

DIE GEOLOGISCHEN VORERKUNDUNGEN UND DIE GRUNDWASSERVERHÄLTNISSE BEIM DONAUKRAFTWERK FREUDENAU

Teil I: GEOLOGISCHE VORARBEITEN FÜR DAS DONAUKRAFTWERK FREUDENAU AM STADTRAND VON WIEN

Dr. G. GANGL

1. Allgemeiner geologischer Überblick

Die Donau quert das Wiener Becken zwischen Nußdorf und Hainburg. Der Durchbruch aus dem Alpenvorland in den Beckenbereich durch die Gesteine der Flyschzone wird "Wiener Pforte" genannt, der Durchbruch zwischen Wiener Becken und kleiner ungarischer Tiefebene wird als "Hainburger oder Thebener Pforte" bezeichnet. Wenn man geologisch vom "Wiener Becken" spricht, wird darunter die Einbruchszone im Alpen-Karpaten-Körper verstanden, welche eine Länge von ca. 200 km und eine Breite von ca. 60 km aufweist. Die Gesteine der Beckenfüllung sind geologisch junge tertiäre Lockersedimente (vorwiegend Schluffe, Tone und Sande), während die Gesteine des Beckenrandes mesozoische oder alttertiäre Festgesteine sind: Im Bereich der Wiener Pforte handelt es sich dabei um die Gesteine der Flyschzone (Sandsteine mit Ton- und Tonschieferlagen, Mergel etc.). Das Becken ist teilweise von Brüchen begrenzt und von Bruchstörungen durchzogen.

In Abbildung 1 ist ein geologischer Schnitt des Wiener Beckens dargestellt, welcher in nordwestlich-südöstlicher Richtung verläuft, das entspricht näherungsweise dem Lauf der Donau.

