

00	Planerstellung	26.11.2020
Index	Änderungen bzw. Ergänzungen	Planungsstand

**Machbarkeitsstudie**

Vorhabenträger:		Vertreter des Vorhabenträgers:		Planzeichen: 11.1	
DB Netz AG Zentrale Theodor-Heuss-Allee 7 60486 Frankfurt am Main		DB Netz AG I.NG-Mi-L Hahnstraße 49 60528 Frankfurt am Main		Projekt-Nr.: IK2024	
				Datum	Name
				gez.	10/2020 Ec
				bearb.	11/2020 WI/Ec
				gepr.	11/2020 K/WI
Ingenieurgesellschaft Fernbahntunnel Frankfurt am Main		INGENIEURSOZietät PROFESSOR DR.-ING. KATZENBACH GMBH		Höhensystem: DHHN 92	
c/o Schüler-Plan Ingenieurgesellschaft mbH Lindleystraße 11 60314 Frankfurt am Main Telefon 069/96 88 57-0 Telefax 069/96 88 57-99		Pfaffenwiese 14A 64931 Frankfurt am Main fon: + 49 (0) 61 51 / 1 30 13 10 fax: + 49 (0) 61 51 / 1 30 13 20 www.katzenbach-ingenieure.de IK1950_Veritas@katzenbach-ingenieure.de		Koordinatensystem: Gauß-Krüger, GK3	
				Ursprungsplan: -	
				Blattgröße: 210 x 297	
				Maßstab: -	

Vorhaben:	<b>Knoten Frankfurt</b> <b>Fernbahntunnel inkl. Station unterhalb des Hbf Frankfurt/Main</b>
-----------	---

Planart:	<b>Bericht</b>
Planinhalt:	<b>Machbarkeitsstudie Ersatzflächen BW1 DB Regio</b> <b>Bericht Nr. IK2024/01</b> <b>Grundlagenermittlung: Beschreibung der Baugrund- und</b> <b>Grundwasserverhältnisse für den geplanten Fernbahntunnel</b>

K/Vo/Se/Le/Ff/WI  
IK2024  
08.06.2020

## Bericht Nr. IK2024/01

Grundlagenermittlung: Beschreibung der Baugrund- und Grundwasserverhältnisse für den geplanten Fernbahntunnel

**Projekt:** **Knoten Frankfurt • Fernbahntunnel inkl. Station unterhalb des Hbf Frankfurt/Main • Machbarkeitsstudie**

**Auftraggeber der Machbarkeitsstudie:** **DB Netz AG**

**Bauwerk:** **Fernbahntunnel**

**Geotechnik:** **IK • KATZENBACH INGENIEURE**  
Ingenieursozietät Professor Dr.-Ing. Katzenbach GmbH  
Vereidigte und nach Bauordnungsrecht anerkannte  
Sachverständige für Geotechnik  
65931 Frankfurt am Main • Pfaffenwiese 14A

<b>Inhaltsverzeichnis:</b>	<b>Seite:</b>
<b>1. Vorgang</b>	<b>3</b>
<b>2. Unterlagen</b>	<b>5</b>
<b>3. Baugrundverhältnisse</b>	<b>6</b>
3.1 Geologischer Überblick	6
3.2 Beschreibung der tertiären Schichten	8
3.2.1 Frankfurter Ton	8
3.2.2 Frankfurter Kalke	12
3.2.3 Cyrenenmergel	13
3.2.4 Offenbacher Ton	14
3.3 Spezifikation der Bereiche des Auftretens der tertiären Schichten entlang des Schnittes A-B	15
3.4 Charakteristische geotechnische Berechnungskennwerte	16
<b>4. Grundwasserverhältnisse</b>	<b>19</b>
<b>5. Fließgewässer</b>	<b>21</b>
<b>6. Erdbebenzone</b>	<b>21</b>
<b>7. Nutzung des Fernbahntunnels als Saisonaler Thermospeicher</b>	<b>22</b>
<b>8. Zusammenfassung</b>	<b>24</b>

**Bilderverzeichnis:**

<b>Bild 1:</b>	Untersuchungsraum für den Fernbahntunnel Frankfurt nach [U1], ergänzt um den Schnitt A-B	3
<b>Bild 2:</b>	Blick auf die Frankfurter Innenstadt von Westen in Richtung Osten	4
<b>Bild 3:</b>	Blick auf die Frankfurter Innenstadt von Osten in Richtung Westen	5
<b>Bild 4:</b>	Tiefenanhängige einaxiale Druckfestigkeit $q_u$ [kN/m <sup>2</sup> ] im Frankfurter Ton	9
<b>Bild 5:</b>	Gemessenes Zeit-Setzungsverhalten des Zürichhochhauses	11
<b>Bild 6:</b>	Verteilung der unter dem Quartär anstehenden tertiären Schichten entlang Schnitt A-B	15
<b>Bild 7:</b>	3D-CAD Darstellung eines Energitübbings	22
<b>Bild 8:</b>	Absorberrohre mit Bewehrungskorb in einer Stahlschalung für die Tübbingbetonage	22
<b>Bild 9:</b>	Jahresganglinie der thermischen Leistung in [kW] (+ = Kühlen / - = Heizen)	23

**Verzeichnis der Tabellen:**

<b>Tabelle 1:</b>	Tertiäre Böden im Untersuchungsraum für den Fernbahntunnel Frankfurt	7
-------------------	--	---

## 1. Vorgang

Die DB Netz AG plant zur Erhöhung der Leistungsfähigkeit des Knotens Frankfurt einen Fernbahntunnel unter dem Stadtgebiet von Frankfurt am Main, um u.a. die folgenden Projektziele zu erreichen (Zitat aus [U1]):

- *mehr Kapazität*
- *höhere Pünktlichkeit*

Der Untersuchungsraum für die Machbarkeitsstudie des geplanten Fernbahntunnels ist zusammen mit dem der nachfolgenden Beschreibung der Baugrund- und Grundwasserverhältnisse zugrunde liegenden West-Ost-Schnitt (Schnitt A-B) in Bild 1 dargestellt.



**Bild 1:** Untersuchungsraum für den Fernbahntunnel Frankfurt nach [U1], ergänzt um den Schnitt A-B

Im gegenständlichen Bericht Nr. IK2024/01 werden nachfolgend im Rahmen der Grundlagenermittlung anhand des bei uns vorhandenen, umfangreichen Archivmaterials die für den geplanten Fernbahntunnel relevanten Baugrund- und Grundwasserverhältnisse beschrieben.



Die Bilder 2 und 3 vermitteln einen Eindruck über die baulichen Gegebenheiten mit den im Bankenviertel von Frankfurt konzentrierten, in Nord-Süd-Richtung entlang der Neuen Mainzer Straße stehenden Hochhäusern mit dem bis zur Spitze 300 m hohen Commerzbank-Hochhaus.

Bild 2 zeigt den Blick von Westen auf die Frankfurter Innenstadt mit dem Hauptbahnhof und dem Gleisvorfeld im Vordergrund. Hinten rechts ist das Hochhaus der Europäischen Zentralbank im Frankfurter Osten unmittelbar nördlich des Mains zu sehen.



**Bild 2:** Blick auf die Frankfurter Innenstadt von Westen in Richtung Osten

Im Bild 3 ist der Blick von Osten in Richtung Westen mit den Hochhäusern des Bankenviertels im Vordergrund und dem Hauptbahnhof inklusive Gleisvorfeld im Hintergrund zu sehen.

