

Kernkraftwerk Beznau – sichere und klimafreundliche Stromproduktion



Axpo – Strom für die Schweiz

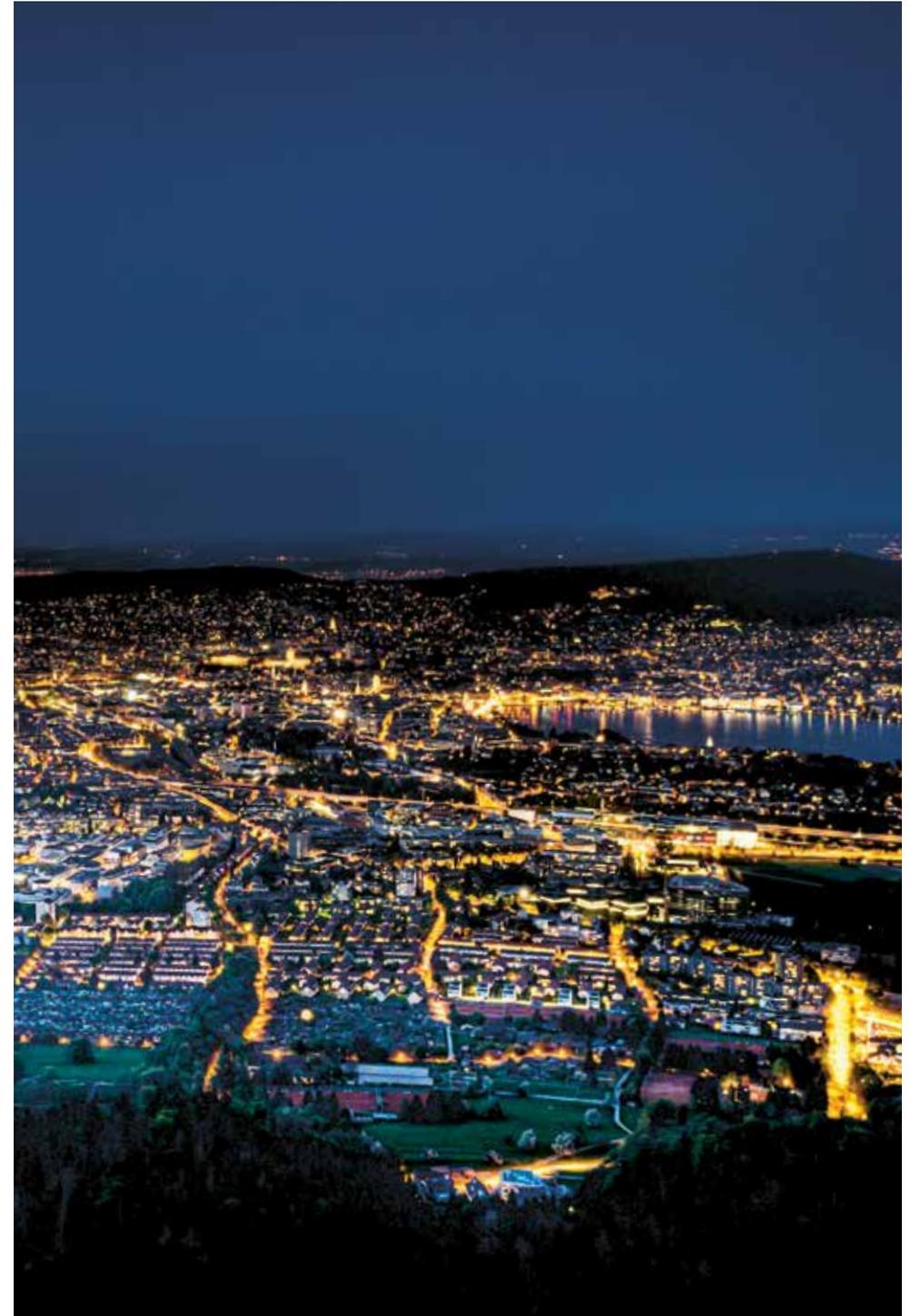
Das Kernkraftwerk Beznau gehört zum Kraftwerkspark der Axpo.

Kernkraftwerke und Flusswasserkraftwerke decken die Grundlast der Stromversorgung. Pumpspeicherkraftwerke mit ihren Stauseen dienen dem Ausgleich von Verbrauchsschwankungen und -spitzen.

Axpo produziert, handelt und vertreibt Energie zuverlässig für über 3 Millionen Menschen und mehrere tausend Unternehmen in der Schweiz. Sie ist überdies in über 30 Ländern Europas präsent. Axpo ist zu 100 Prozent im Besitz der Nordostschweizer Kantone.

Rund 4500 Mitarbeitende verbinden das Know-how aus 100 Jahren klimaschonender Stromproduktion mit der Innovationskraft für eine nachhaltige Energiezukunft. Axpo ist international führend im Energiehandel und in der Entwicklung massgeschneiderter Energielösungen für ihre Kunden.

Axpo verfügt in der Schweiz über einen klimafreundlichen Kraftwerkspark mit einer weitgehend CO₂-freien Stromproduktion. Er ist optimal auf die Bedürfnisse einer zuverlässigen, klimaschonenden und wirtschaftlichen Stromproduktion ausgerichtet.



Produktion rund um die Uhr

Das Kernkraftwerk Beznau (KKB) besteht aus zwei weitgehend baugleichen Leichtwasserreaktoren (Block 1 + 2) mit einer elektrischen Nettoleistung von je 365 Megawatt. Sie erzeugen zusammen rund 6000 Gigawattstunden Strom pro Jahr. Dies entspricht etwa dem doppel-

ten Stromverbrauch der Stadt Zürich. In Ergänzung zur Stromproduktion liefert das KKB heisses Wasser an das Netz der Regionalen Fernwärme Unteres Aaretal (REFUNA) und erbringt Systemdienstleistungen für einen sicheren Betrieb des Verbundnetzes.



Maschinenhaus KKB

Die kommerzielle Inbetriebnahme des KKB 1 fand nach einer Bauzeit von etwas mehr als 48 Monaten im Dezember 1969 statt. Das KKB 2 folgte nach ebenfalls rund vierjähriger Bauzeit im April 1972. Beide Blöcke verfügen über je eine unbefristete Betriebsbewilligung.

