

Unabhängiges Gutachten zur Umweltdeklaration KKW Beznau vom November 2008



Auftraggeber



GREENPEACE

Greenpeace Schweiz

vertreten durch Stephan
Füglister (Kampagnenforum
GmbH)

Autor



Gabor Doka

**Doka Ökobilanzen,
Zürich**

Zürich, Januar 2010

Inhalt

1	Einleitung	3
2	Zusammenfassung	4
3	Gutachten	5
3.1	Herkunft des Spaltstoffe für Beznau.....	5
3.2	Recycling in Ökobilanzen.....	6
3.3	Treibhausgasbilanz als prominentestes Resultat.....	7
3.4	Bezugsgrösse der Resultatepräsentation.....	8
3.5	Energiebilanz	8
3.6	Messgrössen für Umweltwirkungen	9
3.7	Ko-produzierte Wärme	10
4	Schlussfolgerungen	11
5	Quellennachweise	12

Autor: Gabor Doka, Doka Ökobilanzen, Zurich, do@doka.ch

*Titelphoto: KKW Beznau, Aargau, im März 2009 von Benedikt Jorns
Original unter <http://www.panoramio.com/photo/1972868>*

1 Einleitung

Die Nordostschweizer Kraftwerke AG hat im Mai 2009 eine Umweltdeklaration zu den zwei Kernkraftwerken Beznau I und II, Aargau, veröffentlicht (NOK 2008). Die Studie wurden vor allem in den Medien bekannt mit der Aussage, dass die in den Kernkraftwerken Beznau produzierte Elektrizität mit gesamthaft 3.04 Gramm Kohlendioxid-Äquivalenten pro Kilowattstunde belastet ist. "Gesamthaft" bedeutet hier, dass sämtliche vor- und nachgelagerten Aufwendungen mit einbezogen wurde, d.h. ein sogenannter Lebenszyklusansatz verfolgt wurde. Dabei sind Uranabbau, Urankonversion, Brennelementfertigung, Kraftwerksbau, -betrieb, und -rückbau und -entsorgung, sowie Wiederaufbereitung und Endlagerung berücksichtigt.

Da die genannten 3.04 g CO₂-Eq/kWh etwa nur halb so hoch sind wie Werte aus vergleichbaren Studien für durchschnittliche Kernenergie in der Schweiz (s. z.B. ecoinvent 2009, Hirschberg 2008, Capello 2009), wurden die angenommenen Randbedingungen der Studie, insbesondere die genaue Herkunft des Uranbrennstoffes, schon kurz nach Studienveröffentlichung kritisiert (Geel & Alleman 2009).

Die Umweltdeklaration der NOK ist eine Environmental Product Declaration EPD, deren Methodik international geregelt ist. Die Vorgaben sind in allgemeinen Richtlinien, sogenannten General Programme Instructions GPI festgehalten, die für alle EPD zu gelten haben (GPI 2008), sowie für Kernkraftwerke in spezifischen Regeln, sogenannten Product Category Rules PCR Nr.17 für Erzeugung und Verteilung von Strom, Dampf, oder Wasser (PCR 2007). Im wesentlichen stützt sich eine EPD auf eine Ökobilanz, d.h. eine Lebenszyklusanalyse des Prozesses an sich, sowie der notwendigen vorgelagerten Prozesse, wie z.B. Rohstoffabbau, und der ausgelösten nachgelagerten Prozesse, z.B. Entsorgung.

Greenpeace Schweiz hat Gabor Doka beauftragt, die Umweltdeklaration der NOK unabhängig zu begutachten und auf methodische Konsistenz und den heutigen State-of-the-Art der Ökobilanzierung zu überprüfen. Gabor Doka ist Diplom-Chemiker, beschäftigt sich seit 1992 professionell ausschliesslich mit Ökobilanzen und ist unter anderem seit siebzehn Jahren Koautor der international führenden Datenbank für Ökobilanzen ecoinvent (ecoinvent 2009) unter Federführung des ETH-Bereichs. Er hat 2008 für das Paul-Scherrer-Institut PSI die für Kernenergie massgebend wichtige, aber bis dahin in Ökobilanzen unberücksichtigte Umweltbelastungen aus dem Uranbergbau (Tailings) ökobilanziert (Doka 2008). Doka Ökobilanzen ist eine unabhängige Einzelfirma in Zürich.

2 Zusammenfassung

Begutachtet wurde die veröffentlichte *Environmental Product Declaration* EPD zum KKW Beznau (NOK 2008). Grundsätzlich ist zu sagen, dass die EPD eine weitgehend sorgfältig präsentierte Arbeit ist, welche einen Einblick in den Aufbau der Studie erlaubt. Die Befunde des Gutachtens wären teilweise ohne diese Transparenz der Dokumentation nicht möglich gewesen. Im folgenden die wichtigsten der besprochenen Punkte:

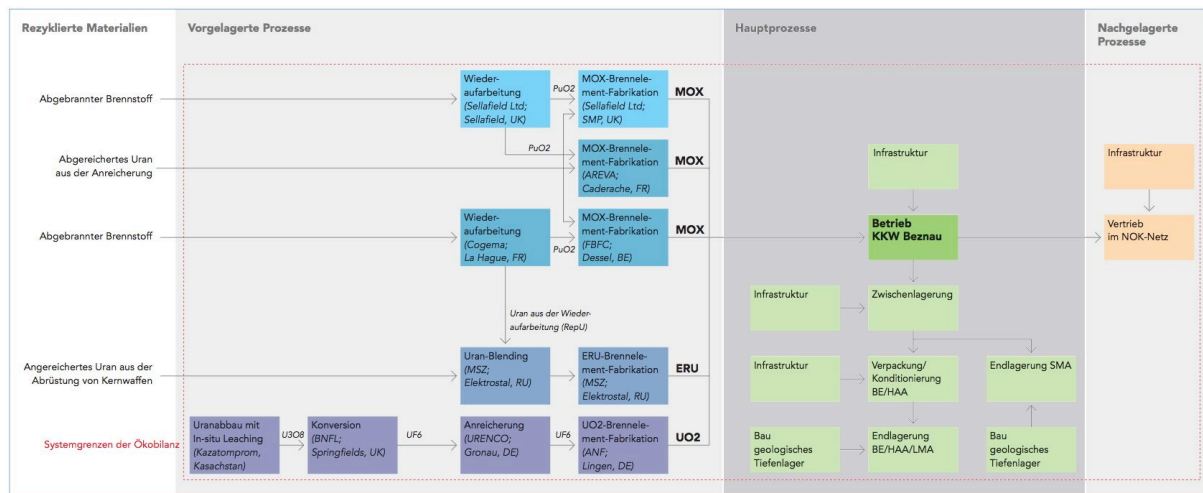
- Die EPD präsentiert überwiegend die Ökobilanzresultate der Stromproduktion des KKW Beznau allein, selten inklusive Stromtransport bis zu den öffentlich-rechtlichen Stromversorgungsunternehmen. Gemäss Richtlinien der EPD wäre aber der Einbezug der vollständigen Stromverluste von etwa 12% und der Aufwand für das Verteilnetz *bis zum Konsumenten* ein obligatorischer Bestandteil einer EPD für Stromerzeuger. Diese unterschlagenen Beiträge würden das Resultat der EPD Beznau spürbar erhöhen.
- Obwohl in der EPD Beznau selbst eine Reihe von Umweltwirkungen eruiert wurden, werden in den sekundären Kommunikationen der NOK dazu praktisch nur die *am wenigsten umweltrelevanten Aspekte* der Kernenergie zitiert, insbesondere die Klimagase. Die tatsächlich viel relevanteren Aspekte wie toxische Emissionen werden ausgeklammert. Dies ist nicht Sinn und Zweck einer EPD.
- Die gemachte Angabe von Energie-Ressourcen widerspricht den Vorgaben zur Erstellung von EPD. Sie unterschlägt Natururan als Energieressource, welche für Beznau 97% der benötigten nicht-erneuerbaren Energieressourcen über den Lebenszyklus ausmachen würde.
- Es ist unrealistisch, dass das eingesetzte Natururan (Kürzel UO₂) wie angegeben ausschliesslich aus wenig aufwendigem Lösungsbergbau (*in-situ leaching* ISL) in Kasachstan stammt. Die wichtigsten Quellen für in Europa verarbeitetes Natururan sind Tagebaustätten in Russland, Kanada, Niger und Australien, welche grosse Mengen an Abfällen (tailings) erzeugen.
- Falls der Brennstoff für Beznau, wie von Greenpeace bereits früher kritisiert, mittel angereichertes Uran (*medium enriched uranium MEU*) beinhaltet, müsste dessen Aufbereitung in die Bilanz einbezogen werden. Der Einsatz von simultan produzierten Spaltstoffen in russischen Reaktoren, wie gefordert, gehört indessen nicht zur EPD Beznau.
- Als "Umweltindikator" werden unter anderem radioaktive Emissionen in der Einheit Kilobequerel präsentiert, welche keinerlei Aussagekraft bezüglich Umweltwirkung besitzen und daher als Umweltindikator untauglich sind.
- Die massgebenden Richtlinien für die EPD verlangen Angaben zu toxischen Emissionen, *aufgetrennt* nach den drei Teilprozessen "Hauptprozess", "vorgelagerte Prozesse" und "nachgelagerte Prozesse". In der EPD Beznau werden unbegründet selektiv nur drei toxische Einzelschadstoffe in Luft für das *Gesamtsystem* präsentiert. Dies ist klar zu wenig detailliert. Toxische Emissionen *in Wasser und Boden* fehlen ganz, obwohl diese einen relevanten Anteil der Gesamtbelastung ausmachen dürften.
- Eine geringe Menge der Abwärme Beznaus wird als Fernwärme genutzt. Die Autoren der EPD überwälzen aber die ermittelte Umweltbelastung vollständig auf das Stromprodukt. Die Resultate der EPD erhöhen sich durch diesen Entscheid aber nur unwesentlich, um ca. 1%.

3 Gutachten

3.1 Herkunft des Spaltstoffe für Beznau

Gemäss Betreiberangaben setzen sich die Spaltstoffe für Beznau aus drei Typen von Quellen zusammen:

- **Natururan (UO₂)** aus Lösungsbergbau (*in-situ leaching* ISL) in Kasachstan.
- **Enriched reprocessed uranium (ERU)**. Wiederaufgearbeitetes angereichertes Uran. Eine Mischung aus Kernwaffen-Uran (*highly enriched uranium* HEU) und Uran aus der Wiederaufbereitung bereits verwendeter Brennstäbe (*reprocessed uranium* RepU).
- **Mischoxid-Brennstoff (MOX)**. Eine Mischung aus abgereichertem Uran (*depleted uranium* DU) sowie Uran und Plutonium (PuO₂) aus der Wiederaufbereitung bereits verwendeter Brennstäbe (*reprocessed uranium* RepU).



