

# HENRY

Hydraulic Engineering Repository

Ein Service der Bundesanstalt für Wasserbau

---

Article, Published Version

**Armbruster, Heinrich**

## **Vergleich berechneter und gemessener Grundwasserstände am Beispiel Kehl**

Mitteilungsblatt der Bundesanstalt für Wasserbau

---

Verfügbar unter/Available at: <https://hdl.handle.net/20.500.11970/102975>

Vorgeschlagene Zitierweise/Suggested citation:

Armbruster, Heinrich (1977): Vergleich berechneter und gemessener Grundwasserstände am Beispiel Kehl. In: Mitteilungsblatt der Bundesanstalt für Wasserbau 41. Karlsruhe: Bundesanstalt für Wasserbau. S. 1-8.

### **Standardnutzungsbedingungen/Terms of Use:**

Die Dokumente in HENRY stehen unter der Creative Commons Lizenz CC BY 4.0, sofern keine abweichenden Nutzungsbedingungen getroffen wurden. Damit ist sowohl die kommerzielle Nutzung als auch das Teilen, die Weiterbearbeitung und Speicherung erlaubt. Das Verwenden und das Bearbeiten stehen unter der Bedingung der Namensnennung. Im Einzelfall kann eine restriktivere Lizenz gelten; dann gelten abweichend von den obigen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Documents in HENRY are made available under the Creative Commons License CC BY 4.0, if no other license is applicable. Under CC BY 4.0 commercial use and sharing, remixing, transforming, and building upon the material of the work is permitted. In some cases a different, more restrictive license may apply; if applicable the terms of the restrictive license will be binding.



Dipl.-Ing. H. Armbruster

VERGLEICH BERECHNETER UND GEMESSENER GRUNDWASSERSTÄNDE  
AM BEISPIEL KEHL

Comparison of predicted and measured Groundwaterlevels

Zusammenfassung

Die Bundesrepublik Deutschland und Frankreich haben 1969 beschlossen, bei Rhein-km 309,100 eine Staustufe zu errichten, um die Erosion des Rheins zu stoppen. Diese Staustufe war im Jahre 1974 fertiggestellt. Folgender Beitrag untersucht, wie weit die mit einem Grundwassermodell vorausgerechneten Grundwasserhöhen im Bereich der Stadt Kehl mit den gemessenen übereinstimmen, nachdem in Kehl Maßnahmen ergriffen werden mußten, um das Grundwasser nicht höher als vor dem Stau steigen zu lassen.

Summary

The Bundesrepublik Deutschland (FRG) and France decided in 1969 to construct a barrage at Rhein-km 309,100 to stop the erosion of the river Rhine. This barrage was completed in 1974. The following report compares the predicted heights of groundwater level given by an analogical model with the measured heights. The model had shown, that preventive measures (for example wells), would be necessary in the city of Kehl to guarantee the groundwater level of the city existing before the construction of the barrage.

I n h a l t

	Seite
1. Einleitung	3
2. Anpassungsmaßnahmen	3
3. Messungen	5
4. Vergleich der Messungen mit den Berechnungen	5
5. Steuerung der Grundwasserabsenkungsanlage	7
6. Zusammenfassung und Beurteilung	7

## 1. Einleitung

Durch den Bau der 12 km nördlich Kehl gelegenen Rheinstaustufe Gamsheim (Rhein-km 309,100) werden die Grundwasserverhältnisse beidseitig des Rheins beeinflusst. Das Stadtgebiet von Kehl liegt rechtsrheinisch zwischen dem direkt gestauten Rhein und dem Rhein Nebenfluß Kinzig, deren Mündung im Staubereich liegt (siehe Abb.1, Lageplan). Die Erhöhung der Wasserstände in beiden Flüssen bewirkt eine Erhöhung des Grundwasserstandes im Raum Kehl. Für das Stadtgebiet von Kehl war daher dem Bauherrn der Staustufe aufgegeben, die vor dem Bau vorhandenen Grundwasserstände nicht zu überschreiten. Die dafür notwendigen Untersuchungen wurden dem "Service Géologique d'Alsace et de Lorraine (SGAL)" in Straßburg und der Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) übertragen:

- a) Ermittlung der Grundwasserstände nach dem Stau ohne Anpassungsmaßnahmen (SGAL).
- b) Ermittlung der Grundwasserstände nach dem Stau mit Anpassungsmaßnahmen (SGAL).
- c) Bodenmechanische Untersuchungen im Zusammenhang mit dem Bau der Anpassungsmaßnahmen (BAW).
- d) Überprüfung der fertigen Anpassungsmaßnahmen vor deren endgültigen Inbetriebnahme (BAW).
- e) Vergleich der erforderlichen Absenkung mit der erreichten Absenkung (BAW).
- f) Wirtschaftliche Steuerung der Anlage (BAW).

