

Zeitschrift: Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 77 (1985)
Heft: 11-12

Artikel: Grundwassernutzung am Beispiel des Kernkraftwerkes Leibstadt
Autor: Würth, Walter / Meyer, Karl Heinrich
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-940966>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 17.05.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Grundwassernutzung am Beispiel des Kernkraftwerkes Leibstadt

Walter Würth und Karl Heinrich Meyer

1. Einleitung

Für das Kernkraftwerk Leibstadt (KKL) wurde zur Sicherstellung der Wasserversorgung und zur Anspeisung von Notkühlanlagen eine Grundwassernutzung vorgesehen. Der vorliegende Artikel behandelt den Werdegang der Planung bis zur Inbetriebsetzung. Das erste Kapitel enthält die Anforderungen, die an diese Nutzung gestellt werden. Im darauf folgenden Kapitel sind die durchgeführten Untersuchungen und Pumpversuche, in einem weiteren Kapitel Projektierung, Bau und Inbetriebnahme beschrieben.

Beschreibung des Standortes

Das Kernkraftwerk Leibstadt liegt auf dem linken Rheinufer, 5 km flussabwärts der Aaremündung auf Gebiet der Gemeinde Leibstadt. Standortuntersuchungen hatten die Eignung des Geländes bezüglich Bodenbeschaffenheit, Zufahrt, Energietransport und Kühlwasserversorgung bestätigt.

Rheinkraftwerk Albruck-Dogern. Im Hintergrund das Kernkraftwerk Leibstadt.

Das ursprüngliche Terrain wurde für das Kraftwerk um 8 m abgesenkt, im Kühlturbereich sogar um 15 m. Damit konnte man den Wünschen des Landschaftsschutzes entgegenkommen und die Lärmimmissionen für die Nachbarschaft in den vorgeschriebenen Limiten halten.

Beschreibung der Wasserversorgung

Die neu erstellte Wasserversorgungsanlage für das Kernkraftwerk und für die Gemeinde Leibstadt besteht aus dem Grundwasserpumpwerk Birchhag, dem Reservoir Hinterberg, einem Schacht für die Wasserübergabe an die Gemeinde sowie den dazugehörigen Rohrleitungsnetzen. Über die rechtlichen und finanziellen Belange dieses Verbundbetriebes haben die Gemeinde und die Kernkraftwerk Leibstadt AG einen Vertrag abgeschlossen.

Anforderungen an die Wasserversorgung allgemein

Anfänglich war die Wasserversorgung nur für die Deckung der Bedürfnisse des Kernkraftwerkes gedacht. Zeitlich gesehen musste zuerst Trinkwasser für das Baustellenpersonal, dann Brauch- und Löschwasser für die Baustelle zur Verfügung gestellt werden.

Für den definitiven Betriebszustand des Kraftwerkes ist neben dem Trink- und Brauchwasser für Betriebszwecke das



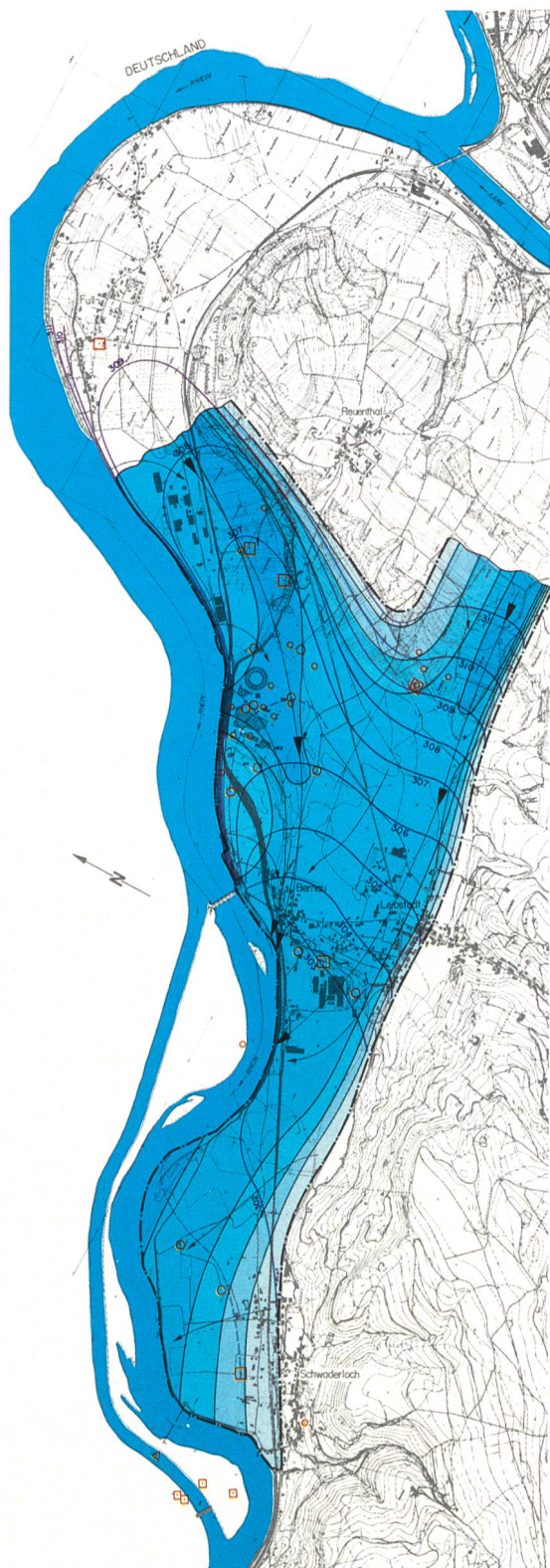


Bild 1. Grundwasserkarte 1:40000 der Region Leibstadt (aus [3], mit bestem Dank an die Zeitschrift «Gas, Wasser, Abwasser» für die Überlassung der Druckunterlagen aus Heft 12/1981, Seite 414).

305

Isohypsen



Grundwasserströmungen



Messstellen

Grundwassermächtigkeiten



0 – 4 m



4 – 8 m



8 – 12 m



12 – 16 m



> 16 m

Feuerlöschwasser und im Sommer das Bewässerungswasser für den Rasen bereitzustellen.

Bei der Einholung der Bewilligung für den Bau der Wasserversorgungsanlagen, für die die Gemeinde zuständig ist, meldete diese auch den Bedarf für ihre eigene Trinkwasserversorgung an.

Anforderungen seitens des Kernkraftwerkes

Löschwasser: Gemäss Internationalen Richtlinien für den Brandschutz in Kernkraftwerken, Ausgabe 1974, müssen für das Kernkraftwerk Leibstadt insgesamt 10400 l/min (173 l/s) zu Löschzwecken bereitgestellt werden, davon 7200 l/min (120 l/s) für die Sprinkler- und Sprühflutanlagen sowie 3200 l/min (53 l/s) für Schlauchanschlüsse. Der Fliessdruck am höchstliegenden Hydranten muss mindestens 3 bar betragen.

Trink- und Brauchwasser: Beim Bezug der maximalen Löschwassermenge (10400 l/min) ist gleichzeitig noch mit einem Verbrauch von 2400 l/min (40 l/s) Trink- und Brauchwasser zu rechnen. Die Höchstwassermenge wird somit im Brandfall benötigt: 12800 l/min (213 l/s).

