

**Gemäß Vertrag zwischen Dr.-Ing. Michael Lersow  
und der Fraktion der Grünen im Regionalrat Köln  
vom 16.12.2011**

**Bewertung des gültigen BKP hinsichtlich der Aussagen zur  
dauerhaften Standsicherheit des TRS Inden II sowohl in der  
Betriebs- als auch in der Einstauphase. Welche  
Standsicherheitsnachweise sollten vom Bergbautreibenden dem  
Braunkohlenausschuss bei der Bezirksregierung Köln im  
Beteiligungsverfahren vorgelegt werden.**

**Bewertung der notwendigen Vorkehrungen zur Herstellung  
eines dauerhaft standsicheren TRS Inden II**

Endfassung – Stand: 01.12.2012

Kurzfassung: Inhaltverzeichnis /Literatur und Zusammenfassung

## Inhaltsverzeichnis

1	Gesetzliche Grundlagen	S. 4
2	Grundsätzliche Betrachtungen zum Thema/Rahmenbedingungen	S. 7
3	Geotechnische Problemstellungen bei der Flutung übertiefer Tagebaurestlöcher, Fragestellungen zum Nachweis der Langzeitstabilität für das zu errichtende geotechnische Umweltbauwerk, Fragestellungen zum standortspezifischen Langzeitmonitoring	S. 19
3.1	Sicherheitsnachweise für ein dauerhaft sicher aufgefahrenes Endböschungssystem als Voraussetzung der Ingangsetzung der gesteuerten Flutung des Tagebaurestloches Inden II mit beschleunigter Befüllung	S. 19
3.1.1	Allgemeine Aussagen zur Standsicherheit der Kippenböschungen des TRS Inden aus den vorgelegten Dokumenten UVP, Braunkohlenplan etc.	S. 19
3.1.2	Einzuhaltende Vorgaben für das zu errichtende geotechnische Umweltbauwerk für den langzeitsicheren Einstau von Wässern in das Tagebaurestloch Inden aus dem gültigen Braunkohlenplan und deren Bewertung	S. 25
3.2	Belastungsschema von Kippenböschungen von Tagebaurestseen	S. 29
3.2.1	Einfluss des Befüllungsvorgangs des Tagebaurestloches (TRL) Inden II	S. 30
3.2.1.1	Bisherige Untersuchungen	S. 30
3.2.1.2	Zusammenstellung von Ergebnissen aus den Machbarkeitsstudien des Planungsbüro Koenzen, Hilden und der Sydro Consult GmbH, Darmstadt, die Grundlage dieser gutachterlichen Stellungnahme werden	S. 32
3.2.1.3	Dynamischer Prozess der Befüllung des TRL Inden II – Einfluss auf die Stabilität des Böschungssystems und Wechselwirkungen mit der Umgebung	S. 36
3.2.1.4	Einfluss der Flutung des TRL auf die geotechnische Stabilität der TRS-Böschungen	S. 37
3.2.1.4.1	Hydraulischer Gradient	S. 37
3.2.1.4.2	Porenwasserüberdruck	S. 39
3.2.1.4.3	Hydraulischer Grundbruch	S. 40
3.2.1.4.4	Innere Erosion, Suffosion	S. 42
3.2.1.4.5	Berücksichtigung des Flutungsvorgangs des TRL im Langzeitstabilitätsnachweis der TRS-Böschungen	S. 43
3.2.1.4.6	Anmerkungen zu den Vorgaben aus dem Braunkohlenplan bzw. der UVP	S. 44
3.2.2	Einfluss dynamischer, seismischer Ereignisse	S. 46
3.2.3	Belastungsschema für den statischen Nachweis	S. 50

3.2.4	Zustandsgrößen der TRL-Böschungen	S. 51
3.3	FEM-Berechnungen, geotechnische Untersuchungen mit dem Programm FEMPLER	S. 54
3.3.1	Berechnungsverfahren	S. 56
3.3.2	Beispielrechnungen	S. 59
3.3.2.1	FEM-Programm zur Lösung geotechnischer Aufgabenstellungen - FEMPLER	S. 59
3.3.2.2	Standardböschung - Beispiele	S. 60
4	Einfluss des TRS Inden auf die Grundwasserbeschaffenheit im Einflussgebiet	S. 65
4.1	Entwicklung der Seewasserqualität	S. 66
4.2	Wechselwirkung zwischen dem TRS und den Grundwasserhorizonten im Umfeld	S. 67
5	Zusammenfassung	S. 70
	Literatur	S. 78

**Diese Bewertung umfasst:**

80 Seiten mit 35 Abbildungen und 7 Tabellen sowie 4 Anlagen

**Ausgewählte Formelzeichen und Indizes aus Eurocode 7 und DIN 1054:2010-12  
sowie DIN 4020:2012-12**

- F - Einwirkung (Force)
- E - Beanspruchung (Effect)
- R - Widerstandsgröße (Resistance)
- G - Eigenlast; Q – veränderliche Einwirkung
- $\gamma$  - Teilsicherheitsbeiwert / Wichte: Bedeutung ist aus dem Zusammenhang erkennbar
- k - charakteristischer Wert (characteristic)
- d - Bemessungswert (design)
- N - vertikale Beanspruchungen normal zur untersuchten Gleitfläche (Fuge)
- T - horizontale Beanspruchungen normal zur untersuchten Gleitfläche (Fuge)
- $\mu$  - Ausnutzungsgrad
- c – Kohäsion des Lockergesteinbereiches (Zonierung)
- $\Phi$  - Winkel der inneren Reibung des Lockergesteinbereiches (Zonierung)

**Spannungs-Verzerrungs-Beziehung Gl. 7**

$\varepsilon_{kl}$  - Verzerrungstensor

$\sigma_{ij}$  - Spannungstensor

$C_{ijkl}^{el}, C_{ijkl}^{pl}$  – elastische bzw. plastische Steifigkeitsmatrix

Auf Anlagen ist in dieser Fassung fast vollständig verzichtet worden. Ergebnisse, die auch als Anlagen erfasst werden könnten, sind als Bilder in den Text eingefügt. Dies erschien zweckentsprechend sowie für die Lesbarkeit und für das Verständnis notwendig. Die Literaturangaben entsprechen hier nicht der Nomenklatur. Wegen der Nachverfolgbarkeit ist die jeweilige Literaturangabe im Text dort vollständig eingefügt. In der Literaturzusammenstellung sind nochmals die wesentlichen Literaturstellen zusammengestellt, auch solche, auf die im Text nicht Bezug genommen wurde, die aber zur Standardliteratur im Fachgebiet gehören. Nur wenige Formelzeichen sind in der obenstehenden Liste zusammengestellt. Die Gleichungen und Funktionen, in denen diese verwandt sind, erfahren dadurch eine weiterführende Erklärung.

