

# ESC-NEWS

Newsletter des Energy Science Center der ETH Zürich | Juni 2011

## Der Blick aufs Ganze

Immer wieder sehen sich Entscheidungsträger vor die Aufgabe gestellt, bei der Optimierung von Prozessen oder Investitionsentscheidungen zwischen Alternativen wählen zu müssen, die unterschiedliche Umweltwirkungen haben. Ein hilfreiches Instrument in solchen Situationen sind Ökobilanzen. Sie liefern die nötigen Daten, um verschiedene Optionen umfassend miteinander vergleichen zu können.

### **Auch die Forschung an der ETH befasst sich mit dem Thema Ökobilanzen. Anhand von konkreten Fallbeispielen wird das Instrument kontinuierlich weiterentwickelt. So wird etwa versucht, räumlich unterschiedliche Wirkungen besser in die Modelle zu integrieren.**

Von Felix Würsten

Ein Kilogramm Abfall enthält im Schnitt 350 Gramm Kohlenstoff. Wird dieser Abfall in einer Kehrichtverbrennungsanlage (KVA) verbrannt, entstehen 1,27 Kilogramm CO<sub>2</sub>, wovon 40 Prozent oder 510 Gramm als fossiles CO<sub>2</sub> die Umwelt belasten. Diese negative Auswirkung lässt sich minimieren, wenn der Abfall energetisch verwertet wird. Wird in der Schweiz die Abwärme in einer effizienten KVA zur Stromproduktion genutzt, kann bis zu 100 Gramm fossiles CO<sub>2</sub> eingespart werden. Wird hingegen die Abwärme konsequent genutzt und auf die Stromproduktion verzichtet, lässt sich im günstigen Fall bis zu 230 Gramm CO<sub>2</sub> einsparen. Auch die stoffliche Rückgewinnung von Metallen wie Aluminium, Kupfer oder Eisen, die normalerweise mit hohem Energieaufwand aus primären Rohstoffen hergestellt werden, kann den CO<sub>2</sub>-Ausstoss reduzieren. Für den KVA-Betreiber stellt sich nun die Frage: Mit welchen Massnahmen lässt sich der CO<sub>2</sub>-Ausstoss wie stark reduzieren? Und mit welchen Kosten ist dies verbunden?

#### **Alternativen gegeneinander abwägen**

Ein wirksames Instrument, um solche Fragen zu klären, sind Ökobilanzen, auch Life Cycle Assessments (LCA) genannt. Mit diesem Instrument können unterschiedlichste Umweltwirkungen von Produkten und Prozessen über den gesamten Lebenszyklus hinweg quantifiziert werden. Dazu gehören beispielsweise der Energieverbrauch, der CO<sub>2</sub>-Ausstoss, der Land- und Wasserverbrauch, der Einsatz von Ressourcen oder die Belastung der Umwelt und der Menschen durch toxische Stoffe. Diese Quantifizierung liefert dann die Entscheidungsgrundlagen, um Prozesse zu optimieren oder Investitionsentscheidungen zu treffen.

Ökobilanzen haben in den letzten Jahren stark an Akzeptanz gewonnen. Immer mehr Firmen nutzen dieses Instrument, um umweltrelevante Entscheidungen zu treffen, und auch die Gesetzgeber haben erkannt, dass mit diesem Werkzeug sinnvolle Grundlagen für regulatorische Entscheidungen erstellt werden können. Die meisten Ökobilanzen, so erklärt Stefanie Hellweg, Professorin am Institut für Umweltingenieurwissenschaften, werden dazu genutzt, zwischen mehreren Produkten oder Prozessen zu wählen oder möglichst effektiv ökologische Verbesserungen über

den Lebensweg von Produkten oder Prozessen vorzunehmen. Hierzu werden für alle Alternativen drei Fragen beantwortet: Wie viele Ressourcen werden verbraucht? Welche Auswirkungen haben die Massnahmen auf die menschliche Gesundheit? Und wie wirken sie auf die Ökosysteme? Problematisch wird es vor allem dann, wenn die Bilanzierung der verschiedenen Kategorien zu Widersprüchen führt. In solchen Fällen braucht es letztlich eine expertenbasierte, politische oder unternehmerische Entscheidung, welche Aspekte stärker gewichtet werden sollen.

