

# einblicke

Nr. 7/März 2021

Das Magazin der Bundesgesellschaft für Endlagerung

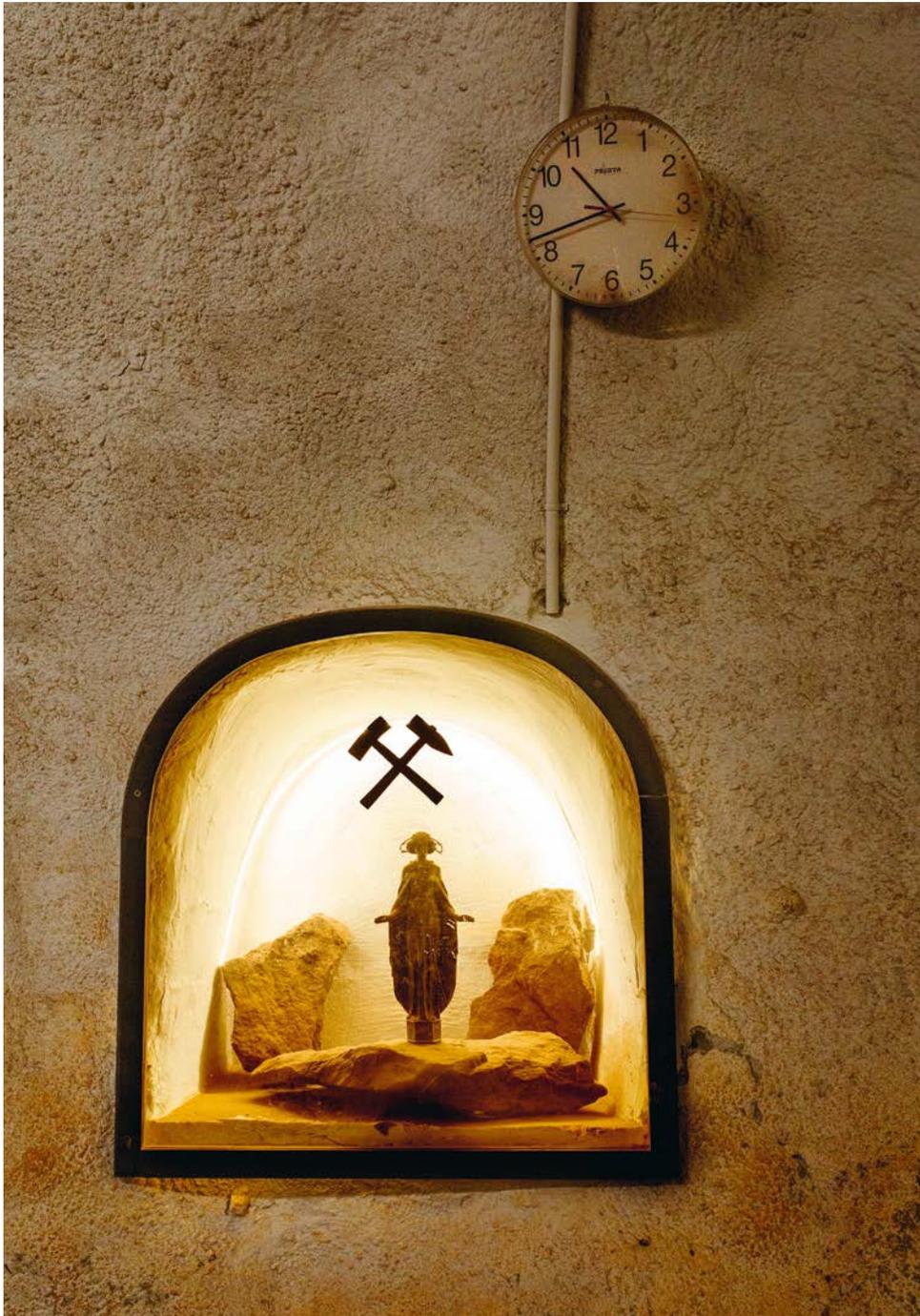
Schwach- und  
mittelradioaktive Abfälle

# Alles muss raus

Wie das Logistikzentrum Konrad  
und eine Software namens KEPLA  
die Endlagerung beschleunigen

In Kooperation  
mit der BGZ  
Gesellschaft für  
Zwischen-  
lagerung

## Momentaufnahme



Die Heilige Barbara ist in jedem Bergwerk zu finden und wacht auch über die Bergleute im Schacht Konrad. Der Legende nach floh die christliche Märtyrerin im 3. Jahrhundert vor ihrem heidnischen Vater und bat Gott um Hilfe. Er wies ihr den Weg in den Berg, wo Barbara Schutz in einer Felsspalte fand. Deshalb wählten die Bergleute, Hüttenarbeiter\*innen, Steinhauer\*innen und Geolog\*innen sie zur Schutzpatronin

## Liebe Leserinnen und Leser!

Bevor Sie weiterlesen, schauen Sie doch bitte noch einmal kurz auf das Foto auf dem Umschlag. Da zeigen wir Ihnen ein Zwischenlager für schwach- und mittelradioaktive Abfälle. Mehr als 35 Zwischenlager gibt es im ganzen Land. Dicht an dicht sind die Container dort gepackt – an manchen Standorten warten Tausende solcher Behälter auf die Endlagerung.

Das Endlager für diese Abfälle entsteht derzeit in mehr als 800 Metern Tiefe in dem ehemaligen Eisenerzbergwerk Schacht Konrad. Dort wird seit mehr als zehn Jahren an dem Bau des Endlagers gearbeitet. 2027 soll es so weit sein: Danach wird Konrad den Betrieb als Endlager aufnehmen. Rund 300 000 Kubikmeter Abfall aus den Zwischenlagern werden in den Tiefen des Bergwerks verschwinden.

Allerdings ist diese Aufgabe komplizierter, als sie zunächst scheint. Denn erstens kann man die dicht gepackten Zwischenlager immer nur von vorne nach hinten ausräumen – einen Behälter nach dem anderen. Zweitens können diese Behälter nicht in beliebiger Reihenfolge im Endlager Konrad eingelagert werden. Denn sie müssen je nach Art der darin enthaltenen Abfälle unter Tage in einer ganz bestimmten Ordnung stehen. Kurzum: Die Behälter müssen vor der Endlagerung sortiert werden. Und das ist eine ziemlich große logistische Herausforderung.

Damit die Zwischenlager im ganzen Land möglichst schnell schließen und die Abfälle möglichst zügig aus den Zwischenlagern ins Endlager kommen können, soll ein Logistikzentrum entstehen – nach einem Vorschlag der BGZ Gesellschaft für Zwischenlagerung in Würgassen, etwa 125 Kilometer südwestlich des Bergwerks Konrad. Auf den folgenden Seiten erzählen wir, wie dieses Zentrum und seine Logistik funktionieren.

**Ihr Einblicke-Team**

# Unter Tage muss Ordnung herrschen

Schacht Konrad soll 2027 den Betrieb als Endlager aufnehmen. Ab dann werden die schwach- und mittelradioaktiven Abfälle aus den deutschen Zwischenlagern dort endgelagert. Das wird eine logistische Herausforderung

Überwältigt geht der Blick hinauf ins Dunkle. Mehr als 50 Meter ragen die fensterlosen Wände in die Höhe. Hier, wo einst inmitten eines Wirrwarrs aus Rohren und Leitungen der Reaktor des Kernkraftwerks Würgassen stand, ist jetzt nichts – ein leerer Raum von geradezu kathedralen Ausmaßen.

