

Zur gesamtwirtschaftlichen Bewertung von Klimaschutzmaßnahmen

Klimapolitik ganzheitlich denken

Die aktuelle Klima- und Energiepolitik ist stets auf der Suche nach effektiven Maßnahmen und technischen Lösungsansätzen zum Klimaschutz. Nicht selten werden bei der Umsetzung dieser Lösungen aber zusätzliche Emissionen verursacht. Durch die Analyse von Kohlenstoffdioxid-Vermeidungskosten können Klimaschutzmaßnahmen auf gesamtwirtschaftlicher Ebene bewertet werden. **Von Uwe Schubert und Axel Sonntag**

Im Jahre 2006 betrug die Abhängigkeit des Primärenergieangebots von fossilen Energieträgern wie Öl, Kohle und Gas weltweit 81 Prozent. Diese Abhängigkeit gilt es dringend zu verringern, tatsächlich keine leichte Aufgabe. Obwohl die Bekämpfung des Klimawandels ein globales Problem darstellt und alle Länder dieser Erde einen Beitrag zu leisten haben, sind vor allem die Länder der Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD) betroffen, weltweit führend im Pro-Kopf-Energieverbrauch als auch in der absoluten Gesamtmenge. Diese Länder waren 2005 verantwortlich für den Verbrauch von 5.546 Millionen Tonnen Öl-Equivalent, das entspricht einem Anteil von 48,5 Prozent am weltweiten Primärenergieangebot. Zusätzlich ist zu bemerken, dass die OECD Länder auf dem besten Wege sind, ihre Kyoto-Ziele zu verfehlen. Die gebotene Eile und das Ausmaß des Problems bedingen eine rasche Entscheidung über Politikalternativen und deren zügige Umsetzung.

Wachsende Herausforderungen

Entscheidungen über energie- und klimapolitische Maßnahmenpakete waren und sind weiterhin ein Gebot der Stunde. Lösungsvorschläge sind zu entwerfen und auf ihre Effektivität und Effizienz zu untersuchen, beziehungsweise ist eine inhaltliche Priorisierung und zeitliche Staffelung solcher Maßnahmenbündel vorzunehmen.

Im Folgenden wird zunächst der bereits mehrfach verwendete Ansatz einer volkswirtschaftlichen Grenzkostenkurve alternativer Maßnahmenbündel kurz vor-

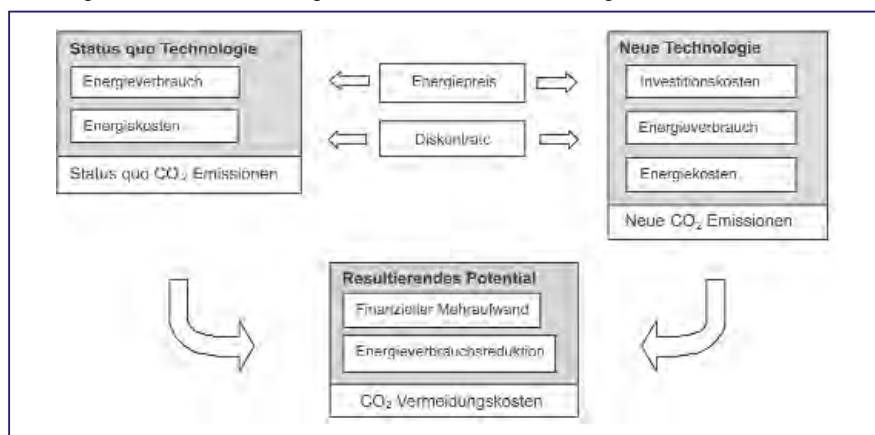
gestellt. Allerdings können bei dieser Vorgangsweise nach Meinung der Autoren unter Umständen substantielle Fehleinschätzungen auftreten, die kurz angeführt werden. Im Anschluss wird ein Modell vorgestellt, das durch die Verknüpfung eines strukturierten Energiemodells mit einem ökonomischen Input-Output-Modell manche Schwierigkeiten des reinen Vermeidungskostenansatzes antizipieren kann (SEPE-Modell). Den Abschluss bildet eine empirische Implementierung des SEPE-Modells auf Basis österreichischer Daten. Es wird dabei auf Ergebnisse des Projektes „Monetary Energy Footprint Analysis“ zurückgegriffen, das vom Jubiläumsfonds der Österreichischen Nationalbank finanziert und in Zusammenarbeit mit dem WWF Österreich durchgeführt wurde.

