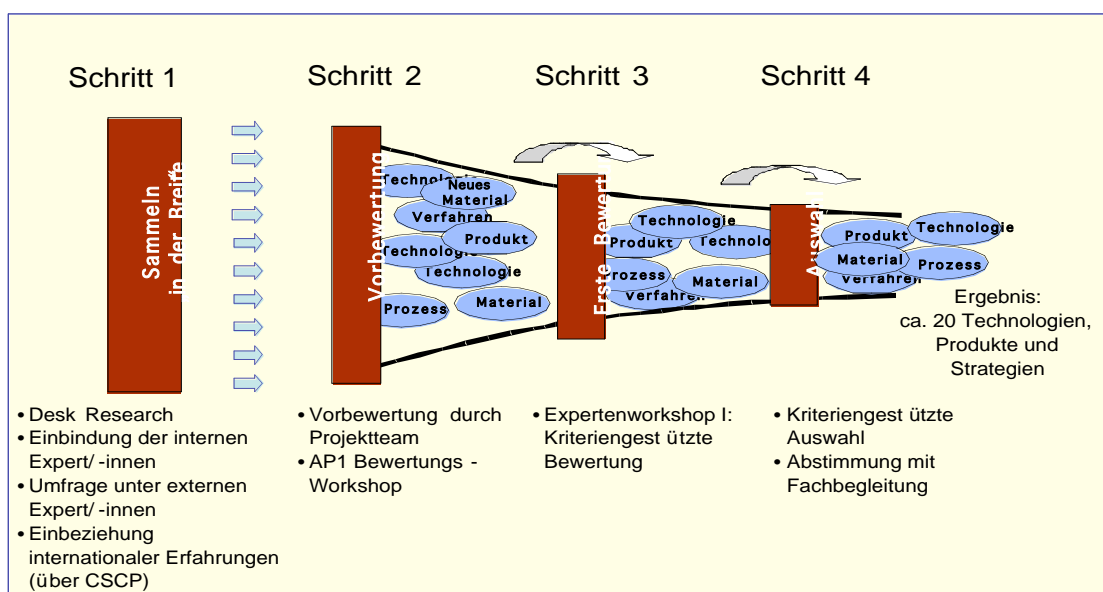
Während die übergeordneten Zielsetzungen und Strategien zur Erreichung einer höheren Ressourceneffizienz auf Makroebene (z. B. Faktor 4 / Faktor 10) weitgehend Akzeptanz finden, gibt es bisher keine umfassenden und dennoch konkreten Betrachtungen dazu, welche Potenziale für Ressourceneffizienz bestehen, 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 Kompensations- und 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 Ressourceneffizienz steigernde 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 (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 Kapitel 3.3 vorgestellt. Die danach durchgeführte Umfrage hatte zum Ziel, diese Übersicht ressourceneffizienzsteigernder 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 ein Workshop mit den AP1-internen Expert/-innen zur ersten Aufbereitung und Vorbewertung der Themenliste durchgeführt. Die Vorbewertung erfolgte anhand der drei Kriterien Ressourceneinsatz, Ressourceneffizienzpotenzial und wirtschaftliche Bedeutung (vgl. Tab. 3). Im Anschluss an den Workshop wurde eine vorbereitete Themenliste mit ca. 250 Nennungen, „Top250“, erstellt.

Im dritten Schritt erfolgte eine kriteriengestützte Experten-Bewertung. Auf Basis dieser Bewertung wurde ein Ranking der ca. 250 Nennungen vorgenommen (bewertete 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) dienen der groben Vorauswahl besonders ressourceneffizienter, ressourcenrelevanter, innovativer und auch neuer visionärer Technologien, Produkte und Strategien. Der Fokus der Kriterien auf Ressourceneffizienz

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

fizienz wird 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 handelt sich dabei um eine qualitative Bewertung, die, soweit benennbar, auf quantifizierbaren Daten basiert (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 erfolgt kriteriengestützt aus den besonders relevanten Themenfeldern bzw. den darin enthaltenen Einzelthemen (vgl. Kapitel 3.4.2) anhand der beschriebenen Kriterien (vgl. Tabelle 4). Dazu werden die Kriterien mit verschiedenen Gewichtungen hinterlegt und die Ergebnisse vergleichend ausgewertet. Die 20 Themen werden abschließend für die weitere Bearbeitung in der Potenzialanalyse priorisiert.

