



# Empfehlungen der EGT zu einem Datenmanagement-Plan für die geologische Tiefenlagerung

## Einleitung

Im geowissenschaftlichen Datenmanagement werden derzeit international grosse Anstrengungen unternommen, um an der rasanten Entwicklung in den Daten-Wissenschaften (data science) zu partizipieren. Aufgrund der Notwendigkeit, Daten über sehr lange Zeit zu sichern ergeben sich gerade bei der geologischen Tiefenlagerung im Bereich der Langzeitsicherung/-archivierung von Daten und Wissen grosse Herausforderungen. So hat unlängst die SKB (Swedish Nuclear Fuel and Waste Management Co) eine umfangreiche Webinarreihe veranstaltet, um ihr Datenmanagementsystem zu präsentieren und zur Diskussion zu stellen. Dies soll der SKB ermöglichen, Anpassungen und Verbesserungen ihrer Datenmanagement-Pläne auf der Basis externer Expertise vorzunehmen.

Datenmanagement-Pläne sind Teil einer umfassenderen „Data Governance“ und gehören seit Jahren zum Projektstandard in der Forschungsförderung und sind darüber hinaus Bedingung für eine Förderung (z.B. SNF, DFG) bei allen grossen Projekten an den Schweizerischen Hochschulen, bei grösseren Infrastrukturprojekten (z.B. AlpTransit, Endlagerprojekt der schwedischen SKB, Mont Terri Konsortium), und von EU-Rahmenprogrammen (z.B. „Digitalisierung“ im EU-Projekt EURAD). Eine Grundlage dieser Datenmanagement-Pläne hierfür bildet das FAIR-Konzept<sup>1</sup> bezüglich der Auffindbarkeit, des Zugriffs, der Interoperabilität und Reproduzierbarkeit von Daten und entsprechenden datenverarbeitenden Methoden.

Datenmanagement-Pläne für die geologische Tiefenlagerung unterscheiden sich von jenen konventioneller Forschungsprojekte und müssen sich insbesondere mit den langfristigen Anforderungen an die Langzeitsicherheit, den Bau und Betrieb (Einlagerung, Beobachtung und Verschluss) eines Tiefenlagers und zur Langzeitarchivierung darüber hinaus auseinandersetzen.

Am 2. Oktober 2020 und 3. Mai 2022 fanden Gespräche zwischen Nagra, ENSI und EGT zum Thema digitale Datenbanken und Datenmanagement-Pläne statt. Die Nagra verfügt bereits über Konzepte für ein modulares Daten- und Informationsmanagement (DIM), welches neben den Inhalten, Formaten und der Struktur auch die Zuständigkeiten und den Zugang

---

<sup>1</sup> Findable, Accessible, Interoperable, Reusable - siehe Wilkinson et al. (2016), The FAIR Guiding Principles for scientific data management and stewardship, Scientific Data 3, <https://doi.org/10.1038/sdata.2016.18>

---

### Präsident / Vorsitz:

Prof. Dr. Simon Löw  
Eidgenössische Technische Hochschule ETH  
Sonneggstrasse 5, NO G 68.1, 8092 Zürich  
Tel. +41 44 633 3231  
loew@erdw.ethz.ch

### Sekretariat:

Dr. Marc Hugentobler  
Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI  
5200 Brugg, Industriestr.19  
Tel. +41 56 460 86 15  
marc.hugentobler@ensi.ch



bzgl. der Daten regelt. Viele Datensätze sind bereits eingepflegt mit Informationen zur Geologie, Seismik, Bohrungen bis hin zu geologischen Modellen, Monitoringdaten, Dokumenten und raumbezogenen Daten für die Raumplanung (Geoinformationssysteme GIS) und Building-Information-Modeling (BIM). Dabei wurde auch auf noch zu schliessende Lücken im Datenmanagement hingewiesen (z.B. Daten der Sicherheitsanalyse, Workflows für die Integration von geologischen und Prozessmodellen, datentechnische Verknüpfung von geotechnischen untertägigen und obertägigen Infrastrukturen). Im Rahmen der weiteren Entwicklung dieser themenspezifischen Datenbankprojekte plant die Nagra auch die existierenden Datenprojekte zu verknüpfen.

