



KTE

Kerntechnische
Entsorgung Karlsruhe



BEHANDLUNG UND LAGERUNG RADIOAKTIVER ABFÄLLE

UNSERE ANLAGEN UND UNSER KNOW-HOW

Ein Unternehmen der EWN Gruppe

SEHR GEEHRTE DAMEN UND HERREN, LIEBE LESER UND LESERINNEN,

Der KIT Campus Nord ist ein gewöhnliches Universitätsgelände: Fröhlich plaudernde junge Menschen, eine belebte Mensa – rund 6.000 Personen arbeiten hier, dazu tausende Studierende von Energie-, Nano- und Mikro-technologien sowie Klima- und Umweltthemen.

Allerdings umgibt ein Zaun das rund zwei Quadratkilometer große Areal, das 10 km außerhalb von Karlsruhe abgeschieden mitten im Hardtwald liegt. Der Zutritt wird rund um die Uhr überwacht. Wozu diese Vorkehrungen? Der Grund: Die Historie des KIT Campus Nord als größtes Atomforschungszentrum Deutschlands.

Hier hat die Bundesregierung in den 1960er bis 80er Jahren Energieforschung betrieben und die friedliche Nutzung der Kernenergie mit verschiedenen Versuchs- und Prototypanlagen erforscht, u.a. mit zwei Prototypreaktoren, einer Wiederaufarbeitungsanlage und mehreren Anlagen mit Heißen Zellen. Deshalb lagert auf dem Gelände

die deutschlandweit größte Menge an schwach- und mittelradioaktiven Abfällen. Dies sind derzeit rund 72.500 m³, die auf die Abgabe an ein Endlager des Bundes warten.

Heute sind die seit Langem stillgelegten Anlagen in der Verantwortung der KTE: Wir wurden von der öffentlichen Hand beauftragt, den Standort vom nuklearen Erbe zu befreien. Diese Aufgabe managen wir mit unseren 700 Mitarbeitenden mit Sorgfalt und Sicherheit. Die Umstände sind oft genug herausfordernd – Vorgaben und Zuständigkeiten verändern sich, Zeitschienen verlängern sich. Als KTE tun wir unser Bestes, den Prozess durch aktives Engagement in Gremien und Fachkreisen aktiv mitzugestalten. So können wir stolz sagen, dass wir immer auf der Höhe der Zeit und oft einen Schritt voraus sind.

Untrennbar mit dem Rückbau verbunden sind die dabei entstehenden radioaktiven Abfälle, für die wir ebenfalls die Verantwortung tragen. Verarbeitung und Entsorgung von radioaktiven Abfällen zählen zu den Kernkompetenzen der KTE. Woraus bestehen diese Abfälle und wie werden sie fachgerecht behandelt? In Gesprächen mit der interessierten Bevölkerung spüren wir viel Neugier, mehr darüber zu erfahren.

Mit dieser Broschüre möchten wir Ihnen, liebe Leserinnen und Leser, unsere Arbeit nahebringen, Ihnen sozusagen einen Blick hinter den Zaun ermöglichen. Begleiten Sie uns auf eine Reise durch die KTE Entsorgungsbetriebe.

Ihre KTE-Geschäftsführung

Ronald Rieck



Ronald Rieck, Geschäftsführer

SPEZIALISTIN FÜR ENTSORGUNG

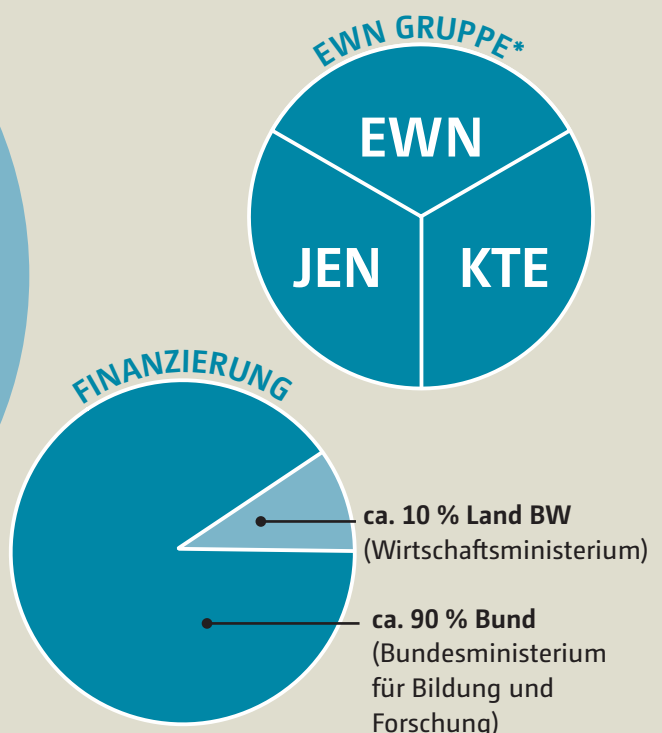
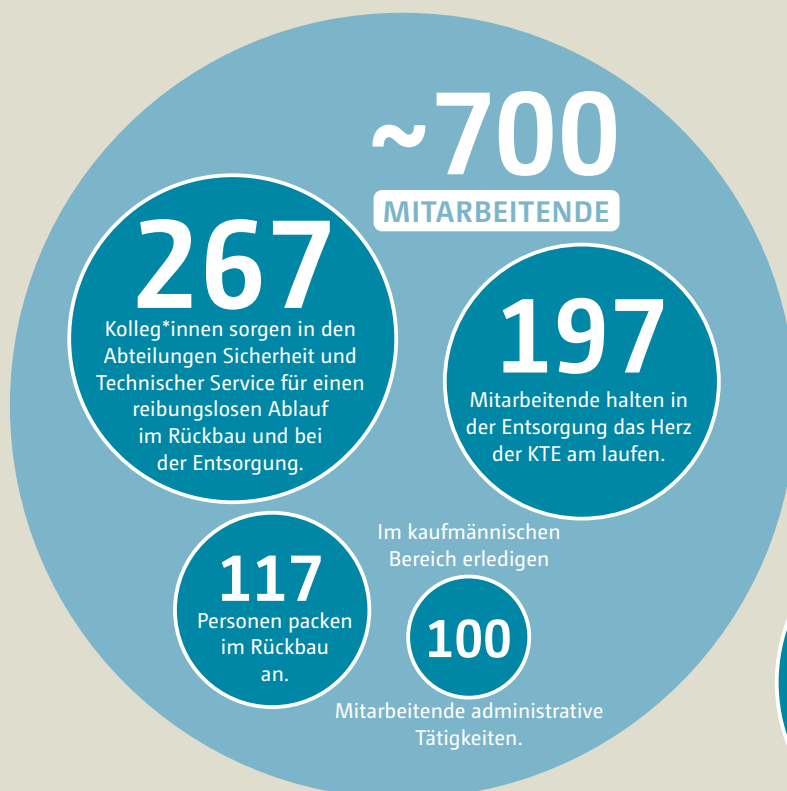
Die Kerntechnische Entsorgung Karlsruhe GmbH (kurz KTE) ist zuständig für alle Rückbauaktivitäten an den stillgelegten kerntechnischen Versuchs- und Prototypanlagen am Standort Karlsruhe KIT Campus Nord. In derzeit neun Rückbauprojekten werden Gebäude, in denen früher intensiv geforscht wurde, zunächst leergeräumt, dann von Restkontamination befreit – dekontaminiert – und anschließend abgerissen.

Was einfach klingt, ist in der Praxis sehr aufwändig und zeitintensiv: Mit Projektlaufzeiten bis in die 2040er Jahre trägt der Rückbau den hohen Sicherheitsanforderungen Rechnung. Bei engmaschigen Kontrollen durch Sachverständige weist die KTE der Aufsichtsbehörde – dem Umweltministerium Baden-Württemberg – gegenüber nach, dass alle Arbeiten fachgerecht nach Vorschrift ausgeführt werden und zu keiner Zeit eine Gefahr für die Mitarbeitenden, die Bevölkerung sowie die Umwelt besteht.

ALLES UNTER EINEM DACH

Ein großer Vorteil für die KTE sind die eigenen Entsorgungsbetriebe. Alle beim Rückbau anfallenden Abfälle werden hier, direkt am Standort, verarbeitet. Pro Jahr sind dies zwischen 1.500 und 2.500 m³ an Reststoffen. Ein Teil davon kann nach Behandlung in ein Freigabeverfahren und konventionell entsorgt werden. Der Rest muss als radioaktiver Abfall weiterverarbeitet werden. Endlagergerecht in Container verpackt und rückverfolgbar dokumentiert, warten mittlerweile rund 72.500 m³ in den KTE-eigenen Zwischenlagern auf die Inbetriebnahme des Endlagers Konrad für schwach- und mittelradioaktive Abfälle. Die kontrollierte Abgabe der Container wird mehrere Jahrzehnte in Anspruch nehmen.

Die Rückbauprojekte am Standort werden voraussichtlich noch bis Ende der 2040er Jahre Abfälle erzeugen. Ist alles verpackt und die Lager geräumt, steht der Rückbau der Entsorgungsbetriebe selbst an: Vermutlich im Lauf der 2070er Jahre wird die KTE sich damit selbst abgewickelt haben.



RADIOAKTIVE ABFÄLLE: WAS IST DAS EIGENTLICH?

Beim Betrieb und beim Rückbau einer nuklearen Anlage fallen radioaktive Reststoffe an. Dies sind zumeist ganz alltägliche Materialien wie Beton, Stahl, Plastik etc. Sie gelten als verunreinigt – kontaminiert –, da ihnen Radionuklide anhaften. Sind die Reststoffe nicht zur weiteren Verwendung vorgesehen, gelten sie als radioaktive Abfälle. Radioaktive Abfälle werden allgemein in drei Kategorien eingeteilt: LAW, MAW und HAW.

KNOW-HOW:

Radionuklid: Atomkern, der instabil und dadurch radioaktiv ist. Radionuklide zerfallen spontan und ohne äußere Einwirkung, wobei Strahlung entsteht. Über 2.750 natürlich vorkommende oder künstlich erzeugte Radionuklide sind bekannt.



