

Ressourcennutzung in Österreich

Bericht 2011



Impressum:

Medieninhaber und Herausgeber:

BMLFUW – Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (Lebensministerium)
Stubenring 1, 1012 Wien

BMWFJ – Bundesministerium für Wirtschaft, Familie und Jugend
Stubenring 1, 1012 Wien

Fachliche Koordination:

BMLFUW – Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft
Abteilung Nachhaltige Entwicklung und Umweltförderpolitik (Abt. II/3) – Christopher Manstein, Wolfram Tertschnig
Abteilung Umweltökonomie und Energie (Abt. V/10) – Martina Schuster, Caroline Vogl-Lang
Mitwirkung: Umweltbundesamt GmbH – Dagmar Hutter

BMWFJ – Bundesministerium für Wirtschaft, Familie und Jugend
Abteilung Roh- und Grundstoffpolitik (Abt. IV/7)
Robert Holnsteiner, Leopold Weber

AutorInnen:

Institut für Soziale Ökologie, Nina Eisenmenger, Anke Schaffartzik, Fridolin Krausmann
STATISTIK AUSTRIA, Eva Milota

Lektorat:

Hubert Reisinger, Alexandra Aichinger, Marina Fischer-Kowalski

Gestaltung:

Gerda Palmetshofer

Erscheinungsjahr:

2011

Auflage:

1.300 Stück

Druck:

öko-Druck, Stoob

ISBN 978-3-901074-27-1

Wien, Juli 2011

Copyright:

© BMLFUW – Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft
(Lebensministerium), BMWFJ – Bundesministerium für Wirtschaft, Familie und Jugend, 2011

Alle Rechte vorbehalten.

Unter Angabe der Quelle ist eine Verwendung zulässig.

Zitiervorschlag:

Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Bundesministerium für Wirtschaft, Familie und Jugend (Hrsg.): Ressourcennutzung in Österreich – Bericht 2011, Wien.

Bilder: © istockphotos, © dreamstime.

Ressourcennutzung in Österreich

Bericht 2011

Inhalt

Vorwort	3
Zusammenfassung	4
Einleitung	5
Wichtige Begrifflichkeiten	7
1 Natürliche Ressourcen – Basis unserer Gesellschaft	8
2 Ressourcennutzung in Österreich	18
3 Ein Blick auf die vier Materialgruppen	30
Biomasse	33
Fossile Energieträger	37
Metalle	41
Nicht-Metallische Mineralstoffe	45
Baurohstoffe	46
Industriemineralien	49
4 Ressourcennutzung und wirtschaftliche Entwicklung	50
5 Szenarien für die Zukunft	56
Literatur	63
Anhang	67
1 – Materialflussanalyse – Konzept, Methode, Datengrundlage ...	67
2 – Glossar	71
3 – Materialflüsse in Zahlen – Datentabellen	74

Vorwort

Die vorliegende Publikation beschreibt mit aktuellen Zahlen und Analysen den österreichischen Verbrauch natürlicher Ressourcen. Dabei wurde erstmals eine neue Erhebungsmethodik bei den Baurohstoffen verwendet.

Die Datenerhebungen im Bereich der Baurohstoffe können in Österreich nicht alle relevanten Unternehmen erfassen, da z. B. kleinere Betriebe von der Meldepflicht befreit sind und die Erhebungen in einigen Fällen auch freiwillig erfolgen. Die dadurch entstehenden Datenlücken werden von den statistischen Ämtern vorsichtig und unter Vermeidung von Doppelzählungen zugeschätzt.

Im Zuge der Projektarbeiten zur vorliegenden Publikation «Ressourcennutzung in Österreich» ist es gelungen, die Methode dieser Datenzuschätzung weiter zu entwickeln und entscheidend zu verbessern. Ergebnis ist eine fundierte Abschätzung eines Großteils der nicht-meldepflichtigen Daten und somit eine stark verbesserte Datengrundlage des Zahlenmaterials im Bereich der Mineralstoffe bzw. Baurohstoffe. Die statistischen Zahlen zur Ressourcennutzung konnten unter Anwendung der weiter entwickelten Methode für die Jahre 1995–2008 korrigiert werden. Österreich nimmt durch diese statistische Innovation auf europäischer Ebene eine Voreiterrolle ein.

Die nunmehr sehr hohe Qualität der Erfassung macht aber auch deutlich, dass der Ressourcenverbrauch in Österreich insgesamt deutlich höher ist als bisher angenommen.

Es kann davon ausgegangen werden, dass die bisherige Untererfassung eines Teils der Baurohstoffe auch in anderen europäischen Ländern sowie international zu beobachten ist und die statistische Berichterstattung bisher nur ein unvollständiges Bild wiedergibt. Dies muss insbesondere bei Ländervergleichen beachtet werden. Der österreichische Ressourcenverbrauch erscheint daher jetzt im internationalen Vergleich sehr hoch. Hier spielen Faktoren wie Bevölkerungsdichte, Bruttoinlandsprodukt oder auch klimatische Bedingungen eine wichtige Rolle, aber eben auch die sehr weit entwickelte österreichische Methodik zur statistischen Erfassung der Baurohstoffe. Ein Vergleich der Daten wird im Zeitablauf (Zeitreihen) nützlich und aussagekräftig sein.

Die Publikation belegt, dass die Bemühungen zur Verbesserung der Ressourceneffizienz in Österreich in den letzten 50 Jahren erfolgreich waren und die Effizienz immerhin um einen Faktor 2,5 gesteigert werden konnte. Trotz der beträchtlichen Effizienzgewinne befindet sich der Ressourcenverbrauch in Österreich wie auch in anderen europäischen Ländern unbestreitbar auf zu hohem Niveau, das Ziel einer absoluten Reduktion des Ressourcenverbrauches konnte nicht erreicht werden. Hier ist die Umweltpolitik gefordert, neben der Effizienzsteigerung auch die absolute Reduktion des Verbrauches an Ressourcen in den Fokus zu nehmen. Österreich wird mit dem Ressourceneffizienz Aktionsplan (REAP), der für das zweite Halbjahr 2011 erwartet wird, einen weiteren wichtigen Beitrag dazu leisten.

Zusammenfassung

Der sparsame und effiziente Umgang mit natürlichen Ressourcen gilt als eine der Schlüsselstrategien für eine nachhaltige Entwicklung unserer Wirtschaft und Gesellschaft. Doch wie ist es um die «Ressourcennutzung in Österreich» bestellt? Der gleichnamige Bericht geht dieser Frage anhand der neuesten Daten der Materialflussrechnung nach.

Der österreichische Ressourcenverbrauch ist zwischen 1960 und 2008 von insgesamt 114 auf 197 Millionen Tonnen jährlich angestiegen, das sind im Jahr 2008 24 Tonnen pro Kopf und Jahr oder 66 kg pro Person und Tag. In der Deckung des heimischen Bedarfs spielt die Inlandsentnahme, die im Bergbau und der Land- und Forstwirtschaft betrieben wird, die wichtigste Rolle. Importe jedoch gewinnen zunehmend an Bedeutung: 2008 wurden 88 Millionen Tonnen Ressourcen importiert, das ist soviel wie die Hälfte der gesamten Inlandsentnahme. Besonders angewiesen ist Österreich auf Importe fossiler Energieträger und Waren aus metallischen Rohstoffen. Die Exportflüsse waren 2008 mit 60 Millionen Tonnen kleiner, spielen aber wirtschaftlich eine wesentliche Rolle, da es sich größtenteils um höher verarbeitete Güter handelt, die hohe Preise erzielen.

Die (auch international) zunehmenden Handelsaktivitäten ergeben sich daraus, dass die Produktionsprozesse immer stärker ausdifferenziert, d. h. in viele Produktionsschritte zerlegt werden, die sich über viele Staaten verteilen. Vor allem hochindustrialisierte Länder wie Österreich spezialisieren sich in der internationalen Arbeitsteilung üblicherweise auf die Produktion im höher verarbeitenden Bereich, wodurch materialintensive Produktionsschritte ausgelagert werden. Eine Abschätzung für das Jahr 2005 zeigt, dass für die Deckung des österreichischen Ressourcenverbrauches pro Jahr zusätzlich 35 Millionen Tonnen Ressourcen im Ausland als Vorleistungen genutzt werden. Wenn alle im Inland und Ausland genutzten Ressourcen berücksichtigt werden, erhöht sich der Ressourcenverbrauch 2008 auf 30 Tonnen pro Kopf und Jahr oder 80 kg pro Person und Tag.

Doch welche Ressourcen nutzt Österreich in der wirtschaftlichen Produktion und im Konsum?

22% des österreichischen Ressourcenverbrauches entfielen 2008 auf Biomasse. Diese Ressourcen sind einerseits unverzichtbare Grundlage der menschlichen Ernährung und andererseits wichtige Rohstoffe

(vorwiegend Holz) in der industriellen Produktion. Die enge Verbindung der Biomasseproduktion mit Art und vor allem Intensität der Landnutzung verlangt einen sorgsamsten Umgang, um Bodendegradation und Verlusten von Biodiversität vorzubeugen. Die für die Energieversorgung essentiellen fossilen Energieträger machen 12% des Ressourcenverbrauchs aus. Ihre Nutzung trägt erheblich zum Klimawandel bei. Knappheiten zeigen immer öfter deutliche Auswirkungen auf internationale Preise. Metalle sind wichtiger Bestandteil vieler Infrastrukturanlagen, Maschinen und Konsumgüter. Mit 4% haben sie den geringsten Anteil am Ressourcenverbrauch, sind aber im Hinblick auf Umweltauswirkungen vor allem wegen des hohen Material- und Energieaufwandes, mit dem ihr Abbau und ihre Veredelung verbunden sind, von Interesse. Bei den fossilen Energieträgern und den Metallen ist Österreich stark von Importen abhängig. Fragen der Versorgungssicherheit werden in diesem Zusammenhang immer dringlicher. Den größten Anteil am Ressourcenverbrauch machen die nicht-metallischen Mineralien mit 62% aus. Dabei handelt es sich vor allem um Baurohstoffe, deren flächenintensive Nutzung stark an das Wirtschaftswachstum gekoppelt ist. Die Verfügbarkeit dieser «Massenrohstoffe» wurde lange Zeit als unproblematisch eingestuft, jedoch verursachen Flächennutzungskonflikte zunehmend Engpässe bei der Bereitstellung dieser Rohstoffe.

Insgesamt ist der österreichische Ressourcenverbrauch in den letzten 50 Jahren um den Faktor 1,7 gestiegen. Gleichzeitig jedoch konnte die Ressourceneffizienz um den Faktor 2,5 verbessert werden, also mit einer Tonne Ressourcen 2,5 mal mehr Wirtschaftsleistung erzielt werden. Dies war möglich, weil der Ressourcenverbrauch zwar gestiegen ist (+73%), die Wirtschaft mit ihrer Wachstumsrate aber deutlich darüber lag (+325%). Diese Entwicklung, die Österreich mit den meisten anderen Industrieländern teilt, wirft die Frage auf, wie eine Wirtschaft aussehen könnte, die nicht auf einen steigenden Ressourcenverbrauch angewiesen ist. Wohlstand und Lebensqualität verbunden mit einem rücksichtsvollen Umgang mit der Natur und ihren natürlichen Ressourcen sollten in den Mittelpunkt rücken. Daraus ergeben sich große Herausforderungen, die gleichzeitig enorme Chancen für Österreichs Umwelt, Wirtschaft und Gesellschaft bedeuten können.

Einleitung

Natürliche Ressourcen, das sind Energierohstoffe, Metalle, nicht-metallische Mineralstoffe, Biomasse, Wasser und Luft, bilden eine wichtige Grundlage für unser Leben auf diesem Planeten. Alltäglich benötigte, in unserer Gesellschaft unverzichtbare Güter bauen auf Rohstoffen auf, die durch Bergbau und Landwirtschaft bereitgestellt werden. Mineralische Rohstoffe sind im Gegensatz zu den agrarischen nur in Jahrmillionen erneuerbar. Wenngleich kurz- bis mittelfristig eine physische Verknappung sehr unwahrscheinlich ist, sind künstlich herbeigeführte Knappheiten bereits spürbar (Engpässe in der Verfügbarkeit am Markt, Preissteigerungen etc.). Jede Unterbrechung der Rohstoffversorgung kann schwerwiegende Auswirkungen nach sich ziehen (Produktionsausfälle, Auswirkungen auf Finanzmärkte etc.). Andererseits stellt der wachsende Ressourcenverbrauch eine große Belastung für die Umwelt dar, mit deren negativen Folgen wir in vielfacher Hinsicht konfrontiert sind. Ressourcen dürfen daher nicht auf Kosten kommender Generationen verschwendet werden. Der sparsame und effiziente Umgang mit natürlichen Ressourcen gilt als eine der Schlüsselstrategien für eine nachhaltige Entwicklung unserer Umwelt, Wirtschaft und Gesellschaft.

Die Europäische Kommission hat das Thema Ressourcenschonung als eine von sieben Leitinitiativen innerhalb der **Strategie Europa 2020** dargestellt (Europäische Kommission 2010). Die «Strategie Europa 2020» ist das Herzstück der Politik Europas zur Wachstumsförderung und Arbeitsmarktbelebung und hat die Unterstützung des Europäischen Parlaments und des Europäischen Rates. Intelligentes, nachhaltiges und integratives Wachstum sind die Kernziele der Strategie. Im Januar 2011 hat die Kommission im Rahmen einer Ratsmitteilung (Europäische Kommission 2011b) die sogenannte Leitinitiative **Ein ressourceneffizientes Europa** gestartet. Sie bildet den strategischen Rahmen für die nachhaltigere Nutzung von natürlichen Ressourcen und die Umstellung auf ein ressourcenschonendes Wachstum in Europa. Mittels einer «Roadmap» soll die Initiative mit entsprechenden Empfehlungen auch für nationale Umsetzungen konkretisiert werden. Ressourceneffizienz steht also im Mittelpunkt der EU-Politik.

Auch die österreichische Bundesregierung bekennt sich zu einem effizienten und sparsamen Umgang mit natürlichen Ressourcen. Sie hat in ihrem Regierungsprogramm beschlossen, den Themenbereich Umwelt- und Ressourcenschonung mit der Wirtschaft im Rahmen eines nationalen Aktionsplans zu diskutieren. Unter Leitung des österreichischen Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (Lebensministerium) wird daher seit Anfang 2010 der **Österreichische Ressourceneffizienz Aktionsplan (REAP)** entwickelt, der im zweiten Halbjahr 2011 fertig gestellt werden soll. In einem Dialog-Prozess mit Verwaltung, Wirtschaft, Wissenschaft und Zivilgesellschaft werden Ziele zur Forcierung der Ressourceneffizienz in Österreich definiert und geeignete Leitmaßnahmen und Leitinstrumente zu ihrer Erreichung entwickelt.

Ressourceneffizienz ist auch eine der drei Säulen des **Österreichischen Rohstoffplans**¹ des Bundesministeriums für Wirtschaft, Familie und Jugend (Wirtschaftsministerium). Die Mitteilung der Europäischen Kommission **Grundstoffmärkte und Rohstoffe: Herausforderungen und Lösungsansätze** (Europäische Kommission 2011a) bildet den europäischen Rahmen, in den die österreichische Rohstoffstrategie inhaltlich gut eingepasst ist. Ein wichtiges Thema in der Rohstoffstrategie ist die wohldurchdachte Vorgehensweise bei der Wiedernutzbarmachung von Rohstoffen aus «urbanen» Lagerstätten. Das Wirtschaftsministerium misst diesen Rohstoffen einen hohen Stellenwert zu, welcher der Bereitstellung von Rohstoffen aus primären Lagerstätten gleichkommt.

Die vorliegende Publikation **Ressourcennutzung in Österreich – Bericht 2011** steht in engem Zusammenhang mit der Strategie Europa 2020. Sie präsentiert die neuesten Daten und Erkenntnisse aus den Bereichen Ressourcennutzung und Ressourceneffizienz in Österreich und bildet damit eine wichtige Grundlage sowohl für den österreichischen Ressourceneffizienz Aktionsplan (REAP) als auch für den österreichischen Rohstoffplan. Das Lebensministerium und das Wirtschaftsministerium haben die vorliegende Publikation gemeinsam initiiert und das

¹ Die anderen beiden Säulen sind: raumordnerische Sicherung heimischer Lagerstätten und Unterstützung heimischen Betriebe für Auslandsbeteiligungen zum Zweck der Rohstoffsicherung (Internationalisierungsinitiative).

Institut für Soziale Ökologie (Alpen-Adria Universität, Klagenfurt, Wien, Graz) sowie die Statistik Austria mit der Erarbeitung beauftragt (Projektzeitraum Juli 2010–April 2011).

Im Rahmen des Projektes **Verbesserung der statistischen Daten im Bereich natürlicher Ressourcen** (siehe Seite 16) wurde die nationale, statistische Erfassung von Ressourcendaten in Form von Materialflüssen weiter optimiert und auf ein höchst mögliches Niveau gehoben. Schon seit vielen Jahren wird in Österreich an der Implementierung und methodischen Weiterentwicklung der Erfassung umweltrelevanter Materialflüsse gearbeitet. Das Instrument, das dabei zum Einsatz kommt, ist die sogenannte **Materialflussrechnung (MFA)**. Als ein Modul der österreichischen Umweltgesamtrechnungen (Lebensministerium et al. 2011a) wird sie jährlich im Rahmen der offiziellen Statistik veröffentlicht. Diese EU-weit akkordierte Berechnungsmethode ermöglicht eine vergleichbare Darstellung des Ressourceneinsatzes und der Ressourceneffizienz und hat in den letzten Jahren international stark an Bedeutung gewonnen. Die in der vorliegenden Publikation dargestellten Verbesserungen der Datengrundlage im Bereich der Messung von Ressourcenverbrauch tragen wesentlich dazu bei, die schon bestehende hohe Datenqualität in Österreich noch weiter zu verbessern und ganzheitliche Analysen bezüglich der Ressourceneffizienz der österreichischen Wirtschaft, vor allem auch im zeitlichen Verlauf, durchführen zu können.²

Ziel dieser Publikation Ressourcennutzung in Österreich – Bericht 2011 ist es einerseits, einen konkreten Einblick in die Verwendung und den Bezug der in Österreich verwendeten natürlichen Ressourcen zu geben, andererseits die verbesserte Methodik und Datenlage im Bereich der Materialflussanalyse, im Speziellen der Baurohstoffe, darzustellen. Diese Publikation richtet sich an Unternehmen sowie Stakeholder aus Politik, Verwaltung, Wissenschaft und der Fachwelt.

Aufbau und Inhalt der Publikation

Im Kapitel **Natürliche Ressourcen – Basis unserer Gesellschaft** wird beschrieben, wie viel wir von welchen Ressourcen brauchen bzw. in der Vergangen-

heit gebraucht haben, und welche Auswirkungen die gesellschaftliche Nutzung auf die Umwelt hat. Es wird definiert, was unter Ressourcen zu verstehen ist, und wie Ressourcennutzung als Austausch zwischen der Gesellschaft und der Natur organisiert ist. Das Kapitel endet mit einer kurzen Beschreibung der Materialflussanalyse. Im Kapitel **Ressourcennutzung in Österreich** werden Muster und Trends anhand von Ergebnissen der Materialflussanalyse vorgestellt. Dies umfasst die Ressourcenentnahme und den Ressourcenverbrauch entlang von vier Materialgruppen. Weiters werden die Importe und Exporte im Speziellen diskutiert sowie Österreichs Importabhängigkeit und die Rolle von Ressourcenaufwendungen in der Produktion von Handelsgütern beschrieben. Das Kapitel schließt mit einem Vergleich der Europäischen Länder in Bezug auf ihren Materialverbrauch. Im folgenden Kapitel **Ein Blick auf die vier Materialgruppen** (die vier Gruppen sind Biomasse, fossile Energieträger, Metalle, und nicht-metallische Mineralstoffe) werden die Materialflussdaten im Detail betrachtet. Die einzelnen Kapitel widmen sich der spezifischen Funktion der betreffenden Ressource für die ökonomische Produktion und das gesellschaftliche Leben sowie gesellschaftspolitischen Fragestellungen, die sich daraus ergeben. Im Kapitel **Ressourcenverbrauch und wirtschaftliche Entwicklung** wird dann der Frage nachgegangen, ob in Österreich eine Entkoppelung von Ressourcenverbrauch und Wirtschaftswachstum zu beobachten ist. Das Schlusskapitel **Szenarien für die Zukunft** stellt schließlich sieben Szenarien vor, die den Ressourcenverbrauch und die Ressourceneffizienz bis 2020 und teilweise bis 2050 abschätzen. Im Anschluss an den Hauptteil folgen **drei Anhänge**: Anhang 1 beschreibt Details zu Konzept, Methode und Datengrundlage der Materialflussanalyse. Anhang 2 beinhaltet ein Glossar und Anhang 3 stellt umfangreiche Datentabellen zu den Ergebnissen der österreichischen Materialflussanalyse bereit.

Das österreichische Lebensministerium und das österreichische Wirtschaftsministerium beabsichtigen, die vorliegende Publikation «Ressourcennutzung in Österreich – Bericht 2011» auch in kommenden Jahren gemeinsam fortzuschreiben, zu aktualisieren und mit neuen Schwerpunktthemen in den Bereichen Ressourceneffizienz und Rohstoffsicherheit zu ergänzen.

² Die Analysen in dieser Publikation basieren unter anderem auf wissenschaftlichen Erkenntnissen aus dem FWF geförderten Projekt «GLOMETRA – global metabolic transition» P21012-G11.

Wichtige Begrifflichkeiten

Zu Beginn sollen den LeserInnen einige wichtige Begriffe kurz erläutert werden, die für das Verständnis dieser Publikation hilfreich sind. Weitere Erläuterungen finden sich auch an den jeweiligen Stellen im Text bzw. im Glossar (Anhang 2).

Als natürliche **Ressourcen** werden in dieser Publikation Rohstoffe zur stofflichen oder energetischen Nutzung (auch als «Materialien» und «Energieträger» bezeichnet), sowie Wasser, Luft und Land verstanden. Diese Ressourcen werden für die gesellschaftliche Nutzung in Anspruch genommen oder finden Eingang in die gesellschaftliche Verwendung. In der empirischen Analyse fokussiert diese Publikation auf **stoffliche Ressourcen**, also auf Materialien wie Biomasse, fossile Energieträger, metallische und nicht-metallische Mineralstoffe sowie daraus abgeleitete Produkte, die gehandelt werden.

Der Begriff **Rohstoffe** wird in dieser Publikation für alle Ressourcen verwendet, die aus der Natur entnommen werden. Rohstoffe sind in diesem Verständnis unbearbeitete natürliche Ressourcen. Der Begriff Rohstoff kann sich also auf Materialien, Energieträger, Wasser oder Luft beziehen, nicht aber auf Land, das als solches nicht entnommen wird.

Der Begriff **Materialien** wird in dieser Publikation immer dann verwendet, wenn die stoffliche Perspektive von Ressourcen angesprochen ist und die betreffende Aussage nicht generell für alle Ressourcen getroffen werden kann.

Materialien werden als **Materialflüsse** in Tonnen pro Jahr dargestellt und nach vier Hauptgruppen aufgliedert:

Biomasse bezeichnet sämtliche organische Substanz, das sind lebende Pflanzen, Tiere, Mikroorganismen und auch tote organische Substanz (Totholz, Laub, Stroh etc.). Biomasse wird vielfach als erneuerbarer oder nachwachsender Rohstoff bezeichnet. Die aus Biomasse entstandenen fossilen Energieträger werden nicht dazu gerechnet.

Fossile Energieträger sind mineralische Stoffe, die über Jahrmillionen in der Erdkruste aus pflanzlichen oder tierischen Überresten entstanden sind und vorwiegend für die Energiegewinnung verwendet werden.

Zu den **Metallen** zählen mineralische Materialien von Erzen bis bearbeitete Metalle. Die Rohstoffwissenschaften definieren Erze als mineralische Materialien, aus denen mit wirtschaftlichem Nutzen Metalle gewonnen werden können.

Die Gruppe der **nicht-metallischen Mineralstoffe** umfasst Baurohstoffe und Industriemineralien.

Baurohstoffe sind mineralische Rohstoffe, wie zum Beispiel Sand und Kies, die in großen Mengen für Bauzwecke benötigt werden.

Industriemineralien sind mineralische Rohstoffe, die auf Grund ihrer chemischen oder physikalischen Eigenschaften direkt in einem Produktionsvorgang eingesetzt werden können. Nicht zu den Industriemineralien werden die Erze, Baurohstoffe bzw. Energierohstoffe gezählt.

1

Natürliche Ressourcen Basis unserer Gesellschaft

ein/e ÖsterreicherIn verbraucht ...³

66 kg Material pro Tag
470 MJ Energie pro Tag
240 l Wasser pro Tag
0,95 ha Fläche pro Jahr

Tabelle 1: Ressourcenverbrauch eines/einer ÖsterreicherIn
 Quelle: Statistik Austria 2011d, Statistik Austria 2011c, Lebensministerium 2011, Erb et al., 2001

Natürliche Ressourcen sind eine essenzielle Grundlage unseres gesellschaftlichen Lebens. Wir essen und trinken, benutzen verschiedenste Verkehrsmittel, sitzen im Büro am Schreibtisch und arbeiten am Computer oder betreiben Landwirtschaft. Wir wohnen in beheizten Räumen und fahren in den Wäldern Rad, wir benutzen Sporthallen für unser Fitnesstraining und vieles andere mehr. Bei jeder unserer Aktivitäten nutzen wir in der einen oder anderen Weise Materialien oder Wasser, wir verbrauchen Energie und benutzen Landflächen. Im Jahr 2008 nutzte jede/r ÖsterreicherIn im Durchschnitt pro Tag 66 Kilogramm an Materialien (Statistik Austria 2011d), und 470 Mega Joule an Energie (Statistik Austria 2011c) (das entspricht dem Energiegehalt von ungefähr 11 Litern Öl). Zusätzlich nutzte ein/e ÖsterreicherIn täglich 240 Liter Wasser (Lebensministerium 2011) und nahm für die Bereitstellung aller konsumierten Ressourcen und Dienstleistungen knapp einen Hektar Fläche (Erb et al. 2001) pro Jahr in Anspruch (das entspricht der Fläche eines Fußballfeldes). Allgemein wird von den natürlichen Ressourcen nur ein kleiner Teil (5–8 kg pro Tag) von den KonsumentInnen direkt genutzt. Der Großteil der Ressourcen (fast 90%) wird in Produktionsprozessen oder für den Aufbau und den Betrieb von Infrastrukturen (Straßen, Gebäude, Kommunikation) verbraucht. Bei Produkten und Gütern wird dieser indirekte Ressourcenverbrauch als «Ökologischer Rucksack» bezeichnet (Schmidt-Bleek 1994).

Der Ressourcenverbrauch lag nicht immer auf dem sehr hohen Niveau von heute, sondern hat sich im Lauf der Entwicklungsgeschichte des Menschen

kontinuierlich gesteigert. Noch um 1800 lag der durchschnittliche Ressourcenverbrauch pro Mensch und Tag in Europa bei etwa 8–15 kg Material und 150 Mega Joule Energie (Krausmann et al. 2008). In modernen Industriegesellschaften liegen diese Werte um das Vier- bis Achtfache höher.

Vor allem seit dem Beginn des 20. Jahrhunderts ist der Verbrauch an natürlichen Ressourcen rasant gewachsen. Heute werden global etwa 60 Milliarden Tonnen Material pro Jahr genutzt (Krausmann et al. 2009), fast neunmal mehr als noch im Jahr 1900. Nach den beiden Weltkriegen trieb die Industrialisierung in weiten Teilen der Welt gemeinsam mit der Nutzung fossiler Energieträger die weitreichende Durchsetzung einer Gesellschaft von Massenproduktion und Konsum an. Globalisierung und internationale Vernetzung haben diese Prozesse in den letzten Jahrzehnten weiter beschleunigt. Abbildung 1 zeigt das Anwachsen des inländischen Ressourcenverbrauchs für Österreich im Vergleich zum Wirtschafts-

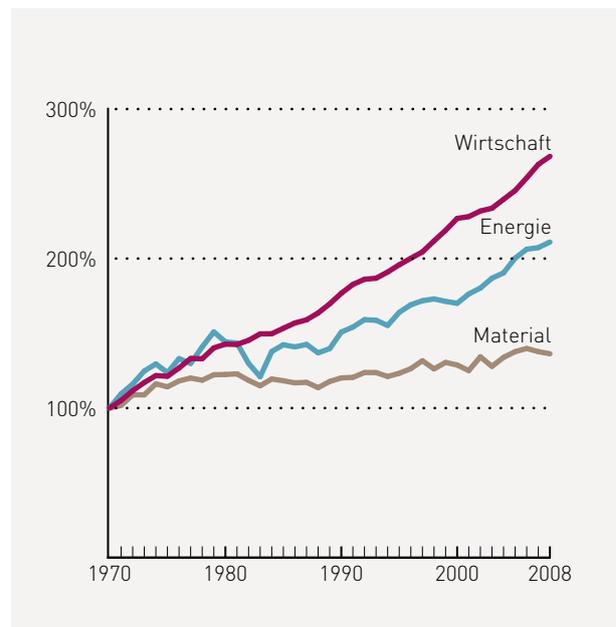


Abbildung 1: Entwicklung des Ressourcenverbrauchs und des Bruttoinlandsprodukts in Österreich 1970 bis 2008 (indexierte Darstellung, 1970 = 100%)

Quelle: «Wirtschaft» = Bruttoinlandsprodukt (Havel und et al. 2010), «Material» = Materialverbrauch⁴ (Statistik Austria 2011d), «Energie» = Primärenergieaufkommen (Statistik Austria 2011c)

³ Die Angaben in Kilogramm und Mega Joule beziehen sich auf den gesamten gesellschaftlichen Stoffwechsel, das heißt alle Inputs werden einmal mit ihrer Masse gezählt und ein zweites Mal in Energieeinheiten gerechnet. Daher basieren die beiden Zahlen auf überschneidenden Mengen: energetisch genutzte fossile Energieträger oder Biomasse werden in die Angaben in Tonnen wie auch in Mega Joule eingerechnet, andere Ressourcen werden nur stofflich oder nur energetisch gezählt.

⁴ Der Materialverbrauch ist in der Grafik als Inlandsmaterialverbrauch oder DMC (domestic material consumption) dargestellt. Der DMC errechnet sich aus der Inlandsentnahme zuzüglich der Importe und abzüglich der Exporte.

wachstum für die Jahre 1970 bis 2008 (indexierte Darstellung, 1970=100%). In der Entwicklung wird deutlich, dass Österreich sowohl bei der wirtschaftlichen Wertschöpfung als auch beim Ressourcenverbrauch nach wie vor wächst. Es unterscheidet sich lediglich die Geschwindigkeit des Wachstums. Diese ist für den Energieverbrauch (gemessen als Primärenergieaufkommen) – und noch deutlicher für den Materialverbrauch – langsamer als für den Wirtschaftsoutput.

Im globalen Durchschnitt kommt im Jahr 2004 auf jeden der etwa 6 Milliarden Menschen ein Materialverbrauch von 9 Tonnen pro Jahr (Krausmann et al. 2009). Aber die Unterschiede im pro Kopf Ressourcenverbrauch zwischen einzelnen Ländern sind groß: So liegt der Materialverbrauch von Indien, einem Land mit derzeit noch geringer Wirtschaftsleistung und in der Anfangsphase seiner industriellen Entwicklung, bei knapp 4 Tonnen pro Kopf und Jahr. Im Vergleich dazu braucht ein/e JapanerIn dreimal so viel Material, ein/e EuropäerIn das Vierfache, und ein/e AmerikanerIn sogar fast siebenmal so viel (Abbildung 2).

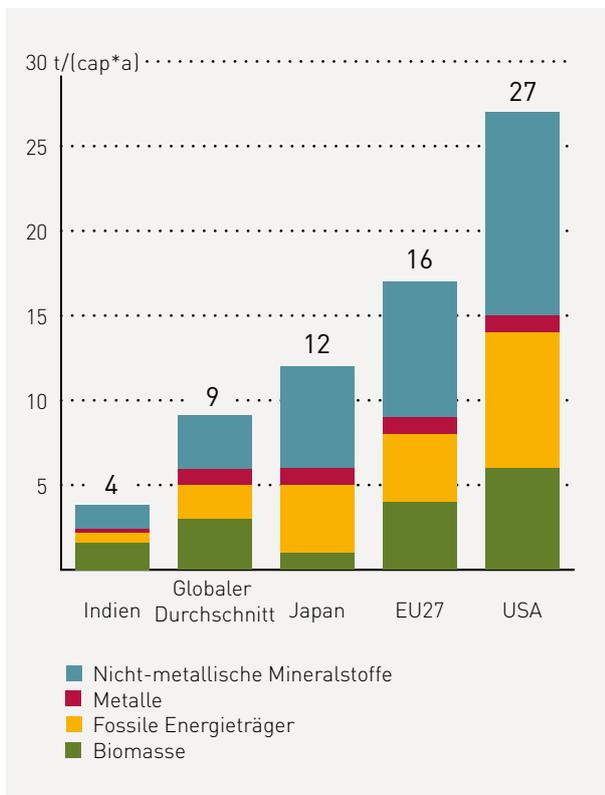


Abbildung 2: Ressourcenverbrauch pro Kopf, dargestellt als Materialverbrauch in Tonnen pro Jahr für 2004
 Quelle: Indien: Singh et al. 2011; globaler Durchschnitt: Krausmann et al. 2009; Japan: Ministry of the Environment 2007; EU27: Eurostat 2009b; Österreich: Statistik Austria 2011d; USA: Gierlinger und Krausmann 2011

Die meisten der sogenannten Entwicklungsländer liegen in ihrem Verbrauch deutlich unter dem globalen Mittel, während alle Industrieländer weit darüber liegen. Für die nähere Zukunft zeichnet sich allein an dieser Divergenz ein großes Spannungsfeld ab. Es ist zu erwarten, dass bei fortschreitender Industrialisierung der Ressourcenverbrauch jener Länder, die heute erst am Beginn der industriellen Entwicklung stehen, signifikant steigt und die Belastung der natürlichen Bestände erhöht wird. Der Ressourcenverbrauch eines Landes hängt also stark von der wirtschaftlichen Entwicklung ab. Es gibt jedoch auch zwischen den Industrieländern große Unterschiede: Japan z. B. zeigt im Vergleich zum EU-Schnitt einen relativ niedrigen Materialverbrauch, in den USA ist er dagegen deutlich höher.

Neben Wirtschaftsstruktur und Konsummustern beeinflussen auch Ressourcenausstattung und Außenhandel den pro Kopf Verbrauch. Staaten, die viele Rohstoffe im eigenen Land zur Verfügung haben, sind durch einen höheren Materialverbrauch gekennzeichnet. Ein Beispiel dafür ist Chile, der größte Kupferproduzent der Welt. Durch den Kupferabbau und die ersten Verarbeitungsschritte des Roherzes bleiben sehr viele Abfälle, vor allem große Mengen an Taubgestein in Chile und werden dort als «Materialverbrauch» gezählt, während nur das konzentrierte Erz exportiert wird (Giljum 2004). Japan wiederum hat als großer Kupferimporteur einen verhältnismäßig niedrigen pro Kopf Materialverbrauch, weil die vorgelagerten Materialflüsse in Chile dem japanischen Verbrauch nicht zugerechnet werden. Länder, die viel importieren, haben also üblicherweise einen niedrigeren inländischen Verbrauch, weil die materialintensive Produktion anderswo stattfindet. Auf diesen Zusammenhang wird in Kapitel 2 ab Seite 18 noch genauer eingegangen.

Erhöhte Ressourcennutzung kann zu Knappheiten und negativen Folgen für die Umwelt führen

Die Erde, auf der wir leben, und die natürlichen Ressourcen, die uns die Erde zur Verfügung stellt, sind begrenzt. Wir haben nur die natürlichen Rohstoffe, die sich auf und in der Erde befinden, nur die Wassermengen, die in den natürlichen und gesellschaftlichen Kreisläufen fließen, und die Landflächen, die die Erde umspannen. Lediglich in Bezug auf die Sonnenenergie ist die Erde ein offenes System: Energie von der Sonne, die Basis für sogenannte

erneuerbare Ressourcen, wird der Erde kontinuierlich zugeführt, allerdings ist der Zufluss begrenzt und kann nicht beeinflusst werden. Die Nutzung erneuerbarer Ressourcen ist immer auch an die Nutzung nicht-erneuerbarer Ressourcen geknüpft, etwa beim Aufbau der entsprechenden Infrastrukturen (Photovoltaikkraftwerke, Windkraftträder, etc.). Aber auch Böden, die die Grundlage für die Produktion von Biomasse bilden, sind in menschlichen Zeiträumen nicht erneuerbar. Daher müssen auch erneuerbare Ressourcen möglichst sorgfältig und effizient genutzt werden.

Dem steigenden Bedarf an Rohstoffen und ihrer zunehmenden Förderung stehen also die begrenzten Ressourcen unserer Erde gegenüber. Der wachsende Stoffwechsel⁵ der Gesellschaft belastet die Umwelt durch Übernutzung oder Erschöpfung der verfügbaren Ressourcen und durch Überlastung der Natur und ihrer Aufnahmekapazität für unsere Abfälle. Genau diese Abhängigkeit der Gesellschaft von natürlichen Ressourcen und die Belastung von Ökosystemen durch Ressourcennutzung werden zunehmend spürbar: Wasserknappheiten und Konflikte um den Zugang zu Wasserressourcen; Verschlechterung der Bodenqualität und der Verlust von produktiven landwirtschaftlichen Flächen; Klimawandel und die globale Erwärmung der Erdatmosphäre; Abholzung von Regenwäldern für die landwirtschaftliche Produktion; Preisexplosionen bei Nahrungsmitteln, Erdöl, speziellen Metallen etc. durch reale oder künstlich erzeugte Knappheiten; Probleme in der Lagerung von giftigen Reststoffen; etc. Die Liste ist lang und Berichte über Probleme in der gesellschaftlichen Ressourcennutzung häufen sich. Auch politische Krisen in rohstoffreichen Ländern wirken sich auf den Zugang und die Preise von Ressourcen aus, wie die jüngsten politischen Entwicklungen in nordafrikanischen Staaten belegen. Der steigende Bedarf nach Ressourcen einer stetig wachsenden Wirtschaft, gesteigerte Konsumbedürfnisse und steigende Bevölkerungszahlen führen uns immer näher an natürliche Grenzen heran.

