

Eine Bewertung der absoluten Grenzen der Betriebswirtschaft

# Ökologische Allowance

In einer Postwachstumsökonomie stellt sich die Frage nach einer langfristig sinnvollen Größe eines Unternehmens. Aus ökologischer Sicht kann diese Größe mit dem Begriff der ökologischen Allowance beschrieben werden. Wie kann die Allowance bestimmt werden und welche Implikationen resultieren daraus für die Unternehmensführung?

Von André Reichel und Barbara Seeberg

Das zentrale ökonomische Paradigma stetigen Wirtschaftswachstums wird zusehends infrage gestellt (Stiglitz / Sen et al. 2009; Jackson 2009; Stiglitz / Sen et al. 2010; Latouche 2004; Latouche 2010). Die Debatte um ein Wirtschaften jenseits des Wachstumszwangs konzentriert sich dabei jedoch fast ausschließlich auf die makroökonomische Ebene. Der Bereich der Betriebswirtschaft findet kaum Beachtung. Diejenigen Forschungsarbeiten, die sich diesem Bereich widmen, bewegen sich zudem auf einer meist konzeptionellen Ebene (Reichel / O'Neill et al. 2010). Die Vorstellung einer Begrenztheit der physischen Ausmaße des Wirtschaftens, deren „Scale“ (Daly 1991; Daly 1996), kann als ein Ausgangspunkt dienen, um zu einem Verständnis der absoluten Umweltpformance von Unternehmen zu gelangen.

## Berechnungswege einer ökologischen Allowance

Um eine solche nachhaltige ökologische Größe der Betriebswirtschaft zu bestimmen, wird der Begriff der ökologischen „Allowance“ eingeführt (Reichel / Seeberg 2010). Dahinter steht die zentrale Idee, dass jedem Unternehmen ein gewisser ökologischer Raum zugestanden wird, in dem sich sein betriebliches Wirtschaften bewegen kann. Dies kann im Rahmen der ökologischen Bewertung von Unternehmen als ein Top-down-Verfahren betrachtet werden, bei dem von einer global definierbaren ökologischen Grenze ausgegangen und diese auf die Industrie- und Unternehmensebene heruntergebrochen wird. Das im Folgenden skizzierte Berechnungsverfahren einer betrieblichen ökologischen Allowance ergänzt damit Bottom-up-Verfahren wie das Carbon Footprinting und das Lifecycle Assessment (Huijbregts / Hellweg et al. 2008; Limnios / Ghadouani et al. 2009; Wackernagel 2009). Mit der ökologischen Allowance wird ein ökologischer Key-Performance-Indikator zur Bewer-

tung der absoluten Umweltbelastung eines Unternehmens entwickelt, während die meisten bisherigen Ansätze zur ökologischen Leistungsbewertung nur relative Vergleiche zulassen.

Um eine Maßzahl für die ökologische Allowance zu entwickeln, ist zunächst eine ökologische Größe zu bestimmen, die als Stellvertreter für den Einfluss eines Unternehmens auf seine natürliche Umwelt gelten kann. Es soll hier bewusst eine Konzentration auf eine einzige Größe erfolgen, um so die Komplexität der Berechnung überschaubar zu halten. Gleichzeitig sichert dies die Akzeptanz bei Entscheidungsträgern. Als Größe wird Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) gewählt. Die Vorteile liegen auf der Hand, CO<sub>2</sub> ist leicht zu messen und es steht im Fokus der Klimawandeldiskussion von Unternehmen (Carbon Footprint). Gleichzeitig ist der überwiegende Teil von Produktions- und Produktnutzungsprozessen mit der Erzeugung von CO<sub>2</sub> untrennbar verbunden. Das alles sind notwendige Voraussetzungen für die Aussagekraft einer Stellvertretervariablen. Entscheidend dabei ist die Möglichkeit der Definition einer globalen Grenze, was bei CO<sub>2</sub> der Fall ist. Danach muss diese Grenze auf die Unternehmensebene heruntergebrochen und mit den tatsächlichen Ist-Belastungen verglichen werden. Bei diesen Daten wird auf das unternehmensinterne Life Cycle Assessment zurückgegriffen. Im Fokus steht dabei das Kernprodukt des Unternehmens, für das die ökologische Allowance letzten Endes berechnet wird.

Unter der politischen Maßgabe, den globalen Temperaturanstieg auf 2°C zu begrenzen, kann die maximal verantwortbare CO<sub>2</sub>-Emissionsmenge mit rund 750 Milliarden Tonnen (Gigatonnen, Gt) von 2010 bis 2050 berechnet werden (Messner / Schellnhuber et al. 2010). Bei dieser Menge besteht eine 67-prozentige Wahrscheinlichkeit, das Zwei-Grad-Ziel zu erreichen. Somit kann ein Temperaturbereich vermieden werden, der noch nie seit den Anfängen des modernen Menschen vor rund 150.000 Jahren auf der Erde beobachtet worden ist (Nordhaus 1975). Nach 2050 müssen die CO<sub>2</sub>-Emissionen auf einem extrem niedrigen Stand stabilisiert werden, um für die Zeit danach die Klimaerwärmung zu begrenzen. Zur einfacheren Berechnung werden die 750 Gt gleichmäßig bis zum Jahr 2050 verteilt. Es ergeben sich also 18,75 Gt an „erlaubbaren“ (allowable) CO<sub>2</sub>-Emissionen im Jahr.

## Globale Allowance für die Stellvertretervariable

Mindestens zwei Berechnungswege scheinen schlüssig. Entweder findet die Berechnung mit Bezug auf die jeweilige Branche global statt oder es wird auf die jeweilige nationale In- →

dustrie Bezug genommen. In beiden Fällen wird die Bruttowertschöpfung aus der volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung als ökonomischer „Allokator“ für die Verrechnung der Allowance auf Unternehmensebene verwendet. Der Grund hierfür ist einfach und komplex zugleich. Die Bruttowertschöpfung kommt aus dem Output-Ansatz zur Berechnung des Bruttoinlandsprodukts (BIP), das heißt, es wird die Entstehung des BIP auf der Produzentenseite berücksichtigt. Haushalte sowie der private und öffentliche Konsum werden nicht berücksichtigt. Das ist zum einen methodisch eine drastische Komplexitätsreduktion; zum anderen hat es aber auch handfeste inhaltliche Gründe. Verbraucher können schwerlich für die ökologischen Auswirkungen von Produkten während der Nutzungsphase verantwortlich gemacht werden. Die Art des Produkts und die ihm zugrunde liegende Technologie determinieren, was damit gemacht werden kann und mit welchen Belastungen für die natürliche Umwelt zu rechnen ist. Gleichzeitig sind sie völlig auf die Angaben des Herstellers angewiesen und dieser hat häufig ein größeres Wissen über die von ihm hergestellten Produkte (Carrington / Neville et al. 2010). Herstellerverantwortung kann jedoch nicht am Werkstor enden. Das ist die normative Annahme, auf die diese Methode der Allowance-Berechnung fußt.

