

**Fortentwicklung der Kreislaufwirtschaft  
zu einer nachhaltigen Stoffstrom- und  
Ressourcenpolitik,  
FKZ 90531411**

**Teilvorhaben „Ermittlung von relevanten  
Stoffen bzw. Materialien für eine stoff-  
stromorientierte Ressourcen schonende  
Abfallwirtschaft“**

Überblick und Kurzfassung

*Günter Dehoust, Matthias Buchert, Jan Ferenz, Andreas Hermann,  
Wolfgang Jenseit, Falk Schulze (Öko-Institut e.V.)  
Jürgen Giegrich, Horst Fehrenbach, Regine Vogt (IFEU-Institut)*

10. Mai 2006, Darmstadt



## Inhaltsverzeichnis

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Überblick .....</b>   | <b>1</b>  |
| <b>Kurzfassung .....</b>   | <b>2</b>  |
| <b>1. Einleitung .....</b>   | <b>2</b>  |
| <b>2. Methodik und Vorauswahl .....</b>  | <b>3</b>  |
| <b>3. Ergebnisse .....</b>   | <b>6</b>  |
| 3.1 Materialflusssystem Eisenerz-Stahl-Fahrzeugbau-PKW-Konsum .....  | 6         |
| 3.1.1 Stahlindustrie .....   | 7         |
| 3.1.2 Fahrzeugbau.....   | 8         |
| 3.1.3 Abfallbehandlung bezüglich PKW.....  | 9         |
| 3.2 Materialflusssystem Erdöl/Erdgas-Erdölverarbeitung-<br>Kraftstoffkonsum.....   | 10        |
| 3.2.1 Mineralölindustrie.....  | 10        |
| 3.2.2 Kunststoffindustrie .....  | 11        |
| 3.3 Materialflusssystem Steine&Erden-Zement-Beton-Wohngebäude .....  | 12        |
| 3.3.1 Zementindustrie .....  | 13        |
| 3.3.2 Betonherstellung.....  | 14        |
| 3.3.3 Wohngebäude .....  | 14        |
| 3.4 Materialflusssysteme Biomasse-Pflanzenverarbeitung-Brotkonsum<br>sowie Biomasse-Tierfutter-Tierhaltung-Fleischkonsum .....       | 16        |
| 3.5 Materialflusssystem Biomasse-Forst-Papier-Möbelkonsum .....  | 18        |
| 3.5.1 Papierherstellung.....   | 19        |
| 3.5.2 Möbelkonsum .....  | 20        |
| <b>4. Übersicht zu Potenzialen und Handlungsoptionen.....</b>  | <b>21</b> |
| <b>5. Weiterer Untersuchungsbedarf und relevante Datenlücken ...</b>   | <b>24</b> |
| 5.1 Untersuchungsbedarf zur Erschließung relevanter Potenziale .....   | 24        |
| 5.1.1 Materialflusssystem Eisenerz-Stahl-Fahrzeugbau-PKW-Konsum.....   | 24        |
| 5.1.2 Materialflusssystem Erdöl/Erdgas-Erdölverarbeitung-<br>Kraftstoffkonsum.....   | 25        |
| 5.1.3 Materialflusssystem Steine&Erden-Zement-Beton-Wohngebäude .....  | 25        |
| 5.1.4 Materialflusssysteme Biomasse-Pflanzenverarbeitung-<br>Brotkonsum sowie Biomasse-Tierfutter-Tierhaltung-<br>Fleischkonsum..... | 26        |
| 5.1.5 Materialflusssystem Biomasse-Forst-Papier-Möbelkonsum.....   | 26        |
| 5.2 Schließung wichtiger Datenlücken.....  | 27        |

## Tabellenverzeichnis

|             |   |    |
|-------------|---|----|
| Tabelle 4.1 | Übersicht Potenziale und Handlungsoptionen..... | 22 |
|-------------|---|----|

## Abbildungsverzeichnis

|               |  |    |
|---------------|--|----|
| Abbildung 3.1 | Materialflusssystem Eisenerz-Stahl-Fahrzeugbau-PKW-Konsum .....          | 7  |
| Abbildung 3.2 | Materialflusssystem Erdöl/Erdgas-Erdölverarbeitung-Kraftstoffkonsum..... | 10 |
| Abbildung 3.3 | Materialflusssystem Steine&Erden-Zement-Beton-Wohngebäude .....          | 13 |
| Abbildung 3.4 | Materialflusssystem Biomasse-Pflanzenverarbeitung-Brotkonsum .....       | 16 |
| Abbildung 3.5 | Materialflusssystem Biomasse-Tierfutter-Tierhaltung-Fleischkonsum.....   | 17 |
| Abbildung 3.6 | Materialflusssystem Biomasse-Forst-Papier-Möbelkonsum.....               | 18 |

## Überblick

Das Teilvorhaben „Ermittlung von relevanten Stoffen bzw. Materialien für eine stoffstromorientierte Ressourcen schonende Abfallwirtschaft“ (Kurztitel: Nachhaltiges Materialmanagement – Wichtige Potenziale in Deutschland) ist ein Zwischenschritt im Rahmen des BMU-Projekts „Fortentwicklung der Kreislaufwirtschaft zu einer nachhaltigen Stoffstrom- und Ressourcenpolitik“ (FKZ 90531411). Das Teilvorhaben von Öko-Institut und IFEU-Institut soll dem Bundesumweltministerium wichtige Informationen und Daten liefern hinsichtlich zukünftiger Schwerpunkte im Rahmen einer Kreislaufwirtschaftspolitik, die sich verstärkt der Erschließung von Potenzialen zur Ressourcenschonung auf allen Ebenen der Produktion und des Konsums von Gütern verschreibt. Dieses Ziel einer Ressourcenschonung über alle Bereiche von Materialströmen steht in Übereinstimmung mit den entsprechenden Zielen der Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung (Verdopplung der Rohstoff- sowie der Energieproduktivität) sowie der Ressourcenstrategie und der Abfallvermeidungs- und -recyclingstrategie der EU. Weiterhin ist das Thema Ressourcenschonung und Materialeffizienz aufgrund der erheblich gestiegenen Kosten für Rohstoffe und Energieträger sowohl für die Wirtschaft als auch die Konsumenten von zentraler Bedeutung.

Zur Beantwortung der Fragen nach den größten Umweltentlastungspotenzialen bei den Materialströmen und damit nach der Prioritätensetzung durch die Umweltpolitik in den nächsten Jahren wurde eine pragmatische und damit zeiteffiziente Methodik gewählt. Zur Vorauswahl wurden ausschließlich vorhandene statistische Daten und vorhandene Daten hinsichtlich der Umweltbelastung (incl. Vorketten) von in Deutschland produzierten Gütern (Sektorenblick) bzw. konsumierten Gütern (Konsumentenblick) herangezogen und zusammengestellt. Auf diese Weise konnten 10 besonders relevante produzierte Güter sowie 12 besonders relevante Konsumgüter identifiziert und in den Kontext von 6 wesentlichen Materialflusssystemen gestellt werden. Nach der Vorauswahl konnten nach einer tieferen Untersuchung dieser sechs Materialflusssysteme erhebliche Umweltentlastungspotenziale (Einsparung von Rohstoffen und Energie, Reduzierung von Abfallströmen, Forcierung von Sekundärmaterialkreisläufen, Reduzierung von Schadgasen und Treibhausgasemissionen etc.) identifiziert und wesentliche Handlungsoptionen zur Erschließung der Potenziale aufgezeigt werden (vgl. Tabelle 4.1 der Kurzfassung).

Als Konsequenz aus den ermittelten Potenzialen und Handlungsoptionen wird der weitere Untersuchungsbedarf zur Erschließung der Potenziale konkretisiert, ebenso wie wichtige Datenlücken, die in absehbarer Zeit geschlossen werden sollten. Die Ergebnisse des Teilvorhabens haben bestätigt, dass erhebliche Potenziale zur Ressourcenschonung im Rahmen einer Fortentwicklung der Kreislaufwirtschaft zu einer nachhaltigen Stoffstrom- und Ressourcenpolitik in den nächsten Jahren und Jahrzehnten noch erschlossen werden können – ungeachtet der bisherigen Erfolge der Kreislaufwirtschaftspolitik in Deutschland.

## Kurzfassung

### 1. Einleitung

Die Bundesregierung hat im Jahr 2002 eine nationale Nachhaltigkeitsstrategie<sup>1</sup> beschlossen, die mit 21 anspruchsvollen Nachhaltigkeitszielen untersetzt ist. Im Rahmen dieser Strategie wurden wichtige Umweltziele gesetzt. Für den Kontext dieses Projekts sind vor allem die in Deutschland angestrebte Verdopplung (bis 2020) sowohl der Energieproduktivität (Verhältnis von Bruttoinlandsprodukt zum Primärenergieverbrauch) ausgehend von 1990 als auch der Rohstoffproduktivität (Verhältnis von Bruttoinlandsprodukt zum Rohstoffverbrauch) ausgehend von 1994 wichtige Zielgrößen. Diese Ziele erfordern einen einschneidend zu optimierenden Umgang mit Energie und Rohstoffen. Bisher zeigen sich Fortschritte auf dem Weg zu den langfristigen Zielen an. Die bisherigen Erfolge der Kreislaufwirtschaft haben daran einen bedeutenden Anteil.<sup>2</sup>

Mit dem im Jahr 2005 in Auftrag gegebenen Projekt „Ermittlung von relevanten Stoffen bzw. Materialien für eine stoffstromorientierte Ressourcen schonende Abfallwirtschaft“<sup>3</sup> erwartet das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) Erkenntnisse bzgl. der zusätzlich noch vorhandenen relevanten Potenziale zur Schonung von Energie und Rohstoffen sowie zur weiteren Minimierung von Schadstoffeinträgen in die Umwelt. Damit soll eine optimale Bündelung der weiteren Aktivitäten (z. B. Förderung von Innovationen) zur Erreichung der Nachhaltigkeitsziele unterstützt werden.<sup>4</sup> Wichtige Fragen, die mit dem Projekt adressiert werden, sind:

- Wo sind die größten zusätzlichen Potenziale?<sup>5</sup>
- Welche Relevanz haben Materiallager in der Technosphäre für die Schonung der Ressourcen?
- Wo besteht der größte verbleibende Handlungsbedarf, d. h. welche Potenziale versprechen die größten Effekte?

---

<sup>1</sup> Perspektiven für Deutschland – Unsere Strategie für eine nachhaltige Entwicklung, Bundesregierung, April 2002.

<sup>2</sup> Perspektiven für Deutschland – Unsere Strategie für eine nachhaltige Entwicklung, Bundesregierung, Fortschrittsbericht 2004.

<sup>3</sup> Teilvorhaben im Rahmen des UFOPLAN-Projekts „Fortentwicklung der Kreislaufwirtschaft zu einer nachhaltigen Stoffstrom- und Ressourcenpolitik“ (FKZ: 905 31 411), Öko-Institut e.V. in Kooperation mit IFEU-Institut im Auftrag des BMU 2005.

<sup>4</sup> Die regelmäßigen Veröffentlichungen der Umweltökonomischen Gesamtrechnung (UGR) des Statistischen Bundesamts dokumentieren u. a. die Tendenzen bei den Umweltindikatoren, die die Nachhaltigkeitsstrategie konkretisieren.

<sup>5</sup> Das Projekt konzentriert sich dabei vor allem auf die Angebotsseite, d. h. mögliche zusätzliche Potenziale, die durch die denkbare Beeinflussung von Nachfragemustern (Konsummuster, Suffizienzfragen) erzielt werden könnten, sind nicht zentraler Gegenstand der Studie.

- Welche Prioritäten sollen als nächstes gesetzt werden?