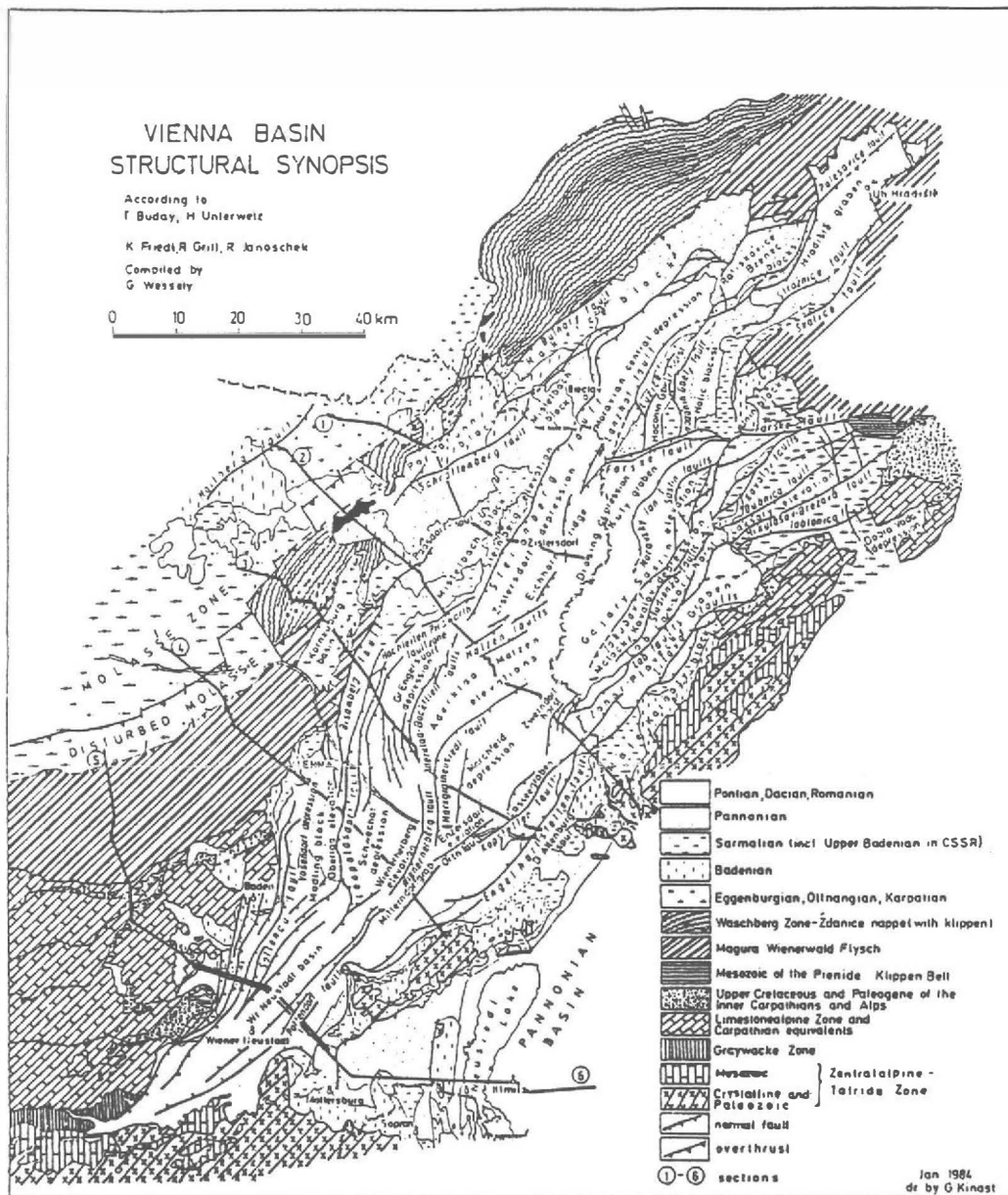
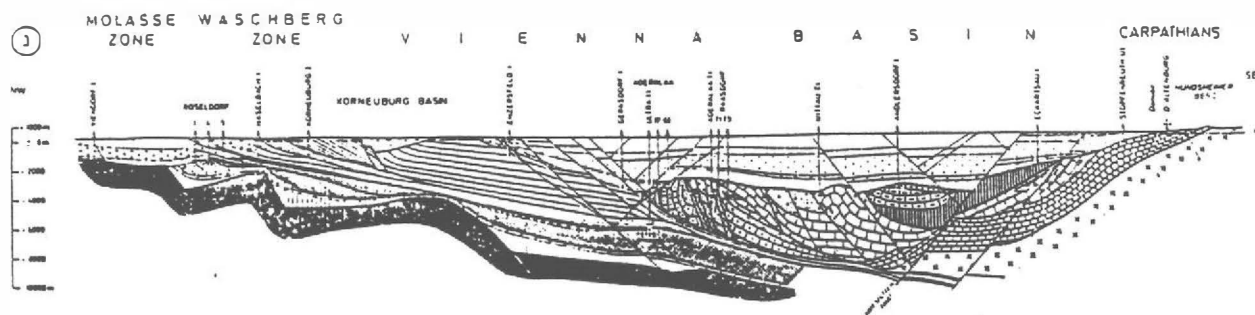


Abb. 1: Lage des Wiener Beckens mit der Mächtigkeit der jüngsten pontischen Tertiärsedimente (oben), und Schnitt durch das Wiener Becken in Richtung NW-SE (nach Wessely u.a. 1984) etwa dem Lauf der Donau entsprechend (unten).



Das Hauptbauwerk des Kraftwerkes Freudenuau liegt am westlichen Rand des Beckens, am Rande der Schwechater Senke einer der tiefsten Stellen des inneralpinen Tertiärbeckens. Der Stauraum reicht bis in das Durchbruchstal in der Flyschzone der "Wiener Pforte" zwischen Kahlenberg und Bisamberg. Die Donauniederung (die Zone der rezenten Mäander vor der Regulierung und der Praterterrasse) wird von quartären Kiesen und Ausand/Aulehmen bedeckt, sodaß die anstehenden tertiären Lockergesteine nicht unmittelbar aufgeschlossen sind. Das Tertiär bildet den maßgeblichen Grundwasserstauer. Aus der Höhengliederung des Geländes sind die eiszeitlich angelegten Terrassenstufen zu erkennen.