### Allowance auf der Produktebene

Auf der Grundlage von Weltbank-Daten für 2007 ergibt sich eine Weltbruttowertschöpfung von insgesamt 50 Billionen US-Dollar in laufenden Preisen. Auf das verarbeitende Gewerbe entfallen rund 18 Prozent. Die jährliche ökologische Allowance von CO<sub>2</sub>-Emissionen für alle produzierenden Unternehmen liegt dann bei etwa 3.375 Mio. Tonnen. Um diese Zahl weiter herunterzubrechen benötigt es genauere Daten. Für die globale Automobilindustrie stehen leider keine Zahlen zur Bruttowertschöpfung zur Verfügung. Als Endkonsumenten-Industrie können allerdings Verkäufe als robuster Ersatz dafür dienen. Nach den Fortune-Global-500-Daten von 2008 belaufen sich die Automobilumsätze unter der Rubrik „Kraftfahrzeuge und Teile“ auf 2.075.407 Mio. USD. Damit kann eine erste grobe Schätzung vorgenommen und ein Bruttowertschöpfungsbeitrag der Automobilindustrie von 4,15 Prozent berechnet werden. Das macht eine jährliche ökologische Allowance von rund 778 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub> für alle Hersteller zusammen. Für die Berechnung der Allowance je Produkt muss nun diese CO<sub>2</sub>-Menge durch die Zahl der Fahrzeuge dividiert werden. Diese belief sich im Jahr 2007 auf 873 Mio. Pkw weltweit, woraus eine global berechnete Allowance je Fahrzeug von 891 kg CO<sub>2</sub> im Jahr resultiert. Dies beinhaltet alle Emissionen in der Herstellung, Verwendung und Rückführung auf ein Jahr gemittelt.

Wird dasselbe Vorgehen auf der nationalen Ebene angewendet, dann lässt sich die Bruttowertschöpfung deutlich einfacher ermitteln. Mit der volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung für beispielsweise Deutschland liegt ein verlässliches Rahmenwerk vor. Die Daten sind allerdings immer mit einer Zeitverzögerung

von zwei bis drei Jahren behaftet. Im vorliegenden Beispiel wurden die statistischen Positionen C34 (Kraftfahrzeuge, Anhänger und Sattelanhänger) sowie C50 (Verkauf, Wartung und Reparatur von Kraftfahrzeugen ohne Tankstellen) im Jahr 2006 mit 110 Mrd. EUR herangezogen, was in etwa 137,5 Mrd. USD zum durchschnittlichen Wechselkurs desselben Jahres entspricht (Statistisches Bundesamt 2009). Analog zum Rechenweg oben hat die deutsche Automobilindustrie etwa 0,275 Prozent Anteil an der globalen Bruttowertschöpfung. Das entspricht einer Allowance von 51,56 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub> im Jahr. Nach den Zahlen des Kraftfahrtbundesamts sind rund 50 Mio. Pkw in Deutschland zugelassen (KBA 2011). Die Allowance für ein generisches Automobil beträgt in diesem Fall 1.031 kg CO<sub>2</sub> im Jahr. Sowohl globale als auch nationale Zahlen liegen innerhalb einer Fehlergrenze von etwa fünfzehn Prozent und scheinen für eine erste grobe Schätzung robust genug, um für die weiteren Betrachtungen verwendet werden zu können.

### Vergleich der Allowance mit tatsächlichen ökologischen Belastungen

Um nun einen konkreten Fall als Beispiel heranzuziehen, werden Daten aus dem Life Cycle Assessment der Daimler AG verwendet, wie sie sich in ihrer Nachhaltigkeits- und Umweltberichterstattung finden (Daimler AG 2010). Demnach liegt die durchschnittliche Kohlenstoff-Intensität je Fahrzeug in der Herstellung bei 1.833 kg CO<sub>2</sub>. Die durchschnittliche Fahrleistung im Jahr beläuft sich in Deutschland auf rund 12.000 km, die durchschnittliche Pkw-Lebensdauer beträgt zwölf Jahre (KBA 2011). Damit ergibt sich eine Laufleistung von insgesamt 144.000 km über den Fahrzeuglebenszyklus. Der durchschnittliche Kraftstoffverbrauch eines Pkw von Mercedes-Benz beträgt 7,35 Liter auf 100 km, was in etwa 170 g CO<sub>2</sub> je km entspricht. In jedem Jahr seiner Nutzungsphase emittiert ein solches Fahrzeug also 2.040 kg CO<sub>2</sub> und fast 24,5 Tonnen während seiner gesamten Lebensdauer. Die durchschnittlichen End-of-Life-CO<sub>2</sub>-Emissionen für ein Automobil betragen etwa 0,43 Tonnen. Werden nun die Zahlen addiert ergeben sich CO<sub>2</sub> Emissionen von insgesamt 26,7 Tonnen. Bei einer Lebensdauer von zwölf Jahren entspricht dies 2.228 kg im Jahr. Durch den Vergleich des tatsächlichen CO<sub>2</sub>-Fußabdrucks mit der ökologischen Allowance wird deutlich, dass im Fall von Daimler ein „Überschießen“ dieser Grenze von 53 bis 60 Prozent vorliegt. Mit der Allowance-Methode kann klar beurteilt werden, dass die Daimler AG den ihr zustehenden ökologischen Raum „übernutzt“ im Vergleich zu dem was an ökonomischem Mehrwert über die Bruttowertschöpfung erwirtschaftet wird.

