

# Der Begriff der "Grundwasser-Höflichkeit"

Autor(en): **Jäckli, Heinrich**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Eclogae Geologicae Helvetiae**

Band (Jahr): **58 (1965)**

Heft 1

PDF erstellt am: **25.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-163261>

## **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.

# Der Begriff der «Grundwasser-Höflichkeit»

von **Heinrich Jäckli** (Zürich)

Mit 1 Textfigur

---

## I. Einleitung

Jede Bohrung nach Grundwasser, ähnlich wie eine Ölbohrung, birgt ein *spekulative Moment* in sich, dem sich weder die Bauherrschaft, welche die Kredite zu bewilligen, noch die Bohrunternehmung, welche die technische Ausführung zu garantieren hat, noch viel weniger der Geologe, der das Bohrprogramm aufstellen, die Bohrungen plazieren und diese in der richtigen Tiefe wieder abrechnen muss, entziehen können. Das Risiko, bei solchen Bohrungen das Gesuchte nicht in ausreichender Menge oder überhaupt nicht zu finden, hängt dabei nicht nur von rein geologischen und hydrologischen Faktoren, sondern ebenso sehr vom Grad unserer Kenntnisse des betreffenden Gebietes ab. Eine originelle graphische Darstellung des Risikos bei Ölbohrungen, in welcher diese Gesichtspunkte berücksichtigt sind, hat jüngst E. KÜNDIG (1962) vorgeschlagen.

Trotz vieler Versuche, die verschiedenen Momente nach einer allgemein gültigen Norm zu erfassen und auf hydrogeologischen Karten einheitlich darzustellen, sind wir heute noch weit von einer solchen Standardisierung entfernt. Die bisher erschienenen Grundwasserkarten oder hydrogeologischen Karten der Schweiz wie auch des Auslandes sind nach sehr verschiedenen Konzeptionen aufgebaut und lassen vorderhand erst höchst schüchterne Versuche einer vereinheitlichten Darstellung erkennen, obwohl sie doch überall sehr ähnliche Bedürfnisse befriedigen müssen.

Auf den schweizerischen Grundwasserkarten, z.B. auf den Karten der «öffentlichen» Grundwasserströme der Kantone Zürich (1934), Aargau (1947), Thurgau (1952), Solothurn (1952), Zug (1958), werden grundwasserführende Schotter ausgeschieden, das übrige Gebiet bleibt unbearbeitet; nach der französischen Methode werden auf geologisch-lithologischen Karten mit starker Betonung der Durchlässigkeit hydrologische Details, wie Hydroisohypsen, Gebiete gespannten Grundwassers, Fliessrichtung etc. dargestellt (z.B. auf der Carte hydrogéologique de la France 1:50000); nach deutschem Verfahren wird über lithologischen Signaturen die «Grundwasser-Höflichkeit» – auf welchen Begriff im folgenden noch eingegangen wird – in Farben dargestellt, beispielsweise auf der «Hydrogeologischen Übersichtskarte 1:500000», ebenso auf der «Grundwasserkarte der Bundesrepublik Deutschland 1:1000000».

Höchst selten aber wird auf Karten auch der Grad unserer Kenntnisse dargestellt. Ausser dem Autor der betreffenden Karte weiss eigentlich kaum jemand, wie exakt die auf der Karte dargestellten Elemente tatsächlich bekannt sind. Die Frage, was gewiss, was unsicher, was gerade noch wahrscheinlich sei, lässt sich in der Regel aus der Karte nicht ablesen. Im Gegensatz zu geologischen Karten, die auf Grund einer sorgfältigen Feldkartierung meist mit allgemein genügender Genauigkeit gezeichnet werden können, benötigt man zur Erfassung der Grundwasserverhältnisse und ihrer kartographischen Darstellung in der Regel Bohrungen. Jede Bohrung erweitert unsere Kenntnisse und vermindert die bisherige Ungewissheit, lässt aber nicht selten Komplikationen erkennen, die vorher nicht erwartet wurden. Wie sollen aber Gebiete ohne Bohrungen erfasst und dargestellt werden?