Vereinfachtes Prozessschema der Elektrizitätserzeugung und -verteilung aus dem KKW Beznau im Bezugsjahr 2006/07

(Grafik aus NOK 2008)

Die Verwendung von Kernwaffen-Uran (HEU) wurde bereits in (Geel & Alleman 2009) angezweifelt. In der EPD selbst deklarierten die Autoren, dass die Herstellung von ERU-Brennstoff aus "technisch vergleichbaren Anlagen näherungsweise" bilanziert wurde (NOK 2008, S.10). Im Oktober 2009 hat Beznau's Betreiberfirma Axpo angekündigt, "ausgiebige Auskünfte direkt von der entsprechenden Firma in Russland [MSZ Elektrostaal]" zu verlangen (NZZ 2009).

Die EPD gibt an, dass der konventionelle Uranbrennstoff (UO₂) ausschliesslich aus in-situ Uranminen in Kasachstan stamme (NOK 2008, S.9). Der genannte Empfänger dieses Urans, Springfields Fuels Limited¹, gibt aber selbst an Uran aus "mines around the world" zu verarbeiten². Letzteres ist für ein international gehandeltes Gut wie Uran auch realistischer. Die gesamten Uranimporte von Kasachstan

¹ Diese Produktionsstätte in Springfields gehört bereits seit April 2005 nicht mehr der British Nuclear Fuels Limited BNFL, wie NOK schreibt (S.7). BNFL wurde im April 2005 aufgelöst. Springfields gehört neu der britischen Nuclear Decommissioning Authority NDA. Westinghouse managt den Betrieb zu Händen der NDA in Springfields (siehe http://www.westinghousenuclear.com/Businesses/nuclear_fuel/springfields_site.shtm).

² Unter dem Titel "Nuclear fuel manufacture at Springfields" schreibt der Hersteller "The uranium ore, from mines around the world, first passes through a number of chemical processes, both off and on site, that change it to uranium tetrafluoride (UF₄). It then follows different processes depending on the type of fuel we are making. [emphasis Doka]" (Westinghouse 2007)

nach Europa betragen in der Bilanzierungsperiode knapp 600 Tonnen Uran (Euratom 2007), was nur ca. 10% der Produktionskapazität von Springfields ausmachen würde. Springfields verarbeitet effektiv mehrere Tausend Tonnen Uran jährlich. Eine ausschliessliche Alimentierung von Springfields durch kasachisches ISL-Uran, wie von NOK angenommen, ist demnach wenig realistisch. Die wichtigsten Quellen von in Europa verarbeiteten Natururan sind Tagebaustätten in Russland, Kanada, Niger und Australien (Euratom 2007).

Für die Bilanz ist dies insbesondere bedeutsam, als dass Kasachstan ausschliesslich In-situ Leaching (ISL) zur Urangewinnung anwendet, diese Methode aber sonst weltweit nur wenig angewendet wird. Beim In-situ Leaching wird Säure in den erzhaltigen Untergrund gepresst und fortlaufend abgepumpt, um Uranerz direkt im Gestein auszulösen. In-situ Leaching hat vergleichsweise einen kleineren direkten Energieverbrauch als die weit häufigeren konventionellen Bergbaumethoden zur Urangewinnung (Tagebau oder Untertagebau). ISL erzeugt auch viel weniger zu entsorgende Abfallstoffe (tailings) als der konventionelle Bergbau. Es ist aber kaum anzunehmen, dass die NOK die heikle *Nachsorgephase* für derartige ISL-Minen berücksichtigt hat, da entsprechende Datenquellen für Ökobilanzen noch fehlen. Durch die unrealistische Annahme von ISL statt dem üblicheren Bergbau genießt die EPD Beznau einen unechten Vorteil.

3.2 Recycling in Ökobilanzen

Ökobilanzen versuchen die gesamten Umweltbelastungen eines Konsumproduktes festzustellen. Alle notwendigen vor- und nachgelagerten Prozesse werden dabei berücksichtigt, auch indirekte. Dies stellt den sogenannten Lebenszyklus eines Produktes dar; von der Wiege bis zur Bahre (*cradle to grave*). Es wird also gleichsam derjenige Ausschnitt aus der Weltwirtschaft betrachtet, der stofflich-kausal mit einem bestimmten Produkt verknüpft werden kann. Dieses Konzept ist zwar praktisch aufwendig und führt zu weitläufigen, teilweise rekursiven Netzwerken, ist aber grundsätzlich klar.

Problematisch wird das Vorgehen, wenn Prozesse auftauchen, welche mit *mehr als nur einem einzigen Produkt* stofflich-kausal verknüpft sind. Recycling-Prozesse sind solche Scharnierstellen, welche die Entsorgung eines Abfalles (aus Produkt I) und die Herstellung von Rezyklat-Material (für ein Produkt II) verbinden. Ein Recyclingprozess beinhaltet eine Entsorgungsfunktionalität *und* eine Versorgungsfunktionalität. In einer Ökobilanz von Produkt I ist man nur an der Entsorgungsfunktion interessiert; in einer Ökobilanz von Produkt II nur an der Versorgungsfunktion. Es stellt sich das Problem, wie dieser bifunktionale Prozess in einen monofunktionalen Teilprozess aufgetrennt werden kann. Die Auftrennung soll dabei so erfolgen, dass in kombinierten Ökobilanzen keine Doppelzählungen auftreten können.