Auf dieser Basis wird im vierten Schritt die abschließende Auswahl der ca. 20 Produkte, Technologien und Strategien in Abstimmung mit dem Umweltbundesamt und dem Bundesumweltministerium vorgenommen, die in detaillierten Potentialanalysen bearbeitet werden (bewertete Themenliste: „Top20“).

Die grobe Vorgehensweise zur Potenzialanalyse ab 2009 ist in Abbildung 8 dargestellt:

Abb. 8: 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 betrifft, die eingesetzten Methoden, die Auswertung, als auch die Ergebnisdarstellung und -diskussion. 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 „ökologischen Rucksäcke“ berechnet und jeweils konkrete Potenziale zur Ressourceneffizienzsteigerung und die zu deren Erschließung möglichen Handlungsoptionen benannt.

Alle Potenzialanalysen werden in intensiver fachlicher Begleitung durch die Experten/-innen in AP1 (insbesondere die 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 „MaRes-Potenziale“ vorgesehen. Übergreifend werden die erarbeiteten Ergebnisse in einem Abschlussbericht dokumentiert.

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 Ressourceneffizienzpotenzialen über Produkte gewählt. Viele Produkte lassen aufgrund ihrer Herstellungsprozesse und verwendeten Materialien ein besonders hohes Ressourceneffizienzpotenzial erwarten.

Generelle Prinzipien wie Lebensdauerverlängerung, 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 nicht hoch. 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-Dienstleistung-Systeme (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 einem anderen Teil des MaRes-Projekts betrachtet werden.

Auf Basis dieser Überlegungen wurde das Suchfeld der Betrachtungen in die Bereiche Technologie, 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 Kap. 2 und Kap. 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, -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. Abbildung 7), von der Erarbeitung der Themenliste mit ca. 1.000 Vorschlägen über die „Top250“ bis zur „Top50“-Themenliste als Leitlinie berücksichtigt und findet 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. 9 bis 11):

Abb. 9: Themennennungen zu Technologien in der Themenliste „Top250“ (Eigene Darstellung)