## II. Hydrogeologische Komponenten der Grundwasser-Höffigkeit

Der aus dem Bergbau entnommene Begriff der «Höffigkeit» (franz. = disponibilité = productivité probable, engl. = water-yield) wurde konsequent von R. GRAHMANN in die Grundwasserkunde eingeführt und auf den deutschen Übersichtskarten (1952–58) dargestellt. Er bezieht sich auf Grund bisheriger Erfahrungen und allgemeiner hydrogeologischer Erwägungen auf die *Möglichkeiten* der Wassergewinnung aus vertikalen Brunnen; die Höffigkeit «ist empirisch nach der Ergiebigkeit von vertikalen Rohrbrunnen üblicher Bauart bei erträglicher Spiegelabsenkung geschätzt» (H. KARRENBERG, 1960).

Folgende natürlichen Faktoren vermögen die Grundwasser-Höffigkeit zu beeinflussen:

### 1. Die Mächtigkeit des Grundwasserleiters und des darin zirkulierenden Grundwassers

Die Mächtigkeiten werden in der Regel schon mittels Bohrungen in einer frühen Phase von Sondierkampagnen festgestellt; sie und mit ihnen die Speichermöglichkeiten sind abhängig von der Form des Liegendkontaktes. Sie sind in der Regel gemeinsam mit der Durchlässigkeit mitbestimmend für die Ausbaugrösse eines Brunnens.

### 2. Die Durchlässigkeit des Grundwasserleiters

Die Durchlässigkeit ist abhängig von der Kornzusammensetzung, der Porosität, dem Verkittungsgrad, der Klüftung etc. Sie wird, in der Regel als k-Wert nach DARCY, während des Bohrvorganges durch Anstiegs- und Absenkversuche oder besser nach Abschluss der Bohrung in eigentlichen Pumpversuchen ermittelt und stellt die wichtigste Kennziffer zur frühzeitigen Abschätzung der Brunnenergiebigkeit dar.

### 3. Nachschubmechanismus

Zweifellos kann die Ergiebigkeit eines Brunnens in einem Grundwasserstrom mit nennenswertem Gefälle und damit starker Erneuerung auf die Dauer grösser veranschlagt werden als in einem fast stagnierenden Becken, das in absehbarer Zeit

annähernd leergepumpt werden könnte. Zur Beurteilung der Höffigkeit sollten deshalb die Nachschubmöglichkeiten mitberücksichtigt werden. Dabei können nämlich folgende Faktoren von Bedeutung sein:

a) *Perkolation der Niederschläge*, indem ein Teil der direkt auf den Grundwasserleiter fallenden Niederschläge zur Versickerung gelangen; Voraussetzung ist das Fehlen undurchlässiger Deckschichten.

b) *Seitlicher Zufluss* aus den benachbarten Hängen in durchlässigen Hangschichten, welche Möglichkeiten von der Morphologie, Lithologie und Tektonik des Einzugsgebietes abhängig sind.

c) *Unterirdischer Zufluss* aus entfernteren Gebieten, im Sinne eines echten Grundwasserstromes.

d) *Flussinfiltration* unter der Voraussetzung eines undichten Flussbettes und eines Druckgefälles vom Flußspiegel zum Grundwasserspiegel.

Der Nachschubmechanismus entscheidet über die sogenannte «Feldergiebigkeit», die im Gegensatz zur «Brunnenergiebigkeit» nicht mit kurzfristigen Pumpversuchen, sondern nur im langjährigen Dauerbetrieb von Grundwasserfassungen überprüft werden kann. Bei örtlich grosser Durchlässigkeit des Leiters besteht die Versuchung, die dort plazierten Brunnen zu gross zu dimensionieren und dabei, wenn der Nachschub ungenügend ist, das Feld zu übernutzen und dabei teilweise leerzupumpen. Bei grosser Durchlässigkeit, aber geringem Nachschub, sollten deshalb mit grossdimensionierten Grundwasserfassungen nur kurzfristige Spitzen gedeckt werden, während die Dauerentnahme nicht grösser als der Nachschub sein sollte. In solchen eher seltenen Fällen wird der allgemeine Begriff «Höffigkeit» zweideutig; man sollte genauer spezifizieren, ob darunter eine kurzfristige Spitzenleistung oder eine langjährige Dauerleistung eines Brunnens verstanden wird.