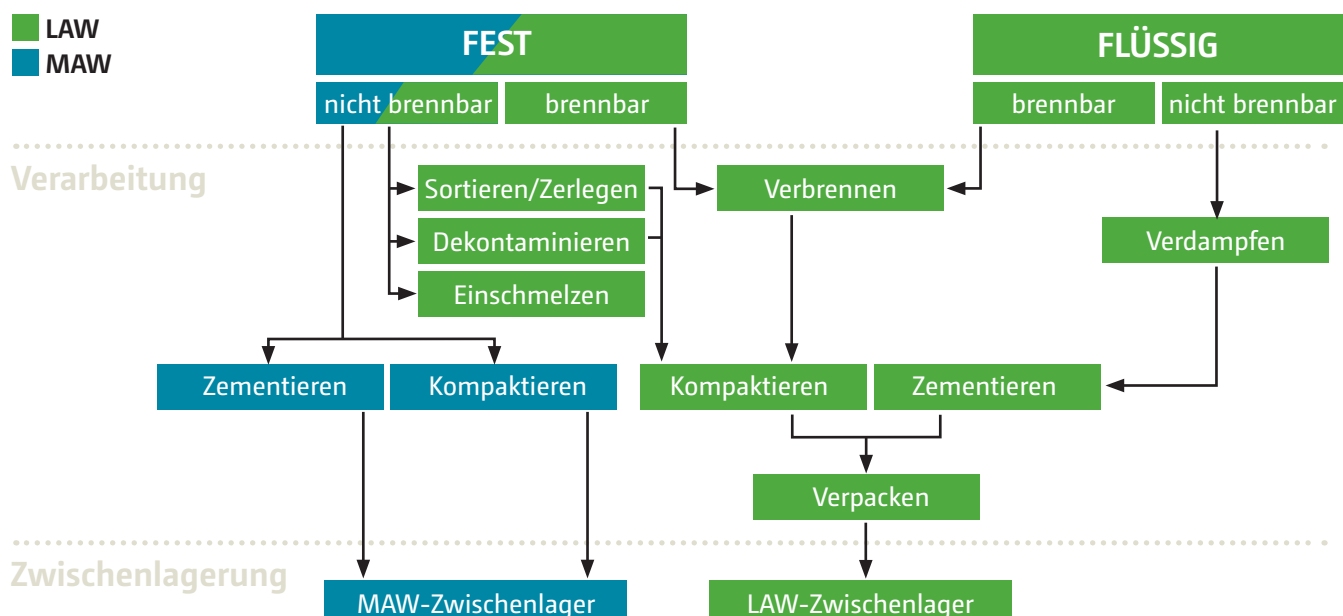
Beton, Bauschutt, aber auch Verbrauchsmaterialien wie z.B. Luftfilter und Schutzkleidung stellen den Großteil der Reststoffe.

	Was ist das?
LAW Low Active Waste = schwach radioaktive Abfälle	Betriebs- und Rückbau- abfälle wie z.B. persönliche Schutzkleidung, Wischlappen, Elektroschrott, Metallschrott, Lüftungskanäle und -filter, Bauschutt.
MAW Medium Active Waste = mittelradioaktive Abfälle	Abfälle mit höherer Strahlung, z.B. Material, das in der Nähe des Reaktorkerns eingesetzt war, oder Rückstände aus der Wiederaufarbeitung.
HAW High Active Waste = hoch radioaktive Abfälle	Bestrahlte Brennelemente und Abfälle aus der Wiederauf- arbeitung in Kokillen.

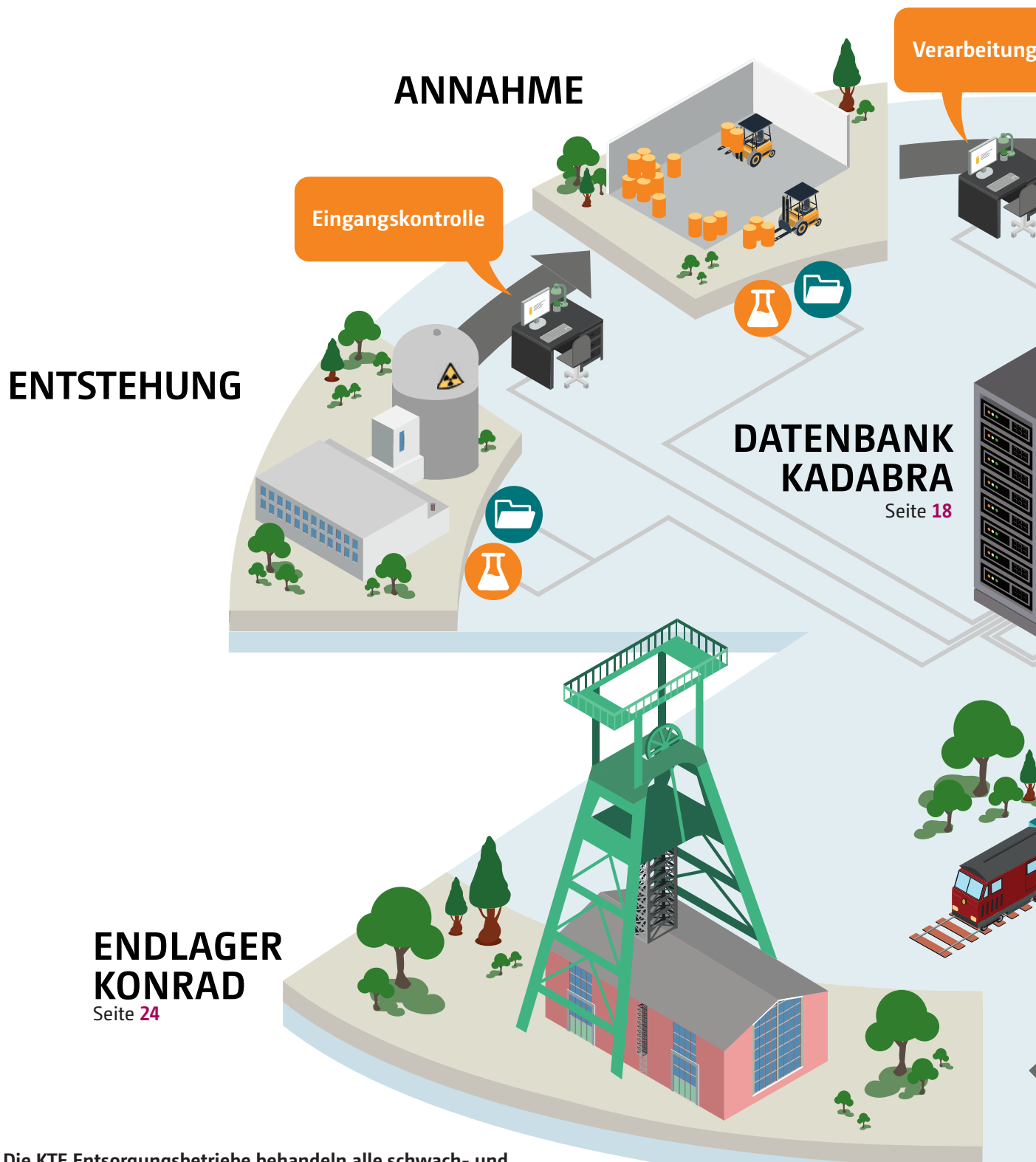


Wie verarbeitet die KTE diesen Abfall?	Wo soll der Abfall hin?
Die schwach radioaktiven Reststoffe machen den weitaus größten Teil der Abfälle aus. Bei geeigneten Materialeigenschaften können oberflächlich anhaftende Radionuklide mit mechanischen und nass-chemischen Verfahren entfernt werden, so dass das Volumen für die Endlagerung reduziert wird.	Endlager Konrad 
Mittelradioaktive Abfälle fallen in geringerer Menge an, gehen jedoch mit einem deutlich höheren Aufwand bei der Handhabung, Verarbeitung und Zwischenlagerung einher: Aufgrund der erhöhten Dosisleistung können sie nicht händisch gehandhabt werden, sondern müssen entweder fernhantiert mit sog. Manipulatoren oder unter besonderen Strahlenschutzvorkehrungen verarbeitet werden.	Endlager Konrad 
In der Masse machen sie nur wenige Prozent des Gesamtvolumens radioaktiver Abfälle in Deutschland aus, sind jedoch für 99 % der Gesamtradioaktivität verantwortlich. Bei der KTE fallen keine HAW-Abfälle mehr an, weil einerseits alle Brennelemente bereits in den 1980er und 1990er Jahren vom Standort abtransportiert worden sind und andererseits die hochaktive Flüssigkeit aus der Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe (WAK) in der eigens dafür errichteten Verglasungseinrichtung Karlsruhe (VEK) verglast und die insgesamt 140 Glaskokillen in fünf Castorbehältern 2011 in das Zwischenlager Nord (ZLN) der KTE-Muttergesellschaft EWN verbracht worden sind. Dort lagern insgesamt 9 Castorbehälter der KTE, 5 CASTOR HAW mit Glaskokillen und 4 CASTOR KNK mit Brennstäben aus dem Schnellen Brüter KNK.	Endlager für hochradioaktive Abfälle (Prozess der Standortauswahl läuft) 

