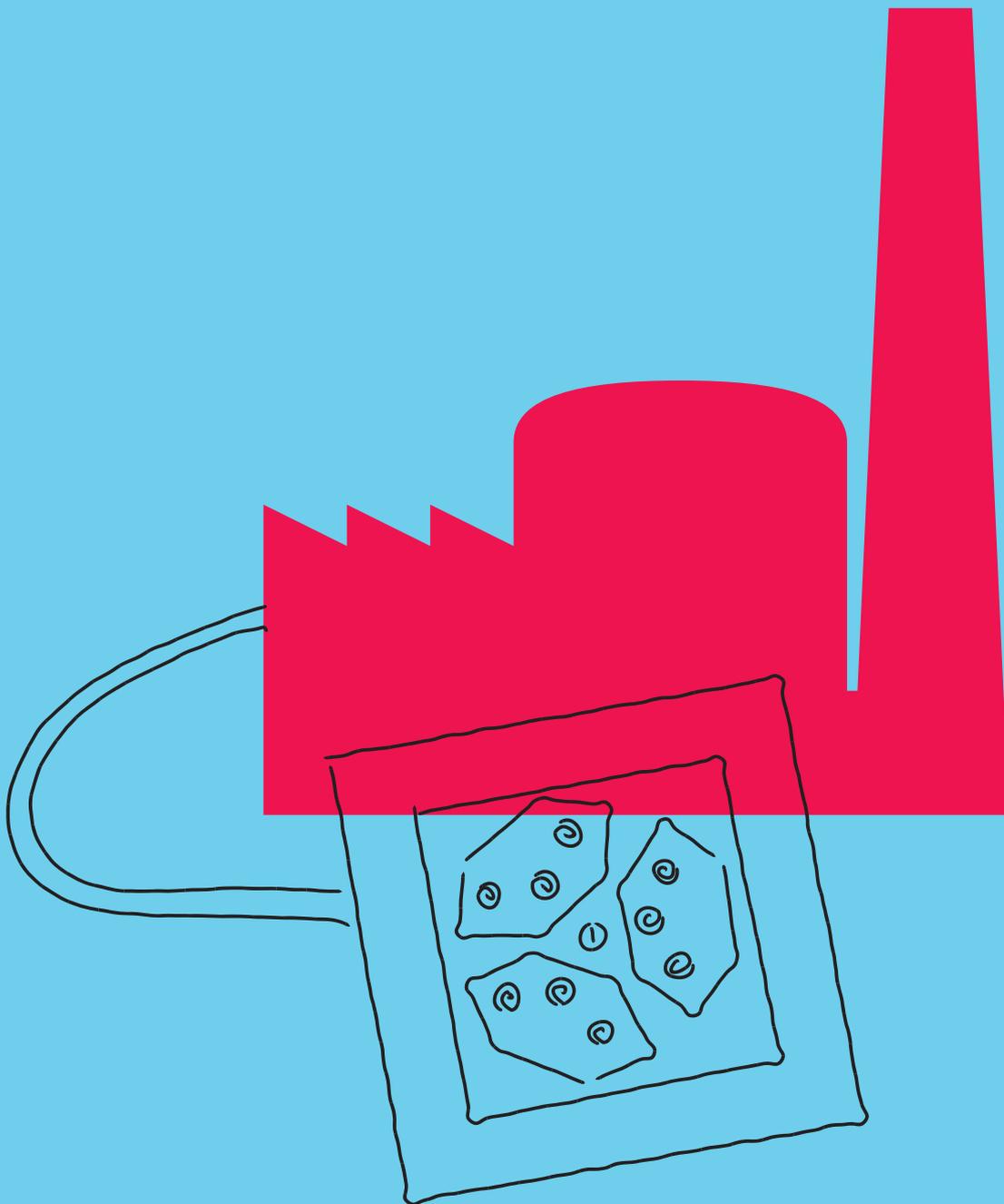


KOMPETENZ

Kernenergie



Sicher und zuverlässig.
So produziert die BKW seit
1972 im Kernkraftwerk
Mühleberg (KKM) Strom –
und das noch bis Ende
2019. Dank einwandfreier
Technik und 350 moti-
vierten Mitarbeitenden.
Darauf zählt die BKW
auch im Rückbau.

Inhaltsverzeichnis

*Wissenswertes
über Kernenergie*

4 Winzige Teilchen – enorme Energie

6 Aus Wärme wird Strom

8 Wo Kerne sich spalten

10 Zwei Reaktortypen:
Siede- und Druckwasserreaktor

11 Die Kühlung von Kernkraftwerken

Das KKM

12 Ein zuverlässiges Kraftwerk

16 Die Sicherheit kommt an erster Stelle

18 Laufende Nachrüstungen

20 Perspektiven für Mitarbeitende

*2020 geht's
in den Rückbau*

22 So wird das KKM stillgelegt

24 Sichere Entsorgung der radioaktiven
Abfälle

26 Wussten Sie, ...?

Winzige Teilchen – enorme Energie

In einem Kernkraftwerk werden Atome für die Produktion von Energie kontrolliert gespalten. Uran eignet sich aufgrund seiner Eigenschaften optimal dafür. Die bei der Spaltung freigesetzte Energie wird in Wärme umgewandelt.

Alle Materie dieser Welt besteht aus Atomen. Atome sind die kleinsten auf chemische Art nicht weiter teilbaren Bausteine der Materie. Ein Atom besteht aus einem Atomkern – mit positiv geladenen Protonen und ungeladenen Neutronen – sowie einer Hülle mit negativ geladenen Elektronen. Die Zahl der Elektronen in der Hülle entspricht der Zahl der Protonen im Kern.

Das Grössenverhältnis zwischen Atomkern und Hülle ist mit demjenigen eines Stecknadelkopfs in einer Kugel von 100 Metern Durchmesser vergleichbar. Auch wenn der Atomkern viel kleiner ist als seine Hülle, konzentriert sich hier fast die ganze Masse des Atoms.

Wie wird ein Atomkern gespalten?

Atomkerne sind in der Regel sehr stabil und werden durch eine starke Kraft zusammengehalten, die sogenannte Kernkraft. Einige Elemente wie Uran

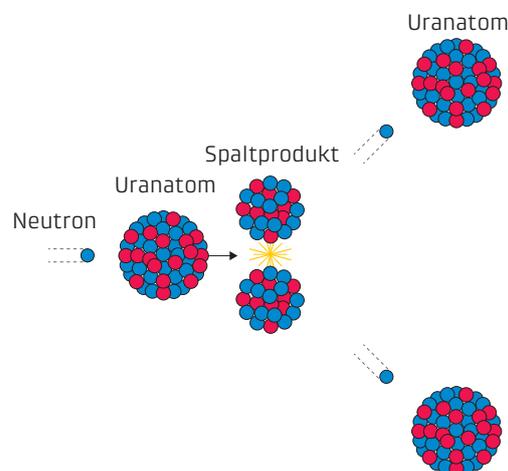
besitzen eher instabile Atomkerne, weil sie eine hohe Anzahl Protonen aufweisen, die sich aufgrund ihrer gleichen elektrischen Ladung voneinander abstossen. Die Kernkraft hält den Atomkern aber zusammen. Wenn ein Uranatomkern jedoch ein zusätzliches Neutron absorbiert, führt das dazu, dass die abstossende Kraft der Protonen grösser wird als die bindende Kernkraft: Der Uranatomkern spaltet sich in zwei Atomkerne auf. Ein sogenanntes Spaltprodukt entsteht.

Bei diesem Vorgang wird Masse in Energie umgewandelt. Sie wird in Form von Wärme freigesetzt. Deswegen sind Kernkraftwerke Wärmekraftwerke.

Atome können sich spontan und ohne menschlichen Eingriff umwandeln und zerfallen.



SPALTUNG VON ATOMKERNEN



Kontrollierte Kettenreaktion

Wenn sich ein Uranatomkern spaltet, entsteht nicht nur Wärme. Es werden jeweils auch zwei bis drei Neutronen freigesetzt. Diese sind in der Lage, neue Atomkerne zu spalten. Eine Kettenreaktion entsteht. Bei einer ungesteuerten Kettenreaktion werden immer mehr Neutronen freigesetzt, sodass die Zahl der gespaltenen Atomkerne lawinenartig anwächst. Für die Stromproduktion werden Uranatomkerne kontrolliert gespalten. Der Anteil gespaltenener Kerne bleibt dabei konstant.

Wie wird die Kettenreaktion kontrolliert?

Um die Kettenreaktion im Reaktor zu kontrollieren, wird einerseits eine relativ geringe Konzentration an spaltbarem Uran eingesetzt. Andererseits ist der Reaktor mit Steuerstäben ausgerüstet. Diese absorbieren Neutronen, sodass von den jeweils zwei bis drei freigesetzten Neutronen im Mittel nur ein Neutron eine weitere Spaltung auslösen kann.

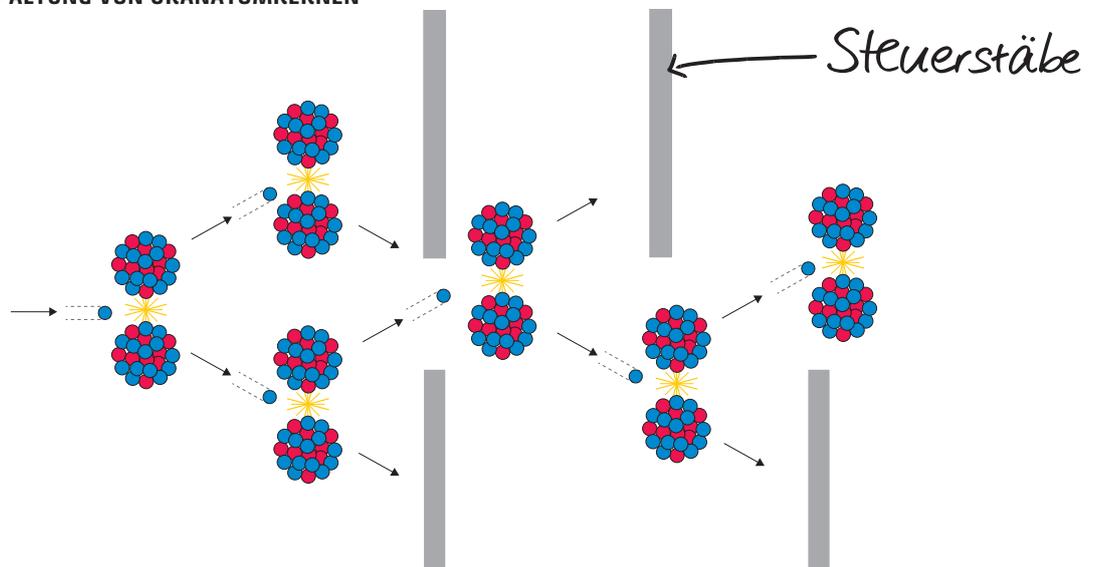
Radioaktive Strahlung entsteht, wenn ein Atomkern sich in einen anderen umwandelt bzw. wenn er aktiv gespalten wird. Schutz vor Radioaktivität bieten Abstand, Abschirmungen und eine kurze Aufenthaltsdauer bei der radioaktiven Quelle.