Die Hochhäuser des Bankenviertels sind mit Ausnahme der Hochhäuser der sogenannten ersten Frankfurter Hochhausgeneration auf Pfählen tief gegründet, und zwar entweder als Kombinierte Pfahl-Plattengründung (KPP) oder als Felspfahlgründung (z.B. Commerzbank-Hochhaus). Die mit 15.000 kN bis 30.000 kN je Pfahl sehr hoch belasteten, 1,5 m bzw. 1,8 m dicken, in der Regel 2-lagig bewehrten Pfähle reichen bis in rd. 60 m Tiefe unter die Geländeoberfläche.



**Bild 3:** Blick auf die Frankfurter Innenstadt von Osten in Richtung Westen

Die  $\pm$  ebene Geländeoberfläche liegt in dem in West-Ost-Richtung orientierten Untersuchungsraum (vgl. Bild 1) bei etwa 97-99 mNN.

## 2. Unterlagen

Für die Bearbeitung des gegenständlichen Berichts Nr. IK2024/01 haben wir auf die nachfolgend aufgeführten Unterlagen [U1] und [U2] sowie auf das bei uns im Haus vorhandene, umfangreiche Archivmaterial zurückgegriffen:

- [U1] DB Netz AG:  
Präsentation: Fernbahntunnel Frankfurt am Main - Einordnung in das Programm Frankfurt RheinMain plus, 16.09.2019
- [U2] Frodl, St., Franzius, J.N., Bartl, Th.:  
Design and Construction of the Tunnel geothermal system in Jenbach. Geomechanics and Tunneling, 3 (2010), No. 5

### **3. Baugrundverhältnisse**

#### **3.1 Geologischer Überblick**

Die geologischen Verhältnisse sind im Untersuchungsraum durch die tektonische Großstruktur des Rheintalgrabens geprägt, die im Süden in Basel beginnt und im Norden nördlich der Linie Frankfurt-Wiesbaden an den Taunushängen endet. Die östliche Begrenzung des Rheintalgrabens stellt in Hessen das Kristallin des Odenwaldes dar; dort verläuft die Rheintalgrabenrandverwerfung von Südsüdwest nach Nordnordost streichend mitten durch die Innenstadt von Darmstadt.

Die am nördlichen Rand des Rheintalgrabens liegenden zahlreichen heißen Quellen und Mineralquellen in Wiesbaden, Schlangenbad, Bad Schwalbach, Bad Soden, Bad Homburg, Bad Nauheim und Bad Vilbel sind eine unmittelbare Folge dieser in jeder Hinsicht prägenden, tektonischen Großstruktur des Rheintalgrabens.

Die geotechnischen Standortspezifika sind in Frankfurt am Main durch die tertiären Böden des Mainzer und des Hanauer Beckens geprägt, die unter den rd. 4-6 m, im Osten des Untersuchungsraums bis 10 m dicken quartären Sanden und Kiesen der Mainterrasse anstehen. Die mehr als 100 m dicken tertiären Boden- und Felsformationen fallen im Westen und im Zentrum des Untersuchungsraums – großräumig gesehen – flach, und zwar größenordnungsmäßig mit rd. 3-5° nach Nordwesten hin ein. Im Osten des Untersuchungsraums ist ein steileres und anders orientiertes Einfallen zu verzeichnen (vgl. Kapitel 3.2.3 und 3.2.4).

Das o.g. Schichteinfallen hat in Frankfurt am Main zur Folge, dass im südlichen bzw. südöstlichen Stadtgebiet, also in Frankfurt-Sachsenhausen, knapp unter der Geländeoberfläche die felsigen Frankfurter Kalke der tertiären Inflaten- und Cerithienschichten anstehen und im westlichen und nordwestlichen Innenstadtgebiet der weithin bekannte, verformungsaktive Frankfurter Ton unter dem Quartär anzutreffen ist.

Mit dem Begriff Frankfurter Ton werden die stratigraphischen Einheiten Landschneckenmergel und Hydrobienschichten im Hinblick auf vergleichbare bodenmechanische und bautechnische Eigenschaften zusammenfasst. Im Westen, z.B. im westlichen Teil des Europaviertels, und im Südwesten, am Frankfurter Flughafen, stehen unter den quartären Sanden und Kiesen die jüngsten tertiären Böden, dies sind die Sande des Pliozäns, an.

Neben dem oben beschriebenen generellen Schichteneinfallen im Westen und im Zentrum des Untersuchungsraumes in Richtung Nordwesten ist das Tertiär aufgrund tektonischer Vorgänge lokal durch Staffelbrüche abgetrept ausgebildet, was z.B. beim Entwurf von Pfahlgründungen



berücksichtigt wird (vgl. z.B. Hochhaus Gallileo, Arealbebauung FOUR, Commerzbank-Hochhaus). Auf den seit den 1970er Jahren in Frankfurt durchgeführten bergmännischen Tunnelbau haben sich die durch die Tektonik verursachten Störungszonen, Staffelbrüche etc. nicht ausgewirkt.

Das in geotechnischer und tunnelbautechnischer Hinsicht außerordentlich unterschiedlich ausgebildete Tertiär wird bautechnisch und stratigraphisch in die in Tabelle 1 vom Hangenden zum Liegenden aufgeführten Stufen unterteilt.

Serie	Bautechnische Bezeichnung	Stufe (bisherige stratigraphische Bezeichnung)	Stufe (aktuelle stratigraphische Bezeichnung)	ca. Schichtmächtigkeit
Miozän	Frankfurter Ton	Landschneckenmeergel	Niederrad-Formation	30-40 m
		Obere Hydrobien-Schichten	Frankfurt-Formation	90-100 m
		Untere Hydrobien-Schichten	Wiesbaden-Formation	
	Frankfurter Kalte	Inflaten- Schichten	Rüssingen-Formation	20 m
		Obere Cerithien-Schichten	Oberrad-Formation	40 m
			Oppenheim-Formation	
		Mittlere Cerithienschichten	Hochheim-Formation	
		Untere Cerithienschichten	Weisenau-Formation	
Oligozän	Cyrenenmergel	Cyrenenmergel/ Schleicsand/Glimmersand	Cyrenenmergel-Gruppe	≤ 90 m
	Offenbacher Ton	Rupelton	Rupelton	100 m

**Tabelle 1:** Tertiäre Böden im Untersuchungsraum für den Fernbahntunnel Frankfurt

Für den hier behandelten, gemäß VOB/C ATV DIN 18312 in geschlossener Bauweise geplanten Teil des Fernbahntunnels sind ausschließlich die nachfolgend im Detail beschriebenen Schichten des Tertiärs maßgeblich.



## 3.2 Beschreibung der tertiären Schichten

Nachfolgend werden die im Untersuchungsraum anstehenden und für den Bau und den Betrieb des Fernbahntunnels relevanten tertiären Schichten vom Hangenden zum Liegenden beschrieben. Die Bereiche, in denen diese tertiären Schichten entlang des in Bild 1 dargestellten West-Ost-Schnitts unter den oben erwähnten quartären Sanden und Kiesen der Mainterrasse anstehen, werden in Kapitel 3.3 vorgestellt.

