

DIE GEOLOGISCHEN VORERKUNDUNGEN UND DIE GRUNDWASSERVERHÄLTNISSE BEIM DONAUKRAFTWERK FREUDENAU

Teil II: GRUNDWASSERVERHÄLTNISSE BEIM DONAUKRAFTWERK FREUDENAU

Dipl. Ing. J. Dreher

1. Einleitung

Die Donau hat im Laufe der Zeit mehrere Veränderungen erfahren, die alle das Ziel hatten, sie zu bändigen und zu einem hochwassersicheren und schiffbaren Fluß umzuwandeln.

In der zweiten Hälfte des vorigen Jahrhunderts hat man mit der Regulierung der Donau begonnen (Abb. 1). Gerade im Bereich der Stadt Wien wurde sie am stärksten verändert, in dem man sie mehr oder weniger begradigt hat. Durch das dadurch entstandene größere Gefälle ist die Stabilität der Sohle verlorengegangen. Die Folge ist die bis heute anhaltende und durch andere Regulierungen in den Zubringern verstärkte Sohlerosion in den nicht ausgebauten Strecken. Aufgrund der ständigen Eintiefung der Donausohle sinkt der Wasserspiegel der angrenzenden Grundwassergebiete ebenfalls im gleichen Maße.

Auf der Seite des Donaukanals wurden Maßnahmen gegen Eistreiben und gegen Hochwasserschäden gesetzt, die erste davon am Anfang des 19. Jahrhunderts, als die untere Strecke des Donaukanals begradigt und bis zur heutigen Mündung in die Donau gezogen wurde. Die Hochwasserspitzen wurden später durch ein Sperrschiff gekappt, welches dann um 1899 durch das jetzige Wehr in Nußdorf ersetzt worden ist. Der Donaukanal wurde zu der Zeit dann auch eingetieft, um die Hochwassergefahren zu minimieren.

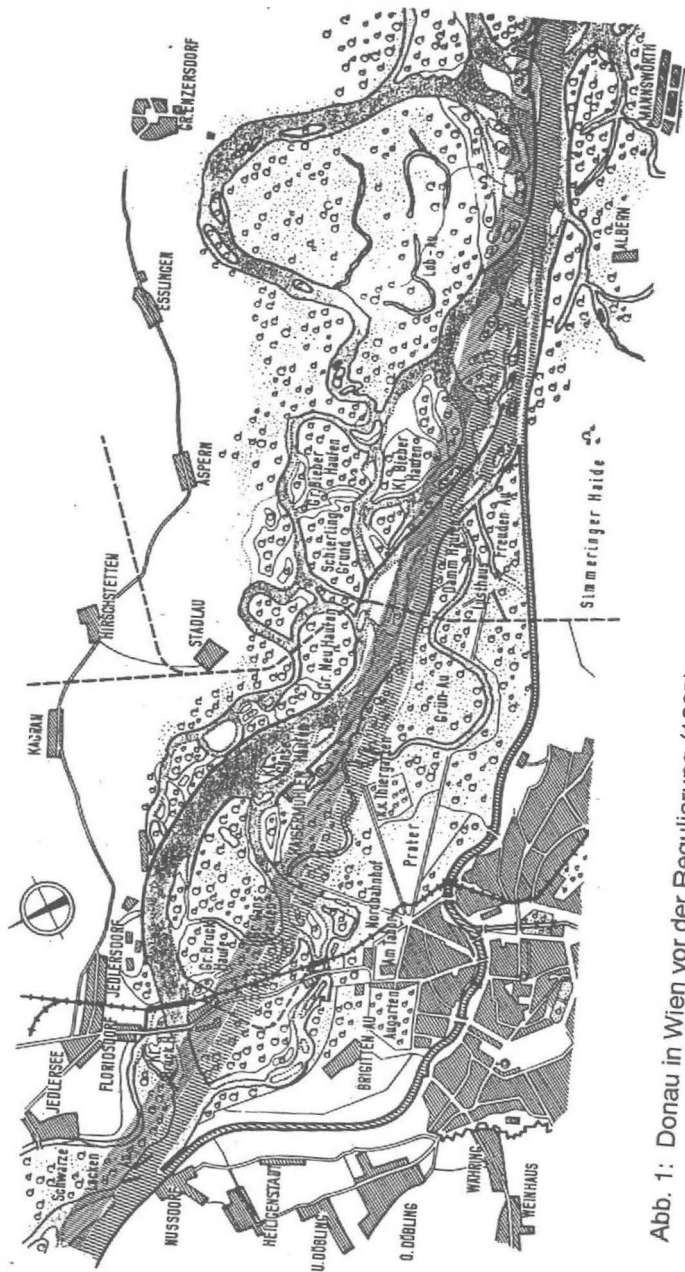


Abb. 1: Donau in Wien vor der Regulierung (1867)

