

Ausbildung einer Baugrube bei starkem Grundwasserandrang

Autor(en): **Hauber, L. / Wackernagel, A.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **87 (1969)**

Heft 22: **Pro Aqua 69: internat. Fachmesse Wasser - Luft - Müll, Basel, 29.5. bis 4.6.1969**

PDF erstellt am: **13.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-70699>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Von Dr. L. Hauber und A. Wackernagel, dipl. Ing. ETH, Basel

1. Allgemeine Verhältnisse

Bei der Erstellung unterirdischer Anlagen in offener Baugrube kann vorhandenes Grundwasser einen entscheidenden Einfluss auf den Bauvorgang haben. Als Beispiel soll die in Basel bei starkem Grundwasserandrang ausgeführte Baugrube der Kehrlichtverbrennungsanlage 2 beschrieben werden. Bei dieser Arbeit musste einerseits in der Baugrube der Wasserspiegel abgesenkt werden, andererseits durften zahlreiche, in der Nähe liegende industrielle Grundwasserfassungen nicht durch übermässige Absenkung gefährdet werden. Das Beispiel zeigt auch, dass der Tiefbauer im Laufe der Bauarbeiten stets seine Dispositionen den tatsächlich angetroffenen Verhältnissen anzupassen hat und immer in der Lage sein muss, bei ungünstigeren Bedingungen als angenommen, die geeigneten Massnahmen zu treffen.

Die Baugrube liegt im äusseren St. Johann-Quartier von Basel (Bilder 1 und 2). Die Grundwasserverhältnisse in diesem Gebiet sind in den letzten Jahren gründlich untersucht worden, da es sich um ein Areal handelt, in welchem das Grundwasser stark genutzt wird. Auf diese Verhältnisse musste auch beim Bau der neuen Kehrlichtverbrennungsanlage 2 Rücksicht genommen werden. Die allgemeinen Zustände seien deshalb hier knapp geschildert.

Wie Bild 1 zeigt, ist unter den Schottern des Rheintales eine alte, von diesen Schottern aufgefüllte, in den wasserundurchlässigen Septarienton (= «Blauer Letten») eingetiefte Rheinrinne vorhanden, die sich etwa von der Johanniterbrücke über den Wasenboden in Richtung Flughafen verfolgen lässt. Die Baustelle liegt direkt über dieser Rinne, also im Bereich der grössten Grundwassermächtigkeit. Die Rinne weist eine steile Böschung gegen SW auf, während gegen NW eine wellige Oberfläche des Septarientones anschliesst. Das

Grundwasser fliesst in den Schottern quer zu dieser Rinne in Richtung auf den Rhein zu (Bild 2). Es wird ausser durch versickerndes Niederschlagswasser durch Zuflüsse aus dem Sundgauer Hügelland gespeist. Da aber die Nutzung diese natürliche Speisung häufig übersteigt, fliesst bei zu starker Absenkung auch vom Elsass her Wasser zu. Langjährige Spiegelbeobachtungen zeigen nach Bild 3, dass sich seit dem Zweiten Weltkrieg, mit dem Beginn verstärkter industrieller Wasserentnahme, eine generelle Absenkung des Wasserspiegels einstellte, die nicht allein aus den Niederschlagsmessungen und somit nicht aus veränderter Speisung her gedeutet werden kann. Die Niederschlagsmengen in Basel (St. Margarethen) sind für die Jahre 1939–1966 aus Tabelle 1 ersichtlich.

Es zeigt sich, dass die überdurchschnittlichen Niederschläge einzelner Jahre nicht mehr ausreichen, um die vor 1940 bestandenen Verhältnisse wieder zu schaffen. Als weiteres interessantes Phänomen sei der sich in dieser Zeit veränderte Chemismus des Grundwassers erwähnt, der anhand zweier Analysen belegt werden soll (Analysen des Laboratoriums des Kantonschemikers Basel-Stadt, Tabelle 2); beide Proben wurden dem Brunnen 1100 (= Schlachthof-Brunnen I) entnommen. Diese Zahlen zeigen deutlich den Einfluss der zunehmenden Überbauung im Einzugsgebiet des Grundwasserfeldes.