### 3.2.1 Frankfurter Ton

Bei dem Frankfurter Ton handelt es sich um ein 120-140 m dickes Schichtpaket, das aus Wechselagerungen von

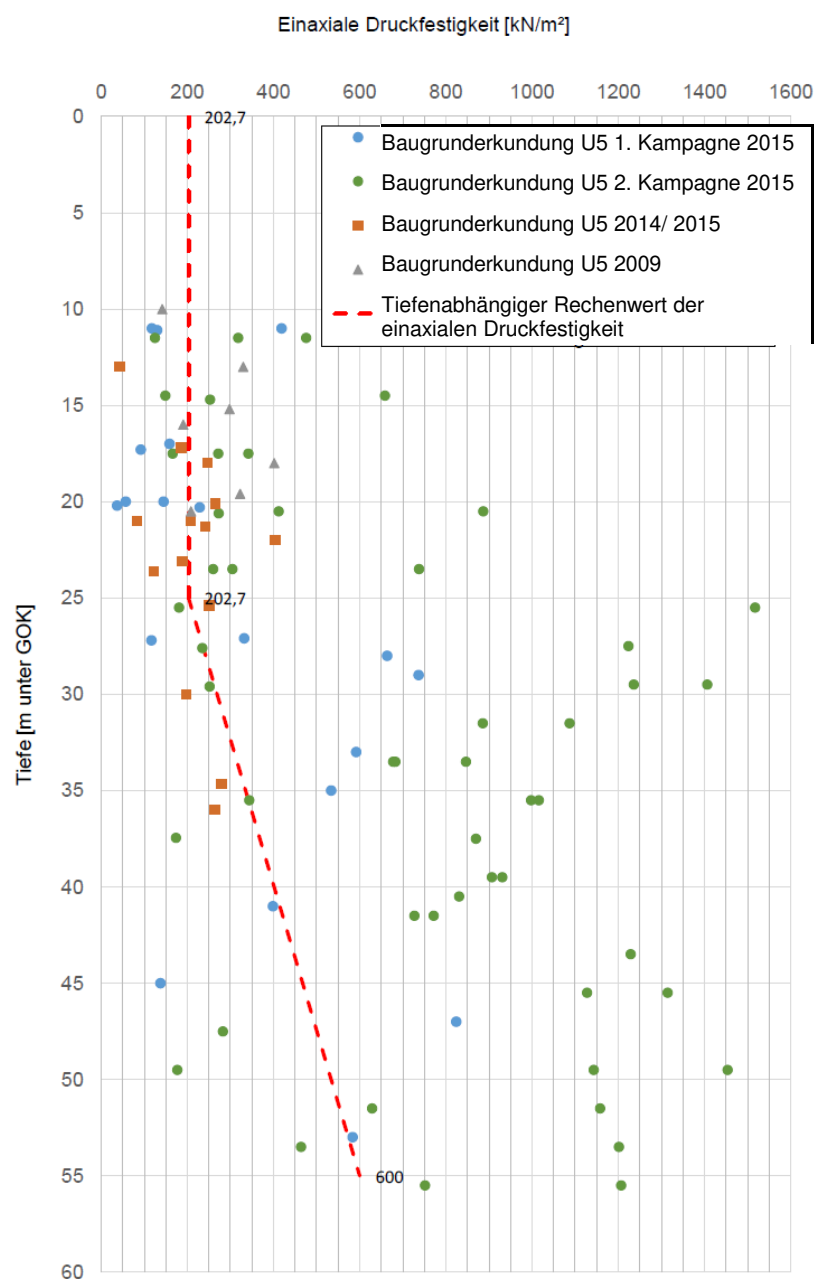
- dunkelgraugrünen, hochplastischen, steifen, z. T. auch halbfesten, setzungsaktiven Tonen (Anteil am Schichtpaket: 70-80 %),
- schwarzen, im wesentlichen mitteldicht, z. T. auch dicht gelagerten, schwach schluffigen, mergeligen Sanden (Hydrobiensanden) und Kalksand (Anteil: 10-15 %),
- und aus Mergelstein und harten bis sehr harten, stark klüftigen bis schwach klüftigen Dolomit- und Kalksteinbänken, die eine dickbankige bis massige Schichtung besitzen (Anteil: 10-15 %),

besteht.

Wie viele überkonsolidierte und zudem wie im vorliegenden Fall tektonisch vorbeanspruchte Tone ist auch der Frankfurter Ton unregelmäßig von kluftähnlichen Haarrissen und Harnischflächen durchzogen. Derartige Diskontinuitäten wurden in den Großaufschlüssen bei den nahezu überwiegend in Spritzbetonbauweise (NÖT) ausgeführten Tunnelvortrieben des Frankfurter U- und S-Bahnbaus zahlreich angetroffen.

Alle bergmännischen Tunnelvortriebe waren seinerzeit technisch nur deshalb möglich, weil das Grundwasser bis 1 m tief unter die Tunnelsohle abgesenkt worden ist, was überall zu erheblichen Schäden, zu großen Schadensregulierungen und zu Nutzungseinschränkungen, z.B. beim 256 m hohen Messeturm, geführt hat. Derartige Eingriffe in das Grundwasser sind seit den 1990er Jahren aufgrund der European Water Framework Directive, dem Wasserhaushaltsgesetz (WHG) und dem Hessischen Wassergesetz (HWG) nicht mehr zulässig und technisch wegen der schweren und weit reichenden Folgeschäden nicht möglich.

Wegen der Haarrisse und der Harnischflächen und dem unterschiedlichen Schwächungsgrad entlang der Trennflächen reagiert der Ton empfindlich gegen Störungen bei der Probengewinnung und beim Einbau in das Versuchsgerät, so dass es außerordentlich schwierig ist, repräsentative, gesicherte Versuchsergebnisse über die Verformungs- und Festigkeitseigenschaften des Tons im bodenmechanischen Labor zu erhalten. Die Streubreite der Ergebnisse ist entsprechend groß. Dennoch konnten aus diesen Kennwerten bestimmte Zusammenhänge, wie z. B. eine tiefenabhängige Zunahme der einaxialen Druckfestigkeit  $q_u$  [ $\text{kN/m}^2$ ] herausgearbeitet werden (vgl. Bild 4).



**Bild 4:** Tiefenanabhängige einaxiale Druckfestigkeit  $q_u$  [ $\text{kN/m}^2$ ] im Frankfurter Ton

Zwischen der einaxialen Druckfestigkeit  $q_u$  [kN/m<sup>2</sup>] und der Anfangsfestigkeit  $c_u$  [kN/m<sup>2</sup>] (undrÄnierte Scherfestigkeit) besteht folgender Zusammenhang:

$$q_u = 2 \cdot c_u \quad (\varphi_u = 0)$$

Die Ergebnisse von Laborversuchen sind im wesentlichen als Vergleichswerte zu betrachten und bedürfen in jedem Einzelfall einer durch lange Erfahrungen abgesicherten Interpretation und einer fallbezogenen, fachtechnischen Bewertung; hierzu stehen uns im Sinne der DIN V ENV 1997-1 (Eurocode EC 7), die zahlreichen Messungen an den Tunneln, Baugruben und Hochhäusern zur Verfügung.

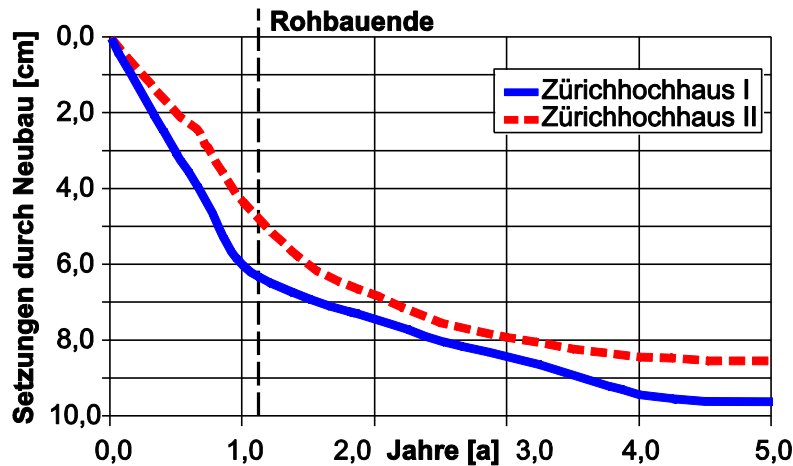
Die für den Frankfurter Ton maßgeblichen geotechnischen Kennwerte, die in Kapitel 3.4 spezifiziert sind, sind daher in Anlehnung an die Terminologie der Felsmechanik als Gebirgskennwerte zu verstehen. Dies gilt insbesondere für die Gebirgsscherfestigkeit des Frankfurter Tons, die im drÄnierten Zustand (Endfestigkeit) bei

$$\phi' = 20^\circ \text{ und } c' = 20 \text{ kN/m}^2$$

liegt.