Die Kreislaufwirtschaft soll damit zu einer nachhaltigen Stoffstrom- und Ressourcenpolitik weiterentwickelt werden. Das Projekt konzentriert sich zwar auf die nationale Ebene, in diesem Kontext ist aber auf die EU-Ressourcenstrategie und die EU-Strategie für Abfallvermeidung und -recycling sowie die Aktivitäten der OECD zum „Sustainable Materials Management“ hinzuweisen. Die wesentlichen Ziele des BMU-Projekts sind:

- **Prioritätensetzung:** Ermittlung relevanter Stoffe bzw. Materialien,
- **Blick in die Zukunft:** Trends und Szenarien, Entwicklung der Stoff- bzw. Materiallager,<sup>6</sup>
- **Abgleich:** Bisherige Adressierung durch die Kreislaufwirtschaftspolitik,
- **Politikberatung:** Identifikation der größten Potenziale im Hinblick auf die Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung (Rohstoffproduktivität, Energieproduktivität),
- **Wichtiges Nebenprodukt:** Aufdecken von relevanten Datenlücken.

## 2. Methodik und Vorauswahl

Die Untersuchung der Materialströme einer ganzen Volkswirtschaft ist eine anspruchsvolle Aufgabe, die unterschiedliche Herangehensweisen erlaubt. Im Projekt ist eine Methodik entwickelt worden, die effizient die wesentlichen Potenziale zur Ressourcenschonung und Minderung von Umweltbelastungen identifiziert. Grundsätzlich ist eine wissenschaftliche Herangehensweise zur Analyse von Materialströmen von der Frage des Blickwinkels abhängig. Unterschieden werden können der Ressourcenblick, der Sektorenblick und der Konsumentenblick.

Unter Ressourcenblick ist zu verstehen, dass die reine Quantifizierung des Ressourcenbedarfs eines Landes wie Deutschland bzw. seiner Volkswirtschaft im Vordergrund steht. Hierzu gibt es u. a. vom Statistischen Bundesamt in Deutschland belastbare Daten.<sup>7</sup> Für die genannten Fragestellungen des Projekts helfen diese Daten allein jedoch nicht weiter, da die reine Auflistung von Mengen wichtiger Rohstoffe wenig darüber aussagt wie effizient diese Rohstoffe verwendet bzw. für welche Produkte sie verwendet werden und wo sie letztlich verbleiben. Deshalb ist die Herangehensweise mit einem reinen Ressourcenblick nicht Ziel führend.

Daher liegt die Konzentration methodisch auf einer Kombination aus Sektorenblick und Konsumentenblick. Der Sektorenblick bedeutet eine Analyse der Materialströme und damit verbundenen Umweltbelastungen bezüglich der in Deutschland produzierten Güter in wesentlichen Wirtschaftssektoren. Mit dem Konsumentenblick wer-

---

<sup>6</sup> Ausführungen zu Trends und Szenarien sowie bzgl. der bisherigen Adressierung durch die Kreislaufwirtschaftspolitik finden sich in der Langfassung des Endberichts.

<sup>7</sup> Vgl. hierzu Veröffentlichungen des Statistischen Bundesamts im Rahmen der UGR.

den dagegen die Materialströme der in Deutschland vom privaten Konsum nachgefragten Güter untersucht. Gerade für eine Industrienation wie Deutschland mit vielfältigen Export- und Importverflechtungen ist dieser duale Ansatz wichtig. Mit dem Sektorenblick werden zudem die prozess- bzw. produktionsbedingten Abfälle (pre-consumer Abfälle) erfasst, während mit dem Konsumentenblick die Abfälle abgedeckt werden, die aus Produkten nach ihrer Gebrauchsphase (post-consumer Abfälle) entstehen. Weiterhin ist wichtig, dass für die Produktionssektoren andere Handlungsoptionen zu erwarten sind als für den Umgang mit Konsumgütern nach Ablauf ihrer Gebrauchsphase.

Es wurde eine erste Vorauswahl für wichtige Produktionsgüter anhand der Kriterien produzierte Jahresmenge und Wert vorgenommen. Dabei wurde ein erster Filter über die Grenze mehr als 700.000 Jahrestonnen bzw. mehr als 1,3 Mrd. Euro Wertschöpfung/a angelegt. Damit wurden 200 Produkte in die engere Auswahl genommen.<sup>8</sup> Für die Kriterien Menge und Wert sind über die Statistik konsistente Daten verfügbar. Wertschöpfung/a ist aufgrund der damit ausgedrückten wirtschaftlichen Bedeutung des Produkts für Deutschland und der mit hoher Wertschöpfung häufig verbundenen komplexen Vorketten ein interessantes Kriterium. Hohe Wertschöpfung kann z. B. eine Vielzahl von Prozessvorstufen, eine Vielzahl von Halbzeugen und Bauelementen sowie einen hohen Energie- und Materialeinsatz in Prozessvorstufen oder -endstufen ausdrücken. Das Kriterium ist daher ein gutes Pendant zum Kriterium Menge.<sup>9</sup>

Nach weiteren Eingrenzungsschritten wurden 34 Produktionssektoren ermittelt, deren jeweils wichtigstes Produkt für die weitere Arbeit genauer untersucht wurde (z. B. im Sektor Zement/Kalk/Gips das Produkt Portlandzement).

Zur ersten Vorauswahl bei den Konsumgütern wurde ebenfalls mit Daten der Bundesstatistik operiert. Aus 108 Positionen wurden nach dem Kriterium Jahresmenge 19 Konsumgüter ausgewählt, die zusammen weit mehr als 90 % der konsumierten Jahrestonnen aller Konsumgüter<sup>10</sup> ausmachen. Sowohl an die 34 ausgewählten produzierten Güter als auch die 19 Konsumgüter wurden im nächsten Schritt die folgenden sieben Umweltkriterien<sup>11</sup> angelegt:

- Emission von Treibhausgasen,
- Emission von Säurebildnern,

---

<sup>8</sup> Die Daten beruhen auf der Produktionsstatistik des Statistischen Bundesamtes.

<sup>9</sup> So weist z. B. Kies eine hohe Relevanz nach Mengengesichtspunkten auf. Je Tonne ist die Wertschöpfung jedoch eher gering. Für viele Elektronikprodukte hingegen verhält es sich z. B. gerade umgekehrt.

<sup>10</sup> Die Daten zu den Konsumgütern umfassen den gesamten Inlandsverbrauch, d. h. auch importierte Konsumgüter sind erfasst. Datenquelle: Jenseit, W. et al.: Umweltnutzung privater Haushalte, Öko-Institut e.V., GWS mbH, i. A. des Statistischen Bundesamtes 2005.

<sup>11</sup> Dabei werden sowohl für produzierte Güter als auch für Konsumgüter stets die Daten inklusive der Vorketten ermittelt und für die Bewertung ausgewiesen.



- Primärenergieaufwand (gesamt),
- Primärenergieaufwand (nur fossile Energieträger),
- Inanspruchnahme mineralischer Rohstoffe (Kies, Kalk, Ton etc.),
- Inanspruchnahme metallischer Rohstoffe (Erze),
- Inanspruchnahme biotischer Rohstoffe.

Diese Kriterien wurden gewählt, da sie einerseits viele wichtige Umweltschutzgüter abdecken (z. B. Schutz des Klimas) und andererseits ausreichend belastbare Daten aus zahlreichen Quellen (Materialflussanalysen, LCA, Verbandsdaten etc.) hierzu vorliegen. Für die weitere Schwerpunktsetzung wurden in einer intensiven Recherche die vielfach vorhandenen spezifischen Daten zu den Kriterien (z. B. Tonnen Treibhausgasemission je Tonne Stahl) ermittelt und mit der jeweiligen Jahrestonnage multipliziert. Auf diese Weise konnte ein Belastungsprofil für jedes der 34 produzierten Güter bzw. 19 Konsumgüter erstellt werden. Es zeigten sich in einer Gesamtbewertung nach den sieben Kriterien<sup>12</sup> sehr starke Relevanzunterschiede zwischen den Gütern (sowohl für die einzelnen Kriterien als auch für die Kriterien insgesamt) in der Größenordnung Faktor 10 oder vielfach darüber.

Aus den Zwischenergebnissen wurden dann 10 besonders relevante produzierte Güter und 12 besonders relevante Konsumgüter identifiziert und für die weitere Untersuchung im Projekt ausgewählt.

Besonders relevante produzierte Güter im Sinne des Projektziels sind:

- Roheisen/Stahl und Fahrzeuge (PKW etc.),
- Mineralölprodukte und Kunststoffe,
- Steine und Erden, Zement, Beton,
- Fleisch und Molkereiprodukte,
- Papier.

Besonders relevante Konsumgüter sind

- PKW,
- Heizöl, Erdgas und PKW-Kraftstoffe,
- Wohngebäude,
- Brot, zuckerhaltige Produkte und Getränke (Fruchtsäfte etc.),
- Fleischwaren und Molkereiprodukte,
- Papierprodukte (Zeitungen etc.) und Möbel.

Der weitaus größte Teil dieser Güter kann sowohl auf der Konsum- als auch auf der Produktionsseite den folgenden drei zentralen Bedürfnisfeldern zugeordnet werden:

- Ernährung (Landwirtschaft und Lebensmittelverarbeitung),
- Wohnen (Gewinnung und Verarbeitung von Steine und Erden, Stahl etc.) und

---

<sup>12</sup> Die Kriterien wurden für die Vorauswahl gleichrangig angesetzt.

- Mobilität (Verarbeitung von Kraftstoffen, Herstellung von Fahrzeugen).

Nach dem beschriebenen Verfahren<sup>13</sup> lassen sich alle ausgewählten produzierten Güter bzw. die dazugehörigen Sektoren sowie die ausgewählten besonders relevanten Konsumgüter in folgende sechs Materialflusssysteme einordnen:

1. Eisenerz-Stahl-Fahrzeugbau-PKW-Konsum,
2. Erdöl/Erdgas-Erdölverarbeitung-Kraftstoffkonsum (Seitenzweig Kunststoffe),
3. Steine&Erden-Zement-Beton-Wohngebäude,
4. Biomasse-Pflanzenverarbeitung-Brotkonsum,
5. Biomasse-Tierfutter-Tierhaltung-Fleischkonsum,
6. Biomasse-Forst-Papier-Möbelkonsum.

Im Kontext dieser sechs Materialflusssysteme, die mit Hilfe der Abbildungen 1-6<sup>14</sup> grob umrissen sind, wurde die sich anschließende vertiefende Analyse durchgeführt. Hierzu wurden weitere wichtige Umweltaspekte (z. B. hohe Schadstoffbelastungen z. B. durch Schwermetalle) berücksichtigt, aber vor allem auch Aspekte wie Entwicklungsperspektiven (wachsende oder schrumpfende Bedeutung in der Zukunft), ökologische und technische Potenziale, Vorhandensein neuer Innovationen und die bereits vorhandene Regelungsdichte.

