

Jahresbericht 2001

# Ecoinvent 2000

## Überarbeitung und Ergänzung der Ökoinventare für Energiesysteme

Autor und Koautoren	Roberto Dones et. al.
beauftragte Institution	Paul Scherrer Institut (PSI)
Adresse	CH-5232 Villigen PSI
Telefon, E-mail, Internetadresse	056 310 2007, roberto.dones@psi.ch, www.psi.ch/gabe
BFE Vertrags-Nummer	78 444
Dauer des Projekts (von – bis)	1.11.2000 bis 30.11.2002

Das vorliegende Projekt befasst sich als Teil des Projekts „Ecoinvent 2000“ des ETH-Bereichs mit den Sachbilanzen zu den gesamten Energieketten der Elektrizitäts- und Wärmeherzeugung in der Schweiz und in Westeuropa. Die letzte Auflage der *Ökoinventare für Energiesysteme* stammt aus dem Jahr 1996. Ziel ist es, die Ökoinventare zu aktualisieren, zu ergänzen und mit den Datenbanken der anderen Bereiche (Baumaterialien, Transportsysteme, Abfallbehandlung, Chemikalien und Agrarprodukte) zu harmonisieren.

Als Grundlage für die Aktualisierung und Ergänzung der Daten wurde ein Informationsnetzwerk aufgebaut, das wesentlich den direkten Kontakt zu Unternehmen und öffentlichen Institutionen einschliesst. Ausserdem fand eine intensive Suche in der technischen Literatur und im Internet statt. In der bisherigen Phase des Projekts konnte ungefähr die Hälfte der angestrebten Informationen gewonnen werden, was im Rahmen des Zeitplans liegt. Wesentliche Änderungen und Erweiterungen vor allem in den Bereichen Erdöl, Erdgas, Holz, Wärmepumpen und Windkraft konnten erarbeitet werden. Die zur Harmonisierung mit den anderen LCA-Datenbanken des ETH-Bereichs notwendigen Modifikationen der Taxonomie und die Definition spezifischer LCA-Module für Energiesysteme sind fast vollständig abgeschlossen.

## Projektziele

Mit den im Jahr 1996 in 3. Auflage vorgestellten *Ökoinventaren von Energiesystemen* [1] wurde eine Datenbank zu den ökologischen Sachbilanzen der heutigen Elektrizitäts- und Wärmeerzeugung in der Schweiz und in Westeuropa geschaffen, die inzwischen internationale Anerkennung gefunden hat und weithin genutzt wird.

Das Projekt *Ecoinvent 2000 - Überarbeitung und Ergänzung der Ökoinventare für Energiesysteme* (im Folgenden kurz als *Ecoinvent 2000 – Energiesysteme* bezeichnet) ist Teil des umfassenderen Projekts *Ecoinvent 2000*, in dem die von verschiedenen Organisationen des ETH-Bereichs (*EMPA, PSI, EAWAG, ETHZ, EPFL*) und von *FAL* erstellten Sachbilanzen zu einem Gesamtsystem vereint werden sollen (<http://www.ecoinvent.ch/>).

Mit dem Projekt "*Ecoinvent 2000 - Überarbeitung und Ergänzung der Ökoinventare für Energiesysteme*" wurden drei wesentliche Ziele verfolgt:

1. Aktualisierung des Inventardatenbestandes unter Berücksichtigung der derzeit verfügbaren Energiesysteminventare und der zu erwarteten Lebensdauer der zu erstellenden Datenbank.
2. Harmonisierung mit dem Ziel, Konsistenz zu erreichen zwischen den verschiedenen relevanten Datensätzen, die von den Organisationen des ETH-Bereichs erstellt wurden (Energiesysteme, Baumaterialien, Transportsysteme, Abfallbehandlung, Chemikalien, und Agrarprodukte).
3. Reformatierung entsprechend dem ECOSPOLD Format, das im Rahmen der Koordination des grösseren Projekts *Ecoinvent 2000* entwickelt wurde.

