

Nutzung von Anlagen des Bergbaus zur Speicherung regenerativer Energien durch Unterflur-Pumpspeicherwerke

gefördert durch:



Mercator Research Center Ruhr
Eine Initiative der Stiftung Mercator und
der Universitätsallianz Metropole Ruhr



Universität Duisburg-Essen
Fachgebiet Geologie

Prof. Dr. rer. nat. Ulrich Schreiber

Ruhr-Universität Bochum

Lehrstuhl Energiesysteme und Energiewirtschaft
Prof. Dr.-Ing. Hermann-Josef Wagner

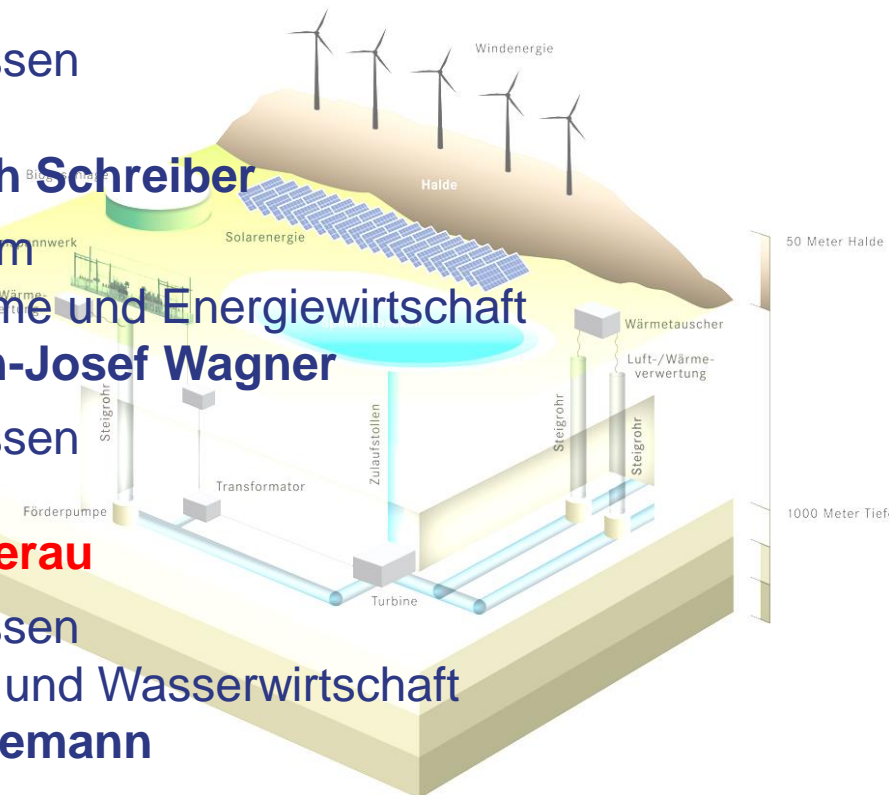
Universität Duisburg-Essen
Fachgebiet Geotechnik

