

## Bericht der Vertieferekkursion 2003 nach Amsterdam und Aachen am 12.11. – 14.11.2003

### Hochgeschwindigkeitsstrecke Brüssel – Köln

Nach einer sehr erholsamen Nacht im Zug und einem schnellen Frühstück in Aachen brachte uns Busfahrer Edi sicher nach Ayeneux in der Gemeinde Soumagne/Belgien zum östlichen Portal des mit 5490 m längsten Tunnels Belgiens.

Dort empfing uns Herr Lopez und gab uns einen kurzen Überblick über die technischen Details und geologischen Gegebenheiten.

Nach einem chaotischen Kleiderwechsel begaben sich dann 20 Michelinmännchen (Bild 1) auf kurzen Beinen und großen Füßen zur Schleuse in die Unterwelt.



Bild 1



Bild 2

Unser Einstiegspunkt war ein 24 m tiefer Schacht in Rue Bay Bonnet (siehe Bild 2). Von hier aus wanderten wir etwa 4 km zum östlichen Ende, wobei wir die verschiedenen Stadien des Tunnelausbaus begutachten konnten.

Der Tunnel wurde durch 3 verschiedene Gesteinsarten vorgetrieben. Dies sollte mittels einer Teilschnittmaschine geschehen. Hier stieß man auf folgendes Problem: nach zwölf Stunden waren die Hartmetallstifte aufgrund des abrasiven Felsens vollkommen abgenutzt, der Vortrieb jedoch nur zwei Meter vorangekommen. Deshalb wurde in den harten Kalk- und Sandsteinschichten auf Sprengvortrieb umgestellt. Dies brachte besondere Lärmschutzmaßnahmen mit sich, wie z.B. die Abdeckung des Einstiegsschachtes (siehe Bild 2).

Der Ausbruchquerschnitt betrug ca. 110 m<sup>2</sup> und wurde in mehreren Arbeitsgängen hergestellt: zuerst die Kalotte, dann wechselseitig die Strosse und zuletzt die Sohle. Zur Sicherung des Tunnels wurden Swellex-Anker verwendet.

Dem Drainagesystem (Bild 3) wurde besondere Bedeutung zugemessen, da eine Eiszapfenbildung in einem Hochgeschwindigkeitstunnel unbedingt vermieden werden muss. Das Dichtungssystem besteht aus einer drainierenden Geotextilmatte, einer Filzschuttschicht und einer Kunststoffdichtungsbahn. Letztere wurde als eine Art Regenschirmabdichtung ausgeführt und dient dazu, das (in kleinen Mengen) anfallende Wasser seitlich in die Drainageleitungen abzuführen.

Nach dem Betonieren der Sohle und der Banquette wurde die Innenschale mit Hilfe eines auf Gleisen laufenden Trägerportals erstellt.

Der letzte Abschnitt mit weniger großer Überdeckung durch Gesteinsmassen wurde in Deckelbauweise erstellt.

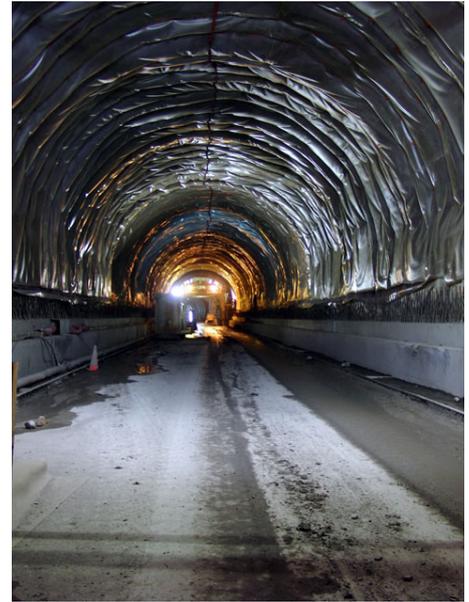


Bild 3

Nach dieser interessanten Reise durch die Unterwelt erblickten die 20 Michelinmännchen einige Stunden später wieder das Licht der Welt. Hier wurde Herr Lopez abberufen, weshalb unser Nachmittagsprogramm leider entfiel. Nach ausgiebigem Gummistiefelsäubern holte uns Edi mit dem Bus ab und wir machten uns auf den Weg nach Amsterdam.