Die praktische Lösung, wie eine solche Auftrennung – im Ökobilanzjargon *die Allokation* – zu erfolgen hat, ist nicht eindeutig. Bis heute existieren verschiedene Vorschläge dazu. Für EPDs wird aber ein festes Vorgehen vorgegeben: Die gesamten Aufwendungen, um einen Abfallstoff in ein nutzbares Rezyklat umzuwandeln, werden *dem nachfolgenden Nutzer dieses Rezyklats* angelastet (GPI 2008, Annex S.10). Um einen Abfall von einem nutzbaren Wertstoff abzugrenzen, sollen übliche Marktpreise herangezogen werden. Im Falle von wiederaufbereitetem Uran bedeutet dies, dass die Aufwendungen und Belastungen aus dem Wiederaufbereitungsprozess dem Nutzer der gewonnenen Rezyklate Uran (RepU) und Plutonium (PuO₂) angelastet werden. Die Systemgrenzen der NOK-Ökobilanz sind korrekterweise entsprechend gezogen, und beinhalten die vorgelagerte Wiederaufbereitung von Spaltstoffen. Beznau selber liefert gemäss EPD keine ausgebrannten Brennstäbe in die Wiederaufbereitung.

Greenpeace bemängelt, dass zur Herstellung von Beznas ERU-Brennstoff statt Kernwaffen-Uran (*highly enriched uranium HEU*) tatsächlich wiederaufgearbeitetes Uran aus Schiffantriebsreaktoren (*reprocessed medium enriched uranium MEU*) verwendet wird (Greenpeace 2009). Die Aufarbeitung von MEU in der Anlage Mayak ist in der EPD Beznau nicht enthalten. Falls MEU in Beznau verwendet wird, ist dies tatsächlich ein Fehler. In der gegenwärtigen Bilanz tritt HEU von ausserhalb

der Bilanzierungsgrenzen direkt und ohne Umweltbelastung in den Blending-Prozess ein. Eine allfällige vorgängige Präparation des HEU ist nicht enthalten. Im Falle von MEU müsste die Aufarbeitung sicher berücksichtigt werden.

Zum andern fordert Greenpeace, dass der Einsatz von RBMK-Material in russischen Reaktoren ebenfalls zur Ökobilanz gehört, weil solches Material bei der russischen Herstellung von ERU-Brennstoff anfallt. Dazu ist anzumerken, dass der Ausgangspunkt der Diskussion die Ökobilanz *für Beznau* ist. Der Einsatz von Brennstoffen in Anlagen anderer Besitzer können kaum zur Ökobilanz *Beznaus* zugehörig betrachtet werden. Die Ökobilanzierung ist aber ein flexibles Instrument und es wäre denkbar eine *andere* Ökobilanz aufzuziehen, welche z.B. die russische Fertigung in MSZ Elektrostal sowie die Verwendung in Reaktoren (russischen wie westeuropäischen) inkl. der nachfolgenden Entsorgung betrachtet. Dies wäre aber eine andere Fragestellung als diejenige der Ökobilanz von Beznau. Die Systemgrenzziehungen, die sich durch unterschiedliche Fragestellungen ergeben, dürfen nicht miteinander vermischt werden.

3.3 Treibhausgasbilanz als prominentestes Resultat

EPDs sollten die *relevanten* Umweltaspekte des untersuchten Produktes beleuchten (GPI 2008, S.3)³. Die EPD Beznau weist aber leider in für Kernenergie wichtigen Umweltaspekten wie radioaktiven und anderen toxischen Emissionen Auslassungen und Mängel auf (s. Kapitel 3.6 "Messgrößen für Umweltwirkungen" auf Seite 9). Die NOK präsentiert in seinen Medien-Kommunikationen und Präsentationen beim Vergleich mit anderen Energietechnologien vor allem Aspekte, die einen vergleichsweise geringen Teil der Umweltbelastung der Kernenergietechnologie darstellen, wie Metallverbrauch, Partikelemissionen oder in erster Linie die Treibhausgasbilanz (Capello 2009, Thumann 2009). Bestehende und in Ökobilanzen standardmässig angewandte Methoden zur integralen Beurteilung *mehrerer* Umweltaspekte wie z.B. Eco-indicator'99 oder Umweltbelastungspunkte wurden nicht verwendet, wären aber sehr leicht zu erstellen gewesen. Indem vor allem die wenig relevanten Aspekte hervorgehoben werden, laufen die Kommunikationen der NOK dem ursprünglichen Sinn und Zweck einer EPD entgegen.