Das Reaktorunglück von Tschernobyl (1986)

Beim Unfall von Tschernobyl handelte es sich um einen Störfall, bei dem die Kettenreaktion ausser Kontrolle geriet. Ein Designfehler der Anlage und Operateure, die gegen geltende Sicherheitsvorschriften verstossen haben, führten dazu, dass sich die Kettenreaktion explosionsartig ausbreitete.

KONTROLLIERTE SPALTUNG VON URANATOMKERNEN



Aus Wärme wird Strom

Ein Kernkraftwerk ist im Prinzip eine grosse und leistungsstarke Dampfmaschine. Sie erzeugt mittels Kernspaltung Wärme, die Wasser zum Verdampfen bringt. Der Dampf wird auf eine Turbine gelenkt, die über einen Generator Strom produziert.

Kernkraftwerke sind Wärmekraftwerke, die Energie in Form von Wärme zur Produktion von Strom nutzen. Dafür wird die erzeugte Energie mehrmals umgewandelt. Die thermische Energie (Wärme) wird auf mechanische Energie übertragen, indem der Dampf Turbinen antreibt. Diese Turbinen sind wiederum an einen Generator gekoppelt, der die mechanische in elektrische Energie umwandelt.

Viel Energie aus wenig Brennstoff

Im Verhältnis zur eingesetzten Brennstoffmenge setzt die Kernspaltung viel mehr Energie frei als beispielsweise das Verbrennen von Kohle, Gas oder Öl. Ein typisches Kernkraftwerk (1'000 Megawatt elektrische Leistung) erzeugt rund 8'000 Mio. Kilowattstunden Strom pro Jahr. Dafür werden rund 20 Tonnen Kernbrennstoff benötigt. Das KKM erzeugt bei einer elektrischen Leistung von 373 Megawatt rund 3'000 Mio. Kilowattstunden Strom pro Jahr. Das entspricht rund 5 Prozent des gesamten Schweizer Strombedarfs.

Weltweit sind rund 440 Kernkraftwerke in Betrieb. 100 davon stehen in den USA. Im Bau sind rund 60 Kernkraftwerke, verteilt auf 15 Länder. Geplant sind weitere 160 in 21 Ländern. Es befinden sich aber auch weltweit bereits 132 Kernkraftwerke in der Stilllegung. Kernenergie trägt etwas über 10 Prozent zur weltweiten Stromproduktion bei.



Weitere Informationen finden Sie unter www.nuklearforum.ch





Die Speisewasserpumpen
und -leitungen im Maschinen-
haus des KKM

Wo Kerne sich spalten

Herzstück eines Kernkraftwerks ist der Reaktor. Er besteht aus dem dickwandigen Reaktordruckbehälter aus Stahl, in welchem sich die Brennelemente und verschiedene technische Einrichtungen befinden. Zusätzlich durchfließt Wasser den Reaktor von unten nach oben.

Wie ist ein Reaktorkern aufgebaut? Der Brennstoff, Uranoxid in Tablettenform, befindet sich in Metallrohren, den Brennstäben. Mehrere dieser Brennstäbe werden zu einem Brennelement zusammengefasst. Das KKM hat 240 Brennelemente, die je 4.50m lang sind und einen Querschnitt von 15cm aufweisen.

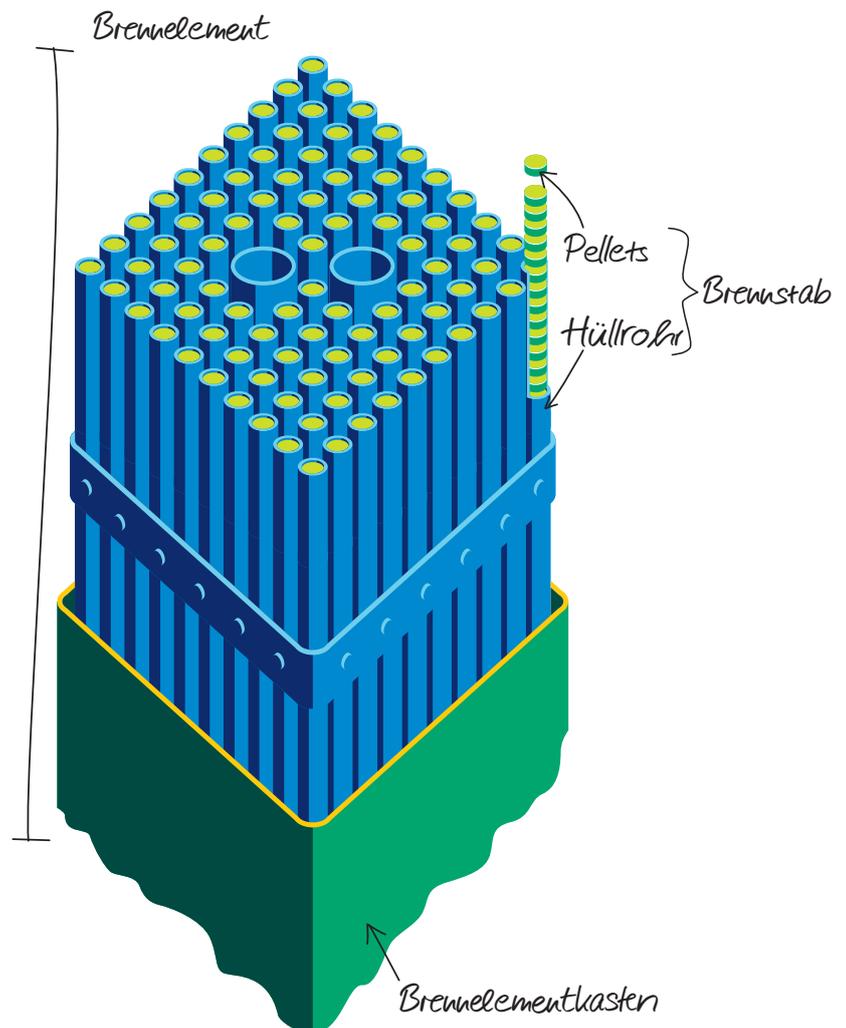
Steuerstäbe regeln die Leistung des Reaktors

Steuerstäbe, die Neutronen absorbierendes Material wie Bor enthalten, können zwischen die Brennelemente eingefahren werden und überschüssige Neutronen auffangen. Damit kann die Leistung des Reaktors geregelt werden – bis hin zur Abschaltung. Denn: Wenn die Steuerstäbe ganz eingefahren sind, wird die Kettenreaktion unterbunden. Wenn nötig, können die Steuerstäbe innerhalb von vier Sekunden eingefahren werden.

Das Wasser moderiert und nimmt Wärme auf

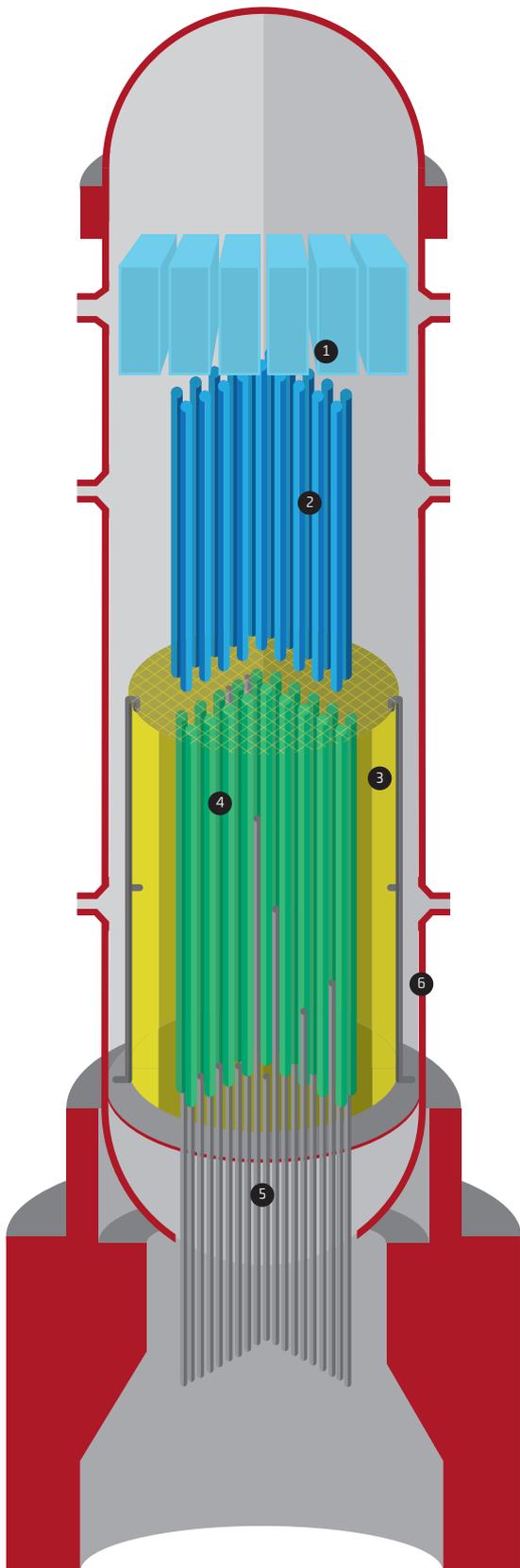
Zwischen den Brennstäben strömt Wasser. Es hat zwei Funktionen. Zum einen führt es die durch die Kernspaltung frei werdende Wärmeenergie ab, zum anderen dient es als Moderator: Es bremst die bei der Kernspaltung freigewordenen Neutronen auf die für die weitere Spaltung geeignete Geschwindigkeit ab.

Weitere wichtige Elemente in einem Reaktor sind technische Einrichtungen wie Wasserabscheider und Dampftrockner, die sicherstellen, dass der Dampf so trocken wie möglich auf die Turbinen geleitet wird. Oder der Kernmantel, der dafür sorgt, dass das Wasser von unten nach oben durch die Brennelemente fließt.



Ungebrauchte Brennelemente sind nicht radioaktiv. Sie werden es erst im Reaktor, wenn durch Neutronenbeschuss eine Kettenreaktion ausgelöst wird, also ein Uranatom gespalten wird.





Der am meisten untersuchte Kernmantel der Welt

1990 wurden im Kernmantel des KKM Anrisse entdeckt. Sie werden durch Spannungsrisskorrosion verursacht – ein Zusammenspiel von Eigenspannungen, Werkstoff und Wasserchemie. Der Kernmantel wird regelmässig visuell und mit Ultraschall untersucht. 1996 wurde er mit vier Zugankern zusätzlich stabilisiert. Seit 2000 werden dem Reaktorwasser Edelmetalle (Platinlösung) und Wasserstoff beigefügt, um das Wachstum der Anrisse zu dämpfen – mit Erfolg. Trotz dieser Anrisse ist die Belastbarkeit des Kernmantels auch bei schwersten Störfällen garantiert.