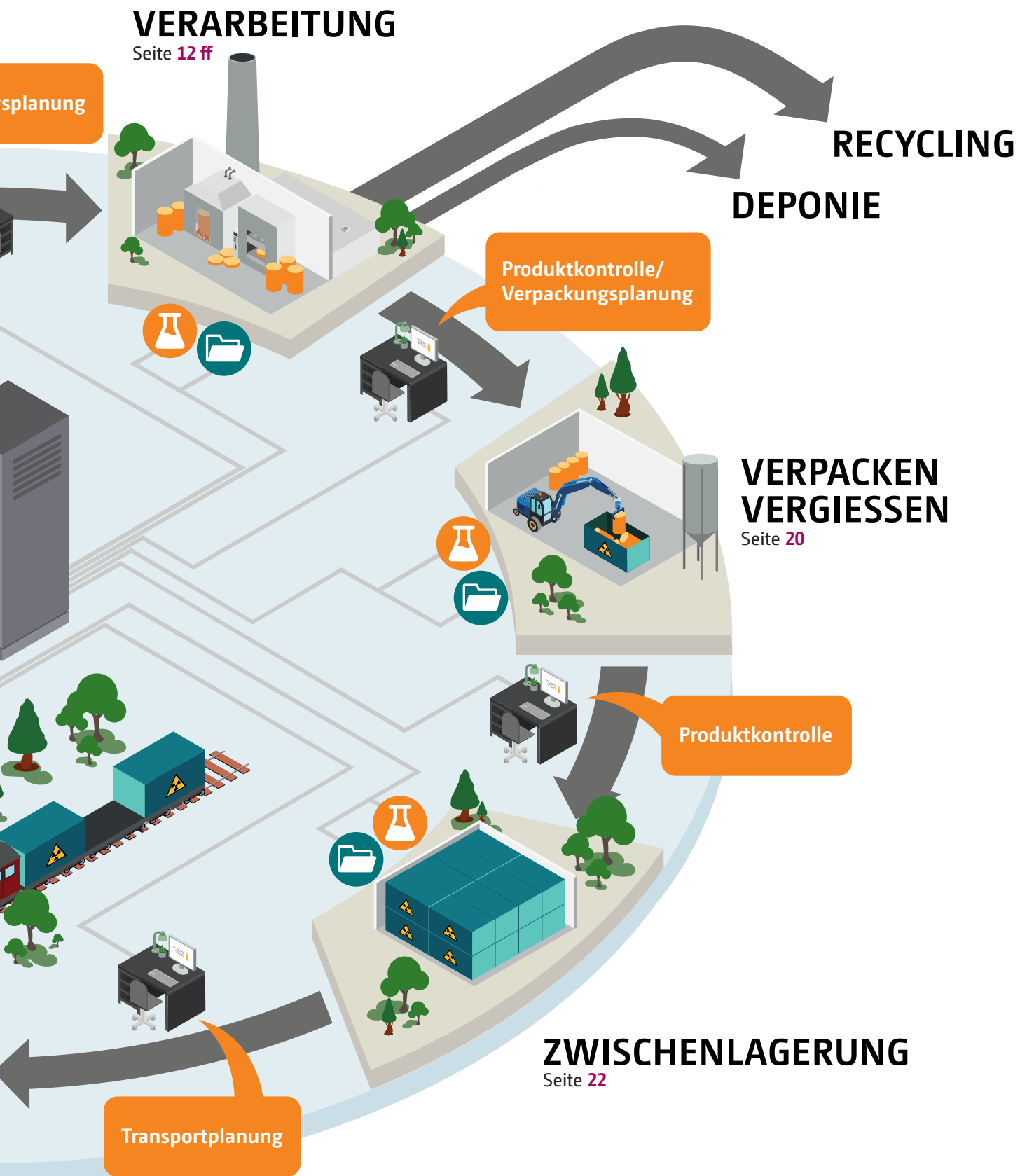
Die Abfälle werden in den Entsorgungsbetrieben der KTE entsprechend ihrer stofflichen Eigenschaften verarbeitet:



DER WEG DER RADIOAKTIVEN ABFÄLLE



Die KTE Entsorgungsbetriebe behandeln alle schwach- und mittelradioaktiven Abfälle, die auf dem Gelände des KIT Campus Nord anfallen. Dafür betreibt die KTE 10 Abfallbehandlungsanlagen, 2 Labore sowie radiologische Messeinrichtungen für Fässer und Container. Der Abfall wird endlageregerecht konditioniert und verpackt und bis zur Abgabe an das Endlager Konrad bei der KTE sicher zwischengelagert.



„WIR SIND EIN GROSSES ABFALL- VERARBEITUNGSUNTERNEHMEN“

Heike Merx, Bereichsleiterin Entsorgung, im Interview über die KTE-Entsorgungsbetriebe.

Entsorgungsbetriebe – das klingt erst einmal harmlos. Dabei geht es aber eigentlich um die Arbeit mit gefährlichen Stoffen ...

Heike Merx: Beides stimmt. Radioaktive Abfälle sind definitiv ein extrem herausforderndes Material, mit dem wir hier am Standort seit Jahrzehnten unter strengen gesetzlichen Vorgaben arbeiten. Blickt man dabei auf unsere Abläufe, dann sind wir hier eigentlich ein großer Schrottplatz. Wir machen nichts anderes als ein großer konventioneller Abfallentsorger, der Abfälle sortiert, zerlegt, reinigt, recycelt, verpresst und verbrennt. Aber unabhängig von welcher Seite man es betrachtet – wir tragen hier eine große Verantwortung für den Schutz von Mensch und Umwelt.

Wer bei radioaktiven Abfällen an Kernkraftwerke denkt, wird bei einem Blick in die gelben Fässer der KTE staunen: Dort finden sich Bauschutt, Metallschrott, Kunststoffabfälle und die Asche aus unserer Verbrennungsanlage ...

Heike Merx: Abfälle aus dem Rückbau von nuklearen Anlagen sehen zunächst aus wie andere Industrieabfälle. Die KTE baut verschiedene, seit vielen Jahren stillgelegte kerntechnische Versuchs- und Prototypanlagen zurück und kümmert sich um die dabei anfallenden schwach- und mittelfradioaktiven Abfälle. Unsere Rückbau-Kolleg*innen demontieren komplette Gebäude mit ihrem gesamten Inhalt – bis hin zur so genannten „grünen Wiese“. Dementsprechend ist auch das Material beschaffen, das sie an uns abgeben.

Die Abfälle werden in den Entsorgungsbetrieben recht aufwändig weiterverarbeitet, z.B. gepresst, verbrannt oder verdampft. Warum ist das notwendig?

Heike Merx: Wenn die Abfälle aus dem Rückbau bei uns ankommen, kümmern wir uns darum, die radioaktiv belasteten Bestandteile von den unbelasteten zu trennen. Dabei soll ein möglichst geringes Volumen an radioaktivem Abfall übrigbleiben. Zum Beispiel werden Lüftungskanäle, Filterelemente und andere, nicht brennbare Komponenten unter hohem Druck zu Pellets gepresst. Oder Betonteile werden zerlegt und über einen Backenbrecher in „Krümel“ zerkleinert, um möglichst Hohlräume in den Containern zu vermeiden. Denn am Ende kostet jeder Kubikmeter im Endlager die Steuerzahlenden Geld.



„Wir machen nichts anderes als ein großer konventioneller Abfallentsorger, der Abfälle sortiert, zerlegt, reinigt, recycelt, verpresst und verbrennt.“

**Heike Merx,
Bereichsleiterin Entsorgung**

Wer hat diese Vorgänge festgelegt und was passiert, nachdem der Fassdeckel geschlossen ist?

Heike Merx: Der Umgang mit radioaktiven Stoffen – und dazu zählt auch die fachgerechte Entsorgung radioaktiver Abfälle – ist in Deutschland durch das Atomgesetz und nachfolgende Verordnungen geregelt und schlägt sich in unserer atomrechtlichen Genehmigung und unserem Betriebsregwerk nieder. Wir nehmen die uns übertragene Verantwortung ernst und halten uns streng an die Vorgaben. Dazu gehört auch die fortlaufende Dokumentation der Abfälle.

Mit anderen Worten: Wir können in jedem Bearbeitungsschritt die Beschaffenheit der Abfälle und ihren jeweiligen Ort nachweisen – auch wenn der Deckel zu ist und die Abfälle in unserem Zwischenlager stehen. Überprüft werden wir dabei durch unsere Aufsichtshörde, das Umweltministerium Baden-Württemberg, und unabhängige Sachverständigenorganisationen wie den TÜV.



Heike Merx (r) ist Strahlenschutzingenieurin und leitet den KTE-Betriebsteil Entsorgungsbetriebe.

Hand aufs Herz – ist eine Tätigkeit in den Entsorgungsbetrieben nicht gefährlich?

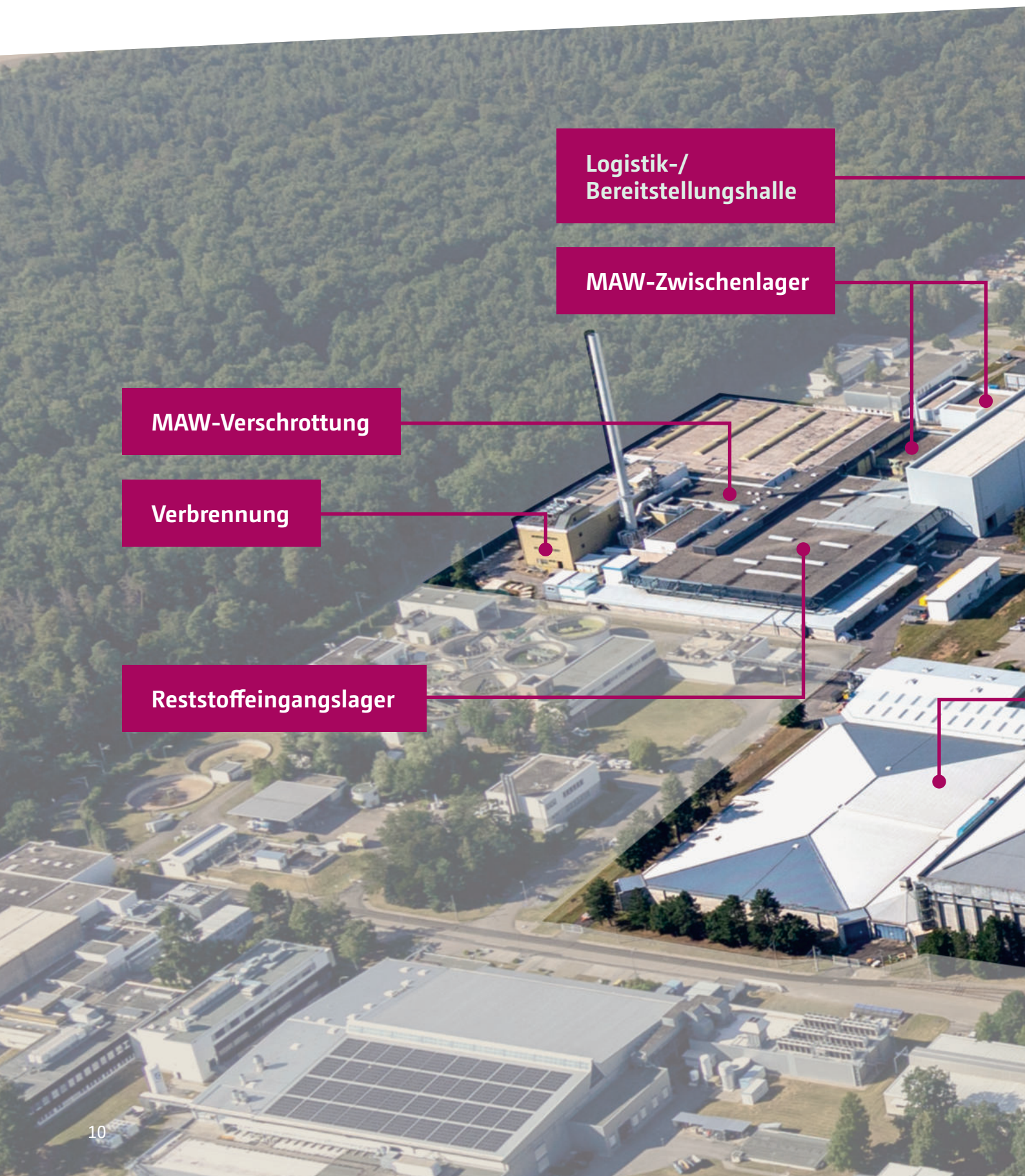
Heike Merx: Nein, denn wir wissen erstens ganz genau, womit wir es zu tun haben und setzen zweitens alle Maßnahmen konsequent um, mit denen das Arbeiten bei uns sicher ist. Im Rahmen des Strahlenschutzrechts gelten, über den normalen Arbeitsschutz hinaus, besonders strenge Schutzmaßnahmen für unsere Mitarbeitenden als so genannte beruflich strahlenexponierte Personen. Diese halten wir als Arbeitgeber penibel ein und betreiben dafür auch einen sehr hohen Schulungsaufwand.