Die Konsequenz daraus war eine entsprechende Eintiefung des Wasserspiegelganges und demzufolge des angrenzenden Grundwasserspiegels. Nicht nur ein fallender Trend, sondern die seit Beginn dieses Jahrhunderts auffallend niedrigeren Hochwasserspitzen sind seither zu bemerken.

2. Derzeitige Situation

Durch den sinkenden Grundwasserspiegel sind die Feuchtgebiete im Prater in Mitleidenschaft gezogen worden. Einige Gebäude im verbauten Gebiet, die auf Holzpfehlen gebaut wurden, sind ebenfalls - bedingt durch den sinkenden Grundwasserspiegel - gefährdet. Im Gegensatz zu den erforderlichen höheren Grundwasserspiegeln im Prater steht der Hochwasserschutz der Stadt Wien. Hier sind extreme Hochwässer wegen der sonst entstehenden Kellervermässung und Überflutung höhenmäßig einzuschränken.

3. Das Kraftwerk Freudenau

Durch das geplante Donaukraftwerk Freudenau bei Donau-km 1921.05 wird der Donauwasserspiegel bei Mittelwasser um 8.3 m, das ist etwa 3 m über Gelände, gehoben. In Nußdorf beträgt die Erhöhung 2.8 m bei gleicher mittlerer Wasserführung der Donau (Abb. 2). Durch den Aufstau wird auch das mit der Donau kommunizierende Grundwasser beeinflusst. Es war daher zu untersuchen, welche Maßnahmen zu setzen sind, um Nachteile zu verhindern und wie das Grundwasser zu steuern bzw. zu bewirtschaften ist, um zumindest den derzeitigen Zustand zu erhalten.

4. Das Grundwassermodell

Das hauptsächlich betroffene Gebiet, der 2. und 20. Bezirk Wiens, umschlossen durch die Donau einerseits und den Donaukanal andererseits, mußten im Hinblick auf den Ist-Zustand des Grundwasserregimes untersucht werden. Zu diesem Zweck wurde ein mathematisches Modell zur Simulation von Grundwasserströmungs-