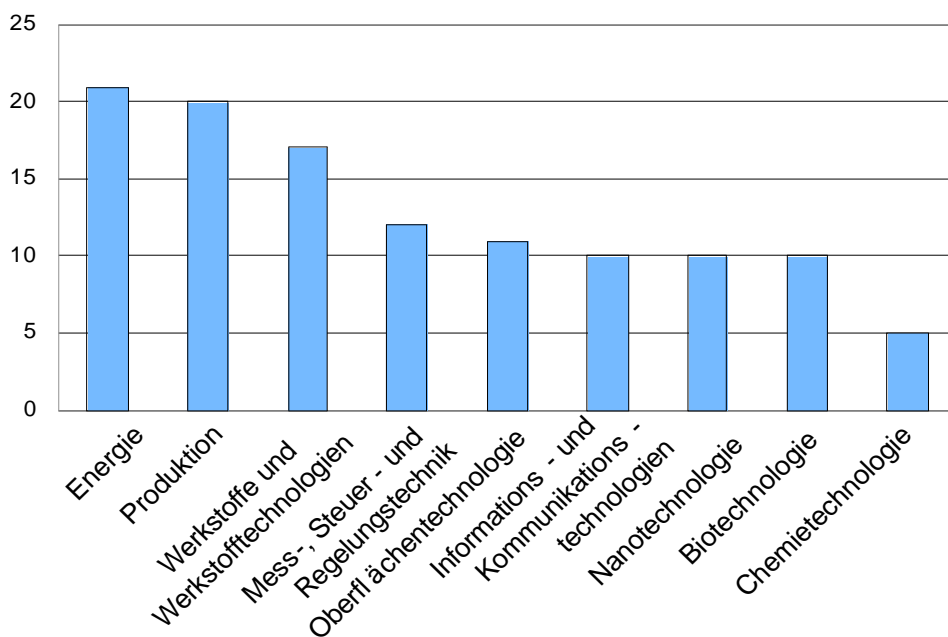
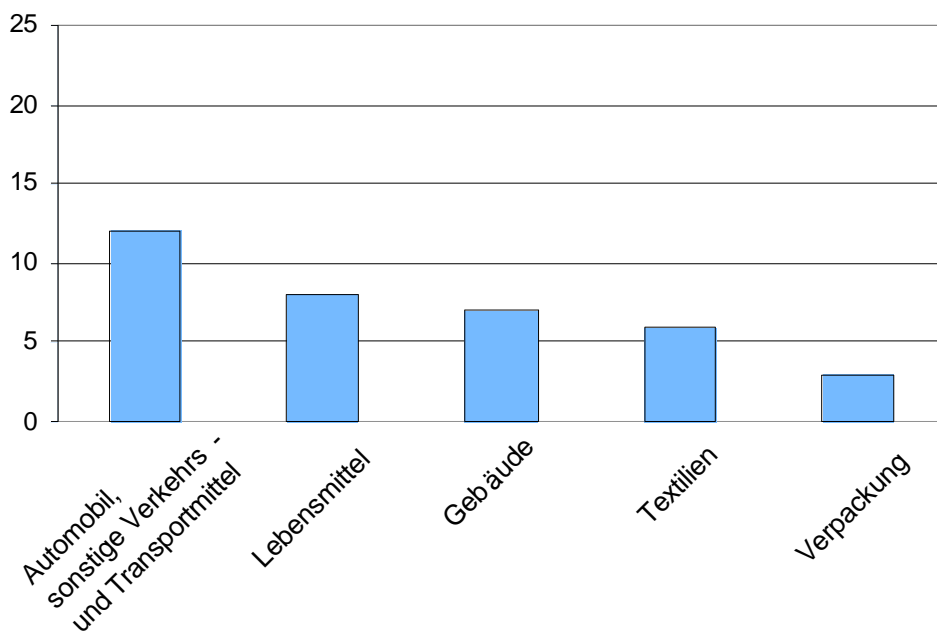
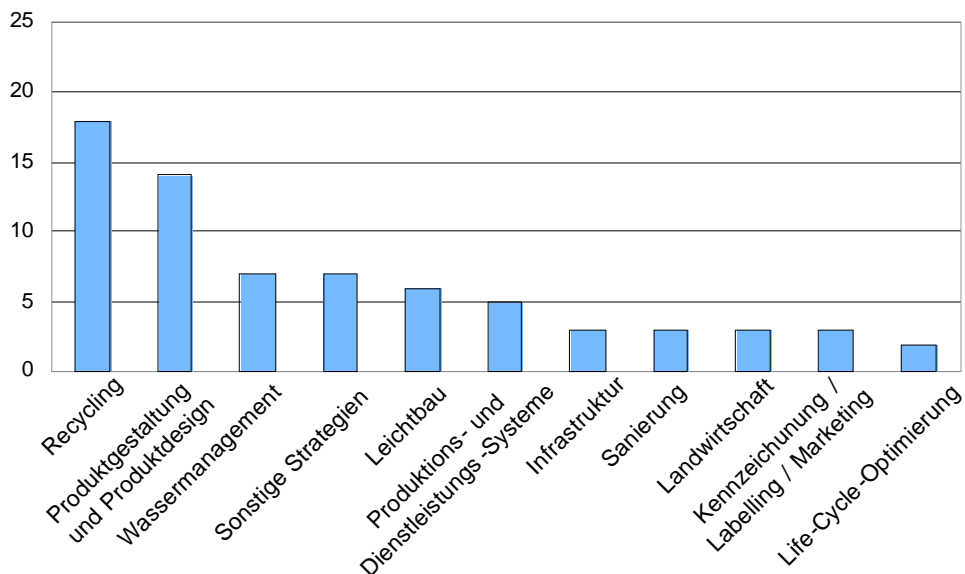


Abb. 10: Themennennungen zu Produkten in der Themenliste „Top250“



Quelle: Eigene Darstellung

Abb. 11: Themennennungen zu Strategien in der Themenliste „Top250“



Quelle: Eigene Darstellung

Im Bereich der Themennennungen zu Technologien zeigt sich eine insgesamt breite Aufteilung auf die dargestellten Technologiefeldern, mit Schwerpunkten auf Energie- und Produktionstechnologien, dicht gefolgt von Werkstoffen und Werkstofftechnologien (vgl. Abb. 9).