Nach Einschätzung der EGT ist das aktuelle Daten- und Informationsmanagement der Nagra auf die heutigen Bedürfnisse der Nagra-Mitarbeitenden und in naher Zukunft liegender Projekte (insb. ASR, RBG) fokussiert und diesbezüglich auf einem hohen Qualitäts-Standard. Hingegen vermisst die EGT einen langfristigen strategischen Datenmanagement-Plan auf der Zeitskala des Realisierungsplans für die geologischen Tiefenlager. In diesem Plan sollte vor allem eine langfristige Priorisierung der Verfügbarkeit von Daten und Informationen und des daraus gewonnenen Wissens mit einer Langzeitarchivierung sichergestellt werden. Der für die Tiefenlagerung spezifische Datenmanagement-Plan sollte auch regeln,

- ab wann und für wie lange welche Datensätze archiviert werden müssen,
- welche Komponenten noch fehlen und wann diese eingepflegt werden,
- welche Daten in welcher Genauigkeit gesichert werden müssen, und
- welche Ressourcen hierzu notwendig sind.

Auf der internationalen Ebene (z.B. NEA, EURAD und PREDIS) gibt es derzeit intensive Bemühungen z.B. Digital-Twin-Konzepte als Prototypen für geologische Tiefenlager und entsprechende Datenmanagement-Pläne zu entwickeln.

Ziel des vorliegenden Papiers ist es, die Wichtigkeit einer langfristigen Datenmanagement-Planung zu unterstreichen und der Nagra zu empfehlen, ähnlich wie die SKB die aktuellen Konzepte für das Datenmanagement auf den Prüfstand zu stellen und ggf. zu aktualisieren und zu verbessern. In adäquaten Zeitabständen sollte daher ein Bericht zum langfristigen Datenmanagement erstellt respektive aktualisiert werden.

**Empfehlung:** Die EGT erachtet einen Datenmanagement-Plan schon in der jetzigen Phase der Standortcharakterisierung des SGT Etappe 3 als wichtig und empfiehlt dem ENSI einen Auflagenantrag in seiner Stellungnahme zum Entsorgungsprogramm 2021 für einen langfristigen Datenmanagement-Plan zur geologischen Tiefenlagerung in der Schweiz.

## Gesetzliche Grundlagen und Empfehlungen der NEA

In der Kernenergiegesetzgebung ist eine Reihe von Massnahmen zur Überlieferung von Informationen über ein geologisches Tiefenlager an künftige Generationen vorgesehen. Der Eigentümer eines geologischen Tiefenlagers muss eine Dokumentation erstellen, die für eine langfristige Sicherstellung der Kenntnisse über das Lager geeignet ist (Art. 71 KEV). Gemäss Art. 40 KEG muss der Bundesrat dafür sorgen, dass diese Informationen aufbewahrt werden und die Kenntnisse über das Lager langfristig erhalten bleiben (Langzeitarchivierung). Der Stand der Arbeiten auf dem Gebiet der Überlieferung von Informationen an künftige Generationen ist international unterschiedlich weit fortgeschritten.



Art. 71 und 72 KEV regeln das Datenmanagement zunächst grundsätzlich ohne Details. Art. 71 sagt, welche Daten und Kenntnisse über das Lager aufzubewahren sind, und Art. 72 bezieht sich auf erdwissenschaftliche Daten, die der geologischen Informationsstelle des Bundes zu übermitteln sind.

Die Verfügung des Bundesrates zum Entsorgungsprogramm 2016 (EP16) der Entsorgungspflichtigen verlangt unter Ziffer 6.4, dass die Nagra in zukünftigen Entsorgungsprogrammen darzulegen hat, wie die Langzeitarchivierung der Informationen zu geologischen Tiefenlagern vorbereitet und realisiert wird. Die Eidgenössische Kommission für nukleare Sicherheit (KNS) stellt in der Stellungnahme zum EP16 fest, dass entsprechend dem Projektstand die Angaben noch einen allgemeinen Charakter haben und bis zum Entsorgungsprogramm 2021 die Entwicklung der entsprechenden Konzepte weiter fortgeschritten und damit auch konkretere Angaben möglich sein werden. Die Angaben der Nagra zur Langzeitarchivierung und Überlieferung von Daten an zukünftige Generationen im Entsorgungsprogramm 2021 sind aber weiterhin sehr allgemein gehalten und beinhalten keine Aussagen zu einem konkreten Datenmanagement-Plan.

