

*Jahresbericht 2002*

# *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
E-mail, Internetadresse	roberto.dones@psi.ch, <a href="http://www.psi.ch/gabe">www.psi.ch/gabe</a> , <a href="http://www.ecoinvent.ch">www.ecoinvent.ch</a>
BFE Vertrags-Nummer	78 444
Dauer des Projekts (von – bis)	1.11.2000 bis 30.11.2002, verlängert bis Mitte 2003

## **ZUSAMMENFASSUNG**

Das vorliegende Projekt befasst sich als Teil des Projekts "*ecoinvent 2000*" des ETH-Bereichs mit den Sachbilanzen zu den gesamten Energieketten der Elektrizitäts- und Wärmezeugung in der Schweiz und in Europa. 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.

Die Sachbilanzen der Energieketten: Erdöl, Erdgas, Kohlen, Nuklearenergie, Wasserkraft, Wind, Photovoltaik, Holzfeuerungen, Wärmepumpen, Solarkollektoren, Wärme-Kraft-Kopplung, und Strommixe sind fast abgeschlossen. Bei allen Energiesystemen wurden Verbesserungen der Modellierung und Bilanzierung erreicht. Zusätzlich wurden grobe Unsicherheitsanalysen eingeschlossen (diese waren in den ursprünglichen Zielen nicht vorgesehen). Das interne Review-Verfahren durch die Energiesystemgruppe (dieses Projekt), die Prüfung auf Konsistenz innerhalb der grösseren Ecoinvent-Gruppe und der Transfer der Daten in die Datenbank folgen jeweils der Fertigstellung der Inventare. Der endgültige Abschluss der technischen Arbeiten, die Fertigstellung der Datenbank, die integrierten Resultatberechnungen und die Publikation der beiden Endberichte zu den Energiesystemen in Deutsch und Englisch mussten entsprechend den generellen Korrekturen des Ecoinvent-Zeitplans verschoben werden. Der Projektabschluss ist in der ersten Hälfte 2003 zu erwarten.

## 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. Diese ist die Grundlage für die neue grosse Datenbank von *ecoinvent 2000*.

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 (Datenbank *ecoinvent*) vereint werden sollen. Die Datenbank zu [1] ist die Grundlage für *ecoinvent*.

Mit dem Projekt „*ecoinvent 2000* - *Energiesysteme*“ wurden drei wesentliche Ziele verfolgt:

1. **Aktualisierung** des Inventardatenbestandes unter Berücksichtigung der verfügbaren Energiesysteminventare und der zu erwarteten Lebensdauer der erste Version der Datenbank *ecoinvent*.
2. **Harmonisierung** mit dem Ziel, Konsistenz zu erreichen zwischen den verschiedenen relevanten Datensätzen, die von den Organisationen des ETH-Bereichs für verschiedene Sektoren 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 schweizerischen bzw. europäischen 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 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 und eine Übertragung auf andere Regionen der Welt möglich zu machen.

Die Charakteristika und die Komplexität des Projektes erfordern die Koordination verschiedener Analytiker. 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 fortlaufend Kontakte zu Firmen und Institutionen hergestellt, Informationen gesammelt und Daten strukturiert. Gemeinsam mit anderen Teilnehmern des *ecoinvent*-Projekts wurde ein Rahmen zur einheitlichen Erstellung der Bilanzen erarbeitet.

Als Beitrag des Energiesystemsektors zur *ecoinvent 2000* Reihe sind zwei Berichte geplant: eine deutsche Version „Sachbilanzen von Energiesystemen“ mit ungefähr der gleichen Struktur und der detaillierten Informationen wie in [1], und eine englische Zusammenfassung „Life Cycle Inventories of Energy Systems“. Der Aufwand zur Erstellung dieser Berichte ist sehr gross. Sie spiegeln jedoch die Notwendigkeit einer transparenten Dokumentation der komplexen Inventarerstellung als auch die Notwendigkeit, Interessenten ausserhalb des deutschen Sprachraums zu erreichen, wider. Dies steht im Einklang mit der zu erwartenden weiten Verbreitung der Datenbank durch das Internet.