Welche Berufsgruppen sind bei Ihnen in den Entsorgungsbetrieben vertreten?

Heike Merx: Bei uns arbeitet eine recht bunte Mischung, die überwiegend im technischen Berufsumfeld anzusiedeln ist. Wir haben gut 200 Kolleg*innen mit unterschiedlichen Qualifikationen in Handwerk, Labor und Technik, Informatik oder Administration – von der Fachkraft über Gesell*innen, Meister*innen, Ingenieur*innen bis hin zu promovierten Naturwissenschaftler*innen. Wir werden noch Jahrzehnte lang spannende Aufgaben bieten und suchen fortlaufend Nachwuchs. Die langfristigen Berufsaussichten sind vor dem Hintergrund der aktuellen Rückbauzeiten sehr gut. Schließlich sind wir diejenigen, die am Ende aufräumen und das Tor abschließen. Und das wird nach derzeitigem Planungsstand erst in den 2070er Jahren der Fall sein.



ÜBERSICHT KTE-ENTSORGUNGSBETRIEBE



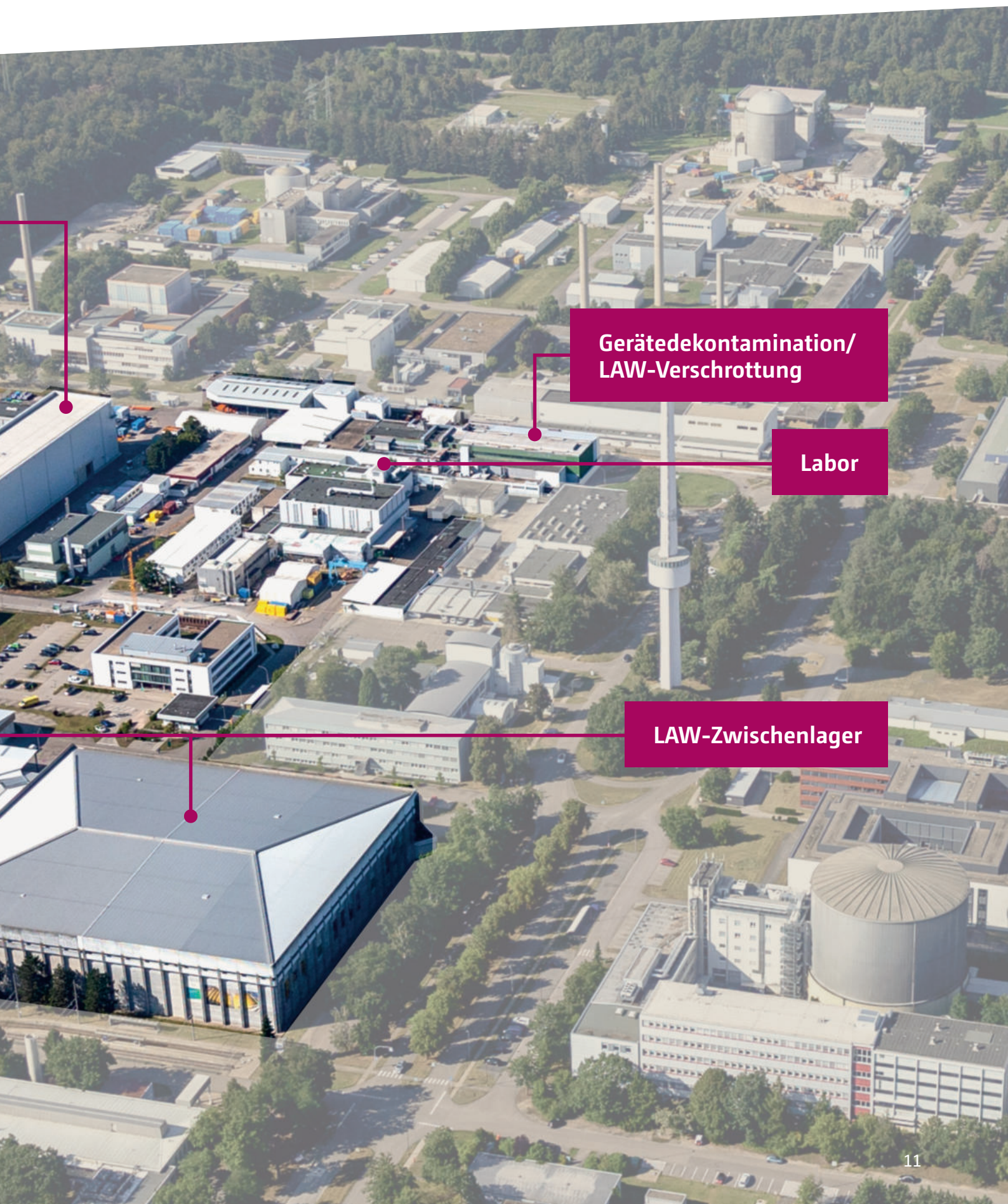
Logistik-/
Bereitstellungshalle

MAW-Zwischenlager

MAW-Verschrottung

Verbrennung

Reststoffeingangslager



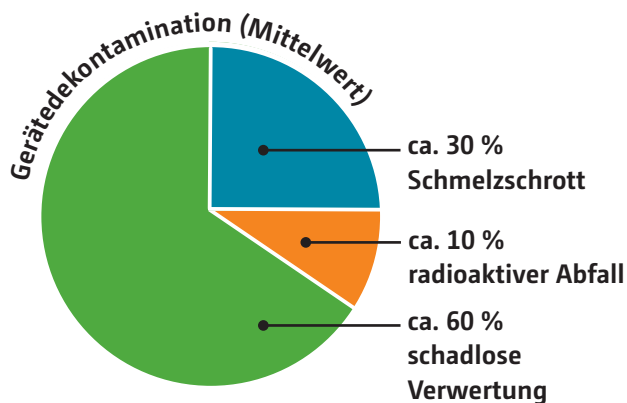
Gerätedekontamination/
LAW-Verschrottung

Labor

LAW-Zwischenlager

METHODEN DER ABFALLVORBEHANDLUNG

An den Arbeitsplätzen der Gerätedekontamination werden jährlich bis zu 1.200 Tonnen (t) Struktur- und Anlagenteile verarbeitet. Hier stehen zahlreiche Gerätschaften und Methoden bereit, um die Abfälle professionell zu bearbeiten. Dazu gehört auch, nicht belastetes Material soweit wie möglich von belasteten Stoffen zu reinigen - zu dekontaminieren. Ebenso werden Materialien zerlegt und für die nächsten Behandlungsschritte sortiert.



In den Rückbauprojekten der KTE fallen nur wenige **aktivierte** Reststoffe an. Der Großteil der radioaktiven Reststoffe ist oberflächlich **kontaminiert**, d.h. die Radionuklide haften an der Oberfläche. Entsprechend können sie mit unterschiedlichen mechanischen Verfahren entfernt werden:

Das Nassstrahlen wird zum Reinigen von Oberflächen eingesetzt.

Das Trockenstrahlen wird unter anderem eingesetzt für Bauteile aus Stahl, Beton und Edelstahl. Man trägt dabei eine Schicht Oberfläche ab und entfernt damit belastete Lacke etc.

Beide Verfahren werden in luftdicht abgetrennten Einhausungen, so genannten Caissons, durchgeführt. Die Arbeitenden tragen bei diesen Einsätzen fremdbelüftete Schutzanzüge.



Hochdruckstrahlen entfernt Kontamination von der Oberfläche.



Halle mit Dekocaissons (rechts und links) und einem Caisson zum Sandstrahlen (Mitte).

KNOW-HOW:

Aktiviertes Material ist ursprünglich inaktives Material (z.B. Stahl), das durch den Kontakt mit Neutronen im Reaktor radioaktiv geworden ist.

Kontaminiertes Material weist unerwünschte Verunreinigungen mit radioaktiven Stoffen auf.

Für den Stahlschrott besteht die Option des Einschmelzens mit atomrechtlicher Genehmigung bei einem externen Dienstleister. Beim Einschmelzen wird der Stahl gereinigt und die radioaktiven Stoffe in der Schlacke konzentriert.

Diese Schlacke wird von den Entsorgungsbetrieben zurückgenommen und für die Endlagerung vorbereitet.

Durch die Maßnahmen der Dekontamination kann ein Großteil der angelieferten Masse so weit gereinigt werden, dass sie einer Freigabe zugeführt werden kann. Für diesen Verwaltungsakt müssen abschließende Messungen Werte unter den gesetzlich festgelegten Grenzwerten bescheinigen. Als Wertstoff wird das Material anschließend an das Recycling abgegeben oder, bei eingeschränkter Freigabe, auf eine Deponie verbracht.



Arbeiten im Caisson mit Überwachung von Außen.

In den Entsorgungsbetrieben verbleiben die radioaktiven Abfälle, die an das Endlager abgegeben werden müssen. Dazu werden diese durch Behandlung möglichst im Volumen verringert und dann, endlagergerecht verpackt, am Standort zwischengelagert.



Vorbehandlung von Bauschutt für die Backenbrecheranlage.

KNOW-HOW:

Geringfügig radioaktives Material darf nach einer **uneingeschränkten Freigabe** wieder in den Wirtschaftskreislauf zurückgeführt werden. Dazu gibt es Grenzwerte in der Strahlenschutzverordnung. Basis dieser Grenzwerte ist das sogenannte „Dosiskriterium“. Durch die freizugebenden Stoffe darf die effektive Dosis für Einzelpersonen der Bevölkerung den „Bereich von 10 Mikrosievert pro Jahr“ nicht übersteigen. Ein Wert weit unter der Dosis, der die Bevölkerung durch natürlich vorkommende Strahlung ausgesetzt ist – dieser liegt etwas über 2.000 Mikrosievert pro Jahr.