#### 4. Tiefenlage der Grundwasseroberfläche

Liegt die Grundwasseroberfläche zu nahe der Terrainoberfläche, so kann dadurch das Grundwasser hygienisch gefährdet werden, besonders dort, wo undurchlässige Deckschichten fehlen.

Befindet sich aber umgekehrt die Grundwasseroberfläche in zu grosser Tiefe, so können deswegen technische und finanzielle Erschwernisse beim Bau und Betrieb von Brunnen auftreten. Eine scharfe Grenze nach unten fehlt natürlich, indem Erstellungs- und Betriebskosten für eine finanzstarke Grossindustrie noch tragbar sein können, die für ein kleines Dorf aber bereits prohibitiv wirken. Da die Höffigkeit vernünftigerweise auf eine «wirtschaftlich tragbare Fassung» (R. GRAHMANN 1952 ff) bezogen wird, darf die Tiefenlage nicht unberücksichtigt bleiben.

Das Optimum der Lage des Grundwasserspiegels für Verhältnisse des schweizerischen Mittellandes dürfte etwa zwischen 10–20 m u. T. angenommen werden.

#### 5. Chemische und bakteriologische Eigenschaften des Grundwassers

Solange der Begriff Höffigkeit rein quantitativ aufgefasst wird, können dabei chemische oder bakteriologische Eigenschaften des Grundwassers vernachlässigt werden. Wo letztere aber für eine wirtschaftliche Nutzung von ausschlaggebender

Bedeutung sind, sollten sie auf Karten, unabhängig von der Höffigkeit im engeren Sinn, ebenfalls zur Darstellung gelangen, wie das auf verschiedenen ausländischen Karten bereits der Fall ist.

### III. Der Grad unserer Kenntnisse

Die «Grundwasser-Höffigkeit» wurde bisher als Summe dieser geologisch-hydrologischen Faktoren aufgefasst und als für den Wasserwirtschafter wichtigstes Element auf den deutschen hydrogeologischen Karten 1:500000 und 1:1000000 farbig dargestellt, wobei Gebiete mit grosser Grundwasser-Höffigkeit blau, solche mit kleiner rot dargestellt wurden. Sie setzt sprachlich eine Hoffnung, d. h. eine gewisse Unsicherheit, eine Wahrscheinlichkeit voraus; sie wird sinnlos für eine technisch einwandfrei erstellte und seit längerer Zeit in Betrieb stehende Grundwasserfassung, weil hier dank langjähriger Erfahrung die «Hoffnung» bereits zur «Gewissheit» ihrer Ergiebigkeit geworden ist. «Höffigkeit» kann sich konsequenterweise nur auf noch nicht erstellte Fassungen beziehen.

Neben den bisher beschriebenen geologischen und hydrologischen Momenten muss aber im Begriff «Höffigkeit» auch noch der Umfang unserer Kenntnisse mit eingeschlossen werden. Diese Kenntnisse werden zum bescheidenen Teil an natürlichen Aufschlüssen teils rein geologischer, teils hydrologischer Natur, wie Quellen oder natürlichen Grundwasseraustritten erworben; dazu gesellen sich aber die meistens viel wichtigeren künstlichen Aufschlüsse, wie Baugruben, Sodbrunnen, Sondierbohrungen im weitesten Sinn, geophysikalische Untersuchungen und schliesslich Grundwasserfassungen.