Produktion schafft Emission

Verschiedene Technologieoptionen stehen zur Verfügung, um eine dringend notwendige Reduktion von Treibhausgasemissionen zu bewirken. Es bedarf allerdings einer Methode, die zum Teil doch sehr unterschiedlichen Maßnahmen miteinander zu vergleichen, um eine Entscheidung über Prioritäten fällen zu können. Nicht nur Effektivität, also die Zielerreichung an sich, sondern auch die Effizienz des Einsatzes neuer Technologien zur Verringerung der Treibhausgasemissionen ist eine der Kernfragen zukunftsgerichteter Energie- und Klimapolitik. Dies ist insbesondere im Interesse der ohnedies permanent angespannten finanziellen Situation öffentlicher Haushalte. Um verschiedene Optionen vergleichbar zu machen, werden die Kosten pro



Abbildung 1: Struktur der Berechnung von Kohlenstoffdioxid-Vermeidungskosten



Quelle: Eigene Darstellung

Einheit reduzierter Emissionen, in Euro pro Tonne Kohlenstoffdioxid, berechnet (Thomas 2006; McKinsey 2007).

Der einfachen Berechnungsstruktur aus Abbildung 1 folgend, können die Grenzkosten der Kohlenstoffdioxid-Vermeidung für jede infrage kommende Technologie berechnet werden. Die auf diese Weise errechneten Zahlenwerte können zum direkten Vergleich herangezogen werden und geben Aufschluss über mehr oder weniger effizient eingesetzte Geldmittel. Werden die Vermeidungskosten neuer Technologien wie in Abbildung 1 berechnet und gegenübergestellt, so kann eine Grenzkostenkurve konstruiert werden, aus der bereits Prioritäten bei der Wahl geeigneter technischer Maßnahmen abgelesen werden kann. Eine solche Kurve ist in Abbildung 2 für Österreich dargestellt.

Einen entscheidenden Vorteil derartiger Berechnungen stellt die direkte Vergleichbarkeit der Grenzvermeidungskosten mit den aktuellen Kohlenstoffdioxid-Zertifikatspreisen dar. Die Alternative eines Zukaufs von Zertifikaten zur Investition in neue Technologien wird damit auf eine einfache rationale Basis gestellt. Anzumerken ist allerdings, dass Zertifikatspreise unter Umständen relativ stark schwanken können und damit ein zusätzlicher Unsicherheitsfaktor die Entscheidung erschwert.

Die angeführte Kurve enthält noch weitere wertvolle Informationen. Sie zeigt eine beträchtliche Anzahl von Maßnahmen, die negative Grenzvermeidungskosten aufweisen. Das bedeutet eine Kohlenstoffdioxid-Reduktion bei gleichzeitigen monetären Einsparungen für die Betroffenen, verursacht durch geringere Energiekosten.

