

Quelle: Voith Hydro



Quelle: RAG

# Machbarkeitsstudie zur Nutzung von Anlagen des Steinkohlebergbaus als Pumpspeicherwerke

Prof. Dr.-Ing. André Niemann

Pumpspeicherkraftwerke unter Tage: Chance für das Ruhrgebiet? 30.11.2011

# Gliederung



**Vorarbeiten und Ausgangssituation**  
Wie sind die Vorarbeiten zu bewerten?



**Systemkonfigurationen für Pumpspeicherwerke unter Tage**  
Systematisierung



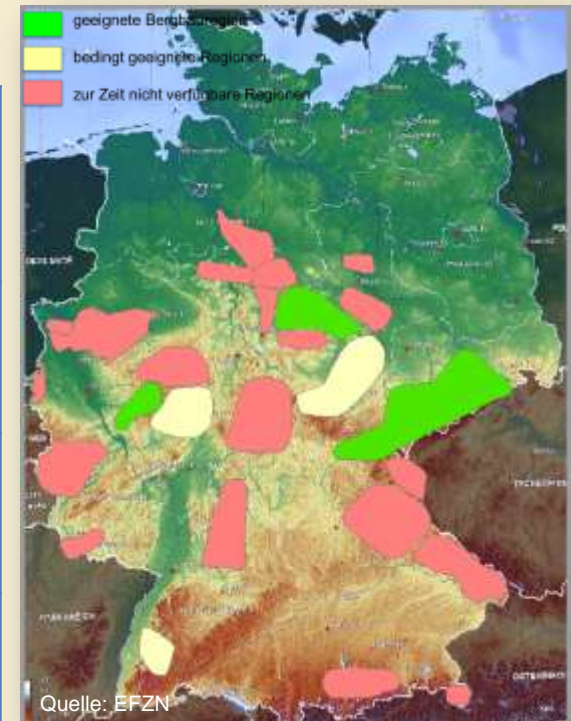
**Wie nun mit den Potenzialen umgehen?**  
Der nächste Schritt...



**Zusammenfassung**  
Abschätzung der europaweiten Potenziale

## Vorarbeiten/Ausgangssituation

 Energie-Forschungszentrum Niedersachsen	<p>„Windenergiespeicherung durch Nachnutzung stillgelegter Bergwerke“, ab 2007, beendet</p> <p>Pilotanlage in „Bad Grund“ bis 2019 (Investor vorhanden)</p>
	<p>Preliminary Design Study of Underground Pumped Hydro and Compressed Air Energy Storage in Hard Rock, EPA, 1976</p>
	<p>Überlegungen zum Bau eines Pumpspeicherkraftwerkes in einem stillgelegtem Bergwerk in den Niederlanden          Machbarkeitsstudie und mgl. Kosten wurden in Kooperation erstellt</p>
	<p>Suche nach geeigneter Goldmine in Südafrika für Evaluierung eines Pumpspeicherprojektes</p>
	<p>Konzeptstudie Pumpspeicherwerk Walsum (unveröffentlicht, 2006)</p>
	<p>Studie „Unterflur-Pumpspeicherwerke - Nutzung von Anlagen des Bergbaus zur Speicherung regenerativer Energien“ (UDE,RUB, 2011)</p>



# Gliederung



**Vorarbeiten und Ausgangssituation**  
Wie sind die Vorarbeiten zu bewerten?



**Systemkonfigurationen für Pumpspeicherwerke unter Tage**  
Systematisierung



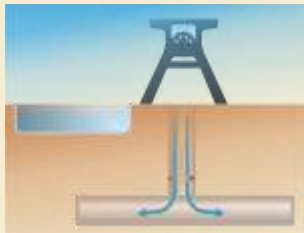
**Wie nun mit den Potenzialen umgehen?**  
Der nächste Schritt...