Beispielsweise besteht bei flachen, mit Vegetation bewachsenen Akkumulationsterrassen unter Umständen die Möglichkeit, dass sie aus sterilen, feinkörnigen Silten und Lehmen aufgebaut sind, die keine Grundwasserleiter darstellen, oder aber aus durchlässigen, grundwasserführenden, sehr produktiven Kiesen. Die Frage kann nur durch Sondierungen beantwortet werden. Solange diese fehlen, kann eine sehr grosse Unsicherheit in der Beurteilung der Höffigkeit solcher Gebiete bestehen.

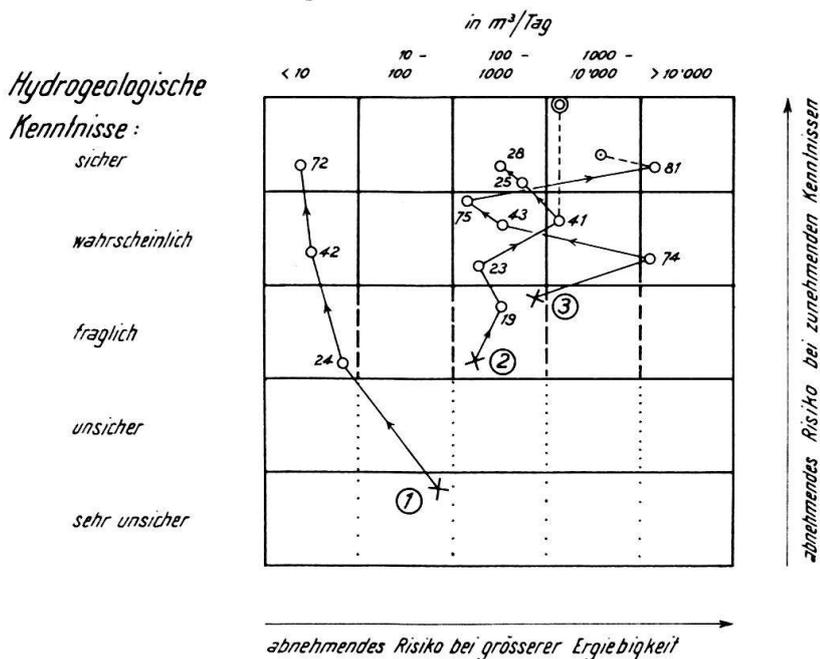
Auf Fig. 1 wurde der Versuch unternommen, die Höffigkeit im eben diskutierten Sinne auch graphisch darzustellen.

Auf der Abszisse ist die Ergiebigkeit, zunehmend von links nach rechts, in Gruppen von Zehnerpotenzen in  $\text{m}^3/\text{Tag}$ , auf der Ordinate dagegen der Grad unserer Kenntnisse, zunehmend von unten nach oben, dargestellt, wobei die Gruppen Grenzen völlig empirisch gewählt wurden. Die ganze Fläche als solche stellt die Höffigkeit dar, zu deren genaueren Charakterisierung gemäss unserem Koordinatensystem theoretisch immer zwei zusätzliche Bezeichnungen nötig wären, nämlich bezüglich der Ergiebigkeit und bezüglich des Grades unserer Kenntnisse.

So gilt z.B. für das Feld rechts oben: Höffigkeit sehr gross, sicher; für das Feld in der Mitte: Höffigkeit mittelgross, fraglich.

Für die untersten Felder in der fünften Reihe mit sehr unsicheren Kenntnissen, für Gebiete, wo praktisch noch keine Sondierungen vorhanden sind und auch natürliche Aufschlüsse fehlen, wird die Unterteilung in geologisch-hydrologische Vertikal-kolonnen sinnlos.

Ergiebigkeit in Vertikalbrunnen üblicher Bauart



Legende:

- × Ausgangspunkt der Darstellung eines Untersuchungsgebietes vor Bohrbeginn; Höffigkeitsangabe geschätzt.
- 42 Sondierbohrung mit Angabe der Tiefe in Metern
- → ○ → ○ → ○ 4 Sondierbohrungen in zeitlicher Reihenfolge, mit unterschiedlichem Ergebnis.
- Grundwasserfassung im Betrieb, ohne volle Ausnützung der Ergiebigkeit
- ⊙ Grundwasserfassung im Betrieb, mit voller Ausnützung der Ergiebigkeit

Fig. 1. Graphische Darstellung der Höffigkeit.