## 3. Ergebnisse

### 3.1 Materialflusssystem Eisenerz-Stahl-Fahrzeugbau-PKW-Konsum

Das Materialflusssystem Eisenerz-Stahl-Fahrzeugbau-PKW-Konsum (vgl. Abbildung 3.1) umfasst mit der Stahlindustrie eine der wichtigsten Grundstoffindustrien in Deutschland sowie mit dem Fahrzeugbau (PKW, LKW, Busse) eine der wirtschaftlich bedeutendsten Branchen, die rund 30 % der deutschen Stahlproduktion aufnimmt. Das Materialflusssystem weist im Grundstoffbereich der Stahlherstellung, nicht zuletzt durch eine perspektivische Erhöhung des Schrotteinsatzes (Elektro-

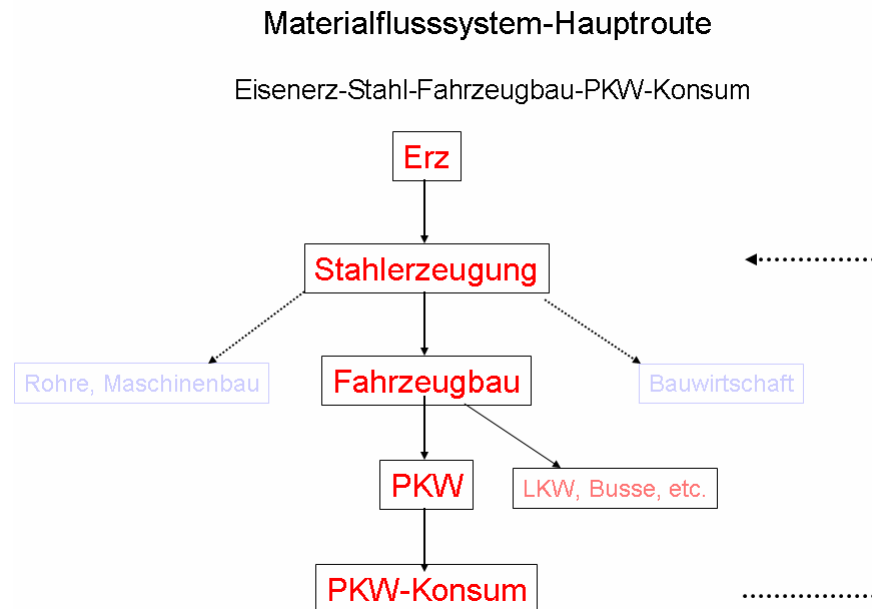
---

<sup>13</sup> Öko-Institut und Ifeu-Institut betonen ausdrücklich, dass mit der gewählten Methodik zur Vorauswahl bewusst ein einfacher und pragmatischer Weg beschritten wurde, um rasch und effizient besonders wichtige produzierte Güter und Konsumgüter für die weitere Bearbeitung auszuwählen. Diese sind ohne Zweifel von sehr großer Bedeutung unter Ressourcen- und Materialstromgesichtspunkten. Ungeachtet der erfolgreichen Vorauswahl soll nicht impliziert werden, dass für die Produktion bzw. den Konsum weiterer Güter keine Relevanz im Hinblick auf Umweltbelastungen bestehen würde.

<sup>14</sup> Die Abbildungen haben nicht die Aufgabe, die Materialstromsysteme in allen Einzelheiten abzubilden. So wurde z. B. auf die Darstellung von Import-/Exportströmen, Reststoffanfällen, Emissionen verzichtet, um die Übersichtlichkeit zu wahren. Bezüglich einer ausführlicheren Beschreibung der Materialflusssysteme wird auf die Langfassung des Endberichts verwiesen.

stahlherstellung) in den nächsten 20-30 Jahren beträchtliche Einsparpotenziale für Ressourcen (Energieträger wie Koks, Schweröl, Eisenerz etc.) auf.

Abbildung 3.1 Materialflusssystem Eisenerz-Stahl-Fahrzeugbau-PKW-Konsum



### 3.1.1 Stahlindustrie

Das technische **Potenzial**<sup>15</sup> zur Primärenergieeinsparung in der deutschen Stahlindustrie ist nach Einschätzung von Experten trotz bereits erfolgter deutlicher Minderungen in den letzten Jahrzehnten noch erheblich. Nach unterschiedlichen Szenarien besteht bis zum Jahr 2030 ein Einsparpotenzial von rund 17 % (minus 128 PJ/a nach unterer Variante) bis 27 % (minus 204 PJ/a nach oberer Variante) gegenüber dem Ausgangswert von 753 PJ im Jahr 2000.<sup>16</sup> Dabei wird unterstellt, dass der spezifische Primärenergieverbrauch pro Tonne Oxygenstahl um rund 12,6 % bzw. pro Tonne Elektrostahl um rund 20,4 % reduziert werden kann. Das erheblich höhere technische Einsparpotenzial in der oberen Variante resultiert aus einem angenommenen Anteil von Elektrostahl von 45 % im Jahr 2030, verglichen mit 33 % im Falle der unteren Variante (Stand 2000: 28,7 %). Für Elektrostahl muss nur ca. ein Viertel des spezifischen Primärenergieaufwandes veranschlagt werden. In diesem Zusammenhang ist auf die bestehende erweiterte Selbstverpflichtung der deutschen Stahlindustrie hinzuweisen, die bzgl. der gesamten Rohstahlerzeugung eine Minde-

<sup>15</sup> Alle in dieser Arbeit aufgeführten Potenziale sind als technische Potenziale zu verstehen.

<sup>16</sup> Das Minderungspotenzial entspricht ca. 10–15 Mio. t/a CO<sub>2</sub>-Äquivalenten, dies sind rund 1,0 bis 1,5 % der deutschen Gesamtemissionen im Jahr 2002.

nung der spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen um 22 % im Zeitraum 1990 bis 2012 vorsieht. Dieses Ziel soll durch einen Mix aus prozesstechnischen Innovationen und verstärktem Einsatz von Sekundärrohstoffen erzielt werden.

Die Stahlindustrie ist weiterhin ein relevanter Sektor bzgl. des Anfalls von Massenreststoffen. Große Reststoffströme wie Hochofenschlacken werden in großem Maße verwertet (z. B. als Hüttensand in der Zement- bzw. Betonindustrie). Es gibt jedoch z. B. mit den Gichtgasschlämmen (zink-, blei- und cyanidhaltige Schlämme aus der Abgasreinigung von Hochöfen) einen Massenreststoff (es fallen jährlich deutschlandweit bis zu 350.000 t Gichtgasschlämme an), der derzeit überwiegend auf betriebseigenen Deponien offen abgelagert wird. Verwertungsverfahren für diese schadstoffhaltigen Abfälle operieren bereits am Markt (unter Rückgewinnung der Eisen-, Blei- und Zinkanteile) und werden je nach Standortbedingung (Verfügbarkeit von Deponieraum etc.) in Anspruch genommen. Durch die Vorgaben der Deponierichtlinie bzw. des nationalen Rechts (TA Abfall und Deponieverordnung) müssen bis spätestens 2009 (erforderliche Neugenehmigungen für Deponien) Verwertungswege gesucht und gefunden werden.

Als **Handlungsoptionen** für die deutsche Stahlindustrie lässt sich somit die weitere deutliche Reduzierung des Rohstoff- und Energieeinsatzes konstatieren, wobei hier einerseits die Steigerung des verfügbaren Altschrottaufkommens und andererseits eine mittel- bis langfristige Erhöhung der bestehenden Produktionskapazitäten für Elektro Stahl wesentliche Bausteine darstellen. Weiterhin sind für relevante Reststoffströme wie Gichtgasschlämme ausreichend Verwertungskapazitäten zu schaffen, um die Ablagerung dieser schadstoffhaltigen Abfälle in Zukunft zu beenden.

### 3.1.2 Fahrzeugbau

Nicht nur aus wirtschaftlicher und sozialer Sicht, sondern auch nach Umweltgesichtspunkten ist der Fahrzeugbau eine der wichtigsten Branchen in Deutschland. So betrug z. B. der Anteil des Fahrzeugbaus am gesamten Energieverbrauch der deutschen Industrie im Jahr 1998 24,1 %. Auch die Tatsache, dass der Straßenfahrzeugbau in Deutschland einen Anteil von etwa 30 % am Stahlverbrauch und von 33 % am Aluminiumverbrauch hat, unterstreicht die überragende Bedeutung dieses Wirtschaftszweigs auch für viele vor gelagerte Branchen. Aus Umweltgesichtspunkten ist das spezifische Fahrzeuggewicht sehr relevant. Über die Reduzierung des Fahrzeuggewichts bestehen **Potenziale** für die Reduzierung sowohl der Rohstoff- und Energieinanspruchnahme in den Vorketten als auch des Kraftstoffverbrauchs und damit der Emission von Kohlendioxid im Fahrzeugbetrieb. In den letzten 25 Jahren ist jedoch das durchschnittliche Leergewicht eines Neu-Kfz von 900 kg auf 1120 kg gestiegen (wegen größerer Komfort- und Sicherheitsausstattungen sowie leistungsstärkerer Motoren). Gleichzeitig hat sich jedoch der Gewichtsanteil relativ leichter Werkstoffe wie Kunststoffe oder Aluminium erhöht. Fachleute schätzen das maximale technisch erreichbare Einsparpotenzial bzgl. des Fahrzeuggewichts auf rund 40 % (ca. minus 3,4 Mio. t Material bei einer Produktion von 5,8 Mio. PKW)

ein. Dies geht einher mit einer Reduzierung des Primärenergieverbrauchs um max. 40 % (minus 318 PJ).<sup>17</sup> Hier spielen Bauteile, die aus spezifisch leichteren Materialien wie z. B. Magnesium oder bestimmten Kunststoffen hergestellt werden, eine tragende Rolle. Allerdings muss im Einzelfall bilanziert werden, ob ggf. sehr hohe Aufwendungen in der Produktionsphase u. U. insgesamt einen negativen Effekt verursachen könnten.

Als **Handlungsoption** von überragender Bedeutung im Bereich Fahrzeuge ist die fortgesetzte Forschung, Entwicklung und Realisierung von Fahrzeugkonstruktionen hervorzuheben, die deutlich zur Reduzierung der Fahrzeuggewichte beitragen.

### 3.1.3 Abfallbehandlung bezüglich PKW

Auf der Seite der Nachgebrauchsphase kann festgestellt werden, dass durch die ausgesprochen enge Regelungsdichte durch die Europäische Altfahrzeugrichtlinie und ihre nationale Umsetzung bereits ein hoher Grad an Verwertung der Altkarosserien erreicht worden ist. Der Verwertungsgrad wird aktuell durch die Etablierung von post-shredder-Technologien (Verfahren zur Auftrennung der Shredderleichtfraktion in diverse Fraktionen und nachfolgende spezifische Verwertung), die die Einhaltung der anspruchsvollen Verwertungsquoten der Europäischen Richtlinie sicherstellen sollen, weiter erhöht. Weiterhin wird durch die ebenfalls vorgeschriebene Minimierung des Schwermetalleinsatzes bei der Konstruktion von PKW in Zukunft das Recycling von Altfahrzeugen durch Minimierung von Störstoffen nachhaltig unterstützt.

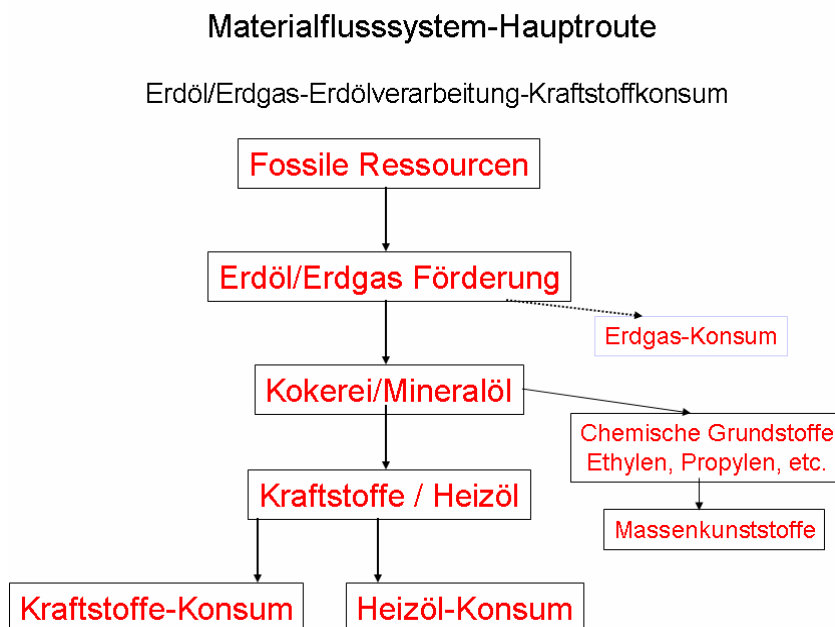
---

<sup>17</sup> Das Minderungspotenzial entspricht ungefähr 18 Mio. t/a CO<sub>2</sub>-Äquivalente, d. h. 1,8 % der deutschen Gesamtemissionen im Jahr 2002 (ohne zusätzliche erhebliche Einsparungen durch verminderten Kraftstoffverbrauch).