#### **Wirkungsketten besser verstehen**

Aus Sicht der Wissenschaft gibt es noch in verschiedenen Bereichen Forschungsbedarf, erklärt Hellweg: Zum einen fehlen bei vielen Aspekten noch konkrete und verlässliche Zahlen. Zum anderen stellt sich die Frage, ob die Wirkungsketten in den Modellen auch richtig abgebildet werden. So versteht man beispielsweise noch nicht genügend gut, wie sich Mischungen von Chemikalien auf die Ökosysteme oder den Menschen auswirken. Schliesslich ist auch die Modellierung von technischen Systemen eine grosse Herausforderung. Es gilt, solche Systeme möglichst einfach abzubilden, aber den Verbrauch an Ressourcen und die Emissionen dennoch richtig zu erfassen. «LCAs sind interessant, weil sie das ganze Bild berücksichtigen», erklärt Hellweg. «Bei der erwähnten KVA beispielsweise kann man auf diese Weise klären, bei welchen Materialien sich eine stoffliche Verwertung lohnen würde.»

Ein wichtiges Thema in Hellwegs Forschungsarbeit ist die Regionalisierung. Bisher hat man die verschiedenen Umweltwirkungen einfach zusammengezählt, egal wo sie anfallen. Dieses Vorgehen ist beispielsweise bei CO<sub>2</sub> legitim. Doch beim Wasserverbrauch, der Toxizität oder dem Landverbrauch sind solche Generalisierungen nicht zulässig. Ein hoher Wasserverbrauch beispielsweise hat in trockenen Gebieten einen viel grösseren Effekt als in einem Land wie der Schweiz, das weitgehend über genügend Wasser verfügt. «Wir versuchen, die verschiedenen Ressourcenverbräuche und Emissionen spezifisch zu gewichten, damit ein örtlich differenziertes Bild entsteht», erklärt Hellweg.

## Nachhaltiges Ressourcenmanagement in energieintensiven Industrien

Carl O. Vadenbo, Michael E. Boesch, Stefanie Hellweg

Die Produktion von Zement und Stahl ist für 26 Prozent der gesamten Energieendnachfrage in der Industrie und für 12 Prozent der globalen anthropogenen CO<sub>2</sub>-Emissionen verantwortlich. Obwohl der Energieverbrauch pro Tonne Zement und Stahl in den letzten Jahrzehnten gesunken ist, sind die absolute Energienachfrage und die CO<sub>2</sub>-Emissionen aufgrund der höheren Produktionsmengen gestiegen. In den letzten Jahren hat die Mitverwertung von alternativen Brenn- und Rohstoffen (d.h. die Substitution primärer Ressourcen durch Industrie- und Siedlungsabfälle) zunehmende Beachtung erfahren. Die Mitverwertung von Abfällen reduziert den Verbrauch von primären Ressourcen und schliesst den Kreislauf für Abfallstoffe. Es ist jedoch eine sorgfältige Berücksichtigung der Abfallkontaminierung durch organische Substanzen und Schwermetalle erforderlich, um eine Zunahme toxischer Emissionen aus dem industriellen Prozess zu verhindern und einen vermehrten Schadstoffübergang in die Produkte zu vermeiden. Um ein komplettes Bild der ökologischen Vor- und Nachteile der Abfallmitverwertung zu erhalten, müssen auch die Lieferketten der Ressourcen berücksichtigt werden. Dazu gehören sowohl die Gewinnung und der Transport der primären Ressourcen als auch die Abfallaufbereitung, z.B. Trocknen, Zerkleinern oder Vermischen. Zur Durchfüh-

rung derart umfangreicher Umweltanalysen wird die Methodik der Ökobilanz angewendet.

In diesem Forschungsprojekt werden in Zusammenarbeit mit den jeweiligen Industriezweigen Massenflussmodelle für die Zement- und Stahlproduktion sowie für Abfallbehandlungsprozesse erstellt. Die Modelle werden mit Ökobilanzdaten kombiniert, um Informationen über direkte und indirekte Umweltauswirkungen zu erhalten. Die Ökobilanzmodelle ermöglichen die Analyse alternativer Prozesskonfigurationen innerhalb eines Industriezweigs, sowie industrieübergreifende Vergleiche zur Mitverwertung von Abfällen und zur Abfallbehandlung. Mithilfe von Indikatoren wie CO<sub>2</sub>-Bilanz, kumulierter Exergieaufwand oder Humantoxizität und Ökotoxizität werden die ökologischen Auswirkungen ausgewertet und verglichen. Desweiteren können Abhängigkeiten von Parametern wie Transportentfernung oder Prozessenergiebedarf festgestellt werden.

Die Industrie verwendet diese Modelle, um die Zement- und Stahlproduktion ökologisch zu optimieren und den Ressourcenverbrauch zu senken. Ausserdem können die Modelle Behörden bei der Definition von regionalen und nationalen Strategien für das Ressourcen- und Abfallmanagement unterstützen. Die zukünftige Forschung wird sich auf die Optimierung des regionalen Ressourcen- und Abfallmanagements richten. Insbesondere sind Fallstudien in Schwellenländern geplant, um das Abfallmanagement und damit letztendlich das Ressourcenmanagement zu verbessern. Das Projekt wird unterstützt von BFE, BAFU, Holcim, voestalpine Stahl, VBSA und UNIDO.

