

Grundhochwasser in Klettham 2013:

Analyse der besonderen Gefährdung der Sandgrubensiedlung durch Erding-West

Interessengemeinschaft Sandgrubensiedlung

Dr. W. Doster und H. Ott

Version 14. 1. 2014



Seenbildung auf Ackerland im Baugebiet 171 westlich der Sandgrubensiedlung(links) nach einem Starkregen (aus einem Werbevideo der Firma Decker)

Zitate der Entscheidungsträger zum Thema:

„die, die schon da sind, sollen durch die neue Bebauung nicht gestört und beeinträchtigt werden..“

(OB Gotz am 8. 1. 2014, Video zum Thema Sandgrubensiedlung in Erding-live)

„Es wird nur das versickert, was dort schon vor der Bebauung versickert wurde, andernfalls hätte es zu einer Seenbildung kommen müssen.“ (sinngemäßes Zitat H. Henrich, Stadtbauamt Erding, Bürgerversammlung Klettham, November 2013).

„Angesichts der hydrogeologischen Verhältnisse mit einem im Stadtgebiet Erding 10 bis 12 m unter Gelände reichenden Grundwasserleiter aus quartärem Kies erwarten wir bei den einschlägigen Regelwerken entsprechenden Niederschlagswasserversickerungen keine signifikanten Auswirkungen auf die Grundwasserstände.“ (H. Höschl, Wasserwirtschaftsamt München, Email vom 19.7. 2013)

Zusammenfassung

In den letzten Jahren gab es mit steigender Tendenz immer wieder Vernässungen von Kellern in der Kletthamer Sandgrubensiedlung. Bereits im Februar 2013 kam es in den Tiefgaragen im Neubaugebiet 171/1 zu Überflutungen. Einen Allzeit-Höchststand erreichte der Grundwasserpegel im Zusammenhang mit dem Junihochwasser 2013 mit Überflutung von etwa 30 Kellern im Altbestand und zweier Tiefgaragen im Neubaugebiet 171 /1.

Als mögliche Ursachen für den erhöhten Grundwasserpegel in Erding-West untersuchen wir drei Szenarien:

- 1) Die Interaktion mit dem erhöhten Pegel und Überflutung von Sempt und Fehlbach.
- 2) Verzögerter Zufluß von Hang- und Grundwasser nach starken Regenfällen aus dem Löss-Lehm Ackerland südwestlich des Baugebiets.
- 3) Die steigende lokale Versickerung von Regenwasser im Industriegebiet Erding-West und dem Baugebiet 171 durch Umwandlung von Ackerland in versiegelte Fläche.

Nach unseren Überlegungen ist Punkt 1) weniger relevant, die Dynamik der Grundwasserganglinien spricht eher für eine Dominanz von Punkt 2), der durch 3) kritisch verstärkt wird. Wir stützen dieses Ergebnis auf eigene Messungen und ein mathematisches Modell der Grundwasserströme, mit dem Ganglinien unter verschiedenen Bedingungen simuliert werden. Die steilen Pegelanstiege nach Niederschlägen interpretieren wir als Indiz für lokale Versickerung, während die langsam fallenden Ganglinien auf verzögerte Zuflüsse aus in Ackerland gespeichertem Grundwasser schließen lassen.

Als aussichtreiche Schutzmaßnahmen gegen Grundhochwasser schlagen wir vor:

- 1) das Regenwasser in Klettham und Erding-West zu kanalisieren und Regenrückhaltebecken einzurichten.
- 2) das Grundwasser bei hohem Pegel in der besonders betroffenen Sandgrubensiedlung über ein bereits bestehendes System abzupumpen als räumlich und zeitlich begrenzte Maßnahme des Hochwasserschutzes.
- 3) die Ganglinien durch automatische Meßstellen an verschiedenen Stellen von Erding-West aufzuzeichnen.
- 4) Ein hydrogeologisches Gutachten für Erding-West in Auftrag zu geben.

Dass die Umwandlung von Ackerland in bebaute Fläche zu einer erheblichen Steigerung der Grundwasserneubildung führen kann, falls der Niederschlag versickert wird, zählt zum Basiswissen der Hydrogeologie. In Erding-West wurden ca 40 ha an fruchtbarem Löß-Lehm Ackerland als Industriegebiet oder Wohngebiet verbaut. Es wurde bislang versäumt, ein wasserwirtschaftliches Gutachten zu erstellen, trotz der bekannt problematischen Grundwassersituation in Altklettham. Der Niederschlag auf Parkplätze und Dächer wird bisher bedenkenlos versickert, was die Pegel erhöht. Wir stellen als Betroffene ein vorläufiges Grundwasser-Gutachten mit eigenen Messungen und Berechnungen zur Diskussion.

Inhaltsverzeichnis

- 1) Einleitung: Schäden in Klettham durch Grundhochwasser
- 2) Grundwasserganglinien für Klettham und Umgebung im Vergleich
- 3) Geologische Grundlagen
 - 3.1 Großräumiger Transport von Grundwasser im Raum Erding
 - 3.2 Bodenbeschaffenheit von Erding-West
- 4) Exkurs zum Verständnis von Grundwasserströmen
 - 4.1 Hydraulisches Gefälle als Antrieb
 - 4.2 Abschätzung der Grundwasserstromstärke in Klettham
 - 4.3 Die Ausbreitung des Grundwassers durch Diffusion
 - 4.4 Simulation des Grundwasserpegels durch Zufluß vom Rand
- 5) Analyse der Ganglinien von Siglfing und Klettham
 - 5.1 Modellbeschreibung
 - 5.2 Simulation der Ganglinie der Messstelle Siglfing
 - 5.3 Simulation der Ganglinie der Messstelle Klettham
- 6) Simulation des Abpumpens von Grundwasser in Klettham
- 7) Fazit und nötige Maßnahmen
- 8) Anhang: Mathematische Gleichungen und Höhenangaben.

Autoren:

Dipl. Phys. Dr. Wolfgang Doster

85435 Erding, Umlandstrasse 15

wodoster@t-online.de

Tel. 08122 903652

Dipl. Ing. Hans Ott

85435 Erding, Thomastrasse 6

hu.ott@web.de

Tel. 08122 20502

1) Einleitung

In den letzten Jahren gab es mit steigender Tendenz immer wieder Vernässungen von Kellern in der Kletthamer Sandgrubensiedlung. Bereits im Februar 2013 kam es auch in den Tiefgaragen im Neubaugebiet 171/1 zu Überflutungen. Einen Allzeit-Höchststand erreichte der Grundwasserpegel im Zusammenhang mit dem Junihochwasser 2013 mit Überflutung von etwa 30 Kellern im Altbestand und zweier Tiefgaragen im Neubaugebiet 171 /1, was zur Sicherung von Öltanks und der elektrischen Anlagen eine wochenlange Pumpaktion erforderlich machte. Schäden gab es nicht nur durch undichte Keller bei „Nachkriegshäusern“ (WWA), sondern auch durch Zufluß über Schächte und Kellerfenster, sowie Risse in Betonwannen bei „neuzeitlichen“ Gebäuden.

Unterschätzt wird oft die besondere Belastung von Gebäudestrukturen durch Auftrieb bei rasch steigenden Grundwasserpegeln. Steht z. B. das Gebäude mit dichter Wanne nur 50 cm im Grundwasser, dann wirkt schon bei relativ kleiner Grundfläche von 50 m² eine Kraft von 25 t (beim Schiff: Bruttoregistertonnen). In einem Altbau in der Umlandstrasse wurde der Kellerboden durch den Druck so stark aufgewölbt, dass der Einbau einer neuen Bodenplatte notwendig wurde.



Abb. 1: Luftbildaufnahme von Erding-West mit Blick nach Osten (Erdinger Anzeiger)

Die Abbildung 1 zeigt im Vordergrund einen Ausschnitt des neuen Industriegebiets Erding-West. Dort wurde fruchtbares Löß-Lehm Ackerland, im rechten Vordergrund zu sehen, versiegelt. Das auf Parkplätzen und Dächern gesammelte Regenwasser wird nun direkt ins Grundwasser versickert, während es vorher auf den Ackerflächen gespeichert und verdunstet wurde. Auch im neuen Baugebiet „Erdbeerfeld“, dessen erster Bauabschnitt 171/1 (oben links) schon fast abgeschlossen ist, wird eine fast vollständige Versickerung des Niederschlags durchgeführt. Die „Interessengemeinschaft Sandgrubensiedlung“ hat wegen

der hohen Grundwasserstände gegen die erlaubnisfreie Versickerung in Bauabschnitt 171/2 im Juli 2013 Widerspruch eingelegt.