## 3.2 Materialflusssystem Erdöl/Erdgas-Erdölverarbeitung-Kraftstoffkonsum

Das Materialflusssystem Erdöl/Erdgas-Erdölverarbeitung-Kraftstoffkonsum (vgl. Abbildung 3.2) umfasst mit der Mineralölverarbeitung und dem wichtigen Seitenzweig der Kunststoffherstellung zwei Schlüsselsektoren der deutschen Wirtschaft.

Abbildung 3.2 Materialflusssystem Erdöl/Erdgas-Erdölverarbeitung-Kraftstoffkonsum



### 3.2.1 Mineralölindustrie

Am Gesamtenergieverbrauch in Deutschland nimmt der Sektor der Mineralölindustrie (Verbrauch und Verlust zur Verarbeitung, nicht Feedstock der Produkte) mit 320 PJ/a etwas über 2 % ein. Bei den Treibhausgasemissionen ist mit einem Anteil zwischen 2 und 3 %, bei den SO<sub>2</sub>-Emissionen sogar von knapp 9 % auszugehen.

Der Bestand der Anlagentechnik in den Raffinerien in Deutschland entstammt in vielen Kernelementen noch den 60er Jahren, wobei sukzessive in Einzelkomponenten Erneuerungen und damit auch Optimierungen erreicht worden sind. Dennoch sind die technisch möglichen **Potenziale** an Effizienzsteigerung und Emissionsminderung bei weitem nicht ausgeschöpft. Die größten Energieeinspar- und damit auch CO<sub>2</sub>-Minderungspotenziale liegen in den Prozessfeuerungs- und den Kesselanlagen, die zusammen um die 70 % des Gesamtverbrauchs der Raffinerien ausmachen. Ältere Anlagen weisen thermische Wirkungsgrade im Bereich zwischen 80 und 85 % auf. Bei neuen Techniken mit optimierter Wärmeführung sind Werte bis zu 93 % möglich. Dies ist an den wenigen Neuanlagen bereits umgesetzt. Überschlä-

gig sind bezogen auf den gesamten Anlagenbestand in Deutschland rund 5 bis 10 Prozentpunkte Minderung des Gesamtenergieverbrauchs (minus 16–32 PJ/a)<sup>18</sup> auf diesem Wege technisch erreichbar. Eine weitere Minderung kann z. B. durch gekoppelte Strom- und Dampferzeugung erzielt werden. Die **Handlungsoption** besteht hier demnach in der energetischen Ertüchtigung der Altanlagen in Richtung der Standards von modernen Raffinerien.

Weitaus höhere Minderungspotenziale liegen derzeit noch bei den SO<sub>2</sub>-Emissionen. Dazu wäre eine vollständige Erneuerung der Raffinerieanlagen nicht zwingend erforderlich, sondern die Nachrüstung entsprechender Abgasreinigungsanlagen oder eine noch weiter gehende Reduktion des schweren Heizöls als Raffineriebrennstoff. Während die kohlebefeueten Großkraftwerke durch die flächendeckende Umsetzung der 13. BImSchV bereits in den 90er Jahren eine erhebliche Reduktion erzielen konnten, sind die Raffinerief Feuerungsanlagen als Altanlagen, als Anlagen von häufig kleinerer Dimension (unter 50 MW oder 50 bis 300 MW) oder als Spezialanlagen (katalytischer Cracker, Claus-Anlagen) von schärferen Grenzwerten wenig betroffen. Mit einer bei Kraftwerken üblichen „End-of-the-pipe-Lösung“ könnten die SO<sub>2</sub>-Emissionen fallweise um bis zu 90 % gesenkt werden. Hochgerechnet auf den Anlagenpark wäre damit eine Minderung von rund 50 % (ca. minus 25.000 t/a) realisierbar. Dies käme etwa 5 % der gesamten SO<sub>2</sub>-Emissionen in Deutschland gleich. Dieses Ziel kann durch Minderung des schwefelreichen schweren Heizöls als Brennstoff weiter unterstützt werden. Die **Handlungsoption** liegt neben der beschriebenen Installation von Abgasreinigungsanlagen folglich zusätzlich in der optimierten Wahl des eingesetzten Brennstoffs.

### 3.2.2 Kunststoffindustrie

Die deutsche Kunststoffindustrie spielt mit einem Produktionsvolumen von 17,5 Mio. t im Jahr 2004 (Weltmarktanteil 7,8 %) und mit einer aktuellen Steigerungsrate von 4,2 % gegenüber dem Vorjahr ebenfalls eine bedeutende Rolle unter den Wirtschaftssektoren. Weiterhin wird auch in Zukunft von steigenden Produktionsmengen ausgegangen. Die Kunststoffindustrie ist gleichzeitig als Abnehmer des Zwischenprodukts Naphtha einer der wichtigsten Kunden der Mineralölwirtschaft. Hohe ökologische Potenziale im Bereich Kunststoffe bestehen auf der Produktionsseite vor allem in der vor gelagerten Mineralölverarbeitung (vgl. oben). Bei den Kunststoffen selbst ist die Erschließung noch erheblicher weiterer Verwertungspotenziale (auf bis zu 80 % der anfallenden Mengen; vorläufige Schätzung Öko-Institut) aktuell und in den kommenden Jahren zentrale Herausforderung. So betrug der Verwertungsanteil (werkstoffliche, rohstoffliche und energetische Verwertung) bezogen auf die angefallene Menge bei Kunststoffen lediglich 58,4 % im Jahr 2003. Hierbei ist zu betonen, dass der Inlandsverbrauch im Jahr 2003 mit 8,9 Mio. t das gesamte inländische Abfallaufkommen an Kunststoffen im gleichen Jahr mit rund

<sup>18</sup> Dies entspricht ca. 1,2 bis 2,4 Mio. t/a CO<sub>2</sub>-Äquivalenten.



4 Mio. t deutlich übertroffen hat. Dies bedeutet, dass auch bei den Kunststoffen ein Lageraufbau in der Technosphäre (in Gebäuden, Fahrzeugen, Möbeln, Elektronikprodukten etc.) stattfindet und damit zukünftig mit deutlich steigenden Anfallsmengen zu rechnen ist. Das heißt, dass ein Anstieg der Verwertungsquote auf 80 % nach heutigen Anfallsmengen gut 1 Mio. t/a zusätzlich verwertete Kunststoffe bedeutet, jedoch in einer langfristigen Perspektive bis 2020 (langjähriger erheblicher Lageraufbau, welcher eines Tages wiederum zu deutlich steigenden Anfallsmengen führen muss) ein **Potenzial** von bis zu 5 Mio. t/a zusätzliche Verwertungsmengen.

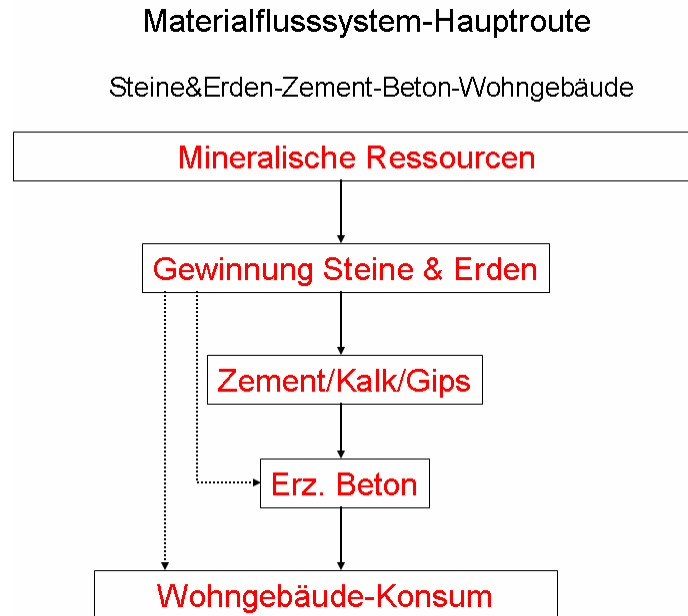
Damit ist die zentrale **Handlungsoption** in diesem Bereich für die nächsten Jahre die deutliche Steigerung der realen Verwertungsmengen für Kunststoffe. Welche Art der Verwertung dabei verfolgt wird (werkstofflich oder energetisch), hängt von den einzelnen Kunststoffen, ihren Einsatzgebieten, der realisierten bzw. realisierbaren Logistik und nicht zuletzt von den entsprechenden Abnehmern ab. Die Mobilisierung und ökologisch möglichst vorteilhafte Verwertung der Kunststoffe aus den mittel- und langlebigen Anwendungen (vgl. weiter unten z. B. Wohngebäude) ist eine Zukunftsaufgabe und wird zudem durch eine Reihe von zentralen gesetzlichen Regelungen (Verbot der Ablagerung von entsprechenden unbehandelten Abfällen seit Juni 2005) und deren Folgen (gestiegene Attraktivität der Materialseparierung und Verwertung durch Verteuerung der Entsorgung) wesentlich unterstützt. Von besonderer Bedeutung für optimale Verwertungserfolge ist nicht zuletzt der sensible Umgang mit Problemstoffen, die in Teilen der Altkunststoffmengen (z. B. Schwermetalle) vorkommen, und ihre umweltgerechte Separierung und Ausschleusung aus den Materialkreisläufen.

### 3.3 Materialflusssystem Steine&Erden-Zement-Beton-Wohngebäude

Das Materialflusssystem Steine&Erden-Zement-Beton-Wohngebäude (vgl. Abbildung 3.3) umfasst auf der Produktionsseite im Kern die wichtige Grundstoffproduktion der Zementherstellung und den direkt anschließenden Hauptabnehmerbereich der Betonindustrie. Auf der Nachfrageseite nimmt der Wohngebäudebereich trotz der bekannten Rückgänge der Neubauaktivitäten seit Mitte der neunziger Jahre weiterhin eine führende Rolle ein. Der Wohngebäudesektor ist weiterhin sehr relevant für die Produkte anderer Industriebereiche wie der Kunststoffindustrie, der Glasindustrie, der Ziegelindustrie etc.