## 5 Zusammenfassung

Für den Autor ist die Flutung des TRL Inden 2 alternativlos. Die Massendefizite zur Verfüllung des TRL sind so gewaltig, dass dessen Ausgleich nur mit ungleich höheren Eingriffen in die Natur ausgeglichen werden könnte, als bei dessen Flutung.

Die Verfüllung mit Lockergestein ist ebenfalls nicht gefahrlos. Die immensen Aufschütthöhen besitzen z.B. ein ganz beträchtliches Sackungspotential und eine immense Grundbruchneigung, um hier nur auf einige Gefahren für die öffentliche Sicherheit hinzuweisen. Die Konsolidierung des eingebauten Verfüllmaterials dauert Jahrzehnte. Der Zeitraum für die Herstellung der öffentlichen Sicherheit und der Einpassung in die natürliche Umgebung ist damit wesentlich länger anzusetzen, als für die Erstverfüllung.

Die Beschaffenheit des Grundwassers im Abstrom der Abraumkippen Zukunft/West, Inden I und Inden II wird durch die Grundwasserströmung, die zu einem Stoffaustrag aus der Kippe, der über einige Jahrhunderte andauert, beeinflusst. Die Ursachen der Beeinflussung können den Abraummassen zugewiesen werden, die auf der Kippenseite wieder, ohne Stockwerkstrennung, in das TRL eingebracht werden. Dabei wird das vor dem Abtrag weitgehend vollständig vom Grundwasser umschlossene Braumaterial belüftet, was dazu führt, dass vormals geogen in den Sedimenten gebundene Stoffe gelöst bzw. mobilisiert werden. Bei Verfüllung des TRL vollständig mit Braumassen nimmt das Versauerungspotential des TRL erheblich zu.

Auch eine beschleunigte Befüllung des TRL Inden II liegt im Interesse der Stabilitätskriterien für das zu errichtende geotechnische Umweltbauwerk zur Nachnutzung der von der RWE power AG bergbaulich in Anspruch genommenen Bereiche und dient der Herstellung einer nachhaltig zu gewährleistenden öffentlichen Sicherheit. Voraussetzung dafür ist, dass die TRL-Böschungen Langzeit-standsicher vorbereitet werden und allen nachfolgend erläuterten Stabilitätskriterien genügen. Es ist aus den zur Verfügung stehenden Unterlagen zu entnehmen, dass einige der hier aufgeführten Nachweise (bisher) nicht in Betracht gezogen wurden. Die Vorlage einer komplexen Dimensionierungsvorschrift im Beteiligungsverfahren ist zu fordern. Eine Risikobewertung für die Befüllung und den Betrieb übertiefer Wasserspeicher, als die die TRS des Rheinischen Braunkohlenreviers zu betrachten sind, erscheint zwingend. Ein standortspezifisches Langzeitmonitoring sollte eingerichtet werden. Dass dies im öffentlichen Interesse liegt, ist zweifelsfrei.

### 5.1 Zusammenfassung: Rechtliche Gesichtspunkte

- ▶ Die geänderte Befüllung des TRL Inden II und die damit einhergehende Oberflächengestaltung und Wiedernutzbarmachung ist verfassungskonform, solange keine Infragestellung oder Änderung gemäß § 48 Satz 1 LPIG NRW erfolgt.
- ▶ Ausreichend für diese Feststellung ist, dass der Braunkohlenausschuss die begrenzende Wirkung der Norm (§ 48 Satz 1 LPIG NRW) erkannt, das Vorliegen ihrer Voraussetzungen mit einer insgesamt nachvollziehbaren Begründung bejaht und der Entscheidung keine sachfremden Erwägungen zugrunde gelegt hat.
- ▶ Der Verfassungsgerichtshof für das Land Nordrhein-Westfalen hat mit seinem Urteil vom 25. Oktober 2011 eine Verfassungsbeschwerde der Stadt Düren zurückgewiesen, weil die

kommunale Selbstverwaltung nicht zur Abstimmung stand. Der Klagegrund lief deshalb ins Leere.

- ▶ Voraussetzung für sachgerechte Entscheidungen ist, dass die dazu vorgelegten Unterlagen und Vorhabensauswirkungen durch die am Verfahren zu beteiligende Öffentlichkeit, insbesondere durch den Braunkohlenausschuss, geprüft und beurteilt werden können. Dazu muss die den Unterlagen zugrundeliegende Datenbasis offengelegt werden. Die Überprüfung des Vorhabens – hier der Oberflächengestaltung und der Wiedernutzbarmachung – ist ohne Kenntnis der Datenbasis nicht möglich. Ohne Offenlegung der Datenbasis und relevanter Angaben ist die Öffentlichkeitsbeteiligung de facto erheblich eingeschränkt.
- ▶ Der Braunkohlenplan muss nach gültigem Landesplanungsrecht in NRW überprüft und erforderlichenfalls geändert werden, wenn die Grundannahmen für den Braunkohlenplan sich wesentlich ändern. D.h. dies sind ständige Aufgaben für alle Verfahrensbeteiligten. Sie erfordern eine ständige Hinterfragung, nicht nur der Grundannahmen. Änderungen der Grundannahmen ergeben sich insbesondere aus öffentlichem Interesse. Dieses wird vorrangig aus zwei Gründen geweckt werden:
  - aus Gründen, aus denen sich eine Gefahr für die öffentliche Sicherheit ableitet und
  - aus regionalplanerischen Gesichtspunkten.