Mehr zum Thema:

METHODEN DER ABFALLBEHANDLUNG

Materialien und Bauteile, die nicht dekontaminiert werden können, müssen als radioaktiver Abfall beseitigt werden. Dazu werden sie konditioniert, d.h. sie werden zu zwischen- und endlagerfähigen Abfallprodukten verarbeitet. Diese müssen die Anforderungen der atomrechtlichen Umgangsgenehmigung der Entsorgungsbetriebe und der Endlagerbedingungen erfüllen. Im Rahmen der Konditionierung werden sie zudem auf ein möglichst geringes Volumen gebracht: Der Platz im Endlager Konrad ist begrenzt und teuer. Daher wird jedes Fass mit optimal zerkleinertem Abfall befüllt.

LAW

Zur Verarbeitung der schwach radioaktiven Abfälle stehen folgende Verfahren zur Verfügung:

VERBRENNEN

Feste und flüssige brennbare Abfälle werden verbrannt und die dabei entstehende Asche anschließend verpresst.

In der Verbrennungsanlage der KTE werden pro Jahr etwa 80 t brennbare Abfälle verarbeitet, die, einzigartig in Deutschland, auch höhere Alpha-Kontaminationen enthalten dürfen. Die Asche wird anschließend unter Hochdruck verpresst. Insgesamt wird das Volumen der Abfälle damit um den Faktor 100 reduziert.

Die bei der Verbrennung entstehenden Rauchgase werden einer mehrstufigen Reinigungsanlage mit Wäschern, Absorbern und Filtern zugeführt. Dabei wird sowohl die Ableitung von Radioaktivität als auch die Emission chemischer Schadstoffe streng überwacht. Die behördlichen Grenzwerte werden dabei weit unterschritten.



Feste, brennbare Abfälle werden dem Ofen zugeführt.



Fässer mit LAW-Abfällen werden gepresst.

KOMPAKTIEREN

Feste, nicht brennbare Abfälle, wie z.B. Metalle, Filterelemente oder Asche, werden kompaktiert. Sie werden dazu in Presstrommeln verpackt und mit einer Hochdruckpresse mit 1.500 t Presskraft zu Pellets verpresst. Diese werden anschließend in Abfallfässer geladen. Dadurch wird eine Volumenreduktion um den Faktor 2 bei Asche und um den Faktor 4-6 bei anderen Abfällen erreicht. Größere Teile können vorab in einer Vorpresse mit Schrottschere mit einer Presskraft von 500 t vor-gepresst und wie beschrieben weiterverarbeitet werden.

VERFÜLLEN

Betonteile können am Stück oder mit der Backenbrecheranlage zerkleinert direkt in Produktstahlcontainer verfüllt werden.

EINDAMPFEN UND ZEMENTIEREN

Flüssige, nicht brennbare Abfälle werden eingedampft. Es entsteht ein Konzentrat, in dem die Radioaktivität aufkonzentriert ist, das im zweiten Schritt mit Zement im Abfallfass zu einem Abfallprodukt verfestigt wird.

Das beim Eindampfen entstehende Destillat wird radiologisch und chemisch überprüft und an das Klärwerk des KIT abgegeben.



Know-how in der Abfallbehandlung:
Mitarbeiter beim Steuern der Verbrennungsanlage.

KNOW-HOW:

Alpha-Strahlung:

Ionisierende Strahlung mit geringer Reichweite – bereits 1 Blatt Papier hält sie auf.

Beta-Strahlung:

Ionisierende Strahlung, die einige Millimeter tief in den Körper eindringen kann. Blech oder Plexiglas schirmen effektiv ab.

Gamma-Strahlung:

Ionisierende, elektromagnetische Strahlung. Sie wird gebremst durch dicke Betonmauern und/oder Blei.



200-l-Fass mit Presslingen

MAW

Die Konditionierung der MAW-Abfälle erfolgt ausschließlich fernhantiert über Schwerlast- und Handmanipulatoren hinter dicken Beton-Wänden und Bleiglasfenstern. Zur Verarbeitung mittelradioaktiver Abfälle stehen folgende Verfahren zur Verfügung:

KOMPAKTIEREN

Für die Volumenreduktion steht in der MAW-Zelle eine fernbedienbare Hochdruckpresse mit 2.000 t Presskraft. Diese ermöglicht eine wesentliche Volumenreduzierung fester Abfälle bis um den Faktor 5.

ZEMENTIEREN

MAW-Abfälle, die nicht verpresst werden können, werden im Abfallproduktfass vergossen.



Ein Fass mit MAW-Abfällen wird fernhantiert verschlossen.

ANALYTIK RADIOAKTIVER ABFÄLLE

Die Analytik der Abfälle begleitet den gesamten Prozess von Rückbau, Behandlung bis hin zur Lagerung. Bereits bei den Rückbauprojekten werden Abfälle beprobt, ihre Aktivität anhand eines Schlüsselnuklids bestimmt. Diese und weitere Informationen, wie z.B. Dosisleistung oder pH-Wert bei Flüssigabfällen, sind auf dem Reststoffbegleitschein aufgeführt. Die dort eingetragenen Daten sind sowohl für die Verarbeitung der Abfälle als auch für die spätere Zwischen- und Endlagerung relevant.

WISSEN, WAS DRIN IST

In der **Eingangs- und Produktanalytik** werden Fässer einer zerstörungsfreien Prüfung unterzogen. Hierfür werden diverse Fassmesseinrichtungen mit Gammastrahlenspektrometrie und Dosisleistungsmessung betrieben. Außerdem betreibt die KTE zwei Neutronenmonitore zur erweiterten Bestimmung des Kernbrennstoffgehalts. Mit den Messungen werden die Angaben des Begleitscheins überprüft und sie dienen als gültige Nachweise für die Produktkontrolle des Endlagers.

KNOW-HOW:

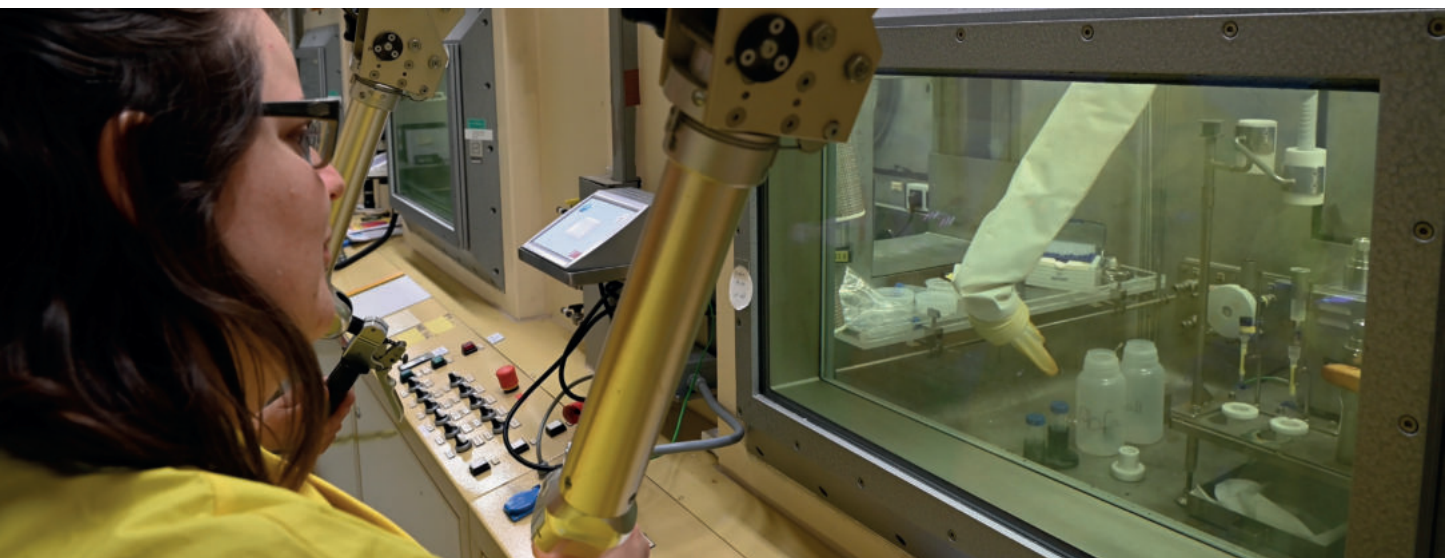
Manche Radionuklide lassen sich direkt messen, andere müssen durch aufwändig aufbereitete Proben nachgewiesen werden. Aus den Ergebnissen wird ein **Nuklidvektor**, sozusagen eine Inhaltsangabe zur Zusammensetzung der Probe, abgeleitet.

Im **Radiochemischen Labor** werden schwach und mittelradioaktive Materialproben verarbeitet: Je nach Bedarf untersucht das Team sie auf verschiedenste physikalisch-chemische Parameter und bestimmt ihre chemischen und radiologischen Zusammensetzungen.

Das Radiochemische Labor und die Eingangs- und Produktkontrolle mit ihren Fassmesseinrichtungen sind akkreditiert und werden regelmäßig durch die Deutsche Akkreditierungsstelle (DAKKS) geprüft. Damit erfüllen die angewendeten Methoden einen der höchsten Standards in Deutschland.



In der KTE werden jährlich bis zu 2.500 Proben ausgewertet.



Fernhantierte Aufbereitung einer Probe im MAW-Labor.

STRAHLENSCHUTZ

In den Entsorgungsbetrieben ist der Strahlenschutz als eigene Organisationseinheit ständig vertreten und steht mit Rat und Tat zur Seite. Die über 30 Kolleg*innen im Strahlenschutz wirken zudem bei Planungs- und Genehmigungsprozessen mit.

PARTNER IN DER RADIOLOGISCHEN ÜBERWACHUNG

Die Strahlenschützer*innen komplettieren die baulichen, technischen und organisatorischen Strahlenschutzmaßnahmen. Regelmäßig messen sie radioaktive Kontaminationen und Dosisleistungen am Arbeitsplatz und überwachen die Personendosis der Mitarbeitenden, die in den Strahlenschutzbereichen der Entsorgungsbetriebe tätig werden. Auf diese Weise ist sichergestellt, dass die Arbeiten unter Strahlenschutzgesichtspunkten sicher und regelkonform ablaufen.



Ein wichtiges Stichwort im Strahlenschutz: Abstand! Mit dem Teletektor kann man auch aus der Entfernung messen.



