

DISS. ETH NO. 18741

# Integration of Rebound Effects into LCA

## Analysis of the Environmental Impact of Product-Consumption Interactions

A dissertation submitted to the  
SWISS FEDERAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY ZURICH  
for the degree of  
Doctor of Sciences

presented by  
BASTIEN GIROD  
Master of Sciences ETH  
born December 21<sup>st</sup>, 1980 in Geneva  
citizen of Switzerland

accepted on the recommendation of  
Prof. Dr. Roland W. Scholz, examiner  
Prof. Cornelis Blok, co-examiner  
Dr. Peter de Haan, co-examiner

2009

## Summary

Environmental impacts are caused by products (incl. technologies) and their demand (consumption). While past environmental problems could be mitigated primarily by modifying the products (e.g. ozone hole, acid rain), the role of demand in current and future environmental problems (e.g. climate change, resource depletion) is increasing in relevance. This thesis focused on the integration of the demand side into the assessment of environmental impact, in particular, on the integration of rebound effects into Life Cycle Assessment (LCA). The reduction of the environmental impact of a product is often coupled with other modifications of the product's characteristics. The latter can trigger new demand that compensates for the intended reduction of environmental impact – the so-called rebound effect. To guide decision making towards lower overall environmental impact, the LCA of products should anticipate such rebound effects. Three of the four publications in the thesis focus on different issues relating to this task. The fourth publication, also completed during the thesis writing period, focuses on the IPCC scenarios, which describe the global greenhouse gas (GHG) emissions resulting from different projections for societal consumption needs and its interaction with different product development paths.

*Consumption-as-usual instead of ceteris paribus – integration of rebound effects into LCA:* This article introduces the *consumption-as-usual* concept, which assumes that household resources like expenditure, time or storage volume for products are not influenced by the improvement of the environmental efficiency of the products. This means, for instance, that the expenditure on consumption remains the same if a product becomes cheaper as a byproduct of reducing its environmental impact. As a consequence, consumption increases, either by increasing demand for the same product (direct rebound) or for other products (indirect rebound).

*More or better? A model for changes in household GHG emission due to higher income:* To assess the indirect rebound effect, the GHG emission caused by additional income must be known. To study marginal consumption and its GHG emissions, consumption in functional units was derived from the Swiss income and expenditure survey and connected to LCA data. It revealed that because of higher quality level of consumption with increasing income, the GHG emissions increase is below average GHG intensity of expenditure. In addition changing consumption with increasing income shows a trend towards increased expenditure for eating out, goods, service and mobility.

*GHG reduction potential of changes in consumption pattern and higher quality: Evidence from the Swiss household survey:* The variance in GHG emissions from household consumption was evaluated using the same method connecting LCA and the consumption survey: Comparing the 10% of households with the highest GHG emissions per capita with the lowest 10% – controlling for differences in expenditure level and household structure – a range from 5–17 tons of CO<sub>2</sub>-equivalent per capita and year was found. Therefore the rebound effect also depends on the consumer group.

*The evolution of the IPCC's emission scenarios:* This article evaluates the structure and description of the IPCC scenarios series as well as the development procedure. Beside improvements in method and participation, shortcomings were found, mainly regarding the connection of qualitative and quantitative scenarios aspects and the subsequent distortion during governmental review.

Concluding remarks highlight the conceptual and empirical findings of this thesis as well as challenges and limitations considering the proposed integration of rebound effects into LCA. On this basis further research needs are derived, including the modeling of consumption-as-usual, the assessment of the environmental impact of quality, evaluating the relevance of consumption for GHG emissions and improving the consistency and comprehensibility of the (global) emission scenarios. Finally, household based GHG emission scenarios are proposed to integrally address these research needs.