Diese dürfen nicht in Konkurrenz gebracht werden, sondern die Gewährleistung der öffentlichen Sicherheit ist Voraussetzung für die Nachnutzung der aus dem Bergrecht entlassenen Flächen (Inwertsetzung). Die Gewährleistung der Langzeitstandsicherheit des für die Befüllung vorbereiteten TRL ist Grundvoraussetzung für regionalplanerische Oberflächengestaltung und Wiedernutzbarmachung.

- ▶ In den vorgelegten Dokumenten wird immer wieder darauf hingewiesen, dass mit der Entstehung eines TRS Inden eine ökologische Aufwertung der revitalisierten Landschaft gegenüber einer Vollverfüllung mit Abraum einhergeht, eingeschlossen deren Inwertsetzung, insbesondere im Sinne der Regionalplanung. Die Inwertsetzung des TRS Inden setzt aber die dauerhafte Standsicherheit des ehemaligen Bergbauareals voraus, die Nachnutzungserlaubnisse sollten insbesondere von der Befriedigung der erforderlichen Sicherheitsanforderungen bestimmt werden.
- ▶ Dies sieht auch die Landesregierung von NRW so. Antwort auf Drucksache 14/9771:  
*„Völliges Neuland, mit entsprechenden Risiken für die Standsicherheit von Böschungen, werden die verbleibenden Braunkohlerestseen Inden, Hambach und Garzweiler sein. Schon das Kleinste der drei Restlöcher, Inden, das ab 2030 geflutet werden soll, soll mit einer Fläche von 1.100 Hektar und 180 Metern Tiefe nach ca. 2070 der größte See von NRW sein. Weltweit gibt es keinerlei Erfahrung mit der Flutung und Standsicherheit der Böschungen von Tagebaurestlöchern solcher Dimension. Es muss detailliert überprüft werden, ob die Risiken der Standfestigkeit von Böschungen derartig großer Restseen überhaupt verantwortbar sind.“*
- ▶ **Wenn Erfahrungen aus dem Unglück von Nachterstedt hier zu verwerthen sind, dann diese:**
  - **Inwertsetzung setzt eine dauerhafte Standsicherheit der Böschungen des TRL Inden voraus und**

- **Dauerhafte Standsicherheit und Regionalplanung dürfen nicht in Konkurrenz gebracht werden, sondern bedingen einander.**

## 5.2 Zusammenfassung: Grundsätzliche Feststellungen und Rahmenbedingungen

- ▶ Mit der Durchsicht der vorliegenden Unterlagen kann man zur Einschätzung gelangen, dass dem Braunkohlenausschuss ursprünglich durchaus bewusst war, dass für die Befüllung des Tagebaues Inden 2 nur Fremdwässer aus der Rur bzw. der Rur-Scholle zur Verfügung stehen und dies bedenklich erschien. Der Eindruck drängt sich deshalb auf, weil für die Ausweisung der Machbarkeit der Befüllung des TRL Inden 2 lediglich die Nachweise einer genügend großen, ökologisch unbedenklich zu entnehmenden Menge Wasser aus der Rur sowie eine Prognose über die sich einstellende Wasserqualität im TRS Inden erbracht wurden. **Die Ausweisung der Beherrschbarkeit der großen geotechnischen Problemstellungen bei der Flutung übertiefer TRL, den Nachweis der Langzeitstabilität des dazu notwendigen geotechnischen Umweltbauwerkes eingeschlossen, ein standortspezifisches Langzeitmonitoring, sind in den Hintergrund gerückt. Eine Risikoanalyse ist unerlässlich. Dass dies im öffentlichen Interesse liegt, ist zweifelsfrei.**
- ▶ Einige seeseitigen Böschungen bestehen nicht aus gewachsenen Lockergestein, sondern es handelt sich um Kippenböschungen, die allgemein als geotechnogene Lockergesteinskörper bezeichnet werden, mit der Besonderheit, dass sich deren mechanische und hydraulische Materialeigenschaften aus dem technologischen Prozess der Böschungsherstellung (Schüttung) ergeben. Insbesondere für bebaute seeseitige TRL-Böschungen muss deren Langzeitstabilität gewährleistet sein, d.h. Nachsorge und Langzeitmonitoring sind Verpflichtungen des Unternehmers.
- ▶ Die großen, sehr tiefen Tagebaurestseen Inden 2 und Hambach sind aber zunächst sehr große Wasserspeicher. Diese liegen in einem tektonisch sensiblen Gebiet. Das Rheinischen Braunkohlenrevier liegt in der Erdbebenzone 3. Für den sicheren Betrieb großer Wasserspeicher ist zwingende Voraussetzung, diese auch gegen das Auftreten seismischer, dynamischer Ereignisse auszulegen. Die einschlägigen Vorschriften sind in der DIN 19700 zusammengefasst. In Nordrhein-Westfalen ist diese im Merkblatt 58, Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen, Landesumweltamt, Essen 2006 untersetzt. **Ein Abgleich zur Richtlinie für die Untersuchung der Standsicherheit von Böschungen der im Tagebau betriebenen Braunkohlenbergwerke (Richtlinie für Standsicherheitsuntersuchungen - RfS -) Neufassung vom 16.05.2003 - 86.19.2-2-1 und damit zum Bergrecht steht noch aus.**
- ▶ Bei Diskussion und Wertung der Punkte a bis h hat c eindeutige Priorität. Ein Versagen der Kippenböschungssysteme, auch nur in Teilen, hat so ein hohes Schadenspotential, dass eine Befüllung der TRL nicht verantwortet werden könnte. **Die Schaffung einer verlässlichen Dimensionierungsgrundlage, die Auslegung von Standardprofilen für die einzelnen Böschungsbereiche, die Simulation extremer Einwirkungen auf die Kippenböschungen und die rechtzeitige Entwicklung eines Frühwarnsystems bzw. die Festlegung der Eckpunkte dazu benötigen nicht nur Zeit, sondern mit deren rechtzeitiger Offenlegung könnte die**

**Vertrauensbasis verbreitert werden. Sie sollte deshalb Bestandteil der Öffentlichkeitsbeteiligung im Verfahren werden.**