Seit der Inbetriebnahme hat das KKB mehr als 250 000 Gigawattstunden Strom produziert. Damit wurden im Vergleich zur Erzeugung mit einem Braunkohlekraftwerk rund 300 Millionen Tonnen an CO₂-Emissionen eingespart.

Wichtige Bandenergie

Das Kernkraftwerk produziert mit Ausnahme von wenigen Wochen im Jahr, in denen ein Brennstoffwechsel vorgenommen oder Revisionen durchgeführt werden, rund um die Uhr Strom. Zusammen mit den Flusswasserkraftwerken decken die Kernkraftwerke die Grundlast unseres Landes ab.

Wenn die Blöcke im Frühjahr zum Brennelementwechsel bzw. im Sommer zur Revision ausser Betrieb genommen

Erstes Kernkraftwerk mit Umweltdeklaration

Das KKB ist das erste Kraftwerk der Schweiz, für das eine Umweltdeklaration (EPD®, Environmental Product Declaration) nach ISO 14025 erarbeitet wurde. Kernstück der Umweltdeklaration ist eine Ökobilanz. Diese ermöglicht die Quantifizierung und Einschätzung der Emissionen in die Umwelt sowie der Ressourcennutzung über die gesamte Prozesskette der Elektrizitätsproduktion. Es werden auch die biologische Vielfalt in der Umgebung der Anlage, die Strahlenbelastung des Personals und die elektromagnetischen Felder bestimmt.

werden, wird der Strombedarf durch inländische Wasserkraftwerke oder Importe gedeckt.

Im Kernkraftwerk arbeiten rund 450 Personen der Axpo sowie 100 von Drittfirmen. Die Überwachung der Anlagen durch ein Team von Fachspezialisten erfolgt im Dreischichtbetrieb. Im Kommandoraum werden sämtliche Einstellungen, Werte oder Veränderungen aller wichtigen Anlagekomponenten angezeigt und aufgezeichnet. Abweichungen von den Sollwerten werden sofort akustisch und optisch gemeldet, damit die Spezialisten die notwendigen Vorkehrungen treffen können.



Die Spannung eines Generators beträgt 15,5 Kilovolt. Von einem Transformator wird sie auf 220 Kilovolt erhöht und über das Unterwerk in Beznau in das Hochspannungsnetz der Schweiz eingespeist.

Turbinen und Generator

Strom aus Bewegungs- energie

Kernkraftwerke sind thermische Kraftwerke. Die Wärme, die für das Verdampfen des Wassers notwendig ist, wird nicht durch das Verbrennen fossiler Energieträger, sondern in einer kontrollierten Kettenreaktion in einem Reaktor gewonnen. Der Dampf, den danach ein Dampferzeuger produziert, wird auf eine Turbine geleitet, die ihrerseits einen Generator antreibt.

Dabei dreht der Rotor des Generators mit 3000 Umdrehungen pro Minute. Sein Magnetfeld erzeugt bei dieser Drehbewegung eine elektrische Spannung. Dadurch wird die Bewegungsenergie in elektrische Energie umgewandelt.

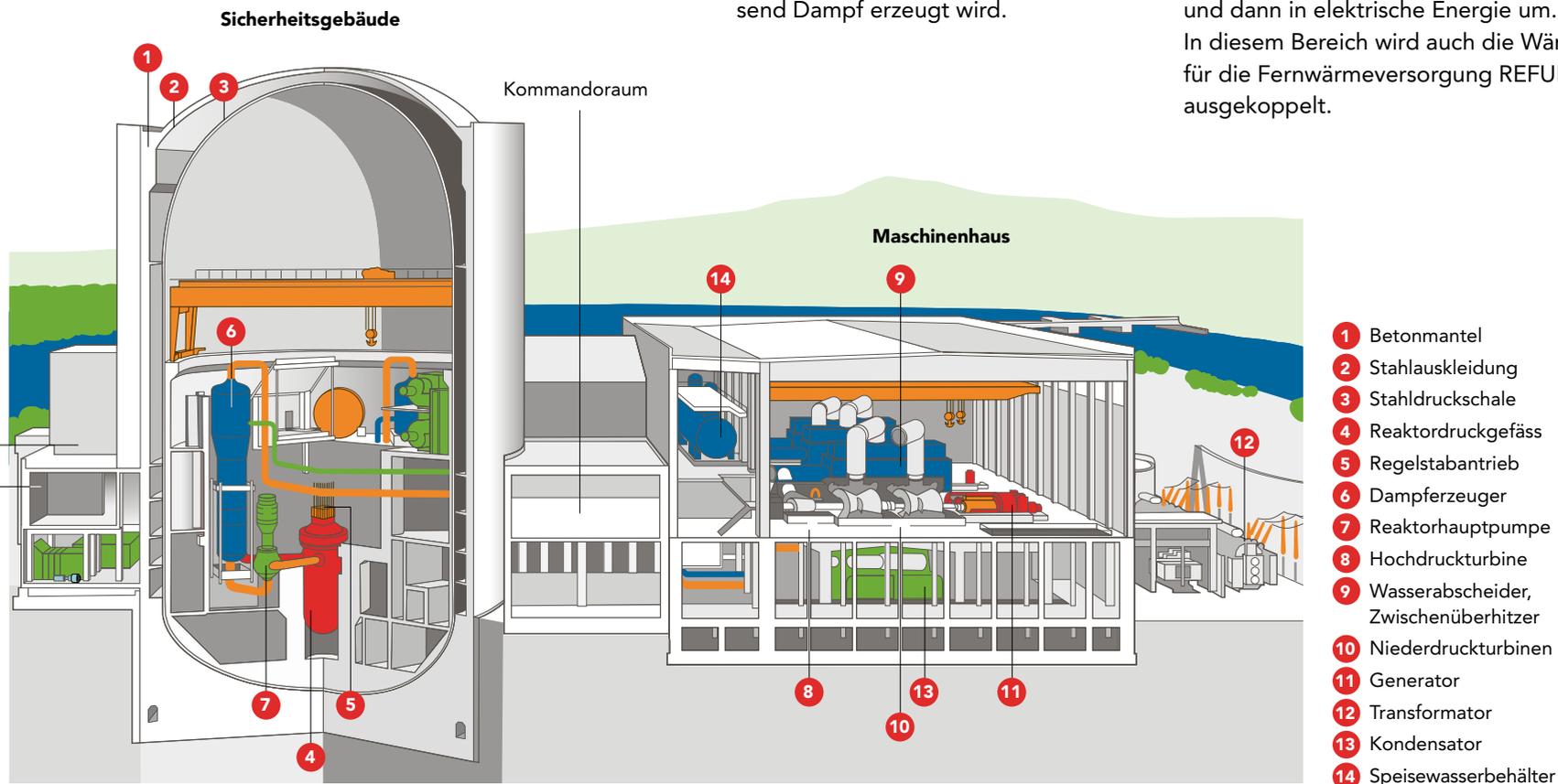
Der Blick ins Kernkraftwerk

Die beiden Sicherheitsgebäude sind 61 Meter hoch und haben einen Durchmesser von 38 Metern.

