

# HENRY

Hydraulic Engineering Repository

Ein Service der Bundesanstalt für Wasserbau

---

Conference Paper, Published Version

**Hinrichs, Jan H.**

## **Vom Aufschluss im Fels zum Baugrundmodell - Aufnahme von Felsbohrkernen am Beispiel der Schleusen Besigheim und Hessigheim -**

---

Verfügbar unter/Available at: <https://hdl.handle.net/20.500.11970/105239>

Vorgeschlagene Zitierweise/Suggested citation:

Hinrichs, Jan H. (2017): Vom Aufschluss im Fels zum Baugrundmodell - Aufnahme von Felsbohrkernen am Beispiel der Schleusen Besigheim und Hessigheim -. In: Bundesanstalt für Wasserbau (Hg.): Bohrungen und Baugrund. Herausforderungen bei der Ausführung in der horizontalen und vertikalen Bohrtechnik. Karlsruhe: Bundesanstalt für Wasserbau. S. 111-114.

### **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.





## Vom Aufschluss im Fels zum Baugrundmodell - Aufnahme von Felsbohrkernen am Beispiel der Schleusen Besigheim und Hessigheim -

Dipl.-Geol. Jan H. Hinrichs

GHJ Ingenieurgesellschaft für Geo- und Umwelttechnik mbH & Co. KG, Am Hubengut 4, 76149 Karlsruhe  
Tel.: +49 (721) 97835-19 ; E-Mail: j.hinrichs@ghj.de

### Zusammenfassung

Ziel einer jeden Baugrunderkundung ist es, den Untergrund im Bereich eines Bauvorhabens hinsichtlich seiner geotechnischen und hydrogeologischen Eigenschaften hinreichend genau zu erfassen. Hierzu werden in aller Regel Aufschlussbohrungen niedergebracht, mit deren Hilfe der Baugrund aber nur 1-dimensional erkundet werden kann. Eine räumliche, d. h. 3-dimensionale Vorstellung des Untergrundaufbaus erhält man dadurch, dass die Erkenntnisse aus den einzelnen Aufschlüssen mit Hilfe geologischen Sachverständes in ein 3-dimensionales Baugrundmodell übertragen werden. Dies ist bereits bei der Aufnahme von Baugrundaufschlüssen zu beachten. Gerade bei komplexen geologischen Strukturen, wie sie im Festgestein bzw. im Fels vorkommen können, ist eine detaillierte Bohrkernaufnahme im Hinblick auf die Erstellung eines aussagekräftigen, fachlich belastbaren Baugrundmodells unerlässlich. Am Beispiel der Baugrunderkundungen für die Erweiterung der Schleusen Besigheim und Hessigheim wird aufgezeigt, welche Aspekte bei der geologisch-stratigrafischen Aufnahme von Festgesteinsbohrkernen relevant sind und wie die dabei ermittelten Erkenntnisse das spätere Baugrundmodell maßgeblich prägen.

### 1 Baugrundmodell im Fels

Jede Baugrunderkundung sollte in einem Baugrundmodell münden, in dem die Untergrundverhältnisse in geologisch sinnvollen Homogenbereichen für sämtliche bautechnischen Fragestellungen hinreichend genau beschrieben sind.

Wie bei Böden bzw. Lockergesteinen beruht die Erstellung eines Baugrundmodells in aller Regel auf einer fachlich fundierten Aufnahme von Baugrundaufschlüssen. Bei Aufschlüssen, die bis in den Fels hinein reichen sind dabei neben allgemeingültigen geologischen Gesetzmäßigkeiten besondere, festgesteinsspezifische Aspekte zu beachten.