► **Folgende Hauptthemenfelder für den Braunkohlenplan Inden II können herausgestellt werden:**

- a Befüllung der TRS/Fremdfutung – Beschaffung des Fremdwassers; Grundwasseraufgang (Wiederauffüllung des Grundwasserkörpers); Einfluss auf die Umgebung, Niederschlags-erwartung, Meteorologische Prognose (Klimaeinfluss); Flutungsdauer (Zeitraster)
- b Herstellung eines nutzbaren Gewässers, Restseeentwicklung; Wasserqualität –Wasserbeschaffenheit, Befüllphase (kurzfristige Entwicklung), Nachnutzungsphase (langfristige Entwicklung); phasenübergreifende Einflüsse: chemische Einflüsse – biologische Einflüsse – Durchmischung des Seekörpers – Wasserwirtschaftliche Stabilität – Einfluss aus Nachnutzung –Möglichkeiten der Beeinflussung der Wasserbeschaffenheit
- c Vorbereitung des TRL auf die Befüllung, Langzeitstabile Auffahrung der Kippenböschungen und der gewachsenen Böschungen; Stabilisierung des Kippenkörpers; Festlegung des Flutungsregimes mit der Möglichkeit der Seespiegelregulierung (während der Füllphase ist die Grundwasserentnahme zeitlich begrenzt fortzusetzen, um den umgebenden Grundwasserspiegel niedriger als den jeweiligen Seewasserspiegel zu halten); Nachnutzung mit der Notwendigkeit räumlich begrenzter Restriktionen (auch zeitliche Begrenzung prüfen); Entwicklung von Regelquerschnitten unter besonderer Beachtung der Lastfälle: Grundbruch, hydraulischer Grundbruch, dynamische Einwirkungen, innere und äußere Erosion, Wellenschlag, ufernahe Bebauung; Errichtung von Einzelbauwerken im Böschungsbereich; Schaffung einer Dimensionierungsbasis
- d Flutungsbegleitendes und Langzeitmonitoring; Installation eines Frühwarnsystems, Versagensprognose; eingeschlossen Alarmwerte – Seismische Stationen etc.
- e Grundwasseraustausch und Randüberströme zwischen Erft-Scholle, Rur-Scholle und Venloer-Scholle, Modellierung Randüberströme; wechselseitige Beeinflussung, insbesondere der TRS Inden 2 und Hambach; Grundwasserbeschaffenheit und hydrogeochemische Prozesse, insbesondere im Abstrom der TRS; Langzeitmonitoring – Wächter-GWMS – Vollanalyse
- f Herstellung eines sich weitestgehend selbstregulierenden Gebietswasserhaushalts, eingeschlossen in die Regulation sind die Grundwasserflurabstände im Gebiet (Bilanzbereich), Herstellung eines angepassten Netzes aus GWMS und Förder- und Pegelbrunnen, siehe auch Betrieb und Nachsorge
- g Klima- und Meteorologische Modelle und deren Anpassung auf die Beobachtungswerte, siehe a, Langzeitmonitoring insbesondere zu den Oberflächenwässern in den Einzugsgebieten, Reaktionspläne, Vorsehen einer Sicherheitslamelle für den Hochwasserschutz, Gewährleistung des zügigen Abflusses der eingestauten Wassermenge bis zum Erreichen des Einstauziels (Normalpegel)
- h Betrieb der TRS, Nachsorge, Unterhaltung und Langzeitmonitoring eingeschlossen einem Frühwarnsystem zur Erkennung von Versagensmechanismen als Bestandteile eines Langzeitstandsicherheitskonzeptes etc.; **kein Anspruch auf Vollständigkeit!**

- ▶ **Der Langzeitstandsicherheitsnachweis mit Risikoanalyse hat erheblichen Einfluss auf das zu errichtende Geotechnische Umweltbauwerk für den Einstau der Flutungswässer in das TRL Inden II und damit natürlich auch auf die Sanierungstechnologie für die Gestaltung des TRL, auf den sicheren Betrieb des Wasserspeichers sowie auf die sich einzustellenden Kosten für das Projekt.** Auf die Erfahrungen aus der Sanierung der Bergbaufolgelandschaft im Lausitzer und Mitteldeutschen Braunkohlenrevier sollte hierbei nicht verzichtet werden, insbesondere auf die, bei denen negative Umweltauswirkungen mit gravierenden Folgen auftraten. Trotz erheblicher Aufwendung finanzieller Mittel kann von einer Inwertsetzung dieser Regionen derzeit keine Rede sein. Eine nachhaltige Inwertsetzung liegt erst dann vor, wenn die TRS langfristig stabil betrieben werden. **Betrieb der TRS, Nachsorge, Unterhaltung und Langzeitmonitoring sollten Bestandteile eines Langzeitstandsicherheitskonzeptes sein.**

Es sollen hier zunächst die 4 gravierendsten Beispiele aufgeführt werden. Verallgemeinerungsfähige Erkenntnisse liegen dazu vor.

- Versagen des Nachterstedter Böschungssystems vom 18.07.2009, siehe Anlage 1
- Ungesteuerter Grundwasseraufgang, GW-Spiegel stellen sich z.T. oberhalb der Geländeoberfläche (GOF) in mehreren Bilanzbereichen ein. Die hydrologischen Verhältnisse in einzelnen Bilanzbereichen sind außer Kontrolle, siehe Anlage 2
- Nicht Grundbruch-gesicherte Innenkippen, insbesondere im Lausitzer Braunkohlenrevier, Grundbruchereignisse, siehe Anlage 3
- Nachsanierung von bereits touristisch voll erschlossenen TRS, deren Nutzung mit Nutzungseinschränkungen in einzelnen Bereichen jahrzehntelang zugelassen war. Vollsperrung der TRS Knappensee (Werminghoff I); Silbersee (Werminghoff II) und Sanierung durch großflächiges Einbringen von Rüttelstopfsäulen (auch Drainagesäulen genannt), siehe Anlage 4.