Hydrogeologisch ist für das Kraftwerk Freudenuau die unterste Terrassenstufe zwischen Praterterrasse und Stadterrasse maßgeblich, da der Grundwasserspiegel unter der Stadterrasse bereits in größerer Tiefe als unter der Praterterrasse liegt. Für 2. und 20. Bezirk (Praterterrasse) bildet die Donau und der Donaukanal den derzeitigen Vorfluter. Die geologische Abgrenzung des tiefsten Terrassenniveaus ist aus den in Abb. 2 dargestellten Geländestufen (Terrassenränder) im Stadtgebiet zu erkennen.

Anhand des Sedimentationsschemas der Terrassen im Wiener Stadtbereich (Abb. 2) erkennt man, daß im allgemeinen die morphologischen Grenzen (Terrassenränder) auch mit den Höhen des maßgeblichen Grundwasserstauers übereinstimmen: Die "Tegeloberkante" liegt im Bereich der Praterterrasse tiefer als unter der nächst höher gelegenen Stadterrasse. Deshalb beschränken sich die hydrogeologischen Untersuchungen auf die eigentlichen Donauniederungen (Praterterrasse). Durch die Regulierung der Donau Ende des letzten Jahrhunderts ist die Zone der rezenten Mäander verlorengegangen, weshalb im folgenden nur mehr von der Praterterrasse als dem tiefsten Niveau gesprochen wird.

Das inneralpine Wiener Becken ist großteils von Bruchstrukturen begrenzt. Aufgrund der Explorationstätigkeit der Erdölindustrie sind eine Reihe von Bruchstufen bekannt geworden, welche man an der Erdoberfläche nicht immer deutlich erkennt. Als Hinweis auf diese Bruchstrukturen wird auf die Karte der Sarmatoberkante von H. Unterwiesing verwiesen (in "Erdöl in Österreich"), (Abb. 3).

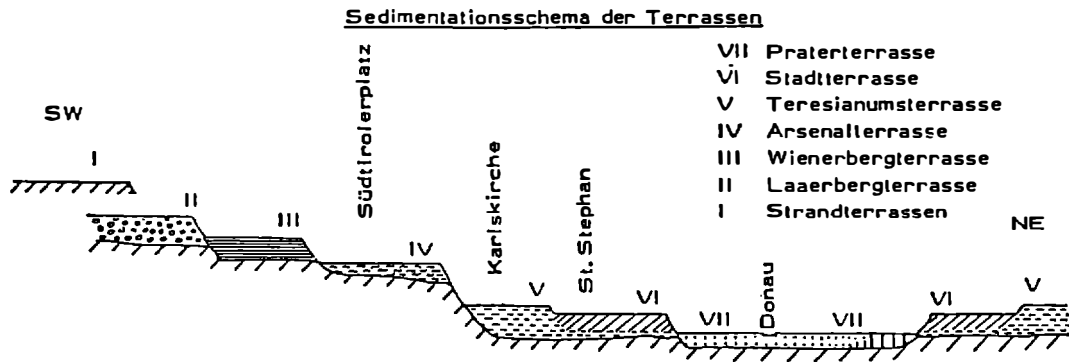


Abb. 2: Sedimentationsschema der quartären Terrassen im Stadtgebiet von Wien



Abb. 3: Tertiäre Beckenfüllung im Zentralbereich des Wiener Beckens und Lage des Kraftwerkes Freudenau am Rande der Schwechater Mulde: Oberhalb der dargestellten Sarmatoberkante liegen pannonische und pontische Tertiärsedimente (Ausschnitt aus einer Karte von H. Unterwiesing, 1979)

Diese geologische Grenzfläche liegt unter dem Hauptbauwerksbereich des Kraftwerkes Freudenu in ca. 1000 m Tiefe. Man erkennt, daß die künftige Baustelle am Rande des "Schwechater Tiefs" gelegen ist. Ein intensives Bohrprogramm wurde vorgenommen um festzustellen, ob größere Verstellungen durch Bruchstrukturen im Bereich der künftigen Baustelle vorhanden sind. Dies konnte nicht nachgewiesen werden.