Wie Graffiti zieren Abertausende kleiner Zahlen- und Buchstaben-Codes die kahlen Wände. Sie zeugen von der Ungefährlichkeit dieses Ortes, an dem vor Jahren mithilfe der kontrollierten Kernspaltung 300 Grad heißer Wasserdampf zum Antrieb der Turbinen und Generatoren erzeugt wurde. Hier drinnen ist die Strahlung nach dem Rückbau des Kraftwerks geringer als draußen auf der Wiese, weil die dicken Mauern die natürliche Strahlung abschirmen. Eines Tages werden auch sie verschwunden sein.

So wie in Würgassen enden nach ihrem Abschalten alle Kernkraftwerke in Deutschland: Zunächst werden die hoch radioaktiven und stark wärmeentwickelnden Abfälle entfernt – das sind insbeson-

dere die Brennstäbe. Nach Angaben des Bundesamtes für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung (BASE) enthalten die hoch radioaktiven Abfälle etwa 99 Prozent der gesamten Radioaktivität des Atom- mülls, machen aber nur rund fünf Prozent seines Gesamtvolumens aus.

Die verbleibenden 95 Prozent des Atom- mülls sind schwach- und mittelradio- aktiv. Sie fallen zum größten Teil im Be- trieb und insbesondere beim Rückbau der Bauwerke an. In dieser Phase untersuchen Expert\*innen jeden Quadratmeter Mauer- werk, jedes Rohrstück, jedes Maschinenteil und entfernen alles, was radioaktiv konta- miniert ist. Diese Abfälle werden gemäß ihren physikalischen und chemischen Ei- genschaften nach verschiedenen Kategori- en sortiert und in Fässer gefüllt, die ihrer- seits in größere Container gestellt werden. Das sind Behälter aus Stahl, Beton oder Guss, die in der Regel mit Beton ausgegos- sen werden (siehe S. 7).

Solange es für diese Abfälle kein Endlager gibt, kommen die Behälter in

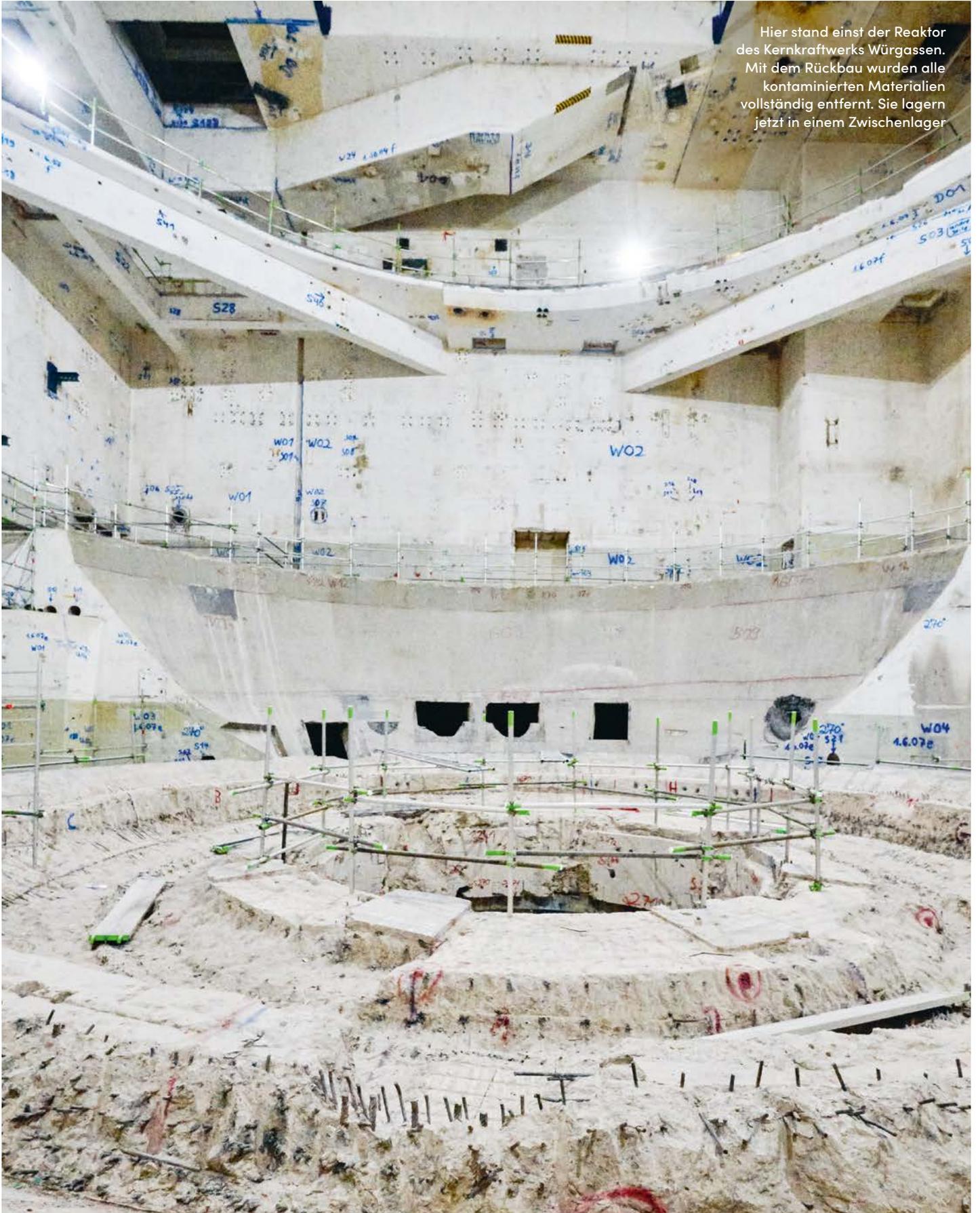
## Von Uta Deffke

Die Autorin ist promovierte Physikerin und Wissenschaftsjournalistin. Sie schreibt häufig über Technologien zur Nutzung verschiedener Energieformen

oberirdische Zwischenlager – Hallen aus dickem Beton. Davon gibt es derzeit rund 35 in Deutschland, in denen je nach Stand- ort und Größe einige Hundert oder auch mehrere Tausend Behälter dicht an dicht stehen. Jeder Behälter ist inventarisiert. „Wir wissen genau, welche Substanzen in unseren Behältern enthalten sind und wie hoch die Strahlung der Abfälle ist“, erläu- tert Hendrik Kranert-Rydzzy, Sprecher der bundeseigenen Gesellschaft für Zwischen- lagerung (BGZ).