WASSERSPIEGELLÄNGENPROFIL KW FREUDENAU

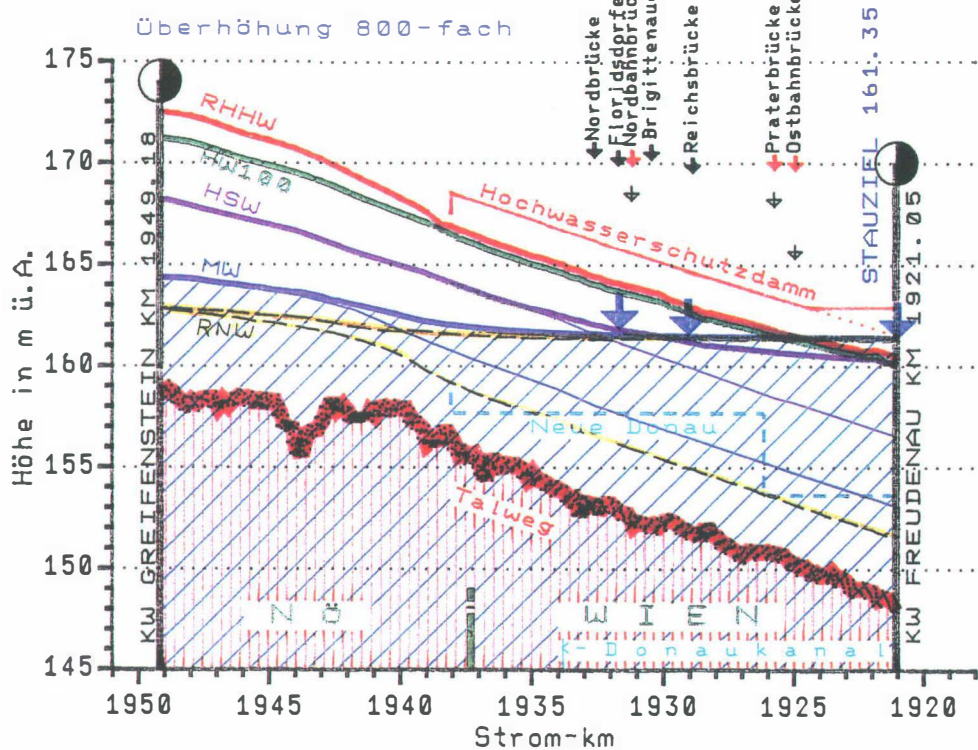


Abb. 2: Wasserspiegellängenprofil im Bereich des Stauraumes des Kraftwerkes Freudenau

verhältnissen erstellt. Die Diskretisierung des Modellgebietes erfolgte in einem quadratischen Rasternetz von 200 m Rasterweite (Abb. 3). Grundsätzlich wurde so vorgegangen, daß zunächst eine genaue Untersuchung und Dokumentation des Ist-Zustandes erfolgte. Alle für die Simulation benötigten Daten wurden erhoben.

Zu diesem Zweck wurden zahlreiche Bohrungen abgeteuft, um den Untergrund zu erkunden und um das hydrologische Beobachtungsnetz zu verdichten. Seit 1986 werden mehr als 70 (heute ca. 90) Grundwassersonden beobachtet.

Zahlreiche Sonden im Bereich der U-Bahnlinie U1, die als Doppelsonden ausgeführt wurden, um beide Grundwasserhorizonte zu erfassen, und die durch die MA45 betreut werden, wurden ebenfalls ausgewertet. Ergänzend zu diesen Bohrungen wurden aus dem Baugrunderkater der MA29 zahlreiche Daten erhoben. Damit konnte die Lage der Tertiäroberkante, die den relativen Grundwasserstauer bildet, festgelegt werden.

Im gesamten Netz der neu errichteten Bohrungen und Sonden wurden Kurzpumpversuche schon während des Bohrfortschrittes durchgeführt, sodaß die Durchlässigkeitsverhältnisse genau erhoben werden konnten. Diese Untersuchungen ergaben unterschiedliche Durchlässigkeitsbeiwerte im gesamten Gebiet. Diese sind offensichtlich auf die starken Flußbettaktivitäten der Urdonau zurückzuführen. Die kf-Werte schwanken zwischen 0.4 mm/s und 43 mm/s, 65 % zwischen 4 und 14 mm/s. Der höchste Wert von 43 mm/s liegt - im Bereich des ehemaligen Donauhauptarmes, der während der Regulierung zugeschüttet wurde.

Aus den Untersuchungen zur U-Bahnlinie U1 geht hervor, daß zumindest an dieser Stelle eine durchgehende tertiäre Tegelschicht von einigen Dezimetern bis mehreren Metern Dicke den relativen Stauer bildet. Unterhalb dieser Tegelschichte befinden sich schluffige Feinsande mit einer geringen Durchlässigkeit.