Der nachfolgende Bericht beschäftigt sich mit den vorstehenden Punkten e) und f).

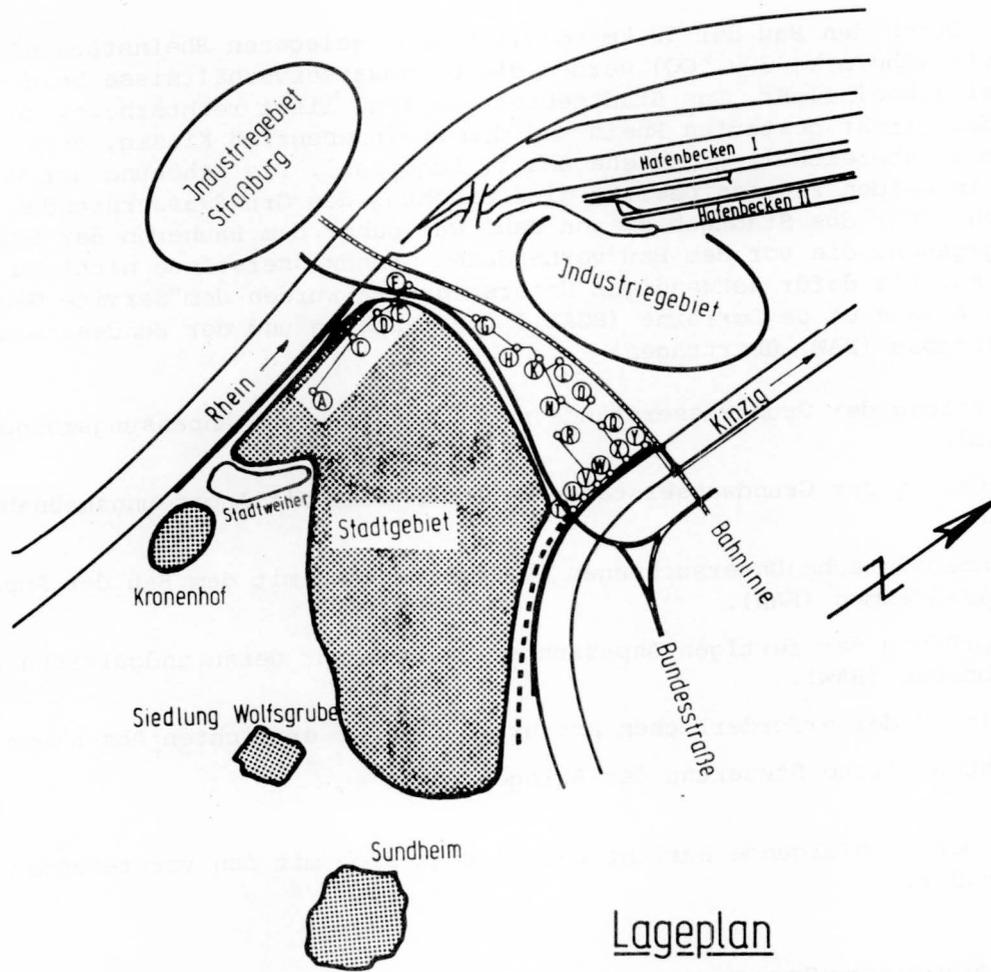
## 2. Anpassungsmaßnahmen

Wie die an einem elektrischen Analogmodell durchgeführten Untersuchungen zeigen (Punkt 1a)), überschreiten die Grundwasserstände nach Stauerrichtung diejenigen vor dem Stau im Stadtbereich um 0 bis etwa 1,70 m und nördlich des Stadtbereichs im Hafengebiet der Stadt Kehl bis etwa 2,50 m (siehe Lageplan). Grundlagen des Vergleich waren dabei die mittleren gemessenen Grundwasserhöhen für zwei Fälle.

Fall 1: Rhein	:	1100 m <sup>3</sup> /s	(MW)
Kinzig	:	22,1 m <sup>3</sup> /s	(MW)
Fall 2: Rhein	:	2000 m <sup>3</sup> /s	(HW)
Kinzig	:	75 m <sup>3</sup> /s	(HW).