IV. Die Änderung der Höffigkeit

Jede Bohrung verbessert den Grad unserer Erkenntnisse, wodurch das Risiko bei späteren Bohrungen verringert wird. Auf unserer graphischen Darstellung gelangt man dabei von unteren in obere Felder. Jede Sondierkampagne liefert demnach auf unserer Darstellung eine vertikale Bewegungskomponente nach oben, die mittels Pfeilen als Verbindung von Bohrung zu Bohrung dargestellt werden kann.

Eine geologisch bedingte Veränderung der Höffigkeit, auf unserem Diagramm mit horizontaler Bewegungskomponente, tritt dann ein, wenn als Folge weiterer Untersuchungen andere Durchlässigkeiten, andere Wassermächtigkeiten oder andere Nachschubmöglichkeiten, als früher vermutet wurden, tatsächlich nachgewiesen werden. Sind diese neuen Untersuchungsergebnisse günstiger als die vorher

vermuteten, war somit die Prognose zu pessimistisch, so weist der Pfeil der Höffigkeitsveränderung auf unserem Diagramm nach *rechts* oben; sind die Sondierergebnisse dagegen schlechter, war demnach die Prognose vorher zu optimistisch, dann weist der Pfeil nach *links* oben.

In seltenen Fällen kann aber auch eine zeitliche Veränderung der Höffigkeit eintreten, unabhängig von weiteren Untersuchungen, wenn sich nämlich die Ergiebigkeit eines Grundwasservorkommens verändert. Letztere kann absinken, beispielsweise infolge Übernutzung, infolge Flussbettabdichtung, Überbauung oder Drainierung des Einzugsgebietes. Sie kann theoretisch aber auch ansteigen, zum Beispiel infolge künstlicher Grundwasseranreicherung, oder infolge Rückstau aus einem aufgestauten Vorfluter. Solche Veränderungen könnten auf unserem Diagramm durch horizontal gerichtete Pfeile angedeutet werden.

Auf Fig. 1 sind drei Fälle von Sondierkampagnen, mit 1–3 bezeichnet, als Beispiele dargestellt.

Fall 1: In einem würmeiszeitlichen Zungenbecken mit flacher, weiter Talsohle ohne natürliche Aufschlüsse (Höffigkeit: «Klein, sehr unsicher») wird eine erste Bohrung von 24 m, eine zweite von 42 m und eine dritte von 72 m abgeteuft, ohne einen produktiven Grundwasserleiter zu finden. Die ganze spätglaziale Beckenfüllung besteht aus sterilen Seebodenlehmen, in denen sich keine Grundwasserfassung erstellen lässt. Neue Höffigkeit: «Sehr klein, sicher».

Fall 2: Randlich neben einer Würmmoräne liegt eine kleine Akkumulationsterrasse mit kleiner Kiesgrube; ein Grundwasserspiegel ist nirgends aufgeschlossen (Höffigkeit: «Ziemlich klein, fraglich»). Mittels fünf Sondierbohrungen bis auf das undurchlässige Liegende wurde ein Grundwasserleiter von ziemlich grosser Ergiebigkeit eruiert, in der dritten Bohrung bis in 41 m Tiefe reichend, an welcher Stelle eine Fassung mit 1200 l/min erstellt wurde. Die 4. und 5. Bohrung lagen randlich und damit ungünstiger. Neue Höffigkeit: «Ziemlich gross, sicher».

