



# Bewertung und Gewichtung von Ressourceninputs

## Endbericht Arbeitspaket 6

Harald Reisinger / plenum (AP Leitung)

Dietmar Kanatschnig / ÖIN

Stefan Gijum / SERI

Eva Burger / SERI

Christopher Manstein / Faktor 10 Institut



Zusammenfassung.....	5
1. Einleitung.....	6
2. Aktivitäten.....	7
3. Systematik des BRIX.....	8
3.1. BRIX I.....	8
3.2. BRIX II.....	9
3.3. BRIX III.....	9
4. Bewertung der Kritizität.....	10
4.1. Ausgangslage und Herausforderung.....	10
4.1.1. Referenzgröße.....	10
4.1.2. Kritisch für wen?.....	10
4.1.3. Statische Momentbetrachtung vs. dynamische Zeitraumbetrachtung.....	11
4.1.4. Ökologische, ökonomische und soziale Aspekte der Bewertung.....	11
4.2. Material abiotisch.....	12
4.2.1. Hintergrund.....	12
4.2.2. Berücksichtigung des Verbrauchs abiotischer Materialien in BRIX.....	12
4.2.3. Aspekte zur Bewertung der Kritizität von abiotischen Materialien.....	13
4.2.4. Beispiele aus der aktuellen Debatte (bis 2010) um kritische, abiotische Rohstoffe/Ressourcen.....	14
4.2.5. Der BRIX Zugang zur Beurteilung der Kritizität von abiotischen Materialien.....	17
4.2.6. Ausblick.....	19
4.3. Material biotisch.....	20
4.3.1. Hintergrund.....	20
4.3.2. Berücksichtigung des Verbrauchs an Biotischem Material in BRIX.....	20
4.3.3. Der BRIX Zugang zur Bewertung der Kritizität von biotischem Materialverbrauch.....	21
4.3.4. Bewertung der Knappheit biotischer Ressourcen.....	21
4.3.5. Ökologische Bewertung biotischer Ressourcen.....	23
4.3.6. Bewertung der Nutzung biotischer Ressourcen.....	24
4.3.7. Ausblick & Verbesserungspotenzial.....	25
4.4. Wasser.....	26
4.4.1. Hintergrund.....	26
4.4.2. Berücksichtigung des Wasserverbrauchs in BRIX.....	26
4.4.3. Aspekte zur Bewertung der Kritizität von Wasserverbrauch.....	27
4.4.4. Der BRIX Zugang zur Beurteilung der Kritizität von Wasser.....	28
4.4.5. Ausblick.....	29

4.5.	Luft.....	29
4.6.	Fläche .....	30
4.6.1.	Hintergrund .....	30
4.6.2.	Berücksichtigung der Fläche in BRIX .....	31
4.6.3.	Der BRIX Zugang zur Bewertung der Kritizität von Flächeninput.....	32
4.6.4.	Bewertung der Flächenknappheit .....	32
4.6.5.	Ökologische Flächenbewertung .....	34
4.6.6.	Bewertung der Flächennutzung .....	34
4.6.7.	Ausblick & Verbesserungspotenzial .....	35
5.	Gewichtung des Ressourcenverbrauchs .....	37
5.1.1.	Einstufung des aktuellen Ressourcenverbrauchs in das Schulnotensystem.....	38
5.1.2.	Ausweisung von Bonus- und Maluspunkten .....	39
5.1.3.	Darstellung des Gesamtergebnisses in einem Spinnendiagramm .....	40
5.1.4.	Positive und kritische Aspekte des vorgeschlagenen Gewichtungsansatzes.....	41
6.	Literaturverzeichnis.....	43

## Zusammenfassung

Der im Rahmen des Projektes entwickelte Business Resource Intensity Index (BRIX) besteht aus drei aufeinander aufbauenden Teilen. Im ersten Schritt (BRIX I) erfolgt die quantitative Erhebung, Berechnung und Analyse des Ressourceninputs, der sich aus direkten und indirekten (in Vorprozessen angefallenen) Verbräuchen zusammensetzt (Methode siehe Endbericht AP 2).

Der zweite Schritt (BRIX II) dient der Bewertung der unterschiedlichen direkten Ressourceninputs, die für die Produktion/Nutzung/Entsorgung eines Produktes anfallen. Die Bewertung und anschließende Gewichtung (BRIX III) dienen dazu, die einzelnen Ressourceninputs miteinander in Bezug zu setzen, um so einige wenige hochaggregierte Ressourcenintensitäts-Indikatoren oder einen singulären Ressourcenintensitäts-Index zu erzeugen.

Der im Projekt entwickelte Zugang zur Bewertung des Ressourcenverbrauchs von Produkten erfüllt nicht den Anspruch, ein allgemein gültiges Schema mit quantitativen Auswertungsmöglichkeiten zu sein. Er handelt sich vielmehr um eine Auswahl der aus Sicht der Wissenschaft relevanten Aspekte, die bei der Bewertung der Kritizität von Ressourceneinsätzen berücksichtigt werden sollten.

In Folge dessen ist BRIX kein Instrument, das ein Benchmarking zwischen Produkten ermöglicht und auch kein Label oder Gütesiegel, das Unternehmen in der externen Kommunikation und Bewerbung ihrer Produkte hilfreich sein könnte.

BRIX ist vielmehr ein Managementtool, das zur internen Optimierung des Ressourceneinsatzes auf operativer Ebene (BRIX I) und zur Unterstützung strategischer Managemententscheidungen in Bezug auf Ressourcenverbrauch (BRIX II und III) beitragen kann.

# 1. Einleitung

BRIX ist eine Methode zur Berechnung und Analyse des quantitativen Ressourceneinsatzes, der für die Produktion/Nutzung/Entsorgung eines Produktes benötigt wird. Die Berechnungsmethode verfolgt einen rein mengenmäßigen Zugang und differenziert per se nicht, ob der Verbrauch gewisser Ressourcen aus ökologischen und/oder sozialen Gesichtspunkten kritisch oder unkritisch anzusehen ist.

Die Zielsetzung des Arbeitspakets 6 bestand darin, die quantitativ erhobenen und berechneten Ressourceninputs einer Bewertung und Gewichtung zuzuführen. Nur dadurch erschien es möglich, in weiterer Folge einige wenige hochaggregierte Ressourcenintensitäts-Indikatoren oder einen singulären Ressourcenintensitäts-Index zu erzeugen, die dennoch aussagekräftig sind in Bezug auf die (ökologische) Nachhaltigkeit des untersuchten Produkts.

Der Business Resource Intensity Index sollte den beteiligten Partnerunternehmen und weiteren zukünftigen Anwendern nicht nur zur Identifikation interner Potenziale zur Reduktion des Ressourcenverbrauchs dienen, sondern auch für die externe Kommunikation geeignet sein. Daher war ein Anspruch des Projektes, ein allgemein gültiges und breit anwendbares Bewertungs- und Gewichtungssystem zu entwickeln. Dadurch sollte eine gewisse Vergleichbarkeit („Benchmarking-Ansatz“) zwischen unterschiedlichen Produkten erreicht werden, die letztlich auch dem Kunden bei der Kaufentscheidung Orientierung geben sollte.

Da die Bewertung und Gewichtung unterschiedlicher Ressourceninputs kein rein objektiv-wissenschaftlicher Prozess sein kann, wurden im Projektverlauf mehrere Stakeholderveranstaltungen durchgeführt, im Zuge derer unter anderem die zentralen Fragen zur unterschiedlichen Bewertung und Gewichtung bestimmter Ressourceninputs inter- und transdisziplinär diskutiert werden sollten, um so zu einem anerkannten und möglichst konsensualen Bewertungs- und Gewichtungsschema zu gelangen.

Im folgenden Kapitel werden die **Leistungen** die im AP6 erbracht wurden überblicksmäßig dargestellt. Im Kapitel **Systematik des BRIX** wird das Zusammenwirken der drei Schritte Berechnung, Bewertung und Gewichtung beschrieben. Danach werden im Kapitel **Bewertung der Kritizität** differenziert nach den BRIX Ressourcenkategorien jene Aspekte vorgestellt und diskutiert, die für eine umfassende Bewertung des Ressourceneinsatzes berücksichtigt werden sollten. Im Kapitel **Gewichtung** wird abschließend der im Rahmen des Projektes entwickelte Ansatz zur Gewichtung der Ressourcenkategorien und zur Einordnung der quantitativen Berechnungsergebnisse in ein Schulnotensystem vorgestellt.

## 2. Aktivitäten

Insgesamt haben drei öffentliche Stakeholderveranstaltungen stattgefunden, an denen eingeladene Personen aus Wissenschaft, Zivilgesellschaft/NGO und Politik/Verwaltung teilgenommen haben. Insbesondere die zweite Stakeholderveranstaltung am 2. Juli 2010 (siehe Protokoll im Anhang) war dem Thema Gewichtung und Bewertung gewidmet. Dabei wurden die bereits im Vorfeld durch die wissenschaftlichen Partner ausgearbeiteten Aspekte zur umfassenden und richtungssicheren Bewertung und Gewichtung unterschiedlicher Ressourceninputs vorgestellt und mit den TeilnehmerInnen diskutiert.

Dabei zeigte sich, dass es seitens der TeilnehmerInnen sehr unterschiedliche Einschätzungen, Erwartungen und Zugänge zu diesem hoch komplexen Thema gibt. Außerdem wurde klar, dass für eine solide Abschätzung der ökologischen, sozialen und ökonomischen Auswirkungen von Ressourceninanspruchnahme eine Vielzahl an Daten und Informationen benötigt werden, die teilweise nicht verfügbar sind, oder nur mit erheblichem Aufwand gewonnen werden können. Da sich bereits die mengenmäßige Erhebung aller Ressourcen, die ein Unternehmen (z.B. für die Produktion eines gewissen Produkts) benötigt, als sehr aufwendig erwies, erschien eine Erweiterung der standardisierten Datenerhebung (im BRIX Tool) nicht zumutbar.

Der Anspruch eine allgemein gültige Bewertungs- und Gewichtungssystematik zu finden, die möglichst global und für unterschiedlichste Produkte anwendbar ist, musste daher im Laufe des Projektes aufgegeben werden. Zu heterogen waren schon allein die wenigen Business-Cases die im Projekt durchgeführt wurden – zu komplex die vielschichtigen Interdependenzen sozialer, ökologischer und wirtschaftlicher Aspekte – zu lückenhaft die derzeit verfügbaren wissenschaftlichen Datengrundlagen.

Ungeachtet dessen wurde im weiteren Verlauf des Projektes eine Systematik zur Bewertung und Gewichtung des Ressourceneinsatzes entwickelt. Allerdings stellt der in den folgenden Kapiteln dieses Berichts beschriebene Zugang kein allgemein gültiges, von einem breiten Konsens getragenes Bewertungs- und Gewichtungsschema dar, das ein Benchmarking mit anderen Produkten erlaubt. Es handelt sich vielmehr um ein Managementtool, das es den Anwendern erlaubt, aggregierte Kennzahlen für strategische Managemententscheidungen zur Reduktion des Ressourcenverbrauchs zu treffen.

### 3. Systematik des BRIX

Wie in nachstehender Abbildung ersichtlich, umfasst BRIX drei Schritte, die als BRIX I, BRIX II und BRIX III bezeichnet werden und die die Berechnung, Bewertung und Gewichtung des Ressourceninputs zum Inhalt haben. Anwender des BRIX-Tools können selbst entscheiden, ob sie nur den ersten Schritt, also die rein quantitative Berechnung und Analyse des Ressourcenbedarfs für ein bestimmtes Produkt durchführen, oder ob sie auch die optionalen Schritte Bewertung (BRIX II) und Gewichtung (BRIX III) vornehmen. Diese Schritte sind insbesondere dann sinnvoll, wenn ein Unternehmen wenige aggregierte Kennzahlen für strategische Managemententscheidungen benötigt.

Alle drei Schritte: Berechnung, Bewertung und Gewichtung können sehr benutzerfreundlich mit dem BRIX-Tool durchgeführt werden.

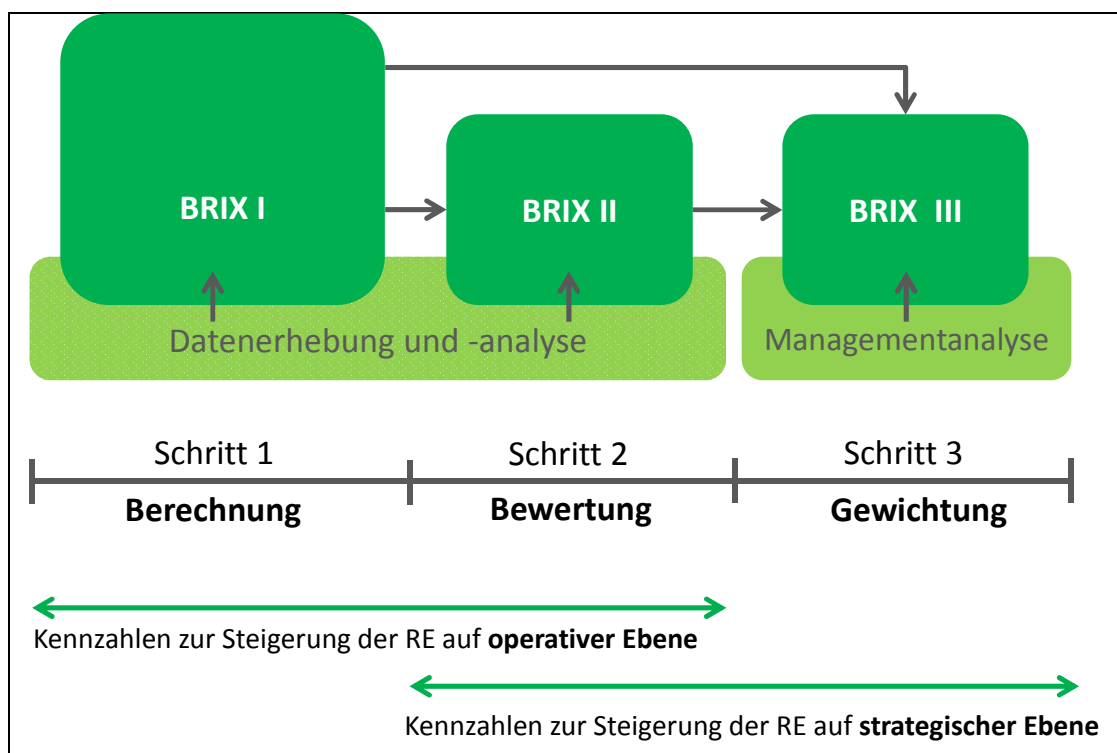


Abbildung 1: Schematische Darstellung des BRIX

#### 3.1. BRIX I

BRIX I dient der quantitativen Berechnung des Ressourceninputs. Die dahinterstehende Methode wurde im AP2 Endbericht bereits ausführlich beschrieben, die Umsetzung der Methode mittels konkreter Daten erfolgte in AP 3 bzw. AP 5. Vereinfacht gesagt werden alle direkten Ressourcen, die für die Produktion/Nutzung/Entsorgung eines Produktes benötigt werden, mengenmäßig erfasst, einer der fünf BRIX Ressourcenkategorien zugeordnet und aufsummiert. Die mit den direkten Ressourceneinsatz verbundenen indirekten Ressourceninputs werden über sogenannte Ressourceninput-Faktoren berechnet und ebenfalls in den entsprechenden Ressourcenkategorien aufsummiert. Neben der Datenerhebung und Berechnung stehen dem Anwender des BRIX-Tools

verschieden Analyseoptionen zur Verfügung (siehe BRIX-Tool Leitfaden). So können beispielsweise durch Hot-Spot Analysen die wesentlichen Stellhebel zur Reduktion des Ressourceneinsatzes auf operativer identifiziert werden (siehe AP 5 Ergebnisberichte für Details zu den Ergebnissen und Empfehlungen).

### **3.2. BRIX II**

Im BRIX II erfolgt die Bewertung der Kritizität unterschiedlicher Ressourceninputs. Da es im Projekt wie weiter oben beschrieben nicht gelungen ist, ein allgemein gültiges Bewertungsschema zu entwickeln, sind die Anwender des BRIX-Tool selbst gefordert zu entscheiden, welche Ressourcen sie als kritisch einschätzen und welche nicht. Diese Information – kritisch oder unkritisch – wird bei der Dateneingabe allen Inputstoffen „mitgegeben“, sodass später in der Analyse sowohl Prozentsatz als auch absolute Menge der als kritisch identifizierten Inputs ausgewiesen werden können. Welche Aspekte die BRIX-Tool Anwender bei der Bewertung der Kritizität der einzelnen Ressourceninputs beachten sollten, ist im Kapitel 0 ausführlich beschrieben.

### **3.3. BRIX III**

In BRIX III werden die Berechnungs- und Bewertungsergebnisse unter Berücksichtigung ressourcenbezogener Managementleistungen in ein Schulnotensystem umgewandelt und in Form eines Spinnendiagramms dargestellt.

Dieser Schritt dient der Visualisierung prioritärer Ansatzpunkte zur Steigerung der Ressourceneffizienz und soll insbesondere die Unternehmensführung dabei unterstützen, zielgerichtete strategische Entscheidungen zur Reduktion der eigenen Ressourcenintensität zu treffen. Eine Steigerung der betrieblichen Bewusstseinsbildung bezüglich Ressourceneffizienz ist darüber hinaus zu erwarten.

Eine detaillierte Beschreibung des vorgeschlagenen Gewichtungskonzepts wird im Kapitel 5 gegeben.

## 4. Bewertung der Kritizität

### 4.1. Ausgangslage und Herausforderung

Die Bewertung der Kritizität bestimmter Ressourceninputs hängt von einer Vielzahl von Aspekten und Faktoren ab. Während man es bei der rein quantitativen Erfassung und Berechnung des Ressourcenverbrauchs (BRIX I) mit klaren physikalischen Größen (Massen und Flächen) zu tun hat und zu objektiv belegbaren Aussagen gelangen kann, steigt bei der Bewertung der Kritizität des Ressourceninputs die Komplexität soweit an, dass objektiv-wissenschaftlich und pauschal gültige Aussagen kaum mehr möglich sind.

