

Umweltdeklaration

Kleinwasserkraftwerk Au-Schönenberg | Update 2017



gültig bis 7. September 2020
EPD-Registrierungsnummer S-P-00262
Publikationsdatum 2011-02-10
Revisionsnummer v. 3.0

Zusammenfassung

Unternehmen

Die Axpo Kleinwasserkraft AG produziert Strom aus erneuerbaren Energien und fördert generell nachhaltige Energiesysteme.

Als Betreiberin von neun Kleinwasserkraftwerken an der Reuss, der Limmat, der Birs, der Langete, der Thur und der Töss versteht sich die Axpo Kleinwasserkraft AG als Kompetenzzentrum für Kleinwasserkraft. Sie sichert einen effizienten Betrieb der Anlagen und gewährleistet bei Modernisierungen und Erschliessung von neuen Standorten – einschliesslich der Reaktivierung alter Kraftwerke –, dass auch ökologische und kulturhistorische Aspekte berücksichtigt werden.

Gegenstand der Umweltdeklaration

Das Kleinwasserkraftwerk Au-Schönenberg (TG) wurde 2002 nach 18-monatiger Bauzeit in Betrieb genommen. Mit einer Leistung von 2,1 Megawatt (MW) nutzt das Kleinwasserkraftwerk Au-Schönenberg ein Gefälle der Thur von 5,9 m. Dies ermöglicht eine durchschnittliche jährliche Elektrizitätserzeugung von rund 5,6 Gigawattstunden (GWh). Durch das Wehrkraftwerk Au-Schönenberg wurde und wird künftig für das Gewässersystem über die gesetzlichen Anforderungen hinaus ein wesentlicher ökologischer Mehrwert geschaffen, weshalb dem Kraftwerk ab März 2009 das Ökostrom-Label «naturemade star» verliehen wurde.

Gegenstand der Umweltdeklaration ist das Produkt von 1 Kilowattstunde (kWh) im Kraftwerk Au-Schönenberg erzeugter Nettoelektrizität mit anschlies-

sender Lieferung an einen an das lokale Stromnetz des Elektrizitätswerks Kradolf-Schönenberg angeschlossenen Kunden im Referenzjahr 2015/16.

Das internationale EPD®-System

Das internationale EPD®-System betrieben durch EPD International AB ist ein Typ-III-Umweltdeklarationsprogramm gemäss ISO 14025. Die anwendbaren Regeldokumente in hierarchischer Reihenfolge sind: Produktkategorieregeln für die Produktgruppe Elektrizität, Dampf und Heisswasser (UN-CPC-Gruppen 171 und 173), Allgemeine Programmanweisungen zur Umweltdeklaration (EPD) sowie die Normen ISO 14025 und ISO 14044.

Überprüfung der vorgestellten Ergebnisse

Sämtliche in dieser Umweltdeklaration aufgeführten Resultate wurden von der unabhängigen, akkreditierten Zertifizierungsstelle Bureau Veritas Certification (Schweden) überprüft und zertifiziert.

Umweltauswirkung des Kleinwasserkraftwerks Au-Schönenberg

Zur Quantifizierung der Umweltauswirkung wurde das Verfahren der Lebenszyklusanalyse (Ökobilanz) angewandt. Es berücksichtigt den gesamten Lebenszyklus der Elektrizitätserzeugung und alle zugehörigen Prozesse «von der Wiege bis zur Bahre». Das Referenzjahr ist 2015/16 (1. Oktober bis 30. September). Die wichtigsten Ergebnisse der Ökobilanz sind in nachstehender Tabelle zusammengefasst. Weitere Umweltauswirkungen wie Ressourcenverbrauch oder Landnutzung werden in der Umweltdeklaration aufgezeigt.

Umweltauswirkung	Einheit	1 kWh Nettoelektrizität ab Kraftwerk	1 kWh Nettoelektrizität beim Kunden
Treibhausgase	g CO ₂ -Äquiv.	4,80	8,48
Ozonabbauende Gase	g CFC-11-Äquiv.	$3,23 \cdot 10^{-7}$	$1,13 \cdot 10^{-7}$
Smogbildung (bodennahes Ozon)	g Ethylen-Äquiv.	$1,38 \cdot 10^{-3}$	$7,08 \cdot 10^{-3}$
Versauerung	g SO ₂ -Äquiv.	$4,02 \cdot 10^{-2}$	$1,84 \cdot 10^{-1}$
Überdüngung (Eutrophierung)	g PO ₄ ³⁻ -Äquiv.	$7,96 \cdot 10^{-3}$	$4,67 \cdot 10^{-2}$
Verbrauch fossiler Ressourcen	MJ-Äquiv.	$5,44 \cdot 10^{-2}$	$1,04 \cdot 10^{-1}$

Die Tabelle zeigt gerundete Ergebnisse.

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	4
1.1	Gegenstand der Umweltdeklaration (Produkt)	4
1.2	Die Umweltdeklaration und das internationale EPD®-System	4
1.3	Axpo, Ökobilanzen und EPD®	4
2	Hersteller und Produkt	5
2.1	Axpo Kleinwasserkraft AG und Axpo Gruppe	5
2.2	Produktsystembeschreibung	5
2.2.1	Das Kleinwasserkraftwerk Au-Schönenberg	5
2.2.2	Lebenszyklus der Elektrizitätsproduktion im Kraftwerk Au-Schönenberg	6
3	Deklaration der Umweltauswirkungen	7
3.1	Das Verfahren der Ökobilanz (LCA)	7
3.2	Systemgrenzen, Allokationen und Datenquellen	7
3.2.1	Hauptprozesse	8
3.2.2	Vorgelagerte Prozesse	8
3.2.3	Nachgelagerte Prozesse	8
3.3	Ökopprofil der Elektrizitätserzeugung	8
3.4	Unsicherheitsanalyse	11
3.5	Dominanzanalyse und Schlussfolgerungen	12
3.6	Änderungen gegenüber der früheren Version der Umweltdeklaration	13
4	Zusätzliche Umweltinformationen	14
4.1	Flächennutzung	14
4.2	Biologische Vielfalt	14
4.3	Hydrologie und Gewässermorphologie	15
4.3.1	Hydrologie	15
4.3.2	Gewässermorphologie	15
4.4	Umweltrisiken	15
4.5	Elektromagnetische Felder	16
4.6	Lärm	16
5	Zertifizierungsstelle und Pflichterklärungen	17
5.1	Informationen der Zertifizierungsstelle	17
5.2	Pflichterklärungen	17
5.2.1	Allgemeine Erklärungen	17
5.2.2	Nicht berücksichtigte Lebenszyklusphasen	17
5.2.3	Zugang zu erläuternden Materialien	17
5.2.4	Informationen zur Überprüfung	17
6	Links und Referenzen	18
7	Häufig verwendete Abkürzungen	18

1 Einführung

1.1 Gegenstand der Umweltdeklaration (Produkt)

Dieses Dokument stellt die zertifizierte Umweltdeklaration (EPD¹) für Elektrizität des Kleinwasserkraftwerks Au-Schönenberg dar. Das Kleinwasserkraftwerk Au-Schönenberg ist im Besitz der Axpo Kleinwasserkraft AG, welche eine vollkonsolidierte Gesellschaft der Axpo Gruppe ist.

Gegenstand der Umweltdeklaration ist das Produkt von 1 kWh im Kleinwasserkraftwerk Au-Schönenberg erzeugter Nettoelektrizität mitsamt anschliessender Lieferung an einen an das lokale Stromnetz des Elektrizitätswerks Kradolf-Schönenberg angeschlossenen Kunden im Referenzjahr 2015/16 (1. Oktober bis 30. September).

Das Kleinwasserkraftwerk Au-Schönenberg ist seit 2002 in Betrieb. Mit dem Kraftwerk wurde und wird künftig für das Gewässersystem über die gesetzlichen Anforderungen hinaus ein wesentlicher ökologischer Mehrwert geschaffen, weshalb dem Kraftwerk im März 2009 das Ökostrom-Label «naturemade star»² verliehen wurde.

1.2 Die Umweltdeklaration und das internationale EPD®-System

Das internationale EPD®-System hat in erster Linie die Aufgabe, Unternehmen bei der Aufzeichnung und Veröffentlichung der Umweltleistungen ihrer Produkte (Waren und Dienstleistungen) in glaubwürdiger und verständlicher Form zu unterstützen.

- Hierzu betreibt das internationale EPD®-System ein Typ-III-Umweltdeklarationsprogramm, das interessierten Unternehmen in allen Ländern die Erarbeitung und Veröffentlichung von EPDs nach ISO 14025 ermöglicht.
- Zusätzlich unterstützt das internationale EPD®-System durch Kooperation und Vereinheitlichung andere (landes-, branchenspezifische usw.) EPD-Programme und hilft Unternehmen, ihre EPDs auf dem Weltmarkt vorteilhaft einzusetzen.

Diese Umweltdeklaration ist eine EPD® nach Massgabe des International EPD® System, www.environmentalproductdeclaration.com. EPD® ist ein System zur internationalen Anwendung von Typ-III-Umweltdeklarationen nach ISO 14025.

Das internationale EPD®-System und seine Anwendungen sind in den Allgemeinen Programmanweisungen beschrieben.