Der Bau der neuen Kehrlichtverbrennungsanlage reicht rund 5 m tief in das Grundwasser hinein. Die Erstellung des Neubaus war deshalb nicht ohne Eingriff in die lokalen Grundwasserverhältnisse möglich. In Anbetracht der geringen Entfernung von der Baustelle zur nächsten Grundwasserfassung (1100) von nur etwa 140 m, mussten Wege gesucht werden, die einen durchgehenden, ungestörten Betrieb von Brunnen 1100 sicherstellten.

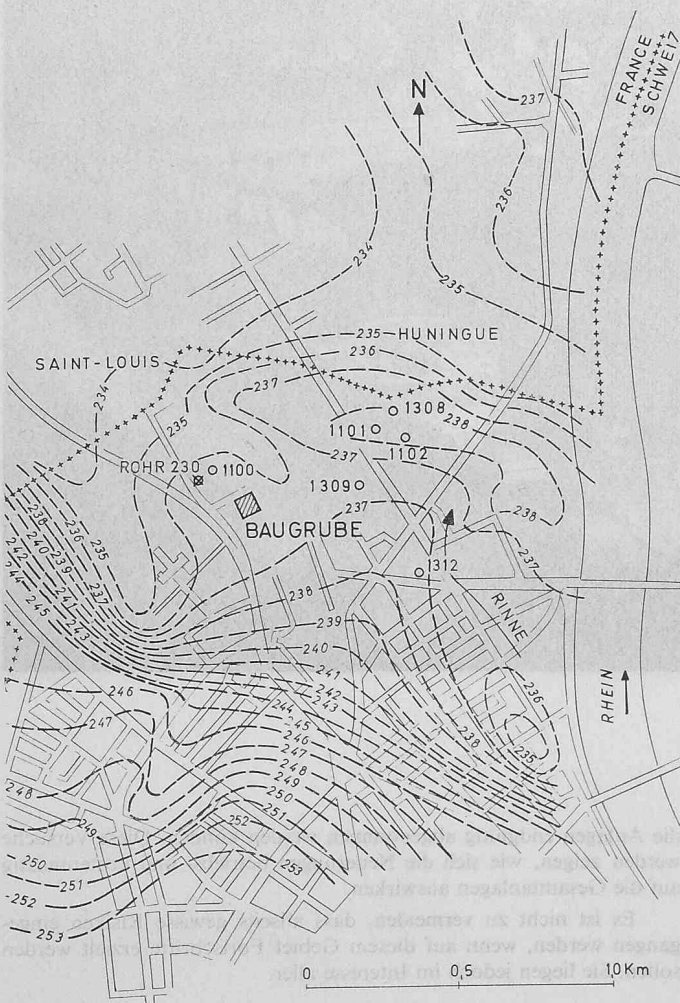


Bild 1. Oberfläche Septarienton, äusseres St. Johann-Quartier, 1:25 000



Bild 2. Grundwasserspiegel, äusseres St. Johann-Quartier, 1:25 000

Im Bereich der neuen Kehrlichtverbrennungsanlage 2 wurden vorgängig des Baubeginnes die Untergrundverhältnisse mittels drei Sondierbohrungen untersucht. Es zeigte sich, dass die Mächtigkeit des durchlässigen Schotters bis zur anstehenden Molasse 25,0 m beträgt. Der Grundwasserspiegel liegt in etwa 13 m Tiefe. Die Mächtigkeit des Grundwassers beträgt also rund 12 m. Die in den letzten Jahren beobachteten Schwankungen betragen 1–2 m. Von den zu erstellenden Gebäudeteilen reicht der Müllbunker bis auf eine Tiefe von 18,0 m unter die Terrainoberfläche, also rund 5,0 m unter den vor Baubeginn beobachteten Grundwasserspiegel. Die Abmessungen betragen rund 16 m × 36 m.

Die architektonischen Arbeiten lagen bei *Suter & Suter*, Architekten, Basel, die Ingenieurarbeiten bei *Gebrüder Gruner*, Basel.

