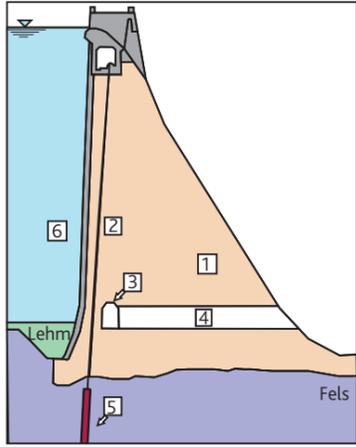


Gestaltung von Stauanlagen

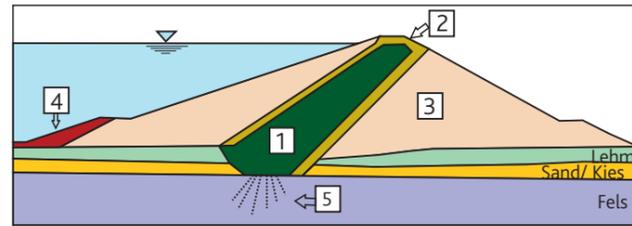
Entwurf und Konstruktion

Zum Aufstau von Wasser sind Staumauern oder Staudämme geeignet. Insbesondere bei Staudämmen gibt es eine Vielzahl von Möglichkeiten des Aufbaus und der eingesetzten Materialien. Grundsätzlich muss der Damm sowohl eine Dichtungs- als auch Stützfunktion besitzen. Diese Eigenschaften werden durch fest eingebaute Kontroll- und Messeinrichtungen bis hin zu Kontrollstollen fortlaufend geprüft.

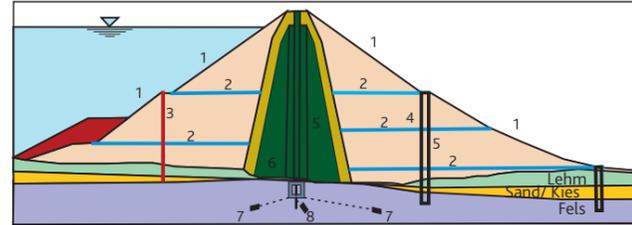


- 1) Staumauer
- 2) Anker
- 3) Längsstollen
- 4) Querstollen
- 5) Verpressstrecke
- 6) Vorsatzschale

Staumauer (Talsperre) mit Kontrollstollen



- 1) Kerndichtung
- 2) Dichtungsfilter (Sand)
- 3) Stütz- und Füllkörper
- 4) Abdichtung des Stützkörpers
- 5) Injektion



- 1) geodätische Messpunkte
- 2) Setzungspegel horizontal
- 3) Setzungspegel vertikal
- 4) Entspannungsgeber
- 5) Wasserstandsmessung
- 6) Porenwasserdruckgeber
- 7) Piezometer
- 8) Sohlwasserdruckmessung

Oben: Mehrzonenerddamm auf undurchlässigem Felsuntergrund
Unten: Die Dammbauwerke sind zu überwachen. Hierfür sind Mess- und Kontroll-einrichtungen herzustellen (Grafiken verändert nach: STRIEGLER 1998)

Erdbebensicherheit von Stauanlagen

Erdbeben stellen ein mögliches Risiko für ein Pumpspeicherkraftwerk da. Daher ist es wichtig dieses Georisiko sorgfältig zu analysieren. Hierzu werden folgende Hinweise gegeben. Tatsächliche Maßnahmen sind dem Einzelfall anzupassen:

Erdbebengefährdungsanalyse / Beteiligung Ingenieurseismologe

- Datengrundlagen: Erdbebenkataloge und -zonen, seismotektonische Regionen
- Geologische Entwicklung und Tektonik: nahe Verwerfungen, Letztbewegungsphasen
- Betriebs- und Bemessungserdbeben sind zu unterscheiden, maßgebende jährlichen Überschreitungswahrscheinlichkeiten sind anzugeben
- Intensitäten und Beschleunigungen sind i. d. R. durch ingenieur-seismologisches Gutachten für den geplanten Standort festzulegen
- Maßgebende Norm ist DIN 19700 (2004)

Maßnahmen

- Bauliche Vorkehrungen und Schutzmaßnahmen: Personenschutz, Anlagensicherheit, Standsicherheit, Seismische Instrumentierung
- Berücksichtigung zusätzlicher Gefahren im Erdbebenfall
- Prüfung, von Betriebsbedingten induzierten Ereignissen