Beide Fälle wurden für den Zustand nach Stauerrichtung in Gamsheim als stationär im Modell simuliert. Die größeren Differenzen zwischen gemessenen und simulierten Höhen brachte der Mittelwasserfall. Für die Anpassungsmaßnahmen wurden mehrere Varianten untersucht, die sich durch die Lage der Brunnen und Drainagen unterschieden. Das Kriterium für die Lösung war die in der Einleitung genannte Forderung, in beiden simulierten Fällen für das Stadtgebiet höchstens gleich hohe Wasserstände wie vor dem Stau zu erreichen. Das Industriegebiet im Hafen sollte durch Einzelmaßnahmen, z.B. durch Grundwasserpumpen, vor dem Grundwasseranstieg geschützt werden. Die Anpassungsmaßnahmen

für das Stadtgebiet gliedern sich in fünf Maßnahmen (siehe Lageplan Abb.1):



Übersicht über Anpassungsmaßnahmen

- Dichtungswand
- - - - Drainageleitung
- ⊙ — ⊙ Brunnen mit Druckleitung

Abb. 1 Lageplan

- a) Dichtungswände entlang der gestauten Kinzig,
- b) Dichtungswände entlang des gestauten Rheins,
- c) Drainageleitung an der Luftseite des Kinzigdammes,
- d) Brunnenreihe an der Luftseite des Rheindammes,
- e) Brunnenreihe in Ost-West-Richtung zwischen Kinzig Rhein nördlich des Stadtgebietes.

Damit war die Stadt von drei Seiten durch eine Absenkungsgalerie (Brunnen bzw. Drainage) geschützt. Die Dichtungswände sollten eine Anströmung durch besonders durchlässige Schichten (alte Flußarme, Schluten) abschneiden. Die Brunnen werden über eine Druckwasserleitung in den Rhein bzw. über den Kinzigseitengraben entwässert; das Wasser aus der Drainage wird von einem Pumpwerk aus in die Kinzig befördert.

13 Brunnen enthalten zwei Pumpen mit einer Nennleistung von je 50 l/s, 6 Brunnen nur eine Pumpe von 50 l/s. Insgesamt sind noch 6 Reservebrunnen installierbar, für die die notwendigen Druckleitungen schon verlegt wurden.

### 3. Messungen

Die im Modell simulierten Fälle (Punkt 1b) erbrachten sowohl im Fall 1 (MW) als auch im Fall 2 (HW) Absenkungen des GW im Stadtgebiet, die im wesentlichen dem vorausgesagten Aufstau bei Inbetriebnahme der Staustufe entsprachen. Um für den Bau weiterer Staustufen Anhaltspunkte über die Aussagekraft von Modellen zu gewinnen und um die Wirksamkeit der Anpassungsmaßnahmen festzustellen, wurde ein umfangreiches Meßprogramm vorgesehen:

- a) Beobachtung der Probeabsenkung einzelner Brunnen,
- b) Beobachtung des Grundwassers vor, während und nach dem Stau (Lichtlotmessungen an etwa 40 Pegeln, zusätzlich 10 Schreibpegel),
- c) Beobachtung der Wasserstände offener Gewässer (Rhein, Kinzig, Stadtweiher, Hafen),
- d) Messung der Wassermengen aus Brunnen und Drainage,
- e) Gezielte Messungen der Drainagewasserstände und der Brunnenwasserstände bei vorgegebenen Einstellungen von Schiebern (Drainage) und Pumpen (Brunnen).

### 4. Vergleich der Messungen mit den Berechnungen

Bei den berechneten Grundwasserständen im Staufall nach Beeinflussung des Grundwassers durch die Anpassungsmaßnahmen war für die Fälle MW und HW davon ausgegangen worden, daß die installierten Brunnen voll in Betrieb sind. Es wurde daher, nachdem die Probeabsenkungen geringere Absenkungen als erwartet gezeigt hatten, die gesamte Anlage so schnell wie möglich voll in Betrieb genommen, um eine Entscheidung über den Bau von Reservebrunnen möglichst bald zu erhalten. Da zwischen dem Festlegen der Daten für das Modell (1971) und der Inbetriebnahme der Staustufe (1974) die Erosion des Rheins deutlich erkennbar war (etwa 40 cm Absinken des Wasserspiegels bei  $Q = 2000 \text{ m}^3/\text{s}$ ), konnten die Abflüsse von Rhein bzw. Kinzig nicht als Vergleichsbasis dienen. Es wurden daher die Wasserstände der beiden Flüsse in die Vergleichsbetrachtungen einbezogen, die beim Modell als stationär angesehen worden waren.