Im Folgenden werden die wesentlichen Fragen und Herausforderungen skizziert, die im Zusammenhang mit der Bewertung der Kritizität aufgetreten sind.

#### 4.1.1. Referenzgröße

Um eine Aussage treffen zu können, ob der Einsatz einer gewissen Ressource zur Produktion/Nutzung/Entsorgung eines Produktes kritisch ist oder nicht, bedarf es einer absoluten und/oder relativen Referenzgröße.

Eine absolute Referenzgröße wäre beispielsweise die Verfügbarkeit dieser Ressource innerhalb eines gewissen geografischen Raums. Aus dem Zusammenhang zwischen Verbrauch und Verfügbarkeit lässt sich die Knappheit dieser Ressource ableiten, die aus Sicht der BRIX Forscher ein wichtiger Aspekt zur Bewertung der Kritizität ist. **Fragen die daran anknüpfen:** Ist die absolute Verfügbarkeit dieser Ressource bekannt? Wie ist der geografische Rahmen sinnvollerweise zu wählen – lokal, regional, national oder global? Haben auch andere Menschen und Organisationen Zugang zu dieser Ressource? Falls ja, wie hoch ist deren aktueller oder zukünftiger Verbrauch der Ressource?

Mit einer relativen Referenzgröße könnte die Effizienz eines Ressourceneinsatzes bewertet werden. Wenn etwa ein Produkt weniger Ressourceninputs benötigt als der Durchschnitt aller Produkte mit vergleichbarer Serviceleistung, könnte man den Ressourceneinsatz als unkritisch bewerten. **Fragen die daran anknüpfen:** Ist die Serviceleistung verschiedener Produkte wirklich vergleichbar? Gibt es Daten zum Ressourcenverbrauch vergleichbarer Produkte? Sind diese Daten hinsichtlich Methodik, Qualität, Systemgrenzen, Lebenszyklusbetrachtung usw. vergleichbar?

#### 4.1.2. Kritisch für wen?

Eine zentrale Frage die man bei der Bewertung bestimmter Ressourceninputs klären sollte ist die nach dem Subjekt, auf das sich die Einschätzung der Kritizität bezieht. Diese Frage hängt mit der oben angeführten zum geografischen Rahmen zusammen. So kann beispielsweise der Abbau eines bestimmten seltenen Minerals bezogen auf die gesamte Menschheit unkritisch sein weil z.B. noch ausreichend große Mengen dieses Materials in der Lithosphäre vorhanden sind. Für ein bestimmtes Land oder ein Unternehmen könnte der Verbrauch dieser Ressource jedoch sehr kritisch sein, weil es – etwa aufgrund

geographischer oder ökonomischer Gegebenheiten – keinen oder nur eingeschränkten Zugang zu selbiger hat (vgl. Abbildung 3).

#### **4.1.3. Statische Momentbetrachtung vs. dynamische Zeitraumbetrachtung**

Ein Beispiel für eine statische Momentbetrachtung ist die statische Reichweite von endlichen (abiotischen) Ressourcen. Diese sagt aus, wie viele Jahre ein Rohstoff bei gegenwärtiger Jahresförderung noch zur Verfügung steht. Sie errechnet sich durch die derzeit bekannten Vorräte dividiert durch den gegenwärtigen Verbrauch.

- **Vorräte:** Welche Mengen eines bestimmten Rohstoffs global (oder innerhalb einer anderen geografischen Region) vorhanden sind und welcher Anteil davon durch den Menschen gewonnen werden kann, ist oft nicht genau bekannt. Das hängt von verschiedenen dynamischen und teilweise zusammenhängenden Faktoren ab wie z.B.: technologischer Fortschritt zur Exploration und Gewinnung, Wirtschaftlichkeit und Marktentwicklungen, ökologische Auswirkungen usw.
- **Verbrauch:** Ebenso schwierig erweist es sich in vielen Fällen, den zukünftigen Verbrauch einer gewissen Ressource zu ermitteln. Auch hier gibt es eine Vielzahl an Faktoren: Demografische Entwicklung, Wirtschaftliche Entwicklung und Wohlstand, neue Technologien, Substitution eines Rohstoffes durch einen anderen usw.

Berücksichtigt man diese sich laufend ändernden Faktoren kommt man zu einer dynamischen, in die Zukunft gerichteten Betrachtung, die potenziell eine treffsichere Bewertung der Kritizität ermöglicht. Allerdings sind diese Prognosen allein schon aufgrund der Volatilität der Finanz- und Rohstoffmärkte mit vielen Unsicherheiten behaftet.

#### **4.1.4. Ökologische, ökonomische und soziale Aspekte der Bewertung**

Bei der Bewertung der Kritizität eines Ressourceninputs steht man häufig vor der Herausforderung, wirtschaftliche, gesellschaftliche und naturschutzfachliche Aspekte abwägen und zueinander in Bezug setzen zu müssen. Während etwa die Entnahme von biotischem Material zur Ernährung von Menschen von sozialem Interesse ist und auch ökonomischen Wert erzeugt, können damit schwerwiegende Beeinträchtigungen von Ökosystemen verbunden sein. Diese nicht trivial lösbaren Zielkonflikte zwischen den drei Dimensionen der Nachhaltigkeit müssen bei der Bewertung der Kritizität ebenfalls berücksichtigt werden.

Die in diesem Kapitel (4.1) angeführten Fragen und Herausforderungen veranschaulichen die Komplexität, die mit der Aufgabe der Kritizitätsbewertung verbunden ist. In den nachfolgenden Kapiteln (4.2 - 4.6) werden spezifisch für alle BRIX-Ressourcenkategorien die zentralen Aspekte identifiziert, die bei der Bewertung der Kritizität berücksichtigt werden sollten. Zudem wird ein möglicher Zugang zur Bewertung aufgezeigt.

## 4.2. Material abiotisch

### 4.2.1. Hintergrund

Abiotische Materialien wie z. B. Baumineralien, Metalle oder fossile Energieträger stellen den Hauptteil der in Volkswirtschaften umgesetzten Materialverbräuche dar. Abiotische Materialien sind dabei im Gegensatz zu biotischen Materialien, die in der Regel erneuerbar sind (siehe dazu auch Kapitel 4.3.1), als nicht-erneuerbare Ressourcen anzusehen.

In Österreich betrug die Domestic Material Consumption (DMC) also der Inlandsmaterialverbrauch (Inlandsentnahme + Importe – Exporte) im Jahr 2007 insgesamt rund 162 Millionen Tonnen. Dabei entfielen rund 120 Millionen Tonnen also ca. 74 % auf die Gruppe der abiotischen Materialien – im Wesentlichen auf Baumineralien (rund 88 Mio. Tonnen), fossile Energieträger (rund 22 Mio. Tonnen) und Metalle (rund 10 Mio. Tonnen) (Statistik Austria, 2009). Der durchschnittliche Materialverbrauch einer Österreicherin / eines Österreichers lag 2007 somit bei rund 19,5 Tonnen pro Kopf und Jahr. Davon entfielen wiederum rund 14,5 Tonnen auf die abiotischen Materialien.

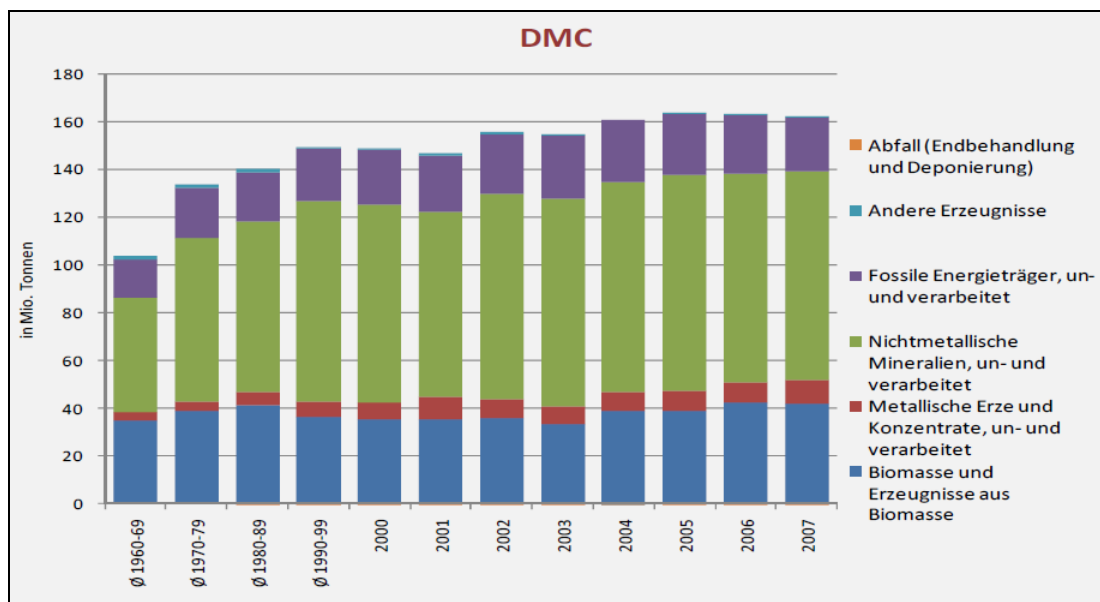


Abbildung 2: Inlandsmaterialverbrauch Österreich. Quelle: Statistik Austria

Die Abbildung zeigt, dass der steigende Inlandsmaterialverbrauch im Wesentlichen auf die Zunahme des abiotischen Materialverbrauchs – insbesondere der Baumineralien – zurückzuführen ist und erklärt die große, quantitative Bedeutung abiotischer Materialien für das Projekt BRIX.

### 4.2.2. Berücksichtigung des Verbrauchs abiotischer Materialien in BRIX

Neben den Kategorien „Biotisches Material“, „Wasser“, „Luft“ und „Fläche“ beinhaltet das BRIX Indikatoren-Set (siehe auch Bericht zum Arbeitspaket 2 dieses Projektes) die Kategorie „Abiotisches Material“. Darunter sind grundsätzlich folgende Materialien zu verstehen:

„Abiotic materials are all materials taken directly and unprocessed from nature and are not renewable in hundreds of years, e. g. ores in a mine, “unused extraction of raw materials, excavation of earth and sediment, peat, etc.” (Lettenmeier et al., 2009).

Eine weitere Definition der in BRIX betrachteten abiotischen Materialien liefert eine frühere Veröffentlichung des Wuppertal Instituts im Zusammenhang mit der Beschreibung des so genannten MIPS-Konzeptes (MIPS = Material Input pro Serviceeinheit):

„Abiotische Materialien sind: mineralische Rohstoffe (verwertete Rohförderung, z. B. an Erzen inkl. Uranerz, Sand, Kies, Schiefer, Granit); fossile Energieträger (u. a. Kohle, Erdöl, Erdgas); nicht verwertete Rohförderung (Abraum, Gangart, usw.); bewegte Erde (z. B. Aushub, Ausbaggerungen)“ (Schmidt-Bleek et al., 1998).

Die Kategorie „Abiotisches Material“ kann im Zusammenhang von BRIX (und auch des MIPS-Konzeptes) als Leit- oder Schlüsselindikator angesehen werden, da die allermeisten wirtschaftlichen Aktivitäten direkt oder indirekt mit der Verwendung von abiotischen Materialien im Zusammenhang stehen und weil das Bewusstsein über den Verbrauch abiotischer Materialien stark ausgeprägt ist (dieses gilt auch für biotische Materialien, aber deutlich abgeschwächt nur für die BRIX-Kategorien Wasser und Luft und Fläche).

Der gesamte abiotische Materialverbrauch wird im Projekt BRIX ebenso wie bei den übrigen BRIX-Indikatoren durch die Summe des direkten und des indirekten Verbrauchs ermittelt. Der direkte abiotische Materialverbrauch entspricht der Masse jener Materialien und Stoffe, die direkt in den Produktionsprozess eingehen. Der indirekte abiotische Materialverbrauch wird mittels Ressourceninput-Faktoren erhoben und inkludiert z. B. die vorgelagerten Prozesse der Bereitstellung von Materialien oder Stoffen und Produkten („Vorleistungen“). Die RI-Faktoren beinhalten quantitative Abschätzungen über den Verbrauch an (hier) abiotischen Materialien im Sinne der weiter oben dargestellten Definitionen, die insgesamt zur Produktion oder Bereitstellung von 1 Kilogramm oder 1 Tonne (oder sonstiger Gewichtseinheiten) aus der Natur entnommen und bewegt wurden. RI-Faktoren (siehe auch Bericht zum Arbeitspaket 3 dieses Projektes) reichen z. B. von 1 : 1,42 (Sand und Kies), oder Aluminium (1 : 19) und Kupfer (1 : 179), bis hin zu Gold (1 : 540.000); (Lettenmeier et al., 2009).

Die genannten Verhältniszahlen (RI-Faktoren) drücken aus, dass zur Produktion oder Bereitstellung des jeweiligen Materials die in den Verhältniszahlen ausgedrückten „Mehrmengen“ an abiotischem Material aus der Natur entnommen wurden, um die jeweilige Einheit „1“ zu produzieren oder bereitzustellen. Dieses sind die sogenannten „Ökologischen Rucksäcke“. Beispiel: Um 1 Tonne oder 1 Kilogramm Kupfer zu produzieren bzw., bereitzustellen, muss die 179-fache Menge an abiotischem Material zuvor in Bereitstellungsprozessen (Erzabbau, Erzkonzentrierung, Elektrolyse, sonst. Weiterverarbeitung, etc.) bewegt und somit verbraucht werden.

#### **4.2.3. Aspekte zur Bewertung der Kritizität von abiotischen Materialien**

Aspekte zur Bewertung der Kritizität von abiotischen Materialien sind vielschichtig und komplex. Spielten bis vor wenigen Jahren bei der Behandlung dieses Themas vor allem Fragen bezüglich Knappheiten, Endlichkeiten und geologischen oder sonstigen Abbau-

Engpässen (und hier insbesondere im Bereich der fossilen Energieträger) eine wesentliche Rolle in der politischen, ökologischen und wirtschaftlichen Debatte, werden aktuell auch ganz andere Aspekte in diesem Zusammenhang bedacht; Einige Stichwörter sind: Kritizitäten bei seltenen Rohstoffen (z. B. Metalle, Erden); Lieferengpässe in politisch instabilen Ländern; monopolistisches Verhalten von Marktführern (insbesondere China); dramatischer Neubedarf an seltenen Rohstoffen bei den so genannten „Zukunftstechnologien“; wirtschaftspolitische oder sicherheitspolitische Überlegungen beim Zugang zu Rohstoffweltmärkten; soziale Bedingungen beim Abbau von Ressourcen; etc.

Im Folgenden werden im Zusammenhang mit den zuvor genannten Stichwörtern einige Aspekte näher beleuchtet und anhand von aktueller Literatur (ausgewählte Beispiele) in diesem Themenkomplex beschrieben, um abschließend eine erste Empfehlung für die Behandlung des komplexen Themas „Kritizität“ bei abiotischen Materialien im Zusammenhang mit Gewichtungsfragen im BRIX-Projekt ziehen zu können.

#### **4.2.4. Beispiele aus der aktuellen Debatte (bis 2010) um kritische, abiotische Rohstoffe/Ressourcen**

Im Folgenden werden wesentliche Aspekte im Zusammenhang mit der möglichen Einstufung der Kritizität abiotischer Ressourcen aus der aktuellen (2010) Debatte im Zusammenhang mit kritischen Rohstoffen wiedergegeben. Dazu wurde eine Reihe von aktuellen Literaturquellen im Rahmen des BRIX Projektes gesichtet, analysiert und ausgewertet. Für BRIX und die Berücksichtigung von Kritizitäten besonders relevante Beobachtungen werden im Folgenden auszugsweise wieder gegeben.

Die deutsche Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR, 2007) hält grundsätzlich fest:

„Eine oft verwendete – aber an sich falsche – Beurteilungsgröße für die Bewertung der Verfügbarkeit von Rohstoffen ist ihre statische Reichweite oder Lebensdauer, die den Quotienten aus der aktuellen Jahresförderung und den derzeit bekannten Rohstoffreserven (derzeit wirtschaftlich gewinnbare Vorräte) bzw. -ressourcen (Reserven plus derzeit unwirtschaftliche Vorräte) bezeichnet. Die Kennziffer beschreibt den augenblicklichen Kenntnisstand und ist somit eine Momentaufnahme eines sich dynamisch entwickelnden Systems. In der Realität aber ändern sich die Ausgangsgrößen, nämlich die Vorräte und die Produktionsmengen, ständig. Die wesentlichen Einflussgrößen sind erstens die fortschreitende Exploration und die verbesserten Fördertechniken. Zweitens passt sich die Gewinnung dem Bedarf an Rohstoffen an. Der Preis bestimmt darüber hinaus beide Ausgangsgrößen – Vorräte und Gewinnung. Die Kennziffer der Reichweite oder der Lebensdauer sagt daher nichts über den endgültigen Erschöpfungszeitpunkt mineralischer Rohstoffe aus, sondern gilt unter Fachleuten als ein Indikator für die Notwendigkeit von Explorationsaktivitäten. Dieses wird deutlich, wenn man die Entwicklung der Lebensdauer als Zeitreihen betrachtet. In den vergangenen Jahrzehnten sind die Reichweiten bei den meisten Rohstoffen im Langzeittrend etwa konstant geblieben. Exploration und technischer Fortschritt in der Rohstoffgewinnung waren demnach so erfolgreich, dass seit mehreren

Jahrzehnten ein dynamisches Gleichgewicht zwischen Produktion und Reserven gewährleistet werden konnte“ (BGR, 2007).