**Zusammenfassung**  
Abschätzung der europaweiten Potenziale

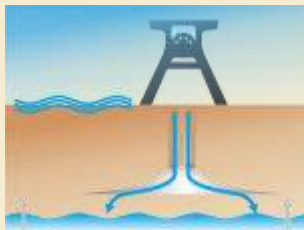
## Grundsätzliche Unterscheidung: Offenes System/geschlossenes System

- Geschlossenes System:



- Kontrolliertes und ertüchtigtes System
- Kein/wenig direkter Kontakt zum Grubengebäude
- Wasserwirtschaftlich geschlossenes System (Verluste sind auszugleichen)

- Offenes System:



- In weiten Teilen kontrolliertes und ertüchtigtes/ausgebautes System
- Kontrollierter Übergang in das Grubengebäude
- Nutzung/Erweiterung der bestehenden Grubenwasserhaltung
- Wasserwirtschaftlich auf dauerhafte Wasserzufuhr ausgelegtes System

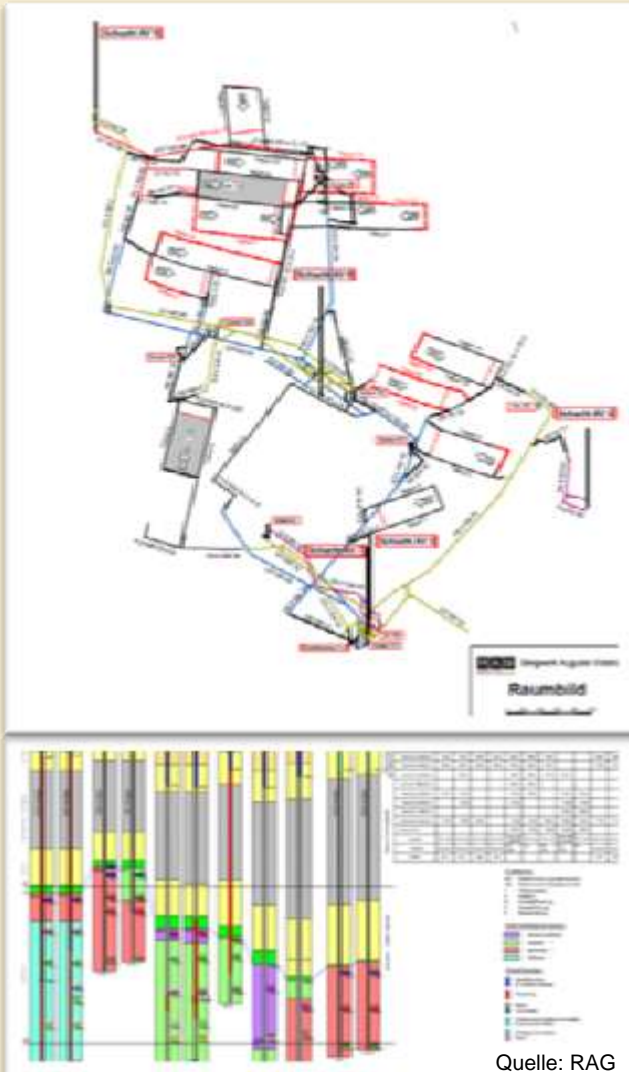
- Kombinationssysteme (bislang nicht betrachtet)

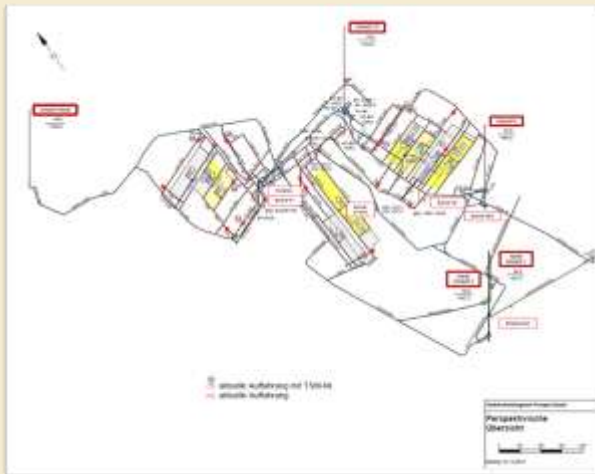
## Beispiel 1: Teilstreckennutzung

Bsp.: Schachtanlage Auguste Viktoria, Marl

Annahmen:

- unterer Speicher: 100.000 m<sup>3</sup> (Ausbau erforderlich)
- Fallhöhe: 1.200 m
- 1 Maschinensatz
- Laufzeit: 12 h
- Wirkungsgrad: 0,65
- Ausbaudurchfluss: 2,3 m<sup>3</sup>/s
- Leistung in MW: **17 MW**
- Gesamtleistung (2.500 h/a): **42,5 GWh/a**