Für den Vergleich wurden nicht die Absenkmaße zugrunde gelegt, da diese nicht entscheidend sind, sondern die im Stadtgebiet nach Stau und Anpassung vorhandenen Grundwasserstände mit den geforderten. Dabei zeigt sich folgendes:

1. Die gepumpten Wassermengen sind größer als erwartet bei geringeren Absenkungen. Dies hängt damit zusammen, daß die oberen 20 m des anstehenden Baugrundes eine größere Durchlässigkeit besitzen als die im Modell simulierte.
2. Die Grundwasserhöhen im Stadtgebiet sind nur zum Teil von den Wasserständen der beiden Flüsse abhängig (und damit direkt vom Stau). Sie werden großräumig beeinflußt durch den nicht von Anpassungsmaßnahmen direkt geschützten Südtteil der Stadt (Lageplan). Die Absenkmaßnahmen wirken nur im engen Bereich, großräumig haben sie keinen Einfluß.

3. Im größten Teil des Stadtgebietes von Kehl reichen für die beiden Grundfälle (siehe Punkt 2) die Anpassungsmaßnahmen aus: Die gemessenen Grundwasserhöhen bei gleichem Rhein- bzw. Kinzigstau wie im Modell weichen nur unwesentlich von den geforderten ab. Dies bedeutet, daß bei den im Modell angenommenen Rheinabflüssen aufgrund der Rheinerosion bei voller Ausnutzung der Anlage die geforderten Grundwasserstände nicht überschritten werden.
4. Die gemessenen Grundwasserhöhen sind bei Fall 1 im Stadtgebiet niedriger als die errechneten, in Fall 2 etwa gleich hoch (siehe Abb.2).
5. Im südlichen Stadtgebiet (siehe auch unter 2), wo keine Anpassungsmaßnahmen vorgesehen sind, wirkt sich der Aufstau stärker aus als erwartet. Dies hängt damit zusammen, daß für das gesamte Modell mangels Unterlagen die Annahme getroffen wurde, die Grundwasserstände der Stadt würden im wesentlichen von dem Stau in Rhein und Kinzig beeinflusst. Diese Annahme trifft für den in der Nähe des Modellrands gelegenen Sütteils der Stadt nicht mehr voll zu, da die Grundwasserströmung z.T. parallel zum Rhein verläuft.
6. Der nicht einheitliche Untergrund wirkt sich bei den Absenkungen örtlich beträchtlich aus. Die entstehenden Abweichungen vom Modell können beim Bau der Brunnen durch die sofortige Auswertung der Schichtprofile i.a. wie geschehen berücksichtigt werden.
7. Die Drainageleitung erbringt im Vergleich mit den Brunnen Absenkergebnisse, die den Modellergebnissen stärker nahekommen. Dies bestätigt die Tatsache, daß Einzelbrunnen im Modell (Singularitätspunkte) besondere Beachtung benötigen.
8. Die nach Stau gemessenen Grundwasserwerte liegen weit unter den vor Stau gemessenen Maximalwerten, die voraussichtlich bei Hochwasser nicht erreicht werden. Ein entsprechendes Hochwasser war im Beobachtungszeitraum noch nicht vorhanden.
9. Es ist möglich, bei niedrigeren Wasserständen der Vorfluter die Pumpwassermenge zu drosseln. Die Steuerung der Anlage mit 4 Steuerpegeln beschreibt der Abschnitt 5.