Mit Wischttests wird auf Oberflächenkontamination geprüft.

Die Emissionen aus den Entsorgungsbetrieben werden auf radioaktive Stoffe überwacht. Insbesondere die Abgabe von radioaktiven Stoffen über die Fortluft aus den Gebäuden wird dabei strengstens kontrolliert und bilanziert. Damit wird gegenüber der Aufsichtsbehörde nachgewiesen und dokumentiert, dass die Emissionen der Entsorgungsbetriebe unterhalb der zugelassenen Grenzwerte liegen.

PARTNER IN DER FREIGABE

Die Organisation Strahlenschutz stellt auch den Strahlenschutzbeauftragten für die Freigabeverfahren. Ihr obliegt die Festlegung und Durchführung der Freigabemessungen und deren Dokumentation. Damit verantwortet sie den Prozess der Freigabe des Materials, das nach der Dekontamination konventionell entsorgt werden kann.



Nach Einsätzen im Strahlenschutzbereich messen sich Mitarbeitende im Ganzkörpermonitor aus.

KNOW-HOW:

Ein Dosisleistungsmessgerät misst die Strahlendosis pro Zeit in Mikrosievert/Stunde ($\mu\text{Sv/h}$).

DOKUMENTATION

Die Dokumentation begleitet die Reststoffe nicht nur auf ihrem Weg durch die Entsorgungsbetriebe. Sie ist zugleich Vorbereitung auf die Endlagerung. Die Betreiberin des Endlagers Konrad, die Bundesgesellschaft für Endlagerung (BGE), hat dafür sehr genaue Vorgaben festgelegt. Die Endlagerungsbedingungen bilden, zusammen mit der Genehmigung durch das Umweltministerium Baden-Württemberg, den rechtlichen Rahmen für die Abfallbearbeitung bei der KTE.

Radioaktiver
Reststoff

Radiologische und
stoffliche Deklaration

BGE-Bestäti-
gung (P2)

Einstell
Endlage

DOKUMENTATION: WIE DER STECKBRIEF EINES ABFALLPRODUKTES ENTSTEHT

Der Begleitschein, mit dem Reststoffe in den Entsorgungsbetrieben angeliefert werden, ist kein unbeschriebenes Blatt: Er gibt bereits Auskunft über die stofflichen und radiologischen Charakteristiken. Diese wurden seitens der abgebenden Stellen über verschiedene Messmethoden ermittelt und umfassen u.a. die chemisch-physikalische Form des Materials, die Aktivität und die Dosisleistung. Anhand dieser Deklarationen werden die Konditionierungsschritte geplant.

Die Bearbeitung der Abfälle verläuft bei der KTE entlang qualifizierter Verfahren, die in Form von **Ablaufplänen** festgelegt wurden. Sie umfassen alle Arbeits- und Prüfschritte, Verfahrensbeschreibungen sowie Protokolle und Nachweisverfahren. Sachverständige der BGE prüfen die Ablaufpläne und geben sie frei. Damit ist sichergestellt, dass die produzierten Produkte und Gebinde den Endlagerungsbedingungen der BGE entsprechen.

Auf ihrem Weg durch die Entsorgungsbetriebe verändern sich die Reststoffe – z.B. werden sie sortiert und ändern ihre stoffliche Zusammensetzung. Dekontamination beeinflusst ihre radiologischen Eigenschaften, oft bis hin zu einem Punkt unterhalb der gesetzlichen Grenzwerte und damit hin zu einer Freigabe. Flüssige Abfälle werden verfestigt, brennbare zu Asche verbrannt. Die Dokumentation hält bei all diesen Schritten mit. Durch weitere Beprobung und Analytik werden die Informationen zu den Reststoffen, die im Verlauf der Behandlung zu Abfallprodukten werden, immer präziser. So sind z.B. für die abschließende radiologische Deklaration gemäß Endlagerbedingungen aktuell fast 200 Radionuklide zu betrachten.

Der Begleitschein enthält alle Informationen über die Abfälle.



Ein Hands scanner liest den QR-Code eines Fasses aus.



NACHWEIS GEGENÜBER DEN BEHÖRDEN

Schließlich werden alle Anforderungen, Prüfprotokolle und Berichte zusammengeführt und in einer **Endlagerdokumentation** beschrieben. Diese ist in der KTE zweistufig aufgebaut. So werden zunächst für die produzierten Abfallfässer chargenweise (gemeinsam konditionierte Abfälle) sogenannte **Abfallprodukt dokumentationen** erstellt und durch die BGE geprüft. Erst danach werden diese Abfallprodukte in zugelassene Behälter (überwiegend Container) als Gebinde verpackt und eine entsprechende **Gebindedokumentation** erstellt.

Die Anforderungen an die Dokumentation der Abfälle wurden innerhalb der letzten Jahrzehnte mehrmals erweitert und/oder geändert. Diese Tatsache stellt die KTE vor die Herausforderung, alle älteren, bereits konditionierten Abfälle an die heutigen Anforderungen anzupassen.

Je nach Komplexität des zu deklarierenden Abfalls kann eine Endlagerdokumentation bis zu mehrere Jahre in Anspruch nehmen.

WO ALLE FÄDEN ZUSAMMENLAUFEN

Mit der „Karlsruher Datenbank für radioaktive Abfälle – KADABRA“ setzt die KTE zur Dokumentation auf eine Software-Eigenlösung, die bereits seit Mitte der 1980er Jahre eingesetzt und sicher auf eigenen Servern gehostet wird. Hier werden alle Abfälle ab Eingang in den Entsorgungsbetrieben bis zum endlagerfähigen Gebinde erfasst. Diese Daten dienen zudem als Grundlage für die Berichte an die Aufsichtsbehörde, das Umweltministerium Baden-Württemberg, sowie an das Bundesamt für Strahlenschutz, EURATOM und das künftige Endlager.



Art, Herkunft und Behandlung radioaktiver Abfälle werden lückenlos dokumentiert, die Werte durch mehrfache Messungen bestätigt – hier: Fassmessenanlage.



Eine Papierdokumentation ergänzt die elektronische Datenbank.

VERPACKEN + VERGIESSEN

Unverpackte Fässer dürfen nicht in Konrad eingelagert werden – in das Endlager dürfen nur spezielle, zugelassene Behälter. Diese sind durch die Endlagerungsbedingungen Konrad vorgegeben und standardisiert.

KONRAD HAT HOHE ANFORDERUNGEN

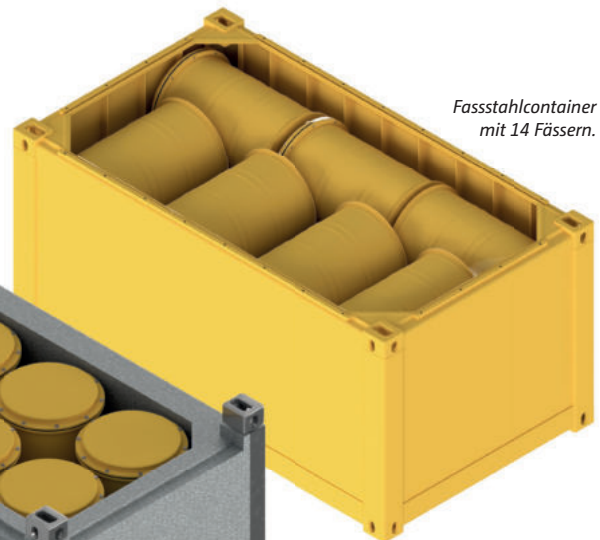
Für die Endlagerung der schwach- und mittelradioaktiven Abfälle in das Endlager Konrad wurden verschiedene Container und Einzelabschirmungen entwickelt. Sie unterscheiden sich je nach Aktivitätsbelastung und Dosisleistung des vorgesehenen Inhalts in Form, Material und Größe. Es gilt das Motto: Je größer die Aktivität des Abfalls, desto höher die Anforderungen an den Endlagerbehälter.



Vergießen von Fassstahlcontainern. Im ersten Schritt mit Niederhalter, um ein „Aufschwemmen“ der Fässer während des Vergießvorganges zu verhindern.



Einzelabschirmung aus Guss oder Beton für ein 200-l-Fass.



Fassstahlcontainer mit 14 Fässern.



Betoncontainer mit 8 Fässern.

Produktstahlcontainer mit Bauschutt.

KNOW-HOW:

Ein **Endlagergebinde**, auch Abfallgebinde genannt, besteht aus dem Endlagerbehälter und den darin verpackten Abfallprodukten.



Für das Verpacken von Fässern kommen bei der KTE hauptsächlich Konrad-Container-Typ-IV zum Einsatz. Dabei unterscheidet man zwischen Fassstahlcontainern (Platz für 14 Fässer mit niedriger Dosisleistung) und Betoncontainern (Platz für 8 Fässer mit höherer Dosisleistung). Zusätzlich gibt es noch die sogenannten Produktstahlcontainer, in diese wird zerkleinerter Bauschutt direkt in den Container eingebracht. Abschließend werden alle Behältertypen mit einem Deckel verschlossen.

Danach werden die Gebinde im Zwischenlager eingelagert. Vor Abgabe an das Endlager werden bei den Containern die Hohlräume zwischen den Fässern mit Beton vergossen.

Im zweiten Schritt wird der Konrad-Container komplett gefüllt.



200-l-Fässer werden mit einem Fassgreifer in einen Konrad-Typ IV-Container verpackt.