Ökobilanzexperten ist seit langem bewusst, dass es in Umweltentscheiden keinen Sinn macht, nur auf einen einzigen Problembereich zu fokussieren, der als "wichtigster Umwelteffekt" deklariert wird. Auch wenn man sich einig würde, was als wichtigster Problembereich zu gelten hat – z.B. Klimawandel, Landverbrauch, Sommersmog, Wasserkonsum, oder Energieressourcen? – alles was dadurch erreicht würde, ist ein System bestenfalls im *betrachteten* Umweltbereich zu optimieren, während die *unbeachteten* Problembereiche gravierender werden können (sog. *burden shifting*). Die heute bedeutsamen Umweltprobleme gründen historisch gesehen auf gänzlich fehlendem Problembewusstsein, oder der Auffassung, dass dieses Problem unwichtig sei. In diesem Sinne muss die Vermeidung von *burden shifting* auch heute hohe Priorität geniessen, will man nicht einfach bei der Behebung der heutigen Umweltprobleme die Umweltprobleme von morgen verursachen. Eine Fokussierung auf einen als wichtigsten empfundenen Effekt allein ist dabei kontraproduktiv. Glücklicherweise stehen der Ökobilanzierung Methoden zur Verfügung, um eine möglichst breite Vielzahl von Umwelteffekten abzubilden und damit das Risiko einer lediglichen *Verlagerung* der Umweltbelastung von einem Bereich auf den anderen zu vermindern⁴. Die Konzentration der Aufmerksamkeit auf den Klimawandel allein ist zwar populär, aber wenig sinnvoll. Um Aussagen über die Umweltbelastung der Kernenergie zu erhalten, müssen z.B. toxische Emissionen wie

³ Siehe auch die zugrundeliegenden Prinzipien der ISO-Norm 14020 zu Umweltlabeln "*Principle 5: The development of environmental labels and declarations shall take into consideration all relevant aspects of the life cycle of the product.*"

⁴ Auch in der Ökobilanzierung gibt es aber heute noch unterentwickelte Bereiche, wie z.B. Lärmbelastungen, Belastungen am Arbeitsplatz oder Gefahren aus seltenen Unfallrisiken. Zudem sind in einer Umweltbilanz keine sozialen Auswirkungen mit eingeschlossen.

Schwermetalle und radioaktive Emissionen zwingend mit berücksichtigt werden, ansonsten wird ein Grosseil der Umweltbelastung der Kernenergie ignoriert.

3.4 Bezugsgrösse der Resultatepräsentation

Einleitend wird in der EPD Beznau erläutert, dass in der Bilanz die Verteilung vom Beznau-Strom an die Kunden mit eingeschlossen ist (NOK 2009, S.3 & 5)⁵. Als "Kunde der NOK" wird dabei nicht etwa der Stromkonsument verstanden, sondern der Stromhändler oder das Stromversorgungsunternehmen (NOK 2008, S.9). In der Bilanz wären also die Stromverluste der Übertragung und der Aufwand für das Übertragungsnetz mit einzuschliessen. Die Autoren deklarieren die Verluste der Übertragung im NOK-eigenen Übertragungsnetz an örtliche Kunden (Stromverlust 1.3%) und den Aufwand für dieses Netz zu berücksichtigen (NOK 2008, S.9). Weitergehende Transporte zum Endkunden sind nicht enthalten. Die Stromverteilung bis zum Endkunden, nicht nur bis zum Stromversorgungsunternehmen ist aber obligatorischer Bestandteil der EPD⁶. In diesem Sinne kann die EPD Beznau als nicht regelkonform bezeichnet werden.

In der ganzen Resultatepräsentation der EPD über 25 Seiten, werden die Resultate inklusive der begrenzten Stromverteilung gegen Ende auf lediglich einer Seite präsentiert (S.25). Die meisten Resultate der EPD beziehen sich daher nicht wie vorgängig deklariert auf eine Kilowattstunde inklusive der Verteilung, sondern ohne Verteilung. Es ist irreführend von der NOK, eine Bezugsgrösse der EPD zu anzugeben, welche in den meisten Resultatpräsentationen nicht zur Anwendung kommt. In EPDs ist jeweils nur *eine* Bezugsgrösse vorgesehen (GPI 2008, S.16). Zwei unterschiedliche Bezugsgrössen, wie sie die NOK verwendet hat, sind nicht erlaubt. Es ist nicht ersichtlich, welchen Vorteil für den Leser die zwei verwendeten Bezugsgrössen darstellen sollen. Die Verteilung zum Endkunden hätte leicht als zusätzlicher Teilprozess in den bereits aufgeteilten Resultaten dargestellt werden können.

Allein bei den Transporten ab Klemme Beznau bis zu den Stromversorgungsunternehmen erhöhen sich die Umweltbelastungen gemäss NOK je nach Umweltindikator zwischen 2.5% und 8% (NOK 2008, S.25). Bei der Transformierung auf das Niederspannungsnetz sind zusätzliche und bedeutendere Verluste und Aufwendungen zu erwarten. Der durchschnittliche Stromverlust im Schweizer Niederspannungsnetz beträgt zusammen etwa 12% (ecoinvent 2009).

3.5 Energiebilanz

Die Methodikvorgaben für EPDs legen fest, dass in den Bilanzresultaten Ressourcen in den folgenden Kategorien ausgewiesen werden müssen (GPI 2008, S.25):

- Nicht-erneuerbare Ressourcen – Material-Ressourcen
- Nicht-erneuerbare Ressourcen – Energie-Ressourcen
- Erneuerbare Ressourcen – Material-Ressourcen
- Erneuerbare Ressourcen – Energie-Ressourcen

⁵ "Gegenstand der Umweltdeklaration ist das Produkt von 1kWh im KKW Beznau erzeugter Nettoelektrizität mitsamt anschliessender Lieferung an einen an das Stromnetz der NOK angeschlossenen Kunden im Bezugsjahr 2006/07."