Das deutsche Umweltbundesamt diskutiert für die wichtige Gruppe der Metalle in einer etwas älteren Publikation aus dem Jahre 2007 (Umweltbundesamt, 2007) folgende drei Definitionen:

- Definition 1: Seltene Metalle sind Metalle mit hohen oder sehr stark gestiegenen Preisen;
- Definition 2: Seltene Metalle sind Metalle mit geringer Reichweite der Reserven;
- Definition 3: Seltene Metalle sind Metalle, die nur in wenigen Ländern abgebaut werden.

Als ein wesentliches Kriterium zur Beurteilung der Kritizität (Seltenheit) von Materialien (Beispiel Metalle) wird in der gesichteten Literatur auch die rasante Dynamik der letzten Jahre und Jahrzehnte im Sinne einer gesteigerten Nachfrage und somit Abbaurate gesehen. So merkt eine in der Schweiz (Schweizerische Akademie der Technischen Wissenschaften, 2010) kürzlich veröffentlichte Studie folgendes an:

„Unter geochemisch seltenen Metallen versteht man metallische Stoffe, die in der Erdkruste in einer Konzentration von weniger als 0,01 Gewichtsprozenten vorkommen. Noch zu Beginn des vorigen Jahrhunderts waren seltene Metalle als Rohstoffe für Technologien und Produkte kaum ein Thema. Dies hat sich in den vergangenen Jahrzehnten stark verändert: Aufgrund ihrer spezifischen Eigenschaften spielen seltene Metalle bei verschiedenen Anwendungen eine immer wichtigere Rolle, beispielsweise bei Autokatalysatoren, Flugzeugturbinen, Flachbildschirmen, Mobiltelefonen oder Photovoltaikanlagen. Die steigende Bedeutung zeigt sich unter anderem daran, dass für seltene Metalle wie Gallium, Indium, Iridium, Palladium, Rhenium, Rhodium, Ruthenium oder die Seltenen Erden mehr als 80 Prozent der Mengen, die seit 1900 aus mineralischen Lagerstätten gewonnen worden sind, erst in den vergangenen 30 Jahren abgebaut wurden“ (Schweizerische Akademie der Technischen Wissenschaften, 2010).

Von besonderer Brisanz in diesem Zusammenhang ist die Tatsache, dass gerade im Bereich der ökologischen und nachhaltigen Zukunftstechnologien der Bedarf an „seltenen Materialien“ deutlich angestiegen ist und in Zukunft erheblich weiter ansteigen wird; Einschätzung dazu der Schweizerischen Akademie der Technischen Wissenschaften:

„Für die Zukunft wird erwartet, dass die Nachfrage nach seltenen Metallen weiter steigt. Alternative Energie- und Verkehrstechnologien werden voraussichtlich an Bedeutung gewinnen und die damit einhergehende Massenanzahlung beispielsweise von Lithiumionenbatterien, Brennstoffzellen oder Dünnschicht-Photovoltaikzellen wird die Nachfrage nach diesen Elementen rasch ansteigen lassen. Eine kürzlich veröffentlichte Studie zu ausgewählten Zukunftstechnologien ... ergab, dass der Jahresbedarf an verschiedenen seltenen Metallen im Jahr 2030 um ein Vielfaches höher liegen könnte als die Jahresproduktion für diese Technologien im Jahr 2006“ (Schweizerische Akademie der Technischen Wissenschaften, 2010).

Bei der Einstufung oder Beurteilung kritischer Materialien und Rohstoffe spielen mittlerweile sogar sicherheitspolitische Überlegungen der Importländer selbst eine Rolle, was die große Dimension und hohe Brisanz dieses Themas bestätigt. Eine aktuelle Veröffentlichung der deutschen Bundeswehr (Zentrum für Transformation der Bundeswehr, 2010) analysierte das Thema Kritizität im Zusammenhang mit dem „PEAK OIL“ und kommt u. a. zu folgendem Fazit:

„Der Eintritt des Peak Oil ist jedoch unvermeidlich. Diese Teilstudie zeigt, dass das sehr ernst zu nehmende Risiko besteht, dass eine durch nachhaltige Knappheit von wichtigen Rohstoffen ausgelöste globale Transformationsphase von Wirtschafts- und Gesellschaftsstrukturen nicht ohne sicherheitspolitische Friktionen vonstattengehen wird. Die Desintegration komplexer Wirtschaftssysteme inklusive ihrer interdependenten Infrastrukturen hat direkte, teilweise schwerwiegende Auswirkungen auf viele Lebensbereiche, auch und insbesondere in Industrieländern. ... Der Peak Oil birgt auch für einsatzwichtige Fähigkeiten von Streitkräften erhebliche Gefahren. Dabei müssen die Gewährleistung einer strategischen Verlege Fähigkeit und taktischen Mobilität sowie die Vermeidung einer Funktionseinschränkung als Ganzes auf Grund systemischer Abhängigkeiten im Zentrum des Interesses stehen. Für einen Erhalt ihrer möglichst umfassenden Einsatzfähigkeit reicht es daher nicht, die bestehenden Versorgungsketten und Verfahren von Streitkräften zu optimieren und weiterzuentwickeln, um eine verringerte Abhängigkeit der Mobilität von Öl zu erreichen. Vielmehr müssen zukünftige Veränderungen darauf ausgerichtet sein, systemische Abhängigkeiten zu verringern und in neuen Strukturen möglichst gänzlich zu vermeiden. Deren Aufdeckung erfordert grundlegend neue Methoden und bedarf unbedingt der weiteren vertieften Analyse.“ (Zentrum für Transformation der Bundeswehr, 2010).

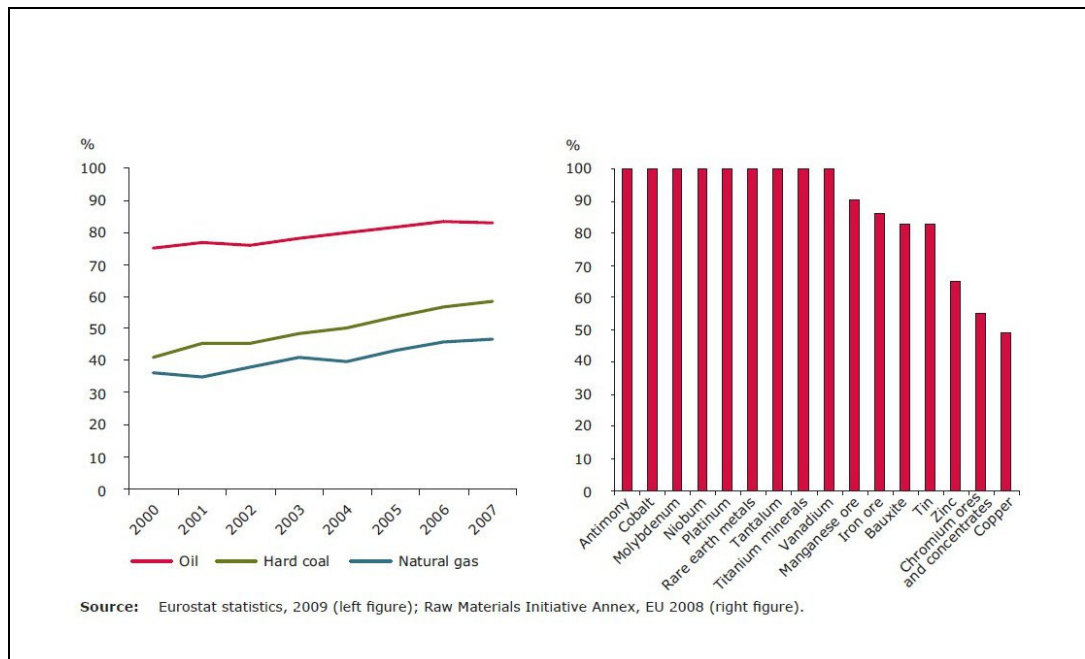
Die oberösterreichische Landesregierung (Amt der oberösterreichischen Landesregierung, 2010) zieht in ihrer Beurteilung der „Endlichkeit der Rohstoffe“ folgendes Fazit, das einige schon beschriebene Zusammenhänge wiederholt, dabei aber auch sehr stark Lösungsorientiert vorgeht:

„Unsere zunehmende Einwegwirtschaft entnimmt der Erde riesige Mengen Rohstoffe, veredelt und verarbeitet sie, koppelt sie mit anderen Rohstoffen und stellt Produkte her, die nach dem Gebrauch als Abfall entsorgt werden und nicht wieder in den Wirtschaftskreislauf gelangen. Derzeit verbraucht ein Viertel der Weltbevölkerung drei Viertel der Ressourcen und produziert drei Viertel der Abfälle und Emissionen. Unser Konsumverhalten und der Lebensstil entscheiden über die Rohstoffnachfrage und wie mit den Produkten umgegangen wird. Jährlich werden weltweit acht bis zehn Mrd. Tonnen Müll produziert und mit steigender Weltbevölkerung wachsen auch die Müllberge. Über 1,6 Mrd. Tonnen entstammen dem Hausmüll. Jeder Mensch kann dazu beitragen, Ressourcen zu schonen und Rohstoffe in sinnvollen Mengen einzusetzen. Abfallvermeidung bereits im Kleinen und eine gezielte Zuführung der dennoch entstandenen Abfälle zu effizienten Recyclingsystemen sind von Nöten. Viele Altgeräte und Abfälle finden ihre Endlagerung auf riesigen Halden in Dritte Welt Ländern, wo keine Möglichkeit besteht, wertvolle oder auch giftige Stoffe zu extrahieren und fachgerecht zu entsorgen oder wiederzuverwerten. Oft wühlen sich Kinder durch die Abfallberge auf der Suche nach brauchbaren Teilen. Auch mehr als die Hälfte der Altautos werden in weniger entwickelte Länder exportiert und nicht

hier zu Lande recycelt. Wertvolle Rohstoffe gehen verloren. Einige Rohstoffe sind für Zukunftstechnologien von essentieller Bedeutung. Ob Photovoltaikzellen, Glasfaserkabel, LCDs, Elektroautos oder Mobiltelefone - für alle diese Produkte sind spezielle Metalle notwendig. Aufgrund der stark steigenden Nachfrage erhöht sich der globale Rohstoffbedarf drastisch. Vor allem seltene Metalle, die in geringen Mengen den Produkten beigegeben werden, wie Gallium, Neodym, Indium oder Platin sind betroffen. Neben der technologischen Entwicklung trägt auch das allgemeine Wirtschaftswachstum der Schwellenländer, im speziellen von der Volksrepublik China, zu einem Boom bei der Rohstoffnachfrage bei, der zu erheblichen Preisanstiegen führte. Eine mögliche Verknappung von Rohstoffen hängt aber nicht nur vom tatsächlichen Vorkommen und der Ersetzbarkeit des Rohstoffes ab, sondern unterliegt aus ökonomischer Sicht zwei weiteren Kriterien. Zum einen können Konflikte auftreten, wenn sich die überwiegende Anzahl der Lagerstätten auf nur wenige Länder konzentrieren, zum anderen ist auch eine Monopolstellung einiger weniger produzierenden Unternehmen ein Risikofaktor. Die sichere Versorgung mit Rohstoffen ist für die Industrie unabdingbar, jedoch sind mit dem Ressourcenverbrauch teilweise gravierende Umweltschäden verbunden. Der Verbrauch von Ressourcen ist auch hinsichtlich der damit verbundenen Umweltbelastungen begrenzt. Bergbau verursacht starke Boden-, Wasser- und Luftverschmutzungen und hat vor allem in Ländern der Dritten Welt oft nachteilige Auswirkungen auf die lokale wirtschaftliche Entwicklung. Rein für die Gewinnung von einem Kilogramm Kupfer müssen 500 Kilogramm Material bewegt werden, Bei Edelmetallen ist der Unterschied noch deutlich größer. Zum Beispiel wird für ein Gramm Gold eine Tonne Erze aus großen Tiefen an die Erdoberfläche geholt, unabhängig von der erst dann beginnenden energieintensiven Verarbeitung. Der gesamte Prozess vom Rohstoff zum Endprodukt verbraucht immense Mengen an Flächen und fossiler Energie, die selbst ein knapper Rohstoff ist. Um nachhaltig mit den Ressourcen unserer Erde umzugehen, ist es wichtig, die Metalle und Rohstoffe effizienter einzusetzen, möglichst gute Recyclingquoten zu erzielen und den Ersatz durch nachwachsende Rohstoffe zu prüfen beziehungsweise zu forcieren. Abfallarm und umweltschonend abbauen, möglichst lange Lebensdauer der Produkte, leicht trenn- und recyclebar – das schont die Umwelt und die Ressourcen“ (Amt der oberösterreichischen Landesregierung, 2010).

#### **4.2.5. Der BRIX Zugang zur Beurteilung der Kritizität von abiotischen Materialien**

Österreich und ebenso die gesamte EU sind bei Hochtechnologiemetallen wie Kobalt, Platin, Seltene Erden und Titan hochgradig importabhängig (siehe folgende Abbildung 3). Diese Metalle spielen unter anderem eine wesentliche Rolle bei der Entwicklung sogenannter „neuer Umwelttechnologien“ zur Förderung von Energieeffizienz und zur Senkung der Treibhausgasemissionen.



**Abbildung 3: Importabhängigkeit der EU in Bezug auf ausgewählte Materialien (2000-2007);  
Quelle: EEA, 2010**

Im Rahmen einer „Rohstoff-Initiative“ erstellte die EU Kommission in enger Zusammenarbeit mit Mitgliedstaaten und Interessengruppen eine gemeinsame Liste von in diesem Zusammenhang bedeutenden Rohstoffen (European Commission, 2010). In diesem Zusammenhang wurden von der Kommission 41 Materialien (Mineralien und Metalle)<sup>1</sup> ausgewählt, die im Hinblick auf ihre Kritizität beurteilt werden sollten. Insgesamt 14 Materialien wurden als „kritisch“ eingestuft. Nach Auffassung der Kommission sind diese für die Europäische Union von entscheidender Bedeutung und ihre Nachfrage wird sich Prognosen zufolge bis zum Jahr 2030 gegenüber 2006 mehr als verdreifachen.

Dabei spielten die folgenden drei Kriterien bei der Einstufung der Kritizität die entscheidende Rolle:

- wirtschaftliche Bedeutung für Schlüsselsektoren;
- hohe Versorgungsrisiken;
- Fehlen von Ersatzstoffen.

Aus Sicht des BRIX-ForscherInnen-Teams stellt diese Studie der EU Kommission den aktuellsten und tiefendsten Ansatz zur Bewertung der Kritizität von abiotischen Materialien auf europäischer Ebene dar. In Anlehnung an die Einschätzung der EU Kommission wurden die nachstehend aufgelisteten Stoffe auch im BRIX-Projekt als kritisch eingestuft (Stand: November 2010):

<sup>1</sup> Aluminium, Antimony, Barytes, Bauxite, Bentonite, Beryllium, Borates, Chromium, Clays, Cobalt, Copper, Diatomite, Feldspar, Fluorspar, Gallium, Germanium, Graphite, Gypsum, Indium, Iron, Limestone, Lithium, Magnesite, Magnesium, Manganese, Molybdenum, Nickel, Niobium, Perlite, Platinum Group Metals (PGM), Rare Earth Elements, Rhenium, Silica-sand / Glass sand, Silver, Talc, Tantalum, Tellurium, Titanium, Tungsten, Vanadium, Zinc.

1. Antimon
2. Beryllium
3. Kobalt
4. Flussspat
5. Gallium
6. Germanium
7. Graphit
8. Indium
9. Magnesium
10. Niob
11. PGMs (Platinum Group Metals), Metalle der Platingruppe<sup>2</sup>
12. seltene Erden<sup>3</sup>
13. Tantal
14. Wolfram

#### **4.2.6. Ausblick**

Es wäre wünschenswert, dass zukünftig weitere Empfehlungen zu kritischen, abiotischen Materialien - ähnlich der Empfehlung der EU/EC bezüglich der derzeit angesehenen 14 „critical materials“ - veröffentlicht werden. Dabei ist wichtig, dass solche Empfehlungen im internationalen Kontext ausgesprochen werden (EU/EC, OECD, etc.) und sie von „unabhängigen“ Institutionen (ähnlich EU/EC) stammen. Nur unabhängige Institutionen (europäische, besser: internationale; staatliche oder halbstaatliche) erscheinen geeignet, z.B. wirtschaftliche Interessenskonflikte bei der Einstufung von Kritizitäten zu vermeiden und somit eine unabhängige und neutrale Einschätzung zu gewährleisten.

Große Aufmerksamkeit muss dabei auf die Dynamik im Themenfeld „kritische Rohstoffe/Materialien“ gelegt werden. Wie zuvor dargestellt, ist die Einstufung eines Materials oder eines Rohstoffes von einer ganzen Reihe von Aspekten abhängig, die sich im Laufe der Zeit ändern, verschlechtern aber auch verbessern können.

Interessant wäre in diesem Zusammenhang die Einrichtung einer neuen, internationalen Institution (oder die Beauftragung einer bereits existierenden Institution), welche systematisch die vielschichtigen Informationen zur Beurteilung von Kritizitäten analysiert, bewertet und regelmäßig veröffentlicht. Dabei könnten z. B. Erfahrungen von Rating-Agenturen oder etwa Vorgänge bei Börsennotierungen als methodisches Vorbild genutzt werden.

---

<sup>2</sup> The Platinum Group Metals (PGMs) regroups platinum, palladium, iridium, rhodium, ruthenium and osmium.

<sup>3</sup> Rare earths include yttrium, scandium, and the so-called lanthanides (lanthanum, cerium, praseodymium, neodymium, promethium, samarium, europium, gadolinium, terbium, dysprosium, holmium, erbium, thulium, ytterbium and lutetium).