Die Stahldruckschale

Der Druckwasserreaktor, die zwei Dampferzeuger und zwei Hauptpumpen sind von einer zusammengeschweißten Stahldruckschale umgeben. In einem Abstand von 1,5 Metern wird die Stahldruckschale von einem Betonmantel vollständig umschlossen. Dieser ist auf der Innenseite mit einer gasdichten Stahlauskleidung versehen.

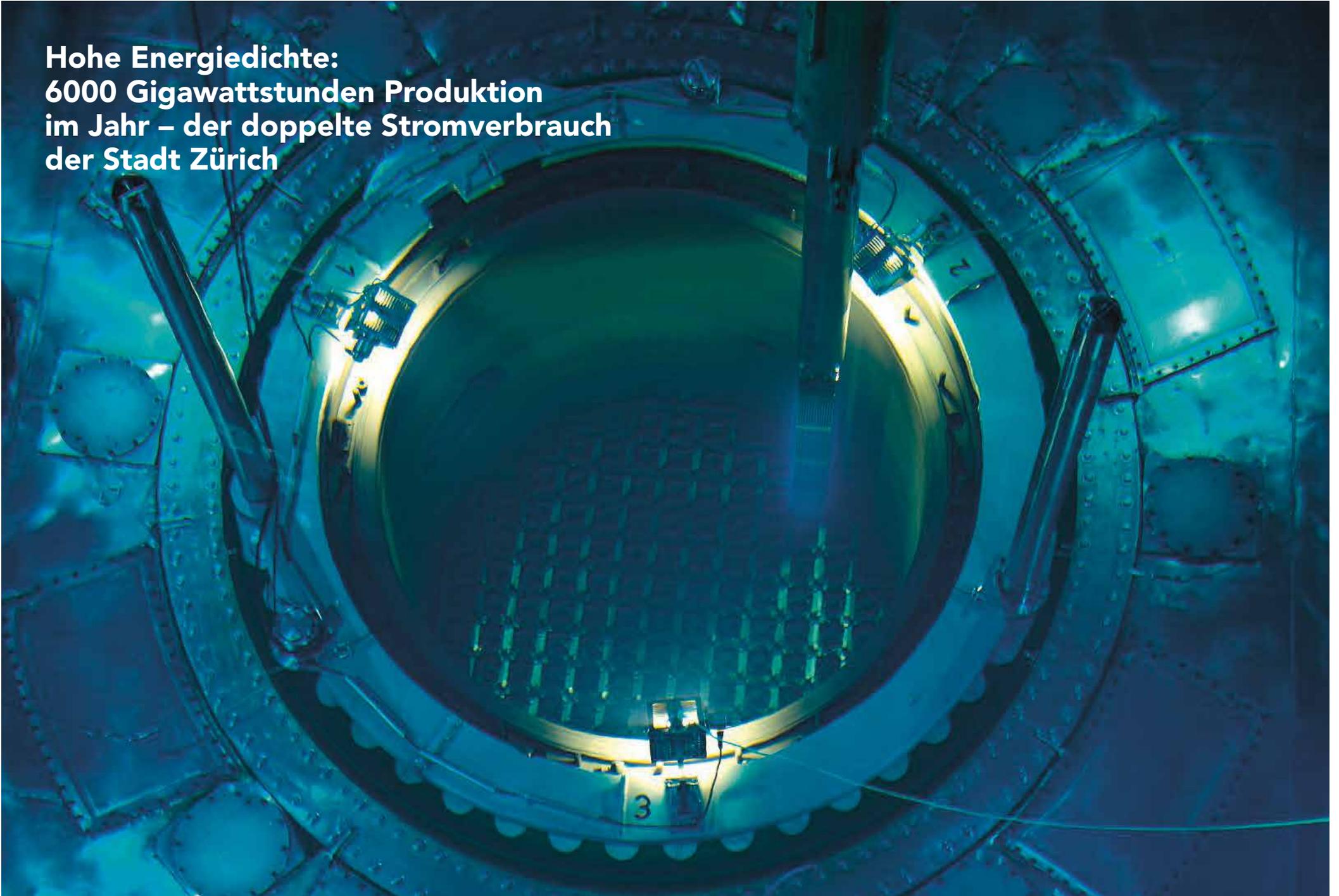
Brennstofflager
Brennstofflagerbecken



Die beiden zylinderförmigen Sicherheitsgebäude prägen das Bild des KKB. In diesen doppelwandigen Bauten befinden sich die Primäranlagen, in denen aus Kernenergie Wärme und anschließend Dampf erzeugt wird.