⁶ "The following items shall be included in the LCA calculations: Average transmission/distribution losses associated with the transmission and distribution of electricity to a consumer, defined with respect to connection voltage. [...]" (PCR 2007, S.21). Siehe auch (PCR 2007, S.8)

Die NOK listet zwar die Hauptenergieressource für Kernenergie auf – 4.88 mg Uran pro kWh Elektrizität – aber fälschlicherweise unter den *Materialressourcen*, statt den *Energieressourcen* (NOK 2009, S.13).

Diese falsche Kategorisierung wäre nicht so schlimm, wäre sie nicht ein Prolog zur *gänzlichen Weglassung* von Uran als Hauptenergieträger in den Angaben zum Energieressourcenverbrauch ab S.16. Lediglich fossile Ressourcen wie Erdöl, Kohle, Erdgas etc. werden dort noch aufgeführt. Es ist unklar, welche Aussagekraft eine Angabe des Energieressourcenverbrauchs der Nuklearenergie haben soll, bei welcher der wichtigste Energieträger der Nukleartechnologie weggelassen wird. Der weggelassene Uraninput würde den Energieressourcenverbrauch von den präsentierten 0.0489 MJ/kWh_{el} auf 2.25 MJ/kWh_{el} erhöhen⁷. Die Autoren haben somit gleichsam über 97% der benötigten nicht-erneuerbaren Primärenergieressourcen ausgeklammert.

Der Verbrauch von Energieressourcen wird oft als Messgrösse für Umweltbelastung generell verstanden. Diese Ansicht gilt in Ökobilanzkreisen als veraltet, da es detailliertere und umfassendere Messgrössen gibt. Es wurde schon oft kritisiert, dass zwischen Umweltbelastung und Energieverbrauch keine genügende Korrelation besteht⁸, z.B. (Althaus et al. 2004). Vor allem im Bereich Gebäude und Architektur wird aber bis heute die "Graue Energie" als approximativer Massstab für Umweltbelastung herangezogen (Kasser & Pöll 1999). Dabei wird aber neben fossilen Energieträgern auch Uran und Wasserkraft berücksichtigt. Auch in der Schweizerischen Gewichtungsmethode für Ökobilanzen UBP'06 werden neben anderen Belastungen auch Energieressourcen bewertet, inklusive Uran, Wasserkraft und auch weiteren erneuerbaren Energieträgern (ÖBU 2008). In der Energiewirtschaft wird manchmal eine anders gelagerte Frage gestellt, diejenige nach *Erntefaktoren*. Das heisst es wird gefragt, wieviel Energie in Infrastrukturen, Verarbeitung und Transport investiert werden muss, um eine Energieeinheit Elektrizität zu erzeugen. Die Energie im direkt vom Kraftwerk benötigten Energieträger wird dabei weggelassen. Kernenergie welche aber *indirekt* benötigt wird, zum Beispiel über Strombezüge zur Brennstoffkonversion, müssen auch bei Berechnung von Erntefaktoren miteinbezogen werden. Die Angaben zum Energieressourcenverbrauch in (NOK 2008, S.17) erfüllen demnach keine dieser Definitionen. Es ist damit nicht ersichtlich, für wen diese Zahlen nützlich oder sinnvoll sein sollen. Zur Berechnung einer "Grauen Energie" sind sie mindestens einen Faktor 45 zu klein und widersprechen wie gesagt auch den methodischen Vorgaben in den General Program Instructions für EPDs (GPI 2008).

3.6 Messgrössen für Umweltwirkungen

3.6.1 Radioaktivität

Im Kapitel "Deklaration der Umweltwirkungen" werden die Resultate der Schadstoffbewertung (Impact Assessment) aufgeführt (NOK 2008, S.18ff.). Es sind dies Angaben zu Klimawandel (CO₂-Äquivalente), zu Ozonabbauern (CFC11-Äquivalente), zu Sommersmog/Bodenozone (Ethylen-Äquivalente), zu Versauerung (SO₂- Äquivalente), zu Eutrophierung (PO₄-Äquivalente). Ohne eine Untertrennung folgen darauf Resultate der *radioaktiven Emissionen* in der Einheit Kilobecquerel (kBq). Becquerel sind Masseinheiten für die Anzahl radioaktiver Zerfälle pro Zeiteinheit. Becquerel-Angaben beinhalten keinerlei Aussagekraft bezüglich der Gefährlichkeit oder Umweltgefährdung (Impact) der dabei freiwerdenden radioaktiven Strahlung. Becquerel sind bekanntermassen ungeeignet Umweltwirkungen zu quantifizieren, etwa so, wie "Kilogramm" kein geeignetes Mass ist, um die Giftigkeit verschiedener Substanzen zu eruieren: ein Kilogramm Dioxin ist z.B. nicht gleich giftig wie

⁷ Die Richtlinien für EPDs schlagen vor, einen Wert von 451'000 MJ/kg Uran zu verwenden (GPI 2008, Annex S.17).