Wollen Sie mehr über den Kernmantel wissen?
www.bkw.ch/kernmantel

REAKTORDRUCKBEHÄLTER

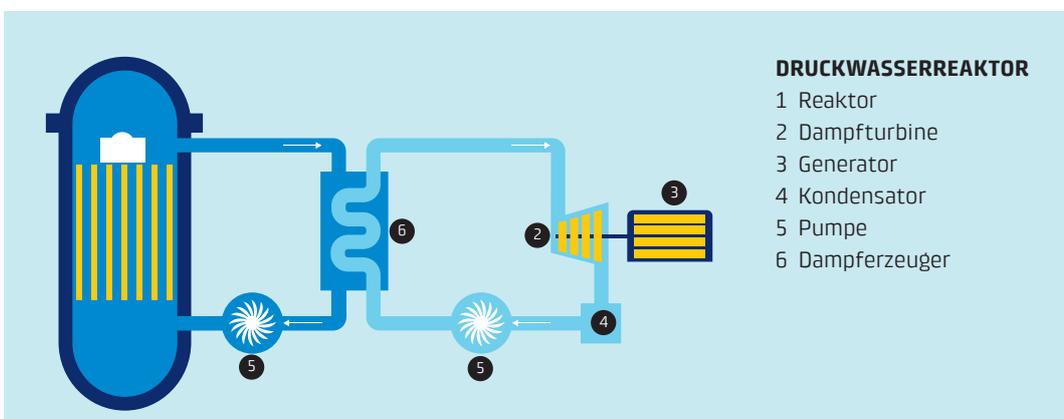
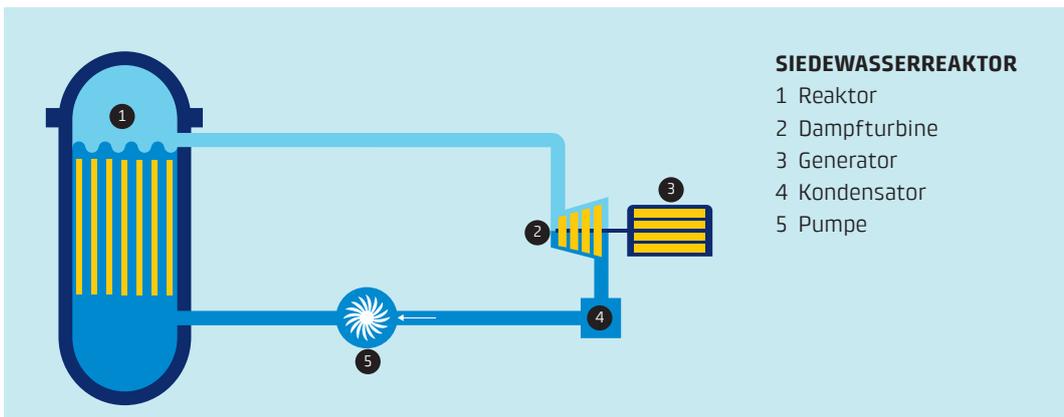
- 1 Dampftrockner
- 2 Wasserabscheider
- 3 Kernmantel inkl. Zuganker
- 4 Brennelemente
- 5 Steuerstäbe
- 6 Reaktor Druckbehälter

Zwei Reaktortypen: Siede- und Druckwasserreaktor

Die Schweizer Kernkraftwerke Mühleberg und Leibstadt sind Siedewasserreaktoren, Beznau und Gösgen Druckwasserreaktoren. Bei den Ersteren wird das Wasser, das durch den Reaktor strömt, bereits dort in Dampf umgewandelt. Bei den Letzteren wird die im Reaktor erzeugte Wärme erst in einem zweiten Wasserkreislauf zu Dampf umgewandelt.

Bei einem Siedewasserreaktor wie jenem im KKM wird, wie der Name sagt, Wasser im Innern des Reaktors zum Sieden gebracht. Dabei verdampft das Wasser. Der Wasserdampf wird direkt auf eine Turbine geleitet, die an einen Generator gekoppelt ist.

Bei einem Druckwasserreaktor steht das Wasser unter so hohem Druck, dass es trotz der hohen Temperatur von über 300 °C nicht sieden kann. In einem Wärmetauscher, dem Dampferzeuger, wird die Wärme auf einen zweiten Wasserkreislauf übertragen. In diesem ist der Druck weniger hoch, sodass das Wasser verdampft. Dieser Dampf wird auf eine mit einem Generator gekoppelte Turbine geleitet.



Die Kühlung von Kernkraftwerken

Kernkraftwerke können aus physikalischen Gründen nur rund einen Drittel der produzierten Wärme in Strom umwandeln. Die übrige Wärme, die sogenannte Abwärme, muss abgeführt werden. Dies geschieht über einen Fluss oder einen Kühlturm.

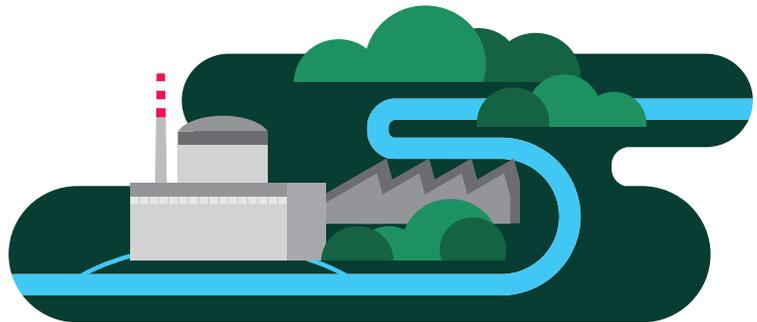
Der Dampf wird nach Austritt aus der Turbine in den Kondensator geleitet, wo er sich weiter abkühlt und zu Wasser kondensiert. Dafür braucht es Kühlwasser. Es nimmt die Wärme des nuklearen Wasserkreislaufes auf und führt sie ab. Nach dem Durchströmen von Reinigungsanlagen, verschiedenen Pumpen und Vorwärmern wird das Wasser zurück in den Reaktor geleitet, wo es erneut zu Dampf wird.

Das Kühlwasser ist von den nuklearen Wasserkreisläufen vollständig getrennt, auch wenn sie im Kondensator in unterschiedlichen Leitungen quasi aufeinandertreffen. Ihr Wasser wird nie gemischt.

Kühlturm oder nicht?

Die Kernkraftwerke Beznau und Mühleberg werden direkt mit Flusswasser gekühlt, Gösgen und Leibstadt dagegen mit einem Kühlturm. Die Art der Kühlung hängt nicht davon ab, ob es sich um einen Siede- oder Druckwasserreaktor handelt, sondern von der Leistung des Kraftwerks.

Da ein Kernkraftwerk nur eine begrenzte, gesetzlich festgelegte Wärmemenge an einen Fluss abgeben darf, brauchen grössere Kraftwerke einen Kühlturm. Auch Kühltürme kommen jedoch nicht gänzlich ohne Flusswasser aus!



So wird gekühlt

Bei der Flusswasserkühlung wird das Kühlwasser einem Fluss entnommen, durch den Kondensator geführt und wieder in den Fluss geleitet.

Bei der Kühlung mittels Kühlturm wird das Kühlwasser in einen Kühlturm geleitet, wo es aus wenigen Metern Höhe wie in einer Dusche gegen den aufsteigenden, kühlenden Luftstrom nach unten fällt und sich dabei abkühlt. Am Fuss des Kühlturms wird es in einem Becken gesammelt und zum Kondensator zurückgepumpt. Da bei diesem Prozess ein geringer Teil des Kühlwassers verdunstet – die sichtbare Dunstwolke über dem Kühlturm –, wird dieser Teil mit Flusswasser ersetzt.



Ein zuverlässiges Kraftwerk

Das KKM befindet sich rund 14 Kilometer westlich von Bern und 1.8 Kilometer unterhalb des Wasserkraftwerks Mühleberg. 1972 ging es ans Netz, Ende 2019 wird sein Betrieb eingestellt.

Geologische Verhältnisse (Erdbebensicherheit), eine geeignete Kühlwasserversorgung durch die Aare, eine bereits gut ausgebaute Netzinfrastruktur und der geografische Mittelpunkt im Versorgungsgebiet der BKW bestimmten die Wahl des Standorts. 1967 wurde der Bau des KKM in Angriff genommen. Nach viereinhalbjähriger Bauzeit und anschliessender Testphase ging das Werk am 6. November 1972 kommerziell in Betrieb.

Mit seiner jährlichen Produktion von rund 3'000 Mio. Kilowattstunden Strom bei einer elektrischen Leistung von 373 Megawatt ist das KKM eine wichtige Produktionsanlage der BKW. Die jährliche Produktion entspricht rund 5 Prozent des gesamten Schweizer Strombedarfs. Kontinuierliche Massnahmen zur Erhöhung der Sicherheit ermöglichen die hohe Verfügbarkeit der Anlage.

Das Leitbild des KKM

Im KKM wird sicher, zuverlässig, umweltschonend und wirtschaftlich Strom produziert. Beim Betrieb der Anlage werden alle Massnahmen zur Risikoreduktion und zur Sicherheitsvorsorge getroffen. Mithilfe eines Qualitätsmanagementsystems wird dieser Auftrag laufend überprüft und erfüllt. Damit werden nachhaltige Verbesserungen erzielt.

Das Qualitätsmanagement erfasst die Tätigkeiten des KKM ganzheitlich. Dabei steht die Integration der Bereiche Sicherheit, Umwelt und Wirtschaftlichkeit in Einklang mit den Bedürfnissen und der

Zufriedenheit aller interessierten Parteien sowie mit der gesellschaftlichen und ökologischen Verantwortung.

47 Jahre zuverlässige Stromproduktion

Ende Oktober 2013 entschied die BKW, den Betrieb des KKM Ende 2019 endgültig einzustellen. Verschiedene Faktoren beeinflussten diesen Entscheid: Prognosen von tiefen Strompreisen über die nächsten Jahre, politische Unsicherheiten im Rahmen der Ausarbeitung der Energiestrategie 2050 des Bundes, aber auch die hohen Investitionen, die für einen Langzeitbetrieb (bis ca. 2030) hätten getätigt werden müssen. Zudem stellen sechs Jahre Planungszeit eine geordnete Einstellung des Betriebs und eine sorgfältige Vorbereitung des Rückbaus sicher.

Versorgungssicherheit: genug Strom nach 2019

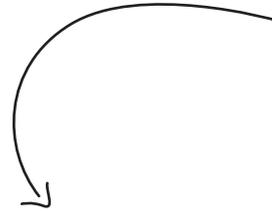
Dank ihren eigenen Wasserkraftwerken verfügt die BKW über genügend Strom, um ihre direkt versorgten Kundinnen und Kunden zuverlässig mit erneuerbarer Energie zu versorgen. Den Strom, den sie darüber hinaus produziert, verkauft sie via Stromhandel am Markt.

Das KKM gehört zu 100 Prozent der BKW

Die BKW hält des Weiteren eine Minderheitsbeteiligung am Schweizer Kernkraftwerk Leibstadt von 9.5 Prozent.



www.bkw.ch/besucher
Telefon: 0844 121 123



Besuchen Sie das KKM!