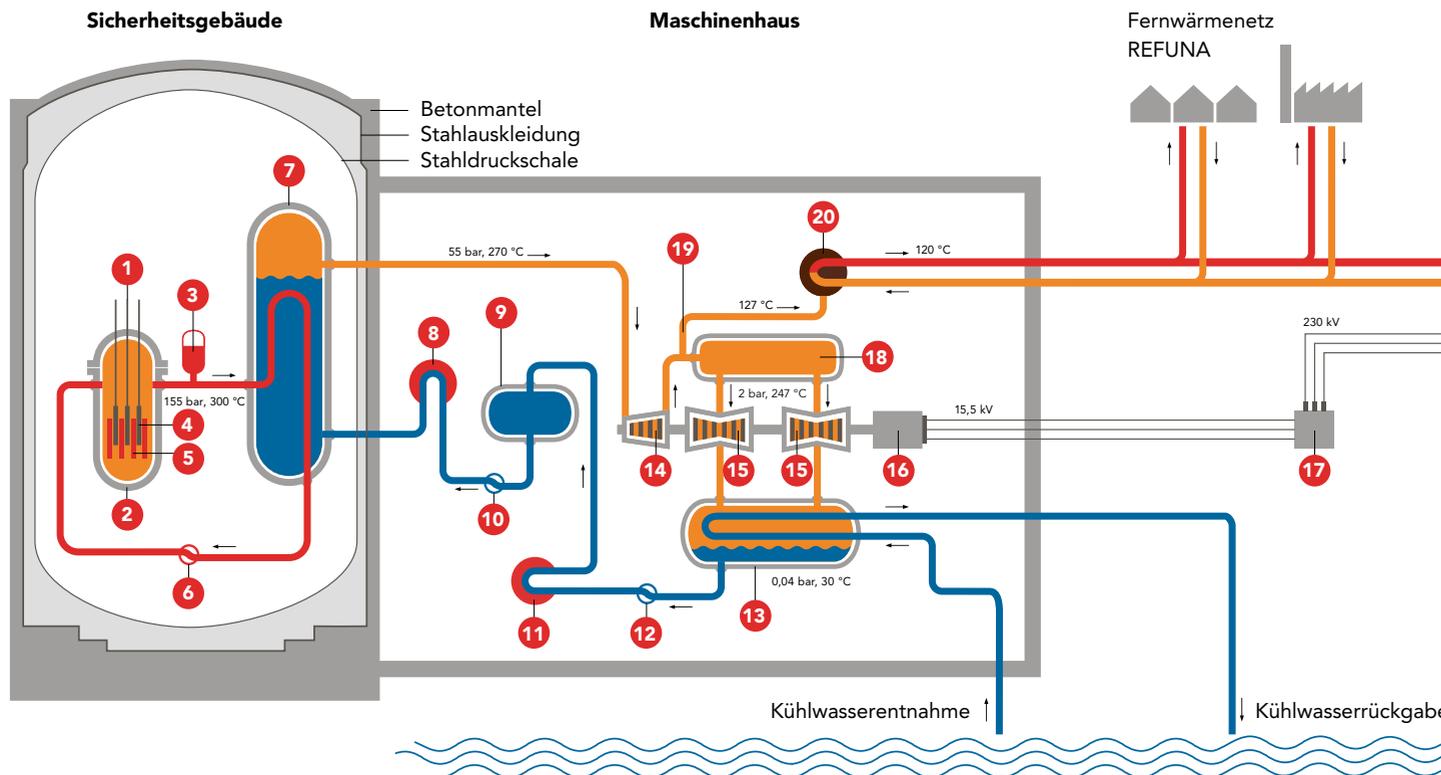
Im Maschinenhaus sind die Sekundäranlagen und die Turbinen-Generatorengruppen – je zwei pro Block – untergebracht. Diese wandeln die Energie des Dampfes zuerst in mechanische und dann in elektrische Energie um. In diesem Bereich wird auch die Wärme für die Fernwärmeversorgung REFUNA ausgekoppelt.

**Hohe Energiedichte:
6000 Gigawattstunden Produktion
im Jahr – der doppelte Stromverbrauch
der Stadt Zürich**



Der Weg der Energie

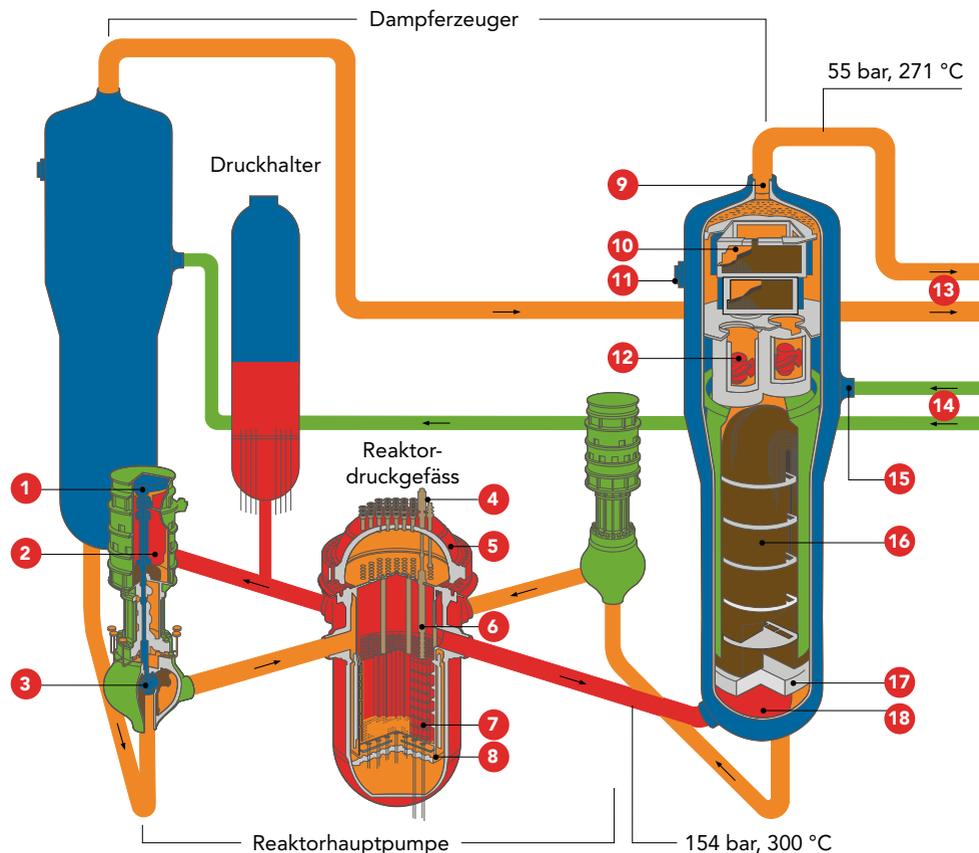
Das KKB 1 und das KKB 2 sind Druckwasserreaktoren mit zwei getrennten Kreisläufen. Im Primärkreislauf wird das Wasser unter Druck durch die Wärme der Brennstäbe erhitzt. Im Sekundärkreislauf wird der Dampf erzeugt.