## 4.3. Material biotisch

### 4.3.1. Hintergrund

Biotische Materialien werden in der Literatur z.B. als jene lebenden Naturschätze definiert, die „ohne direktes Zutun des Menschen wachsen, sich vermehren und ihre Rolle in den natürlichen Ökosystemen spielen. Dazu gehören die Fische der Meere, die Urwälder und ihre Pflanzen und Tiere, nicht jedoch Produkte der Land- und Forstwirtschaft und verwandter Techniken wie gewerbliche Fischzucht („Fischfarmen“), alle Arten von Plantagenwirtschaft, Nutztierhalten usw.“ (Klöpffer W. und Grahl B., 2009).

Anders im Projekt BRIX; hier werden unter biotischen Materialien in Anlehnung an die Definitionen der Materialflussanalyse (MFA) auf Länderebene bzw. von MIPS (Materialinput pro Serviceeinheit) auf Produktebene die folgenden Ressourcenkategorien unter dieser Gruppe summiert: Produkte des Ackerbaues sowie alle genutzten Erntenebenprodukte wie etwa Stroh; tierische Produkte der Landwirtschaft (Fleisch, Milch und Eier); die Ernte vom Grünland inklusive der von Nutztieren geweideten Biomasse; Holz und Holzprodukte sowie Produkte aus der Jagd und Fischerei (OECD, 2007; Schmidt-Bleek et al., 1998). Biotische Materialien machen global etwa 30% der gesamten Ressourcenentnahme aus (siehe AP1 Endbericht).

Wie in Abbildung 2 ersichtlich, wurden im Jahr 2007 in Österreich ca. 42 Millionen Tonnen an biotischen Produkten konsumiert, dies entsprach knapp 26% des österreichischen Gesamtverbrauchs (Statistik Austria, 2009). Der Verbrauch von biotischem Material ist seit 1980 in etwa gleich geblieben. Im relativen Bezug zum gesamten Inlandsmaterialverbrauch ist er im Zeitverlauf gesunken, da der abiotische Ressourcenverbrauch in diesem Zeitraum gestiegen ist.

Biotische Ressourcen sind meist, aber nicht immer regenerierbar. Zum Beispiel zählt Tropenholz aus einem nicht nachhaltig bewirtschafteten Teil des tropischen Primärwaldes zu den nicht regenerierbaren Ressourcen. Ebenso markiert zum Beispiel die Überfischung den Übergang von einer eigentlich erneuerbaren zu einer nicht-erneuerbaren Ressource, da sich der Bestand aufgrund fehlender Population schlichtweg nicht weiter vermehren kann (Klöpffer und Grahl, 2009).

### 4.3.2. Berücksichtigung des Verbrauchs an Biotischem Material in BRIX

Neben den Kategorien „Abiotisches Material“, „Wasser“, „Luft“ und „Fläche“ beinhaltet das BRIX Indikatoren-Set die Kategorie „Biotische Materialien“ (siehe auch Bericht zum Arbeitspaket 2 dieses Projekts).

Mittels BRIX kann der direkte und/oder indirekte Ressourceninput, der für die Herstellung, Nutzung und Entsorgung eines gewissen Produktes benötigt wird, berechnet werden. Der direkte Verbrauch entspricht dem (messbaren) Gewicht aller im Produktionsprozess eines bestimmten Unternehmens eingesetzten biotischen Materialien. Der indirekte biotische Materialverbrauch geht über die sogenannten Ressourceninput-Faktoren (RI-Faktoren) in die Berechnungen ein. Die RI-Faktoren bestimmen die „Mehrmengen“ an biotischen Ressourcen, die zur Produktion bzw. Bereitstellung des jeweiligen Produkts aus der Natur

entnommen werden mussten. Beispielsweise muss für die Produktion von 1 kg Buche Rohholz die 3-fache Menge an biotischem Material zuvor in Bereitstellungsprozessen entnommen werden.

#### **4.3.3. Der BRIX Zugang zur Bewertung der Kritizität von biotischem Materialverbrauch**

In der Literatur findet man nur sehr vereinzelt brauchbare Kriterien oder Indikatoren zur Bewertung der Kritizität von biotischem Materialverbrauch. So ist es etwa der Biodiversitätsforschung bisher nicht gelungen, einen geeigneten Indikator zu entwickeln, der es erlaubt, den Verlust der Artenvielfalt entsprechend zu quantifizieren und auf dessen Basis die Umsetzung von Maßnahmen zum Schutze der Biodiversität auf politischer, strategischer Ebene möglich wäre. Dies liegt laut Haberl H. et al. (2004) am bisher mangelnden Verständnis für die Zusammenhänge zwischen gesellschaftlicher Eingriffe in Ökosysteme und Biodiversitätsverluste.

Die methodische Vorgehensweise des BRIX-Forschungsteams zur Erarbeitung von Empfehlungen für die Bewertung der Kritizität ähnelt stark der Methodik für die Flächenbewertung (vgl. Kapitel 0). Dies liegt an der Untrennbarkeit zwischen dem gewonnenen biotischem Material einerseits und der standörtlichen Fläche andererseits.

In beiden Fällen („Fläche“ und „Biotisches Material“) werden daher **drei übergeordnete Aspekte** zur Bewertung der Kritizität vorgeschlagen. In der Ressourcenkategorie Biotisches Material sind dies:

- I. **Bewertung der Knappheit biotischer Ressourcen:** Betrachtet wird die allgemeine menschliche Aneignung von Biomasse innerhalb eines Landes.
- II. **Ökologische Bewertung biotischer Ressourcen:** Betrachtet wird die ökologische, naturschutzfachliche Bedeutung von Ökosystemen die durch Produktion/Nutzung/Entsorgung eines Produktes beeinflusst wird. (vor der biotischen Materialentnahme).
- III. **Bewertung der Nutzung biotischer Ressourcen:** Betrachtet wird die Änderung der Funktionalität der beeinflussten Ökosysteme aufgrund der Materialentnahme.

Im Detail könnte folgendermaßen vorgegangen werden:

#### **4.3.4. Bewertung der Knappheit biotischer Ressourcen**

Analog zur Bewertung der Flächenknappheit gilt auch für die regenerierbaren biotischen Ressourcen die Verknappung als Indikator zur Bewertung der Kritizität des Verbrauchs. Die nicht regenerierbaren biotischen Ressourcen sollten nach Klöpffer und Grahl (2009) wie die abiotischen Ressourcen behandelt werden, da diese ebenso nicht erneuerbar sind. Betrachten wir die Verknappung von nachwachsenden biotischen Rohstoffen, so muss im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung der Grundsatz gelten, dass die Ressourcenentnahme die Neubildungsrate nicht übersteigt.

„Verknappung tritt ein, wenn die Entnahme – global oder in einer speziell betrachteten Region – den Nachwuchs übersteigt. Zur Quantifizierung der regenerierbaren biotischen

Ressourcen muss man also deren Neubildungsrate kennen. Anders als bei den endlichen Ressourcen – die sich bei dauernder Entnahme auf jeden Fall erschöpfen, es ist nur eine Frage der Zeit – kann bei den regenerierbaren Ressourcen eine nachhaltige Nutzung erreicht werden, wenn dauerhaft gilt: Entnahme pro Zeiteinheit (Weltjahresverbrauch)  $\leq$  Neubildungsrate“ (Klöpffer und Grahl, 2009).

Diese Gleichung hängt allgemein mit der Diskussion um den sogenannten „Maximum Sustainable Yield“ zusammen. Dabei entspricht das Maximum jener „maximalen Menge, die von einer erneuerbaren Ressource dauerhaft geerntet werden kann. Dies bedeutet, dass der Ressourcenbestand konstant bleibt“ (Gabler Wirtschaftslexikon, s.a.).

Zur Quantifizierung der biotischen Ressourcenentnahme bezogen auf Pflanzen empfiehlt das wissenschaftliche Projektteam das Heranziehen des Indikators HANPP (Human Appropriation of Net Primary Production), welcher aktuell einen der vielversprechendsten Indikatoren zur Messung des Drucks auf Ökosysteme durch die menschliche Entnahme von Biomasse und somit auch indirekt des Biodiversitätsverlustes darstellt (Erb et al., 2009). Er ist ein Maß „für die Verringerung von trophischer Energie in Ökosystemen durch zwei Prozesse: (1) durch Veränderung der Produktivität (Entstehung biologisch verwertbarer Energie durch Photosynthese) und (2) Verringerung der Energieverfügbarkeit im System durch Ernte“ (Haberl et al., 2004). Studien von Haberl, Erb und Kollegen ergaben einen signifikanten Zusammenhang zwischen der in einem Ökosystem verfügbaren trophischen Energie einerseits und der Artenvielfalt andererseits.

*„Die menschliche Aneignung von Netto Primär Produktion – HANPP (Human Appropriation of Net Primary Production) zeigt, welcher Anteil der Nettoprimärproduktion bereits durch Ernte, Brandrodung, Bodenverlust oder Versiegelung den natürlichen Ökosystemen entzogen wird beziehungsweise für immer verloren geht. Der HANPP kann, wie der ökologische Fußabdruck, für eine Region, einen Kontinent oder die ganze Welt berechnet werden. Für die ganze Welt, so wird geschätzt, werden bereits 20-40% der Nettoprimärproduktion der Landflächen durch den Mensch angeeignet, Tendenz stark steigend“ (Plattform Footprint, 2008).*

Analog zur Bewertung der Flächenknappheit schlägt das BRIX-Forschungsteam vor, HANPP Werte für Österreich in einen internationalen Vergleich zu bringen, um einen Referenzrahmen für die Bewertung der Kritizität zu schaffen. Für die verschiedenen Kontinente sind Vergleichszahlen online verfügbar, für den EU-Vergleich sollten weitere (intensiver als in diesem Rahmen möglich) Recherchen angestellt werden. Je nach Stellung im internationalen Kontext könnte dann die biotische Ressourcenentnahme entweder als kritisch (vergleichsweise hoher Verbrauch) oder als unkritisch (vergleichsweise niedriger Verbrauch) beurteilt werden. Dabei sollte auch auf aktuelle Arbeiten der Europäischen Umweltagentur im Bereich der Entwicklung von Indikatoren zur Intensität der Landnutzung in Europa einfließen (siehe Kapitel 4.6.7).

Um sich der Realität bestmöglich anzunähern und dadurch eine möglichst einwandfreie Kritizitätsbewertung vornehmen zu können, erscheint es des Weiteren sinnvoll, auch dynamische Parameter der Bewertung zu Grunde zu legen. So könnte es sein, dass eine Momentaufnahme des Verbrauchs biotischer Ressourcen diesen als unkritisch erscheinen lässt, während eine dynamische, in die Zukunft gerichtete Betrachtung diesen als kritisch

ausweisen würde. Die Verknüpfung des HANPP Wertes mit der demografischen und wirtschaftlichen Entwicklung einer Gesellschaft könnte beispielsweise dieser Anforderung genügen.

#### **4.3.5. Ökologische Bewertung biotischer Ressourcen**

Gerade die naturschutzfachliche Bewertung des Verbrauchs von biotischem Material korrespondiert stark mit der ökologischen Flächenbewertung (siehe Kapitel 0). Denn einerseits sind Fläche und Boden Habitat und Substrat für die Tier- und Pflanzenwelt, andererseits macht Arten- oder ökosystemare Vielfalt eine Fläche erst für den Naturschutz interessant und wertvoll. Da sich in diesem Falle nach Einschätzung des BRIX-Forschungsteams keine eindeutigen Differenzierungsmöglichkeiten bieten, sollte bei der ökologischen Bewertung von direktem biotischem Material- und Flächenverbrauch methodisch gleich vorgegangen werden.

Sowohl Holzinger (2002) als auch Schmitt (1999) verweisen in ihren jeweiligen Arbeiten zur Naturschutzorientierten Flächenbewertung auf 4 Kriterien, deren Ausprägungen einen Rückschluss auf die ökologische Qualität – oder anders: auf den naturschutzfachlichen Wert – einer Fläche erlauben. Diese Kriterien sind: Natürlichkeit, Gefährdung, Seltenheit sowie Diversität.

An dieser Stelle folgt eine prägnante Beschreibung der Kriterien, basierend auf den Erkenntnissen von Schmitt T. (1999). Allerdings sollte eingangs erwähnt sein, dass die Kriterien in erster Linie für die Flächenbewertung erarbeitet und daher für den folgenden Fall der biotischen Ressourcenentnahme vom BRIX-Forschungsteam uminterpretiert wurden.

Das Kriterium „**Natürlichkeit**“ impliziert, dass natürliche oder naturnahe Systeme (hier: Flora und Fauna) per se als sehr wertvoll einzustufen sind und daher deren Verbrauch kritischer zu beurteilen ist als beispielsweise die Entnahme von nicht-heimischen oder nicht standortangepassten biotischen Ressourcen.

Das Kriterium „**Gefährdung**“ impliziert die Notwendigkeit der Erhaltung der Biodiversität, deren Dringlichkeit mit dem Grad der rückläufigen Entwicklung biotischer Ressourcen wächst. „Generell bedroht sind solche Arten von Tieren und Pflanzen in der Natur, die einen großen kommerziellen Wert z.B. als Trophäe, Nahrungsmittel, als Quelle für medizinische Wirkstoffe oder aber für bestimmte kulturelle Praktiken darstellen“ (Klöpffer und Grahl, 2009). Identifikationshilfen könnten in diesem Zusammenhang die „Roten Listen“ sein, welche die Gefährdung und Häufigkeit von Arten, Gesellschaften und Biotoptypen dokumentieren. Ebenso der Schlussbericht der zweiten SETAC Europe Arbeitsgruppe „Impact Assessment“, die auch eine Liste derjenigen Tiere und Pflanzen vorstellen, die durch Überfischung etc. vom Aussterben (Extremfall) bzw. von einem drastischen Populationsrückgang bedroht sind (Klöpffer und Grahl, 2009).

Das Kriterium „**Diversität**“ beschreibt die strukturelle und interne standörtliche Vielfalt und impliziert die Erkenntnis, dass mit steigender Diversität die potentielle Mannigfaltigkeit unterschiedlicher Lebensbedingungen sowie die Zahl ökologischer Nischen steigen und folglich auch der naturschutzfachliche Wert zunimmt.

Das Kriterium „**Seltenheit**“ ähnelt zwar dem Kriterium „Gefährdung“, betont aber die Tatsache, dass naturgegebene Seltenheit nicht immer zwingend gleichzusetzen ist mit einer direkten (anthropogenen) Bestandsgefährdung. Dennoch ist das Gefährdungspotenzial von seltenen Tier- und Pflanzenarten größer als jenes von häufiger vorkommenden Tier- und Pflanzenarten. Die Betrachtung des Kriteriums „Seltenheit“ soll vor einer Reduzierung von ohnehin seltenen Beständen durch den Menschen schützen, da dies in weiterer Folge zu „Gefährdung“ führen würde.

Schmitt (1999) veröffentlichte in seinem Werk zur Ökologischen Landschaftsanalyse und –bewertung eine übersichtliche graphische Darstellung dieser Kriterien (Bewertungsbaum), welche es erlaubt, in relativ einfacher Art und Weise aber doch mit ein wenig ökologischem Hintergrundwissen, den Naturschutzwert einer Fläche und damit die der biotischen Ressourcen zu beurteilen. Das BRIX-Forschungsteam empfiehlt aus diesem Grund, den Naturschutzwert mit Hilfe des Bewertungsbaumes – der durch „JA“ bzw. „NEIN“ Pfeile den Evaluator zum Ergebnis führt – zu ermitteln (siehe Anhang).

#### **4.3.6. Bewertung der Nutzung biotischer Ressourcen**

Abgesehen von einem in der ökologischen Ethik diskutierten intrinsischen Wert von Natur und Lebewesen, erfüllen natürliche Ökosysteme für die Menschheit essenzielle Servicefunktionen (z.B. CO<sub>2</sub> Senke, Regulation des Wasserhaushaltes, kleinklimatische Funktionen, Bodenfruchtbarkeit usw.). Die Erhaltung einer vielfältigen Flora und Fauna und intakter Ökosysteme ist daher eine zunehmend wichtige Aufgabe, steht aber teilweise im Konflikt zur kommerziellen Verwertung von biotischen Ressourcen. Zwar werden laut Klöpffer und Grahl (2009) von den vielen Millionen (wilden) Tier- und Pflanzenarten nur einige Tausend vom Menschen als Ressourcen genutzt und nur einige Hundert (v.a. Fische und Tropenpflanzen) durch die unmittelbare Nutzung bedroht, doch ist dabei die Bedrohung der Artenvielfalt durch die Vernichtung von Habitaten aufgrund anthropogener Eingriffe und Ressourcenentnahmen noch unberücksichtigt.

Kommerziell werden biotische Ressourcen hauptsächlich für folgende Zwecke genutzt (Extraktion aus zwei Literaturquellen: Vetter A., s.a. sowie Klöpffer und Grahl, 2009):

- Ernährung: als Nahrungs- bzw. Futtermittel (vgl. Getreide, Obst, Gemüse)
- Bauen: biotische Ressourcen als Baustoffe und Möbel (vgl. Holz, Kork, Hanf,...)
- Energie: zur direkten Energieversorgung in Form von Energiepflanzen (Brenn- und Kraftstoffe aus nachwachsenden, pflanzlichen Rohstoffen)
- Kleidung: in Form von Faserpflanzen für Textilien (vgl. Baumwolle, Hanf,...)
- Medizinische Zwecke: in Form von Heilpflanzen
- Kulturelle Zwecke: z.B. als Trophäe bei der Jagd

Wie im Vorkapitel unter dem Aspekt „Gefährdung“ erwähnt, sind insbesondere jene biotischen Ressourcen gefährdet, die für mehrere dieser Funktionen in Frage kommen und damit einen großen kommerziellen Wert für den Menschen darstellen. Zur Bewertung der Kritizität sollte darüber hinaus aber auch die potenzielle Beeinträchtigung der Servicefunktionen sowie des intrinsischen Wertes (z.B. durch Reduktion der Artenvielfalt) Berücksichtigung finden.