GRUNDWASSERMODELL
FÜR DEN
2. UND 20. BEZIRK
IN WIEN

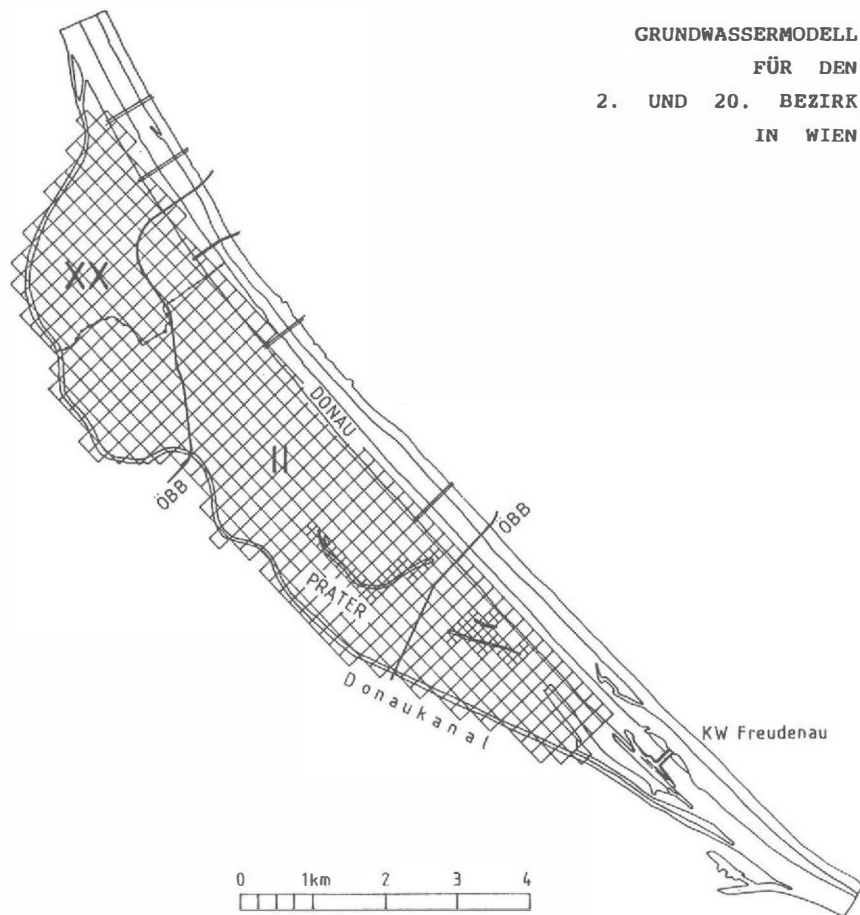


Abb. 3: Modellgebiet und Modellnetz

Hydrologisch gesehen sind die Donau und der Donaukanal als die eindeutigen äußeren Randbedingungen des Grundwassersystems zu betrachten. Ihr Einfluß ist dominant, wie aus dem Gang des Grundwasserstandes und des Wasserstandes der Donau und des Donaukanals ersichtlich ist.

Der Wasserstand im Donaukanal wird hauptsächlich durch den Wehrbetrieb bei Nußdorf festgelegt. Höhere Wasserstände in der Donau können sich wegen des Rückstaus im Donaukanal bis Nußdorf auswirken. Das Wehr wird bei Hochwasser gedrosselt. Das beeinflusst wiederum den Grundwasserstand im 2. und 20. Bezirk.

Der Einfluß des Niederschlages dagegen wird vom Einfluß der beiden Gewässer fast vollkommen unterdrückt und hat daher bei der modellmäßigen Simulation des Grundwasserspiegels eine geringe Bedeutung.

Die tatsächlichen Entnahmen betragen im Sommerdurchschnitt ca. 100 l/s und im Winter knappe 60 l/s im gesamten Gebiet. Die Verdunstung macht sich hauptsächlich während der Vegetationsperiode im Pratergebiet eindeutig bemerkbar, wie bei den Ergebnissen der Modelleichung näher dargestellt wird.

5. Modellkalibrierung

Um auch einige Worte der Modellkalibrierung zu widmen, werden hier die Grundzüge, die zur Schätzung der Modellparameter geführt haben, erläutert.

Die Kalibrierung bzw. die Rückrechnung der maßgebenden Parameter für das Grundwassermodell erfolgte durch ein iteratives Verfahren, bei dem aus gegebenen, (händisch auf das Netz interpolierten Grundwasserständen) gemessenen Spiegellagen durch inverse Berechnung die Durchlässigkeiten und die Speicherkoeffizienten optimiert werden. Es wurden insgesamt sieben Spiegellagen in der Winterperiode vom 28.02.1987 bis 29.03.1987 ausgewählt. Diese Periode enthält sowohl niedrige als auch hohe Wasserstände in der Donau, im

Donaukanal sowie im Gundwasser. Auch die Strömungsrichtung ändert sich in diesem Zeitraum stark.

Die gewählte Eichperiode ist für die Bestimmung der Parameter insofern günstig, da zu diesem Zeitpunkt (Winter) die Wirkung des Niederschlages und der Verdunstung nicht vorhanden ist.

Nachdem die Parameter festgelegt wurden, konnte eine Simulation über die gesamte Periode 1987 bis März 1988 durchgeführt werden. Die größten Abweichungen betragen dabei ca. 20 cm und treten im Bereich des Praters auf. Ursache dafür ist das Nichtberücksichtigen der Verdunstung, die in der bewaldeten Fläche groß ist, aber auch wegen der nicht erfaßten Berechnungsmengen der Kleingartensiedler.