- 1 Regelstabantrieb
- 2 Reaktordruckgefäß
- 3 Druckhalter
- 4 Regelstäbe
- 5 Brennelemente
- 6 Reaktorhauptpumpe
- 7 Dampferzeuger
- 8 Hochdruckvorwärmer
- 9 Speisewasserbehälter
- 10 Speisewasserpumpe
- 11 Niederdruckvorwärmer
- 12 Kondensatpumpe
- 13 Kondensator
- 14 Hochdruckturbine
- 15 Niederdruckturbinen
- 16 Generator
- 17 Transformator
- 18 Wasserabscheider
Zwischenüberhitzer
- 19 Dampfauskopplung
REFUNA
- 20 Wärmeaustauscher
REFUNA

Die Dampf- erzeugung

In den Dampferzeugern wird der Dampf produziert und danach auf die Turbinen geleitet. Druck und Temperatur sind tiefer als im Reaktor.



Pro Reaktor stehen 121 Brennelemente im Einsatz.

Der Sekundärkreislauf dient der Dampferzeugung. Der unter tieferem Druck stehende Dampf (55 bar) treibt die Turbinen mit den angeschlossenen Generatoren an.

Im Kondensator (Seite 13, Punkt 13) kondensiert der Abdampf zu Wasser und ist somit bereit für einen neuen Zyklus.

- 1 Schwungrad
- 2 Pumpenmotor
- 3 Pumpenlaufrad
- 4 Regelstabantrieb
- 5 Druckgefäßdeckel
- 6 Regelstab
- 7 Brennelement
- 8 Kernstützplatte
- 9 Frischdampfaustritt
- 10 Dampftrockner
- 11 Mannlochdeckel
- 12 Wasserabscheider
- 13 Frischdampf zu den Turbinen
- 14 Speisewasser zum Dampferzeuger
- 15 Speiswassereintritt
- 16 U-Rohr-Bündel
- 17 Rohrboden
- 18 Wasserkammer

Kühlung durch Aarewasser

Für beide Blöcke werden nur 40 Kubikmeter Kühlwasser pro Sekunde benötigt.

Optimaler Standort dank Insellage.

Damit sich der Dampf nach dem Durchlauf durch die Turbinen wieder in Wasser verwandelt, muss er in den Kondensatoren abgekühlt werden. Dazu werden bei Volllastbetrieb für beide Blöcke insgesamt 40 Kubikmeter Kühlwasser pro Sekunde benötigt. Diese werden der Aare aus dem Oberwasserkanal des Hydrokraftwerks Beznau entnommen.

Da das Gefälle zwischen dem Oberwasserkanal und dem Aareunterlauf 6 Meter beträgt, muss das Kühlwasser nicht wie in anderen Kernkraftwerken üblich mit Pumpen durch die Kondensatoren befördert werden: In Beznau fließt es selbstständig vom Oberwasserkanal des Wasserkraftwerks zum tiefer gelegenen Aarebett. Dies war einer der Gründe, weshalb die damalige NOK (Nordostschweizerische Kraftwerke, heute Axpo) sich in den 60er-Jahren für den Standort auf der Insel Beznau entschieden hat.



- 1 Block 1
- 2 Block 2
- 3 Kühlwassereinläufe im Oberwasserkanal
- 4 Kühlwasserausläufe im natürlichen Aarebett
- 5 Wasserkraftwerk
- 6 Wehrkraftwerk
- 7 Unterwerk Beznau (Verbindung ins Stromübertragungsnetz)

Sicherheit hat höchste Priorität



Im Kommandoraum wird der Betrieb überwacht.

Betriebssicherheit – Redundanz und Diversität

Betriebssicherheit ist im KKB zentral. Dies nicht nur im Normalbetrieb, sondern auch bei allfälligen ausserordentlichen Vorkommnissen. Das Kernkraftwerk Beznau ist bestens gegen Witterungseinflüsse, Erdbeben, Hochwasser und Flugzeugabstürze geschützt. Wichtige Systeme und Komponenten funktionieren unabhängig voneinander, sind mehrfach vorhanden und räumlich getrennt. Fällt ein System oder eine Komponente aus, stehen weitere Systeme oder Komponenten zur Verfügung, die dieselben Funktionen erfüllen können.

Mehrere Schutzbarrieren

Bei der Kernspaltung entstehen radioaktive Spalt- und Aktivierungsprodukte. Diese strahlenden Stoffe dürfen nicht in die Umwelt gelangen. Mehrere Barrieren sorgen dafür:

Hüllrohre	Die gasdicht verschweissten Hüllrohre der Brennelemente verhindern den Austritt von Spaltprodukten ins Kühlwasser.
Primärkreislauf	Der Primärkreislauf befindet sich in der mit 3 Zentimeter dicken Stahlplatten gasdicht verschweissten Stahldruckschale.
Containment	Eine Stahlauskleidung dichtet die Innenseite des Betonmantels ab.