Prof. Dr.-Ing. Eugen Perau

Universität Duisburg-Essen

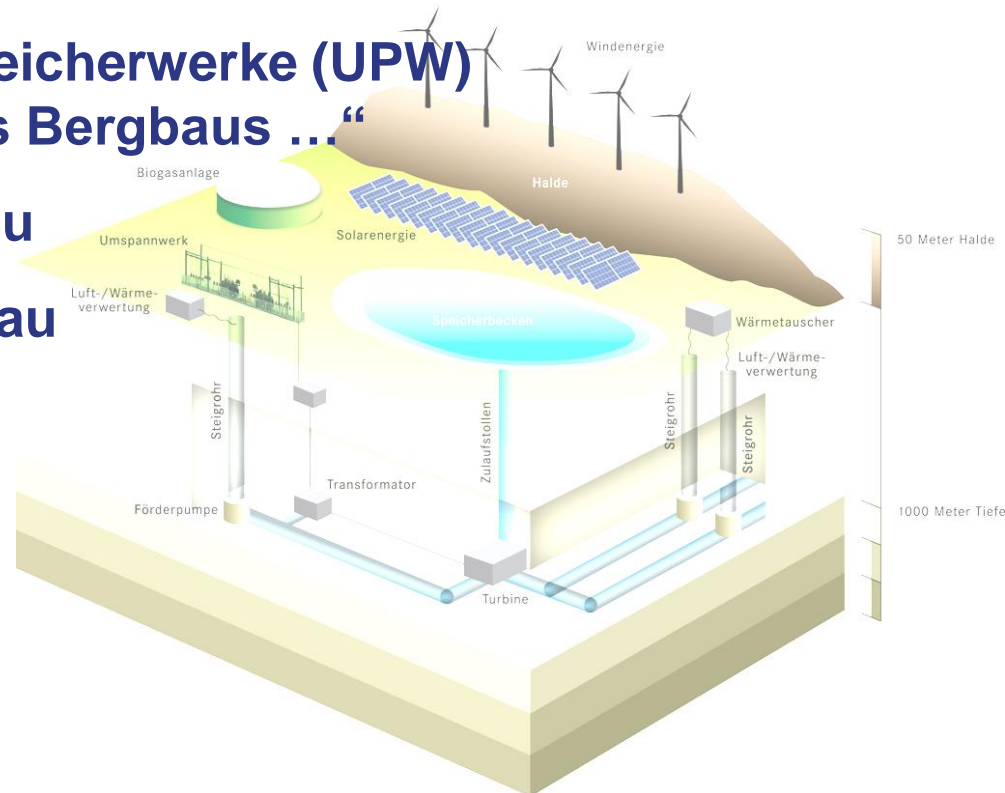
Fachgebiet Wasserbau und Wasserwirtschaft

Prof. Dr.-Ing. André Niemann



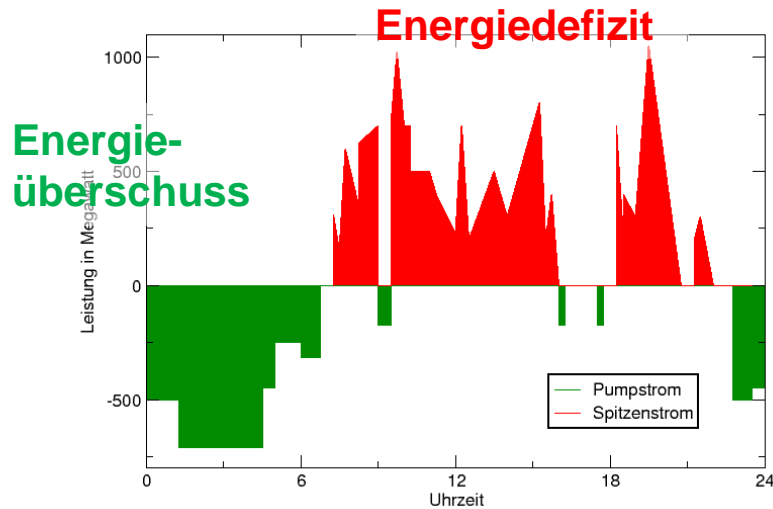
Inhalt

1. Einführung
(Pumpspeicherwerke, UPW, Projekte, Förderung)
2. Projekt „Unterflur-Pumpspeicherwerke (UPW)
– Nutzung von Anlagen des Bergbaus ...“
3. UPW im Steinkohle-Bergbau
4. UPW im Braunkohle-Tagebau
5. Fazit und Ausblick