**Der Aufwand für die Beseitigung der oben aufgeführten negativen Umweltauswirkungen mit den gravierenden Folgen war zunächst nicht bilanziert bzw. erfordert erhebliche Zusatzkosten, die der Steuerzahler aufzubringen hat.**

### **5.3 Zusammenfassung: Geotechnische Problemstellungen bei der Flutung übertiefer Tagebaurestlöcher, Fragestellungen zum Nachweis der Langzeitstabilität für das zu errichtende geotechnische Umweltbauwerk, Fragestellungen zum standortspezifischen Langzeitmonitoring**

- ▶ In der UVP, Kapitel 8.6.5 Zusammenfassung und Maßnahmen zur Überwachung, ist Vorstehendes zusammengefasst und mit Prüfvermerk des Bergamtes Düren, Geschäftszeichen: i5 - 1.2 - 2 - 1, vom 14.09.2006 versehen. Der Prüfvermerk der Bergbehörde signalisiert der Öffentlichkeit, alles i.O. Ob dies zukünftig noch ausreichen wird oder ob nicht die Grundzüge der Standsicherheitsnachweise mit Angabe der Datenbasis bei einer Öffentlichkeitsbeteiligung vorgelegt werden sollten, wird sich zeigen. Dass für den Gesetzgeber hier Handlungsbedarf besteht, ist nicht erst mit dem Unglück von Nachterstedt offensichtlich.
- ▶ Es muss das Ziel einer dauerhaft standsicheren Auffahrung des Endböschungssystem des TRL Inden II sein, dass sich ein Gleichgewichtszustand zwischen den stabilisierenden und

destabilisierenden Kräften und Momenten eingestellt. Die Regel schreibt vor, dass dieser Gleichgewichtszustand nicht durch maßgebliche Vergrößerung der Scherspannungen im Böschungskörper und/oder durch maßgebliche Verminderung der Scherfestigkeit des Lockergesteinskörpers gestört werden darf. Es müssen also alle Maßnahmen vermieden und/oder Einflüssen entgegengewirkt werden, die diese Änderungen bewirken. Änderungen der Scherspannungen werden insbesondere hervorgerufen durch:

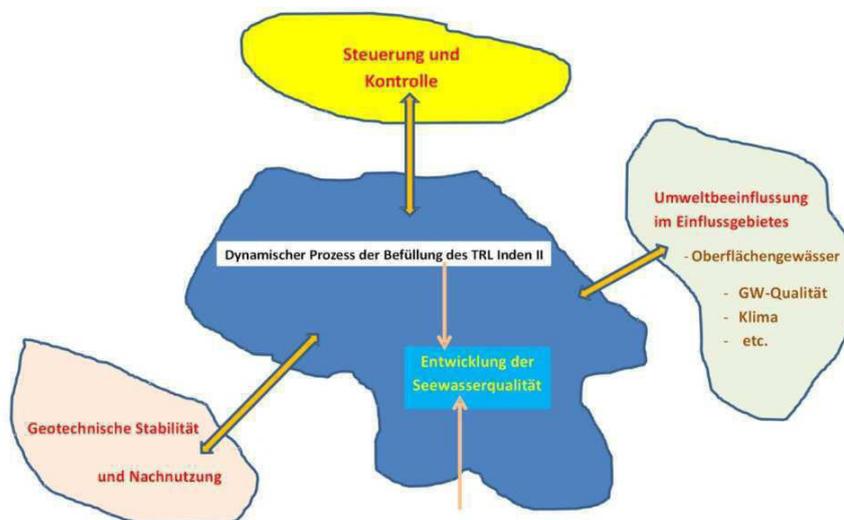
Großvolumige Aufschüttungen auf die Böschungsoberfläche, nachträgliche großvolumige Geländemodellierungen, Errichtung von Einzelbauwerken, schleichende Setzungen (durch bergbauliche Einwirkungen; Bergsenkungsgebiet), insbesondere der Aufstandsfläche des Böschungssystems.

Eine Verminderung der Scherfestigkeit im Lockergesteinskörper<sup>7</sup> resultiert insbesondere aus:

- der Herausbildung von Schwächezonen, Gleitflächen etc.,
- der Wasseraufnahme und Alterung des Lockergesteinskörpers sowie aus einer großräumigen Zunahme des Porenwasserdrucks gegenüber der Umgebung etc.

Daraus leitet sich ab, dass u.a. ein Nachweis zur dauerhaften Standsicherheit der Seekippenböschungen des TRL Inden II vorgelegt werden muss, der auch beinhalten soll, dass die Herausbildung von Gleitflächen im Böschungssystem ausgeschlossen werden kann, d.h. das dauerhaft stabilitätssichernde Widerstand mobilisiert wird. In die Nachweise sind dynamische Ereignisse im Umfeld des TRL Inden zu integrieren.

Wechselbeziehungen und –wirkungen des dynamischen Prozesses der Befüllung des TRL Inden II



**Bild 16:** Dynamischer Prozess der Befüllung des TRL Inden II; Wechselbeziehungen und –wirkungen

<sup>7</sup> Im BKA vom 05.11.2012 wurde bekannt gegeben, dass nicht entwässerte Massen eingepoldert im Tagebau Hambach seit ca. 20 Jahren bergbaulich genehmigt abgelegt werden. Die Zustandsgrößen der Einpolderung und der umschlossenen Massen ist sehr verschieden. Da bei der Vorbereitung des TRL auf die Flutung Einpolderung und eingelagerte Massen in die Böschungen eingearbeitet werden, werden Zonen mit geminderten Scherfestigkeitsparametern angelegt, die kartiert und verbessert werden sollten. Ob solche Einpolderungen auch im Tagebau Inden anlegt wurden, ist nicht bekannt. Auskunft von der Bergbehörde und vom Bergbautreibenden sollte verlangt werden. Voll- und teilwassergesättigte Lockergesteinsbereiche bergen u.a. eine hohe Verflüssigungsgefahr, sind Schwächezonen.