In der hinteren Mitte wurde das Gelände für den Bauabschnitt 171 /2 von Archeologen von einer ca 1 m dicken Humusschicht befreit. Es erscheint eine helle Bodenschicht aus Sinterkalk (Alm), die durch aufsteigendes Grundwasser in prähistorischen Zeiten entstanden ist. Die dunklen Verfärbungen zeigen den Verlauf eines verschütteten Bachlaufs an, dessen Richtung in etwa mit der aktuellen Strömungsrichtung des Grundwassers übereinstimmen dürfte. Dahinter ist der Altbestand der Kletthamer Siedlung zu sehen, die in einer aufgefüllten Kiesgrube ca 2 m tiefer liegt.

Was ist die Ursache für steigende Pegel, woher kommt das zusätzliche Grundwasser? Liegt es an der zunehmenden Versiegelung von Erding-West bei steigender Versickerung von Regenwasser? Von den Behörden bekommen wir immer wieder zu hören, dass die versickerte Niederschlagsmenge nicht zugenommen hat und dass die Bebauung daher keinen Einfluß auf das Grundwasser haben könnte (Titelseite). Nach Angaben des Wasserwirtschaftsamts München (WWA) fließt das Grundwasser in Erding von Süden zu, stammt möglicherweise aus dem Alpenvorland oder von der Sempt. Weil wir diese statische Sicht nicht plausibel fanden, versuchen wir mit diesem Report zu eigenen Ergebnissen zu kommen. Dem statischen Bild der Behörden („es wird nur versickert, was schon immer versickert wurde“) setzen wir ein dynamisches System „Grundwasser“ entgegen: Es handelt sich um ein Fließgleichgewicht mit unterschiedlichen Zeitkonstanten von Zufluss und Abfluss. Unser Konzept ist einfach: Wasser, das von weiter her kommt, benötigt eine gewisse Reisezeit und kann nicht sofort nach einem Starkregen zum Pegelanstieg beitragen. Lokal über tief gesetzte Rigolen versickertes Regenwasser dagegen macht sich fast sofort durch einen ansteigenden Grundwasserspiegel bemerkbar. Auf der Zeitachse kann man so die unterschiedlichen Beiträge trennen. Wir verwenden dazu ein hydrogeologisches Modell der zeitlichen Entwicklung der Grundwasserstände, in der Fachsprache „Ganglinien“ genannt. Fazit: Es kommt nicht nur auf die Summe an. Auch das Junihochwasser wäre in der Summe über einen längeren Zeitraum verteilt kein Problem gewesen. Die Spitzen sind das Problem! Um allgemein verständlich zu bleiben haben wir ein Lehrbuchkapitel über Grundwasserströme eingefügt.

2) Grundwasserganglinien für Klettham und Umgebung im Vergleich

Im ersten Schritt vergleichen wir Ganglinien von Grundwassermessstellen an unterschiedlichen Orten im Raum Erding im Zusammenhang mit dem Junihochwasser.

In Bayern sind Grundwasserpegel und deren zeitliche Entwicklung (Ganglinien) an verschiedenen Orten über <http://www.nid.bayern.de/grundwasser> abrufbar.

Abb. 2.1 zeigt die Ganglinie (blaue Linie) für die Messstelle in Moosburg für das Jahr 2013. Links ist der absolute Grundwasserpegel über Meereshöhe ablesbar und rechts ist die Skala in Meter unter Geländeoberfläche zu sehen.

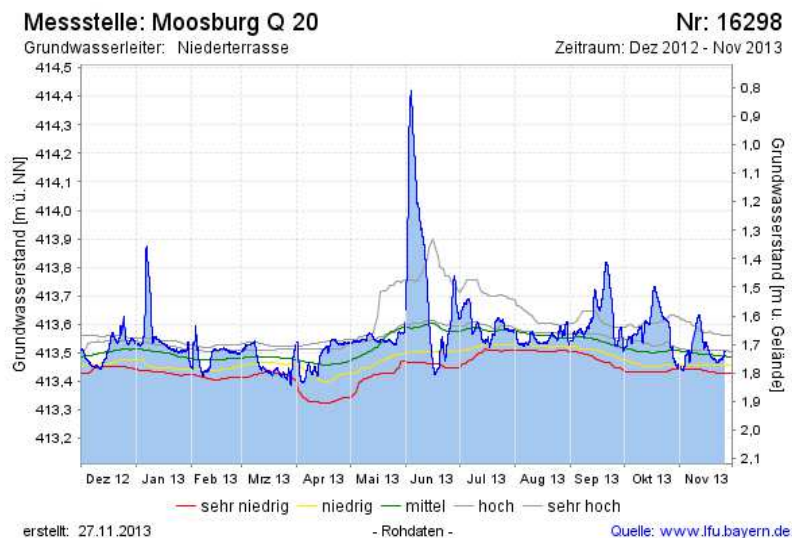


Abb. 2.1: Ganglinie für die Messstelle Moosburg 2013

Das Junihochwasser nach einem Regenereignis Ende Mai 2013 führt zu einem fast sofortigen Anstieg von ca 1 m. Der Pegel fällt aber relativ schnell bis Mitte Juni wieder auf normale Werte ab. Dieses Verhalten ist typisch für Grundwasser, wenn der Niederschlag schnell in kiesigen Grund einsickern kann oder das von einem Flusspegel beeinflusst wird. Man spricht von „Interaktion“ hier mit der Isar. Die Messstelle liegt nur 200 m westlich der Isar. Ähnliche Kurven bekommt man für Freising-Lerchenfeld an der Isar oder Oberdorfen für die Interaktion mit der Isen. Das Grundwasser fließt hier im flussnahen Schottern (Niederterrasse). Jeder Niederschlag erzeugt eine Spitze in der Ganglinie, wenn parallel auch der Flusspegel steigt.

Das andere Extrem stellt die Messstelle „Flughafen Erding“ dar (Abb. 2.2). Hier sind überhaupt keine Spitzen als Folge von Niederschlagsereignissen zu sehen. Wegen der Niederschläge Ende Mai steigt der Pegel ab 3. Juni zwar steil an und erreicht ein Maximum etwa Mitte Juni. Danach fällt der Pegel nur langsam wieder ab und erreicht erst ab Mitte September den Bereich vor dem Junihochwasser. Für stagnierende Pegel gibt es zwei mögliche Ursachen: a) der Abfluss ist partiell verstopft oder b) es gibt ständigen Zufluss durch gespeichertes Wasser (Quelle). Die Messstelle Emling ist von Löss-Lehm Ackerland umgeben, einem Ausläufer der Altmoräne, es gibt kein Fließgewässer in der Nähe. Diese Ganglinie zeigt daher ein Verhalten, das charakteristisch ist für verzögerten Zufluss aus einem Gebiet, das den Niederschlag speichern kann. Sowohl die Infiltration von Niederschlag wie die Abgabe des gespeicherten Wassers werden durch die Lehmschicht gepuffert. Kommt es zu mehreren starken Niederschlagsereignissen in Folge, dann summieren sich die Anstiege, weil die Pegel nur langsam fallen. Man spricht von „Kumulation“ anstatt von Interaktion.