Abbildung 3.3 Materialflusssystem Steine&Erden-Zement-Beton-Wohngebäude



### 3.3.1 Zementindustrie

Im Jahr 2004 erreichte die deutsche Zementindustrie bei einem Rohstoffeinsatz (Kalk, Mergel, Kreide etc.) von 51,7 Mio. t, davon rund 6,5 Mio. t Sekundärrohstoffe (Hüttensand, REA-Gips, Flugasche etc.), einen Zementabsatz (inkl. Klinkerexport) von 33,4 Mio. t. Die Produktion jeder Tonne Zement in Deutschland war im gleichen Jahr mit rund 0,675 t CO<sub>2</sub> verbunden, davon sind 60 % rohstoffbedingte Emissionen. Seit den fünfziger Jahren ist der spezifische Brennstoffeinsatz in der Zementproduktion in Deutschland um über die Hälfte reduziert worden. Weitere Reduzierungen sind durch weitere Anlagenertüchtigungen noch möglich, aber eher in moderatem Umfang, da thermodynamische Grenzen des Prozesses „Klinkerbrennen“ bestehen. Der Einsatz von Sekundärbrennstoffen ist in den letzten zehn Jahren bereits auf 42,2 % Prozent Anteil mehr als vervierfacht worden. Interessante Perspektiven für die Zementindustrie bieten sich innerhalb des Sekundärbrennstoffspektrums durch den Einsatz von Reststoffen aus nachwachsenden Rohstoffen. Bereits heute wird Altholz in der Zementindustrie eingesetzt. Die Selbstverpflichtung der Deutschen Zementindustrie (vom 9. Nov. 2000) sieht bis zum Zeitraum 2008/2012 eine Minderung der energiebedingten (brennstoffbedingt und elektrisch bedingt) spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen um 28 % bezogen auf 1990 vor (entspricht bei Realisierung einem angenommenen **Potenzial** zur Minderung der Emissionen von ca. 2 Mio. t/a). Seit 01.01.2005 ist weiterhin das Emissionshandelssystem installiert: Alle Unternehmen in Deutschland, die Zementklinker produzieren, sind davon betroffen. Neben der Reduzierung des Energieeinsatzes bzw. der CO<sub>2</sub>-Emissionen

bestehen in der deutschen Zementindustrie vor allem noch Reduktionspotenziale bei der Reduzierung von Stickoxidemissionen (Nachrüstung von Altanlagen: vorsichtige Schätzung des branchenweiten Minderungspotenzials: ca. 10–20 %, d. h. ca. minus 4.000 bis 8.000 t/a<sup>19</sup> gegenüber 2004) und bei der Minimierung des Ausstrags von Spurenelementen wie Quecksilber. Die **Handlungsoptionen** in der Zementindustrie liegen somit in der weiteren Erhöhung der Energieeffizienz im Anlagenbestand und der weiteren Forcierung des Einsatzes von Sekundärbrennstoffen sowie der Nachrüstung einer Reihe von Altanlagen mit SNCR-Technik.

### 3.3.2 Betonherstellung

Bei der Betonherstellung werden durch den verbreiteten Einsatz von Hüttsand und Steinkohlenflugasche Rohstoffe und Energie bereits in nennenswertem Umfang eingespart. Weitere **Potenziale** zur Rohstoffeinsparung werden durch den Einsatz von hochwertigem Betonrezyklat als Kiesersatz für die Neubetonherstellung erwartet. Ausgehend von den in der Fachliteratur für das Jahr 2010 als maximal mögliche Menge eingeschätzten 16 Mio. t, bedeutet dies ein Einsparpotenzial von absolut rund 10 % unter Veranschlagung der aktuellen Betonproduktion. Die **Handlungsoptionen** liegen hierfür vor allem in der Förderung und stärkeren Etablierung von Betonrecycling in hochwertigen Anwendungen (Zuschlag für Neubeton). Unterstützt wird diese Handlungsoption durch Optimierung des selektiven Rückbaus von Wohn-, aber vor allem auch von Nichtwohngebäuden, um die für das hochwertige Betonrecycling notwendigen guten Qualitäten (Minimierung von Störstoffen wie Gips etc.) sicherzustellen.

### 3.3.3 Wohngebäude

Die Bedeutung des Wohngebäudebereichs (Neubau, Bestand und Rückbau) für die Fortentwicklung der Kreislaufwirtschaft zu einer nachhaltigen Stoffstrom- und Ressourcenpolitik wird als sehr hoch eingeschätzt. Unabhängig von der Tatsache, dass allein die Beheizung der Wohngebäude einen erheblichen Anteil an den nationalen Treibhausgasemissionen hat (180 Mio. t CO<sub>2</sub> inkl. Vorketten, davon ca. 97 % inländische Emissionen), ist der Bereich Wohngebäude aus ökologischer Sicht im Sinne der Ressourceninanspruchnahme, der Emission von Treibhausgasen und anderen Kriterien von überragender Bedeutung. Im Jahr 2000 sind allein mit dem Neubau und der Instandhaltung/Modernisierung von Wohngebäuden 33 Mio. t CO<sub>2</sub> verbunden (vor allem Herstellung von Zement/Beton, Ziegeln, Kalksandstein, Porenbeton, Stahl). 150 Mio. t mineralische Rohstoffe wurden für die Wohngebäude in Anspruch genommen (ohne Infrastruktur wie Wohnstraßen). Dagegen fielen nach Berechnungen des Öko-Instituts im Jahr 2000 rund 33 Mio. t Bauschutt an (davon lediglich

---

<sup>19</sup> Das Minderungspotenzial entspricht ca. 0,25 bis 0,5 % der deutschen Gesamtemissionen.

5 Mio. t durch Abriss, 28 Mio. t durch Instandhaltung etc.).<sup>20</sup> Dies zeigt deutlich, dass der Materialinput in den Wohngebäudebereich den Output aktuell um fast den Faktor 5 übersteigt. Szenariorechnungen (Referenzentwicklung) bis zum Jahr 2025 weisen demnach einen Anstieg des Materiallagers Wohngebäudebestand von 10,5 Mrd. t (2000) um fast 20 % auf 12,6 Mrd. t (2025) auf. Der Wohngebäudebestand wächst in diesem Zeitraum um rund 5,5 Mio. Einheiten.

Im Wohngebäudebereich ergeben sich in erster Linie große **Potenziale** durch die nachhaltige Aufwertung der Gebäudebestände. Durch ambitionierte energetische Sanierung, die technisch realisierbar ist und eine Reihe weiterer wichtiger Maßnahmen bestehen erhebliche Minderungspotenziale bis zum Jahr 2025:

- Reduzierung CO<sub>2</sub>-Emissionen um 52 % (ca. 110 Mio. t/a)<sup>21</sup> bis 2025,
- Reduzierung der Inanspruchnahme mineralischer Rohstoffe von 150 Mio. t auf rund 70 Mio. t (ca. minus 80 Mio. t, d. h. 50 %) bis 2025 (nur Gebäude),
- Reduzierung des Flächenverbrauchs bis 2025 von 31 ha/d auf 5 ha/d<sup>22</sup> trotz deutlicher Zunahme der Wohnfläche,
- Minimierung der Freisetzung von Problemstoffen (z. B. Schwermetalle, mineralische Fasern) bei Umbau und Rückbau.

Eine wichtige mittel- und langfristige **Handlungsoption** ist die forcierte energetische Sanierung großer Teile der Wohnungsbestände. Damit einher gehe die Verlängerung der Gebäudelebensdauer durch umfassende Sanierungen, die Zusammenlegung von Wohnungen, die Verringerung von Leerständen und damit die Beschränkung des Neubaufolumens auf den Bedarf zur Schonung der mineralischen Rohstoffe von großer Bedeutung. Weiterhin sind eine forcierte Erschließung der Innenentwicklungspotenziale (z. B. auf Brachflächen) und eine angemessene Nachverdichtung wichtige Handlungsoptionen zur Reduzierung der Flächeninanspruchnahme. Eine weitere wichtige Handlungsoption ist die Nutzung des stetig wachsenden Materiallagers des Gebäudebestandes durch gezielten und möglichst selektiven Rückbau. Damit könnten zukünftig große zusätzliche Materialfraktionen (Beton, Stahl, Kunststoffe, Altholz etc.) in Produktionsprozesse als Sekundärmaterial eingespeist werden. Wichtig ist hierbei eine größere Transparenz über Problem- und Schadstoffe (Schwermetalle, Asbest etc.), deren Abtrennung bei Rückbau und Ausschleusung aus den Materialkreisläufen aus Gründen der Risikominimierung und Ressourcenschonung unabdingbar sind. In diesem Zusammenhang ist die Problematik der bis zum Jahr 2000 erfolgten überwiegenden Verwendung von Dämmstoffen aus dem Bereich der künstlichen Mineralfasern (KMF) mit hohem Kanzerogenitätsindex, d. h. von Dämmstoffen, die nicht dem Standard KI 40-KMF entsprachen,

---

<sup>20</sup> Bauschutt durch Neubauaktivitäten wurde in dieser Berechnung vernachlässigt. In der Baupraxis – vor allem im eher kleinteiligen Wohnungsbau – werden Bauschuttreste beim Neubau z. T. mit Baustellenabfällen entsorgt.

<sup>21</sup> Das Minderungspotenzial entspricht ca. 13 % der deutschen Gesamtemissionen.

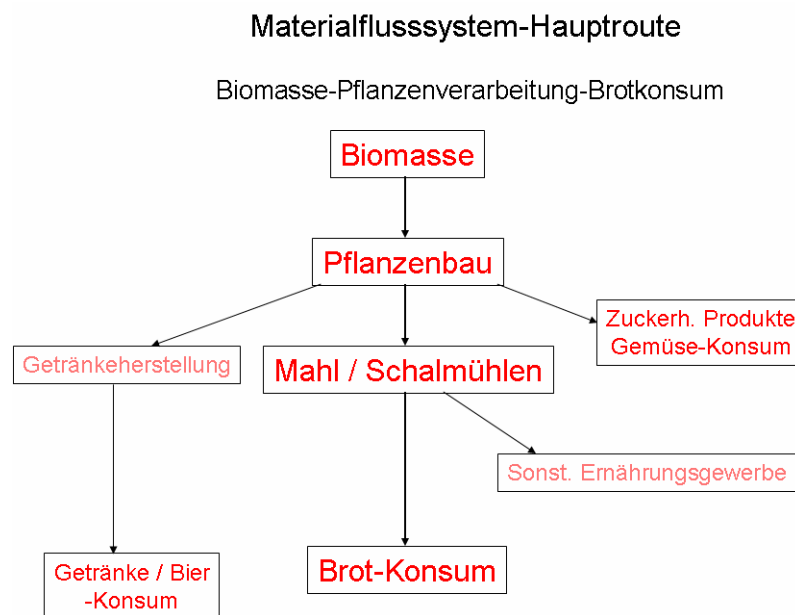
<sup>22</sup> Dies entspricht einer Reduzierung von 113 qkm je Jahr auf 18,25 qkm je Jahr.

von Bedeutung. Hier ist in den nächsten Jahrzehnten ein hohes Risikopotenzial im Falle unangemessener Abbruchverfahren (Abrissbirne etc.) beim Gebäuderückbau zu besorgen.<sup>23</sup>

### 3.4 Materialflusssysteme Biomasse-Pflanzenverarbeitung-Brotkonsum sowie Biomasse-Tierfutter-Tierhaltung-Fleischkonsum

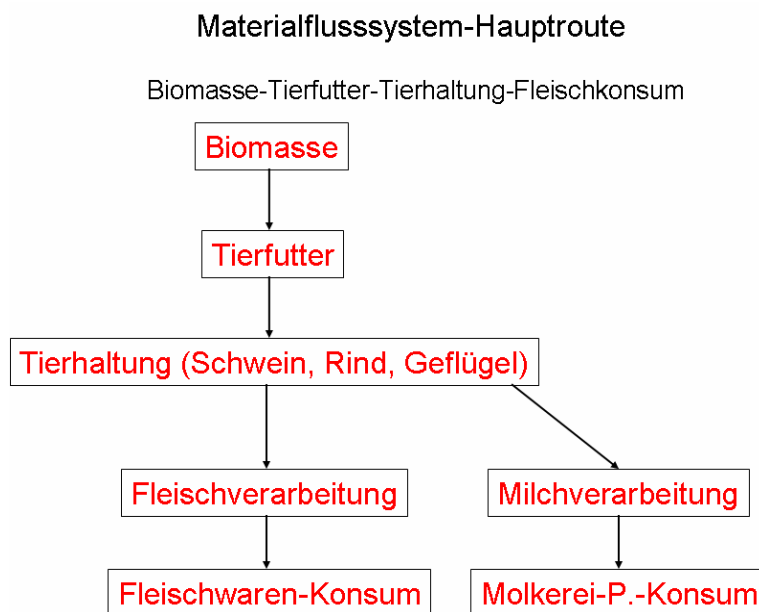
Auf die beiden Materialflusssysteme Biomasse-Pflanzenverarbeitung-Brotkonsum (vgl. Abbildung 3.4) sowie Biomasse-Tierfutter-Tierhaltung-Fleischkonsum (vgl. Abbildung 3.5) wird hier gemeinsam eingegangen, da sich sowohl im Bereich der Potenziale als auch der Handlungsoptionen starke Überschneidungen finden.