- ▶ **Auch eine beschleunigte Befüllung des TRL Inden II liegt im Interesse der Stabilitätskriterien für das zu errichtende geotechnische Umweltbauwerk zur Nachnutzung der von der RWE power AG bergbaulich in Anspruch genommenen Bereiche und dient der Herstellung einer nachhaltig zu gewährleistenden öffentlichen Sicherheit. Voraussetzung dafür ist, dass die TRL-Böschungen Langzeit-standsicher vorbereitet werden und allen nachfolgend erläuterten Stabilitätskriterien genügen. Es ist aus den zur Verfügung stehenden Unterlagen zu entnehmen, dass einige der hier aufgeführten Nachweise (bisher) nicht in Betracht gezogen wurden.**

Die Vorlage einer komplexen Dimensionierungsvorschrift im Beteiligungsverfahren ist zu fordern. Eine Risikobewertung für die Befüllung und den Betrieb übertiefer Wasserspeicher, als die die TRS des Rheinischen Braunkohlenreviers zu betrachten sind, erscheint zwingend. Ein standortspezifisches Langzeitmonitoring sollte eingerichtet werden. Betrieb der TRS, Nachsorge, Unterhaltung und Langzeitmonitoring sollten Bestandteile eines Langzeitstandsicherheitskonzeptes sein. Dass dies im öffentlichen Interesse liegt, ist zweifelsfrei.

Alle Machbarkeitsstudien für die Befüllung des TRL Inden II kommen zum Schluss, dass genügend Fremdwasser vorhanden ist. Es wird in der Betriebsphase auch darauf ankommen, die anfallenden Wässer auf natürliche Weise abzuleiten. Ein Entwässerungssystem im Umfeld des TRS Inden sollte Bestandteil der Nachnutzungskonzeption werden. Dies ist ebenfalls eine Lehre des ostdeutschen Sanierungsbergbaus.

- ▶ Für die Böschungen des TRL Inden II wären für eine Standardböschung folgende Einwirkungen zu superpositionieren:

- Eigengewicht, Wasserdruck, Porenwasserdrücke, Auftrieb, dynamische Einwirkungen (seismische Ereignisse, Gebirgsschläge, etc.) Randflächenlasten (Einzelkräfte)

Als Randbedingungen sind einerseits die geologischen und hydrogeologischen Randbedingungen aufzunehmen, wie:

- das geologisch bereits vorhandene System der zum Tagebau hin geneigten Gleitschichten und das hochkomplexe System tektonischer Störungen
- Schichtenaufbau und Einfall im räumlichen Abschnitt, Grundwasserleiter, etc., siehe Bild 23
- untertägige Hohlräume, Schwächezonen, Restpfeilern oder ehemaligen Kippen etc.

andererseits technologische Randbedingungen, die sich aus der Auffahrung, der Profilierung des Böschungssystem ergeben, wie:

- Auffahrung des Böschungssystems, Selektive Entnahme, Verkipfung der abgetragenen Deckgebirgsschichten
- Profilierung, Neigung, Bermung, Höhe zwischen den Bermen, Böschungsfuß, Stützanschüttungen (Stützkippen), hydrologische Verhältnissen, freie oder gespannte Restwasserstände, Wasserzuflüsse, Wasseransammlungen am Böschungsfuß, Sickerwasserlinie
- Haldenaufstandsfläche, Schichtung der TRL-Kippen, Zonierung

- ▶ Neben den Standsicherheitsuntersuchungen sind auszuweisen:

- Versagen der Haldenaufstandsfläche (Grundbruchsicherheit)

- Hydraulischer Grundbruch
  - Bodenverflüssigung, ist bei den TRL des Rheinischen Braunkohlenrevier zu erbringen
- Weiterhin ist die Ausweisung der Erosionsstabilität (innere Erosion) des anstehenden Lockergesteins sowie die Stabilität gegen Wellenschlag (äußere Erosion), die möglicherweise einen Ausbau von Uferzonen (Wasserbausteine, Gambionenverbau) notwendig macht, erforderlich. Der Nachweis der Standsicherheit des geotechnischen Umweltbauwerkes ist sowohl für verschiedene Einstaulamellen des TRL als auch für den Gebrauchszustand zu führen. Die Nachweise sind sowohl mit statischen als auch mit dynamischen Methoden (Antwortspektrummethode) zu führen. Ein Abgleich aller Untersuchungen auf die Richtlinie der Bezirksregierung Arnsberg ist bisher nicht bekannt geworden. **Es scheint angeraten, eine komplexe Dimensionierungsvorschrift im Beteiligungsverfahren zu fordern. Die Einbeziehung von Eurocode 7/DIN 1054/4084/und Eurorcode 8/19700 etc. ist zwingend.**

► Die Zeit, die Planungen dazu abzuschließen, wird dadurch begrenzt, dass das TRL Inden II ab etwa 2014 für die Befüllung vorbereitet werden soll.

#### 5.4 Zusammenfassung: Einfluss des TRS Inden auf die Grundwasserbeschaffenheit im Einflussgebiet

- Neben der Grundwasserbeeinträchtigung durch hydrologische Prozesse und der Entwicklung der Wasserqualität und der resultierenden limnologischen Eigenschaften in den TRS während der Befüllung und des Betriebes der Wasserspeicher dürfen die Beeinflussung der Grundwasserbeschaffenheit und die hydrochemischen Prozesse im Umfeld der TRS, die auch in der nachbergbaulichen Phase relevant bleiben, nicht aus einer komplexen Betrachtung ausgeklammert werden. So findet ein Grundwasserzu- und -abstrom eben nicht nur über die Kippenböschungen statt, sondern insbesondere auch über die TRS-Sohle. Aus dem vorliegenden Datenmaterial kann nicht erkannt werden, ob diese Wechselwirkung in den bisherigen Gutachten und Stellungnahmen Berücksichtigung gefunden hat.
- Eine Bekalkung der TRL-Böschungen nach Befüllung des TRL ist nicht mehr möglich, es sei denn, man geht zu einer In-lake-Bekalkung über. Die Wirkung der Bekalkung ist nicht nachhaltig, sondern erschöpft sich schon nach relativ kurzer Zeit. In Stofftransportmodellen sollte deshalb das gesamte Kontaminationspotential als Quelle zum Ansatz gebracht werden. Dafür liegen Langzeitstudien vor, die Datenbasis ist sicher, siehe Tabelle 7.