Die grundlegendsten Dokumente für das internationale EPD®-System sind (in hierarchischer Reihenfolge):

- Produktkategorieregeln, PKR-CPC 17 (Produktkategorieregeln zur Abfassung einer Umweltdeklaration für die Erzeugung und Verteilung von Elektrizität, Dampf, Heiss- und Kaltwasser), Version 3.0
- Allgemeine Programmanweisungen für Umweltdeklarationen, EPD, Version 2.5
- ISO 14025 für Typ-III-Umweltdeklarationen
- ISO 14040 und ISO 14044 zu Ökobilanzen

Diese EPD® beinhaltet eine Deklaration der Umweltleistung auf Basis einer Ökobilanz. Entsprechend den PKR werden zudem zusätzliche Umweltinformationen unterbreitet:

- Informationen zur Landnutzung³
- Informationen zur biologischen Artenvielfalt
- Informationen zu Hydrologie und Gewässermorphologie
- Informationen zu relevanten Umweltrisiken
- Informationen zu elektromagnetischen Feldern
- Informationen zur Lärmentwicklung

1.3 Axpo, Ökobilanzen und EPD®

Es gibt mehrere Gründe, die Umweltauswirkungen der Stromerzeugung aufzuzeigen. Für Axpo sind die folgenden Gründe massgeblich:

- Die Produktion von Elektrizität ist ein integraler Bestandteil der modernen Gesellschaft, da Elektrizität die Grundlage nahezu sämtlicher Dienstleistungen und die Voraussetzung für die Güterproduktion darstellt. Daher will Axpo als führende Schweizer Stromproduzentin ihre Verantwortung wahrnehmen und ihre Kunden auf verlässliche und verständliche Weise informieren.
- Die wissenschaftlich fundierte Erfassung und die konsequente Verringerung von Umweltauswirkungen gehören zu den wichtigsten Bestandteilen der Nachhaltigkeitspolitik der Axpo. Die Umweltdeklaration EPD® bietet eine verlässliche Grundlage zur quantitativen Darstellung von Umweltauswirkungen für den gesamten Produktionszyklus.

Bei Fragen zu dieser EPD® wenden Sie sich bitte an Axpo Nachhaltigkeit, nachhaltigkeit.ch@axpo.com. Weiterführende Informationen finden Sie auf unserer Website www.axpo.com.

¹ EPD: Environmental Product Declaration (Umweltdeklaration)

² www.naturemade.org

³ CORINE: Coordination of information on the environment: www.eea.europa.eu/publications/COR0-landcover

2 Hersteller und Produkt

2.1 Axpo Kleinwasserkraft AG und Axpo Gruppe

Die Axpo Kleinwasserkraft AG betreibt neun Kleinwasserkraftwerke und gehört damit zu den führenden Kompetenzzentren für Kleinwasserkraft in der Schweiz. Sie sichert einen effizienten Betrieb der Anlagen und gewährleistet bei Modernisierungen und Erschliessung von neuen Standorten, dass auch ökologische und kulturhistorische Aspekte berücksichtigt werden. Die neun Kleinwasserkraftwerke im Besitz der Axpo Kleinwasserkraft AG produzieren ca. 32 GWh Strom und können damit etwa 7000 Haus-

halte mit ökologisch erzeugtem Strom versorgen. Die Axpo Kleinwasserkraft AG ist eine vollkonsolidierte Gesellschaft der Axpo Gruppe. Axpo sichert die Stromversorgung der Nordostschweiz mit Kernenergie, hydraulischer Energie und erneuerbaren Energien. Zur Bewältigung von Bedarfsschwankungen und Spitzenlastzeiten werden Speicher- und Pumpspeicherwerke eingesetzt. In nachstehender Tabelle sind die wesentlichen Kennzahlen zur Energiebeschaffung von Axpo im Geschäftsjahr 2015/16 zusammengefasst.

Energiebeschaffung 2015/16	Axpo Gruppe [GWh]
Kernkraftwerke	18 346
Hydraulische Kraftwerke	8347
Konventionell-thermische Kraftwerke	6940
Neue Energien	1050
Gesamt	34 683

2.2 Produktsystembeschreibung

2.2.1 Das Kleinwasserkraftwerk Au-Schönenberg

Die Kraftwerksanlage Au-Schönenberg liegt nordöstlich von Schönenberg an der Thur bei Flusskilometer 36,2. Das Kraftwerk wurde als reines Laufkraftwerk in die bestehende Wehranlage integriert, welche das Einlaufbauwerk für einen 3 km langen Oberwasserkanal von drei weiteren Kraftwerken, Bürglen (Axpo), Säge und Thur, im Raum Bürglen ist.

Das Kraftwerk hat eine Konzession über 80 Jahre, bis zum Jahr 2073, erhalten. Die Konzession umfasst die Nutzung von 2 m³/s Dotierwasser⁴, welches durch das Wehr in die Restwasserstrecke der Kanalkraftwerke geleitet wird, sowie des übrigen von diesen nicht genutzten, über das Wehr abfliessenden Wassers bis 48 m³/s. Die Konzession umfasst somit die Nutzung von maximal 50 m³/s.

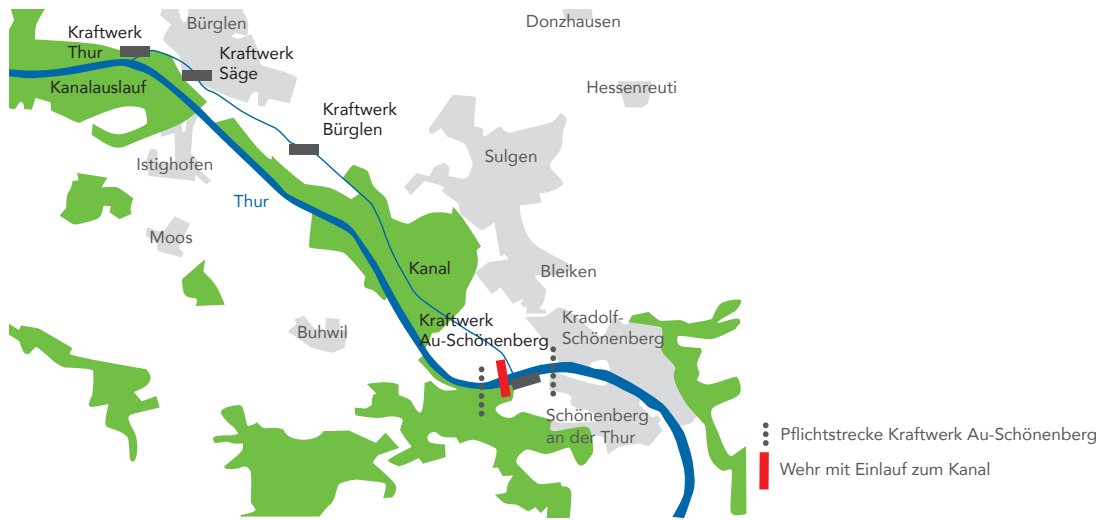
Das Kraftwerk besteht aus einem Oberwasserkanal von ca. 40 m Länge, dem Maschinenhaus, einem Unterwasserkanal von ca. 80 m Länge sowie einem Fischeufstieg (Fischpass, erster Borstenfischpass der Schweiz). Der Oberwasserkanal ist durch eine Tauchwand vom Stauraum abgetrennt. Dahinter folgen die separaten Einläufe zur Dotierwasser- und Zusatzturbine. Die Einläufe sind durch zwei Rechen gesichert. Hinter den Rechen fliesst das Wasser über zwei Vertikalrohre zu den beiden vierflügligen Kompakt-Kaplan-Turbinen. Die nutzbare Fallhöhe beträgt 5,90 m.

Die Turbinen erbringen maximale Leistungen von 508 Kilowatt (Dotierwasserturbine) und 1728 Kilowatt (Zusatzturbine). Ihnen aufgesetzt sind die beiden Generatoren. Anschliessend fliesst das turbinierete Wasser über Saugrohrkrümmer und Saugrohrkoni zum Auslauf und von dort in den rund 80 m langen Unterwasserkanal. Dieser mündet auf

⁴ Wassermenge, die gemäss Konzession zur Sicherstellung einer bestimmten Restwassermenge im Gerinne belassen werden muss

der linken Seite der Thur in die Restwasserstrecke. An der rechten Seite des Unterwasserkanals verläuft der Fischeufstieg. Der Einstieg befindet sich seitlich unmittelbar vor dem Auslauf der Dotierwasserturbine. Im Aufstieg befinden sich zwei Ruhebecken. Das Gefälle liegt bei 8 Prozent. Der Austritt führt direkt in den Stauraum der Wehranlage.

Die Wehranlage besteht aus vier Öffnungselementen und ist 70 m breit. Das Wasser fließt aus den Wehröffnungen über Betonrampen in ein 14 m langes Tosbecken mit Prallwand, in welche in der Mitte eine Öffnung zur Spülung und für den Austritt der Fische aus dem Tosbecken eingelassen ist. Danach folgt ein weiteres Becken mit flussseitigem Riegel.



Übersicht über die Anlagen des Kleinwasserkraftwerks Au-Schönenberg mit der Wehranlage, dem Kanal und den drei Kanalkraftwerken Bürglen (Axpö), Säge und Thur.