Messstelle: FLUGHAFEN ERDING 906

Nr: 16225

Grundwasserleiter: Hochterrasse

Zeitraum: Jan 2013 - Dez 2013

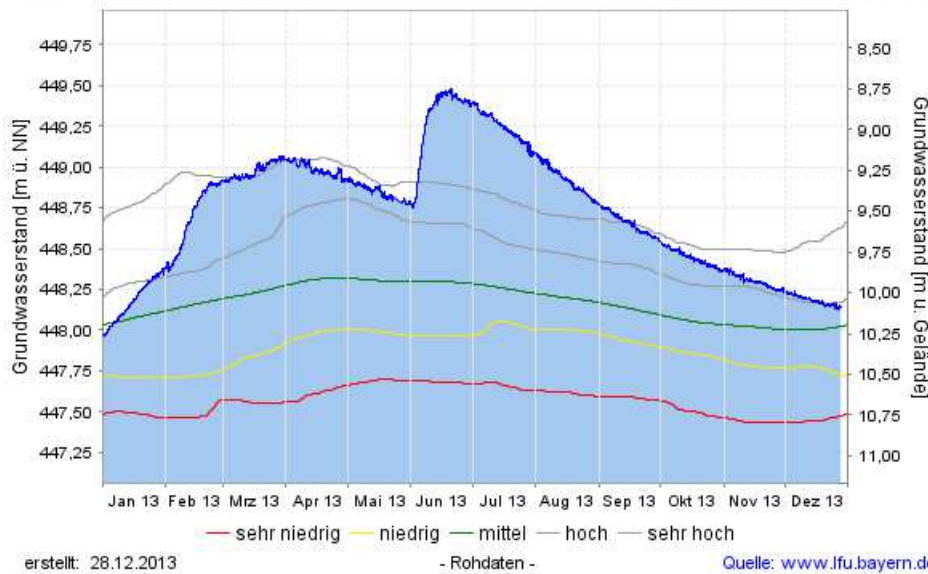


Abb. 2.2: Ganglinie für Messstelle Emling am Flughafen Erding im Jahr 2013

Messstelle: Erding-Siglfing

Nr: 16285

Grundwasserleiter: Quartär

Zeitraum: Dez 2012 - Nov 2013

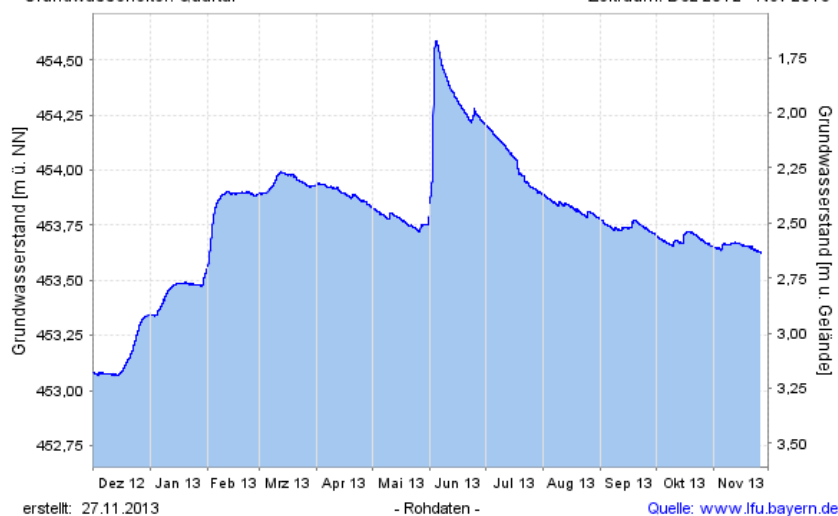
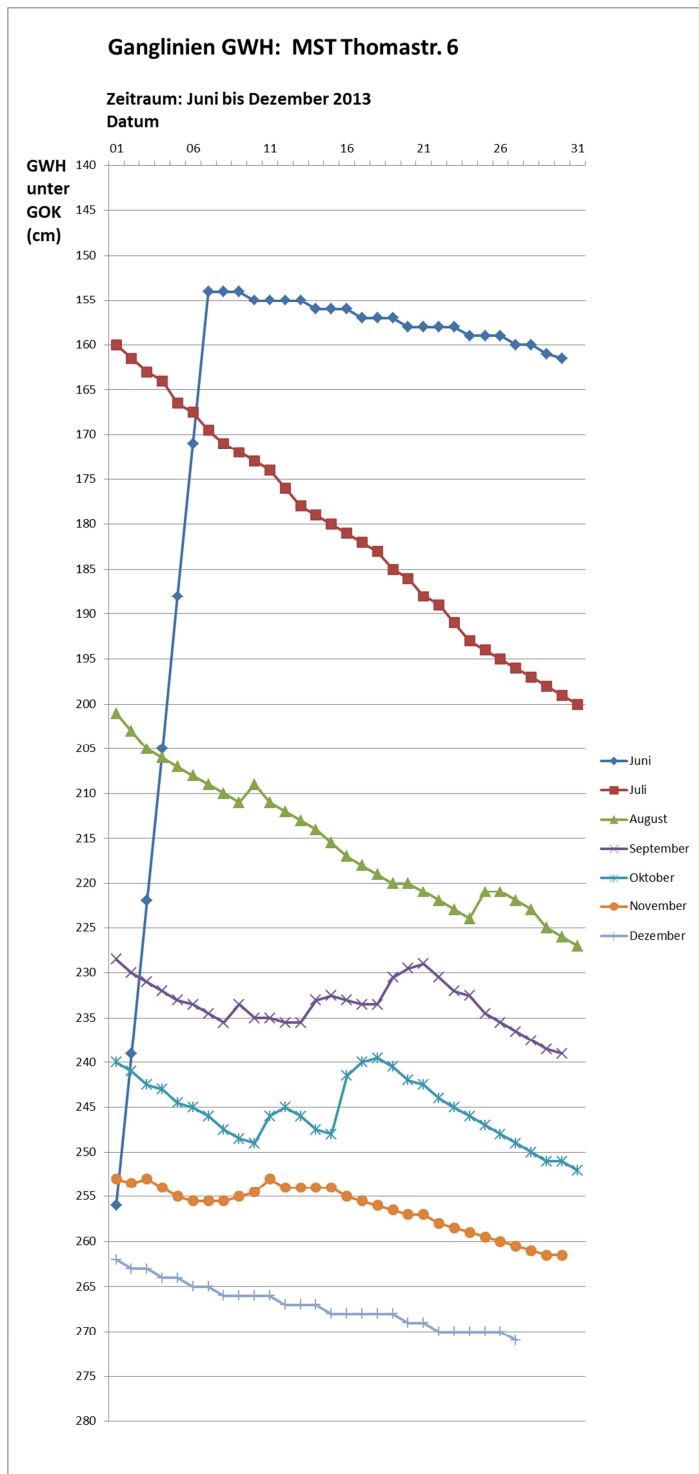


Abb. 2.3: Ganglinie von Erding-Siglfing im Jahr 2013

Die Ganglinie der Messstelle Erding-Siglfing (Abb. 2.3), zeigt sowohl interaktive Spitzen als auch kumulative Stufen, also eine Kombination der Ganglinienformen (Abb. 2.1, 2.2). Siglfing liegt auf kiesigem Grund, der Regenwasser schnell versickert. Der Pegel steigt daher nach einem Niederschlag steil an, um dann aber nur langsam wieder abzusinken. Letzteres entspricht **nicht** dem Verhalten wie man es für eine Interaktion mit Sempt oder Fehlbach erwarten würde. Es muss also auch hier ein Speicher existieren, der aufgesammeltes Regenwasser verzögert abgibt, sodass die Pegel nur langsam abnehmen. Siglfing ist im Westen von Löss-Lehm Ackerland umgeben, analog zur Messstelle am Flughafen Erding. Der kumulative Effekt im Winter führte dazu, dass die Junihochwasserspitze auf einem hohen Sockel aufsitzt und daher auf Rekordhöhe anstieg.



Auf der anderen Seite zeigen der steile Anstieg Anfang Juni und die kleinen Zacken in der Ganglinie eine gute Korrelation mit Niederschlägen, was auf lokale Versickerung hindeutet.

Die Abb. 2.4 zeigt die von uns gemessene Ganglinie für Klettham als Grundwasserhöhe (GWH) in cm unter der Geländeoberkante (GOK) in cm für jeden Monat nach dem Beginn der Regenperiode im Juni bis Dez. 2013. Wesentliche Merkmale:

Auffallend im Diagramm ist der rasche Anstieg des Grundwassers nach einer längeren starken Regenperiode, wie sie Ende Mai, Anfang Juni auftrat. Ersichtlich sind auch die sofortigen Reaktionen bei weniger starkem Regen in den Monaten August bis Oktober. Bei diesen Ausschlägen noch oben konnte teilweise eine Verdoppelung der Grundwasserzunahme gegenüber der Messstelle Erding - Siglfing festgestellt werden. In der obersten Ganglinie im Juni sind nur die am 07.06. mit 154 cm und ab dem 29.06. mit 161 cm gemessene Werte angegeben, weil dazwischen mit einer meist mit zwei, Tag und Nacht laufenden Pumpen, an der Messstelle das Wasser soweit abgesenkt werden konnte, dass es nicht mehr über den

Abb. 2.4: Ganglinien für die einzelnen Monate ab Juni 2013 gemessen in Klettham (Sandrubensiedlung)

Fenstersims in den Keller eindrang. Der lang anhaltende hohe Grundwasserstand wurde auch auf die von der Firma Decker verursachte Pumpaktion aus der Tiefgarage im Baugebiet 171 I mit einer der Messstelle sehr nahen Versickerung verursacht.