### 2 Allgemeines zur Aufnahme von Fels

#### 2.1 Geotechnische Aufnahme

Bei der Aufnahme von Fels sind die Vorgaben der DIN EN ISO 14689-1 „Geotechnische Erkundung Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Fels – Teil 1: Benennung und Beschreibung“ zu beachten. Nach dieser Norm ist zu unterscheiden zwischen

- **Mineral:** stofflich homogener Grundbestandteil von Gesteinen
- **Fels:** natürliche Ansammlung von miteinander verbundenen Mineralien
- **Gestein:** von Trennflächen begrenzter Fels
- **Gebirge:** Fels einschließlich Trennflächen und Verwitterungsprofile

Grundlage der Aufnahme ist zunächst eine Benennung der Gesteinsart. Diese erfolgt unter Berücksichtigung von

- **Entstehung**  
magmatisch, sedimentär oder metamorph
- **Struktur**  
z. B. massig, geschichtet, geschiefert
- **Mineralinhalt**  
Quarz, Kalk, Dolomit, Gips etc.

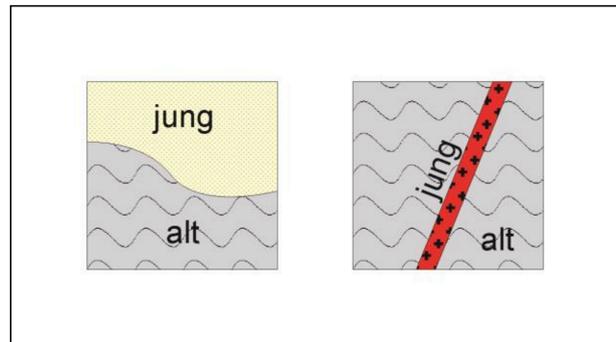
Als Hilfestellung kann hierbei die Tabelle A.1 der DIN EN ISO 14689-1 herangezogen werden. Die weitergehende Beschreibung des Felses erfolgt dann im Wesentlichen unter Berücksichtigung der nachfolgend aufgeführten Parameter:

- Farbe
- Korngröße und Kornbindung
- Matrix
- Verwitterungsgrad
- Kalkgehalt
- Veränderlichkeit unter Wasserbedeckung
- einaxiale Druckfestigkeit
- Poren- und Hohlraumanteil

Nach eingehender Beschreibung des Gesteins ist schließlich noch auf den Gesteinsverband bzw. das Gebirge einzugehen. Nach DIN EN ISO 14689-1 sind hierbei folgende Aspekte zu berücksichtigen:



- **geologische Struktur**  
z. B. massig, geschichtet, geschiefert
- **Trennflächengefüge**  
nach Art der Trennflächen (z. B. Schicht-, Kluft- oder Schieferungsflächen), räumlicher Lage, Trennflächenabständen, Ausdehnung, Rauigkeit, Öffnungsweite, Kluftfüllungen
- **Gebirgsdurchlässigkeit**
- **Wasserführung**



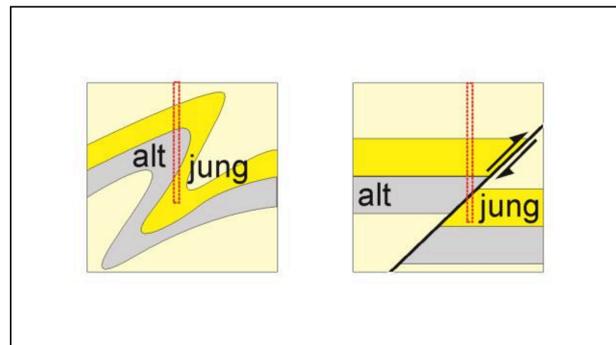
**Bild 1:** Beispiele für ungestörte Lagerungsverhältnisse bei Gesteinen unterschiedlichen Alters

Bei Aufnahme von Bohrkernen ist darüber hinaus die Qualität des Bohrgutes zu berücksichtigen. Vielfach stellt sich die Gesteinsqualität im Bohrkern in Abhängigkeit des Bohrverfahrens und der Gesteinseigenschaften deutlich anders dar, als es der Realität entspricht (z. B. bei zerbohrtem Fels). Dies kann zu erheblichen Fehleinschätzungen der Beschaffenheit des anstehenden Gebirges führen.