Die notwendige Langzeitarchivierung umfasst auch Daten eines integralen Überwachungskonzeptes der geologischen Tiefenlager, das sich über alle Phasen der Realisierung eines geologischen Tiefenlagers erstreckt und die Überwachung der Umwelt und des geologischen Umfelds sowie die dazugehörigen Nullmessungen beinhaltet (ENSI 2018)<sup>2</sup>. NAB 20-28, Kap. 6 präsentiert die ersten konzeptionellen, standortunabhängigen Überlegungen der Nagra zur Überwachung der Umwelt und des geologischen Umfelds. Konkrete Arbeiten zur Planung, Vorbereitung, Daten-Beschaffung, Management und Archivierung von Proben und Daten werden gemäss NAB 20-28 erst nach dem RBG ausgeführt.

Zwischen 2011 und 2019 wurde durch die Nuclear Energy Agency (NEA) der OECD das Projekt «Preservation of Records, Knowledge and Memory (RK&M) Across Generations» (NEA 2020)<sup>3</sup> verfolgt. Dadurch sollten die fachlichen Überlegungen international vernetzt, mögliche Lösungen analysiert und Entscheidungen gegenseitig kommuniziert werden. Die Nagra beteiligte sich aktiv mit finanziellen sowie fachlichen Beiträgen an diesem Projekt. Eine wesentliche Erkenntnis dieses Projektes bestand darin, dass die Langzeitarchivierung nicht separat betrachtet werden sollte, sondern vielmehr – zusammen mit einem breiten Spektrum von Massnahmen zum Informations- und Wissenserhalt – im Rahmen eines globalen wissensbasierten Systems erfolgen sollte. Im Kontext des RK&M-Projekts wurde eine Roadmap zur Umsetzung der Konzepte entwickelt (Information, Data and Knowledge Management - IDKM Roadmap, NEA 2019<sup>4</sup>) und entsprechende Workshops organisiert. Die Roadmap befasst sich mit den Themen Sicherheitsnachweis (welche Daten und Kenntnisse sind nötig, wie strukturiert man sie?), Wissensmanagement (wie muss Wissen generationenübergreifend dokumentiert werden?), Archivierung (wie können Daten und Wissen aufbewahrt werden, ohne an Zuverlässigkeit und Lesbarkeit zu verlieren?), Sensibilisierung (wie können Kenntnisse und das Gedächtnis für sie in sich ändernden Gesellschaften bewahrt

---

<sup>2</sup> ENSI (2018): Präzisierungen der sicherheitstechnischen Vorgaben für Etappe 3 des Sachplans geologische Tiefenlager. ENSI 33/649. Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat (ENSI).

<sup>3</sup> NEA (2020): Preservation of Records, Knowledge and Memory (RK&M) Across Generations: Final Report of the RK&M Initiative, Radioactive Waste Management, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/50292bbb-en>.

<sup>4</sup> NEA (2019): Information, Data and Knowledge Management (IDKM) Roadmap ([https://inis.iaea.org/collec-tion/NCLCollectionStore/\\_Public/51/010/51010386.pdf](https://inis.iaea.org/collec-tion/NCLCollectionStore/_Public/51/010/51010386.pdf))



werden?). Zwei Nachfolgeprojekte der NEA befassen sich mit technischen Details der Datenarchivierung in der geologischen Tiefenlagerung radioaktiver Abfälle: Das Projekt «Radioactive Waste Repository Metadata Management (RepMet<sup>5</sup>)» untersucht und empfiehlt Ansätze und technische Lösungen zur heutigen Verwaltung von Metadaten in der geologischen Tiefenlagerung, und ist komplementär zum Projekt «Preservation of Records, Knowledge and Memory (RK&M) across Generations» (NEA 2020)<sup>4</sup>, welches sich primär mit der Periode nach dem Lagerverschluss befasst.

## Was sollte ein Datenmanagement-Plan regeln?

Ein Datenmanagement-Plan strukturiert den Umgang mit wissenschaftlichen und technischen Daten eines Projekts. Er beschreibt, wie während der Projektlaufzeit und nach dessen Ende mit den erhobenen und verwendeten Daten umgegangen wird. Der Datenmanagement-Plan regelt Datenerhebung und -Dokumentation, Eigentum, Zugriff und Weiterverwendung der Daten, sowie die Datensicherheit, Datenspeicherung und den langfristigen Erhalt der Daten<sup>6</sup>.