Folgende Fragen sollten bei der Bewertung der Kritizität berücksichtigt werden:

- Verursacht die Entnahme biotischer Materialien eine deutliche Reduktion der Artenvielfalt in dem betroffenen Ökosystem?
- Werden wichtige Servicefunktionen der Natur durch die Entnahme der Ressourcen beeinträchtigt?
- Zu welchem Zweck bzw. zur Erfüllung welches Bedürfnisses werden die biotischen Materialien entnommen und welche potenziell anderen Funktionen können dadurch nicht mehr erfüllt werden?
- Ist die Nutzung zeitlich befristet und können die ursprünglichen Funktionen nach Einstellen der Nutzung wieder erfüllt werden (abgesehen von Anpassungen, die in erdgeschichtlichen Zeiträumen stattfinden)?
- Übersteigt das Ausmaß der Ressourcenentnahme die mittel- bis langfristige natürliche Reproduktionsrate?
- Ist die biotische Ressource zeitlich gesehen schnell nachwachsend (z.B. Energiepflanzen) oder langsam nachwachsend (z.B. Holz)?

#### **4.3.7. Ausblick & Verbesserungspotenzial**

Die drei übergeordneten Bewertungsaspekte eignen sich aus Sicht der BRIX Forscher gut, um zu einer differenzierten Kritizitätsbewertung biotischer Ressourcenentnahme zu kommen. Sie sollen den bewertenden Personen als Orientierungsrahmen dienen und bewusstseinsbildend wirken. Ein allgemein gültiges Bewertungsschema stellen sie allerdings nicht dar. Dafür müssten die in den Vorkapiteln diskutierten Aspekte und Fragen zueinander gewichtet werden und einer quantitativen Auswertungslogik zugeführt werden. Das ist im Projekt nicht erfolgt und könnte ein zukünftiger Entwicklungsschritt sein.

Dazu müsste eine vertiefte Recherche und genauere Auseinandersetzung mit einschlägigen, wissenschaftlichen Artikeln zu den andiskutierten Thematiken erfolgen. Die im Text zitierten und in der Literaturliste angeführten Quellen könnten dafür erste Anknüpfungspunkte darstellen. Mit großer Wahrscheinlichkeit werden weiterhin Studien innerhalb der Biodiversitätsforschung durchgeführt und veröffentlicht werden. In diesem Zusammenhang wären vor allem jene interessant, die sich mit der Messung von Biodiversitätsverlust, mit dem intrinsischen, ökonomischen und sozialen Wert der Biodiversität, mit Verbrauchs- bzw. Verknappungsindizes sowie mit Verbrauchskritizität an sich näher beschäftigen.

Die andiskutierten Aspekte und Fragen (v.a. im Kapitel zur Bewertung der Nutzung biotischer Ressourcen) stellen in erster Linie Anhaltspunkte dar. Sie sollen für die Bewertung sensibilisieren stellen eine gewisse Eingrenzung auf die relevanten Bewertungsaspekte dar, mit dessen Hilfe ein Unternehmen eigenständig die Entnahme von biotischen Ressourcen als kritisch bzw. unkritisch bewerten kann.

Die Einschätzung unter welchen (Teil-)Aspekten eine bestimmte biotische Materialentnahme als kritisch zu betrachten ist und die Gewichtung dieser unterschiedlichen (Teil-)Aspekte zur Kritizitätsbewertung wird (derzeit noch) der subjektiven Einschätzung der Unternehmen überlassen. Eine Einbeziehung ausgewählter

Stakeholder und Experten könnte allerdings zu einer objektiveren und vermutlich auch breiter akzeptierten Einschätzung der Kritizität führen.

Zur Gewichtung, sowohl der Teilaspekte innerhalb der übergeordneten Aspekte, als auch der übergeordneten Aspekte zueinander, könnte im einfachsten Falle das „Mehrheitsprinzip“ zur Anwendung kommen. Dann wäre das Gesamtergebnis „kritisch“, wenn 2 oder 3 der übergeordneten Aspekte als kritisch eingestuft werden. Andernfalls wäre das Gesamtergebnis „unkritisch“.

## **4.4. Wasser**

### **4.4.1. Hintergrund**

Die Ressource Wasser ist von besonderer Bedeutung für das Fortbestehen unseres Planeten. Von einem anthropogenen Blickwinkel aus betrachtet ist Wasser nicht nur essentiell für direkte Nutzungen wie die Versorgung mit Trinkwasser, die Landwirtschaft und die Produktion von Energie und anderen Gütern, es spielt auch eine tragende Rolle in der Erhaltung von Ökosystemen und der sogenannten „Dienstleistungen“, die diese dem Menschen zur Verfügung stellen (klimatische Wirkung, Erholungsgebiet, etc.).

Obwohl Wasser eine erneuerbare Ressource ist, ist die jährliche Verfügbarkeit limitiert. In vielen Ländern übersteigt die jährliche Entnahme von Wasser die tatsächlich zur Verfügung stehenden Wasserreserven, was Flussläufe mit ökologisch nicht verträglichen Wasserpegeln, abnehmende Grundwasserpegel und erhöhte Wasserverschmutzung zur Folge hat (World Water Assessment Programme, 2009). Strategien auf der Ebene von Einzelstaaten oder Flusseinzugsgebieten scheinen nicht ausreichend zur Behebung dieser Probleme, umso mehr als lokale Wasserknappheit oder -verschmutzung oft eng mit der Struktur der globalen Wirtschaft verknüpft sind. Es ist daher von Bedeutung, Wasser-Themen im globalen Zusammenhang zu sehen und wirtschaftliche, ökologische und soziale Themen als miteinander verknüpft zu erkennen und zu analysieren (Hoekstra and Hung, 2002).

Mit zunehmendem internationalem Handel zwischen Ländern und Kontinenten wird Wasser zunehmend für die Produktion von exportierten Gütern verwendet. Eine genaue Analyse der Ströme dieses „virtuellen“ Wassers, die in ein Land oder aus einem Land fließen, kann neue Einblicke in die Knappheits-Situation des jeweiligen Landes liefern (Hoekstra and Hung, 2002). Beispielsweise sollte hinterfragt werden, ob ein Land, das von Wasserknappheit betroffen ist, einen Gutteil seiner Wasserressourcen in Exportgüter investieren sollte, oder – aus der entgegengesetzten Perspektive – ob es vertretbar ist, dass wasserreiche Länder die Knappheitssituation in einem anderen Land durch den Import wasserintensiver Güter verschärfen. Vor diesem Hintergrund sollten moderne Handelsstrategien überdacht und angepasst werden.

### **4.4.2. Berücksichtigung des Wasserverbrauchs in BRIX**

Wasser ist eine der zentralen Inputkategorien in Produktionsprozessen. Die Kategorie Wasser wird daher auch in Form des Indikators „Wasserinput“ im BRIX Indikatorenset

berücksichtigt. Der Wasserinput wird dabei mit dem so-geannten Wasser-Rucksack als Kernindikator integriert. Damit wird in BRIX jenes Wasser gezählt, welches vom Menschen dem Oberflächen- und Grundwasser entnommen und in künstlicher Weise Produktionsprozessen zugeführt wird (etwa in Form von Bewässerungswasser; inklusive aufgefangenem Regenwasser). Diese Wasserzufuhr wird oft als „blaues Wasser“ bezeichnet. Auch die Aufnahme des Indikators Water Footprint in den BRIX wurde diskutiert, jedoch ist die Menge an Transpirationswasser (welches als „grünes Wasser“ bezeichnet wird) Unternehmen meist unbekannt und der tatsächliche Wassereinsatz von größerem Interesse in der unternehmerischen Praxis. Aus diesem Grund wird im BRIX der Wasserverbrauch ohne Transpirationswasser erhoben und berechnet.

#### **4.4.3. Aspekte zur Bewertung der Kritizität von Wasserverbrauch**

Zur Beurteilung der Nachhaltigkeit in der Nutzung von Wasserressourcen ist es wichtig, alle relevanten Aspekte zu berücksichtigen. Dazu gehören die vorhandenen erneuerbaren und auch tatsächlich verfügbaren, das heißt zugänglichen Wasserressourcen. Im Rahmen der Bestimmung der Verfügbarkeit ist es auch relevant, die verschiedenen Wassertypen zu unterscheiden. Ist das Wasser als Oberflächenwasser (Flüsse, Seen, etc.), als Grundwasser oder als Regen-/Bodenwasser verfügbar. Letzteres ist insbesondere von großer Bedeutung in der landwirtschaftlichen Produktion.

Diese Mengen an verfügbarem Wasser können dann den vom Menschen für Produktionszwecke entnommenen Wassermengen gegenübergestellt werden. Um eine möglichst umfassende Analyse zu ermöglichen, ist es daher wichtig, auch bei der Entnahme nach den verschiedenen Quellen (Grundwasser, Oberflächenwasser, etc.) zu unterscheiden. Weiters sollte möglichst genau differenziert werden, welcher Wirtschafts- oder gar Produktionszweig welche Menge und Art von Wasser verbraucht.

Der Vergleich der verfügbaren und der entnommenen Wassermengen ist umso aussagekräftiger, je kleiner das untersuchte Gebiet ist. In vielen Ländern können die geographisch bedingten Unterschiede der verfügbaren Wasserreserven sehr groß sein, weswegen der Fokus immer mehr auf Wassereinzugsgebiete (wie etwa ein Flusseinzugsgebiet) gelegt wird. Auf dieser geografischen Ebene können zusätzliche Indikatoren verwendet werden, um die Nachhaltigkeit der Nutzung der Wasserressourcen zu beurteilen: zum einen die sogenannte Restwassermenge eines Fließgewässers direkt flussabwärts von der jeweiligen Wasserentnahme. Hier existieren genaue Kriterien, welche Restwassermenge dem ökologischen Mindestbedarf entspricht. Andererseits kann auch der Grundwasserstand an verschiedenen Pegeln gemessen werden und so beurteilt werden, ob verantwortungsbewusst gewirtschaftet wird. Während also auf der Entnahme-Seite quantitativ gesteuert werden kann, können diese beiden Indikatoren dazu verwendet werden zu überprüfen, ob die Steuerungsmaßnahmen auch tatsächlich greifen oder ob „nachjustiert“ werden muss.

In der wissenschaftlichen Literatur finden sich verschiedene Möglichkeiten, Wasserverfügbarkeit und -knappheit zu messen. Dazu gehören beispielsweise der „Water Exploitation Index“, der entnommene mit verfügbaren Wassermengen vergleicht (EEA,

2003). Dieser Wert sollte 20% nicht übersteigen, da sonst Wasserknappheit eintritt; ein Wert über 40% entspricht „extremer Wasserknappheit“ (Alcamo et al., 2000; EEA, 2003).

Im Vergleich dazu quantifiziert der „Wasserfußabdruck“ (Hoekstra and Chapagain, 2007) die konsumierte Wassermenge, die für die Produktion eines (landwirtschaftlichen) Gutes bzw. der Gesamtheit der in einem Land produzierten bzw. konsumierten Güter notwendig ist. Große Ähnlichkeit mit dem Wasser-Fußabdruck hat der „Wasserrucksack“, der in BRIX als Indikator aufgenommen wurde (siehe oben). Der Wasserrucksack unterscheidet sich vom Wasserfußabdruck dadurch, dass nicht nur das im Prozess verlorengegangene Wasser sondern die gesamte Wassermenge, die für den Produktionsprozess entnommen wurde teilweise aber wieder (als Abwasser) an das System zurückgegeben wird, miteinbezogen wird. Während die Datenverfügbarkeit für den Wasser-Rucksack generell als besser zu beurteilen ist, spiegelt der Wasserfußabdruck sicherlich den tatsächlichen Umwelteinfluss umfassender wider.

Andere vergleichbare Indikatoren, die sich mit der Verfügbarkeit von Wasser befassen, sind beispielsweise der „Water Reservoir Supply Index“ (Shiau, 2003), der „Falkenmark Water Stress Indicator“ (Falkenmark et al., 1989) oder der „Water Poverty Index“ (Sullivan et al., 2003). Bis auf den Wasserfußabdruck und den Wasserrucksack haben jedoch alle diese Indikatoren gemein, dass sie sich auf das nationalstaatliche bzw. auf das Flusseinzugsgebiets-Level beziehen. Lediglich der Wasserfußabdruck kann für ein Land als ganzes oder nur für ein Produkt berechnet werden. Aber auch hier gibt es eine Einschränkung, da die Datenverfügbarkeit unbefriedigend ist.

#### **4.4.4. Der BRIX Zugang zur Beurteilung der Kritizität von Wasser**

Aus der Zusammenfassung der wissenschaftlichen Arbeiten im Bereich der Beurteilung von Knappheiten und Kritizitäten im Zusammenhang mit Wasserverbrauch wird hier nun abgeleitet, wie eine solche Beurteilung in BRIX einfließen könnte. Den zentralen Stellenwert in der Beurteilung der Kritizität im Falle des Wasserverbrauchs nimmt der Vergleich der entnommenen und verwendeten Wassermenge mit dem lokal/regional verfügbaren Wasser ein. Allgemein verfügbare Daten zum Verhältnis zwischen entnommener Wassermenge und vorhandener Wassermenge sind bislang nur vereinzelt verfügbar. Die EU Wasserrahmenrichtlinie (European Parliament, 2000) schreibt allen Mitgliedsstaaten vor, Restwassermengen und Grundwasserpegel genau zu überwachen. Diese Daten sind verfügbar und können bei der Beurteilung helfen, welche Menge an Wasserentnahme noch ökologisch vertretbar ist. Regionale Daten zur Wasserverfügbarkeit bzw. -entnahme sind weit seltener zu finden und bedürfen genauerer Recherche.

Da allgemeine Informationen zur Wasserknappheit in Regionen Österreichs und Europas bislang nur spärlich verfügbar sind, müssen in der Beurteilung der Kritizität weitere Informationen direkt durch die Unternehmen einfließen, welche die lokalen Gegebenheiten an den Produktionsstandorten widerspiegeln. Sofern die Unternehmen diesbezügliche Informationen besitzen, sollte in der Bewertung der Ergebnisse im Schritt 2 jene entnommene Wassermenge als kritisch angesehen werden, die bewirkt, dass im konkreten Fall eines Flusses oder eines Grundwasserkörpers der ökologisch vertretbare Mindestwert für Restwassermenge bzw. Grundwasserstand unterschritten wird. Diese Werte sind direkt

(Restwassermengen) oder indirekt (Grundwasserpegel werden ohne Richtwerte angeführt) in den nationalen Gewässerbewirtschaftungsplänen angeführt. Für Österreich ist dieser Gewässerplan etwa über das Lebensministerium zu beziehen (siehe <http://wisa.lebensministerium.at/article/archive/13164>).

Erweitert man den Blickwinkel und betrachtet eine gesamte Region oder das Einzugsgebiet eines Flusses, so kann der WEI als Richtwert herangezogen werden, nachdem ein Verhältnis von entnommener zu verfügbarer Wassermenge von 20% als kritisch, von 40% als sehr kritisch zu beurteilen ist. Hierbei gilt es jedoch zu berücksichtigen, welche Menge an Wasser welcher Qualität wieder an das Ökosystem zurückgegeben wird. Idealerweise werden beide Aspekte (Restwassermenge und Abwassermenge/qualität) zusammen betrachtet.

#### **4.4.5. Ausblick**

Es ist zu erwarten, dass sich die Datenverfügbarkeit hinsichtlich des Themas Wasserknappheit in naher bis mittlerer Zukunft erhöhen wird. Dadurch könnten Richtwerte für die Beurteilung der Kritizität von Wasserverbräuchen auf regionaler Ebene zur Verfügung gestellt werden, die es Unternehmen erleichtern werden, ihren Wasserverbrauch hinsichtlich der Kritizität zu beurteilen.

Wünschenswert wäre in Zukunft auch eine noch genauere Erhebung der Wasserverbrauchsdaten im BRIX Tool, insbesondere eine Trennung zwischen Regenwasser, Oberflächenwasser, Grundwasser, und Tiefengrundwasser. Dafür müsste das Abfragesystem im BRIX Tool entsprechend angepasst werden.

### **4.5. Luft**

Neben den lebenserhaltenden Sauerstoff für die Atmung der Flora und Fauna wird der Sauerstoff aus der Luft in Verbrennungs- und Verrottungsprozessen gebunden. Zum Beispiel wird bei der Verbrennung fossiler Energieträger und auch Holz CO<sub>2</sub> aus O<sub>2</sub> und C produziert. Das heißt, es findet sich der verbrennungsbedingte Sauerstoffverbrauch auf der Output-Seite in den Kohlendioxid-Emissionen wieder, weshalb Luft als Ressourceninput auch indirekt in die Treibhausgas-Bilanz einfließt.

Outputseitig betrachtet ist Luft bzw. sind die in Prozessen veränderten Luftmoleküle (vgl. CO<sub>2</sub> aus Verbrennungsprozessen) durchaus als kritisch zu betrachten. Da die Methodik des BRIX aber ausschließlich inputseitige Ressourcenströme berücksichtigt, ist Luft als unbegrenzt verfügbare Ressource pauschal als unkritisch zu bewerten.

Eine Einbeziehung der Output-seitigen kritischen Aspekte des Luftverbrauchs würde die Einbindung weiterer Indikatoren, insbesondere des Indikators „Carbon Footprint“, erfordern. Der Carbon Footprint und weitere Indikatoren, welche klimawirksame Treibhausgase mit einbeziehen, sind aus den in BRIX verfügbaren Daten prinzipiell möglich (siehe AP 2 Endbericht für Details).

## 4.6. Fläche

### 4.6.1. Hintergrund

Fläche ist eine begrenzte Ressource. Sie ist nicht vermehrbar und nur schwer regenerierbar. Gleichzeitig ziehen intensive Flächennutzungen negative Folgewirkungen nach sich, wie zum Beispiel Zersiedelung, Verlust von Lebensräumen für Flora und Fauna, Zerschneidung der Landschaft, Reduktion der Wasserversickerung, Auswirkungen auf das Kleinklima, etc.