Auch in Österreich sind Umwelt- und Nachhaltigkeitsprobleme rund um die wachsende Ressourcennutzung spürbar. Zum Beispiel beobachten wir eine Häufung extremer Wetterlagen (Beispiel Hochwasser)

ebenso wie das Abschmelzen der heimischen Gletscher als Folgen des globalen Klimawandels und der intensiven Nutzung fossiler Energieträger. Ein anderes Beispiel ist das außergewöhnliche Hoch der Öl- und Gaspreise oder auch der Weizenpreise im Jahr 2008 und erneut in den letzten Monaten. Die vermehrte Nutzung begrenzter Ressourcen bereitet auch zunehmend Probleme in der globalen Verteilung und stellt Angriffspunkte für Spekulationen dar. Österreich ist mit seinen begrenzten Rohstofflagerstätten in vielen Bereichen von Importen abhängig. Diese Abhängigkeit macht vor allem im Zusammenhang mit steigenden Preisen schon heute vielen Unternehmen zu schaffen. Die Situation stellt sich im gesamten EU-Raum ähnlich dar und hat bereits zu politischen Reaktionen geführt (siehe z. B. European Commission 2008, 2011).

Ressourcennutzung – worum geht es dabei?

Gesellschaften entnehmen der Natur Rohstoffe, verändern und bearbeiten diese, sodass ihre nutzbare Qualität verbraucht wird (Krausmann et al. 2011). Am Ende der gesellschaftlichen Nutzung werden schließlich (Abfall)Stoffe wieder an die Natur zurückgegeben. Die Gesamtheit dieser Austauschprozesse wird «gesellschaftlicher Stoffwechsel» genannt (Fischer-Kowalski et al. 1997). Die Entnahmen aus der Natur werden im Wesentlichen durch die Land- und Forstwirtschaft und den Bergbau organisiert, diese Sektoren bilden die Grundlage für die weitere Sachgüterproduktion und Dienstleistungen (Fettweis et al. 1987). Natürliche Ressourcen umfassen also Rohstoffe zur energetischen oder stofflichen Nutzung (von Rohöl über Weizen, Holz bis Kupfer oder Salz; oftmals auch als Materialien und Energieträger dargestellt oder nach erneuerbaren und nicht-erneuerbaren Ressourcen unterschieden) und Wasser.

Gesellschaften interagieren mit ihrer natürlichen Umwelt aber nicht nur durch Austauschprozesse, sondern gestalten auch gezielt natürliche Systeme für ihre Zwecke um und halten diese in den veränderten Zuständen (Fischer-Kowalski und Haberl 1997). Landnutzung durch die Landwirtschaft ist ein Beispiel dafür. Land wird daher ebenfalls als natürliche Res-

⁵ Im Konzept des gesellschaftlichen Stoffwechsel (siehe auch Seite 14 oder Fischer-Kowalski et al. 1997) werden Gesellschaften analog zu einem biologischen Organismus verstanden; das heißt, Gesellschaften betreiben einen «Stoffwechsel» (oder Austausch) mit ihrer natürlichen Umwelt, nehmen also natürliche Ressourcen auf und geben Abfälle und Emissionen wieder an die Natur ab.

Was sind natürliche Ressourcen?

In dieser Publikation wird der Begriff Ressourcen für alle physischen Rohstoffe und Bestände verwendet, die von der Gesellschaft bewusst entnommen oder in der Natur verändert werden, mit dem Ziel, einen ökonomischen Wert zu generieren. Die physischen Ressourcen selbst gehen durch die Nutzung nicht verloren, sondern werden verändert, sodass ihre spezifische nutzbare Qualität verbraucht wird und dadurch nicht mehr zur Verfügung steht.

Als natürliche Ressourcen werden Rohstoffe zur stofflichen oder energetischen Nutzung (auch als «Materialien» und «Energieträger» bezeichnet), Wasser und Luft sowie Land verstanden. Diese Ressourcen werden für die gesellschaftliche Nutzung in Anspruch genommen oder finden Eingang in die gesellschaftliche Verwendung, wo sie zu abgeleiteten Produkten weiterverarbeitet und dann genutzt werden. In der empirischen Analyse fokussiert diese Publikation auf stoffliche Ressourcen, also auf Materialien, wie Biomasse, fossile Energieträger, metallische und nicht-metallische Mineralstoffe.

source berücksichtigt. Gesellschaftliche Landnutzung umfasst Anbauflächen für die Nahrungsmittelproduktion (Landwirtschaft), für die Forstwirtschaft oder Flächen für Infrastruktur (Straßen oder Gebäude). Wir brauchen aber auch Flächen außerhalb dieser Nutzungsarten (z. B. Schutzzonen), die das Funktionieren von Ökosystemen erhalten.

Ressourcennutzung wird in unterschiedlichen physischen Einheiten erfasst, z. B. als Massen (Tonnen), entsprechend ihrem Energiegehalt (Joule) oder in Volums- bzw. Flächeneinheiten. Je nachdem, welche Einheit betrachtet wird, treten bestimmte Ressourcen in den Vorder- oder Hintergrund. Betrachtet man Massen, dominieren Baurohstoffe wie Sand und Kies oder Biomasse wie Holz, Getreide oder geweidetes Gras. Gemessen an ihrem Energiegehalt sind diese Materialien dagegen von geringerer Bedeutung, wenn man sie Erdöl, Gas oder Kohle gegenüberstellt. Bestimmte Rohstoffe können sowohl stofflich als auch energetisch genutzt werden (etwa Holz oder Erdöl), andere Materialien dagegen haben keinen nutzbaren Energiegehalt und werden ausschließlich stofflich verwendet (Baurohstoffe oder fast alle Metalle).

Die Nutzung bestimmter Ressourcen zieht immer die Nutzung anderer Ressourcen nach sich: Kein Material kann ohne Energie verarbeitet werden⁶, Wasser spielt in den meisten Prozessen eine wichtige Rolle (zur Kühlung, in Verarbeitungsprozessen oder zur Bewässerung in der Landwirtschaft), und stets benötigt man Landflächen, aus denen Rohstoffe entnommen werden können oder als Standort für Infrastrukturen. Der Zusammenhang der unterschiedlichen Ressourcenarten in der Nutzung zeigt sich auch in der statistischen Analyse (Steinberger et al. 2010).

Ressourcen werden von der Gesellschaft entnommen und nach dem Gebrauch zu Abfällen oder Emissionen

Eine systemische Betrachtung der gesellschaftlichen Ressourcennutzung basiert darauf, dass alle Ressourcen, die in das System hineinfließen, zu einem späteren Zeitpunkt das System auch wieder verlassen müssen, umgewandelt in Abfälle oder Emissionen oder als Exportprodukte (Kneese et al. 1970). Ressourcen können in einem geschlossenen System

⁶ Dabei darf nicht vergessen werden, dass auch der Einsatz menschlicher oder tierischer Arbeit einen Energieverbrauch darstellt!

weder geschaffen noch vernichtet werden⁷. Teile der Inputs verlassen das gesellschaftliche System noch innerhalb eines Jahres wieder als Output, ein erheblicher Teil (Schätzungen reichen von 30% bis 80%, siehe Kovanda et al. 2007) jedoch verbleibt im System als gesellschaftlicher Bestand. Das sind im Wesentlichen Infrastrukturen und Gebäude, aber auch langlebige Gebrauchsgüter wie Industriemaschinen, Haushaltsgeräte oder Autos.

Der direkte physikalische Zusammenhang zwischen Inputs und Outputs hat große Bedeutung für die Betrachtung und das Management von Ressourcenflüssen. Denn jeder Input wird – wie bereits erwähnt –

zu einem späteren Zeitpunkt zu einem Output (Abfall oder Emission). In der Umweltpolitik führte diese Betrachtungsweise unter anderem zu einer Verschiebung des Fokus von Abfällen und Verschmutzung hin zu den Ressourceninputs. Denn eine Veränderung der Inputs (Menge oder Zusammensetzung) hat eine direkte Auswirkung auf die gesellschaftlichen Outputs und damit auf die Umweltbelastung durch Abfälle und Emissionen.

In der folgenden Abbildung 3 sind die Flüsse zwischen dem natürlichen System und der Gesellschaft schematisch dargestellt. Das natürliche System mit seinen Beständen aber auch Funktionsweisen bildet die Grundlage für alle sozio-ökonomischen Aktivi-

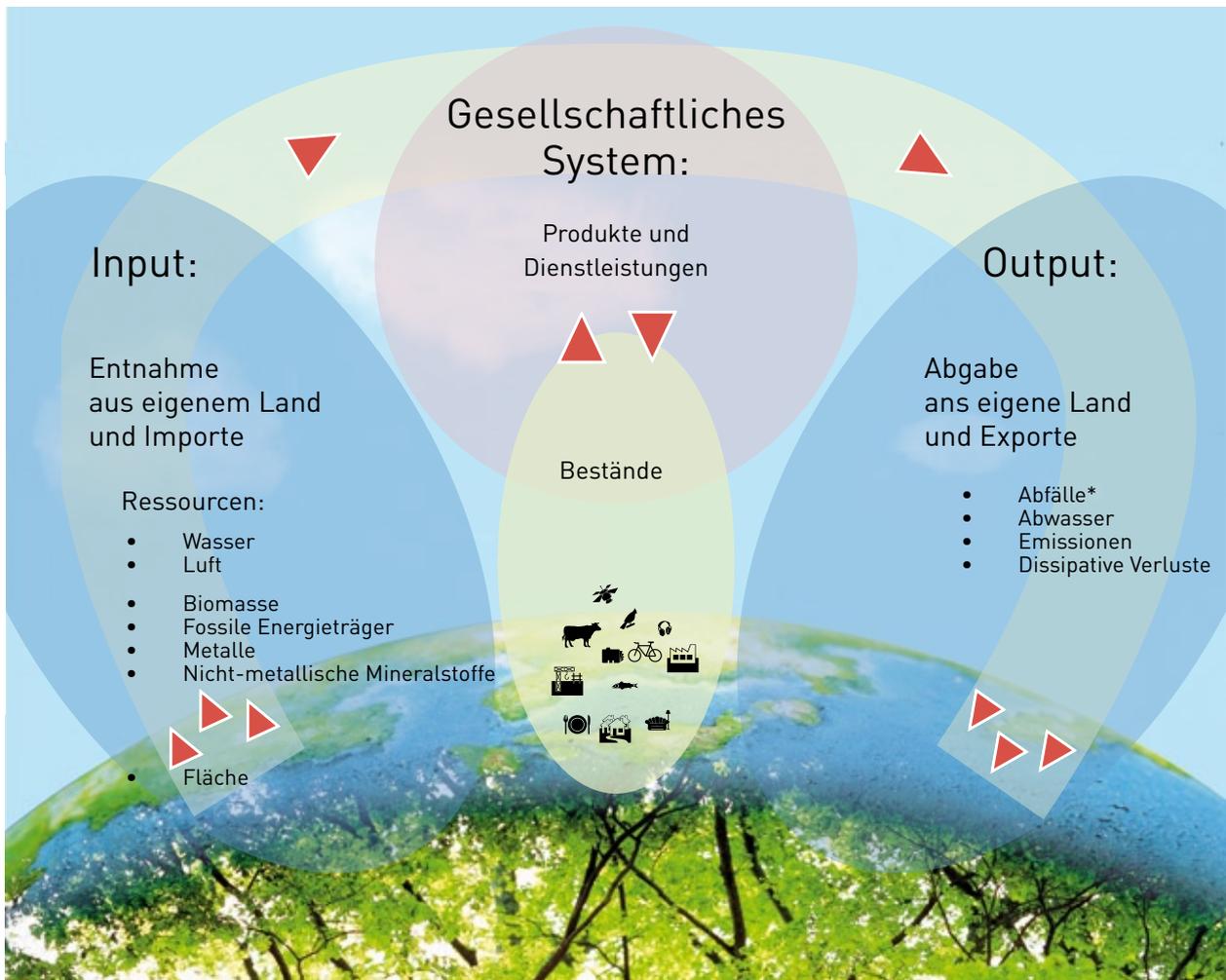


Abbildung 3: Ressourcennutzung als Austausch zwischen Gesellschaft und Umwelt

* Zu den Abfällen und Emissionen werden auch dissipative Verluste gerechnet. Das sind unbeabsichtigte Outputs an die Natur, die während der Nutzung eines bestimmten Produktes auftreten. Dazu zählen zum Beispiel materielle Verluste durch Abreibung, Korrosion, Erosion oder Lecks. (Eurostat 2009a: S. 105)

⁷ In der Physik ist dieses Argument als Massenerhaltungssatz formuliert. In einer Formel ausgedrückt bedeutet dieser: $Inputs = Outputs \pm \text{Veränderung der Bestände}$.

täten. Unsere Erde ist begrenzt, also auch die natürlichen Ressourcen, und die Ökosysteme sind nicht unendlich belastbar. Eine nachhaltige Nutzung sollte daher das natürliche System nicht überbeanspruchen. Um für uns und für zukünftige Generationen eine möglichst hohe Lebensqualität zu erreichen, ist es notwendig, unsere Bedürfnisse auf möglichst effiziente, material-, energie- und umweltschonende Art zu decken.

Betrachtet man die gesellschaftlichen Ressourcenflüsse, dann erfüllt die natürliche Umwelt zwei wesentliche Funktionen: Sie dient einerseits als Quelle für Rohstoffe, wie zum Beispiel Erdöl oder Getreide, die der Natur entnommen und in der Gesellschaft verarbeitet werden. Andererseits fungiert die natürliche Umwelt als Senke, die gesellschaftliche Emissionen und Abfälle (physische Outputs) wieder abbauen und in natürliche Kreisläufe bzw. Lager zurückführen muss. Probleme in der Beziehung zwischen Gesellschaft und Natur (also Probleme des gesellschaftlichen Stoffwechsels) können auf der Inputseite durch Ressourcenknappheit, Zerstörung von Ökosystemen, Flächenknappheiten etc. entstehen. Auf der Outputseite belasten Abfälle und Emissionen sowie die teilweise hohe Konzentration einzelner Substanzen und der daraus resultierenden toxischen Wirkung die begrenzte Aufnahme- und Abbaufähigkeit des natürlichen Systems (Fischer-Kowalski et al. 1997, Ayres 1994). Umweltprobleme sind also Folge der Quantität und Qualität der gesellschaftlichen Austauschbeziehungen mit dem natürlichen System oder entstehen durch die Einwirkung auf und Veränderung von natürlichen Kreisläufen. Anders gesagt: der gesellschaftliche Stoffwechsel, also die Menge an Ressourcen, die wir der Natur entnehmen, ebenso wie die Abfälle und Emissionen, die wir der Natur überlassen, verändern unsere natürliche Umwelt. Ebenso wirken wir durch direkte Eingriffe in die Natur wie Ackerbau, Trockenlegung oder Versiegelung von Flächen und vieles mehr auf Ökosysteme ein und verändern diese grundlegend. Doch Gesellschaften sind untereinander nicht gleich; sie unterscheiden sich in ihren Kulturen, Lebensstilen und eingesetzten Technologien. Gleichermaßen unterscheiden sie sich durch Art und Umfang ihres Austausches mit der Natur, also durch ihren gesellschaftlichen Stoffwechsel.

Wie werden Zahlen zum Verbrauch natürlicher Ressourcen berechnet? Umweltgesamtrechnungen und die Materialflussanalyse

Um nachhaltige Entwicklung voranzutreiben, braucht es Instrumente, die eine Beobachtung und Analyse des gesellschaftlichen Ressourcenverbrauches und seiner Umweltwirkungen ermöglichen. Zu diesem Zweck wurden **physische Gesamtrechnungen** (European Commission und Eurostat 2011) entwickelt, welche jährlich alle Ressourcenentnahmen, physische Handelsflüsse und den Ressourcenverbrauch ebenso wie die entstehenden Abfälle und Emissionen erfassen.

Die theoretische Grundlage für die Darstellung der Ressourcennutzung durch Flussrechnungen bildet das Konzept des **gesellschaftlichen Stoffwechsels** (Fischer-Kowalski et al. 1997). Dieses geht davon aus, dass eine Gesellschaft ganz analog zu einem biologischen Organismus einen «Stoffwechsel» (oder Austausch) mit seiner natürlichen Umwelt betreibt. Dabei werden Inputs (z. B. Material, Energie, Wasser, Luft) aus der Natur genutzt, umgewandelt und teilweise in den gesellschaftlichen Bestand integriert. Über kurz oder lang werden alle diese Inputs dann wieder zu Outputs, welche die Gesellschaft in Form von Abfällen oder Emissionen an ihre Umwelt abgibt. Dieser Stoffwechsel kann in physischen Gesamtrechnungen bilanziert werden.

Den konzeptionellen Rahmen bilden dabei die **Umweltgesamtrechnungen** (Lebensministerium et al. 2011a, Europäische Kommission und Eurostat 2011, UN et al. 2003). Diese stellen die wechselseitigen Beziehungen zwischen Wirtschaft und Umwelt dar und stellen der **Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung** Umweltindikatoren zur Seite.

Ein Bestandteil der Umweltgesamtrechnungen ist die sogenannte **Materialflussrechnung** (Material Flow Accounting, kurz MFA) (Eurostat 2001, Eurostat 2009a). Sie erfasst alle Materialentnahmen in einem Land, die Importe und Exporte sowie Bestandsveränderungen und letztlich die Outputs an die Natur.

Die folgende Abbildung 4 veranschaulicht graphisch, welche Flüsse in der MFA erfasst werden. Das betrachtete sozio-ökonomische System, die Wirtschaft, wird dabei analog zur Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung (VGR) definiert und die Grenzen zur natürlichen Umwelt und zu anderen Ökonomien

entsprechend gesetzt⁸. Von der natürlichen Umwelt gelangen inländisch entnommene Ressourcen (Inlandsentnahme, DE, domestic extraction) als Inputs in das System und Emissionen sowie Abfälle (DPO, domestic processed output) fließen als Outputs wieder in die Natur zurück. Aus anderen Ökonomien gelangen Importe in das System bzw. fließen Exporte aus dem System in andere Ökonomien. Teilweise

werden die Inputs relativ schnell in Outputs umgewandelt: Beispiele dafür sind die Verbrennung fossiler Energieträger oder die Weiterbearbeitung von importiertem Material für den anschließenden Export. Teilweise verbleiben Materialien aber auch längere Zeit (länger als ein Jahr) im sozio-ökonomischen System, sie werden – zumindest vorübergehend – in die Bestände des Systems integriert.

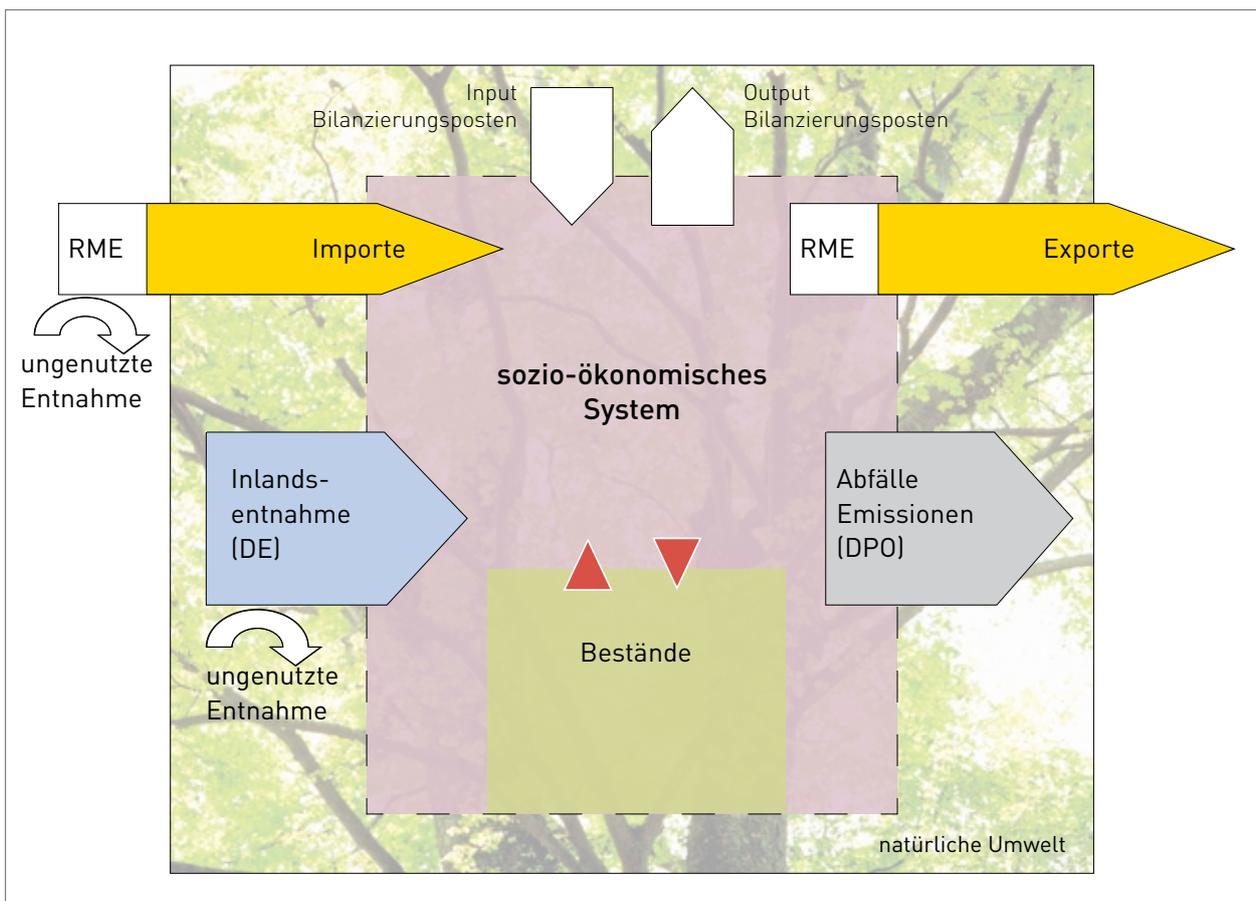


Abbildung 4: schematische Darstellung der Materialflussrechnung (MFA)

Quelle: nach Eurostat 2001 und Eurostat 2009a

MFA	Materialflussrechnung und -analyse	Material Flow Accounting and Analysis
DE	Inlandsentnahme	Domestic Extraction
DPO	Abfälle und Emissionen	Domestic Processed Outputs
DMC	Inlandsmaterialverbrauch	Domestic Material Consumption
RME	Rohmaterialäquivalente	Raw Material Equivalents
RMC	Rohmaterialverbrauch	Raw Material Consumption

Definitionen und Erklärungen dazu finden sich im Anhang ab Seite 67

⁸ In der MFA werden alle Personen und Artefakte sowie Nutztiere (inkl. Fische in Aquakultur) per Konvention als Teil des gesellschaftlichen Systems betrachtet (Eurostat 2001: 17). Als Artefakte zählen Infrastruktur, Gebäude, Fahrzeuge, Maschinen sowie auch langlebige Konsumgüter. Landwirtschaftliche Pflanzen und Wälder zählen dagegen nicht zu den gesellschaftlichen Beständen.

Als Materialflüsse werden in der MFA alle festen, gasförmigen und flüssigen Stoffe (exklusive Wasser und Luft) gezählt, welche die genannten Systemgrenzen innerhalb eines Jahres überschreiten. Die gewählte Einheit sind Tonnen. Für die Erstellung einer MFA liegt ein sehr weit entwickeltes und international harmonisiertes Methodeninventar vor (Eurostat 2001, Eurostat 2009a), an deren Entwicklung Österreich maßgeblich beteiligt war⁹. Eine kurze Beschreibung der MFA-Methode und Verweise auf weiterführende Literatur (Methoden, Ergebnisse, Analysen) sind im Anhang 1 zu finden. Die österreichische MFA steht als Zeitreihe ab 1960 zur Verfügung und wird von Statistik Austria jährlich um die neuesten Daten erweitert (Statistik Austria 2011d).

Die MFA basiert zum größten Teil auf Datensätzen aus der offiziellen Statistik beziehungsweise verwendet Schätzungen für jene Flüsse, deren statistische Datengrundlagen unzureichend sind (siehe Anhang 3).

Methoden zur Klassifizierung, Aggregation sowie Berechnung fehlender Daten wurden in den letzten Jahren maßgeblich weiterentwickelt und harmonisiert (Eurostat 2001 und Eurostat 2009a). Bei Analysen von MFA Ergebnissen und vor allem bei internationalen Vergleichen müssen dennoch die nach wie vor laufenden Entwicklungen und möglichen Unterschiede in der Datenqualität berücksichtigt werden. Die Datenqualität der österreichischen MFA ist im internationalen Vergleich als relativ hoch einzustufen. Sowohl die statistischen Datengrundlagen als auch die Berechnungsmethodik sind sehr weit entwickelt. In Österreich wurde zum Beispiel im Zuge der vorliegenden Publikation die Methode zur Schätzung der Baurohstoffe erst kürzlich neu überarbeitet und verbessert (siehe Daten- und Methodenbeschreibung im Anhang oder Milota et al. 2011). In anderen Ländern dagegen ist gerade für die Baurohstoffe eine teilweise untererfassung durch eine üblicherweise schlechte statistische Berichterstattung zu erwarten.

Projekt: «Verbesserung der statistischen Daten im Bereich natürlicher Ressourcen»

Das österreichische Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (Lebensministerium) sowie das österreichische Bundesministerium für Wirtschaft, Familie und Jugend haben die vorliegende Publikation gemeinsam initiiert. Im Rahmen des Projekts «Ressourcendaten – Verbesserung der statistischen Daten im Bereich natürlicher Ressourcen» wurden die Statistik Austria und das Institut für Soziale Ökologie (Alpen-Adria Universität, Klagenfurt, Wien, Graz) beauftragt, die MFA-Methode im Bereich der Berechnung der Baurohstoffe weiterzuentwickeln. Grundlage für die Überarbeitung der Berechnungsmethode war eine Studie des Industriewissenschaftlichen Institutes IWI (Koller 2007). Die neu überarbeiteten Daten werden erstmals in der vorliegenden Publikation gemeinsam mit weiteren umfangreichen Daten zum Ressourcenverbrauch Österreichs veröffentlicht.

⁹ Neben der Beteiligung an den wichtigen internationalen Prozessen (EU/Eurostat, OECD, UN) hat die MFA auch eine lange Tradition in Österreich selbst. Die erfolgreiche Entwicklung und Umsetzung basierte dabei auf der engen Kooperation zwischen Politik (Lebensministerium), Statistik (Statistik Austria) und der Wissenschaft (Institut für Soziale Ökologie – www.aau.at/socec, SERI – www.seri.at). Die MFA ist seit Jahren ein fixer Bestandteil der amtlichen österreichischen Statistik.

Welche Ressourcen werden in dieser Publikation betrachtet

Ressourcennutzung wird in dieser Publikation mit dem Fokus auf «Materialien», also aus der stofflichen Perspektive, diskutiert. Materialflüsse (siehe Abbildung 4) werden in Tonnen pro Jahr und entlang von vier Hauptgruppen dargestellt:

- Biomasse
- Fossile Energieträger
- Metalle
- Nicht-metallische Mineralstoffe

Als Biomasse werden alle Ressourcen pflanzlichen oder tierischen Ursprungs zusammengefasst, die von Menschen oder Nutztieren aus der Umwelt entnommen werden. Dies umfasst die landwirtschaftliche Produktion ebenso wie Biomasse, die von Weidetieren aufgenommen wird, oder Produkte aus Fischfang und Jagd.

Metallische und nicht-metallische Mineralien werden in der MFA als bergbauliche Rohproduktion inkludiert. Bei den Metallen bedeutet das die Erfassung als Roherz. Die Kategorie der nicht-metallischen Mineralien wird dominiert von den Baurohstoffen, diese werden in der Publikation daher oft im Speziellen angesprochen.

Als fossile Energieträger werden feste, flüssige und gasförmige mineralische Rohstoffe angesehen, die zur Energiegewinnung genutzt werden (Bsp. Braun- und Steinkohle, Erdöl, Erdgas).

Die folgenden Beschreibungen und Analysen geben einen Überblick über die heimische Ressourcenbasis und über den physischen Außenhandel. Der Zusammenhang zwischen wirtschaftlicher Entwicklung und Ressourcenverbrauch wird analysiert und Überlegungen zu möglichen zukünftigen Entwicklungspfadern werden angestellt.

2

Ressourcennutzung in Österreich

In Österreich werden vor allem Baurohstoffe und Biomasse aus der Natur entnommen

Im Jahr 2008 wurden in Österreich rund 169 Millionen Tonnen Material im Bergbau, sowie in Land- und Forstwirtschaft entnommen. Den Hauptanteil darin nahmen Baurohstoffe ein, die in Österreich zum Aufbau und Erhalt von Infrastruktur und Gebäuden verwendet werden. Etwas mehr als ein Viertel der Inlandsentnahme entfiel auf Biomasse, also land- und forstwirtschaftliche Produktion. Metalle und fossile Energieträger machten nur einen sehr geringen Teil der inländischen Entnahmen aus (je 1% der Gesamtentnahme).

Ressourcenentnahme (DE), Österreich 2008 in Mio. Tonnen¹⁰

Gesamt	169
Biomasse	44
Fossile Energieträger	2
Metalle	2
Nicht-metallische Mineralstoffe	120

Tabelle 2: Ressourcenentnahme in Österreich
Quelle: Statistik Austria 2011d

Der österreichische Bedarf wird jedoch nicht nur aus inländischen Ressourcen gedeckt, sondern eine beträchtliche Menge wird zusätzlich importiert. Vor allem bei den fossilen Energieträgern und bei den Metallen ist Österreich auf Importe angewiesen. So wurden 2008 alleine 28 Mio. Tonnen an fossilen Energieträgern, vor allem Erdöl und Erdgas, importiert, das sind 30% aller importierten Güter. Die Importe von metallischen Materialien und daraus hergestellte Waren beliefen sich auf 20 Mio. Tonnen. Bei der Biomasse kann Österreich zwar auf große inländische Bestände zugreifen, trotzdem werden zusätzlich auch Biomasse-basierte Güter importiert: im Jahr 2008 waren es 22 Millionen Tonnen, immerhin ein Viertel aller Importe. Importierte Baurohstoffe schließlich beliefen sich lediglich auf 11 Mio. Tonnen, das sind 12% der Importe. Insgesamt wurden im Jahr 2008 88 Millionen Tonnen nach Österreich importiert, das entspricht der Hälfte der gesamten Inlandsentnahme. Die Exportflüsse sind in Österreich zwar mengenmäßig geringer als die Importe (die Exporte betragen 2008 60 Millionen Tonnen), dennoch spielen sie wirtschaftlich eine wesentliche Rolle. Exportierte Güter sind großteils höher verarbeitete

Güter, die höhere Preise pro Gewicht erzielen als wenig bearbeitete Grundstoffe. Der Großteil der österreichischen Exporte entfiel auf Waren hergestellt aus Biomasse (40% der Exporte), weitere 25% der Exporte sind Güter aus metallischen Rohstoffen.

Aussenhandel Österreich 2008

in Mio. Tonnen	Importe	Exporte
Gesamt	88	60
Biomasse	22	23
Fossile Energieträger	28	6
Metalle	20	15
Nicht-metallische Mineralstoffe	11	9
Andere Produkte	6	8

Tabelle 3: Aussenhandel in Österreich
Quelle: Statistik Austria 2011d

2008 verbrauchte Österreich rund 200 Millionen Tonnen Ressourcen, das sind 66 Kilogramm pro Person und Tag

Der Inlandsmaterialverbrauch¹¹ umfasst jene Menge an Ressourcen, die in der Produktion oder im Konsum in Österreich verwendet werden. Dieser Ressourcenverbrauch lag 2008 bei etwa 200 Millionen Tonnen.

Die größten Mengen entfielen dabei – wie schon bei der Entnahme – auf nicht-metallische Mineralstoffe (123 Mio. Tonnen, oder 62%), gefolgt von Biomasse (43 Mio. Tonnen, 22%). An fossilen Energieträgern verbrauchten wir 25 Millionen Tonnen (13% unseres Ressourcenverbrauchs). An Metallen und Produkten daraus verbrauchte Österreich etwa 8 Mio. Tonnen (4%). 86% des gesamten Verbrauchs wurden durch die inländisch entnommenen Rohstoffe gedeckt, der Rest musste aus dem Ausland importiert werden.

Ressourcenverbrauch (DMC), Österreich 2008 in Mio. Tonnen

Gesamt	197
Biomasse	43
Fossile Energieträger	25
Metalle	8
Nicht-metallische Mineralstoffe	123
Andere (gehandelte Produkte und Abfälle)	-2

Tabelle 4: Ressourcenverbrauch in Österreich
Quelle: Statistik Austria 2011d

¹⁰ Werte sind auf ganze Millionen gerundet, Rundungsdifferenzen wurden nicht ausgeglichen.

¹¹ Inlandsmaterialverbrauch = Entnahme + Importe - Exporte (= DMC, domestic material consumption)

1960 war der Ressourcenverbrauch in Österreich nur halb so groß

Vor 50 Jahren wurden in Österreich noch deutlich weniger Ressourcen verbraucht als heute: 1960 lag der Ressourcenverbrauch bei 114 Millionen Tonnen, 105 Millionen Tonnen davon wurden in Österreich entnommen. Die Entnahme, sie umfasst die landwirtschaftliche Ernte, den Holzeinschlag und die Produktion des Bergbaus, lag damit nur bei der Hälfte des derzeitigen Wertes, trotzdem deckten die inländischen Entnahmen damals 92% des Ressourcenverbrauchs. Die Importe und Exporte spielten im Vergleich dazu eine relativ geringe Rolle: importiert wurden 16 Millionen Tonnen und 7 Millionen Tonnen wurden exportiert. Auch die Zusammensetzung des Ressourcenverbrauchs hat sich verändert: Zu Beginn der 1960er Jahre dominierten zwar ebenso wie heute Baurohstoffe den Materialumsatz, aber der Anteil Biomasse-basierter Materialien am Gesamtverbrauch war mit gut 30% deutlich höher als heute.

Wachstumsmotor in den 1960er Jahren: Aufbau von Konsumgesellschaft und Infrastruktur

Abbildung 5 zeigt, dass der Ressourcenverbrauch am stärksten zwischen 1960 und 1975 gewachsen ist. In dieser Zeit des wirtschaftlichen Aufschwunges wurde die moderne Verkehrsinfrastruktur auf- und ausgebaut und die Konsumgesellschaft hat sich als Standardmodell der modernen Gesellschaft etabliert. In diesen Jahren ist vor allem der Verbrauch an Baurohstoffen, Erzen und fossilen Energieträgern stark angestiegen. Diese Ressourcen wurden zum einen in Infrastruktur und Konsumgütern gebunden, zum anderen wurden fossile Energieträger im Betrieb sowohl der modernen Industrietechnologie als auch der Konsumgüter selbst (Elektrogeräte oder Autos) verbraucht. Ab Mitte der 1970er Jahre, etwa zeitgleich mit den Ölpreiskrisen, fand das ausgeprägte Wachstum ein Ende und der Ressourcenverbrauch stabilisierte sich auf hohem Niveau. Zu Beginn des neuen Jahrtausends lässt sich für Österreich aufgrund einer zunehmenden Globalisierung eine neue Wachstumsdynamik mit erneut deutlich steigendem Ressourcenverbrauch beobachten. Die neue Wachstumsphase schlägt sich erstmals auch wieder in einem deutlichen Anstieg des Verbrauchs Biomasse-basierter Ressourcen nieder.

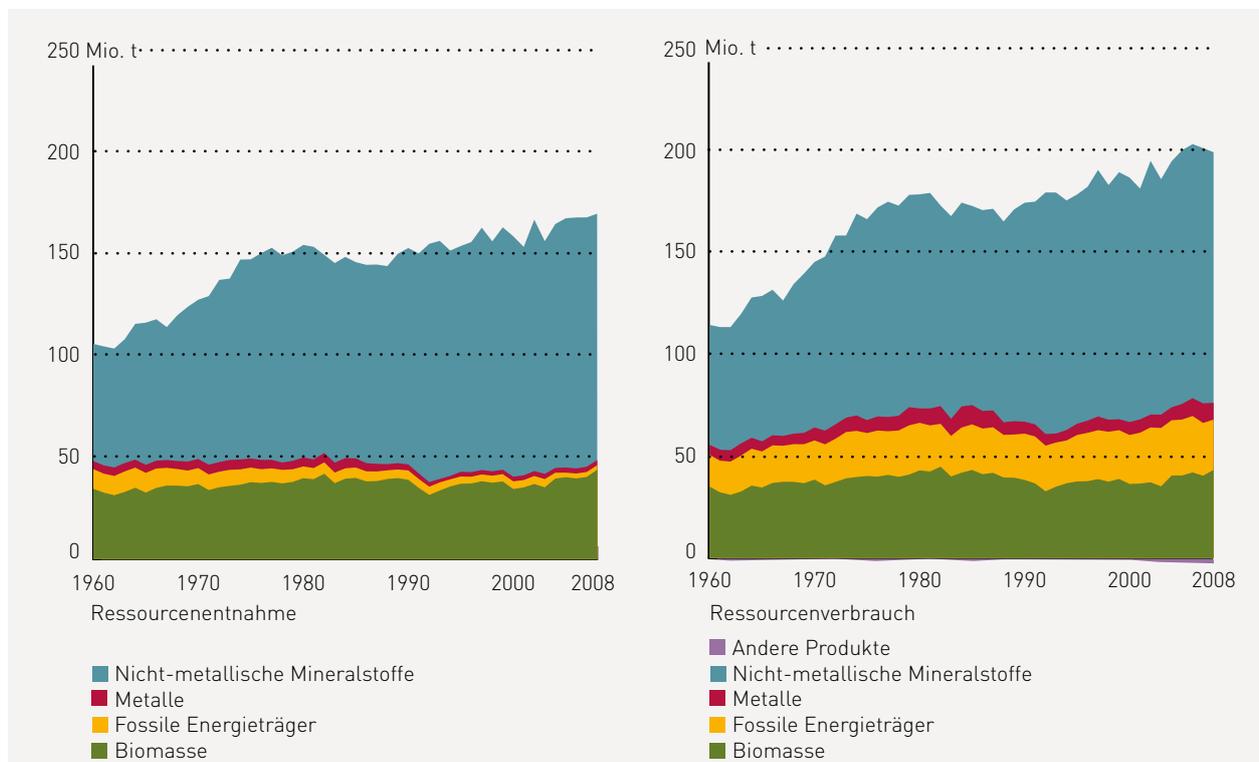


Abbildung 5: Ressourcenentnahme und Ressourcenverbrauch in Österreich in Millionen Tonnen, 1960 bis 2008
Quelle: Statistik Austria 2011d

Internationalisierung und globale Vernetzung – die große Bedeutung des Außenhandels

Vor allem die Handelsflüsse zeigen eine rasante Entwicklung. Wachstumsraten von 500–700%¹² der Importe/Exporte 2008 gegenüber 1960 führen dazu, dass die Importe und Exporte in der heutigen Zeit eine wichtige Rolle im österreichischen Ressourcenverbrauch einnehmen. Im rasanten Anstieg der Handelszahlen spiegelt sich u. a. die zunehmende Globalisierung der Wirtschaft in den letzten Jahrzehnten, wie auch die Integration Österreichs in der EU wider.