Die Kennwerte wurden in den letzten Jahrzehnten im Rahmen von zahlreichen Mess- und Forschungsprogrammen aufgrund der gemessenen Verformungen und Spannungen bei den Tunnelvortrieben, an den schweren Frankfurter Hochhausgründungen und den Tiefen Baugruben rückgerechnet. Die Gebirgskennwerte repräsentieren also die Ergebnisse von als Großversuche im Maßstab 1:1 ausgewerteten Baumaßnahmen. Die so ermittelten Kennwerte haben gegenüber den Ergebnissen von Laborversuchen eine wesentlich größere Bedeutung.

Aus diesen Feldmessungen ergeben sich auch die quantitativen Daten des ausgeprägt zeitvarianten Verformungsverhaltens des Frankfurter Tons, was auf die Konsolidierung der tonigen Partien des Frankfurter Tons zurückzuführen ist. Bild 5 zeigt in diesem Zusammenhang beispielhaft das Zeit-Setzungsverhalten der flach gegründeten Hochhäuser der oben bereits erwähnten ersten Frankfurter Hochhausgeneration am Beispiel des Zürichhochhauses I und II: bis etwa 4-5 Jahre nach Rohbauende treten immerhin noch rd. 40 % der Gesamtsetzungen auf. Nicht zuletzt aus diesem Grund werden alle Frankfurter Hochhäuser gemäß Bauscheinauflage der Bauaufsicht bis zum Abklingen der Konsolidierungssetzungen im Sinne der verpflichtend vorgegebenen geotechnischen Beweissicherung sorgfältig messtechnisch überwacht.



**Bild 5:** Gemessenes Zeit-Setzungsverhalten des Zürichhochhauses

Die im Frankfurter Ton eingelagerten Kalk- und Dolomitsteinbänke besitzen Bankdicken und Kluftabstände bis rd. 3 m und eine einaxiale Gesteinsdruckfestigkeit von bis zu 400 N/mm<sup>2</sup>. Die Felsbänke bilden meist keinen durchgehenden Horizont sondern schwimmen im anstehenden Ton. Sie beeinflussen das Verformungsverhalten des Frankfurter Tons nur wenig und werden in Berechnungen nur dann ausnahmsweise gesondert berücksichtigt, wenn ihre Lage und Ausdehnung durch Bodenaufschlüsse detailliert erkundet und nachgewiesen werden konnte, und wenn sie aufgrund ihres Habitus tatsächlich eine besondere Tragwirkung entfalten können, was bisher nur in wenigen Ausnahmefällen der Fall war (z. B. bei der 21 m tiefen S-Bahn-Baugrube im Hauptbahnhof).

Die gering plastischen, schluffigen Kalksande und Kalkschluffe des Frankfurter Tons verlieren beim Ausschneiden aufgrund der Entlastung und der Wassersättigung häufig ihre Festigkeit und neigen insbesondere bei mechanischer Beanspruchung zum Verschlammen, wenn nicht durch besondere Drainagemaßnahmen eine vollständige Entwässerung dieser Partien des Frankfurter Tons gelingt.



### 3.2.2 Frankfurter Kalke

Unter dem Frankfurter Ton folgen die Frankfurter Kalke, die im Vergleich zum Frankfurter Ton wesentlich felsiger und somit wesentlich weniger zusammendrückbar ausgebildet sind.

Das mit einer Felspfahlgründung in den Frankfurter Kalken gegründete, bis zur Spitze 300 m hohe Commerzbank-Hochhaus hat sich daher nur um rd. 3 cm gesetzt, was deutlich geringer ist als die Setzungen der im Frankfurter Ton flach gegründeten Hochhäuser der bereits erwähnten ersten Frankfurter Hochhausgeneration, die Setzungen zwischen 12 cm und 35 cm erfahren haben. Bei der Bemessung der Pfähle des Commerzbank-Hochhauses wurde für die charakteristische Grenz-mantelreibung auf der Basis von Probelastungen ein Wert von  $q_{sk} = 800 \text{ kN/m}^2$  angesetzt.

Die Frankfurter Kalke bestehen aus einer unregelmäßigen, nicht horizontbeständigen Wechselfolge von

- steifen und sehr tragfähigen, jedoch sehr wasserempfindlichen Kalksanden und Kalkschluffen,
- Kalk- bzw. Dolomitstein,
- Algenkalkstein, porösen Algenkalkriffen und Algenkalkknollen
- sowie in geringem Maße aus Tonen und Tonmergeln.

Die einzelnen Boden- und Felsarten sind über größere Strecken nicht horizontbeständig; sie wechseln mehr oder weniger willkürlich einander ab. Angaben zum Trennflächengefüge finden sich in Kapitel 3.2.1.

Kalksteine kommen teilweise als geschlossene, in sich zerbrochene Bänke, teilweise als einzelne Brocken und in Blöcke aufgelöste Bänke in schluffig sandiger Grundmasse sowie auch nur als einzelne Kalksteinbrocken von wenigen Dezimetern bis wenigen Metern Abmessung vor, die in den Kalksanden und Kalkschluffen schwimmen.

Während Algenkalkstöcke innerhalb der ca. 20 m dicken oberen Frankfurter Kalke (Inflaten-Schichten) seltener vorhanden sind, treten die Riffe in den darunter liegenden Partien häufiger auf und zergliedern in stärkerem Maße die horizontale Sedimentation der Gesteine durch ihre vorwiegend vertikale Ausdehnung.

In den Frankfurter Kalken sind spaltenähnliche Klüfte und lokale kavernöse Auswaschungen enthalten; so wurden zum Beispiel bei der im Jahr 1900 hergestellten, 10.000 m<sup>2</sup> großen Baugrube für einen Hochbehälter an der Sachsenhäuser Warte mehr als 30 Hohlräume gezählt. Der Grundriss der Hohlräume ist meist kreisrund. Die Hohlräume sind bis zu 3 m groß.

Auch bei den in den 1980er Jahren ausgeschachteten tiefen S-Bahn-Baugruben der Mainquerung und bei Bauvorhaben am Sachsenhäuser Berg/Darmstädter Landstraße, wo die Frankfurter Kalke bis an die Geländeoberfläche reichen, wurden ähnliche kavernöse Auswaschungen beobachtet. Dort wurden bei der Herstellung von Injektionsankern Mengenaufnahmen pro Anker von bis zu 6 t Zement festgestellt. Zum Vergleich: der "Regelverbrauch" bei Injektionsankern liegt im Frankfurter Ton bei dreifacher Nachverpressung bei ca. 0,5-1,0 t. Bei den Pfahlbohrarbeiten und den Gebirgsvergütungsmaßnahmen für den Neubau des Commerzbank-Hochhauses wurden in den Frankfurter Kalken wegen der kavernösen Hohlräume ebenfalls außergewöhnlich hohe Verpressmengen Zement verzeichnet.