## Gerechnet wird auf der „sicheren Seite“

Dieses Wissen ist wichtig, denn im End- lager Konrad dürfen die Behälter nicht beliebig eingelagert werden. „Unter Tage muss Ordnung herrschen“, sagt Thomas Lautsch von der Bundesgesellschaft für Endlagerung (BGE), die das Endlager be- treibt. Der Hintergrund: Wenn die Ingeni- eur\*innen die Langzeitsicherheit der Ab- fälle im Endlager betrachten, gehen sie



Hier stand einst der Reaktor  
des Kernkraftwerks Würgassen.  
Mit dem Rückbau wurden alle  
kontaminierten Materialien  
vollständig entfernt. Sie lagern  
jetzt in einem Zwischenlager



Die schwach- und mittelradioaktiven Abfälle befinden sich derzeit in zahlreichen Zwischenlagern. Von dort sollen sie zunächst an das LoK in Würgassen geliefert werden, wo sie sortiert und für die Endlagerung im Schacht Konrad zusammengestellt werden

schenlager natürlich zügig geräumt werden, andererseits müssen im Endlager immer genau die richtigen Container der verschiedenen Kategorien ankommen. Käme dort ein mehr oder weniger willkürlich zusammengesetzter Strom von Containern an, müssten diese dort sortiert werden – das ist in der Genehmigung aber nicht vorgesehen und wäre aus Platzgründen auch nicht möglich.

Die Lösung: ein neues Logistikzentrum und ein intelligentes Computerprogramm, das bei der Sortierung der Behälter hilft.

Das Logistikzentrum für das Endlager Konrad (LoK) soll auf dem Gelände jenes stillgelegten Kernkraftwerks Würgassen entstehen. Die Idee dahinter: Aus allen Teilen Deutschlands liefern die Zwischenlager ihre Container zunächst dorthin. Im LoK werden sie nach Kategorien sortiert – ähnlich wie in einem Warenlager. Die Stahl-Beton-Halle ist mit Abmaßen von 325 mal 125 mal 16 Metern so großzügig geplant, dass sich die einzelnen Container leicht rangieren und passend zusammenstellen lassen. Hier also soll aus dem Unsortierten das Sortierte werden (siehe S. 15).

### Raschere Endlagerung dank Zweischichtbetrieb

Geplant wird der Abruf vom neuen LoK ins Endlager von einer Software namens KEPLA (siehe S. 10). Sie berechnet aus dem Platzangebot unter Tage und dem Müllangebot im Logistikzentrum unter Berücksichtigung aller Sicherheitsbedingungen, welcher Container als nächstes im Endlager benötigt wird. Auf dieser Basis können dann individuelle Chargen zusammengestellt und „just in time“ nach Konrad geliefert werden.

Bei einem Einschichtbetrieb würden pro Tag etwa 17 Abfallbehälter nach

stets davon aus, dass die Verpackung aus Stahl und Beton irgendwann verrottet. Genau deshalb dürfen die Behälter nicht beliebig eingestapelt werden. So müssen etwa die Gewichte der übereinanderstehenden Abfallgebände aufeinander abgestimmt sein. Ebenso ist auf die verschiedenen Formen – quaderförmig oder zylindrisch – zu achten. Dies und Anforderungen des betrieblichen Strahlenschutzes machen eine bestimmte Reihenfolge notwendig, in der das Endlager Konrad die Abfallgebände annehmen kann.

### Entleerung der Lager von vorne nach hinten

Die Anlieferung der Behälter ans Endlager muss also detailliert geplant werden. Das Problem: In den Zwischenlagern ist eine solche Ordnung unnötig. Dort wurden und werden die Container so eingelagert, wie

sie beim Rückbau anfallen. Die Behälter der einzelnen Kategorien sind hier unsortiert. Hendrik Kranert-Rydzky: „Das heißt aber auch, dass die Zwischenlager die Container bestimmter Kategorien nicht auf Bestellung liefern können.“ Denn die Lager müssen von vorne nach hinten geräumt werden. Container aus dem vorderen Bereich herausfahren und vor der Halle abstellen, um an einen gewünschten Container im hinteren Bereich zu kommen, ist schlichtweg nicht möglich (siehe Bild auf dem Umschlag). „Erstens ist der Aufwand viel zu hoch, zweitens dauert das viel zu lange, und drittens ist das Gelände vor den Hallen für das Rangieren der Container in der Regel nicht zulässig“, so Kranert-Rydzky.

Und das macht die Zusammenstellung der Behälter zu einer logistischen Herausforderung für den Transport. Denn einerseits sollen rund drei Dutzend Zwi-

# In dem Logistikzentrum Konrad soll aus dem Unsortierten das Sortierte werden

unter Tage transportiert werden. Bei 200 Einlagerungstagen wären das jährlich rund 3400 Behälter – das entspricht einem Volumen von ungefähr 10 000 Kubikmetern. Dementsprechend wären 30 Jahre nötig, um die Gesamtmenge von gut 300 000 Kubikmetern sicher zu verstauen. Inzwischen geht die BGE von einem zweischichtigen Betrieb aus. Auf diese Weise kann die Betriebsdauer deutlich verkürzt werden – wovon natürlich nicht nur die Region Salzgitter profitiert, sondern auch alle Zwischenlagerstandorte.

Der Transport der sortierten Container vom LoK ins rund 125 Kilometer entfernte Endlager Schacht Konrad er-

folgt auf der Schiene. „Der Anschluss ans Gleisnetz war letztlich ein entscheidendes Argument für die Auswahl des Standorts“, berichtet Kranert-Rydzky. „Denn der Transport per Zug ist viel effektiver.“

Die Bundesregierung hatte die BGZ mit der Standortsuche beauftragt. Zwei Jahre lang haben die Expert\*innen im Umkreis von 200 Kilometern rund um das Endlager 28 potenzielle Standorte überprüft. Zu den wichtigen Kriterien gehörten neben der Verkehrsanbindung eine ausreichend große Fläche von 30 Hektar und ein Abstand von mindestens 300 Metern zur geschlossenen Wohnbebauung. Naturschutzgebiete durften ebenfalls nicht betroffen sein. Am Ende fiel die Entscheidung für Würzgassen. „Der Bahnanschluss wurde zwar vor einigen Jahren stillgelegt, die Reaktivierung ist aber problemlos möglich“, sagt Kranert-Rydzky.

## Die Zeit ist knapp

Auch der Faktor Zeit spielte bei der Suche eine wichtige Rolle. So schieden Gelände aus, für die erst noch langwierige Grundstücksverhandlungen hätten geführt werden müssen. Denn tatsächlich ist die Zeit knapp bemessen. Das Endlager Konrad soll 2027 fertig gebaut sein und dann zügig in Betrieb gehen. Mit dem ersten Container beginnt die geplante Betriebsphase von etwa 40 Jahren – wovon allerdings einige Jahre für die Stilllegung benötigt wer-

den, also für die Verfüllung des Bergwerks und den vollständigen Rückbau der Anlagen. Das Logistikzentrum in Würzgassen soll dafür sorgen, dass dieser Zeitraum optimal genutzt werden kann.

Nachdem auch das unabhängige Darmstädter Öko-Institut e.V. die Auswahl des Standortes bestätigt und das Bundesumweltministerium zugestimmt hatte, erläuterte die BGZ am 6. März 2020 das Projekt erstmals öffentlich. Jetzt konnte es losgehen. Nun sind Baugenehmigung und Umgangsgenehmigung nach Strahlenschutzrecht zu beantragen und einige weitere Nachweise zu erbringen, etwa über die Hochwassersicherheit und Umweltverträglichkeiten. Dass dabei die Öffentlichkeit so transparent wie eben möglich informiert werden soll, ist ein Versprechen der BGZ.