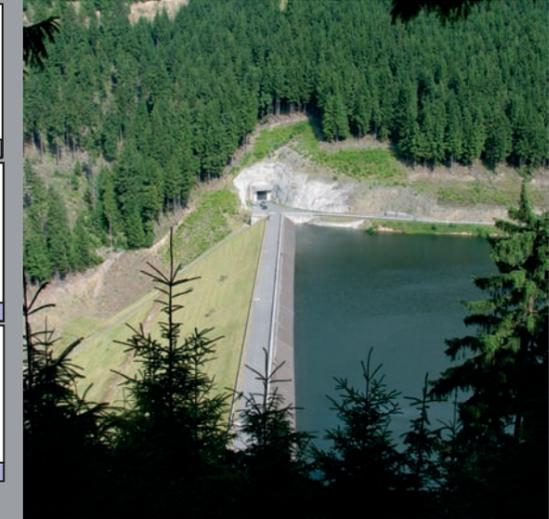
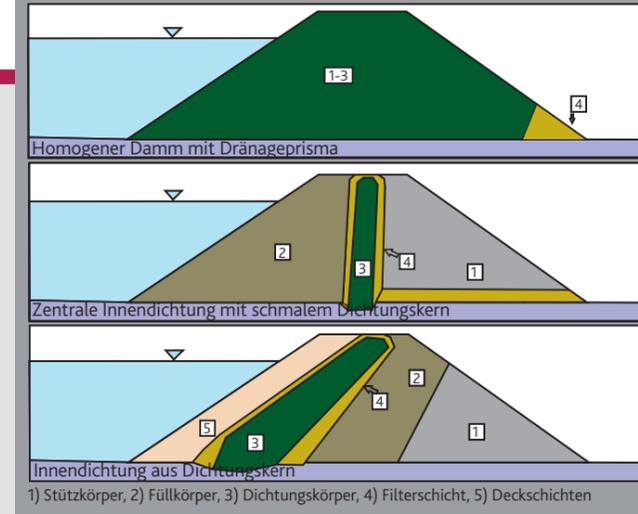
Schadensfall

Ein Schaden oder gar ein Bruch einer Stauanlage kann viele Ursachen haben. Rutschungen, Erdbeben oder starker Dauerregen sind nur wenige Beispiele, die zu einem Dammbbruch führen könnten. Im Fallbeispiel des Taum Sauk Pumpspeicherkraftwerks in den USA war es eine zu große Wassermenge, die in das Becken geleitet wurde. Dies führte im Dezember 2005 zum einem Dammbbruch. Ein weiteres Beispiel ist die Fujinuma-Talsperre in Japan, bei welchem der Damm infolge des Erdbeben im März 2011 brach.



Das Bild zeigt den Neubau des Oberbeckens des Taum Sauk Pumpspeicherkraftwerks nach dem Dammbbruch.
(Quelle (17.06.2013) Luftaufnahme vom Neuaufbau des Taum Sauk Pumpspeicherkraftwerks/ Missouri,USA vom 23.11.2009, Foto: KTrimble aus en.wikipedia.org.:Creative-Commons-Lizenz: Namensnennung sowie Weitergabe unter gleichen Bedingungen)

Sicherer Bau von Pumpspeicherkraftwerken



Geologische Standortfaktoren berücksichtigen

Eine Information für Energieversorger, Planer, Genehmigungs- und Fachbehörden

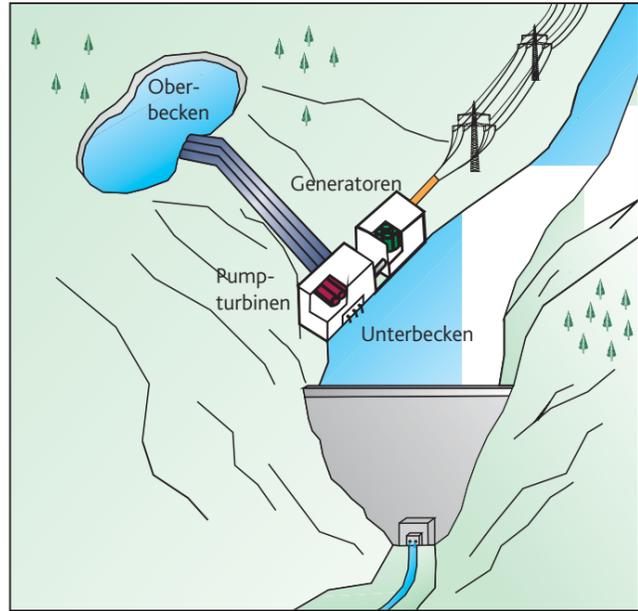
Herausgeber: Landesamt für Geologie und Bergbau
Emy-Roeder-Str. 5
55129 Mainz-Hechtsheim
(www.lgb-rlp.de)

Autoren: Ansgar Wehinger und Christina Heinrichs (10/2014)

Bildnachweis Titelseite:
Oben und unten Mitte: Oberbecken bzw. Damm des Pumpspeicherkraftwerkes in Goldisthal (Foto: LGB/ Lang)
Links unten: Grafiken Dammschnitte (Grafiken verändert nach: STRIEGLER 1998)
Rechts: Tonschiefer-Bohrkerne einer Gleitzone (Foto: LGB/ Wehinger)



Pumpspeicherkraftwerke



Prinzipische Skizze eines Pumpspeicherkraftwerkes
(Grafik: LGB)

Pumpspeicherkraftwerke sind Wasserkraftwerke, die zur Regelung des Stromnetzes eingesetzt werden.