Abschirmung der radioaktiven Strahlung

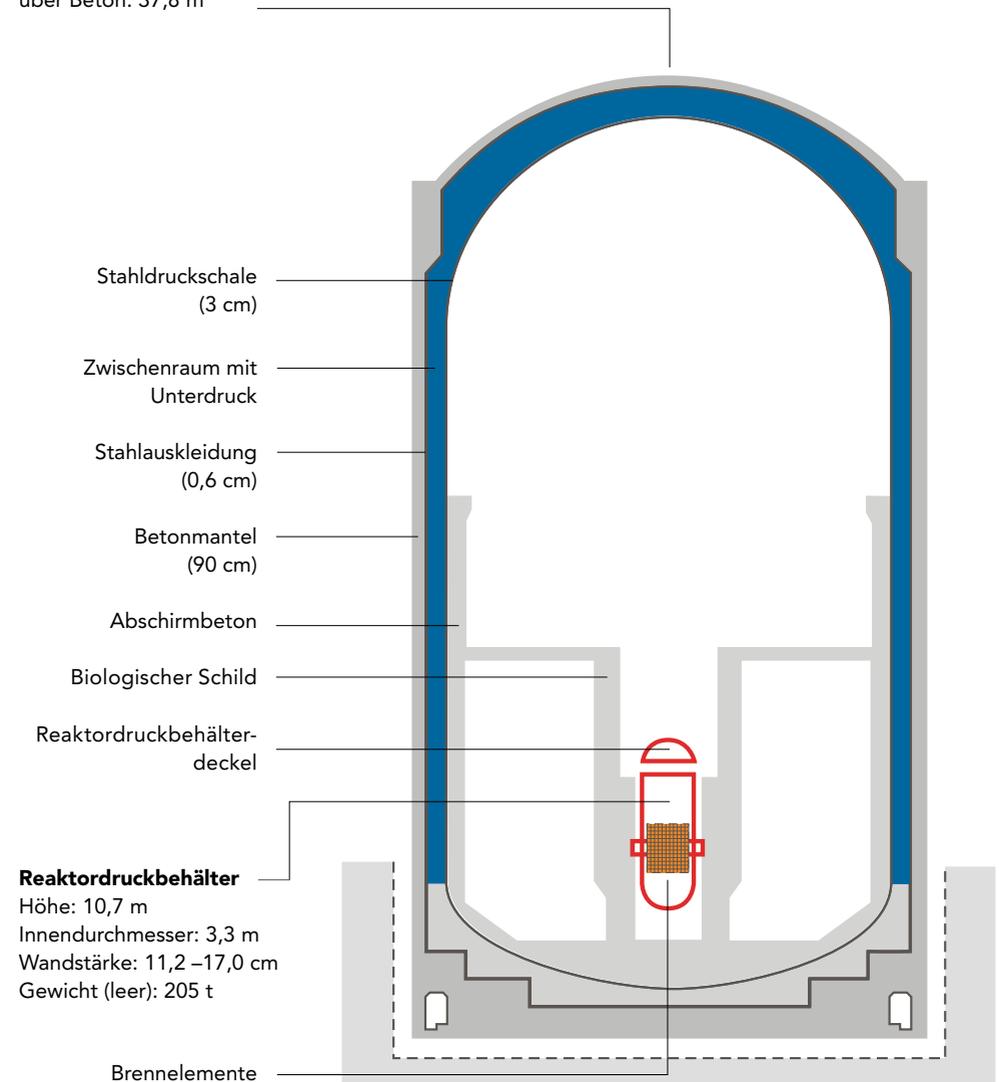
Der 3 Meter dicke biologische Schild und der Abschirmbeton verhindern den Austritt radioaktiver Strahlung wirksam.

Reaktor-Sicherheitsgebäude

Doppelbehälter, innen Druckschale aus Stahl, aussen Abschirm-Betonmantel mit Stahlauskleidung, Zwischenraum auf Unterdruck gehalten. Die Abluft aus dem Innenraum (kontrollierte Zone) wird laufend überwacht und geht durch einen Abluftkamin ins Freie.

Reaktor-Sicherheitsgebäude

Höhe: 66,5 m
Aussendurchmesser über Beton: 37,8 m



Investitionen in die Sicherheit und Zuverlässig- keit

Das KKB erfüllt alle regulatorisch festgelegten Sicherheitsanforderungen. Mit den erfolgten Nachrüstungen und Erneuerungsinvestitionen im Umfang von mehr als 2,5 Milliarden Franken seit der Inbetriebnahme hat Axpo dafür gesorgt, dass das KKB dem Stand der Technik entspricht und die geforderten Sicherheitsstandards einhält.

Axpo plant, die Anlage so lange zu betreiben, wie sie sicher und wirtschaftlich ist. Mit dem Betrieb des KKB leistet Axpo einen substantiellen Beitrag sowohl zur Versorgung der Schweiz als auch zur Umsetzung der Energiestrategie des Bundes.



1993/99

Ersatz der Dampferzeuger in beiden Blöcken:
Mit dem präventiven Austausch der Dampferzeuger
wird das Risiko eines ungeplanten Produktionsausfalls
verringert.



2015

Präventiver Austausch der Reaktordruckbehälterdeckel aufgrund von Erfahrungen im Ausland.



2015

Autarke, gebunkerte, erdbeben- und überflutungssichere Notstromversorgung: 4 Dieselaggregate mit je 3750 kW Leistung, was 400 Prozent der in einem Störfall benötigten Leistung entspricht.

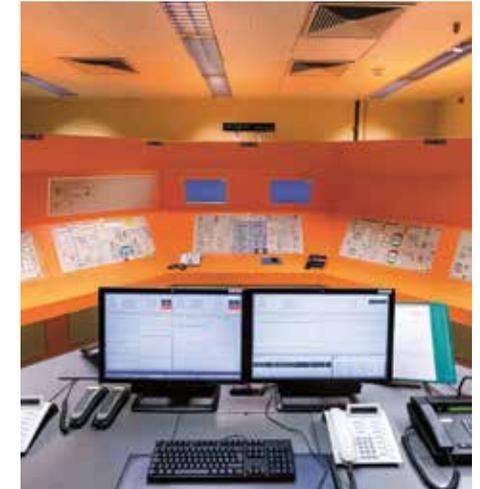
2015

Inbetriebnahme eines neuen Anlageinformationssystems: Modernste Hardware- und Softwarelösungen verarbeiten Tausende von Signalen pro Block, um die nahtlose Überwachung und Aufzeichnung der Betriebsdaten sicherzustellen.



1993

Realisierung des Notstandsystems NANO. Das NANO bringt und hält die Anlage auch beim Ausfall des Kommandoraums oder der ursprünglich vorhandenen Sicherheitssysteme in einer stabilen und sicheren Lage.



Im Uran steckt viel Energie

Uran ist der Rohstoff für den Betrieb der Kernkraftwerke. Ein Metall, das fast überall in den Gesteinen der Erde vorkommt und in riesigen Mengen in den Ozeanen zu finden ist.

Wie lange reichen die Uranvorräte?