Unabhängig von der in gewisser Weise chaotischen und kavernösen Struktur der Frankfurter Kalke besitzen die Frankfurter Kalke bei vollständiger Entwässerung eine vergleichsweise große Festigkeit und – wie oben bereits erwähnt – eine sehr große Steifigkeit. Dies hatte beim Bau der 2. Baustufe der S-Bahn Rhein-Main in den 1980er Jahren erhebliche positive Auswirkungen auf die Bauzeit und auf die Baukosten u.a. bei folgenden S-Bahnlosen:

- Los S14: Umstellung der Vortriebe der 2 eingleisigen, 8 m großen Streckentunnel zwischen Los S13 (S-Bahn-Haltepunkt Ostendstraße/Hanauer Landstraße) und Los S15 (Mainquerung) vom ausgeschriebenen und beauftragten Schildvortrieb mit einem Schild mit Messerhaube auf einen Spritzbetonvortrieb (NÖT) im Schutz der damals zulässigen und möglichen Grundwasserabsenkung
- Los S15: Mainquerung: Umdimensionierung der Baugrubensicherung der beiden Dockbaugruben mit der Reduktion um eine Steifenlage

### 3.2.3 Cyrenenmergel

Die unter den Frankfurter Kalken anstehende Gruppe der Cyrenenmergel wird in Cyrenenmergel sowie in Schleichsand und Glimmersand untergliedert. Der Wechsel von den Frankfurter Kalken zum Cyrenenmergel ist bereichsweise durch Glimmerlagen am Top der Gruppe der Cyrenenmergel gekennzeichnet.

Die Cyrenenmergel bestehen aus einer Wechselfolge von

- steifen bis halbfesten Mergeln, Tonmergeln und Mergeltonen
- und Sanden, in die geringmächtige Kalkstein- bzw. Mergelstein-, Sandstein- und Schluffstein- sowie Braunkohlelagen

eingeschaltet sind. Die meist geringmächtigen, wasserführenden Sandlagen führen dazu, dass diese Schichten in Hanglagen sehr rutschanfällig sind.

Die Braunkohlelagen sind bis zu 2 Meter dick. Im Osthafen sind im Zuge der Erweiterung des Südbeckens nach Osten hin vier 0,1 m bis 0,55 m dicke Braunkohleflöze aufgeschlossen worden.

Die Schleichsande und Glimmersande unterscheiden sich nur in Anzahl und Mächtigkeit der Sandlagen vom Cyrenenmergel; Mergel-, Tonmergel- und Mergeltone treten in diesen Schichten nur vereinzelt auf.

Das Einfallen der Cyrenenmergel ist nach West-Süd-Westen aber auch, aufgrund der leicht gewellten Lagerung und tektonischen Beeinflussung, nach Ost-Nord-Osten gerichtet. Das Schichteinfallen beträgt dort bis zu rd. 18°. Die Dicke dieser Schichtfolge beträgt bis zu 90 m.

### **3.2.4 Offenbacher Ton**

Im Osten des Projektgebietes ist der Offenbacher Ton tektonisch eingeschuppt. Die Dicke des Offenbacher Tons beträgt bis zu 100 m.

Der Offenbacher Ton setzt sich zumeist aus einer monotonen Abfolge von plastischen Tonen zusammen, in die nur wenige, dünne, z.T. auch nur wenige Millimeter dicke Sandlagen und einige Kalk- bzw. Mergelsteinbänkchen eingeschaltet sind. Der Offenbacher Ton ist in bautechnischem Sinne als wasserdicht zu bezeichnen und praktisch grundwasserfrei.

Die Schichten des Offenbacher Tons sind im Bereich des Osthafens nach West-Süd-Westen geneigt und fallen dort mit ca. 16° - 18° ein.

Der Offenbacher Ton besitzt im Untersuchungsraum überwiegend steife bis halbfeste Konsistenz.

Der in offener Bauweise erstellte Tunnel der S-Bahn Offenbach verläuft etwa vom Kaiserlei-Kreisel aus bis zu der rd. 2 km entfernten Offenbacher Innenstadt (Markplatz) vollständig im Offenbacher Ton. Die Baugrube wurde im Schutze einer lediglich aus Pumpensümpfen bestehenden offenen Wasserhaltung, kombiniert mit Abschlauungen in den Sicken des Baugrubenverbaus, erstellt.

### 3.3 Spezifikation der Bereiche des Auftretens der tertiären Schichten entlang des Schnittes A-B

In Bild 6 sind die Bereiche graphisch dargestellt, in den die oben beschriebenen tertiären Schichten unter den quartären Sanden und Kiesen der Mainterrasse anstehen. Dies sind:

- Bereich von Punkt A (Hauptbahnhof) bis Punkt 1:  
Frankfurter Ton
- Bereich Punkt 1 bis Punkt 2:  
Frankfurter Kalke
- Bereich Punkt 2 bis Punkt 3:  
Cyrenenmergel
- Bereich Punkt 3 bis Punkt B (Kaiserlei):  
Offenbacher Ton



**Bild 6:** Verteilung der unter dem Quartär anstehenden tertiären Schichten entlang Schnitt A-B



Die volumetrische Verteilung aller Baugrundsichten wird auf der Basis unseres Bohrarchivs derzeit in das 3D-Modell des Untersuchungsraums für den Fernbahntunnel eingepflegt. In diesem 3D-Modell werden dann auch die im Untersuchungsraum existierenden baulichen Barrieren dargestellt, wie z. B.:

- Unterirdische Mainquerung der U-Bahn, bestehend aus 2 eingleisigen, bergmännisch im Schutze einer Grundwasserabsenkung/-entspannung und im Schutz von Injektionen und Vereisungen in Spritzbetonbauweise (NÖT) aufgefahrenden Streckentunnel mit 6,4 m Ausbruchdurchmesser, unmittelbar westlich der Untermainbrücke bei etwa Main-km 34,75.
- Unterirdische Mainquerung der S-Bahn, bestehend aus zwei im Trockendock hergestellten, in den Main eingeschwommenen und dann in die rinnenartige Vertiefung der Mainsohle abgesenkten Tunnelsegmenten zwischen der Flößerbrücke und der Deutschherrnbrücke bei etwa Main-km 36,4.
- Untergeschosse und Gründungs- sowie Verbaulemente, insbesondere die Pfähle und die bis 4 m dicken Fundamentplatten der Hochhäuser.

### 3.4 Charakteristische geotechnische Berechnungskennwerte

Die nachfolgend angegebenen charakteristischen geotechnischen Berechnungskennwerte basieren auf unseren umfangreichen örtlichen Erfahrungen mit den zahlreich durchgeführten Labor- und vor allem Felduntersuchungen. Für Standsicherheitsnachweise sind im Falle von angegebenen Bandbreiten die jeweils ungünstigeren Kennwerte maßgebend, für den Nachweis der Gebrauchstauglichkeit sind im Sinne parametrischer Betrachtungen die oberen und unteren Kennwerte anzusetzen.

Die hier angegebenen Kennwerte müssen im Zuge der vertiefenden Planungen durch projekt-, fall- und standortbezogene Baugrunduntersuchungen überprüft und dann im Detail boden- und felsmechanisch sowie tunnelbautechnisch bewertet werden.