## ***Durchgeführte Arbeiten und erreichte Ergebnisse***

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, FAL, 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 bei ESU-services aktiv zu den relevanten Arbeiten beigetragen. Die Schnittstellen wurden auf der Basis der Charakteristika jedes an *ecoinvent 2000* beteiligten Sektors und entsprechend den Anforderungen spezifischer Sachbilanzen definiert.

Die Modellierung und die Datenbasis der ganzen Energieketten wurden 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 Wärmepumpen und in kleinerem aber bedeutenden Masse die Wärme-Kraft-Kopplung. Die aufstrebenden Märkte haben neue innovative Konzepte zur Folge. Im Rahmen einer Übersichtsarbeit ist es aber nicht möglich, sämtliche Systeme und Anwendungen exakt zu erfassen, sondern es wurde versucht, 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 wurde auch auf die verschiedenen Glieder der Energiekette, die mit der Elektrizitäts- und Wärmeerzeugung in der Schweiz und in Europa verbunden sind, angewandt.

Im Folgenden werden die technischen Aktivitäten der einzelnen in den Jahren 2001 und 2002 bilanzierten Energiesysteme nur im Überblick dargestellt. Die hier gegebene Information beschränkt sich auf wesentliche technische Schlüsselziele, die erreicht wurden, und auf den Stand Ende 2002 verschiedener die Fertigstellung der Arbeiten zu den einzelnen Technologien betreffenden Aktivitäten. Letzteres beschreibt: a) den Stand der Eingabedaten (inklusive Unsicherheiten) und ihrer Dokumentation im Rahmen des deutschen Reports, b) den Stand der Implementierung der Daten in das *ecoinvent* Datenbankformat, c) der Stand des internen (Energiegruppe und grössere *ecoinvent*-Gruppe) Review-Verfahrens zur Überprüfung der Konsistenz und zur Implementierung eventueller Korrekturen. Zusätzlich zu den genannten Punkten können der deutsche Bericht und die englische Zusammenfassung erst nach der endgültigen integrierten Berechnung und der komplexen Analyse der kumulierten Resultate abgeschlossen bzw. erstellt werden. Dies gilt generell für alle Systeme des Energiesektors (und natürlich auch für alle anderen Sektoren in *ecoinvent*). In Anbetracht der Verzögerungen bei der Fertigstellung bei verschiedenen Sektoren, die zu *ecoinvent 2000* beitragen, muss der Abschluss der genannten Aktivitäten verschoben werden, bis die Datenbank endgültig steht und die kompletten Eingabedaten in der Datenbank verfügbar sind (voraussichtlich im Verlauf der ersten Hälfte des Jahres 2003).

### ***ERDÖL***

Im Bereich Erdöl wurde die Fortschreibung und die Ergänzung der Sachbilanzen für die Erdölförderung, Verarbeitung und die Umwandlungssysteme zur Elektrizitäts- und Wärmeerzeugung erreicht. Die Verschiebungen bei der Versorgungssituation mit Erdöl und Erdölprodukten haben es nötig gemacht, für einige Herkunftsregionen (Nigeria, Nordsee) Sachbilanzdaten völlig neu zu erheben. Die Daten von Raffinerien in der Schweiz und in Europa wurden existierenden Umweltberichten, Veröffentlichungen sowie Ökobilanzen entnommen. Für Ölkraftwerke wurde erstmals eine detaillierte länderspezifische Unterscheidung wichtiger Emissionsfaktoren vorgenommen.

Für die implementierten sowie die modernen kommerziellen Wärmebereitstellungssysteme (mit modulierender Betriebsweise) wurden die publizierten Jahresnutzungsgrade sowie die wichtigsten direkten Luftschadstoffe näher betrachtet.

Die Eingabedaten, ihre Dokumentation für den deutschen Report und die Implementierung der Daten in das Datenbank-Format sind abgeschlossen. Die interne Konsistenzprüfung ist ansonsten zum Jahresende noch in Bearbeitung.

### **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.

Bei den Gas-Feuerungstechnologien fand Mitte der 90-er Jahre die Umstellung auf modulierende Geräte statt und die Brennwerttechnik wurde in grossem Massstab eingeführt. Diese Technologien inkl. Wandheizungen wurden bilanziert. Zwar gibt es in der Schweiz weiterhin kein eigentliches Gaskraftwerk (die mit Erdgas gefeuerten WKK in der Schweiz sind relativ klein und werden separat behandelt, siehe unten), doch in anderen europäischen Ländern hat die Bedeutung von Gaskraftwerken weiter zugenommen. Daher werden auch die Kraftwerksdaten unter Berücksichtigung der GuD-Technologie aktualisiert.