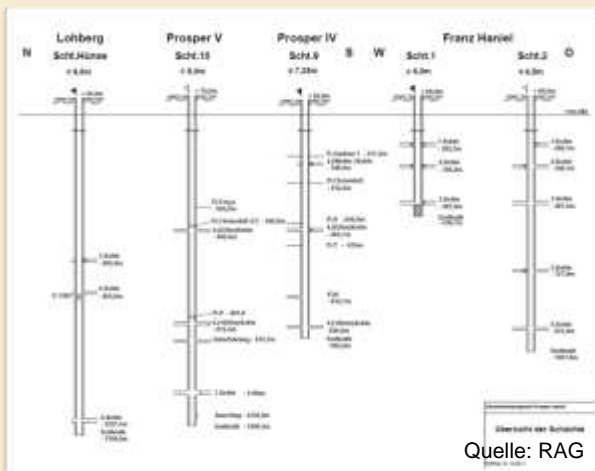
## Beispiel 2: Bergwerksweite Nutzung

Bsp: Bergwerk Prosper-Haniel, Bottrop

Annahmen:

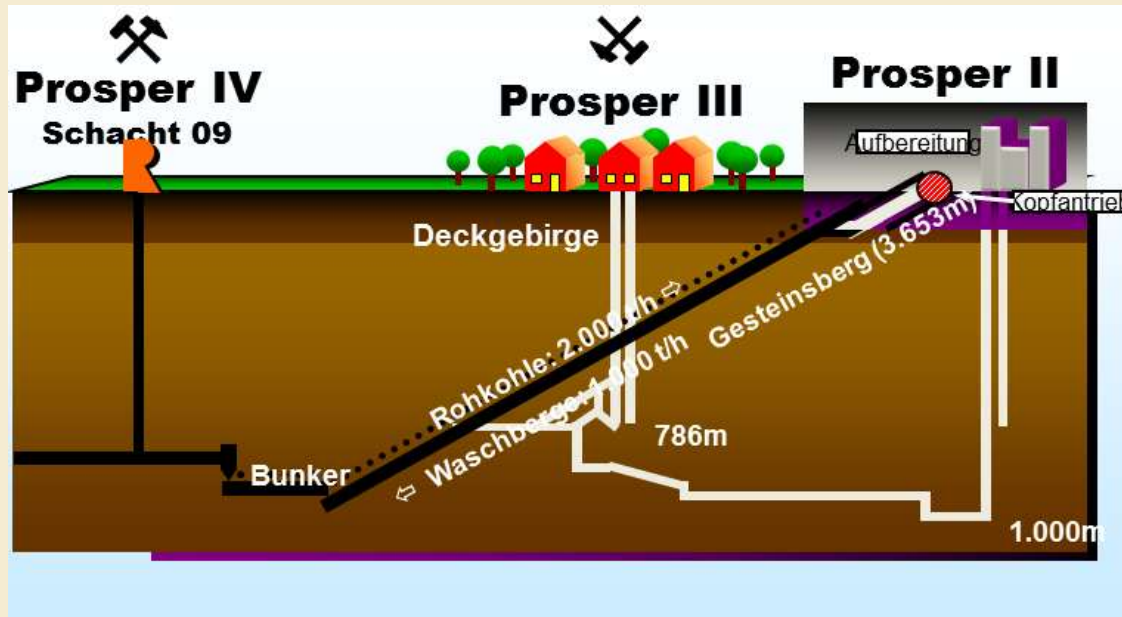
(Ausbaustufe nur Hauptstrecken, Pumpturbine)

- unterer Speicher:  $16 \text{ m}^2 \times 30.000 \text{ m} = 480.000 \text{ m}^3$
- Fallhöhe: 800 m
- 2 Maschinensätze
- Laufzeit: 12 h
- Wirkungsgrad: 0,65
- Ausbaudurchfluss:  $11 \text{ m}^3/\text{s}$
- Leistung in MW: **56 MW**
- Gesamtleistung (2.500 h/a): **140 GWh/a**