Die sehr umfangreichen erdwissenschaftlichen Daten der Standortuntersuchungen der Nagra und insbesondere die Daten des/der in Etappe 3 SGT ausgewählten Standorte(s)<sup>7</sup> sind für die Sicherheitsanalysen, Bewilligungen, die technische Planung der Zugangs- und Tiefenlagerbauwerke, sowie die iterativ verfeinerten erdwissenschaftlichen Erkundungen, Beobachtungen und Beurteilungen untertage von zentraler Bedeutung. Eine Auswahl dieser Daten muss nach Ansicht der EGT mindestens während der Planungs-, Bau-, und Beobachtungsphase (ca. 100 Jahre) digital gesichert und kontinuierlich beschrieben werden. Sie sind gemäss Kernenergiegesetzgebung zumindest teilweise auch nach dem Verschluss des Tiefenlagers zu archivieren.

Ohne einen langfristigen Datenmanagement-Plan werden die digitalen Daten typischerweise im Zeitraum von 10-20 Jahren nicht mehr zugänglich (Datenträger wie CD's sind ca. 10 Jahre lesbar) und nach wenigen Jahren schon nicht mehr bearbeitbar sein, da wesentliche Informationen zu ihrer Entstehung und Bewertung (Metadaten) oft nicht mehr systematisch vorhanden sind.

Neben den Daten zur Charakterisierung der radioaktiven Abfälle erachtet die EGT die sequenziell während mehrerer Jahrzehnte erhobenen erdwissenschaftlichen Daten des/der in Etappe 3 SGT vorgeschlagenen Standorte(s) als potenziell wichtig für einen langfristigen Datenmanagement-Plan. Letztere umfassen sowohl intrinsische Eigenschaften und Zustandsformen des Nah- und Fernfeldes, Beobachtungen während der Vortriebe, langfristige Messreihen von variablen Gebirgszuständen und -eigenschaften, Daten von untertägigen Experimenten im Pilot- und Testlager, Labor- und Fernerkundungsdaten. Ein Teil dieser Daten

---

<sup>5</sup> NEA (2018): Metadata for Radioactive Waste Management, Radioactive Waste Management, OECD Publishing, Paris ([https://www.oecd-nea.org/jcms/pl\\_61001/radioactive-waste-repository-metadata-management-repmet](https://www.oecd-nea.org/jcms/pl_61001/radioactive-waste-repository-metadata-management-repmet))

<sup>6</sup> Schweizerischer Nationalfonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung, 26. Jun. 2017, Data Management Plan – mySNF Formular ([https://www.snf.ch/SiteCollectionDocuments/DMP\\_content\\_mySNF-form\\_de.pdf](https://www.snf.ch/SiteCollectionDocuments/DMP_content_mySNF-form_de.pdf))

<sup>7</sup> Vermutlich müssen auch weitere Daten aus dem Sachplanverfahren gesammelt werden, denn mit dem RBG schlägt die Nagra Eignungskriterien vor, die später in den erdwissenschaftlichen Untersuchungen untertage zu verifizieren sind. Sollte sich an einem gewählten Standort rausstellen, dass die Geologie anders als erwartet ist, verbleiben zwei Standorte aus Etappe 3 als Rückfalloptionen. D.h. auch die Daten dieser Standorte sollten vermutlich gesichert werden.



bildet einen zentralen Bestandteil der Rahmenbewilligung, Baubewilligung, Betriebsbewilligung und des Verschlusses des geologischen Tiefenlagers. Insbesondere langfristig zu archivierende Daten sollten mit ausreichenden Metadaten versehen werden, um die spätere Wiederverwendbarkeit und Reproduzierbarkeit der Ergebnisse zu gewährleisten. Modelldaten (input und output) und entsprechende Codes sind ebenfalls potenziell für die langfristige Nachvollziehbarkeit und Überprüfung von Sicherheitsanalysen und bautechnischen Auslegungen relevant. Für entsprechende Quellcodes und Modellinformationen der Software ist ebenfalls eine Langzeitarchivierung erforderlich. Eine ständige Kompilierbarkeit der Programmquellen, Lauffähigkeit der Computerprogramme auf verschiedenen Rechnerarchitekturen sowie Ergebnisüberprüfung ist zu gewährleisten (derzeit werden hierfür Internet-Repositoryn wie z.B. gitlab verwendet, die darüber hinaus eine öffentliche Verfügbarkeit der Quellen sicherstellen → open source Konzept).