Die Importe sind in den letzten 50 Jahren um etwa das Sechsfache angewachsen und lagen 2008 bei 88 Millionen Tonnen (Abbildung 6). Eingeführt wurden 2008 vor allem Güter aus fossilen Energieträgern (30%), aus Metallen (23%) und aus Biomasse (25%). Das Exportvolumen ist im gleichen Zeitraum um das Achtfache gestiegen und belief sich 2008 auf 60 Millionen Tonnen. Schwerpunkte im Export bildeten Biomasse-basierte Waren (40%) und Produkte aus metallischen Rohstoffen (24%).

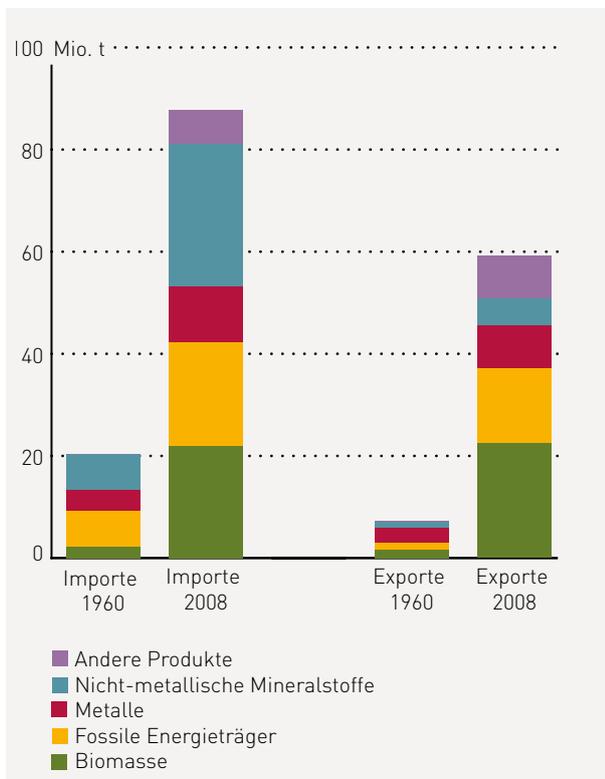


Abbildung 6: Österreichische Außenhandelsflüsse 1960 und 2008 in Mio. Tonnen
Quelle: Statistik Austria 2011d

Der Außenhandel hat einen besonderen Aspekt: die Importe und Exporte werden in der Außenhandelsstatistik sowohl in physischen Einheiten als auch in ihrem monetären Wert erfasst. Da es sich bei den gehandelten Produkten um Waren ganz unterschiedlicher Fertigungstiefe handelt (vom Grundstoff bis zur Fertigware), soll an dieser Stelle auf einen wesentlichen Unterschied im physischen Gehalt und monetären Wert von Handelswaren hingewiesen werden: Grundstoffe sind große Massen mit niedrigem Preis, während Fertigwaren wenig Gewicht, dafür einen umso höheren Preis erzielen (siehe auch Fischer-Kowalski und Amann 2001). In der Betrachtung der Handelsbilanzen in physischen oder monetären Einheiten wird dieser Zusammenhang deutlich (Abbildung 7): der Hauptteil der physischen Importe und Exporte entfällt auf Biomasse, nicht-metallische Mineralstoffe und fossile Energieträger. In der monetären Darstellung verringert sich der Anteil dieser Materialgruppen deutlich. Das bedeutet, diese Materialgruppen umfassen Güter, die in großen Mengen, aber zu verhältnismäßig niedrigen Preisen gehandelt werden.

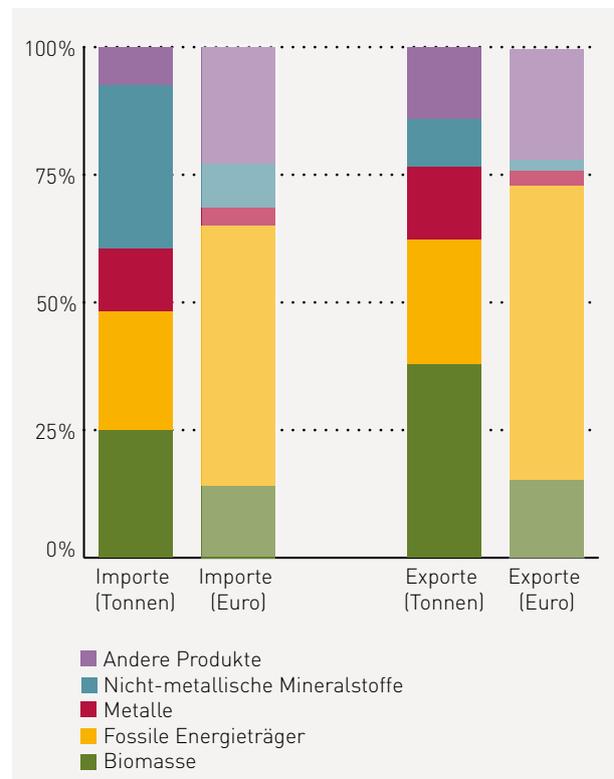


Abbildung 7: Importe und Exporte in physischen und monetären Einheiten als Anteile am Gesamtwert, Österreich 2008
Quelle: Statistik Austria 2011d

¹² In der Betrachtung der Dynamik muss berücksichtigt werden, dass Wachstumszahlen sehr deutlich ausfallen, wenn die Gesamtmenge eher klein ist.

Metalle und abgeleitete Güter hingegen fallen durch geringere Mengen, aber höhere Preise auf: Ihr Anteil an den monetären Handelsflüssen ist daher deutlich höher als an den physischen.

Österreich braucht große Mengen an Importen für den Eigenverbrauch und für Exportprodukte

Österreich importiert – wie viele andere Industrieländer – deutlich mehr Güter als es exportiert und ist damit stark von Ressourcenimporten abhängig. Das zeigt eindrucksvoll die physische Handelsbilanz (=Importe minus Exporte), die für fast alle Materialgruppen positiv ist. Anders als bei Entnahme oder Verbrauch spielen in den Handelsflüssen vor allem fossile Energieträger (2008: 80% der Netto-Importe) und Metalle (2008: 20% der Netto-Importe) eine gewichtige Rolle. Fossile Energieträger werden importiert, um die österreichische Energieversorgung sicher zu stellen. Unter den Exporten scheinen fossile Energieträger kaum auf. Metallische Waren dagegen werden in großen Mengen importiert, in Österreich

verarbeitet und als höher verarbeitete Produkte dann auch wieder exportiert.

Abbildung 8 zeigt die Entwicklung der physischen Handelsbilanz seit 1960 für vier ausgewählte Jahre. Deutlich sichtbar ist der hohe Importüberhang bei den fossilen Energieträgern: 1960 wurden ca. sechs Millionen Tonnen mehr an fossilen Energieträgern importiert als exportiert. Im Jahr 2008 waren es bereits fast Viermal so viel (über 22 Millionen Tonnen). Importe und Exporte von Biomasse haben sich hingegen anders entwickelt: Bis ins Jahr 2000 waren die importierten Mengen höher als der Export, dann begann sich ein leichter Exportüberhang einzustellen (in der Abbildung als negativer Wert zu sehen). Hier wird unter anderem die gezielte Förderung der agrar- und forstwirtschaftlichen Exporte sichtbar. Auch die Gruppe der «Anderen Produkte» zeigte 2008 eine negative Handelsbilanz. In dieser Kategorie werden alle höher verarbeiteten Waren zusammengefasst, die nicht eindeutig einer Materialkategorie zugeordnet werden können. Dazu gehören etwa Elektrogeräte, Möbel oder pharmazeutische Produkte. Die Physische Handelsbilanz in der oben dargestellten Form ist damit eine typische Abbildung einer industrialisierten Ökonomie: wenig verarbeitete Grundstoffe und Halbwaren werden importiert und hoch verarbeitete Güter und Fertigwaren exportiert.

Importabhängigkeit und ihre Auswirkung auf die Ressourcenverknappung

Durch den Import erhält Österreich Zugang zu Ressourcen, die im eigenen Land nicht oder nicht mehr in der benötigten Menge zur Verfügung stehen. Gleichzeitig aber bedeutet diese Importorientierung eine Abhängigkeit von internationalen Märkten. Knappheiten durch wachsende globale Nachfrage, Wettbewerbsverzerrungen durch z. B. Spekulationen, politische Spannungen und deren Auswirkungen auf Verfügbarkeiten bewirken einen Anstieg der internationalen Preise und erhöhen das Risiko der Angebotssicherung. Viele dieser Mechanismen ließen sich während der globalen Nahrungsmittelkrise 2008 beobachten: In diesem Jahr wurden in einigen wichtigen Exportländern durch extreme Wetterereignisse ausnehmend schlechte Ernten eingefahren. Gleichzeitig wurde die Nachfrage nach bestimmten Feldfrüchten durch die Ausweitung der Produktion von Biotreibstoffen deutlich in die Höhe getrieben. Beide

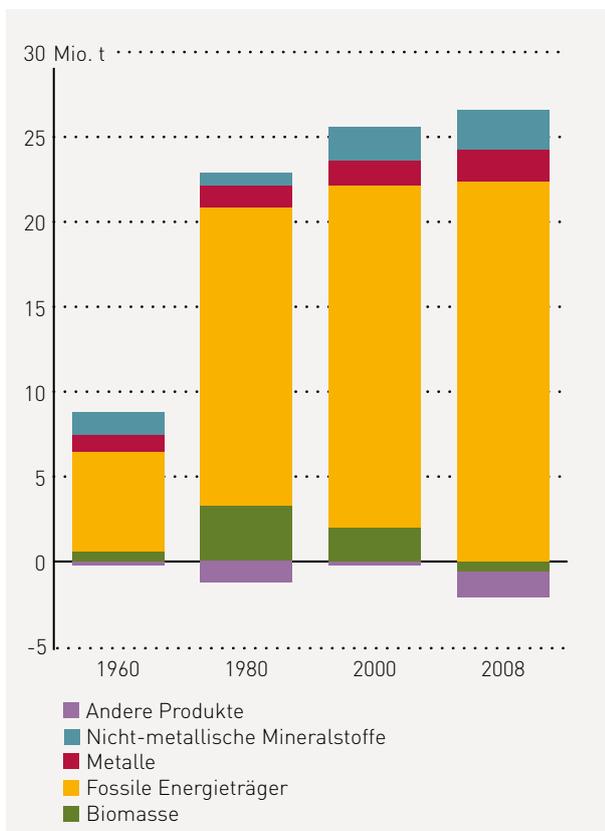


Abbildung 8: die Physische Handelsbilanz für Österreich (Importe minus Exporte) in Millionen Tonnen
Quelle: Statistik Austria 2011d

Entwicklungen gemeinsam und in Kombination mit einem Ansteigen des Ölpreises führten zu einer empfindlichen Erhöhung der internationalen Preise vieler Grundnahrungsmittel, zu Nahrungsengpässen und Teuerung in Entwicklungs- und Schwellenländern, wie etwa Mexiko, die stark von Nahrungsimporten abhängen. Das Beispiel Nahrungsmittelkrise verdeutlicht, wie Knappheit sowohl absolut (ausfallende Ernten, Erschöpfung von Vorräten) als auch relativ (hohe Preise, Produktionssteuerung) entstehen und auf globaler Ebene erhebliche Folgen haben kann.

In Österreich zum Beispiel muss der überwiegende Teil der Eisenerze als wichtiger Rohstoff für die hochentwickelte österreichische Stahlindustrie importiert werden. Die merklich eingeschränkte Verfügbarkeit sowie die stark gestiegenen Rohstoffpreise bei Eisenerz und den zur Stahlherstellung erforderlichen Rohstoffen wie Kokscoke und Stahlveredler stellen die heimischen Unternehmen schon heute vor ernste Probleme. Versorgungsengpässe können zu regelrechten Dominoeffekten führen, von denen nicht nur die Stahlindustrie betroffen ist, sondern auch alle Wirtschaftszweige, die auf dem Bezug des heimischen Stahls aufbauen.

Die Importabhängigkeit ist in Österreich vor allem für Produkte aus metallischen Rohstoffen und für fossile Energieträger beträchtlich. 2008 wurden diese Materialien zum Großteil (jeweils rund 90%) aus dem Aus-

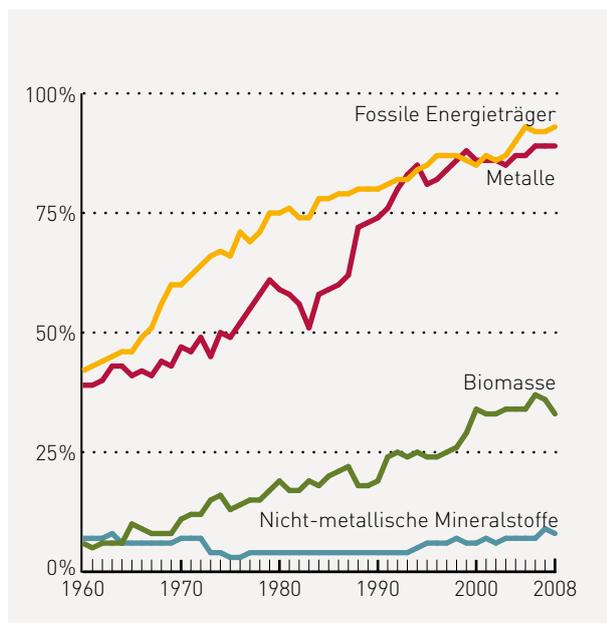


Abbildung 9: Anteil der Importe am österreichischen Ressourcenbedarf (Anteile der Mengen in Tonnen)
Quelle: Statistik Austria 2011d

land importiert. Die in Österreich verarbeitete Biomasse dagegen stammte noch zum Großteil aus dem Inland (Importabhängigkeit 33%), für nicht-metallische Mineralien deckte die heimische Produktion 90% des österreichischen Bedarfs (Importabhängigkeit 8%). Im Jahre 1960 dagegen wurden alle Ressourcen noch mehrheitlich in Österreich entnommen (Abbildung 9). Die Abhängigkeit von ausländischen Ressourcen hat sich also in den letzten Jahrzehnten kontinuierlich gesteigert. Diese Entwicklung ist als Folge der Globalisierung und stärkeren Ausdifferenzierung der internationalen Arbeitsteilung zu sehen.

Internationaler Handel und die materiellen Vorleistungen von Importen und Exporten

Im Inlandsmaterialverbrauch spielen Importe und Exporte eine zunehmend große Rolle: Grundstoffe, die für die österreichische Produktion benötigt werden, werden ebenso importiert wie höher verarbeitete Güter. Gleichzeitig steigt auch die Masse exportierter Güter. Dadurch kommt es – global gesehen – zu einer stärkeren Aufgliederung des Produktionsprozesses und auch zu einer stärkeren räumlichen Verteilung der einzelnen Produktionsschritte. In der Berechnung und Analyse des Ressourcenverbrauchs müssen daher materielle und energetische Vorleistungen berücksichtigt werden, die mit der Produktion der importierten aber auch der exportierten Güter einher gehen. Hiermit sind die indirekten Ressourcenflüsse gemeint, die nicht direkt in den importierten Gütern stecken, aber während ihrer Herstellung in anderen Ländern verbraucht wurden.

Vorleistungen – Das Beispiel Aluminium

Die Bedeutung der indirekten Ressourcenflüsse soll am Beispiel der Produktion einer Aluminium-Getränkedose veranschaulicht werden: Das Aluminium wird aus Aluminiumerz (Bauxit) gewonnen, und zwar in einem zweistufigen Verfahren. Als erstes wird der Rohstoff Bauxit durch einen chemischen Aufschluss mit Natronlauge zu Tonerde verarbeitet (Bayer-Verfahren). Daraus wird dann mittels Schmelzfluss-elektrolyse das metallische Aluminium gewonnen. Der Aluminiumgehalt in Bauxit beträgt rund 25%. Aus vier bis fünf Tonnen Bauxit kann eine Tonne Aluminium hergestellt werden, die restlichen drei bis vier Tonnen bleiben als Abfälle übrig, u.a. sog. Rot-

schlämme. Diese können ihrerseits jedoch auch wieder andere Rohstoffe enthalten. Im Falle von Aluminium kann das im Bauxit natürlich angereicherte Gallium als Nebenprodukt gewonnen werden. Im Aufbereitungsprozess werden noch weitere Materialien eingesetzt, die als Vorleistungen berücksichtigt werden. Dazu zählen z.B. Kalkstein für die Tonerdegewinnung, Kohle für die Elektrolyse, etc.

Das aufbereitete Aluminium geht anschließend in die Fertigung der Aluminiumdose. Hier entstehen u. a. Schnittverluste, und es werden eine Vielzahl weiterer Materialien genutzt (Schmierstoffe, Lacke, Wasser etc.). Außerdem werden Energierohstoffe¹³ eingesetzt und gebaute Infrastruktur (Gebäude, Straßen) und Maschinen genutzt, um den Rohstoff zum Endprodukt zu verarbeiten. All das wird unter den materiellen und energetischen Vorleistungen berücksichtigt. Die Summe aller genutzten Rohstoffe zur Herstellung einer Aluminiumdose aus natürlichem Bauxit (d. h. nicht aus recycliertem Aluminium) ergibt einen Rohmaterialeinsatz, der das 21fache beträgt (Quelle: Institut für Soziale Ökologie – eigene Berechnung basierend auf Öko-Institut 2009). Zur Produktion von einer Tonne Aluminiumdosen werden also insgesamt 21 Tonnen Rohstoffe in der Herstellung genutzt.

Entlang der Produktionskette werden eine Reihe von materiellen Ressourcen – die Vorleistungen – gebraucht, die in Abfälle und Emissionen umgewandelt werden. Importiert Österreich eine fertige Aluminium-Getränkedose, müssen in einer Abbildung des gesamten Ressourcenverbrauchs die indirekten Flüsse (Vorleistungen) zur Herstellung der Getränkedose, die als Abfallstoffe im Land der Herstellung verbleiben, berücksichtigt werden.

Der Rohmaterialverbrauch berechnet den Ressourcenverbrauch inklusive der Vorleistungen

Möchte man also etwas über den gesamten Ressourcenbedarf eines Landes und seines Endkonsums aussagen, dann müssen die Vorleistungen insgesamt erfasst und dem Endverbrauch der importierenden Länder zugeordnet werden. Nur so können die gesamten Rohstoffaufwendungen eines Landes berechnet werden, die dem Endkonsum eines Landes zuzurechnen sind. In der MFA werden die materiellen

Vorleistungen der Importe und Exporte als Rohmaterialäquivalente (RME) zusammengefasst. Rechnet man die RME dann dem Inlandsmaterialverbrauch hinzu, erhält man den Rohmaterialverbrauch (RMC) einer Gesellschaft inklusive der indirekten Flüsse. Oder anders gesagt, der Rohmaterialverbrauch umfasst alle Rohstoffe, die national und global entnommen und verbraucht wurden, um die Produkte herzustellen, die alle ÖsterreicherInnen konsumiert haben. Aufgrund der zunehmenden Bedeutung des Außenhandels werden auf EU-Ebene derzeit vermehrt Anstrengungen unternommen, auch diese indirekten Flüsse zu berücksichtigen und die vorhandenen Datenlücken zur Berechnung der Rohmaterialäquivalente zu schließen.

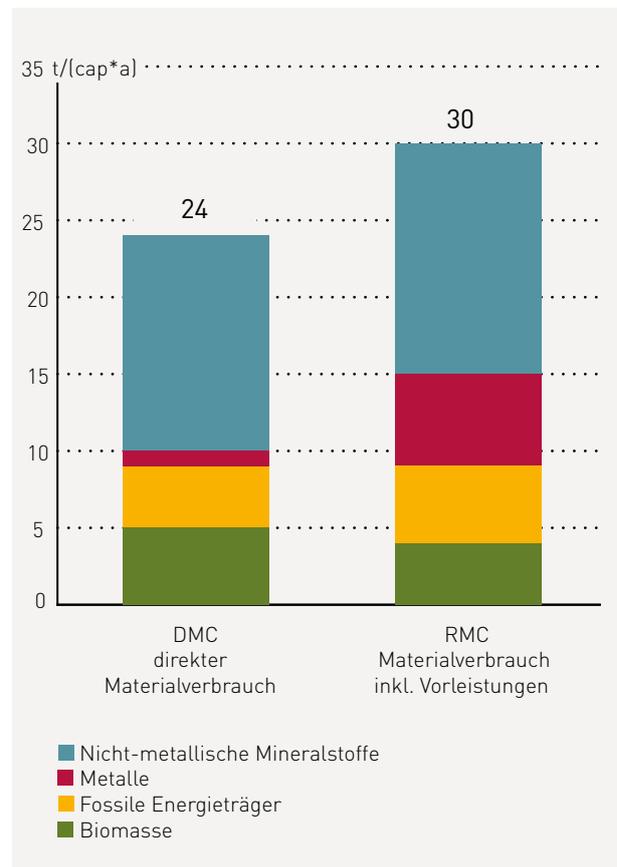


Abbildung 10: Ressourcenverbrauch in Österreich, 2005, in Tonnen pro Kopf – mit und ohne Berücksichtigung der Vorleistungen von Importen und Exporten
Quelle: Schaffartzik et al. 2011

¹³ Der spezifische Energiebedarf um Primäraluminium aus Bauxit zu erzeugen beträgt etwa 160–240 MJ/kg. Für die Produktion von Sekundäraluminium (auf Schrottbasis) ist der Einsatz von 12–20 MJ/kg erforderlich (Czichos und Hennecke 2008).

Für Österreich wurde der RMC – also der Ressourcenverbrauch inklusive der indirekte genutzten Ressourcenflüsse (Vorleistungen) – für drei Zeitabschnitte (1995, 2000 und 2005) berechnet (Schaffartzik et al. 2011). Im Folgenden wird ein kurzer Einblick in die Ergebnisse gegeben, die empirischen Ergebnisse werden jedoch nicht im Detail diskutiert.

Österreich lagert Ressourcenverbrauch in andere Länder aus

Der Rohmaterialverbrauch (RMC) – also die Summe aller genutzten Ressourcen inklusive der Vorleistungen – liegt in Österreich, wie in anderen Importländern, deutlich über dem direkten Materialverbrauch (DMC), der keine Vorleistungen berücksichtigt. Eine Abschätzung (Schaffartzik et al. 2011) für das Jahr 2005 zeigt, dass für die Deckung des österreichischen Ressourcenverbrauches pro Jahr zusätzlich 35 Millionen Tonnen Ressourcen im Ausland als Vorleistungen verbraucht werden. Wenn alle verbrauchten

Ressourcen berücksichtigt werden, braucht ein/e ÖsterreicherIn umgerechnet rund 30 Tonnen pro Kopf und Jahr oder ca. 80 Kilogramm pro Tag; das ist um ein Viertel mehr als der direkte Materialverbrauch, also ohne die materiellen Vorleistungen, der nur 24 Tonnen pro Jahr oder 66 Kilogramm pro Tag beträgt.

Die Berücksichtigung der Vorleistungen schlägt sich insbesondere in einer Erhöhung des Inlandsmaterialverbrauches an metallischen Gütern (fast das Fünffache des DMC) und an fossilen Energieträgern (um die Hälfte größer als der DMC) nieder. Im Gegensatz zu den metallischen Gütern und den fossilen Energieträgern verändert sich der Verbrauch an nicht-metallischen Mineralstoffen nur marginal, wenn die Vorleistungen berücksichtigt werden. Der Biomasseverbrauch ist im RMC sogar niedriger als im DMC. Letzteres kommt vor allem durch die hohen Biomasse-Exporte (insbesondere von vorleistungsintensiven tierischen Produkten) Österreichs zustande: 2005 machten Biomasse und Produkte aus Biomasse

Ungenutzte Entnahme (unused extraction)

In einer erweiterten MFA wird auch die ungenutzte Entnahme berechnet. Als ungenutzte Entnahme (unused extraction) werden alle Materialien gezählt, die unter dem Einsatz von Technologie entnommen oder in der Natur bewegt werden, ohne die Absicht, diese Flüsse im gesellschaftlichen System zu verwenden oder ihnen einen ökonomischen Wert zuzuordnen. Dazu zählen zum Beispiel Bodenaushub bei der Errichtung von Infrastruktur, nicht verwerteter Abraam beim Bergbau, Ernterückstände in der Landwirtschaft, Beifang beim Fischfang etc. (Eurostat 2001; Bringezu, Bleischwitz 2009; Aachener Stiftung Kathy Beys 2011).

Unter Berücksichtigung der ungenutzten Entnahme, lassen sich in der MFA folgende Indikatoren ableiten:

Der **Total Material Requirement (TMR)** umfasst die Inlandsentnahme inkl. der ungenutzten Entnahme sowie die importierten Güter inklusive ihrer materiellen Vorleistungen und der damit verbundenen ungenutzten Entnahme.

Die **Total Material Consumption (TMC)** berechnet sich aus TMR abzüglich der exportierten Güter und ihren Vorleistungen (genutzte und ungenutzte Entnahme).

über 40% der österreichischen Exporte aus und waren somit bei weitem der größte physische Exportfluss.

Durch Importe lagern Industrieländer wie Österreich also einen erheblichen Teil des mit ihrem Konsum verbundenen Ressourcenverbrauchs (und der damit verbundenen Umweltbelastung) in die produzierenden Länder aus¹⁴. In der Beurteilung der globalen Ressourcennutzung und des jeweiligen Beitrages eines Landes dazu ist es daher entscheidend, die Vorleistungen des Außenhandels zu berücksichtigen.

Wer braucht welche Ressourcen? Verbrauch in den Sektoren

Bisher wurde in diesem Kapitel die Volkswirtschaft als Gesamtes betrachtet. Im Folgenden wird nun der Blick auf die Verwendung der Ressourcen innerhalb der österreichischen Wirtschaft gerichtet. Als erstes werden dazu die Nachfrage und der Verbrauch der Sektoren analysiert. Im Jahr 2005 betrug der direkte Materialeinsatz (also die Inlandsentnahme zuzüglich der Importe) der fünf größten Sektoren über 158 Millionen Tonnen; das sind bereits etwa 3% des ge-

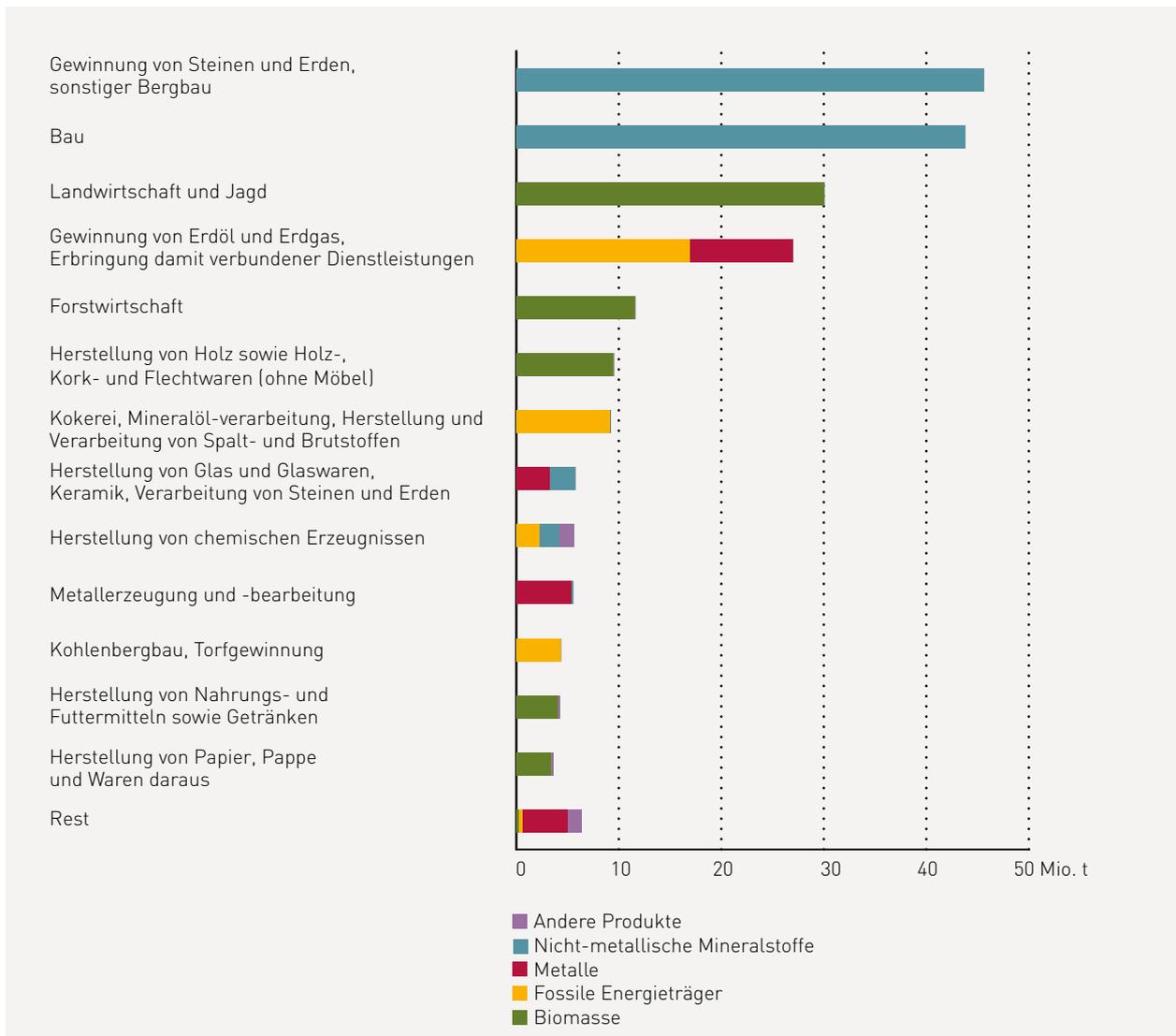


Abbildung 11: sektoraler Materialeinsatz in Millionen Tonnen, Österreich 2005
Quelle: Schaffartzik et al. 2011

¹⁴ Im Sinne einer Sicherung der Rohstoffversorgung ist daher ein sparsamer Umgang mit importierten Rohstoffen und Produkten erforderlich. Um Versorgungsengpässen durch abrupte Liefereinschränkungen entgegenzuwirken, kann – wo möglich – auf die heimische Rohstoffgewinnung zurückgegriffen werden. Dabei ist jedoch zu bedenken, dass die Zeitdauer der Rohstoffsuche bis zur tatsächlich Extraktion mit einiger Verzögerung einhergehen kann. Am Beispiel des Bergbaus können bis zur Inbetriebnahme erfahrungsgemäß bis zu 10 Jahre vergehen.

samten österreichischen Materialeinsatzes. Diese fünf Sektoren sind zum einen die vier Primärsektoren, in denen die österreichische Inlandsentnahme betrieben wird: die Gewinnung von Steinen und Erden, die Landwirtschaft und die Jagd, die Gewinnung von Erdöl und Erdgas und die Forstwirtschaft. Als fünfter Sektor zählt zum anderen der Bausektor, der ebenfalls beträchtliche Mengen an Ressourcen direkt entnimmt. Den höchsten Materialeinsatz beanspruchte im Jahr 2005 die Gewinnung von Steinen und Erden mit etwas über 45 Millionen Tonnen, dicht gefolgt vom Bausektor (ca. 44 Millionen Tonnen).

Berücksichtigt man zusätzlich zu den fünf oben genannten Sektoren auch den produzierenden Bereich, der die Herstellung von Waren aus unterschiedlichen Ausgangsmaterialien (und den oben schon eingerechneten Bau) umfasst, so ist dadurch nahezu der gesamte Materialeinsatz abgedeckt. Nach den vier Materialkategorien bedeutet das: Biomasse wird vor allem in der Landwirtschaft und der Jagd sowie in der Produktion von Biomasse-basierten Produkten wie Holzwaren, Nahrungsmitteln, Papier, Gummwaren, Lederwaren, Tabak und in der Fischerei eingesetzt. Der größte Materialeinsatz an fossilen Energieträgern ist vor allem jenen Sektoren zuzuordnen, die Erdöl, Erdgas und Kohle fördern sowie den weiterverarbeitenden Sektoren, wo die fossilen Energieträger energetisch genutzt werden.

Zusätzlich fließen fossile Energieträger in die Produktion von chemischen Erzeugnissen und Kunststoffwaren ein, wo auch die stoffliche Nutzung eine Rolle spielt. Metalle finden Eingang in die Bergbau-sektoren und die weitere Metallverarbeitung sowie die Herstellung von Kraftwagen und sonstigen Fahrzeugen, von anderen Metallerzeugnissen, Maschinen und Instrumenten (z. B. in der Elektrizitätserzeugung, in der Rundfunktechnik, der Datenverarbeitung und der Herstellung von Mess- und Steuerungsinstrumenten). Der direkte Materialeinsatz an nicht-metallischen Mineralstoffen entfällt vor allem auf den Bergbau- und den Bausektor. Weiters werden die nicht-metallischen Mineralstoffe in der Herstellung von Glas- und Keramikwaren, von chemischen Erzeugnissen und in der Metallerzeugung und -bearbeitung als Hilfsstoffe eingesetzt.

Der Großteil des in Österreich eingesetzten Materials geht in die industrielle Produktion. Der Konsum der privaten Haushalte ist aus stofflicher Sicht weniger bedeutend, wird allerdings dann relevant, wenn man die Energiebilanz betrachtet. In Österreich erfolgte 2009 ein Viertel des energetischen Endverbrauchs

in den Haushalten, weitere 35% im Transport und 30% in der Produktion. Dienstleistungen (10%) und die Landwirtschaft (2%) sind aus energetischer Sicht eher zu vernachlässigen (Statistik Austria 2011b). Ressourcennutzung kann auch entlang von Aktivitäten oder Bedarfsfeldern betrachtet werden. Wohnen, Transport und Ernährung werden in diesem Zusammenhang meist als die drei Bereiche beschrieben, die durch den größten Ressourcenverbrauch oder die größten Umweltauswirkungen (z. B. CO₂-Emissionen) gekennzeichnet sind. Eine genauere Analyse dazu steht für Österreich derzeit nicht zur Verfügung.

Pro-Kopf-Verbrauch – Österreich im europäischen Vergleich

Der durchschnittliche Ressourcenverbrauch (ohne Vorleistungen der Importe und Exporte) einer Österreicherin oder eines Österreichers lag 2008 bei 24 Tonnen pro Kopf. Der Durchschnitt in der Europäischen Union (EU27) liegt bei 16 t/Kopf und ist damit etwa um ein Drittel geringer.

Der österreichische Ressourcenverbrauch liegt vor allem in zwei Materialgruppen über dem EU-Mittelwert: Biomasse und nicht-metallische Mineralien. Im Falle der Biomasse liegt der hohe Ressourcenverbrauch vor allem an der vergleichsweise großen Bedeutung der Viehwirtschaft. Pro Kopf wird im Grünland dominierten Österreich mehr Vieh gehalten als in den anderen EU-Ländern. Dementsprechend hoch ist der Umsatz an Grünfütter und anderen Futtermitteln. Auch die Forstwirtschaft ist in Österreich ein wichtiger Sektor mit größerer Produktion als in anderen Ländern der EU.

Im hohen Verbrauch der Baurohstoffe spiegeln sich Klima und Gelände des von den Alpen geprägten Österreich wider, die eine materialaufwändige Bauweise sowohl bei Gebäuden (z. B. Wärmeisolierung) als auch bei Straßen und sonstiger Verkehrsinfrastruktur (z. B. höhere Anforderungen an Temperaturschwankungen) notwendig machen. Schließlich trägt auch die vergleichsweise geringe Bevölkerungsdichte zum höheren pro Kopf Bedarf an gebauter Infrastruktur bei. Ein ausgedehntes Netz an Infrastruktur, weniger dicht bebaute Wohnflächen, eine höhere Anzahl an Einfamilienhäusern, ausgedehnte rurale Gegenden und weniger urbane Ballungsräume etc. sind Einflussfaktoren, die vor allem den Verbrauch an nicht-metallischen Mineralstoffen auf ein höheres Niveau heben, als in dichter besiedelten Ländern.

In diesem Zusammenhang muss jedoch nochmals erwähnt werden, dass ein Ländervergleich immer auch durch die Datenqualität geprägt ist. Auch in den MFA Daten gibt es Unterschiede in der Datenqualität, die sich vor allem im Umfang der erfassten Flüsse aber auch in den angewandten Methoden zur Revision bei Datenproblemen niederschlägt. Unterschiede in der Datenerfassung müssen daher als weiterer Faktor in der Datenanalyse berücksichtigt werden. Die Datenqualität der österreichischen MFA ist als relativ

hoch einzustufen. Sowohl die statistischen Daten-grundlage als auch die Berechnungsmethodik sind sehr weit entwickelt. Dies betrifft vor allem die Baurohstoffe, die in der statistischen Berichterstattung üblicherweise eher schlecht erfasst werden. In Österreich ist die Methodik zur Schätzung der Baurohstoffe sehr weit entwickelt (siehe Daten- und Methodenbeschreibung im Anhang 1 bis 3), dagegen ist in anderen Ländern eine teilweise Untererfassung dieser Materialien zu erwarten.