Das Umweltbundesamt nennt den Flächenverbrauch daher einen wichtigen Indikator für die Beeinträchtigung von Natur und Umwelt und definiert diesen Begriff im 6. Umweltkontrollbericht (Umweltbundesamt 2001) wie folgt: „Flächenverbrauch bezeichnet die irreversible Inanspruchnahme land- und forstwirtschaftlicher Flächen für Siedlungs-, Verkehrs- und Wirtschaftszwecke sowie für die Entsorgung und Energiegewinnung“.

Laut Umweltbundesamt (2010) lag in Österreich der Flächenverbrauch für Bau- und Verkehrszwecke im Zeitraum 2007 bis 2010 bei 11 Hektar pro Tag. Zusammen mit Bergbau- und Freizeitflächen lag der tägliche Flächenverbrauch in diesem Zeitraum bei 20 Hektar pro Tag. Davon wurden rund 5 Hektar versiegelt, d. h. durch wasserundurchlässige Schichten (z. B. Asphalt) bedeckt.

Im Leitziel 13 der Österreichischen Nachhaltigkeitsstrategie aus dem Jahr 2002 war eine Reduktion des Zuwachses der täglichen Inanspruchnahme durch Bau- und Verkehrsflächen auf maximal 2,5 Hektar pro Tag festgelegt, davon sollte höchstens 1 Hektar versiegelt werden. Die offensichtliche Verfehlung dieses Flächenziels (siehe auch Abbildung 4) belegt den aktuellen, nicht nachhaltigen Trend in der Flächenentwicklung Österreichs (Umweltbundesamt, 2010).

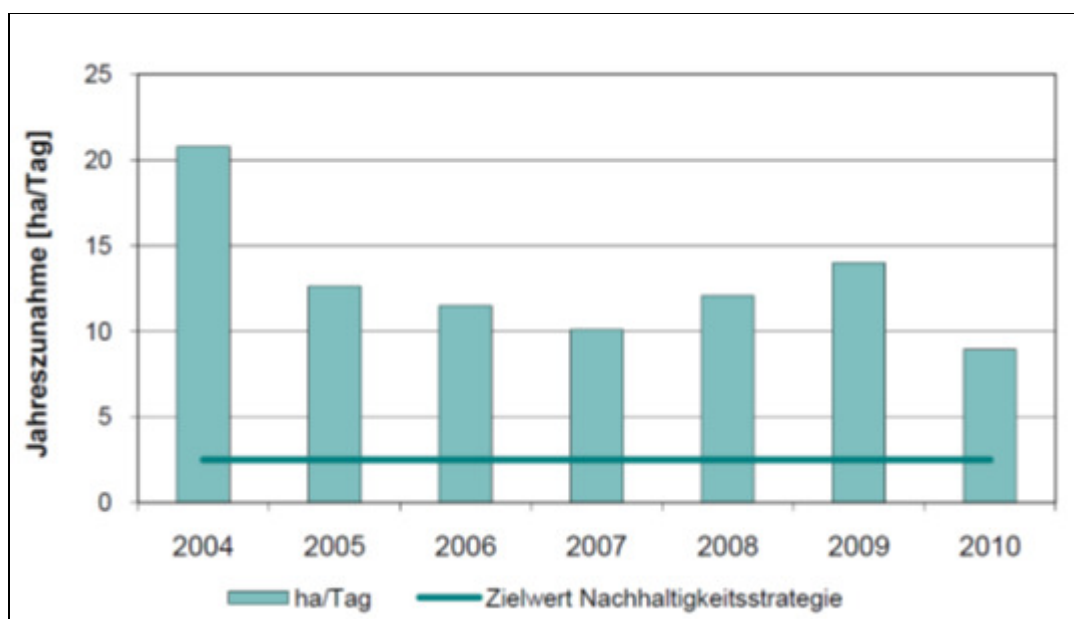


Abbildung 4: Entwicklung der täglichen Flächeninanspruchnahme für Bau- und Verkehrsflächen, 2004 bis 2010. Quelle: Umweltbundesamt

Die Eindämmung des Flächenverbrauches wird auch im Raumplanungsprotokoll zur Alpenkonvention, dem Österreichischen Raumentwicklungskonzept (ÖROK 2002) sowie der

Bodenschutzstrategie der Europäischen Union (EK 2006) gefordert, ebenso wie im Entwurf einer Bodenrahmenrichtlinie (BRRL) der Europäischen Union.

Dabei sollten Maßnahmen zum Schutz der Fläche sollten sowohl qualitativer (Erhaltung der Qualität der Böden) als auch quantitativer Art (flächenmäßige Sicherung) sein.

#### **4.6.2. Berücksichtigung der Fläche in BRIX**

Neben den Kategorien „Abiotisches Material“, „Biotisches Material“, „Wasser“ und „Luft“ beinhaltet das BRIX Indikatoren-Set die Kategorie „Fläche“ (siehe auch Bericht zum Arbeitspaket 2 dieses Projekts).

Das BRIX ForscherInnen Team empfiehlt im AP3 die Verwendung der Ökobilanz-Wirkungskategorie Flächenbeanspruchung/Flächeninanspruchnahme, da diese unter den analysierten Flächen-Kategorien der quantitativen Flächenbelegung entspricht, und sich nicht auf qualitative Landnutzungsformen bezieht. In der Bewertung der Kritizität sind jedoch genau diese qualitativen Aspekte der Flächennutzung relevant.

Nach Meinung des BRIX Teams kann sich Fläche strenggenommen nicht „verbrauchen“, sondern die Fläche könnte jedes Jahr einer anderen Nutzung, zum Beispiel zum Anbau landwirtschaftlicher Produkte, verwendet werden. Für die Berechnungen des BRIX Indikators Fläche wird daher nicht nur der irreversible Flächenverbrauch (vgl. Definition des Umweltbundesamtes), sondern auch eine temporäre Belegung einer Fläche (z.B. für Land- oder Forstwirtschaft) als Flächeninput berücksichtigt.

Im Gegensatz zu den anderen BRIX Kategorien sind demnach sowohl die Flächengröße als auch die Zeitdauer der Flächenbelegung zur Produktion eines bestimmten Produktes entscheidend. Folglich wird der BRIX-Inputfaktor Flächenbelegung in  $m^2a$  angegeben. (siehe AP 2 und AP 3 Berichte für Details).

Im Bereich der Datenaufnahme im BRIX-Tool wird derzeit zwischen folgenden Subkategorien des Flächenverbrauchs unterschieden:

- Weideflächen: Anbaufläche
- Betriebsflächen: Bebaute Fläche durch Hausbau oder Bebaute Fläche durch Betrieb
- Lagerflächen: Bebaute Fläche durch Lagerfläche
- Landwirtschaftliche Flächen: Anbaufläche
- Andere Flächen

Der Flächeninput ergibt sich wie bei den übrigen BRIX-Indikatoren aus der Summe des direkten und indirekten Inputs. Dabei entspricht der direkte Flächeninput – am Beispiel des Rhomberg Life Cycle Towers – im Wesentlichen dem Grundriss des Gebäudes. Der indirekte Flächeninput wird wiederum mittels RI-Faktoren berechnet, die quantitativ zum Ausdruck bringen, welche Fläche bereits in vorgelagerten Prozessen zur Bereitstellung von Materialien, Stoffen oder Vorprodukten („Vorleistungen“) für bestimmte Zeit belegt wurden. Im Business-Case Life Cycle Tower sind beispielsweise jene Waldflächen, die

jährlich benötigt werden, um die notwendige Menge Bauholz zu erzeugen, für einen wesentlichen Anteil des indirekten Flächeninputs verantwortlich.

#### **4.6.3. Der BRIX Zugang zur Bewertung der Kritizität von Flächeninput**

Aspekte zur Bewertung der Kritizität unterschiedlicher Flächenverbräuche sind in der Literatur bislang wenig diskutiert worden. Zum Großteil werden naturschutzfachliche Aspekte beschrieben, seltener findet man ökonomische oder gar soziale Betrachtungen zum Thema Flächenverbrauch. Dem BRIX-Forschungsteam ist es nichts desto trotz ein Anliegen, möglichst vielseitige Aspekte in die Bewertung der Kritizität von Flächenverbräuchen einzubeziehen, da eine rein naturschutzfachliche Bewertung den Anforderungen einer möglichst ganzheitlichen Kritizitätsbewertung nicht gerecht werden kann.

Wie bereits im Kapitel biotische Materialien erwähnt, ergeben sich bei der Bewertung der Kritizität des Flächeneinsatzes Überschneidungen und damit Differenzierungsschwierigkeiten zwischen der Fläche einerseits und dem darauf vorhandenen biotischen Material andererseits. Der vorgeschlagene Zugang zur Beurteilung der Kritizität ähnelt daher jenem zur Bewertung des biotischen Materialverbrauchs. Auch bei der Fläche wurden **drei übergeordnete Bewertungsaspekte** identifiziert. Es sind dies:

- **Bewertung der Flächenknappheit:** Betrachtet wird die allgemeine Flächenverknappung innerhalb eines Landes.
- **Ökologische Flächenbewertung:** Betrachtet wird die naturschutzfachliche Bedeutung jener Fläche, die für Produktion/Nutzung/Entsorgung eines Produktes in Anspruch genommen wird (vor der Inanspruchnahme).
- **Bewertung der Flächennutzung:** Betrachtet wird die Art und Dauer der Flächeninanspruchnahme

Im Detail könnte folgendermaßen vorgegangen werden:

#### **4.6.4. Bewertung der Flächenknappheit**

Neben Flora und Fauna ist auch der Mensch existenziell abhängig von der begrenzten Ressource Fläche. Wir benötigen sie zur Befriedigung unterschiedlicher Bedürfnisse: Wohnen (Siedlungsraum), Mobilität (Verkehrsflächen), Erholung (Grünräume), Ernährung (Landwirtschaftliche Flächen). Die anthropogene Flächeninanspruchnahme ist abhängig von vielen verschiedenen Faktoren. Raumordnung, Wohlstand und Ernährungsgewohnheiten der Bevölkerung, landwirtschaftliche Produktionstechniken, Demografie usw. bestimmen, wie viel Fläche der Natur für anthropogene Nutzung „abgerungen“ werden. Für Europa gilt, dass es natürliche, vom Menschen gänzlich unbeeinflusste Flächen (Ökosysteme) in den tiefen Lagen so gut wie nicht mehr gibt. Doch nicht nur zwischen Naturschutz und anthropogener Nutzung besteht eine „Flächenkonkurrenz“, auch zwischen den verschiedenen menschlichen Flächennutzungen (vgl. Kapitel 4.6.6). Generell ist daher ein sparsamer, nachhaltiger Umgang mit Flächen notwendig.

Das Verhältnis von Flächenverbrauch zur Größe des Dauersiedlungsraums in einem Land ist nach Ansicht der BRIX-Forscher ein geeigneter Parameter für die Bewertung der Kritizität des BRIX-Flächeninputs. In Österreich sind lediglich 37,4 Prozent der Landesfläche als Dauersiedlungsraum geeignet wobei bereits 16,6 Prozent davon für verschiedene Nutzungen in Anspruch genommen sind.

Bundesland	Landesfläche	Dauersiedlungsraum (DSR) <sup>1</sup>	Anteil DSR an Landesfläche	Versiegelte Baufläche <sup>2</sup>	Begrünte Baufläche <sup>3</sup>	Baufläche gesamt <sup>4</sup>	Verkehrsfläche	Bau- und Verkehrsfläche <sup>5</sup>	Versiegelungsgrad <sup>6</sup>	Erholungsflächen	Abbauflächen	Sonstige Flächen <sup>7</sup>	Flächeninanspruchnahme <sup>8</sup>	Anteil Flächenverbrauch am DSR
Burgenland	3.972	2.455	61,8%	49,8	113,7	163,6	151,2	314,8	30,5%	16,5	7,9	34,0	373,2	15,2%
Kärnten	9.537	2.318	24,3%	53,6	149,8	203,3	193,3	396,6	26,3%	12,7	7,4	27,9	444,7	19,2%
Niederösterreich	19.178	11.255	58,7%	218,1	460,5	678,6	625,1	1.303,7	32,1%	49,9	43,3	151,2	1.548,1	13,8%
Oberösterreich	11.985	6.563	54,8%	140,5	306,4	446,8	350,3	797,1	31,4%	28,7	17,6	79,4	922,7	14,1%
Salzburg	7.154	1.431	20,0%	44,7	82,2	126,9	101,6	228,6	35,2%	17,1	6,4	32,3	284,4	19,9%
Steiermark	16.394	4.944	30,2%	133,9	294,3	428,2	363,8	792,0	31,3%	26,3	25,4	64,3	908,1	18,4%
Tirol	12.648	1.497	11,8%	56,2	113,3	169,5	129,9	299,4	33,2%	16,3	6,6	24,2	346,5	23,2%
Vorarlberg	2.602	592	22,8%	22,7	56,7	79,4	42,6	122,0	28,6%	4,5	1,4	16,1	143,9	24,3%
Wien	415	317	76,5%	60,1	77,7	137,8	56,3	194,1	43,6%	28,8	0,5	21,1	244,4	77,0%
Österreich	83.884	31.373	37,4%	779,6	1.654,6	2.434,2	2.014,1	4.448,3	32,0%	200,7	116,4	450,6	5.216,0	16,6%

Flächenangaben in km<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Dauersiedlungsraum (DSR): Benützungarten Baufläche, landwirtschaftlich genutzt, Gärten, Weingärten; Nutzungen Straßenanlagen, Bahnanlagen, Abbauflächen, Sonstige nicht näher unterschieden

<sup>2</sup> Versiegelte Baufläche: Nutzungen Baufläche Gebäude (100 %), befestigt (100 %), nicht näher unterschieden (30 %)

<sup>3</sup> Begrünte Baufläche: Nutzungen Baufläche begrünt, nicht näher unterschieden (70%)

<sup>4</sup> Baufläche gesamt: Versiegelte Baufläche + Begrünte Baufläche

<sup>5</sup> Bau- und Verkehrsfläche: Baufläche gesamt, Nutzungen Straßenanlagen & Bahnanlagen

<sup>6</sup> Versiegelungsgrad: Versiegelte Baufläche / Baufläche gesamt

<sup>7</sup> sonstige Flächen: u. a. Friedhöfe, Ver- Entsorgungsanlagen, Flugplätze etc.

<sup>8</sup> Flächeninanspruchnahme: Baufläche gesamt + Verkehrsfläche + Erholungsflächen + Abbauflächen + Sonstige Flächen

**Tabelle 1: Flächeninanspruchnahme in Österreich 2010, Quelle Umweltbundesamt**

Bedenkt man zudem die oben angeführte tägliche Zunahme der Flächeninanspruchnahme von rund 20 Hektar, ergibt sich daraus für Österreich eine absehbare Verknappung der Ressource Fläche.

Zur Bewertung der Kritizität einer bestimmten Flächenbelegung unter dem Aspekt der Knappheit sollte daher berücksichtigt werden, in welchem Land die direkte Flächenbelegung für die Herstellung, Nutzung und Entsorgung eines Produktes anfällt. Weisen die länderspezifischen Kennzahlen zur Flächeninanspruchnahme auf eine bereits aktuelle oder absehbare Flächenknappheit hin, ist der Flächeninput kritisch zu betrachten – ist dies nicht der Fall, dann ist er unkritisch.

Ergänzend zum Verhältnis Dauersiedlungsraum/Flächenverbrauch und dessen zeitlicher Entwicklung sollten auch demografische Entwicklungen, Änderungen der Mobilitäts-, Wohn- und Freizeitgewohnheiten usw. der Kritizitätsbewertung zu Grunde gelegt werden.

#### 4.6.5. Ökologische Flächenbewertung

Ebenso wie beim biotischen Materialverbrauch können auch für die ökologische Flächenbewertung die vier Indikatoren: Natürlichkeit, Gefährdung, Seltenheit und Diversität herangezogen werden. Dies empfehlen sowohl Holzinger (2002) als auch Schmitt (1999) in ihren jeweiligen Arbeiten zur naturschutzorientierten Flächenbewertung. Die Ausprägungen dieser vier Kriterien erlauben einen Rückschluss auf die ökologische Qualität – oder anders: auf den naturschutzfachlichen Wert – einer Fläche.

Basierend auf den Erkenntnissen von Schmitt (1999), werden an dieser Stelle die Kriterien noch einmal kurz erläutert.

Das Kriterium **„Natürlichkeit“** impliziert, dass natürliche oder naturnahe Systeme per se als sehr wertvoll einzustufen sind und daher deren Verbrauch kritischer zu beurteilen ist als beispielsweise jener einer künstlich angelegten Fläche.

Das Kriterium **„Gefährdung“** impliziert die Notwendigkeit der Erhaltung der ökosystemaren Vielfalt und folglich wächst die Dringlichkeit des Schutzes von Flächen mit dem Grad ihrer rückläufigen Entwicklung. Entscheidungshilfen könnten in diesem Zusammenhang die „Roten Listen“ sein, welche die Gefährdung und Häufigkeit von Arten, Gesellschaften und Biotoptypen dokumentieren. (Die „Roten Listen“ sind in Österreich gegen Entgelt erhältlich.)

Das Kriterium **„Diversität“** beschreibt die strukturelle und interne standörtliche Vielfalt und impliziert die Erkenntnis, dass mit steigender Diversität die potentielle Mannigfaltigkeit unterschiedlicher Lebensbedingungen sowie die Zahl ökologischer Nischen steigen und folglich auch der naturschutzfachliche Wert einer Fläche zunimmt.