2.2.2 Lebenszyklus der Elektrizitätsproduktion im Kraftwerk Au-Schönenberg

Hauptprozesse:

Bau, Rückbau und Betrieb des Kraftwerks

Die Hauptprozesse umfassen Bau, Betrieb und Rückbau der Kraftwerksanlagen sowie Installationen. Der Bau beinhaltet die Herstellung der Materialien für die Errichtung des Ober- und des Unterwasserkanals, des Maschinenhauses und des Fischeufstiegs. Ebenfalls wird die für den Bau benötigte Energie (Strom, Diesel) in den Hauptprozessen verbucht. Erbaut wurde das Kraftwerk 2002. Als Installationen werden die nach dem Bau installierten Komponenten berücksichtigt. Dies sind u. a. die Turbinen, Regler, Generatoren, Transformatoren und Elektrotechnik im Allgemeinen. Betriebsaufwendungen im Referenzjahr sind der Strombezug ab Netz sowie der Aufwand an Betriebschemikalien, hauptsächlich Schmieröl.

Vorgelagerte Prozesse:

Bereitstellung der Betriebsmittel und Energie

Als vorgelagerte Prozesse werden in dieser Studie die Herstellung von Strom und die Produktion von Betriebschemikalien berücksichtigt.

Nachgelagerte Prozesse: Verteilung von Elektrizität

Die im Kraftwerk Au-Schönenberg erzeugte Elektrizität wird in das lokale Stromnetz des Elektrizitätswerks Kradolf-Schönenberg eingespeist. Für die Elektrizitätsverteilung stehen insgesamt 18 km 16-kV-Leitungen sowie 95 km 400/200-V-Leitungen zur Verfügung.

3 Deklaration der Umweltauswirkungen

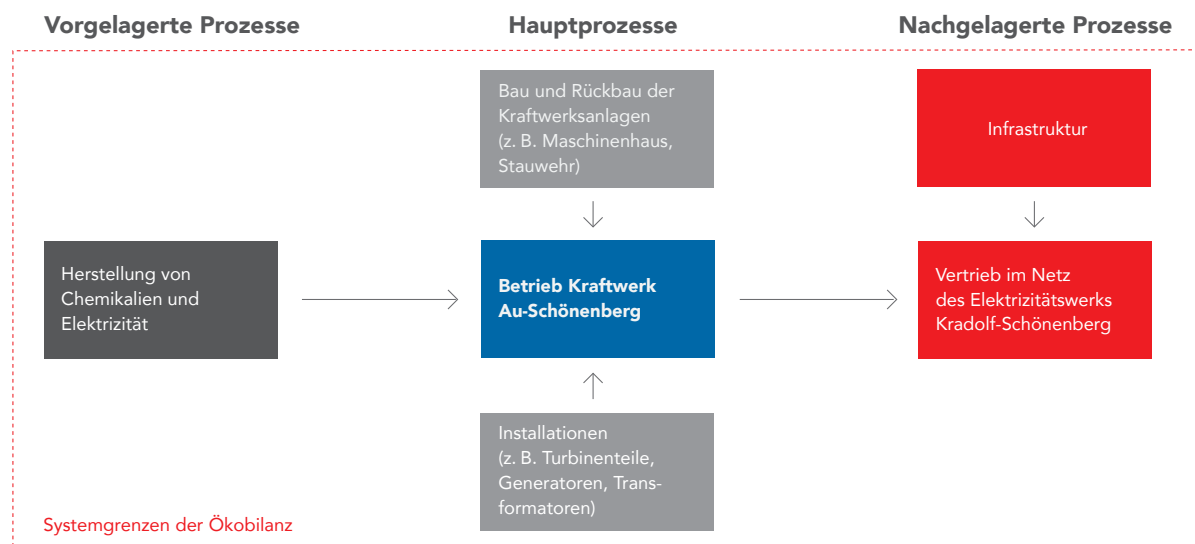
3.1 Das Verfahren der Ökobilanz (LCA)

Entsprechend der Norm ISO 14025 wurde eine Ökobilanz (auch Lebenszyklusanalyse, LCA) durchgeführt, um globale Umweltauswirkungen quantitativ zu bestimmen. Die Ökobilanz ist eine klar strukturierte Methode auf Basis internationaler Normen⁵, die die Quantifizierung und Bewertung der Emissionen in die Umwelt und der Ressourcennutzung über die gesamte Produktionskette hinweg ermöglicht. Die Ökobilanz liefert umfassende Ergebnisse zu den gesamten Energie-, Massen- und Emissionsflüssen und zu den Anteilen der wichtigsten beteiligten Prozesse. Zudem ermöglicht sie die Quantifizierung wesentlicher Umweltindikatoren wie z. B. Treibhausgasemissionen. Neben diesen Vorteilen gibt es aber auch Aspekte, die mit einer Ökobilanz nicht oder nur teilweise erfasst werden können. So berücksichtigt eine Ökobilanz beispielsweise nur den Normalbetrieb. Aussergewöhnliche Betriebszustände oder gar Unfälle sind nicht Gegenstand einer Ökobilanz. Ausserdem können durch die Betrachtung der gesamten

Prozesskette örtliche Auswirkungen auf die Umwelt aus dem Blickfeld geraten, wie z. B. die Auswirkungen auf Flora und Fauna in unmittelbarer Nähe des Kraftwerks. Und schliesslich liefert eine Ökobilanz nur Ergebnisse über Umweltauswirkungen. Nicht berücksichtigt werden wirtschaftliche, soziale und ethische Aspekte.

3.2 Systemgrenzen, Allokationen und Datenquellen

Die Ökobilanz berücksichtigt den gesamten Lebenszyklus und alle zugehörigen Prozesse «von der Wiege bis zur Bahre», beginnend mit dem Bau der Kraftwerksanlagen, den Installationen in den Kraftwerksanlagen über den Betrieb bis hin zum Rückbau des Kraftwerks. Referenzzeitraum ist das Jahr 2015/16. Diese Periode umfasst ein Geschäftsjahr des Kraftwerks Au-Schönenberg. Nachstehendes Diagramm ist ein vereinfachtes Prozessschema, das die Systemgrenzen der Ökobilanz aufzeigt.



Vereinfachtes Prozessschema der Elektrizitätserzeugung und -verteilung aus dem Kleinwasserkraftwerk Au-Schönenberg.

⁵ ISO 14040 und ISO 14044 sowie die Produktkategorieeregeln UN-CPC 171 und 173

Die Daten für alle Prozesse in der vorgängig gezeigten Prozesskette wurden Bauaufzeichnungen entnommen oder direkt von der Betriebsleitung des Kraftwerks Au-Schönenberg erfasst. Diese Daten bilden eine verlässliche Basis für eine Ökobilanz. Für die Berechnung der Ökobilanz wurden alle verfügbaren Daten benutzt; es wurde kein «Cut-off» von unbedeutenden Daten gemacht. Daten für die Bereitstellung von Energie (z. B. Strommix), die Herstellung von Materialien (z. B. Beton-, Stahlproduktion), Transportdienstleistungen und Abfallbehandlung wurden der Ecoinvent-Datenbank⁶ entnommen. Diese Datenbank wird durch Institute des ETH-Bereichs unterhalten und umfasst harmonisierte, transparente und qualitätsgesicherte Inventardatensätze.

3.2.1 Hauptprozesse

Sowohl die für den Bau der Kraftwerksanlage Au-Schönenberg verwendeten Materialien (Beton, Stahl usw.) als auch die aufgewendete elektrische Energie wurden in den Bauunterlagen detailliert erfasst. Die Menge Diesel z. B. für Aushubarbeiten wurde von am Bau des Kraftwerks beteiligten Experten geschätzt. Für die Lebensdauer der Kraftwerksanlage werden 80 Jahre angenommen, was der Konzessionsdauer entspricht. Die Art und Mengen der Materialien für Installationen in der Kraftwerksanlage (Turbinen, Generatoren, Elektrotechnik usw.) wurden von der Betriebsleitung erhoben. Für jede Installation wurde zudem eine spezifische technische Lebensdauer geschätzt. Die Mengen an Betriebsmitteln sowie der ab Netz bezogene Strom wurden internen Buchungssystemen entnommen.

3.2.2 Vorgelagerte Prozesse

Die Angaben zur Herstellung von Betriebsmitteln sowie die Annahmen zum Strommix für den Strombezug ab Netz wurden der Ecoinvent Datenbank entnommen.

3.2.3 Nachgelagerte Prozesse

Zum Betrieb des lokalen Verteilnetzes des EW Kradolf-Schönenberg waren umfassende Daten verfügbar, etwa die Übertragungsverluste oder Längen der einzelnen Netzebenen. Für die Schweiz spezifische Daten über den Bau und Rückbau des Verteilnetzes wurden der Ecoinvent Datenbank entnommen.

3.3 Ökopprofil der Elektrizitätserzeugung

Die Ergebnisse der Ökobilanz sind in den nachfolgenden Tabellen aufgeführt und werden anschließend eingehend erläutert. Der Zertifizierungsstelle standen noch detailliertere Ökobilanzergebnisse sowie Grundlagendaten zur Verfügung. Die Mengenangaben beziehen sich auf eine Masseinheit von 1 kWh (netto) erzeugter Elektrizität im Kraftwerk Au-Schönenberg im Referenzjahr 2015/16.