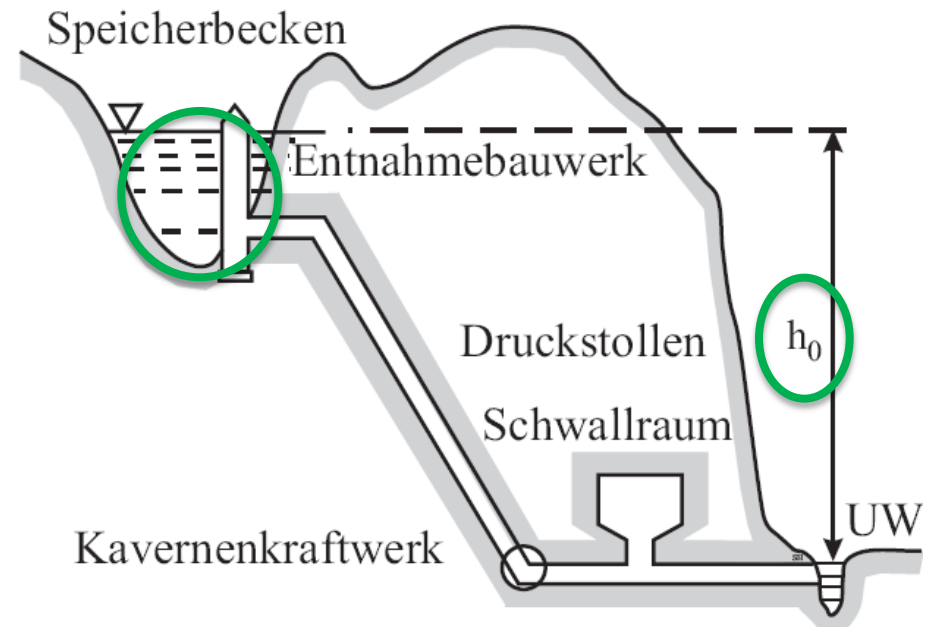


Pumpspeicherwerke

- Steigerung des Anteils **regenerativer** Energien (Sonne und Wind) führt zur Abhängigkeit der Stromproduktion vom Wetter
- Flexible Abnahme von Strom durch den Verbraucher macht zukünftig vermehrt die **Speicherung** von Energie notwendig
- Pumpspeicherwerke sind **effiziente** und **etablierte** Energiespeicher (Ausnutzung der potenziellen Energie des Wassers im Oberbecken)



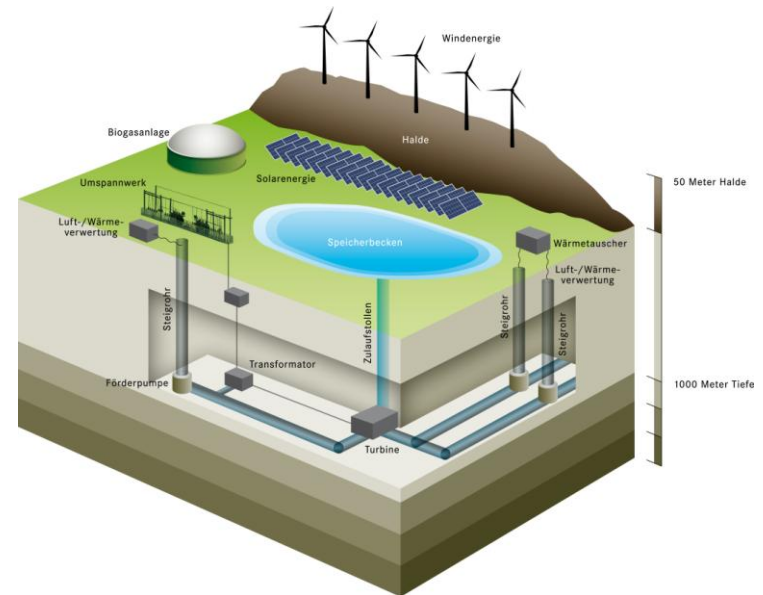
Quelle: <http://de.wikipedia.org/wiki/Pumpspeicherkraftwerk>



Quelle: Giesecke, J. (2009) Wasserkraftanlagen

Pumpspeicherwerke unterhalb des Geländes

- Beginn der **Forschung** zum Thema Pumpspeicherwerke an der Universität Duisburg-Essen im März 2010 mit einer **Idee** von Prof. Schreiber / Geologie
- **Nachnutzung** stillgelegter Steinkohle-Bergwerke im Ruhrgebiet zur **Speicherung von Energie**, zusätzliche Nutzung von Wärme und Grubengasen zur **Energiegewinnung**
- Lässt sich der **Bau** von Pumpspeicherwerken in stillgelegten Bergwerken **technisch realisieren**? Lassen sich Bau und Betrieb **wirtschaftlich** gestalten?
- Aufbau einer **Forscherguppe** zur Behandlung dieser Fragen:
 - Geologie (Prof. Schreiber, UDE)
 - Geotechnik (Prof. Perau, UDE)
 - Wasserbau/-wirtschaft (Prof. Niemann, UDE)
 - Energietechnik/-wirtschaft (Prof. Wagner, Prof. Koch, RUB)