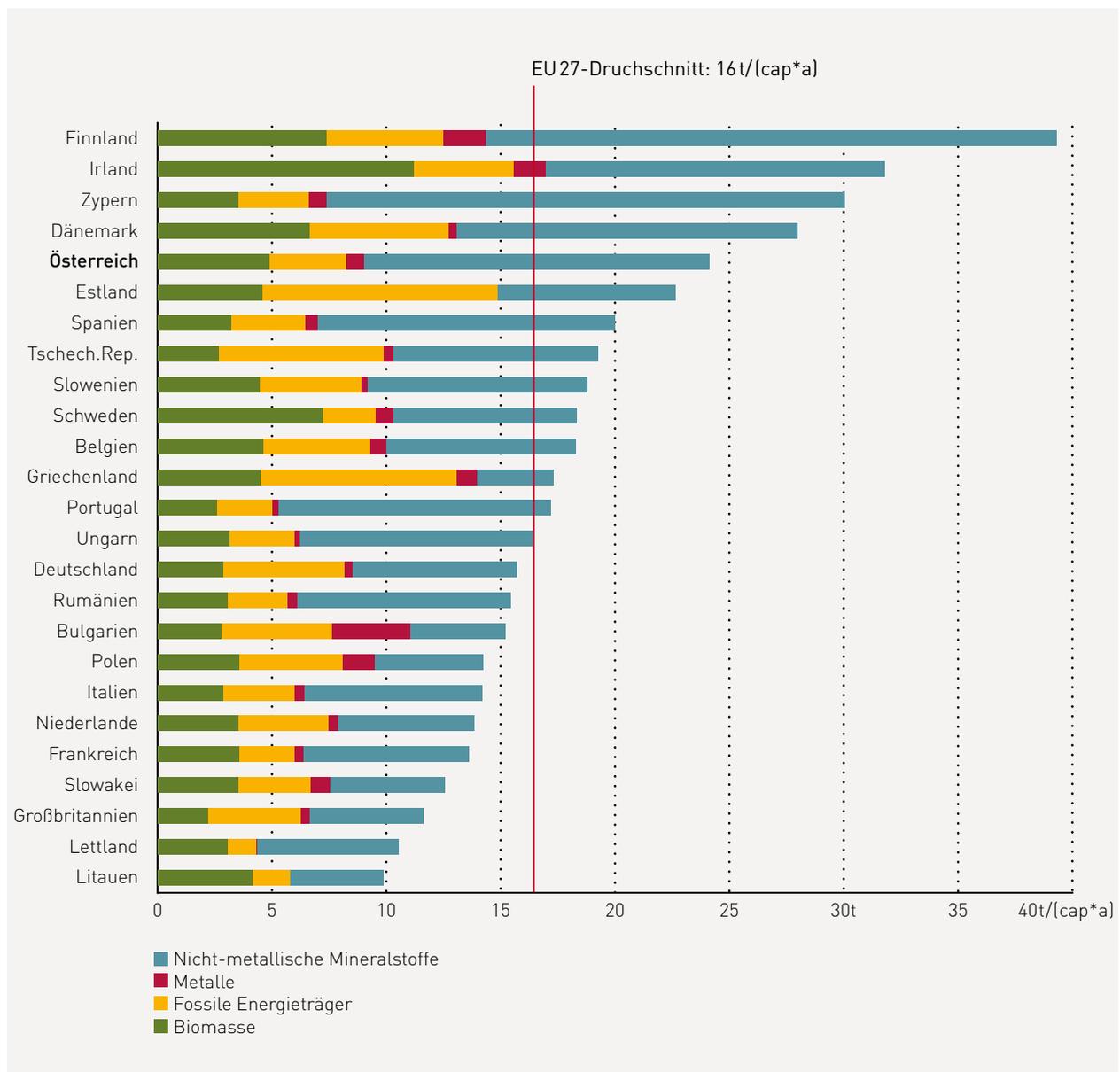


Abbildung 12: Österreichs Ressourcenverbrauch im Europäischen Vergleich¹⁵, 2005
 Quelle: eigene Berechnung nach Eurostat 2009b

¹⁵ In der Darstellung fehlen zwei EU-Länder, das sind Malta und Luxemburg. Für die beiden Länder liegen keine nationalen MFA Daten vor.

Ein Finne braucht 39 t/Kopf, eine Litauerin nur 10 t/Kopf. Warum sind die Unterschiede so groß?

Die Bandbreite des Materialverbrauchs in den einzelnen EU-Mitgliedsländern (siehe Abbildung 12) ist groß und das in allen Materialgruppen. Daran lässt sich erkennen, wie viele unterschiedliche Faktoren hier einen Einfluss haben: das Einkommen (BIP pro Kopf) ist eine maßgebliche Triebkraft im Ressourcenverbrauch: je höher das BIP in einem Land ist umso höher ist in der Regel auch der Ressourcenverbrauch pro Kopf. Aber die Wirtschaftsleistung erklärt nicht alle Unterschiede. Daneben spielt auch die Bevölkerungsdichte durch ihren Einfluss auf die Infrastruktur oder die Siedlungsformen und Nutzungsdichte urbaner Ballungsräume eine wichtige Rolle. Auch die Ausstattung mit natürlichen Ressourcen, also ob Länder eigene Ressourcen zur Verfügung haben, und ob sie Rohstoffe in größerer Menge am Weltmarkt anbieten können, ist ein bestimmender Faktor. Aufgrund der großen Materialmengen, die in der Primärproduktion anfallen, zeigen ressourcenreiche, exportorientierte Länder tendenziell einen sehr hohen Ressourcenverbrauch. Länder mit geringer Ressourcenausstattung hingegen sind von Importen abhängig, was sich meist in einem relativ niedrigeren Materialverbrauch (DMC) im eigenen Land niederschlägt, da die indirekten Flüsse nicht

mitgerechnet werden. Neben Import- und Exportorientierung beeinflusst auch die weitere Spezialisierung auf bestimmte Wirtschaftszweige (land- oder forstwirtschaftliche Produktion, Bergbau, metallverarbeitende Industrie, Ölförderung und -aufbereitung, etc.) die Struktur und Zusammensetzung des Materialverbrauchs nach den vier Materialgruppen (siehe Kapitel 3). In der Interpretation der relativen Höhe des Ressourcenverbrauchs im jeweiligen Land müssen daher all diese Faktoren berücksichtigt werden.

Einen sehr hohen pro Kopf Verbrauch weist Finnland auf: Hier trifft eine der niedrigsten Bevölkerungsdichten in ganz Europa (ca. 16 EinwohnerInnen pro km²; in Österreich sind es knapp 100 EinwohnerInnen pro km²) mit klimatischen Bedingungen aufeinander, die hohe materielle Investitionen in den Bau von Wohnraum und Infrastruktur erforderlich machen. Gleichzeitig spielt die materialintensive Extraktion von Rohstoffen (insbesondere Holz) in der finnischen Wirtschaft eine wichtige Rolle. Dass mit Litauen und Lettland zwei ebenfalls sehr dünn besiedelte Länder den niedrigsten Ressourcenverbrauch pro Kopf in der EU aufweisen, verdeutlicht, dass es das Zusammenspiel unterschiedlicher Faktoren ist, das letztlich ausschlaggebend ist. Im Falle von Litauen und Lettland prägen das verhältnismäßig geringe pro Kopf Einkommen und die relativ geringe inländische Ressourcenentnahme den niedrigen Ressourcenverbrauch.

Der Österreichische Ressourceneffizienz-Aktionsplan (REAP)

In Österreich wird unter Leitung des Lebensministeriums seit 2010 an der Erstellung des Österreichischen Ressourceneffizienz-Aktionsplans gearbeitet. Dazu werden in einem Stakeholderprozess die wesentlichen Ziele, Leitmaßnahmen und Leitinstrumente für eine Steigerung der Ressourceneffizienz in Österreich erarbeitet. Der Ressourceneffizienz-Aktionsplan soll 2011 fertig gestellt werden. Parallel dazu wird ein österreichisches «Netzwerk Ressourceneffizienz» aufgebaut, in dem Stakeholder aus Verwaltung, Wirtschaft, Forschung und Zivilgesellschaft versammelt sind und sich u. a. im Rahmen eines jährlichen «Round Table Ressourceneffizienz» zu inhaltlichen Themenschwerpunkten oder Best Practice Beispielen austauschen.

<http://www.lebensministerium.at>

<http://www.nachhaltigkeit.at>

3

Ein Blick auf die vier Materialgruppen

Während bisher die übergeordneten Trends im österreichischen Ressourcenverbrauch behandelt wurden, wird nun der Ressourcenverbrauch anhand der vier Materialkategorien betrachtet: Biomasse, fossile Energieträger, Metalle und nicht-metallische Mineralstoffe.

Wie haben sich Inlandsentnahme, Importe und Exporte für die vier Gruppen entwickelt? Mit welchen Faktoren hängt diese Entwicklung zusammen? Welche Funktion erfüllen diese Ressourcen für uns? Wo entstehen Anknüpfungspunkte an aktuelle gesellschaftspolitische Themen? Auf diese Fragen wird in den folgenden Abschnitten eingegangen.

Im Jahr 2008 machten nicht-metallische Mineralstoffe über die Hälfte unseres Ressourcenverbrauchs aus, ein weiteres Viertel entfiel auf Biomasse. Metalle und fossile Energieträger fielen mengenmäßig weniger ins Gewicht; dennoch spielten diese Stoffe bei einer ökonomischen Betrachtung oder auch in Produktionsprozessen eine wichtige Rolle. Abbildung 13 zeigt nochmals die Aufteilung des Ressourcenverbrauchs auf die vier Materialkategorien.

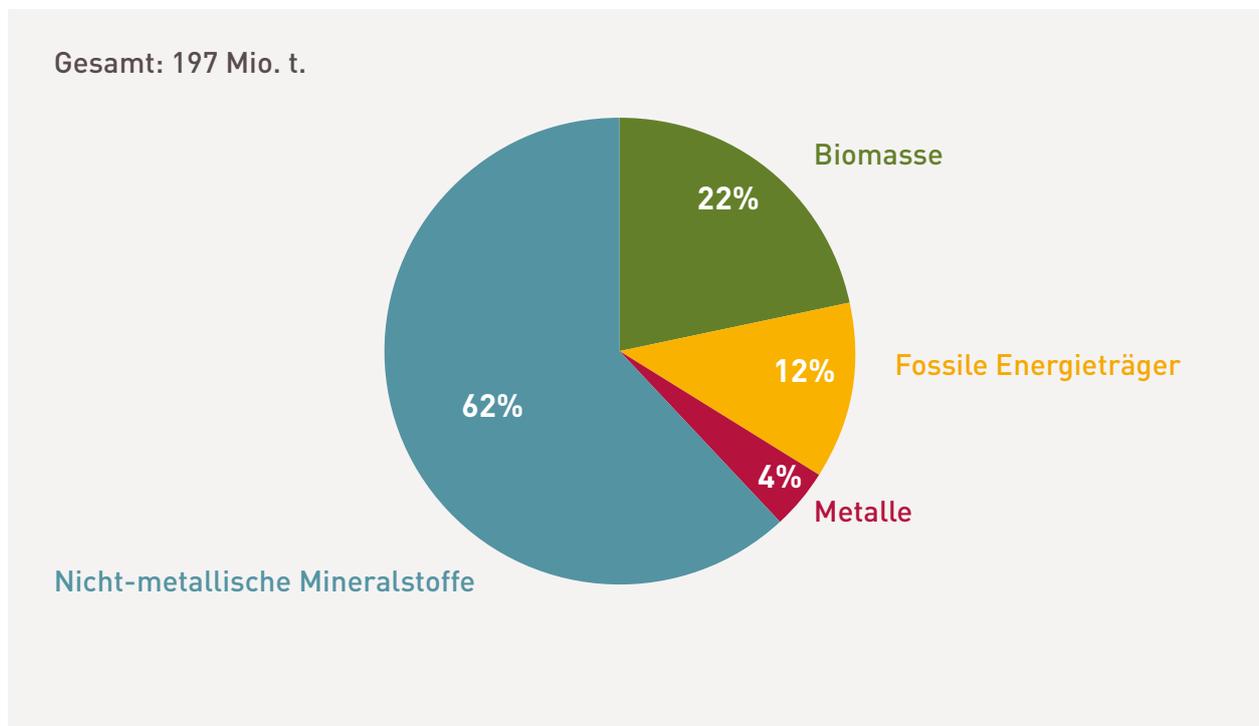


Abbildung 13: Ressourcenverbrauch in Österreich in Tonnen nach Materialgruppen im Jahr 2008
Quelle: Statistik Austria 2011d

In der nachfolgenden Abbildung 14 ist die zeitliche Entwicklung der vier betrachteten Kategorien in den Jahren 1960 bis 2008 dargestellt. Die Inlandsentnahme von Biomasse z. B. ist über die letzten 50 Jahre relativ stabil geblieben, die Importe und Exporte von Bioasse-basierten Produkten der Land- und Forstwirtschaft sind dagegen stark gewachsen und machen 2008 gut die Hälfte der Inlandsentnahme aus. In der heimischen Industrie, die zum guten Teil für den Export produziert, wird also vermehrt Biomasse aus dem Ausland eingesetzt. Für Metalle und fossile Energieträger wiederum ist ein Rückgang der heimischen Entnahme zu erkennen, während die grenzüberschreitenden Handelsflüsse für beide Materialgruppen signifikant an Bedeutung gewonnen. Importe und Exporte der Produkte

aus metallischen Rohstoffen stiegen gleichermaßen, jedoch sind die exportierten Massen ein Drittel geringer als die Importe. Hierin wird deutlich, dass Österreich Produkte aus metallischen Rohstoffen bearbeitet, ein Teil davon in den österreichischen Endkonsum geht und der andere Teil anschließend wieder exportiert wird. Fossile Energieträger hin gegen werden fast ausschließlich für die Energiebereitstellung in Österreich importiert und im Land gelagert oder konsumiert. Exporte fallen hier nicht ins Gewicht. In der Gruppe der nicht-metallischen Mineralstoffe schließlich spielt der Außenhandel keine wesentliche Rolle. Auch über den Zeitverlauf hinweg zeigt sich nur geringes Wachstum.

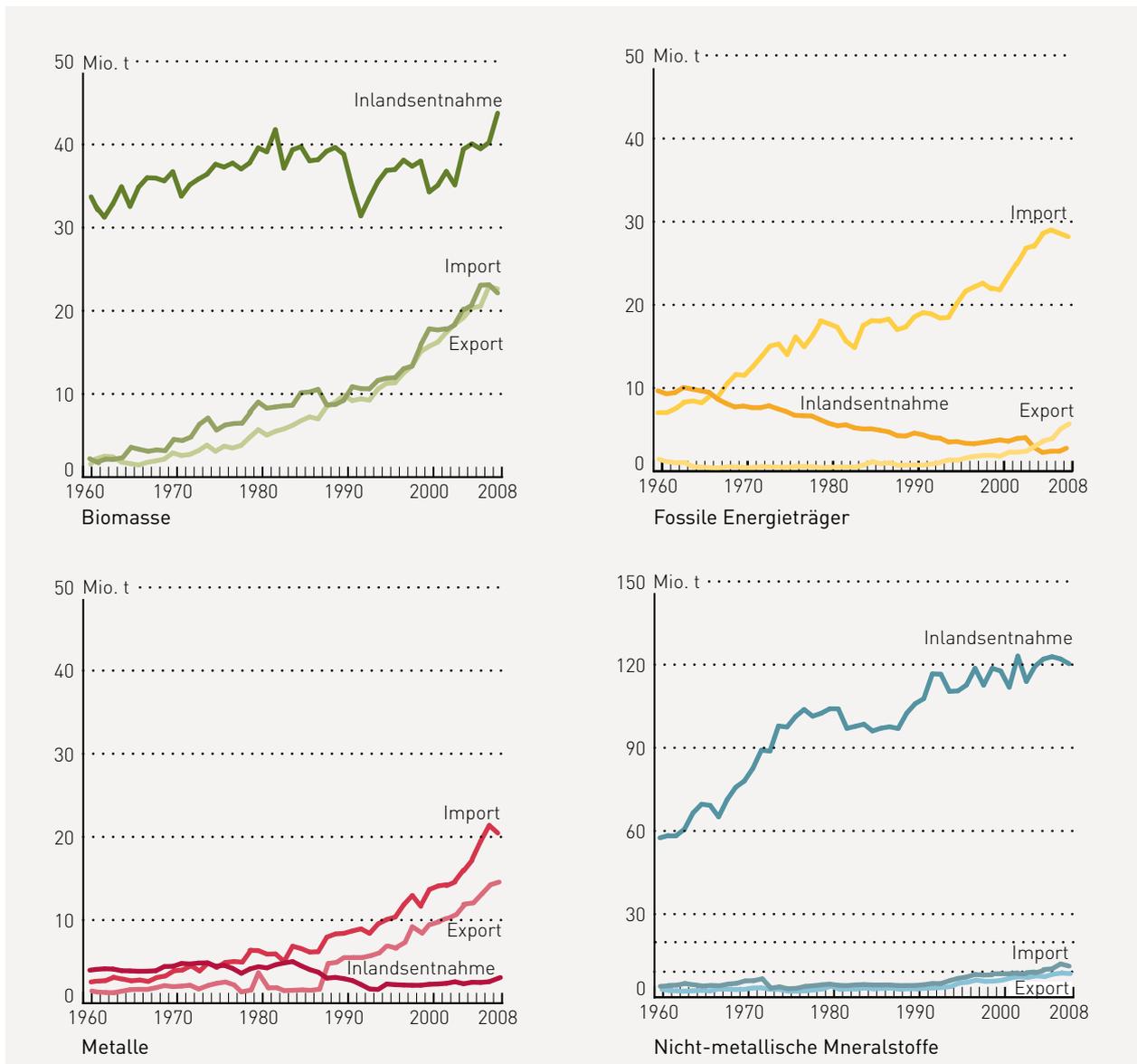


Abbildung 14: Entwicklung der Entnahme, Importe und Exporte für die vier Materialgruppen in Millionen Tonnen
Quelle: Statistik Austria 2011d

Biomasse

Biomasse umfasst sämtliche organische Substanz, das sind lebende Pflanzen, Tiere, Mikroorganismen, und auch tote organische Substanz (Totholz, Laub, Stroh etc.). Biomasse wird vielfach als erneuerbarer oder nachwachsender Rohstoff bezeichnet. Die aus Biomasse entstandenen fossilen Energieträger werden nicht dazu gerechnet.

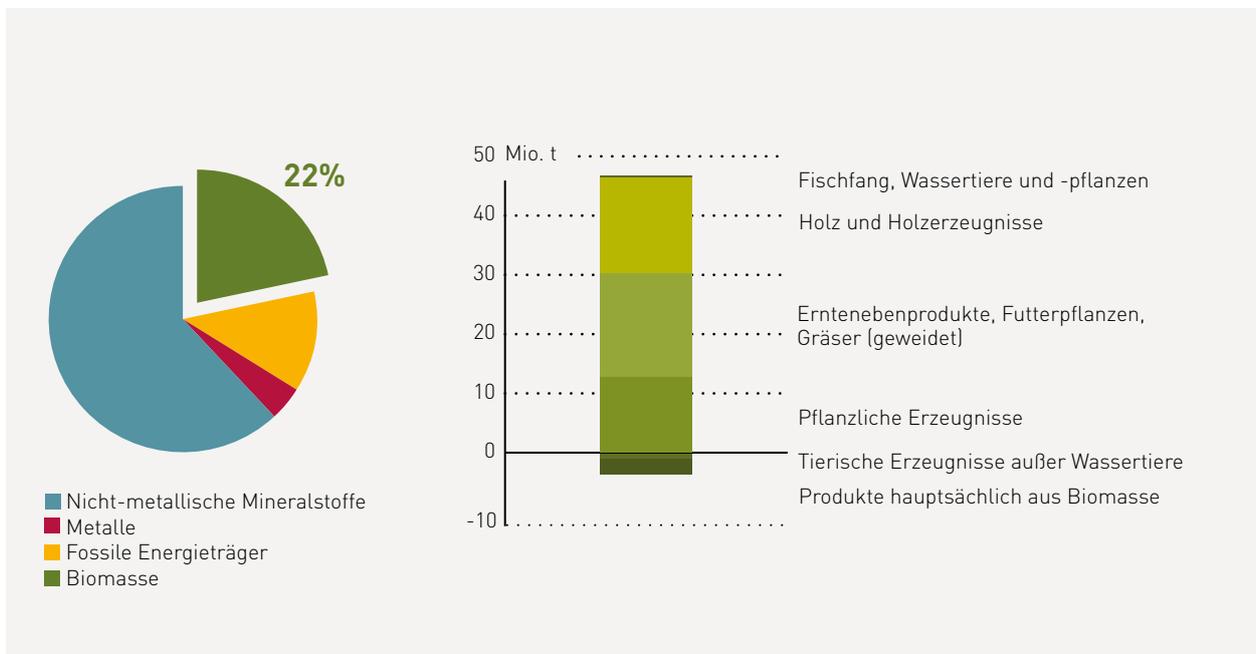


Abbildung 15: Ressourcenverbrauch in Österreich 2008 und Detailsicht auf den Biomasseverbrauch
Quelle: Statistik Austria 2011d

Die Materialgruppe Biomasse umfasst sämtliche aus der Natur entnommenen pflanzlichen Rohstoffe: Dazu zählen die Produkte des Ackerbaues sowie alle genutzten Erntenebenprodukte wie etwa Stroh, die Ernte vom Grünland inklusive der von Nutztieren geweideten Biomasse und Holz. In der Materialflussrechnung (MFA) werden tierische Produkte der heimischen Landwirtschaft (Fleisch, Milch, Eier und Fische aus Aquakultur) als Ressourcenfluss innerhalb der Gesellschaft und daher nicht als direkte Entnahme gerechnet, da bereits die Ressourcengrundlage (Futter) gezählt wird¹⁶.

Bei den Importen und Exporten werden alle gehandelten Güter erfasst, also auch Produkte, die nicht in der Inlandsentnahme berücksichtigt werden. Dazu zählen Produkte tierischen Ursprungs, wie auch Biomasse-basierte Handelswaren, die keiner der anderen Sub-Kategorien zugerechnet werden können. Für beide Kategorien ist Österreich ein Netto-Exporteur, daher erscheint der Materialverbrauch in diesen Kategorien negativ (siehe Abbildung 15).

¹⁶ Tierische Produkte aus der Jagd und aus Fischfang werden jedoch sehr wohl als Inlandsentnahme eingerechnet.

Biomasse ist mengenmäßig nach wie vor ein sehr bedeutender Rohstoff

Etwa ein Drittel der weltweit jährlich entnommenen Ressourcen entfällt auf Biomasse. Auch in Österreich macht dieser Anteil derzeit 30% aus, das sind insgesamt 40 Millionen Tonnen Biomasse Entnahme pro Jahr. Ungefähr je ein Drittel der Entnahme verteilt sich auf Ackerprodukte (30%), Holz (34%) und vom Grasland geweidete Biomasse (35%). Trotz der beträchtlichen Entnahme im eigenen Land, werden auch große Mengen Biomasse-basierter Güter nach Österreich importiert. Im Jahre 2008 waren das 22 Millionen Tonnen. Fast zwei Drittel dieser Importe entfielen auf Holz und Holzprodukte, vor allem Rohholz und Altpapier für die Holzverarbeitende Industrie. Im Bereich landwirtschaftlicher Biomasse wurden vor allem Eiweiß-Futtermittel, Zucker sowie Nahrungs- und Getränkezubereitungen eingeführt. Die Exporte von Biomasse sind ebenfalls beträchtlich. Ausgeführt werden vor allem höher verarbeitete Produkte aus Holz (Papier, Schnittholz), Getreide und Milchprodukte. Wie Abbildung 14 (Seite 35) zeigt, wachsen die Importe und Exporte von Biomasse sehr rasch, während die inländische Entnahme bis 2008 stagniert. Die Mengen der Importe und Exporte sind allerdings beinahe gleich hoch, sodass die Nettohandelsbilanz ausgeglichen ist. Obwohl Österreich ein Land mit einer traditionell bedeutenden Land- und Forstwirtschaft ist, findet hier eine zunehmende Entkoppelung der verarbeitenden land- und forstwirtschaftlichen Industrien von der heimischen Ressourcenbasis statt; das heißt die österreichische Industrie braucht zunehmend Importe von Biomasse-basierten Waren. Umgerechnet auf die Bevölkerung, werden im Durchschnitt je ÖsterreicherIn 5 Tonnen Biomasse pro Jahr umgesetzt, das entspricht 14 kg pro Tag. Zum Vergleich: der Gesamtverbrauch in Österreich lag 2008 bei 24t/Kopf und Jahr.

Biomasseproduktion und Landnutzung

Die Produktion von Biomasse steht in engem Zusammenhang mit der Landnutzung. In Österreich gehen die landwirtschaftlich genutzten Flächen langsam zurück (Abbildung 16); seit 1960 wurden etwa 6.600km² Acker- und Grünland (das sind 21%) aus der Produktion genommen. Ein großer Teil dieser Flächen wurde durch natürliche Sukzession zu Wald und so nimmt die österreichische Waldfläche kontinuierlich zu. Mittlerweile sind 39.000km² oder fast die

Hälfte der Fläche Österreichs wieder mit Wald bedeckt. Aber die Landwirtschaft musste auch Siedlungsflächen weichen. Nach aktuellen Schätzungen des Umweltbundesamtes beträgt der jährliche Flächenverbrauch für Siedlungs- und Verkehrstätigkeit etwa 90km², wenn man die städtischen Grün- und Erholungsflächen mit einbezieht (Petz 2001).

Doch nicht nur das Flächenausmaß sondern auch die Intensität der Landnutzung ändert sich. Nach einer Zunahme der Nutzungsintensität in den 1960er und 70er Jahren wurden in den letzten Jahren deutliche Entlastungen realisiert. Abbildung 17 (Seite 35) zeigt, dass der Verbrauch mineralischer Düngemittel in der Landwirtschaft bereits in den 1970er Jahren einen Höhepunkt erreichte. Seither ist der Einsatz von Düngemitteln rückläufig. Düngemittel werden heute wesentlich effizienter eingesetzt, sodass Einbußen in der Ertragszunahme ausgeblieben sind. Die durchschnittlichen Getreideerträge steigen kontinuierlich

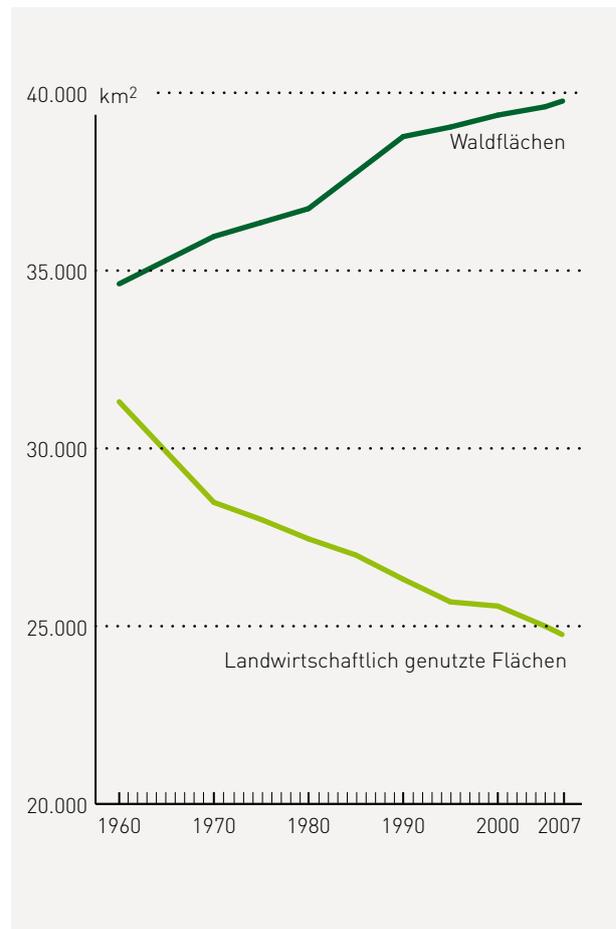


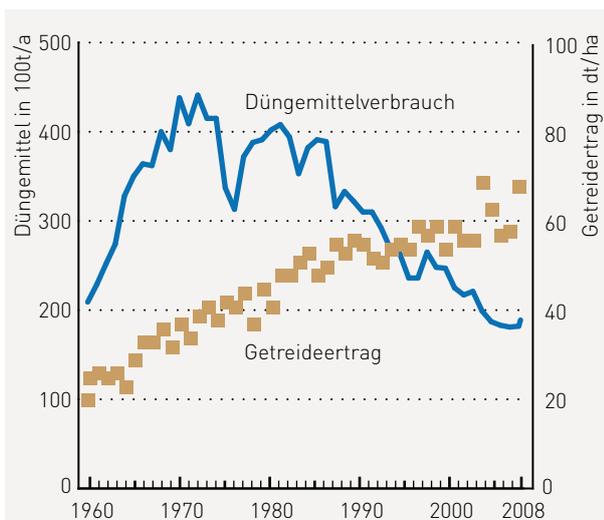
Abbildung 16: Flächennutzung in Österreich
 Quelle: Bundesanstalt für Agrarwirtschaft 2011, Bundesamt und Forschungszentrum für Wald (BFW) 2011, Krausmann et al. 2003

und sind in Österreich seit 1960 um einen Faktor 2,5 gewachsen. Insgesamt ist die inländische Entnahme landwirtschaftlicher Biomasse allerdings seit den 1980er Jahren rückläufig. Die Holzernte nimmt dagegen seit fast drei Jahrzehnten zu. Laut letzter Waldinventur (Bundesamt und Forschungszentrum für Wald (BFW) 2011) werden im bewirtschafteten Wald rund drei Viertel des nachhaltigen jährlichen Holzzuwachses geerntet.

Biomasse zur menschlichen Ernährung und zur Fütterung von Nutztieren

Biomasse wird vor allem für die menschliche Ernährung verwendet. In dieser Funktion ist Biomasse durch keine anderen Rohstoffe substituierbar. Allerdings finden nur etwa 10% aller Agrarprodukte ihren Weg direkt in die Erzeugung von Nahrungsmitteln. Der überwiegende Teil, nämlich etwa drei Viertel der

gesamten genutzten landwirtschaftlichen Biomasse (in Tonnen gerechnet), wird an Nutztiere verfüttert, deren Produkte dann der menschlichen Ernährung zukommen. Das bedeutet, dass im Durchschnitt etwa 5 bis 10 Tonnen landwirtschaftliche Biomasse benötigt werden um eine Tonne tierischer Produkte herzustellen. Viehhaltung ist also äußerst materialintensiv und prägt dadurch den Biomasseverbrauch in einem Land maßgeblich. Je höher der Viehbestand pro Einwohner, desto höher auch der Biomasseverbrauch pro Kopf. In Österreich spielt Viehhaltung aufgrund der biogeographischen Situation (Bedeutung der Alpen) eine überdurchschnittliche Rolle (Erhalt der Kulturlandschaft, nachhaltige Grünlandnutzung). Auf jede/n ÖsterreicherIn entfallen 0,4 Großvieheinheiten¹⁷. Innerhalb Europas haben nur Irland mit 2 GVE/Kopf, Dänemark mit 1 GVE/Kopf und Belgien/Luxemburg, Niederlande und Frankreich mit je 0,5 GVE/Kopf mehr Viehbestand pro EinwohnerIn. Ein großer Teil hochwertiger heimischer, aber auch importierter Ackerprodukte (etwa ein Fünftel aller in Österreich genutzten landwirtschaftlichen Biomasse), vor allem Gerste, Mais und Sojaschrot werden als Futtermittel in der Viehhaltung eingesetzt und in tierische Produkte umgewandelt. Viehhaltung ermöglicht aber gleichzeitig auch die Nutzung von Flächen, die aus klimatischen oder geländemorphologischen Gründen für den Ackerbau ungeeignet sind, etwa im Alpenen Raum.



Die Intensität der Agrarproduktion wird hier dargestellt durch die Gegenüberstellung des Verbrauchs an mineralischen Düngemitteln (Reinnährstoff von Stickstoff, Phosphor und Kali Dünger) und dem spezifischen Getreideertrag in Dezitonnen (dt)/ha (1 Dezitonne (dt) entspricht 100kg)

Abbildung 17: Intensität der Agrarproduktion: Verbrauch mineralischer Düngemittel und spezifischer Getreideertrag, Österreich

Quelle: Bundesanstalt für Agrarwirtschaft 2011, FAOSTAT 2010, Krausmann et al. 2003

Die Forstwirtschaft spielt in Österreich eine wichtige Rolle – dennoch werden große Mengen an Holz importiert

Holz macht 37% der Biomasseverwendung aus. Etwas mehr als die Hälfte davon wird in der Industrie als Rohstoff genutzt, vor allem zur Papierherstellung und in der Sägeindustrie. Ein steigender Anteil des Holzes, vor allem Brennholz aber auch Nebenprodukte der Holzindustrie, wird zur Energieerzeugung verwendet. Nur wenige andere Länder erreichen das Niveau Österreichs im Bezug auf die energetische Nutzung von Holz; 10 bis 15% des heimischen Primärenergieaufkommens werden durch Holz und andere biogene Stoffe gedeckt.

Obwohl die Holzentnahme in Österreich eine bedeutende Rolle spielt und der jährliche Zuwachs heimischer Wälder nicht ausgenutzt wird, werden – wie bereits erwähnt – große Mengen an Holz importiert.

¹⁷ Um die verschiedenen Nutztierarten besser vergleichbar zu machen, werden Viehbestände nicht in Stück sondern in Großvieheinheiten zu 500kg Lebendgewicht ausgedrückt. Das entspricht in etwa der Masse einer Kuh.

2008 betragen die Importe 10 Millionen Tonnen. Die Importe gehen im Wesentlichen in die Papier- und Sägeindustrie. Die Produkte der Holzverarbeitenden Industrie werden zu einem erheblichen Teil exportiert. Bilanziert man Importe und Exporte, so zeigt sich, dass Österreich als eines der walddreichsten Länder Mitteleuropas ein Netto-Importeur von Rohholz ist. Es benötigt also trotz der hohen Entnahmetätigkeiten Zufuhr aus anderen Ländern, um die exportorientierte Produktion zu decken.

Verwendung von Biomasse für die industrielle Nutzung abseits der Nahrungsmittelproduktion

Die Verwendung landwirtschaftlicher Biomasse als Rohstoff in der industriellen Produktion macht einen eher untergeordneten Anteil aus, ist aber in den letzten Jahren gestiegen. In Österreich ist derzeit nur die industrielle Verwendung von Stärke (aus Mais und Kartoffeln gewonnen) mengenmäßig relevant; jährlich werden ca. 200.000 Tonnen Kartoffeln und ca. 360.000 Tonnen Mais zu Stärke verarbeitet. Die Tendenz ist allerdings steigend. In der EU wird die Hälfte der Stärke im Nahrungsmittelbereich, die andere Hälfte für technische Anwendungen verwendet (größtenteils in der Wellpappe- und Papierindustrie). Wegen der Verknappung fossiler Rohstoffe strebt nun auch die chemische Industrie an, vermehrt Kunststoffe auf Basis von agrarisch hergestellten Rohstoffen zu produzieren (vgl. Shen et al. 2009), was einen erheblichen zusätzlichen technischen Biomassebedarf generieren würde.

Die energetische Nutzung von Agrarprodukten – eine vielversprechende Zukunftsoption?

Die größte Dynamik liegt derzeit in der Verwendung landwirtschaftlicher Biomasse zur Energieerzeugung. Durch die energetische Nutzung von erneuerbaren Energieträgern soll der Verbrauch an fossilen Energieträgern reduziert und eine Reduktion der Treibhausgasemissionen, im wesentlichen CO₂, erreicht werden. Die Ende 2008 in Form des Klima- und Energiepakets auf EU Ebene von allen Mitgliedsstaaten nach Zustimmung durch das Europäische Parlament einstimmig verabschiedeten politischen Ziele, forcieren diese Entwicklungen. Für die energetische Nutzung von Biomasse, insbesondere im Verkehrsbereich, sind zwei EU Richtlinien von Bedeutung¹⁸, die folgende Ziele festlegen:

- 10% der Energie im Verkehrssektor soll bis 2020 aus erneuerbaren Quellen kommen
- Anbieter von Kraftstoffen sollen die Treibhausgasemissionen pro Energieeinheit der Kraftstoffe oder Energieträger um 6% bis 2020 senken

Für die Erreichung der beiden Ziele ist eine Steigerung des Einsatzes von Biokraftstoffen notwendig.

Um die Wirksamkeit dieser Maßnahmen sicherzustellen, wurden in den Richtlinien auch Nachhaltigkeitskriterien¹⁹ für Biokraftstoffe (aus heimischer Produktion aber auch Importe) definiert, die auf die genannten Ziele angerechnet werden sollen.

Insbesondere aus globaler Perspektive muss das Potential von Bioenergie im Zusammenhang mit einer möglichen Flächenkonkurrenz zwischen Nahrungsmittelproduktion und der Produktion von Biomasse für energetische Zwecke gesehen werden.

¹⁸ EU Richtlinie 2009/28 zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen sowie EU Richtlinie 2009/30 bezüglich Kraftstoffqualität.

¹⁹ Diese enthalten verpflichtende ökologische Standards für den Anbau landwirtschaftlicher Rohstoffe, wobei diese Rohstoffe weder auf Flächen mit hoher biologischer Vielfalt angebaut werden dürfen, noch aus tropischen Wäldern oder von vor kurzem entwaldeten Flächen, entwässerten Torfmooren oder Feuchtgebieten stammen dürfen. Es wird deutlich gemacht, dass die Umwandlung eines Waldes in eine Ölpalmenplantage die Nachhaltigkeitsanforderungen nicht erfüllen würde. Diese Nachhaltigkeitskriterien gelten sowohl für innerhalb der EU produzierte, als auch für importierte Biokraftstoffe. Österreich hat die Nachhaltigkeitskriterien für den Bereich der landwirtschaftlichen Rohstoffe bereits 2010 – als einer der ersten Mitgliedsstaaten in der Europäischen Union – umgesetzt. Durch die Einführung der Nachhaltigkeitskriterien wird weiters geregelt, dass nur mehr jene Biokraftstoffe auf die nationalen Ziele angerechnet werden dürfen, die einen nachweisbaren Vorteil hinsichtlich der Treibhausgasemissionen im Vergleich zu fossilen Kraftstoffen aufweisen.