Die bekannten, wirtschaftlich abbaubaren Uranreserven stellen beim heutigen Verbrauch den Betrieb der bestehenden Kernkraftwerke für die nächsten 60 Jahre sicher. Die effektiven Uranreserven sind wesentlich grösser, wenn andere Formen der Förderung genutzt werden. Dazu zählt die Gewinnung von Uran aus Phosphaten oder Meerwasser – zwei Verfahren, die bereits erprobt sind. Unter diesen Bedingungen würden die Vorräte für viele Jahrhunderte oder gar Jahrtausende reichen. Weitere Faktoren sind die technologische Entwicklung der Reaktoren, die eine bessere Ausnutzung des Brennstoffs gewährleistet, sowie die Wiederaufbereitung.

Die Kosten für Uran machen lediglich 5 bis 10 Prozent der Stromgestehungskosten aus.



Zwei Brennstoffpellets liefern ein Jahr lang Strom für einen Vier-Personen-Haushalt.

Hoher Energiegehalt

Durchschnittlich werden pro Tonne Erz aus einer Mine etwa 1 bis 5 Kilogramm Natururan gewonnen. Der Energieinhalt von Uran ist hoch – aus einer Tonne Natururan kann gleich viel Energie erzeugt werden wie aus 16000 Tonnen Steinkohle. Dies macht auch die Erschliessung von Vorkommen mit relativ geringem Urangehalt rentabel.

Nur Uran-235, das im Natururan in einer Konzentration von 0,7 Prozent vorliegt, kann in Leichtwasserreaktoren gespalten werden. Der Rest besteht aus nicht spaltbarem Uran-238. Für den Betrieb von Kernreaktoren muss der Anteil an spaltbarem Uran-235 von 0,7 Prozent auf 3 bis 5 Prozent erhöht, d.h. angereichert werden. Nach der Gewinnung wird das Erz gemahlen. Mit Säure wird das Uran aus dem Erz herausgelöst und anschliessend zu Urankonzentrat (U_3O_8) weiterverarbeitet. Der nächste Verarbeitungsschritt ist die Umwandlung (Konversion) des Urankonzentrats in das gasförmige Uranhexafluorid (UF_6).

Das Urankonzentrat wird wegen seiner gelben Farbe auch «gelber Kuchen» (yellowcake) genannt.

Von der Anreicherung zum Brennelement

Für den darauffolgenden Veredelungsschritt, die Anreicherung, werden vor allem Gaszentrifugen eingesetzt. Nach der Anreicherung wird das Uranhexafluorid in das pulverförmige Uranoxid (UO_2) umgewandelt, zu Pellets gepresst und bei ca. 1700 °C gesintert, das heisst zu keramischem Material umgeformt. Bei der Herstellung von Brennstäben werden diese Pellets in Zirkonium-Hüllrohre abgefüllt.

Die Brennstäbe werden gasdicht verschweisst, angepasst auf den jeweiligen Kraftwerkstyp zu unterschiedlich grossen Brennelementen zusammengesetzt und nach einer umfassenden Ausgangskontrolle durch die Axpo als Betreiberin zum Kernkraftwerk geliefert. Dort können sie ohne weitere Verarbeitung zur Energieherstellung eingesetzt werden.

Sorgfältiger Umgang mit Abfällen

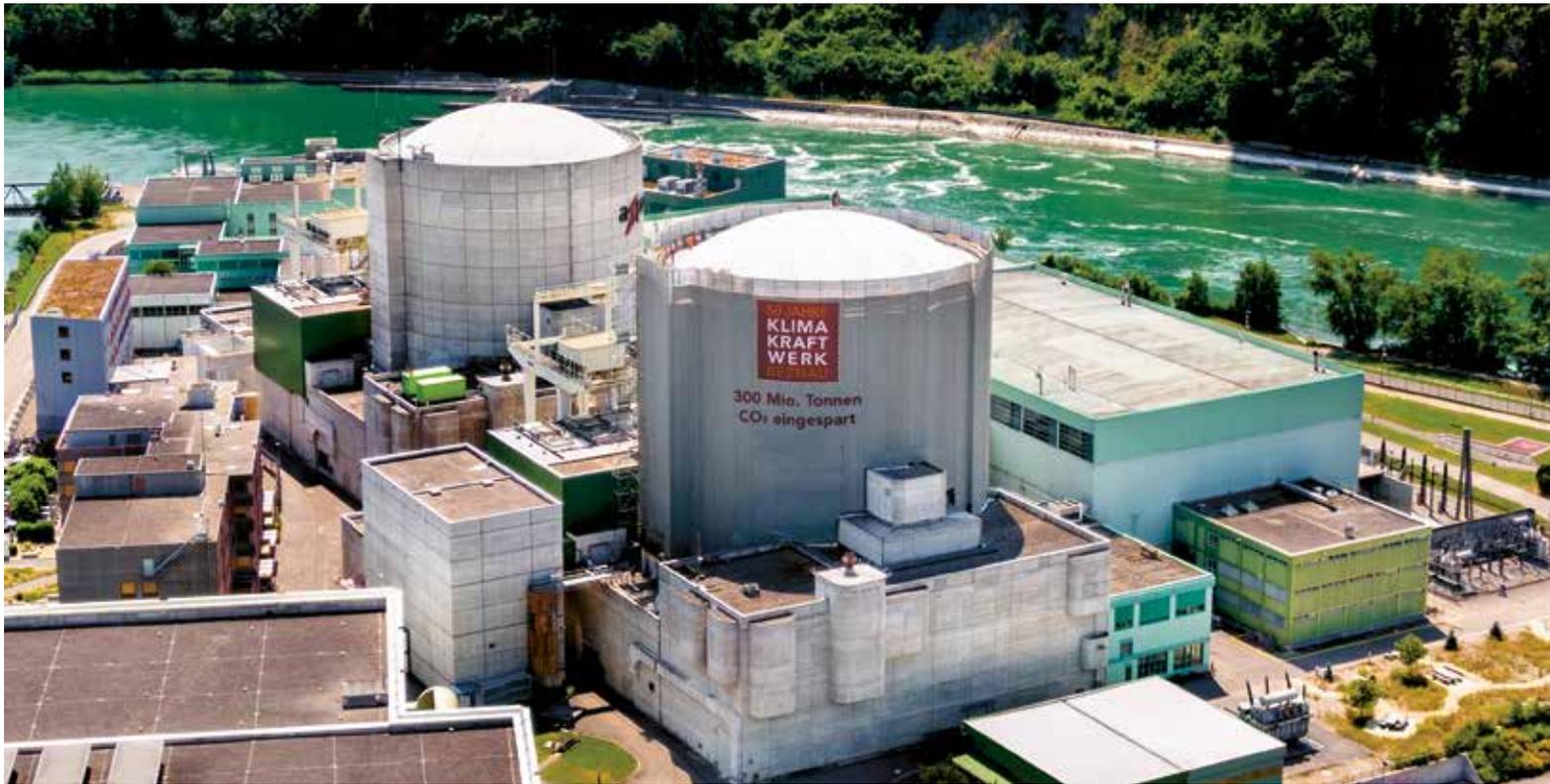
Im Kernkraftwerk Beznau fallen Abfälle mit unterschiedlich starker Radioaktivität an. 99 Prozent der Radioaktivität verbleiben in den bestrahlten Brennelementen, die während mindestens vier bis sechs Jahren im wassergekühl-