### Car2go als prospektiver Fall

Daimler bietet aber auch einen interessanten Ausblick in die zukünftigen Geschäftsfelder von Automobilherstellern, bei denen nicht die Herstellung und der Verkauf von Produkten im Vordergrund steht, sondern deren Nutzung und die Bereitstel-

lung zur Nutzung (Johnson 2010). Die Daimler-Tochter Car2go ist ein solches neues Geschäftsfeld, nämlich ein One-Way-Carsharing-System in Deutschland und anderen Ländern (Niederlande, Kanada, USA) mit Fahrzeugen der Marke Smart (Reichel / Goll et al. 2009). Das Einnahmemodell von Car2go erfordert keinen Mitgliedsbeitrag, sondern es wird nur eine einmalige Anmeldegebühr fällig. Der Zugang erfolgt über einen elektronischen Chip, der auf dem Führerschein angebracht wird. Danach können Benutzer beliebige Fahrzeuge im System wählen und an einer beliebigen Stelle innerhalb eines definierten Gebietes (in der Regel innerhalb einer Stadt) wieder abstellen. Die Abrechnung erfolgt auf Minutenbasis. Gebucht werden können die Fahrzeuge entweder per Telefon, über das Internet oder über sogenannte Smartphone-Apps.

Die Bedeutung dieses neuen Geschäftsmodells für die Automobilindustrie wird durch das kommerzielle Mainstreaming des Carsharings in den letzten Jahren und seine großen finanziellen Ertragspotenziale verstärkt (Shaheen / Cohen et al. 2009). Gleichzeitig beeinflusst Carsharing das Nutzungs- und Nutzerverhalten und den Automobilkonsum insgesamt. Firnkorn und Müller (Firnkorn / Müller 2011) untersuchten in einer empirischen Studie, wie die Einführung eines solchen Systems in Ulm auf die Verhaltensmuster der Nutzer wirkt. Die Bereitschaft, das eigene Fahrzeug innerhalb der nächsten fünf Jahre nicht durch ein neues zu ersetzen und stattdessen Car2go zu nutzen, wurde auf einer Fünf-Punkte-Likert-Skala von 14 Prozent der Befragten mit „sehr hoch“ und weiteren 14 Prozent mit „hoch“ angegeben. Die Befragung schloss dabei Car2go-Nutzer und Nicht-Nutzer ein. Interessant ist zudem, dass 20 Prozent der Befragten (neun Prozent „sehr hoch“ und elf Prozent „hoch“) zum Zeitpunkt der Befragung tatsächlich über ein Auto verfügen, also ein realer Verdrängungseffekt unterstellt werden kann. Die Autoren folgern aus ihrer empirischen Erhebung, dass die Einführung von Car2go nicht zu erhöhten CO<sub>2</sub>-Emissionen im Rahmen eines Rebound-Effekts (Binswanger 2001) führen muss, sondern in der Tat eine deutliche Emissionsminderung zur Folge haben kann.

### Die ökologischen Belastungen von Car2go

Um die ökologische Auswirkung des Car2go-Geschäftsmodells beurteilen zu können, wird von den Nutzerzahlen abstrahiert und stattdessen auf das physische Produkt fokussiert. Die Car2go-Flotte in Ulm hatte Anfang 2011 rund 200 Fahrzeuge im Einsatz. Angesichts des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes eines Smart von 120g je km und bei sonst gleichen Werten wie im obigen Beispiel ergeben sich als durchschnittliche jährliche ökologische Belastung Emissionen von 1.628 kg. Es besteht eine gewisse Unsicherheit bei diesen Zahlen, da es keine Angaben über den Lebenszyklus eines Car2go-Smart gibt. Es wurden deshalb dieselben Werte wie bei einem Standard-Mercedes-Benz genommen. Als erste Näherung kann dies als ausreichend für die weitere Untersuchung gesehen werden. Wie andere empirische Studien zeigen, kann ein Carsharing-Fahrzeug zwischen 4,6

und 20 andere Fahrzeuge von den Straßen verdrängen (Shaheen / Cohen et al. 2009). Für Deutschland lässt sich zeigen, dass zwischen vier und acht Privatfahrzeuge von Carsharing ersetzt werden (BCS 2008). Aus konservativen Überlegungen heraus wurde im vorliegenden Fall von einer Verdrängungsrate von 1:4 ausgegangen. Das würde eine Netto-Verdrängung auf den Straßen von Ulm durch Car2go von etwa 600 Fahrzeugen bedeuten. Unter der vereinfachenden Annahme, dass alle 800 Fahrzeuge, die durch die 200 Car2go-Smart ersetzt werden, die gleichen ökologischen Auswirkungen eines Standard Mercedes-Benz von 2.228 kg CO<sub>2</sub> im Jahr haben, würde dies zu einer CO<sub>2</sub>-Reduktion von 1.782.400 kg im Jahr auf 325.600 kg der Car2go-Flotte führen, also einer Reduktion um mehr als 80 Prozent. Um diese Reduktion mit der ökologischen Allowance vergleichen zu können, müssen die ursprünglichen Auswirkungen mit der Verdrängungsrate multipliziert werden. Damit ergibt sich ein neuer „virtueller“ ökologischer Impact von 407 kg CO<sub>2</sub> im Jahr. Die Grundannahme hierbei ist, dass ein Fahrzeug von einer Person genutzt wird. Selbst mit der konservativsten Schätzung von 1:4 ist es also für Daimler möglich, deutlich unter seiner Allowance zu landen – wenn das Geschäftsmodell allein auf dem Car2go-Konzept beruht und ceteris paribus gilt.

Natürlich ist ceteris nie paribus, vor allem wenn ein kompletter Wechsel des Geschäftsmodells unterstellt wird. Der vollständige Übergang zum Car2go-Konzept würde die Aufgabe des größten Teils der Produktionskapazitäten von Daimler bedeuten und eine dramatische Reduktion in seiner Bruttowertschöpfung – es sei denn aus Car2go könnte genauso viel Wert geschaffen werden, wie aus dem reinen Fahrzeugverkauf, was eine eher unrealistische Annahme sein dürfte. Nachdem allerdings ein gewisser ökologischer „Manövrierraum“ vorhanden ist, erscheint eine komplette Aufgabe des traditionellen Geschäftsmodells nicht nötig zu sein. Die Lücke zwischen 407 kg CO<sub>2</sub> (Car2go) und 891 bzw. 1.031 kg (Pkw) kann durch einen intelligenten Mix der Geschäftsmodelle gefüllt werden. Das bedeutet aber eine deutlich stärkere Orientierung hin zu einem dienstleistungsorientierten Service-Provider. Ein solcher Schritt zu einem hybriden Leistungsanbieter verspricht große Potenziale zur Steigerung der absoluten Umweltleistung von produzierenden Unternehmen (Mont 2002).