Auf Rückhalt aus der Bevölkerung kann die BGZ nicht bauen. Die Landkreise und Kommunen der Region lehnen das Vorhaben ab und fordern eine neuerliche Suche nach einem Standort. Die lokale Bürgerinitiative „Atomfreies 3-Ländereck e.V.“, die mit der Bekanntgabe der Planungen für das Logistiklager gegründet wurde, führt unter anderem auf, dass die zwingende Notwendigkeit eines solchen Logistikzentrums nicht erwiesen sei.

Die BGZ hält dem entgegen, dass eine zügige und kontinuierliche Endlagerung nur mithilfe des Logistikzentrums möglich sei.



Fässer mit schwach- und mittelradioaktiven Abfällen werden zunächst in Stahlcontainer gestellt, die ihrerseits mit Beton ausgegossen werden

# Stück für Stück

Mit dem Abschalten des letzten deutschen Kernkraftwerks Ende 2022 endet die rund 60 Jahre dauernde Ära des Atomstroms in Deutschland – und beginnt eine neue: die des Rückbaus und der Endlagerung der schwach- und mittelradioaktiven Abfälle

Oberflächen von Stahlbauteilen lassen sich mit Wasser und Reinigungsmitteln dekontaminieren. Die Rückstände werden für die Endlagerung konditioniert



Schon der Anfang vom Ende eines Kernkraftwerks dauert mehrere Jahre. So lange müssen die Brennelemente nach der Stilllegung nämlich noch im Abklingbecken verbleiben – bis sie so weit abgekühlt sind, dass sie in Castoren gepackt und in Zwischenlagern verwahrt werden können. Sobald dies geschehen ist, gibt es in einem Kraftwerk keine hoch radioaktiven Abfälle mehr. Ein Atomunfall ist nun rein physikalisch nicht mehr möglich.

Jetzt kann die Phase des Rückbaus beginnen, die noch mehrere Jahrzehnte dauern wird. In dieser Zeit fallen nur noch schwach- und mittelradioaktive Abfälle an, deren Strahlungsintensität tausend- bis millionenfach geringer ist als die der hoch radioaktiven Brennstäbe. Gleichwohl sind auch sie eine Gefahr für die Umwelt und müssen langfristig endgelagert werden – und zwar im Endlager Konrad, das voraussichtlich 2027 fertiggestellt ist.

Bevor es so weit ist, muss der Koloss aus Stahl und Beton Stück für Stück zerlegt werden. Das Ganze heißt nicht Abriss, sondern Rückbau, weil Expert\*innen jedes Bauteil, jede Leitung, jeden Quadratmeter Beton zunächst penibel auf etwaige Strahlung prüfen. Messen sie Kontaminationen – Verschmutzungen durch radioaktive Stoffe also –, reinigen Arbeiter\*innen die Beton- oder Stahlteile mit Hochdruck oder fräsen die oberen Millimeter ab.

Alle belasteten Stoffe werden sorgfältig gesammelt, sortiert und in Fässer gepackt. Diese kommen ihrerseits in stählerne Container, die mit Beton ausgegossen werden. Am Ende dringt so wenig Strahlung nach außen, dass sie per Bahn aber auch mit Lkw in die Zwischenlager transportiert werden können. An deren Heck findet sich dann auf einer orangefarbenen Gefahrentafel eine Gefahrgutnummer, die mit einer „7“ beginnt.

Knapp 30 Kernkraftwerke müssen schließlich dem Erdboden gleichgemacht

## Von Tim Schröder

Der Autor ist Wissenschaftsjournalist mit einer Vorliebe für Themen aus den Bereichen Energie und Umwelt

# Der Koloss aus Stahl und Beton wird Stück für Stück zerlegt

oder für neue Zwecke nutzbar gemacht werden. Auch wenn dabei die größte Menge an radioaktiven Abfällen für die Endlagerung in Konrad anfällt, ist ihr Anteil pro Kraftwerk winzig. „Beim Rückbau rechnen wir grob geschätzt mit rund 5000 Kubikmetern schwach- und mittelradioaktivem Abfall“, sagt Kai Möller von der BGE, „das entspricht der Ladung von gerade einmal 200 Muldenkippern.“

### Weniger als die Hälfte der Abfälle stammt aus dem Rückbau

Neben Beton und Stahl gehören dazu beispielsweise Werkzeuge, Schutzanzüge, Luft- und Wasserfilter. Der große Rest eines solchen Bauwerks ist hingegen vollkommen unbelastet und wird konventionell entsorgt oder recycelt: Der Metallschrott wird eingeschmolzen, die mächtigen Betonmauern werden zu Schotter zerkleinert, um beispielsweise im Straßenbau Wiederverwendung zu finden.

Doch nicht alle schwach- und mittelradioaktiven Abfälle in den Zwischenlagern stammen aus dem Rückbau von Atomkraftwerken. Weitere Abfälle fallen in wissenschaftlichen Einrichtungen an, insbesondere in Forschungsreaktoren. Wissen-

schaftler\*innen nutzen radioaktive Strahlung unter anderem, um Materialien und Oberflächen zu untersuchen. Dabei geht es beispielsweise um die Entwicklung neuer Werkstoffe. Schwach- und mittelradioaktive Abfälle fallen auch in der Industrie an, zum Beispiel bei Herstellern von Brennelementen, Messgeräten oder von radioaktiven Präparaten für die Medizin.

Auch wenn ihr Anteil sehr gering ist, so sind die Abfälle der sogenannten Landessammelstellen dennoch erwähnenswert. Sie sind für Anwender radioaktiver Stoffe in der Industrie, in der Medizin sowie in Forschung und Lehre zuständig. Das können beispielsweise schulische Präparate für Experimente zur Veranschaulichung der Radioaktivität sein. Aber auch Privatleute kommen hier ab und zu vorbei und geben alte Uhren mit Leuchtziffern aus radioaktiver Farbe ab oder längst ausgediente Rauchmelder, in denen noch das künstlich hergestellte Element Americium enthalten ist.

Von der Uhr mit Radiumziffern bis zum kontaminierten Betonklotz aus dem Reaktorsockel: Expert\*innen schätzen, dass die Gesamtmenge aller in den deutschen Zwischenlagern angefallenen schwach- und mittelradioaktiven Abfälle mit dem Rückbau der Atomkraftwerke auf rund 300 000 Kubikmeter ansteigen wird – ein Volumen, für das das Endlager Konrad ausgelegt ist. Hinzu kommen womöglich noch weitere Abfälle, die bei der Urananreicherung anfallen, sowie die Abfälle, die aus dem Bergwerk Asse zurückgeholt werden sollen. Für diese zusätzlichen Abfälle muss eine neue Endlagerkapazität gesucht werden.

Um eine Vorstellung von dem Gesamtvolumen von 300 000 Kubikmetern zu bekommen: Würde man diese Menge Abfall auf einem Fußballfeld lagern, ergäbe sich ein gut 40 Meter hoher Stapel – das entspricht der Höhe eines 15-stöckigen Hochhauses.