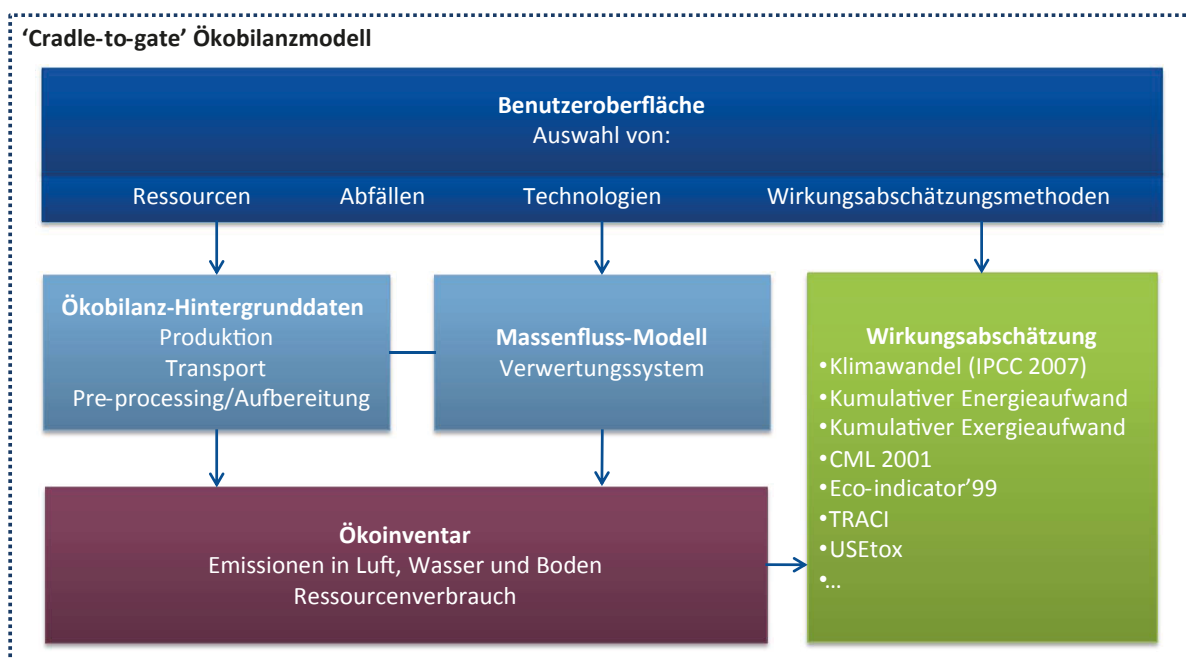


Abbildung: Struktur der Massenfluss-basierten Ökobilanzmodelle von Abfallverwertungs- und Entsorgungsprozessen

## THELMA: Haushaltsnachfrage auf kommunaler Ebene

**Wissenschaftlicher Beitrag der Forschungsgruppe für ökologisches Systemdesign zum Projekt THELMA von CCEM/swisselectric.**

**Text: Dominik Saner**

Das Projekt THELMA wird vom Kompetenzzentrum für Energie & Mobilität (CCEM) und swisselectric Research finanziert. Der Name steht für «Technology-centered Electric Mobility Assessment» (Technologiezentrierte Bewertung der Elektromobilität). Das Projekt bewertet die Auswirkungen eines weitverbreiteten Einsatzes von Elektrofahrzeugen in der Schweiz (<http://thelma-emobility.net/>). Projektpartner sind PSI-LEA, EMPA-LCAM, LAV und PSL. Die Gruppe für ökologisches Systemdesign führt in enger Zusammenarbeit mit dem Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT) regionale Fallstudien durch. Ziel dieser Arbeit ist die Modellierung, Bewertung und Minimierung der ökologischen Auswirkungen der aktuellen und zukünftigen Haushaltsnachfrage auf kommunaler Ebene, wobei die Einführung der Elektromobilität in den breiteren Kontext der allgemeinen privaten Nachfrage wie Mobilität, Wohnen und Ernährung eingebettet wird. Es werden Ökobilanzen aufgestellt, um Strategien zur Minimierung der gesamten ökologischen Auswirkungen zu identifizieren.

