Tiefbauarbeiten planen:

Mit Grundwasserprognosen Zeit und Kosten sparen

von Dr. Rainer Hart* und Dipl.-Ing. (FH) Jens Schopphoven**

Hohe Grundwasserstände führen bei Tiefbauarbeiten zu erheblichen Aufwendungen. Treten sie unerwartet ein, können Behinderungen und große Schäden die Folge sein. Bei Tiefbauarbeiten in Gebieten mit zeitweilig hohen Grundwasserständen können erhebliche Aufwendungen durch eine zielgerichtete Auswertung langjähriger Grundwasserbeobachtungsreihen und eine darauf aufbauende baubetriebliche Optimierung eingespart werden. Der Beitrag beschreibt das Prinzip einer derartigen Grundwasserprognose und erläutert es am Beispiel einer großen Tiefbaumaßnahme.

Die für Tiefbauarbeiten notwendigen Standsicherheitsnachweise nach DIN EN 1997-1 und DIN 1054 setzen geotechnische Untersuchungen auf Grundlage der DIN EN 1997-2 und DIN 4020 voraus. Das Ergebnis der geotechnischen Untersuchungen soll u.a. für die Bauausführung notwendige Maßnahmen wie Baugrubensicherungen und Grundwasserhaltungen aufzeigen. Zum Grundwasser sollten, falls erforderlich, folgende Informationen geliefert werden:

- die Tiefe, die Mächtigkeit, die Ausdehnung und die Durchlässigkeit der wasserführenden Schichten im Baugrund und der Kluftsysteme in Fels,
- die Höhenlage des freien Grundwasserspiegels oder die Druckhöhe wasserführender Schichten, die zeitliche Entwicklung und die aktuellen Grundwasserstände mit möglichen Extremwerten und ihren jährlichen Überschreitungswahrscheinlichkeiten,
- die Verteilung des Porenwasserdrucks sowie
- die chemische Zusammensetzung und Temperatur des Grundwassers.

Außerdem sollten die Untersuchungsergebnisse ausreichen, um bei Bedarf folgende Gesichtspunkte zu bewerten:

- Möglichkeit zur Grundwasserabsenkung,
- mögliche schädliche Auswirkungen des Grundwassers auf Abgrabungen oder Böschungen,
- jede Art von Maßnahmen zum Schutz des Bauwerks sowie
- Auswirkungen von Grundwasserabsenkung, Trockenlegung, Wasseraufstau usw. auf die Umgebung.

Bauzeitorientierte Grundwasserprognose

Bedauerlicherweise erfüllt der überwiegende Teil der geotechnischen Berichte die oben beschriebenen Anforderungen nicht oder nur teilweise. Vielmehr beschränken die Berichte sich entsprechend dem Leistungsbild der HOAI auf die Angabe der „Schwankungsbreite von Wasserständen im Boden" sowie die Angabe von „maximalen charakteristischen Grundwasserständen". Für eine wirtschaftliche Planung und baubetriebliche Optimierung von Tiefbauarbeiten ist das wenig hilfreich. Denn wer vom Maximum ausgeht, muss auch das Maximale bezahlen.

Weil die Grundwasserstände nicht konstant sind, sondern glücklicherweise einen Jahresgang aufweisen, kann mit der gezielten Auswertung langjähriger Grundwasserbeobachtungsreihen ein optimales Zeitfenster für die Bauausführung ermittelt werden. Durch die Nutzung geeigneter Zeiträume erübrigen sich mitunter erhebliche Aufwendungen sowie Kosten. Voraussetzung für eine Analyse sind langjährig beobachtete Grundwassermessstellen nahe der Baumaßnahme. Die Grundwasserbeobachtung erfolgt meist durch die Wasserbehörden der Bundesländer, die ein landesweites Messstellennetz betreiben, zum Teil aber auch durch Städte, Kommunen, Begünstigte von Wasserrechten und Industriebetrieben. Auskunft über Grundwassermessstellen und Grundwasserbeobachtungsreihen erhält man häufig bei den oberen und obersten Wasserbehörden sowie Landes-Fachbehörden.