⁸ Um sinnvoll zu sein, müsste für sehr viele Prozesse eine Korrelation zwischen Umweltbelastung und Energieverbrauch gegeben sein. Dies ist nicht der Fall. Es braucht beispielsweise sehr wenig Energie ein Kilogramm Nitrat in ein Gewässer zu leiten, aber wesentlich mehr Energie dieselbe Menge Nitrat in einer Abwasserreinigungsanlage unschädlich zu machen.

ein Kilogramm Ozon. Resultate in Becquerel sind daher in einem Kapitel über Umweltwirkungen deplaziert, da sie keinerlei Schadstoffbewertung oder -gewichtung enthalten. Bewertungsfaktoren, welche Becquerel-Angaben in aussagekräftigere Angaben zur Umweltauswirkung radioaktiver Schadstoffe überführen (in man.Sievert oder DALY) sind in Ökobilanzen seit über zehn Jahren verfügbar.

Aussagen im Text zeigen, dass sich die Autoren nicht bewusst sind, dass die verschiedenen radioaktiven Emissionen nicht auf dieser Stufe verglichen werden dürfen (z.B. NOK 2008, S.24: "Den *wesentlichen Anteil* an radioaktiven Emissionen in Wasser haben die Tritium Emissionen aus den Wiederaufarbeitungsanlagen" [*Hervorhebung Doka*]). Der Leiter Nachhaltigkeit der NOK, Christian Capello, bezeichnet diese Resultate als "Umweltindikatoren"⁹, was sie nicht sind (Capello 2009, S. 23).

3.6.2 Nicht-radioaktive toxische Stoffe

Die Tabelle der NOK führen als nicht-radioaktive Schadstoffe lediglich drei Einzelangaben zu Emissionen von Arsen, Cadmium und Dioxin in die Luft auf (NOK 2008, S.14). Dies entspricht nur einem sehr kleinen Ausschnitt aller toxischen Emissionen. Ganz abwesend sind toxische Emissionen in *Wasser und Boden*, die insbesondere beim Uranabbau und der Uranaufbereitung relevant werden. Die massgebenden Richtlinien für die EPD verlangen ausdrücklich Inventarangaben zu toxischen Emissionen, aufgetrennt nach den drei Teilprozessen "Hauptprozess", "vorgelagerte Prozesse" und "nachgelagerte Prozesse"¹⁰. Diese Auftrennung erfolgte in der genannten Tabelle nicht.

Die NOK übertitelt interessanterweise die angegebenen Luftemissionen mit "Weitere *relevante*, nicht radioaktive Emissionen in die Luft". Um Relevanz abzuschätzen müssen weitere Schadstoffe bilanziert worden sein. In Ökobilanzen besteht seit langem die Möglichkeit eine Vielzahl toxischer Schadstoffe in *einer* kompakten Masszahl zusammenzufassen, wie dies viele Gewichtungsmethoden in Ökobilanzen machen und es auch in der EPD Beznau analog für Klimawandel, Ozonabbauern, Versauerung etc. gemacht wurde. Dass nur drei Schadstoffe aufgeführt, obwohl mit grosser Sicherheit wesentlich mehr berechnet wurden, ist ein Mangel.

3.7 Ko-produzierte Wärme

Beznau produziert neben Elektrizität auch Wärme für das REFUNA Fernwärmenetz. Trotzdem werden alle Aufwendungen vollständig der Stromproduktion allein angelastet, und nichts der Wärmeproduktion (NOK 2008, S.10). Im Ökobilanzjargon: eine 100%ige Allokation der Umweltbelastung auf das Produkt Elektrizität, und 0% auf Wärme. Dem Stromprodukt wird somit mehr Umweltbelastung zugeschrieben, als notwendig wäre. Dies bedeutet eine Zusatzbelastung für das Stromprodukt. Bei einer Allokation nach Energiewertigkeit, würde aber nur ein geringer Teil der Umweltbelastung auf Wärme abgewälzt, ca. 1%, da die genutzte Wärmemenge gering ist und Wärme eine niedrigere Wertigkeit (Exergie) als Elektrizität aufweist. Der gemachte Allokationsentscheid hat somit nur unbedeutend Einfluss auf das präsentierte Endresultat.

⁹ Grössen, welche keine Umweltqualität bzw. -schäden abbilden können, sind keine Umweltindikatoren. Dazu z.B. aus dem Glossar der EU: "Environmental indicators must be [...] scientifically valid for *assessing or documenting ecosystem quality*..." (EU Joint Research Centre, Life Cycle Thinking (LCT) and Assessment (LCA) <http://lct.jrc.ec.europa.eu/glossary>).

¹⁰ Siehe Kapitel 7.5.1 "Environmental performance declaration - Minimum set of parameters from the LCA study" in (PCR 2007, S.25).

4 Schlussfolgerungen

Mit der EPD Beznau hat die NOK eine ausführliche Umweltdeklaration basierend auf einer Ökobilanz vorgelegt. Trotz einiger erfreulicher Ansätze lassen Teile der Bilanz zu wünschen übrig. Dazu gehört insbesondere

- a) die mangelhafte Erfassung toxischer Emissionen
- b) die Angabe unrealistischer Quellen für die verwendeten Spaltstoffe und
- c) das Fokussieren auf wenig relevante Aspekte der Kernenergie in Sekundärkommunikationen zur EPD.

Die EPD ist keine "Klimabilanz", sondern eine *Umweltbilanz* und es müssen die *relevanten* Umweltaspekte der bilanzierten Technologie beleuchtet werden.

5 Quellennachweise

Das Datum hinter Internetadressen bezeichnet den Zeitpunkt der Besichtigung.