Während der Bauzeit war für die Verbrauchsspitze ebenfalls der Brandfall massgebend. Die Bedürfnisse der Baustelle für Bauunternehmungen und Montagefirmen lagen nicht höher als die Anforderungen für Trink- und Brauchwasser beim Betrieb des Kraftwerkes.

Anforderungen seitens der Gemeinde

Die Wasserversorgung der Gemeinde Leibstadt genüge den heutigen Anforderungen nicht mehr. Insbesondere bestand keine Schutzzone für den gemeindeeigenen Brunnen. Ferner war die Löschwasserreserve der Gemeinde zu klein. In dem zwischen KKL und Gemeinde abgeschlossenen Vertrag ist festgehalten, dass von der effektiven Förderleistung des Grundwasserpumpwerkes Birchhag von 3200 l/min (53 l/s) der Gemeinde Leibstadt 1100 l/min (18 l/s) und dem KKL 2100 l/min (35 l/s) zur Verfügung stehen. Die Gemeinde hat aber die Möglichkeit, bis zu 2200 l/min Wasser zu beziehen, um ihren Spitzenbedarf in Trockenperioden zu decken, sofern der Wasserverbrauch im KKL dies zulässt. Im Hochreservoir Hinterberg ist für die Bedürfnisse der Gemeinde Leibstadt ein Wasservolumen von 500 m³ einkalkuliert.

Anforderungen an das Grundwasserpumpwerk Birchhag

Gemäss Internationalen Richtlinien für den Brandschutz in Kernkraftwerken, Ausgabe 1974, Kapitel 12.3., muss eine der beiden Reservoirkammern mit einer Löschwasserreserve von je 1200 m³ nach einem Brandfall innerhalb 8 Stunden nachgefüllt werden können. Dies entspricht einer Wassermenge von 3200 l/min (53 l/s). Das Grundwasserpumpwerk wurde auf diese Fördermenge ausgelegt. Die Löschwasserversorgung des Kraftwerkes muss ohne Unterbrechung zur Verfügung stehen. Die elektrische Anspeisung der Grundwasserpumpen muss daher von zwei unabhängigen Stromquellen gewährleistet sein. Bei Ausfall der normalen Stromversorgung wird automatisch auf Notstromversorgung umgestellt.

Anforderungen an das Hochreservoir

Gemäss Internationalen Richtlinien für den Brandschutz in Kernkraftwerken, Ausgabe 1974, ist die **Löschwasserreserve** für ein Kernkraftwerk von 950 MW Leistung auf zwei getrennte Kammern zu je 1200 m³ aufzuteilen.

Aufgrund der detaillierten Ermittlungen sind für die **Trink- und Brauchwasserversorgung** vorzusehen:

für das KKL	2 × 700 m ³
und für die Gemeinde Leibstadt	2 × 250 m ³

Damit ergibt sich ein *Gesamtvolumen* für das Reservoir von:

2 × 1200 m ³ für die Löschwasserreserve	= 2400 m ³
2 × 700 m ³ für die Trink- und Brauchwasserversorgung des KKL	= 1400 m ³
2 × 250 m ³ für die Trinkwasserversorgung der Gemeinde Leibstadt	= 500 m ³
Total in 2 Kammern 2 × 2150 m ³	= 4300 m ³

Wasserleitungen

Die *Transportleitungen* zwischen dem Grundwasserpumpwerk Birchhag, dem Hochreservoir Hinterberg und dem Kraftwerkareal bestehen aus:

- einer Zuleitung vom Grundwasserpumpwerk zum Areal des KKL
- einer Ringleitung um den Kraftwerkblock
- einer Hauptzuleitung zwischen Hochreservoir und Areal des KKL mit Übergabestelle an das Netz der Gemeinde Leibstadt
- einer Verbindungsleitung zwischen den beiden Zuleitungen zum Areal des KKL.

Damit ist eine Versorgung des KKL von zwei Seiten her gewährleistet: vom Grundwasserbrunnen und vom Hochreservoir her. Beim «Krummacker» ist in der Hauptzuleitung zwischen Hochreservoir und Areal des KKL der Anschluss des Versorgungsnetzes der Gemeinde Leibstadt erstellt worden. Die Löschwasserreserve der Gemeinde kann im Notfall auch dem Kernkraftwerk zur Verfügung gestellt werden. Umgekehrt steht die Löschwasserreserve im Reservoir Hinterberg notfalls auch der Gemeinde zur Verfügung. Im Werkareal sind eine *Ringleitung* und *Stich- und Hydrantenleitungen* für die Versorgung der einzelnen Verbrauchsstellen verlegt.

Beschreibung der Notkühlwasseranlagen

Im Rahmen des Sicherheitskonzeptes für das Kernkraftwerk Leibstadt sind drei Notkühltürme und eine Notstandsanlage vorhanden. Die Versorgung dieser Notkühltürme wird durch 3 Grundwasserbrunnen sichergestellt. Für die Notstandsanlage wird das Kühlwasser von 2 Grundwasserbrunnen bezogen.

Die drei voneinander unabhängigen Notkühltürme können wechselweise oder gleichzeitig in Betrieb stehen. Im ungünstigsten Fall kommen dabei die zugehörigen Grundwasserbrunnen wie folgt in Betrieb:

Notkühlturm, Brunnen	Betriebsdauer	maximale Entnahmemenge	nach 10 Tagen
A	100 Tage	2000 l/min	1000 l/min
B	100 Tage	2000 l/min	1000 l/min
C	100 Tage	250 l/min	–

Der Grundwasserbrunnen für den Notkühlturm A dient im weitem dazu, während Revisionsarbeiten an der normalen Kühlwasserversorgung die Kälteanlage im Betriebsgebäude mit Ersatzkühlwasser zu versorgen. Es wird damit gerechnet, dass dieser Betriebsfall ca. alle 3 bis 5 Jahre während etwa 1 Woche eintritt. Während dieser Zeit wird der Notkühlturm A mit einer Entnahmemenge von 3333 l/min betrieben. Für die Dieselaggregate der Notkühltürme müssen monatlich Prüfungen durchgeführt werden. Überdies können die Grundwasserpumpen bei Vereisungsgefahr in den Notkühlturmbecken in Betrieb genommen werden.

Die Notstandsanlage mit ihren beiden redundanten Brunnen für eine Entnahmemenge von je 13350 l/min ist dazu bestimmt, das Kernkraftwerk automatisch abzufahren, wenn sowohl der Kühlturm und die Nebenkühlwasseran-

lage als auch die Notkühltürme nicht mehr betriebsfähig sind. Als erstes treten dann beide Dieselaggregate in Betrieb. Nach einer Minute schaltet eine der beiden Gruppen ab, und es bleibt einer der beiden Brunnen in Betrieb. Während der ersten 10 Stunden benötigt das System 13350 l/min. Unter Umständen kann danach eine Fortsetzung dieses Betriebes bis 100 Tage mit einer Fördermenge von 10000 l/min bestritten werden. Für die Dieselaggregate müssen ebenfalls monatliche Prüfungen vorgenommen werden, für die während zwei Stunden jeweils 13350 l/min aus einem der beiden Brunnen gefördert werden.