Bei intensiver tektonischer Beanspruchung von Gesteinen können jedoch regional auch ältere Gesteine über jüngeren zu liegen kommen oder auch Schichtlücken entstehen. Eine Umkehr der Lagerungsverhältnisse kann z. B. bei Falten tektonik mit liegenden Falten, bei Überschiebungen oder auch bei Salztektonek angetroffen werden.

## 2.2 Geologisch-stratigraphische Aufnahme

Bei der Erstellung eines Baugrundmodells werden die Baugrundaufschlüsse in einen räumlichen Zusammenhang gebracht. Dabei werden Prognosen auch für solche Bereiche erstellt, für die keine unmittelbaren Aufschlussdaten existieren.



**Bild 2:** Beispiele für Umkehr d. Lagerungsverhältnisse

Für fachlich fundierte Prognosen sind die Ergebnisse einer Baugrunderkundung in einen in sich schlüssigen geologischen Kontext zu bringen. Dabei kommt der stratigraphischen Abfolge der Gesteine eine entscheidende Bedeutung zu.

Bei komplexen geologischen Verhältnissen lassen sich Gesteinsabfolgen nur dann in ein plausibles Baugrundmodell übertragen, wenn die ungestörte regionale Abfolge der Gesteine hinreichend bekannt ist. Nur dann können Abweichungen von der „normalen“ Schichtabfolge erkannt und gedeutet werden.

Unter dem Begriff Stratigraphie (= „Schichtbeschreibung“) versteht man die zeitliche bzw. erdgeschichtliche und räumliche Ordnung der Gesteine unter Berücksichtigung aller physikalischen und chemischen Grundmerkmale der Gesteine. Grundprinzipien der Stratigraphie sind beispielsweise:

- **jung liegt auf alt** (z. B. bei Sedimentgesteinen): Vergleichsweise junge Sedimente werden auf älteren, bereits vorhandenen Gesteinen abgelagert. = Prinzip der Superposition
- **jung durchdringt alt** (z. B. bei magmatischen Gesteinen): Junge Erstarrungsgesteine aus ehemals glutflüssiger Gesteinsschmelze durchdringen ältere, bereits bestehende Gesteine.

Bei der Aufnahme von Felsbohrkernen sind die erbohrten Gesteine in die erwartete stratigraphische Abfolge einzuordnen. Wichtigste Hilfsmittel sind unverwechselbare Schichtgrenzen und Leithorizonte mit charakteristischem Inhalt an Mineralien oder Fossilien.

Informationen zur regionalen Abfolge der Gesteine erhält man in der Regel über Fachliteratur und geologische Karten oder auch über einschlägig erfahrene Fachleute.

### 3 Schleusen Besigheim und Hessigheim

Für Baugrunderkundungen im Bereich der Schiffsschleusenanlagen Besigheim und Hessigheim wurden zahlreiche Aufschlussbohrungen bis weit in den anstehenden Fels hinein niedergebracht. Die Vorgehensweise bei der Bohrkernaufnahme, die schließlich in ein Baugrundmodell mündet, sei hier exemplarisch dargestellt.

#### 3.1 Allgemeine geologische Verhältnisse

Vor Beginn der Bohrkernaufnahme sind die allgemeinen geologischen Standortbedingungen zu betrachten.

Die Kommunen Besigheim und Hessigheim liegen zwischen Stuttgart und Heilbronn im so genannten Neckarbecken. Dieses weist ein vergleichsweise schwach ausgeprägtes Relief auf, in das die Täler von Neckar, Enz und sonstigen Flüssen um ca. 100 – 150 m eingetieft sind. Die Hochflächen sind von den Gesteinen des Oberen Muschelkalks geprägt. In den Tälern sind diese Gesteine bis zum Mittleren Muschelkalks hinab ausgeräumt.