### **Amsterdam Metro Noord – Zuid – Lijn**

In Amsterdam nahmen wir die Möglichkeit wahr, uns über den U-Bahnbau und den damit verbundenen Umbau des Hauptbahnhofs zu informieren.

Die im Augenblick entstehende North-South-Line (9,5 km Länge), die den Verkehr oberirdisch entlasten soll, wird einmal den Altstadt kern Amsterdams in Nord-Süd-Richtung unterqueren. Da der Großteil der Häuser dort auf Pfählen gegründet ist, muss die N-S-L direkt unter den Hauptverkehrsstraßen der Stadt geführt werden.

Da die Platzverhältnisse für die Ceintuurbaan Station sehr beengt sind, werden dort ausnahmsweise die 2 Metroröhren übereinander geführt, um die nah angrenzende Bebauung nicht zu stark in Mitleidenschaft zu ziehen.

Im Bereich des Hauptbahnhofs wird außer der Unterfahrung durch die neue Metro-Linie aufgrund des steigenden Fahrgastaufkommens auch eine Erweiterung des Bahnhofbereiches durchgeführt.

Um die Akzeptanz in der Bevölkerung zu gewinnen, die aufgrund schlechter Erfahrungen beim letzten U-Bahnbau (vor ca. 20 - 30 Jahren), bei der es zu großen Setzungen kam, verunsichert ist, wird eine vorbildliche Informationspolitik betrieben. Dazu wurde ein „Druk op de knop“ – Informationszentrum am Hauptbahnhof eingerichtet. Dort erhielten wir eine Führung und bekamen einen Film über das Projekt gezeigt. Anschließend besichtigten wir den im Umbau begriffenen Hauptbahnhof und erhielten so einen Überblick über die baulichen Besonderheiten.

Aufgrund der besonderen Gründungssituation (schwimmende Pfähle) und der Sensibilität der Bevölkerung gilt große Aufmerksamkeit der Beschränkung von Setzungen.

Herr Kaalberg stellte uns das dazu entwickelte Konzept (Untersuchung – Überwachung – Setzungsarme Bauweise) vor.

Der Baugrund wurde vor Beginn der Baumaßnahmen umfangreich untersucht, um das Bodenverhalten möglichst genau vorhersagen zu können. Die Berechnung wurde mit FE-Programmen (Plaxis, Diana) durchgeführt, wobei verschiedene Stoffgesetze (u.a. Hardening-Soil-Model) verwendet wurden.

Im Zuge der Beweissicherung wurden vor Beginn der Baumaßnahmen alle Häuser auf ihre Gründungen untersucht. Es stellte sich heraus, dass bereits 25% der Gründungen sanierungsbedürftig waren. Die Hausbesitzer sind selbst für die Instandhaltung ihrer Gründungen zuständig, erhalten aber teilweise staatliche Zuschüsse.

Zur Überwachung wurden alle Häuser im Umfeld der Baumaßnahme (bis zu 30 m von der Tunnelstrecke und bis zu 70 m von den Metro-Stationen entfernt) mit 5500 Prismen und 70 Theodoliten „ausgerüstet“. Um größere Schäden zu vermeiden und im Hinblick auf die Sensibilität der Bevölkerung sind die Risskriterien sehr streng, die maximal erlaubte Rissbreite beträgt 2 mm. Zusätzlich wurden noch Inklinometer und Extensiometer zur Setzungsmessung installiert. Die hiermit gewährleistete flächendeckende Überwachung spielt sowohl technisch als auch psychologisch eine wichtige Rolle.

Neben einer möglichst genauen Vorhersage des Bodenverhaltens im Vorfeld wird großer Wert auf einen ständigen Abgleich der prognostizierten Setzungen mit den gemessenen Setzungen gelegt. Dies ermöglicht es zum einen, unvorhergesehene Ereignisse sofort zu erkennen, zum anderen, das FE-Modell für weitere Berechnungen optimieren zu können.