Ablauf der Projektierung

Vorhandene Grundlagen

Zu Beginn der hydrogeologischen Planungs- und Projektierungsarbeiten im Jahre 1973 standen über den Grundwasserstrom im Bereich des KKL folgende Unterlagen zur Verfügung:

- die Gewässerschutzkarte des Kantons Aargau
- ein geologisches Gutachten über den Standort des geplanten Kraftwerkes mit Sondierbohrungen und chemischen Grundwasseranalysen (1965)
- die hydrogeologischen Arbeiten für die Erstellung der Grundwasserfassung des Chemischen Werkes in Full rund 800 m nordöstlich des Standortes (1970)
- verschiedene Mitteilungen und Hinweise des Büros Dr. H. Jäckli, Geologe

Ziele der Grundwasseruntersuchungen

Die Untersuchungen dienten der Erarbeitung der hydrogeologischen Grundlagen des Grundwasserstromes, der Beurteilung der Grundwasserqualität sowie des Verhaltens des Grundwasserträgers bei der vorgesehenen Nutzung.

Ausgeführte Untersuchungen

Zur Deckung des Bedarfes von rund 3000 l/min (50 l/s) von chemisch und bakteriologisch einwandfreiem Trinkwasser für die Bauperiode und den Betrieb des Kernkraftwerkes wurden folgende Studien durchgeführt. Die vorhandenen Unterlagen wurden dazu mitbenutzt.

Mit geoelektrischen Untersuchungen und den bestehenden Sondierbohrungen als Interpretationsschlüssel wurde im Mai 1973 die Geometrie des Grundwasserleiters, insbesondere der Verlauf der Felsoberfläche auf der linken Talseite grossräumig abgeklärt. Wie erwartet, wurde jeweils ein gut durchlässiger Grundwasserleiter von genügender Mächtigkeit angetroffen. Dagegen erwies sich die chemische Qualität des Grundwassers im Bereich dieser Bohrungen als ungenügend für die Verwendung als Trinkwasser. Wohl wurde sie mit zunehmender Entfernung vom Rhein besser; ohne eine Wasseraufbereitung wäre jedoch eine einwandfreie Trinkwasserversorgung nicht möglich gewesen.

Das wertvolle Kulturland in der Ebene zwischen Kantonsstrasse und Lagerhölzli wurde als zukünftiger Brunnenstandort ausgeschlossen, obwohl es hydrogeologisch wahrscheinlich sehr geeignet wäre. Nach zusätzlichen geoelektrischen Untersuchungen wurden im Gebiet Lagerhölzli in der ursprünglichen linken Talflanke 3 Bohrungen abgeteuft. 2 der 3 Bohrungen erbrachten betreffend Grundwasserqualität und Durchlässigkeit sehr günstige Ergebnisse. Da es sich jedoch um die Randzone des Aquifers handelt, ist die Mächtigkeit des Grundwasserleiters geringer als im übrigen Feld. Anschliessend konnte dann der Versuchsbrunnen für die Trinkwasserversorgung in der Nähe der Sondierungen erstellt werden. Alle Bohrungen wurden bis auf die undurchlässige Sohle – Fels oder Grundmoräne – abgeteuft. Die 6 Sondierbohrungen wurden

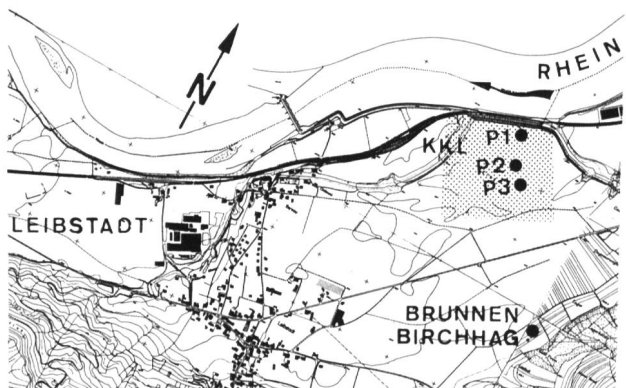
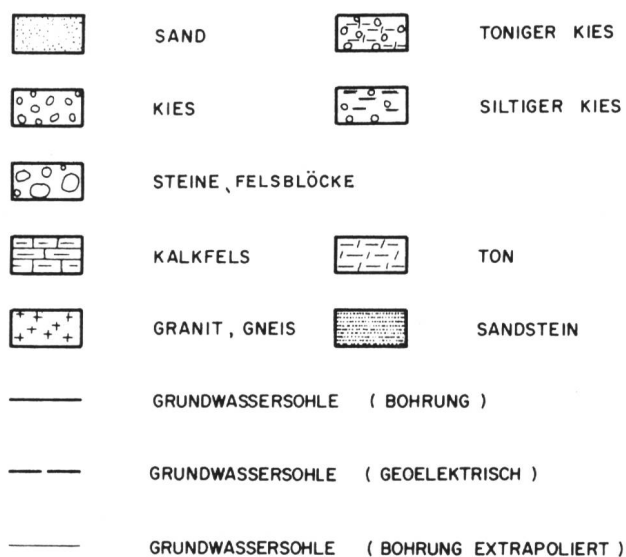
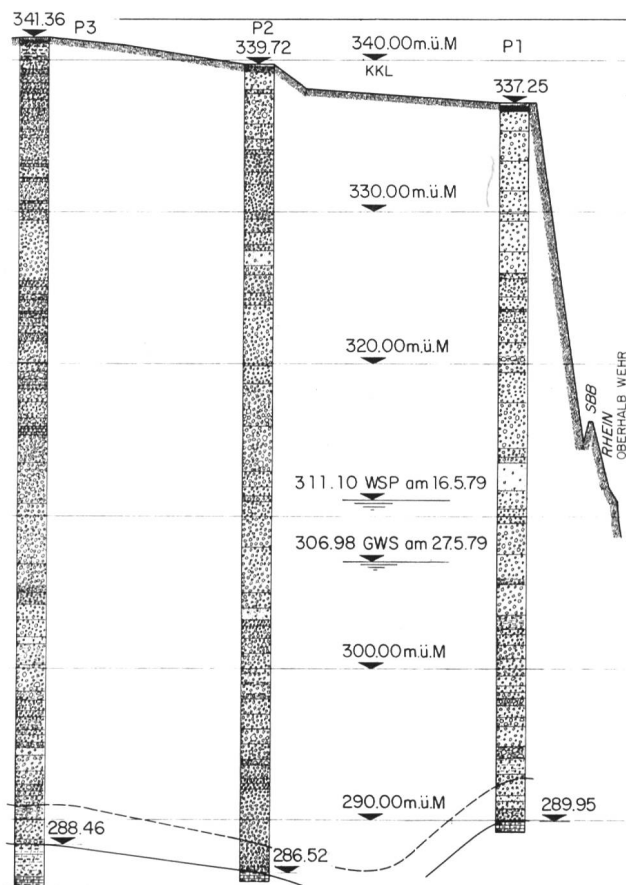


Bild 2. Geologisches Profil quer zum Rhein gegen Brunnen Birchhag.

mit 4 1/2"-Piezometerrohren versehen. In den Beobachtungsrohren wurden 24stündige Pumpversuche ausgeführt und jeweils 2 Wasserproben am Anfang und am Schluss des Pumpversuches für die chemisch-bakteriologische Analyse entnommen. Im Versuchsbrunnen wurde der Stufenpumpversuch bis auf eine Entnahmemenge von 4500 l/min gefahren. Während des Dauerpumpversuchs über 3 Wochen wurde kontinuierlich eine Entnahmemenge von 3200 l/min gefördert. Vor, während und nach dem Pumpversuch wurde das Verhalten des Grundwasserspiegels in den umliegenden Piezometern gemessen. Zudem wurden periodisch Wasserproben entnommen. Aufgrund dieser Untersuchung war es möglich, die hydrogeologischen Verhältnisse im Bereich des Trinkwasserbrunnens im Detail anzugeben.