2. Möglichkeiten für die Ausbildung der Baugrube

Die Baugrube wurde mit einer allseitigen Böschung von 1:1 ausgehoben. Die hauptsächlichste Schwierigkeit bot die Fernhaltung des Grundwassers vom tief liegenden Teil der Baugrube. Dies konnte mit verschiedenen Methoden erreicht werden, die gegeneinander abzuwägen waren:

- Absenken des Grundwasserspiegels mittels Pumpen um 5,0 m
- Rammen von Spundwänden bis auf die Molasse
- Erstellung eines wasserdichten Injektionsschirmes bis auf die Molasse

a) Das Absenken des Grundwassers mittels Pumpen ist eine wirtschaftliche Methode und kann mit relativ geringem Zeitaufwand verwirklicht werden. Unmittelbar anschliessend an den Aushub können in verhältnismässig kurzer Zeit Pumpensümpfe in der Baugrube erstellt und es kann mit der Absenkung des Grundwassers begonnen werden. Erfahrungen in Basel zeigen, dass Absenkungen von 3–4 m mittels Pumpen ohne weiteres möglich sind. Allerdings befinden sich, wie erwähnt, in der Nähe der Baugrube verschiedene Wasserfassungen, die durch eine übermässige Absenkung des Grundwassers in der Baugrube gefährdet würden. Es handelt sich um sechs industrielle Wasserfassungen mit einer gesamten Förderleistung von rund 120 l/s. Bei einer Absenkung des Grundwassers in der Baugrube musste damit gerechnet werden, dass während 3–4 Monaten dauernd eine Wassermenge von schätzungsweise 200 l/s gepumpt werden muss. Damit wäre die Möglichkeit einer ungünstigen Beeinflussung der bestehenden Wasserfassungen gegeben. Diese Methode zur Trockenhaltung der Baugrube fiel daher ausser Betracht.

b) Durch Rammen von Spundwänden von der Kote des Grundwasserspiegels auf 12–13 m Tiefe bis zur Oberfläche des blauen Letten kann der Zufluss von Grundwasser in die Baugrube aufgehoben werden. Das Rammen hätte jedoch an einigen Stellen, wo Nagelfuhbildungen im Rheinschotter festgestellt wurden, zu Schwierigkeiten geführt. Da mit Spundwänden sowieso keine vollständige Abdichtung erreicht werden kann, war auch in diesem Falle mit einer Wasserhaltung zu rechnen.

c) Die Erstellung eines Injektionsschirmes zwischen dem Grundwasserspiegel und der Oberfläche der Molasse bildete eine weitere Möglichkeit, den Zufluss von Wasser in die Baugrube zu unterbinden. Die Kiessande der Rheinterrassen lassen sich im allgemeinen sehr gut

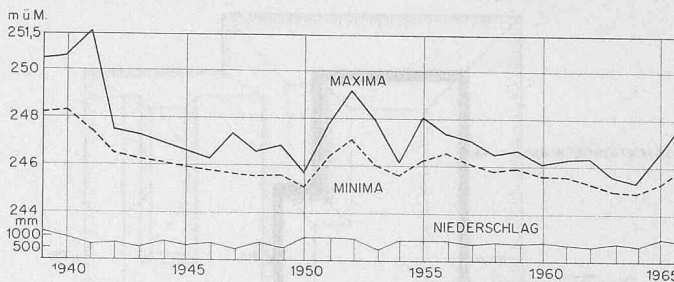


Bild 3. Grundwasserspiegel, jährliche Minima und Maxima

injizieren. Gleichwohl musste noch mit einer grösseren Wasserhaltung im Innern der Baugrube gerechnet werden. Es sei noch auf Bedenken gegen Anwendung von Injektionen in genutzten Grundwasserströmen hingewiesen (siehe Arbeit Dr. H. Jäckli, «SBZ» Heft 15, April 1968). Dabei ist es wichtig, sowohl die Verminderung des Durchflussprofils als auch des Speicherraumes bei Einbauten in Grundwasserströmen zu berücksichtigen. Im vorliegenden Fall sind jedoch diese Einflüsse im Hinblick auf die Grösse des Grundwasserbeckens vernachlässigbar.