Kennwert	pH-Wert	Elektrische Leitfähigkeit in $\mu\text{S}/\text{cm}$	Säurekapazität $K_{\text{S}_{4,3}}$ in $\text{mmol}/\text{l}$	Sulfat in $\text{mg}/\text{l}$	Phosphor (gesamt) in $\text{mg}/\text{l}$	Nitrat in $\text{mg}/\text{l}$	Ammonium in $\text{mg}/\text{l}$	Eisen (gelöst) in $\text{mg}/\text{l}$	pH-Wert (ox)	Säurekapazität $K_{\text{S}_{4,3}}$ (ox) in $\text{mol}/\text{l}$
Kippenwasser TRL Inden II (Mittelwerte 1999-2004)	6,2	2.720	4,6	1.522	-	1,6	0,70	108	7,9-5,2	0,7
Schwellwerte nach GrwV				240 ( $\text{SO}_4$ )		0,5 ( $\text{NO}_3$ )	50 ( $\text{NH}_4^+$ )	46**		

**Tabelle 7:** Angaben aus: D. Hüsener, LANUV des Landes NRW: Die großen Tagebauseen der Zukunft, welche Seen braucht das Land, Haltern, 22.03.2011; [www.nua.nrw.de/nua/content/](http://www.nua.nrw.de/nua/content/)

\*\* obere Plausibilitätsgrenze der Beschaffenheit nach UBA 2000

- ▶ Neben einer Schollen-übergreifenden Untersuchung der Grundwasserbeschaffenheit und der hydrogeochemischen Prozesse sollten im Zuge der Umsetzung der Braunkohlenpläne die Umweltverträglichkeitsnachweise Schollen-übergreifend (Rur-Scholle – Erft-Scholle) geführt und mit einem abgestimmten Monitoringprogramm begleitet werden, siehe Bild 35.

### **Literatur**

Die Literaturangabe entspricht in der Endfassung nicht der Nomenklatur. Des besseren Lesens wegen ist die jeweilige Literaturangabe im Text dort vollständig angefügt. Hier sind nochmals die wesentlichen Literaturstellen zusammengestellt, auch solche, auf die im Text nicht Bezug genommen wurde, die aber zur Standardliteratur im Fachgebiet gehören. Die Zusammenstellung erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Es ist ein Auszug der für diese Bewertung insgesamt vorliegenden Literatur. Zur Abstützung der vorgelegten Bewertung sind die Literaturangaben jedoch sehr umfassend.

### **Gesetzliche Grundlagen:**

- Bundesberggesetz (BBergG); <http://www.gesetze-im-internet.de/bbergg/>
- Landesplanungsgesetz (LPIG) des Landes NRW vom 03. Mai 2005
- Braunkohlenplan Inden – Räumlicher Teilabschnitt II – Textliche Darstellung und Erläuterungsbericht; Bezirksregierung Köln, Dezernat 32, 2009
- Tagebau Inden - Angaben für die Umweltverträglichkeitsprüfung einschließlich Umweltprüfung im Braunkohlenplanverfahren zur Änderung der im Braunkohlenplan Inden, räumlicher Teilabschnitt II, festgelegten Grundzüge der Oberflächengestaltung und Wiedernutzbarmachung; BKR Aachen, Castro & Hinzen, Stadt- und Umweltplanung, IVÖR-Institut für Vegetationskunde, Ökologie und Raumplanung - Düsseldorf; Stand: 29. Dezember 2006
- Verordnung zum Schutz des Grundwassers (Grundwasserverordnung - GrwV) vom 09.11.2010
- Wasserrahmenrichtlinie der Europäischen Gemeinschaft vom 22.12.2000
- Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates über die Bewirtschaftung von Abfällen aus der mineralgewinnenden Industrie und zur Änderung der Richtlinie 2004/35/EG, Straßburg, 15. 03. 2006
- Große Anfrage 39 im LT von NRW der Fraktion Bündnis 90 / Die Grünen; Drucksache 14/9771 und Antwort der Landesregierung von NRW vom 07.1.2010 dazu

### **Richtlinien und Normen:**

- R i c h t l i n i e für die Untersuchung der Standsicherheit von Böschungen der im Tagebau betriebenen Braunkohlenbergwerke (Richtlinie für Standsicherheitsuntersuchungen - RfS -) Neufassung vom 16.05.2003 - 86.19.2-2-1; Sammelblatt der Bezirksregierung Arnsberg - Abteilung 6; [http://esb.bezreg-arnsberg.nrw.de/a\\_2/a\\_2\\_019/a\\_2\\_019\\_006/a\\_2\\_019\\_006\\_001.html](http://esb.bezreg-arnsberg.nrw.de/a_2/a_2_019/a_2_019_006/a_2_019_006_001.html)
- Bergverordnung für Braunkohlenbergwerke (BVOBr) des Landes NRW vom 05.02.1998
- DIN 1054:2010 - Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik
- DIN 4084:2009-01 – Geländebruchnorm
- DIN 19700 - Sicherheitsbewertung von Stauanlagen

- DIN 4149:2005-04 Bauten in deutschen Erdbebengebieten – Lastannahmen, Bemessung und Ausführung üblicher Hochbauten
- Eurocode 7 - Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik
- Eurocode 8 - Erdbeben
- Merkblatt 58: „Berücksichtigung von Erdbebenbelastungen nach DIN 19700 in Nordrhein-Westfalen“, LUA NRW, Essen 2006