Das Kriterium **„Seltenheit“** ähnelt zwar dem Kriterium „Gefährdung“, betont aber die Tatsache, dass naturgegebene Seltenheit nicht immer zwingend gleichzusetzen ist mit einer direkten (anthropogenen) Bestandsgefährdung. Seltenheit einer Fläche spricht insbesondere die speziellen Standortverhältnissen an. Jedoch bleibt unumstritten, dass das Gefährdungspotenzial von natürlicherweise seltenen Lebensräumen per se höher ist als das von häufigen Ökosystemen. Dennoch soll die Betrachtung des Kriteriums „Seltenheit“ vor einer Reduzierung der ohnehin seltenen Bestände durch den Menschen schützen, was in weiterer Folge zu „Gefährdung“ führen würde.

Analog zur ökologischen Bewertung des biotischen Materialverbrauchs empfiehlt das wissenschaftliche Projektteam den Bewertungsbaum von Schmitt (siehe Anhang).

#### 4.6.6. Bewertung der Flächennutzung

Die Art und Weise der Nutzung und die damit verbundenen Beeinflussung der ursprünglichen Funktionen einer Fläche ist der dritte Parameter zur Bewertung der Kritizität des BRIX Indikatoren Fläche.

Nach Strupler (2006) erfüllt der Boden mehrere Funktionen, welche miteinander in Synergie oder in zueinander in Konflikt stehen können:

- Regelungsfunktion: Wasserhaushalt, Abbau von Stoffen, Naturkreisläufe, Reinigung

- Lebensraumfunktion: Flora und Fauna, Mikroorganismen, Mensch
- Produktionsfunktion: Land- und Forstwirtschaft, Bergbau, Rohstoffe, Bauten
- Kulturelle Funktion: Geschichtliches „Gedächtnis“

Grundsätzlich ist der Verbrauch einer Fläche, welche viele Funktionen erfüllt oder diese potenziell erfüllen könnte, kritischer zu sehen als der Verbrauch einer Fläche, die weder ökologisch noch für die menschliche Nutzung wertvoll ist (z.B. Wüstenfläche).

Ebenso ist etwa eine dauerhafte monofunktionelle Versiegelung einer Fläche (z.B. Autobahn) tendenziell kritischer als eine zeitlich begrenzte Belegung einer Fläche.

Ein dritter Aspekt bei der Bewertung der Flächennutzung ist die Multifunktionalität der Fläche während der Inanspruchnahme. Wenn eine Fläche neben der Produktionsfunktion (zur Erzeugung des untersuchten Produktes) gleichzeitig noch mehrere „Nebennutzungen“ erlaubt, ist dies wiederum weniger kritisch, als wenn das nicht der Fall ist. Unter diesem Aspekt ist zum Beispiel die naturnahe Waldbewirtschaftung zur Holzgewinnung für den LifeCycle Tower sicher eher unkritisch, zumal sowohl der ökologische Nutzen als auch zahlreiche anthropogene Funktionen der Fläche weitestgehend erhalten bleiben.

Die relevanten Fragen, die im Zuge der Bewertung der Flächennutzung beantwortet werden sollten lauten:

- Handelt es sich bei der verbrauchten/belegten Fläche um eine naturschutzfachlich und/oder anthropogen als wertvoll einzustufende Fläche?
- Ist die Nutzung zeitlich befristet?
- Werden im Zuge der produktbezogenen Nutzung der Fläche die übrigen Bodenfunktionen (Regelungsfunktion, Lebensraumfunktion, Produktionsfunktion, Kulturelle Funktion) beeinträchtigt?
- Wird durch die Nutzung der Fläche zur Herstellung eines Produktes eine bestimmte Bodenfunktion (z.B. Regelung des Wasserhaushaltes) besonders gestört oder behindert, die jedoch lokal oder regional aufgrund ihrer substanziellen Bedeutung als besonders schützenswert gilt?
- Kann die Fläche nach gewisser Nutzungszeit wieder in einen ursprünglichen Zustand zurückgeführt werden?

#### **4.6.7. Ausblick & Verbesserungspotenzial**

Die drei übergeordneten Bewertungsaspekte eignen sich aus Sicht der BRIX Forscher gut, um zu einer differenzierten Kritizitätsbewertung des Verbrauchs bzw. der Nutzung einer bestimmten Fläche zu kommen. Einschränkend muss wie bei der Kategorie „Biotisches Material“ festgestellt werden, dass die aufgezählten Aspekte kein allgemein gültiges und quantifizierbares Bewertungsschema darstellen.

Derzeit ist die Bewertung wie bereits an anderen Stellen beschrieben, subjektiv von den Unternehmen durchzuführen. Das ist einerseits von Vorteil, zumal dadurch regional- und unternehmenstypische Spezifika berücksichtigt werden können. Der Nachteil ist, dass für die individuelle Bewertung Wissen und Informationen benötigt werden und dass die bewertende Person selbst entscheiden muss, welche Bedeutung sie gewissen Aspekten beimisst, um zu einer Gesamtbewertung der Flächenkritizität zu kommen. Eine Einbeziehung von ausgewählten Stakeholdern und ExpertInnen könnte allerdings wie im Kapitel 4.3.7 beschrieben die Qualität und Akzeptanz des Bewertungsprozesses erhöhen.

Die Datenverfügbarkeit ist insbesondere im Bereich des länderspezifischen Flächenverbrauchs derzeit noch als problematisch zu sehen. Das Umweltbundesamt liefert zwar solide Daten für Österreich, betont jedoch auch, dass aufgrund der mangelnden methodischen Transparenz im Ausland, die direkte internationale Vergleichbarkeit nur bedingt gegeben ist.

Eine gute Quelle für den europäischen Vergleich könnten Daten der Europäischen Umweltagentur (EEA) sein, welche die Flächenbelegung bzw. Flächennutzung in Europäischen Ländern basierend auf Satellitenbildern erheben und analysieren. Dadurch können Trends der Umwandlung verschiedener Flächenbelegungskategorien (etwa die Umwandlung von agrarischen Flächen in Siedlungsflächen) in kleinräumiger Struktur quantifiziert werden (EEA, 2006).

Die Umweltagentur arbeitet auch an der Konzeption von aggregierten Indikatoren, welche den Druck auf Ökosysteme durch verschiedene Arten der Flächennutzung darstellen (EEA, 2010).

Die besten international vergleichbaren Daten mit Relevanz für die Kategorie „Fläche“ werden mit dem Indikator „Ökologischer Fußabdruck“ (siehe den AP 2 Bericht für eine Zusammenfassung des Berechnungskonzeptes) vorgelegt. Das „Global Footprint Network“ publiziert in Zusammenarbeit mit dem WWG zweijährlich den so-geannten Living Planet Report, in dem der Ökologische Fußabdruck für etwa 150 Länder analysiert wird (WWF et al., 2010). Wichtig ist anzumerken, dass der Ökologische Fußabdruck zwar in einer Flächeneinheit („globaler Hektar“) dargestellt wird, jedoch werden darin tatsächlich belegte Flächen (landwirtschaftliche Fläche, Siedlungsfläche, etc.) mit virtuell belegten Flächen (jener Waldfläche, die notwendig wäre, um das durch die Verbrennung fossiler Energieträger ausgetretene CO<sub>2</sub> wieder in Form von Biomasse zu binden) aufsummiert. Dies erschwert die Analyse von tatsächlich auftretenden Flächenveränderungen und deren Wirkungen (Giljum et al., 2007).

## 5. Gewichtung des Ressourcenverbrauchs

Der in **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** dargestellte Schritt 3 (Gewichtung) stellt ein optionales Ergänzungstool zu BRIX I (Berechnung) und BRIX II (Bewertung) dar. In diesem letzten Schritt werden die Ergebnisse von BRIX I und BRIX II unter Berücksichtigung ressourcenbezogener Managementleistungen in ein Schulnotensystem umgewandelt und in Form eines Spinnendiagramms dargestellt.

Die Ziele von Schritt 3 sind konkret:

### **a) eine Dynamisierung der Betrachtung des Ressourcenverbrauchs**

In BRIX I wird der aktuelle Stand des Ressourcenverbrauchs, bildlich gesprochen die Anzahl der Wagons des produktbezogenen Ressourcenzuges, ermittelt und dargestellt. Wie bei einer Momentaufnahme eines Zuges kann damit aber noch nicht festgestellt werden, ob der Zug steht oder sich bewegt, ob er vorwärts oder rückwärts fährt bzw. wie hoch seine Geschwindigkeit ggf. ist. Dies kann erst durch eine dynamische Betrachtung sichtbar gemacht werden. Hierbei geht es darum, den Abfahrts- und den Zielbahnhof zu bestimmen und dazwischen jene Geschwindigkeit zu ermitteln bzw. festzulegen, mit der dieser Zug unterwegs sein soll. Wieder zurück übertragen auf die Ressourceneffizienz bedeutet dies, den aktuellen Stand des Ressourcenverbrauchs einzuordnen zwischen einem in der Vergangenheit liegenden Ausgangsverbrauch und einen in der Zukunft fixierten Zielverbrauch. Dieser zeitliche Bezugsrahmen zur Einordnung des aktuellen Ressourcenverbrauchs darf weder zu eng (er würde sonst durch Einzelaktivitäten zu stark beeinflusst, Zielableitungen wären schwierig) noch zu weit sein (kaum vergleichbare Datenbasis, wenig Handlungsdruck). Vom BRIX-Projektteam wird ein insgesamt sechsjähriger Bezugsrahmen empfohlen, wobei der Ausgangsverbrauch jener von vor drei Jahren ist und der Zielverbrauch jener, der in den kommenden drei Jahren erreicht werden soll.

### **b) die Einbeziehung ressourcenbezogener Managementleistungen in den BRIX**

Wie Innovationen allgemein, brauchen auch die produktbezogenen Innovationen im Ressourcenbereich ein entsprechendes Innovationsumfeld bzw. Innovationsklima im Unternehmen. Dieses zu schaffen ist eine der vorrangigen Aufgaben der Unternehmensführung. In BRIX III werden die durch das Management geschaffenen (strategischen, kommunikativen und operativen) Voraussetzungen zur Erhöhung der Ressourceneffizienz positiv mitberücksichtigt.

### **c) die Unterstützung der betrieblichen Bewusstseinsbildung im Hinblick auf Ressourceneffizienz**

Alle drei Schritte des BRIX haben im Hinblick auf Ressourceneffizienz bewusstseinsbildenden Charakter. Dieser ergibt sich bei BRIX I aus der Größe und aus der Zusammensetzung des Ressourcenverbrauchs für ein bestimmtes Produkt, bei BRIX II aus der (innerbetrieblichen) Diskussion über die Kritizität der verbrauchten Ressourcen und beim hier beschriebenen BRIX III einerseits aus der Notwendigkeit, ein (Dreijahres-)Ziel für Ressourceneffizienz festzulegen und andererseits aus der Mitberücksichtigung von

zusätzlichen, etwa Managementaspekten, die gleichzeitig auch neue Handlungsmöglichkeiten zur Erhöhung der betrieblichen bzw. produktbezogenen Ressourceneffizienz aufzeigen.

#### **d) eine Visualisierung des Handlungsbedarfs**

Eine betriebliche Ressourcenpolitik erfordert auch das Festlegen von Schwerpunkten und Prioritäten. Neben den geschilderten Beiträgen zum innerbetrieblichen Bewusstseinsbildungsprozess betreffend Erhöhung der Ressourceneffizienz soll die visualisierte Darstellung der Gewichtung in Form eines Spinnendiagramms in BRIX III das Erkennen von Schwerpunkten und Prioritäten auf agglomerierter Ebene unterstützen.

Um die genannten Ziele zu erreichen, werden in BRIX III die Berechnung und Bewertung des Ressourcenverbrauchs (Ergebnisse von BRIX I und II) unter zusätzlicher Berücksichtigung ressourcenbezogener Managementleistungen in ein Management-Tool umgewandelt. Der Anspruch dabei war, dass es einerseits die hohe Komplexität des produktbezogenen Ressourcenverbrauchs möglichst klar und einfach abbildet (im Extremfall bis auf eine Zahl, etwa dem Durchschnitt der Noten bei den 5 Ressourcenkategorien im Spinnendiagramm), andererseits aber auch in der Lage ist, die hinter dieser einfachen Abbildung existierende Komplexität zu rekonstruieren.

Das Verfahren zur Ermittlung und Darstellung des BRIX III verläuft dreistufig:

- I. Einstufung des aktuellen Ressourcenverbrauchs in das Schulnotensystem**
- II. Ausweisung von Bonus- und Maluspunkten**
- III. Darstellung des Gesamtergebnisses in einem Spinnendiagramm**

##### **5.1.1. Einstufung des aktuellen Ressourcenverbrauchs in das Schulnotensystem**

Für die Einstufung des Ressourcenverbrauchs zwischen 1 (sehr gut) und 5 (nicht genügend) ist der bereits oben erwähnte zeitliche Bezugsrahmen erforderlich. Bei dem Bezugsrahmen sind der Ausgangsverbrauch vor 3 Jahren (Note 5) und der Zielverbrauch zu Ende der kommenden drei Jahre (Note 1) zu bestimmen. Innerhalb dieses insgesamt 6-jährigen Bezugsrahmens wäre zunächst der gegenwärtige Stand des Ressourcenverbrauchs zu bestimmen.

**Bestimmung des Ausgangspunktes (5):** Ressourcenverbrauch vor 3 Jahren (produktbezogen, wenn nicht möglich – unternehmensbezogen, wenn auch dies nicht möglich – branchenbezogen). Wenn eine 3-jahres-Rückschau nicht möglich ist, könnte auch der Ressourcenverbrauch des/eines Vorgängerprodukts herangezogen werden.

**Bestimmung des Zielpunktes (1):** Aus dem Grundverständnis von Ressourceneffizienz ergibt sich, dass der anvisierte Zielverbrauch grundsätzlich niedriger ist als der Ausgangsverbrauch. Strategisches Ziel des BRIX ist ein dauerhafter Prozess der produktbezogenen Ressourceneinsparung (erreichte Standards dürfen nicht zum Nichtstun

verleiten). Das Minimalziel ergibt sich somit durch eine bloße Trendfortschreibung der Ressourceneffizienzsteigerung der vergangenen 3 Jahre. Das Ziel könnte sich darüber hinaus orientieren am besten verfügbaren Produkt am Markt bzw. könnte auch ein höher gestecktes, selbst bestimmtes Ressourceneinsparungsziel für die nächsten drei Jahre sein.

Nach dieser Festlegung von Ausgangs- und Zielpunkt kann der aktuelle Ressourcenverbrauch in der Skala von 1 – 5 aufgetragen werden (mit der jeweiligen Zuordnung zu den Schulnoten ist gleichzeitig auch eine quantitative Fixierung dieser Schulnote mit dem Verbrauch der jeweiligen Ressourcenkategorie verbunden). Diese erste, noch rein quantitative Zuordnung wird im Regelfall ziemlich in der Skalen-Mitte (also um die Note 3) liegen. Es sei denn, ein Unternehmen hat in den letzten 3 Jahren schon große Effizienzverbesserungen erreicht, die in diesem Ausmaß in den nächsten drei Jahren nicht mehr erwartbar sind (dann liegt die Zuordnung näher bei 1) oder ein Unternehmen will in absehbarer Zeit (aus Kosten-, Konkurrenz-, Stakeholder- oder Umweltdruck) die Effizienz überdurchschnittlich erhöhen (dann liegt die Zuordnung des aktuellen Verbrauchs näher bei 5, weil der aktuelle Ressourcenverbrauch dadurch ja weiter vom Ziel entfernt liegt). Ein Problem könnte sein, dass ein nicht zu ehrgeiziges Ziel (Note 1) die quantitative Zuordnung des aktuellen Ressourcenverbrauchs besser erscheinen lässt als ein sehr engagiertes Ziel. Hier ist durch die Trendfortschreibung der letzten drei Jahre allerdings ein Minimumlevel an Zielhorizont eingezogen, sodass sich auf alle Fälle ein Handlungsbedarf ableiten lässt. Es bleibt aber der Entscheidung jedes Unternehmens überlassen, wie weit das Ressourcenziel über diesem Minimumlevel hinausgehen soll (ein Anreiz dafür sind ja auch die damit erzielbaren ökonomischen Einsparpotentiale).

Im Folgejahr wird als Ausgangspunkt der BRIX-Berechnung wiederum der Verbrauch vor 3 Jahren ab dem Berechnungszeitpunkt herangezogen. Auch der Zielpunkt wird neu definiert. Daraus ergibt sich eine dynamische Weiterentwicklung der Begrenzungspunkte des Spinnendiagramms selbst.

### **5.1.2. Ausweisung von Bonus- und Maluspunkten**

Eine Gewichtung erfolgt dadurch, dass die in Stufe 1 erfolgte quantitative Zuordnung (Einstufung) des Ressourcenverbrauchs in der Notenskala von 1 bis 5 nach bestimmten Kriterien durch Malus- bzw. Bonuspunkte (Schulnoten) verändert werden.

**Maximal 3 Maluspunkte**, die das Ergebnis verschlechtern, ergeben sich aus

1. Gewichtung des Anteils der kritischen Ressourcen und
2. Gewichtung der ökologischen Rucksäcke (im Vorfeld)

Für die Gewichtung des Anteils der kritischen Ressourcen am Ressourcenverbrauch in der jeweiligen Kategorie wird vorgeschlagen: je 10% Anteil 0,1 Maluspunkt, somit bei 100% Anteil kritischer Ressourcen maximal 1 Maluspunkt.

Für die Gewichtung der ökologischen Rucksäcke wird vorgeschlagen: bei Material im ökologischen Rucksack bis 50% des aktuellen Verbrauchs in derselben Kategorie 0,5 Maluspunkte, bis 100% 1 Maluspunkt, bis 200% 1,5 Maluspunkte und bei über 200% maximal 2 Maluspunkte.