Die Eingabedaten, die Dokumentation für den deutschen Report und die Implementierung der Daten in das Datenbank-Format sind für den Upstream-Teil bereits abgeschlossen und sind ansonsten zum Jahresende noch in Bearbeitung. Die interne Konsistenzprüfung ist für Anfang 2003 geplant.

### **KOHLEKETTEN**

Kohlekraftwerke sind für die Abschätzung der Gesamtemissionen im Zusammenhang mit dem UCTE Elektrizitäts-Mix äusserst wichtig. Die Bedeutung hat mit der Einbeziehung weiterer CENTREL-Länder (Tschechische Republik, Ungarn, Polen, Slowakische Republik) noch zugenommen. Aus diesem Grund wurde ein genaues Update der für die UCTE-Länder spezifischen Emissionsdaten vorgenommen und ein neues Inventar für die Durchschnitte der CENTREL-Länder erstellt. Daten wurden direkt von Produzenten oder aus publizierten Statistiken entnommen (teilweise über Internet erhältlich). Die Daten zum Kohleabbau wurden aktualisiert mit Hilfe neuer Umweltdaten aus der Literatur über die weltweit grössten Kohleproduzenten. Die Kohlekette wurde vereinfacht um die Transparenz zu erhöhen. Kohleheizungssysteme wurden angesichts der relativ geringen Bedeutung für die Schweiz nicht umfassend neu untersucht.

Die Eingabedaten, ihre Dokumentation für den deutschen Report und die Implementierung der Daten in das Datenbank-Format sind abgeschlossen. Die interne Konsistenzprüfung ist ansonsten zum Jahresende noch in Bearbeitung.

### **NUKLEARKETTEN**

Die Daten zu radioaktiven und nicht-radioaktiven Emissionen für die wichtigsten Schritte der Nuklearkette (Kraftwerk, Wiederaufarbeitung) standen im Mittelpunkt der Aktualisierung. Umweltdaten zur Gewinnung von Natururan durch In-Situ Laugung sind in der internationalen Literatur bisher leider nicht mit der für eine belastbare Bilanzierung nötigen Genauigkeit erhältlich.

Die Eingabedaten und ihre Dokumentation für den deutschen Report sind zum Jahresende unter Vorbereitung. Die Implementierung der Daten in das Datenbank-Format und die interne Konsistenzprüfung sind für Anfang 2003 geplant.

### **WASSERKRAFT**

Durchschnittliche Material- und Energieflüsse bei Bau und Betrieb der wesentlichen Schweizer Speicher- bzw. Laufkraftwerke wurden neu bilanziert. Die Daten werden für die Nachbarländer und das Gebiet der UCTE extrapoliert.

Die Eingabedaten, ihre Dokumentation für den deutschen Report, die Implementierung der Daten in das Datenbank-Format und die interne Konsistenzprüfung sind abgeschlossen.

### **HOLZ**

In diesem Projekt wurden für Holz nur Heizungsanlagen und WKK bilanziert, während die Upstream-Kette von der Gruppe Umwelt und Nachhaltigkeit im Bauwesen der EMPA Dübendorf abgedeckt wurde. Holzfeuerungen wurden bereits in [1] modelliert. Sie wurden unter Berücksichtigung von Durchschnittswerten heute auf dem Markt erhältlicher Systeme aktualisiert. Dazu wurden auch Systeme mit potentiellen Verbreitungsmöglichkeiten (Pelletfeuerungen und Wärme-Kraft-Kopplungs-Systeme) bilanziert.

Die Eingabedaten und ihre Dokumentation für den deutschen Report sind abgeschlossen bis auf WKKs. Die Implementierung der Daten in das Datenbank-Format wird Anfang 2003 abgeschlossen. Die interne Konsistenzprüfung ist teilweise durchgeführt und wird Anfang 2003 abgeschlossen.