Das Wiener Becken stellt in seiner Gesamtausdehnung ein rhombisches Becken dar ("pull apart basin"), welches an einer südwest-nordost verlaufenden Störung gebildet wurde. Die Erdbebenherde sind an eine Tiefenstörung gebunden, welche parallel zur Beckenachse am Südostrand vom Semmeringgebiet bis in die Kleinen Karpaten verläuft. Unmittelbar unter dem Stadtgebiet sind keine Erdbebenherde bekannt, aber es muß die geringe Entfernung zu der schwach aktiven Bebenzone im südlichen Wiener Becken berücksichtigt werden. Nach der Stellungnahme der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik in Wien müssen sämtliche Bauwerke des Donaukraftwerkes Freudenu für eine Intensität von 6,5 Grad MSK bemessen werden. Dies gilt auch für Dammbauten im Stauraum. Diese Bodenerschütterung wurde bei allen Bauteilen des Kraftwerkes und der Begleitdämme voll berücksichtigt.

2. Geologische Untersuchungen für die Stufe Freudenu

Bereits in den Jahren 1959/60 wurden 38 Aufschlußbohrungen bei Stromkilometer 1920,8 in unmittelbarer Verlängerung der Hafnbrücke vorgenommen. Der Kieskörper ist 12 bis 25 m mächtig (sandige Kiese mit Grobsteinlagen), darunter ist eine 7 bis 15 m mächtige Sandschicht vorhanden. Der eigentliche schluffig-tonige "Wiener Tegel" ist von Feinsanden durchzogen, wurde aber nicht von allen Bohrungen erreicht.

Die Österreichischen Donaukraftwerke haben in den Jahren 1985/86 zwischen Stromkilometer 1920,0 und 1922,0 weitere Strom- und Landbohrungen vorgenommen, welche innerhalb des Untersuchungsgebietes u. a. folgende Frage klären sollten: Welche Verhärtungszonen können sowohl im Kiesbereich als auch in den Sanden

vorkommen? Zusätzlich wurden Bodenproben für bodenmechanische Untersuchungen entnommen und In-situ-Bestimmungen der Durchlässigkeit vorgenommen.

Die genaue Lage der Werksachse des Kraftwerkes Freudenau wurde erst nach Abbohren des Bohrfeldes und unter Berücksichtigung weiterer zwingend vorgegebener Randbedingungen mit Stromkilometer 1921,05 festgelegt. Aufgrund des Ergebnisses des Wettbewerbes "Chancen für den Donauraum Wien" erfolgte außerdem eine Verschiebung der Schleusenanlage in das rechte Ufer

Weiters wurden am rechten und linken Ufer der Donau im gesamten Stauraum zwischen Klosterneuburg bzw. Langenzersdorf und der Donaukanalmündung Bohrungen bis in die Tertiärschichten vorgenommen, welche neben den bereits bestehenden Bohraufschlüssen Angaben über die Tiefe des maßgeblichen Grundwasserstauers liefern.

Für die Herstellung von Grundwasserpegel wurden im 2., 20. und im angrenzenden 19. Bezirk zahlreiche Aufschlußbohrungen bis in den Grundwasserstauer abgeteuft, welche als Grundwassermeßstellen ausgebaut und mit Grundwasserschreibern ausgestattet wurden. Mit diesen werden zusätzlich zu den bestehenden Meßstationen in Sonden und Brunnen die Wasserstände vor Kraftwerkserrichtung, während des Baues und nach dem Aufstau aufgezeichnet. Diese Daten sind Ausgangswerte für das mathematische Grundwassermodell im 2. und 20. Bezirk zum Zwecke der optimalen Bewirtschaftung des Grundwasser-Regimes.