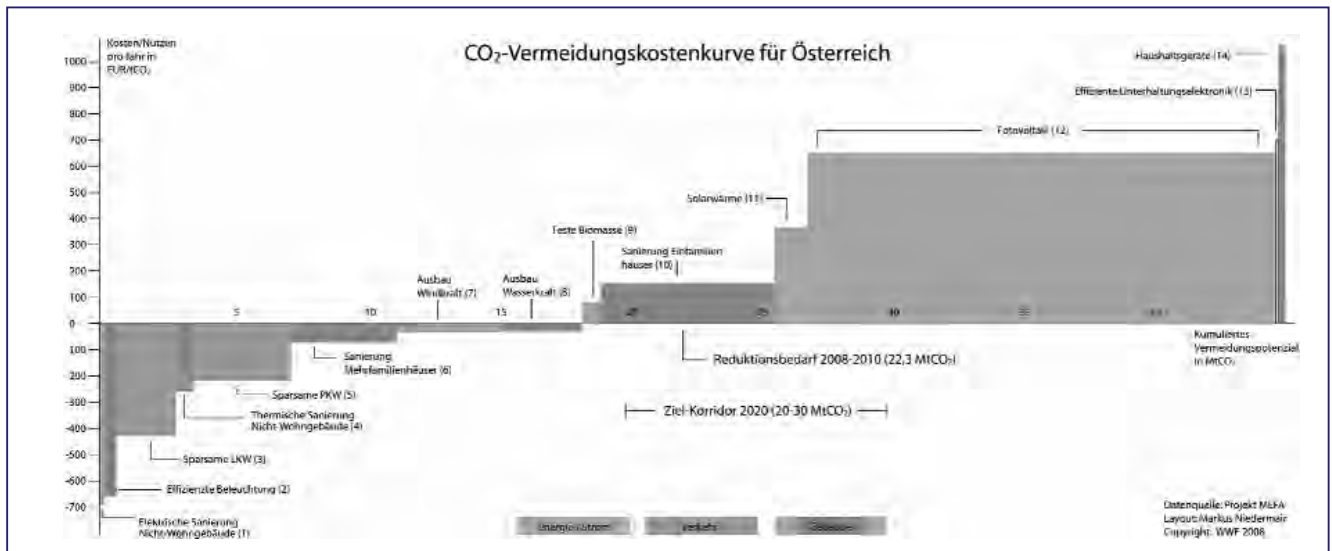
Von rationalen, vollständig informierten Wirtschaftssubjekten, eine vielfach kritisierte, aber immer noch weitverbreitete Annahme der Ökonomie, sollten diese Maßnahmen daher ohne weiteres Zutun von den unmittelbar davon Profitierenden implementiert werden. Da dies aber offensichtlich nicht in ausreichendem Maße der Fall ist, müsste die Politik sich daher mit den

erwähnten Annahmen auseinandersetzen und beispielsweise für bessere Information sorgen. Optionen, die in Abbildung 2 oberhalb der Nulllinie liegen, bedürfen jedenfalls weitergehender ökonomischer Anreize der Energie- oder Klimapolitik, um implementiert zu werden. Zu diesen Instrumenten zählen zum Beispiel die Einführung von Emissionszertifikaten für alle Sektoren, deren Preise zu einer Veränderung der derzeitigen Technikkosten führen würden, aber auch Klimaabgaben oder Subventionen. In der Kurve selbst kann aber auch abgelesen werden, wie hoch die Investitionsausgaben sein müssten um einen bestimmten Kohlenstoffdioxid-Standard zu erreichen.

Den erwähnten Vorteilen sind aber auch einige mögliche Fehleinschätzungen bei Anwendung dieses Ansatzes gegenüberzustellen:

- Die möglichst weitreichende Verbreitung einer Technologie ist wichtig, um den gewünschten Treibhausgasreduktionseffekt zu erzielen. Eine realistische Abschätzung einer solchen Marktdurchdringung ist schwer zu erstellen. In diesem Beitrag wird vereinfachend angenommen, dass auf lange Sicht ein weitgehender Technologiediffusionserfolg erzielt werden kann, was einer Potenzialerschließung von 100 Prozent entspricht.
- Unter der Annahme einer Durchdringung von 100 Prozent wäre zu erwarten, dass der gesamte, auf Basis des Ingenieurwissens kalkulierte, Emissionsreduktionseffekt eintreten sollte. Das ist aber keineswegs gesichert, bedeutet doch die Produktion der entsprechenden Investitionsgüter, in denen die neue Technik inkorporiert wird, selbst wieder Energieaufwand und Emissionen. Dazu zählen auch die Produktionsumwege im gesamten Input-Output-System einer Wirtschaft. Wie groß der Nettobetrag bei Berücksichtigung dieses Effekts tatsächlich sein könnte, stellt eine wichtige Entscheidungsgrundlage der Klimapolitik dar. Einige Beispiele für diesen Effekt wurden mithilfe eines Modells berechnet. Die Ergeb-

Abbildung 2: Grenzkosten der Kohlenstoffdioxid-Vermeidung für Österreich



Quelle: WWF Österreich

nisse weisen in einigen Fällen auf signifikante Verminderungen des vermeintlichen technischen Reduktionseffekts hin.