### **WINDKRAFTANLAGEN**

Eine moderne 800 MW On-shore-Anlage und eine 2 MW Off-shore-Anlage wurden neu bilanziert. Die erste, auf dem Mont-Croisin, ist ein Beispiel für moderne Einheiten, die für die Schweiz geeignet sind. Die Anlage kann aber auch als Referenzkraftwerk für Europa angesehen werden. Die zweite Anlage spiegelt typische Bedingungen für die Installation in der Nordsee wider. Die älteren Schweizer Windkraftanlagen mit kleineren Kapazitäten, die bereits in [1] untersucht wurden, bleiben ebenfalls im Inventar enthalten.

Die Eingabedaten, ihre Dokumentation für den deutschen Report und die Implementierung der Daten in das Datenbank-Format sind abgeschlossen. Die interne Konsistenzprüfung ist Jahresende noch in Bearbeitung.

### **PHOTOVOLTAIKKETTE**

Aktualisierungen für 3-kW<sub>peak</sub>-Dachanlagen mit monokristallinen und polykristallinen Silizium-Zellen wurden mit Hilfe umfangreicher Literaturrecherchen durchgeführt. Direkte Anfragen bei Herstellern waren leider nicht erfolgreich. Extrapolationen in die Zukunft (Nutzung von sogenanntem „Solar Grade Silizium“ (SoG-Si) in Gegensatz zu „Electronic Grade Silizium“ (EG-Si)) wurden für die Schrägdach-integrierten Anlagen durchgeführt um die Verfügbarkeit billigerer Panels auf dem Markt vorwegzunehmen. Als Installationsort für alle Anlagen wird das Schweizer Mittelland angenommen (Grundlage ist die heutige durchschnittliche Jahresproduktion).

Die Eingabedaten, ihre Dokumentation für den deutschen Report, die Implementierung der Daten in das Datenbank-Format und die interne Konsistenzprüfung sind abgeschlossen.

### **STROMMIX, STROMÜBERTRAGUNG UND -VERTEILUNG**

Der UCTE-Mix wurde neu definiert unter Berücksichtigung der neuen Mitgliedsländer. Der Schweizer Mix wurde ebenfalls aktualisiert. Länderspezifische Import/Export-Flüsse von und zu Nachbarländern wurden näherungsweise modelliert. Updates für Stromübertragung und -verteilung wurden nur mit Literaturrecherchen durchgeführt.

Die Eingabedaten, ihre Dokumentation für den deutschen Report und die Implementierung der Daten in das Datenbank-Format sind weitgehend abgeschlossen. Die interne Konsistenzprüfung ist ansonsten zum Jahresende noch in Bearbeitung.

### **WÄRME-KRAFT-KOPPLUNG**

Die Wärme-Kraft-Kopplung (WKK) spielt heutzutage in einigen Ländern Europas eine bedeutende Rolle in der Elektrizitäts- und Wärmeversorgung. In der Schweiz ist der Anteil des WKK-Stroms an der gesamten Inlandsproduktion an Elektrizität relativ gering. Der Anteil der WKK an der thermischen Stromerzeugung in der Schweiz ist jedoch bedeutend. Es wurden aktuelle Typen von Blockheizkraftwerken (BHKW) in die Bilanzierung aufgenommen. Grössere Kraftwerke mit WKK-Betrieb werden innerhalb der Bilanzierungen zu den einzelnen Energieträgern berücksichtigt.

Die Eingabedaten, ihre Dokumentation im deutschen Report und die Implementierung der Daten in das Datenbank-Format sind zum Jahresende noch in Bearbeitung. Die interne Konsistenzprüfung folgt Anfang 2003.

### **WÄRMEPUMPEN**

Heutzutage werden in der Schweiz ungefähr 40% aller Neubauten mit Wärmepumpen ausgerüstet. Wärmepumpenheizungen können heute als etablierte Technologie angesehen werden. Die Typenauswahl für ecoinvent orientierte sich an den in der Schweiz eingesetzten Wärmepumpen. Neben Schweizerischen Daten wurde auch neue internationale Literatur herangezogen. Es konnten neue Daten berücksichtigt werden, die zum Teil früher nicht zur Verfügung standen (z.B. Feldanalysen).

Die Sammlung der Eingabedaten ist abgeschlossen. Der Abschluss der Dokumentation für den deutschen Report, die Implementierung der Daten in das Datenbank-Format und die interne Konsistenzprüfung sind für Anfang 2003 geplant.