Abbildung 3.4 Materialflusssystem Biomasse-Pflanzenverarbeitung-Brotkonsum



<sup>23</sup> Die Problematik wird durch die Tatsache, dass auch nach dem Jahr 2000 ein illegaler Einbau von nicht mehr zugelassenen Dämmstoffen nicht vollständig ausgeschlossen werden kann, verschärft. Weiterhin ist im Falle von Abbruch- und Sanierungsmaßnahmen das (meist weit zurückliegende) Einbaudatum der Dämmstoffe nicht bekannt oder zumindest unsicher.

Abbildung 3.5 Materialflusssystem Biomasse-Tierfutter-Tierhaltung-Fleischkonsum



Auf der Produktionsseite ist die Produktion sowohl der pflanzlichen Nahrungsmittel als auch die Fleischproduktion sowie die Produktion von Molkereiprodukten aus der Tierhaltung mit einem hohen Maß an Treibhausgasemissionen und Nährstoffeintrag (Stickstoff, Phosphor in Grund- und Fließgewässer) verbunden. Die Kette der Tierhaltung zeichnet sich dabei durch die Emission großer Mengen Ammoniak (95 % der Ammoniakemissionen in Deutschland stammen aus der Landwirtschaft und dabei vor allem aus der Schweine- und Geflügelhaltung) und nicht energiebedingter Treibhausgase wie Methan und Distickstoffoxid (Lachgas) aus. Die Methanemissionen aus der Tierhaltung (95 % durch Rinder) sind zwischen 1990 und 2002 merklich von 1,63 Mio. t auf 1,28 Mio. t und die weiteren Methanemissionen im Zusammenhang mit der Ausbringung von Wirtschaftsdünger von 1,61 Mio. t (1990) auf 1,31 Mio. t (2002) gesunken. Ebenso sank im gleichen Zeitraum die Emission von Lachgas von 14,4 auf 9,8 Mio. t. Die Ursachen hierfür sind nicht zuletzt in einer deutlich erhöhten Produktivität im Milchviehbereich zu suchen.

Ebenso steigen die Hektarerträge, also die Produktivität im Pflanzenbau, weiter an, mit einer Rate von 1–2 % jährlich. Bei unterstelltem gleich bleibendem Produktionsniveau bedeutet dies eine erhebliche Freisetzung landwirtschaftlicher Flächen in den nächsten Jahren. Weitere Flächen werden durch den Rückgang der Bedeutung der Grünlandbewirtschaftung freigesetzt. Insgesamt kann bis zum Jahr 2030 mit bis zu 30 % Flächenfreisetzung (ca. 5,73 Mio. ha) gerechnet werden. Dies ermöglicht einerseits neue Flächenspielräume für den Naturschutz, aber auch den Anbau von nachwachsenden Rohstoffen für energetische und stoffliche Nutzungen. Andererseits muss davon ausgegangen werden, dass durch den verstärkten Import von Futtermitteln wie Soja weitere Stickstoffmengen über den Wirtschaftsdünger in die Umweltmedien (Boden, Wasser etc.) gelangen.

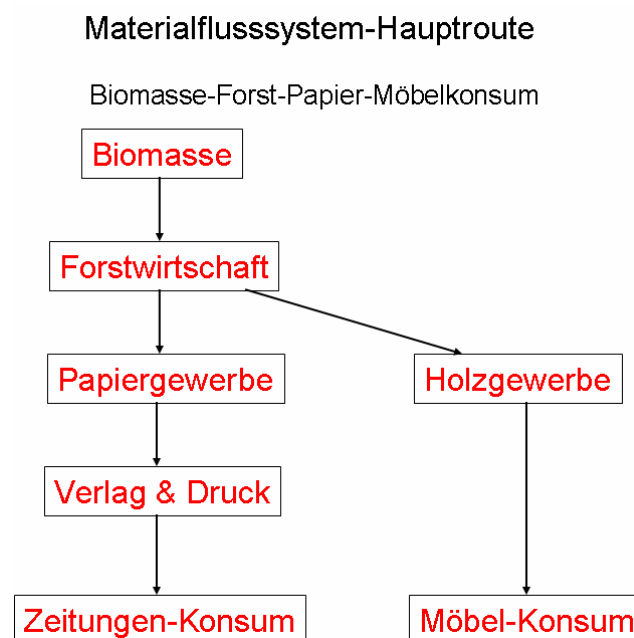
Bezüglich des Stickstoffüberschusses je Hektar ergaben sich zwar zuletzt leichte Verbesserungen (105 kg/ha in 2002 gegenüber 114 kg/ha zwischen 1996–2000), für das von der Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung angestrebte Ziel von 80 kg/ha bis 2010 müssen jedoch noch erhebliche Anstrengungen unternommen werden. Das zu erschließende **Minderungspotenzial** bis 2010 beträgt absolut rund 650.000 t Stickstoff im Jahr. Hinsichtlich der Ammoniakemissionen schätzen Experten ein Minderungspotenzial von 20–30 % (ca. 90.000–140.000 t/a)<sup>24</sup> ein.

Als **Handlungsoption** ist die Minderung des Düngemiteleinsatzes zur Reduzierung des Stickstoffüberschusses zu nennen. Eine optimierte Gülleapplikation (Zeitpunkt und Art des Gülleeintrags auf die Böden) und verbesserte technische Maßnahmen (z. B. Kombilösungen Wäscher/Biofilter) können die erheblichen Ammoniakemissionen als Folge der Massentierhaltung verringern. Weiterhin bestehen wichtige Handlungsoptionen bzgl. der Flächenfreisetzungen in der notwendigen Begleitung des Umstrukturierungsprozesses im Hinblick auf Umwelt- und Naturschutz.

### 3.5 Materialflusssystem Biomasse-Forst-Papier-Möbelkonsum

Das Materialflusssystem Biomasse-Forst-Papier-Möbelkonsum (vgl. Abbildung 3.6) adressiert die Papier- und Zellstoffherstellung sowie den Möbelkonsum.

Abbildung 3.6 Materialflusssystem Biomasse-Forst-Papier-Möbelkonsum



<sup>24</sup> Das Minderungspotenzial entspricht 15 bis 24 % der gesamten nationalen Ammoniakemissionen.

### 3.5.1 Papierherstellung

Für die Papier- und Zellstoffherstellung in Deutschland und Nordeuropa sind keine bedeutenden Minderungspotenziale bezüglich wichtiger Umweltparameter auszumachen. Das gilt nicht für die Papier- und Zellstoffherstellung außerhalb Europas. Da hierzu keine direkten Eingriffsmöglichkeiten bestehen, kann nur über das Konsumentenverhalten darauf Einfluss genommen werden. Die Herstellung und Verwendung von Produkten aus Altpapier ist mit einem deutlich geringeren Energieverbrauch und den damit einhergehenden Emissionen verbunden. Doch ist gerade der Ersatz von holzhaltigen Papieren durch Altpapier aufgrund der hohen Recyclingquote einerseits und der gewünschten Qualität der Produkte (z. B. Reißfestigkeit, Weißegrad) andererseits in einem Grenzbereich angelangt und könnte nur mit Akzeptanz der gewerblichen Kunden und Verbraucher weiter gesteigert werden.

Bei einem Einsatz von ca. 12 Mio. t an Altpapier im Vergleich zu einer Produktion bzw. einem Verbrauch von 18 Mio. t bzw. 18,5 Mio. t in der Summe aller Papierarten (Zahlen für 2002) ist insbesondere darauf zu achten, diese hohe Einsatzquote zu sichern. Die mögliche Verwendung von wasserlöslichen Druckfarben und anderen Einsatz- und Hilfsstoffen in der Papierkette könnte die Recyclingfähigkeit beeinträchtigen und damit den Altpapiereinsatz reduzieren. Oder die wieder gestiegenen Ansprüche an den Weißegrad eines Papiers drängen entweder den Altpapiereinsatz zurück oder führen zu einer verstärkten Bleiche von altpapierhaltigen Produkten, was wiederum mit vermehrten Umweltlasten verbunden ist. Daneben gibt es einzelne Themenfelder wie die Emissionen von Komplexbildnern oder anderen sehr spezifischen Schadstoffen aus der Papierherstellung im Abwasser, denen im Sinne einer Stoffstrompolitik Beachtung geschenkt werden sollte. Sie sind jedoch nicht ohne weiteres quantitativ und qualitativ zu bewerten und bedürfen einer vertiefenden Untersuchung im Einzelfall.

Eine wesentliche Bedeutung im Bereich der Papierherstellung hat die Herkunft des eigentlichen Rohstoffes Holz. Der in Deutschland verwendete Menge an Papier entsprechen ungefähr 50 Mio. t an Holz-Frischmasse. Damit ist die Papierindustrie ein wichtiger Verwender des Rohstoffes Holz. Die Art der Bewirtschaftung des Waldes in Deutschland und noch viel mehr in den Wäldern der Holzherkunft für deutsches Papier ist ein umweltbezogenes wichtiges Thema, das allerdings nur schwer quantifizierbar ist. Hier sei nicht zuletzt auf Holz aus zertifizierten Beständen, z. B. mit dem FSC-Label, hingewiesen (allerdings gibt es auch FSC-Labels für Plantagenholz). Die Steigerung des Anteils des Holzeinsatzes aus zertifizierten Beständen stellt ein wichtiges **Potenzial** (Erhalt der Biodiversität etc.) für die Zukunft dar.<sup>25</sup>

In der Gesamtheit sind die **Handlungsoptionen** für den Bereich Papier zumindest momentan stark auf der Konsumentenseite angesiedelt, sowohl bei gewerblichen

---

<sup>25</sup> Probleme gab es hier in den Sägewerken: Die Papierproduktion nimmt viele Sägereste auf, die angeblich noch nicht in FSC oder anderen Zertifizierungen getrennt werden können. FSC hat deshalb seine Chain of Custody novelliert.



Kunden als auch beim Verbraucher selbst.<sup>26</sup> Eine gesteuerte Nachfragepolitik könnte die umweltseitig positiv erkannten Entwicklungen wie naturnahe Holzwirtschaft, hoher Altpapiereinsatz und emissionsarme Produktion eindeutig stärken. Das Umweltlabel „Blauer Engel“, das für die Aufrechterhaltung des Einsatzes von Recyclingfasern eine wichtige Rolle spielt, könnte entsprechend den oben aufgeführten Erkenntnissen bzgl. Frischfasern weiterentwickelt werden. Durch die Berücksichtigung der Anforderungen des FSC-Labels bzgl. Frischfasern nähme der Blaue Engel sowohl für Papier aus Primärfasern als auch aus Sekundärfasern eine wichtige Rolle ein.<sup>27</sup>

### 3.5.2 Möbelkonsum

Der Bereich des Möbelkonsums ist unter Gesichtspunkten der Materialströme und der damit verbundenen Umweltbelastungen von mittlerer Bedeutung.