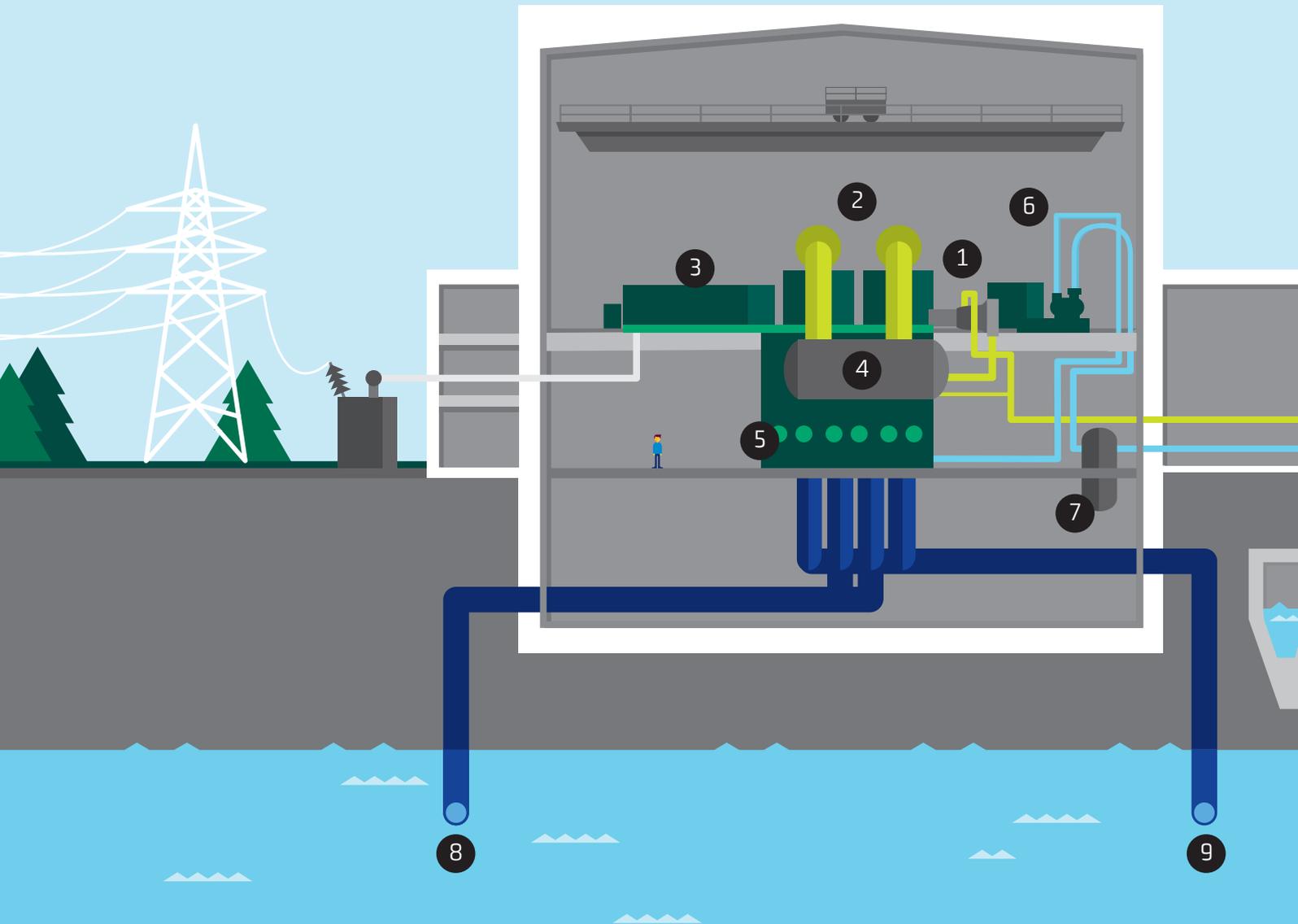
MASCHINENHAUS

- 1 Hochdruckturbine
- 2 Niederdruckturbinen
- 3 Generator
- 4 Zwischenüberhitzer
- 5 Kondensator
- 6 Speisewasserpumpen
- 7 Speisewasservorwärmer
- 8 Kühlwasservorlauf (von der Aare)
- 9 Kühlwasserrücklauf (zur Aare)

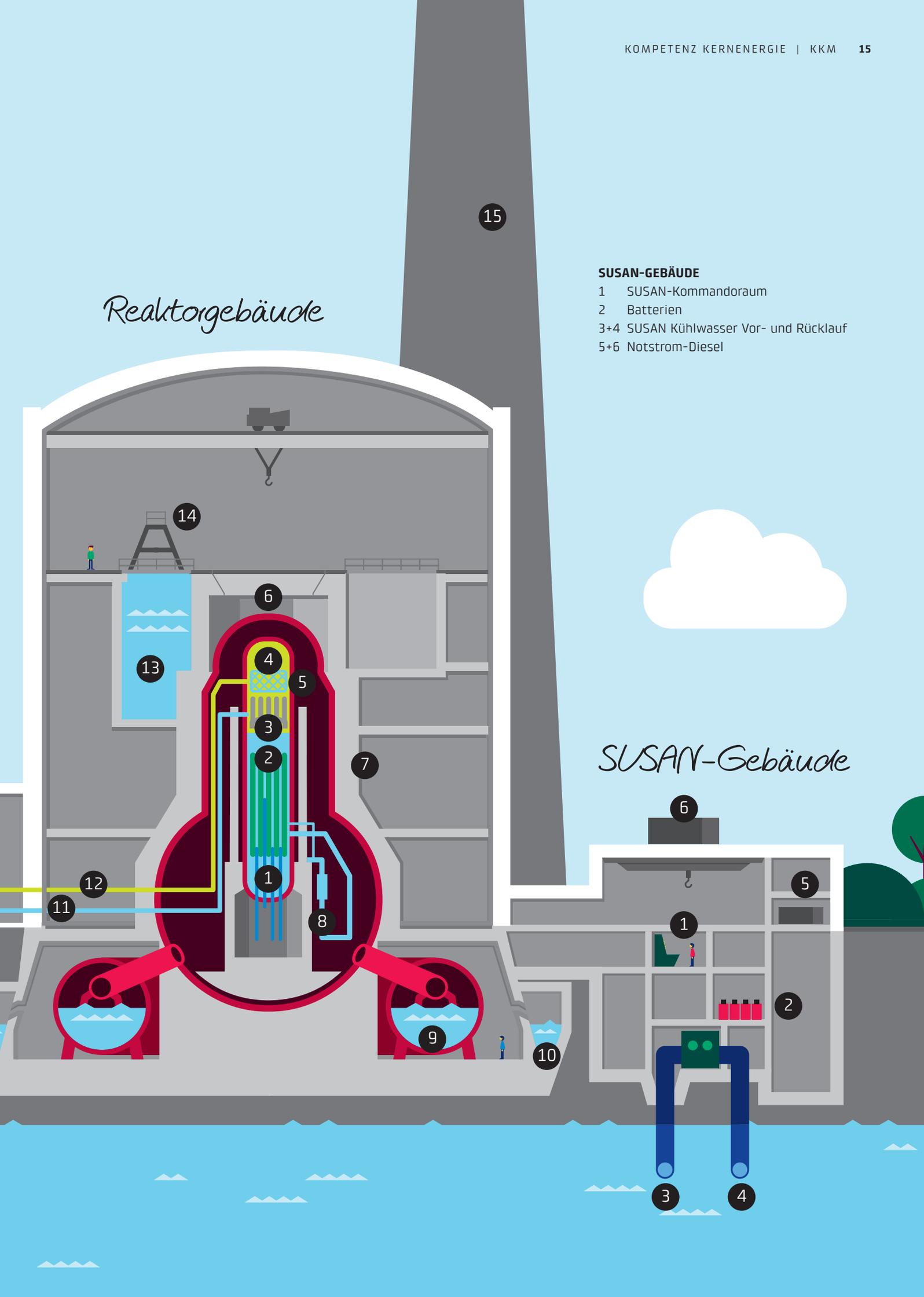
REAKTORGEBÄUDE

- 1 Steuerstäbe
- 2 Brennelemente
- 3 Wasserabscheider
- 4 Dampftrockner
- 5 Reaktordruckbehälter
- 6 Sicherheitsbehälter
- 7 Betonabschirmung
- 8 Reaktorumwälzpumpe
- 9 Innere Druckabbaukammer
- 10 Äussere Druckabbaukammer
- 11 Speisewasserleitung
- 12 Dampfleitung
- 13 Brennelement-Lagerbecken
- 14 Lademaschine für Brennelemente
- 15 Abluftkamin

Maschinenhaus



Reaktorgebäude

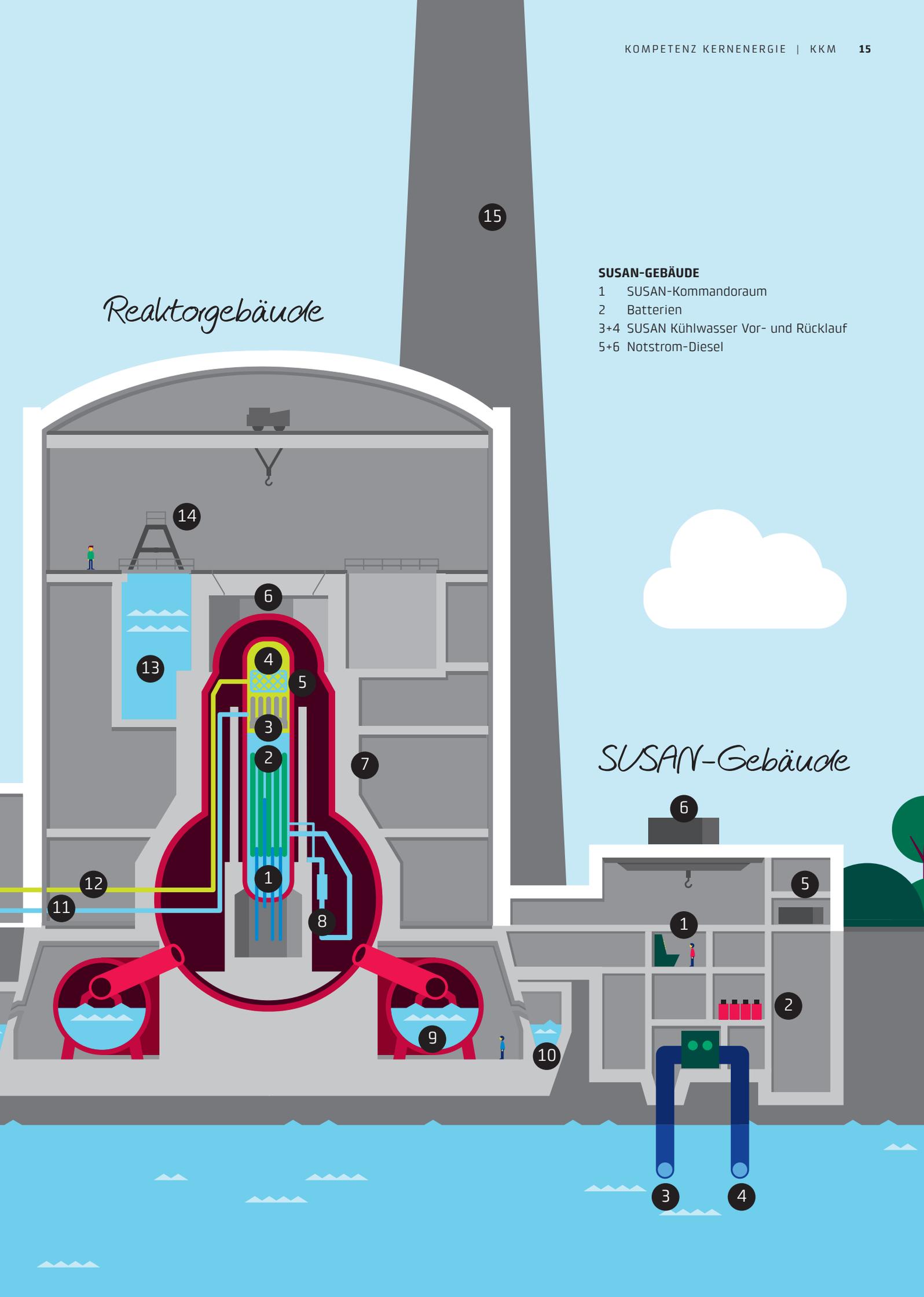


15

SUSAN-GEBÄUDE

- 1 SUSAN-Kommandoraum
- 2 Batterien
- 3+4 SUSAN Kühlwasser Vor- und Rücklauf
- 5+6 Notstrom-Diesel

SUSAN-Gebäude



Die Sicherheit kommt an erster Stelle

Beim Betrieb hat der Schutz der Bevölkerung, der Umwelt und des Personals oberste Priorität. Bauliche, technische, personelle und auch IT-bezogene Massnahmen garantieren dies. Bewacht wird das KKM durch die eigene Betriebswache.