## Wie erfolgt die Datenarchivierung?

Ein zentrales Element für die Umsetzung eines Datenmanagement-Plans ist ein Informatikkonzept und eine Infrastruktur zur digitalen Archivierung und zum langfristigen Erhalt von Daten sowie verknüpften Textdokumenten (Metadaten). Wie digitale Daten am besten verwaltet werden, hängt von dem jeweiligen Arbeitsgebiet ab und sollte für ein geologisches Tiefenlagerprojekt konkret erarbeitet werden. Die Daten sollten in einem digitalen, wissenschaftlich anerkannten Datenarchiv abgelegt werden, welches idealerweise alle FAIR-Prinzipien erfüllt und nicht kommerziell ausgerichtet ist. Verschiedene solche Archivierungssysteme liegen heute schon sowohl aus dem akademischen (z.B. ETH Research Collection, PANGAEA<sup>8</sup>) wie dem industriellen Sektor (z.B. Gotthard AlpTransit AG) vor.

Als Beispiel für eine langfristige Archivierung von Forschungsdaten kann die von der ETH-Bibliothek angebotene *Research Collection* genannt werden. Dies ist ein Repository sowohl für Publikationen wie für Forschungsdaten. Die Daten werden verschiedenen Datentypen (z.B. Dataset, Image, Model, Software, Video) zugeordnet und alle (einzeln oder in Gruppen) mit einem Digital Object Identifier (DOI) versehen. Das *ETH Data Archive* dient im Hintergrund als Langzeitarchiv, d.h. die Daten der Research Collection werden durch einen automatisierten Datenexport ins *ETH Data Archive* geladen und dort für lange Zeit archiviert. Das *ETH Data Archive* setzt bei der Umsetzung auf anerkannte Standards, wie den OAIS-Standard<sup>9</sup>, welcher die für echte Langzeitarchivierung notwendigen Workflows definiert, und PREMIS<sup>10</sup>, welcher die für die Langzeitarchivierung notwendigen Metadaten im *ETH Data Archive* umsetzt. Das *ETH Data Archive* verfügt über verschiedene standardisierte und weitverbreitete Schnittstellen und nutzt für die Speicherung sämtlicher Daten aus sicherheitstechnischen Gründen ausschliesslich die Infrastruktur der Informatikdienste der ETH Zürich. Die Daten werden georedundant gespeichert.

Programme und Dateiformate verändern sich im Laufe der Zeit, sodass alte Dateien nicht mehr zuverlässig gelesen werden können. Dies erschwert die langfristige Nutzung digitaler

---

<sup>8</sup> Datenarchiv für Erd- und Umweltwissenschaften (<https://www.pangaea.de/>)

<sup>9</sup> Open Archival Information System: Referenzmodell für ein dynamisches, erweiterungsfähiges Archivinformationssystem

<sup>10</sup> PREservation Metadata Implementation Strategies: Data Dictionary for Preservation Metadata (<http://www.loc.gov/standards/premis/>)



Informationen. Die ETH-Bibliothek beschreibt in ihrem *Handbuch der Research Collection*<sup>11</sup> ihre Einschätzung zur Archivtauglichkeit von Dateiformaten. Zudem wird erklärt, wie die Dateien allenfalls in geeignetere Formate konvertiert werden können und wie mit der Software DROID<sup>12</sup> aus grossen Datensammlungen Dateien aufgespürt werden können, die für die Archivierung nicht geeignet sind.

Um den Datenbestand langfristig zu sichern und Konvertierungen auch in ferner Zukunft zu ermöglichen, sollten für die einzelnen Datentypen (Bilder, Videos, Texte, Messdaten etc.) entsprechende Standardformate für die Archivierung definiert werden. Da viele der jetzt erhobenen Daten von grundlegender Bedeutung für das später zu errichtende geologische Tiefenlager sind und abzusehen ist, dass dieses sehr wahrscheinlich nach den Prinzipien des BIM-Standards errichtet wird, sollte die Konzeption eines Datenmanagement-Plans bereits die Belange des BIM berücksichtigen.