1991 wurden vor Baubeginn zusätzlich Land- und Strombohrungen mit Tiefen bis 70 m in das Tertiär abgeteuft, um über die Lage der Dichtwände weitere detaillierte geologische Aufschlüsse zu erhalten. Pressiometerversuche und Vorauspegel wurden gesetzt. (Zur Messung der Entlastung beim Aushub bzw. der späteren Setzung des Bauwerkes).

3. Das Hauptbauwerk

3.1 Die Kiesüberlagerung und Anschüttungen

Aus den Untersuchungen durch die zahlreichen Bohrungen geht hervor, daß die Kiese 12 bis 25 m mächtig sind und vereinzelt Konglomeratlagen eingeschaltet haben. Die Mächtigkeitszunahme der Kiese in Richtung Süden wurde dokumentiert. Die Überlagerung enthält an beiden Ufern auch künstliche Anschüttungen. In den Kiesen sind unterschiedliche Sandgehalte vorhanden, manchmal auch Steinlagen sowie Einlagerungen, wie dies im Ablagerungsbereich eines mäandrierenden Flußes zu erwarten ist. Die Durchlässigkeiten der Kiese liegen bei ca. 10^{-3} m/s.

Die im Jahre 1870 beginnende Donauregulierung hat das alte Strombett völlig verändert. In den obersten Metern findet man nicht nur Ausande und Lehme, sondern meist liegt über dieser Schicht Anschüttungsmaterial, in Einzelfällen Kontaminationen, die ordnungsgemäß entsorgt werden müssen. Die Anschüttungen am rechten Donauufer enthalten Fundamentreste, alte Uferbefestigungen u. ä. Im Bereich der Schleuse wurden Kohlenwasserstoff- Kontaminationen festgestellt, welche im Zuge des Baugeschehens ordnungsgemäß entsorgt werden. Am linken Ufer ist die künstliche Anschüttung der Donauinsel meist aus Kiesen aufgebaut.

3.2 Die tertiäre Beckenfüllung

3.2.1. Die tertiären Sande

Im Hauptbauwerksbereich befindet sich unter den Kiesen ein mächtiger Sandhorizont. Es konnten verschiedene Sandtypen unterschieden werden. Schichtung, Kieseinlagen und einzelne Sandsteinverhärtungen wurden beobachtet.

Die Sande sind im Hauptbauwerksbereich grundwasserführend, da zwischen dem Kies- und Sandbereich keine Sperrschicht vorhanden ist. Sie sind als Grundwasserleiter zu bezeichnen. Die Durchlässigkeit von

Kernproben wurde im bodenmechanischen Labor der TU Wien untersucht. Um zu überprüfen, inwieweit die im Labor festgestellten Werte auf den Naturzustand übertragen werden können, wurden auch In-situ-Versuche mit der Flügelradsonde vorgenommen. Im untersuchten Bereich ergab sich ein Durchlässigkeitsbeiwert von ca. 10^{-4} m/s. Das Verhältnis der Durchlässigkeit im Kies und im Sand wurden in der Bohrung Nr. 22 mit 1 : 27 festgestellt; d. h. die Sandschicht hat eine 27 mal kleinere Durchlässigkeit als die darüber liegenden Kiese. Daraus folgt, daß die Sandoberfläche innerhalb des Grundwasserkörpers einen relativen Stauer bildet.

Die bodenmechanischen Laboruntersuchungen ergaben eine geringe Druckfestigkeit von 13,5 bzw. 20,7 N/cm², hingegen einen Reibungswinkel von 35,5 Grad ohne nennenswerten Reibungsabfall beim Wiener Routine-Scherversuch. Ähnliche Werte ergaben sich auch aufgrund der Triaxialversuche. Der Kohäsionswert 3,3 N/cm² wird vorwiegend durch eine scheinbare Kohäsion, die vom Wassergehalt der Sande abhängt, hervorgerufen. Die Sande neigen zum hydraulischen Grundbruch.