Bauliche Massnahmen

Mehrfache Sicherheitsbarrieren verhindern den Austritt von Radioaktivität. Die erste Barriere bilden die dicht verschweissten Hüllrohre der Brennstäbe (2). Sie vermeiden, dass radioaktive Stoffe in das durch den Reaktor fliessende Wasser gelangen. Die zweite Barriere ist der Reaktordruckbehälter (3), der aus dickwandigem Stahl gefertigt ist. Dieser steht wiederum im primären Sicherheitsbehälter (4), der ebenfalls aus Stahl besteht (dritte Barriere). Darüber ist als vierte Barriere eine Betonabschirmung (5) angebracht. Die fünfte Barriere ist das Reaktorgebäude (6) als sekundäre Sicherheitsbehälter. Es besteht aus Stahlbeton, der auch vor äusseren Einwirkungen schützt.

Technische Massnahmen

Zahlreiche technische Sicherheitseinrichtungen sorgen dafür, dass die Auswirkungen einer betrieblichen Störung oder sogar eines Störfalls begrenzt bleiben. Zum Beispiel sind Sicherheitssysteme mehrfach vorhanden und auch voneinander unabhängig. Oder bestimmte Betriebswerte wie Druck, Neutronenfluss oder Wasserstand im Reaktordruckbehälter werden mehrfach gemessen. Werden bestimmte Grenzwerte erreicht, schaltet sich der Reaktor automatisch durch das Einfahren der Steuerstäbe ab.

Sicherer Betrieb rund um die Uhr

Der Betrieb des KKM wird Tag und Nacht vom Hauptkommandoraum aus überwacht. Mit Leitetchnik werden alle wichtigen Daten und Abläufe verfolgt und gesteuert. Zahlreiche Messgeräte und Bildschirme orientieren über den Betriebszustand der Anlage.

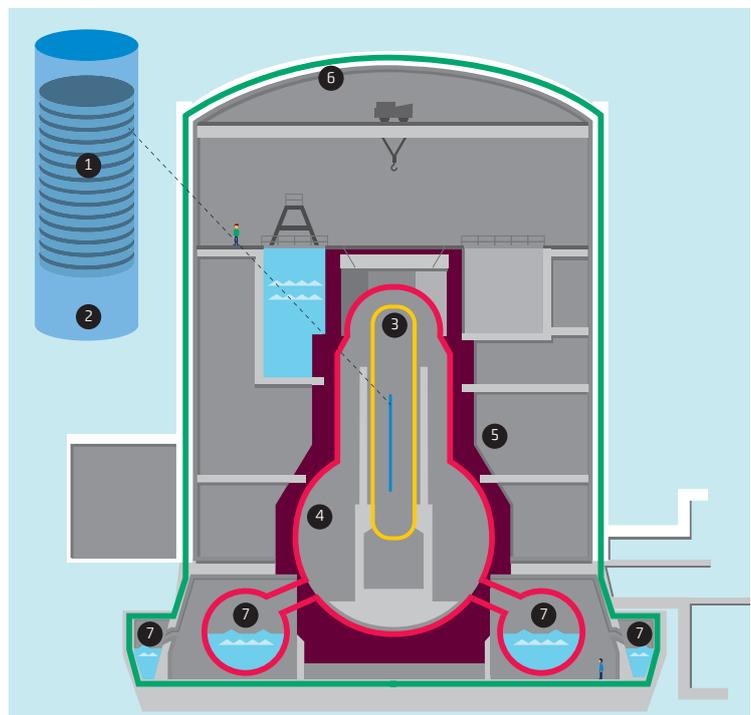
Die vielfältigen Aufgaben erfordern fachlich gut ausgebildete Berufsleute. Sie verantworten den störungsfreien Betrieb.

IT-Sicherheit

Die IT-Sicherheit des KKM baut auf anerkannte ISO-Standards auf und erfüllt die Anforderungen

der Behörde. Die Sicherheitsrichtlinien und -prozesse werden auf allen Ebenen (Mitarbeitende, Netzwerk und Systeme) strikt eingehalten.

Aufgrund der physischen Trennung der Reaktorschutzsysteme von der restlichen Informatik ist eine direkte Beeinflussung des Betriebs der Anlage durch einen Hackerangriff nicht möglich. Zudem basieren die Reaktorschutzsysteme auf konventioneller Leitetchnik. Sie sind nicht elektronisch.



SICHERHEITSBARRIEREN

- 1 Urandioxid-Pellet
- 2 Zirkaloy-Hülle des Brennstabs
- 3 Reaktordruckbehälter
- 4 Primärer Sicherheitsbehälter
- 5 Betonabschirmung
- 6 Reaktorgebäude (sekundärer Sicherheitsbehälter)
- 7 Innere und äussere Druckabbaukammer



Bewachung

Die Betriebswache verantwortet die Bewachung und Überwachung mitsamt Vorgelände. Dabei wird sie durch speziell ausgebildete Diensthunde unterstützt. Die Betriebswache arbeitet rund um die Uhr im Schichtbetrieb, wenn nötig, zusammen mit der Polizei.

Nationale und internationale Beaufsichtigung

Das KKM ist in ein dichtes nationales und internationales Überwachungsnetz eingebettet. Für jeden Bereich, sei es die Bauart von technischen Anlagen und Gebäuden, die Betriebsorganisation, die Instandhaltung, die Lagerung oder der Transport von radioaktiven Stoffen, erlässt das Eidgenössische Nuklearsicherheitsinspektorat (ENSI) Sicherheitsvorschriften und kontrolliert deren Einhaltung.

Neben den Schweizer Behörden wird das KKM auch regelmässig durch internationale Organisationen wie die internationale Atomenergie-Organisation IAEA oder die weltweite Betreiberorganisation WANO unter die Lupe genommen.

Das Unglück von Fukushima (2011)

Im März 2011 löste das bisher stärkste je in Japan gemessene Erdbeben eine Reihe grosser Tsunamis aus, welche die Küstengebiete grossflächig zerstörten. Zwar konnten alle betroffenen Kernkraftwerke abgeschaltet werden. Im Kraftwerkspark Fukushima-Daiichi eskalierte die Lage jedoch aufgrund des totalen Ausfalls der Notstromversorgung, weil die Anlage überflutet wurde. Die Reaktoren konnten nicht mehr ausreichend gekühlt werden und der Kernbrennstoff begann zu schmelzen. In drei Reaktorgebäuden kam es in der Folge zu Wasserstoffgas-Explosionen, die zum Austritt von radioaktiven Stoffen beitrugen. Ursache für die Katastrophe war eine ungenügende nukleare Sicherheitskultur, da die Anlagen nie grundlegend nachgerüstet worden waren. Die Gefahr durch Tsunamis wurde unterschätzt und die Sicherheitssysteme waren nicht ausreichend gegen Überflutung geschützt.

Laufende Nachrüstungen

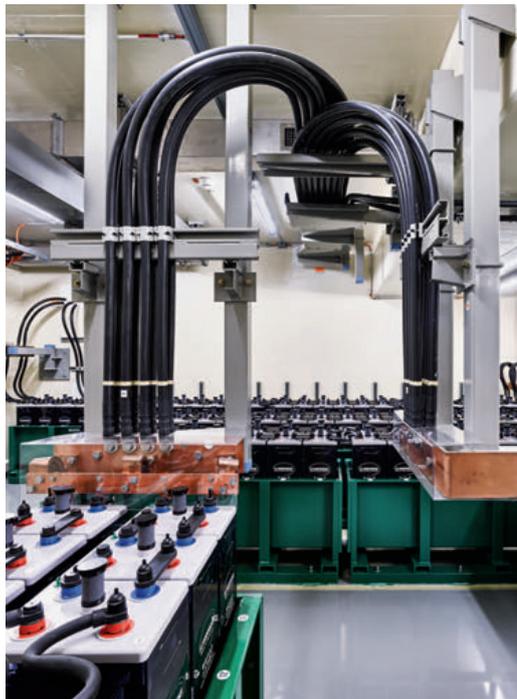
Seit dessen Inbetriebnahme hat die BKW das KKM immer wieder auf den Stand von Wissenschaft und Technik nachgerüstet. Dafür hat sie bisher über 400 Millionen Franken investiert – und tut es weiter. Trotz der geplanten Einstellung des Betriebs Ende 2019 wird die Sicherheit des KKM weiter erhöht.

1989

Notstandssystem SUSAN

Das Gebäude des SUSAN (Spezielles, unabhängiges System zur Abfuhr der Nachzerfallwärme) ist gegen folgende äussere Einwirkungen ausgelegt: Erdbeben, unbefugte Einwirkungen Dritter, Überflutung des Geländes, Blitzschlag, Flugzeugabsturz.

SUSAN ist autark, das heisst, es verfügt über eine eigene Energie- und Kühlwasserversorgung, weist eine unabhängige Leittechnik und einen eigenen Kommandoraum auf. In einem Notfall kann die Betriebsmannschaft das KKM vom SUSAN aus abschalten und kühlen.



Batterien für das Notstandssystem SUSAN

1996

Verstärkung des Kernmantels mit Zugankern

Insbesondere bei einem Erdbeben stabilisieren die vier Zuganker den Kernmantel zusätzlich.

2015

Kleinverdampfer

Installation eines Kleinverdampfers zur Reduktion der radioaktiven Abgaben. Im Kleinverdampfer werden vor allem Dekontaminationsabwässer verdampft, was eine Trennung des Wassers und der sich darin befindenden Stoffe bewirkt. Dadurch reduziert sich das Abwasservolumen des KKM deutlich.

mehr dazu auf Seite 9 > Infobox

Das KKM gibt kontrolliert sehr kleine Mengen von radioaktiven Stoffen an Luft und Wasser ab. Die Emissionen führen in der unmittelbaren Umgebung zu einer Dosis von weniger als 0,01 Millisievert (mSv) pro Jahr. Zum Vergleich: Die mittlere jährliche Strahlenexposition der Schweizer Bevölkerung liegt bei 5,5 mSv pro Jahr.



2015

Diversifizierung der Kühlwasserversorgung

Eine neue Anbindung des Kühlsystems an das oberhalb vom KKM gelegene Hochreservoir Runtigenrain stellt im Notfall eine von der Aare unabhängige Kühlwasserversorgung sicher.

2015 und 2016

Massnahmen gegen Brand und Überflutung im Reaktorgebäude auf 11m-Ebene

Robustheitserhöhungen im Reaktorgebäude wie Ölauffangwannen oder eine Feinsprühnebelanlage erhöhen den Schutz vor Brand. In Leitungen eingebaute Blenden schützen vor interner Überflutung.