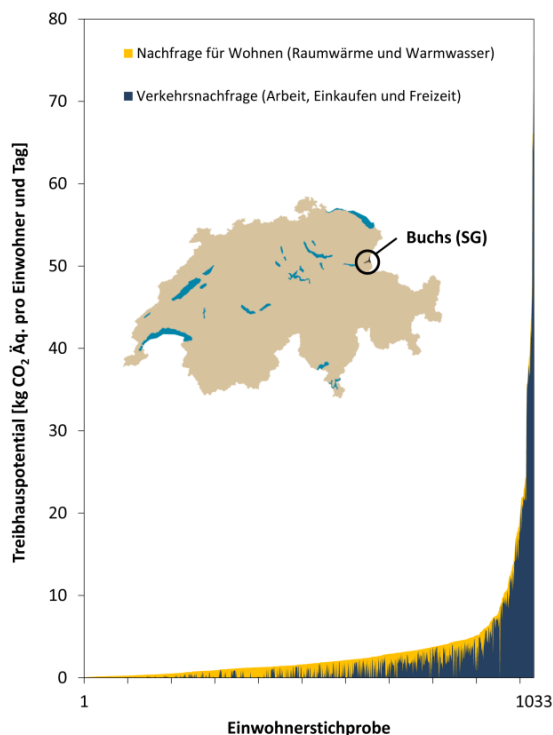


Abbildung 1: Treibhausgaspotential der Wohn- und Verkehrsnachfrage einer zehnpromtigen Einwohnerstichprobe von Buchs (SG).

Daten von MATSim, einer vom IVT entwickelten agentenbasierten Transportsimulation, und vom eidgenössischen Wohnungsregister wurden kombiniert, um die haushaltsspezifische Nachfrage nach Mobilität (d.h. öffentlicher Verkehr und Individualverkehr) und Wohnen (d.h. Raumwärme und Warmwasser) zu modellieren. Als Beispiel wurden die ökologischen Auswirkungen bewertet, die in Buchs verursacht werden, einer Gemeinde im Kanton St. Gallen. Für die Berechnung wurden aus rechnerischen Gründen nur die Daten von 10 Prozent der Einwohner berücksichtigt. Die CO<sub>2</sub>-Äquivalent-Emissionen pro Einwohner für einen Tag im November werden in Abbildung 1 dargestellt. Sie legen nahe, dass einige Menschen hohe Mobilitätsemissionen durch niedrige Wohnemissionen kompensieren, und umgekehrt. Abbildung 2 zeigt, dass in der gegenwärtig nur 20 Prozent der Einwohner für 46 Prozent der CO<sub>2</sub>-Äquivalent-Emissionen durch Wohnen und für 83 Prozent dieser Emissionen durch private Mobilität verantwortlich sind.

Ein veranschaulichendes Ceteris-paribus-Szenario, in dem Autofahrten unter 15 km mit elektrischen Stadtautos durchgeführt werden, wurde ebenfalls modelliert. Unter dieser Annahme würden etwa 11 Prozent der Mobilitätsemissionen eingespart, sofern der aktuelle Stromversorgungsmix für Buchs

Fortsetzung Seite 8, rechte Spalte

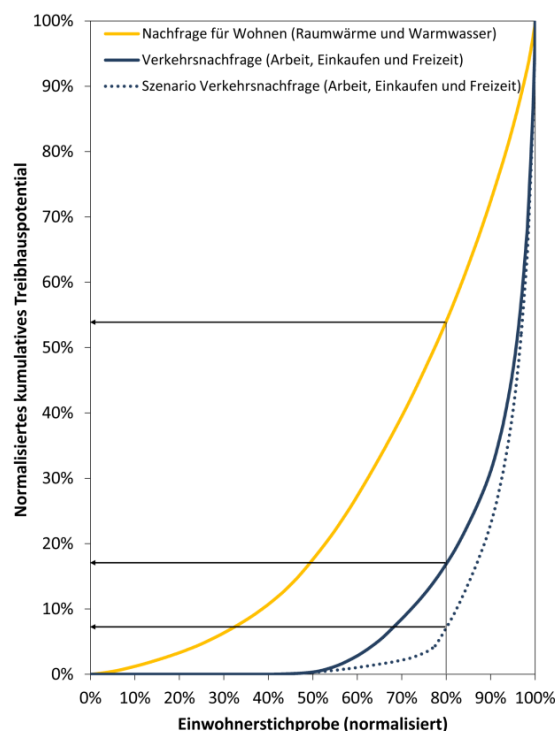


Abbildung 2: Normalisierte kumulierte Treibhausgaspotentiale für Wohn- und Verkehrsnachfrage.

## Süsswasserverbrauch von Stromerzeugern in den Vereinigten Staaten

Chris Mutel, Stephan Pfister und Stefanie Hellweg

Der Konsum von Süsswasser kann beträchtliche ökologische Auswirkungen nach sich ziehen. Nach der Landwirtschaft ist die Stromerzeugung derjenige Industriezweig, der am meisten Süsswasser verbraucht. In diesem Projekt wurden fast 5000 Stromerzeugungsanlagen ökologisch bewertet, um die Auswirkungen des Wasserkonsums und deren regionale Verteilung zu quantifizieren.