## Zusammenfassung

Umweltbelastungen werden durch Produkte und ihrer Nachfrage (Konsum) verursacht. Während bisherige Umweltprobleme in erster Linie durch die Modifikation der Produkte reduziert werden konnten (Bsp. Ozonloch, saurer Regen), nimmt die Relevanz der Nachfrage für heutige und künftige Umweltprobleme zu (Bsp. Klimawandel, Ressourcenknappheit). Diese Dissertation betrachtet die Integration der Nachfrageseite in die Beurteilung der Umweltbelastung, insbesondere die Integration sogenannter Rebound Effekte in die Ökobilanzierung. Die Reduktion der Umweltbelastung eines Produktes ist oft mit der Modifikation anderer Produkteigenschaften verbunden. Letzteres kann neue Nachfrage induzieren, welche die geplante Reduktion der Umweltbelastung kompensiert – der sogenannte Rebound Effekt. Um Entscheidungen zur Reduktion der Umweltbelastung zu unterstützen, sollten Ökobilanzen auch solche Rebound Effekte antizipieren. Drei der vier Publikationen dieser Arbeit betreffen diese Fragestellung. Eine vierte Publikation, welche auch während der Dissertation erfolgte, fokussiert auf die IPCC Szenarien. Diese beschreiben die Treibhausgas (THG) Emissionen, welche durch die Interaktion der gesellschaftlichen Konsumbedürfnisse und verschiedenen Entwicklungspfaden der Produkte geprägt werden.

*Konsum-wie-üblich statt konstante Nachfrage:* Dieser Artikel führt das *Konsum-wie-üblich* Konzept ein, welches annimmt, dass Haushaltsressourcen wie Ausgaben, Zeit oder Volumen zur Lagerung von Gütern nicht durch Verbesserungen der Umwelteffizienz von Produkten beeinflusst werden. Das heisst beispielsweise, dass die Konsumausgaben gleich bleiben wenn ein Produkt als Folge der Effizienzverbesserung billiger wird. Als Konsequenz nimmt die Nachfrage zu, entweder für dasselbe Produkt (direkter Rebound) oder für andere Produkte (indirekter Rebound).

*Mehr oder besser? Ein Model für Veränderungen der THG Emissionen aufgrund höheren Einkommens:* Um den indirekten Rebound Effekt zu beurteilen, müssen die THG Emissionen, welche durch zusätzlich verfügbares Einkommen entstehen bekannt sein. Um den marginalen Konsum und seine THG Emissionen zu untersuchen wurde der Konsum in funktionalen Einheiten von der Einkommens- und Verbrauchserhebung abgeleitet und mit Ökobilanzdaten verknüpft. Es zeigte sich, dass aufgrund steigender Qualität des Konsums mit steigendem Einkommen, die THG Emissionen des marginalen Konsums geringer sind als die durchschnittlichen GHG Emissionen der Konsumausgaben. Zudem zeigt die Veränderung des Konsums mit steigendem Einkommen einen Trend zu mehr Auswärtsessen, Gütern, Dienstleistungen und Mobilität.

*THG Reduktionspotential von Veränderungen des Konsums und höherer Qualitätslevel:* Die Varianz in den THG Emissionen des Haushaltskonsums wurde mit der oben beschriebenen Methode zur Verknüpfung der Verbrauchsbefragung und Ökobilanzdaten untersucht: Der Vergleich der 10 % Haushalte mit den höchsten THG Emissionen pro Kopf mit jenen 10 % mit den tiefsten Emissionen, zeigt eine Spannweite von 5-17 Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalente pro Kopf – unter Berücksichtigung gleicher Konsumausgaben und Haushaltsstrukturen. Deshalb hängt der Rebound Effekt auch von den Konsumenten ab.

*Evolution der IPCC Szenarien:* Dieser Artikel untersucht die Struktur und Beschreibung der IPCC Szenarien, wie auch deren Entwicklungsprozess. Neben Verbesserungen in der Methode und Partizipation, wurden auch Schwächen im Bezug auf die Verknüpfung von Qualitativen und Quantitativen Szenario-Aspekten und der anschliessende Verzerrung durch den Review der Regierungsvertreter gefunden.

Abschliessende Schlussfolgerungen beleuchten die konzeptionellen und empirischen Resultate sowie Grenzen und Herausforderungen des vorgeschlagenen Konzeptes zur Integration von Rebound Effekten in die Ökobilanzen. Auf dieser Basis werden weitere Forschungsziele abgeleitet, welche das Modellieren des *Konsum-wie-üblich* Konzeptes, die Beurteilung der Umweltbelastung steigender Qualität, die Evaluation der Relevanz des Konsums für die THG Emissionen und die Verbesserung der Konsistenz und Verständlichkeit der (globalen) THG Szenarien beinhalten. Schliesslich, werden haushaltsbasierte THG Szenarien vorgeschlagen um diese Forschungsziel umfassend anzugehen.