Die besondere Bedeutung des vorliegenden Projekts liegt in der hohen Qualität der Sachbilanzen und im Umfang der analysierten Energiesysteme. Dies ist notwendig, da der Energiesektor einen grossen Beitrag innerhalb Lebenszyklusanalyse von Produkten und Dienstleistungen liefert.

Die Aufbereitung der Daten zur Integration in die geplante Internet-Site von *Ecoinvent 2000* wird die Nutzungsmöglichkeiten und die Verbreitung wesentlich verbessern. Dies ist ein weiterer Grund dafür, auch weiterhin eine führende Rolle auf dem Gebiet der Sachbilanzen von Energiesystemen in Europa anzustreben.

Die Charakteristika und die Komplexität des Projektes erfordern die Koordination einer Reihe von Organisationen. Zur detaillierten und umfassenden Untersuchung mehrerer Energiesysteme, von denen die meisten wiederum in zahlreichen Einzelschritten analysiert werden müssen, wurde ein Plan zur Aufteilung der Unteraufgaben aufgestellt. Als wesentlicher Bestandteil des Plans wurden, verteilt über nahezu zwei Jahre, fortlaufend Kontakte zu Firmen und Institutionen hergestellt, Informationen gesammelt und Daten strukturiert. Ausserdem wurden die Komponenten des Projekts identifiziert, die sich dazu eignen innerhalb bestimmter Zeitlimits abgeschlossen zu werden. Dazu gehörten die Arbeiten zur Errichtung eines gemeinsamen Rahmens mit anderen Teilnehmern der Ecoinvent-Anstrengungen und einige Energieketten oder Teile von Energieketten, die als erste im Jahr 2001 untersucht werden sollten.

## Durchgeführte Arbeiten und erreichte Ergebnisse

Die Arbeit des Projekts wurde von erfahrenen Forschern mit Unterstützung durch Studenten der Technischen Universität durchgeführt. Ungefähr die Hälfte der angestrebten quantitativen und qualitativen Information für die Aktualisierung und Erweiterung der Sachbilanzen der Energiesysteme (wie zu Beginn des Projekts im technischen Anhang des Kontrakts definiert) wurde erreicht.

Im Jahr 2001 wurde ein substanzielles Netzwerk aufgebaut um Informationen direkt von Unternehmen und öffentlichen Institutionen zu beziehen, die bei den verschiedenen im Arbeitsplan enthaltenen Energieketten involviert sind. Dieses Netzwerk hat sich bereits als recht erfolgreich erwiesen für die im Jahr 2001 behandelten Systeme. Es besteht ein kontinuierlicher Informationsfluss, der aller Voraussicht nach auch für die Arbeiten im Jahr 2002 sehr nützlich sein wird. Ausserdem wurde die statistische Information bis zum Jahr 2000 (Referenzjahr für *Ecoinvent 2000*) praktisch für alle Energieketten abgeschlossen. Jedoch könnten Statistiken für das Jahr 2001 für eine Verfeinerung genutzt werden, falls sie im Jahr 2002 rechtzeitig vor Abschluss der Forschungsaktivitäten in *Ecoinvent 2000* zur Verfügung stehen.

Die zur Homogenisierung und Integration mit den anderen LCA-Datenbanken des ETH-Bereichs notwendigen Modifikationen der Taxonomie und die Definition spezifischer LCA-Module für Energiesysteme sind nahezu abgeschlossen. Es liegt jedoch in der Natur der Sache, dass bei der Aufarbeitung der Daten zusätzliche spezifische Module einiger Energiesysteme noch im ersten Teil des Jahres 2002 definiert werden müssen. Unter Umständen wird es erforderlich sein, wichtige Anforderungen zu erfüllen, die von den anderen im Gesamtprojekt *Ecoinvent 2000* enthaltenen Sektoren kommen. Die mit den Energiesystemen in Verbindung stehenden Module werden von allen Beteiligten in *Ecoinvent 2000* gebraucht. Die Module werden den zukünftigen Nutzern von *Ecoinvent 2000* zur Verfügung stehen und sind in der "Standard-Liste der Emissionen, Ressourcenverbräuche, Ländercodes und Prozessnamen für die Datenbank ECOINVENT 2000" eingeschlossen, die ein Anhang zu den Qualitätsrichtlinien ist. Da diese Liste sehr umfangreich und zudem ein Bestandteil aller Sektoren in *Ecoinvent 2000* ist, wurde sie nicht in diesen Bericht aufgenommen. Es sollte an dieser Stelle erwähnt werden, dass insbesondere für die vollständige Beschreibung und Untersuchung aller in der Datenbank enthaltenen Energiesysteme weitere Module zu definieren sind, die nicht in der oben genannten Liste enthalten sind.