Ein Pumpspeicherkraftwerk dient zur Verstärkung und zeitweisen Speicherung von regional erzeugter, regenerativer Energie. Durch Pumpspeicherkraftwerke kann insbesondere der Strom aus Windkraft- und Photovoltaikanlagen gespeichert und bedarfsgerecht wieder zur Verfügung gestellt werden.

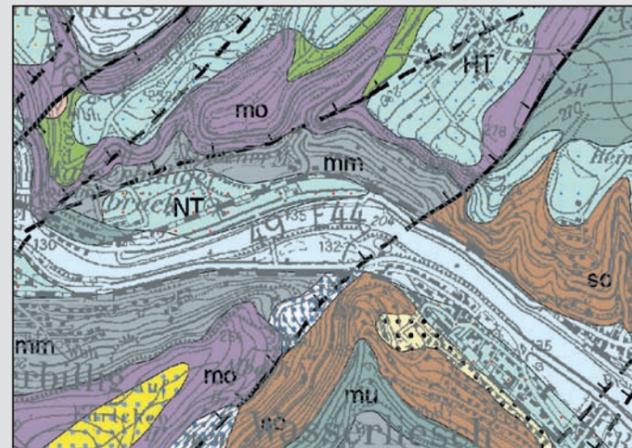
Grundlegende Voraussetzung für ein Pumpspeicherwerk ist ein möglichst großer Höhenunterschied, um dem Wasser ausreichend Fallenergie zu bieten. Es werden zwei Wasser-Reservoirs – ein Ober- und ein Unterbecken – benötigt. Das durch die Rohre fallende Wasser treibt die Turbinen an.

Überschüssige Energie wird zum Befüllen des Oberbeckens genutzt. Daher sind Pumpspeicherkraftwerke Speicherkraftwerke. Der Wirkungsgrad eines Pumpspeicherkraftwerks beträgt etwa 75 Prozent.

Geologie



Ausschnitt eines Laserscanbildes aus der Trierer Bucht. Laserscanbilder zeigen das Relief. Mit ihrer Hilfe lassen sich unter anderem Rutschungen erkennen. Der Bildausschnitt entspricht der nebenstehenden Karte.
(Grafik: LGB, Daten LvermGeo)

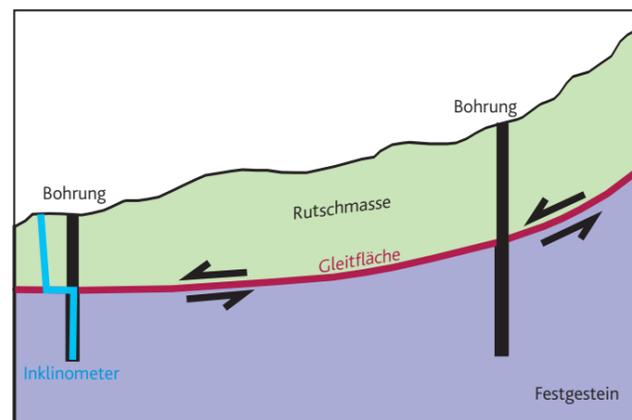


Ausschnitt einer geologischen Karte aus der Trierer Bucht. Die verschiedenen Farben zeigen die Verbreitung von Lock- und Festgesteinen unterschiedlicher Erdzeitalter an.
(Quelle: Geologische Karte der Trierer Bucht, LGB 2011)

Die geologische Kenntnis des Untergrunds ist bei einem so großen Bauvorhaben wie einem Pumpspeicherkraftwerk zwingend erforderlich, um einen sicheren und wirtschaftlichen Bau- und Betriebsablauf zu gewährleisten. Die geologische Kenntnis umfasst neben dem Wissen um das Alter und die Art der Gesteine insbesondere die ingenieur- und hydrogeologischen Gegebenheiten.

Relevante Eigenschaften des Untergrundes sind beispielsweise die Festigkeit, Verformbarkeit und Wasserdurchlässigkeit. Es gibt eine Vielzahl von Methoden um den Untergrund zu erkunden.