Die Tunnelröhren werden zum Teil mit einer Tunnelbohrmaschine in einer Tiefe von 20 – 30 m aufgeföhren. Dies ist eine Besonderheit für die Niederländer, denn bisher wurden nur wenige Tunnel für den öffentlichen Verkehr in den Niederlanden mit Hilfe einer TBM gebaut, u.a. der 2. Heineoordtunnel im Jahre 1995. Die verwendete TBM (von Herrenknecht) hat einen Durchmesser von 7 m und eine Länge von ca. 60 m. Der Vortrieb erfolgt nach dem bekannten Muster: abfräsen, gelöstes Material mit Wasser vermischt durch Rohre nach hinten heraus transportieren, TBM nach vorne schieben, Tübbing platziern. Anschließend wird der Ringspalt mit einem Gemisch aus Sand, Zement und Wasser verpresst.

Die Unterföhhrung des Het-IJ zwischen Hauptbahnhof und Sixhaven wird mit Caissons hergestellt, die in Docks gebaut und dann eingeschwommen werden (bei der East Metro Line verwendete Methode).

Der Großteil der Metrostationen wird in Deckelbauweise ausgeföhrt. Dazu werden zunächst die Schlitzwände erstellt, anschließend wird der Deckel, der gleichzeitig als Aussteifung fungiert, betoniert und eine HDI-Sohle erstellt. Das Erdreich in diesem Kasten wird unter Druckluft ausgebaggert, da der Wasserdruck aus der 3. Sandschicht von der HDI-Sohle nicht aufgenommen werden kann (Bild 4).

## Geologie Amsterdams

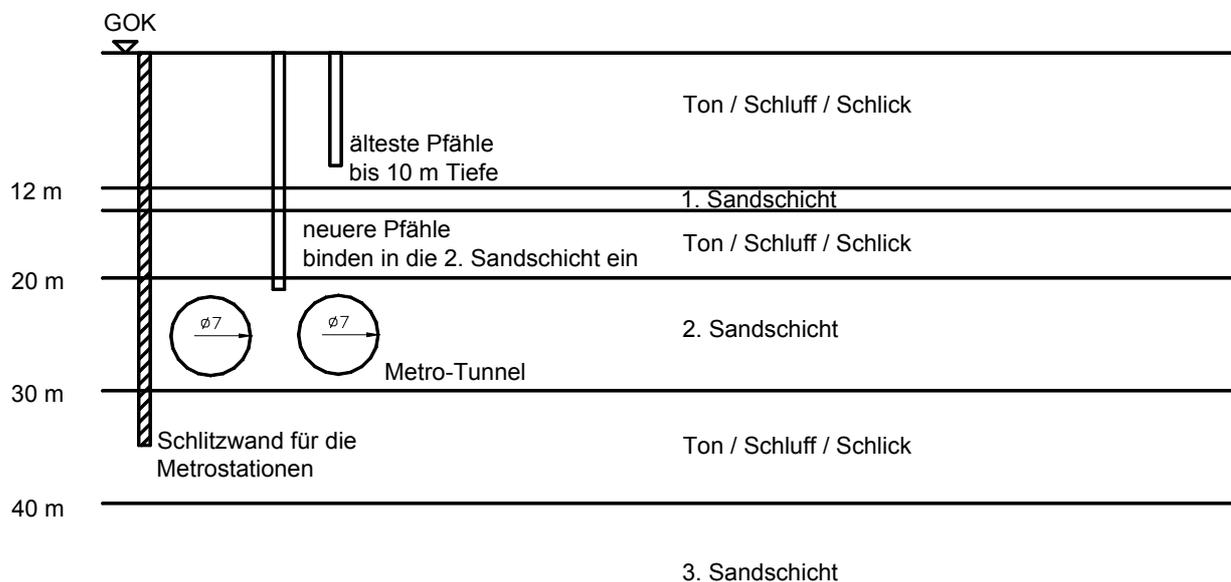


Bild 4: geologische Situation (schematisierte Darstellung)

Geotechnisch anspruchsvoll ist auch die Konstruktion der Metrostation im Bereich des Hauptbahnhofes. Das ebenfalls auf Pfählen gegründete Bahnhofsgebäude muss zunächst unterfangen werden, bevor es untertunnelt werden kann. Dazu wird eine steife Rahmenkonstruktion errichtet, auf welche die vorher über die Pfähle abgeführten Lasten eingetragen werden. In dieser Rahmenkonstruktion wird später die Metro durchgeführt werden.