Das ECOSPOLD-Format wurde in Zusammenarbeit mit allen Teilnehmern an *Ecoinvent 2000* fertiggestellt. Das Design und die Implementierung der Software zu *Ecoinvent 2000* ist eine komplexe Aufgabe, die nicht explizit im Projekt *Ecoinvent 2000 – Energiesysteme* enthalten ist, an der jedoch das PSI in Zusammenarbeit mit EMPA, ETHZ und ESU-Services beteiligt ist. Die Schnittstelle zwischen technischen Daten und Datenbank und ebenso das Interface zwischen der künftigen Internet-Site und potentiellen Nutzern sind naturgemäss eng verknüpft mit den technischen Elementen des Projekts *Ecoinvent 2000 – Energiesysteme*. Daher haben das PSI und seine Partner aktiv zu den relevanten Aktivitäten beigetragen. Die Schnittstellen wurden auf der Basis der Charakteristika jedes an *Ecoinvent 2000* beteiligten Sektors und entsprechend den Anforderungen spezifischer Sachbilanzen definiert.

Die Implementierung der Konversion der vorhandenen Daten aus den Ökoinventaren in das ECOSPOLD-Format ist in Bearbeitung entsprechend dem Zeitplan. Der Abschluss der Konversion kann plangemäss erfolgen, sobald die technischen Untersuchungen zu jedem Energiesystem abgeschlossen sind.

Neben der reinen Transformation der Daten in das neue Format wird die Modellierung und die Datenbasis der ganzen Energieketten angepasst, um die durchschnittlichen Werte für die verschiedenen Energiesysteme im Jahr 2000 zu erfassen und den aktuellen Stand der Technik darzustellen. Einige Energiesysteme haben sich in den letzten Jahren stark gewandelt und an Bedeutung gewonnen. So werden z.B. bei Gasheizungen kaum mehr Standkessel installiert und der modulierende Betrieb ist heute Standard. An Bedeutung gewonnen haben z.B. die Wärmekraftkopplung und in noch grösserem Masse die Wärmepumpen. Die aufstrebenden Märkte haben

neue innovative Konzepte zur Folge. Im Rahmen einer Übersichtsarbeit wird es aber nicht möglich sein, sämtliche Systeme und Anwendungen exakt zu erfassen, sondern es wird darauf bedacht eine repräsentative Auswahl zu treffen. Dies bezieht sich auf die grosse Variation der Technologien sowie auch auf die verschiedenen Leistungsklassen und Einsatzgebiete. Die oben beschriebene Vorgehensweise wird auch auf die verschiedenen Glieder der Energiekette, die mit der Elektrizitäts- und Wärmeerzeugung in der Schweiz und in Europa verbunden sind, angewandt, wobei es hier noch schwieriger ist, eine grosse Vielfalt von Technologien und Situationen zu erfassen, und daher noch notwendiger, eine sinnvolle repräsentative Auswahl zu treffen.

Im Folgenden werden die technischen Aktivitäten der einzelnen im Jahr 2001 in *Ecoinvent 2000* bilanzierten Energiesysteme nur im Überblick dargestellt. Zur weiteren Information kann ein ausführlicher technischer Anhang zum Jahresbericht 2001, der auch eine längere Literaturliste enthält, von [www.empa.ch/ren](http://www.empa.ch/ren) heruntergeladen werden.