Die Stromerzeugung durch Wasserkraft wurde in Abhängigkeit von Klima, Tiefe und Oberfläche der Speicherbecken modelliert. Bei Flusskraftwerken wurde die zusätzliche Verdunstung als vernachlässigbar betrachtet.

Auch der Wasserkonsum von Atom- und fossilen Kraftwerken wurde berechnet. Bei diesen Kraftwer-

ken werden verschiedene Kühlsysteme verwendet, z.B. Durchlaufsysteme, die erwärmtes Wasser direkt an die Gewässer abgeben, oder Trockenkühltürme, die fast kein Wasser verdunsten und oft in Regionen mit Wasserknappheit eingesetzt werden. Auch das Temperaturprofil muss berücksichtigt werden. Atomkraftwerke verdunsten zum Beispiel bis zu fünfmal so viel Wasser pro Megawattstunde wie Gaskraftwerke.

Unsere Forschungsgruppe hat ausserdem Karten zu den weltweiten Auswirkungen des Süsswasserverbrauchs erstellt. Diese Karten zeigen verschiedene Werte für die Schäden an der menschlichen Gesundheit, an Ökosystemen und an Grundwasservorkommen für über 11 000 Wassereinzugsgebiete. Wir können diese räumlich differenzierten Faktoren von ökologischen Auswirkungen mit Datenbanken zur Energieerzeugung und unseren Modellen kombinieren, um die Auswirkungen des Süsswasserverbrauchs durch die Stromerzeugung zu berechnen.