Das ganze Bauvorhaben soll im Jahre 2011 abgeschlossen werden.

### **„Wir brauchen Katastrophen!“- Besichtigung des geotechnischen Instituts in Delft (Geo-Delft) -**

Am Nachmittag des zweiten Tages unserer Exkursion besuchten wir das geotechnische Institut in Delft.

Nach einem kleinen Imbiss wurden wir von Herrn Peter Lubking begrüßt, der uns einen Einblick in die Geschichte und die Forschungsarbeit von GeoDelft gab. Die 1934 als staatliches Institut gegründete Forschungseinrichtung ist seit 50 Jahren eine private Gesellschaft, mit allen damit verbundenen finanziellen Problemen.

Peter Lubking betonte deshalb immer wieder, dass man am Institut „froh“ über Katastrophen sei, da daraus die meisten Forschungsaufträge resultierten. Speziell erwähnte er die Deichbrüche im Jahr 1953, die zu neuen Erkenntnissen über das Verhalten von Deichen bei Austrocknung führten, und die in den 90er Jahren vermehrt auftretenden Probleme bei der Aufbereitung verunreinigten Bodens.



Bild 5: Deichbruch

Besonders stolz präsentierte er zwei Entwicklungen von GeoDelft, den „Continuous Soil Sampler“ und die Geozentrifuge aus dem Jahr 1989.

Der „Continuous Soil Sampler“ ermöglicht die Entnahme von Bodenproben bis in Tiefen von 20-40 Metern bei einer Bohrgeschwindigkeit von 2 cm/s. Die Besonderheit bei diesem Verfahren bildet der an der Innenseite des Bohrrohres eingelegte Geotextilstrumpf, der die Seitenreibung im Bohrrohr soweit verringert, dass eine fast ungestörte Bodenprobe gewonnen werden kann.

Die Zentrifuge ist eine der leistungsfähigsten Geräte ihrer Art. Sie kann im Vakuum innerhalb von 20 Minuten auf eine Geschwindigkeit von bis zu 500 km/h beschleunigt werden. Dabei wirken auf das jeweilig eingebaute Modell bis zu 300 g bei 3,5 U/s.

Dies ermöglicht die Simulation realer Gegebenheiten in sehr kleinen Maßstäben.

Nach dieser Einführung folgte ein Vortrag über die Entwicklung eines Computerprogramms zur Simulation und Berechnung der auftretenden Spannungen im Boden beim Tunnelvortrieb.

Dabei wurde auch besonders auf die Bodenproblematik in den Niederlanden eingegangen und die relativ kurze Zeitspanne (10 Jahre), in der man Erfahrungen im Tunnelbau sammeln konnte.

Anschließend folgte eine Führung durch das Labor. Zu sehen waren neben Triaxial- und Rahmenscherversuchsgeräten und aufgeschnittenen Bohrkernen auch verschieden große „1g model testing containers“. Darin können Sande auf ihr Verdichtungs-, Durchlässigkeits- und Verformungsverhalten hin untersucht werden.

Zuletzt besichtigten wir die Zentrifuge, die leider gerade stillstand.