2016

Zusätzliche Wassereinspeisung in den Reaktor

Eine Niederdruckeinspeisung ermöglicht eine zusätzliche Wasserzufuhr in den Reaktordruckbehälter.

2016

Zusätzliche Brennelementlagerbecken-Kühlung

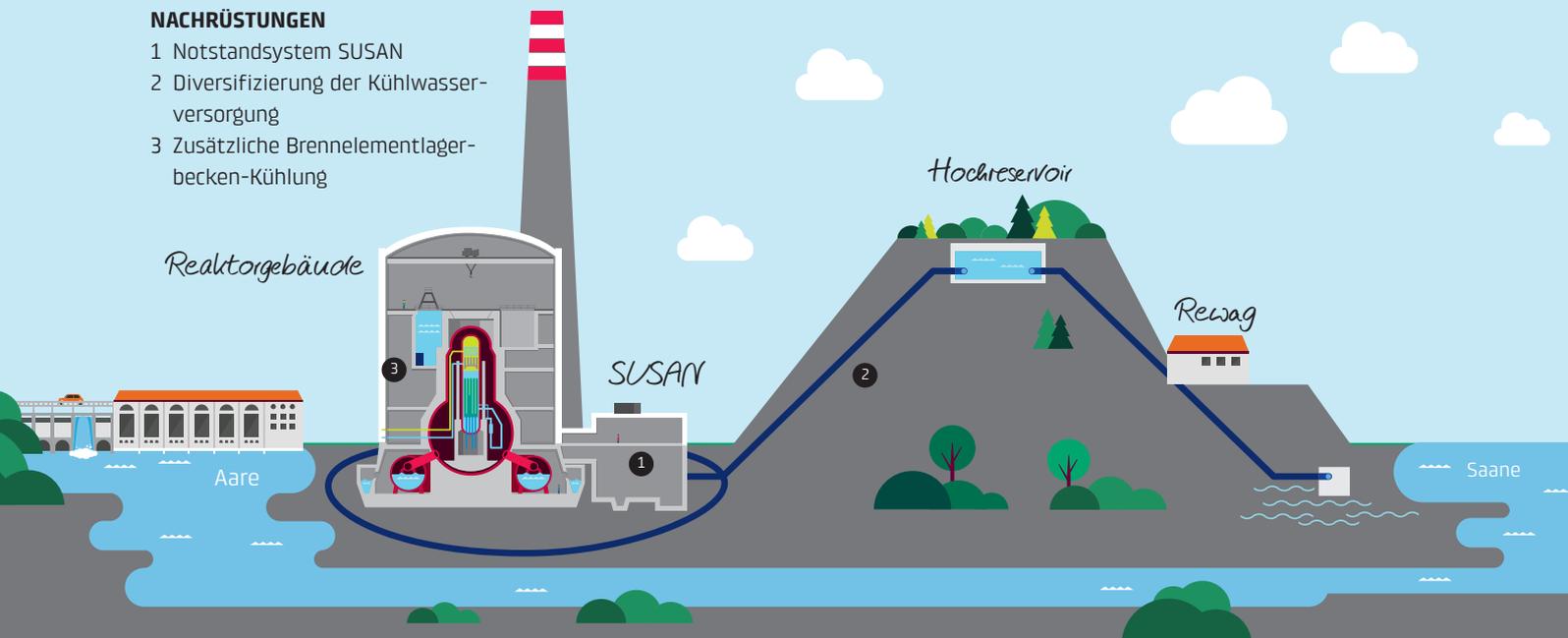
Ein Eintauchkühler bietet eine zusätzliche Möglichkeit, um das Becken zu kühlen, in dem die ausgegienten Brennelemente abklingen. 2020 wird diese zusätzliche Kühlung in ein Sicherheitssystem umgebaut, sodass das Brennelementlagerbecken unabhängig von anderen Systemen betrieben werden kann.

Durch das kontinuierliche Nachrüsten wird das KKM 2019 den höchsten Stand der Technik in seiner Betriebsgeschichte ausweisen.



NACHRÜSTUNGEN

- 1 Notstandssystem SUSAN
- 2 Diversifizierung der Kühlwasserversorgung
- 3 Zusätzliche Brennelementlagerbecken-Kühlung



Perspektiven für Mitarbeitende

Heute garantieren 350 Mitarbeitende für eine sichere und zuverlässige Stromproduktion im KKM. Der BKW ist es wichtig, diesen Mitarbeitenden auch nach Einstellung des Leistungsbetriebs Ende 2019 Perspektiven zu bieten und während des Rückbaus weiter auf ihre Kompetenzen zählen zu können.



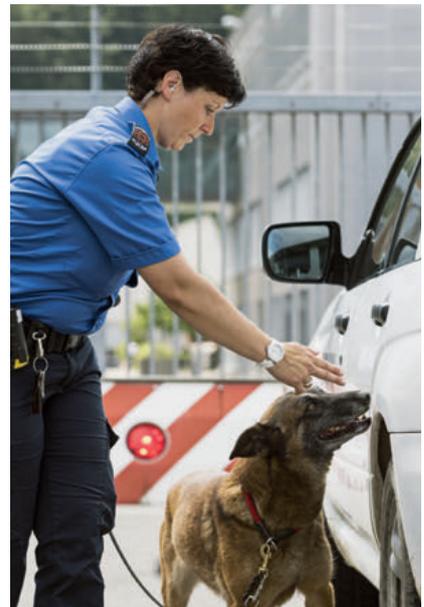
«Ich bin einer von neun Pikettingenieuren. Dafür habe ich eine sechsjährige Ausbildung auf der Anlage und auch im Kommando-raum absolviert. Ein Pikett-ingenieur ist immer vor Ort, da er die erste Ansprechperson bei einer Störung ist.»

Simon Meier, Leiter Anlagenbetrieb



«Unser Team von sechs Mitarbeitenden bewirtschaftet 24'400 Lagerartikel mit einem Gesamtwert von über 40 Millionen Franken. Meine Aufgabe ist vor allem die Überwachung des Bestands sowie die Bestellauslösung im Chemie-, Öl- und Schraubenlager. Turnusgemäss bin ich auch als Staplerfahrer oder Kurier im Einsatz.»

Bruno Siffert, Mitarbeiter Lager



«Als Betriebswächterin ist mein Alltag abwechslungsreich und spannend. Zum Beispiel verantworte ich den Zutritt von Personen und Fahrzeugen. Bei der Sprengstoffkontrolle von Fahrzeugen kommt mein Diensthund zum Zug – er kann Sprengstoff riechen. Und wenn ich auf Patrouille gehe, begleitet er mich.»

Sandra von Allmen, Wächterin

Von den heute insgesamt 350 Mitarbeitenden arbeiten gut 100 im Schichtbetrieb. Denn eine reibungslose Stromproduktion kann nur gewährleistet werden, wenn das KKM rund um die Uhr akribisch überwacht wird – während 24 Stunden, an sieben Tagen die Woche.

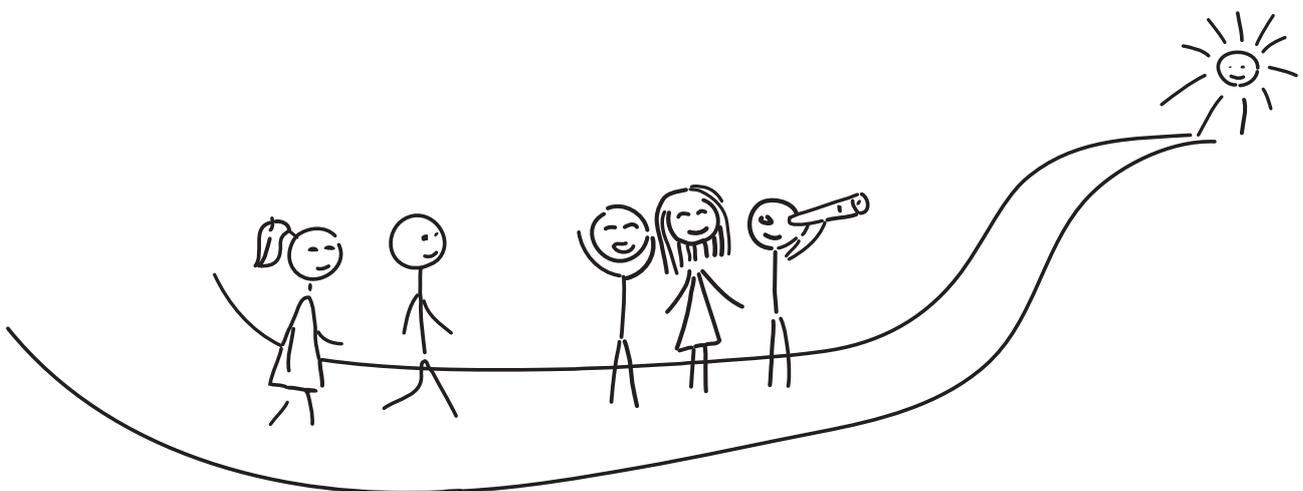
Alt trifft auf neu

Der Spezialisierungsgrad ist in einem Kernkraftwerk besonders hoch. Es gibt viele langjährige Mitarbeitende, die über enormes Fachwissen und Erfahrung verfügen. Es ist der BKW deshalb ein Anliegen, den jetzigen Mitarbeitenden frühzeitig Perspektiven für den Rückbau zu bieten. Denn der Rückbau eines Kernkraftwerks ist ein komplexes Grossprojekt. Ohne Unterstützung durch Fachleute, die vertiefte Anlagekenntnisse besitzen, geht es nicht. Gleichzeitig benötigt ein sicherer und effizienter Rückbau Personal, das anderswo bereits Erfahrung im Rückbau gesammelt hat. Bereits im laufenden Betrieb werden Mitarbeitende einge-

stellt, die über die notwendige Praxiserfahrung verfügen. Langjährige und neue Mitarbeitende: Alle haben sie die Absicht, geeignete Lösungen für die Stilllegung des KKM zu entwickeln. Vom gegenseitigen Wissensaustausch – wenn die KKM-Kenner auf die Rückbauerfahrenen treffen – profitieren schlussendlich alle.

Der Rückbau als Chance?

Der Rückbau bietet Chancen für die Mitarbeitenden: Während die Arbeiten im Leistungsbetrieb vorwiegend wiederkehrend sind, werden sie während des Rückbaus oft einmalig sein. Die täglich sich ändernde Anlage wird für Abwechslung sorgen, aber auch neue Kompetenzen erfordern. Diese eignen sich die Mitarbeitenden in den nächsten Jahren an. Die neu erlangten Kenntnisse werden später auch bei anderen Rückbauprojekten gefragt sein. Und letztlich wird es die Mitarbeitenden bestimmt mit Stolz erfüllen, Teil dieses Grossprojekts gewesen zu sein.