Im Bereich der zukünftigen Umladestation stabilisieren Bergleute das Gebirge, indem sie Spezialmörtel injizieren

# Eine Frage der Logistik

## Mehr als 35 Zwischenlager für schwach- und mittelradioaktive Abfälle sollen rasch entleert werden. Im Endlager Konrad können pro Werktag zwei bis drei Dutzend Behälter eingelagert werden. Daraus ergibt sich eine komplexe Lieferkette

**D**ie Endlagerung der schwach- und mittelradioaktiven Abfälle im Endlager Konrad soll nach seiner Inbetriebnahme zügig erfolgen. So zügig wie möglich, denn nur dann können auch die Zwischenlager, in denen die Abfälle bisher stehen, rasch geleert und endgültig geschlossen werden.

Das ist aus einer Reihe von Gründen eine logistische Herausforderung. Ein Beispiel: Die Abfälle stammen aus ganz verschiedenen Quellen und sind daher chemisch und physikalisch unterschiedlich zusammengesetzt. Sie werden deshalb nach entsprechenden Kategorien in Behältern gesammelt. Derzeit befinden sich diese Behälter in über ganz Deutschland verteilten Zwischenlagern (siehe S. 6). Dort warten jeweils bis zu mehrere Tausend Behälter auf ihren Abtransport ins künftige Endlager Konrad.

In den Zwischenlagern werden die Container der einzelnen Kategorien so abgestellt, wie sie angeliefert werden – einer nach dem anderen also. Im Endlager müssen die Behälter aber aus Sicherheitsgründen in einer bestimmten Anordnung stehen. So sollen Abfälle, die infolge des radioaktiven Zerfalls mehr Wärme erzeugen, im Endlager nicht in unmittelbarer Nähe zueinander stehen. Denn über lange Zeiträume könnte die Temperatur im umgebenden Gestein sonst stärker als erlaubt ansteigen. Auch Form und Gewicht der Behälter spielen eine Rolle. Nicht alle Behälter sind übereinander stapelbar.

Daraus folgt: Es ist nicht sichergestellt, dass die Zwischenlager die im Endlager benötigten Container zum benötigten Zeitpunkt liefern können. Um einen Container, sagen wir der Kategorie C, zu verschicken, können die Zwischenlager nämlich nicht ihre davorstehenden Behälter der Kategorie B und A rangieren, da oft nicht genug Platz in den Lagern ist.

Im Endlager Konrad sollen nun an jedem Tag möglichst viele Container an

ihren letzten Bestimmungsort in rund 800 bis 850 Metern Tiefe fahren. Die gesamte Lieferkette funktioniert somit nur, wenn im Endlager immer genau die Menge richtig sortierter Behälter ankommt, die sogleich nach unten gebracht werden kann. „Die Reihenfolge der Behälter muss bei Anlieferung und Einlagerung genau aufeinander abgestimmt sein“, sagt Stefanie Goedecke von der BGE (siehe Interview auf S. 13).

## Das Endlager Konrad ist auf einen Betrieb in zwei Schichten ausgelegt

Dabei soll das geplante Logistikzentrum Konrad (LoK) auf dem Gelände des stillgelegten Kernkraftwerks Würgassen eine wichtige Rolle spielen. Hier sollen die Zwischenlager ihre Container so anliefern, wie sie bei ihnen stehen. Das heißt: Die Lager können von vorn nach hinten geleert und ein Behälter nach dem anderen nach Würgassen transportiert werden.

### Sortierung im Logistikzentrum

Im LoK werden die Container nach Gewicht, Größe, Wärmeentwicklung und anderen Parametern sortiert. Dort stehen dann jederzeit so viele Container jeder Ka-

### Von Torsten Schubert

Der Autor arbeitet als freier Journalist in Hamburg und befasst sich immer wieder mit Themen der Logistik

tegorie bereit, wie sie im 125 Kilometer entfernten Endlager Konrad benötigt werden (siehe Infografik S. 14/15). Das Endlager Konrad ist sowohl technisch als auch personell auf einen Betrieb in zwei Schichten ausgelegt. An jedem Werktag sollen im Endlager durchschnittlich zwei Züge mit jeweils etwa einem Dutzend sortierter Behälter ankommen. Dort angekommen werden die Behälter, jeder übrigens bis zu 20 Tonnen schwer, in der Umladehalle vom Zug auf einen Plateauwagen gehievt. In dieser Halle gibt es auch einen Mess- und Prüfplatz, an dem zwei Messungen für die betriebliche Strahlenschutzvorsorge ausgeführt werden (siehe Bild S. 12). „Dies dient dem Schutz unserer Beschäftigten“, sagt Ben Samwer, Abteilungsleiter Genehmigungen der BGE.

Nach dieser Kontrolle geht es von der Umladehalle in den Förderkorb, der den Plateauwagen mit seiner Fracht an den Füllort bringt. Hier wartet ein Portalhubwagen, der den Container auf ein Transportfahrzeug setzt. Mit ihm geht es entlang der unterirdischen Transportstrecken zur eigentlichen Einlagerungskammer. „Es wird da unten ein computergestütztes Verkehrslenkungssystem geben“, sagt Stefanie Goedecke. „Damit können wir Unfälle vermeiden.“

Insgesamt wird es 25 dieser Einlagerungskammern geben. Sie sind zwischen 400 und 1040 Meter lang und bieten alles in allem Platz für rund 300 000 Kubikmeter Abfall. Dort werden die Behälter von einem Stapelfahrzeug endgültig abgestellt. Sobald eine Kammer bis zu einem gewissen Teil gefüllt ist, errichten Arbeiter\*innen vom abgeschirmten Fahrzeug aus eine Trennwand und verfüllen den verbliebenen Hohlraum dahinter mit flüssigem Beton. In dieser Kammer herrscht dann zunächst so lange Ruhe, bis der Beton vollkommen ausgehärtet ist. Der stetig von über Tage nachgelieferte Strom von Behältern wird unterdessen in die nächste Kammer gelei-

tet. Es werden also immer mehrere Kammern gleichzeitig gefüllt. Erst wenn der Beton ausreichend fest ist, wird diese Kammer mit weiteren Behältern angefahren. Diese Vorgehensweise wiederholt sich, bis nach und nach alle Einlagerungskammern gefüllt und die Behälter einbetoniert sind.