Quelle: RAG

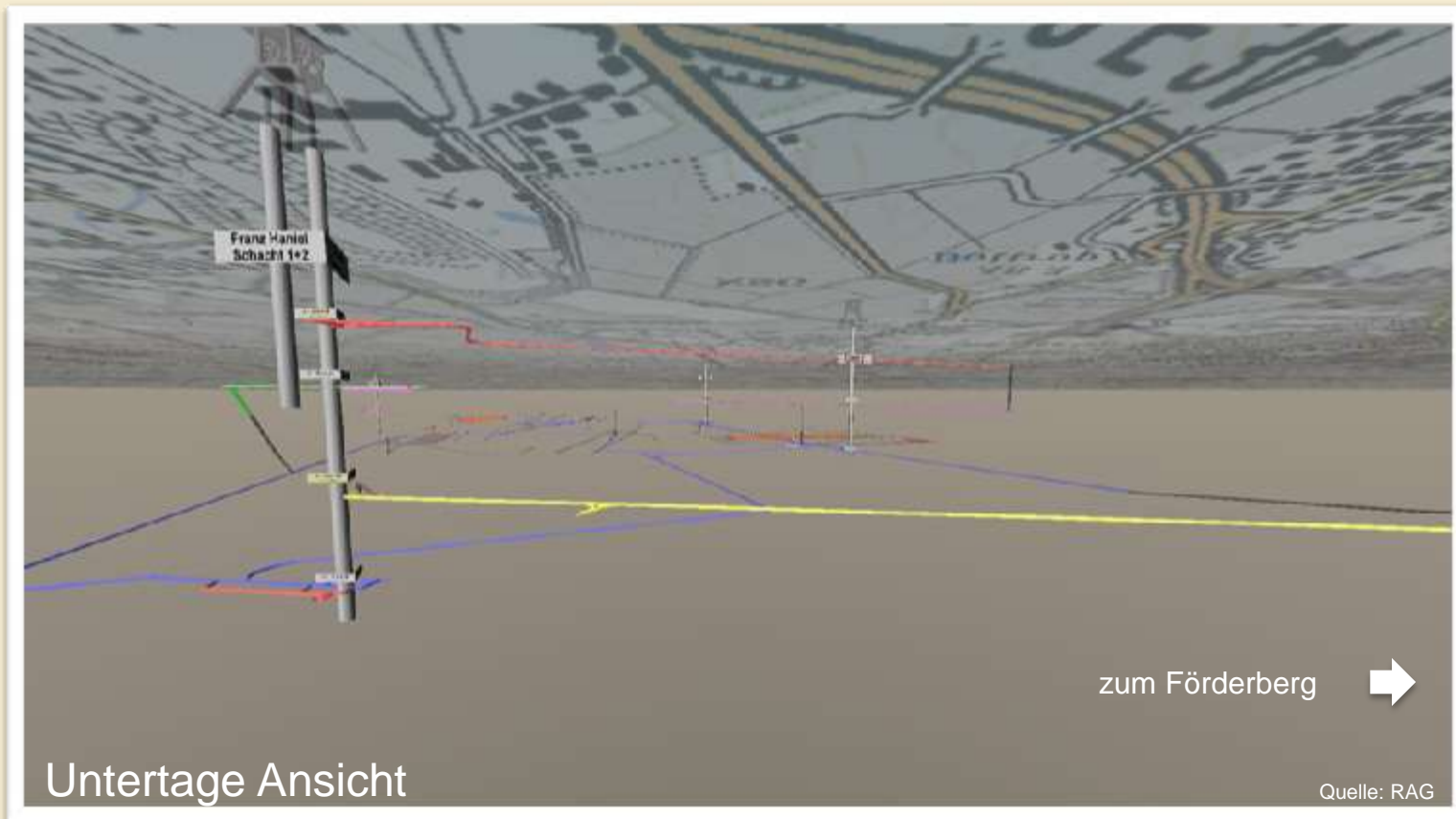
## Beispiel zur optimalen Einbindung vorhandener Infrastruktur - Förderberg - Prosper II