Vergleichbare Projekte

TU Clausthal, Energie Forschungszentrum Niedersachsen (Prof. Beck)

- Windenergiespeicherung durch Nachnutzung stillgelegter Bergwerke (BMU)
- Pumpspeicherwerke in ehemaligen Erzgruben - Pilotanlage im Harz
==> Vortrag Prof. Beck / Dipl.-Wirtsch.-Ing. M. Schmidt (efzn)

DMT (Prof. Apel) (2006)

- Interne Studie über Pumpspeicherkraftwerke in Bergwerken für die RAG

Förderung für erste Untersuchungen

„Unterflur-Pumpspeicherwerke – Nutzung von Anlagen des Bergbaus zur Speicherung regenerativer Energien“

- Forschergruppe UDE, RUB
- Mercator Research Center Ruhr
Fördersumme: ca. 80.000 EUR für 1 Jahr



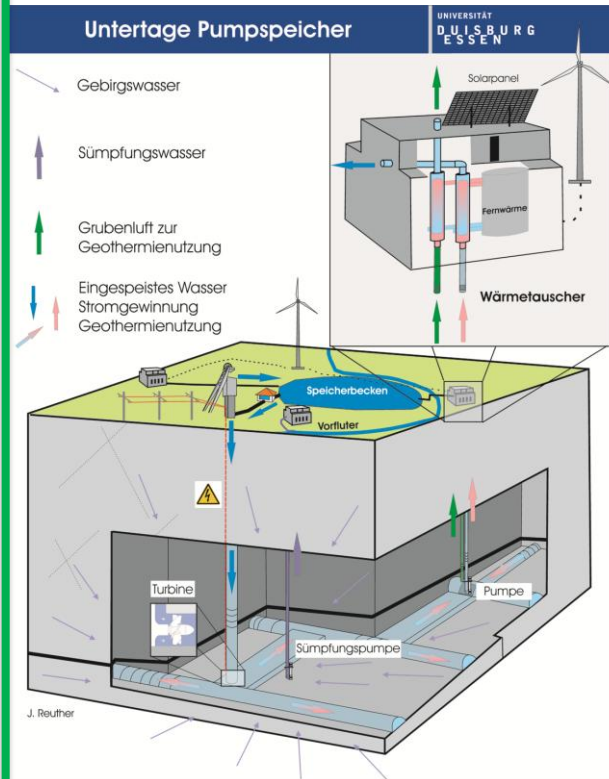
Mercator Research Center Ruhr

Eine Initiative der Stiftung Mercator und
der Universitätsallianz Metropole Ruhr

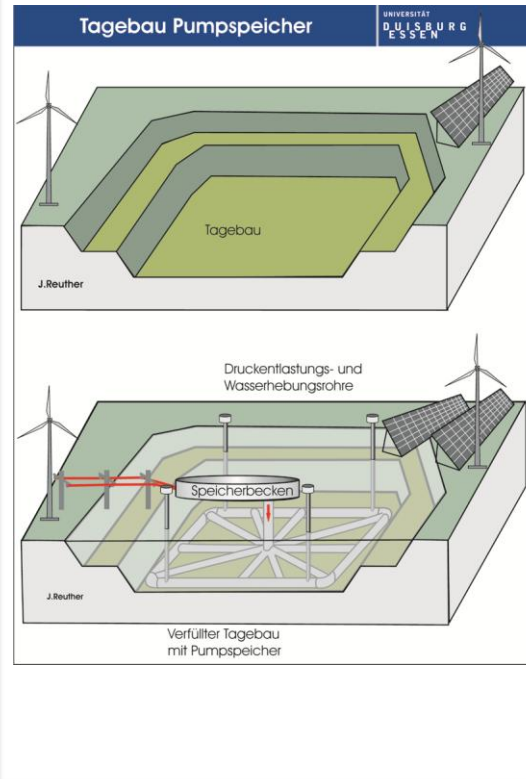
Ziele: Grundsätzliche Untersuchungen zur Machbarkeit
Konkretisierung der Fragestellungen / Suche von Projektpartnern