#### - Frankfurter Ton (Wechselagerung, Gebirgsparameter)

Wichte des feuchten Bodens:	$\gamma$	=	18 - 19 kN/m <sup>3</sup>
Wichte des Bodens unter Auftrieb:	$\gamma'$	=	8 - 9 kN/m <sup>3</sup>

Endscherfestigkeit:

- Reibungswinkel:  $\varphi' = 20^\circ$
- Kohäsion:  $c' = 20 \text{ kN/m}^2$

Anfangsscherfestigkeit:

- Reibungswinkel:  $\varphi_u = 0^\circ$
- Kohäsion:  $c_u = \geq 100 \text{ kN/m}^2$  (vgl. Bild 4)

Steifemodul:

- Erstbelastung:  $E_{s,E} = 7 \cdot (1 + 0,35 \cdot z) [\text{MN/m}^2]$   
(z in m ab OK Tertiär)
- Wiederbelastung:  $E_{s,W} = 3 \cdot E_{s,E}$

## - **Frankfurter Kalke**

### **a) Plastische Tone und Tonmergel**

Wichte des feuchten Bodens:  $\gamma = 18 - 19 \text{ kN/m}^3$

Wichte des Bodens unter Auftrieb:  $\gamma' = 8 - 9 \text{ kN/m}^3$

Scherfestigkeit:

- Reibungswinkel:  $\varphi' = 20 - 25^\circ$
- Kohäsion:  $c' = 20 \text{ kN/m}^2$

Steifemodul (Erstbelastung):  $E_{s,E} = 25 - 50 \text{ MN/m}^2$

### **b) Kalksande und Kalkschluffe**

Wichte des feuchten Bodens:  $\gamma = 19 - 20 \text{ kN/m}^3$

Wichte des Bodens unter Auftrieb:  $\gamma' = 9 - 10 \text{ kN/m}^3$

Scherfestigkeit:

- Reibungswinkel:  $\varphi' = 27,5 - 35^\circ$
- Kohäsion:  $c' = 10 - 0 \text{ kN/m}^2$

Steifemodul (Erstbelastung):  $E_{s,E} = 30 - 60 \text{ MN/m}^2$

### **c) Kalk-, Mergel- und Algenkalkbänke**

Wichte des feuchten Bodens:  $\gamma = 23 - 26 \text{ kN/m}^3$

Wichte des Bodens unter Auftrieb:  $\gamma' = 13 - 16 \text{ kN/m}^3$

Einaxiale Druckfestigkeit:  $q_u = 2 - 200 \text{ MN/m}^2$

Steifemodul (Erstbelastung):  $E_{s,E} \geq 450 \text{ MN/m}^2$

**d) Mittlere Gebirgskennwerte Frankfurter Kalke**

Wichte des feuchten Bodens:  $\gamma = 20 - 22 \text{ kN/m}^3$

Wichte des Bodens unter Auftrieb:  $\gamma' = 10 - 12 \text{ kN/m}^3$

Scherfestigkeit:

- Reibungswinkel:  $\varphi' = 32,5^\circ$

- Kohäsion:  $c' = 15 \text{ kN/m}^2$

Steifemodul:

• Erstbelastung:  $E_{s,E} = 300 \pm 50 \text{ MN/m}^2$

• Wiederbelastung:  $E_{s,W} = 1,5 \cdot E_{s,E}$

- **Cyrenenmergel**

**a) Tone und Tonmergel**

Wichte des feuchten Bodens:  $\gamma = 20 - 21 \text{ kN/m}^3$

Wichte des Bodens unter Auftrieb:  $\gamma' = 10 - 11 \text{ kN/m}^3$

Scherfestigkeit:

- Reibungswinkel:  $\varphi' = 20^\circ$

- Kohäsion:  $c' = 30 \text{ kN/m}^2$

Steifemodul:

• Erstbelastung:  $E_{s,E} = 50 - 80 \text{ MN/m}^2$

• Wiederbelastung:  $E_{s,W} = 2,5 \cdot E_{s,E}$

**b) Feinsande, schluffig**

Wichte des feuchten Bodens:  $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$

Wichte des Bodens unter Auftrieb:  $\gamma' = 10 \text{ kN/m}^3$

Scherfestigkeit:

- Reibungswinkel:  $\varphi' = 30^\circ$

- Kohäsion:  $c' = 0 - 5 \text{ kN/m}^2$

Steifemodul:

• Erstbelastung:  $E_{s,E} = 80 - 100 \text{ MN/m}^2$

• Wiederbelastung:  $E_{s,W} = 2 \cdot E_{s,E}$

## - Offenbacher Ton

Wichte des feuchten Bodens:	$\gamma = 19 - 21 \text{ kN/m}^3$
Wichte des Bodens unter Auftrieb:	$\gamma' = 9 - 11 \text{ kN/m}^3$
Scherfestigkeit:	
- Reibungswinkel:	$\varphi' = 20^\circ$
- Kohäsion:	$c' = 20 - 30 \text{ kN/m}^2$
Steifemodul:	
• Erstbelastung:	$E_{s,E} = 80 - 100 \text{ MN/m}^2$
• Wiederbelastung:	$E_{s,W} = (2 \text{ bis } 3) \cdot E_{s,E} \text{ [MN/m}^2\text{]}$

## 4. Grundwasserverhältnisse

Das Grundwasser zirkuliert im Untersuchungsraum ab etwa 4-6 m Tiefe unter der Geländeoberfläche in den quartären Sanden und Kiesen der Mainterrasse und in den in den Kapiteln 3.2.1 bis 3.2.3 beschriebenen tertiären Sichten

- Frankfurter Ton,
- Frankfurter Kalke und
- Cyrenenmergel.

Lediglich der Offenbacher Ton ist nicht wasserführend und in baupraktischem Sinn wasserdicht.

Die Sande und Kiese der Mainterrasse besitzen eine Durchlässigkeit zwischen

$$k_f = 2 \cdot 10^{-3} \text{ m/s und } 5 \cdot 10^{-4} \text{ m/s.}$$

Die tertiären Sande und die Klüfte der Kalk- und Dolomitsteinbänke sind stark wasserführend, ebenfalls die Algenkalkriffe. Die Tone, Mergel und Schluffe des Tertiärs selbst bringen kein Wasser und können eine örtlich abdichtende Wirkung haben, so dass das Wasser bereichsweise in den Hydrobiensanden und in den Kalksteinbänken gespannt ist. Obwohl die einzelnen Grundwasserleiter des Quartärs und des Tertiärs meist mittelbar untereinander in Verbindung stehen, werden in größeren Tiefen häufig größere Energiehöhen als in den quartären Sanden und Kiesen gemessen.



Dies ist darauf zurückzuführen, dass das Gelände und damit auch das Grundwasserniveau vom hier betrachteten Untersuchungsraum aus nach Norden und nach Süden hin ansteigt. So wurde zum Beispiel an der Deutschen Nationalbibliothek an der Kreuzung Eckenheimer Landstraße/Adickesallee im Tertiär artesisch gespanntes Grundwasser angetroffen, dessen Druck bis 1 m hoch über die Geländeoberfläche gereicht hat.

Die einzelnen Schichten besitzen die folgende Durchlässigkeit:

tertiäre Sande:	$k_f = 1 \cdot 10^{-5} \text{ m/s bis } 5 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$
tertiäre Tone, Mergel und Schluffe:	$k_f = 1 \cdot 10^{-8} \text{ m/s bis } 1 \cdot 10^{-9} \text{ m/s}$
Kalk- und Dolomitsteinbänke:	$k_f = 1 \cdot 10^{-2} \text{ m/s bis } 1 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$

Aus der beim Bau des S-Bahn-Haltepunkts Ostendstraße/Hanauer Landstraße damals noch möglichen großräumigen Grundwasserabsenkung wurde die mittlere Gebirgsdurchlässigkeit des Frankfurter Tons mit etwa

$$k_f = 1 \cdot 10^{-4} \text{ m/s bis } 2 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$$

zurückgerechnet.