ZWISCHENLAGERUNG

Bis das genehmigte Endlager Konrad in Betrieb geht, werden die am Standort angefallenen Abfälle vor Ort zwischengelagert. Dafür betreibt die KTE mittlerweile mehrere Lagergebäude für schwach- und mittlerradioaktive Abfälle:

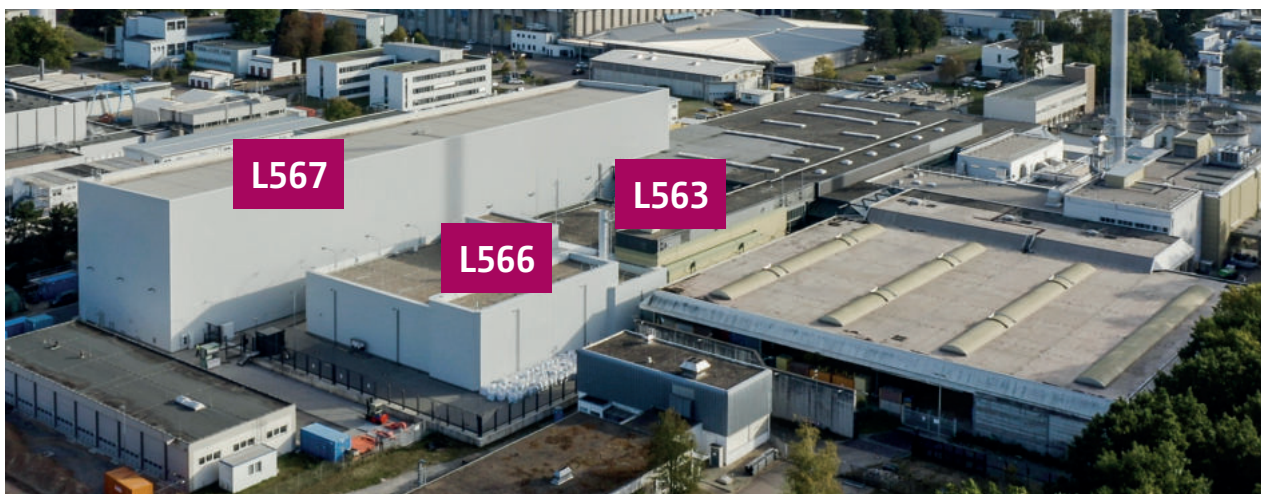
- Bereits 1978 wurde ein LAW-Zwischenlager-Flachbau (L519) für Fässer und Einzelabschirmungen errichtet. Von Mitte der 1980er bis 2004 wurde das Containerlager (L526) mit zunächst zwei Lagerhallen errichtet, dann erst auf drei, später auf insgesamt vier Lagerhallen erweitert. Heute werden hier ca. 7.000 Konrad-Container und rund 7.000 Einzelabschirmungen aufbewahrt. Damit ist die Gesamtkapazität von 77.400 m³ zu 92 % erreicht.
- Seit Februar 2023 stehen mit der Logistik- und Bereitstellungshalle (L567) weitere LAW-Lagerkapazitäten für bis zu 800 Konrad-Container zur Verfügung. Sollte sich die Annahme des Endlagers Konrad weiter verzögern, können bis zu 1.600 Container gelagert werden, dann allerdings ohne den Vorteil der logistischen Erreichbarkeit für eine passgerechte Anlieferung an das Endlager. Damit stellt die KTE sicher, dass der Rückbau der stillgelegten Forschungs- und Prototypanlagen kontinuierlich weiterlaufen kann.
- Mit rund 2.400 Fässern ist das erste MAW-Lager (L563) belegt. Ein baugleiches zweites Lagergebäude (L566) erweitert ab 2024 die Lagerkapazität für MAW-Abfälle um weitere 2.000 Fässer.



LAW-Zwischenlager



Blick in die neue Logistik- und Bereitstellungshalle L567.



Die benachbarten MAW-Lager (L566 und L563). Sie werden von der Logistik- und Bereitstellungshalle (L567) überragt.

REGELMÄSSIGE KONTROLLE

Die ältesten Abfälle im Zwischenlager gehen zurück bis in die späten 1970er Jahre. Bis zur Abgabe an das Endlager werden Abfallproduktfässer und Abfallgebinde routinemäßig auf mögliche Alterungsschäden überprüft. In diesem Rahmen werden auch Produktkontrollmaßnahmen für das Endlager Konrad nach heutigem Stand durchgeführt.

Die Kontrolle der Abfallproduktfässer umfasst im Einzelnen:

- systematisches Auslagern der Container aus den Lagerhallen und Sichten des Zustands der beinhaltenen Fässer im abluftgefilterten Umladecaisson,
- Durchführung von Gasanalyse, Gammaskopimetrie, Kontrolle der Masse und Dosisleistung,
- ggf. Trocknen der Fässer,
- Nachrüsten mit Druckentlastungsfilter und Vorrichtungen zur Gasprobenahme,
- Erstellung einer Fotodokumentation,
- erneutes Verpacken in Container gemäß den derzeit gültigen Anforderungen an das Endlager Konrad.

Von den 46.000 bislang kontrollierten Abfallproduktfässern mussten 8 % auf Grund von Korrosionserscheinungen nachbehandelt werden. Fässer mit zementierten Verdampferkonzentraten wiesen aufgrund der chemischen Eigenschaften vermehrt Korrosionserscheinungen (ca. 20 % des überprüften Bestandes) auf und wurden dann in Schutzfässer eingestellt. Bei verpressten Abfällen traten nur bei ca. 1 % der Fässer Korrosionserscheinungen auf. Die Presslinge wurden in neue Fässer umgepackt.

SICHERHEIT TROTZ KORROSION GEWÄHRLEISTET

Die bisherige Überprüfung der Altcontainer und Altfässer konnte auch nachweisen, dass zu keiner Zeit Radioaktivität ausgetreten ist.



Blick in eine Lagerkammer des neuen MAW-Zwischenlagers (inaktive Testphase).



Für die regelmäßige Inspektion der achtfach gestapelten Konrad-Container muss ein tiefer Keil im Zwischenlager L526 gebildet werden.

ABGABE AN KONRAD

In der Schachtanlage Konrad im niedersächsischen Salzgitter entsteht das erste nach Atomrecht genehmigte Endlager für schwach- und mittelradioaktive Abfälle in Deutschland. Betreiber ist die Bundesgesellschaft für Endlagerung (BGE). Bevor die Abfallgebinde an das Endlager Konrad abgegeben werden können, muss über die Produktkontrolle der BGE nachgewiesen werden, dass die darin enthaltenen radioaktiven Abfälle den Anforderungen der geltenden Endlagerungsbedingungen entsprechen und die Behälter eine endlager-rechtliche Zulassung besitzen.

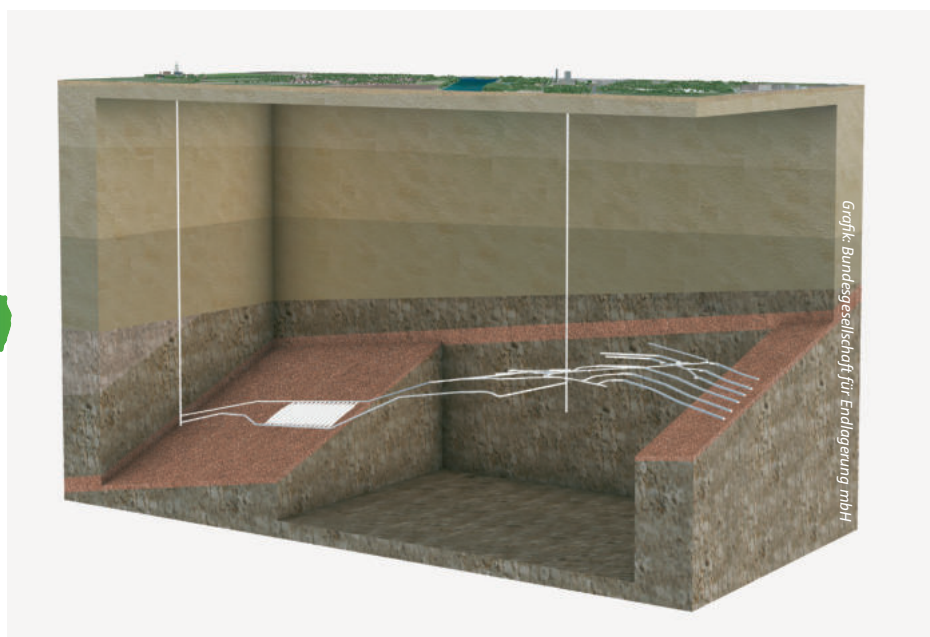
Die Anlieferung der Endlagergebinde erfolgt nach konkretem Abruf durch die BGE unter der genauen Vorgabe, welche Gebinde wann angeliefert werden sollen. In dieser Reihenfolge sollen die Gebinde dann in die Einlagerungskammern in etwa 800 m Tiefe eingelagert werden. Die Einlagerungskam-

mern werden schon während des Betriebs abschnittsweise mit geeignetem Beton verfüllt. Zum Ende des Betriebs werden alle Hohlräume des Bergwerks verfüllt und langzeitsicher verschlossen.

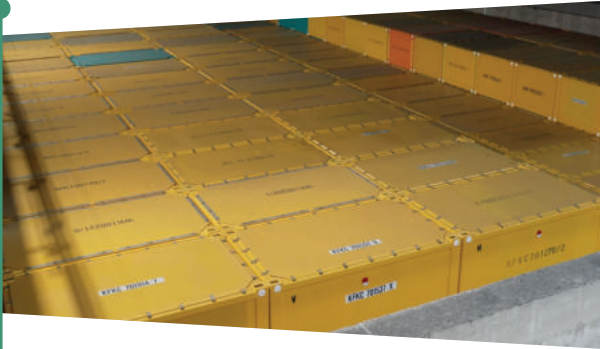
Nach derzeitigem Planungsstand der BGE wird Konrad frühestens im Jahre 2029 fertiggestellt. Konrad ist für ein Abfallgebindevolumen von 303.000 m³ genehmigt. Bei der KTE werden insgesamt 94.000 m³ erwartet: etwa 13.000 Konrad-Container und 10.000 Abschirmungen, die an das Endlager abgegeben werden müssen. Hinzu kommen die bei der KTE lagernden Abfälle der Landessammelstelle Baden-Württemberg sowie des Joint Research Centre (JRC), das auch auf dem Gelände des KIT Campus Nord angesiedelt ist. Insgesamt werden so voraussichtlich etwa 100.000 m³ vom Standort der KTE an das Endlager abgegeben.

Rund
100.000 m³
sollen von der KTE Richtung
Konrad abgegeben werden

10.000
Fässer in Einzelabschirmungen
13.000
Konrad-Container



Planungsansicht Endlager Konrad



2029: Fertigstellung Konrad (Planungsstand 2024)

Ziel der KTE ist es, bis dahin so viele Endlagergebinde „fix und fertig“ bereitstehen zu haben, wie für einen Abgabezeitraum von zwei Jahren vorgesehen sind.