ten Brennstofflagerbecken aufbewahrt werden. Anschliessend werden die Brennelemente in Lagerbehälter umgeladen und ins Zwischenlager des Kernkraftwerks Beznau gebracht.



Zwei Arten der Lagerung
Im Zwischenlager des Kernkraftwerks Beznau (ZwibeZ) werden schwachaktive Abfälle aufbewahrt, bevor sie in ein künftiges geologisches Tiefenlager abtransportiert werden. Feste radioaktive Betriebsabfälle werden im zentralen Zwischenlager in Würenlingen (Zwilag) mit einem Hochleistungsplasma-brenner bei hohen Temperaturen thermisch zersetzt oder aufgeschmolzen. Dabei wird das Volumen deutlich verkleinert und unter Zumischung von glasbildenden Stoffen wird die Endlagerfähigkeit verbessert.





Stilllegung, Rückbau und Entsorgung

Axpo plant, die beiden Blöcke des KKB so lange weiter zu betreiben, wie dies sicher und wirtschaftlich möglich ist. Der Weiterbetrieb der Anlage hängt sowohl von technischen Gegebenheiten als auch von regulatorischen und politischen Rahmenbedingungen sowie vom Marktumfeld ab. Axpo will sich frühzeitig und vorausschauend auf das künftige Stilllegungsverfahren vorbereiten und hat im Sommer 2016 ein entsprechendes Projekt gestartet.

Nach der endgültigen Einstellung des Leistungsbetriebs beginnt der Nach-

Die Stilllegung von Kernanlagen ist in technischer Hinsicht gelöst. Weltweit wurden bereits mehr als 110 kommerziell betriebene Anlagen stillgelegt.

Die Kosten

Die Finanzierung des Nachbetriebs, der Stilllegung und des Rückbaus ist in der Schweiz umfassend geregelt und gesichert. Die Betreiber der Kernkraftwerke tragen sämtliche mit der Stilllegung und Entsorgung verbundenen Kosten.

betrieb und anschliessend, wenn die Anlage brennelementfrei ist, der nukleare Rückbau. Die Anlage wird Schritt für Schritt zurückgebaut, bis sämtliches radioaktives Material von den Blöcken entfernt ist und das Eidgenössische Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI bestätigt, dass die Anlage keine radiologische Quelle mehr darstellt. Das Kraftwerkareal kann anschliessend umgenutzt werden. Der gesamte Prozess der Stilllegung und des Rückbaus dauert rund 15 Jahre.

Fernwärme für die Region

Die Regionale Fernwärme Unteres Aaretal REFUNA versorgt in 11 Gemeinden der Region Industrie, Gewerbe und Bewohner mit Wärme aus dem Kernkraftwerk Beznau.

Dank Fernwärme können jährlich ca. 12 000 Tonnen Heizöl und ca. 45 000 Tonnen CO₂ eingespart werden.

Das Kernkraftwerk versorgt die REFUNA seit über 30 Jahren mit günstiger Energie. REFUNA ihrerseits beliefert mit durchschnittlich rund 170 Gigawattstunden thermischer Energie pro Jahr mehr als 2600 Kundinnen und Kunden.



REFUNA-Rohrbrücke über dem Aarekanal

Bei der Wärmeauskopplung reduziert sich die elektrische Leistung des KKB um bis zu 7,5 Megawatt.

Im Winter 1983/84 wurde das Paul Scherrer Institut (PSI) an das umweltfreundliche Heizsystem angeschlossen. Ein Jahr danach folgten die ersten Privatkunden. Heute beträgt die Trassenlänge des Hauptnetzes 31 und die der Ortsnetze 103 Kilometer.

Die Wärmeauskopplung erfolgt zwischen dem Hoch- und dem Niederdruckteil der Turbine, wo 127 °C heisser Dampf entnommen und einem Wärmetauscher zugeführt wird. Dort wird die im Dampf enthaltene Wärme an das Fernheiznetz übergeben, dessen Wasser sich dabei auf 120 °C erwärmt. Da jedes der beiden Kraftwerke eine solche Wärmeauskopplung besitzt, steht Fernwärme zur Verfügung – auch während der Abstellungen.

Die Hauptleitungen sind 31 Kilometer, die Ortsleitungen 103 Kilometer lang.



Das Kernkraftwerk erleben

Mitten im Maschinenhaus stehen oder im Kommandoraum auf die Monitore schauen: Erleben Sie, wie aus Kernkraft CO₂-freundlicher Strom erzeugt wird.

Werkbesichtigung Kernkraftwerk Beznau

Besuchergruppen können das KKB unter kundiger Führung besichtigen. Interessenten wenden sich bitte an das Axpo Power Besucherwesen.



Führungen für Gruppen

Montag bis Freitag, 9.45–11.45 Uhr/13.45–15.45 Uhr
Ab 6 Personen, Mindestalter 12 Jahre. Die Führungen sind kostenlos.

Öffentliche Führungen

Auf Voranmeldung an zu bestimmenden Daten.

Axpo Power Besucherwesen

Kernkraftwerk Beznau, 5312 Döttingen
info.kkb-beznau@axpo.com
T +41 56 266 70 07

Anmeldung

www.axpo.com/ch/de/private/axpo-erleben/kernkraftwerk-beznau.html



Axpo

Kernkraftwerk Beznau

5312 Döttingen

T +41 56 266 71 11, F +41 56 266 77 01

axpo.com