### Allowance-Modellierung und Szenarien

Um ein besseres Verständnis für die Auswirkungen der Allowance-Berechnung und deren Verwendung als absoluter Maßstab für eine ökologisch orientierte Unternehmensstrategie zu erlangen, wird im Folgenden eine Szenario-Analyse mittels eines statischen Modells auf Tabellenkalkulationsbasis durchgeführt. Statisch ist das Modell insofern, als es keine dynamischen Wandlungsaspekte von einem Ist-Zustand in verschiedene Soll-Zustände berücksichtigt. Es dient einzig und allein für eine erste Illustration der Anwendungsmöglichkeiten der Allowance-Methode. Die wichtigsten Modellannahmen sind dieselben wie im Car2go-Beispiel: →

- Die Verdrängungsrate beträgt 1:4, das heißt ein Carsharing-Fahrzeug ersetzt vier Pkw.
- Der CO<sub>2</sub>-Ausstoß eines Carsharing-Fahrzeugs beträgt 120 g/km, bei einem Pkw sind es 170 g/km.
- Emissionen aus Produktion (1.833 kg) und Recycling (430 kg) sind identisch zwischen Carsharing-Fahrzeug und Pkw.
- Die jährliche Fahrleistung eines Pkw beträgt 12.000 km.
- Der durchschnittliche Lebenszyklus eines Pkw beträgt zwölf Jahre.

Zusätzlich zu diesen Annahmen wird die Kilometerleistung eines Carsharing-Fahrzeugs auf rund 34.000 km pro Jahr geschätzt (Sperling / Shaheen et al. 2011), das heißt, ein Wechsel zu Carsharing reduziert nicht nur die Zahl der Fahrzeuge auf der Straße, sondern auch die durchschnittliche Fahrleistung je Pkw. Der Lebenszyklus eines Carsharing-Fahrzeug beträgt aufgrund seiner höheren Nutzungsintensität rund ein Viertel eines normalen Pkw, also vier Jahre im Durchschnitt. Ebenso werden im Modell einige neue ökonomische Annahmen eingeführt, um die Bruttowertschöpfung zu berechnen:

- Der Kaufpreis eines Smart beträgt 12.000 EUR (Smart 2011).
- Der Kaufpreis eines Pkw wird auf das dreifache geschätzt, also 36.000 EUR, was aufgrund der Preistabelle für eine Mercedes Benz C-Klasse schlüssig erscheint.
- Der Minutenpreis für Car2go beträgt 0,24 EUR (Car2go 2011).
- Der Anteil der Automobilindustrie an der globalen Bruttowertschöpfung bleibt fix bei 0,275 Prozent, was eine fixe Jahresallowance von 51,54 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub> bedeutet.
- Der Anfangsbestand an Fahrzeugen beträgt 50 Mio. (Zahlen für Deutschland, KBA 2011).

Es werden fünf Szenarien untersucht: Erstens, der Business-as-usual-Fall (BAU) mit 5.000 Carsharing-Fahrzeugen (Zahlen für Deutschland, Loose 2011); zweitens, BAU mit einer technischen Effizienzsteigerung und Halbierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen; drittens, Carsharing-only mit einer kompletten Substitution der gesamten Fahrzeugflotte durch Carsharing-Fahrzeuge; viertens, ein Mix-Szenario aus Carsharing und herkömmlichen Pkw mit den Effizienzsteigerungen aus Szenario 2; fünftens, derselbe Mix wie in Szenario 4, nur mit erhöhten Preisen für Carsharing-Nutzung und Pkw-Kauf. Die Ergebnisse sind in Tabelle 1 zusammengefasst.

### Szenario 1: Business as usual

Szenario 1 stellt den aktuellen Fall dar, bei dem Carsharing lediglich 0,04 Prozent am gesamten Automobilbestand der Bundesrepublik ausmacht. Die daraus resultierenden CO<sub>2</sub>-Emissionen von 111,4 Mio. Tonnen „überschießen“ (overshoot) die Allowance um mehr als das Doppelte. Die Bruttowertschöpfung der Automobilindustrie wird hier als Baseline (100 Prozent) für die weiteren Szenarien genommen.

### Szenario 2: Business as usual mit Effizienzsteigerung

Szenario 2 zeigt einen möglichen Entwicklungspfad der Automobilindustrie, der dem dominanten Paradigma technischer Effizienzsteigerungen entspricht. Dies ist vermutlich der wahrscheinlichste Zukunftspfad, den die Automobilindustrie einschlagen wird. So haben beispielsweise die EU-Grenzwerte bei CO<sub>2</sub>-Emissionen von Fahrzeugen die Entwicklung sparsamer Motoren und den Einsatz von Leichtbau deutlich gefördert (Europäische Kommission 2007). Im vorliegenden Modell werden diese Effizienzsteigerungen noch einmal erhöht und eine Reduktion von 170 g/km (Pkw) und 120 g/km (Carsharing) auf jeweils 85 g/km und 60 g/km angenommen. Dieser dramatische Sprung in der Effizienz reduziert die ökologischen Auswirkungen auf durchschnittlich 1.209 kg CO<sub>2</sub> im Jahr (Mittelwert Pkw und Carsharing-Fahrzeug). Das liegt allerdings immer noch über der Allowance von 1.031 kg CO<sub>2</sub> je Fahrzeug und Jahr.

### Szenario 3: Carsharing only

Dies ist das radikalste Szenario, mit einer vollständigen Substitution aller 50 Millionen Pkw durch 12,5 Millionen Carsharing-Fahrzeuge. Drei von vier Fahrzeugen würden dabei von den Straßen verschwinden, mit voraussichtlich großen Folgen für die Lebensstile und das Straßenbild, vor allem in Ballungszentren. Aber selbst dieses Szenario reicht nicht aus, um die ökonomischen Aktivitäten dieser neuen Automobilindustrie mit ihren erlaubten Umweltauswirkungen in Deckung zu bringen. Die Allowance je Fahrzeug steigt zwar aufgrund des zurückge-