6. Grundwasserbewirtschaftung

Um zu verhindern, daß die durch den Bau des Donaukraftwerkes Freudenau hervorgerufenen hohen Wasserstände in der Donau sich auf das Grundwasser auswirken, sind bauliche und wasserwirtschaftliche Maßnahmen vorgesehen. Aus rechtlichen und verfahrenstechnischen Gründen wird einerseits die Erhaltung des Ist-Zustandes angestrebt, andererseits werden Möglichkeiten für die Verbesserung der Grundwasserverhältnisse geschaffen.

Um zu hohe Grundwasserstände entlang des rechten Donaufers zu vermeiden ist ein Dichtwandssystem entlang des Ufers vorgesehen. Dieses wird auf Wunsch der Stadt Wien und aus Sicherheitsgründen als doppelte Dichtwand ausgeführt.

Ohne irgendwelche Maßnahmen würde durch so eine Dichtwand das Grundwasser stagnieren und nur mehr durch den Donaukanal gehalten werden, der durch das Kraftwerk nicht verändert werden soll. Die Erhaltung des Ist-Zustandes kann in dem Fall nur durch ein Grundwasserbewirtschaftungssystem erfolgen, welches hier in der Folge vorgestellt wird.

Bei der Lösung der Frage einer Grundwasserbewirtschaftung im 2. und 20. Bezirk Wiens ist gleichzeitig eine genaue Definition des Ist-Zustandes notwendig. Abgesehen von dem schon vorher vorgestellten mathematischen Grundwassermodell, das die Grundwasserbedingungen am besten beschreibt, müssen auch Grenzen der Wasserspiegellagen gesetzt werden. Dies ist deshalb notwendig, weil einerseits die Gebäude geschützt werden müssen, andererseits aber ein zu starkes Absinken des Grundwasserspiegels verhindert werden soll.

Eine charakteristisch hohe (Sommer) und eine charakteristisch tiefe (Spätwinter) Grundwasserspiegellage wurde bestimmt. Diese zwei Spiegellagen des Grundwassers beschreiben zwei Zustände, die aus dem Jahreswassergang der Donau stammen (im Sommer hoher Wasserstand und im Spätwinter meist sehr niedriger Wasserstand). Die Differenzen beider Spiegellagen betragen bis zu 2.5 m auf der Seite der Donau und ca. 1 m auf der Seite des Donaukanals.

Die absoluten Grenzen für eine etwaige Grundwasserbewirtschaftung mußten auch festgelegt werden. Diese Grenz- oder kritischen Wasserspiegellagen geben den maximal möglichen Grundwasserstand, der modellmäßig stationär gerechnet wurde, wieder, und der den Grenzzustand für gerade noch unbeeinflusste Kellersohlen darstellt.

Die kritisch tiefere GW-Spiegellage gibt einen Grenzzustand für das Absinken des GW-Spiegels.

Um die Lage der kritischen Spiegellage der Lage der Kellersohlen gegenüberzustellen, wurden sämtliche Kellersohlen der insgesamt mehr als 4000 Bauobjekte im 2. und 20. Bezirk erhoben. Die genaue Lage der Objekte wurde erfaßt und anschließend erfolgte die Darstellung der Kellerhöhen relativ zu den Grundwasserständen.

Die Durchführung der Grundwasserbewirtschaftung erfolgt nun durch ein System bestehend aus insgesamt 18 Brunnenpaaren (eines auf jeder Seite der Dichtwandsysteme) und zusätzlich 4 Entnahmebrunnen für die direkte Bewässerung der Pratergewässer. Ein Entnahmebrunnen liegt in der Nähe des Freudenufer Hafens, um den GW-Spiegel bei Bedarf abzusenken.

Die Funktionsweise der Brunnenpaare ist in Abb. 4 dargestellt. Aus den donauseits der Dichtwand gelegenen Brunnen wird Uferfiltrat entnommen und über eine Heberleiter in den Versickerungsbrunnen geführt. Durch eine geeignete Bewirtschaftung kann der Grundwassergang simuliert werden.

Zum Testen dieser Brunnenanlagen wurde am rechten Donauufer im Bereich stromabwärts der Brigittenauer Brücke eine Pilotanlage installiert, die seit zwei Jahren im Betrieb ist und die kontinuierlich überwacht wird. Verschiedene chemische und physikalische Parameter werden dort ständig gemessen und erfaßt.