Art und Umfang der Untersuchungsmethoden sind an die topographischen und geologischen Standortbedingungen und an das Bauwerk anzupassen. Der geologische Untergrund in Rheinland-Pfalz ist sehr komplex und umfasst zahlreiche stratigraphische Einheiten und eine Vielzahl unterschiedlicher Locker- und Festgesteine.



Beim Bau eines Pumpspeicherkraftwerkes ist zu prüfen, ob der Standort durch Massenbewegungen beeinflusst werden kann oder dass durch den Bau des Kraftwerkes Rutschungen ausgelöst werden können.
(Grafik: LGB)

Standortwahl

Die Wahl eines geeigneten Standorts für ein Pumpspeicherkraftwerk hängt von einer Vielzahl von Faktoren ab:

- Topographie und Fallhöhe
- Verfügbarkeit der Flächen und von Wasser
- Erschließung - Anbindung an Straßen- und Stromnetz
- Geologie - Eignung des Untergrundes
- u.a.

Geologische Standortfaktoren

Für den Bau eines Pumpspeicherkraftwerkes müssen bestimmte Voraussetzungen gewährleistet sein. Wesentliche Prüf- und Untersuchungsziele sind besonders die Standsicherheit, die Verformbarkeit und die Wasserdurchlässigkeit des Untergrundes. Dabei ist nicht nur der Standort des eigentlichen Bauwerkes zu prüfen. Durch Last- und Grundwasseränderungen kann auch das Umfeld beeinflusst werden, so dass Gefahren für das Pumpspeicherkraftwerk oder die Umgebung wie beispielsweise Rutschungen entstehen können.

Geotechnische Untersuchungen

Vorbereitung	Planung, Prognose	topographische Lage, geologische Karten
	Geotechnische Voruntersuchungen	
Entwurf	Hauptuntersuchung	Fels- und Bodenmechanische Untersuchungen (Gelände, Labor), Messungen (geophysikalische,..)
Damm- und Betrieb	Bauausführung	Geotechnische Beratung und Begutachtung
	Überwachung	

Erkundungsmethoden

Es gibt sehr viele Möglichkeiten um einen Überblick über die Beschaffenheit des Untergrundes zu gewinnen. Die Untersuchungen erfolgen in der Regel in mehreren Phasen:

- Fernerkundung – Auswertung topographischer und geologischer Karten, von Luftbildern und Laserscans
- Oberflächenkartierung – Morphologie, Geologie, Tektonik, Hydrogeologie, Ingenieurgeologie
- Geophysikalische Messungen
- Geologische Aufschlüsse - Schürfe und Bohrungen
- Bohrlochuntersuchungen /-versuche – Bohrlochgeophysik, Durchlässigkeitstest u.a.
- Messstellenausbau – Grundwassermessstellen, Inklinometer, geodätisches Messnetz
- Laborversuche – Petrographie, Boden- und Felsmechanik
- Erkundungs- / Pilotstollen u.a.

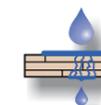
Sofern bei der Standortwahl der geologische Untergrund nicht ausreichend berücksichtigt wird, besteht ein erhebliches Erfolgs- und Kostenrisiko!



Lithologie und Stratigraphie – Eigenschaften der Locker- und Festgesteine in den Bauflächen



Tektonik (Schichtung / Faltung / Störung / Klüftung) des Gebirges



Hydrogeologie – Wasserdurchlässigkeit, Grundwasservorkommen, Prognose von Änderungen



Ingenieurgeologie / Geotechnik – Auffahrbarkeit, Standsicherheit von Dämmen, Stollen, Kavernen u.a., Art und Eignung von Materialentnahme zum Dichtungs- und Dammbau, natürliche Hohlräume, Hangstabilität



Bergbau / Altbergbau – Vorkommen untertägiger Hohlräume



Allgemein anerkannter Stand der Technik
Gesetzliche Vorgaben, DIN-Normen, Regelwerke, Merkblätter

Besonderheiten bei der Erkundung

Bei der Erkundung von Pumpspeicherkraftwerken sind insbesondere folgende Nachweise und Mechanismen zu berücksichtigen:

- Nachweis der Standsicherheit der Dammbauwerke und des Untergrundes
- Prüfung der Durchlässigkeit des Untergrundes
- Prüfung des Einflusses der Staubecken auf das Grundwasser bzw. die hydrogeologischen Gegebenheiten
- Prüfung der Auftriebssicherheit der Dichtungs-konstruktion
- Prüfung der Gefährdung durch natürliche Erdbeben und induzierte Seismizität
- Berücksichtigung der relevanten Normen und Regelwerke: u.a. DIN EN 1997- 1 bis -2, DIN 4020, DIN 4022, DIN 4048-1 und -2, DIN 4149, DIN EN 12 390-9, DIN 19 700-10 bis -15