Für die Möbelproduktion in Deutschland werden aktuell 9,6 Mio. m<sup>3</sup> an Holzfertigwaren (dies entspricht 6,5 Mio. t lufttrocken) eingesetzt. Bezogen auf die Gewichtsmenge bleiben 66,4 % in Möbelprodukten aus Holz gespeichert, die restlichen 33,6 % fallen als Reststoffe an. Hinzu kommen weitere Materialien wie Metalle. Für die EU werden als jährliche Anfallmengen 4,6 Mio. t Holz, 0,9 Mio. t Metall, 0,45 Mio. t Kunststoffe sowie weitere 0,3 Mio. t PUR-Schäume als Hauptfraktionen aus Altmöbeln genannt.

Die Zahlen für Deutschland lassen die Schätzung zu, dass das jährliche Lager an Möbeln im Wohn- und Bürogebäudebereich in Deutschland allein jährlich um ca. 4,8 Mio. t wächst. Diese Einschätzung ist gut vereinbar mit der weiterhin deutlich wachsenden Wohnfläche in Deutschland, die nicht zuletzt (zusammen mit den Nebenflächen) den Aufnahmerraum für Möbel in der Technosphäre darstellt.

Damit zeigt sich mittel- und langfristig ebenfalls ein steigendes **Potenzial** aus dem Materiallager „Altmöbel“ im Sinne einer nachhaltigen Ressourcenschutzpolitik. Die **Handlungsoption** ist hier in einer verstärkt auf Materiale separation und nachfolgende Verwertung (stoffliche oder energetische Altholzverwertung, Metall- und Kunststoffverwertung etc.) setzenden Behandlung von Altmöbeln zu suchen. Aufgrund der gesetzlichen Rahmenbedingungen (TA Siedlungsabfall etc.) und der hohen Entsorgungskosten trennen einige Gebietskörperschaften den anfallenden Sperrmüll (und damit auch die Altmöbel) bereits weitgehend. Da kein flächendeckender Überblick über die Effekte dieser lokalen Aktivitäten vorliegt, kann das genaue noch zu erschließende Potenzial noch nicht quantifiziert werden. Ungeachtet dessen ist die

---

<sup>26</sup> So kann der Absatz von Recyclingpapieren (z. B. im Hygienebereich, aber auch bei Schulheften) noch gesteigert werden.

<sup>27</sup> Details und die Möglichkeiten der klaren Kommunikation einer entsprechenden Weiterentwicklung des Blauen Engels bedürfen zunächst noch vertiefter und sorgfältiger Abstimmung mit den beteiligten Fachleuten des UBA.



flächendeckende Trennung eine Handlungsoption, um das zukünftig steigende Potenzial an Sekundärrohstoffen aus Altmöbeln noch besser verwerten zu können.

## **4. Übersicht zu Potenzialen und Handlungsoptionen**

In Tabelle 4.1 sind die wichtigen Potenziale und Handlungsoptionen zusammengefasst. Die Angaben sind in Kap. 3 und in der Langfassung des Endberichts näher beschrieben bzw. hergeleitet. Dazu finden sich dort weitere Daten, Details und die herangezogenen Quellen. Es ist zu beachten, dass ein Teil der in Tabelle 4.1 aufgeführten Zahlen zu Potenzialen mangels Quellen eigene technische Abschätzungen des Öko-Instituts bzw. des IFEU-Instituts darstellen (vgl. jeweils Hinweise und Quellenangaben in der Langfassung). Die dargestellten Potenziale dienen in erster Linie dazu, einen Eindruck von der Größenordnung der Potenziale und des jeweiligen Schwerpunkts (z. B. Schwefeldioxidemissionen) zu erhalten. Einerseits handelt es sich in der Regel zunächst um rein technische Potenziale, d. h. sie stellen für die genannten Zeiträume in der Regel anzustrebende Maximalgrößen dar. Andererseits bedarf es zur Konkretisierung der z. T. geschätzten Potenziale sowie der Handlungsoptionen vertiefender Untersuchungen für ausgewählte Schwerpunkte (siehe Kap. 5).

Tabelle 4.1 Übersicht Potenziale und Handlungsoptionen

| Bereich             | Potenzial   | Handlungsoption   |
|---------------------|---|---|
| Stahlherstellung    | <b>Reduktion Primärenergieverbrauch: 17 bzw. 27 % (128 bzw. 204 PJ/a entspricht ca. 10–15 Mio. t/a CO<sub>2</sub>-Äquivalenten) zwischen 2000 und 2030</b> , untere bzw. obere Variante (Erhöhung Elektrostahlanteil von 28,7 % auf 33 % bzw. 45 %) | Energieeinsparung durch Innovationen bei Elektrostahl- und Oxygenstahlherstellung, zusätzlich Erhöhung des Anteils der Elektrostahlproduktion durch forcierte Altschrotterfassung und -verwertung (Rückbau von Gebäuden etc.) |
| Stahlherstellung    | <b>Vermeidung der Deponierung von bis zu 350.000 t/a Gichtgasschlamm</b> , Verwertung vor allem von Eisen-, Blei-, und Zinkanteilen   | Schaffung geeigneter und ausreichender Verwertungskapazitäten für Gichtgasschlämme  |
| Fahrzeugbau         | <b>Minderung Fahrzeuggewicht: bis 40 % (ca. 3,4 Mio. t/a); damit Reduktion Primärenergieverbrauch: bis 40 % (318 PJ/a entspricht ca. 18 Mio. t/a CO<sub>2</sub>-Äquivalenten)</b> , zusätzlich Einsparung erheblicher Treibstoffmengen              | Fortgesetzte Forschung und Entwicklung von leichteren Bauteilen und Fahrzeugkonstruktionen sowie entsprechende Realisierung   |
| Mineralölindustrie  | <b>Minderung Gesamtenergieverbrauch: ca. 5–10 % (16–32 PJ/a entspricht ca. 1,2–2,4 Mio. t/a CO<sub>2</sub>-Äquivalenten)</b>  | Umfassende Ertüchtigung der vielen Altanlagen   |
| Mineralölindustrie  | <b>Minderung Schwefeldioxidemissionen: ca. 50 % (ca. 25.000 t/a)</b>  | Anlagenertüchtigung nach Vorbild Kraftwerkentschwefelung  |
| Kunststoffindustrie | <b>Steigerung Verwertung der anfallenden Kunststoffabfälle von 58,4 % bis auf 80 % (mind. 1 Mio. t/a, durch Dynamik langfristig 5 Mio. t/a zusätzlich)</b> , Basisjahr 2003: langfristig bis 2020, incl. energetischer Verwertung                   | Erhöhung der Verwertungsquoten vor allem aus mittel- und langlebigen Produkten (Fahrzeuge, Elektronikgeräte, Bauanwendungen): Minimierung Deponierung, bessere Erfassung etc.   |
| Zementindustrie     | <b>Minderung der spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen: 28 % (ca. 2 Mio. t/a)</b> zwischen 1990 und 2008-2012 nach Selbstverpflichtung   | Realisierung der Selbstverpflichtung durch weitere Optimierung der Energieeffizienz (Mahltechnik etc.) und verstärkten Einsatz von Sekundärbrennstoffen biogenen Ursprungs  |
| Zementindustrie     | <b>Minderung der NO<sub>x</sub>-Emissionen: 10–20 % (ca. 4.000–8.000 t/a)</b> mittelfristig gegenüber 2004  | Ausstattung der verbliebenen Altanlagen mit SNCR-Technik (selective non-catalytic reduction)  |

|                          |   |  |
|--------------------------|---|--|
| Betonherstellung         | <b>Rohstoffeinsparung: bis 10 % (bis 16 Mio. t/a)</b> ab ca. 2010   | Förderung und stärkere Etablierung von Betonrecycling in hochwertigen Anwendungen (Zuschlag für Neubeton)  |
| Wohngebäude              | <b>Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen: ca. 52 % (ca. 110 Mio. t/a)</b> zwischen 2000 und 2025  | Forcierte Sanierung des vielfach energetisch suboptimalen Wohngebäudebestandes (Hauptoption)   |
| Wohngebäude              | <b>Reduzierung Bedarf mineralischer Rohstoffe: ca. 50 % (ca. 80 Mio. t/a)</b> zwischen 2000 und 2025  | Verlängerung der Gebäudelebensdauer durch umfassende Sanierungen, Zusammenlegungen von Wohnungen, Verringerung von Leerständen, Beschränkung des Neubauvolumens auf Bedarf, forcierter selektiver Rückbau von ungenutzten Gebäuden |
| Wohngebäude              | <b>Reduzierung Flächeninanspruchnahme: von 31 ha/Tag auf 5 ha/Tag,</b> Nettowohnbauland und Erschließungsflächen  | Forcierte Erschließung der Innenentwicklungspotenziale (z. B. Brachflächen), angemessene Nachverdichtung   |
| Wohngebäude              | <b>Minimierung der Freisetzung von Problemstoffen (z. B. Schwermetalle, mineralische Fasern) bei Umbau und Rückbau</b>  | Forcierung und qualitative Verbesserung des selektiven Rückbaus und der getrennten Erfassung und Verwertung, Ausschleusung von Problem- und Störstoffen aus den Materialkreisläufen und deren sichere und schadlose Entsorgung     |
| Pflanzenbau, Tierhaltung | <b>Reduzierung Stickstoffüberschuss: um 30 % (ca. 650.000 t/a; von 114 auf 80 kg/ha)</b> bis 2010 ausgehend von 1996–2000   | Minderung des Düngemittleinsatzes und Optimierung der Ausbringung  |
| Tierhaltung              | <b>Reduzierung der Ammoniakemissionen: 20–30 % (ca. 90.000 bis 140.000 t/a)</b>   | Optimierung des Gülleapplikationsmanagements (vor allem Zeitpunkt und Art der Einarbeitung)  |
| Papierherstellung        | <b>Deutliche Steigerung des Holzeinsatzes aus zertifizierten Beständen und (konsumseitig) steigende Verwendung umweltfreundlicher Papiere, wichtiger Beitrag zur Biodiversität</b>                                    | Stärkere Verwendung von Holz aus naturnahem Anbau (FSC-Zertifikat) sowie Weiterentwicklung und Propagierung des Blauen Engels für Papier   |
| Möbelkonsum              | <b>Optimierte stoffliche und energetische Verwertung von Altmöbeln</b><br>Rohstoffpotenzial wächst in Zukunft durch Lageraufbau in Technosphäre (genauere Informationen und Daten bedürfen vertiefender Untersuchung) | Forcierte Separierung vor allem von Metallen (stoffliche Verwertung) und Holz (stoffliche Verwertung oder energetische Verwertung in Anlagen mit hohem Wirkungsgrad) aus Sperrmüll   |

## 5. Weiterer Untersuchungsbedarf und relevante Datenlücken

Durch dieses Projekt konnten mit Hilfe eines Materialstromansatzes besonders relevante Materialströme und die damit zusammenhängenden Produktionsprozesse, produzierten Güter bzw. Konsumgüter zeitnah und effizient identifiziert werden. Durch die auf diesem Weg erfolgte Prioritätensetzung ist eine wichtige Voraussetzung für eine Fortentwicklung der Kreislaufwirtschaft zu einer nachhaltigen Stoffstrom- und Ressourcenpolitik in Deutschland geschaffen worden. Da für die halbjährige Arbeit aus Kapazitätsgründen ausschließlich auf vorhandene Daten und Quellen zurückgegriffen werden sollte, ist die eigene Erhebung von Primärdaten (z. B. durch Interviews mit Fachleuten, Expertenworkshops etc.) weiteren vertiefenden Untersuchungen vorbehalten. Aus dem Projekt resultiert einerseits vertiefender Untersuchungsbedarf bezüglich der Erschließung wichtiger aufgezeigter Potenziale. Andererseits konnten auch einige relevante Daten- und Informationslücken identifiziert werden, die kurzfristig (d. h. in den nächsten ein bis zwei Jahren) geschlossen werden sollten.