Fossile Energieträger

Fossile Energieträger sind nicht-metallische mineralische Rohstoffe, die über Jahrmillionen in der Erdkruste aus pflanzlichen oder tierischen Überresten entstanden sind, und vorwiegend für die Energiegewinnung verwendet werden.

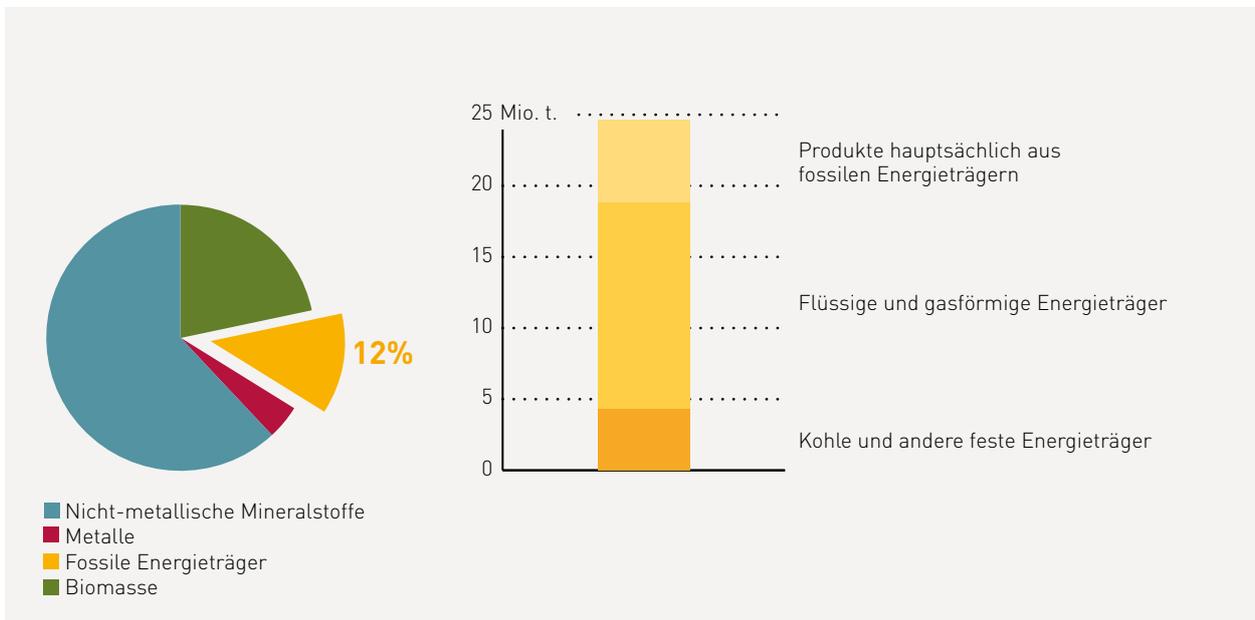


Abbildung 18: Ressourcenverbrauch in Österreich 2008 und Detailsicht auf den Verbrauch fossiler Energieträger
Quelle: Statistik Austria 2011d

Zu den konventionellen fossilen Energieträgern zählen Braun- und Steinkohle, Erdöl und Erdgas. Zukünftige Bedeutung kommt den nicht konventionellen fossilen Energierohstoffen wie z.B. Gashydrat und Schiefergas («shale gas») oder Ölschiefer und Ölsande zu. Die einzelnen Energieträger unterscheiden sich sowohl in Bezug auf die Eigenschaften des Materials (fest, flüssig, gasförmig) aber auch entsprechend ihrem Energiegehalt. Während Braunkohle in ihrem Brennwert etwa mit Holz vergleichbar ist (< 15 MJ/kg) liegt der Energiegehalt von Erdöl beim Dreifachen dessen (45 MJ/kg) (Statistik Austria 2011b, Smil 1991).

Fossile Energieträger – strategische Ressourcen mit großer Auswirkung auf das Klima

Die Hauptverwendung fossiler Energieträger liegt in der Bereitstellung von Energie. Nur ein sehr kleiner Anteil (weltweit ca. 3%) des gesamten Aufkommens geht in die nicht-energetische Nutzung. Dazu gehört Koks Kohle, die beispielsweise ein unverzichtbarer Bestandteil bei der Roheisenherstellung ist, oder Kohlenwasserstoffe, die in der petrochemischen Industrie zur Herstellung von Kunststoffen, Asphalt,

Schmiermitteln, Düngemittel, Chemikalien oder Medikamenten verwendet werden.

Die energetische Nutzung fossiler Energieträger ist ein wesentlicher Verursacher des globalen Klimawandels. Bei der Verbrennung von Kohle, Öl oder Erdgas entsteht unter anderem CO₂. Dieses reichert sich in der Erdatmosphäre an und trägt gemeinsam mit anderen Treibhausgasen zur Erderwärmung und damit zum globalen Klimawandel bei. Internationale politische Programme, wie die Klimarahmenkonvention (1992 verabschiedet) und das 1997 beschlossene Kyoto-Protokoll mit den darin formulierten Klimaschutzziele, versuchen dieser Entwicklung gegenzusteuern. Österreich setzt die international vereinbarten Ziele mittels der Klimastrategie 2002 und der Anpassung der Klimastrategie 2007 um. Zentrale Ansatzpunkte dabei sind die Steigerung der Energieeffizienz und die Forcierung der Nutzung erneuerbarer Energieträger (Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft; Bundesministerium für Wirtschaft, Familie und Jugend 2010).

Eine Reduktion des Verbrauches fossiler Energieträger in den Industrieländern ist eine der wichtigsten Maßnahmen für eine Reduktion des CO₂-Ausstoßes und damit für die Eindämmung des Klimawandels. Dies ist allerdings ein schwieriges Unterfangen, denn fossile Energieträger hatten und haben hohe strategische Bedeutung für industrialisierte Ökonomien und ökonomisches Wachstum. Mehr als die Hälfte der global geförderten fossilen Energieträger wird in einer kleinen Gruppe von Industrieländern verbraucht. Die Verbrauchszahlen liegen in allen Industrieländern dementsprechend mit durchschnittlich 5,4 Tonnen²⁰ pro Kopf und Jahr deutlich über dem weltweiten Durchschnitt (1,6 Tonnen pro Kopf und Jahr). Eine Reduktion des Verbrauchs an fossilen Energieträgern ist eine der größten Herausforderungen, denen sich die Gesellschaft in den nächsten Jahrzehnten gegenüber sieht.

Wo liegen die Lagerstätten fossiler Energieträger?

Fossile Energieträger sind nicht gleichmäßig in der Erdkruste verfügbar, sondern in Lagerstätten konzentriert. Das bedeutet, dass fossile Energieträger an bestimmten Orten in großen Mengen gefördert werden,

um dann quer über den Globus zur Verwendung verteilt zu werden. Hinsichtlich der Lagerstätten zeigt sich, dass rund 71% der konventionellen Welterdölreserven und ca. 69% der Welterdgasreserven im Bereich der «Strategischen Ellipse» liegen, also vom Nahen Osten über den Kaspischen Raum bis in den Norden Russlands (Abbildung 19).

Global gesehen sind gerade einmal 10 Länder für etwa 60% der gesamten Entnahme an fossilen Energieträgern verantwortlich. Die größten Produzenten sind weit von den größten Verbrauchern entfernt. Ein großer Teil (38%) der weltweit entnommenen fossilen Energieträger wird daher über Außenhandelsaktivitäten auf die Länder, allen voran hochindustrialisierte Länder, verteilt.

Wie viele fossile Energieträger braucht Österreich?

Seit Anfang 1960 hat sich der Verbrauch an fossilen Energieträgern in Österreich mehr als verdoppelt. Vor allem bis zur ersten Ölpreiskrise im Jahr 1973 stieg der Verbrauch rasant an. Eine zweite Wachstumsphase ist ab 1994 zu beobachten. Seinen bisherigen Höhepunkt erreichte der inländische Verbrauch im Jahr 2003 mit knapp 29 Millionen Tonnen. Seither ist der Bedarf rückläufig und ist bis 2008 um etwa 9% zurückgegangen. In diesem Jahr lag der pro Kopf Verbrauch fossiler Energieträger bei knapp 3 Tonnen pro Jahr. Österreich liegt damit etwas unter dem EU-Durchschnitt, der 2007 bei 3,5 Tonnen pro Kopf und Jahr lag.

Der heimische Verbrauch wird im Wesentlichen von Erdöl und Erdgas bestimmt, der Anteil der Kohle

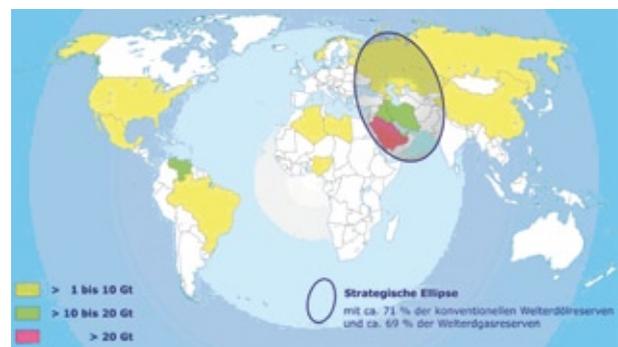


Abbildung 19: Verteilung der Welterdölreserven nach BGR (Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe) Quelle: BGR 2009

²⁰ An dieser Stelle sei nochmals darauf hingewiesen, dass in dieser Publikation das Datenmaterial aus der Materialflussanalyse verwendet wird. Die hier verwendete Einheit ist daher Tonnen.

betrug 2008 nur mehr 18%. 12% der in Österreich verbrauchten fossilen Energieträger werden laut österreichischer Energiebilanz (Statistik Austria 2011b) für nicht-energetische Zwecke genutzt, z.B. in der Herstellung von Kunststoffen, Asphalt, Schmiermitteln und Rohstoffen für die chemische und pharmazeutische Industrie sowie in der Stahlerzeugung. Die energetisch genutzten fossilen Energieträger werden zu fast einem Fünftel in thermischen Kraftwerken für die Erzeugung von Elektrizität verbrannt. Von den fossilen Energieträgern, die in den Endverbrauch gehen, wird gut die Hälfte als Treibstoff im Verkehr verbraucht, der produzierende Bereich nutzt 23% und die Haushalte 17% (Statistik Austria 2011b).

Österreich hat wenige eigene Lagerstätten, der Großteil der fossilen Energieträger wird importiert

Aus geologischen Gründen verfügt Österreich über keine wirtschaftlich bedeutenden Steinkohlevorkommen, der Braunkohlenbergbau wurde nach jahrhundertelanger Tätigkeit im Jahr 2007 endgültig eingestellt. Erdöl und Erdgas werden seit dem Jahr 1934 gefördert. Die Suche nach Lagerstätten fossiler Energieträger ist sehr aufwendig, die Nutzung derselben dringt mit hohem technischen und energetischen Aufwand in immer größere Tiefen vor. Die Wirtschaftlichkeit der Nutzung tiefer Lagerstätten und auch von nicht konventionellen Energieträgern wie Schiefergas ist daher auch von den Energiepreisen abhängig.

Die heimische Produktion an fossilen Energieträgern spielt also nur eine untergeordnete Rolle in der Deckung des Bedarfs: 2008 wurden insgesamt nur 2 Millionen Tonnen fossile Energieträger gefördert (Erdöl und Erdgas zu gleichen Teilen). Die Förderung macht knapp 9% der insgesamt verbrauchten Menge an fossilen Energieträgern bzw. etwa 1,3% der gesamten Materialentnahme aus. Der heimische Bedarf an fossilen Energieträgern wird zu über 90% aus Importen gedeckt. 28 Millionen Tonnen wurden 2008 importiert, etwas mehr als die Hälfte davon Erdgas und Erdöl (zusammen 54%), des weiteren Kohle (15%) und Erzeugnisse aus fossilen Energieträgern (30%).

Wie die meisten industrialisierten Nationen sind auch fast alle europäischen Länder zur Deckung ihres Energiebedarfs in hohem Maße auf Importe fossiler Energieträger angewiesen. Für die EU liegt die Im-

portabhängigkeit bei 64%. Diese hohe Abhängigkeit von Importen ist für eine Wirtschaft nicht unproblematisch. Gerade die letzten Jahre haben gezeigt, dass die globale Nachfrage nach fossilen Energieträgern stark zunimmt (unter anderem durch den steigenden Verbrauch in rasch wachsenden Ökonomien wie China oder Indien) und dass daraus strategische Knappheiten entstehen. Ein Anstieg internationaler Preise ist oftmals die Folge.

Rasante Preissteigerungen und historische Preisspitzen waren in den letzten Jahren unter anderem bei Erdöl zu beobachten: 2001 lag der Ölpreis für ein Barrel der Sorte Brent noch bei 20 Dollar, in Folge kletterte der Ölpreis kontinuierlich bis auf knappe 150 Dollar pro Barrel in der Mitte von 2008. Ende 2008 war der Ölpreis dann wieder auf 30 bis 40 Dollar abgesackt, um Anfang 2011 erneut auf fast 120 Dollar für die Sorte Brent anzusteigen. Eine andere Folge künstlicher Knappheiten war die Erdgaskrise rund um den Streit zwischen der Ukraine und der ehemals Russischen Gazprom, die 2005 zu einer realen Verknappung von Erdgas in Europa führte. Preissteigerungen spiegeln nicht zwangsweise das Verhältnis von Angebot zu Nachfrage wider. Spekulative Elemente beeinflussen die Preisgestaltung ebenso. Am Höhepunkt des Ölpreisniveaus 2008 überstiegen die Tageschwankungen des Preises sogar das Niveau des Durchschnittspreises im Jahr 2001.

Kohle – auch in Zukunft von Bedeutung?

In der derzeitigen Verbrauchsstruktur sind Erdöl und Erdgas die beiden wichtigsten fossilen Energieträger. Die Lagerstätten sind allerdings begrenzt und Experten erwarten, dass die maximalen Fördermengen bald überschritten werden und in Folge die Produktion zurückgehen wird. Im Vergleich zu den anderen nicht-erneuerbaren Energierohstoffen bestehen – global gesehen – bei Kohlen die größten Vorräte (Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) 2009). Während der Kohleverbrauch in Europa stagniert bzw. rückläufig ist, nahm dieser in den asiatischen Ländern in den letzten Jahren rasant zu (Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) 2009). Auch langfristig wird Kohle ein strategisch wichtiger Rohstoff bleiben. Die künftige Verwendung der Kohle als Energierohstoff wird aber in engem Zusammenhang mit der Entwicklung von sauberen Kohle-Technologien («clean coal technologies») gesehen; das sind Techniken, die eine emissionsarme Verbrennung ermöglichen. Im Sinne einer nachhaltigen Energie-

versorgung und der damit in Zusammenhang stehenden CO₂-Problematik ist aus österreichischer Sicht jedoch ein Rückzug aus der Verwendung von Kohle als Energielieferant anzustreben.

Unersetzbar ist Kohle jedoch als Einsatzstoff im Hochofenprozess für die Herstellung von Roheisen: Die Herstellung von einer Tonne Roheisen benötigt den Einsatz von einer Tonne Kokskohle, das sind

0,6 Tonnen Koks (VOEST Alpine 2010). Außerdem sind Kohlen auch Träger vieler seltener Metalle, wie z. B. Gallium, Germanium, Beryllium und Indium, die bei der Verbrennung in den Rückständen angereichert werden. Eine Nutzung dieser wertvollen Metallpotenziale könnte primäre Ressourcen und die Umwelt schonen.

Erneuerbare Energien in Österreich

Erneuerbare Energiequellen haben in Österreich traditionell einen hohen Stellenwert. Im Jahr 2009 erreichte der Anteil erneuerbarer Energie am Gesamtenergieverbrauch 30,1 Prozent (gemessen am Bruttoendenergieverbrauch Österreichs). Der erneuerbare Anteil des österreichischen Endenergieaufkommens basiert dabei auf zwei tragenden Säulen: auf der energetischen Nutzung von Biomasse und auf der Nutzung der Wasserkraft.

Die Nutzung Erneuerbarer Energieträger trägt dazu bei, die CO₂-Emissionen durch die Energiebereitstellung so gering wie möglich zu halten. Es darf jedoch nicht außer Acht gelassen werden, dass auch die Nutzung erneuerbarer Energieträger zu Materialflüssen, Materialverbrauch und Abfällen führt (z. B. beim Bau der Infrastruktur, von Kraftwerken, Dämmen, Turbinenrädern, Permanentmagneten in Windkraftanlagen, Photovoltaikmodule, etc.). Allerdings ist die Größenordnung der durch Erneuerbare Energieträger ausgelösten Materialflüsse weit unter dem konventioneller Energieträger.

Die volkswirtschaftliche Bedeutung der Erneuerbaren Energieträger liegt u. a. in der Steigerung von Umsatz und Beschäftigung. Die verstärkte Nutzung Erneuerbarer Energien erhöht auch den nationalen Selbstversorgungsgrad mit Energie, reduziert die Abhängigkeit von Importen fossiler Energieträger und damit die Krisenanfälligkeit der Volkswirtschaft.

Österreich hat in diesem Zusammenhang internationalen Verpflichtungen wie dem Kyoto-Protokoll oder den Zielen des EU Klima- und Energiepakets 2020 nachzukommen. Zentrale Punkte dabei sind, den Anteil Erneuerbarer Energieträger am Bruttoendenergieverbrauch auf 34 Prozent zu erhöhen und gleichzeitig die Treibhausgasemissionen in jenen Sektoren, die nicht dem Emissionshandel unterliegen, um mindestens 16 Prozent (bezogen auf die Emissionen des Jahres 2005) zu reduzieren. Beide Ziele sollen 2020 erreicht werden. Weiters soll die Energieeffizienz – ebenfalls bis 2020 – um 20 Prozent im Vergleich zum Jahr 2005 erhöht werden.

Österreich verfolgt darüber hinaus die Vision, bis 2050 energieautark zu werden, basierend auf erneuerbaren Energieressourcen. Die technische Machbarkeitsstudie «Energieautarkie Österreich 2050» (Streicher et al. 2010) im Auftrag des Lebensministeriums geht davon aus, dass Österreich bis zum Jahre 2050 Selbstversorger durch Energie aus Wind-, Sonnen-, Wasserkraft und Biomasse sein kann.

Metalle

Zu den Metallen zählen mineralischen Materialien von Erzen bis bearbeitete Metalle. Die Rohstoffwissenschaften definieren Erze als mineralische Materialien, aus denen mit wirtschaftlichem Nutzen Metalle gewonnen werden können. Erze werden in den Rohstoffwissenschaften in drei Gruppen untergliedert, das sind Erze des Eisens und der Stahlveredler, Nichteisenmetalle sowie Edelmetalle. In der Materialflussanalyse werden die Metalle in Eisenerze und Nichteisenerze unterteilt.

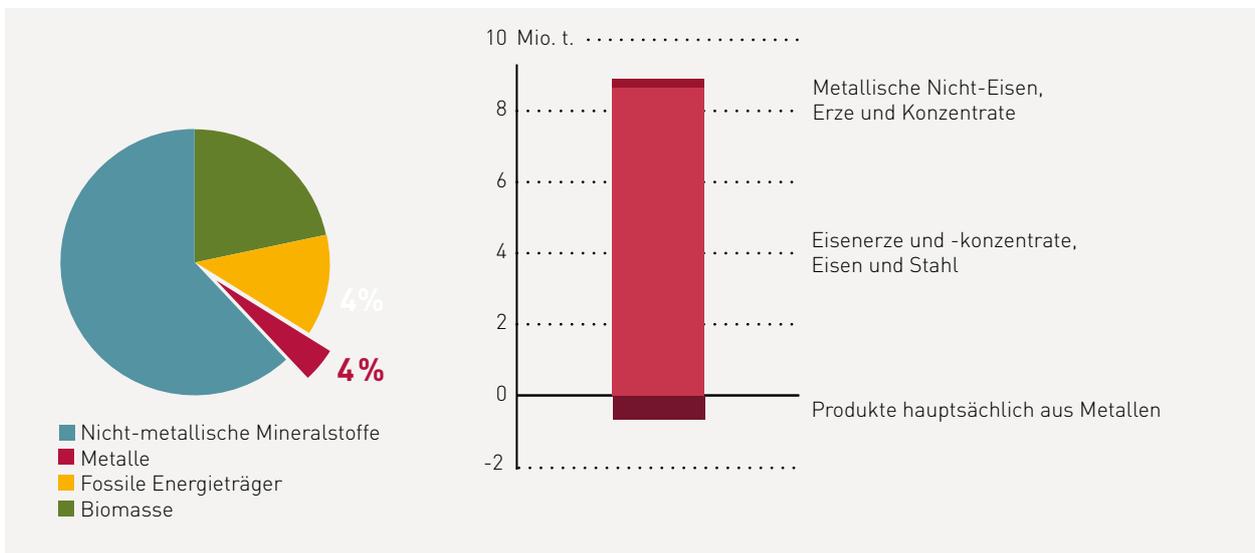


Abbildung 20: Ressourcenverbrauch in Österreich 2008 und Detailsicht auf den Metallverbrauch
Quelle: Statistik Austria 2011d

Zur Gruppe der Metalle zählt eine große Zahl an sehr unterschiedlichen Erzen und daraus abgeleiteten Produkten. Metalle kommen in der Erdkruste als Erze vor, die Konzentration der jeweiligen Metalle in den Erzen kann sehr unterschiedlich sein: Die wirtschaftlich nutzbaren Metallgehalte in der Erdkruste reichen von rund 30% bei Eisen bis ca. 5g/t (= 5 ppm oder 0,0005%) bei den Edelmetallen Gold oder Platin. Die Erze treten punktuell in Lagerstätten auf, die sehr oft eine Kombination aus mehreren verschiedenen Wertmetallen enthalten können. Beispielsweise ist Selen ein Nebenbestandteil vieler Kupferlagerstätten oder Rhenium eine Beimengung in Molybdänlagerstätten. Die Lagerstätten werden allerdings oft nicht vollständig genutzt, das heißt aus der Vielzahl an verschiedenen Metallen werden nicht alle weiterverwendet. Umgekehrt werden durch die Kombination

aus mehreren Metallen bei der Gewinnung eines Metalls oftmals auch andere gefördert, deren Weiterverwendung wirtschaftlich organisiert werden muss.

Die Inlandsentnahme spielt in Österreich keine wesentliche Rolle (2008: 2,5 Millionen Tonnen), die meisten Metalle, die in die österreichische Produktion gehen, werden importiert (90% des Materialinputs). Importe (2008: 20 Millionen Tonnen) und auch Exporte (2008: 15 Millionen Tonnen) an Metallen oder abgeleiteten Gütern spielen also eine bedeutende Rolle. Den größten Anteil am heimischen Verbrauch haben Erzeugnisse aus Eisenerz und Stahl. Metallische Fertigprodukte sind jene Güter, die keiner der beiden anderen Unterkategorien zugeordnet werden können. An diesen metallischen Fertigprodukten exportiert Österreich mehr als es importiert, daher erscheint der Materialverbrauch in diesen Kategorien negativ.

Österreich ist reich an armen Lagerstätten

Aus geologischen Gründen können in Österreich Großlagerstätten, wie sie beispielsweise in Australien, Südafrika oder Brasilien bestehen, nicht erwartet werden. Die zahlreichen kleinen Vorkommen, die seit über 4000 Jahren genutzt werden, stellen aber eine wichtige Grundlage für die wirtschaftliche und kulturelle Entwicklung dar.

In Österreich werden jährlich rund 2 Millionen Tonnen Eisenerze als Rohstoff für die Stahlherstellung abgebaut. Die hohe Nachfrage an Stahl, insbesondere für Infrastruktur und Erzeugnisse des täglichen Lebens (z. B. KFZ), hat zu einer spürbaren Bedarfssteigerung an Eisenerz geführt. Gleichzeitig steigt auch die Nachfrage nach den Stahlveredlermetallen, wie z. B. Chrom, Titan und Wolfram. Österreich verfügt außerdem über bedeutende Vorkommen an Wolfram. Weltweit gesehen zählt Österreich zu den sechs wichtigsten Produzenten (Weber 2011b). Die Weiterverarbeitung von Wolfram zu hochwertigen Produkten findet ebenfalls in Österreich statt. Der überwiegende Anteil der in Österreich verarbeiteten Metalle wird jedoch über Importe ins Land geholt. Die Importabhängigkeit ist über die Jahre stetig gestiegen und lag 2008 bei 90 %.

Auch wenn in Österreich keine großen Mengen (mehr) abgebaut werden, spielt die metallverarbeitende Industrie in Österreich nach wie vor eine große Rolle: 10% des österreichischen Bruttoinlandsprodukts entfallen auf die Metallverarbeitung (Statistik Austria 2011e). Die heimische Industrie produziert vor allem für den Export: Im Jahr 2008 wurden 15 Millionen Tonnen an metallischen Erzeugnissen exportiert. Das sind 64% der metallischen Güter, die aus inländischer Entnahme oder Importen erzeugt wurden.

Toxische Abfälle als großes Umweltproblem in der Bearbeitung von Metallen

Viele der Metalle, die in Produkten verwendet werden, können in gelöster Form oder als Staub schon in geringen Mengen toxische Eigenschaften aufweisen. Bei Industrieunfällen im Zuge der Metallverarbeitung können diese toxischen Stoffe große Probleme bereiten; Beispiele dafür waren in letzter Zeit die Ausbreitung von schwermetall-hältigen Schlämmen infolge eines Dammgebirechens bei der Aufbereitung

von Erzen in Aznacollar (Spanien) im Jahr 1998, der Ausfluss von Cyanidlauge bei einer Goldaufbereitung in Baia Mare (Rumänien) im Jahr 2000 sowie die Ausbreitung von Rotschlämmen nach einem Dammbuch bei der Aluminiumgewinnung in Kolontar (Ungarn) im Jahr 2010. Ein sorgsamer Umgang bei der Gewinnung, vor allem aber der Weiterverarbeitung dieser Rohstoffe und bei der Lagerung der anfallenden Abfallstoffe muss daher geboten sein.

Hohe Vielfalt, vielschichtige Verwendung, schwierige Wiederaufbereitung

Eine große Bandbreite der Metalle zeigt sich auch in den Verwendungsmöglichkeiten: Metalle und verschiedenste Legierungen werden in der Kommunikationstechnologie (Kabel und Drähte), in Maschinen, Transportmitteln, aber auch in der Infrastruktur, und schließlich in vielen elektrischen Haushaltsgeräten verwendet. Die Menge der Metalle im Endprodukt kann ganz unterschiedlich sein und reicht von großen Mengen Eisen/Stahl bis zu winzigen Spuren von «Gewürzmetallen», wie zum Beispiel Molybdän oder Metalle der Seltenen Erden, die vor allem in elektronischen Geräten verwendet werden. In einem Computer sind beispielsweise 32 verschiedene Metalle, in einem Mobiltelefon sogar 45 Metalle enthalten (Weber 2011a).

Diese komplexen Verwendungsformen stellen eine große Herausforderung in der Rückgewinnung der einzelnen Rohstoffe dar. Während bei einzelnen industriell genutzten Metallen, wie etwa Blei, Eisen oder Kupfer, die Recyclingquoten mit 59%, 55% beziehungsweise 54% (Czichos und Hennecke 2008) beachtlich sind, können andere Metalle, vor allem solche, die nur in sehr geringen Mengen in den einzelnen Produkten enthalten sind oder in komplexen Legierungen verwendet werden, aus technischen oder ökonomischen Gründen kaum rückgewonnen werden.

Wachsende gesellschaftliche Bestände bieten Möglichkeiten für Recycling und «urban mining»

Der überwiegende Teil der Metalle wird in gesellschaftlichen Beständen (oder auch anthropogenen Lagern) (Rechberger 2009, Brunner und Rechberger 2002) akkumuliert (Gebäude, Infrastruktur, Haushaltsgeräte, aber auch in Abfalldeponien). Die sog-

nannten anthropogenen Bestände können beträchtliche Mengen ausmachen und sind zum Teil schon auf ähnliche Größenordnungen angewachsen wie natürliche Reserven (Rechberger 2009, Müller et al. 2006). In Wien beispielsweise sind pro Person geschätzte 4.500 kg Eisen, 340 kg Aluminium, 200 kg Kupfer, 40 kg Zink oder 210 kg Blei gebunden (RMA 2011). Das Recyclingpotential ist also groß. Die tatsächliche Recycling-Rate liegt derzeit bei Eisen/Stahl bei 40% (RMA 2011), bei speziellen Metallen teilweise nur bei 1% (European Commission 2010). «Urban mining» und die Wiederverwertung von Metallen wird in Zukunft (gleich wie für Baurohstoffe) eine wichtige Rolle in der Versorgungssicherheit spielen.

Kritische Situation bei speziellen Metallen

Die globale Nachfrage nach Metallen hat sich in den letzten Jahren stark erhöht, vor allem durch den hohen Bedarf in rasch wachsenden Ökonomien wie China und Indien. Dadurch haben sich bereits empfindliche Versorgungsengpässe ergeben. Die Europäische Kommission hat in einer Studie (European Commission

2010) 14 Rohstoffe identifiziert, deren Versorgung für die Wirtschaft, insbesondere für Schlüsseltechnologien als kritisch angesehen werden muss. Das prominenteste Beispiel darunter ist jenes der seltenen Erden. Diese sind eine Gruppe von 17 verschiedenen Elementen, die vor allem in Permanentmagneten und Speziallegierungen zum Einsatz in z. B. Windkraftanlagen, Autos, Plasma- und LCD-Bildschirmen oder Energiesparlampen verwendet werden (Weber 2011a).

Zusätzlich zur wachsenden Nachfrage beherrschen bei bestimmten mineralischen Rohstoffen wenige produzierende Länder oder einzelne global agierende Unternehmen den Markt (Rohstoffoligopole²¹), wie z. B. China, das bei rund der Hälfte aller Metalle der weltweit wichtigste Produzent ist und mit rund 90% zur Weltproduktion an Seltenen Erden beiträgt. Exportbeschränkungen und andere Maßnahmen, wie z. B. die länderunterschiedliche Preisgestaltung für den gleichen Rohstoff (= Dual Pricing²²), wirken dabei wettbewerbsverzerrend und treiben die Preise zusätzlich in die Höhe. Entwicklungen dieser Art sind keine Ausnahmen; steigende Preise von Rohstoffen, vor allem Metallen, waren sehr deutlich Anfang des 21. Jahrhunderts zu beobachten (Abbildung 21).

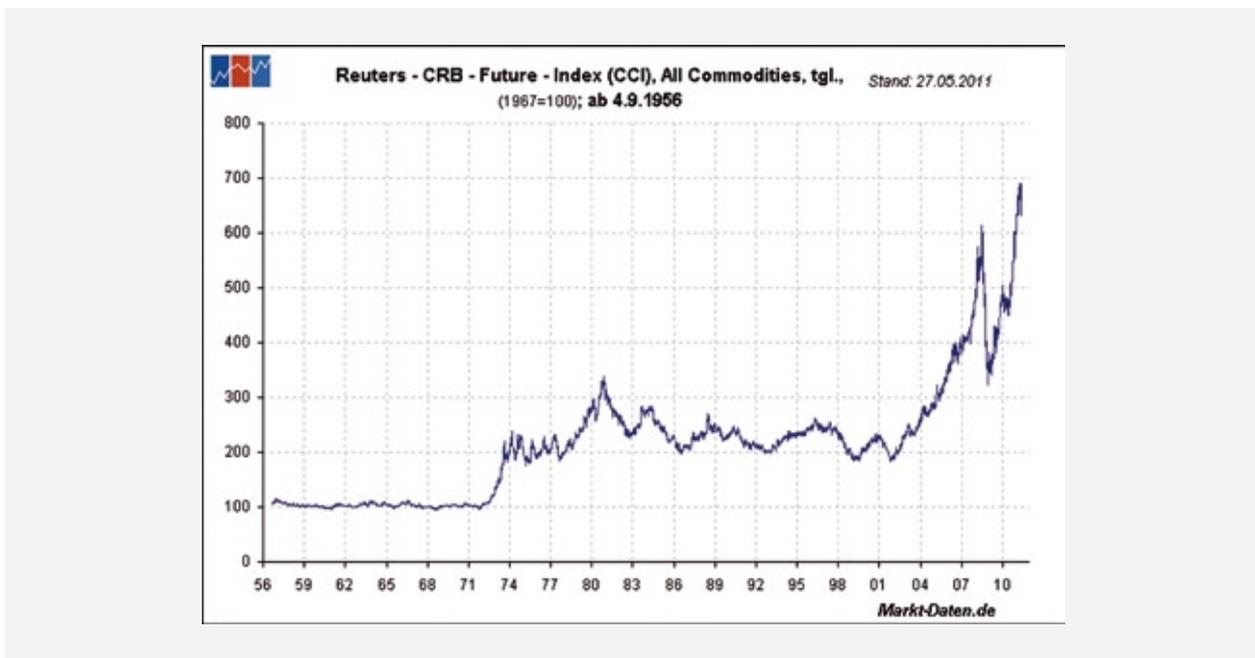


Abbildung 21: Preisentwicklung des Reuters-CRB-Index²³ für Rohstoffe, 1956 bis 2010
Quelle: Markt-Daten.de 2011

²¹ Ein Oligopol bedeutet die Marktbeherrschung durch wenige Anbieter.

²² Dual pricing beschreibt eine den WTO-Regeln widersprechende, für in- und ausländische Verbraucher unterschiedliche Verkaufspreisgestaltung bei Roh- und Grundstoffen, die zu Wettbewerbsverzerrungen führt.

²³ Der Reuters CRB Index setzt sich aus 28 bzw. zuletzt 17 Rohstoffen zusammen: Energie, Getreide, Industriemineralien, Lebewiehe, Edelmetalle, Softs (Markt-Daten.de 2011).

Schlüsselrohstoff Eisenerz

Mineralische Rohstoffe sind die unverzichtbare Grundlage für die verschiedensten Güter unseres täglichen Lebens. Der Rohstoffbedarf kann durchaus als Gradmesser für die Industrialisierung eines Landes, bzw. auch als «Konjunkturbarometer» herangezogen werden. So entwickelte sich in China der jährliche pro Kopf Bedarf an Stahl, welcher im Hochbau, aber auch zur Herstellung anderer Güter, wie z. B. Kraftfahrzeuge, kaum substituierbar ist, im letzten Jahrzehnt dramatisch. Betrug der jährliche pro Kopf-Verbrauch an Stahl im Jahr 2002 noch ca. 287 kg, stieg dieser bis 2009 auf über 400 kg und liegt derzeit sogar höher als im EU27-Raum.

Schlüsselrohstoff zur Herstellung von Stahl sind Eisenerze. Durch den enormen Bedarf Chinas, welches seinen Bedarf aus eigenen Lagerstätten bei weitem nicht decken kann, ist die Verfügbarkeit dieses Rohstoffes auf den Weltmärkten empfindlich eingeschränkt. Dies hat sich bereits deutlich in merklich gestiegenen Rohstoffpreisen geäußert. Zur Herstellung von Stahl werden aber auch andere Rohstoffe benötigt, beispielsweise Koks Kohle als Energie- und Kohlenstoffträger, aber auch Magnesit zur Herstellung hochfeuerfester Produkte, mit denen Hochöfen ausgekleidet sind.

Zu Herstellung von Spezialstählen sind verschiedene Stahlveredlungsmetalle (z. B. Mangan, Chrom, Vanadium, Nickel, Kobalt, Titan, Wolfram, usw.) erforderlich. Der stark steigende Bedarf an Stahl wirkt sich somit auch in der gestiegenen Nachfrage nach diesen Metallen aus.

Ein wichtiger Anwendungsbereich für Stahl ist die Fahrzeugindustrie. Jedes konventionelle Fahrzeug benötigt z. B. eine aus Blei hergestellte Starterbatterie, sowie Kupfer für die Fahrzeugelektrik. Somit sind auch Bunt-, Leicht- und Sondermetalle regelrecht von einer Sogwirkung des Eisenerzes betroffen. In der Elektromobiltechnik ist zwar weniger Stahl erforderlich, dafür werden andere Rohstoffe, wie Aluminium, Lithium oder Seltene Erden benötigt.

Auch wenn künftig bei verschiedenen Technologien der Stahleinsatz zurückgehen kann, wird für die Industrie aber auf lange Sicht Eisenerz der Schlüsselrohstoff bleiben. In Abhängigkeit von der Nachfrage nach Eisenerz werden weiterhin jene Rohstoffe benötigt, die für die Herstellung von Stahl oder deren Weiterverarbeitungsprodukten direkt oder indirekt erforderlich sind.

Nicht-metallische Mineralstoffe

Als nicht-metallische Rohstoffe werden in dieser Publikation Baurohstoffe und Industriemineralien verstanden.