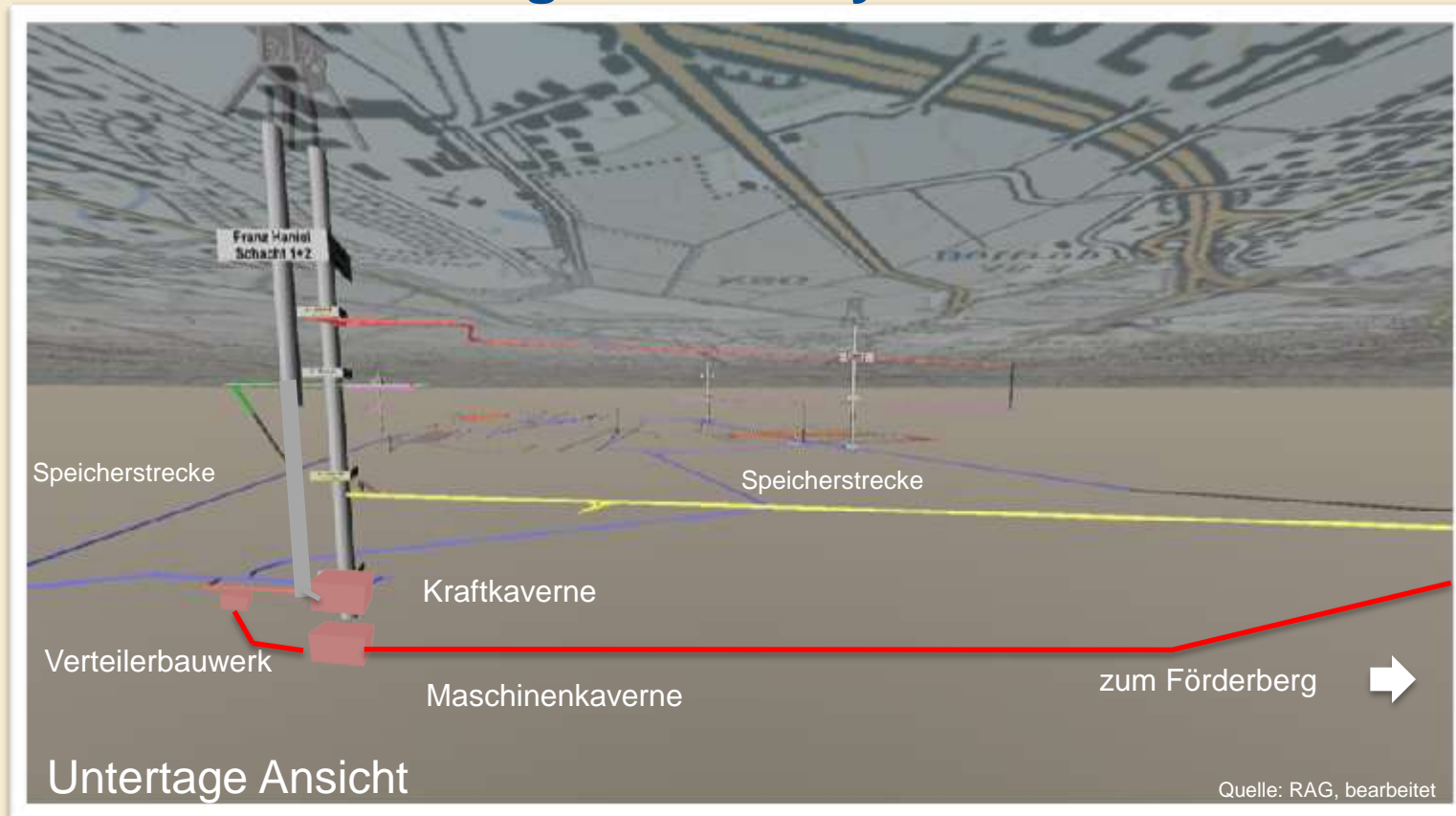
Befahrbarer, voll ausgebauter Transportschacht  
(Querschnitt rd. 25 m<sup>2</sup>); befahrbar bis auf -783 m;  
weitere Schachtanlagen im direkten Umfeld