### **SOLARKOLLEKTOREN**

Neue Standardsysteme für das Jahr 2000 wurden definiert und modelliert. Daten für Prozesse und Materialien, die für Solarkollektoren relevant sind, wurden in ecoinvent ebenfalls neu definiert und bilanziert.

Die Eingabedaten, ihre Dokumentation für den deutschen Report, die Implementierung der Daten in das Datenbank-Format und die interne Konsistenzprüfung sind abgeschlossen.

## ***Nationale Zusammenarbeit***

Die enge Zusammenarbeit des PSI mit verschiedenen anderen Organisationen des ETH-Bereichs (EM-PA, EAWAG, ETHZ, EPFL), mit FAL und mit verschiedenen Unternehmen ist zur Durchführung des Projekts notwendig und war fruchtbar. Neben der erfolgreichen Entwicklung der ecoinvent-Software (eine Aufgabe, die nicht explizit im hier beschriebenen Projekt "*ecoinvent 2000 – Energiesysteme*" enthalten war), betraf die Zusammenarbeit (um nur einige Hauptpunkte zu nennen) die Erarbeitung der Richtlinien für die Interfaces, die konsistente Bilanzierung für die verschiedenen Sektoren und Ansätze zur Entwicklung einer Methodologie zur Unsicherheitsanalyse.

Die folgenden Organisationen und Personen haben Beiträge zur technischen Arbeit für „*ecoinvent 2000 – Energiesysteme*“ im Jahr 2002 geleistet:

1. PSI – Die LCA-Gruppe von GaBE (Ganzheitliche Betrachtung von Energiesystemen), bestehend aus dem Projekt-Koordinator Herrn Roberto Dones und Dr. Thomas Heck (Sachbilanzen Gas Kraftwerke u. Feuerungen, Nuklearkette, WKK, WP). Weitere Experten wurden aufgrund ihrer Erfahrungen im LCA-Bereich im Anschluss an ihre Diplom- oder Doktorarbeiten mit der Bearbeitung spezieller Themen betraut: Herr Christian Bauer (Holzfeuerungen), Frau Rita Bolliger (Wasserkraft), Herr Bastian Burger (Wind), und Dr. Alexander Röder (Kohlekette).

2. ESU-services – Dr. Mireille Faist, Dr. Rolf Frischknecht und Dr. Niels Jungbluth (Sachbilanzen Erdgas Upstream, Erdölketten, Photovoltaik, Solarkollektoren, und Strommische).

Möglicherweise werden Anfang Jahr 2003 erneut weitere Experten beschäftigt um die verbleibenden Unteraufgaben zu erfüllen.

## ***Internationale Zusammenarbeit***

„ecoinvent 2000“ ist ein nationales Projekt. Dennoch wurden zahlreiche Kontakte zu ausländischen und internationalen Instituten, Organisationen und Firmen geknüpft und die für die technische Aktualisierung notwendigen Arbeiten für alle Komponenten durchführen zu können. Daneben wurden die Datenbank und die Internetanbindung von der Hamburger Firma ifu entwickelt. Die enge Zusammenarbeit war sehr fruchtbar. Es sei hier erwähnt, dass *ecoinvent* das Potential hat, sich weltweit als führende Referenz für regionale LCA zu etablieren. Dies schafft weitere Möglichkeiten für internationale Zusammenarbeit, Investitionssicherung und weitere Forschung, z.B. innerhalb des 6. Rahmenprogramms der EU. Das PSI ist am EU-Projekt ExternE-Pol (Externalities of Energy: Extension of accounting framework and Policy Applications, Projektbeginn: 1. Okt. 2002) als Work-Package-Leader des Teils „New energy technologies“ (einschliesslich LCA) beteiligt.

## ***Bewertung 2002 und Ausblick 2003***

Das erste Ziel der Aktualisierung und Ergänzung der Informationen zu den relevanten Energiesystemen wurde im für die Jahre 2001 und 2002 vorgesehenen Umfang fast erreicht, wie oben näher beschrieben.