Fortsetzung Seite 8, linke Spalte

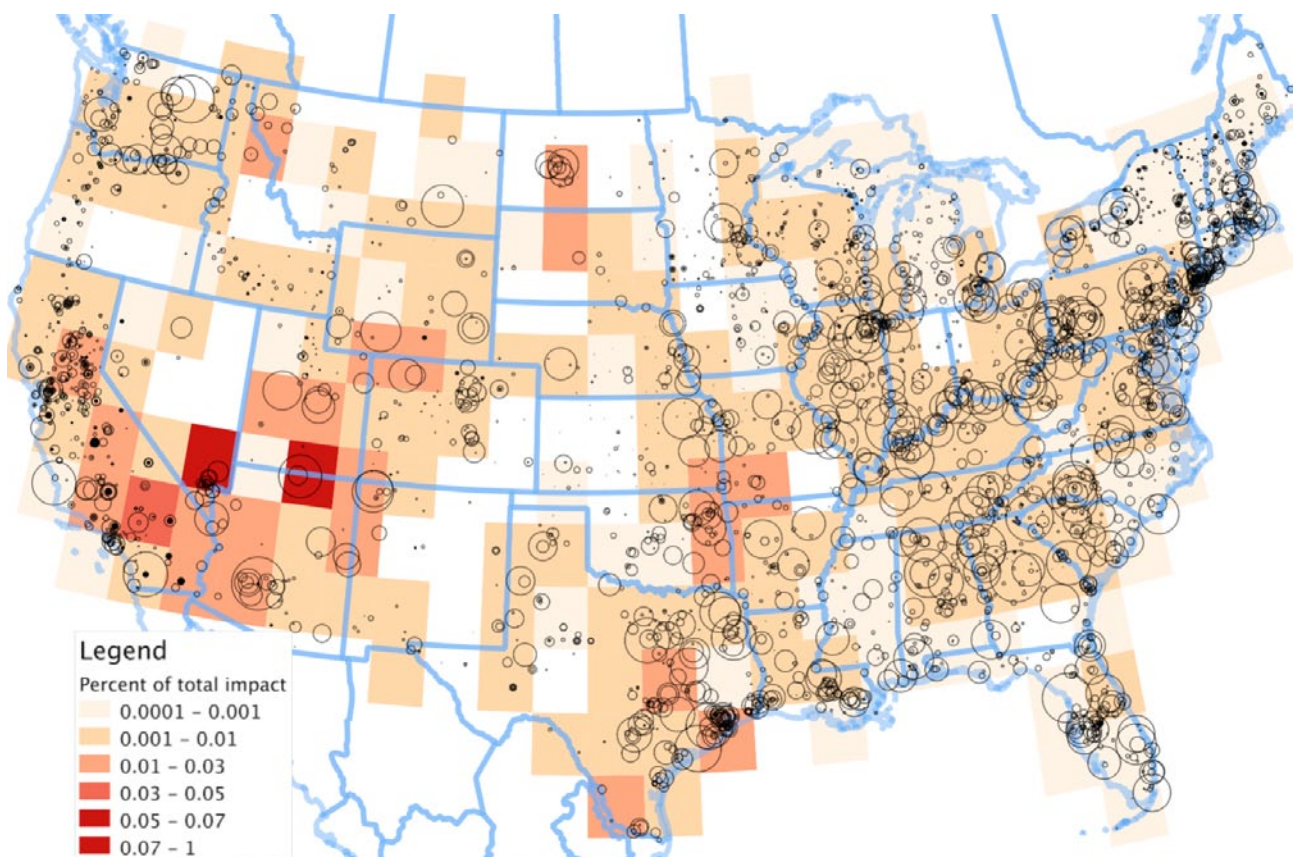


Abbildung: Regionale Verteilung der Schäden an Ökosystemen durch den Süsswasserverbrauch des Stromerzeugungsmixes in den Vereinigten Staaten. Die schwarzen Kreise stellen einzelne Anlagen dar, ihre Grösse entspricht der gesamten Jahreserzeugung.

## CO<sub>2</sub>-Bilanz von Nahrungsmitteln und Getränken: Weintransport aus der Neuen Welt

**Text: Manuel Pauli, Dominik Saner und Franziska Stössel**

Nahrungsmittel und Getränke verursachen 20–40 Prozent des europäischen Ausstosses von Treibhausgasen und ungefähr 70 Prozent des weltweiten Süsswasserverbrauchs. Um den ökologischen Fussabdruck zu verkleinern, werden in Zusammenarbeit mit Supermarktketten und Lebensmittelverarbeitern sowie mit Modellen (z.B. zur Abschätzung des Wärmebedarfs von Treibhäusern für den Gemüseanbau) Ökobilanzen erstellt. Energiebedarf und Ausstoss von CO<sub>2</sub>-Äquivalent-Emissionen verschiedener Stufen in der Lebensmittelverarbeitung werden entweder modelliert oder mit empirischen Daten abgeschätzt. Während für viele Nahrungsmittel die landwirtschaftliche Produktion aus ökologischer Sicht die relevanteste Phase ist, gibt es auch Erzeugnisse, bei denen der Transport den Hauptanteil der Auswirkungen auf die Umwelt ausmacht. Ein solches Beispiel ist Wein, für den in vielen Fällen Verpackung und Transport die Gesamtauswirkungen dominieren.

Traditionell wurde Wein vor allem innerhalb von Europa gehandelt. Seit einigen Jahrzehnten jedoch steigen auch die Importe aus Übersee an. Die steigende Menge von Weinen aus der Neuen Welt auf europäischen Märkten, verbunden mit einem steigenden Umweltbewusstsein, wirft folgende Frage auf: Sind

Weine aus der Alten Welt, die in Europa konsumiert werden, in Sachen Transport umweltfreundlicher als aus Übersee importierte Weine aus der Neuen Welt?

Um den ökologischen Fussabdruck für den Transport vom Weingut zum Detailhändler zu bestimmen und zu verkleinern, wurden Transportdaten von Weingütern in Argentinien, Australien, Südafrika und Kalifornien gesammelt. Die ökologischen Fussabdrücke der Logistik für Weine aus der Neuen Welt wurden mit denjenigen, die durch den Transport einer Flasche Wein innerhalb Europas entstehen, verglichen. Sie werden in Breakeven-Distanzen ausgedrückt, welche die Transportdistanz in einen gleichwertigen Ausstoss von CO<sub>2</sub>-Äquivalent-Emissionen übersetzt. Die Breakeven-Distanzen für in der Schweiz konsumierte Weine sind auf einer Karte dargestellt. Die Abbildung links zeigt, dass eine Flasche Wein, die per Lastwagen z. B. aus Zentralspanien oder aus Süditalien importiert wird, in Sachen Transport einen ähnlichen ökologischen Fussabdruck hat wie eine aus Südafrika per Schiff importierte Flasche Wein. Hingegen sind europäische Weine den kalifornischen vorzuziehen (Abbildung rechts).

Die Umstellung von Lastwagen auf wirtschaftlichere Fahrzeuge wie Frachtzüge und Schiffe mit tiefem Treibstoffverbrauch pro Kilogramm transportierter Güter kann den ökologischen Fussabdruck der Logistik drastisch verkleinern. Darüber hinaus wird Weingütern empfohlen, das Gewicht pro Weinflasche zu verringern oder aber die Ladekapazität besser zu nutzen, indem Wein in grossen Mengen transportiert wird, zum Beispiel mittels so genannter Flexi-Tanks.