Das Ökopprofil umfasst verschiedene Arten von Ökobilanzergebnissen, die sich in drei Kategorien zusammenfassen lassen:

- **Sachbilanzergebnisse (Life Cycle Inventory)**

Sachbilanzergebnisse sind direkte Emissionen in und Ressourcenentnahmen aus der Umwelt. Zu diesen Ergebnissen gehören z. B. CO₂-Emissionen oder Kupferverbrauch.

- **Ergebnisse aus der Wirkungsabschätzung (Life Cycle Impact Assessment)**

Bei der Wirkungsabschätzung (Impact Assessment) werden Sachbilanzergebnisse, die zur selben Umweltauswirkung beitragen (z. B. Klimaveränderung durch zunehmende Treibhausgaskonzentrationen in der Atmosphäre), in Gruppen zusammengefasst, und ihre Bedeutung im Zusammenhang mit einer bestimmten Referenzsubstanz wird mit einem Faktor gewichtet (z. B. globales Erwärmungspotenzial von Treibhausgasen im Vergleich zu demjenigen von CO₂).

- **Materialströme**

In dieser Kategorie werden Abfallströme aufgeführt oder Materialien ausgewiesen, die wiederverwendet (rezykliert) werden.

⁶ Ecoinvent Datenbank 2007, Schweizer Zentrum für Ökoinventare, <http://www.ecoinvent.org>

Ökoprofil – Ressourcennutzung	Einheit	Vorge-lagerte Prozesse	Haupt-prozesse Betrieb	Haupt-prozesse Infrastruktur	pro kWh ab Kraftwerk	pro kWh beim Kunden
Nicht erneuerbare Materialressourcen						
Sand und Kies	g	$7,23 \cdot 10^{-4}$	–	$1,57 \cdot 10^1$	$1,57 \cdot 10^1$	$1,80 \cdot 10^1$
Kalkspat	g	$1,44 \cdot 10^{-4}$	–	2,74	2,74	3,32
Eisen	g	$7,79 \cdot 10^{-5}$	–	$8,16 \cdot 10^{-2}$	$8,17 \cdot 10^{-2}$	$5,12 \cdot 10^{-1}$
Ton	g	$8,66 \cdot 10^{-5}$	–	$9,73 \cdot 10^{-1}$	$9,73 \cdot 10^{-1}$	1,23
Nickel	g	$2,39 \cdot 10^{-6}$	–	$1,62 \cdot 10^{-2}$	$1,62 \cdot 10^{-2}$	$2,76 \cdot 10^{-2}$
Chrom	g	$9,81 \cdot 10^{-7}$	–	$5,24 \cdot 10^{-3}$	$5,24 \cdot 10^{-3}$	$8,56 \cdot 10^{-3}$
Schwespat	g	$8,66 \cdot 10^{-6}$	–	$1,57 \cdot 10^{-3}$	$1,58 \cdot 10^{-3}$	$2,28 \cdot 10^{-3}$
Aluminium	g	$3,70 \cdot 10^{-6}$	–	$3,53 \cdot 10^{-3}$	$3,54 \cdot 10^{-3}$	$1,20 \cdot 10^{-2}$
Flussspat	g	$7,32 \cdot 10^{-7}$	–	$6,14 \cdot 10^{-4}$	$6,15 \cdot 10^{-4}$	$2,39 \cdot 10^{-3}$
Kupfer	g	$4,52 \cdot 10^{-6}$	–	$4,06 \cdot 10^{-2}$	$4,06 \cdot 10^{-2}$	$3,80 \cdot 10^{-1}$
Magnesit	g	$1,10 \cdot 10^{-6}$	–	$3,03 \cdot 10^{-3}$	$3,03 \cdot 10^{-3}$	$3,59 \cdot 10^{-3}$
Zink	g	$4,87 \cdot 10^{-7}$	–	$2,79 \cdot 10^{-4}$	$2,80 \cdot 10^{-4}$	$6,85 \cdot 10^{-4}$
Kaolinit	g	$6,36 \cdot 10^{-7}$	–	$7,65 \cdot 10^{-5}$	$7,72 \cdot 10^{-5}$	$3,59 \cdot 10^{-4}$
Uran	g	$2,63 \cdot 10^{-7}$	–	$5,98 \cdot 10^{-6}$	$6,24 \cdot 10^{-6}$	$1,40 \cdot 10^{-5}$
Zirkonium	g	$2,71 \cdot 10^{-8}$	–	$1,88 \cdot 10^{-5}$	$1,88 \cdot 10^{-5}$	$1,08 \cdot 10^{-4}$
Erneuerbare Materialressourcen						
Holz	m ³	$1,01 \cdot 10^{-10}$	–	$3,54 \cdot 10^{-8}$	$3,55 \cdot 10^{-8}$	$3,73 \cdot 10^{-7}$
Nicht erneuerbare fossile Energieressourcen⁷						
Steinkohle	MJ-equiv.	$2,25 \cdot 10^{-5}$	–	$1,12 \cdot 10^{-2}$	$1,13 \cdot 10^{-2}$	$3,14 \cdot 10^{-2}$
Rohöl	MJ-equiv.	$1,44 \cdot 10^{-4}$	–	$2,75 \cdot 10^{-2}$	$2,76 \cdot 10^{-2}$	$4,25 \cdot 10^{-2}$
Erdgas	MJ-equiv.	$8,27 \cdot 10^{-5}$	–	$1,48 \cdot 10^{-2}$	$1,48 \cdot 10^{-2}$	$2,87 \cdot 10^{-2}$
Braunkohle	MJ-equiv.	$8,15 \cdot 10^{-6}$	–	$4,94 \cdot 10^{-4}$	$5,03 \cdot 10^{-4}$	$1,32 \cdot 10^{-3}$
Erneuerbare Energieressourcen						
In Wasserkraft umgewandelte potenzielle Energie	kWh	–	1,06	–	1,06	1,12
Elektrizitätsverbrauch im Kraftwerk (Eigenbedarf)	kWh	–	$2,54 \cdot 10^{-2}$	–	$2,54 \cdot 10^{-2}$	$2,55 \cdot 10^{-2}$
Materialien, die wiederverwendet (recykliert) werden						
Eisenschrott	g	$3,72 \cdot 10^{-5}$	–	$9,27 \cdot 10^{-1}$	$9,27 \cdot 10^{-1}$	1,17
Wasserverbrauch						
Süßwasserverbrauch	g	1,04	–	$1,12 \cdot 10^2$	$1,13 \cdot 10^2$	$2,98 \cdot 10^2$
Salzwasserverbrauch	g	$1,45 \cdot 10^{-2}$	–	1,08	1,09	1,59
Wasser zur Turbinierung	m ³	$2,13 \cdot 10^{-4}$	$1,01 \cdot 10^2$	$1,22 \cdot 10^{-2}$	$1,01 \cdot 10^2$	$1,07 \cdot 10^2$