Sollte es an irgendeiner Stelle auf dem Gelände des Endlagers einmal zu Verzögerungen oder Betriebsstörungen kommen, lässt sich die Anlieferung übrigens kurzerhand stoppen. Behälter, die bereits am Endlager stehen oder auf dem Weg dorthin sind, werden abgefertigt und können in einer Pufferhalle abgestellt werden. Sie kann mehr als 100 Abfallgebände aufnehmen, sodass alle bereits auf dem Transportweg

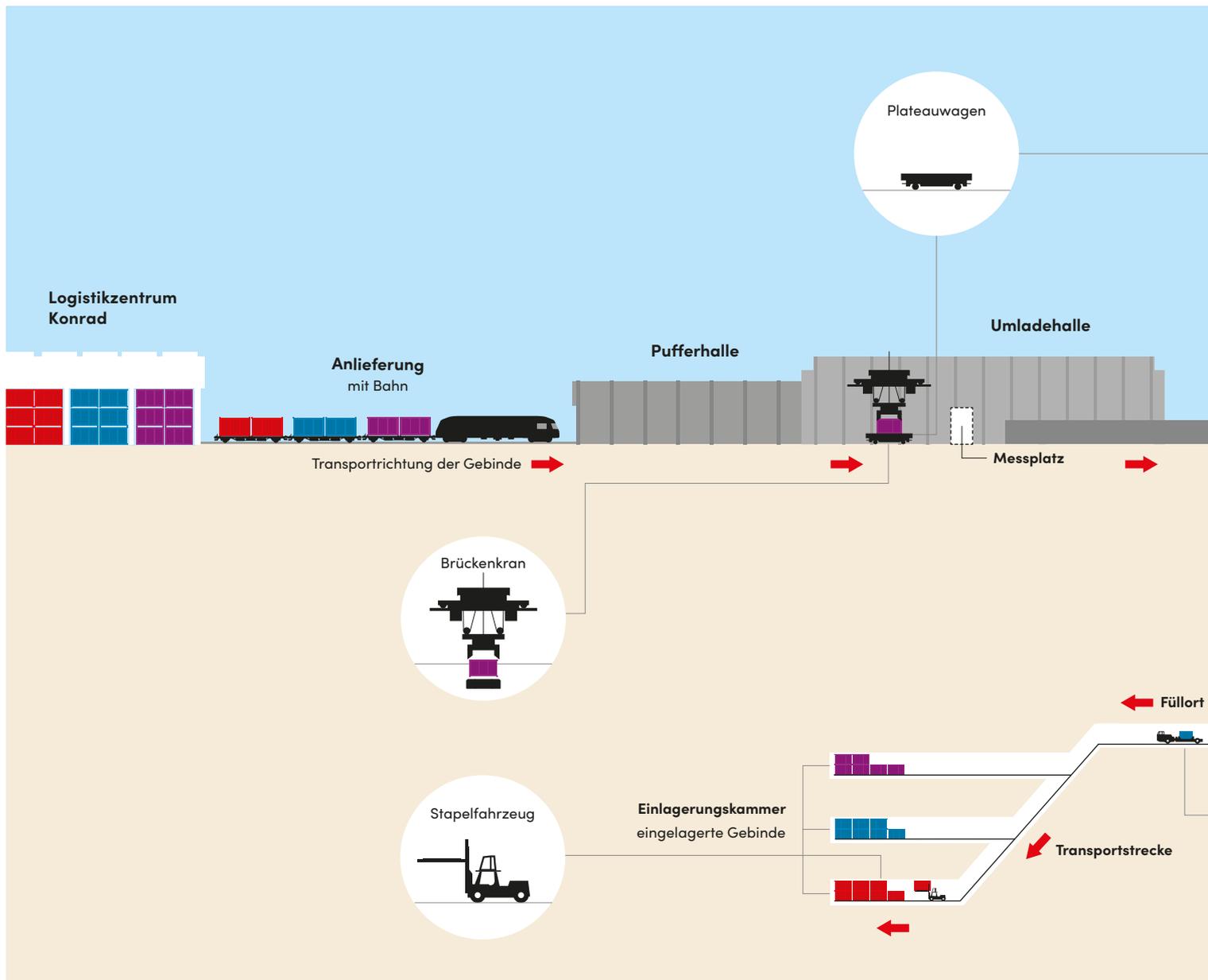
befindlichen Abfallgebände angenommen werden können.

Eine eigens entwickelte Planungssoftware soll gewährleisten, dass die gesamte Lieferkette vom Zwischenlager über das LoK ins Endlager effektiv funktioniert. Ausgangssituation ist dabei die Einlagerungsreihenfolge. Sie entspricht der Zahl der Container der jeweiligen chemischen und physikalischen Kategorien, die in genau der richtigen Reihenfolge zur richtigen Zeit im Endlager Konrad angeliefert und dann in die Tiefe verfrachtet werden können.

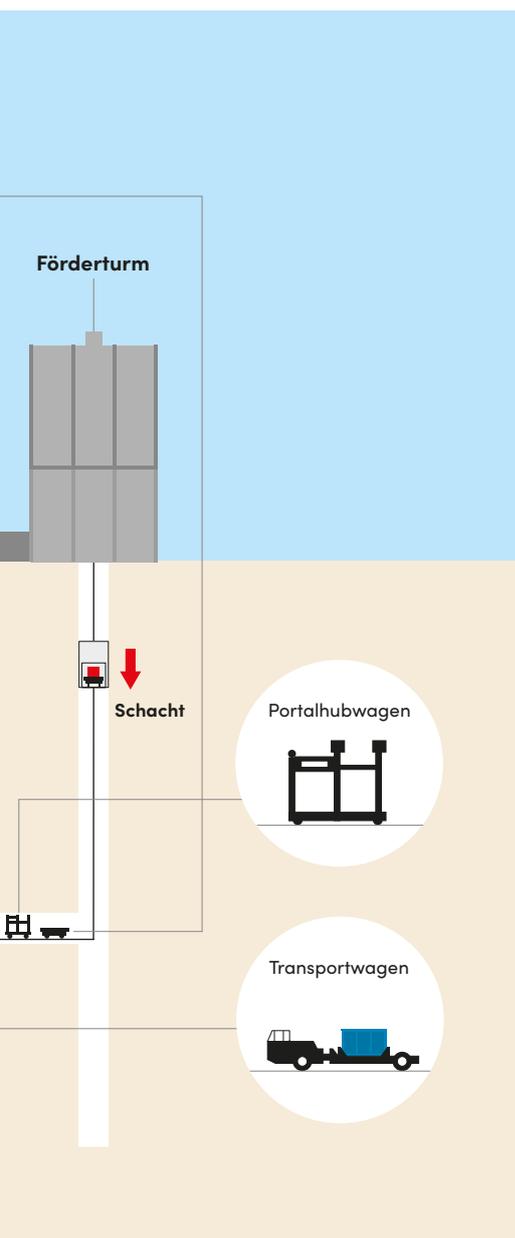
Auf der Basis dieser Reihenfolge erzeugt die Software dann die „Anlieferungsreihenfolge“, die von den Vorräten in den Zwischenlagern abhängt. Und sie steuert

auf der Basis der Einlagerungsreihenfolge die Bereitstellung und Anlieferung der Container aus den Zwischenlagern und deren Sortierung und Zusammenstellung im LoK.