Da die Entnahme- und Schluckbrunnen eine begrenzte Wassermenge ent- bzw. aufnehmen können, ist die Bewirtschaftung unter gewissen einschränkenden Mengenbedingungen aufgestellt worden. Die endgültige Simulation der Grundwasserbewirtschaftung erfolgt derart, daß unter Einhaltung einer Mengenbilanz die Brunnen nur bis zu einer max. Menge von angenommenen 100 l/s betrieben werden dürfen. Unter dieser Annahme entstehen bei den donanahen Grundwasserbeobachtungspunkten (Abb. 5, oberer Teil) Abflachungen der höheren Grundwasserwellen. Weiter von der Donau entfernt ist nichts mehr von diesen Abflachungen zu bemerken (Abb. 5, unterer Teil).

Ein Beispiel für die Pumpraten, die zur Bewirtschaftung notwendig sind, ist in Abb. 6 dargestellt.

Es sind die drei möglichen Zustände dargestellt:

- Ist-Zustand ohne Begrenzung
- Ist-Zustand mit 100 l/s Begrenzung
- Betriebsfall mit 100 l/s.

Für die endgültige Bewirtschaftung müssen die örtlichen Gegebenheiten wie Bodenaufbau, Durchlässigkeitsbeiwert und Entfernung zu den Gebäuden berücksichtigt werden.

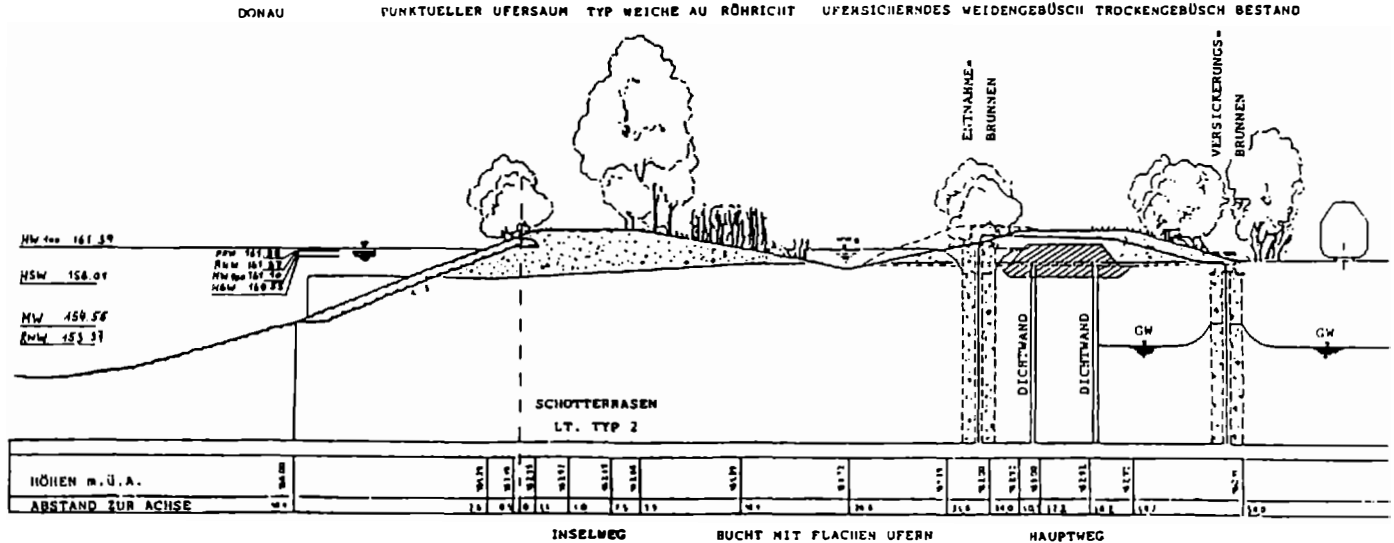


Abb. 4: Dammquerschnitt mit Entnahme- und Versickerungsbrunnen
(aus Hauck, 1990)