Für die beiden Brunnen der dritten Kühlkette wurde ein zusätzlicher Versuchsbrunnen im Kraftwerkareal erstellt. Dieser wurde als notwendig erachtet, weil die Entnahmemengen so gross sind, dass ein zusätzlicher lokaler Aufschluss angezeigt schien, um diese Brunnen einwandfrei auslegen zu können. Die Auslegung der 3 Brunnen für die Notkühlanlage konnte aufgrund der hydrogeologischen Untersuchungen für die Brunnen der dritten Kühlkette und Trinkwasserversorgung erfolgen, ohne einen weiteren Versuchsbrunnen abzuteufen.

Versuchsbrunnen

Zweck

Versuchsbrunnen erlauben es, die Verhältnisse im Untergrund und anhand von Pumpversuchen die Ergiebigkeit des Grundwasserfeldes am geplanten Standort zu ermitteln. Aufgrund dieser Ergebnisse können die definitiven Brunnen dimensioniert werden. Die Versuchsergebnisse dienen gleichzeitig als Grundlage für das Konzessionsbegehren, sozusagen als hydrogeologische Beweissicherung der möglichen Entnahme.

Bau

Der Versuchsbrunnen muss ebenso sorgfältig erstellt werden wie der Leistungsbrunnen. Entsprechend wurden auch nur spezialisierte Brunnenbaufirmen zur Offertstellung eingeladen. Auf die richtige Wahl der Bohrmaschine wurde grosser Wert gelegt. Ebenso hat man darauf geachtet, dass die Bohrgeschwindigkeit nicht über eine gewisse maximale Tagesleistung hinausging, dies zugunsten der Sorgfalt der Arbeit.

Aus der Kornanalyse des Bohrgutes wurde der Aufbau der Filterschüttung ermittelt. Die Schlitzbrückenfilter mussten bereits in einem früheren Zeitpunkt bestellt werden, damit sie rechtzeitig auf der Baustelle verfügbar waren. Als Material für das Filterrohr wurde im Birchhag Stahl schwarz mit 2,5 mm Öffnungsweite bei Durchmesser 400 mm verwendet. Für den Versuchsbrunnen auf dem Areal KKL wurde Stahl mit Rilsanüberzug eingebaut. Die Schlitzweite des Rohres Durchmesser 500 mm beträgt 2,0 mm. Als Filterkies wurden Körnungen 3 bis 8 mm bzw. 3 bis 6 mm verwendet.

Die Entsandung erfolgte zonenweise bis zum Abklingen der Trübung. Im Versuchsbrunnen auf dem Kraftwerkareal zeigte sich dabei noch eine übermässige Restsandführung, was den Projektverfasser zur Anwendung einer Schockentsandung veranlasste. Der Erfolg dieses Verfahrens war positiv, wenn auch bei dem anstehenden Boden nicht vollständig. Setzungen um die Brunnen im Anschluss an die Entsandung wurden nicht beobachtet.

Pumpversuche

Die Pumpversuche dienen zur Abklärung folgender Punkte:

- Durchlässigkeit, Transmissibilität und Speicherbeiwert des Grundwasserleiters
- Hydrogeologische Randbedingungen, welche die Entnahme beeinflussen
- Ergiebigkeit des Grundwasserleiters, Fassungsvermögen
- Ausdehnung von Fassungsgebiet und Schutzzonen
- Eventuelle Beeinflussung bestehender Fassungen
- Filterkriterien, Sandführung
- Optimaler Bereich der Entnahmemenge, spezifische Ergiebigkeit
- Wasserqualität und Veränderungstendenzen

Die Pumpversuche wurden auf die angestrebten Entnahmemengen ausgerichtet. Nach dem Entsanden wurden die Versuche in zwei Phasen durchgeführt:

1. Ruhewasserspiegel – Stufenpumpversuch – Erholung
2. Dauerpumpversuch – Erholung

In den umliegenden Piezometerrohren wurde während der Versuchsdauer der Grundwasserspiegel beobachtet. Die Entnahmemengen wurden in Stufen gesteigert, wobei die höchste Stufe auf 125% bis 150% der angestrebten Entnahmemengen angesetzt wurde. Die hydrogeologische und hydraulische Auswertung der Pumpversuche erfolgte nach Methoden für stationäre und nicht stationäre Verhältnisse.

In den Versuchsbrunnen wurden zu Beginn, während der Versuche zweimal wöchentlich sowie am Schluss des Dauerpumpversuches Wasserproben zur Bestimmung der chemischen und bakteriologischen Beschaffenheit erhoben. Bei den bestehenden Fassungen (Gemeinde Full, Chemische Fabrik Uetikon, Werk Full, Kieswerk Baumgartner und Gemeinde Leibstadt) wurde wöchentlich eine chemische Analyse durchgeführt.

Definitive Entnahmebrunnen

Aufgrund der Resultate wurden die Anlagen der Produktionsbrunnen definiert sowie die Bau- und Konzessionsbewilligungen eingeholt. Die Entnahme- und Betriebskonzessionen wurden unter dem Vorbehalt erteilt, dass die Leistungen und das Feldverhalten am fertiggestellten Objekt jeweils nachgewiesen werden.

Brunnen Birchhag

Aus Gründen der chemischen Wasserqualität liegt der Brunnen am Rande des Grundwasserstromes. Die bescheidene Mächtigkeit des Grundwasserträgers unter einer ca. 30m dicken Schotterdecke liess es angebracht erscheinen, den Brunnen bis auf die undurchlässige Sohle zu bohren. In 45m Tiefe stiess die Bohrung partiell auf einen Block aus Schwarzwaldgranit. Eine Fortsetzung der Bohrung war nur nach der Sprengung des Blocks möglich. Ein Taucher konnte dies erfolgreich durchführen, allerdings nicht ohne gleichzeitig in diesem Bereich eine grössere Kaverne zu schaffen, wie sich später bei der Schüttung des Filtermaterials zeigte.

Das Entsanden wurde im Brunnen Birchhag mit einem Entsandungskolben durchgeführt. Diese Methode, die sowohl eine Saug- wie eine Stosswirkung im Brunnen erzeugt, führt im allgemeinen in dem anstehenden Schotter zu sehr befriedigenden Ergebnissen. Nachdem der Unternehmer nur etwa eine halbe Stunde entsandet hatte, ergab ein anschliessender erster Pumpversuch eine maximale Entnahmemenge aus dem Brunnen von 800 bis 1000 l/min. Ein anschliessendes gründliches Entsanden nach derselben Methode über die ganze Filterlänge während 20 Stunden brachte das erwartete Resultat: Der Grundwasserspiegel zeigte bei einer Fördermenge von 3000 l/min eine Absenkung von etwa 1,2 m.