Überwiegend sind diese Daten auch in Internetportalen verfügbar. Als Beispiele seien hier der Mapserver des Ministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur und Verbraucherschutz Nordrhein-West-

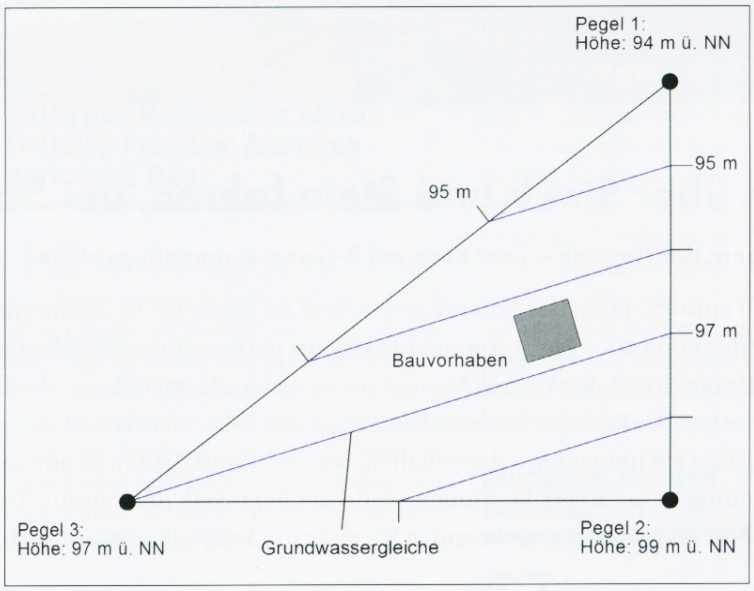

Abbildung 1: Systemskizze zur Abschätzung der Wasserspiegelhöhe aus Daten umliegender Messstellen. Grafiken: Hart

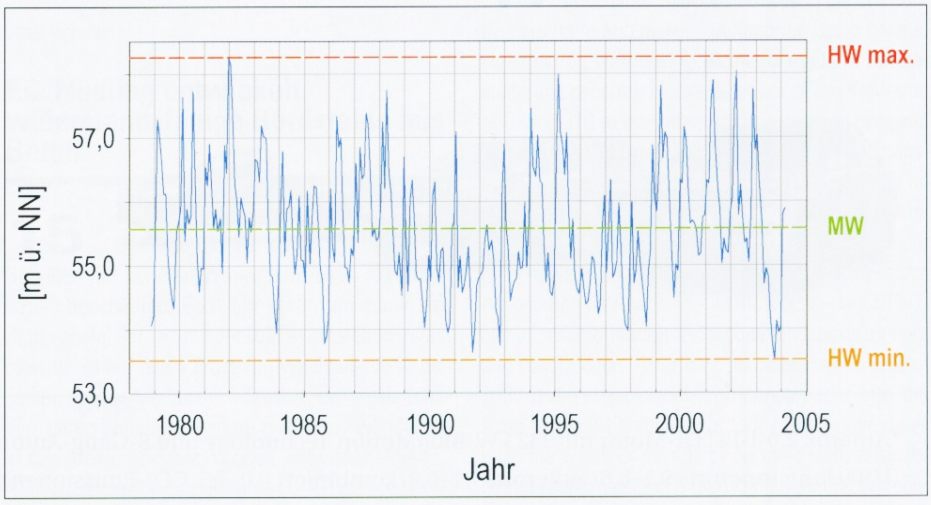

Abbildung 2: Ganglinie mit niedrigstem, mittlerem und höchstem Wasserstand

*ö.b.u.v. Sachverständiger für Geotechnik (Ingenieurkammer Rheinland-Pfalz), Bendorf.
**GTM Geotechnik Mittelrhein GmbH, Neuwied.