3. Die Bauausführung

Für die Bauausführung wurde zum Abschluss der Baugrube im Einvernehmen mit dem kantonalen Gewässerschutzamt die Erstellung eines Injektionsschirmes gewählt. Dieses Verfahren sollte bezüglich Verunreinigung und anderweitiger Beeinflussung des Grundwasserbeckens das geringste Risiko bieten. Über das Ausmass der in der Baugrube noch nötigen Wasserhaltung bestand jedoch Unsicherheit und es wurden Vorkehrungen getroffen für den Fall, dass eine übermässige Absenkung des Grundwassers ausserhalb der Baugrube eintreten sollte. Vom Gewässerschutzamt wurde gefordert, dass durch die Injektionen die in die Baugrube fliessende Wassermenge um eine Zehnerpotenz vermindert würde. Der Injektionsschirm wurde von der *AG für Grundwasserbauten* in Bern ausgeführt (Bilder 4 und 5). Das Injektionsgut war aus Zement und Ton unter Beigabe einer geringen Menge Wasserglas zusammengesetzt. Die Bohrlöcher waren im Abstand von rund 1,30 m angeordnet. Es wurden rund 200 t Trockensubstanz oder im Mittel 100 kg Trockensubstanz je m² Fläche des Injektionsschirms injiziert. Die Kosten betragen rund Fr. 40.— pro m² Injektionsschirm, also weniger als die Kosten einer Spundwand. Vorgängig der Injektionsarbeiten war eine Aufnahme von 200–300 kg Trockensubstanz je m² Fläche des Injektionsschirms erwartet worden.

Anfangs September 1966 wurde mit dem Aushub in der Baugrube unterhalb des Grundwassers begonnen. Gleichzeitig wurden in der Baugrube Pumpensümpfe installiert und mit der Absenkung des Grundwasserspiegels begonnen. Dabei wurde anfänglich das gepumpte Wasser der Kanalisation übergeben. Um das Verhalten des Grundwasserspiegels zu beobachten, wurden ausserhalb der Baugrube Piezometerrohre P1 bis P5 gerammt (Bild 4). Ausserdem wurde das Verhalten des Grundwasserspiegels im 150 m entfernten Brunnen 1100 des benachbarten Schlachthofareals beobachtet. Die gepumpte grösste

Tabelle 1

1939:	1205 mm	1953:	501 mm
1940:	962 mm	1954:	840 mm
1941:	693 mm	1955:	894 mm
1942:	763 mm	1956:	851 mm
1943:	574 mm	1957:	703 mm
1944:	831 mm	1958:	776 mm
1945:	644 mm	1959:	703 mm
1946:	754 mm	1960:	798 mm
1947:	515 mm	1961:	732 mm
1948:	787 mm	1962:	614 mm
1949:	569 mm	1963:	745 mm
1950:	941 mm	1964:	662 mm
1951:	969 mm	1965:	1005 mm
1952:	922 mm	1966:	890 mm

Tabelle 2

		11. 8. 1941	21. 12. 1967
Wassertemperatur	° C	11.1	11.8
pH-Wert, best.		7.1	7.2
Trockenrückstand	mg/l	610	710
Glührückstand	mg/l	510	671
Oxydierbarkeit	mg/l	1.2	3.3
freies Ammoniak	mg/l	0.01	0.03
albuminoides Ammoniak	mg/l	0.04	0.03
Nitrit	mg/l	0	< 0.05
Nitrat	mg/l	37.0	77.0
Chlorid	mg/l	21.5	35.0
Sulfat	mg/l	65.8	143.6
Gesamthärte	fr. H°	44.25	53.0
Alkalität	fr. H°	35.25	34.0
bleibende Härte	fr. H°c	9.0	19.0