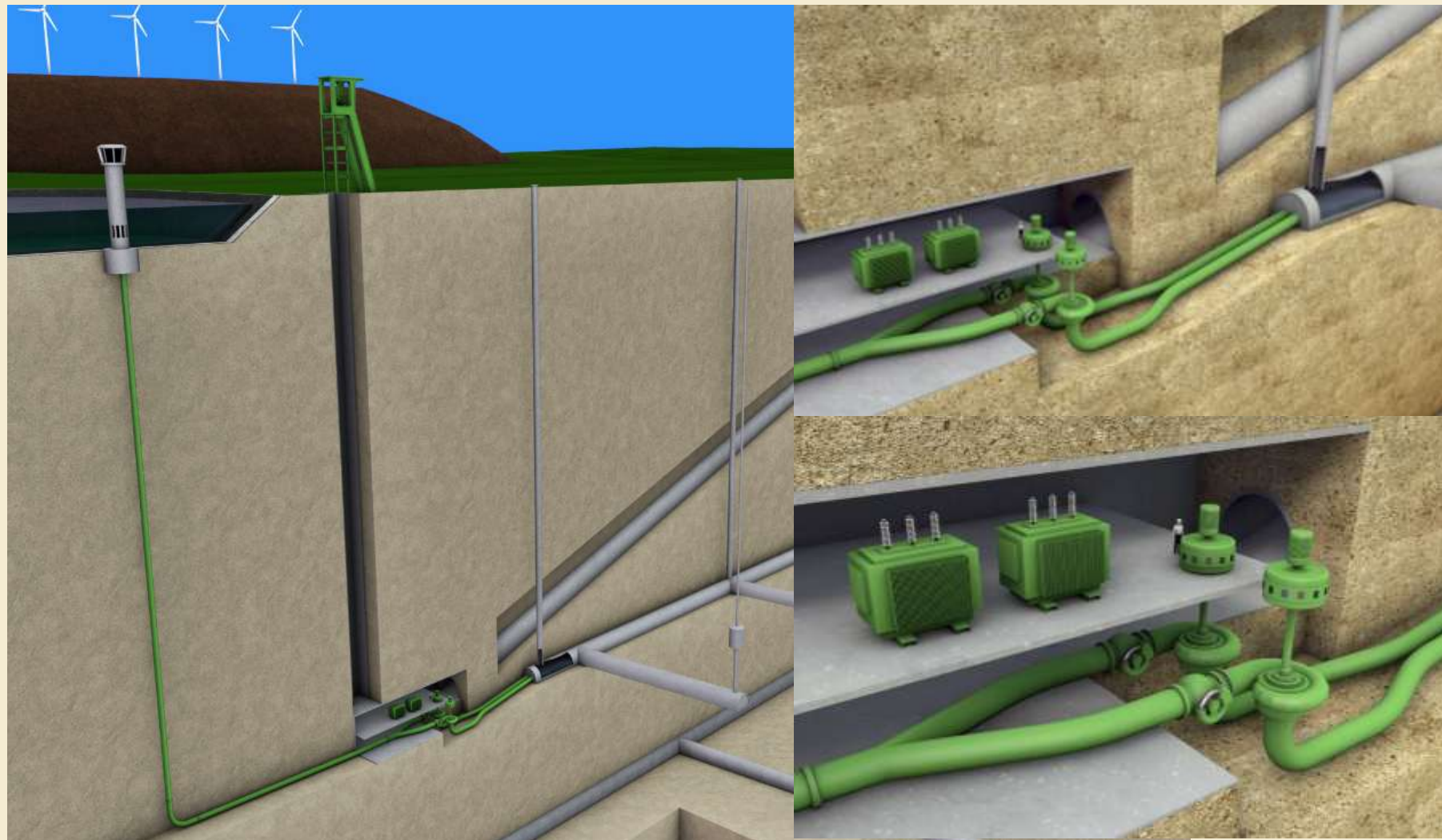
## Beispiel zur optimalen Einbindung vorhandener Infrastruktur– IST-Situation

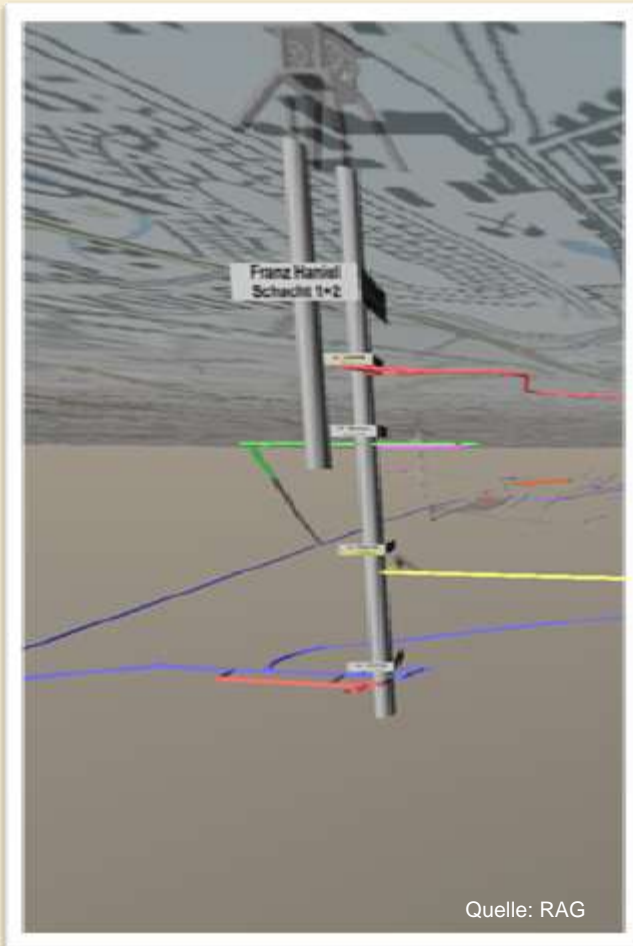


## Beispiel zur optimalen Einbindung vorhandener Infrastruktur– ausgebautes System



# Machbarkeitsstudie Pumpspeicherwerke im Steinkohlebergbau





Quelle: RAG

## Beispiel 3: Bergwerksübergreifende Nutzung

Bsp.: Wasserhaltung Ruhrgebiet

Annahmen:

(Ertüchtigung; Nutzung der Hauptstrecken; Einbindung der zentralen Grubenwasserhaltung; Wasserwirtschaftliche Versorgung gesichert)

- unterer Speicher: z.B. 3.000.000 m<sup>3</sup>
- Fallhöhe: 800 m
- 4 Maschinensätze
- Laufzeit: 12 h
- Wirkungsgrad: 0,65
- Ausbaudurchfluss: 70 m<sup>3</sup>/s
- Leistung in MW: **355 MW**
- Gesamtleistung (2.500 h/a): 890 **GWh/a**

## Flexibilität bei der Anlagenkonzeption durch Nutzung der Wasserwegigkeiten der gesamten Wasserhaltung im Ruhrgebiet („Box-Modell“)

- dauerhafte Wasserversorgung erforderlich (wasserwirtschaftliches Gesamtkonzept)
- Nutzung/Ertüchtigung und Erweiterung bestehender Wasserhaltungen
- Wasserhaltung heute meist zwischen 450 bis 1.200 m (Deckgebirge folgend)
- Parallelaufgabe:  
Minimierung der Ewigkeitslasten



Große Flexibilität bei der Wahl der Anlagenkonzeption im Ruhrgebiet

# Gliederung



**Vorarbeiten und Ausgangssituation**  
Wie sind die Vorarbeiten zu bewerten?



**Systemkonfigurationen für Pumpspeicherwerke unter Tage**  
Systematisierung



**Wie nun mit den Potenzialen umgehen?**  
Der nächste Schritt...



**Zusammenfassung**  
Abschätzung der europaweiten Potenziale



Quelle: RAG, 2008/Thyssen  
Schachtbau GmbH, 2010



## Bautechnische Realisierung

### Aktuell in Diskussion befindliche Teilprojekte :

- Entwicklung eines technischen Konzepts für untertägige Pumpspeicherkraftwerke
- Wasserwirtschaftliches Rahmenkonzept
- Untersuchung geotechnischer Aspekte
- Bemessung der Maschinen- und Elektrotechnik
- Anforderungen an die Betriebs- und Arbeitssicherheit
- Integration von untertägigen Pumpspeicherkraftwerken in die Netzinfrastruktur
- Untersuchung geologischer Aspekte und Bewertung der Übertragbarkeit

## Wissenschaftliche Begleitforschung



### Aktuell in Diskussion befindliche Teilprojekte:

- Bewertung des bestehenden Rechtsrahmens und Aufzeigen des gesetzgeberischen Handlungsbedarfs
- Gesellschaftliche und politische Akzeptanz von untertägigen Pumpspeicherkraftwerken
- Ökobilanzielle Bewertung unterschiedlicher Szenarien
- Einfluss untertägiger Pumpspeicherkraftwerke auf aquatische Ökosysteme
- Wirtschaftliche Bewertung der Anlagenkonzepte
- Einfluss der Anlagenkonzepte auf die Bergbaufolgekosten



## Ziele im Bereich „Netzeinbindung“



Durchführung abschätzender Simulationsrechnungen zu:

- Lastfluss
- Kurzschlussstrom für Netznoten in der Nähe des UPW
- Netzurückwirkungen durch Frequenzumrichter
- Netzstützung im Falle von Netzstörungen

Bautechnische Realisierung:

- Generatorenbau
- Netzanbindung

Vergleich möglicher Maschinenvarianten:

- Drehstrom-Synchronmaschinen mit konstanter Drehzahl
- Umrichtergespeiste Maschinensätze variabler Drehzahl
- Kombiniertes Pump-/Turbineneinsatz
- Separate Maschinensätze für Pump- bzw. für Turbinenbetrieb



## Wasserwirtschaftlicher Rahmen und Einfluss auf aquatische Ökosysteme



- Prüfung und Beurteilung der wasserwirtschaftlichen Rahmenbedingungen
- Identifikation geeigneter Wasserressourcen zum Ausgleich von Verlusten bzw. zur dauerhaften Wasserversorgung der Pumpspeicheranlagen
- Einbindung der Anlagen in die wasserwirtschaftlichen Rahmenbedingungen
- Abschätzung von Veränderungen in der Salzbelastung und Wirkung auf die aquatischen Lebensgemeinschaften