Der Stufenpumpversuch hat vor allem zum Ziel, die Leistungsfähigkeit des Brunnens zu überprüfen und das Feldverhalten bei der Entnahme der angestrebten Fördermenge zu beobachten. Es sei erwähnt, dass ein vollständiger Beharrungszustand nach einer Pumpdauer von 2 bis 3 Tagen nicht erreicht werden kann, es sei denn, die gepumpte Wassermenge ist gering. Hauptziel des über 3 Wochen dauernden Pumpversuchs war das Prüfen der Feldergiebigkeit. Daneben sollten die Beeinflussung der bestehenden Brunnen sowie eventuelle Qualitätsveränderungen im Grundwasser ermittelt werden.

Es wurde konstant die angestrebte Menge von 3200 l/min gefördert, die nach etwa einer halben Stunde Pumpbetrieb einreguliert werden konnte. Die Grundwasserspiegelmessungen und die Entnahme der Wasserproben erfolgten programmgemäss. Die Erholung des Grundwasserspiegels wurde anschliessend während 10 Tagen beobachtet.

Brunnen der Notstandsanlage

Aus konstruktiven Gründen liegen die beiden identisch ausgebildeten Brunnen unter der Sohle des Bauwerkes, welches alle Installationen enthält, die für das sichere Abfahren nach Reaktorschnellschluss benötigt werden. Die beiden Bohrungen wurden mit Durchmesser 1300mm bis auf die Molassesohle abgeteufelt und mit rostfreien Schlitzbrückenfiltern Durchmesser 800mm verrohrt. Ihr Bau hat bestätigt, dass nagelfluhartige Verkittungen sowie sandige Ablagerungen lokal sehr rasch wechseln können. Eine Korrelation der Schichten zwischen beiden Brunnen ist trotz des geringen Abstands von ca. 60m nicht möglich. Die mit normalem Entsandungskolben durchgeführte zonenweise Entsandung der beiden Brunnen verlief ohne sonderliche Vorkommnisse. Die Sandmenge, welche dabei aus dem

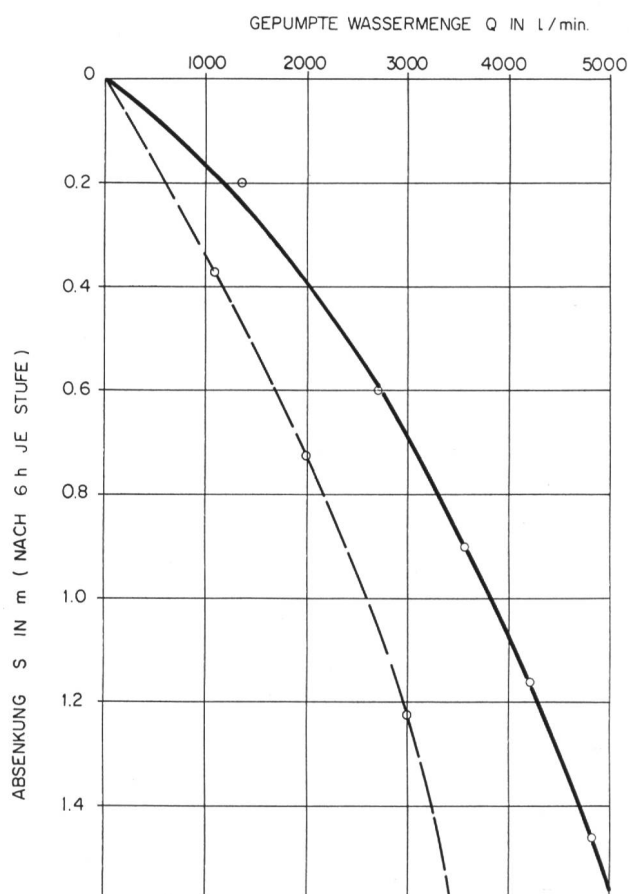


Bild 3. Brunnen Birchhag. — In den definitiven Brunnen zufließende Grundwassermenge, --- in den Versuchsbrunnen zufließende Grundwassermenge.

umliegenden Gebirge gefördert wurde, war zum Teil beachtlich, schwankte jedoch von Zone zu Zone ganz beträchtlich.

Es gelang immer, solange zu entsanden, bis das geförderte Wasser klar war, d.h. keine schlammigen Anteile mehr führte.

Die Bedingung für ausreichendes Entsanden war erfüllt, sobald das gepumpte Wasser nur noch wenige, zählbare Sandkörner im Liter führte.

Der Sandanfall in Brunnen B klang jeweils ab bis auf die Führung weniger, zählbarer Körner pro Liter. Im Brunnen A dagegen war der Sandanfall noch nach dem Schocken enorm hoch (1 mm und mehr pro Liter abgesetzt im Imhoftrichter). Allerdings wurde wegen eines technischen Mangels nicht auf Anhieb richtig geschockt wie in Brunnen B. Deshalb wurde anschliessend an den erfolgreichen Pumpversuch nochmals richtig geschockt, worauf die Sandmenge auf $\frac{1}{10}$ bis $\frac{1}{20}$ der vorher gemessenen Menge zurückging. In beiden Brunnen wurde stufenweise von 3000 l/min über 6000 – 9000 – 12000 auf 13500 l/min gesteigert. Die Entnahme der Spitzenmenge verlief problemlos in bezug auf die Hydraulik des Untergrundes. Erstaunlich war allerdings der Unterschied im Verhalten der beiden so nahe beieinander liegenden Fassungen. Der Beharrungszustand stellte sich nach 3 bis 4 Tagen jeweils annähernd ein. Das geförderte Wasser wurde in den Rhein abgeleitet.

Brunnen Notkühltürme

Die Brunnen zur Förderung von Grundwasser als Ersatz für die Verdunstungsverluste der Notkühltürme liegen jeweils in unmittelbarer Nähe der Notkühltürme. Die hydrogeologischen Voraussetzungen auf dem Areal des KKL wurden bereits für die Brunnen im Detail abgeklärt. Die Bohrungen bis auf rund 40 m Tiefe wurden teleskopiert: für Brunnen A und B 1450/1300/1150 mm, für Brunnen C 900/700 mm. Die Verrohrung erfolgte mit rostfreien Schlitzbrückenfiltern Durchmesser 640 mm bzw. 400 mm. Als Filterkies wurde eine Körnung 3 bis 8 mm verwendet.

Die hierarchische Einstufung bezüglich Betriebssicherheit liegt etwa gleich wie für die Brunnen der Notstandsanlage. Die drei Brunnen sind für ein «Sicherheitserdbeben» der Klasse I ausgelegt, analog der Dimensionierung der Brunnen für die Notstandsanlage. Da bei der Entsandung zonenweise ein starker Anfall an Feinkomponenten beobachtet wurde, hat man sich entschlossen, zusätzlich vorsichtig zu schocken. Brunnen A konnte auch danach nicht vollständig sandfrei gebracht werden, doch liegen die Betriebsbedingungen 20- bis 40mal günstiger als beim Entsanden.