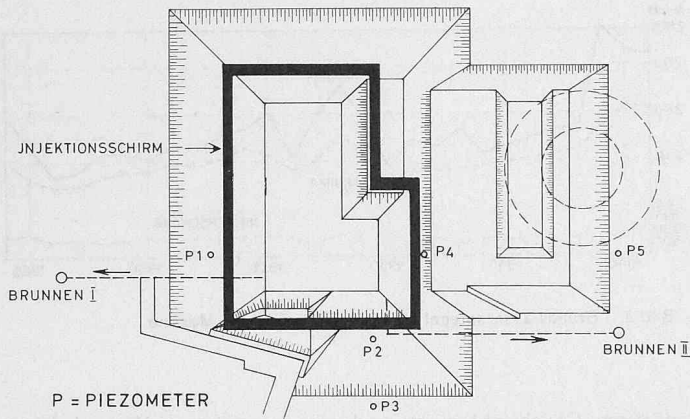


Bild 4. Situation der Baugrube, 1:1500

Wassermenge betrug 30–40 l/s. Die Beobachtungen zeigten, dass sich der Grundwasserspiegel ausserhalb der Baugrube allmählich absenkte. Die Sinkgeschwindigkeit war ziemlich gross. Deshalb musste angenommen werden, dass eine Gefährdung der Grundwasserfassungen vor Ende der Wasserhaltung in der Baugrube eintreten konnte. Keinesfalls durfte der Grundwasserspiegel irgendwo im Gebiet unter die Kote 245,0 m sinken. Die für diesen Fall vorbereiteten Massnahmen mussten daher getroffen werden. Im Abstand von 50 m von der Baugrube wurden durch die Firma *Joseph Cron AG* zwei Filterbrunnen erstellt, die bis auf die Molasse reichten (Bild 4). Durch diese Brunnen, die als negative Brunnen wirken sollten, wurde das aus der Baugrube gepumpte Wasser durch Versickerung wieder dem Grundwasser zugeführt. Ende Oktober 1966 konnte der erste Brunnen dem Betrieb übergeben werden. Die Hälfte des gepumpten Wassers konnte wieder versickert werden. Es zeigte sich, dass durch diese Massnahme ein weiteres Absinken des Grundwasserspiegels aufgehoben war. Mitte November 1966 wurde der zweite Brunnen in Betrieb genommen. Damit konnte die gesamte aus der Baugrube gepumpte Wassermenge versickert werden (Bild 6). Dies hatte zur Folge, dass der Grundwasserspiegel rasch wieder anstieg und sich bis Jahresende 1966 wieder erholt hatte. Die Bauarbeiten konnten programmgemäss und ohne

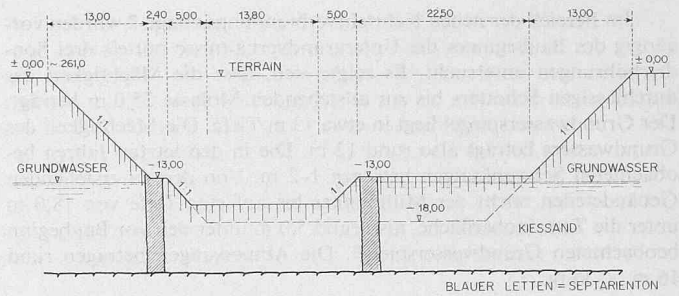


Bild 5. Schnitt durch Baugrube, 1:1000

Unterbruch weitergeführt werden. Auch stand allen umliegenden Wasserfassungen während der ganzen Bauzeit genügend Wasser zur Verfügung.

Im März/April 1967 waren die Eisenbeton- und Isolierungsarbeiten in der Baugrube soweit fortgeschritten, dass die Wasserhaltung eingestellt werden konnte. Nach Ausserbetriebnahme des ersten Sickerbrunnens war ein starkes plötzliches Absinken des Wasserspiegels im Piezometer P5 zu beobachten. Es hatte sich also in unmittelbarer Nähe des Brunnen ein «Grundwasserberg» gebildet. Ein allmähliches Absinken des Wasserspiegels zeigte sich im Brunnen 1100 des Schlachthofareals. Dieses Absinken dürfte jedoch auf die langfristigen jahreszeitlichen Schwankungen zurückzuführen sein. Nach Ausserbetriebsetzung des zweiten Sickerbrunnens, also nach vollständiger Beendigung der Wasserhaltung, stieg der Grundwasserspiegel sowohl im Piezometer P3 als auch im Brunnen 1100 wieder allmählich an. Auch dieses Ansteigen kann jedoch langfristigen Schwankungen zugeschrieben werden.

Mitte Mai erreichte der Grundwasserspiegel wieder eine Höhe, die über dem Durchschnitt mehrjähriger Beobachtungen lag. Die Bauarbeiten konnten während der ganzen Wasserhaltung programmgemäss und ohne Unterbruch weitergeführt werden. Auch stand den in der Nähe liegenden Wasserfassungen stets genügend Wasser zur Verfügung.