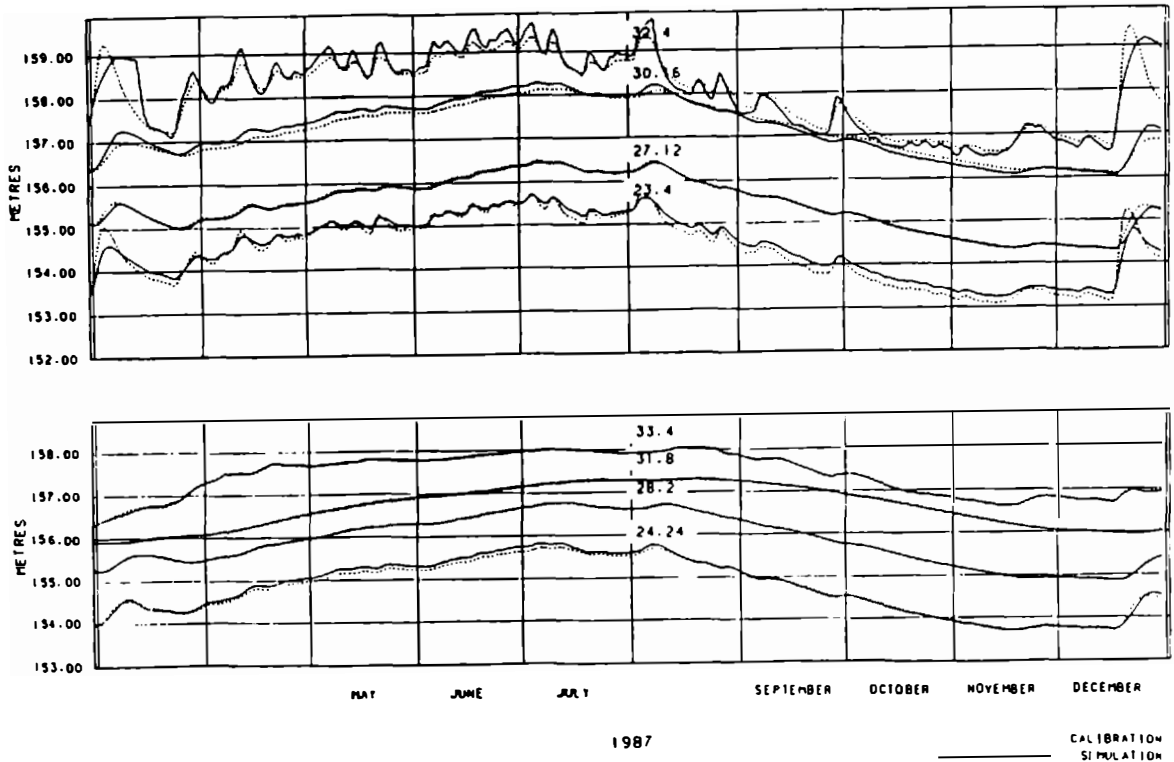


Abb. 5: Ganglinien des Naturzustandes (CALIBRATION) und Ganglinien beim Betrieb der GW-Bewirtschaftung (SIMULATION)