Weiterhin ist aus den Ganglinien abzulesen, dass der Rückgang der Grundwasserhöhe gegenüber den Anstiegen extrem langsam verläuft. Der stagnierende Pegel ist gerade deshalb

von besonderer Bedeutung hinsichtlich von in Zukunft einzuleitenden Maßnahmen. Hervorzuheben ist diese Tatsache, weil sie den entscheidenden Unterschied zu dem Hochwasserverhalten zeigt, welches meist nach wenigen Tagen wieder im Flussbett abfließen kann, also nur kurzzeitig einen Katastrophenzustand bildet. Die Ganglinie im Dezember wurde ab dem GWH - Wert 262 cm analog zur Messstelle Erding - Siglfing fortgeführt, weil die Messstelle in der Sandgrubensiedlung mit diesem Wert an ihrer untersten Messgrenze angekommen ist.

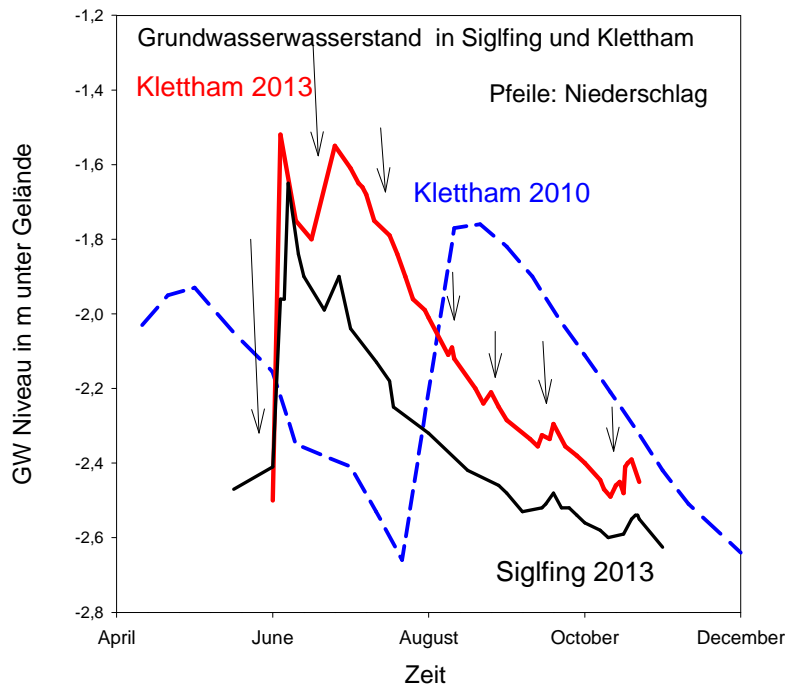


Abb. 2.5: Vergleich der Pegel unter Gelände von Klettham 2013 (rot) mit Klettham 2010 (blau) und Siglfing (schwarz) ab Juni 2013.

Abb. 2.5 vergleicht die Ganglinien von Klettham 2010 und 2013 mit Siglfing 2013 ab dem Junihochwasser. Gezeigt ist der Grundwasserstand unter Geländeniveau. GW = 0 (m) würde an der Oberfläche austretendes Grundwasser bedeuten. Der Vergleich zeigt, dass das Grundhochwasser 2013 in Klettham nicht mit Hinweis auf das Junihochwasser abgetan werden kann: Bereits 2010 kam es im September zu bedrohlich hohen Werten, ohne dass parallel ein Hochwasser der Sempt registriert worden wäre. Deutlich wird auch, dass die Pegeländerungen in Klettham stärker sind als in Siglfing: Nur der Kletthamer Pegel zeigt eine ausgeprägte zweite Spitze im Zusammenhang mit einem Starkregen Ende Juni. Dieses zweite Maximum entspricht der speziellen Situation der Sandgrubensiedlung mit Zufluss aus Erding-West. Regenereignisse, durch Pfeile gekennzeichnet, wirken sich fast ohne Verzögerung auf den Grundwasserstand aus, was als sicheres Indiz für lokale Versickerung gewertet werden kann.

3) Geologische Lage von Erding als Grundwasserstadt

3.1 Grossräumiger Transport von Grundwasser nach Erding-West

Erding liegt unterhalb des Schmelzwasserdurchbruchs der Riß-Endmoräne (Wörth), durch den heute Schwillach und Sempt fließen (Abb. 3.1)

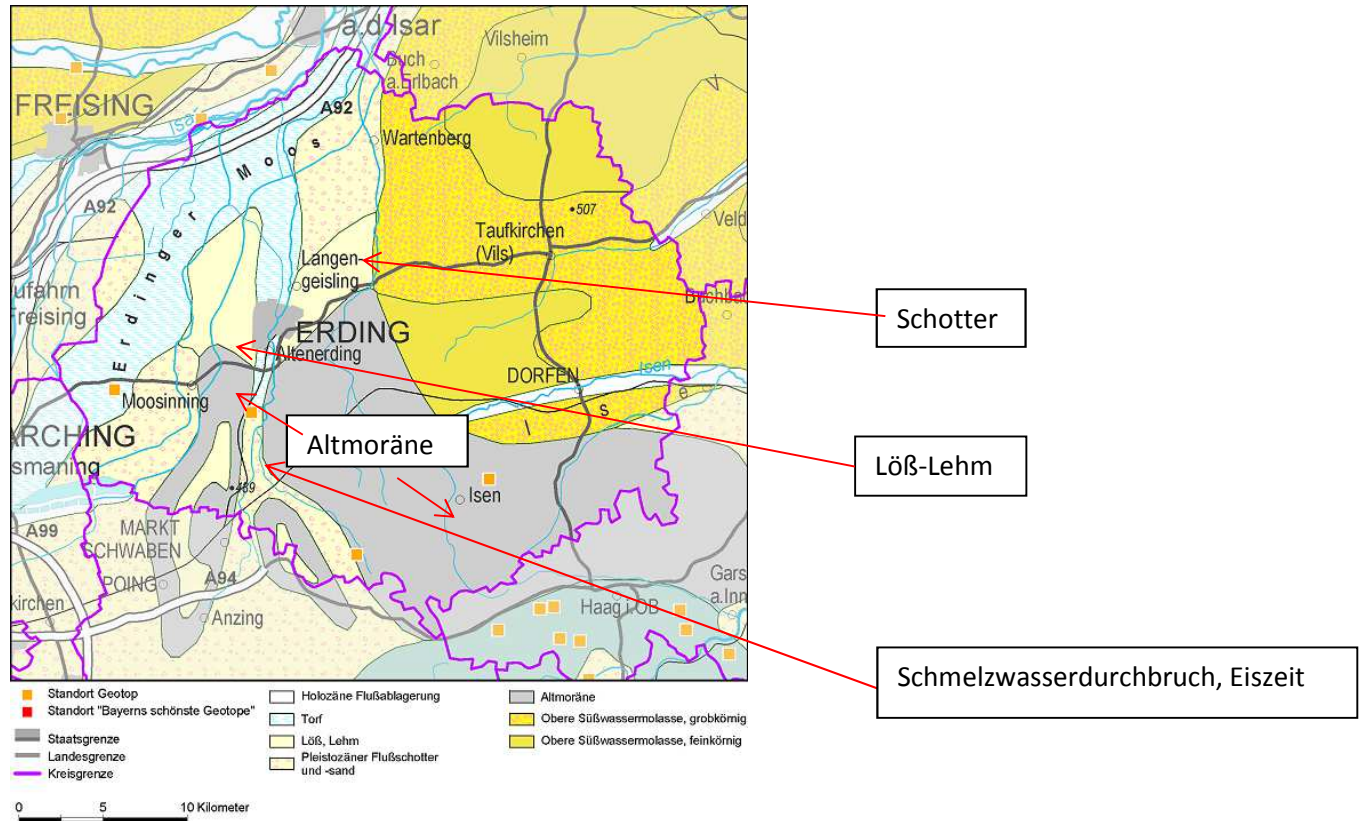


Abb. 3.1: Geologische Karte Erding: grau: Altmoräne, schwach rosa: Löß-Lehm, blau: Torf

Erding-West liegt nördlich des Altmoränenzugs der von Itzling nach Eitting ausläuft (grau). Moränen bestehen aus schluffigem Kies und sind weniger wasserdurchlässig als ausgewaschene Schotter in Flußtälern. Daher wirken sie als Wasserspeicher. Nördlich des Itzlinger Berges liegt auch die Wasserversorgung von Erding. Auch die Therme liegt in der Nähe, dort wird Grundwasser aus tieferen Stockwerken gefördert. Die Lage der Therme kann aber durchaus mit dem Grundwassereichtum um Erding in Verbindung gebracht werden.