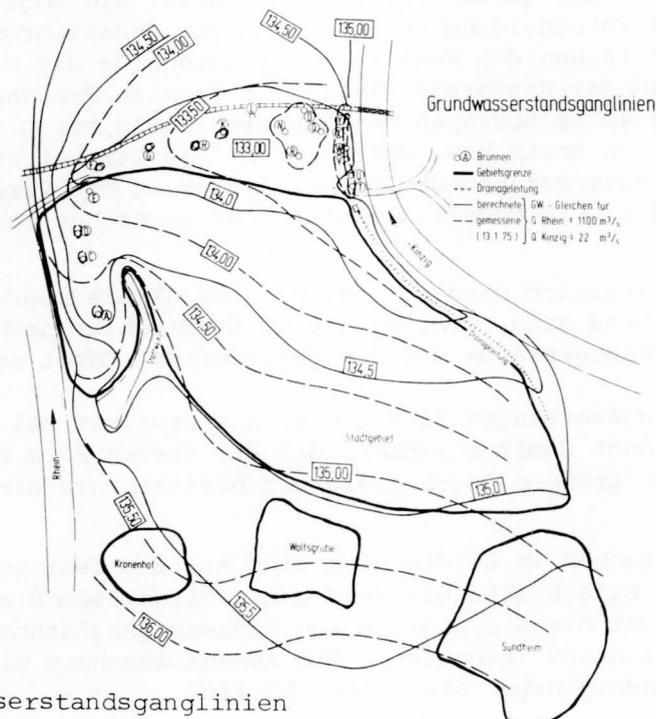


Abb. 2 Grundwasserstandsganglinien

10. Die Differenz zwischen gemessenen und errechneten GW-Ständen ist im Bereich der Dichtungswände beträchtlich, da diese nicht simuliert wurden.
11. Die im Modell nicht simulierten Dichtungswände und die Brunnen, deren Kapazität die Modellgrößen überschreitet, ergaben Reserven der Anpassungsmaßnahmen, deren Ausschöpfung die Anlage als i.a. ausreichend bezeichnen lassen.

## 5. Steuerung der Grundwasserabsenkungsanlage

Von den fünf genannten Anpassungsmaßnahmen können drei gesteuert werden (Brunnenreihe 1, 2 und Drainage), zwei nicht (Dichtungswände 1 und 2). Je nach Wasserführung der Flüsse und des großräumigen Grundwasserverhaltens werden über 4 in der Stadt verteilte Grundwasserbeobachtungspegel die Pumpen in den Brunnen geschaltet. Die Drainageleitung kann ebenfalls durch Senken bzw. Heben von Schiebern gesteuert werden. Diese Steuerung ist Gegenstand weiterer Untersuchungen der BAW und soll hier nicht erörtert werden. Eine Anpassung der Steuerung an die Sohlenselbstdichtung der Flüsse Rhein und Kinzig ist in Zukunft denkbar.

## 6. Zusammenfassung und Beurteilung

Aufgrund der Stauhaltung Gamsheim/Oberrhein wurde für den Raum Kehl mit einem Anstieg des Grundwassers gerechnet. Eine Auflage der Stadt an den Bauherrn sah vor, daß Maßnahmen getroffen werden, das Grundwasser im Stadtbereich bei vergleichbaren Abflüssen der Vorfluter Rhein und Kinzig nicht höher als vor dem Stau steigen zu lassen. Mit Hilfe eines elektrisch-analoges Grundwassermodells wurden Anpassungsmaßnahmen für den Stadtbereich geplant, außerhalb der Stadt wurden Einzelsanierungen vorgesehen. Vorliegender Bericht untersucht, inwieweit Modellergebnisse mit den nach Stau gemessenen Ergebnissen übereinstimmen. Die Übereinstimmung ist nicht übermäßig gut, da für das Modell nur eine begrenzte Anzahl von Daten zur Verfügung stand. Die Anpassungsmaßnahmen wurden daher gegenüber den im Modell eingebauten etwas erweitert (größere Pumpwassermenge, Dichtungswände). Diese Zusatzmaßnahmen in Verbindung mit den im Modell vorgesehenen Maßnahmen reichten jedoch aus, um das Grundwasser im Stadtbereich Kehl auf der vor dem Stau vorhandenen Höhe zu halten. Frühere Spitzenwerte wurden bis jetzt bei weitem nicht erreicht.

Die Voraussagen eines Modells sind, dies kann aus dem vorgelegten Beispiel geschlossen werden, nur so gut wie die für das Modell verwendeten Parameter zutreffend sind. Das Finden dieser Parameter erfordert i.a. einen erheblichen Aufwand. Andere Berechnungsarten sind sowohl beim Aufsuchen der Parameter als auch bei der Durchführung weniger aufwendig, ermöglichen aber für den vorliegenden Fall nur grobe Näherungen für die erforderliche Anzahl der Brunnen. Detaillierte Voraussagen über Wasserstände im gesamten Stadtgebiet sind nur über Grundwassermodelle zu erhalten. Außerdem ermöglicht das Modell, mit geringem Aufwand eine Anzahl von möglichen Varianten durchzutesten, um die optimale Verteilung der Anpassungsmaßnahmen zu erreichen. Dabei können im Modell Verhältnisse vor dem Stau simuliert werden (z.B. Hochwasserwellen ohne Anpassungsmaßnahmen), von denen gemessene Grundwasserhöhen vorliegen. Die "Eichung" des Modells (Veränderung der Parameter bis zur Übereinstimmung von Simulationen mit gemessenen Verhältnissen) gibt dem Modell eine Grundlage für Prognosen (Verhältnisse nach Stau), die bei konventionellen Berechnungsarten nicht vorhanden ist.