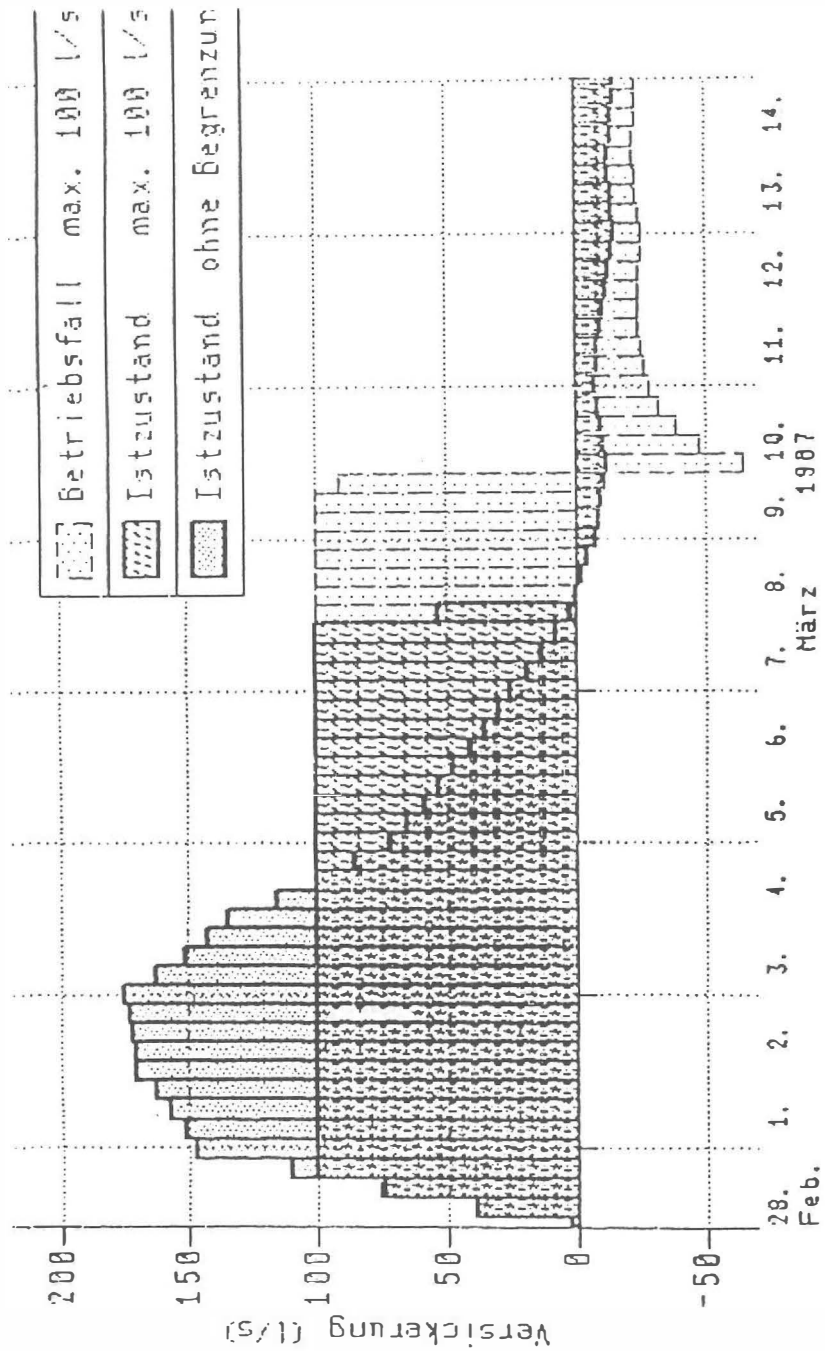


Abb. 6: Dotationsmengen eines Brunnenpaares

7. Vorschlag für den Prater

Mit Hilfe des vorgeschlagenen Grundwasserbewirtschaftungssystems soll der Prater in Zukunft revitalisiert werden. Wie aus einer Studie von Englmaier hervorgeht, wäre eine Erhöhung der Grundwasserstände im Prater von bis zu 60 cm notwendig, um den Waldbestand in einem besseren Zustand zu halten. Die direkte Dotation der Pratergewässer ist dabei vorgesehen.

Literaturverzeichnis:

BACHMAT, Y. & DAX, A. (1979) An iterative method for calibrating a multicell aquifer model. Wat. Resour. Res. 2(2), 305-312.

BRIZ-KISHORE, H., AVADHANULU, R.V.S.S. (1981) Aquifer Simulation Program for Micro-Based Processors. Ground Water Vol. 19, No. 4, July - August 1981

ENGELMAIER, P. (1989) Erhaltung und naturnahe Entwicklungsmöglichkeiten der Auvegetation im Prater. Der Aufbau PERSPEKTIVEN (a documentation of the results of the International Working Team on Danube Research, Vienna), 65-71

HAUCK, H.H. (1990) Spezielle Probleme der Grundwassermodellierung für das Kraftwerk Freudenau. Modellierung von Vorgängen im Grundwasser. Österr. Ges. f. Natur u. Umweltschutz. 1/90, 118-156.

KRESSER, W. (1988) Die Eintiefung der Donau unterhalb von Wien. Der Aufbau PERSPEKTIVEN, Heft 9/10. (Results of the 1st Symposium of the International Working Team On Danube Research, Vienna), 41-43.

SCHIEL, W. (1988) Staustufe Freudenau Wasserwirtschaftliche Perspektiven. Der Aufbau PERSPEKTIVEN, Heft 9/10.

WEBER, G. (1988) Staustufe Wien Freudenau. Grundsätzliche Disposition. Der Aufbau PERSPEKTIVEN, Heft 9/10

**Autor: Dipl.Ing. J. Dreher
DONAUKRAFT Wasserbauengineering
und Consulting GmbH (DKE)
Parkring 12
1010 Wien**