Abgesehen von geringmächtigen vergleichsweise jungen Flussablagerungen sind im Bereich der Schleusen Besigheim und Hessigheim die tieferen Teile des Oberen Muschelkalks (mo1, „Trochitenkalkformation“) und die Sedimentgesteine des Mittlere Muschelkalk (mm; Karlstadt-, Heilbronn- und Diemelformation) zu erwarten. Diese stratigrafischen Einheiten lassen vom Hangenden zum Liegenden, also von „oben nach unten“ sich wie folgt charakterisieren:

- **Trochitenkalkformation (mo1):** Kalkstein mit Tonmergel- und Tonsteinzwischenlagen; charakteristisch: Schillkalkbänke mit zahlreichen Muschelschalen und sonstigen Fossilien
- **Diemelformation (mm):** Dolomitstein; charakteristisch: graubraune bis beigebraune Farbe und löchrig-kavernöser Horizont an der Basis der Formation (Lauffen-Horizont)
- **Heilbronnformation (mm):** Gips, Dolomitstein und Tonstein, bereichsweise Steinsalz, bzw. deren Verwitterungsprodukte (!); charakteristisch: oft nur noch Auslaugungsrückstände, charakteristische Leithorizonte: Zwischendolomit mit Stromatolithen und ausgelaugtes Steinsalzlager
- **Karlstadtformation (mm):** Dolomitstein, untergeordnet Tonstein, Kalkstein, Fasergips

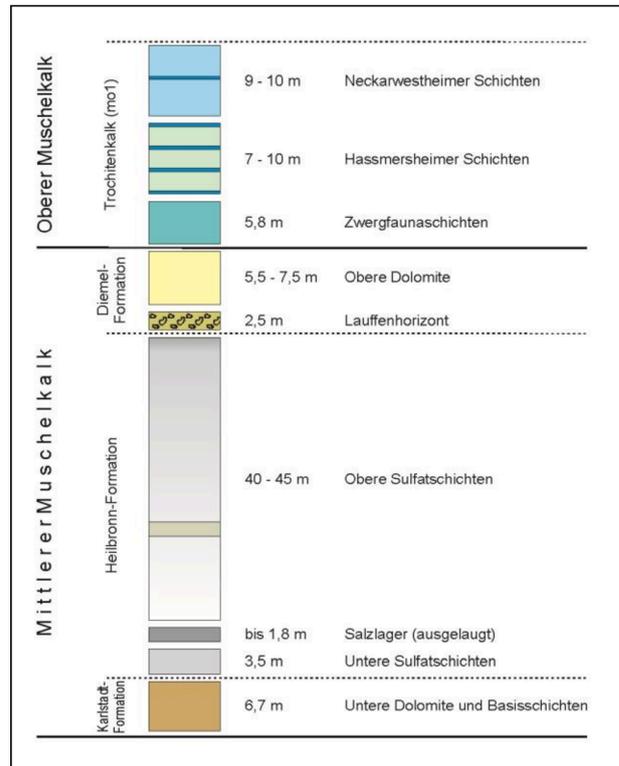


Bild 3: Normalprofil Bereich Besigheim - Hessigheim

#### 3.2 Bohrkernaufnahme

Die Aufnahme der Felsbohrkerne erfolgte zum einen nach DIN EN ISO 14689-1, zum anderen nach geologisch-statigrafischen Kriterien. Bei dieser Aufnahme waren die Abfolgen des Oberen Muschelkalks und die Diemelformation in der Regel gut identifizierbar, auch wenn sie durch geologische Prozesse im tieferen Untergrund oft zerrüttet und partiell verwittert waren. Bei den Gesteinen der Heilbronnformation war die Aufnahme jedoch durch intensive Auslaugungsprozesse stark erschwert.