Fall 3: Eine weite Ebene aus Niederterrassenschotter war durch mehrere Bohrungen und kleinere Grundwasserfassungen von rund 15–24 m Tiefe aufgeschlossen; die Grundwassermächtigkeit betrug bloss 1–6 m (Höffigkeit: «Mittelgross, fraglich»). In der Folge wurde mittels vier Tiefbohrungen festgestellt, dass unter dem Niederterrassenschotter in weiten Gebieten nur ein interglazialer steriler Lehm von grosser Mächtigkeit folgt, dass aber in einem eng begrenzten Abschnitt, aufgeschlossen durch Bohrung 1 und 4, unter relativ wenig Lehm ein älterer risszeitlicher Schotter als Grundwasserleiter von rund 50 m Mächtigkeit und grosser Durchlässigkeit liegt. In diesem wurde eine neue Grundwasserfassung für 4500 l/min gebaut, obschon beim Pumpversuch eine noch wesentlich grössere kurzfristige Ergiebigkeit nachgewiesen worden war. Neue Höffigkeit: «Dauernd gross, kurzfristig sehr gross, sicher». Bei grosser Brunnenergiebigkeit, aber kleinem Nachschub besteht die Gefahr, auf die Dauer das Feld zu übernutzen, den Spiegel abzusenken, bestehende ältere Fassungen zu schädigen und die Höffigkeit dabei zu verringern.

Der Begriff der «Grundwasser-Höffigkeit», bezogen auf ein bestimmtes, nicht allzugrosses Gebiet oder Teilgebiet, als Mass der wahrscheinlichen Ergiebigkeit für dort noch zu erstellende Vertikalbrunnen, kommt zweifellos wichtigsten Bedürfnissen und Wünschen des Ingenieurs wie des Hydrogeologen und des Wasserwirtschaftlers entgegen. Er schliesst aber eine Summe verschiedener, zahlenmässig nicht exakt zu definierender hydrogeologischer Faktoren ein, die zudem immer nur in sehr unterschiedlichem Grade bekannt sind. Es wäre zu wünschen, dass in Zukunft gerade dieser «Grad unserer Kenntnisse» bei Angaben der Höffigkeit, beispielsweise auch auf Grundwasserkarten, stärker als bisher zum Ausdruck gebracht würde.

## LITERATURVERZEICHNIS

- BAUDEPARTEMENT DES KTS. SOLOTHURN (1952): *Karte der öffentlichen Grundwassergebiete.*
- BAUDIREKTION DES KTS. AARGAU (1947): *Karte der öffentlichen Grundwasserströme und Grundwasserbecken.*
- BUNDESMINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT, hydrogeologischer Arbeitskreis, Leitung RUDOLF GRAHMANN (1952–1958): *Hydrogeologische Übersichtskarte 1:500 000, mit Erläuterungen.*
- BUREAU DE RECHERCHES GEOLOGIQUES ET MINIERES (1963): *Carte Hydrogéologique de la France, Feuille Douai, 1:50 000.*
- GRAHMANN, R. (1958): *Die Grundwässer in der Bundesrepublik Deutschland und ihre Nutzung.* Bundesanstalt für Landeskunde, Remagen.
- Hug, J. (1918): *Die Grundwasservorkommnisse der Schweiz.* Ann. Schweiz. Landeshydr. 3.
- HUG, J. & BEILIK, A (1934): *Die Grundwasserverhältnisse des Kts. Zürich.* Beitr. Geol. der Schweiz, geotechn. Serie. Hydrologie, Lief. 1, mit Grundwasserkarte 1:100 000.
- HESSISCHES LANDESAMT FÜR BODENFORSCHUNG (1961): *Wasserwirtschaftlicher Rahmenplan Kintzig.*
- JÄCKLI, H. (1964): *Die Grundwassertypen des aargauischen Reusstales, mit Grundwasserkarte 1:100 000.* «Wasser- und Energiewirtschaft» 56/12.
- KARRENBERG, H. (1960): *Die Hydrogeologische Karte 1:100 000 von Nordrhein-Westfalen.* Ass. Int. d'Hydrol. sci. Ass. gén. Helsinki.
- KÜNDIG, E. (1962): *Problems around the evaluation and grading of oil prospects.* Bull. Ver. Schweiz. Petrol.-Geol. u. -Ing., 29, Nr. 76.