Erding-West und Siglfing sind am südwestlichen Rand von unbebauten Ackerflächen mit Löß-Lehm Bedeckung umgeben. In diese Flächen kann Regenwasser nur bis zu einer Sättigungsgrenze einsickern, bei Starkregen kann es zu Hangwasser über die Oberfläche kommen. Im Juni 2013 kam es zu Überschwemmungen im Bereich von Krankenhaus und Parkplatz der Therme. Hangwasser vom Itzlinger Berg nach Osten führte zu Hochwasser in Bergham. Auf der anderen Seite des Durchbruchs am Fuchsberg kam es im Juni 2013 zu ähnlichen Problemen. Ackerflächen tragen besonders im Winterhalbjahr zur Grundwasserneubildung bei.

Ein Teil der Ackerfläche in Erding-West wurde durch einen Industriepark überbaut. Fast das gesamte Regenwasser von Parkplätzen, Dächern und einigen Strassen wird ins Grundwasser versickert.

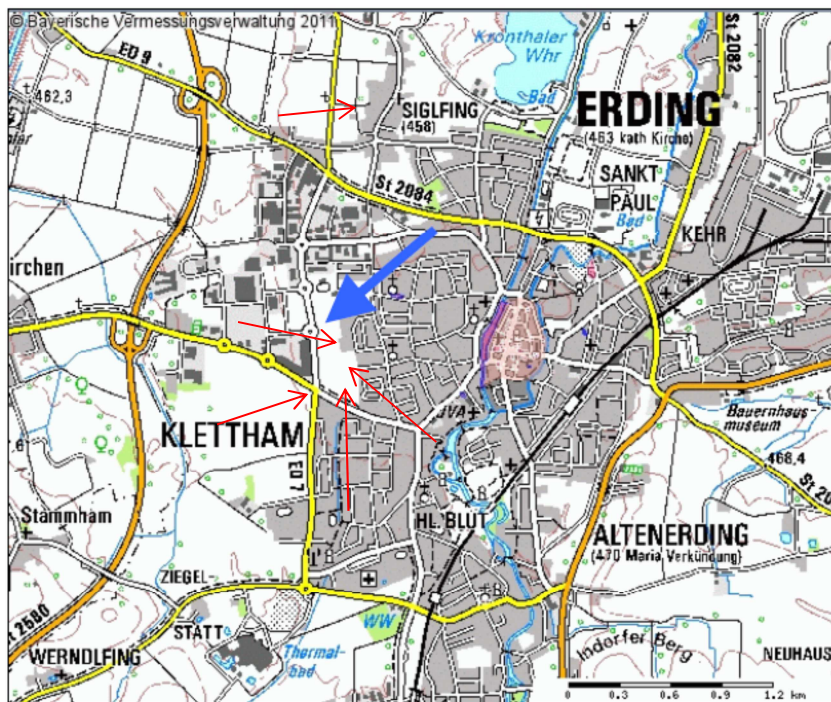


Abb. 3.2: Karte von Erding, blauer Pfeil: Baugebiet 171, rote Pfeile geben mögliche Quellen für Grundwasser an, die Schnellstraße verläuft auf der Moräne in Nord-Südrichtung.

Es gibt mehrere Möglichkeiten für Zufluss an Grundwasser aus der Umgebung von Erding-West:

- (1) der Itzlinger Graben, Zufluß bis Dachauerstrasse
- (2) Zufluß durch hohen Pegelstand der Sempt
- (3) Kletthamer Feld (Altmoräne)
- (4) Lokale Versickerung im Industriegebiet Erding West
- (5) Lokale Versickerung von Regenwasser in Baugebiet 171 und Altbestand

Eine relative Bestimmung der Anteile erfordert eine hydrogeologischen Untersuchung. Allerdings muss das Grundwasser bei den Quellen 1-3 eine größere Strecke (600 m) zurücklegen und kann sich nur verzögert auf den Pegel auswirken. Nur die direkte Einleitung von Niederschlag ins Grundwasser führt zu sofortiger Neubildung. Daher kann man diesen Beitrag aus den Spitzen der Ganglinien abschätzen.

3.2 Bodenbeschaffenheit von Erding-West

Grundwasserleiter (Aquifer) ist eine 10-12 m dicke Schicht aus quartärem Schotter, der in der letzten Eiszeit (Würm) aufgeschüttet wurde und der in zahlreichen Gruben abgebaut wird. Darüber liegt eine bis zu 3 m dicke Schicht an Alm, lockerer Kalk, der durch Verdunstung

von aufsteigendem Grundwasser entsteht. Die Kalksinterbildung (Alm, Wiesenkalk) im Altenerdinger Moos westlich von Niederwörth und in Erding-West stellt eine geologische Besonderheit dar. Solche Bereiche entstehen, wenn die wasserführende Kiesschicht ausläuft. Die Schichtdicke nimmt von Süden nach Norden kontinuierlich ab, was schließlich zu Austritt von Grundwasser im Erdinger Moos führt. Die Almbildung zeigt also, dass Erding seit prähistorischen Zeiten mit hohen Grundwasserständen zu tun hatte. Auch beim Bau des Flughafens spielte das Grundwasser eine wichtige Rolle, der Spiegel wurde für den Bau des S-Bahnhofs durch Pumpen zeitweise abgesenkt. Zahlreiche Gräben zur Regulierung des Grundwassers und ein riesiges Regenrückhaltebecken für Flutereignisse wurden angelegt. Diese Maßnahmen hatten und haben allerdings entgegen der Volksmeinung keinen Einfluß auf den Grundwasserpegel in Erding-West (WWA).

Für flußnahe Bereiche ist eine Interaktion der Ganglinien des Grundwassers mit den Pegeln der Sempt zu erwarten. Das war teilweise auch beim Junihochwasser zu beobachten. Der Pegel blieb jedoch hoch, auch nachdem die Flut schon weitgehend abgeflossen war. Nach Angaben des Wasserwirtschaftsamts liegt der Pegel der Sempt immer über Grundwasserniveau. Daher kann das Grundhochwasser schlecht abfließen. Hinzu kommt, dass die Sempt durch Lehm-Löss Einschwemmungen weitgehend abgedichtet ist.

Die Abb. 3.3 links zeigt das neue Baugebiet 171 (Erdbeerfeld) mit Blick nach Süden. Rechts ist die Sigwolfstrasse mit Wall zusehen, die das Erdbeerfeld gegen das Industriegebiet abgrenzt. Mit Blau ist der erste Bauabschnitt gekennzeichnet, grün dahinter 171/2 und 3. Links im Vordergrund liegt die Sandgrubensiedlung. Abb. 3.3 rechts zeigt 171/1 eingenordet und nach Bodenart (ohne Humusschicht) eingefärbt: Neben gelben Lehmzonen dominiert der Löss (rosa) und im Osten der Alm (grau). Die braunen Zonen (Schwarzerde) deuten auf alte Bachläufe.



Abb. 3.3:Luftbild Baugebiet 171 (Quelle Grabungsbericht Erding-Klettham, Archäologie 2011)



Humus (links oben) und die verschiedenen Bodenaufschlüsse auf Höhe des Baogerec

Abb. 3.4: Oberboden in 171(Grabungsbericht Erding-Klettham 2011)

Abb. 3.4 links zeigt die Schichtung des Oberbodens, 3.4 rechts erklärt die Bezeichnung der Bodenarten. Darunter liegt die quartäre Kiesschicht.

Der Oberboden ca 2 m wird für die Bebauung abgetragen, um ein stabiles Fundament auf Kies errichten zu können. Der Oberboden kann in erheblichem Maß Wasser speichern und durch die Vegetation auch verdunsten. Die Grundwasserneubildung besonders in den Sommermonaten dürfte daher negativ gewesen sein. Nach Beseitigung des Oberbodens sollte man erwarten, dass das Regenwasser in den wasserdurchlässigen Kies einsickert, was zu einer direkten Grundwasserneubildung führt.



Abb.3.5 links: Seenbildung beim Auspumpen der Tiefgarage in 171/1, rechts: nach Regen und Abtragung des Oberbodens (171/2).