Bild 4: Gegenüberstellung von Bohrkernen in weitgehend ungestörtem Fels und in stark gestörten und verwitterten Gesteinen (Fotografische Aufnahmen durch BAW Karlsruhe)



### 3.3 Baugrundmodell

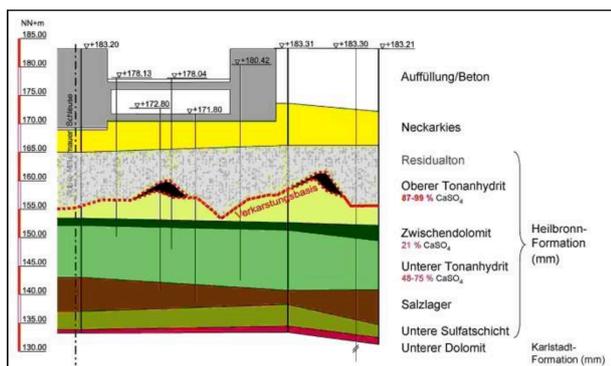
Bei der Erstellung eines Baugrundmodells werden die erbohrten Gesteinseinheiten zu Homogenbereichen zusammengefasst. Die Ausweisung der Homogenbereiche im Fels erfolgt nach der Gesteinszusammensetzung, der Schichtung, dem Verwitterungsgrad, dem Trennflächengefüge etc.

Im vorliegenden Fall wäre die Erstellung eines plausiblen Baugrundmodells allein auf Basis einer geotechnischen Aufnahme nicht möglich gewesen, da der Fels zu großen Teilen stark gestört war und die Gesteine auch kleinräumig stark unterschiedliche Erscheinungsbilder aufwiesen. Für die Interpolation der geologischen Verhältnisse zwischen den einzelnen Baugrundaufschlüssen war die Identifizierung geologischer Leithorizonte von ausschlaggebender Bedeutung.

Die Ergebnisse der aktuellen Bohrungen wurden auch mit alten Bohrprofilen verglichen. Dabei wurde deutlich, dass der Baugrund durch Auslaugungsprozesse innerhalb weniger Jahrzehnte deutlichen Veränderungen unterlag. Da davon auszugehen ist, dass die Auslaugungsprozesse auch in Zukunft ablaufen, müssen im Baugrundmodell auslaugungsempfindliche Gesteinsabfolgen besonders berücksichtigt werden.

Bei dynamischen Veränderungen im Baugrund ist prinzipiell zu hinterfragen, inwieweit alte Baugrundaufschlüsse für die Erstellung eines Baugrundmodells noch verwendet werden können.

Mit Hilfe der geologisch-stratigrafischen Aufnahme der Felsbohrkerne ließen sich die Baugrundaufschlüsse schließlich in ein plausibles Baugrundmodell übertragen.



**Bild 5:** Geologischer Schnitt (BAW Karlsruhe)

### Literatur

BRUNNER, H. & HINKELBEIN, K. (2000): Geologische Karte von Baden-Württemberg 1 : 50.000, Erläuterungen Heilbronn und Umgebung. 1. Auflage, Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau, Freiburg

GAHM, T. (2013): Fachkraft für Probenahme, Benennung und Beschreibung von Fels nach DIN EN ISO 14689-1 – unveröffentlichte Seminarunterlagen, Rostrup / Bad Zwischenahn

GEYER, O. F. & GWINNER, M. P. (2011): Geologie von Baden-Württemberg. 5., völlig neu bearbeitete Auflage, E. Schweizerbart'sche Verlagbuchhandlung, Stuttgart

Heeling, A. (2014): Vom Aufschluss zum Baugrundmodell. – 65. Deutsche Brunnenbauertage / BAW-Baugrundkolloquium, Tagungsband: 99-114; Rostrup / Bad Zwischenahn

NORMENAUSSCHUSS BAUWESEN IM DIN DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG E. V. (2004): DIN ISO 14689-1 - Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Fels – Teil 1: Benennung und Beschreibung (ISO 14689-1:2003); Deutsche Fassung EN ISO14689-1:2003. Beuth Verlag GmbH, Berlin

NORMENAUSSCHUSS BAUWESEN IM DIN DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG E. V. (2010): DIN 4020 - Geotechnische Untersuchungen für bautechnische Zwecke – Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-2. Beuth Verlag GmbH, Berlin