## **ERDÖL**

Im Bereich Erdöl wird die Fortschreibung und die Ergänzung der Sachbilanzen für die Erdölförderung, Verarbeitung und die Umwandlungssysteme zur Elektrizitäts- und Wärmeerzeugung angestrebt.

Die Verschiebungen bei der Versorgungssituation mit Erdöl und Erdölprodukten haben es nötig gemacht, für einige Herkunftsregionen Sachbilanzdaten völlig neu zu erheben.

Die Daten von Raffinerien in der Schweiz, in Europa und in sonstigen Länder wurden existierenden Umweltberichten sowie Ökobilanzen entnommen.

Für die implementierten sowie die modernen kommerziellen Wärmebereitstellungssysteme (mit modulierender Betriebsweise) wurden die publizierten Jahresnutzungsgrade sowie die wichtigsten direkten Luftschadstoffe näher betrachtet. Die Arbeiten hierzu werden Anfang 2002 abgeschlossen.

## **ERDGAS**

Die Datenstruktur der Erdgas-Bereitstellungskette wurde im Rahmen der Aktualisierung der Ökoinventare neu definiert.

Beispiele wichtiger Daten, die aktualisiert wurden: Förderungs- und Produktionsdaten von Herkunftsländern; Verbrauch und Leckagen des Ferntransports.

Gas-Feuerungstechnologien: Mitte der 90-er Jahre fand die Umstellung auf modulierende Geräte statt und die Brennwerttechnik wurde in grossem Massstab eingeführt. Diese Technologien inkl. Wandheizungen wurden bilanziert. Die Arbeiten werden Anfang 2002 abgeschlossen.

## **NUKLEARKETTEN**

Für das erste Jahr des Projektes wurden Kontakte mit Firmen aufgenommen, eine generelle Literaturrecherche durchgeführt und die Daten zu radioaktiven und nicht-radioaktiven Emissionen für die Nuklearkette inkl. Wiederaufarbeitung und Gewinnung von Natururan durch In-Situ Laugung fortgeschrieben.

## **HOLZ**

Bei den Holzsystemen drängen neue Konzepte auf den Markt. Daher wurden - neben der Fortschreibung der bereits in den *Ökoinventaren von Energiesystemen* behandelten Holzenergiekette und der typischen Feuerungssysteme – neue Systeme wie die Pelletfeuerung und Kraft-Wärme-Kopplungs-Systeme bilanziert. Auch diese Arbeiten werden Anfang 2002 fertiggestellt.

## **WÄRMEPUMPEN**

Wärmepumpenheizungen haben einen Anteil am EFH-Neubau von rund 35% erreicht und können heute als etablierte Technologie angesehen werden. Ziel von Ecoinvent ist es, typische Anlagen der verschiedenen Varianten (z.B. Luft/Wasser und Sole/Wasser) und Einsatzgebiete zu unterscheiden und abzudecken.

## **WINDKRAFTANLAGEN**

Eine moderne 800-MW-Anlage wurde bilanziert als Beispiel für Einheiten, die für die Schweiz geeignet sind. Die Arbeiten hierzu werden Anfang 2002 abgeschlossen..

## **KOHLEKETTEN, WASSERKRAFT, PHOTOVOLTAIKKETTE, SOLARKOLLEKTOREN, ABFALLBEHANDLUNG, STROMMIX, STROMÜBERTRAGUNG UND -VERTEILUNG**

Zu diesen Systemen wurden nur Literatur-Recherchen durchgeführt. Die weiteren Arbeiten sind für das Jahr 2002 geplant.

## **Nationale Zusammenarbeit**

Die Zusammenarbeit mit verschiedenen Organisationen des ETH-Bereichs (*EMPA, PSI, EAWAG, ETHZ, EPFL*), mit *FAL* und mit verschiedenen Unternehmen ist zur Durchführung des Projekts notwendig und war bereits fruchtbar.