$$\text{Max. HW (Monat 1) aus n Jahren} = \max\{\text{HW Monat } 1_{\text{Jahr } 1}, \text{HW Monat } 1_{\text{Jahr } 2}, \ldots, \text{HW Monat } 1_{\text{Jahr } n}\}$$
$$\text{Max. HW (Monat 2) aus n Jahren} = \max\{\text{HW Monat } 2_{\text{Jahr } 1}, \text{HW Monat } 2_{\text{Jahr } 2}, \ldots, \text{HW Monat } 2_{\text{Jahr } n}\}$$
$$\text{Max. HW (Monat 12) aus n Jahren} = \max\{\text{HW Monat } 12_{\text{Jahr } 1}, \text{HW Monat } 12_{\text{Jahr } 2}, \ldots, \text{HW Monat } 12_{\text{Jahr } n}\}$$

mit HW = höchster Wasserstand

falen (http://www.elwasims.nrw.de/ims/ELWAS-IMS), sowie die Internetseiten des Hessischen Landesamtes für Umwelt und Geologie (http://www.hlug.de/start/wasser) und des Ministeriums für Umwelt, Landwirtschaft, Ernährung, Weinbau und Forsten Rheinland-Pfalz (http://www.geoportal-wasser.rlp.de) genannt. Befinden sich keine Messstellen in unmittelbarer Nähe der geplanten Baumaßnahme, werden die Grundwasserstände zwischen mindestens drei umliegenden Messstellen mit Hilfe eines hydrologischen Dreiecks aus Datensätzen interpoliert, die zur selben Zeit erfasst wurden. Dabei muss darauf geachtet werden, dass diese Messstellen im gleichen Grundwasserleiter verfiltert sind. Aus dem hydrologischen Dreieck ergibt sich der Grundwasserstand zum jeweiligen Zeitpunkt für jeden Punkt innerhalb der eingeschlossenen Fläche. Abbildung 1 zeigt ein Beispiel.

Auswertung vorhandener Daten

Die Grundwasserstände liegen in der Regel als Datenreihen und Ganglinien vor (siehe Abbildung 2). Hieraus können die mittleren, tiefsten und höchsten Grundwasserstände abgeleitet werden.
Für die Ermittlung eines optimalen Zeitraums für die Tiefbauarbeiten ist es wichtig, Grundwasserstände hinsichtlich monatsbezogener Maximalwerte auszuwerten. Bei diesen Auswertungen werden für eine Messstelle die Maxima der einzelnen Monate aus den zur Verfügung stehenden Beobachtungsjahren wie in der Formel oben bestimmt (Abbildung 3):
Vor der Auswertung ist eine Prüfung der zur Verfügung stehenden Messreihen auf ihre Güte und Repräsentativität unverzichtbar. Dabei sind u.a. die folgenden Fragen zu beantworten:

Messstellen

- Ist mit den Messstellen der relevante Grundwasserleiter erfasst?
- Stimmt die Bezugshöhe der Messstellen (Messstellen können Setzungen unterliegen und werden verschiedentlich bei Baumaßnahmen verändert)?
- Ist die Messstelle funktionstüchtig?
- Ist die Messstelle bei hohen Grundwasserständen für Messungen zugänglich?

Güte der Datensätze

- Seit wann erfolgen die Grundwassermessungen bzw., ist die Messreihe ausreichend lang, und erfasst die Messreihe den Zeitraum maßgeblicher Hochwässer?
- Unterliegt das Grundwasser im Bereich der Messstellen künstlichen Einflüssen, die sich im Zeitraum der Bauausführung ändern könnten (z.B. Brunnen, künstliche Wasserhaltungen, Infiltrationen, vorhandene oder geplante Hochwasserschutz-Einrichtungen)?
- Sind die Messintervalle ausreichend kurz, um kurzzeitige Ereignisse wie Hochwasserwellen zu erfassen? Hinweis: Bei Kiesgrundwasserleitern sollte der Messzyklus von mindestens zehn Jahre langen Beobachtungsreihen nicht mehr als sieben Tage betragen.

- Sind die Messwerte plausibel, bzw. können eventuell fehlerhafte Messwerte vorliegen?

Praxisbeispiel: Kanalbaumaßnahme in Neuwied am Rhein

Die bauzeitorientierte Grundwasserprognose wird im Folgenden anhand einer grafischen Auswertung von Grundwasserdaten für eine Kanalbaumaßnahme in Neuwied am Rhein gezeigt. Beim Bau des „Entlastungssammlers Rhein" war eine Rohrleitung mit einem Nenndurchmesser von DN 2000 über ca. 370 m in offener Bauweise und über ca. 2.500 m grabenlos, d.h. mit unterirdischem Rohrvortrieb zu verlegen. Mit Überdeckungshöhen von bis zu 9 m, der Lage der Baumaßnahme im Rheinuferbereich sowie der vergleichsweise hohen Durchlässigkeit der zu durchfahrenden Kiessande der Rheinniederterrasse lagen schwierige Grundwasserverhältnisse vor.