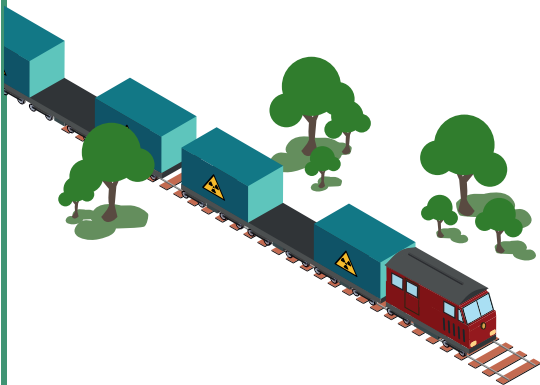
2060er: Letzte Anlieferungen

Die Rückbauprojekte der KTE werden bis Ende der 2040er Jahre Abfall erzeugen. Da diese Abfälle erst noch verarbeitet werden müssen und ein hoher Dokumentations- und Prüfaufwand bei der Abgabe der Abfallgebinde entsteht, ergibt sich daraus ein Zeithorizont bis Ende der 2050er Jahre. Dann beginnt der Rückbau der Entsorgungsbetriebe, deren radioaktive Abfälle ebenfalls in den 2060er Jahren noch nach Konrad abgegeben werden sollen.

2030

2060

2070



2030er: Beginn der Transporte nach Konrad

Mit Annahmestart in Konrad werden die Container und Abschirmungen über die Schienenanbindung des KIT Campus Nord per Bahn in Richtung Salzgitter abtransportiert.

Die derzeitige Planung sieht vor, pro Woche etwa einen Zug mit 6 Waggons zu transportieren, und dies über 30 bis 40 Jahre lang.

2070er: Rückbau und Abwicklung KTE

Mit Herstellung der „grünen Wiese“ hat die KTE ihre Aufgabe vollbracht.



WISSENSWERTES KURZ ERKLÄRT

Auch wenn auf den vorhergehenden Seiten die Prozesse innerhalb der Entsorgungsbetriebe stark vereinfacht erklärt sind, lassen sich Fachbegriffe nicht immer vermeiden. Hier sind sie, zum schnellen Nachlesen, zusammengestellt.

Als **Abfallprodukt** bezeichnet man radioaktiven Abfall im verarbeiteten Zustand (ohne Endlagerbehälter).

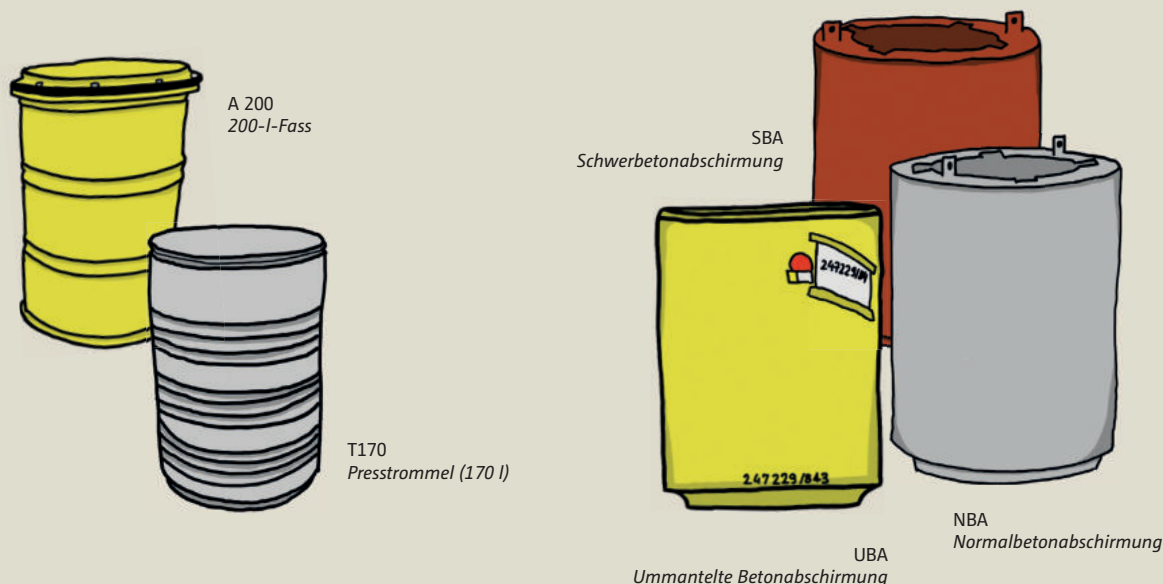
Die **Aktivität** gibt die Zahl der je Sekunde in einer radioaktiven Substanz zerfallenden Atomkerne an. Die Maßeinheit ist das Becquerel (Bq).

Ein **Caisson** ist eine abgedichtete, abluftüberwachte Umhausung zum sicheren Arbeiten mit radioaktivem Material.

Endlagerbehälter sind Behälter für radioaktive Abfälle, die für die Einlagerung in das Endlager Konrad zugelassen sind.

Ein **Endlagergebinde** – oder auch Abfallgebinde genannt – besteht aus dem Endlagerbehälter und den darin verpackten Abfallprodukten.

Ziel der **Konditionierung** ist es, aus Reststoffen Endlagergebinde herzustellen, die im Endlager Konrad eingelagert werden können.



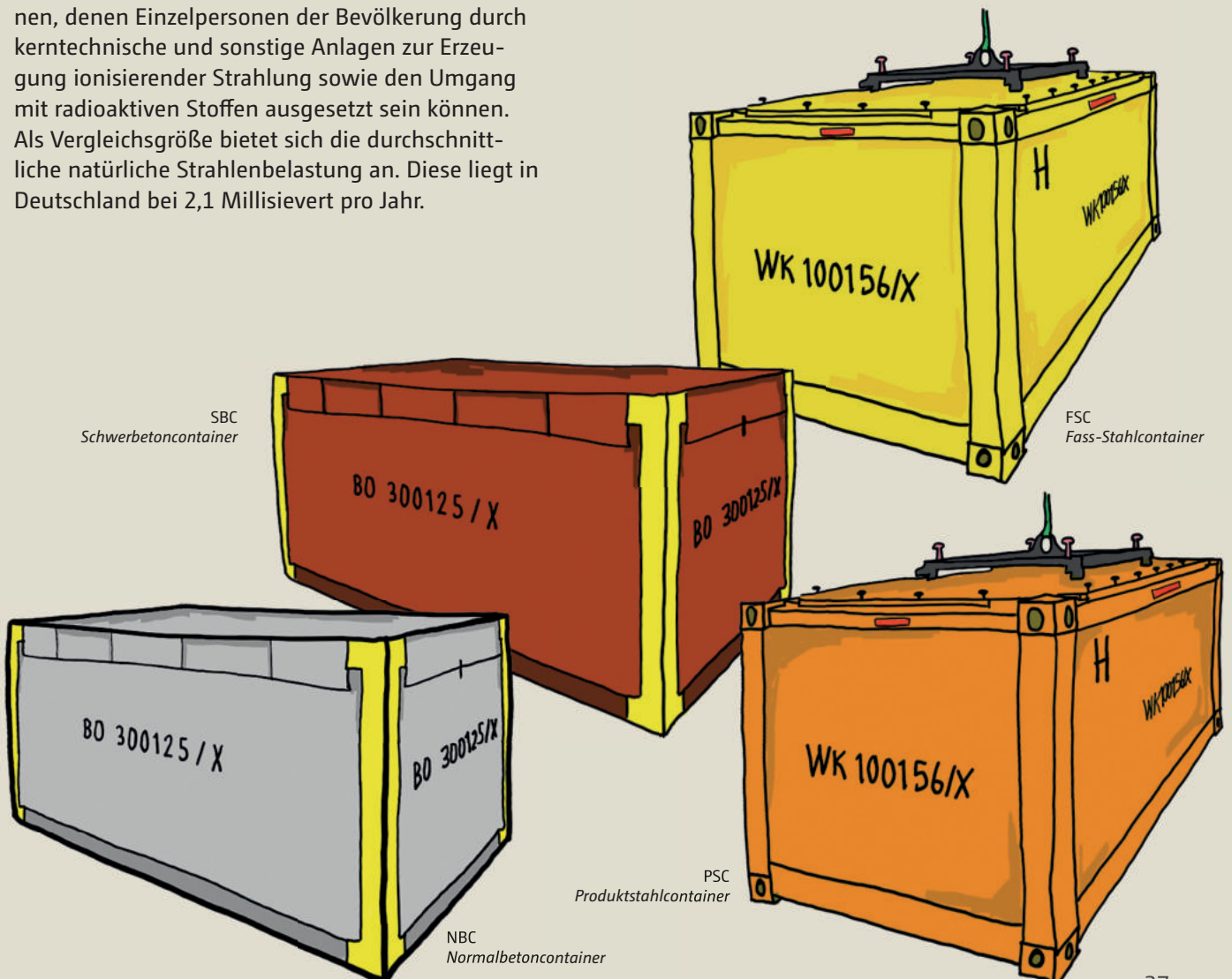
Ein **Nuklidvektor** ist eine relative Zusammensetzung von einzelnen Nukliden für die Deklaration radioaktiver Abfälle.

Als **Reststoff** bezeichnet man einen unbehandelten radioaktiven Abfall.

Im Strahlenschutz nutzt man **Sievert (Sv)** als Einheit: Damit wird die Wirkung von ionisierender Strahlung auf Organismen angegeben. In der Praxis sind die Bruchteile relevant: **Millisievert (mSv)** und **Mikrosievert (µSv)**. Dabei gilt: $1 \text{ Sv} = 1.000 \text{ mSv} = 1.000.000 \text{ µSv}$.

Der Grenzwert für die effektive Dosis zum Schutz von beruflich strahlenexponierten Personen beträgt 20 Millisievert im Kalenderjahr, bei Einzelpersonen der Bevölkerung 1 Millisievert im Kalenderjahr.

Dieser Wert bezieht sich auf alle Strahlenexpositionen, denen Einzelpersonen der Bevölkerung durch kerntechnische und sonstige Anlagen zur Erzeugung ionisierender Strahlung sowie den Umgang mit radioaktiven Stoffen ausgesetzt sein können. Als Vergleichsgröße bietet sich die durchschnittliche natürliche Strahlenbelastung an. Diese liegt in Deutschland bei 2,1 Millisievert pro Jahr.



KTE | Kerntechnische Entsorgung Karlsruhe GmbH
Hermann-von-Helmholtz-Platz 1
76344 Eggenstein-Leopoldshafen
Telefon +49 7247 88-0 | Telefax +49 7247 4755
kontakt@kte-karlsruhe.de | www.kte-karlsruhe.de

Fotocredits: Wolfgang Metzger, Flyfoto.de, Paul Gärtner, Jörg
Wohlfromm, Vaalkat Photography,
ARTIS-Photographie Uli Deck; Grafik Seite 24: Bundesgesellschaft
für Endlagerung mbH;
Illustrationen Seite 26-27: Hannah Held

Titel: Transport eines Endlagergebundes im LAW-Zwischenlager
Gestaltung: wyynot GmbH