In einigen Aktivitäten zu *ecoinvent 2000* war ein grösserer Aufwand nötig als ursprünglich geplant. Einige wesentliche Ursachen für den Extra-Aufwand waren: a) die methodologische Zielsetzung zur Erreichung der Harmonisierung zwischen den verschiedenen Sektoren; b) die Entwicklung und Umsetzung der Methodologie zur Unsicherheitsanalyse (obgleich, da es sich als äusserst zeitaufwändig erwies, nur in begrenztem Umfang realisiert - Unsicherheiten waren in den ursprünglichen Zielen nicht vorgesehen); c) die Schnittstelle zur Software-Entwicklung; d) die Schnittstelle zwischen aktualisierten geschriebenen Berichten und für die Internet-Datenbank aufbereitetem Format.

Es erwies sich als sehr aufwändig und schwierig, Aktualisierung, Harmonisierung der Sektoren, Datenbank- und Internet-Interface-Entwicklung, Eingabedaten-Formatierung und interne Prüfung parallel und konsistent durchzuführen bzw. zu koordinieren. Zur teilweisen Kompensation des Extra-Aufwands für die permanente LCA-Gruppe wurden einige weitere Personen mit speziellen Aufgaben betraut. (Übrigens ist die Ausbildung von Studenten, die ihrem Einsatz bei den LCA-Analysen vorausgehen muss und zu der das PSI beiträgt, ein wichtiger Aspekt, der im Zeitbudget dieses Projekts nicht explizit angerechnet wird.) Der Abschluss der technischen Arbeiten für einige Energiesysteme steht noch für Anfang des Jahres 2003 aus. Die erreichte Qualität rechtfertigt jedoch den hohen Aufwand.

Die Harmonisierung mit den anderen Sektoren des ETH-Bereichs ist erfolgreich verlaufen. Die notwendigen Feedbacks von Baumaterialien, Transportsysteme, Abfallbehandlung, und Chemikalien wurden eingearbeitet. Umgekehrt dienen die aktualisierten und neu definierten Module der Energiesysteme den Erfordernissen bei anderen Sektoren. Die im Rahmen der noch ausstehenden Teile eventuell notwendigen kleineren Korrekturen dürften relativ problemlos umzusetzen sein.

Es gab positive Rückmeldungen von verschiedenen Unternehmen und Organisationen bezüglich der beiden vorangegangenen Hauptversionen der Ökoinventare von Energiesystemen. 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. Den Anfragen zufolge dürf-

ten neben den inhaltlichen Neuerungen auch die Innovationen in diesem Projekt bezüglich Formatdefinitionen und Internetkompatibilität einige Beachtung finden.

Als Problempunkt ist zu nennen, dass es trotz der zunehmenden Bedeutung der Sachbilanzierung und der Anerkennung der Ökoinventare für Energiesysteme für einige industrielle Aktivitäten schwierig oder sogar unmöglich war, direkte Informationen von Herstellern zu erhalten. Das galt insbesondere für noch nicht vollständig kommerziell etablierte Systeme (z.B. Photovoltaik). Das Budget und die verfügbare Zeit waren eher auf die Überarbeitung und Reformatierung der grossen Datenmenge als auf die Erweiterung ausgerichtet. Eine schnell wachsende Zahl von öffentlich (zum Teil über Internet) zugänglichen Umweltberichten sowie neuere LCA-Studien haben die Vollständigkeit und Zuverlässigkeit der Sachbilanzen verschiedener Schritte der Energieketten verbessert. Insgesamt sind keine gravierenden Misserfolge zu nennen.

Die Verzögerungen bei der Datenbearbeitung in verschiedenen Sektoren ziehen eine Reihe von Verzögerungen der abschliessenden Resultatberechnungen und damit auch des endgültigen Projektabschlusses nach sich. Dies betrifft: die Analyse der kumulierten Resultate für jedes einzelne Energiesystem, einschliesslich der Rückmeldung aus verschiedenen Energie- und Nicht-Energie-Sektoren; die Erstellung illustrativer Grafiken und Tabellen; die Entwicklung und Formulierung von Schlussfolgerungen; das End-Layout der deutschen Berichte; die Formulierung der englischen Zusammenfassung, die den Abschluss des Projekts markiert. Unter der optimistischen Annahme, dass keine gravierenden Probleme im ecoinvent-2000-Projekt auftreten, dürfte dieser Prozess vor Mitte 2003 abgeschlossen sein, in Übereinstimmung mit den neu definierten Deadlines für ecoinvent.

## 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, 1996.