# Anforderungen an die Betriebs- und Arbeitssicherheit für Bau und Betrieb

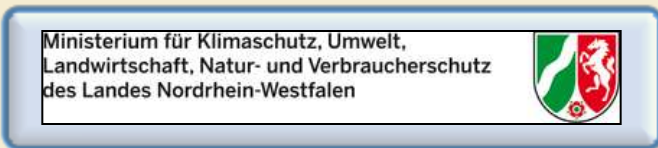


Vorsicht!  
Explosionsgefahr

- Betriebssicherheit ist dauerhaft zu gewährleisten
- Konzepte für die Anlagenrevision
- Dauerhafter Umgang mit Gebirgsmechanik
- Gewährleistung der Explosionsschutzanforderungen
- Auslegung der Bewetterung für alle Betriebszustände
- Entrauchungs- und Entfluchtmöglichkeiten, u. a.



## Angedachtes weiteres Vorgehen – Projektpartner:



- **Universität Duisburg-Essen:**
  - Fachgebiet für Wasserbau und Wasserwirtschaft
  - Fachgebiet für Geotechnik
  - Fachgebiet für Geologie
  - Fachgebiet für Elektrische Anlagen und Netze
  - Fachgebiet angewandte Zoologie/Hydrobiologie
  - ZWU - Zentrum für Wasser- und Umweltforschung
- **Ruhr-Universität Bochum:**
  - Lehrstuhl Energiesysteme und Energiewirtschaft
  - Institut für Berg- und Energierecht
- **Rhein-Ruhr Institut für Sozialforschung und Politikberatung e.V. (RISP)**
- **RAG AG**
- **DMT GmbH & Co. KG**

# Gliederung



**Vorarbeiten und Ausgangssituation**  
Wie sind die Vorarbeiten zu bewerten?



**Systemkonfigurationen für Pumpspeicherwerke unter Tage**  
Systematisierung



**Wie nun mit den Potenzialen umgehen?**  
Der nächste Schritt...



**Zusammenfassung**  
Abschätzung der europaweiten Potenziale

## Versuch einer Potenzialabschätzung auf Basis der europaweiten Kohleförderung (2011)



Annahmen:

- Europaweit 205+ Steinkohlebergwerke
- pot. Eignung bei 2/3 aller Standorte und Ansatz kleinster Anlagenkonfigurationen
- 35 MW Nennleistung je Anlage
- 88,5 GWh/a pro Anlage

- Potenzial von rd. 12 TWh/a
- (in allererster Näherung bei bestätigter Wirtschaftlichkeit)

Quelle: Eurocoal, 2011

## Zusammenfassung

- Pumpspeicher untertage bieten ein erhebliches Potenzial zur Energiespeicherung
- Wichtig: Individuelle Bewertung der realisierbaren Potenziale je Bergwerk erforderlich
- Die ausgedehnte vernetzte Wasserhaltung im Ruhrgebiet bietet eine hohe Flexibilität bei der Auswahl denkbarer Anlagenkonfigurationen
- Die Nennleistung für das Ruhrgebiet liegt in der Bandbreite von 20 MW für eine kleine Anlagen bis hin zu 400 – 600 MW für Anlagen im Verbund
- Erforderlich: Weitere Bewertung der technischen Realisierungsanforderungen und der resultierenden Effekte → gemeinsames Vorgehen vom Land NRW, RAG und den beteiligten Universitäten der UAMR

## Kontakt

### **Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft**

Universität Duisburg-Essen

Prof. Dr.-Ing. André Niemann

[www.uni-due.de/wasserbau](http://www.uni-due.de/wasserbau)

### **Fachgebiet Geotechnik**

Universität Duisburg-Essen

Prof. Dr.-Ing. Eugen Perau

[www.uni-due.de/geotechnik](http://www.uni-due.de/geotechnik)

### **Abteilung Geologie**

Universität Duisburg-Essen

Prof. rer. nat. Ulrich Schreiber

[www.uni-due.de/geologie](http://www.uni-due.de/geologie)

### **Lehrstuhl für Energiesysteme und Energiewirtschaft**

Ruhr-Universität Bochum

Prof. Dr.-Ing. Hermann-Josef Wagner

Prof. Dr. ing. Marco K. Koch

[www.lee.ruhr-uni-bochum.de](http://www.lee.ruhr-uni-bochum.de)