Stehendes Wasser auf Kies zeigt Abb. 3.5 links genannt der „Obersee“ in 171/1, aufgenommen am 9. 6. 2013. Der See wurde durch das Auspumpen der Tiefgarage gespeist. Der Wasserstand blieb stabil, obwohl das Obermaterial abgetragen war und der See einen Abfluß in den „Untersee“ hatte. Abb. 3.5 rechts demonstriert, dass selbst nach Abtragung der Humusschicht (rechts) in 171/2 das Regenwasser nicht einsickert. Die Aufnahme stammt vom 17. 10. 2013 nach einem mittleren Niederschlag (25 mm). Grund ist der schluffige Kies, der von Lössschwemmungen abgedichtet ist. Der Boden ist immer noch so undurchlässig, dass die Versickerung keine Rolle spielte. Die geringe Durchlässigkeit der schluffigen Kiesschicht (gelb in Abb. 3.9) stellt auch ein Problem für die

Regenwasserversickerung in 171/1 dar: Die Rigolen müssen immer tiefer gesetzt werden, sodass praktisch der Niederschlag direkt ins Grundwasser eingeleitet wird.

Abb. 3.6 zeigt, dass Regenwasser in 171/1 West direkt in einem 5 m tiefen Schacht entsorgt wird, indem Grundwasser ansteht.



Abb. 3.6: Unplanmäßige Entsorgung von Regenwasser direkt ins Grundwasser im Neubaugebiet 171/1.

Abb. 3.7: Versickerung von Regenwasser ins Kiesbett bei Lidl in Erding-West in einem Regenauffangbecken.

Durch direkte Einleitung ins Grundwasser steigt die Grundwasserneubildung im Vergleich zu dem Verhalten einer bewachsenen Fläche vor der Bebauung. Dieser Unterschied war auch der Anlaß für die ablehnende Stellungnahme (Juli 2013) der Interessengemeinschaft Sandgrubensiedlung zur Regenwasserversickerung in 171/2.



Abb. 3.8: schluffige Kiesschicht nach Abtragung des Oberbodens und Baugrube

Das Grundbaulabor Aichach hat 2009 eine flächendeckende Untersuchung der lokalen Geologie des Baugebiets 171 durchgeführt. Ein Beispiel eines Bodenprofils in 171/1 ist in Abb. 3.9 abgebildet. An dieser Stelle ist der abzutragende Oberboden ca 2 m stark. Dann folgt eine schluffige Kiesschicht (Abb. 3.8), die bis auf eine Dicke von 6 m durch die Bohrung aufgeschlossen wurde. Auf Grundwasser stieß man bei 5,81 m unter Gelände. Nach Angaben des WWA sollte das Grundwasser bis auf 16 m unter Gelände auf tertiären Schichten anstehen. Angegeben wurde eine Grundwasserhöhe von 456,12 m üNN am 13. 3. 2009. Daraus wurde ein Bemessungswasserstand für Bauwerke von 458,50 m üNN (geschätzter Höchststand) abgeleitet. Die Grundwasserhöhe in 171/1 im Juni 2013 lag jedoch mit 458,64 m üNN deutlich über der Maximalprognose.

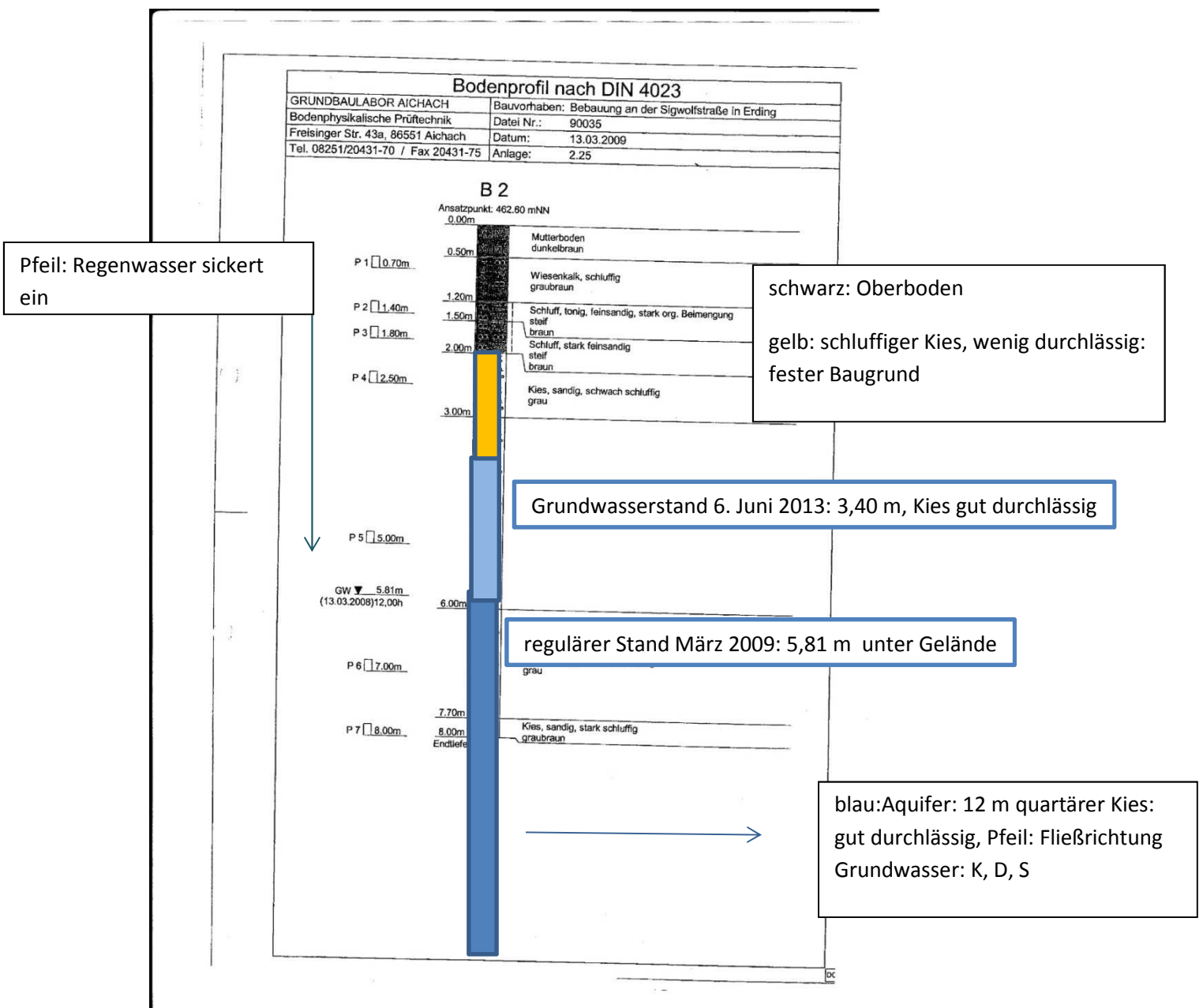
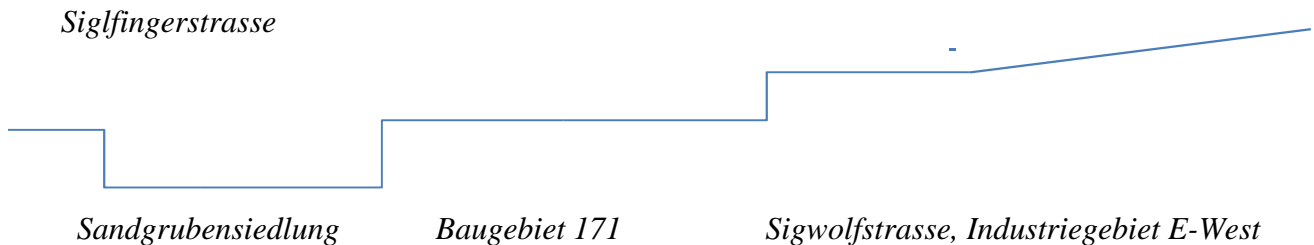


Abb. 3.9: Bodenprofil aus dem Baugebiet 171/1 (Quelle Grundbaulabor Aichach 2009) mit Grundwasserständen (blau)

3.3 Lage der Sandgrubensiedlung

Abb. 3.10 veranschaulicht durch einen West-Ost Geländeschnitt die besondere Lage der Sandgrubensiedlung. Sie liegt etwa 2 m tiefer als die Siglfingerstr. im Osten und 3 - 4 m tiefer als Sigwolfstrasse und die Löss-Lehmterrasse im Industriegebiet Erding-West.



Geht man von einem gemeinsamem Grundwasserspiegel aus, dann wird die prekäre Lage der Sandgrubensiedlung offensichtlich.

4) Exkurs zum Verständnis von Grundwasserströmen

4.1 Hydraulisches Gefälle als Antrieb

Abb. 4.1 zeigt ein schematisches Modell eines Geländeprofiles mit Grundwasserspiegel. Der Pegel wird an zwei unterschiedlichen Stellen A und B im Gelände gemessen.