Kompliziert ist diese Herausforderung vor allem, weil diese „Kampagnenplanungssoftware“ – kurz KEPLA – die gesamte Lieferkette weit im Voraus erzeugen muss. „Jede Einflussgröße, von der Bereitstellung im Zwischenlager bis hin zur Einlagerung unter Tage, werden wir in der Planung berücksichtigen“, sagt Stefanie Goedecke. „Die Endlagerung radioaktiver Abfälle muss absolut zuverlässig erfolgen – dafür brauchen wir eine belastbare Planungsgrundlage.“



Die Abfallbehälter müssen ihrer Beschaffenheit entsprechend sortiert im Endlager angeliefert werden. Dann kann einer nach dem anderen unter Tage gebracht werden. Geplant ist die Einlagerung von zwei bis drei Dutzend Behältern pro Tag



## Nachgefragt

**Stefanie Goedecke ist Mitglied in der Arbeitsgruppe „Betriebliches Regelwerk“ und eine der Ansprechpartner\*innen bei der BGE für die Abläufe bei der Einlagerung von Abfällen im Endlager Konrad.**



**\_\_\_ Von den Zwischenlagern bis ins Endlager: Die gesamte Lieferreihenfolge radioaktiver Abfälle soll von einem Computerprogramm geplant werden.**

Ja, das Programm KEPLA soll auf der Basis der im Endlager Konrad benötigten Abfallbehälter eine sogenannte Anlieferungsreihenfolge erzeugen. Aus dieser wird ersichtlich, wann die Behälter der verschiedenen Kategorien angeliefert werden können.

**\_\_\_ Wieso spielt die Reihenfolge bei der Einlagerung eine so große Rolle?**

In den Einlagerungskammern müssen bestimmte Grenzwerte und Randbedingungen eingehalten werden, die sich aus den Sicherheitsanalysen ergeben. Sie dienen der Sicherheit im Betrieb und nach der Stilllegung des Endlagers.

**\_\_\_ Wie funktioniert das genau?**

KEPLA bildet die Reihenfolgen auf der Basis verschiedener Daten, zum Beispiel Form, Gewicht, Inhalt. Außerdem berücksichtigt die Software logistische Randbedingungen an den Zwischenlagern beziehungsweise am LoK und am Endlager. Dazu gehören Abgabe- und Annahmehöhen pro Tag, die Verfügbarkeit der Ablieferungspflichtigen oder die Stapellogik in den Einlagerungskammern. Mit diesen Daten kann KEPLA aus den zur Verfügung stehenden Behältern eine zulässige Einlagerungs- und Anlieferungsreihenfolge erzeugen.

**\_\_\_ KEPLA wird aber nur ein Teil eines größeren Pakets sein.**

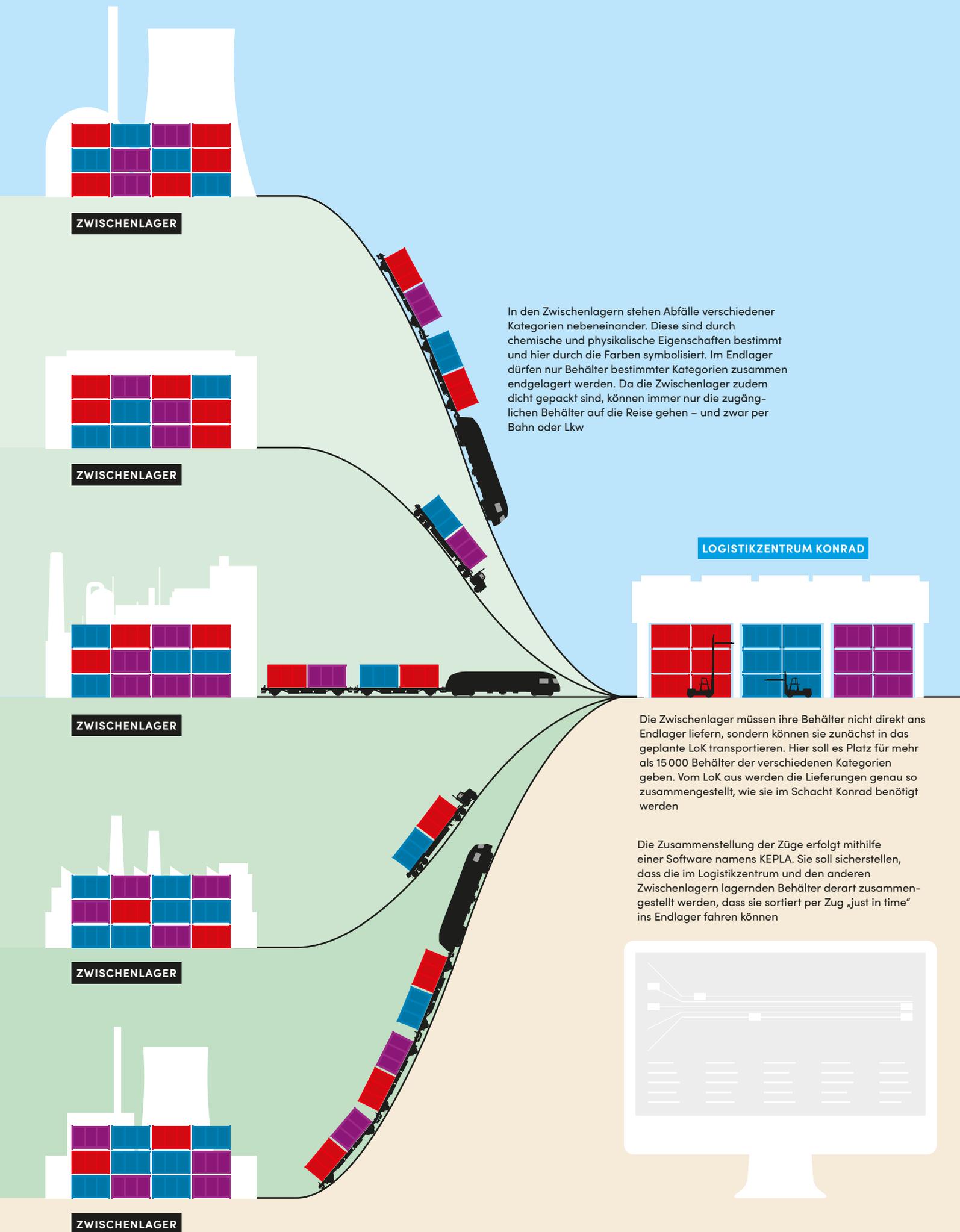
Genau, neben KEPLA planen wir auch eine Plattform, die von den Zwischenlagern beziehungsweise vom LoK genutzt wird. KEPLA verwendet die auf der genannten Plattform gesammelten Daten zu verfügbaren Abfallbinden und logistischen Randbedingungen.

**\_\_\_ Wird die mit KEPLA erzeugte Einlagerungsreihenfolge alle Bedingungen erfüllen?**

Ja, denn zu dem Software-Paket gehört auch ein Dokumentationssystem für das Endlager Konrad. Es enthält eine Prüffunktion der von KEPLA erzeugten Einlagerungs- und Anlieferungsreihenfolgen. Zusätzlich wird es eine Überprüfung der Planungen von den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der BGE geben – und zwar nach dem Vier-Augen-Prinzip. All das braucht Zeit, weshalb die Planungen für die Anlieferungs- und Einlagerungsreihenfolge schon etwa anderthalb Jahre vor den eigentlichen Anlieferungen begonnen werden.

**\_\_\_ Wann wird KEPLA betriebsfertig sein?**

Derzeit läuft für das Software-Paket eine europaweite Ausschreibung. Der für 2021 geplanten Vergabe des Auftrags schließen sich Phasen der Konzeptionierung, der Programmierung und des Probetriebs an. Nach dem derzeitigen Zeitplan wird das Paket ein bis zwei Jahre vor der Fertigstellung des Endlagers Konrad im Jahr 2027 einsatzbereit sein.