Die Pumpversuche wurden in den Brunnen A und B mit 4000 l/min, im Brunnen C mit 500 l/min durchgeführt als Einzelpumpversuche. Beim Simultanpumpversuch wurden in Brunnen A 4200 l/min, in Brunnen B 4150 l/min und in Brunnen C 500 l/min entnommen. Diese Menge liegt um mehr als 100% über der Entnahmemenge im ungünstigsten Betriebsfall. Allerdings wurde dabei auch nach 12 Tagen kein vollkommener Beharrungszustand erreicht. Das gepumpte Wasser wurde in den Rhein geleitet.

Betriebsbereitschaft

Alle Brunnen wurden von 1974 bis 1978 erstellt. Der Trinkwasserbrunnen Birchhag versorgt seit 1977 die Gemeinde Leibstadt und die Baustelle des Kernkraftwerkes mit Trink- und Löschwasser. Seit 1979 wird das Kernkraftwerk ebenfalls mit Trinkwasser angespeist. Die Anlagen haben ihre

Bewährungsprobe bestanden, sowohl in bezug auf die Qualität als Trinkwasser wie mengenmässig.

Die Probelaufe der fertig ausgerüsteten Brunnen für Notkühlwasser sind erfolgreich durchgeführt worden, bevor das Kernkraftwerk im Frühjahr 1984 seinen Versuchsbetrieb aufgenommen hat. Die beiden Gruppen von Notkühlanlagen mit den zugeordneten Brunnen arbeiten nur bei Probetrieb oder kurzzeitig im Ernstfall, jedoch nur redundant, also nicht parallel miteinander.

Die über längere Zeit durchgeführten Simultanversuche haben bestätigt, dass die Feldergiebigkeit und das Fliessverhalten des Grundwasserstromes im Fall eines gleichzeitigen Betriebes der Trinkwasserversorgung von Gemeinde und Kernkraftwerk Leibstadt auch im Falle extrem lang andauernder trockener Witterung für die Versorgung aller Konzessionäre ausreicht. Mit den bestehenden Grundwasserfassungen, den neuen Brunnen und zusätzlichen Piezometern wurde ein Beobachtungsnetz geschaffen, das engmaschig über das gesamte Gebiet die Qualitätsüberwachung des Grundwassers übernehmen kann.

Beeinflussung der Grundwasserverhältnisse

Der Dauerpumpversuch im Trinkwasserbrunnen Birchhag wurde während einer völlig niederschlagsfreien Periode bei Niederwasserstand ausgeführt. Die Beobachtungspunkte zeigten der Witterung entsprechend fallende Tendenz des Grundwasserspiegels, die auch während der Erholungsphase anhielt. Es kann deshalb mit Sicherheit gesagt werden, dass der Pumpbetrieb in keiner Weise eine der bestehenden Fassungen beeinflusst hat. Dies geht ebenfalls aus den chemischen Untersuchungen hervor.

Die Resultate des Dauerpumpversuchs im Birchhag bestätigen die Existenz einer alten Aarerinne. Schon das Verhalten des Ruhewasserspiegels liess darauf schliessen, dass ein bedeutender Zufluss aus östlicher Richtung bestehen muss. Der Grundwasserspiegel läge sonst verglichen mit demjenigen unter der Leibstadt-Terrasse etwa 2 m zu hoch. Die berechneten Durchlässigkeitswerte liessen zusammen mit den hydraulischen Gradienten und den chemischen Parametern den Schluss zu, dass ein Grundwasserhauptstrom aus östlicher Richtung vorhanden sein muss. Obwohl im Bereich des Absenkungstrichters nur zwei Piezometer zur Verfügung standen, ergab sich unter Berücksichtigung aller Faktoren trotzdem ein zwingender Isohypsen-Verlauf. Danach fliessen dem Brunnen bei einer Entnahmemenge von 3200 l/min mindestens 75% aus dem Aquifer der alten Aarerinne zu. Der Rest kommt aus NE-Richtung vom Hangwasser. Infiltratwasser aus dem Rhein kann fast völlig ausgeschlossen werden.

Das geologische Profil BO 6 – VB – BO 5 quer zur Fliessrichtung des Grundwassers zeigt deutlich die Randbedingungen, die sich aus dem Ansteigen der Molassesohle ergeben. Zudem sind der unbeeinflusste und der abgesenkte Grundwasserspiegel ersichtlich. Die Isohypse des ersten verläuft durch alle drei Bohrungen. Man sieht auch, wie viele «stille Reserven» in Richtung Rheintalgrundwasserstrom bei grösserer Absenkung «angezapft» werden könnten. Die Pumpversuche in den Brunnen der Notstandsanlage wurden während einer Periode mit wenig Niederschlag bei mittlerem bis leicht erhöhtem Wasserstand durchgeführt. Das selbstregistrierende Piezometer B VIII der Rheinkraftwerk Albruck-Dogern AG, RADAG, zeigte im Lauf der Pumpversuche eine steigende Tendenz, während BO 1 und BO 2 unbeeinflusst vom Pumpversuch leichte Schwankungen um eine Kote von 307,25 m aufwiesen. Daraus geht eindeutig hervor, dass durch diesen Pumpversuch bestehende Grundwasserfassungen (Kieswerk Baumgartner, Chemi-

sche Fabrik Uetikon, Werk Full) in keiner Weise beeinflusst worden sind.

Entsprechend der hohen Durchlässigkeit des Grundwasserleiters resultierten durch die Pumpversuche sehr flache, weit reichende Absenkungstrichter. Das lässt den Schluss zu, dass der Versuchsbrunnen und die geplanten Notstandsbrunnen im Falle einer Grundwasserverunreinigung auf dem Standort des Kernkraftwerkes ebenfalls wirkungsvoll als Sanierungsfassungen verwendet werden könnten. Aus dem abgesenkten Grundwasserspiegel geht deutlich hervor, dass infiltrierendes Rheinwasser den Hauptzustrom bildet. Daraus ergeben sich die asymmetrisch geformten Absenkungsdepressionen.

Die Pumpversuche an den 3 Brunnen der Notkühltürme wurden angesichts der geringen beabsichtigten Entnahmemengen und der guten Ergebnisse, welche bereits von den Brunnen der Notstandsanlage vorlagen, nicht mehr in Richtung einer Beeinflussung der Grundwasserverhältnisse ausgewertet. Um so mehr ist dieses Vorgehen gerechtfertigt, als im Betriebsfall niemals gleichzeitig ein Betrieb beider Notkühlketten vorgesehen ist, also von einer Simultanentnahme abgesehen werden kann.

Veränderungen im Grundwasserchemismus

Es wurden vollständige chemische Trinkwasseranalysen ausgeführt. Parameter von besonderem Interesse wie SO_4 , Ca-Härte, Cl, NO_3 , O_2 , NH_3 und Oxidierbarkeit wurden als Ganglinien aufgetragen. In den bestehenden Fassungen wurde keine Tendenz einer Beeinflussung durch die Pumpversuche beobachtet. Die Konzentrationsschwankungen liegen innerhalb der erwarteten Grenzwerte. Im Versuchsbrunnen Birchhag zeichnete sich eine leicht ansteigende Mineralisation ab. Die Leitfähigkeit stieg z. B. von 416 auf 482 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Die Zunahme ist jedoch zu wenig signifikant, als dass Schlussfolgerungen möglich wären.