Aufgrund der oben beschriebenen, sehr heterogenen Zusammensetzung des Tertiärs nimmt der Wasserdruck im Tertiär – ausgehend vom Grundwasserstand im Quartär – von oben nach unten hydrostatisch mit der Tiefe zu; ausgenommen hiervon ist der Offenbacher Ton, in dem kein Grundwasser vorhanden ist.

Für den Entwurf der geplanten, 4-gleisigen unterirdischen Station im Hauptbahnhof haben wir den Bemessungsgrundwasserstand wie folgt spezifiziert:

- Bemessungsgrundwasserstand Baugrube (bauzeitlich):  $\text{GW}_{\text{Bau}} = 94,0 \text{ mNN}$
- Bemessungsgrundwasserstand Bauwerk (Betrieb Bauwerk):  $\text{GW}_{\text{End}} = 95,0 \text{ mNN}$

Das Grundwasser ist im Innenstadtbereich von Frankfurt nach DIN 4030 erfahrungsgemäß aufgrund seines erhöhten Sulfatgehaltes als schwach bis stark betonangreifend einzustufen. Die Betonaggressivität ist in der Regel durch entsprechende Betonrezeptur beherrschbar und führt zu keinen außergewöhnlichen Aufwendungen.

## 5. Fließgewässer

Im Untersuchungsraum gibt es nur ein einziges für den Fernbahntunnel relevantes Fließgewässer: dies ist der 120-150 m breite, durch Berufs- und Freizeitschiffahrt sehr stark genutzte Main, der von etwa Main-km 34,7 im Westen bis etwa Main-km 38,4 im Osten innerhalb der Stauhaltung der Staustufe Griesheim durch den Untersuchungsraum verläuft. Unmittelbar östlich von Main-km 38,4 befindet sich mit der Staustufe Offenbach die östliche Grenze der Stauhaltung der Staustufe Griesheim. Der Mainwasserstand wird seit 1886 durch Staustufen geregelt.

Für den Main-km 34,2 in Höhe des Hauptbahnhofs und Main-km 37,3 im Osten des Untersuchungsraums etwa 300 östlich der Deutschherrenbrücke werden von dem hier zuständigen Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Aschaffenburg die folgenden Mainwasserstände angegeben:

	Main-km 34,2	Main-km 37,3
HQ5	93,69 mNN	94,72 mNN
HQ10	94,14 mNN	95,24 mNN
HQ100	95,69 mNN	96,74 mNN
HQ200	96,18 mNN	97,15 mNN

Der Niedrigwasserspiegel liegt in der hier maßgeblichen Stauhaltung der Staustufe Griesheim bei 90,85 mNN.

Die Mainsohle befindet sich bei rd. 88 mNN. Da der Main im Untersuchungsraum durch massive Uferwände gefasst ist und die Mainsohle im Frankfurter Ton liegt, reagieren die Grundwasserstände gedämpft, das heißt mit Zeitverzug und mit einem deutlichen Höhenversatz, auf Änderungen des Mainwasserstands.

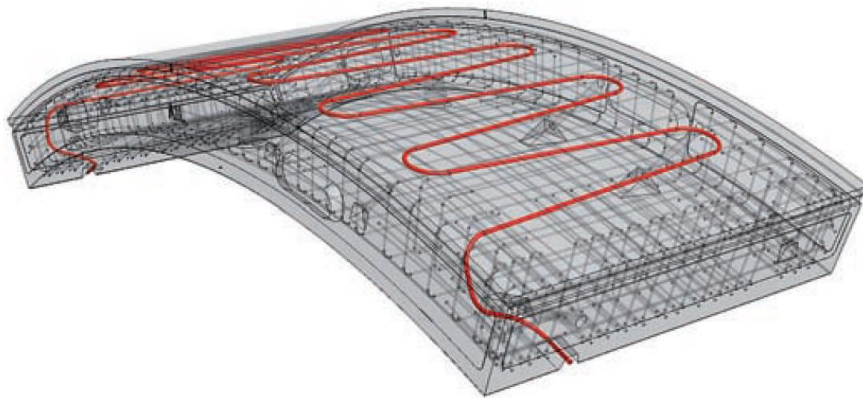
## 6. Erdbebenzone

Der Untersuchungsraum liegt nach DIN EN 1998-1/NA:2011-01 in der Erdbebenzone 0 und weist die Untergrundklasse S (Gebiete tiefer Beckenstrukturen mit mächtiger Sedimentfüllung) auf.

Die Lockergesteinsschichten (quartäre und tertiäre Böden) sind gemäß DIN EN 1998-1/NA:2011-01 der Baugrundklasse C (grob-/gemischtkörnige Lockergesteine in mitteldichter Lagerung bzw. feinkörnige Lockergesteine mit mindestens steifer Konsistenz) zuzuordnen.

## 7. Nutzung des Fernbahntunnels als Saisonaler Thermospeicher

Im Hinblick auf die nationalen und internationalen energie-, umwelt- und klimapolitischen Ziele wird aus geotechnischer, geothermischer und tunnelbautechnischer Sicht ausdrücklich angeregt, die Nutzung der Tübbingschale des Fernbahntunnels gemäß der in [U2] beschriebenen 3D-CAD Darstellung in Bild 7 und dem Photo mit dem Bewehrungskorb und den Absorberrohren (Wärmetauscherrohren) gemäß Bild 8 in den Entwurf des Fernbahntunnels einzubeziehen.



**Bild 7:** 3D-CAD Darstellung eines Energietübbings

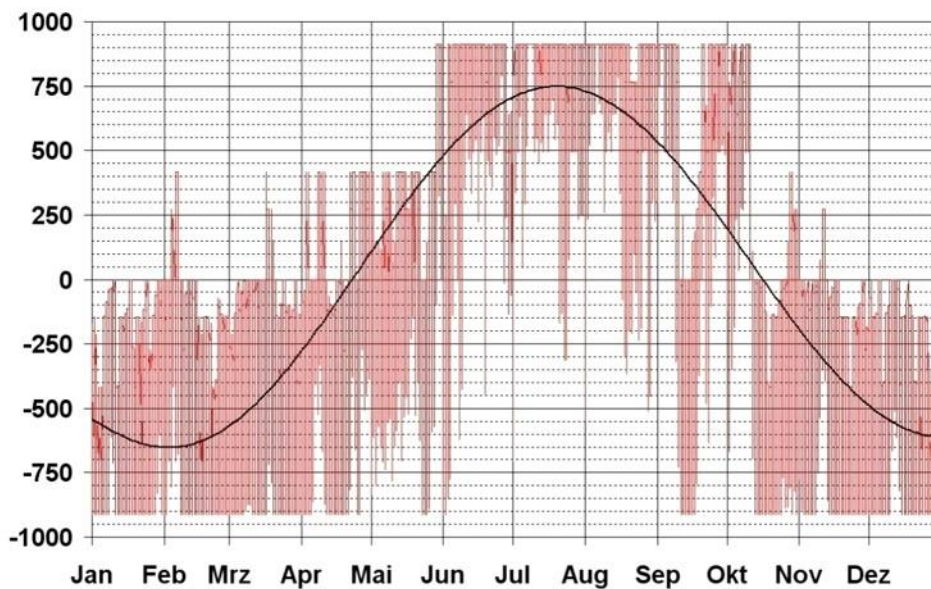
Über die als Wärmetauscher wirkenden Energietübbinge kann die vergleichsweise große Wärmespeicherkapazität des Frankfurter Tertiärs im Winter zum Beheizen und im Sommer zum Kühlen der im Umfeld des Fernbahntunnels liegenden Gebäude genutzt werden. Der Baugrund wird dabei als Pendelspeicher geothermisch in Anspruch genommen, so dass der Fernbahntunnel als Saisonal-thermospeicher wirkt.