Im Zuge der Bohrkampagne 1991 konnte nun festgestellt werden, daß Schluffschichten im unteren Sandbereich eine größere Ausdehnung und Mächtigkeit erreichen als ursprünglich angenommen wurde und als eine Linse ausgeschieden werden können. Die größte Ausdehnung konnte am rechten Donauufer erfaßt werden. Die Dicke dieser Linsen erreicht im Bereich der Kraftwerksachse bis zu 3,2 m. Auch am linken Donauufer konnte im Bereich der Kraftwerksachse eine bis zu 1,6 m dicke Schluff-/Tonlinse aus den Ergebnissen der Aufschlußbohrungen ermittelt werden.

3.2.2 "Tegel" (schluffig - tonige Ablagerungen)

Bei der Aufnahme des Tegels erwies sich folgende Teilung als sinnvoll:

Schluffe, meist feinsandig, gering tonig

Schluffe bis Tone, kaum feinsandig

In einigen tieferen Bohrungen in etwa 17 - 20 m

unter der Tegeloberkante wurden wieder völlig lockere

Fein - Grobsande angetroffen.

Diese Abfolge von feinsandigen Schluffen und schluffigen Tonen tritt in allen Bohrungen auf und wechselt häufig und kleinräumig.

Die Durchlässigkeiten der bindigen Tertiärschichten liegen zwischen 10^{-8} und 10^{-11} m/s. Die mittlere Druckfestigkeit beträgt $33,2 \text{ N/cm}^2$ (vertikal) bzw. $35,0 \text{ N/cm}^2$. Beim Wiener Routine-Scherversuch wurde ein Reibungsabfall von $28,5$ Grad (erstmaliges Abscheren) auf $18,0$ Grad im Mittel festgestellt. Einen ähnlichen mittleren Reibungswinkel von $28,0$ Grad ergaben die Triaxialversuche. Die Kohäsion ist im Mittel mit $6,7/\text{cm}^2$ naturgemäß höher als bei den Sanden.

Selten sind die obersten Anteile des Tegels gelbbraun oxidiert. Im allgemeinen zeigen die Schluffe vorerst graublau Farbe, die etwa $5 - 10$ m unter der Tegeloberkante wieder in oxidierte, gelbbraune Verfärbung übergeht.

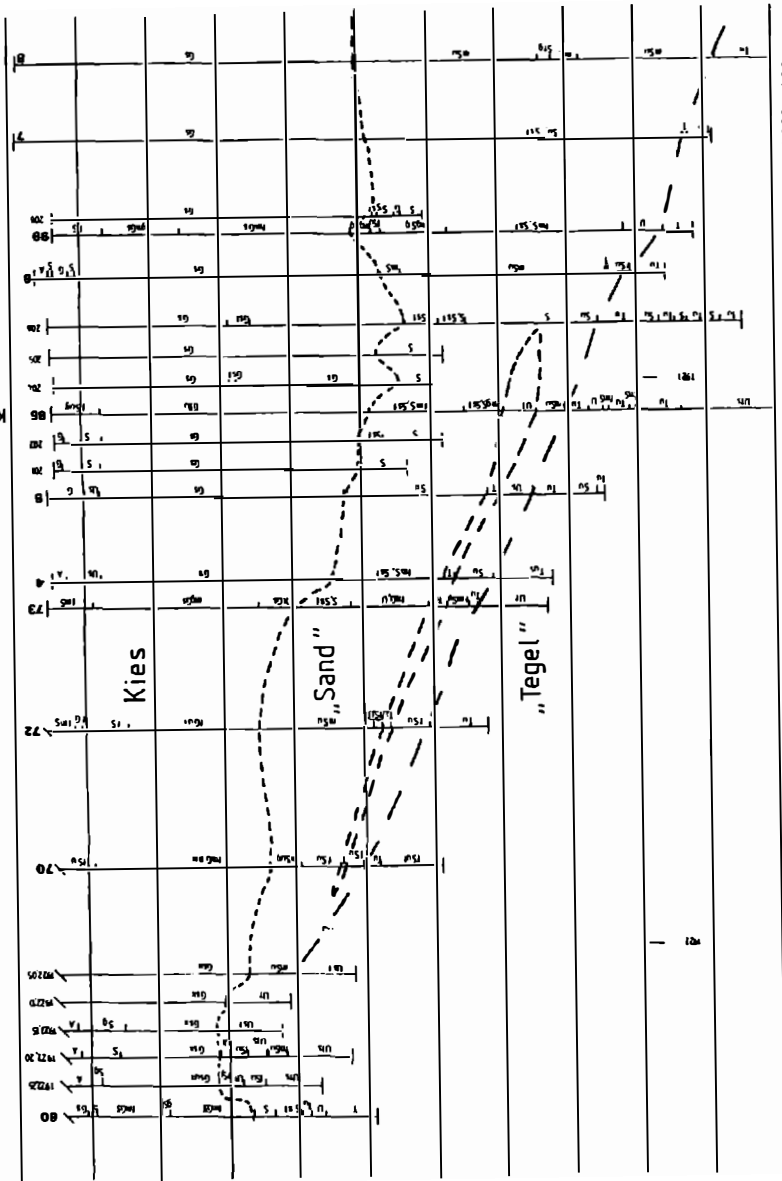
Im Bereich des Hauptbauwerkes konnten bis zu fünf schwarze, zum Teil kohlige und pyritthältige Horizonte mit jeweils etwa $10 - 20$ cm Dicke festgestellt werden. Vor allem der oberste dieser fünf Horizonte konnte in fast allen Bohrungen beobachtet werden und wurde in den Profilschnitten daher als Leithorizont verwendet.