Tabelle 1: Szenarien der Allowance

Szenario	1	2	3	4	5	
Name	Business as usual	Business as usual mit Effizienzsteigerung	Carsharing only	Mix mit Effizienzsteigerung	Mix mit Wertsteigerung	
Änderung Flottengröße (%)	-	-	-74,99	-29,98	-29,98	
Pkw	49.980.000	49.980.000	-	30.000.000	30.000.000	
Carsharing	5.000	5.000	12.500.000	5.000.000	5.000.000	
Bruttowertschöpfung (Szenario 1 =100%)	100	100	11,3	64,6	64,6	
CO <sub>2</sub> -Emissionen (t)	111.407.824	60.418.023	58.071.875	49.286.250	49.286.250	
Reduktion im Vergleich zu Szenario 1 (%)	-	-45,8	-	-55,8	-55,8	
Auswirkung Produkt in kg CO <sub>2</sub>	2.229	1.209	4.646	1.408	1.408	
Allowance Produkt in kg CO <sub>2</sub>	1.031	1.031	4.124	1.473	1.473	
Überschießen		2,16	1,17	1,13	0,96	0,96

Quelle: Eigene Darstellung

henden Fahrzeugbestands, aber die ökologischen Auswirkungen sind weiterhin um ungefähr 13 Prozent zu hoch. Es gibt weniger Fahrzeuge, aber die Nutzungsintensität bei Carsharing ist dreimal höher (34.000 km im Jahr gegenüber 12.000 km) und dies kompensiert den sogenannten Flotteneffekt durch die Verdrängungswirkung des Carsharing vollständig. Bei den Gesamtemissionen erfolgt eine CO<sub>2</sub>-Reduktion um 47,9 Prozent, allerdings zu einem hohen ökonomischen Preis, einer industriellen Schrumpfung von beinahe 90 Prozent. Die politischen und sozialen Unruhen, die so ein Szenario in der Umsetzung auslösen würde, sind nur schwer abzuschätzen.

### Szenario 4: Mix-Szenario mit Effizienzsteigerung

In Szenario 4 wird einen Schritt zurückgegangen und ein Geschäftsmodell-Mix unterstellt, bei dem sich fünf Millionen Carsharing-Fahrzeuge und 30 Millionen Pkw gegenüberstehen. Gleichzeitig kommt es zu einem Effizienzsprung in der Motortechnik wie im Szenario 2. Die ökologischen Auswirkungen des Automobils liegen hier zum ersten Mal innerhalb seiner Allowance-Grenze. Diese wird sogar um etwa vier Prozent unterschritten. Insgesamt reduzieren sich die CO<sub>2</sub>-Emissionen des Automobilssektors um 55,8 Prozent. Die ökonomische Schrumpfung ist bei diesem Szenario deutlich geringer als bei seinem Vorgänger, die Automobilindustrie kann hier zwei Drittel ihrer Bruttowertschöpfung halten, das heißt, sie schrumpft gemäß des Rückgangs an Fahrzeugen.

### Szenario 5: Mix-Szenario mit Effizienzsteigerung und Preissteigerung

Im letzten Szenario werden sowohl ökologische als auch ökonomische Randbedingungen eingehalten. Aufsetzend auf den Parametern des vierten Szenarios findet hier eine Erhöhung des Kaufpreises von Pkw um ein Drittel statt, während der Minutenpreis für die Nutzung von Carsharing verdoppelt wird. Dabei entsteht ein Auswirkungs-Allowance-Gleichgewicht bei vier Millionen Carsharing-Fahrzeugen und 34 Mio. Pkw. Was dieses Szenario darüber hinaus so interessant macht, ist die Tatsache, dass so gut wie keine Abstriche bei der Bruttowertschöpfung auftreten. Sie entspricht ungefähr 98 Prozent gegenüber dem Referenzszenario.

## Diskussion

Bei der Berechnung der ökologischen Allowance kann als Erstes die Gleichverteilung des verbleibenden CO<sub>2</sub>-Budgets über die vierzig Jahre angezweifelt werden. Wenigstens zwei andere Verteilungsmöglichkeiten sind denkbar: eine lineare oder eine S-förmige Abnahme bis 2050. Eine S-förmige Abnahme ist wahrscheinlich der realistischere Fall, da hier ein höheres, der Realität entsprechendes Emissionsniveau als Ausgangspunkt genommen wird. Im Gegensatz zur Durchschnittswertannah-

me ist es dann aber nicht mehr sinnvoll, die ökologischen Produktauswirkungen auf der aktuellen Jahresbasis zu berechnen, da sich die Allowance als Vergleichsmaßstab jedes Jahr entsprechend der S-förmigen Abnahme des Emissionsbudgets verändert. Um hier wieder Aussagekraft zurückzugewinnen, wäre eine durchschnittliche Allowance zu berechnen, die den Lebenszyklus insgesamt als Referenz nimmt. Ohne eine gewisse Form der Nominalisierung geht es auch in diesem Fall nicht. Inwieweit hier in der Tat eine Präzisierung und bessere Einschätzung von Auswirkungen und Allowance im Gegensatz zum Ansatz einer Gleichverteilung der Emissionen erreicht werden kann, bleibt bis auf Weiteres unklar.

Ebenso infrage gestellt werden kann der ausschließliche Fokus auf Produzenten durch die Verwendung der Bruttowertschöpfung. Eine Berücksichtigung der Konsumenten kann zu einer größeren Realitätsnähe der Allowance-Berechnung führen, allerdings nur um den Preis gesteigerter Komplexität. Der gegenüberstehende Mehrwert ist dabei eher unklar. Trotz entsprechender „grüner“ Rhetorik gibt es eine große Lücke zur täglichen Konsumpraxis (Carrington / Neville et al. 2010). Gleichzeitig würde dabei die Aussagekraft der ökologischen Allowance für die Bewertung der absoluten Umweltperformance von Unternehmen eingeschränkt. Gerade das scheint aber ein wichtiger Faktor zu sein, um den „natural case for sustainability“ in der Unternehmenslogik zu verankern (Dyllick / Hockerts 2002).

Die entscheidende Kritik an der Allowance-Berechnung ist sicherlich die Ermittlung der jeweiligen Bruttowertschöpfung. Auf internationaler, nationaler und Branchenebene werden unterschiedliche Statistiken verwendet, die zudem eine nicht unerhebliche Zeitverzögerung zu „aktuellen“ Daten aufweisen. Die größte Schwierigkeit macht dabei aber die Beantwortung der Frage nach den Grenzen von Branchen. In Szenario 1 wurden Verkaufszahlen der Branche „Motor vehicles and parts“ der Fortune Global 500 verwendet, während in Szenario 2 darüber hinaus auch Fahrzeugwartung und Treibstoffverkäufe für Pkw Eingang gefunden haben. Diese Problematik der Abgrenzung ist natürlich nicht verwunderlich, sie tritt genauso beim Lifecycle Assessment auf, bei dem es um die Zuordnung von ökologischen Auswirkungen auf das Produkt geht. Die Frage der Grenzziehung wird sicher ein zentraler Forschungsgegenstand bei der methodischen Weiterentwicklung der Allowance-Berechnung sein.