Adresse der Verfasser: Dr. L. Hauber, geologisch-paläontologisches Institut der Universität Basel, Bernoullistrasse 32 und A. Wackernagel, dipl. Ing., Ingenieurbüro Gebrüder Gruner, Nauenstrasse 7, Basel.

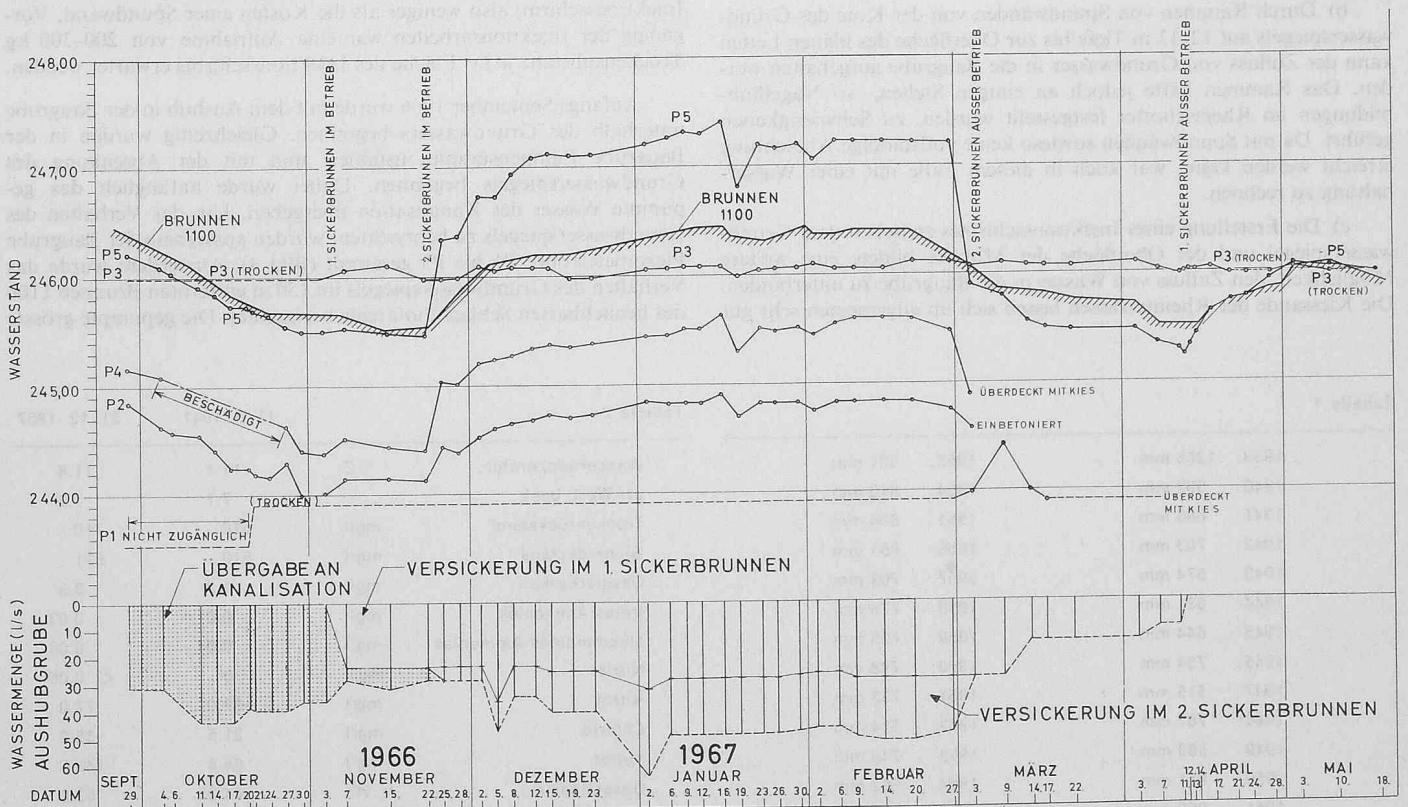


Bild 6. Verlauf des Grundwasserspiegels während der Bauzeit