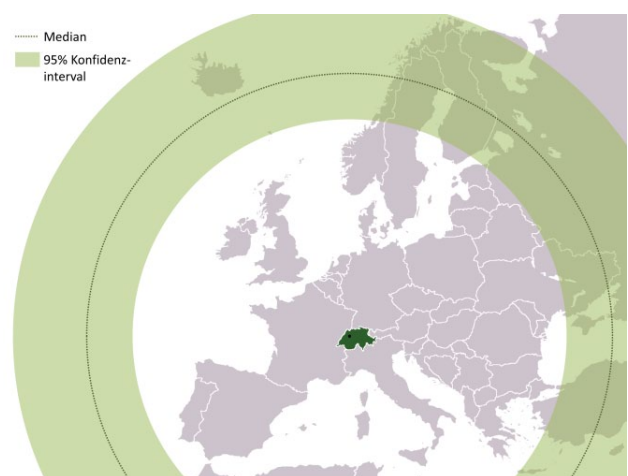


Abbildung: Mittlere Breakeven-Distanzen mit 95-Prozent-Konfidenzintervallen (zeigt die Parameterunsicherheit der Ökobilanzdaten) für in die Schweiz importierte Weine aus Südafrika (links) und Kalifornien (rechts).

## Schätzung des Energiebedarfs für die Chemieproduktion innerhalb der Ökobilanz

Gregor Wernet, Stefanie Hellweg und Konrad Hungerbühler

In der Chemieproduktion wird die Massenflussanalyse benutzt, um die Auswirkungen auf die Umwelt durch Minimierung des Materialeinsatzes zu reduzieren. Im Vergleich dazu ist der Energieverbrauch jedoch noch schlecht untersucht: In vielen chemischen Fabriken wird die Energie nicht bei Arbeitsgängen oder auf Produktebene gemessen, sondern nur für ganze Gebäude. Zusätzlich zu diesem Informationsmangel sind die vorhandenen Daten häufig vertraulich. Deshalb sind Angaben zum Energieverbrauch oft nur spärlich vorhanden. Dies macht es schwierig zu bestimmen, wie viel Energie ein bestimmter chemischer Prozess verbraucht. Das Bedürfnis, diesen Datenmangel zu beheben, entsteht aus der grossen Bedeutung des Energieverbrauchs für die Chemieproduktion. Eine unserer Studien zeigt, dass der Löwenanteil der Auswirkungen auf die Umwelt in der Chemieproduktion in Europa oft auf das Konto der Energienutzung geht, besonders bei komplexen organischen Molekülen. Um den Energiebedarf der vielen tausend gebräuchlichen Chemikalien schätzen zu können, wurde für den Einsatz in der Ökobilanz ein Ansatz entwickelt, der von den Anwendern nur wenige Informationen verlangt. Das von der Gruppe Sicher-

heits- und Umwelttechnik in Zusammenarbeit mit der Gruppe Ökologisches Systemdesign (beide ETH) entwickelte Finechem-Programm nutzt neuronale Netze und einen Trainings-Datensatz von mehreren hundert Chemikalien aus der Industrie und der Ecoinvent-Datenbank. Das Programm ermöglicht eine Abschätzung des Energiebedarfs für die Produktion der Chemikalie ausschliesslich basierend auf der Molekularstruktur der Chemikalie sowie der Auswirkungen auf die Umwelt im Bilanzraum cradle-to-gate. Deshalb funktioniert der Ansatz sogar bei unbekannter Syntheseroute oder wenn wegen mangelnder Messungen oder aus Vertraulichkeitsgründen keine Produktionsdaten vorliegen. Ein Nachteil dieses Ansatzes ist, dass er einer Black Box gleicht. Um transparentere Daten zu generieren, versucht ein laufendes Dissertationsprojekt (Cecilia Pereira) in der Gruppe Sicherheits- und Umwelttechnik, Daten zum Energiebedarf verschiedener Verfahren zu ermitteln. In einem ersten Schritt werden die Arbeitsgänge und die daran beteiligten Reaktionen bestimmt. Danach werden reaktionsspezifische Modelle und empirische Daten verwendet, um den Energiebedarf auf der Ebene der Verfahrensstufen einzuschätzen. Diese können für verschiedene Reaktionen entwickelt werden, denn der Energiebedarf hängt oft stärker von der Art der Reaktion als von den spezifischen Reaktanten ab.

Ecoinvent-Datenbank:

» [www.ecoinvent.ch](http://www.ecoinvent.ch)

Finechem-Programm:

» [www.sust-chem.ethz.ch/tools/finechem](http://www.sust-chem.ethz.ch/tools/finechem)