Vor allem erlaubt es dieser Leithorizont auch, mögliche bruchtektonische Verwerfungen in den Profilschnitten eindeutig zu erkennen. Es konnten aber keine Versetzungen festgestellt werden.

Wie schon oben erwähnt, treten in den tieferen Abschnitten des Tegels wieder Fein - Grobsande größerer Mächtigkeit auf. Diese Sande konnten vor allem in den Bohrungen im Bereich der Kraftwerksachse erbohrt werden, sie liegen hier zwischen $12 - 18$ m, meist 17 m unter der Tegeloberkante. Diese graubraunen Sande sind schluffarm bis schluffreich und stark auftreibend, was auf eine Wasserführung dieses Abschnittes hinweist.

In Abb. 4 ist an einem geologischen Schnitt am rechten Ufer das Absinken von Kies-, Sand- und "Tegel"-Schichten am Rande der Schwechater Mulde zu erkennen.

Kw-Achse



Maßstab 1 : 10000 / 400

Abb. 4: Abfall der Tertiärsedimente zu Schwechater Mulde; Geologischer Schnitt am rechten Donauufer: 1 : 10 überhöht

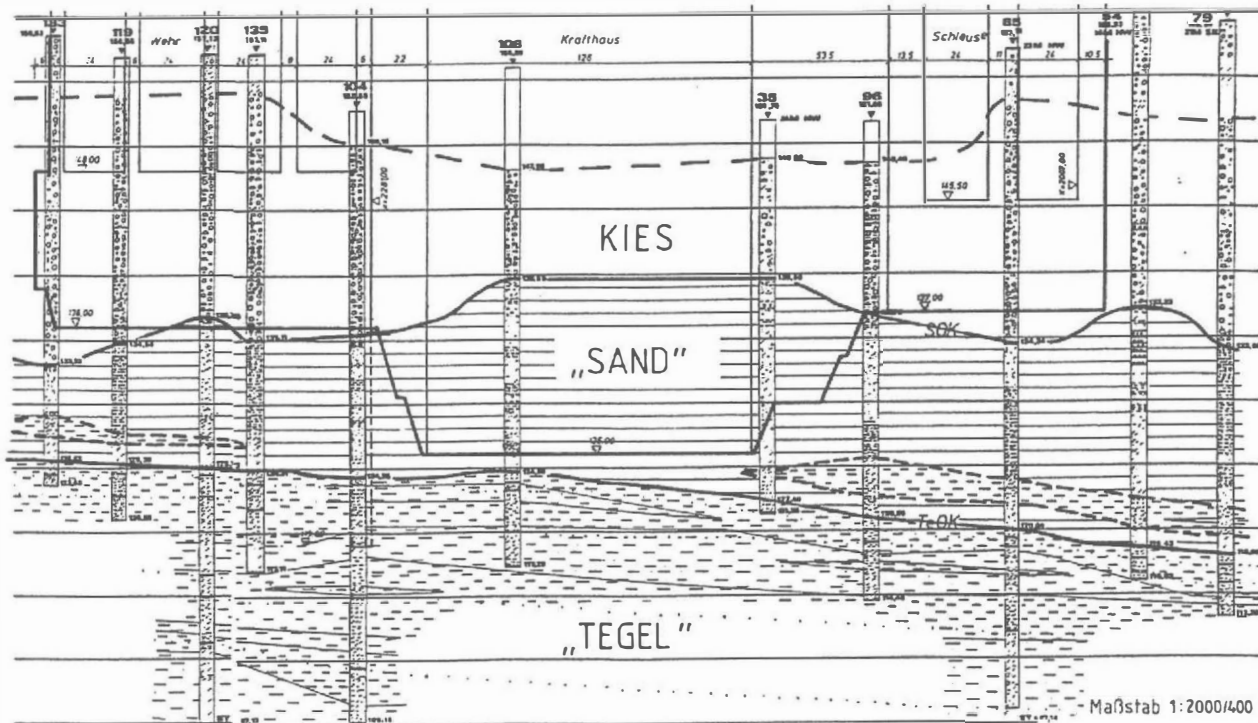


Abb. 5: Geologischer Schnitt in der Werksachse mit den Tiefen der Gründung des Hauptbauwerkes des Donaukraftwerkes Freudenau, 1 : 5 überhöht

In Abb. 5 ist der geologische Schnitt in der Werksachse dargestellt, in welchem auch die Gründungssohlen der einzelnen Baukörper eingetragen sind. Es wird mit dem Bau der landseitigen Schleuse begonnen, sodann folgt die Herstellung des Wehrs. Sämtliche Baugruben werden mit Schlitzwänden bis in den "Tegel" umschlossen.