**Maximal 3 Bonuspunkte**, die das Ergebnis verbessern, ergeben sich vor allem aus solchen Aspekten, die die Unternehmensführung zur Erhöhung der Ressourceneffizienz motivieren sollen (eine aktive Beeinflussung des BRIX-Ergebnisses ist somit durch die richtigen Schritte des Managements möglich). Es könnten dies sein:

- Ressourceneffizienz in der Unternehmensstrategie verankert 0,25 Punkte
- Ressourceneffizienz als Kriterium im Beschaffungswesen 0,25 Punkte
- Ressourceneffizienz bei interner Kommunikation 0,25 Punkte
- Ressourceneffizienz bei externer Kommunikation 0,25 Punkte
- Erhöhung der Ressourceneffizienz in den letzten 3 Jahren  
(je 0,2 Bonuspunkte für 10%) max. 2,00 Punkte

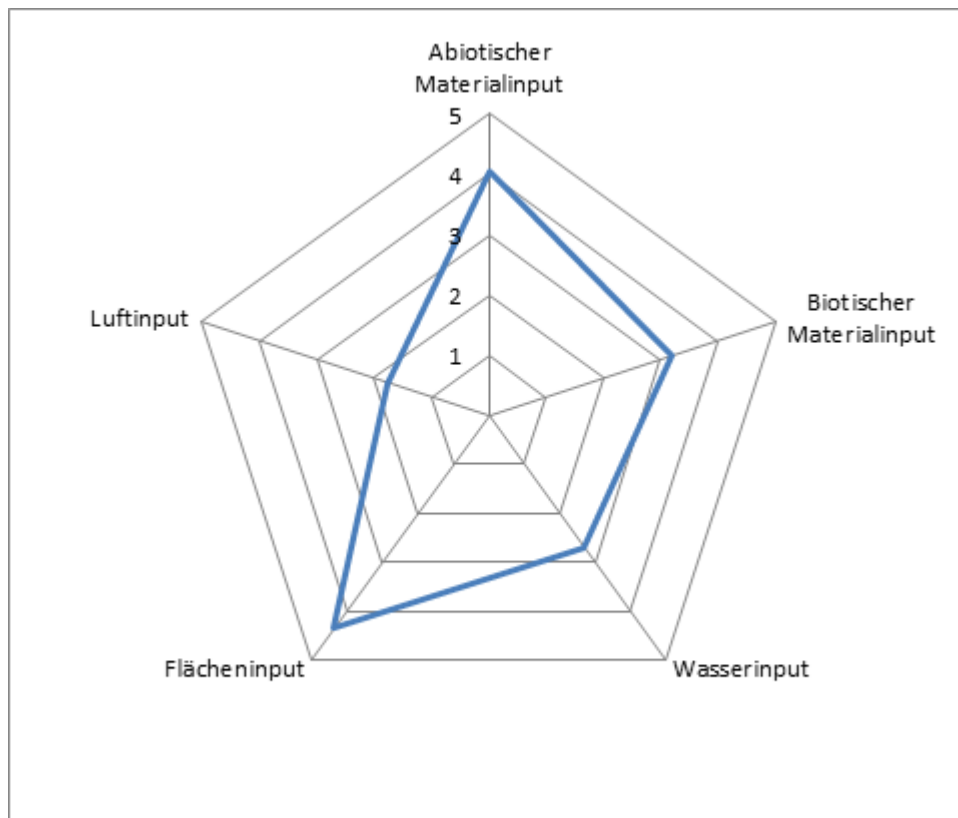
Bei der Gewichtung mit Malus- und Bonuspunkten kann die Schulnotenskala von 1 bis 5 weder nach unten noch nach oben überschritten werden (selbst bei besseren oder schlechteren Gesamtergebnissen).

### 5.1.3. Darstellung des Gesamtergebnisses in einem Spinnendiagramm

An einem fiktiven Beispiel soll die Umwandlung der Gewichtung in ein Spinnendiagramm dargestellt werden. Für dieses Beispiel gelten folgende Annahmen:

	Einordnung des aktuellen Ress.verbrauchs zwischen Ausgangs- (5) und Zielverbrauch (1)	Erreichte Bonuspunkte (Note verbessert sich)	Abziehende Maluspunkte (Note verschlechtert sich)	Gesamtnote je Ress.kategorie
Abiotischer Materialinput	3,8	- 1,35	+ 1,60	4,05
Biotischer Materialinput	2,5	- 1,80	+2,50	3,20
Wasserinput	3,1	- 2,40	+ 2,00	2,70
Flächeninput	3,0	- 0,25	+ 1,60	4,35
Luftinput	4,2	- 2,85	+ 0,40	1,75

**Tabelle 2: Beispiel einer Umwandlung der Gewichtung in ein Schulnotensystem**



**Abbildung 5: Darstellung des gewichteten Ergebnisses in einem Spinnendiagramm**

Aus dem Spinnendiagramm ist leicht erkennbar, dass in diesem fiktiven Beispiel der größte Handlungsbedarf im Hinblick auf Erhöhung der Ressourceneffizienz beim Flächeninput sowie beim Input abiotischer Materialien besteht. Die geringen Bonuspunkte beim Flächeninput weisen auch schon darauf hin, dass bereits durch entsprechende Weichenstellungen im Managementbereich eine Verbesserung erzielt werden könnte. Und die hohen Maluspunkte beim biotischen Materialinput deuten auf große ökologische Rucksäcke in dieser Ressourcenkategorie, deren Herkunft nachzugehen wäre, um entsprechende Verbesserungen durchführen zu können. Schließlich könnte auch der Notendurchschnitt aller 5 Ressourcenkategorien (3,21 im vorliegenden Beispiel) ermittelt werden, womit sich BRIX III bis auf eine einzige Zahl agglomerieren ließe. Wie schon erwähnt ist in allen Fällen der Agglomeration wichtig, die dahinter stehende Komplexität und Differenziertheit der Aspekte rekonstruieren zu können.

#### **5.1.4. Positive und kritische Aspekte des vorgeschlagenen Gewichtungsansatzes**

Als **positive Aspekte** können hervorgehoben werden:

- Ressourceneffizienz wird zeitgebunden dargestellt (damit auch an technischen Fortschritt, Ressourcenverfügbarkeit u.ä. anpassbar)
- Anreize zur Verbesserung der Ressourceneffizienz enthalten
- Spinnendiagramm konzipiert BRIX als Management-Werkzeug
- Gewichtung stärkt Bewusstsein über Prioritäten bei Effizienzverbesserung
- Theoretisch kann eine BRIX-Gesamtzahl (als Notendurchschnitt) ermittelt werden.

**Kritische Aspekte** des Gewichtungsansatzes können sein:

- Aufwand an Erhebung des Ressourceneinsatzes wird relativiert durch Bewertung und insbesondere Gewichtung
- Gegenläufige Beeinflussung von (niedrigem) Ziel und (besserem) Zuordnungsergebnis
- BRIX ist kein Kommunikationsinstrument nach außen (Phase 1 und 2 eher für TechnikerInnen zur konkreten Produktverbesserung, Phase 2 und 3 eher für ManagerInnen im Unternehmen)

## 6. Literaturverzeichnis

Alcamo, J., Henrichs, T., Rosch, T. 2000. World water in 2025 - Global modeling and scenario analysis for the World Commission on Water for the 21st Century. World Water Series Report 2(Centre for Environmental System Research, University of Kassel, Germany).

Amt der oberösterreichischen Landesregierung: Endlichkeit der Rohstoffe. Ressourcenvorräte von A bis Z. Linz, 2010.

BGR – Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe; in: Umweltbundesamt (Hrsg.): Umweltdaten Deutschland; Berlin, 2007.

Bodenrahmenrichtlinie (BRRL; KOM(2006)232): Vorschlag für eine Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates vom 22.9.2006 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für den Bodenschutz und zur Änderung der Richtlinie 2004/35/EG. COD 2006/0086. Europäische Kommission, Brüssel.

[http://ec.europa.eu/environment/soil/pdf/com\\_2006\\_0232\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/environment/soil/pdf/com_2006_0232_en.pdf)

(Zuletzt abgerufen am 23.10.2010)

EEA. 2003. Water exploitation index. Indicator factsheet. European Environment Agency, Copenhagen.

EEA. 2006. Land accounts for Europe 1990-2000. Towards integrated land and ecosystem accounting. EEA Report 11/2006, European Environment Agency, Copenhagen.

EEA. 2010. The European Environment. State and outlook 2010. Land use. European Environment Agency, Copenhagen.

EK – Europäische Kommission (2006): Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen. Thematische Strategie für den Bodenschutz. KOM(2006)231 endg. Brüssel.

[http://ec.europa.eu/environment/soil/pdf/com\\_2006\\_0231\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/environment/soil/pdf/com_2006_0231_en.pdf)

(Zuletzt abgerufen am 23.10.2010)

Erb, K.-H., Krausmann, F., Gaube, V., Gingrich, S., Bondeau, A., Fischer-Kowalski, M., Haberl, H. 2009. Analyzing the global human appropriation of net primary production — processes, trajectories, implications. An introduction. Ecological Economics 69, 250-259.

European Commission: Critical raw materials for the EU. Report of the Ad-hoc Working Group on defining critical raw materials. Brussels, 2010.

European Environmental Agency (EEA): The European Environment. State and outlook 2010. Material resources and waste. Copenhagen, 2010.

European Parliament, C. 2000. Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy

Falkenmark, M., Lundqvist, J., Widstrand, C. 1989. Macro-scale water scarcity requires micro-scale approaches. Natural Resources Forum 13(4), 258-267.

Gabler Verlag (Herausgeber), Gabler Wirtschaftslexikon, Stichwort: Maximum Sustainable Yield, online im Internet:

<http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Definition/maximum-sustainable-yield.html>

(Zuletzt abgerufen am 28.12.2010)

Giljum, S., Hammer, M., Stocker, A., Lackner, M., Best, A., Blobel, D., Ingwersen, W., Naumann, S., Neubauer, A., Simmons, C., Lewis, K., Shmelev, S. 2007. Scientific assessment and evaluation of the indicator "Ecological Footprint". Final project report. German Federal Environment Agency, Dessau.

Hoekstra, A.Y., Chapagain, A.K. 2007. Water footprints of nations: Water use by people as a function of their consumption pattern. *Water and Resource Management* 21, 35-48.

Hoekstra, A.Y., Hung, P.Q. 2002. Virtual water trade. A quantification of virtual water flows between nations in relation to international crop trade. Value of Water Research Report Series 11, UNESCO-IHE, Delft, the Netherlands.

Holzinger W. (2002): Naturschutzorientierte Flächenbewertung durch Indikatoren. Erschienen in: *Entomologica Austriaca* 7/2002 – Umweltentomologie. Online unter:

<http://www.biologiezentrum.at/de/bz/>

(Zuletzt abgerufen am 23.10.2010)

Klöpper W. und Grahl B., 2009: Ökobilanz (LCA) – ein Leitfaden für Beruf und Ausbildung (Insbes. Kapitel 4.5). WILEY-VCH Verlag, Weinheim. ISBN: 978-3-527-32043-1. Online unter: [http://books.google.at/books?id=5kqxzNYoXKgC&pg=PA242&lpg=PA242&dq=verbrauch+biotischer+ressourcen&source=bl&ots=yDLxp4YYsq&sig=QN99qzfGbd\\_Nlz-XsMhamh6KcA&hl=de&ei=KkUTTaLPC5WTjAfD2e30BQ&sa=X&oi=book\\_result&ct=result&resnum=1&ved=OCBkQ6AEwAA#v=onepage&q=verbrauch%20biotischer%20ressourcen&f=false](http://books.google.at/books?id=5kqxzNYoXKgC&pg=PA242&lpg=PA242&dq=verbrauch+biotischer+ressourcen&source=bl&ots=yDLxp4YYsq&sig=QN99qzfGbd_Nlz-XsMhamh6KcA&hl=de&ei=KkUTTaLPC5WTjAfD2e30BQ&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=1&ved=OCBkQ6AEwAA#v=onepage&q=verbrauch%20biotischer%20ressourcen&f=false)

(Zuletzt abgerufen am 28.10.2010)

Lettenmeier, M.; Rohn, H.; Liedtke, C.; Schmidt-Bleek, F.: Resource productivity in 7 steps. *Wuppertal Special* 41; Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie; Wuppertal 2009.

OECD. 2007. Measuring material flows and resource productivity. The OECD guide ENV/EPOC/SE(2006)1/REV3, Environment Directorate. Organisation for Economic Co-operation and Development, Paris.

ÖROK – Österreichische Raumordnungskonferenz (2002): Österreichisches Raumentwicklungskonzept 2001. ÖROK-Schriftenreihe 163. Beschluss der politischen Konferenz vom 2. April 2002. Wien

Petrović B.: Umweltgesamtrechnungen Modul Materialflussrechnung (Zeitreihe 1960-2007) Projektbericht. Statistik Austria, Direktion Raumwirtschaft, Wien, 2009.

Plattform Footprint, 2008: Netto Primär-Produktion. Online unter:

<http://www.footprint.at/index.php?id=3061>

(Zuletzt abgerufen am 28.10.2010)

Schmidt-Bleek, F.; Bringezu, S.; Hinterberger, F.; Liedtke, C.; Spangenberg, J.; Stiller, H.; Welfens, M. J.: MAIA. Einführung in die Material-Intensitäts-Analyse nach dem MIPS-Konzept. Wuppertal Texte; Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie; Birkhäuser Verlag; Berlin/Basel/Boston, 1998.

Schmitt T. (1999): Ökologische Landschaftsanalyse und -bewertung in ausgewählten Raumeinheiten Mallorcas als Grundlage einer umweltverträglichen Tourismusedwicklung. Erdwissenschaftliche Forschung Band XXXVII. Franz Steiner Verlag Stuttgart. (Insbesondere Kapitel 5: Bewertung der Landschaft im Hinblick auf die Sicherung von Naturschutz- und Erholungsfunktion). Online unter:

[http://books.google.at/books?id=S6gmevMGItQC&pg=PA85&lpg=PA85&dq=bewertung+be+triebsfl%C3%A4che&source=bl&ots=yTz0k14js3&sig=dnl3WR1fOTbAdUItNmb5IXdrjsg&hl=de&ei=bOL-TPuHLIPwsgbenrSEBg&sa=X&oi=book\\_result&ct=result&resnum=3&ved=0CCcQ6AEwAg#v=onepage&q&f=false](http://books.google.at/books?id=S6gmevMGItQC&pg=PA85&lpg=PA85&dq=bewertung+be+triebsfl%C3%A4che&source=bl&ots=yTz0k14js3&sig=dnl3WR1fOTbAdUItNmb5IXdrjsg&hl=de&ei=bOL-TPuHLIPwsgbenrSEBg&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=3&ved=0CCcQ6AEwAg#v=onepage&q&f=false)

(Zuletzt abgerufen am 23.10.2010)

Schweizerische Akademie der Technischen Wissenschaften: Seltene Metalle. Rohstoffe für Zukunftstechnologien. SATW Schrift Nr. 41; Zürich, 2010.

Shiau, J. 2003. Water release policy effects on the shortage characteristics for the Shihmen Reservoir system during droughts. Water Resources Management 17(6), 463-480.

Statistik Austria. 2009. Materialflussrechnung 1960 bis 2007. Statistik Austria, Direktion Raumwirtschaft, Wien.

Strupler M. (2006): Nachhaltige Bodennutzung: Raumentwicklung und Raumplanung als Grundlage der Entwicklung des Bewegungsraums. ISPW Universität Bern: Sport-Infrastruktur-Umwelt. Online unter:

[http://www.struplersport.ch/pdf/NachhaltBodennutz\\_Raum-entwickl-planung\\_Homepage.pdf](http://www.struplersport.ch/pdf/NachhaltBodennutz_Raum-entwickl-planung_Homepage.pdf)

(Zuletzt abgerufen am 23.10.2010)

Sullivan, C., Meigh, J., Giacomello, A. 2003. The Water Poverty Index: Development and application at the community scale. Natural Resources Forum 27(3), 189-199.

Umweltbundesamt (Hrsg.): Seltene Metalle. Maßnahmen und Konzepte zur Lösung des Problems konfliktverschärfender Rohstoffausbeutung am Beispiel Coltan. Dessau, 2007.

Umweltbundesamt (2001): Sechster Umweltkontrollbericht – Kapitel 1: Bevölkerung und Flächenverbrauch. Online unter:

[http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/umweltkontrolle/2001/01\\_bevolk.pdf](http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/umweltkontrolle/2001/01_bevolk.pdf)

(Zuletzt abgerufen am 23.10.2010)

Umweltbundesamt (2010): Homepage des Österreichischen Umweltbundesamtes, Umweltthemen: Raumordnung, Flächennutzung & Flächeninanspruchnahme zu finden online unter:

<http://www.umweltbundesamt.at/umweltsituation/raumordnung/>

(Zuletzt abgerufen am 23.10.2010)

Umweltbundesamt (2010): Neunter Umweltkontrollbericht – Kapitel 17: Raumentwicklung.

Online unter:

[http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/umweltkontrolle/2010/ukb2010\\_17\\_raumentwicklung.pdf](http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/umweltkontrolle/2010/ukb2010_17_raumentwicklung.pdf)

(Zuletzt abgerufen am 23.10.2010)

Vetter A., s.a: Energieproduktion und Ressourcenschutz. Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, Jena. Online unter:

<http://www.tll.de/ainfo/pdf/eepro0403.pdf>

(Zuletzt abgerufen am 28.10.2010)

World Water Assessment Programme. 2009. Water in a changing world. United Nations, Paris / Earthscan, London.

WWF, Zoological Society of London, Global Footprint Network. 2010. Living Planet Report 2010. WWF, Gland, Switzerland.

Zentrum für Transformation der Bundeswehr: Streitkräfte, Fähigkeiten und Technologien im 21. Jahrhundert. Umweltdimensionen von Sicherheit. Peak Oil. Sicherheitspolitische Implikationen knapper Ressourcen. Strausberg, 2010.