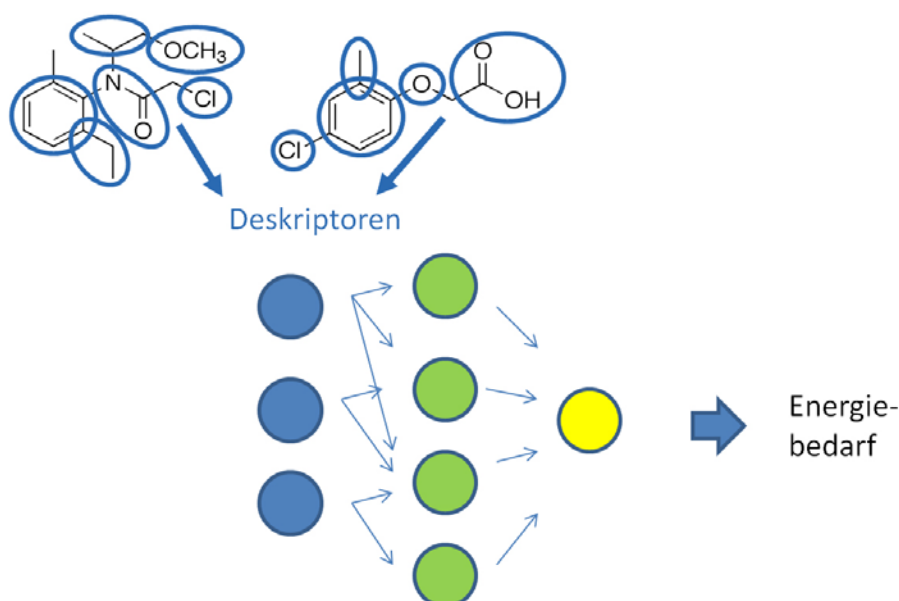


Abbildung: Molekularmerkmale werden in ein neuronales Netz eingespiert, welches den Energiebedarf für die Produktion berechnet.

### Fortsetzung von Seite 5

Wie erwartet werden bedeutende Umweltschäden von grossen Erzeugern in Gebieten mit Wasserknappheit verursacht. Sowohl Speicherbecken von Wasserkraftanlagen als auch Kohlekraftwerke im Südwesten der USA tragen zu mehr als der Hälfte der durch den Stromerzeugungsmix verursachten Gesamtschäden am Ökosystem des ganzen Landes bei. Signifikant sind auch Speicherbecken von Wasserkraftanlagen mit sehr grossen Stauflächen im Norden, sowie Wasserkraftanlagen und Kohlekraftwerke in Texas. Die Abbildung zeigt die regionale Verteilung der Schäden am Ökosystem durch den Erzeugungsmix. Für den Ressourcenverbrauchsindikator werden grosse Auswirkungen im Südwesten und Florida beobachtet, während die menschliche Gesundheit nur durch Erzeuger beeinträchtigt wird, die Wasser aus Flüssen entnehmen, welche nach Mexiko fliessen.

Die Ergebnisse können zur ökologischen Entscheidungsunterstützung bei der Standortwahl und Ausgestaltung von zukünftigen Anlagen sowie auch bei der Verbesserung von bestehenden Kraftwerken eingesetzt werden, um den Wasserkonsum und die damit verbundenen ökologischen Auswirkungen effizient zu reduzieren.

### Fortsetzung von Seite 4

für den Betrieb der Elektroautos verwendet werden kann. Kommende Forschungsarbeiten im Rahmen von THELMA werden auch zukünftige Veränderungen berücksichtigen, die auf konsistenten Zukunftsszenarien basieren. Zusätzlich wird die kommunale Haushaltsnachfrage auf zusätzliche ökologische Auswirkungen hin bewertet (z.B. Feinstaubbildung, kumulativer Exergieaufwand oder ökologische Verknappung), um mögliche ökologische Kompromisse verschiedener Nachfragestrategien offenzulegen.

#### Save the dates

##### 1. Juli 2011

ESC Special Colloquium in collaboration with CCEM  
Igor Lubomirsky - Weizmann Institute of Science, Israel

“High Efficiency Electrochemical Reduction of CO<sub>2</sub> to CO for Long Term Energy Storage”

ETH Zürich, Hauptgebäude, E 1.2

12:15 – 13:15

[www.esc.ethz.ch/events/colloquia](http://www.esc.ethz.ch/events/colloquia)

##### 2. September 2011

Die Energiezukunft nachhaltig gestalten  
Chancen und Herausforderungen für die Schweiz  
ETH Zürich, Hauptgebäude

[www.cces.ethz.ch/energiegesprach](http://www.cces.ethz.ch/energiegesprach)

##### 21. – 23. September 2011

Smart Energy Strategies Conference 2011

ETH Zürich, Hauptgebäude, Audimax

[www.esc.ethz.ch/ses11](http://www.esc.ethz.ch/ses11)

#### Impressum

Energy Science Center

ETH Zürich, MLK20

8092 Zürich

[www.esc.ethz.ch](http://www.esc.ethz.ch)

#### Herausgeber

Energy Science Center

[news@esc.ethz.ch](mailto:news@esc.ethz.ch)

#### Bildnachweis

Titelbild: NASA

#### Übersetzungen

editranslate, Zürich

Juni 2011