Anhang:

1) Spezifische Überlegungen für das Datenmanagement eines geologischen Tiefenlagers

**Datum: 20. September 2022**

**Mitglieder der EGT:**

Prof. Dr. O. Kolditz (UFZ Leipzig / TU Dresden)  
Prof. Dr. H. Konietzky (TU Bergakademie Freiberg)  
Prof. em. Dr. S. Löw (ETH Zürich), Vorsitz  
Prof. em. Dr. N. Mancktelow (ETH Zürich)  
Prof. Dr. T. Schäfer (Uni Jena)  
Prof. Dr. F. Schlunegger (Uni Bern)  
Prof. em. Dr. A. Strasser (Uni Fribourg)  
Prof. em. Dr. F. Wenzel (KIT Karlsruhe)

---

<sup>11</sup> <https://documentation.library.ethz.ch/display/RC>

<sup>12</sup> Digital Record Object IDentification (<https://www.nationalarchives.gov.uk/information-management/manage-information/preserving-digital-records/>)



## Anhang 1: Spezifische Überlegungen für das Datenmanagement eines geologischen Tiefenlagers

- **Zielorientierung:** Ziel des Datenmanagements für die geologische Tiefenlagerung sollte es sein, aktiven<sup>13</sup> Zugriff auf alle notwendigen Informationen für den Bau und Betrieb (Einklagerung, Beobachtung und Verschluss) eines geologischen Tiefenlagers und zur Langzeitarchivierung darüber hinaus zu gewährleisten. Ein ultimatives Ziel könnte sein, langfristig einen sogenannten „Digitalen Zwilling“ für ein geologisches Tiefenlager zu konzipieren, aufzubauen und permanent weiterzuentwickeln (s.u.).
- **Interoperabilität:** Die Besonderheiten und Herausforderungen bestehen insbesondere darin, dass Informationen aus verschiedensten fach- und themenspezifischen Datenbanken (wie z.B. Geografische Informationssysteme (GIS), Bohrlochinformationssysteme (BIS), Experimentinformationssysteme (EIS), geologische Strukturmodelle (z.B. Projekt Tiefer-Untergrund Norddeutsches Becken (TU-NB) etc.) zusammengeführt werden müssen. Dies erfordert ein hohes Mass an Interoperabilität zwischen den fachspezifischen Datenbanken, die über entsprechende Schnittstellenkonzepte realisiert werden müssen (hierfür bedarf es IT-Expertise, sowohl auf den regulatorischen als auch auf den implementierenden Seiten).
- **Workflows:** Interoperabilität (s.o.) ermöglicht erst eine „Durchgängigkeit“ und eine entsprechende Zusammenführung von Informationen in Workflows von den Daten über Modelle bis hin zu umfangreichen Sicherheitsanalysen. Die nahtlose Integration von Daten und Modellen erfordert auch eine informationstechnische Verbindung von Daten (aus den o.g. fachspezifischen Datenrepositorien) mit verschiedener Modellierungssoftware (wissenschaftliche und kommerzielle Codes). Nahtlose Workflows bieten Möglichkeiten von automatisierten Qualitätskontrollen.
- **Kompatibilität/Transparenz:** Datenmanagementkonzepte und im weiteren Sinn auch «Digitale Zwillinge» bzw. BIM sollten auf standardisierten Formaten und Schnittstellen basieren, wobei open-source und kommerzielle Tools integrierbar sind. Soweit möglich sollten Daten, Quellcodes, Schnittstellen etc. sowie der der Nachweisführung zugrunde liegende Workflow offengelegt werden, um Zugang, Weiterentwicklung, Prüfung und öffentliche Akzeptanz zu gewährleisten.
- **Intuitiver Zugang zu den Informationen:** Die Komplexität und Vielschichtigkeit der Daten und Modelle für Sicherheitsanalysen erfordern einen möglichst einfachen, intuitiven Zugang zu den Informationen mit allen wichtigen Verknüpfungen. Dafür sind insbesondere Methoden der Virtuellen Realitäten geeignet, die einen visuellen Zugang zu den komplexen Sachverhalten ermöglichen und damit das kognitive Potential der Sachverständigen, Wissenschaftler und Entscheidungsträger erschliessen können.

---

<sup>13</sup> Aktiv, bedeutet dabei, dass die Informationen unkompliziert ständig an den Stand von Technik/Wissenschaft, z.B. durch neue experimentelle Befunde oder Modellergebnisse, angepasst werden können.



- **Informatikkonzepte:** Für die Entwicklung von Datenmanagement-Plänen wird auch die Nutzung von modernen Informatikkonzepten empfohlen (z.B. BIM, Industrie 4.0, Virtuelle Realitäten und Künstliche Intelligenz Methoden, Digitale Zwillinge). Der Wert digitaler Zwillinge hängt wesentlich von der Verfügbarkeit aller relevanten Daten und Informationen und von der Validität der integrierten Modellierungswerkzeuge ab. Die Informatikkonzepte müssen als langfristige Projekte geplant und ausgelegt werden.