**Bild 8:** Absorberrohre mit Bewehrungskorb in einer Stahlschalung für die Tübbingbetonage

Das wassergesättigte Frankfurter Tertiär ist für diese geothermische Nutzung aufgrund seiner thermischen Eigenschaften sehr gut geeignet. Mit dem Einsatz der Fernbahntunnels als Saisonaler Thermospeicher ist das CO<sub>2</sub>-freie Beheizen und das CO<sub>2</sub>-freie Kühlen der umliegenden Gebäude zukunftssicher und in idealer Art und Weise möglich.

In Bild 9 ist die für den Entwurf der Energiepfahlanlage des Frankfurter Hochhaus-Ensembles „Palais-Quartier“ berechnete Jahresganglinie der thermischen Leistung für Heizen im Winter und Kühlen im Sommer beispielhaft graphisch dargestellt.



**Bild 9:** Jahresganglinie der thermischen Leistung in [kW] (+ = Kühlen / - = Heizen)

Der jährliche Heizenergiebedarf wurde für diese Energiepfahlanlage zu 2.350 MWh/a und der jährliche Kühlenergiebedarf zu 2.410 MWh/a ermittelt, so dass die Anlage wie geplant als Saisonaler Thermospeicher wirkt.

## 8. Zusammenfassung

Im gegenständlichen Bericht Nr. IK2024/01 werden im Rahmen der Grundlagenermittlung zur Machbarkeitsstudie „Fernbahntunnel Frankfurt“ anhand des bei uns vorhandenen, umfangreichen Archivmaterials die für den geplanten Fernbahntunnel relevanten Baugrund- und Grundwasserverhältnisse in dem von der DB Netz AG spezifizierten und in Bild 1 dargestellten Untersuchungsraum beschrieben.

Die geotechnischen Standortspezifika sind in Frankfurt am Main durch tertiäre Boden- und Felschichten geprägt, die unter den rd. 4-6 m, im Osten bis 10 dicken quartären Sanden und Kiesen der Mainterrasse anstehen. Bei diesen tertiären Böden handelt es sich – mit Ausnahme des Offenbacher Tons – i.W. um sehr unterschiedlich ausgebildete Wechselfolgen aus Tonen, Schluffen, Sanden und felsigen Partien. Die felsigen Partien bestehen i.W. aus festem, aber auch aus sehr hartem Mergel-, Kalk- und Dolomitstein mit einer Klüftung, die als stark klüftig bis schwach klüftig zu bezeichnen ist, und einer dickbankigen bis massigen Schichtung.

Die für den Fernbahntunnel maßgeblichen tertiären Schichten werden von oben nach unten, also vom Hangenden zum Liegenden, aufgrund ihrer in geotechnischer und tunnelbautechnischer Hinsicht vergleichbaren bautechnischen Gebirgseigenschaften in Frankfurt wie folgt bezeichnet:

- Frankfurter Ton
- Frankfurter Kalke
- Cyrenenmergel
- Offenbacher Ton

Von diesen Schichten ist der Frankfurter Ton die Schicht mit der geringsten Festigkeit und mit der geringsten Steifigkeit. Die allesamt flach im Frankfurter Ton gegründeten Hochhäuser der sogenannten ersten Frankfurter Hochhausgeneration haben sich eben wegen dieser vergleichsweise geringen Steifigkeit des Frankfurter Tons um 10-35 cm gesetzt (z.B. Doppeltürme der Deutschen Bank, Marriott-Hotel) und haben sich auch wegen ungleichmäßiger Setzungen nicht unerheblich schief gestellt.

In den unter dem Frankfurter Ton anstehenden Frankfurter Kalken treten wegen des im Wesentlichen felsigen Charakters dieser Schicht in Frankfurt die geringsten Setzungen beim Tunnel- und Hochhausbau auf.

Für die o.g. tertiären Schichten werden im gegenständlichen Bericht die charakteristischen geotechnischen Berechnungskennwerte im Sinne von Gebirgskennwerten als Grundlage für erste Standsicherheits- und Gebrauchstauglichkeitsuntersuchungen mitgeteilt. Diese Berechnungskennwerte müssen im Zuge der vertiefenden Planungen durch projekt-, fall- und standortbezogene Baugrunduntersuchungen überprüft und dann im Detail boden- und felsmechanisch sowie tunnelbautechnisch bewertet werden.

Das Grundwasser zirkuliert ab etwa 4-6 m Tiefe unter der Geländeoberfläche in den quartären Sanden und Kiesen der Mainterrasse und in den z.T. sehr gut durchlässigen Partien des Frankfurter Tons, der Frankfurter Kalke und des Cyrenenmergels; der Wasserdruck nimmt in diesen Schichten von oben nach unten hydrostatisch mit der Tiefe zu. Bereichsweise ist das Grundwasser gespannt.

In den 1970er, 1980er und frühen 1990er Jahren wurden zahlreiche U- und S-Bahntunnel erfolgreich im Frankfurter Ton und in den Frankfurter Kalken in Spritzbetonbauweise (NÖT) aufgeföhren, was seinerzeit nur deshalb technisch möglich war, weil das Grundwasser bis 1 m tief unter die Tunnelsohle abgesenkt worden ist.

Die Grundwasserabsenkungen haben überall zu erheblichen Schäden, zu großen Schadensregulierungen und auch zu Nutzungseinschränkungen, z.B. beim 256 m hohen Messeturm, geführt.

Derartige Eingriffe in das Grundwasserregime – und damit in den Wasserhaushalt – sind seit langem nicht mehr zulässig (vgl. European Water Framework Directive, WHG, HWG) und sind technisch wegen der schweren und weit reichenden Folgeschäden nicht möglich.

Im Untersuchungsraum gibt es mit dem Main nur ein einziges, für den Fernbahntunnel relevantes Fließgewässer. Die Mainsohle liegt im Tertiär, und zwar bei etwa 88 mNN.

Der Main wird westlich der Untermainbrücke bei etwa Main-km 34,75 von 2 eingleisigen, bergmännisch in Spritzbetonbauweise (NÖT) aufgeföhren U-Bahntunneln, die zum Schweizer Platz und zum Südbahnhof führen, unterquert. Eine weitere unterirdische Mainquerung befindet sich weiter östlich bei etwa Main-km 36,4 zwischen der Flößerbrücke und der Deutschherrnbrücke; dort unterquert die S-Bahn den Main in zwei Tunnelsegmenten, die im Trockendock hergestellt, in den Main eingeschwommen und dann in die rinnenartige Vertiefung der Mainsohle abgesenkt worden sind.



Der Untersuchungsraum liegt nach DIN EN 1998-1 in der Erdbebenzone 0 und weist die Untergrundklasse S auf.

Angesichts der nationalen und internationalen energie-, umwelt- und klimapolitischen Ziele wird ausdrücklich angeregt, den Fernbahntunnel mittels Energietübbingen nicht nur als Fahrweg, sondern auch als Saisonalen Thermospeicher für das zukunftsichere, CO<sub>2</sub>-freie Beheizen und für das CO<sub>2</sub>-freie Kühlen der umliegenden Gebäude zu nutzen. Das wassergesättigte Frankfurter Tertiär ist für diese geothermische Nutzung aufgrund seiner thermischen Eigenschaften ideal geeignet.

Katzenbach

Prof. Dr.-Ing. Rolf Katzenbach  
-Vereidigter Sachverständiger-



A. Weidle

Dr.-Ing. Alexandra Weidle  
-Projektleiterin-