Bei der Diskussion der Szenarioanalyse sind einige Annahmen des zugrunde liegenden Modells zu kritisieren. So bleibt der Anteil der Automobilbranche an der globalen Bruttowertschöpfung fix. Würde er steigen, steigt ceteris paribus auch die Allowance eines Fahrzeugs. Dabei ist aber zu beachten, dass der Bruttowertschöpfungsanteil der Automobilbranche in den nächsten Jahren wohl eher signifikant sinken wird (Roland Berger 2011). Für Deutschland hat eine Studie von Roland Berger ergeben, dass die Automobilindustrie bis zum Ende des Jahrzehnts von der Umweltbranche als Leitindustrie abgelöst werden wird, und zwar sowohl was die Bruttowertschöpfung als auch die Beschäftigten betrifft (BMU 2009). →

Die Szenarien 2, 4 und 5 gehen von einer dramatischen Effizienzsteigerung aus, nämlich von einer Halbierung bei den CO<sub>2</sub>-Emissionen. Wird die durchschnittliche Effizienzsteigerungsrate der letzten Jahre bei CO<sub>2</sub> in der Automobilindustrie von etwa 1,6 Prozent zugrunde gelegt, so dauert es beinahe 44 Jahre, um eine Halbierung der Emissionen zu erreichen (Meyer / Wessely 2009). Selbst wenn von dramatischen technologischen Entwicklungen ausgegangen wird, wie beispielsweise bei Daimler in seinem Technologiekalender (Daimler AG 2010), ist es doch mehr als unwahrscheinlich, von einer massenhaften Verbreitung solcher emissionsmindernder Technologien im nächsten Jahrzehnt auszugehen. Das ökologisch und ökonomisch vorteilhafteste Szenario 5 muss deswegen deutlich vorsichtiger bewertet werden, nämlich mit weniger starken Emissionsreduktionen. Um weiterhin innerhalb ökologischer Grenzen zu bleiben, ist eine weitere Schrumpfung der Pkw-Zahlen notwendig und infolgedessen auch ein Rückgang der Bruttowertschöpfung.

Das überraschende Ergebnis des dritten Szenarios, das Verfehlen ökologischer Ziele trotz vollständiger Substitution von Pkw mit Carsharing-Fahrzeugen, lässt sich durch die Verdeutlichung zweier kritischer Annahmen erklären: Der Lebenszyklus eines Carsharing-Fahrzeugs ist deutlich kürzer als der eines Pkw, während gleichzeitig die jährliche Laufleistung fix bleibt. Werden beide Annahmen variiert, zum Beispiel eine Angleichung des Carsharing-Lebenszyklus an den eines Pkw sowie eine Verringerung der Laufleistung um zehn Prozent, wird die ökologische Allowance genau getroffen. Ähnlich verhält es sich mit dem Szenario 2, Business as usual mit Effizienzsteigerungen. Hier muss dann allerdings der Lebenszyklus deutlich auf zwanzig Jahre verlängert werden. Dabei ist zu bedenken, dass lange Lebenszyklen die Diffusion technischen Fortschritts verlangsamen, es sei denn, es findet ein permanentes Remanufacturing des Produktes während der Lebensdauer statt. Stichworte hierfür sind Modulbauweise und Renovation (Paech 2005).

Die Realisierung der Szenarien 2 bis 5 benötigt Zeit. Der technologische Fortschritt bei emissionsarmen Fahrzeugen benötigt Zeit, ebenso wie der Transformationsprozess der Geschäftsmodelle von einem Fahrzeughersteller hin zu einem Anbieter von Automobilität. Das hat dann aber zur Folge, dass die CO<sub>2</sub>-Reduktionen sich erst im Laufe dieses Transformationsprozesses einstellen, also tendenziell jedes Jahr oberhalb der Allowance Emissionen stattfinden. Das reduziert wiederum das noch verfügbare CO<sub>2</sub>-Budget und erfordert noch stärkere Reduktionsanstrengungen. Um den Transformationsprozess in seinen ökologischen und ökonomischen Auswirkungen besser zu verstehen ist ein dynamisches Modell notwendig, das explizit strategische Investitionsentscheidungen und Beschäftigungsstrategien berücksichtigt.

Was aus diesem einfachen statischen Modell und den Szenarien abgeleitet werden kann, ist die Erkenntnis, dass ein Business as usual und ein Festhalten an der Strategie technischer Effizienzsteigerung keine Optionen für Unternehmen sind, die

es ernst mit Nachhaltigkeit meinen. Die Ergebnisse für den vorliegenden Fall der Automobilindustrie scheinen erdrückend. Der Wandel zu einer Bereitstellung von Individualmobilität, von der Produktion von Fahrzeugen bis zu komplexen Dienstleistungen wie Carsharing, ist keine Modeerscheinung; sie ist eine absolut notwendige Voraussetzung für eine Nachhaltigkeitsstrategie, die mehr sein will als reines Marketing.

## Schlussfolgerungen und Fazit

Mit der hier vorgestellten Methode zur Berechnung einer ökologischen Allowance liegt, vielleicht zum ersten Mal überhaupt, ein adäquater Indikator für die absolute Umweltleistung von Unternehmen vor. Die Frage nach der ökologisch nachhaltigen Größe der Betriebswirtschaft lässt sich mit einem Vergleich der Allowance mit den Zahlen aus dem unternehmensinternen Lifecycle Assessment eindeutig beantworten. Aus der Methode und den Szenarien ergeben sich mehrere Implikationen. Zum einen erscheint es unerlässlich, die Top-down-Sichtweise der ökologischen Allowance mit der Bottom-up-Sichtweise der verschiedenen Footprint-Methoden, vor allem des Carbon Footprints, zu verbinden. Die Allokation von absoluten Grenzen auf Emissionen mittels der Bruttowertschöpfung bleibt schwierig, aufgrund mangelnder und aktueller Daten auf verschiedenen Ebenen. Zum anderen kann die Konzentration auf CO<sub>2</sub> in Frage gestellt werden. Die gesamte Debatte um Ressourcen und Recycling bleibt dabei außen vor und kann höchstens näherungsweise Eingang finden. Des Weiteren sind die reziproken Abhängigkeiten von Allowance und Bruttowertschöpfung zu klären. Die naheliegende Strategie aus Szenario 5, die Reduktion der ökologischen Auswirkungen durch Mengenreduktion und damit Allowance-Vergrößerung, wird dabei am besten durch Untersuchungen an Fallbeispielen verdeutlicht.