⁷ In Bruttoheizwerten angegeben

Ökopprofil Schadstoffemissionen	Einheit	Vorge- lagerte Prozesse	Haupt- prozesse Betrieb	Hauptpro- zesse Infra- struktur	pro kWh ab Kraftwerk	pro kWh beim Kunden
Emissionen in die Luft – Ergebnisse der Wirkungsabschätzung						
Treibhausgase (100 Jahre)	g CO ₂ -Äquiv.	$5,74 \cdot 10^{-3}$	–	4,79	4,80	8,48
Ozonabbauende Gase	g CFC-11-Äquiv.	$2,53 \cdot 10^{-9}$	–	$3,21 \cdot 10^{-7}$	$3,23 \cdot 10^{-7}$	$1,13 \cdot 10^{-6}$
Smogbildung	g Ethylen-Äquiv.	$1,60 \cdot 10^{-6}$	–	$1,38 \cdot 10^{-3}$	$1,38 \cdot 10^{-3}$	$7,08 \cdot 10^{-3}$
Versauerung	g SO ₂ -Äquiv.	$2,25 \cdot 10^{-5}$	–	$4,02 \cdot 10^{-2}$	$4,02 \cdot 10^{-2}$	$1,84 \cdot 10^{-1}$
Emissionen in die Luft, die massgeblich zu den Ergebnissen der Wirkungsabschätzung beitragen						
Ammoniak	g	$2,13 \cdot 10^{-7}$	–	$3,09 \cdot 10^{-4}$	$3,09 \cdot 10^{-4}$	$1,89 \cdot 10^{-3}$
Kohlendioxid, fossil	g	$5,03 \cdot 10^{-3}$	–	4,56	4,57	7,83
Kohlenmonoxid, biogen	g	$1,45 \cdot 10^{-4}$	–	$6,69 \cdot 10^{-2}$	$6,70 \cdot 10^{-2}$	$4,11 \cdot 10^{-1}$
Kohlenmonoxid, fossil	g	$5,93 \cdot 10^{-6}$	–	$1,20 \cdot 10^{-2}$	$1,20 \cdot 10^{-2}$	$3,10 \cdot 10^{-2}$
Dinitrogenmonoxid	g	$3,27 \cdot 10^{-7}$	–	$1,24 \cdot 10^{-4}$	$1,24 \cdot 10^{-4}$	$4,13 \cdot 10^{-4}$
Bromdifluorchlormethan, Halon 1211	g	$3,01 \cdot 10^{-11}$	–	$2,16 \cdot 10^{-9}$	$2,19 \cdot 10^{-9}$	$4,60 \cdot 10^{-9}$
Bromtrifluormethan, Halon 1301	g	$7,32 \cdot 10^{-11}$	–	$1,37 \cdot 10^{-8}$	$1,38 \cdot 10^{-8}$	$1,80 \cdot 10^{-8}$
Methan, biogen	g	$4,62 \cdot 10^{-7}$	–	$8,18 \cdot 10^{-5}$	$8,22 \cdot 10^{-5}$	$2,83 \cdot 10^{-4}$
Methan, fossil	g	$2,33 \cdot 10^{-5}$	–	$6,46 \cdot 10^{-3}$	$6,48 \cdot 10^{-3}$	$1,60 \cdot 10^{-2}$
Stickoxide	g	$1,09 \cdot 10^{-5}$	–	$2,54 \cdot 10^{-2}$	$2,54 \cdot 10^{-2}$	$4,26 \cdot 10^{-2}$
Nichtmethanische flüchtige organische Verbindungen (NMVOC)	g	$3,59 \cdot 10^{-5}$	–	$5,48 \cdot 10^{-3}$	$5,52 \cdot 10^{-3}$	$1,04 \cdot 10^{-2}$
Schwefeldioxid	g	$1,64 \cdot 10^{-5}$	–	$1,78 \cdot 10^{-2}$	$1,79 \cdot 10^{-2}$	$1,14 \cdot 10^{-1}$
Weitere relevante, nicht radioaktive Emissionen in die Luft						
Kohlendioxid, biogen	g	$1,45 \cdot 10^{-4}$	–	$6,69 \cdot 10^{-2}$	$6,70 \cdot 10^{-2}$	$4,11 \cdot 10^{-1}$
Partikel < 10 µm	g	$6,34 \cdot 10^{-7}$	–	$1,36 \cdot 10^{-3}$	$1,36 \cdot 10^{-3}$	$7,00 \cdot 10^{-3}$
Partikel < 2,5 µm	g	$1,32 \cdot 10^{-6}$	–	$3,01 \cdot 10^{-3}$	$3,01 \cdot 10^{-3}$	$9,26 \cdot 10^{-3}$
Partikel > 10 µm	g	$2,49 \cdot 10^{-6}$	–	$3,54 \cdot 10^{-3}$	$3,55 \cdot 10^{-3}$	$8,99 \cdot 10^{-3}$
Arsen	g	$2,33 \cdot 10^{-9}$	–	$1,97 \cdot 10^{-5}$	$1,97 \cdot 10^{-5}$	$1,85 \cdot 10^{-4}$
Cadmium	g	$9,22 \cdot 10^{-10}$	–	$6,86 \cdot 10^{-6}$	$6,86 \cdot 10^{-6}$	$6,47 \cdot 10^{-5}$
Dioxine	g	$1,56 \cdot 10^{-15}$	–	$6,80 \cdot 10^{-12}$	$6,80 \cdot 10^{-12}$	$1,54 \cdot 10^{-11}$
Polyzyklische aromatische Kohlenwasser- stoffe (PAK)	g	$5,70 \cdot 10^{-10}$	–	$1,58 \cdot 10^{-6}$	$1,58 \cdot 10^{-6}$	$2,68 \cdot 10^{-6}$
Radioaktive Emissionen in die Luft						
Kohlenstoff 14	kBq	$3,81 \cdot 10^{-7}$	–	$1,98 \cdot 10^{-5}$	$2,02 \cdot 10^{-5}$	$2,99 \cdot 10^{-5}$
Krypton (alle Isotope)	kBq	$1,89 \cdot 10^{-7}$	–	$4,37 \cdot 10^{-6}$	$4,56 \cdot 10^{-6}$	$8,17 \cdot 10^{-6}$
Radon (alle Isotope)	kBq	$2,33 \cdot 10^{-4}$	–	$5,16 \cdot 10^{-3}$	$5,39 \cdot 10^{-3}$	$9,38 \cdot 10^{-3}$
Emissionen ins Wasser – Ergebnisse der Wirkungsabschätzung						
Überdüngung (Eutrophierung)	g PO ₄ ³⁻ -Äquiv.	$3,30 \cdot 10^{-6}$	–	$7,96 \cdot 10^{-3}$	$7,96 \cdot 10^{-3}$	$4,67 \cdot 10^{-2}$
Emissionen ins Wasser, die massgeblich zu den Ergebnissen der Wirkungsabschätzung beitragen						
Phosphat	g	$1,27 \cdot 10^{-6}$	–	$4,38 \cdot 10^{-3}$	$4,38 \cdot 10^{-3}$	$3,97 \cdot 10^{-2}$
Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB)	g	$1,20 \cdot 10^{-5}$	–	$2,51 \cdot 10^{-3}$	$2,52 \cdot 10^{-3}$	$4,08 \cdot 10^{-3}$
Weitere relevante, nicht radioaktive Emissionen ins Wasser						
Ammonium, Ion	g	$7,48 \cdot 10^{-8}$	–	$1,65 \cdot 10^{-5}$	$1,65 \cdot 10^{-5}$	$9,96 \cdot 10^{-5}$
Nitrat	g	$7,02 \cdot 10^{-2}$	–	$1,82 \cdot 10^{-7}$	$1,83 \cdot 10^{-7}$	$5,06 \cdot 10^{-7}$
Sulfat	g	$1,77 \cdot 10^{-5}$	–	$5,70 \cdot 10^{-2}$	$5,70 \cdot 10^{-2}$	$4,53 \cdot 10^{-1}$
Öl	g	$3,44 \cdot 10^{-6}$	–	$6,89 \cdot 10^{-4}$	$6,93 \cdot 10^{-4}$	$9,37 \cdot 10^{-4}$
Radioaktive Emissionen ins Wasser						
Tritium H3	kBq	$5,60 \cdot 10^{-5}$	–	$1,22 \cdot 10^{-3}$	$1,28 \cdot 10^{-3}$	$2,22 \cdot 10^{-3}$
Weitere relevante, nicht radioaktive Emissionen in die Erde						
Öl	g	$2,18 \cdot 10^{-6}$	–	$4,07 \cdot 10^{-4}$	$4,09 \cdot 10^{-4}$	$5,42 \cdot 10^{-4}$

Ökopprofil – Abfälle und Materialien zur Wiedergewinnung	Einheit	Vorgelagerte Prozesse	Hauptprozesse Betrieb	Hauptprozesse Infrastruktur	pro kWh ab Kraftwerk	pro kWh beim Kunden
Sonderabfall – radioaktiv						
BE/HAA/LMA ⁸ in geologischem Tiefenlager	m ³	$8,65 \cdot 10^{-14}$	–	$1,87 \cdot 10^{-12}$	$1,96 \cdot 10^{-12}$	$3,39 \cdot 10^{-12}$
SMA ⁹ in geologischem Tiefenlager	m ³	$1,20 \cdot 10^{-12}$	–	$1,02 \cdot 10^{-10}$	$1,03 \cdot 10^{-10}$	$1,43 \cdot 10^{-10}$
Sonderabfall – nicht radioaktiv						
Sonderabfall zur Verbrennung	g	$2,44 \cdot 10^{-6}$	–	$8,48 \cdot 10^{-3}$	$8,48 \cdot 10^{-3}$	$1,07 \cdot 10^{-2}$
Sonstiger Abfall						
Nicht gefährlicher Abfall zur Deponierung	g	$1,71 \cdot 10^{-5}$	–	$1,74 \cdot 10^{-1}$	$1,74 \cdot 10^{-1}$	$2,19 \cdot 10^{-1}$
Nicht gefährlicher Abfall zum Recycling	g	$1,54 \cdot 10^{-4}$	–	$2,19 \cdot 10^1$	$2,19 \cdot 10^1$	$2,76 \cdot 10^1$
Nicht gefährlicher Abfall zur Verbrennung	g	$2,44 \cdot 10^{-6}$	–	$8,48 \cdot 10^{-3}$	$8,48 \cdot 10^{-3}$	$1,07 \cdot 10^{-2}$

3.4 Unsicherheitsanalyse

Das Ziel dieser Analyse ist eine quantitative Abschätzung, in welchem Unsicherheitsbereich die berechneten Resultate der Ökobilanz liegen. Eine Variabilität der berechneten Resultate kommt dadurch zustande, dass Input- und Output-Grössen in der gesamten Prozesskette (z.B. jährliche Energieerzeugung) keine genauen Werte sind, sondern auch Schwankungen aufweisen. Zur Durchführung der Unsicherheitsanalyse wurden Wahrscheinlichkeitsverteilungen für Werte der Input- und Output-Grössen definiert. Für alle Hintergrundprozesse wurden Wahrscheinlichkeitsverteilungen aus der ETH-Ecoinvent-Datenbank übernommen. Zusätzlich wurden Wahrscheinlichkeitsverteilungen definiert für Input- und Output-Grössen dominanter Prozesse, welche in der vorliegenden Studie modelliert wurden. So dominiert beispielsweise die jährliche Stromerzeugung im Kraftwerk die Resultate in allen Wirkungskategorien massgeblich. Da die jährliche Stromerzeugung stark von den meteorologischen

Bedingungen und somit von der Wasserführung eines Flusses abhängt, wurde zur Bestimmung der Wahrscheinlichkeitsverteilung der Energieproduktion die jährlich erzeugten Netto-Strommengen über die vergangenen 10 Jahre als Grundlage verwendet. Diese variieren von 4,5 GWh bis 7,1 GWh, mit einem Durchschnittswert von 5,9 GWh. Im Referenzjahr lag die Stromproduktion mit 6,7 GWh über dem langjährigen Durchschnitt.