In der 2. Bauphase werden das Krafthaus, die Kraftwerksinsel mit dem Füll- und Entleerungssystem für die Schleusenanlage und die nördliche Schleuse in einer Baugrube im Strom hergestellt.

4. Stauraum

Die geologische Gliederung ist analog jener im Hauptbauwerk. Es ist nur eine geringere quartäre Überlagerung über dem maßgeblichen Grundwasserstauer von ca. 13 m vorhanden: Die größte Tiefe wurde beim Bahnhof Brigittenau mit 21 m erbohrt. Der relative Grundwasserstauer wird von tertiären Schluffen und Sanden gebildet. Oberhalb von Stromkilometer 1935 hat die Kiesüberlagerung geringere Mächtigkeit. Der Stauer wird von Gesteinen der Flyschzone gebildet.

Im Unterwasser ist der geologische Aufbau vor allem wegen der andauernden Eintiefung des Stromes von Bedeutung. Durch wasserbauliche Maßnahmen ist die Stromsohle 11 km unterhalb des Kraftwerkes Freudenau von den Donaukraftwerken zu sichern, um eine Eintiefung hintanzuhalten.

5. Dank

Für die Genehmigung der Veröffentlichung sei dem Vorstand der Österreichischen Donaukraftwerke AG aufrichtig gedankt.

Dank soll auch den geologischen Mitarbeitern an den Untersuchungen ausgesprochen werden, insbesondere Herrn Dr. H. Sperl und Mag. G. Frik, sowie Herrn Dr. Decker und Herrn Dr. Ullrich (BVFA-Arsenal).

Von Seiten der Geologie wurden die notwendigen Grundlagen für die "Kraftwerksbaustelle im Strom" so erhoben, daß einer reibungslosen Bauabwicklung aus geologischer Sicht nichts im Wege steht.

Autor: Dr. G. Gangl
DONAUKRAFT Wasserbauengineering
und Consulting GmbH (DKE)
Parkring 12
1010 Wien