Im Rahmen des hier vorgestellten Falls von Carsharing in der Automobilindustrie ist dabei klar geworden, dass ein gewisses, wenn auch unter Umständen überschaubares Maß an ökonomischer Schrumpfung angesichts absoluter ökologischer Belastungsgrenzen unvermeidlich ist. Eine mögliche strategische Richtung für Unternehmen, welche durch diesen Beitrag nahegelegt wird, ist die Kombination herkömmlicher Effizienzstrategien im Technologiebereich mit einem Wandel der Geschäftsmodelle weg vom reinen Fokus auf Produktion, hin zu einer „Nutzungsökonomie“.

## Literatur

- Alkemada, F. / Hekkert, M. (2010): Coordinate Green Growth. *Nature*, Jg. 468, 2010. S. 897.
- BCS (2008): Der Beitrag des CarSharing zur Klima- und Umweltentlastung. Pressemitteilung am 14. Mai 2008. URL: [http://www.carsharing.de/index.php?option=com\\_content&task=view&id=188&Itemid=44](http://www.carsharing.de/index.php?option=com_content&task=view&id=188&Itemid=44)
- Binswanger, M. (2001): Technological Progress and Sustainable Development: What about the Rebound Effect? *Ecological Economics*, Jg. 36, Heft 1, 2001. S. 119-132.
- BMU (2009): GreenTech made in Germany 2.0 – Umwelttechnologieatlas für Deutschland. München.