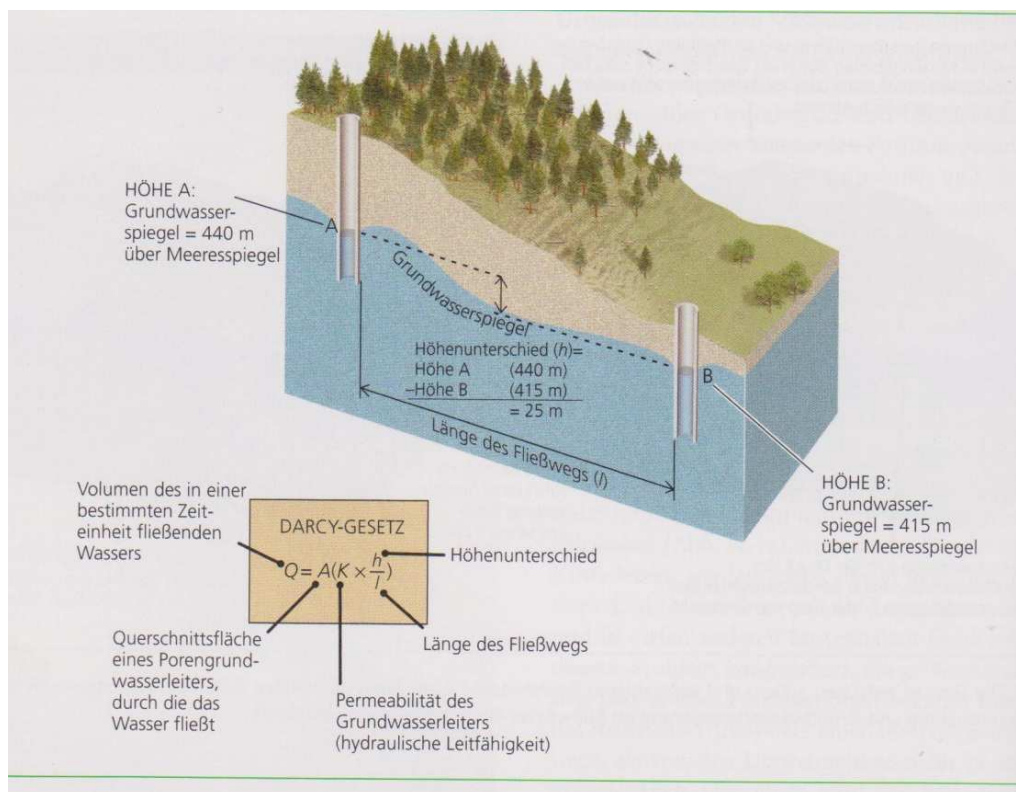


Abb. 4.1: GW-Geländemodell (Quelle: Press / Siever, Allgemeine Geologie, Spektrum Verlag, S. 476)

Für physikalische Betrachtungen wird der Grundwasserspiegel in absoluten Werten in Meter üNN, bezogen auf die Meereshöhe, bestimmt.

Der Grundwasserstrom wird angetrieben vom hydraulischen Gefälle (Gradient), und fließt wie in Abb. 4.1 von A nach B.

Der Gradient ist definiert als Pegelunterschied h (m) dividiert durch die Länge des Fließwegs L (m).

Kennt man zusätzlich die hydraulische Leitfähigkeit des Grundwasserleiters K (m/s) und bezieht sich auf einen bestimmten Querschnitt A (m²), dann kann die pro Sekunde transportierte Wassermenge, die Stromstärke Q (m³/s), nach dem Darcy-Gesetz berechnet werden. Das Darcy Gesetz ist eine Grundgleichung der Hydrologie.

Die Kletthamer Messstelle in der Sandgrubensiedlung liegt auf 459,4 m üNN, ca 1,86 m unter Geländeniveau. Relativ gesehen lag der Höchststand des Grundwassers bei 1,54 m unter Gelände in der Thomastrasse, was zu Vernässungen bei tieferen Kellern führte. Absolut gesehen lag der Wasserhöchststand Anfang Juni also bei 457,9 m üNN, und in Siglfing auf 454,6 m. Das bedeutet eine Abnahme des Grundwasserspiegels von $h = 3,3$ m über die Entfernung von $L = 1,25$ km. Der hydraulische Gradient, der den Grundwasserfluss antreibt, lag dann bei $h/L = 2,64$ m /km. Im November 2013 ist der Gradient auf 2,6 m/km nur leicht zurückgegangen. Das spricht gegen eine Stauwirkung im Abstrom. Diese Werte passen auch gut zu den Angaben des WWA, das ein Gefälle von ca 3 m / km angibt.

4.2 Abschätzung der Stromstärke des Grundwassers in Klettham

Der Grundwasserleiter besteht in der Erdinger Senke primär aus quartärem Kies, der auch in zahlreichen Kiesgruben abgebaut wird. Der Durchlässigkeitswert für Kies liegt zwischen $K = 0,1$ bis $0,01$ m/s je nach Gehalt an Feinmaterial (Schluff). Wer mehr über Hydrologie lernen will, dem wird eine leicht verständliche Vorlesung im Netz empfohlen „Hydroskript“, die wir auch als Datenquelle nutzen:

<http://www.hydroskript.de/html/index.html?page=/html/hykp1110.html>).

Durch einen Querschnitt von $A = 200$ m² fließt nach Abb. 4.1 bei schluffigem Kies:

$$Q = A K (h / L) = 200 \cdot 0,01 \cdot 3/1000 \text{ m}^3/\text{s} = 0,006 \text{ m}^3/\text{s} = 22 \text{ m}^3/\text{Stunde}$$

Bei den Tiefgaragen wurde mit einer Pumpleistung von ca 100 m³/h gearbeitet.

4.3 Die Ausbreitung des Grundwassers durch Diffusion

Die Vorstellung, Grundwasser würde wie ein unterirdischer Bach fließen, ist irreführend. Passend ist eher die Idee, dass es sich wie Feuchtigkeit in der Wand durch Diffusion ausbreitet: Es muss über viele Umwege durch dichtes Material mit hoher Porosität fließen, im Extremfall durch eine Betonmauer. Der Wassergehalt des Aquifers lässt sich durch den sogenannten Speicherkoeffizienten S charakterisieren. Er gibt an, wie hoch der Wasseranteil im vom Grundwasser durchsetzten Grund ist. Herr Höschl (WWA) goss in der letzten Bürgerversammlung zur Demonstration blaues Wasser in einen mit Kies gefüllten Maßkrug. Der Speicherkoeffizient S wäre der Anteil des Volumens an Wasser, das im gefüllten Maßkrug Platz hatte. Für groben Kies liegt der Koeffizient typischerweise bei 30 %.

Bei Kenntnis des Speicherkoeffizienten lässt sich der Anstieg des Grundwasserpegels durch Versickerung von Regenwasser abzuschätzen: Niederschlag wird in mm gemessen. Steigt der Pegel auf einer undurchlässigen Fläche (Beton) durch Regen um 1 mm, dann sind 1 Liter pro m^2 an Niederschlag gefallen: $h_N = 1$ mm entspricht einer Regenmenge von 1 Liter/ m^2 . Bei den starken Regenfällen Ende Mai 2013 sind 100 mm / m^2 an Niederschlag im Bereich Flughafen München gemessen worden. Falls dieser Niederschlag vollständig versickert, führt das bei einem Speicherkoeffizienten von 30 % zu einer dreifach höheren Steigerung des Grundwasserspiegels, also 300 mm oder 30 cm:

$$h_{\text{Grund}} = h_N / S$$

Für Erding-West bedeutet das, dass der Grundwasserspiegel allein durch Versickerung von 100 mm Regenwasser ohne Zufluss von außen um ca. 30 cm steigen kann. Daher ist die lokale Versickerung von Niederschlag eine wichtige Einflussgröße.