### 5.1 Untersuchungsbedarf zur Erschließung relevanter Potenziale

Generell hat die Arbeit in mehreren Bereichen aufgezeigt, dass aus den wachsenden Materiallagern der Technosphäre zukünftig große Potenziale im Sinne der Ressourcenschonung und Energieeinsparung erschlossen werden können. Es wäre interessant, bestehende Regelungen auch allgemeiner Art, wie z. B. im Steuerrecht dahingehend zu untersuchen, ob es Regelungen gibt, die einen großen positiven (z. B. LKW-Maut) oder negativen Einfluss (z. B. hohe steuerliche Belastung des Faktors Arbeit im Vergleich zum Faktor Ressourcen) auf ein nachhaltiges Materialmanagement haben und welches Ausmaß hierzu jeweils von Experten eingeschätzt wird.

#### 5.1.1 Materialflusssystem Eisenerz-Stahl-Fahrzeugbau-PKW-Konsum

Für den Bereich der Stahlindustrie sind vertiefende Untersuchungen hinsichtlich der notwendigen Bedingungen für eine nachhaltige Erhöhung der Energieeffizienz sowie der Ressourcenschonung durch Stärkung des Altschrotteinsatzes in der Stahlindustrie (Elektrostahlroute) wichtig, um das große Umweltentlastungspotenzial zu realisieren (vgl. Kap. 4). Im Bereich der Stahlindustrie wäre daher eine umfassende und detaillierte Potenzialermittlung in allen – überwiegend mittel- bis langlebigen – Anwendungsbereichen (Altfahrzeuge, Wohngebäude, Nichtwohngebäude, Schieneninfrastruktur, Maschinen etc.) sehr wichtig, um bzgl. der Entwicklung des Altschrottpotenzials zu besser detaillierten Szenarien bzw. Prognosen zu gelangen. Diese für staatliche und privatwirtschaftliche Akteure gleichermaßen wichtigen Informationen sind wiederum essentielle Voraussetzung hinsichtlich der Konkretisierung der notwendigen Rahmenbedingungen für eine optimale Steigerung des Sekundärrohstoffeinsatzes in der Zukunft.

Im Fahrzeugbau ist die Untersuchung der bisherigen und zukünftig zu erwartenden Effekte durch die Entwicklung und den Einsatz Gewicht sparender Bauteile (Treibstoffeinsparung) eine Aufgabe von dauerhafter Relevanz. Gegenläufige Effekte (Steigerung des Fahrzeuggewichts durch größere, leistungsstärkere PKW sowie neue „Extras“, die z. T.

anderen Zielen (z. B. Erhöhung der Sicherheit) dienen, sind hier zu berücksichtigen. Lebenszyklusanalysen, die u. a. geeignet sind, ggf. kontraproduktive Entwicklungen (z. B. Einsatz extrem energieaufwendig herzustellender Bauteile) frühzeitig aufzuzeigen, sind hierfür heranzuziehen. Im Bereich der Altfahrzeuge sollten kurzfristig die Ergebnisse bzgl. des Monitorings zu den Verwertungsquoten (Frühjahr 2006) ausgewertet und die Entwicklung bzgl. der Fortschritte bei den Verwertungsverfahren zur Behandlung der Shredderleichtfraktion (z. B. VWSicon) zeitnah verfolgt werden.

### **5.1.2 Materialflusssystem Erdöl/Erdgas-Erdölverarbeitung-Kraftstoffkonsum**

Auf der Seite der Produktionsprozesse in diesem Materialflusssystem sind vor allem vertiefende Untersuchungen bzgl. der technischen Möglichkeiten und geeigneten Maßnahmen zur deutlichen Reduzierung der Schwefeldioxidemissionen in der Mineralölverarbeitung notwendig. Hinsichtlich der Forcierung der Kunststoffverwertung vor allem aus mittel- und langlebigen (z. B. Elektronikanwendungen) und langlebigen Anwendungen (Hoch- und Tiefbau, Fahrzeuge etc.) ist – vergleichbar mit Stahl – eine genauere Kenntnis des Kunststoffinventars in den Materiallagern notwendig. Neben den Informationen zu Mengen stehen Fragen des Inventars von Problemstoffen (z. B. Schwermetalle) und des optimalen selektiven Rückbaus im Vordergrund (vgl. Anmerkungen zum Untersuchungsbedarf im Bereich Wohngebäude).

### **5.1.3 Materialflusssystem Steine&Erden-Zement-Beton-Wohngebäude**

Für den Bereich der Zementindustrie ist ein detaillierter aktueller Überblick über die technischen Möglichkeiten und geeigneten Maßnahmen zur deutlichen Reduzierung der Staub- und Stickoxidemissionen (Ertüchtigung von Altanlagen etc.) für vertiefende Untersuchungen von Interesse.<sup>28</sup> Eine explizite Untersuchung des aktuellen ökologischen Standes der Deutschen Zementindustrie vor dem Hintergrund des BAT (Dez. 2001) und der Selbstverpflichtung der Deutschen Zementindustrie sowie im Hinblick auf Erschließung noch weiterer Potenziale wäre ein wichtiger eigener Forschungsgegenstand. Neben Maßnahmen zur Reduzierung des Energieverbrauchs und der CO<sub>2</sub>-Emissionen (u. a. max. Potenzial von Sekundärbrennstoffen) sollten Detailuntersuchungen hinsichtlich der Minimierung des Austrags von Spurenelementen (Einfluss des Spektrums an Brennstoffen bzw. Sekundärbrennstoffen etc.) im Mittelpunkt eines Statusberichts stehen.

Untersuchungsbedarf besteht weiterhin vor allem hinsichtlich geeigneter Maßnahmen und Initiativen zur entscheidenden Verbesserung bei der Praxis des Rückbaus von Gebäuden, da hier die gegenwärtigen Rahmenbedingungen nicht ausreichend sind. Nicht zuletzt aufgrund zahlreicher im Materiallager enthaltener Problemstoffe (z. B. Asbest, Schwermetalle) bzw. Störstoffe (z. B. Gips bzgl. Betonrecycling, Dämmstoffe aus Fasermaterial etc.), die das erfolgreiche hochwertige Recycling in der Praxis erschweren oder gar verhindern, sollten Wege für eine aus ökologischer Sicht optimale Materialtrennung durch

---

<sup>28</sup> Hinsichtlich der angesprochenen Themen bzgl. der Zementindustrie hat das Umweltbundesamt bereits entsprechende Untersuchungen vorgesehen.

selektiven Rückbau gefunden werden, die Aspekten der Praxistauglichkeit (Aufwand, Kosten, Bagatellgrenzen etc.) gleichermaßen Rechnung trägt. Eine entsprechende Untersuchung sollte ergebnisoffen alle denkbaren Kategorien von Maßnahmen (Anpassung des Ordnungsrechts, kommunikative Maßnahmen, freiwillige Maßnahmen wie Selbstverpflichtung von Verbänden etc.) im Hinblick auf ihre Effizienz und Praxisnähe zur zukünftigen verbesserten Erschließung der Potenziale umfassen.

Weiterhin ist hinsichtlich möglicher Maßnahmen zur zukünftig besseren Aktivierung des Materiallagers aus dauerhaft ungenutzten Gebäuden (Dauerleerstände bei Bürogebäuden, Fabrikhallen, Wohnblöcken etc.) eine Untersuchung zu bestehenden Hemmnissen sehr wichtig, incl. der Entwicklung konkreter Vorschläge zu ihrer Überwindung. In diesem Zusammenhang ist nicht zuletzt der umfassende Komplex der Subventionen und steuerlichen Rahmenbedingungen zu nennen. Die gegenwärtige im Hinblick auf Wirkungen bzgl. Ressourcenschonung kontraproduktive Ausgestaltung der Grunderwerbssteuer ist hierfür ein wichtiges Beispiel.

#### **5.1.4 Materialflusssysteme Biomasse-Pflanzenverarbeitung-Brotkonsum sowie Biomasse-Tierfutter-Tierhaltung-Fleischkonsum**

Im Bereich der Landwirtschaft bedarf es in erster Linie umfassender Untersuchungen hinsichtlich der Frage, in welcher Weise mit den Flächenfreisetzungen, die in den nächsten zwanzig Jahren durch die Produktivitätssteigerungen der Landwirtschaft zu erwarten sind, im Sinne der Nachhaltigkeit optimal umzugehen ist (z. B. Flächen für Naturschutz, für stoffliche oder energetische Nutzung von Biomasse). Weiterhin sind Untersuchungen dazu wichtig, auf welche Weise, mit welchen Mitteln und mit welchen Erfolgsaussichten die weiterhin hohen Ammoniakemissionen aus dem Bereich der Landwirtschaft deutlich reduziert werden können. Diese Untersuchung sollte ein breites Spektrum von möglichen Optionen (z. B. technische Emissionsminderungen in der Massentierhaltung, Art und Weise der Gülleaufbringung etc.) umfassen.

#### **5.1.5 Materialflusssystem Biomasse-Forst-Papier-Möbelkonsum**

Für eine verbesserte Erschließung der Potenziale des Materiallagers aus Altmöbeln ist eine Untersuchung hinsichtlich der besten bzw. effizientesten Praxis in Deutschland Ziel führend. Da Altmöbel in der Regel über den Sperrmüll oder kommunale Bauhöfe entsorgt werden und hier die Details in der Praxis von Gebietskörperschaft zu Gebietskörperschaft unterschiedlich sind, ist eine Eruiierung von Best-Practice-Strategien interessant (z. B. optimale Erfassung- und Verwertungsergebnisse für Metallanteile, Holzanteile etc.). Die nachfolgende deutschlandweite Kommunikation entsprechender Erkenntnisse zu vorbildlichen Verwertungsstrategien im Bereich Altmöbel/Sperrmüll ist auch angesichts zumindest regional feststellbarer Engpässe bei den Entsorgungskapazitäten (Stichwort: Zwischenlager) von Bedeutung.

## 5.2 Schließung wichtiger Datenlücken

Im Zusammenhang mit der Frage von Datenlücken ist unbedingt auf den aus Ressourcengesichtspunkten sehr interessanten Bereich des Materiallagers der Nichtwohngebäude (hohe Anteile an Metallen, Beton etc.) hinzuweisen. Hier ist – im Vergleich mit den Wohngebäuden – ein erheblich geringerer Kenntnisstand hinsichtlich der materialscharfen Quantitäten und ihrer möglichen Mobilisierungszeiträume und -raten festzustellen. Es wird daher empfohlen, diese eminenten Datenlücken durch eine eigene vertiefende Untersuchung zu schließen.

Erhebliche Datenlücken wurden ebenfalls im Bereich der Elektro- und Elektronikprodukte und der damit verbundenen Ressourcenpotenziale festgestellt. Hier wäre ebenfalls ein deutlich besserer Wissenstand für eine Einschätzung der Potenziale und der Handlungsoptionen wünschenswert. Aufgrund der besonderen Komplexität und Dynamik in diesem Bereich (rasche Veränderung von Modellen und technologischen Eigenschaften der Produkte, Vielfalt z. T. „exotischer“, jedoch aus Ressourcengesichtspunkten wichtiger Metalle etc.) wird hier der Untersuchungsaufwand – vorbehaltlich einer notwendigen detaillierten Beschreibung – im Vergleich zur oben genannten Schließung der Datenlücken bzgl. der Nichtwohngebäude als umfassender eingeschätzt.