- Der dritte Fehler bei der Einschätzung der Emissionsreduktion ergibt sich aus der Nichtberücksichtigung des Strukturveränderungseffekts, der durch die Einführung einer neuen Technik in den industriellen Produktionsprozess auftritt. In einem Input-Output-Modell bedeutet dies, dass die Inputkoeffizienten geändert werden müssten. Dieser Effekt sowie der zu erwartende technische Fortschritt über Rechnungszeiträume von 30 bis 50 Jahren bedeutet eine wesentliche Einschränkung von statischen Input-Output-Modellen als Prognoseinstrument. Ihr Wert als Simulationsoption bleibt davon aber unangetastet.

Structural Energy Policy Evaluation

Leontieff veröffentlichte 1941 seine bahnbrechende Arbeit über Input-Output Systeme zur Erfassung interindustrieller Verflechtungsstrukturen. Dieses Modell ist inzwischen zu einem Standardansatz und eine Grundlage moderner Wirtschaftspolitik geworden. Von diesem Konzept getragen, wurde ein Modell entworfen, das die erwähnten Nachteile der Vernachlässigung struktureller Aspekte bei der Schätzung von Kohlenstoffdioxid-Reduktionen durch Investitionen in neue Technologien überwinden soll.

Dieses Modell für Structural Energy Policy Evaluation, kurz SEPE, wurde entwickelt, um einerseits die mit einer Maßnahme beabsichtigten direkt energierelevanten Effekte sowie andererseits deren indirekte, durch die Produktion notwendiger Investitionsgüter bedingten Auswirkungen in einem Ansatz zu integrieren. Eine umfassende Modellspezifikation ist Sonntag zu entnehmen (Sonntag 2009). Abbildung 3 stellt einen schematischen Überblick der Modellstruktur dar.

Im ersten Schritt werden die Auswirkungen einer geplanten Maßnahme auf die endgültige Nachfrage des Input-Output-Modells analysiert und in Geldwerten dargestellt (Beziehung A in Abbildung 3). Der sich daraus ergebende Endnachfragevektor wird modellgemäß mit der Leontief Inversen $(E-A)^{-1}$ multipliziert und damit die direkten und indirekten wirtschaftlichen Auswirkungen, gegeben durch den Vektor der Bruttoproduktionswerte x , einer solchen klimapolitischen Maßnahme geschätzt. Die damit berechneten Bruttoproduktionswerte für alle Sektoren werden nun dazu verwendet, um für alle Sektoren die Energienachfrage zu bestimmen. Die Schnittstelle zwischen monetären und realen Nachfragegrößen

wurde über sektoral unterschiedliche Energieintensitätsfaktoren hergestellt (Beziehung B in Abbildung 3; Geld- und Energieeinheiten). Wie die geplante Maßnahme den Energieverbrauch beeinflusst wird im folgenden Abschnitt kurz beschrieben (Beziehung C Abbildung 3).

In Österreich sind statistische Daten verfügbar, die strukturelle Informationen über den Bedarf an Primärenergie zur Erzeugung eines bestimmten Niveaus von Endenergie liefern. Diese Faktoren können von entsprechenden technischen Maßnahmen beeinflusst werden. Ein typisches Beispiel wäre eine Veränderung der Brennstoffstruktur. Das bedeutet, dass ein anderer Primärenergieträger zur Anwendung kommt, um die gleiche Menge an Nutzenergie einer bestimmten Kategorie zur Verfügung zu stellen wie bisher.