Die Berechnung der Unsicherheitsbereiche aller Wirkungskategorien wurde durch sich zufällig wiederholende Stichproben mittels eines Monte-Carlo-Algorithmus vorgenommen. In dieser Studie wird der Unsicherheitsbereich definiert als das 95-Prozent-Intervall der Verteilung der gesammelten Stichproben. Das 2,5te Perzentil wurde als Minimum und das 97,5te Perzentil als Maximum definiert. Die Resultate der Monte-Carlo-Berechnung werden in den folgenden Tabellen aufgezeigt.

1 kWh Nettoelektrizität ab Kraftwerk		Berechneter Wert ohne Unsicherheit	Median (50tes Perzentil)	Minimum (2.5tes Perzentil)	Maximum (97.5tes Perzentil)
Umweltauswirkung	Einheit				
Treibhausgase	g CO ₂ -Äquiv.	4,80	5,82	3,99	8,23
Ozonabbauende Gase	g CFC-11-Äquiv.	$3,23 \cdot 10^{-7}$	$3,92 \cdot 10^{-7}$	$2,15 \cdot 10^{-7}$	$9,97 \cdot 10^{-7}$
Smogbildung (bodennahes Ozon)	g Ethylene-Äquiv.	$1,38 \cdot 10^{-3}$	$1,65 \cdot 10^{-3}$	$1,12 \cdot 10^{-3}$	$2,50 \cdot 10^{-3}$
Versauerung	g SO ₂ -Äquiv.	$4,02 \cdot 10^{-2}$	$4,91 \cdot 10^{-2}$	$3,45 \cdot 10^{-2}$	$7,04 \cdot 10^{-2}$
Überdüngung (Eutrophierung)	g PO ₄ ³⁻ -Äquiv.	$7,96 \cdot 10^{-3}$	$1,73 \cdot 10^{-2}$	$1,13 \cdot 10^{-2}$	$4,23 \cdot 10^{-2}$
Abbau fossiler Ressourcen	MJ-Äquiv.	$5,44 \cdot 10^{-2}$	$6,53 \cdot 10^{-2}$	$4,16 \cdot 10^{-2}$	$9,95 \cdot 10^{-2}$

Die Tabelle zeigt gerundete Ergebnisse.

⁸ BE/HAA/LMA: Brennelemente/hochaktive Abfälle/mittelaktive Abfälle mit langer Halbwertszeit

⁹ SMA: schwach- und mittelaktive Abfälle

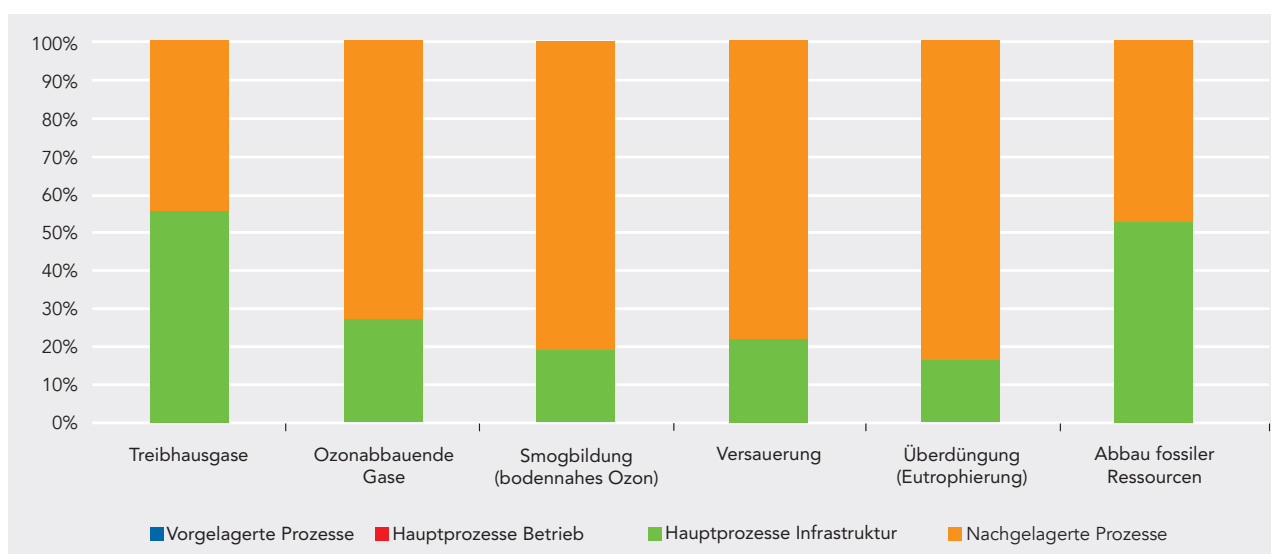
1 kWh Nettoelektrizität beim Kunden		Berechneter Wert ohne Unsicherheit	Median (50tes Perzentil)	Minimum (2.5tes Perzentil)	Maximum (97.5tes Perzentil)
Umweltauswirkung	Einheit				
Treibhausgase	g CO ₂ -Äquiv.	8,48	9,57	7,42	12,52
Ozonabbauende Gase	g CFC-11-Äquiv.	$1,13 \cdot 10^{-6}$	$1,17 \cdot 10^{-6}$	$4,64 \cdot 10^{-7}$	$2,14 \cdot 10^{-6}$
Smogbildung (bodennahes Ozon)	g Ethylene-Äquiv.	$7,08 \cdot 10^{-3}$	$7,21 \cdot 10^{-3}$	$5,20 \cdot 10^{-3}$	$1,09 \cdot 10^{-2}$
Versauerung	g SO ₂ -Äquiv.	$1,84 \cdot 10^{-1}$	$1,89 \cdot 10^{-1}$	$1,37 \cdot 10^{-1}$	$2,80 \cdot 10^{-1}$
Überdüngung (Eutrophierung)	g PO ₄ ³⁻ -Äquiv.	$4,67 \cdot 10^{-2}$	$9,89 \cdot 10^{-2}$	$5,64 \cdot 10^{-2}$	$2,91 \cdot 10^{-1}$
Abbau fossiler Ressourcen	MJ-Äquiv.	$1,04 \cdot 10^{-1}$	$1,17 \cdot 10^{-1}$	$8,56 \cdot 10^{-2}$	$1,64 \cdot 10^{-1}$

3.5 Dominanzanalyse und Schlussfolgerungen

Verschiedene Beiträge aus dem Lebenszyklus zu den gesamten Resultaten werden in der folgenden Abbildung für alle Wirkungskategorien dargestellt. Die Beiträge werden aufgeteilt:

- Vorgelagerte Prozesse: Herstellung von Strom für den Bezug ab Netz und Betriebschemikalien.
- Hauptprozesse Betrieb: Nutzung des Wassers zur Turbinierung

- Hauptprozesse Infrastruktur: Material- und Energieaufwendungen für den Bau und Rückbau der Kraftwerksanlagen (Dämme, Kanäle, Maschinenhaus etc.) sowie für die in den Kraftwerksanlagen installierten Komponenten (Turbinen, Generatoren etc.).
- Nachgelagerte Prozesse: Vertrieb der Elektrizität zum Kunden.



Der Gesamtvergleich über die Lebenszyklusphasen für die Elektrizitätserzeugung zeigt, dass die dominierenden Umweltauswirkungen für alle Wirkungskategorien von der Infrastruktur und Energieverteilung ausgehen. Die wichtigsten Prozesse, welche zu den Umweltauswirkungen der Infrastruktur beitragen, sind sowohl die Herstellung von Zement als auch die Produktion von Armierungseisen und Stahlkomponenten. Bei den Installationen tragen je nach Wirkungskategorie unterschiedliche Prozesse massgeblich zu den Umweltauswirkungen bei. Treibhausgasemissionen werden hauptsächlich durch die Herstellung von Stahlkomponenten für Turbinen

und Generatoren verursacht. Bei den Emissionen ozonabbauender Gase, der Smogbildung sowie dem Verbrauch fossiler Ressourcen ist neben der Herstellung der Stahlkomponenten auch die Erzeugung von Schmieröl für die Turbinenregler relevant. In den Wirkungskategorien Versauerung und Überdüngung tragen Emissionen aus der Herstellung von Kupfer für die Generatoren massgeblich zur Gesamtumweltauswirkung bei. Die hohen Beiträge aus der Netzinfrastruktur, vor allem bei den Wirkungskategorien Versauerung und Überdüngung, stammen grösstenteils aus der Herstellung von Kupfer, welches in den Kabeln des Verteilnetzes verwendet wird.

3.6 Änderungen gegenüber der früheren Version der Umweltdeklaration

Aktualisierte Stoff- und Energieflüsse

In der vorliegenden Umweltdeklaration werden die Stoff- und Energieflüsse im Referenzjahr 2015/16 berücksichtigt. Dies betrifft insbesondere die Energieproduktion. Da die Nettoenergieproduktion im aktuellen Referenzjahr gegenüber der früheren Version dieser Umweltdeklaration von 5 auf 6.7 GWh angestiegen ist, verringern sich grundsätzlich die relativen Umweltbelastungen aus der Infrastruktur des Kraftwerks.