Potenzielle Standorttypen UPW

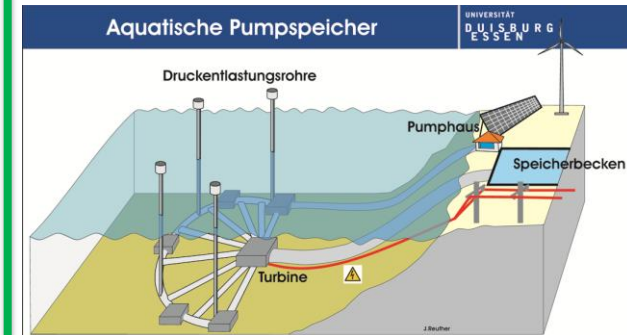
UPW I Steinkohle- Bergbau



UPW II Braunkohle- Tagebau

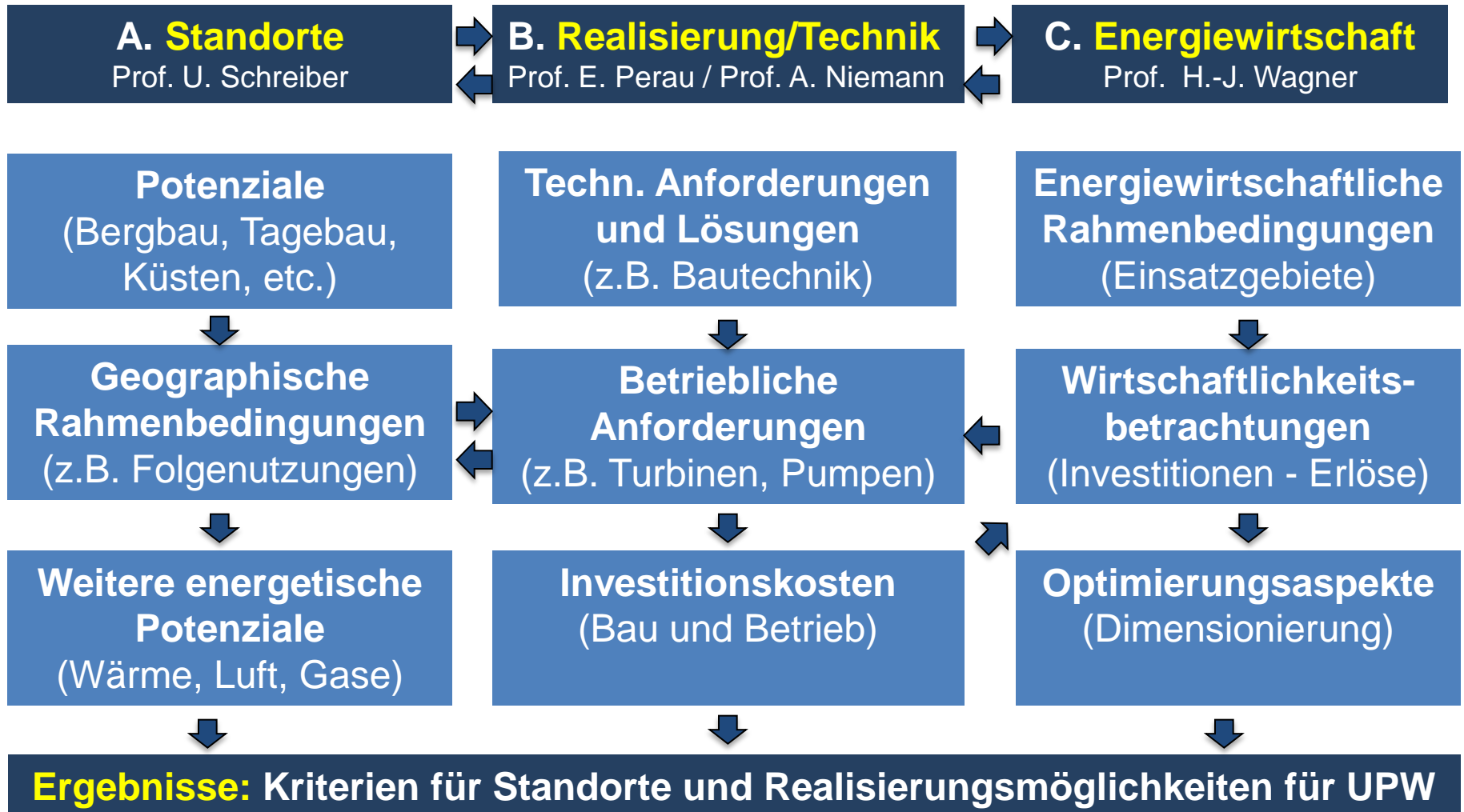


UPW III Subaquatische Speicher an Küsten



UPW I und UPW II
besonders interessant
für NRW

Arbeitsprogramm mit Teilprojekten



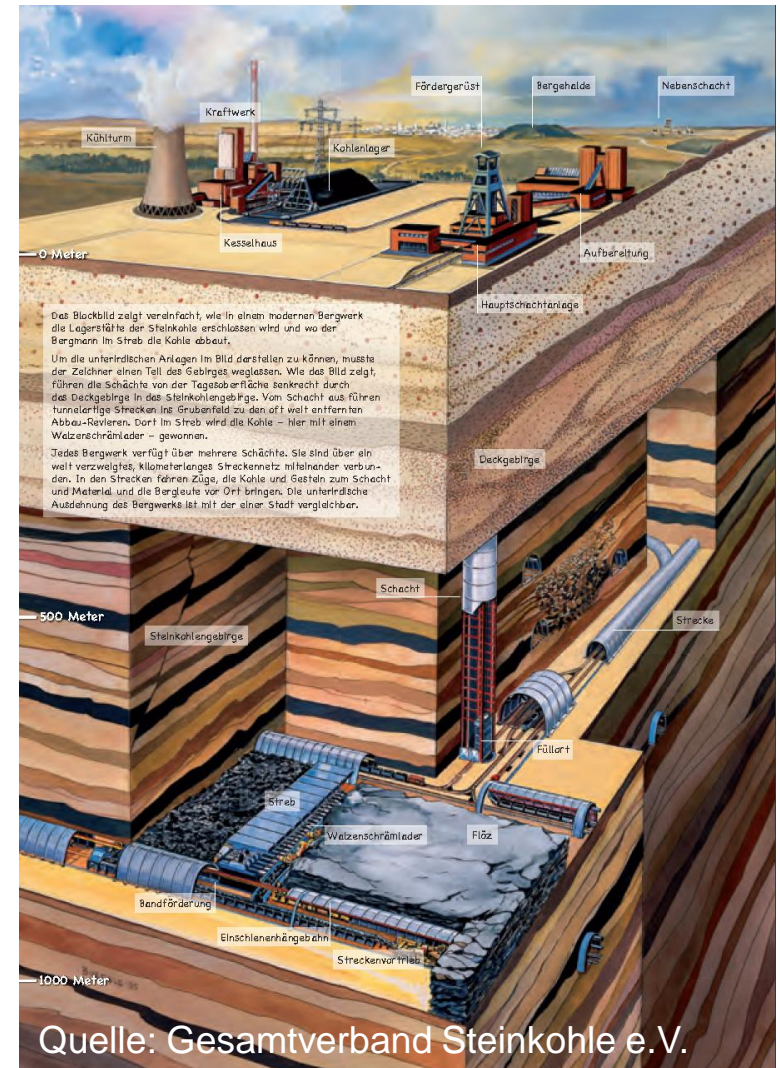
Randbedingungen beim UPW I (Steinkohle-Bergbau)

Standortfaktoren (Verfügbarkeit)

- Bergwerk ist noch in Betrieb oder noch nicht lange stillgelegt (Standicherheit, Arbeitssicherheit)
- Grubenwasserfreiheit (Sümpfung)
- Verfügbares Speichervolumen untertage
- Verfügbarkeit von Flächen für den oberirdischen Speicher
- Vorhandene Schächte (Betriebsschacht, Druckwasserleitung, Luftströme,) oder entsprechende Freiflächen

Energiepotenzial

- Fallhöhen (Höhendifferenz bis ~1.000 m)
- Verfügbare Volumina untertage (Schächte, Strecken, Kavernen)
- Wärmepotenzial (tiefenabhängig)