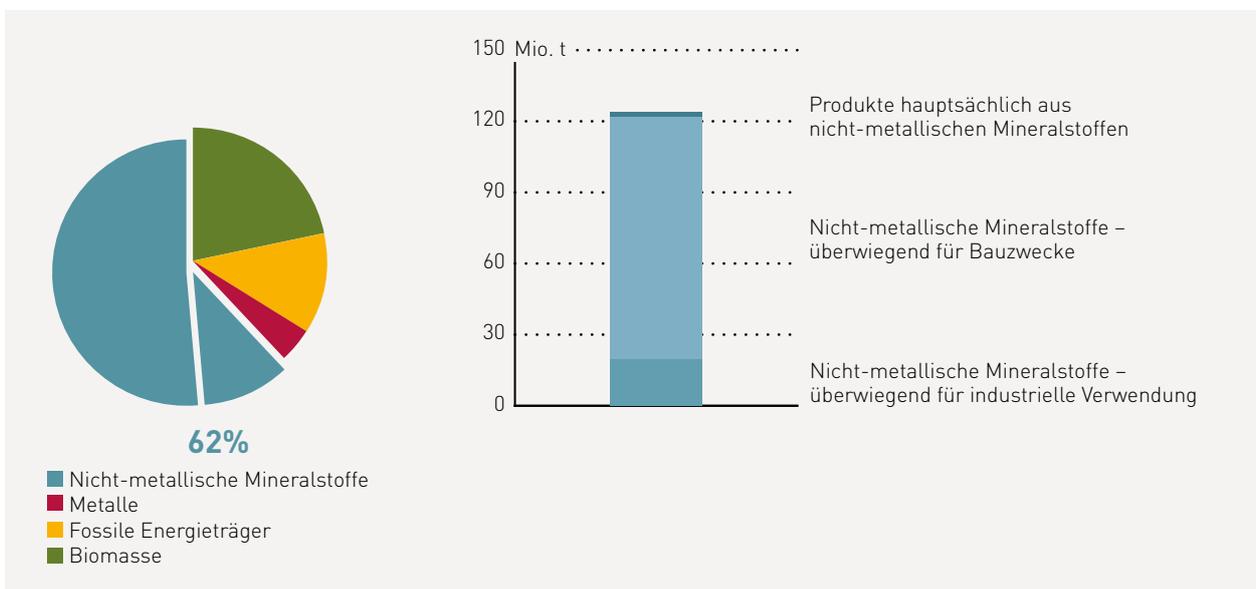


Abbildung 22: Ressourcenverbrauch in Österreich 2008 und Detailsicht auf den Verbrauch nicht-metallischer Mineralstoffe
Quelle: Statistik Austria 2011d

Nicht-metallische Mineralstoffe umfassen Baurohstoffe und Industriemineralien. Die beiden Untergruppen unterscheiden sich nicht nur hinsichtlich der Anwendungsbereiche, sondern auch in Bezug auf die Mengen, die genutzt werden:

Die Gruppe der Baurohstoffe umfasst vor allem große Massenflüsse, vorwiegend Sand und Kies, die in Betonproduktion oder beim Straßenbau zum Einsatz kommen.

Zu den Industriemineralien zählen Mineralien, die außerhalb des Bausektors in der industriellen Produktion zum Einsatz kommen, wie zum Beispiel Phosphate, die in großen Mengen vor allem als Düngemittel Verwendung finden, aber auch Speisesalz oder Diamant, die – verglichen mit anderen Rohstoffen – nur in geringen Mengen benötigt werden.

Die Unterteilung reflektiert aber auch die darunterliegende Datenqualität: Die Entnahme der großen Menge an Baurohstoffen ist üblicherweise in der statistischen Berichterstattung nur unzureichend erfasst, während die Industriemineralien, die sich meist auch durch einen höheren Preis auszeichnen, tendenziell gut repräsentiert sind. Wenn man sich den Preis einer Tonne Diamanten im Vergleich zu einer Tonne Sand veranschaulicht, wird diese Differenz klar.

Baurohstoffe und Industriemineralien lassen sich jedoch nicht immer klar voneinander abgrenzen, denn einige Rohstoffe werden sowohl für Bauzwecke als auch in der industriellen Produktion verwendet. Kalkstein beispielsweise spielt als Baurohstoff in der Zementproduktion eine wichtige Rolle, wird aber auch als Füllstoff bei bestimmten industriellen Prozessen und in der Landwirtschaft als Dünger eingesetzt.

Baurohstoffe

Baurohstoffe sind nicht-metallische mineralische Rohstoffe, die in großen Mengen für Bauzwecke benötigt werden.

Baurohstoffe (z. B. Sand, Kies, Bruchstein) werden zur Errichtung und Erhaltung von Gebäuden und Infrastruktur (z.B. Straßen, Flughäfen, Kanäle) verwendet. Die Mengen, die an diesen Rohstoffen benötigt werden, machen etwa die Hälfte des gesamten österreichischen Materialverbrauchs aus. Im Jahr 2008 lag der Verbrauch bei rund 102 Millionen Tonnen. Der Hauptanteil der in Österreich verwendeten Baurohstoffe wird in unmittelbarer Nähe zu den Verbrauchern entnommen, da die Transportkosten sonst die – im Vergleich zu anderen Rohstoffen – relativ niedrigen Preise für Baurohstoffe übersteigen. Die maximale Transportdistanz liegt bei etwa 30km (Forum Rohstoffe 2007). Aus diesem Grunde werden Baurohstoffe nur im grenznahen Bereich im- bzw. exportiert, und die Mengen, die international gehandelt werden, sind zwar groß, aber im Verhältnis zur Inlandsentnahme gering.

Der Verbrauch von Baurohstoffen ist eng an das Wirtschaftswachstum gekoppelt

Der Verbrauch an Baurohstoffen ist in den letzten 50 Jahren stetig gewachsen. Ausgehend von einer Entnahme von knapp 60 Millionen Tonnen im Jahre 1960 haben sich Nachfrage und Verwendung an Baurohstoffen in den letzten 50 Jahren etwa verdoppelt. Die größte Wachstumsphase zeigt der Verbrauch an Baurohstoffen in den ersten Jahren der Datenerfassung (ab 1960) bis Mitte der 70er Jahre. Urbanisierung und der Aufbau von großen Infrastrukturen (Straßennetz, Staudämme, Entsorgungssysteme) waren in dieser Zeit die treibenden Kräfte für

die hohen Wachstumsraten im Verbrauch. Während in industrialisierten Ländern der jährliche Verbrauch in der Regel über 10 und in Österreich sogar bei 15 Tonnen pro Kopf liegt, wird in Entwicklungsländern oft weniger als eine Tonne pro Kopf verbraucht. Das unterstreicht die Bedeutung von Baurohstoffen im Prozess der Industrialisierung. Vor allem in Phasen raschen wirtschaftlichen Wachstums werden große Mengen an Baurohstoffen verbraucht, was sich heute vor allem im Ressourcenverbrauch der aufstrebenden Schwellenländer wider spiegelt. Aber auch in industrialisierten Ökonomien bleibt die Nachfrage nach Baurohstoffen auf hohem Niveau: Die Bestände gebauter Infrastruktur betragen in Industrieländern mehrere hundert Tonnen pro Kopf (eine Abschätzung für Österreich für das Jahr 2006 berechnete rund 260t/Kopf; Daxbeck et al. 2009) und müssen mit weiterem Ressourcenaufwand erhalten bzw. erneuert werden. Zusätzlich werden nach wie vor neue Bestände aufgebaut. Vor allem in Krisenzeiten werden Investitionen in bauliche Großprojekte verwendet, um der Wirtschaft neuen Aufschwung zu verleihen, was den Ressourcenverbrauch neuerlich antreibt.

Die Verwendung von Baurohstoffen ist eng an den Verbrauch fossiler Energieträgern gekoppelt

Der Verbrauch von Baurohstoffen ist aus verschiedenen Gründen eng mit der Nutzung fossiler Energieträger verknüpft²⁴. Zum einen sind der Abbau, die Verarbeitung und vor allem der Transport der großen

²⁴ Neben fossilen Energieträgern ist die Verwendung von Baurohstoffen auch eng mit der Verwendung anderer Rohstoffe, vor allem Metalle verknüpft. Dazu zählen zum Beispiel Eisen/Stahl, Aluminium oder Kupfer, die ebenfalls wichtige Rohstoffe in der Bauwirtschaft darstellen.

Massen sehr energieintensiv: Nahezu 50% aller auf der Straße transportierten Güter sind mineralische Rohstoffe (Nötstaller und Wagner 2007) und die Auswirkung auf die klimarelevanten CO₂ Emissionen sind daher beträchtlich. Zum anderen orientiert sich der Ausbau der Verkehrsinfrastruktur am steigenden Bedarf; im Rückschluss bedeutet ein steigender Verbrauch an Baurohstoffen eine Zunahme beim Verbrauch von Treibstoffen.

Knappheiten durch begrenzte Zugangsmöglichkeiten

Die stetig wachsende Nachfrage nach Baurohstoffen (früher als «Massenrohstoffe» bezeichnet) wurde lange Zeit als unproblematisch eingestuft, weil die Rohstoffe als allorts verfügbar galten. Diese Sicht hat sich in den letzten Jahren jedoch gewandelt. Baurohstoffe stehen aus geologischer Sicht zwar reichlich zur Verfügung, jedoch wird die Zugänglichkeit zu solchen Vorkommen durch die Raumnutzung immer schwieriger (Weber 2007). Dies soll am Beispiel einer Versorgungsregion verdeutlicht werden (siehe Abbildung 23): Das geologische Potential an Sand und Kies ist groß und erstreckt sich über weit mehr als die Hälfte der Region. Berücksichtigt man hingegen, dass der Abbau von Baurohstoffen auf vielen Flächen auf Grund von Nutzungskonflikten (Grundwasserschutz, Siedlungsflächen) nicht in Frage kommt, bleibt nur ein sehr geringes, tatsächlich nutzbares Potential übrig. Knappheit ergibt sich also nicht nur durch die Größe natürlicher Bestände, sondern vielfach durch gesellschaftliche Nutzungsinteressen, die zueinander in Konkurrenz stehen.

«Urban Mining» und Recycling als Zukunftsoptionen, um natürliche Bestände zu schonen

Für eine Reduktion des Materialverbrauchs an Baurohstoffen ist eine Veränderung der Nachfrage entscheidend. Steigende gesellschaftliche Mobilität (Gütertransport wie auch Individualverkehr) führt zum stetigen Ausbau von Infrastruktur. Gleichzeitig bedeutet der Zuwachs an Beständen, dass in der Zukunft Baurohstoffe benötigt werden, um bereits gebaute Infrastruktur zu erhalten; die Verwendung von Baurohstoffen bindet also zukünftige Ressourcen in nicht unerheblicher Menge. Neben der absoluten Reduktion an der Verwendung von Baurohstoffen kann auch die Wiederverwertung von Baurestmassen eine Entlastung für die natürlichen Ressourcen bringen. Das Recycling-Potential wird bei den Baustoffen als sehr hoch eingestuft. Die Praxis in Österreich zeigt, dass von den anfallenden Baurestmassen (2007: knapp 8 Millionen Tonnen, RMA 2011) derzeit immerhin 70% genutzt werden. Ein Blick auf den gesamten Materialfluss relativiert jedoch diese beeindruckende Recyclingrate: Von den 120 Millionen Tonnen an Baurohstoffen, die jährlich in Österreich verwendet werden, kommen insgesamt weniger als 5% aus dem Recycling. «Urban mining» – quasi «Städte als Lagerstätten» – können einen wichtigen Faktor in der zukünftigen Entwicklung der Entnahme an nicht-metallischen Baurohstoffen darstellen (Rechberger 2009, RMA 2011).

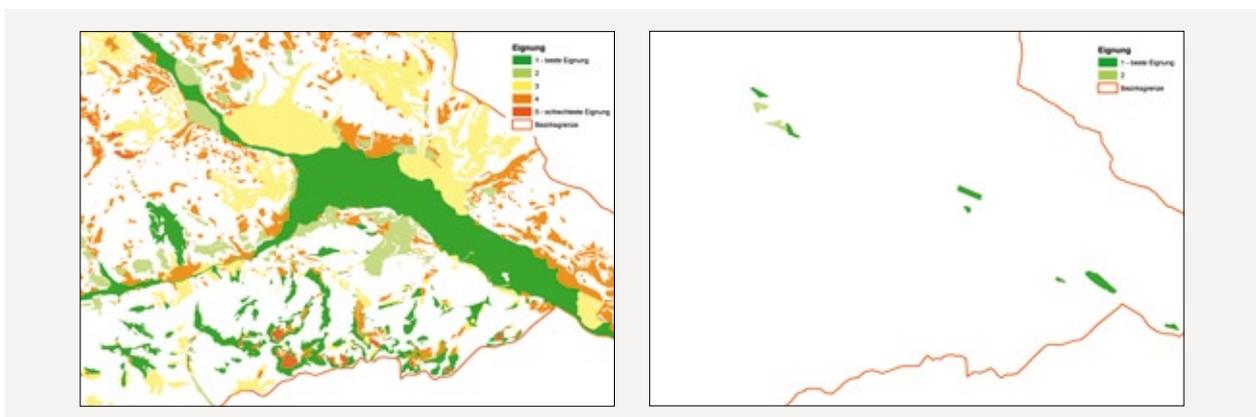


Abbildung 23: Österreichischer Rohstoffplan; links: Beispiel der Verbreitung von Sand und Kies unterschiedlicher Qualität (= Eignung), rechts: Beispiel der Verbreitung von Sand und Kies unterschiedlicher Qualität abzüglich raumordnerischer Verbots- und Konfliktzonen.

Quelle: Weber 2007

Der Österreichische Rohstoffplan

Der Österreichische Rohstoffplan wurde vom Bundesministerium für Wirtschaft, Familie und Jugend, entwickelt und verfolgt das Ziel, nutzbare Vorkommen von Baurohstoffen, Erzen, Industriemineralen und Energierohstoffen, die mit Hilfe eines innovativen Methodenansatzes objektiv identifiziert wurden, raumordnerisch zu schützen.

Dazu ist es erforderlich, in Anbetracht der geologisch begründeten Standortgebundenheit von Rohstoffvorkommen, allfällige Konflikte mit anderen Nutzansprüchen an den Naturraum zu evaluieren und lagemäßig zu bereinigen.

Jene Rohstoffvorkommen, deren Flächen nach einem raumordnerischen Abgleichprozess am wenigsten für andere Nutzungen benötigt werden, sollen raumordnerisch gesichert werden, um auch für die kommenden Generationen zur Verfügung zu stehen.

Die Arbeiten am Österreichischen Rohstoffplan sind als dynamischer Prozess zu verstehen, der zwischen der Bundes- und Landesverwaltung laufend an die räumlichen und wirtschaftlichen Entwicklungen angepasst werden muss. Die methodische Vorgangsweise bei der Lagerstättenevaluierung, der Bedarfsabschätzung bei mineralischen Rohstoffen sowie der Konfliktbereinigung wurde von der Europäischen Kommission als Best Practice Methode auserwählt.

<http://www.bmwfj.gv.at/EnergieUndBergbau/Rohstoffplan/Seiten/default.aspx>

Industriemineralien

Industriemineralien sind nicht-metallische mineralische Rohstoffe, die auf Grund ihrer chemischen oder physikalischen Eigenschaften direkt in einem Produktionsvorgang eingesetzt werden können. Nicht zu den Industriemineralien werden die Erze, Baurohstoffe bzw. Energierohstoffe gezählt.

Industriemineralien sind nicht-metallische Minerale, die nicht für Bauzwecke oder energetische Nutzung verwendet werden. Im Vergleich zu den Baurohstoffen werden sie in Österreich in weitaus geringeren Mengen abgebaut.

Die Verwendung von Industriemineralien ist vielfältig: In vielen industriellen und landwirtschaftlichen Produktionsprozessen spielen Industriemineralien eine wichtige Rolle. Salz ist ein wichtiger Rohstoff der Industrie, Phosphate und Kalisalze sind Ausgangsmaterialien für Düngemittel. Kalkstein oder Kaolin werden als Füllstoffe in der Papierindustrie verwendet und Ton und Feldspat für keramische Produkte.

Im Jahr 2008 wurden in Österreich 21 Millionen Tonnen Industriemineralien verwendet, das entspricht 11 % des gesamten österreichischen Materialverbrauchs. Etwa $\frac{2}{3}$ des österreichischen Bedarfs an Industriemineralien werden durch die inländische Entnahme abgedeckt. Dabei handelt es sich vor allem um Salz (3,7 Mio. t), Quarzsande (2 Mio. t), Talk, Gips (1 Mio. t) und Magnesit (0,8 Mio. t). Salz wird in großen Mengen als Industrie- und Auftausalz, jedoch nur in geringen Mengen als Speisesalz verwendet. Quarzsande sind der Ausgangsrohstoff für die Glasproduktion, Gips ist ein wichtiger Rohstoff für Zement bzw. Baustoffe.

Die heimische Produktion von Talk ist von internationaler Größenordnung: Österreich steht in der Weltproduktion von Talk an 12. Stelle. Die Marktführerschaft Österreichs auf dem Feuerfestsektor geht auf den Abbau und die Weiterverarbeitung hochwertiger Magnesite im Inland zurück.

Aus gesellschaftspolitischer Sicht ist der Einsatz von bestimmten Industriemineralien vor allem durch outputseitige Umweltbelastungen von Relevanz. Beispielsweise kann die Verwendung von Phosphaten als Düngemittel in der Landwirtschaft oder die Verwendung von Streusalz zu Belastungen der Böden, Grund- und Oberflächenwässer führen.

4

Ressourcennutzung und wirtschaftliche Entwicklung

Während die vorangegangenen Ausführungen sich vor allem mit den absoluten Zahlen zum Verbrauch natürlicher Ressourcen in Österreich beschäftigt haben, beziehen die folgenden Kapitel die wirtschaftliche Entwicklung in Österreich in die Analyse mit ein. Wirtschaftswachstum und Ressourcenverbrauch werden gemeinsam und im Verhältnis zueinander betrachtet. Dabei soll u. a. folgenden Fragen nachgegangen werden: Wie eng hängt der Ressourcenverbrauch mit dem Wirtschaftswachstum zusammen? Kann es Wirtschaftswachstum ohne steigenden Ressourcenverbrauch geben?

In der Vergangenheit zeigten Wirtschaftswachstum und Verbrauchsanstieg von natürlichen Ressourcen eine sehr ähnliche Entwicklung: der Ressourcenverbrauch stieg in der Regel mit dem Bruttoinlandsprodukt. Diese Entwicklung legt nahe, dass das österreichische Wirtschaftswachstum bisher eng an den Verbrauch von natürlichen Ressourcen geknüpft war und es auch heute noch ist. Umgekehrt werden die Probleme, die ein stetig steigender Ressourcenverbrauch verursacht, immer deutlicher sichtbar: Zum einen bedeutet eine Zunahme im Verbrauch von Material und Energie auch eine (wenn auch manchmal zeitverzögerte) Zunahme von Abfällen und Emissionen und den damit verbundenen negativen Umweltauswirkungen. Zum anderen werden durch den global steigenden Verbrauch bestimmte Schlüsselressourcen knapp. Strategien für eine nachhaltige Entwicklung erfordern daher eine Entkopplung von Ressourcenverbrauch und Wirtschaftswachstum (Commission of the European Communities 2005, Fischer-Kowalski et al. 2011). Das heißt, der Verbrauch an natürlichen Ressourcen soll sinken, während sich die Wirtschaft unabhängig davon weiterentwickelt.

Ressourcen werden in Österreich zunehmend effizienter genutzt

In Österreich ist die Ressourceneffizienz in den letzten Jahrzehnten gestiegen, es konnte also mehr ökonomischer Output mit der gleichen Menge Ressourcen erwirtschaftet werden. Ganz konkret wurde die Ressourceneffizienz in den letzten 50 Jahren um den Faktor 2,5 verbessert: Im Jahr 1960 wurden je Tonne Materialeinsatz umgerechnet 550 Euro BIP²⁵ erwirtschaftet, im Jahr 2008 waren es bereits 1.353 Euro. Trotz dieser beträchtlichen Effizienzgewinne um den Faktor 2,5 (oder 146%) ist der absolute Materialverbrauch gestiegen. Die Wirtschaft ist im selben Zeitraum um den Faktor 4,3 angewachsen, das sind 325%.

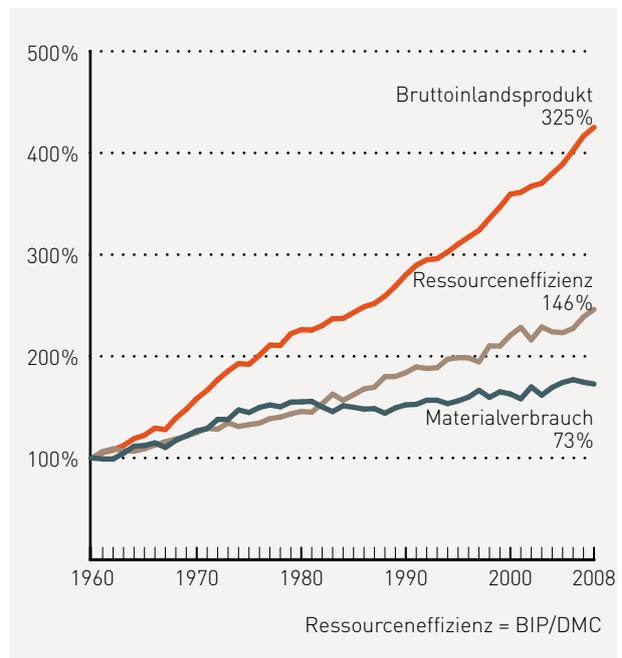


Abbildung 24: Wirtschaftswachstum, Materialverbrauch und Ressourceneffizienz in Österreich, 1960–2008, 1960=100%
 Wirtschaftswachstum als Bruttoinlandsprodukt (BIP) real, verkettete Volumina Basis 2005
 Quelle: Statistik Austria 2011d; Havel et al. 2010

Ressourceneffizienz misst den ökonomischen Output, der mit einer Einheit Ressourceninput erwirtschaftet werden kann. Die gesamtwirtschaftliche Ressourceneffizienz (auch Ressourcenproduktivität) wird als als Bruttoinlandsprodukt (BIP) pro Inlandsmaterialverbrauch (DMC) pro Materialverbrauch ausgedrückt.

²⁵ BIP real, verkettete Volumina Basis 2005 (Havel und et al. 2010). Bei einer Analyse über einen bestimmten Zeitraum hinweg, muss die Ressourceneffizienz mit dem realen BIP (zu konstanten Preisen) berechnet werden, damit keine Verzerrungen durch Veränderungen der Preise (z. B. durch Inflation) auftreten.

Im Europäischen Vergleich der Ressourceneffizienzen liegt Österreich im oberen Drittel

Die Ressourceneffizienz in der EU27²⁶ lag 2007 bei 1.510 Euro pro Tonne verbrauchtem Material. Die Unterschiede innerhalb der EU sind allerdings beträchtlich. Die höchsten Werte weisen die Niederlande auf, wo je Tonne Material nahezu 3.300 Euro BIP erwirtschaftet werden. Österreich liegt mit 1.368 Euro je Tonne²⁷ knapp unter dem EU27-Durchschnitt an neunter Stelle der EU-Mitgliedsstaaten. Auffallend ist die niedrige Ressourceneffizienz in den neuen EU Ländern: hier wurden 2007 im Durchschnitt nur 482 Euro je Tonne erwirtschaftet.

Ein direkter Vergleich der Ressourceneffizienz über die Länder hinweg ist allerdings schwierig zu bewerten. Abgesehen von den ganz unterschiedlichen Mustern im Ressourcenverbrauch (bedingt durch Bevölkerungsdichte, klimatische Unterschiede, ökonomische Spezialisierungen etc. – siehe Kapitel 1, Seite 8), gibt es einen systematischen Zusammenhang zwischen Ressourceneffizienz und der Höhe des Bruttoinlandsprodukts (Steinberger, Krausmann 2011). Da der Ressourcenverbrauch in industrialisierten Ländern in aller Regel langsamer wächst als die Wirtschaft, bedeutet das, dass reichere Länder fast automatisch eine höhere Ressourceneffizienz aufweisen als Länder mit niedrigem BIP pro Kopf. Das spiegelt sich auch in den niedrigen Werten für die

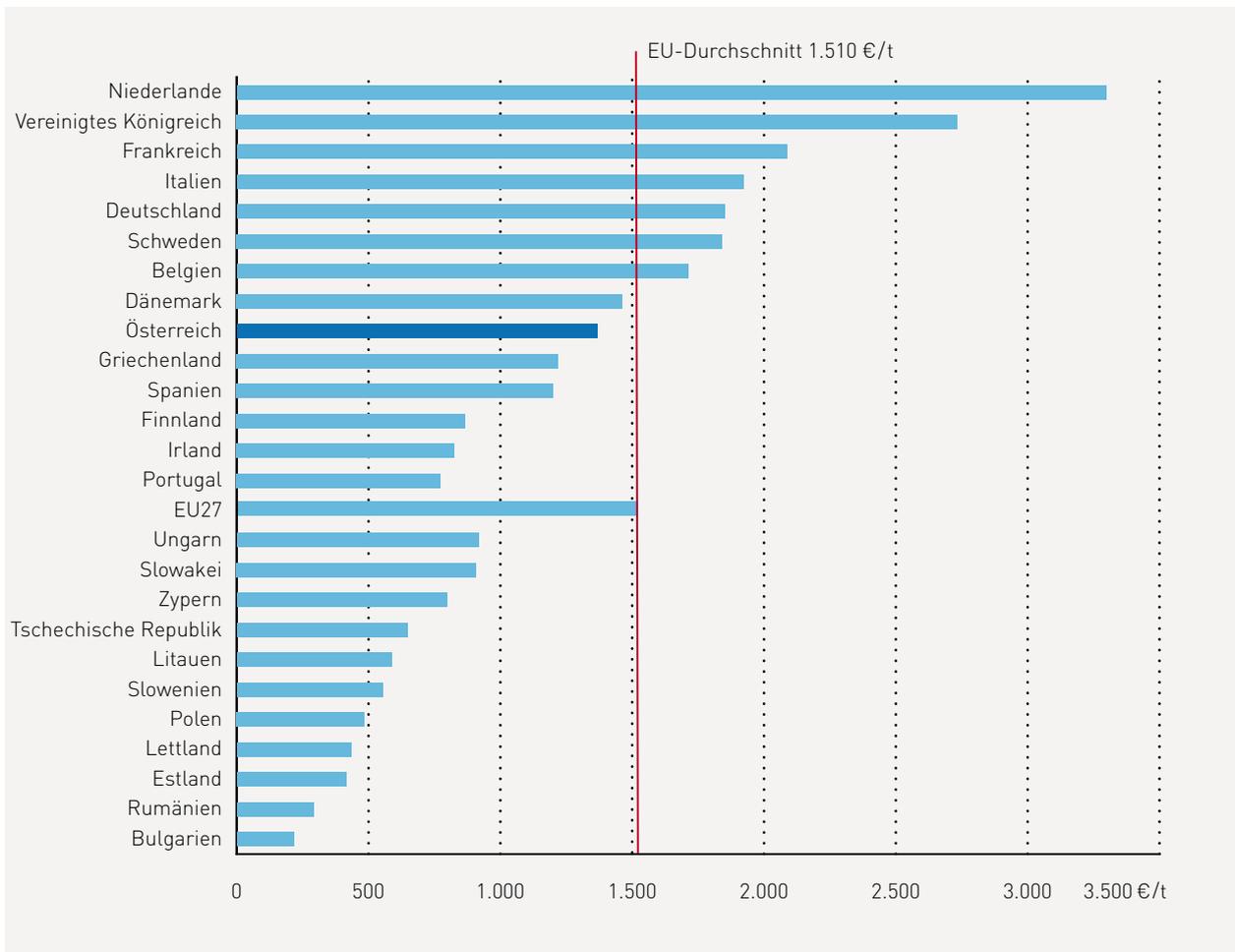


Abbildung 25: Ressourceneffizienzen in den EU27 Ländern im Jahr 2007 als BIP/DMC in €/t
Die Ressourceneffizienz berechnet sich aus BIP/DMC. Als BIP wurde das Bruttoinlandsprodukt zu Marktpreisen herangezogen (Eurostat 2011)

²⁶ Die Daten von Malta und Luxemburg sind aufgrund von Datenproblemen in der Berechnung des EU27-Durchschnitts nicht berücksichtigt. Die beiden Länder sind allerdings im Verhältnis zu den anderen Ökonomien so klein, sodass sich das Fehlen nicht im Ergebnis niederschlägt.

²⁷ Die Ressourceneffizienz für die EU27 ist mit dem BIP zu Marktpreisen (nominelles BIP) berechnet.

Effizienz in den neuen EU-Ländern wider. Die Reihenfolge der Länder nach ihren Ressourcenproduktivitäten ist daher im Wesentlichen die gleiche, wie bei einer Auflistung nach ihrem Einkommen (in BIP pro Kopf). Ein Vergleich der Ressourcenproduktivität ist daher vorwiegend über den Zeitverlauf hinweg nützlich und aussagekräftig.

Entkoppelung heißt nicht automatisch sinkender Ressourcenverbrauch

Eine erfolgreiche Entkoppelung von Wirtschaftswachstum und Ressourcenverbrauch zeigt sich in einer steigenden Ressourceneffizienz (oder auch Ressourcenproduktivität). In Bezug auf Materialien wird dafür der ökonomische Output pro Materialverbrauch (BIP/DMC) berechnet. Eine Steigerung der Ressourceneffizienz bedeutet, dass weniger Material zur Bereitstellung desselben ökonomischen Outputs verwendet wird. Eine Steigerung bedeutet aber nicht automatisch auch eine Reduktion des absoluten Ressourcenverbrauchs, sondern nur, dass die Wirtschaft schneller wächst als der Ressourcenverbrauch. Es werden daher zwei Fälle von Entkoppelung unterschieden:

■ Entkoppelung bei steigendem Ressourcenverbrauch («relative Entkopplung»):

Sowohl Wirtschaftsleistung als auch Ressourcenverbrauch wachsen, allerdings liegt die Wachstumsrate des Ressourcenverbrauchs unter jener des Wirtschaftswachstums. Dadurch steigt die Ressourcenproduktivität. Dies ist der Regelfall in den meisten Industrieländern.

■ Entkoppelung bei sinkendem Ressourcenverbrauch («absolute Entkopplung»):

In diesem Fall wird Wirtschaftswachstum bei tatsächlich sinkendem Ressourcenverbrauch erreicht. Die Ressourcenproduktivität wächst in diesem Fall schneller als die Wirtschaft. Über längere Zeiträume wurde eine solche Entwicklung nur in einigen wenigen Fällen beobachtet, die Beispiele bleiben aber vorerst Ausnahmen.

Was bedeutet das für Österreich? In den letzten 50 Jahren ist die Ressourceneffizienz um 146% gestiegen, der Ressourcenverbrauch um 73% und die Wirtschaftsleistung um rund 325% (siehe Abbildung 24, Seite 51). Das bedeutet, Österreich konnte das

Wirtschaftswachstum vom Ressourcenverbrauch entkoppeln, der Ressourcenverbrauch insgesamt ist jedoch weiterhin gestiegen.

Reduktion des Ressourcenverbrauchs bisher nur in Kombination mit niedrigem Wirtschaftswachstum

Eine entscheidende Frage in der Analyse der Ressourceneffizienz ist, ob ein Land eine tatsächliche Reduktion des Ressourcenverbrauchs erreicht oder nicht. Betrachtet man die Europäischen Länder in den letzten Jahrzehnten, dann wurde das nur in drei Ländern erreicht: Großbritannien, Deutschland und Italien. Die Gründe dafür sind unterschiedlich, radikale Deindustrialisierung oder Auslagerung materialintensiver Produktion spielen eine wichtige Rolle. Allgemeine Muster jedoch konnten noch nicht abgeleitet werden. Im internationalen Vergleich zeigt sich aber, dass Länder einen über mehrere Jahre sinkenden Ressourcenverbrauch nur in Perioden mit niedrigem Wirtschaftswachstum (unter 2% pro Jahr) erreichen. Sobald das Wirtschaftswachstum 2% übersteigt, steigt auch der Ressourcenverbrauch (Krausmann et al. 2011). Ob der Zusammenhang – niedriges Wirtschaftswachstum als notwendige Bedingung für eine absolute Reduktion des Ressourcenverbrauchs – nun tatsächlich empirisch beweisbar ist oder nicht, müssen Analysen noch zeigen.

Der Reboundeffekt: trotz Effizienzgewinnen steigt der Ressourcenverbrauch

Betrachtet man die Entwicklung der Ressourceneffizienzen in den Europäischen Ländern, so sieht man zahlreiche Fälle von «relativer» Entkopplung (wie auch in Österreich), aber nur in Ausnahmefällen eine tatsächliche Reduktion des Ressourcenverbrauchs. Einer der Gründe, warum der Ressourcenverbrauch in den meisten Fällen weiterhin steigt, ist der sogenannte Rebound Effekt (Weizsäcker et al. 2009): Einsparungen aus Effizienzgewinnen werden dazu genutzt, die Produktion und/oder den Konsum zu steigern. Dem liegt zugrunde, dass Effizienzgewinne ein wesentlicher Motor wirtschaftlicher Entwicklung sind. In der Regel werden die Einspareffekte, die sich aus Effizienzgewinnen ableiten ließen, nicht realisiert, sondern werden durch eine erhöhte Produktion (über)kompensiert (Polimeni et al. 2008).

Das heißt, pro Output werden weniger Ressourcen verbraucht (Effizienzgewinne), doch der Gesamtoutput wird erhöht, und das in einem Maße, das die Effizienzgewinne pro Einheit übersteigt. Effizienzgewinne übersetzen sich in Preisvorteile, die den Konsum der jeweiligen Dienstleistung antreiben und so den Ressourcenverbrauch weiter erhöhen.

Nach der Arbeitsproduktivität nun zur Ressourcenproduktivität

In den letzten Jahrhunderten verzeichnete die Arbeitsproduktivität in der wirtschaftlichen Produktion beeindruckende Steigerungsraten. So wuchs die Arbeitsproduktivität anfangs um ein Prozent pro Jahr und ab der Mitte des 20sten Jahrhunderts sogar um 2–3% pro Jahr (Weizsäcker et al. 2009). Durch das steigende Bewusstsein um die Begrenztheit natürlicher Ressourcen und vor allem durch drastisch steigende Rohstoffpreise erwarten Fachleute, dass sich die Wirtschaft zukünftig vermehrt auf die Steigerung der Ressourcenproduktivität konzentrieren wird. Es wird daher erwartet, dass die Wachstumsraten der Ressourcenproduktivität jene der Arbeitsproduktivität überholen werden und der effiziente Einsatz von Ressourcen zur Kernfrage für Technologieentwicklung wird (Weizsäcker et al. 2009).

Wirtschaftswachstum und Lebensqualität – ein unentbehrlicher Zusammenhang?

Die Frage der Entkopplung von Ressourcenverbrauch und Wirtschaftswachstum wird auch in einem größeren Kontext diskutiert. Dabei steht die Frage nach der Art und Weise des Wirtschaftswachstums im Zentrum, die Qualität des Wachstums rückt in den Vordergrund. Worum geht es bei dieser neuen Debatte um Wirtschaftswachstum konkret?

Die Produktion von Gütern und Dienstleistungen hat über Jahre hinweg starke Zuwächse aufgewiesen. Weite Teile der Gesellschaft und viele Staaten der Welt haben damit ein hohes materielles Wohlstandsniveau erreicht. Wirtschaftswachstum hat in den letzten Jahrzehnten viel zum Wohlstand beigetragen, die «Nebenwirkungen» dürfen jedoch nicht außer Acht gelassen werden. Dabei geht es einerseits um die negativen Folgewirkungen eines übermäßigen Natur- und Umweltverbrauchs. Natürliche Ressourcen werden immer knapper, die Artenvielfalt nimmt ab

und unser Klima wandelt sich. Andererseits hat sich durch das Wirtschaftswachstum an der ungleichen Verteilung von Vermögen und Einkommen innerhalb der meisten Gesellschaften als auch zwischen den einzelnen Weltregionen wenig geändert. Viele internationale Untersuchungen zeigen, dass materieller Wohlstand (u. a. Einkommen) für die persönliche Zufriedenheit eine wichtige Rolle spielt, dass diese Bedeutung jedoch ab einem gewissen Wohlstandsniveau nicht mehr steigt. Mehr Konsum macht dann nicht glücklicher. Dafür steigt die Bedeutung von einem guten sozialen Zusammenhalt, Gesundheit und einer intakten Umwelt und diese Aspekte werden zu ebenso wichtigen Faktoren für Lebensqualität.

Aus diesen Erkenntnissen heraus ist die Diskussion um Wirtschaftswachstum neu aufgeflammt. Die Debatte zielt dabei auf die Frage, wie eine Wirtschaft aussehen könnte, die nicht auf permanentes Wachstum angewiesen ist. Eine wirtschaftliche Entwicklung jenseits des quantitativen Wachstums («beyond growth») – abgestimmt auf die Ziele der Nachhaltigkeit – wird gefordert. Wohlstand und Lebensqualität sollen im Mittelpunkt stehen anstelle einer permanenten Ausweitung der wirtschaftlichen Produktion (gemessen am BIP).

Initiative «Wachstum im Wandel»

In Österreich wurde 2008 die Initiative «Wachstum im Wandel» ins Leben gerufen. Ihr zufolge braucht es einen Wandel von quantitativem Wachstum (Steigerung der Wirtschaftsleistung) hin zu qualitativem Wachstum (Steigerung von Wohlbefinden und Lebensqualität). Im Mittelpunkt steht dabei die Frage, wie unser Wirtschaftsmodell langfristig ökologisch und sozial verträglich gestaltet werden kann, auch um die Ökonomie insgesamt krisensicherer zu machen. Damit im Zusammenhang ist auch die Einführung neuer Meßmethoden für Wohlstand und Lebensqualität, die über das Bruttoinlandsprodukt hinaus reichen, notwendig.

Die Diskussion im Rahmen dieser Initiative betrifft eine Vielfalt von Themen wie etwa Geld und Finanzsystem, Wachstum und Ressourcenverbrauch, Soziale Gerechtigkeit und Armut, Nachhaltige Produktion und Nachhaltiger Konsum, Regionale Aspekte, Makroökonomische Fragen, Lebensqualität und Messung von Wohlstand, Arbeit, Governance und Nachhaltiges Management. Nachzulesen sind die verschiedenen Argumente zum Thema u. a. im Buch «Welches Wachstum ist nachhaltig?» (Hinterberger et al. 2009).

Zentral an dieser Initiative ist, dass die Trägerschaft für dieses Thema von mehreren relevanten Ministerien übernommen und von über 15 Partnerorganisationen unterstützt wird.

Die Frage «Welches Wachstum ist für eine zukunftsfähige Entwicklung notwendig?» stand auch bei einer internationalen Konferenz im Jänner 2010 in Wien mit rund 550 TeilnehmerInnen im Mittelpunkt. Zahlreiche weitere Veranstaltungen wurden im Rahmen der Initiative «Wachstum im Wandel» bereits abgehalten, weitere Aktivitäten werden noch folgen.