Im Verlauf der Pumpversuche für die Brunnen der Notstandsanlage wurden drei vollständige chemische und bakteriologische Wasseruntersuchungen durchgeführt. Während die erste Wasserprobe zu Beginn der Pumpversuche noch eine erhöhte Keimzahl (288) und 16 coliforme Keime aufwies (von der Versuchsbrunneninstallation herührend), zeigten die folgenden Proben bakteriologisch einwandfreies Wasser. Die Resultate der chemischen Untersuchungen lassen sich mit denjenigen der im Jahre 1973 in den Piezometern P1, P3, BO 1, BO 2 und BO 3 durchgeführten vergleichen. Hier wie dort ist der Einfluss der Rheinwasserinfiltration mit sehr geringem Sauerstoff-, zu hohem Eisen-, Mangan- und Ammoniumgehalt und einer zu hohen Oxidierbarkeit unverkennbar. Signifikante Veränderungen der chemischen Beschaffenheit sind während der Pumpversuche nicht eingetreten.

In den Notkühlbrunnen wurde zu Beginn des Simultanpumpversuches je eine chemische Analyse durchgeführt. Es wurde gesamthaft ein sauerstoffarmes, mittelhartes Grundwasser mit leicht erhöhtem Ammoniakgehalt festgestellt.

Grundwasserzufluss und Fassungsvermögen

Das Verhältnis Fördermenge/Absenkung gibt Aufschluss über den Grundwasserzufluss zum Brunnen. Es wird im Stufenpumpversuch ermittelt. Die Absenkung setzt sich aus dem Formations- und dem Eintrittsverlust zusammen. Der Formationsverlust ist durch die Durchlässigkeit und Mächtigkeit des Aquifers bedingt. Der Eintritts- oder Brunnenverlust ist auf die Konstruktion des Brunnens zurückzuführen und wird vor allem durch turbulente Strömungen verursacht.

Im Trinkwasserbrunnen Birchhag wurde das maximale Fassungsvermögen bei 4800 l/min Entnahme noch nicht erreicht. Verglichen mit dem Versuchsbrunnen wurde eine grosse Leistungssteigerung beobachtet. Im Dauerbetrieb stellte sich erst nach einigen Monaten ein stabiler Grundwasserspiegel ein, nachdem die vom Absenktrichter erfassten Grundwasserströmungen der geförderten Wassermenge entsprachen. Die Feldergiebigkeit ist hier durch den Grundwasserstrom im Rheintal und den Seitenarm aus dem Aaretal gewährleistet.

Bei den sehr leistungsstarken Brunnen der Notstandsanlage wurde bei der maximalen Entnahmemenge von über 13000 l/min das Fassungsvermögen der Brunnen noch nicht erreicht. Eine zusätzliche Untersuchung erbrachte, dass eine volle Leistungsnutzung von 10000 l/min über 100 Tage im Ernstfall gewährleistet ist.

Feldergiebigkeit

Die Wassermenge, die auf die Dauer einem Aquifer entzogen werden kann, entspricht der Feldergiebigkeit. Im vorlie-

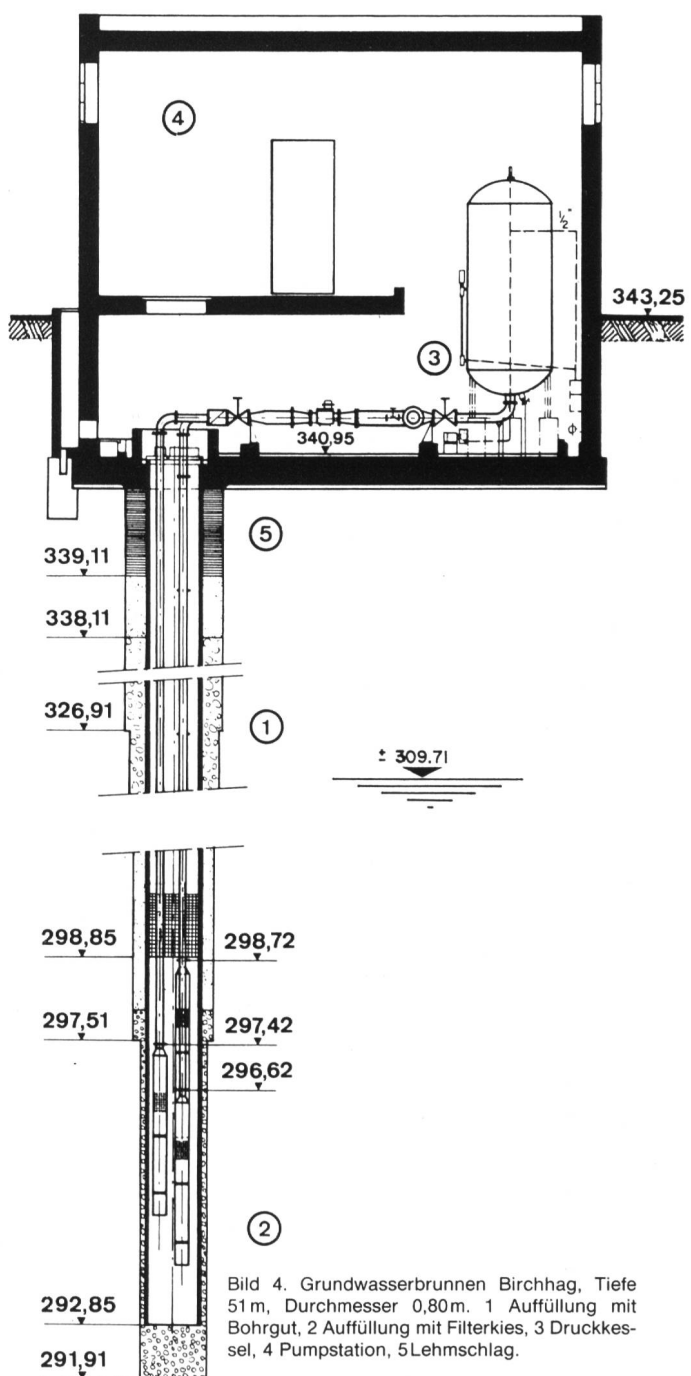


Bild 4. Grundwasserbrunnen Birchhag, Tiefe 51 m, Durchmesser 0,80 m. 1 Auffüllung mit Bohrgut, 2 Auffüllung mit Filterkies, 3 Druckkessel, 4 Pumpstation, 5 Lehmschlag.

sämtlichen Anforderungen des Betriebes genügt: Einführen der Ausrüstung, Herausziehen der Ausrüstung für Unterhalt und Wartung, Abstützung im Brunnenrohr.

Inbetriebsetzung

Der Trinkwasserbrunnen konnte in zweimonatiger Bauzeit erstellt werden. Nach der Entsandung und Durchführung der Pumpversuche, welche die getroffenen Annahmen bestätigten, wurden das Brunnenhaus, die Verrohrung, der Einbau der Pumpen ausgeführt und die Anlage nach 18 Monaten Bauzeit im September 1976 in Betrieb genommen. Anfänglich wurde das Wasser, das der Trinkwasser- und Brauchwasserversorgung der Baustelle diente, gechlort. Dies war notwendig, weil die ersten Proben einige coliforme Keime aufwiesen, die sehr wahrscheinlich vom Düngen der Wiesen mit Stalljauche stammten. Nach einigen Monaten traten keine Keime mehr auf, und nach 2½ Jahren wurde dann die Chlorierung ganz eingestellt.