Vorteile beim UPW I (Steinkohle-Bergbau)

- a. Einige Bergwerke im Ruhrgebiet sind noch in Betrieb und werden in **absehbarer Zeit stillgelegt** ==> günstiger Zeitpunkt für UPW
- b. Für die Bauzeit UPW **Erhalt von Arbeitsplätzen** und Nutzung des Know-Hows aus dem Bergbau ==> günstiger Zeitpunkt für UPW
- c. **Hebung des Grundwassers** im Ruhrgebiet muss ohnehin teilweise aufrecht erhalten werden ==> kein dauerhafter Zusatzaufwand für UPW
- d. Speichervolumina auf **verschiedenen Sohlen / Höhen** ==> flexible Fallhöhen für UPW
- e. **Hohlräume** für Unterbecken sind zumindest zum Teil **vorhanden** (Schächte, Strecken, Kavernen) ==> begrenzter Aufwand bei Herstellung von UPW
- f. Temperatur nimmt mit der Tiefe deutlich zu, **Speicherwasser** kann im Unterbecken **erwärmt** werden ==> Wärmepotenzial nutzbar bei UPW
- g. Vom Bauwerk UPW sind **nur Oberbecken** und Betriebsgebäude an der Oberfläche **sichtbar** ==> hohe Akzeptanz für UPW

==> UPW im Steinkohle-Bergbau ist grundsätzlich machbar

Spezifische Fragen beim UPW I (Steinkohle-Bergbau)

- a. Beschränkung auf **geschlossene Systeme** (Grubenwasser und Speicherwasser separiert) sinnvoll oder sollten auch offene Systeme untersucht werden?
 - b. Berechnung **verfügbarer Volumina** für das Unterbecken (Streckenquerschnitte und –längen)
 - c. Beurteilung der **hydraulischen Nutzbarkeit** von Strecken (z.B. Anordnung, Gefälle) und ggf. Festlegung für Erweiterungen von Hohlräumen
 - d. Notwendigkeit von **Ertüchtigung des temporären Ausbaus** von Strecken und Schächten für dauerhaft ausreichende Standsicherheit
 - e. **Schaffung von unterirdischen Hohlräumen** für Standorte von Maschinen (z.B. Turbine, Generator) und ggf. Schaffung von Transportwegen
 - f. Ermittlung von Beanspruchungen aus **statischen und dynamischen Lasten**
 - g. Beachtung **erschwerter Arbeitsbedingungen** (Brand- u. Explosionsschutz, Bewetterung, beengte Arbeitsräume)
- ==> Konkrete Informationen zum Schacht- und Streckensystem erforderlich**
Zusammenarbeit mit maßgeblichem Bergbauträger RAG ist wichtig

Randbedingungen beim UPW II (Braunkohle-Tagebau)

Standortfaktoren (Verfügbarkeit)

- Tagebau muss noch in Betrieb sein (Ermöglichung der Zugänglichkeit, Grundwasserfreiheit)
- Unterbecken auf der Tagebau-Sohle flexibel gestalten, jedoch Restriktionen aus Abbaubetrieb beachten
- Verfügbarkeit von Flächen für das Oberbecken ist i.A. gegeben

Energiepotenzial

- Fallhöhen (Höhendifferenz bis ~400 m)
- Volumen des Unterbeckens ist flexibel
- Temporäre Energiegewinnung aus Flutung des Tagebaus möglich



Quelle: RWE Power – Bericht (2005)

Vorteile beim UPW II (Braunkohle-Tagebau)

- a. Tagebaue in Hambach (Tiefe ~400 m), Garzweiler II (~160 m) und Inden (~250 m) sind **noch länger** (2030 bis 2045) **in Betrieb**
==> günstiger Zeitpunkt für UPW
- b. **Abbauvorgang und Grundwasserhaltung** sind ohnehin in Betrieb und könnten für den Bau von UPWs **genutzt werden**
==> günstige Situation für UPW
- c. **Speicher für Unterbecken** und unterirdische Betriebsbauwerke können **relativ flexibel gestaltet werden**,
==> hohes Optimierungspotenzial für UPW
- d. Bautätigkeiten können **unter atmosphärischen Bedingungen** ablaufen, Bauwerke werden sukzessive überschüttet
==> günstige Randbedingungen beim Bau von UPW
- e. **Temporäre Energiegewinnung** während der Flutung des Tagebaus zusätzlich möglich
==> UPW erlaubt zusätzlich Energiegewinnung
- f. Vom Bauwerk UPW sind **nur Oberbecken** und Betriebsgebäude an der Oberfläche **sichtbar**
==> hohe Akzeptanz für UPW
==> UPW im Braunkohle-Tagebau ist grundsätzlich machbar