So wird das KKM stillgelegt

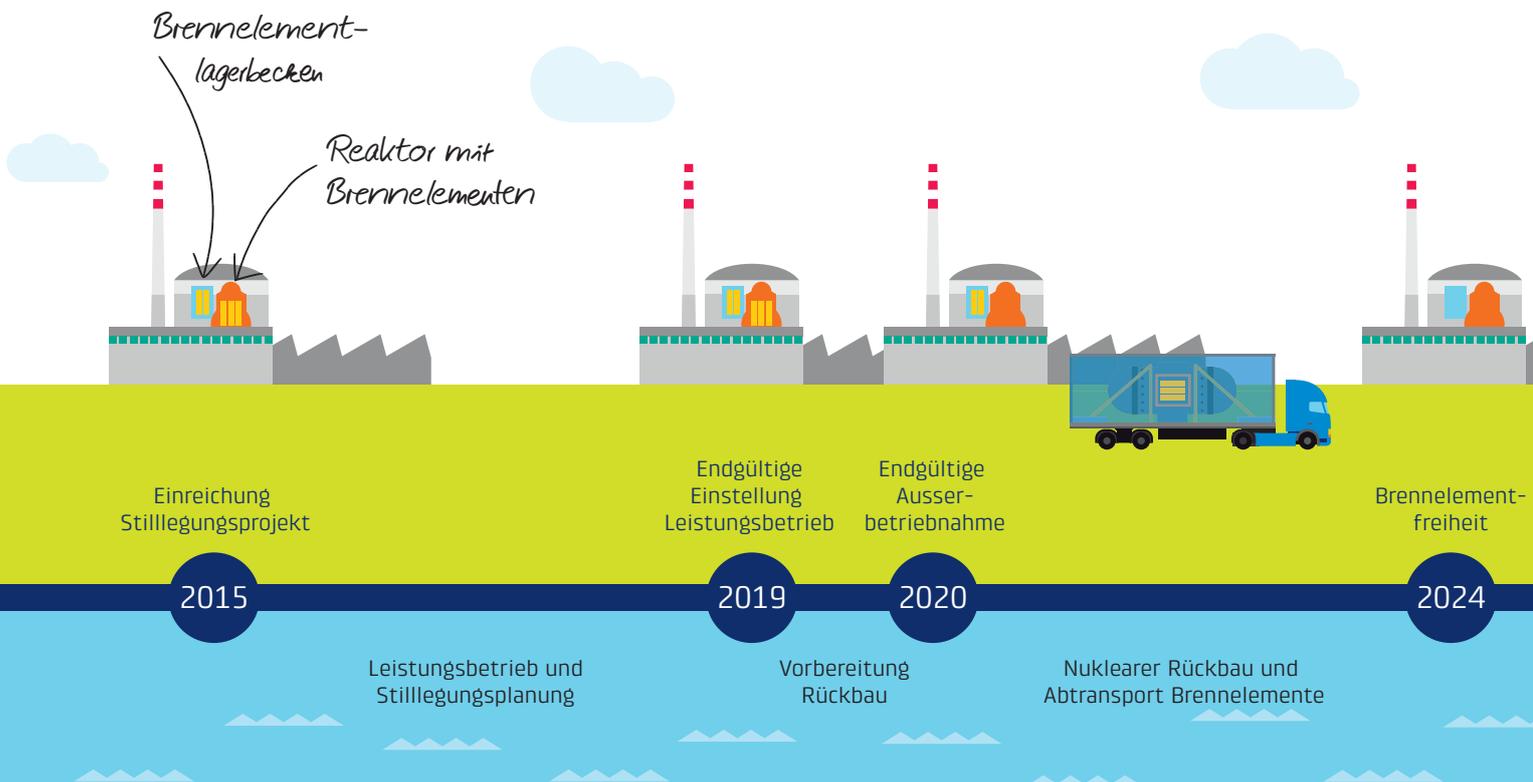
Ende 2019 stellt das KKM den Betrieb ein. Ab 2034 kann das Areal industriell oder als Naturraum neu genutzt werden. Dazwischen werden die Brennelemente abtransportiert, die nuklearen Anlagenteile rückgebaut, das Areal freigegeben und nicht mehr benötigte Gebäude abgebaut.

2020: Vorbereitung des Rückbaus

Sobald der Betrieb eingestellt ist, beginnt die Vorbereitung des Rückbaus. Zum einen wird damit begonnen, das Maschinenhaus leer zu räumen, zum anderen werden die Brennelemente vom Reaktor ins Brennelementbecken verlagert. Dort klingen sie einige Jahre ab. Wenn gegen Ende 2020 das Brennelementbecken autonom betrieben wird, weil dessen Kühlsystem in ein Sicherheitssystem umgebaut worden ist, ist die Anlage für den Nachbetrieb bereit: Der Zeitpunkt der «Endgültigen Ausserbetriebnahme» ist gekommen.

2021 bis 2024: Abtransport der Brennelemente

Bis Ende 2024 werden sämtliche Brennelemente nach und nach vom Brennelementlagerbecken ins zentrale Zwischenlager (Zwilag) in Würenlingen abtransportiert. Zu diesem Zeitpunkt sind über 98 Prozent der Radioaktivität aus dem KKM entfernt. Gleichzeitig wird das Maschinenhaus für die Reinigung der radioaktiv verunreinigten Materialien vorbereitet. Wo bereits möglich, beginnen die ersten Demontagetätigkeiten.



2025 bis 2030: nuklearer Rückbau

Ab 2025 werden sämtliche noch verbliebenen Anlageteile, die mit Radioaktivität in Kontakt gekommen sind, demontiert. Die stark radioaktiven Anlageteile werden im Reaktorgebäude unter Wasser zerlegt und verpackt. Die meisten anderen Komponenten werden im Maschinenhaus sortiert, falls möglich gereinigt und anschliessend ebenfalls verpackt. Gereinigte Materialien werden als normale Abfälle deponiert oder nach Möglichkeit wiederverwertet. Die radioaktiven Abfälle werden ins Zwiilag gebracht.

2031: Freigabe des Areals

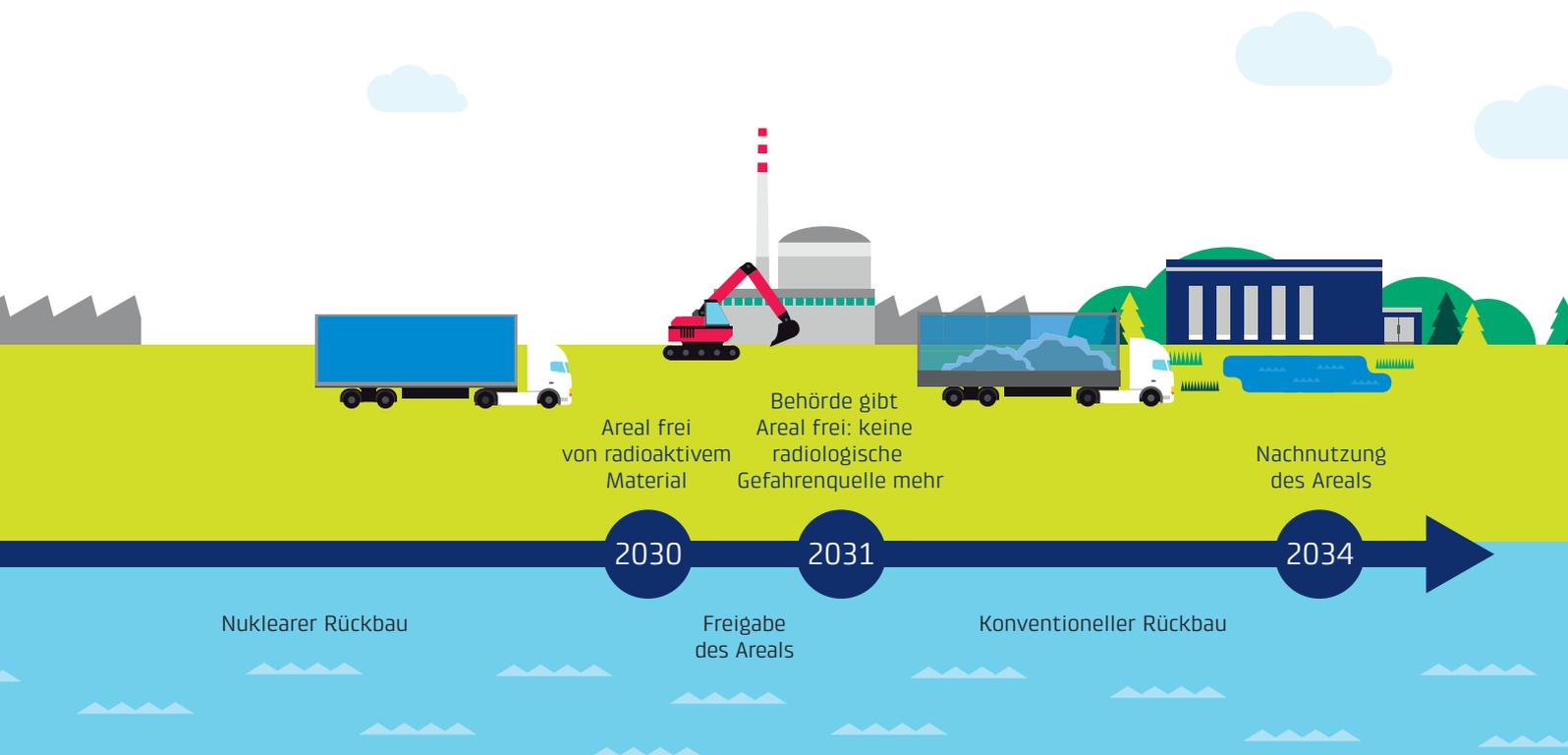
Ende 2030 ist das KKM frei von radioaktivem Material. Jetzt wird das gesamte Areal kontrolliert. Wenn keine radiologischen Gefahrenquellen mehr festgestellt werden, geben die Behörden das Gelände für eine neue Nutzung frei.

2032 bis 2034: konventioneller Rückbau

Abhängig davon, ob das Areal künftig industriell oder naturnah genutzt wird, werden in dieser letzten Phase der Stilllegung nicht mehr benötigte Gebäude abgebrochen. Der Bauschutt wird entweder auf Deponien entsorgt oder wiederverwertet. Ab 2034 kann das Areal neu genutzt werden.

Das Stilllegungsverfahren kurz erklärt

Laut Kernenergiegesetz ist die BKW als Betreiberin des KKM verpflichtet, dieses nach der endgültigen Einstellung des Leistungsbetriebs stillzulegen. Das rechtliche Verfahren bis zum Vorliegen einer Stilllegungsverfügung dauert mehrere Jahre. Aus diesem Grund hat die BKW das Stilllegungsgesuch bereits am 18. Dezember 2015 eingereicht – rund vier Jahre vor Einstellung des Betriebs.



Sichere Entsorgung der radioaktiven Abfälle

Während des Betriebs und des Rückbaus eines Kernkraftwerks entstehen radioaktive Abfälle. Diese müssen sachgerecht entsorgt werden. Das Schweizer Entsorgungskonzept sieht dafür zuerst eine oberirdische Zwischenlagerung und dann die Lagerung in tiefen Gesteinsschichten vor.

Wenn der Kernbrennstoff nach sechs bis sieben Jahren Betrieb verbraucht ist, werden die Brennelemente ausgetauscht. Die ausgedienten Brennelemente bleiben zuerst für einige Jahre im Brennelementlagerbecken, bis ihre Radioaktivität abgeklungen ist und sie weniger Wärme abgeben. Danach werden sie verpackt und ins Zwiilag transportiert. Brennelemente gelten als hochaktive Abfälle.