Für die Auswertung standen von neun Grundwassermessstellen wöchentlich gemessene Grundwasserstände aus 30 Jahren zur Verfügung. Die Werte einiger Jahre waren nicht mehr verfügbar, was aufgrund des langen Beobachtungszeitraumes von untergeordneter Bedeutung ist. Weiterhin wurde der Rheinpegel in die Auswertung einbezogen.

Abbildung 4 zeigt die Lage der Rohrleitung und der relevanten Messstellen.

Die Auswertung zeigt, dass nördlich der Messstelle 6037 ganzjährig Grundwasserstände unterhalb der Kanalsohle zu erwarten sind. Für den Bereich nördlich von Messstelle 6027 ist es in den Monaten August und September nicht wahrscheinlich, dass das Grund-

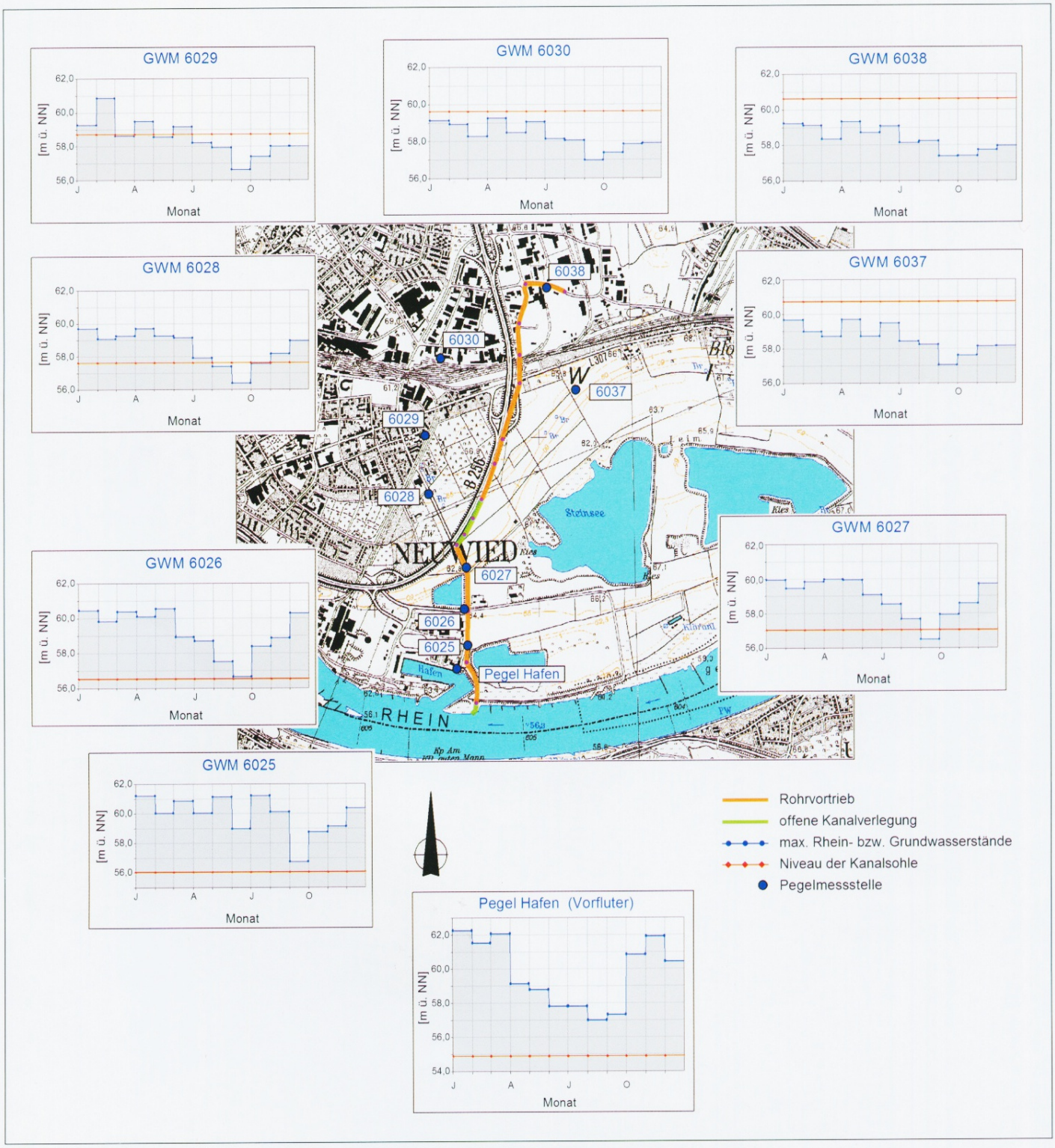

Abbildung 4: Vorhandene Grundwasserdaten und geografische Lage der Baumaßnahme

wasser das Niveau der Kanalsohle überschreitet. Für den Bereich zwischen Messstelle 6027 und dem Rheinufer sind vor allem im September und mit hoher Wahrscheinlichkeit auch im August niedrige Wasserstände zu erwarten.
Auf Grundlage der Erkenntnisse aus der Grundwasserprognose wurden günstige Zeitfenster für die Ausführung gewählt und die Baumaßnahme weitgehend unabhängig von Störungen durch Grundwasser realisiert.
So wurde trotz der vorherrschenden schwierigen Grundwasserverhältnisse ein hohes Maß an Planungs- und Kostensicherheit bei guter Wirtschaftlichkeit erzielt.