Althaus et al. 2004 Manufacturing and Disposal of Building Materials and Inventorying Infrastructure in ecoinvent. Althaus H.-J., Kellenberger D., Doka G., Künniger T., International Journal of Life Cycle Assessment. Online First 2004 p. 1-7. <http://www.doka.ch/AlthausBuildMatIntJLCA2004.pdf> (14 Nov 2004)

Capello 2009 Ökobilanzen bei der NOK. Capello C.ETH Zürich, 15. Mai 2009. <http://www.ifu.ethz.ch/ESD/education/Bachelorstudium/GrundlagenOSA/NOK> (24. Aug 2009)

Doka 2008 Non-radiological emissions from uranium tailings: A generic, global model for Life Cycle Inventory data. Doka Life Cycle Assessments, Zurich, November 2008. <http://www.doka.ch/PSluraniumtailingsDoka.pdf> (19 Feb 2009)

ecoinvent 2009 Schweizerische Datenbank für Ökoinventare ecoinvent. Ecoinvent Centre, EMPA, Dübendorf <http://www.ecoinvent.org/>

Euratom 2007 Euratom Supply Agency Annual Report 2007. http://ec.europa.eu/euratom/anreport_en.html (2 Nov 2009)

Geel & Alleman 2009 Offener Brief - Falsche Angaben der NOK Umweltdokumentation zum AKW Beznau. 6 Juli 2009. http://www.greenpeace.ch/fileadmin/user_upload/Downloads/de/Atom/2009_Brief_NOK_Umweltdokumentation_Beznau.pdf (23. Okt 2009)

GPI 2008 General Programme Instructions for Environmental Product Declarations EPD. Version 1.0 published by the International EPD Consortium (IEC) 29 Feb 2008. Main report: http://www.environdec.com/documents/pdf/EPD_instructions_080229.pdf, Annex: http://www.environdec.com/documents/pdf/EPD_annexes_080229.pdf (26. Okt 2009)

Greenpeace 2009 Recycling von Wiederaufarbeitungsuran ? Ein Einblick in die Geschäfte der Schweizer Atomindustrie mit russischen Brennstoffproduzenten. Greenpeace Schweiz, Juni 2009 (Erste Fassung). http://www.greenpeace.ch/fileadmin/user_upload/Downloads/de/Atom/2009_Stu_Wiederaufarbeitungsuran.pdf (23. Okt 09)

Hirschberg 2008 Life Cycle Analysis of Carbon Dioxide Emissions from Different Energy Sources. Stefan Hirschberg, Paul Scherrer Institute, Switzerland. Optimizing the mitigation of carbon dioxide emissions in Europe, Brussels, Belgium, October 7, 2008. http://www.confrontations.org/IMG/pdf/Colloque_SL_C_-_Hirschberg.pdf (17 Sept 2009)

Kasser & Pöll 1999 Graue Energie von Baustoffen. Kasser U., Pöll M., Büro für Umweltchemie, Zürich, Schriftenreihe Umwelt Nr 307, BUWAL Bern, 1999

NOK 2008 Umweltdokumentation KKW Beznau, Nordostschweizerische Kraftwerke NOK, Axpo. Vom 4. November 2008. http://www.axpo.ch/internet/nok/de/energieproduktion/kernenergie/beznau/okobilanz.-Slot1-0003-File.File.FileRef.pdf/EPD_KKB_d_4Nov.pdf (24. Aug 09) Englische Version unter http://www.easytherm.ch/internet/nok/de/medien/bestellen.-Slot1-0086-File.File.FileRef.pdf/EPD_KKB_e_4Nov.pdf

NZZ 2009 Mehr Licht in die Uran-Kreisläufe – Axpo stellt Nachforschungen zu Anreicherungs-Prozessen in Russland an. Von Davide Scruzzi, Neue Zürcher Zeitung 23. Okt 2009. http://www.nzz.ch/nachrichten/schweiz/mehr_licht_in_die_uran-kreislaeufe_1.3909070.html (23. Okt 2009)

ÖBU 2008 Methode der ökologischen Knappheit – Ökofaktoren 2006 – Methode für die Wirkungsabschätzung in Ökobilanzen. Frischknecht R, Steiner R, Niels Jungbluth N, ÖBU Schriftenreihe 28/2008. http://www.oebu.ch/oebu/downloads/okofaktoren_sr28.pdf (31 Jan 2008)

PCR 2007 Product Category Rules (PCR) for preparing an Environmental Product Declaration (EPD) for Electricity, Steam, and Hot and Cold Water Generation and Distribution. PCR CPC 17, Version 1.1, published by the International EPD Consortium (IEC), 10 Oct 2007. <http://www.environdec.com/pcr/pcr0708e.pdf> (24. Aug 2009)

Thumann 2009 Nachhaltige Stromproduktion aus Kernenergie. Thumann M., Nuklearforum Schweiz, Jahresversammlung 13. Mai 2009. http://www.nuklearforum.ch/_upl/files/Praesentation_Thumann_d.pdf (24. Aug 2009)

Westinghouse 2007 Nuclear fuel manufacture at Springfields. Firmenbroschüre Stand 2. Juli 2007. <http://www.nuclearsites.co.uk/resources/upload/Brochure%20-%20fuel%20manufacturing.pdf> (2. Nov 2009)