Spezielle Fragen beim UPW II (Braunkohle-Tagebau)

- a. **Hohe Belastungen** des Unterbeckens sowie der Schächte aus Überdeckung mit Sedimenten und Grundwasser bzw. Wasser - für die Gesamtkosten UPW II vermutlich maßgeblich, daher **gesonderter Forschungsbedarf**
- b. Auslegung der Schächte zum **Transport der Maschinen** (z. B. Pumpe, Turbine, Generator)
- c. **Statische und dynamische Beanspruchungen** aus dem Pumpspeicherbetrieb
- d. Auswirkungen der Beanspruchung aus Überschüttung und Betrieb auf **Verformungen** (Anschlüsse Rohre / Behälter) und **Standicherheit** (Aufschwimmen vom Unterbecken)
- e. Vielfältige **wechselseitige Einflüsse** von Tagebau-Betrieb und Bautätigkeit (verfügbarer Bauplatz, Materialtransporte aus Gewinnung und Verkipfung sowie Bautätigkeit)

Folgerungen beim UPW II (Braunkohle-Tagebau)

Konkrete Informationen zum Tagebau-Betrieb wünschenswert,
Zusammenarbeit mit maßgeblichem Tagebaubetreiber in NRW
RWE Power AG wird angestrebt.

Forschungsbedarf zur Optimierung der Unterbecken

Forschungsprojekt (Förderung durch Stiftung Mercator)

„Unterflur-Pumpspeicherwerke

– Konstruktionen aus Stahlbeton für Unterbecken im Braunkohletagebau“

Zusammenarbeit:

Fachgebiet Geotechnik Prof. E. Perau, UDE

Lehrstuhl für Massivbau, Prof. P. Mark, RUB



Fazit zur bisherigen Arbeit

UPW I – Steinkohle-Bergbau

- Steinkohle-Bergwerke im Ruhrgebiet werden etwa **2018** stillgelegt
- UPWs sollten möglichst unmittelbar danach gebaut werden
- Mit der **RAG** wurde der maßgebliche Betreiber als Partner gewonnen
- Konkretere Untersuchungen zu UPW I sind **dringlich**

UPW II – Braunkohle-Tagebau

- Braunkohle-Tagebaue in NRW werden etwa 2040 beendet sein
- Einbau von UPWs ist nur im laufenden Betrieb möglich
- Weitere Förderung durch die **Stiftung Mercator** wurde eingeworben
- Mit **RWE Power** wurde der maßgebliche Betreiber als Partner gewonnen
- Weiterer Untersuchungsbedarf zu UPW II steht **demnächst** an

UPW III – Subaquatische Speicher an Küsten

- Küstensteilhänge wären jederzeit nutzbar
- Untersuchungsbedarf ist nicht dringlich

Ausblick

UPW I – Steinkohle-Bergbau

- Steinkohle-Bergwerke im Ruhrgebiet werden etwa **2018** stillgelegt
- UPWs sollten möglichst unmittelbar danach gebaut werden
- Mit der **RAG** wurde der maßgebliche Betreiber als Partner gewonnen
- Konkretere Untersuchungen zu UPW I sind **dringlich**

Tagung am 30.11.2011 zur Information und Diskussion



Stiftung
Mercator



Universitätsallianz
UAMR Metropole Ruhr

UNIVERSITÄT
DUISBURG
ESSEN

RUHR
UNIVERSITÄT
BOCHUM

RUB

... in Erwartung weiterer Anregungen ...

... und Dank an MRCR und Stiftung Mercator

zum weiteren Vorgehen unserer Forschergruppe

==> am Nachmittag dazu Vortrag **Prof. Niemann, UDE**

*Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit,
für die Forschergruppe UDE, RUB*

E. Perau