Behandlung der radioaktiven Abfälle

Auch schwach- und mittelaktive Abfälle – zum Beispiel Harze aus Reinigungsanlagen der Abwasserbehandlung oder kontaminierte Arbeitskleider des Kraftwerkspersonals – werden tiefenlagergerecht aufbereitet: Das heisst, flüssige Abfälle werden verfestigt, komprimierbare Abfälle verpresst und brennbare Abfälle in der Plasmaanlage des Zwiilag verbrannt.

Zentrales Zwischenlager in Würenlingen

Radioaktive Abfälle aus Kernkraftwerken werden im Zwiilag zwischengelagert, bis ein geologisches Tiefenlager gebaut und in Betrieb ist. Die Kapazität

Im KKM fallen jährlich ca. 80 Fässer zu 200 Liter Inhalt mit schwach- und mittelaktiven Abfällen an.



des Zwiilag reicht für sämtliche Abfälle aus dem Betrieb und der Stilllegung aller fünf Schweizer Kernkraftwerke aus – ausgehend von 60 Betriebsjahren.

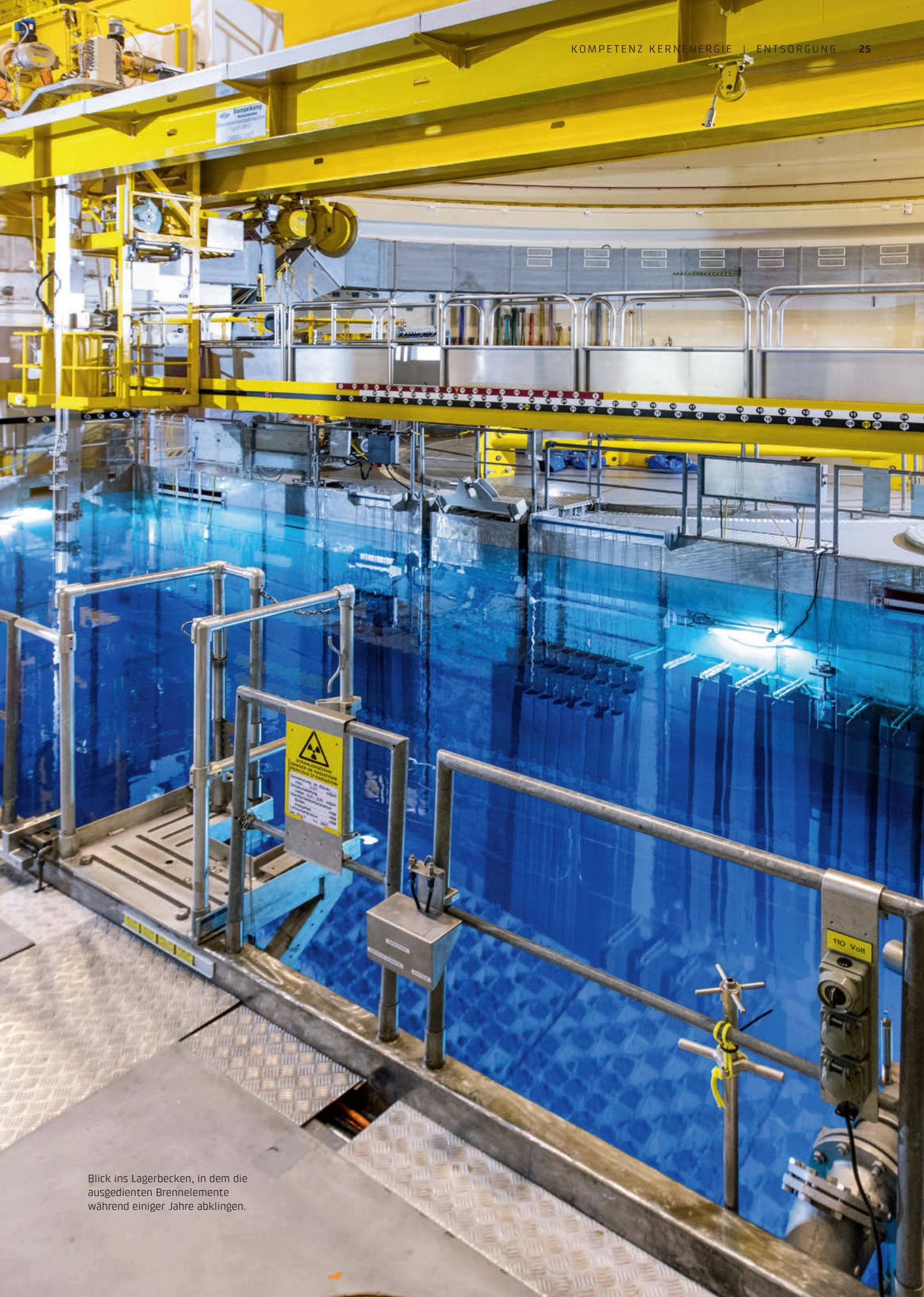
Geologisches Tiefenlager

Das Schweizer Entsorgungskonzept sieht eine dauerhafte Lagerung der Abfälle in mehreren Hundert Metern Tiefe in einer Gesteinsschicht aus Opalinuston vor. Die Lager bestehen je nach Art der Abfälle aus Lagerstollen oder Lagerkavernen, einem Pilotlager für die Überwachung eines repräsentativen Teils der Abfälle, einem Testbereich, Infrastrukturanlagen und Zugangstunnel. Die geologischen Tiefenlager stellen den langfristigen Schutz von Mensch und Umwelt sicher.



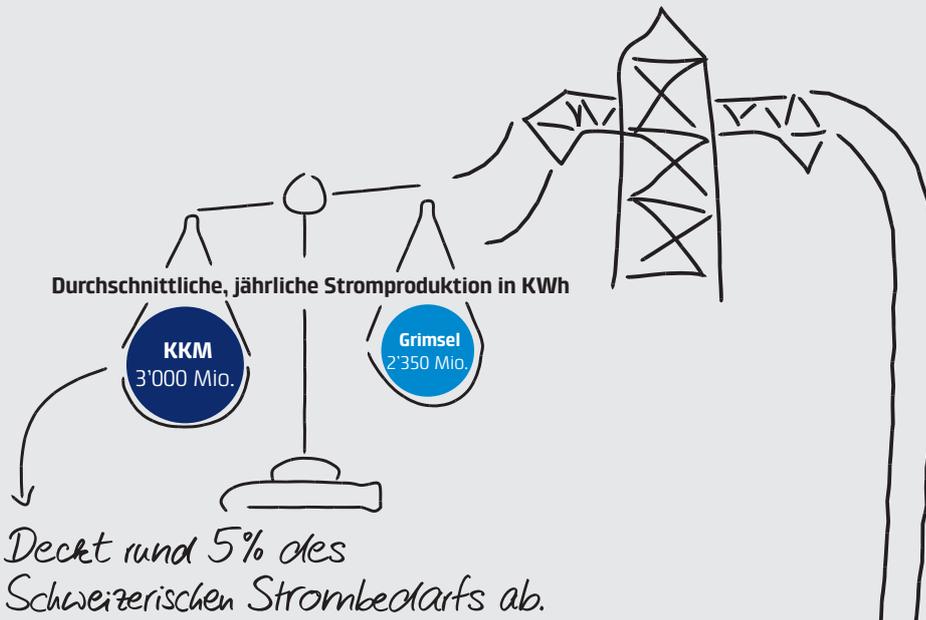
Weitere Infos:

www.zwiilag.ch, www.nagra.ch

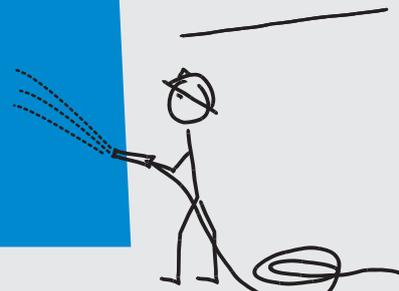


Blick ins Lagerbecken, in dem die ausgedienten Brennelemente während einiger Jahre abklingen.

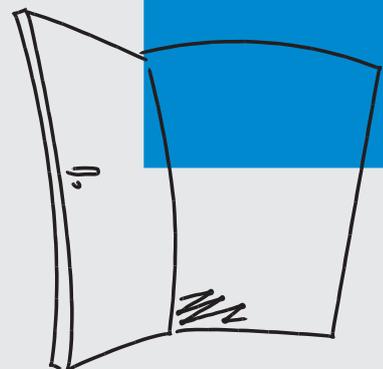
Wussten Sie,....?



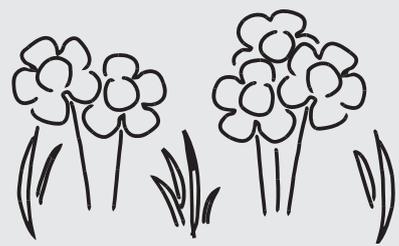
...dass sich **240 Brennelemente** im Reaktorkern befinden?



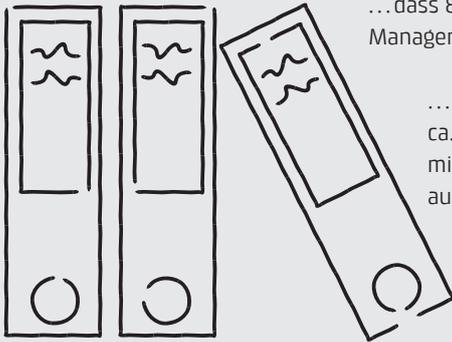
...dass das KKM eine betriebs-eigene Feuerwehr hat?



... dass beim Zutritt zum KKM-Gelände eine Sicherheitskontrolle wie am Flughafen stattfindet?



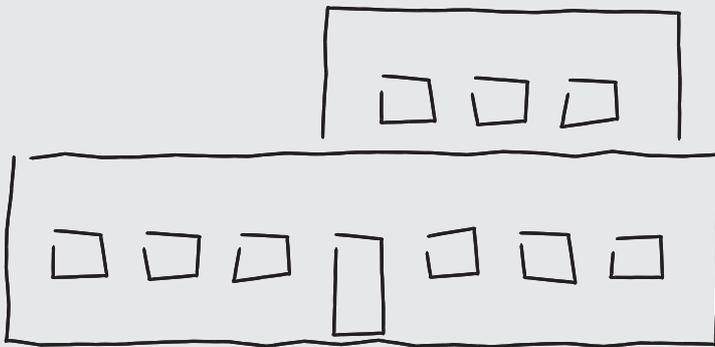
...dass das KKM zu Beginn der 70er-Jahre noch keinen Sicherheitszaun brauchte?



...dass 80'000 Dokumente im Dokumenten-Management-System erfasst sind?

...dass in den KKM-Archiven ca. 2'600 Laufmeter Akten/Dossiers mit geschätzten 1,3 Mio. Dokumenten auf Papier lagern?

Zusätzlich sind bereits etwa 53'000 Fotos, Filme und Grafiken erstellt worden.



...dass von den 350 Mitarbeitenden 40 Frauen sind?
 ...dass 1972 70 Personen im KKM arbeiteten?



...dass im KKM-Restaurant pro Jahr rund **25'000** Würstchen zum «Zmorge» gegessen werden?

Impressum

Redaktion

BKW Corporate Communications, Bern

Konzept

Process Brand Evolution, Zürich

Gestaltung, Illustration und Realisation

SRT Kurth & Partner AG, Ittigen

Fotografie

Michel Jaussi, Linn

www.jaussi.com

Manuel Stettler, Burgdorf

www.manuelstettler.ch

Druck

Vögeli AG, Langnau

gedruckt in der
schweiz