<http://www.wachstumimwandel.at>

5

Szenarien für die Zukunft



Im vorangegangenen Kapitel wurde dargestellt, dass die Ressourceneffizienz in Österreich in den letzten Jahren gestiegen ist. Die Ressourceneffizienz wuchs dabei allerdings langsamer als die Wirtschaft, eine absolute Reduktion des Ressourcenverbrauchs konnte also nicht erreicht werden. Grund hierfür ist u. a. der sogenannte Rebound-Effekt (siehe zuvor).

Im Schlusskapitel dieser Publikation werden verschiedene Szenarien vorgestellt, wie sich der Ressourcenverbrauch und die Ressourceneffizienz in Österreich bis zum Jahr 2020 bzw. 2050 theoretisch entwickeln könnten. Dabei handelt es sich um keine komplexen Modellrechnungen, sondern um einfache Abschätzungen und Hochrechnungen möglicher Entwicklungspfade. Die dargestellten Szenarien stellen also keine echten Prognosen dar, sondern bieten einen Blick in die Zukunft, wie sich der Ressourcenverbrauch in Österreich unter veränderten Variablen entwickeln könnte. Die Szenarien sollen zu Diskussionen anregen, und ein Gefühl für die Größenordnungen der erforderlichen Einsparungen im Ressourcenverbrauch vermitteln.

Es wurden sieben Szenarien berechnet, die auf folgenden Annahmen basieren: Für die Entwicklung der Bevölkerung wurde die Prognose der Statistik Austria (Hanika 2010) herangezogen. Für das Wirtschaftswachstum wurde angenommen, dass die jährlichen Wachstumsraten zwischen 2008 und 2050 weiter zurückgehen werden; es wurde also eine lineare Entwicklung von 2% für 2008 auf 1% für 2050 angenommen. Basierend auf diesen Annahmen und den Zielvorgaben für die Szenarien wurden die Entwicklungen hochgerechnet, etwaige Feedbackschleifen oder Rebound-Effekte wurden nicht berücksichtigt. Der Ausgangspunkt für die Szenarien ist jeweils das Jahr 2008, als Perspektive wurden die Jahre 2020 beziehungsweise 2050 gewählt.

Tabelle 5 fasst die Ausgangslage im Jahr 2008 im Bezug auf Ressourcenverbrauch und Wachstumsraten zusammen. Die Ergebnisse der Szenarien können so mit diesen Ausgangswerten verglichen werden.

Ressourcenverbrauch, Österreich im Jahre 2008		
		DMC: 197 Mio. t DMC pro Kopf: 24t/(cap*a)
Wachstum	Wachstumsrate 1996–2008 gesamt	durchschnittliche jährliche Wachstumsrate (Ø p. a.)
BIP real BIP= Bruttoinlandsprodukt	34%	2,5%
DMC DMC=Inlandsmaterialverbrauch	8%	0,6%
RE RE=Ressourceneffizienz=BIP/DMC	24%	1,8%

Tabelle 5: Ressourcenverbrauch Österreich 2008 und Wachstumsraten von Wirtschaft, Materialverbrauch und Ressourceneffizienz über den Zeitraum 1996 bis 2008

Szenario 1: Business as usual

Ressourcenverbrauch Österreich im Jahr 2020 213 Mio. t 24t/Kopf	Wachstum*	ges.	Ø p.a.
	BIP:	25%	1,9%
	DMC:	8%	0,6%
	RE:	15%	1,2%

In diesem Szenario 1 wird angenommen, dass sich die Entwicklungen der letzten Jahre bis 2020 fortschreiben lassen («business as usual»), für die Wirtschaft (BIP) wurde jedoch das zu erwartende langsamere Wachstum angenommen (durchschnittlich 1,9% pro Jahr oder zwischen 2008 und 2020 insgesamt 25%). Der gesamte Ressourcenverbrauch (DMC) würde um 0,6% pro Jahr steigen bzw. 2020 um 8% höher ausfallen als 2008. Die Berechnung der Ressourceneffizienz (RE) ergibt dann eine Zunahme um 1,2% pro Jahr oder 15% insgesamt. Der Ressourcenverbrauch pro Kopf würde sich im Vergleich zu 2008 kaum verändern und 2020 bei 24 Tonnen liegen.

Szenario 2: Einfrieren des Ressourcenverbrauchs

Ressourcenverbrauch Österreich im Jahr 2020 197 Mio. t 23t/Kopf	Wachstum*	ges.	Ø p.a.
	BIP:	25%	1,9%
	DMC:	0%	0%
	RE:	25%	1,9%

In Szenario 2 wird der Ressourcenverbrauch – gemessen als Materialverbrauch – auf dem Niveau von 2008 «eingefroren». Der Ressourcenverbrauch wächst also um 0%, d.h. er steigt nicht weiter. Die Wirtschaft jedoch legt um 1,9% pro Jahr oder insgesamt um 25% zu. Daraus ergibt sich, dass die Ressourceneffizienz im gleichen Tempo wie die Wirtschaft wächst, nämlich mit 1,9% p.a. Der pro Kopf Ressourcenverbrauch würde durch eine leicht steigende Bevölkerung nur geringfügig auf 23 Tonnen pro Kopf sinken.

Szenario 3: Anstieg der Ressourceneffizienz um 3% jährlich

Ressourcenverbrauch Österreich im Jahr 2020 172 Mio. t 20t/Kopf	Wachstum*	ges.	Ø p.a.
	BIP:	25%	1,9%
	DMC:	-13%	-1,1%
	RE:	43%	3%

Szenario 3 nimmt eine Verbesserung der Ressourceneffizienz um 3% pro Jahr an. Bei einem Wirtschaftswachstum von 1,9% pro Jahr würde dies einen Rückgang im Ressourcenverbrauch um 1,1% pro Jahr oder insgesamt um 13% erzeugen. Umgerechnet auf jede/n ÖsterreicherIn wäre dies eine «Einsparung» von 4 Tonnen pro Kopf bis ins Jahr 2020 im Vergleich zu 2008, der Materialverbrauch würde also auf 20 t/Kopf sinken.

*) BIP=Bruttoinlandsprodukt
 DMC=Inlandsmaterialverbrauch
 RE=Ressourceneffizienz=BIP/DMC
 Wachstum betrifft den Zeitraum 2008–2020 bzw. 2008–2050
 Ø p.a.=durchschnittliche jährliche Wachstumsrate

■ Szenario 4: Verringerung des absoluten Ressourcenverbrauchs um 20%

Ressourcenverbrauch Österreich im Jahr 2020		Wachstum*	ges.	Ø p.a.
	157 Mio. t	BIP:	25%	1,9%
	18t/Kopf	DMC:	-20%	-1,8%
		RE:	56%	3,8%

Die ersten drei Szenarien waren wenig ambitioniert, wenn man berücksichtigt, dass sie zu keiner wesentlichen Verringerung des Ressourcenverbrauchs geführt haben. Will Österreich hier wirklich Maßstäbe setzen, dann sind mutigere Schritte gefragt. Eine 20prozentige absolute Reduktion des Ressourcenverbrauchs wäre ein deutliches Signal und international beispielhaft. Doch was würde das bedeuten? Die Ressourceneffizienz müsste bis 2020 signifikant steigen, ganz konkret um 3,8% pro Jahr oder 56% über den gesamten Zeitraum. Das Niveau des pro Kopf Ressourcenverbrauch wäre mit 18t/Kopf im Jahr 2020 um ganze 6t/Kopf geringer als heute. Ein ambitioniertes aber durchaus vorstellbares Ziel.

Die ersten vier Szenarien hatten das Jahr 2020 als Perspektive. Doch die Verbesserung der Ressourceneffizienz im Sinne einer Nachhaltigen Entwicklung muss längerfristig gedacht werden. Im Folgenden werden drei weitere Szenarien bis zum Jahre 2050 vorgestellt.

■ Szenario 5: Halbieren des Ressourcenverbrauchs bis 2050

Ressourcenverbrauch Österreich im Jahr 2050		Wachstum*	ges.	Ø p.a.
	98 Mio. t	BIP:	87%	1,5%
	10t/Kopf	DMC:	-50%	-1,6%
		RE:	274%	3,2%

Denkt man Nachhaltigkeit etwas längerfristig und im globalen Kontext, so sind deutlichere Einsparungen in den Industrieländern unabdingbar, wenn auch den sogenannten Entwicklungsländern Raum für ihre wirtschaftliche und gesellschaftliche Entwicklung zugestanden werden soll. Eine Halbierung des Ressourcenverbrauchs (in den Industrieländern) bis 2050 ist eine große Herausforderung, aber angemessen wie notwendig und wird von zahlreichen WissenschaftlerInnen gefordert (erst kürzlich in Fischer-Kowalski et al. 2011). Die Ressourceneffizienz müsste in diesem Szenario um insgesamt 274% oder 3,2% pro Jahr steigen. Der pro Kopf Ressourcenverbrauch in Österreich würde sich drastisch verringern und zwar auf 10 Tonnen pro Kopf im Jahr 2050.

*) BIP=Bruttoinlandsprodukt
DMC=Inlandsmaterialverbrauch
RE=Ressourceneffizienz=BIP/DMC
Wachstum betrifft den Zeitraum 2008–2020 bzw. 2008–2050
Ø p.a.=durchschnittliche jährliche Wachstumsrate

Szenario 6: Faktor 4 bis 2050

Ressourcenverbrauch Österreich im Jahr 2050		Wachstum*	ges.	Ø p.a.
	49 Mio. t	BIP:	87%	1,5%
	5t/Kopf	DMC:	-75%	-3,2%
		RE:	647%	4,9%

Schon in den 1990er Jahren hat Ernst Ulrich von Weizsäcker gemeinsam mit Amory und Hunter Lovins (Weizsäcker et al. 1995) den Faktor 4 «doppelter Wohlstand bei halbem Ressourcenverbrauch» vorgeschlagen.²⁸ Berücksichtigt man die heutige Ungleichverteilung der Ressourcennutzung zwischen hoch entwickelten Industrieländern und den sogenannten Entwicklungsländern und fordert gleiche Möglichkeiten für alle, dann muss man den Faktor 4 global denken. In diesem Falle müssten die derzeitigen Industrieländer ihren Ressourcenverbrauch mindestens um 75 % reduzieren, damit die sogenannten Entwicklungsländer in ihrer Entwicklung nicht behindert werden. In der vorliegenden Rechnung wurde für den DMC daher eine Reduktion um 75 % (Faktor 4) angenommen. Eine Reduktion des Ressourcenverbrauchs um den Faktor 4 würde für Österreich bedeuten, dass der Ressourcenverbrauch pro Kopf auf 5t/Kopf zurückgehen würde, das liegt deutlich unter dem heutigen globalen Durchschnittswert von etwa 9t/Kopf. Zum Vergleich, in Österreich lag der Materialverbrauch zuletzt rund um 1800 auf einem Niveau von 4t/Kopf (Krausmann et al. 2008). Die Ressourceneffizienz würde in diesem Szenario um jährlich 4,9 % (insgesamt 647 %) bis 2050 ansteigen.

Szenario 7: Faktor 10

Ressourcenverbrauch Österreich im Jahr 2050		Wachstum*	ges.	Ø p.a.
	20 Mio. t	BIP:	87%	1,5%
	2t/Kopf	DMC:	-90%	-5,3%
		RE:	1769%	7,2%

Friedrich Schmidt-Bleek ging in seinen Überlegungen im Zusammenhang mit dem Konzept einer Dematerialisierung ebenfalls in den 1990er Jahren noch einen Schritt weiter und forderte die Reduktion des Ressourcenverbrauchs um den Faktor 10 (Schmidt-Bleek und Bierter 1998). Rechnet man dieses Szenario unter den genannten Bedingungen dieses Kapitels für Österreich hoch, müsste der Materialverbrauch um 90 % (Faktor 10) gesenkt werden und die Ressourceneffizienz jährlich um 7,2 % (insgesamt 1769 %) steigen. Pro Kopf stünden dann jeder Österreicherin und jedem Österreicher nur mehr 2 Tonnen Material zur Nutzung zur Verfügung. Nicht eingerechnet sind die materiellen Vorleistungen («ökologische Rucksäcke», siehe zuvor), die bei der Dematerialisierung eine wesentliche Rolle spielen.

*) BIP=Bruttoinlandsprodukt
 DMC=Inlandsmaterialverbrauch
 RE=Ressourceneffizienz=BIP/DMC
 Wachstum betrifft den Zeitraum 2008–2020 bzw. 2008–2050
 Ø p.a.=durchschnittliche jährliche Wachstumsrate

28 In einer jüngeren Veröffentlichung behandelt Ernst Ulrich von Weizsäcker nunmehr den Faktor 5 (Weizsäcker et al. 2009).

Resourceneffizientes Österreich: Zusammenfassung der 7 Szenarien

	Ressourcenverbrauch (DMC)		Steigerung der Resourceneffizienz			
	Mio. t	t/Kopf	p.a.	gesamt	Faktor	
2020	1) business as usual	212	24	1,2%	15%	1,2
	2) Einfrieren des Ressourcenverbrauchs	197	23	1,9%	25%	1,2
	3) 3% Resourceneffizienz jährlich	172	20	3,0%	43%	1,4
	4) Ressourcenverbrauch minus 20%	157	18	3,8%	56%	1,6
2050	5) Ressourcenverbrauch halbiert	98	10	3,2%	274%	3,7
	6) Faktor 4	49	5	4,9%	647%	7,5
	7) Faktor 10	20	2	7,2%	1769%	19

Nachhaltige und effiziente Ressourcennutzung in der Zukunft bedeutet den sorgsamen Umgang mit Rohstoffen, der natürlichen Umwelt und ihren Kreisläufen. Nachhaltige Entwicklung bedeutet auch die gerechte Verteilung von Ressourcen und auch von Entwicklungsmöglichkeiten auf globaler Ebene. Resourceneffizienz wird in der Zukunft kein Randthema mehr sein, und in der Umsetzung werden Maßnahmen auf vielen Ebenen zum Einsatz kommen: das Ausschöpfen technologischer Potentiale, die Stärkung einer Kreislauf- bzw. Sekundärrohstoffwirtschaft, die Schaffung einer resourceneffizienten Produktion über den gesamten Lebenszyklus, bis hin zur Umstrukturierung unserer Gesellschaft und dem Umdenken von gesellschaftlichen Werten und dem Finden eines neuen Konsumverständnisses. Ziel ist ein gleichwertiger und rücksichtsvoller Umgang mit der Natur und ihren natürlichen Ressourcen und Rohstoffen. In der dramatischen Erhöhung der Resourceneffizienz stecken enorme Chancen für Österreichs Umwelt, Wirtschaft und Gesellschaft.

Literatur

- Aachener Stiftung Kathy Beys (2011): Sustainable Resource Management Needs to Consider Both Used and Unused Extraction. Aachen.
- Ayres, Robert U. (1994): Industrial Metabolism: Theory and Policy. In: Ayres, Roger U.; Simonis, Udo E. (Ed.): Industrial Metabolism: Restructuring for Sustainable Development. Tokyo, New York, Paris: United Nations University Press, S. 3–20.
- Bringezu, Stefan; Bleischwitz, Raimund (2009): Sustainable Resource Management. Global Trends, Visions and Policies. Sheffield, UK: Greenleaf Publishing Limited.
- Brunner, Paul H.; Rechberger, Helmut (2002): Anthropogenic Metabolism and Environmental Legacies. In: Encyclopedia of Global Environmental Change 3, S. 54–72.
- Bundesamt und Forschungszentrum für Wald (BFW) (2011): Österreichische Waldinventur 2007/09 – Hauptergebnisse. Wien.
- Bundesanstalt für Agrarwirtschaft (2011): Daten und Fakten. <http://www.agraroekonomik.at/index.php?id=datenfakten>.
- Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) (2009): Energierohstoffe 2009 – Reserven, Ressourcen, Verfügbarkeit. Hannover: BGR.
- Bundesministerium für Wirtschaft, Familie und Jugend (BMWFJ) (2010): Der Österreichische Rohstoffplan. <http://www.bmwfj.gv.at/EnergieUndBergbau/Rohstoffplan/Seiten/default.aspx>.
- Bundesministerium für Wirtschaft, Familie und Jugend; Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (2010): Energiestrategie Österreich. Wien.
- Commission of the European Communities (2005): Thematic Strategy on the Sustainable Use of Natural Resources. Brussels: Commission of the European Communities (CEC).
- Czichos, Horst; Hennecke, Manfred (2008): Hütte – Das Ingenieurwissen. Berlin: Springer.
- Daxbeck, Hans; Buschmann, Heinz; Neumayer, Stefan; Brandt, Bernd (2009): Methodology for Mapping of Physical Stocks. Resource Management Agency (RMA).
- Erb, Karl-Heinz; Krausmann, Fridolin; Schulz, Niels B. (2001): Der ökologische Fußabdruck des österreichischen Außenhandels. Social Ecology Working Paper 62. Wien: IFF Social Ecology.
- Europäische Kommission (2010): Europa 2020. Eine Strategie für intelligentes, nachhaltiges und integratives Wachstum. Brüssel: Europäische Kommission.
- Europäische Kommission (2011a): Grundstoffmärkte und Rohstoffe: Herausforderungen und Lösungsansätze. Brüssel: Europäische Kommission.
- Europäische Kommission (2011b): Ressourcenschonendes Europa – eine Leitinitiative innerhalb der Strategie Europa 2020. Brüssel: Europäische Kommission.
- Europäische Kommission und Eurostat (2011): Umweltökonomische Gesamtrechnung (EA). http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/environmental_accounts/introduction.
- European Commission (2008): The Raw Materials Initiative. Meeting Our Critical Needs for Growth and Jobs in Europe. Brussels: European Commission.
- European Commission (2010): Critical Raw Materials for the EU. Report of the Ad-hoc Working Group on Defining Critical Raw Materials. Brussels: European Commission. Enterprise and Industry, S. 1–85.
- European Commission und Eurostat (2011): Physical and Hybrid Environmental Accounts. http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/environmental_accounts/publications/physical_and_hybrid_environmental_accounts.
- Eurostat (2001): Economy-wide Material Flow Accounts and Derived Indicators. A Methodological Guide. Luxembourg: Eurostat, European Commission, Office for Official Publications of the European Communities, S. 1–92.
- Eurostat (2009a): Economy Wide Material Flow Accounts. Compilation Guidelines for Reporting to the 2009 Eurostat Questionnaire (Version 01 – June 2009). Luxembourg: European Statistical Office.
- Eurostat (2009b): Material Flow Data (MFA data collection 2007). Luxembourg: Eurostat.
- Eurostat (2010a): Revised European Strategy for Environmental Accounting. http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/environmental_accounts/documents/ESEA_REVISION_2008_0.pdf.
- Eurostat (2010b): Umweltökonomische Gesamtrechnungen (EA). http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/environmental_accounts/introduction.

- Eurostat (2011): Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung (einschließlich BIP).
http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/national_accounts/introduction.
- FAOSTAT (2010): FAO Statistical Database. Rom: Food and Agriculture Organization (FAO)
<http://faostat.fao.org/site/573/default.aspx#ancor>.
- Fettweis, G. B.; Lechner, E.; Schmidt, W. J. (1987): Leitlinien der Entwicklung im Bergbau auf feste mineralische Rohstoffe. In: Bergbau im Wandel. Essen: Akad. Druck- und Verlagsanstalt, Graz. Verlag Glückauf GmbH.
- Fischer-Kowalski, Marina (1998): Society's Metabolism. The Intellectual History of Material Flow Analysis, Part I: 1860–1970. In: *Journal of Industrial Ecology* 2(1), S. 61–78.
- Fischer-Kowalski, Marina; Amann, Christof (2001): Beyond IPAT and Kuznets Curves: Globalization as a Vital Factor in Analysing the Environmental Impact of Socio-Economic Metabolism. In: *Population and Environment* 23(1), S. 7–47.
- Fischer-Kowalski, Marina; Haberl, Helmut (1997): Stoffwechsel und Kolonisierung: Konzepte zur Beschreibung des Verhältnisses von Gesellschaft und Natur. In: Fischer-Kowalski, M. et al. (Hgs.): *Gesellschaftlicher Stoffwechsel und Kolonisierung von Natur*. Amsterdam: Gordon & Breach Fakultas, Bd. 1.1, S. 3–12.
- Fischer-Kowalski, Marina; Haberl, Helmut; Hüttler, Walter; Payer, Harald; Schandl, Heinz; Winiwarter, Verena; Zangerl-Weisz, Helga (1997): *Gesellschaftlicher Stoffwechsel und Kolonisierung von Natur. Ein Versuch in Sozialer Ökologie*. Amsterdam: Gordon & Breach Fakultas.
- Fischer-Kowalski, Marina; Hüttler, Walter (1998): Society's Metabolism. The Intellectual History of Material Flow Analysis, Part II: 1970–1998. In: *Journal of Industrial Ecology* 2(4), S. 107–137.
- Fischer-Kowalski, Marina; Swilling, Mark; Weizsäcker, Ernst U. v.; Crane, Wendy; Siriban-Manalang, Anna B.; Ren, Yong; Moriguchi, Yuichi; Krausmann, Fridolin; Eisenmenger, Nina; Giljum, Stefan; Lankao, P. R.; Kemp, Rene (2011): Decoupling the Use of Natural Resources and Environmental Impacts from Economic Activity: Scoping the Challenges. Nairobi: United Nations Environment Programme.
- Forum Rohstoffe (2007): Die volkswirtschaftliche Bedeutung mineralischer Rohstoffe in Österreich. Wien. S. 1–14.
- Gierlinger, Sylvia; Krausmann, Fridolin (2011): The Physical Economy of the United States of America: Extraction, Trade and Consumption of Materials from 1870 to 2005. In: *Journal of Industrial Ecology*; submitted March 2011.
- Giljum, Stefan (2004): Trade, Material Flows and Economic Development in the South: The Example of Chile. In: *Journal of Industrial Ecology* 8(1–2), S. 241–261.
- Hanika, Alexander (2010): Bevölkerungsvorausschätzung 2010–2050 sowie Modellrechnung bis 2075 für Österreich (Hauptscenario). Wien: Statistik Austria.
- Havel, Ursula et al. (2010): Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen 1978–2009, Hauptergebnisse. Wien: Statistik Austria.
- Hinterberger, Friedrich; Hutterer, Harald; Omann, Ines; Freytag, Elisabeth (Hrsg.) (2009): *Welches Wachstum ist nachhaltig?* Wien: Mandelbaum-Verlag.
- Kneese, Allen V.; Ayres, Robert U.; d'Arge, Ralph (1970): *Economics and the Environment. A Materials Balance Approach*. Washington, D.C.: Resources for the Future, INC.
- Kovanda, Jan; Havranek, Miroslav; Hak, Tomas (2007): Calculation of the «Net Additions to Stock» Indicator for the Czech Republic Using a Direct Method. In: *Journal of Industrial Ecology* 11(4), S. 140–154.
- Koller, Wolfgang (2007): Die volkswirtschaftliche Bedeutung mineralischer Rohstoffe in Österreich. Endbericht zur IWI-Studie. Wien: Industriewissenschaftliches Institut im Auftrag des Forums für Mineralische Rohstoffe.
- Krausmann, Fridolin; Fischer-Kowalski, Marina; Schaffartzik, Anke; Steinberger, Julia K.; Eisenmenger, Nina; Weisz, Ulli (2011): Trends and Developments of the Use of Natural Resources in the European Union. Social Ecology Working Paper 123. Vienna: IFF Social Ecology.
- Krausmann, Fridolin; Fischer-Kowalski, Marina; Schandl, Heinz; Eisenmenger, Nina (2008): The Global Socio-Metabolic Transition: Past and Present Metabolic Profiles and their Future Trajectories. In: *Journal of Industrial Ecology* 12(5/6), S. 637–656.
- Krausmann, Fridolin; Gingrich, Simone; Eisenmenger, Nina; Erb, Karl-Heinz; Haberl, Helmut; Fischer-Kowalski, Marina (2009): Growth in Global Materials Use, GDP and Population during the 20th Century. In: *Ecological Economics* 68(10), S. 2696–2705.
- Krausmann, Fridolin; Haberl, Helmut; Schulz, Niels B.; Erb, Karl-Heinz; Darge, Ekkehard; Gaube, Veronika (2003): Land-Use Change and Socio-Economic Metabolism in Austria. Part I: Driving Forces of Land-Use Change: 1950–1995. In: *Land Use Policy* 20(1), S. 1–20.
- Lebensministerium – Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW) (2011): WASSERnet: Wasserverbrauch allgemein. <http://www.wassernet.at/article/articleview/56056/1/5740>.

- Lebensministerium – Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW), Umweltbundesamt (2011a): Umweltgesamtrechnung.at.
<http://www.umweltgesamtrechnung.at/>.
- Markt-Daten.de (2011): Reuters CRB Index. <http://www.markt-daten.de/charts/rohstoffe/rohstoffindices/crb.htm>.
- Milota, Eva; Schaffartzik, Anke; Eisenmenger, Nina (2011): Ressourcendaten – Verbesserung des statistischen Datenmaterials im Bereich natürliche Ressourcen. Projektbericht. Wien: Statistik Austria.
- Ministry of the Environment (2007): Material Flow Account for Japan. Tokyo, Japan: Ministry of the Environment.
- Müller, Daniel B.; Wang, Tao; Duval, Benjamin; Graedel, Thomas E. (2006): Exploring the Engine of Anthropogenic Iron Cycles. In: Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 103(44), S. 16111–16116.
- Nötstaller, Richard; Wagner, Horst (2007): Überlegungen zum Rohstoffbedarf und zur Rohstoffpolitik. In: BHM Berg- und Hüttenmännische Monatshefte 152(12), S. 383–390.
- Öko-Institut (2009): Globales Emissions-Modell Integrierter Systeme (GEMIS) 4.5. Darmstadt: Öko-Institut.
- Petz, Karl C. (2001): Vergleichende Abschätzung des Flächenverbrauchs in Österreich. In: Umweltbundesamt (Hrsg.): Versiegelt Österreich? Der Flächenverbrauch und seine Eignung als Indikator für Umweltbeeinträchtigungen. Wien: Tagungsunterlage des Umweltbundesamtes, S. 5–9.
- Polimeni, John M.; Mayumi, Kozo; Giampietro, Mario; Alcott, Blake (2008): The Myth of Resource Efficiency. The Jevons Paradox. London: Earthscan.
- Rechberger, Helmut (2009): Die anderen Tonnen. In: Urban, Arnd I.; Halm, Gerhard (Hgs.): Kasseler Modell – mehr als Abfallentsorgung. Schriftenreihe des Fachgebietes Abfalltechnik. Kassel: kassel university press. S. 171–177.
- RMA (2011): Schätze in der Stadt. Wien: Ressourcen Management Agentur (RMA) in Zusammenarbeit mit dem BMWFJ und dem BMLFUW.
- Schaffartzik, Anke; Krausmann, Fridolin; Eisenmenger, Nina (2011): Der Rohmaterialbedarf des österreichischen Außenhandels. Social Ecology Working Paper 125. Vienna: IFF Social Ecology.
- Schmidt-Bleek, Friedrich (1994): Wieviel Umwelt braucht der Mensch? MIPS – das Maß für ökologisches Wirtschaften. Berlin-Basel-Boston: Birkhäuser.
- Schmidt-Bleek, Friedrich; Bierter, Willy (1998): Das MIPS-Konzept: weniger Naturverbrauch – mehr Lebensqualität durch Faktor 10. München: Droemer Knaur.
- Shen, Li; Haufe, Juliane; Patel, Martin K. (2009): Product Overview and Market Projection of Emerging Bio-Based Plastics. Utrecht, Netherlands: Utrecht University.
- Singh, Simron J.; Krausmann, Fridolin; Gingrich, Simone; Haberl, Helmut; Erb, Karl-Heinz; Lanz, Peter (2011): India's Biophysical Economy, 1961–2008. Sustainability in a National and Global Context. In: Regional Environmental Change; submitted 2/2011.
- Smil, Vaclav (1991): General Energetics. Energy in the Biosphere and Civilization. Manitoba, New York: John Wiley & Sons.
- Statistik Austria (2010): Input-Output-Statistik.
http://www.statistik.at/web_de/statistiken/volkswirtschaftliche_gesamtrechnungen/input-output-statistik/index.html.
- Statistik Austria (2011a): Das System der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung (VGR).
http://www.statistik.at/web_de/statistiken/volkswirtschaftliche_gesamtrechnungen/index.html.
- Statistik Austria (2011b): Energiebilanzen.
http://www.statistik.at/web_de/statistiken/energie_und_umwelt/energie/energiebilanzen/index.html.
- Statistik Austria (2011c): Energiegesamtrechnung.
http://www.statistik.at/web_de/statistiken/energie_und_umwelt/energie/energiegesamtrechnung/index.html.
- Statistik Austria (2011d): Materialflussrechnung.
http://www.statistik.at/web_de/statistiken/energie_und_umwelt/umwelt/materialflussrechnung/index.html.
- Statistik Austria (2011e): Produktion und Bauwesen: Leistungs- und Strukturdaten.
http://www.statistik.at/web_de/statistiken/produktion_und_bauwesen/leistungs_und_strukturdaten/index.html.
- Steinberger, Julia K.; Krausmann, Fridolin (2011): Material and Energy Productivity. In: Environmental Science and Technology 45(4), S. 1169–1176.
- Steinberger, Julia K.; Krausmann, Fridolin; Eisenmenger, Nina (2010): Global Patterns of Material Use: A Socioeconomic and Geophysical Analysis. In: Ecological Economics 69(5), S. 1148–1158.
- Streicher, Wolfgang; Schnitzer, Hans; Titz, Michaela; Tatzber, Florian; Heimrath, Richard; Wetz, Ina; Hausberger, Stefan; Haas, Reinhard; Kalt, Gerald; Damm, Andrea; Steininger, Karl; Oblasser, Stephan (2010): Energieautarkie für Österreich 2050. Feasibility Study. S. 1–240.

- UN, EC, IMF, OECD, World Bank (2003): Handbook of National Accounting: Integrated Environmental and Economic Accounting 2003. New York: United Nations.
- UNSD (2010): Environmental-Economic Accounting.
<http://unstats.un.org/unsd/envaccounting/>.
- UNSD (2011): The System of National Accounts (SNA).
<http://unstats.un.org/unsd/nationalaccount/sna.asp>.
- VOEST Alpine (2010): persönliche Mitteilung.
- Weber, Leopold (2007): Der österreichische Rohstoffplan als Werkzeug einer langfristigen Rohstoffsicherung. In: BHM Berg- und Hüttenmännische Monatshefte 152, S. 252–258.
- Weber, Leopold (2011a): Die österreichische Rohstoffpolitik – Strategie für eine nachhaltige Sicherung mit mineralischen Rohstoffen.
- Weber, Leopold (2011b): World Mining Data. Wien (BMWFJ)
- Weizsäcker, Ernst U. von; Hargroves, K.; Smith, M. H.; Desha, C.; Stasinopoulos, P. (2009): Factor Five. Transforming the Global Economy through 80% Improvements in Resource Productivity. London: Earthscan.
- Weizsäcker, Ernst U. v.; Lovins, Amory B.; Lovins, Hunter L. (1995): Faktor Vier – Doppelter Wohlstand, halbiertes Naturverbrauch. Der neue Bericht an den Club of Rome. München: Droemer Knaur.

Internetlinks

- BMWFJ: Der Österreichische Rohstoffplan.
<http://www.bmwfj.gv.at/EnergieUndBergbau/Rohstoffplan/Seiten/default.aspx>
- BMWFJ:
<http://www.bmwfj.gv.at/>
- Bundesanstalt für Agrarwirtschaft: Daten und Fakten.
<http://www.agraroeconomik.at/index.php?id=datenfakten>.
- Eurostat: Umweltökonomische Gesamtrechnungen (EA).
http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/environmental_accounts/introduction.
- Eurostat: Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung (einschließlich BIP).
http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/national_accounts/introduction.
- Institut für Soziale Ökologie:
<http://www.aau.at/socec/>
- Institut für Soziale Ökologie: Materialflussdaten und Analysen.
<http://www.aau.at/socec/inhalt/1088.htm>
- Lebensministerium:
<http://www.lebensministerium.at/>
- Lebensministerium: Österreichische Umweltgesamtrechnungen.
www.umweltgesamtrechnung.at
- SERI: Materialflussdaten.
www.materialflows.net
- Statistik Austria: Energiebilanzen.
http://www.statistik.at/web_de/statistiken/energie_und_umwelt/energie/energiebilanzen/index.html.
- Statistik Austria: Energiegesamtrechnung.
http://www.statistik.at/web_de/statistiken/energie_und_umwelt/energie/energiegesamtrechnung/index.html.
- Statistik Austria:
<http://www.statistik.at/>
- Statistik Austria: Materialflussrechnung.
http://www.statistik.at/web_de/statistiken/energie_und_umwelt/umwelt/materialflussrechnung/index.html
- UNSD: Environmental-Economic Accounting.
<http://unstats.un.org/unsd/envaccounting/>
- UNSD: The System of National Accounts (SNA).
<http://unstats.un.org/unsd/nationalaccount/sna.asp>
- Wachstum im Wandel:
<http://www.wachstumimwandel.at>

Anhang 1: Die Materialflussanalyse – Konzept, Methode, Datengrundlage

Konzept

Die **Materialflussrechnung und -Analyse (MFA – «material flow accounting and analysis»)** ist ein EU-weit harmonisiertes Bilanzierungsinstrument für die materiellen Inputs, Bestände und Outputs eines gesellschaftlichen Systems. Dabei werden feste, gasförmige und flüssige Materialien exklusive Wasser²⁹ und Luft berücksichtigt und in physischen Einheiten (Masse, meist in Tonnen) aufgeführt. Die MFA ist analog zur ökonomischen volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung (VGR) organisiert.

Die Materialflussrechnung misst alle Materialflüsse, die zum Aufbau, zum Betrieb und zur Erhaltung der biophysischen Strukturen einer Gesellschaft

erforderlich sind. Zu diesen biophysischen Strukturen (oder «Beständen») werden per Definition neben allen Personen und Artefakten auch alle Nutztiere (Viehhaltung und Aquakultur) gerechnet. Als Artefakte gelten analog zur VGR sämtliche Infrastruktur, Gebäude, Fahrzeuge, Maschinen und im Unterschied zur VGR auch langlebige Konsumgüter. Um die materiellen Austauschbeziehungen eines gesellschaftlichen Systems (einer Volkswirtschaft) erfassen zu können, müssen im Rahmen der MFA zwei **Systemgrenzen** definiert werden:

1. Die Grenze zwischen dem gesellschaftlichen System und seiner natürlichen Umwelt, aus der Material entnommen wird und in die Emissionen und Abfälle ausgelagert werden.

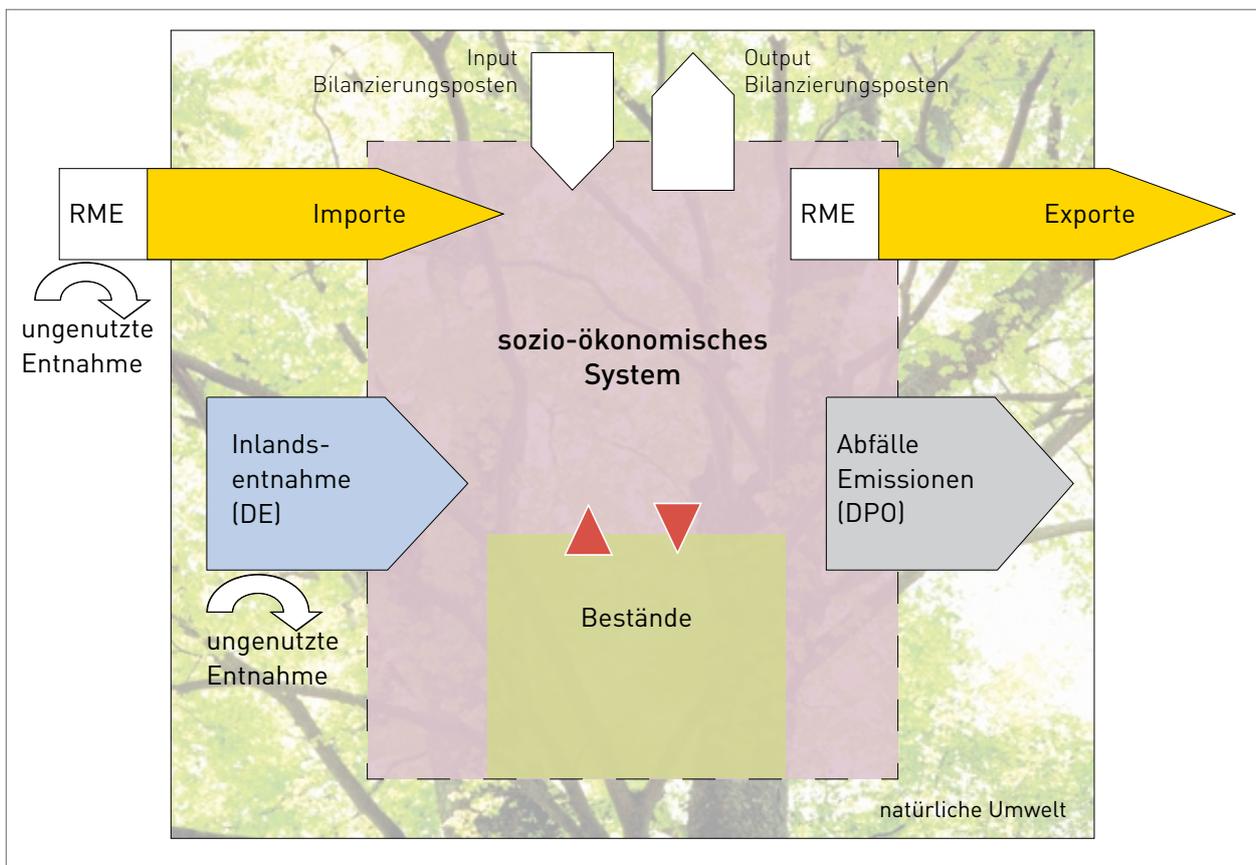


Abbildung 26: Schematische Darstellung der Materialflussrechnung (MFA)

²⁹ Wasser, das in Rohstoffen oder Gütern enthalten ist, wird jedoch mitgerechnet. Das betrifft geerntetes Getreide, Obst, Gemüse und alle Waren des Außenhandels. Bei geweideter Biomasse, Erntenebenprodukten und bei Holz wird der Wassergehalt per Konvention auf 15% umgerechnet.