Die Themennennungen zu den Produkten reflektieren die ressourcenintensiven Bedürfnisfelder Mobilität, Ernährung, Bauen / Wohnen und Bekleidung und werden ergänzt durch das Themenfeld Verpackung (vgl. Abb. 10).

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. 11).

Im Vorfeld des AP1-übergreifenden Experten-Workshops wurde die Themenliste „Top250“ mit insgesamt 223 Einzelnennungen an insgesamt 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 Kapitel 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

- 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

- 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 SkySails)
- 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 Nutzungsdauererlängerung bei Bekleidungstextilien, Einsatz von technischen Textilien im Leichtbau, Textilleasing)

Strategien

- „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

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. Da die quantitativen Abschätzungen des Ressourceneinsatzes in der Regel fehlen und zu den Ressourceneffizienzpotenzialen fast keine Informationen vorliegen und auch nicht leicht zu ermitteln sind, wurde eine qualitative Expertenbewertung durchgeführt.

Die entwickelte Vorgehensweise und die Methoden zur Identifikation der in Kapitel 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) 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 unter Produkte identifizierten Felder spiegeln sehr gut die ressourcenintensivsten Bedürfnisfelder in Deutschland wider (vgl. Kapitel 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 sollten Themen berücksichtigt werden, bei denen die genannten Strategien in konkreten Anwendungsfeldern besonders hohe Ressourceneinsparungen erwarten lassen.

Insgesamt stellen die identifizierten und durch die Experten/-innen validierten Themenfelder ein wichtiges Zwischenergebnis dar. Die Themenfelder geben zugleich die Schwerpunktbereiche vor, in denen konkrete Themen für die Potenzialanalyse auszuwählen sind.

Weitere Vorgehensweise zur Potenzialanalyse

Aus den in Tab. 5 dargestellten Themenfeldern zur Steigerung der Ressourceneffizienz werden ca. 20 konkrete Themen zur weiteren Betrachtung ausgewählt. Die Auswahl erfolgt aus den in Tabelle 5 dargestellten besonders relevanten Themenfeldern bzw. den darin enthaltenen Einzelthemen anhand der beschriebenen Kriterien (vgl. Tabelle 4). Dazu werden die Kriterien u. a. mit verschiedenen Gewichtungen hinterlegt und so abschließend für die weitere Bearbeitung in der anschließenden Potenzialanalyse priorisiert. Kernbestandteil der Potenzialanalyse ist das in ein Expertennetzwerk eingebundene Diplomandenprogramm (vgl. Kapitel 3.2). In den Potenzialanalysen ist eine Quantifizierung der Ressourceneffizienzpotenziale auf der Basis des Konzepts „Materialintensität pro Serviceeinheit (MIPS)“ vorgesehen. Als konkrete Ergebnisse werden somit für die untersuchten Technologien und ihre Anwendungen bzw. die Produkte und Produktgruppen die „ökologischen Rucksäcke“ 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, Auswertung) in intensiver fachlicher Begleitung durch Experten/-innen realisiert und übergreifend ausgewertet.

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

Die Ergebnisse des AP1 fließen darüber hinaus in weitere Arbeitspakete des MaRes-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.
- Hennicke, Peter F. (2006): Präsentation auf der gemeinsamen Konferenz von BMU und IG Metall „Ressourceneffizienz – Innovation für Umwelt und Arbeit“; Berlin.
- Hamburgisches WeltWirtschaftsinstitut (HWWA) (2008): Rohstoffpreise 2008, HWWI Policy, Report Nr. 8 des HWWI-Kompetenzbereiches Wirtschaftliche Trends
- 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.
- Lähteenoja, Satu / Lettenmeier, Michael / Kotakorpi, Elli (2008): The ecological rucksack of households: huge differences, huge potential for reduction? In: Ken, Theo Geer et al. (eds.): Proceedings of the 2nd Conference of the Sustainable Consumption Research Exchange (SCORE!) Network, Refereed Session III-IV, p. 319-339.
- 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. et al. (2008): Energieeffizienz in der Produktion. Energieeffizienz Magazin.
- 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