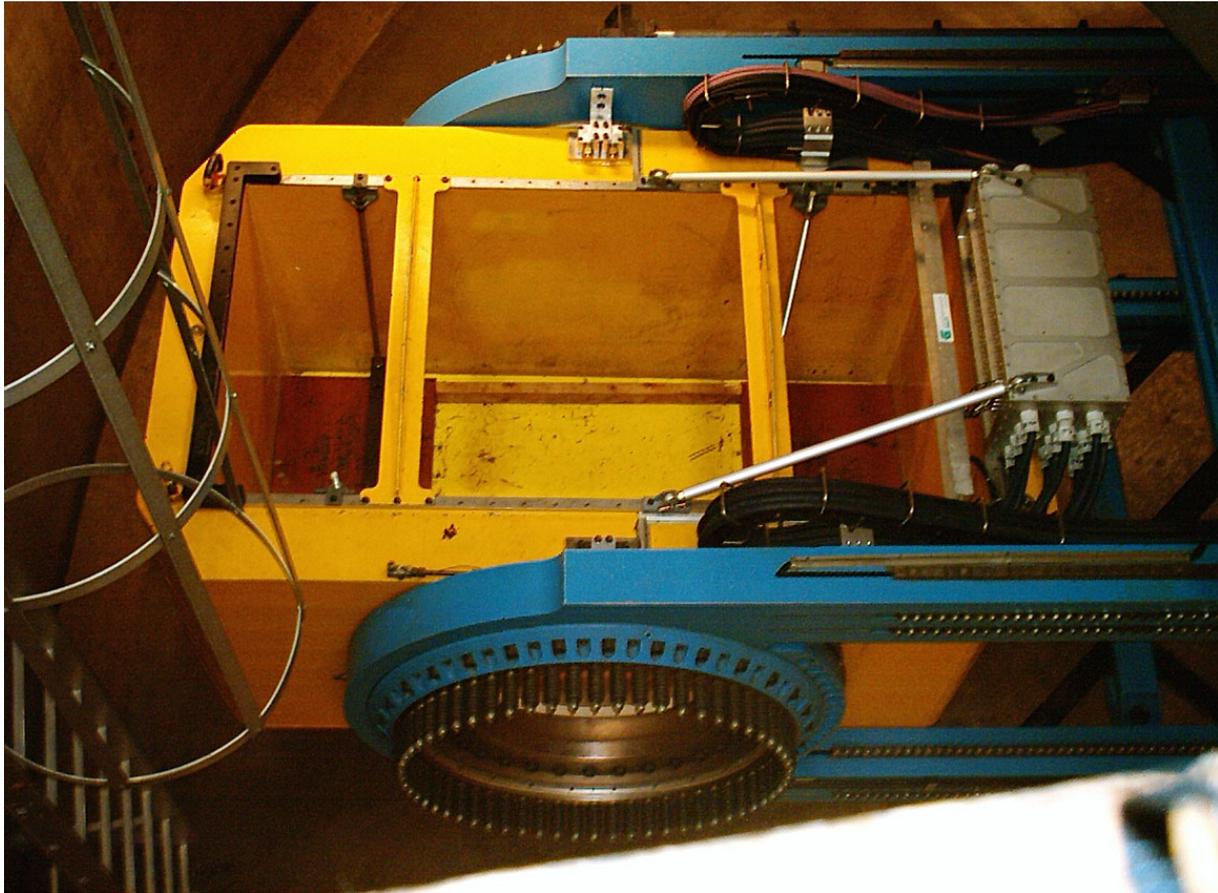


Bild 6: Zentrifuge

Peter Lubking bezeichnete das Risikomanagement als eine der Hauptaufgaben des Instituts, da Schäden häufig auf eine zu ungenaue Kenntnis der vorliegenden Bodenverhältnisse zurückzuführen sind. Daher ist eine sorgfältige Identifizierung und Quantifizierung der Risiken erforderlich. Eine Besonderheit ist dabei auch, dass das Institut häufig sowohl auf Auftraggeber- als auch auf Auftragnehmerseite vertreten ist.

### **Tagebau Hambach**

Am letzten Tag unserer Exkursion besichtigten wir den Tagebau Hambach, der sich in der Kölner Bucht (zwischen Aachen und Köln) befindet. Beim allmählichen Zurückweichen des Meeres entstand im Küstengebiet eine üppige Vegetation. Ein erneutes Vorrücken des Meeres in diesen Raum bewirkte, dass die Vegetation unter Sand und Wasser luftdicht eingeschlossen wurde. Unter dem Druck des überlagernden Deckgebirges bildete sich zunächst Torf und mit fortlaufender Zeit und zunehmendem Druck die heute dort zu findende Braunkohle.