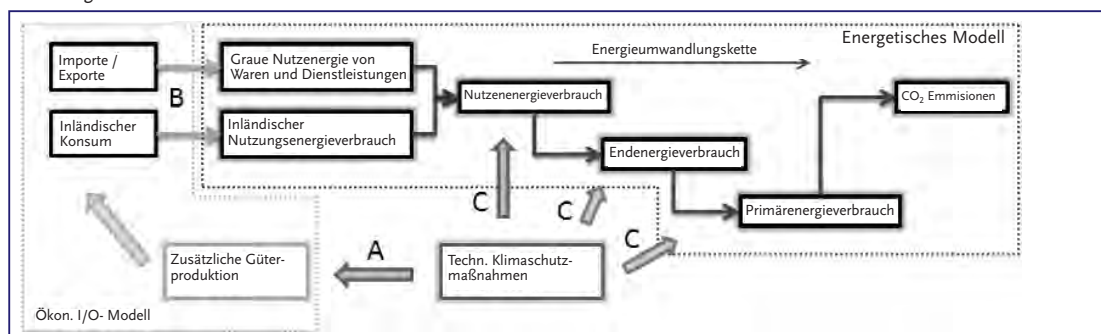
Klare Überschätzung des Potenzials

Zur empirischen Überprüfung des Modells werden dazu, dem SEPE-Modellschema aus Abbildung 3 folgend, die österreichische Input-Output-Tabelle des Jahres 2000 sowie die umfassende Statistik der Nutzenergieanalyse 1998 herangezogen, um die notwendigen Verknüpfungen herstellen zu können (Statistik-Austria 2004; Statistik-Austria 2000). Da die Nutzenergieanalyse 1998 die letzte in entsprechender analytischer Tiefe verfügbare Publikation der Statistik Austria darstellt, ist es daher notwendig, das gesamte Modell mit dem Basisjahr 1998 beziehungsweise 2000 hinsichtlich der Input-Output-Tabelle zu berechnen.

Wie in Abbildung 4 zu erkennen ist, führt die Berücksichtigung zusätzlich induzierter Emissionen zu einer Verringerung der potenziellen Kohlenstoffdioxid-Reduktion der diskutierten Maßnahmen. Das ursprüngliche Vermeidungspotenzial (gepunkteter Linienzug) reduziert sich auf ein neues, tieferes Niveau bei gleichzeitiger Erhöhung der Grenzvermeidungskosten (solider Linienzug).

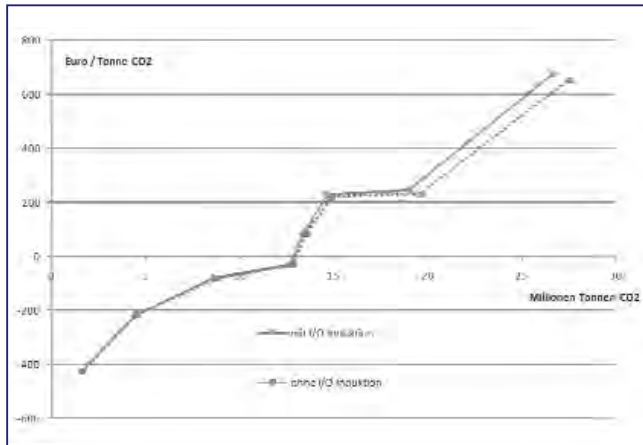
Offensichtlich reduziert sich das Gesamtvermeidungspotenzial im Falle zusätzlicher Input-Output induzierter Emissionen von 27,5 auf 26,7 Megatonnen. Hinsichtlich der Wirkungen einer Integration der I/O-Effekte unterscheiden sich die Maßnahmen zum Teil sehr deutlich. Während sich die Wirkungsverluste bei den LKWs und bei der Produktion erneu- →

Abbildung 3: Struktur des SEPE Modells



Quelle: Eigene Darstellung

Abbildung 4: Veränderung des Kohlenstoffdioxid-Vermeidungspotenzials und der Grenzvermeidungskosten unter Berücksichtigung der Input-Output Verflechtungen



Quelle: Eigene Darstellung

erbaren Stroms durch Windkraft beziehungsweise Biomasse in relativ engen Grenzen halten, weisen die übrigen Potenziale erhebliche Wirkungsminderungen auf.

Speziell im Fall der thermischen Sanierung im Wohnbereich ist jedoch darauf hinzuweisen, dass das SEPE-Modell derzeit noch keine unterschiedlichen Gebäudeklassen zulässt, also unterstellt wird, alle Gebäude, je nach Zurechnung Mehrfamilienhaus oder Einfamilienhaus, ungeachtet ihrer derzeitigen Energieeffizienz auf das bestmögliche Niveau zu sanieren. Dies stellt selbstverständlich eine grobe Vereinfachung der Tatsachen dar, da ökonomischen und technischen Überlegungen folgend natürlich die Sanierung schlecht wärmegeämmter Gebäude, zum Beispiel der Baujahre 1945 bis 1980, Priorität haben muss.