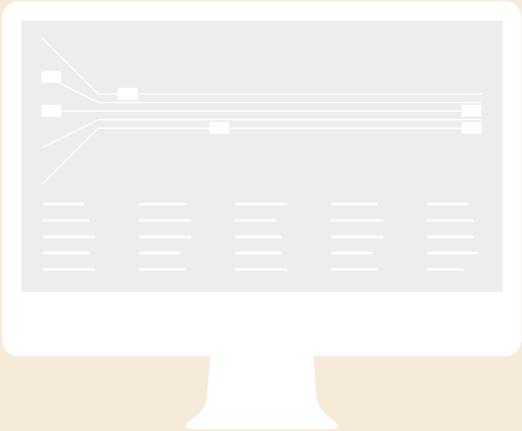


In den Zwischenlagern stehen Abfälle verschiedener Kategorien nebeneinander. Diese sind durch chemische und physikalische Eigenschaften bestimmt und hier durch die Farben symbolisiert. Im Endlager dürfen nur Behälter bestimmter Kategorien zusammen endgelagert werden. Da die Zwischenlager zudem dicht gepackt sind, können immer nur die zugänglichen Behälter auf die Reise gehen – und zwar per Bahn oder Lkw

**LOGISTIKZENTRUM KONRAD**

Die Zwischenlager müssen ihre Behälter nicht direkt ans Endlager liefern, sondern können sie zunächst in das geplante LoK transportieren. Hier soll es Platz für mehr als 15 000 Behälter der verschiedenen Kategorien geben. Vom LoK aus werden die Lieferungen genau so zusammengestellt, wie sie im Schacht Konrad benötigt werden

Die Zusammenstellung der Züge erfolgt mithilfe einer Software namens KEPLA. Sie soll sicherstellen, dass die im Logistikzentrum und den anderen Zwischenlagern lagernden Behälter derart zusammengestellt werden, dass sie sortiert per Zug „just in time“ ins Endlager fahren können



# Damit es schnell geht

Die schwach- und mittlerradioaktiven Abfälle sollen möglichst rasch ins Endlager Schacht Konrad. Im geplanten Logistikzentrum Konrad sollen die Behälter sortiert und so ein Zweischichtbetrieb im Endlager sichergestellt werden

Der Transport vom LoK ins rund 125 Kilometer entfernte Endlager erfolgt auf der Schiene. Die Nähe zum Endlager Konrad und der Bahnanschluss waren die entscheidenden Gründe für den Vorschlag von Würzgassen als Standort für das LoK. Durch das LoK wird eine schnellere Räumung der Zwischenlager und ein effizienterer Transport ins Endlager ermöglicht

Im Zweischichtbetrieb werden an jedem Werktag durchschnittlich 25 Container angeliefert. Die Züge wurden im LoK so zusammengestellt, dass die Behälter stets den Kategorien angehören, die für die Einlagerung gerade benötigt werden

In den Einlagerungskammern dürfen nur Abfälle bestimmter Kategorien in unmittelbarer Nähe zueinander eingelagert werden

Die Abfälle werden in etwa sieben Meter breiten, sechs Meter hohen und 400 bis 1000 Meter langen Kammern endgelagert. Nach der Einlagerung werden diese abschnittsweise mit einer Betonmischung aus zerkleinertem Erz, Zement und Wasser versiegelt. Die Einlagerung erfolgt in 800 bis 850 Metern Tiefe unter der Erdoberfläche

ENDLAGER KONRAD

## Wir über uns

Die **Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH (BGE)** sucht den Standort für ein Endlager für hoch radioaktive Abfälle, der die bestmögliche Sicherheit für eine Million Jahre gewährleistet. Außerdem betreibt die BGE die Endlager Konrad und Morsleben sowie die Schachanlage Asse II und das Bergwerk Gorleben.

- **Bundesgesellschaft für Endlagerung:**  
[www.bge.de/konrad](http://www.bge.de/konrad)

Die **BGZ Gesellschaft für Zwischenlagerung** gewährleistet den sicheren und zuverlässigen Betrieb der Zwischenlager von schwach-, mittel- und hoch radioaktiven Abfällen an den Standorten der deutschen Kernkraftwerke. Damit liegt die Verantwortung für die Zwischenlagerung dieser Abfälle in einer Hand.

- **BGZ Gesellschaft für Zwischenlagerung:**  
<https://bgz.de/sichere-zwischenlagerung/>
- **Seite der BGZ zum Logistikzentrum Konrad:**  
[www.logistikzentrum-konrad.de](http://www.logistikzentrum-konrad.de)

Auf der Internetseite des Magazins bieten wir aktuelle Informationen und Berichte sowie barrierefreie PDFs aller Ausgaben. Dort können Sie auch Klassensätze bestellen:

[www.einblicke.de](http://www.einblicke.de)



## Hinweis für Blinde und Menschen mit Sehbehinderung

Dieses Magazin gibt es auch als barrierefreies PDF-Dokument:  
<https://einblicke.de/magazine>



[www.blauer-engel.de/uz195](http://www.blauer-engel.de/uz195)

Dieses Druckerzeugnis ist mit dem Blauen Engel ausgezeichnet.



## Impressum

**Herausgeber:** Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH, Eschenstraße 55, 31224 Peine, [www.bge.de](http://www.bge.de). V. i. S. d. P.: Manuel Wilmanns; Einblicke-Team: Dagmar Dehmer, Frank Ehrlich, Helge Essert, Katharina Kiefer, Klaus Wild **Verlag:** TEMPUS CORPORATE GmbH, Alt-Moabit 94, 10559 Berlin; Projekt- und Redaktionsleitung: Dr. Joachim Schüring; Gestaltung: Susanne Kluge, Chris Delaney (Art Director); Bildredaktion: Kathrin Tschirner; Lektorat: Dr. Katrin Weiden; Herstellung: Dirk Woschei **Bildnachweise:** Umschlag: Kerntechnische Entsorgung Karlsruhe GmbH/Jörg Wohlfromm, S. 2: Philipp Hannappel, S. 5: Verena Brüning, S. 6, 12/13, 14/15: Ole Häntzschel/Susanne Kluge, S. 7: Marc Steinmetz, S. 8: EWN, S. 10: Janosch Gruschczyk, S. 13: Christian Bierwagen **Druck:** Kern GmbH, Bexbach

Die Einblicke sind auf einem FSC-zertifiziertem Papier unter Verwendung von Altpapier und wiederaufforstbaren Rohstoffen gedruckt und klimaneutral. Die durch die Herstellung verursachten Treibhausgasemissionen wurden durch Investition in ein Klimaschutzprojekt kompensiert.

**Erscheinungsdatum:** 6.3.2021 **Vertrieb:** Diese Ausgabe des Magazins erscheint als Beilage in folgenden Medien: Hallo Salzgitter, Hallo Peine, Braunschweiger Zeitung. Sie wird zudem als Postwurfsendung in der Region Würzgassen verteilt

Haben Sie noch Fragen?  
Dann schreiben Sie uns:  
**Endlager Konrad:**  
[dialog@einblicke.de](mailto:dialog@einblicke.de)  
**Logistikzentrum Konrad:**  
[info@bgz.de](mailto:info@bgz.de)