Die Förderung der Braunkohle geschieht im Tagebau. Mittels 6 Schaufelradbaggern (13500 Tonnen Eigengewicht), á 200.000 m<sup>3</sup> Tageskapazität, wird zunächst das Deckgebirge abgetragen, um dann im Folgenden die freigelegten Flöze auszukohlen. Im Rheinland fördert die RWE Power AG rund 120 Mio. Tonnen Braunkohle jährlich (40 Mio. Tonnen in Hambach). Diese wird direkt über Bandanlagen von insgesamt 106 km Länge zu den Kraftwerken Weisweiler, Niederaußem, Neurath und Frimmersdorf gefördert. Die Braunkohle wird zu ca. 80% verstromt.

Die Größe des genehmigten Abbaufeldes beträgt 8500 ha, die Endtiefe 430 m (aktuell 350 m). Der Abbau erfolgt terrassenförmig. Ein Bagger kann 120 m freischneiden (mit Abraumhöhen von 80 m und –tiefen von 40 m). Die Böschung wird mit einer Neigung von 1/3 ausgebildet und ist nur für die Dauer der Nutzung standsicher (eigenes Regelwerk). Verformungen an der Böschungsoberkante werden toleriert, solange die Standsicherheit gegeben ist. Die Verformungen werden geodätisch und mittels Inklinometern überwacht. Der Abraum wird auf der ausgekohlten Seite wieder abgesetzt. Im Tagebau Hambach sind 7 Absetzer mit Kapazitäten von 240.000 m<sup>3</sup>/Tag im Einsatz. Hierdurch wird das Abbaufenster möglichst klein gehalten.

Dem wirtschaftlichen Nutzen der Braunkohleförderung im Tagebaubetrieb stehen allerdings ökologische Bedenken gegenüber. So muss Grundwasser in großen Mengen abgepumpt werden. Dies geschieht durch Tiefbrunnen, deren Auswirkungen sich bis zu der holländischen Grenze erstrecken. Ein weiteres wichtiges Problem des Braunkohleabbaus ist die Rekultivierung der stillgelegten Tagebauflächen. Im Bereich der Ville wurde der Versuch unternommen Grünflächen zur Naherholung anzulegen, welche von der Bevölkerung aus dem Ballungsraum Köln (Entfernung rund 20 km) genutzt werden kann.

Für die drei rheinischen Tagebaue wird von RWE ein eigenes Labor betrieben.

Dort werden die im Tagebau entnommenen Proben (Rasterabstand 100 m) ausgewertet. Zunächst wird die Kohle von den restlichen Sedimenten abgetrennt. Die Klassifizierung der Kohle erfolgt über optische Bemusterung (Blätter, Harze, Rinden,...) am frischen Bruch in 4 Klassen. Desweiteren werden die Dichte und der Wassergehalt bestimmt. Zur chemischen Analyse (z.B.: Bestimmung des Eisengehalts) werden die Proben in ein externes Labor geschickt. Insgesamt gibt es 36 verschiedene Sorten.

Zur Standsicherheitsuntersuchungen der Böschungen werden Scherversuche durchgeführt, aus denen Kohäsion und Reibungswinkel der Bodenarten bestimmt werden können. Um die Überlagerungsdrücke bis zu einer Tiefe von 500 m unter Geländeoberkante simulieren zu können, stehen dem Labor leistungsfähige Triaxialversuchsgeräte zur Verfügung. Die Versuchsdauer beträgt je nach Versuchsdurchführung bis zu 4 Wochen. Der Vorlauf des Labors gegenüber des Abbaus beträgt ca. 2 Jahre.

Das geotechnische Labor verfügt über ein mobiles Feldlabor, das der Untersuchung von Schadensfällen im Einflussbereich des Tagebaus dient. Zur Verfügung stehen dafür Rammsonden und Berghämmer (zur Entnahme von Bodenproben). Die meisten Schäden werden durch Setzungsunterschiede in Folge der Grundwasserabsenkung (z.B. Torfoxidation) hervorgerufen. Durch Bestimmung des Wassergehalts und des Glühverlustes kann festgestellt werden, ob der Schaden tatsächlich durch den Tagebau verursacht wurde.