#### **Fremdgutachten zur geänderten Wiedernutzmachung des Tagebaurestloches Inden II:**

- Klimagutachten zum Braunkohlenplanverfahren Restsee Inden, Räumlicher Teilabschnitt Inden II, Juli 2006; Dr. Bernd Stiller, Winkelmannstraße 18, D-15518 Langewahl; Beratender Meteorologe, Anerkennung durch die Deutsche Meteorologische Gesellschaft
- „Expertise zur meteorologischen Bewertung der Aussagen des Gutachtens des Herrn Dr. Stiller aus Langewahl „Klimagutachten zum Braunkohlenplanverfahren Restsee Inden, Räumlicher Abschnitt Inden II“; Deutscher Wetterdienst/Abt. Klima- und Umweltberatung, Essen, 15.09.2006
- Analyse der Auswirkungen auf die Landwirtschaft durch eine geänderte Wiedernutzbarmachung des „Tagebau Inden II“, GfL Planungs- und Ingenieurgesellschaft GmbH, Koblenz, im Auftrage der Bezirksregierung Köln, März 2005
- Gutachten Tagebausee Inden II : Entwicklung der Wasserqualität und der resultierenden limnologischen Eigenschaften; Bad Saarow im April 2004  
Morphometrie und Hydrophysik: Dr. Thomas Heege, Aquatic Physics, Gilching; Dr. Klaus Jöhnk, Institut für Limnophysik, Amsterdam; Dr. Erich Bäuerle, Moisligen; Hilmar Hofmann, Limnologisches Institut, Universität Konstanz  
Hydrochemie: Dr. Wilfried Uhlmann (IWB Dresden)  
Limnologie: Prof. Dr. Brigitte Nixdorf (BTU Cottbus); Dr. Dieter Leßmann (BTU Cottbus)
- Machbarkeitsstudie: Restsee Inden – Quantifizierung der nutzbaren Entnahmemengen aus der Rur und Bewertung ihrer Auswirkungen auf das Gewässersystem der Rur; Planungsbüro Koenzen, Hilden und Sydro Consult GmbH; Darmstadt, 2005
- Machbarkeitsstudie: Restsee Inden – Quantifizierung der nutzbaren Entnahmemengen aus der Rur und Bewertung ihrer Auswirkungen auf das Gewässersystem der Rur - Beschleunigung der Befüllung; Planungsbüro Koenzen, Hilden und Sydro Consult GmbH; Darmstadt, Febr. 2011
- D. Hüsener, LANUV des Landes NRW: Die großen Tagebauseen der Zukunft, welche Seen braucht das Land, Haltern, 22.03.2011; [www.nua.nrw.de/nua/content/](http://www.nua.nrw.de/nua/content/)

#### **Datenbeschaffung:**

- [www.rwe.com](http://www.rwe.com)
- LANUV , [www.lanuv.nrw.de/](http://www.lanuv.nrw.de/)
- GeoDataSystem

#### **Wissenschaftliche Grundlagenliteratur für die Aufgabenstellung:**

- Backhaus, Georg: Deformationsgesetze, Berlin: Akademie-Verlag, 1983. XVII, 362 S., 174 graf. Darstellungen

- C. Zienkiewicz, R. L. Taylor, J. Z. Zhu: The Finite Element Method; First published in 1967, McGraw-Hill, Sixth edition 2005, Copyright ©
- Terzaghi, K., Peck, R. B.: Die Bodenmechanik in der Baupraxis. Springer-Verlag, Berlin – Göttingen; Heidelberg, 1961
- Davidenkoff, R.: Unterläufigkeit von Stauwerken. Werner-Verlag GmbH, Düsseldorf, 1970
- Häfner, F., D. Sames & H.D. Voigt: Wärme- und Stofftransport; Springer Verlag (1992), Berlin
- B. Becker, J. Königter, W. S. Klauder und C. Reuter: „Modellierung der Randüberströme zwischen Erftscholle, Rurscholle und Venloer Scholle durch Kopplung von Großraum-Grundwassermodellen“, In: Grundwasser, Vol. 13, No. 1, pp. 15-26. - ISSN 1430-483X (Print); 1432-1165 (Online)
- S. Lenk: „Grundwasserbeschaffenheit und hydrogeochemische Prozesse in rheinischen Braunkohlenabraumkippen und in deren Abstrom“, In: Bochumer Geowissenschaftliche Arbeiten Heft 13 (2008), Ruhr-Universität Bochum

#### **Referenzen/Veröffentlichungen des Autors/Hier verwandter Grafiktool für FEMPLER**

- Lersow, M.: [www.ecm-ing.com](http://www.ecm-ing.com)
- [Ankhor](http://www.ankhor.com) Flowsheet: [www.ankhor.com](http://www.ankhor.com)

# Anlage 1



Nachterstedter Böschungssystem mit Slipanlage ; Aussichtspunkt mit Grubenbahn und Infrastruktur als Anschluss an die Siedlung „Am Ring“; im Tagebaurestsee hat sich ein gewaltiger Umwelttracer (Einrübungsfahne), bestehend aus ausgetragenem Kippenböschungsmaterial, ausgebreitet  
Quelle: Copyright: M. Lersow; Tag der Aufnahme: 14.06.2009



Kollabiertes Nachterstedter Böschungssystem, Vordergrund: Reste der Slipanlage;  
Hintergrund: Verunfallte Siedlung „Am Ring“  
Quelle: Copyright: M. Lersow; Tag der Aufnahme: 13.04.2010

## Anlage 2



Vernässungsflächen einer Agrar GmbH im Umfeld des Tgb. Nachterstedt vor der Installation einer Pumpengalerie  
(nach dem Kollaps des Nachterstedter Böschungssystems)

Ort: Tgb. Nachterstedt/RL Frose/Sachsen-Anhalt

Quelle: Copyright: M. Lersow; Tag der Aufnahme: 30.12.2009

Dr.-Ing. Mic.

## Anlage 3



Versagen eines 160 ha großen Areals durch Grundbruch eines Innenkippenareals; Ort: Spreetal-Sachsen  
Quelle: Peter Radtke, LMBV mbH , aufgenommen am 21.10.2010

## Anlage 4



Nachsanierung des gesamten TRS mittels Rüttelstopfverdichtung durch die Fa. Keller Grundbau GmbH  
Ort: Silbersee/Tgb. Werminghoff II/Lohsa 1/Sachsen;  
Quelle: Copyright: M. Lersow; Tag der Aufnahme: 12.10.2012



Rüttelstopfverdichtung, Fa. Keller Grundbau GmbH, Seilbagger mit ausgefahrener Lanze und Füllschacht  
Ort: Silbersee/Tgb. Werminghoff II/Lohsa 1/Sachsen  
Quelle: Copyright: M. Lersow; Tag der Aufnahme: 12.10.2012