Die folgenden Organisationen und Personen haben Beiträge zur Arbeit für *Ecoinvent 2000 – Energiesysteme* im Jahr 2001 geleistet:

1. PSI – LCA-Gruppe von GaBE (Ganzheitliche Betrachtung von Energiesystemen), bestehend aus Herrn Roberto Dones (Projekt-Koordinator), Herrn Urs Gantner (der Ende September 2001 das PSI verliess) und Dr. Thomas Heck (der seit Oktober 2001 am PSI arbeitet); hier wurden die gesamten Energieketten oder Teile von Energieketten bearbeitet, die im Arbeitsplan für 2001 aufgeführt sind und nicht im Folgenden genannt werden.
2. ESU-Services – Dr. Mireille Faist, Dr. Rolf Frischknecht, und Dr. Niels Jungbluth (Sachbilanzen Gas und Öl Energieträgerbereitstellung).
3. ETHZ – Die Studenten Herr Christian Bauer (gesamte Holz-Kette), Herr Bastian Burger (Wind) und Herr André Schmocker (Holz-Pellet-Feuerungssystem).

Möglicherweise werden im Jahr 2002 weitere Studenten und Forscher beschäftigt um die verschiedenen verbleibenden Unteraufgaben zu erfüllen.

## Bewertung 2001 und Ausblick 2002

Das erste Ziel der Aktualisierung und Ergänzung des Informationen zu den relevanten Energiesystemen wurde im für das Jahr 2001 vorgesehenen Umfang (mit Ausnahme einiger Verzögerungen) erreicht. Die Aktivitäten werden im Jahr 2002 wie geplant fortgesetzt.

Die Harmonisierung mit den anderen Datenbanken des ETH-Bereichs ist bisher erfolgreich verlaufen, die dazu notwendigen Neudefinitionen sind bereits nahezu abgeschlossen.

Die Neuformatierung wurde soweit vorbereitet, dass nach Abschluss der Aktualisierungen und nach der Zusammenführung mit den Ergänzungen die Übertragung in das neue ECOSPOLD-Format vorgenommen werden kann.

Als zusätzlicher Erfolg darf gewertet werden, dass es verstärkt positive Rückmeldungen von Unternehmen bezüglich der beiden vorangegangenen Hauptversionen der Ökoinventare für Energiesysteme gab. Dies zeigt, dass die Ökoinventare in der zweiten Hälfte der 1990er Jahre verstärkt Beachtung fanden. Die Ökoinventare wurden als innovatives Grundmodell von zahlreichen Institutionen und Unternehmen benutzt und haben viele ähnliche Aktivitäten in Europa und anderswo mit ausgelöst. Ersten Anfragen zufolge dürften neben den inhaltlichen Neuerungen auch die Innovationen im laufenden Projekt bezüglich Formatdefinitionen und Internetkompatibilität einige Beachtung finden.

Insgesamt sind keine gravierenden Misserfolge zu nennen. Aufgrund der Komplexität der Aufgabenstellung kam es teilweise zu Verzögerungen, die dazu führten, dass der Abschluss einzelner technischer Aufgaben, die eigentlich schon im laufenden Jahr beendet sein sollten, auf die ersten beiden Monate des Jahres 2002 verschoben werden musste. Dies dürfte jedoch keine signifikanten Auswirkungen auf den Zeitplan der anderen Aufgaben haben.

## Referenzen

- [1] R. Frischknecht, U. Bollens, S. Bosshart, M. Ciot, L. Ciseri, G. Doka, R. Dones, U. Gantner, R. Hischier, A. Martin: **Ökoinventare von Energiesystemen. Grundlagen für den ökologischen Vergleich von Energiesystemen und den Einbezug von Energiesystemen in Ökobilanzen für die Schweiz.** Auflage No. 3, Gruppe Energie - Stoffe - Umwelt (ESU), Eidgenössische Technische Hochschule Zürich (ETHZ) und Sektion Ganzheitliche Systemanalysen, Paul Scherrer Institut (PSI), Villigen, [www.energieforschung.ch](http://www.energieforschung.ch), Bundesamt für Energie (Hrsg.), Bern, CH.