Bei der Inbetriebnahme des Trinkwasserbrunnens Birchhag im Herbst begann der Grundwasserspiegel zu sinken. Bei tiefem Grundwasserstand wurden wiederum Pumpversuche durchgeführt, die die sichere Förderung der Konzessionswassermenge bestätigten. Die durch eine ausserordentlich lange Trockenperiode bedingte Spiegelabsenkung erholte sich wieder bei Eintreten des Winterregens.

Der Begriff der Inbetriebsetzung der Brunnen, welche Ergänzungswasser für Kühlsysteme des Kernkraftwerkes liefern, muss genereller gefasst werden. Nach der baulichen Bereitstellung der Brunnen selbst wurden diese mechanisch ausgerüstet. Vor dem Beginn der Testläufe im Kernkraftwerk wurden sämtliche Anlagen einer Funktionskontrolle unterzogen, welche ihrem Ernstfall-Einsatz entsprach. Erst nach Abschluss dieser Prüfung konnte an eine Betriebsphase im Kraftwerk gedacht werden.

Erhebung des Ist-Zustandes des Grundwassers im Gebiet Leibstadt

Im Rahmen eines Beweissicherungsprogramms für das Kernkraftwerk Leibstadt war der Ist-Zustand des Rheins und des Grundwassers in der Umgebung des Kernkraftwerkes festzustellen. Die dabei ausgewerteten Rhein- und Grundwasseruntersuchungen vermitteln interessante Ergebnisse über den Verlauf, die Temperaturverhältnisse und den Chemismus der Grundwasserströme in diluvialen Flussrinnen.

Das Beweissicherungsprogramm für das Kernkraftwerk Leibstadt umfasst Meteomessungen, radiologische Messungen sowie Rhein- und Grundwassermessungen in der Umgebung des Kernkraftwerkes. Im Rahmen der Untersuchungen wurde in der Zeit vom März 1978 bis April 1980 der Ist-Zustand von Rhein und Grundwasser erhoben [3].

Zur Festlegung des Ist-Zustandes des Rheins dienten zwei Messstellen: die eine lag oberhalb des Kernkraftwerkes bei Felsenau/Koblenz und die andere unterhalb des Kernkraftwerkes. An diesen Stellen wurden monatlich die Wassertemperaturen gemessen sowie Proben des Flusswassers entnommen und chemisch analysiert. Die kontinuierlich gemessenen Rheinspiegel oberhalb und unterhalb des Rheinkraftwerkes wurden ins Überwachungsprogramm des Rheins miteinbezogen. Zur Erfassung des Ist-Zustandes des Grundwassers dienten acht bestehende Grundwassererfassungen sowie neun Piezometer, von welchen einige neu gebohrt wurden. Die Grundwassermessstellen wurden so gewählt, dass sich vier Überwachungsprofile quer zum Rheintal ergeben, ein Überwachungsprofil oberhalb sowie drei Überwachungsprofile unterhalb des Kernkraftwerkes.

An diesen Stellen wurden in vierzehntägigen Zeitabständen Grundwasserspiegel und Grundwassertemperatur gemessen. Bei drei Messstellen in der näheren Umgebung des Kernkraftwerkes wurden Temperatursonden fest eingebaut. Zwei dieser Messstellen sind mit je drei Temperatursonden ausgerüstet. Sie ermöglichen es, die Temperaturverhältnisse des Grundwassers in verschiedenen Tiefen zu erfassen. Im ersten Untersuchungsjahr wurden bei fünf Messstellen vierteljährlich eine Vollanalyse und monatlich eine Teilanalyse, bei weiteren elf Messstellen jährlich eine Vollanalyse und vierteljährlich eine Teilanalyse durchgeführt. Im zweiten Untersuchungsjahr wurde das Programm entsprechend abgeändert.

Zusammenfassung

Das Kernkraftwerk Leibstadt liegt auf einer Schotterterrasse, welche als Grundwasserleiter des Rheintal-Grundwasserstromes bezeichnet werden kann. Im Zusammenhang mit dem Kraftwerkbau wurden ausgedehnte hydrogeologische Untersuchungen durchgeführt, die einerseits als Grundlage für die Planung der künftigen Nutzung des Grundwassers, andererseits aber der Beweissicherung und Aufnahme des Ist-Zustandes vor Betrieb des Kernkraftwerkes dienten.

Als erstes hat man in Zusammenarbeit mit der Gemeinde Leibstadt die Trinkwasserversorgung durch eine neue Fassung beim Birchhag sichergestellt, wo die nach heutigen Erkenntnissen erforderlichen Schutzzonen um das Fassungsgebiet ermittelt wurden und im Feld wie im Grundbuch mit den entsprechenden schützenden Auflagen versehen wurden. Bei der alten Fassung der Gemeinde Leibstadt bestand keine Schutzzone im heutigen Sinne.

Später kamen zur Trinkwasserversorgung von Gemeinde und Kernkraftwerk mehrere Grundwasserfassungen auf dem Werkareal hinzu, die Wasser zur Versorgung von Notkühlsystemen liefern sollen. Als echte Grundwassernutzer treten diese Brunnen aber lediglich im Fall eines Reaktorschnellschlusses im Kraftwerk bei gleichzeitigem Ausfall des Kühlturms und des Nebenkühlwassers in Funktion. Und selbst dann werden diese Fassungen nicht kumulativ Grundwasser entnehmen. Periodische kurze Probeläufe werden aus Gründen der Sicherheit die einzigen regelmäßigen Beeinflussungen des Grundwasserstromes unter dem Kraftwerk sein.

Als Nebeneffekt schliesslich dienen die Grundwasserfassungen, ergänzt durch eine Anzahl Piezometer, der Überwachung des Grundwasserstromes und dem Nachweis, dass der Grundwasserstrom durch den Betrieb des Kernkraftwerkes in keiner Weise verändert wird.

Literatur

- [1] Institut für Orts-, Regional- und Landesplanung ETH, (Bearbeiter: H. Jäckli et al. – 1968): Richtlinien zur Ausscheidung von Grundwasserschutzgebieten und Grundwasserschutzzonen.
- [2] Eidg. Amt für Umweltschutz (Bearbeiter: W. Rehse – 1973): Diskussionsgrundlagen für die Dimensionierung von Grundwasserschutzzonen. Abbau und Elimination von organischen Fremdstoffen in Lockergestein.
- [3] Die Grundwasserverhältnisse im Rheintal beim Kernkraftwerk Leibstadt (Bearbeiter J. Donatsch, R. Walder, W. Blaser, E. Märki – 1981).
- [4] «Gas – Wasser – Abwasser» 61. Jahrg. 1981, No 12

Adresse der Verfasser: Walter Würth und Karl Heinrich Meyer, Elektrowatt Ingenieurunternehmung AG, Postfach, CH-8022 Zürich.