Generell erfordert jede wirtschaftliche Aktivität spezifische Arten der Bereitstellung von Nutzenergie, die ihrerseits mittels unterschiedlicher Energieträger verfügbar gemacht werden. Werden Mehrfamilienhäuser thermisch saniert, sind insbesondere Wirtschaftssektoren, die mit der Herstellung von Isolationsmaterialien betraut sind, sowie der Bausektor betroffen (Kletzan/Steininger 2006). Da jeder Wirtschaftssektor ein typisches Energieverbrauchsprofil aufweist, ergeben sich je nach Energieträger unterschiedliche Nachfragewirkungen. Von der Mehrfamilienhaus-Maßnahme sind vor allem die Energieträger Koks, Benzin, Diesel, Naturgas sowie elektrische Energie stark betroffen, weil diese insbesondere vom Bausektor stärker nachgefragt werden als andere.

Das oben erwähnte Analyseniveau bietet daher auch die Möglichkeit, neben Schlussfolgerungen über die Wirksamkeit hinsichtlich der Kohlenstoffdioxid-Reduktionspotenziale, aufgrund der Gliederung nach Energieträgern auch Aspekte der Versorgungssicherheit und Energiebereitstellung mit einzubeziehen. Demgemäß wären dann, bei gleicher angenommener Reduktionswirkung, jene Maßnahmen vorzuziehen, deren zusätzlich induzierte Energienachfrage tendenziell besser durch Inlandsproduktion befriedigt werden kann.

Vermeidungspotenziale ausnutzen

Die empirischen Ergebnisse dieses Beitrags liefern einen deutlichen Befund dafür, dass mit dem Standardansatz berechnete Kohlenstoffdioxid-Vermeidungspotenziale signifikant von den tatsächlich erzielbaren Werten abweichen können. Wie stark der messbare Unterschied ausfällt, hängt insbesondere davon ab, welche Wirtschaftsgüter durch neue, energieeffizientere ersetzt werden. Der Restnutzungsdauer kommt hierbei besonderes Gewicht zu. Je früher ein altes Gerät gegen ein neues ausgetauscht wird, desto schlechter entwickelt sich die Gesamtemissionsbilanz. Es ist daher bei der Auswahl energiepolitischer Maßnahmenpakete insbesondere darauf zu achten, dass vor allem jene Geräte und Anlagen ersetzt werden, deren technische Lebensdauer sich dem Ende zuneigt und demnächst ohnehin eine Ersatzinvestition stattfinden muss. Erst der zielgenaue Austausch am Ende der Lebensdauer einer Technologie durch eine auf dem neuesten Effizienzstandard beruhende, führt zur Ausschöpfung des größtmöglichen Kohlenstoffdioxid-Emissionsreduktionspotenzials.

Vor diesem Hintergrund ist auch die gerade besonders aktuelle Diskussion um eine PKW-Verschrottungsprämie zu sehen, deren teilweise behauptete Umweltfreundlichkeit im Lichte der Ergebnisse der vorliegenden Arbeit besonders kritisch zu hinterfragen ist.

Literatur

- Kletzan, D. / Steininger, K.: Gesamtwirtschaftliche Effekte der klimarelevanten Maßnahmen im Rahmen der Umweltförderung im Inland 2004. Österr. Inst. für Wirtschaftsforschung. Wien 2006.
- McKinsey: Kosten und Potenziale der Vermeidung von Treibhausgasemissionen in Deutschland. Berlin 2007.
- Sonntag, A.: Ganzheitliche Evaluation der Emissionsauswirkungen energiepolitischer Maßnahmen mittels I-O Analyse. 6. Internationale Energiewirtschaftstagung. Wien 2009.
- Statistik Austria: Input-Output-Tabelle 2000. Wien 2004
- Thomas, S.: Optionen und Potentiale für Endenergieeffizienz und Energiedienstleistungen. Wuppertal 2006.

AUTOREN + KONTAKT

Uwe Schubert ist Universitätsprofessor i.R. am Institut für Regional- und Umweltwirtschaft an der Wirtschaftsuniversität Wien.

Wirtschaftsuniversität Wien, Augasse 2-6, 1090 Wien, Österreich. Tel.: +43 1 31336-4847, E-Mail: uwe.schubert@wu-wien.ac.at

Axel Sonntag ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Department für Volkswirtschaft der Wirtschaftsuniversität Wien.

Wirtschaftsuniversität Wien, Augasse 2-6, 1090 Wien, Österreich. Tel.: +43 1 31336-5822, E-Mail: axel.sonntag@wu-wien.ac.at



(c) 2010 Authors; licensee IÖW and oekom verlag. This is an article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial No Derivates License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.