Aktualisierte Datenbank

Als Datengrundlage für die Modellierung der Hintergrundprozesse wird eine neue Version der ETH-Ecoinvent-Datenbank verwendet (Version 3). Dies führt in dieser Umweltdeklaration zu höheren Umweltbelastungen aus der Stromübertragung zum Kunden.

Neuaufgabe der PKR

Auf Grund der Erneuerung der Produktkategorie-Regel zur Abfassung einer Umweltdeklaration (EPD®) für die Erzeugung und Verteilung von Elektrizität, Dampf, Heiss- und Kaltwasser auf Version 3.0, wird Flächennutzung neu als Umnutzung gegenüber früherer Flächennutzungsarten ausgedrückt. In der früheren Version dieser Umweltdeklaration wurde die aktuelle Art der Flächennutzung ausgewiesen.

4 Zusätzliche Umweltinformationen

4.1 Flächennutzung

Aufgrund von Betriebsaktivitäten im Zusammenhang mit der Elektrizitätserzeugung im Kraftwerk Au-Schönenberg wurde Land gegenüber seinem ursprünglichen Zustand umgenutzt. Diese Flächen-transformation wird entsprechend der PKR-Richtlinie anhand der Landnutzungsklassen (CLC) des EU-Programms CORINE systematisch quantifiziert. Die Europäische Kommission hat 1985 das CORINE-Programm gestartet, das u.a. die europaweite Landnutzung unter einheitlicher Nomenklatur erfasst. Das System umfasst 44 Klassen in drei hierarchischen Stufen (z.B. Nutzung von Industrie-, Minen- oder Waldflächen). Das Kraftwerk wurde als reines Laufwasserkraftwerk in eine bestehende Wehranlage integriert. Somit wurde die anthropogen genutzte Wasserfläche von rund 40 000m² (CORINE Code 521) nicht verändert.

4.2 Biologische Vielfalt

An der Stelle des heutigen Kraftwerks Au-Schönenberg wurde bereits 1872 von der Kammgarndspinnerei Bürglen ein Wehr für den Bau von Kanalkraftwerken mit mechanischer Transmission erstellt. Zwischen 1916 und 1947 wurden die drei Kraftwerke am Kanal zur Erzeugung von elektrischer Energie umgebaut. Für den Bau des Kraftwerks Au-Schönenberg im Jahr 2002 wurde das bestehende Wehr genutzt und die ökologische Situation in der Thur bezüglich Restwasser, freier Fischwanderung und Uferaufwertung wesentlich verbessert¹¹.

Auenbereich

Bestandteil des Kraftwerksprojektes war die Realisierung eines grösseren Auenbereichs am linksseitigen Ufer der Staustrecke innerhalb der Pflichtstrecke des Wehrkraftwerks. Dabei wurden im Vorland zwischen Hochwasserdamm und Stauraum eine Aufweitung mit Flachufer sowie ein Seitengerinne mit zwei Öffnungen zum Hauptgerinne (Stauraum) realisiert. Das Gerinne funktioniert bei Normalabfluss als Stillgewässer und wird bei Hochwasser aktiviert. Die thurseitige Böschung ist abgeflacht und ermöglicht die Ausbildung einer Flachufervegetation. Zwischen Uferaufweitung und Hochwasserdamm wurde das Vorland aufgeforstet (Auenwald).

Restwasser

Vor dem Bau des Kraftwerks Au-Schönenberg erlaubte die Restwasserregelung für die bestehenden Kanalkraftwerke bei einem Thurabfluss von < 16 m³/s (Q322) eine Einleitung des gesamten Wassers in den Kanal. Dadurch trocknete das Flussbett auf einer Strecke von 4,5 Kilometern zeitweise aus. Dies trat gemäss Dauerkurve der Abflüsse von 1965 bis 2007 statistisch an 43 Tagen im Jahr auf. Die aktuelle Konzession des Kraftwerks Au-Schönenberg beinhaltet nun die Dotierung der Restwasserstrecke mit 2 m³/s.

Freie Fischwanderung

Mit dem Bau des Kraftwerks Au-Schönenberg wurde ein Borstenfischpass als Aufstiegshilfe realisiert. Der Fischpass verläuft an der rechtsseitigen Wand des Unterwasserkanals. Der Einstieg befindet sich wenige Meter vom Turbinenauslauf entfernt. Das Gerinne steigt zuerst flussabwärts der Wand entlang an und verläuft nach einer 180°-Kurve mit einem gleichmässigen Gefälle von 8 Prozent ins Oberwasser. Nach je einem Drittel der Gesamtlänge ist ein Ruhebecken eingelassen. Die Rinne mündet zwischen Oberwasserkanal und Wehr für den Grundablass direkt in den Stauraum des Kraftwerks. Die Funktionstüchtigkeit der Fischeaufstiegshilfe wurde durch ein Monitoring belegt.

Der Thurabschnitt im Bereich des Kraftwerks ist das Hauptverbreitungsgebiet von Bachforelle, Elritze, Schmerle, Äsche, Strömer, Alet, Schneider, Hasel, Stichling und Aal. Somit wurden diese bei der Beurteilung der Funktionstüchtigkeit der Fischeaufstiegshilfe als Zielfischarten betrachtet. Von den insgesamt 25 in der Thur vorkommenden Fischarten wurden im Borstenfischpass 14 Arten nachgewiesen. Darunter befinden sich sechs der neun Zielfischarten. Diese weisen auch die höchsten Anteile auf. Knapp 92 Prozent der bestimmbar gefangenen Fische verteilen sich auf die vier Arten Schneider (35 Prozent), Barbe (29 Prozent), Strömer (18 Prozent) und Bachforelle (10 Prozent). Der Anteil von Alet betrug 3,7 Prozent, derjenige von Gründlingen 1,8 Prozent. Aal, Äsche, Nase, Rotaugen, Schleie, Laube, Zander und Groppe waren insgesamt nur mit 2,5 Prozent vertreten. Die Erfolgsquote ist somit vergleichsweise hoch.

¹¹ Managementkonzept Naturemade Star KW Au-Schönenberg, Februar 2009

Die Grösse der aufsteigenden Fische erstreckte sich von 2 cm bis über 70 cm. Mehr als 75 Prozent der Fische waren kleiner als 20 cm, allein die Klasse der Brütlinge (1–5 cm) machte knapp 27 Prozent aller aufsteigenden Fische aus. Über 50 cm grosse Fische waren nur mit 3,9 Prozent vertreten. Am Beispiel der Barben liess sich zeigen, dass von einer Art sowohl kleine als auch grosse Individuen die Aufstiegshilfe passieren.

Die Abwärtswanderung über die Turbinen wäre für grössere Fische mit hohen Mortalitätsraten verbunden. Um dem vorzubeugen, wurden bereits ein Rechen mit einer lichten Stabweite von 40 mm installiert. Zum Thema Fischabstieg wurde im Rahmen der strategischen Planung des Kantons Thurgau für die Sanierung der Fischwanderung nach Gewässerschutzgesetz und Bundesgesetz über die Fischerei ein weiterer Sanierungsbedarf festgestellt. Damit auch kleinere Fische in Zeiten ohne Wehrüberlauf nicht über die Turbinen abwandern müssen, wird Axpo demnächst mit der Planung von Varianten für die Verbesserung der Gesamtsituation beginnen.

4.3 Hydrologie und Gewässermorphologie

4.3.1 Hydrologie

Die Restwasserstrecke wird heute mit 2 m³/s dotiert. Bei einem anlaufenden Hochwasser regelt die automatische Kraftwerkssteuerung und Wehrregulierung stufenweise den Durchfluss, so dass die in der Konzession verlangte Stauhöhe von 448,22 m möglichst eingehalten wird und kein sprunghafter Anstieg der Hochwasserentlastung erfolgt. Bis zu einer Abflussmenge von 66 m³/s wird der Wasserstand über die Turbinenschächte zur Dotier- und Zusatzturbine bzw. über den seitlichen Kanal zu den drei Kanalkraftwerken reguliert. Ist die Wassermenge von 66 m³/s erreicht, wird als Nächstes die Lutzklappe beim Lutzwehr kontinuierlich bis maximal 60 Prozent geöffnet. Dadurch können weitere 80 m³/s abgeführt werden. Übersteigt der Thurabfluss 146 m³/s, öffnen sich kontinuierlich die zwei Geschwemmselklappen auf den Spülschützen bis maximal 75 Prozent, womit zusätzliche 30 m³/s wegfließen. Ist diese Regulierungsstufe ausgeschöpft (ab 176 m³/s Thurabfluss), beginnen sich die beiden Spülschützen (Grundablässe) links und rechts intervallgesteuert zu öffnen.

Bei vollständiger Öffnung beider Grundablässe fließen je zusätzliche 60 m³/s, insgesamt 296 m³/s, ab. Erreicht der Thurabfluss auch diese Marke, senkt sich das Schlauchwehr stufenlos bis zur maximalen Stellung ab, womit zusätzliche 150 m³/s wegfließen. Insgesamt lässt sich das Stauziel von 448,22 m ü. M. bis zu einem Thurabfluss von 446 m³/s halten. Danach steigt der Pegel an. Beim 1,3-fachen HQ100 von 1200 m³/s liegt der Pegel bei 452,20 m ü. M.