- Braungart, M. / McDonough, W. / Bollinger, A. (2007): Cradle-to-Cradle Design: Creating Healthy Emissions – A Strategy for Eco-effective Product and System Design. *Journal of Cleaner Production*, Jg. 15, Heft 13-14, 2007. S. 1337-1348.
- Car2go (2011): <<http://www.car2go.com/ulm/de>>.
- Carrington, M.J. / Neville, B.A. / Whitwell, G.J. (2010): Why Ethical Consumers Don't Walk Their Talk: Towards a Framework for Understanding the Gap Between the Ethical Purchase Intentions and Actual Buying Behaviour of Ethically Minded Consumers. *Journal of Business Ethics*, Jg. 97, Heft 1, 2010. S. 139-158.
- Daimler AG (2010): Sustainability Report 2010. URL: <http://nachhaltigkeit.daimler.com/reports/daimler/annual/2010/nb/erman/0/home.html> >.
- Daly, H.E. (1991): *Steady-state Economics*. Washington DC.
- Daly, H.E. (1996): *Beyond Growth: The Economics of Sustainable Development*. Boston.
- Dyllick, T. / Hockerts, K. (2002): Beyond the Business Case for Corporate Sustainability. *Business Strategy and the Environment*, Jg. 11, Heft 2, 2002. S. 130-141.
- Europäische Kommission (2007): Questions and answers on the EU strategy to reduce CO<sub>2</sub> emissions from cars. URL: <<http://europa.eu/rapid/press-ReleasesAction.do?reference=MEMO/07/46&format=HTML&aged=0&language=EN&guiLanguage=fr>>.
- Firnknorn, J. / Müller, M. (2011): What will be the environmental effects of new free-floating car-sharing systems? The case of car2go in Ulm. *Ecological Economics*, Jg. 70, Heft 8, 2011. S. 1519-1528.
- Hart, S.L. (1995): A Natural-Resource-Based View of the Firm. *Academy of Management Review*, Jg. 20, Heft 4, 1995. S. 986-1014.
- Huijbregts, M.A. / Hellweg, S. / Frischknecht, R. / Hungerbühler, K. / Hendriks, J. (2008): Ecological Footprint Accounting in the Life Cycle Assessment of Products. *Ecological Economics*, Jg. 64, Heft 4, 2008. S. 798-807.
- Jackson, T. (2009): *Prosperity without growth: Economics of a finite planet*. London.
- Johnson, M.W. (2010): *Seizing the white space: Business model innovation for growth and renewal*. Boston.
- KBA (2008): Fachartikel: Alter der Fahrzeuge. URL: <[http://www.kbashop.de/wcstore/KBA/pdf/1-Fachartikel\\_Alter\\_der\\_Fahrzeuge\\_20081203.pdf](http://www.kbashop.de/wcstore/KBA/pdf/1-Fachartikel_Alter_der_Fahrzeuge_20081203.pdf)>.
- KBA (2011): Der Fahrzeugbestand im Überblick am 1. Januar 2011 gegenüber 1. Januar 2010. URL: <[http://www.kba.de/clin\\_016/nn\\_125398/DE/Statistik/Fahrzeuge/Bestand/2011\\_b\\_ueberblick\\_pdf,templateId=raw,property=publicationFile.pdf/2011\\_b\\_ueberblick\\_pdf.pdf](http://www.kba.de/clin_016/nn_125398/DE/Statistik/Fahrzeuge/Bestand/2011_b_ueberblick_pdf,templateId=raw,property=publicationFile.pdf/2011_b_ueberblick_pdf.pdf)>.
- Latouche, S. (2004): *Degrowth Economics*. *Le Monde Diplomatique* Nov.
- Latouche, S. (2010): *Degrowth*. *Journal of Cleaner Production*, Jg. 18, Heft 6, 2010. S. 519-522.
- Limnios, E.A.M. / Ghadouani, A. / Schilizzi, S.G. / Mazzarol, T. (2009): Giving the Consumer the Choice: A Methodology for Product Ecological Footprint Calculation. *Ecological Economics*, Jg. 68, Heft 10, 2009. S. 2525-2534.
- Loose, W. (2011): CarSharing als Ansatzpunkt zur integrierten Mobilitätsgestaltung – Warum passt das moderne CarSharing gut zum ÖPNV? Fachtagung: Öffentlicher Nahverkehr und Car-Sharing – gemeinsame Angebote für neue Kundenpotenziale. 2011. URL: [http://www.carsharing.de/images/stories/pdf\\_dateien/vortrag\\_loose\\_bcs\\_20.01.2011.pdf](http://www.carsharing.de/images/stories/pdf_dateien/vortrag_loose_bcs_20.01.2011.pdf).
- Messner, D. / Schellnhuber, J. / Rahmstorf, S. / Klingensfeld, D. (2010): The Budget Approach: A Framework for a Global Transformation Toward a Low-carbon Economy. *Journal of Renewable and Sustainable Energy*, Jg. 2, Heft 3, 2010. S. 31003.
- Meyer, I. / Wessely, S. (2009): Fuel Efficiency of the Austrian Passenger Vehicle Fleet – Analysis of Trends in the Technological Profile and Related Impacts on CO<sub>2</sub> Emissions. *Energy Policy*, Jg. 37, 2009. S. 3779-3789.
- Mont, O. (2002): Clarifying the Concept of Product-Service System. *Journal of Cleaner Production*, Jg. 10, Heft 3, 2002. S. 237-245.
- Nordhaus, W.D. (1975): Can We Control Carbon Dioxide? IIASA Working Paper no. 75-63. Laxenburg 1975.
- OECD (2009): *Green Growth: Overcoming the Crisis and Beyond*. 2009. URL: <http://www.oecd.org/dataoecd/4/40/43176103.pdf> .
- Paech, N. (2005): *Nachhaltiges Wirtschaften jenseits von Innovationsorientierung und Wachstum: Eine unternehmensbezogene Transformationstheorie*. Marburg.
- Polimeni, J.M. / Mayumi, K. / Giampietro, M. / Alcott, B. (2008): *The Jevons paradox and the myth of resource efficiency improvements*. London.
- Reichel, A.: *Technology as System: Towards an Autopoietic Theory of Technology*. *International Journal of Innovation and Sustainable Development*, Jg. 5, Heft 2/3, 2011. S. 105-118.
- Reichel, A. / Seeberg, B. (2010): Rightsizing Production: The Calculus of „Ecological Allowance“ and the Need for Industrial Degrowth. In: *Proceedings of the IFIP Working Group 5.7 on Advances in Production Management Systems: Competitive and Sustainable Manufacturing, Products and Services*, Cernobbio.
- Reichel, A. / Goll, F. / Scheiber, L. (2009): *Linking Sufficiency and Business: Utility Systems Engineering in Producer-Consumer-Networks*. *Proceedings of the Academy of Management*. 2009. Annual Meeting: Green Management Matters.
- Reichel, A. / O'Neill, D. / Bastin, C. (2010): Enough Excess Profits: Rethinking Business. In: O'Neill, D. / Dietz, R. / Jones, N. (Hrsg.): *Enough is enough. Ideas for a sustainable economy in a world of finite resources: 87–94*. Leeds: Center for the Advancement of the Steady State Economy. Arlington, Virginia, USA.
- Roland Berger (2011): *Automotive landscape 2025: Opportunities and challenges ahead*. URL: <[http://www.rolandberger.com/expertise/industries/automotive/2011-02-28-rbsc-pub-Automotive\\_landscape\\_2025.html](http://www.rolandberger.com/expertise/industries/automotive/2011-02-28-rbsc-pub-Automotive_landscape_2025.html)>.
- Russo, A. (2009): *Eco-Efficiency vs. Eco-Effectiveness: Exploring the Link between GHG Emissions and Firm Performance*. SPACE Working Paper Series, Bocconi. Mailand.
- Shaheen, S.A. / Cohen, A.P. / Chung, M.S. (2009): *North American Carsharing*. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2110(-1), 2009. S. 35-44. Print.
- Smart (2011): Web. 28 Apr. 2011. <[http://www.smart.de/isbin/INTERSHOP.enfinity/WFS/mpc-de-content-Site/de\\_DE/-/EUR/Smart\\_CC-Model?modelCode=MCC&engineCode=D02&cache=true](http://www.smart.de/isbin/INTERSHOP.enfinity/WFS/mpc-de-content-Site/de_DE/-/EUR/Smart_CC-Model?modelCode=MCC&engineCode=D02&cache=true)>.
- Sperling, D. / Shaheen, S. / Wagner, C. (2011): *Carsharing and Mobility Services – An Updated Overview*. URL: <<http://www.communauto.com/abonnes/SperlingShaheenW.html>>.
- Statistisches Bundesamt (2009): *Statistisches Jahrbuch 2009 für die Bundesrepublik Deutschland*. Wiesbaden.
- Stiglitz, J. E. / Sen, A. / Fitoussi, J.-P. (2009): *Report by the Commission on the Measurement of Economic Performance and Social Progress*. Paris.
- Stiglitz, J. E. / Sen, A. / Fitoussi, J.-P. (2010): *Mismeasuring our lives: Why GDP doesn't add up; the report by the Commission on the Measurement of Economic Performance and Social Progress*. New York.
- Wackernagel, M. (2009): *Methodological advancements in footprint analysis*. *Ecological Economics*, Jg. 68, Heft 7, 2009. S. 1925-1927.
- Young, W. / Tilley, F. (2006): *Can Businesses Move Beyond Efficiency? The Shift Toward Effectiveness and Equity in the Corporate Sustainability Debate*. *Business Strategy and the Environment*, Jg. 15, Heft 6, 2006. S. 402-415.

#### ■ AUTOREN + KONTAKT

**André Reichel** ist Research Fellow am European Center for Sustainability Research der privaten Zeppelin Universität in Friedrichshafen.

Dr. André Reichel, Europäisches Zentrum für Nachhaltigkeitsforschung (ECS), Zeppelin Universität, Am Seemooser Horn 20, 88045 Friedrichshafen. Tel.: +49 7541 60091345, E-Mail: [andre.reichel@zeppelin-university.de](mailto:andre.reichel@zeppelin-university.de)

**Barbara Seeberg** ist Doktorandin an der Graduate School of Excellence advanced Manufacturing Engineering (GSaME) in Stuttgart.

Barbara Seeberg, Graduiertenschule für advanced Manufacturing Engineering (GSaME), Universität Stuttgart, Azenbergstr. 12, 70174 Stuttgart. Tel.: +49 711 68583881, E-Mail: [barbara.seeberg@ggame.uni-stuttgart.de](mailto:barbara.seeberg@ggame.uni-stuttgart.de)



Copyright © 2013, IÖW und oekom Verlag. Die Nutzung des Artikels ist Abonnenten von Ökologisches Wirtschaften vorbehalten. Nachdruck und Vervielfältigung des Artikels einschließlich Speicherung und Nutzung auf optischen und elektronischen Datenträgern nur mit Zustimmung der Redaktion von Ökologisches Wirtschaften (<http://www.oekologisches-wirtschaften.de>).