2. Die Grenze zwischen dem gesellschaftlichen System und anderen gesellschaftlichen Systemen (Volkswirtschaften), aus denen Güter importiert bzw. in die Güter exportiert werden (Abbildung 26, Seite 67). Inputs in das sozio-ökonomische System sind in erster Linie Rohstoffe, die im Inland entnommen werden (Inlandsentnahme) und importierte Rohstoffe und verarbeitete Güter (Importe). Als **Inlandsentnahme** werden alle Rohstoffe gezählt, die aus der Natur entnommen werden. Dazu gehören Rohstoffe aus der Land- und Forstwirtschaft (z. B. Ackerfrüchte, Wiesenschnitt, Holz) und aus dem Bergbau (z. B. Kohle, Eisenerz, Kalkstein, Salz). Die Importe dagegen umfassen Produkte ganz unterschiedlicher Fertigungstiefe vom Eisenerz bis zum Mobiltelefon. Outputs des sozio-ökonomischen Systems sind einerseits Abfälle und Emissionen (auch **DPO** «**domestic processed output**») und andererseits Exporte. Die materiellen Vorleistungen der Importe und Exporte können in **Rohmaterialäquivalenten (RME** «**raw material equivalents**») dargestellt werden. Die RME umfassen die Masse des gehandelten Gutes selbst sowie all jene materiellen Inputs, die im vorgelagerten Produktionsprozess eingesetzt wurden. Sie werden berechnet, um Auslagerungseffekte durch Außenhandel sichtbar zu machen.

Bei der Entnahme aus der Natur werden zusätzlich Materialien bewegt, die nicht als genutzte Entnahme in das gesellschaftliche System einfließen, also keiner gesellschaftlichen Verwendung zugeführt werden. Diese Flüsse werden in der MFA als **ungenutzte Entnahme** («**unused extraction**») zusammengefasst. Dazu zählt zum Beispiel der Abraum im Bergbau, Bodenaushub bei Infrastrukturbau, oder Ernterückstände. Andere Umweltauswirkungen (z. B. Boden-erosion), die aus der gesellschaftlichen Nutzung von Ressourcen resultieren, werden in der MFA nicht erfasst, hierfür gibt es andere Mess- und Beobachtungsinstrumente.

Entscheidend für die Konsistenz einer MFA ist die Anwendung des Massenerhaltungssatzes. Dieser besagt, dass Materialien und Energie in einem geschlossenen System weder geschaffen noch vernichtet werden können. Folgende Gleichung muss daher erfüllt sein:

Inputs = Outputs +/- Veränderung der Bestände

Damit die Materialbilanz geschlossen werden kann, müssen in der MFA sowohl input- als auch outputsei-

tig **Bilanzierungsposten** eingeführt werden (Wasserdampf, Luft als Eingang in Verbrennungsprozesse etc.). Interessierte finden eine detaillierte Beschreibung des Umganges mit diesen Bilanzierungsposten in den Methodenhandbüchern von Eurostat (Eurostat 2001 und Eurostat 2009a). Die Entstehungsgeschichte der MFA und eine ausführliche Diskussion der theoretischen Überlegungen hinter dem System der Materialflussrechnung und ihren Konventionen können in Fischer-Kowalski (1998) und Fischer-Kowalski et al. (2011) nachgelesen werden.

Die Materialflüsse werden üblicherweise in **vier Materialkategorien** dargestellt: Biomasse, nicht-metallische Mineralstoffe, Metalle und fossile Energieträger. Als Biomasse werden alle Ressourcen pflanzlichen Ursprungs zusammengefasst, die von Menschen oder Tieren der Umwelt entnommen werden. Das bedeutet, dass auch geweidete Biomasse erfasst wird. Außerdem beinhaltet diese Kategorie Fischfang und Jagd, also Biomasse tierischen Ursprungs, die aus wildlebenden Beständen entnommen wird. Metalle und nicht-metallische Mineralstoffe werden in der MFA als bergbauliche Rohproduktion («**run off mine**») inkludiert. Das bedeutet, Mineralstoffe werden mit der Masse erfasst, mit der sie die Mine verlassen, also inklusive dem umgebenden Taubgestein. Als fossile Energieträger (auch Energierohstoffe) werden nicht-metallische mineralische Rohstoffe, die in geologischer Vorzeit aus Biomasse gebildet wurden, zusammengefasst. Zu den konventionellen Energierohstoffen zählen Braun- und Steinkohle, Erdöl und Erdgas. Zukünftige Bedeutung kommt den nicht konventionellen Energierohstoffen wie z. B. Gashydrat und Schiefergas («**shale gas**») zu.

Im **Grundmodul der MFA** (wirtschaftsraumbezogene MFA oder «**economy-wide MFA**») werden alle direkten Flüsse, welche die genannten Systemgrenzen überschreiten (Inlandsentnahme, Importe, Exporte) berücksichtigt. Aus den im Rahmen der MFA erhobenen Daten zur Inlandsentnahme, den Importen und Exporten lassen sich verschiedene Indikatoren berechnen, darunter auch der vom Europäischen Statistischen Amt als Schlüsselindikator verwendete **Inlandsmaterialverbrauch (DMC** «**domestic material consumption**»). Er entspricht der inländischen Materialentnahme zuzüglich der Importe und abzüglich der Exporte. Der Inlandsmaterialverbrauch umfasst alle Materialien, die im gesellschaftlichen System verbraucht wurden, sei es in wirtschaftlichen Produktionsprozessen oder im Endkonsum. Anders

formuliert kann der DMC als Maß für all jene Materialien betrachtet werden, die in der Gesellschaft verbleiben und in Abfälle oder Emissionen umgewandelt werden.

Im Inlandsmaterialverbrauch spielen Importe und Exporte eine zunehmend große Rolle. Dadurch kommt es – global gesehen – zur Verlagerung von Produktionsschritten: In der Produktion der importierten aber auch der exportierten Güter werden materielle und energetische Vorleistungen erbracht, die im Inlandsmaterialverbrauch nicht erfasst werden. Berechnet man den Materialverbrauch unter Berücksichtigung der Vorleistungen der importierten und exportierten Güter, erhält man den **Rohmaterialverbrauch** (RMC, «**raw material consumption**»). Der RMC beschreibt also alle Rohmaterialien, die in der Produktion der Güter für den Inlandskonsum genutzt wurden. Anders gesagt berechnet der RMC den globalen Rohmaterialbedarf des nationalen Konsums.

Datengrundlage und Methode

In der Erstellung der MFA wird auf bestehende Datensätze aus der offiziellen Statistik zurückgegriffen. Für die österreichische Inlandsentnahme (DE) werden dabei nach Materialkategorien folgende statistische Werke herangezogen:

Biomasse:

- Pflanzliche Produktion (STAT)
- Statistik der Landwirtschaft (STAT)
- Holzeinschlagsmeldung (BMLFUW)

Fossile Energieträger:

- Energiebilanzen (STAT)

Nicht-metallische Mineralstoffe:

- Montanhandbuch (BMWFI)
- Konjunkturstatistik (STAT)
- Aufkommens- und Verwendungstabellen (STAT)

Metalle:

- Montanhandbuch (BMWFI)

Für die Quantifizierung der importierten und exportierten Materialmengen wird die Aussenhandelsstatistik der Statistik Austria herangezogen, die für alle gehandelten Güter sowohl den Wert als auch die Masse angibt.

Neben der Zusammenstellung der Daten ist in vielen Fällen eine Umrechnung in Tonnen als gemeinsame Einheit notwendig. In Österreich wird der Holzeinschlag in Festmetern, die Weinernte in Hektolitern, und die Förderung von Naturgas und Salzsole in Kubikmetern berichtet. Darüber hinaus werden einige Flüsse der Inlandsentnahme statistisch gar nicht oder nur unzureichend erfasst. In diesen Fällen sind Zuschätzungen notwendig.

Nicht alle gesellschaftlich genutzten Rohstoffe werden von der amtlichen Statistik erfasst. Diese zum Teil sehr großen Materialflüsse müssen in speziell dafür entwickelten Verfahren geschätzt werden:

Die Inlandsentnahme von **Erntenebenprodukten** (vor allem Stroh und als Futtermittel genutzte Pflanzenblätter) und **geweidetem Gras** wird in der Landwirtschaftsstatistik nicht berichtet. Für die in Österreich angebauten Feldfrüchte, bei deren Ernte Stroh anfällt, liegen Faktoren über das Verhältnis von Frucht zu gesamter Pflanzenmasse vor (Ernteindices). 75% Prozent des anfallenden Strohs werden (vor allem zur Verwendung als Einstreu) entnommen, die restlichen 25% verbleiben als ungenutzte Entnahme am Feld und gehen daher nicht in die MFA ein. Neben Stroh werden auch Rübenblätter als Erntenebenprodukte entnommen und als Futtermittel verwendet. Auch hier liegen Faktoren für das Verhältnis von Frucht zu Blättern und den genutzten Anteil der Blätter vor. Ebenfalls statistisch nicht erfasst wird die von Nutztieren direkt geweidete Biomasse (vor allem Gras). Dieser Fluss wird für Österreich mittels einer Bedarfsrechnung ermittelt. Dabei wird der Futterbedarf von Raufutterverzehrer (Wiederkäuern und Pferden) dem Futterangebot aus marktgängigem Futter (Kraftfutter) und Futterpflanzen gegenübergestellt. Dabei wird auch berücksichtigt, dass ein Teil des bestehenden Futterangebots verwendet wird, um den Futterbedarf von Hühnern und Schweinen zu decken. Eine Beschreibung dieser Berechnungen findet sich im Eurostat MFA Compilation Guide (Eurostat 2009a) oder im Projektbericht der Statistik Austria (Statistik Austria 2011d).

Die Entnahme von **Baurohstoffen** ist in der amtlichen Statistik nur unzureichend erfasst. In Österreich wird ein dreistufiges Verfahren implementiert, das basierend auf einer Studie des Industiewissenschaftlichen Instituts IWI (Koller 2007) entwickelt wurde. Dabei wird aus Daten der Konjunkturstatistik und Gütereinsatzstatistik die nicht-berichtete Entnahme hochgerechnet. In der Konjunkturstatistik nicht erfasst

werden einerseits Betriebe unterhalb einer gewissen Größe (Abschneidekriterium) und andererseits die Produktion, die außerhalb des produzierenden Bereichs stattfindet. In beiden Fällen muss eine Zuschätzung vorgenommen werden, um zu einer möglichst vollständigen Erfassung der Entnahme von Baurohstoffen zu gelangen. Um die Entnahme durch kleinere Betriebe zu berechnen, wurde auf die Leistungs- und Strukturstatistik zurückgegriffen. Aus diesen Daten kann die gesamte Menge der charakteristischen Produktion von Baurohstoffen berechnet werden. Im Gegensatz zur Konjunkturstatistik werden von der Leistungs- und Strukturstatistik auch kleinere Betriebe erfasst. Um Zuschätzungsfaktoren zu ermitteln, wurde die in der Leistungs- und Strukturstatistik berichtete Produktion mit der in der Konjunkturstatistik erfassten in Beziehung gesetzt. Der zweite Zuschätzungsschritt betrifft die Entnahme von Baurohstoffen im nicht-produzierenden Bereich, zu dem auch die Bereiche Landwirtschaft, Handel und Verkehr gehören. Die Produktion in diesen Bereichen wurde unter Zuhilfenahme der österreichischen Aufkommens- und Verwendungstabellen (Statistik Austria 2010) hochgerechnet. Diese Tabellen berichten die Produktion an Baurohstoffen im nicht-produzierenden Bereich in monetären Werten. Auf Grundlage der Aufkommenstabelle wurde zunächst der monetäre Wert der Baurohstoffproduktion im nicht-produzierenden Bereich erfasst. Über die aus der hochgerechneten Gesamtproduktion ermittelten Jahresdurchschnittspreise für beide Gütergruppen wurde dann die dem zuzuschätzenden Wert entsprechende Masse in Tonnen berechnet.

Implementierung in der Statistik

Die Materialflussrechnung für Österreich besteht als Zeitreihe ab 1960 und wird von Statistik Austria jährlich um die neuesten Daten erweitert. Auf europäischer Ebene werden die Daten aus den nationalen MFA-Konten jährlich von Eurostat zusammengetragen und veröffentlicht. Eine EU 15-Zeitreihe liegt für die Jahre ab 1970 vor, für die EU 27-Länder beginnt die MFA Zeitreihe im Jahr 2000.

Materialflussanalyse in Österreich

Österreich ist in Europa seit zwei Jahrzehnten federführend an der Entwicklung der Materialflussanalyse und des dazugehörigen Methodeninventars beteiligt

und hat wesentlich zur Etablierung der Materialflussrechnung in der Europäischen Umweltstatistik beigetragen. Zu den Forschungsinstitutionen die sich in Österreich – vielfach mit Unterstützung des Lebensministeriums – mit verschiedenen Aspekten der Materialflussanalyse beschäftigen, zählen das Institut für Soziale Ökologie der Alpen-Adria Universität, Klagenfurt, Wien, Graz (<http://www.aau.at/socec/>), das SERI – Sustainable Europe Research Institute (<http://www.seri.at/>) und das Institut für Wassergüte, Ressourcenmanagement und Abfallwirtschaft der TU Wien. Die Materialflussrechnung für Österreich wird jährlich von der Statistik Austria erstellt.

Daten zum Materialverbrauch

Daten zum Materialverbrauch in Österreich, der EU und vielen Länder der Erde wurden in den letzten Jahren systematisch öffentlich zugänglich gemacht und können über verschiedene Einrichtungen genutzt werden: Aktuelle Daten zum Materialverbrauch in Österreich sind bei der Statistik Austria (Statistik Austria 2011d) erhältlich. Materialflussrechnungen für die Mitgliedsländer der EU können über den Datenserver von EUROSTAT, dem statistischen Amt der EU, bezogen werden (Eurostat 2010b Umweltgesamtrechnungen). Das Institut für Soziale Ökologie stellt auf seiner Homepage eine Reihe von nationalen und globalen Datensätzen und Analysen zum Materialverbrauch zur Verfügung: <http://www.aau.at/socec/inhalt/1088.htm>. Das Sustainable Europe Research Institute betreut mit Unterstützung des Lebensministeriums die Seite www.materialflows.net, auf der Daten zur globalen Entnahme von Materialien nach Ländern seit 1980 zu finden sind.

Anhang 2: Glossar

Umweltgesamtrechnungen sind Konten in monetären und physischen Einheiten, die als Ergänzung zur volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung ein umfassendes Bild der Wechselwirkungen zwischen Wirtschaft und Umwelt liefern. Dafür werden ökologische Daten, wie Rohstoff-, Energie-, Wasser- oder Flächenverbrauch, Abfall- und Abwasserentsorgung sowie Luftemissionen, ökonomischen Daten, wie Bruttoinlandsprodukt, Einkommen, Konsum, Investitionen etc. gegenübergestellt. Umweltgesamtrechnungen sind in den Leitlinien der EU über Umweltindikatoren und ein grünes Rechnungssystem verankert (Lebensministerium et al. 2011a, Europäische Kommission und Eurostat 2011, UN et al. 2003).

Die Grundlage für die Umweltgesamtrechnungen sind derzeit noch freiwillige Empfehlungen durch die Europäische Strategie für die Umweltgesamtrechnungen (ESEA – European Strategy for Environmental Accounting. Eurostat 2010b oder Eurostat 2010a) oder das UN Handbook of National Accounting: Integrated Environmental and Economic Accounting (SEEA. UNSD 2010 oder UN et al. 2003). Eine gesetzliche Grundlage, die «Regulation of the European Parliament and of the Council on European Environmental Economic Accounts» («Verordnung des Europäischen Parlaments und des Rates für Europäische Umweltökonomische Gesamtrechnungen»), wurde am 6. Juli 2011 beschlossen.

Das System der **Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen (VGR)** ist im Prinzip ein geschlossenes Kontensystem, in dem wesentliche makroökonomische Größen als Transaktionen oder Salden ausgewiesen werden (z. B. Bruttoinlandsprodukt (BIP), Bruttonationaleinkommen, verfügbares Einkommen der Haushalte, Finanzierungssaldo des Staates, privater Konsum, Investitionen), basierend auf der Vorstellung eines Wirtschaftskreislaufs (Statistik Austria 2011a).

Das VGR-System ist durch das «System of National Accounts» (UNSD 2011) international vereinheitlicht. Eine spezifisch auf europäische Verhältnisse zugeschnittene Variante ist das «Europäische System Volkswirtschaftlicher Gesamtrechnung» (ESVG 1995 bzw. ESA 1995, siehe dazu Eurostat 2011). Während das SNA den Charakter einer Empfehlung besitzt, ist das ESGV rechtlich verbindlich (EU-Verordnung).

Komplementär zu Natur (oder dem «natürlichen System») wird in dieser Publikation der Begriff **Gesellschaft** verwendet. Gesellschaft ist ein Kommunikationssystem, das über biophysische Strukturen mit dem Natursystem verknüpft ist. Das Kommunikationssystem Gesellschaft umfasst Subsysteme wie Wirtschaft, Recht, Politik und Bildung. Biophysische Elemente von Gesellschaft sind die menschliche Population, ihre Infrastrukturen und Artefakte, sowie per Definition auch Nutztiere. Gesellschaft muss sich sowohl kulturell-kommunikativ, wie auch biophysisch reproduzieren. Für die biophysische Reproduktion, also den Aufbau und den Erhalt der physischen Strukturen von Gesellschaft werden Ressourcen genutzt. Im Text wird weiters der Begriff «**sozio-ökonomisch**» gleichbedeutend mit «gesellschaftlich» verwendet, um herauszustreichen, dass der Begriff Gesellschaft oder gesellschaftlich auch die Ökonomie inkludiert.

Das Konzept des **Gesellschaftlichen Stoffwechsels** (Fischer-Kowalski et al. 1997) geht davon aus, dass eine Gesellschaft ganz analog zu einem biologischen Organismus einen «Stoffwechsel» (oder Austausch) mit seiner natürlichen Umwelt betreibt. Dabei werden Inputs (z. B. Material, Energie, Wasser, Luft) aus der Natur genutzt, umgewandelt und teilweise in ihren Bestand integriert. Über kurz oder lang werden alle diese Inputs auch wieder zu Outputs, welche die Gesellschaft in Form von Abfällen oder Emissionen an ihre Umwelt abgibt. Dieser Stoffwechsel kann in physischen Gesamtrechnungen bilanziert werden. Die **Materialflussanalyse** oder **Materialflussrechnung (MFA «material flow accounting/analysis»**; Eurostat 2001, Eurostat 2009a) ist ein Bilanzierungsinstrument für die materiellen Inputs und Outputs eines gesellschaftlichen Systems. Die MFA ist komplementär zu ökonomischen volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen und Bestandteil der Umweltgesamtrechnungen. Sie erfasst alle Materialentnahmen im Land, Importe und Exporte, sowie Bestandsveränderungen und Outputs an die Natur. Das betrachtete sozio-ökonomische System, die Wirtschaft, wird dabei analog zur Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung (VGR) definiert und die Grenzen zur natürlichen Umwelt und zu anderen Ökonomien entsprechend gesetzt. Von der natürlichen Umwelt gelangen inländisch entnom-

mene Ressourcen (Inlandsentnahme, DE) als Inputs in das System und Emissionen und Abfälle (DPO, domestic processed output) fließen als Outputs wieder hierhin zurück. Aus anderen Ökonomien gelangen Importe in das System bzw. fließen Exporte aus dem System in andere Ökonomien.

Ressourcen sind alle physischen Rohstoffe und Bestände, die von der Gesellschaft gezielt entnommen oder in der Natur verändert werden, mit dem Ziel, einen ökonomischen Wert zu generieren. Die physischen Ressourcen selbst gehen durch die Nutzung nicht verloren, sondern werden verändert. Ihre spezifische, für die gesellschaftliche Nutzung relevante Qualität wird dabei in der Regel verbraucht und geht verloren.

Als natürliche Ressourcen werden Rohstoffe zur stofflichen oder energetischen Nutzung (auch als «Materialien» und «Energieträger» bezeichnet), sowie Wasser und Land verstanden. Diese natürlichen Ressourcen werden für die gesellschaftliche Nutzung in Anspruch genommen oder finden Eingang in die gesellschaftliche Verwendung, wo sie zu abgeleiteten Produkten weiterverarbeitet und dann genutzt werden. In der empirischen Analyse fokussiert diese Publikation auf stoffliche Ressourcen, also auf Materialien, wie Biomasse, fossile Energieträger, metallische und nicht-metallische Mineralstoffe.

Der Begriff **Material** wird für die stoffliche Perspektive von Ressourcen verwendet. Materialflüsse werden in Tonnen und entlang von vier Hauptgruppen dargestellt: Biomasse, fossile Energieträger, Metalle und nicht-metallische Minerale. Materialflüsse, wie sie in der Materialflussrechnung erhoben werden, können auch zu Produkten verarbeitete Rohstoffe umfassen. **Biomasse** bezeichnet sämtliche organische Substanz, das sind lebende Pflanzen, Tiere, Mikroorganismen, und auch tote organische Substanz (Totholz, Laub, Stroh etc.). Biomasse wird vielfach als erneuerbarer oder nachwachsender Rohstoff bezeichnet. Die aus Biomasse entstandenen fossilen Energieträger werden nicht dazu gerechnet.

Fossile Energieträger sind nicht-metallische mineralische Stoffe, die über Jahrmillionen in der Erdkruste aus pflanzlichen oder tierischen Überresten entstanden sind, und vorwiegend für die Energiegewinnung verwendet werden.

Zu den **Metallen** zählen mineralischen Materialien von Erzen bis bearbeitete Metalle. Die Rohstoff-

wissenschaften definieren Erze als mineralische Materialien, aus denen mit wirtschaftlichem Nutzen Metalle gewonnen werden können. Erze werden in den Rohstoffwissenschaften in drei Gruppen untergliedert, das sind Erze des Eisens und der Stahlveredler, Nichteisenmetalle sowie Edelmetalle. In der Materialflussanalyse werden die Metalle in Eisenerze und Nichteisenerze unterteilt.

Die Gruppe der **nicht-metallischen Mineralstoffe** umfasst Baurohstoffe und Industriemineralien. Baurohstoffe sind nicht-metallische mineralische Rohstoffe wie zum Beispiel Sand und Kies, die in großen Mengen für Bauzwecke benötigt werden. Industriemineralien sind mineralische Rohstoffe, die auf Grund ihrer chemischen oder physikalischen Eigenschaften direkt in einem Produktionsvorgang eingesetzt werden können. Nicht zu den Industriemineralien werden die Erze, Baurohstoffe bzw. Energierohstoffe gezählt.

Fossile Energieträger, metallische und nicht-metallische Mineralstoffe werden zusammen auch als **mineralische Rohstoffe** definiert. Sie sind durch geologische Prozesse gebildete anorganische und organische Mineralstoffe im festen, flüssigen oder gasförmigen Zustand, die auf natürliche Weise entstanden, in Lagerstätten angereichert und aufgrund ihres Gebrauchswertes wirtschaftlich genutzt werden können.

Die **Inlandsmaterialentnahme (DE «domestic extraction»)** umfasst all jene Materialien, die inländisch entnommen werden. Dazu gehören die landwirtschaftliche Ernte, der Holzeinschlag und die Bergbauproduktion.

Die physischen **Importe** und **Exporte** beinhalten alle gehandelten Güter mit dem Gewicht, das sie bei Grenzübertritt aufweisen. Die Güter umfassen Produkte ganz unterschiedlicher Fertigungstiefe, von einfachen Erzeugnissen, über Halbwaren bis zu Fertigwaren. Die gehandelten Produkte werden in der MFA einer der vier Materialkategorien zugeteilt, je nach dem, woraus sie hauptsächlich bestehen. Für einzelne Produkte ist keine Zuordnung zu einer der vier Materialkategorien möglich, diese werden unter «andere Produkte» zusammengefasst. Dazu gehören z. B.: Fabrikanlagen, Antiquitäten, optische Elemente.

Der **Inlandsmaterialverbrauch (DMC «domestic material consumption»)** beschreibt den Anteil an Materialien, die in einer Volkswirtschaft verbleiben. Daher entspricht der DMC der Inlandsmaterial-

entnahme zuzüglich der Importe und abzüglich der Exporte.

Die **physische Handelsbilanz** (PTB «**physical trade balance**») ergibt sich aus den Importen abzüglich der Exporte. Die physische Handelsbilanz ist umgekehrt zur monetären Handelsbilanz definiert (diese wird aus Exporten abzüglich Importen berechnet). Dadurch wird wiedergegeben, dass Geld und Material in einer Ökonomie in entgegen gesetzte Richtungen fließen (Importe bedeuten, dass Geld ins Ausland fließt, während Material in Form des Produktes ins Land kommt). Eine positive PTB (die Importe sind größer als die Exporte) bedeutet, dass das Land ein Netto-Importeur von Materialien ist und folglich auf die Zulieferung von Materialien aus dem Ausland angewiesen ist. Eine negative PTB dagegen charakterisiert Länder, die Materialien auf dem Weltmarkt zur Nutzung in anderen Ländern zur Verfügung stellen.

Die **Rohmaterialäquivalente** (RME «**raw material equivalents**») der Importe und Exporte bestehen aus all jenen materiellen Inputs, die in der Produktion der gehandelten Güter benötigt wurden (materielle Vorleistungen), zuzüglich der Masse der Importe und Exporte selbst. Die RME entsprechen den gesamten Rohstoffen, die einem Import oder Export zugrunde liegen, unabhängig davon, wo – also in welcher Ökonomie – die Rohstoffe in der Produktion verbraucht wurden.

Der **Rohmaterialverbrauch** (RMC «**raw material consumption**») gibt den Inlandsmaterialverbrauch in Rohmaterialäquivalenten wieder. Das heißt, er setzt sich zusammen aus der Inlandsentnahme zuzüglich der in RME bemessenen Importe und abzüglich der in RME bemessenen Exporte. Der RMC beschreibt damit den gesamten Bedarf an Rohstoffen, die ein Land durch seinen Endkonsum national und global in Anspruch nimmt.

Ressourceneffizienz (bei einer Betrachtung von Materialflüssen als BIP/DMC) beschreibt das Verhältnis zwischen monetärem Output und Ressourceninput: Wie viele Euro BIP können durch die verbrauchten Materialien erwirtschaftet werden? Die Ressourceneffizienz ist ein relatives Maß. Eine Steigerung kann also durch ein steigendes BIP oder durch sinkenden Materialverbrauch erreicht werden.

Eine **Steigerung der Ressourceneffizienz** (oder Ressourcenproduktivität) oder Entkoppelung von öko-

nomischem Output und Ressourcenverbrauch findet dann statt, wenn das Wirtschaftswachstum höher ist als das Wachstum des Ressourcenverbrauchs. Eine Steigerung der Ressourceneffizienz bedeutet also, dass weniger Ressourcen zur Bereitstellung desselben ökonomischen Outputs verwendet wird. Eine Steigerung bedeutet aber nicht automatisch auch eine Reduktion des absoluten Ressourcenverbrauchs, sondern nur, dass die Wirtschaft schneller wächst als der Ressourcenverbrauch.

Es werden daher zwei Fälle von Entkoppelung unterschieden: Entkoppelung bei steigendem Ressourcenverbrauch («relative» Entkoppelung), die Ressourcenproduktivität wächst langsamer als die Wirtschaft. Entkoppelung bei sinkendem Ressourcenverbrauch («absolute» Entkoppelung), die Ressourcenproduktivität wächst schneller als die Wirtschaft.

Anhang 3: Materialflüsse in Zahlen – Datentabellen

Tabelle A-1: Materialflüsse im Überblick (DE, Importe, Exporte, DMC)

Werte sind auf ganze Zahlen gerundet, Rundungsdifferenzen wurden nicht ausgeglichen.

Negative Werte entstehen in jenen Kategorien, die vorwiegend bearbeitete Produkte und damit vor allem Handelsflüsse abbilden. Sind die Importe in einer solchen Kategorie kleiner als die Exporte, ist der Materialverbrauch in dieser Kategorie negativ.

	Materialflüsse in Millionen Tonnen		Anstieg in %	Anteil am Gesamtfluss in %	
	1960	2008		1960	2008
Inlandsentnahme (DE)¹	105	169	60 %		
Biomasse	34	44	27 %	33 %	26 %
Fossile Energieträger	10	2	-77 %	9 %	1 %
Metalle	4	2	-37 %	4 %	1 %
Nicht-metallische Mineralstoffe	57	120	110 %	54 %	71 %
Importe	16	88	455 %		
Biomasse	2	22	891 %	14 %	25 %
Fossile Energieträger	7	28	299 %	44 %	32 %
Metalle	2	20	715 %	16 %	23 %
Nicht-metallische Mineralstoffe	4	11	167 %	26 %	12 %
Andere Produkte ²	-	6	-		7 %
Exporte	7	60	725 %		
Biomasse	2	23	1.291 %	22 %	38 %
Fossile Energieträger	1	6	395 %	16 %	10 %
Metalle	1	15	872 %	21 %	24 %
Nicht-metallische Mineralstoffe	3	9	207 %	38 %	14 %
Andere Produkte ²	0	8	4.347%	3 %	14 %
DMC³	114	197	73 %		
Biomasse	35	43	23 %	31 %	22 %
Fossile Energieträger	16	25	58 %	14 %	13 %
Metalle	5	8	67 %	4 %	4 %
Nicht-metallische Mineralstoffe	59	123	109 %	51 %	62 %
Andere Produkte ²	-0	-2	891%	-	-1 %

1 Domestic Extraction (DE): Inlandsentnahme

2 Produkte, die nicht einer Materialkategorie zugeordnet werden können und gehandelte Abfälle

3 Domestic Material Consumption (DMC): Inlandsmaterialverbrauch = Inlandsentnahme + Importe - Exporte

Tabelle A-2: Materialverbrauch (DMC) pro Kopf

Werte sind auf ganze Millionen gerundet, Rundungsdifferenzen wurden nicht ausgeglichen.

Negative Werte entstehen in jenen Kategorien, die vorwiegend bearbeitete Produkte und damit vor allem Handelsflüsse abbilden. Sind die Importe in einer solchen Kategorie kleiner als die Exporte, ist der Materialverbrauch in dieser Kategorie negativ.

	Materialflüsse in Tonnen pro Kopf		Anstieg in %
	1960	2008	
DMC pro Kopf¹	16,2	23,6	46 %
Biomasse	5,0	5,2	4 %
Fossile Energieträger	2,2	3,0	34 %
Metalle	0,7	1,0	41 %
Nicht-metallische Mineralstoffe	8,3	14,7	77 %
Andere Produkte ²	-	-0,2	-

1 Domestic Material Consumption (DMC): Inlandsmaterialverbrauch = Inlandsentnahme + Importe - Exporte

2 Produkte, die nicht einer Materialkategorie zugeordnet werden können, und gehandelte Abfälle

Tabelle A-3: Materialverbrauch (DMC) und Ressourceneffizienz

Werte sind auf ganze Millionen gerundet, Rundungsdifferenzen wurden nicht ausgeglichen.

	DMC, BIP Ressourceneffizienz		Anstieg in %
	1960	2008	
DMC ¹ (in Mio. Tonnen)	114	197	73 %
BIP ² (in Mrd. Euro)	63	266	325 %
Ressourceneffizienz ³ (in €/t)	550	1.353	146 %

1 Domestic Material Consumption (DMC): Inlandsmaterialverbrauch = Inlandsentnahme + Importe - Exporte

2 Bruttoinlandsprodukt

3 Dargestellt als Ressourcenproduktivität = BIP/DMC

Tabelle A-4a: Inlandsentnahme (DE) in Millionen Tonnen

Werte sind auf ganze Millionen gerundet, Rundungsdifferenzen wurden nicht ausgeglichen.

	Biomasse	Fossile Energieträger	Metalle	Nicht-metallische Mineralstoffe	Gesamt
1995	37	4	2	111	153
1996	37	3	2	113	155
1997	38	3	2	119	162
1998	37	3	2	113	156
1999	38	4	2	119	162
2000	34	4	2	118	158
2001	35	4	2	112	153
2002	37	4	2	123	166
2003	35	4	3	114	156
2004	39	3	2	119	164
2005	40	2	3	122	167
2006	39	2	2	123	167
2007	40	2	3	122	167
2008	44	2	2	120	169

Tabelle A-4b: Importe in Millionen Tonnen

Werte sind auf ganze Millionen gerundet, Rundungsdifferenzen wurden nicht ausgeglichen.

	Biomasse	Fossile Energieträger	Metalle	Nicht-metallische Mineralstoffe	Andere Produkte ¹	Gesamt
1995	12	20	10	7	4	53
1996	12	22	10	7	4	55
1997	13	22	12	8	4	59
1998	13	23	13	8	4	61
1999	16	22	12	8	4	61
2000	18	22	14	8	4	65
2001	18	23	14	8	5	68
2002	18	25	14	8	5	70
2003	18	27	15	9	5	73
2004	20	27	16	9	5	77
2005	21	28	17	10	6	81
2006	23	29	19	10	6	87
2007	23	28	21	12	6	91
2008	22	28	20	11	6	88

¹ Produkte, die nicht einer Materialkategorie zugeordnet werden können, und gehandelte Abfälle

Tabelle A-4c: Exporte in Millionen Tonnen

Werte sind auf ganze Millionen gerundet, Rundungsdifferenzen wurden nicht ausgeglichen.

	Biomasse	Fossile Energieträger	Metalle	Nicht-metallische Mineralstoffe	Andere Produkte ¹	Gesamt
1995	11	1	7	5	4	28
1996	11	1	7	5	4	29
1997	13	1	7	6	4	32
1998	13	2	9	6	5	35
1999	15	2	8	6	5	36
2000	16	2	9	6	5	38
2001	16	2	10	7	5	40
2002	17	2	10	7	6	43
2003	18	2	11	7	6	44
2004	19	3	12	8	6	48
2005	20	3	12	7	7	50
2006	21	4	13	8	7	53
2007	23	5	14	9	8	59
2008	23	6	15	9	8	60

1 Produkte, die nicht einer Materialkategorie zugeordnet werden können, und gehandelte Abfälle

Tabelle A-4d: Inlandsmaterialverbrauch¹ in Millionen Tonnen

Werte sind auf ganze Millionen gerundet, Rundungsdifferenzen wurden nicht ausgeglichen.

Negative Werte entstehen in jenen Kategorien, die vorwiegend bearbeitete Produkte und damit vor allem Handelsflüsse abbilden. Sind die Importe in einer solchen Kategorie kleiner als die Exporte, ist der Materialverbrauch in dieser Kategorie negativ.

	Biomasse	Fossile Energieträger	Metalle	Nicht-metallische Mineralstoffe	Andere Produkte ²	Gesamt
1995	37	23	5	112	-0	178
1996	38	24	6	115	0	182
1997	39	24	7	121	-0	190
1998	37	24	6	115	-1	182
1999	39	24	5	121	-1	188
2000	36	24	6	120	-1	186
2001	36	25	6	113	-1	180
2002	37	27	6	124	-1	194
2003	35	29	6	115	-1	184
2004	40	27	6	120	-1	193
2005	40	27	8	124	-1	199
2006	42	28	9	124	-1	202
2007	40	26	10	125	-2	199
2008	43	25	8	123	-2	197

1 Domestic Material Consumption (DMC): Inlandsmaterialverbrauch = Inlandsentnahme + Importe – Exporte

2 Produkte, die nicht einer Materialkategorie zugeordnet werden können, und gehandelte Abfälle

Tabelle A-4e: Inlandsmaterialverbrauch¹ in Tonnen pro Kopf

	Biomasse	Fossile Energieträger	Metalle	Nicht-metallische Mineralstoffe	Andere Produkte ²	Gesamt
1995	4,7	2,9	0,7	14,1	-0,0	22,4
1996	4,7	3,0	0,7	14,4	0,0	22,9
1997	4,8	3,0	0,8	15,1	-0,0	23,8
1998	4,7	3,1	0,7	14,4	-0,1	22,8
1999	4,8	3,0	0,7	15,1	-0,1	23,5
2000	4,5	3,0	0,8	14,9	-0,1	23,2
2001	4,5	3,1	0,8	14,1	-0,1	22,4
2002	4,6	3,3	0,8	15,4	-0,1	23,9
2003	4,3	3,5	0,8	14,2	-0,1	22,7
2004	4,9	3,3	0,8	14,7	-0,1	23,6
2005	4,9	3,3	0,9	15,1	-0,1	24,1
2006	5,1	3,3	1,1	15,0	-0,1	24,4
2007	4,9	3,1	1,2	15,1	-0,2	24,0
2008	5,2	3,0	1,0	14,7	-0,2	23,6

1 Domestic Material Consumption (DMC): Inlandsmaterialverbrauch = Inlandsentnahme + Importe – Exporte

2 Produkte, die nicht einer Materialkategorie zugeordnet werden können, und gehandelte Abfälle

Tabelle A-4f: BIP, DMC und Ressourceneffizienz

	BIP ¹ in Mrd. Euro	DMC ² in Mio. Tonnen	Ressourceneffizienz ³ in Euro pro t
1995	194	178	1.091
1996	199	182	1.090
1997	203	190	1.069
1998	210	182	1.155
1999	217	188	1.154
2000	225	186	1.212
2001	226	180	1.255
2002	230	194	1.188
2003	232	184	1.257
2004	238	193	1.231
2005	244	199	1.226
2006	252	202	1.249
2007	261	199	1.312
2008	266	197	1.353

1 BIP real, verkettete Volumina Basis 2005 (Havel und et al. 2010). Bei einer Analyse über einen bestimmten Zeitraum hinweg, muss die Ressourceneffizienz mit dem realen BIP (zu konstanten Preisen) berechnet werden, damit keine Verzerrungen durch Veränderungen der Preise (z. B. durch Inflation) auftreten.

2 Domestic Material Consumption (DMC): Inlandsmaterialverbrauch = Inlandsentnahme + Importe – Exporte

3 dargestellt als Ressourcenproduktivität = BIP/DMC



lebensministerium.at