4.3.2 Gewässermorphologie

Die jährliche Geschiebefracht durch den vom Kraftwerk beeinflussten Bereich liegt zwischen 13 000 m³/a und 25 000 m³/a. Aufgrund der Dimensionen des Stauraumes sowie der Wehröffnungsverfahren (Grundablässe) wird das Geschiebe zeitnah durch den Stauraum transportiert, und die Geschiebebilanz zwischen Ober- und Unterwasser ist ausgeglichen. Untersuchungen der Korngrössenverteilung und des Makrozoobenthos¹² weisen auf keine grossräumige Sortierung des Geschiebes durch den Stauraum hin. Stauraum und Wehr beeinflussen die in diesem Thurabschnitt vorhandene Vielfalt der Gewässerhabitate und der Sohlenfauna sowie die Habitatsbedingungen nicht. Oberhalb des Wehrs hat sich eine Kiesinsel gebildet, welche der natürlichen Sohlendynamik unterliegt. Diese Insel kann als Habitat (z. B. für Brut-, Rast- oder Überwinterungsbiootope der Zugvögel) genutzt werden.

4.4 Umweltrisiken

Als Umweltrisiken gelten umweltschädigende Emissionen, die von den Kraftwerksanlagen ausgehen und während nicht gewünschten Ereignissen auftreten. Emissionen, die von einem Unfall stammen, sind in der Regel sehr klein und richten meist keinen Umweltschaden an, da die Stoffe, wie z. B. Öl, nicht in die Umwelt gelangen, sondern durch technische Sicherheitsvorrichtungen in den Kraftwerksanlagen gehalten werden. Ein weiteres Ereignis wäre ein augenblicklicher Bruch des Wehrs. Die Stauanlage fällt aber aufgrund ihrer geringen Grösse nicht unter die Kontrollpflicht gemäss Verordnung über die Sicherheit der Stauanlagen (StAV, SR 721.102). Die Stauanlage stellt auch bei einem Bruch keine besondere Gefahr für Mensch, Sachen und das lokale Ökosystem dar.

¹² Geschiebehaushalt Thur und Einzugsgebiet, Projekt 3: Thur – Unterlauf Schwarzenbach – Bischofszell; Bischofszell – Rhein. Kt. AI; Bau- und Umweltschutzdepartement Kt. AR; Kant. Tiefbauamt Kt. SG, TBA, Gewässerbau und Unterhalt; Kt. TG, Amt für Umwelt; Kt. ZH, AWEL, Abt. Wasserbau; Bundesamt für Wasser und Geologie. Juni 2005

4.5 Elektromagnetische Felder

Als elektromagnetisches Feld (EMF) gilt das untere Frequenzband des elektromagnetischen Spektrums (0 bis 300 GHz). EMF sind in unserer Umwelt überall vorhanden – ob natürlichen oder künstlichen Ursprungs –, beispielsweise als Radiowellen (erwünscht) oder als Abfallprodukt von Elektrizitätsströmen. Aus technischer Sicht entstehen magnetische Felder durch die Bewegung elektrischer Ladungen. Die Stärke eines magnetischen Feldes wird in Ampere pro Meter (A/m) angegeben. In der Wissenschaft ist es üblicher, für elektromagnetische Felder eine verwandte Grösse anzugeben: die Flussdichte (in Mikrottesla, μT). Je höher der Strom, desto höher die magnetische Feldstärke. Eines der Hauptmerkmale eines EMF ist seine Frequenz bzw. die zugehörige Wellenlänge. Felder unterschiedlicher Frequenz haben unterschiedliche Auswirkungen auf den menschlichen Körper. Als Grundlage für die Beurteilung der nichtionisierenden Strahlung gilt die Verordnung über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung (NISV, SR 814.710). Diese enthält einen Anlagengrenzwert von 100 μT (bei einer Frequenz von 50 Hz). Die elektromagnetischen Felder im und um das Kraftwerk Au-Schönenberg sind so gering, dass keine speziellen Massnahmen ergriffen werden mussten. Insofern besteht keine Gefährdung für die Anwohner oder sich im Kraftwerk aufhaltende Personen.

4.6 Lärm

Das Kraftwerk Au-Schönenberg ist umgeben von Landwirtschaftszone oder Wald. Die schweizerische Lärmschutz-Verordnung (LSV, SR 814.41) hat die Immissionsgrenzwerte für Industriegebiete auf 70 dB(A) am Tag und 60 dB(A) in der Nacht und für Wohngebiete auf 60 dB(A) am Tag und 50 dB(A) in der Nacht festgelegt. Sowohl beim An- und Abfahren der Maschinen als auch im Betrieb unter Volllast werden alle Grenzwerte der Schweizer Lärmschutz-Verordnung (Umwelt) und der SUVA¹³ (Innenräume, Arbeitssicherheit) eingehalten. Lärmschutzfilter reduzieren Lärmemissionen ausserhalb des Gebäudes auf ein Minimum.

¹³ SUVA: Die Schweizerische Unfallversicherungsanstalt

5 Zertifizierungsstelle und Pflichtenklärungen

5.1 Informationen der Zertifizierungsstelle

Die Zertifizierung der Umweltdeklaration (Environmental Product Declaration, EPD®) für die Produktion von Elektrizität aus dem Kleinwasserkraftwerk Au-Schönenberg wurde durch Bureau Veritas Certification, Schweden, durchgeführt. Bureau Veritas Certification bestätigt, dass sämtliche relevanten prozess- und produktbezogenen Richtlinien und Normen erfüllt wurden. Diese Umweltdeklaration EPD® erfüllt die Anforderungen der Allgemeinen Programmanweisungen für die Erstellung von Umweltdeklarationen (General Product Instructions), abgefasst vom International EPD® System und die Vorgaben der Produktkategorieregeln UN-CPC 171 und 173 (Produktkategorieregeln zur Abfassung einer Umweltdeklaration für die Erzeugung und Verteilung von Elektrizität, Dampf, Heiss- und Kaltwasser). Bureau Veritas Certification wurde akkreditiert vom SWEDAC (Swedish Board for Accreditation and Conformity Assessment), um Umweltdeklarationen (EPD®) zu zertifizieren. Diese Zertifizierung ist gültig bis 7. September 2020. Die Registrierungsnummer lautet S-P-00262.

5.2 Pflichtenklärungen

5.2.1 Allgemeine Erklärungen

Umweltdeklarationen, die mit den Vorgaben aus anderen EPD-Programmen erstellt wurden, sind möglicherweise nicht vergleichbar.

5.2.2 Nicht berücksichtigte Lebenszyklusphasen

In Übereinstimmung mit den PKR wurde die Phase des Verbrauchs der produzierten Elektrizität ausgelassen, da deren Anwendung unterschiedliche Zwecke unter verschiedenartigen Umständen erfüllt.

5.2.3 Zugang zu erläuternden Materialien

ISO 14025 schreibt vor, dass bei einer Veröffentlichung der Umweltdeklaration gegenüber Endverbrauchern erläuternde Materialien beigefügt werden müssen. Diese Umweltdeklaration richtet sich an gewerbliche Kunden und ist nicht für die B2C-Kommunikation (vom Hersteller zum Kunden) gedacht.

5.2.4 Informationen zur Überprüfung

EPD-Programm

Internationales EPD-Programm, betrieben durch das International EPD® System.
www.environdec.com

Produktkategorieregeln

UN-CPC 171 und 173, Produktkategorieregel zur Abfassung einer Umweltdeklaration (EPD®) für die Erzeugung und Verteilung von Elektrizität, Dampf, Heiss- und Kaltwasser, Version 3.0.

PKR Review

Technisches Komitee des internationalen EPD®-Systems. Eine Liste der Mitglieder des technischen Komitees ist abrufbar unter www.environdec.com/TC.

Unabhängige Überprüfung

Unabhängige Überprüfung der Umweltdeklaration und der zugrunde liegenden Daten gemäss den Vorgaben von ISO 14025: Extern, Bureau Veritas Certification, Schweden.

6 Links und Referenzen

Weiterführende Informationen

über das Unternehmen:

www.axpo.com

Über das internationale EPD-Programm:

www.environdec.com

Informationen zum International EPD® System,
zu den EPDs®, PKR und den
Allgemeinen Programmanweisungen, v2.5

Hintergrunddaten zur Ökobilanz:

www.ecoinvent.org

Ecoinvent Datenbank v3, veröffentlicht vom
Schweizer Zentrum für Ökoinventare

7 Häufig verwendete Abkürzungen

CLC-Klassen	CORINE-Landnutzungsklassen
EPD	Environmental Product Declaration (Umweltdeklaration)
ISO	International Organization for Standardization (Internationale Organisation für Normung)
LCA	Life Cycle Assessment
LCI	Life Cycle Inventory
LCIA	Life Cycle Impact Assessment
NMVOC	Nichtmethanische flüchtige organische Verbindungen
PKR	Produktkategorieregeln

Axpo

Parkstrasse 23 | CH-5401 Baden

T +41 56 200 31 11 | F +41 56 200 37 55

www.axpo.com