Info

E-Mail: hart@ConsultantHart.com
E-Mail: mailbox@GTMittelrhein.com

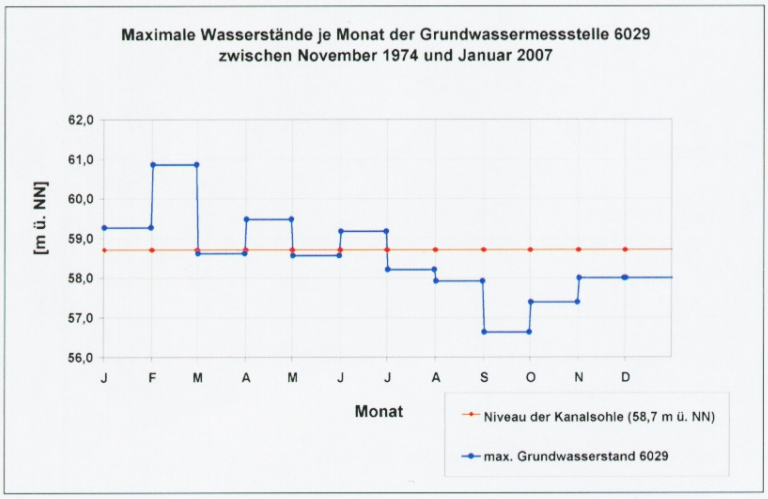

Abbildung 3:
Monatliche Höchstgrundwasserstände

Literatur:

DIN 1054:2010-12: „Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau – Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-1".
DIN 4020:2010-12: „Geotechnische Untersuchungen für bautechnische Zwecke – Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-2".

DIN EN 1997-1:2009-09: „Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik – Teil 1: Allgemeine Regeln; Deutsche Fassung DIN EN 1997-1:2004 + AC:2009".

DIN EN 1997-1/NA:2010-12: „Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik - Teil 1: Allgemeine Regeln; Nationaler Anhang".

DIN EN 1997-2:2010-10: „Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik – Teil 2: Erkundung und Untersuchung des Baugrunds; Deutsche Fassung DIN EN 1997-2:2007 + AC:2010".

DIN EN 1997-2/NA:2010-12 „Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik – Teil 2: Erkundung und Untersuchung des Baugrunds; Nationaler Anhang".

Merkblatt BWK-M8: Ermittlung des Bemessungsgrundwasserstandes für Bauwerksabdichtungen, herausgegeben vom Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau e.V. (BWK), Ausgabe 2009.