4.4 Simulation der Grundwasserpegel durch Zufluss vom Rand her

Immer wieder wurde uns vom WWA oder der Stadt entgegengehalten, dass der Grundwasserpegel nicht durch lokale Versickerung von Regenwasser bestimmt wird, sondern durch Zufluss von außen. Diesen Fall diskutieren wir jetzt in einem einfachen Modell: Wir nehmen an, dass z.B. nach einem Starkregen Grundwasser am südlichen Rand (Dachauerstr.) ansteht und sich im Bereich Erding-West/Sandgrubensiedlung ausbreitet. Dazu lösen wir wie im Anhang 1 beschrieben die d`Arcy Diffusionsgleichung für die Ausbreitung von Grundwasser vom Rand her. Anfangs soll der Pegel im Untersuchungsgebiet bei Null liegen. Dann steigt der Pegel bei $t = 0$ (Tage) plötzlich am Rand bei $x = 0$ auf $h_0 = 1$ m. Die berechneten Kurven in Abb. 4.2 zeigen, wie die Pegel auch in einiger Entfernung vom Rand ($x = d$) mit der Zeit durch Diffusion anwachsen. Es gibt weder eine scharfe Grenze, oder eine Stufe noch eine Welle.

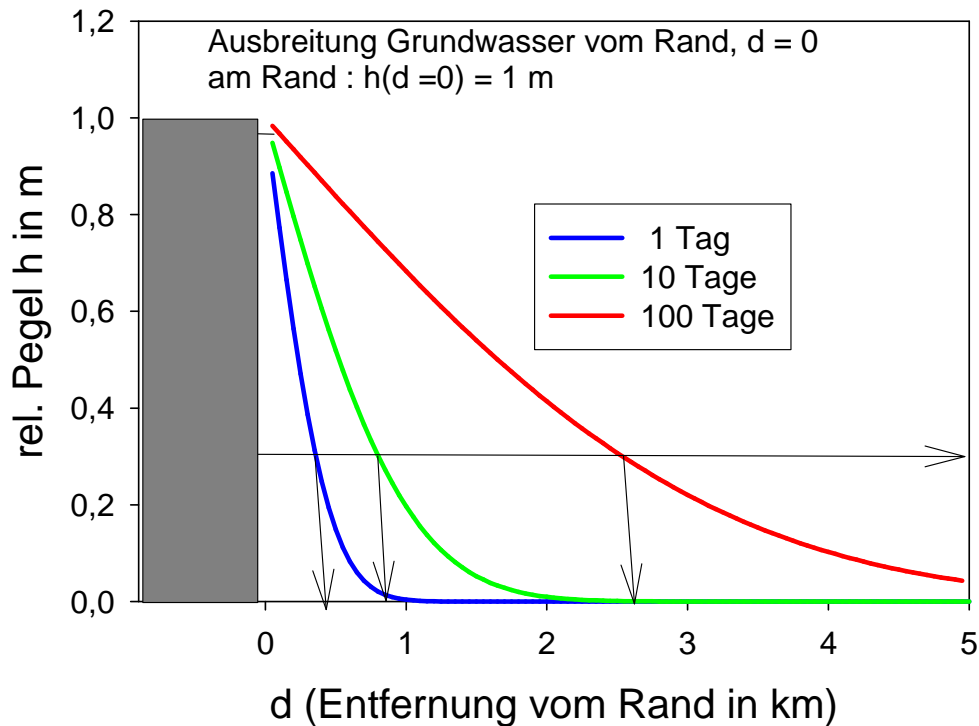


Abb. 4.2: Simulation der Ausbreitung von Grundwasser mit Diffusionskonstante $D = 0.03 \text{ km}^2/\text{Tag}$

Man charakterisiert die Ausbreitung vielmehr durch die Entfernung, bei der der Wasserpegel zu einer bestimmten Zeit auf $1/3$ des Maximalpegels angestiegen ist. In Abb. 4.2 wurde die entsprechende Ausbreitungslänge $\langle d \rangle$ bei einer bestimmten Zeit durch Pfeile gekennzeichnet (Gleichungen siehe Anhang): 1 Tag: 400 m, 10 Tage: 950 m, 100 Tage: 2,6 km.

Die angenommene Diffusionskonstante entspricht grobem Kies (Anhang):

$$D \cong 0,03 \text{ km}^2/\text{Tag}.$$

Das heisst: Falls der Grundwasserspiegel am Rand stark ansteigt, dann wird dies nach etwa 10 Tagen in ca 1 km Entfernung als Pegelanstieg auf $1/3$ des Randwertes nachweisbar sein. Die Maximalpegel in Siglfing und Klettham traten ca 5 - 6 Tage nach dem Niederschlag am 30. Mai auf. Das bedeutet, dass das Grundwasser aus der Versickerung von Niederschlag im Bereich von 1 - 2 km um die Messstellen stammen sollte.

5) Analyse der Ganglinien in Siglfing und Klettham

5.1 Modellbeschreibung

Für die Simulation der Grundwasserpegel benötigt man ein schematisches Geländemodell. Je realistischer das Modell ausgebaut wird, desto genauer wird die Vorhersage. Professionelle hydrogeologische Beratungsfirmen verwenden Computerprogramme (SIMG, Abb. 5.1), in der das Gelände in Raster eingeteilt wird. Jedes Element kann andere Parameter haben. Dann macht das Programm eine Bilanz der vertikalen und lateralen Wasserströme, über die die Ganglinie, der Grundwasserstand $h(t)$, berechnet wird.

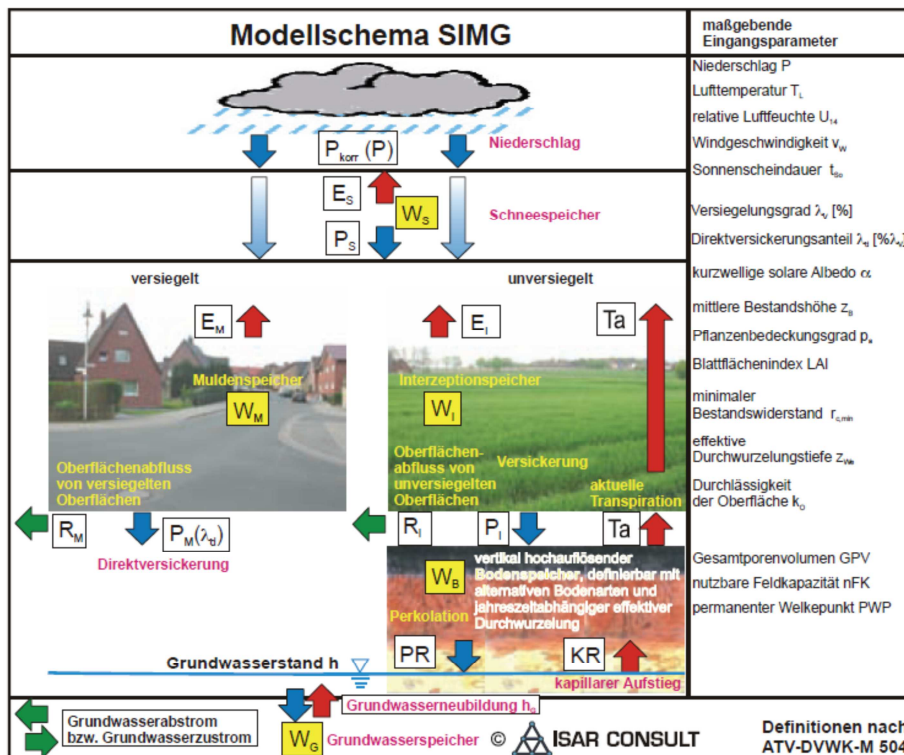


Abb. 5.1: Modellschema für laterale und vertikale Ströme (Pfeile) für Regenwasser und Grundwasser (SIMG) der Fa. Isar Consult mit Eingangsparametern

Im Kapitel „Neubaugebiete mit Regenwasserversickerung“ kommt eine Studie von Isar Consult zu dem Schluss:

“ Gemäß der Abbildung ergibt sich für den nur zu 42 % versiegelten Standort ein vegetationsunabhängiger und relativ konstanter Oberflächenabfluss, dessen Jahressumme die der Grundwasserneubildung übersteigt. Sofern dieser Oberflächenabfluss nicht über die Kanalisation oder vorhandene Oberflächengewässer abgeleitet wird, sondern mittels Regenwasserversickerung in den örtlichen Grundwasserleiter eingeleitet wird, resultiert daraus eine Verdopplung der Grundwasserneubildung. Somit kann die lokale Grundwasserneubildung durch Umwandlung von land- und forstwirtschaftliche Nutzflächen in Neubaugebiete erheblich gesteigert werden. Auf entsprechenden Böden können die durch Regenwasserversickerung bewirkten Steigerungen der Grundwasserneubildung erhebliche Grundwasseranstiege, großflächige Vernässungen und Steigerungen der

Fremdwasserzuflüsse verursachen... (aus Korrespondenz Abwasser, Abfall 2009, 56 Nr. 3 und www.Isar-Consult.de).“

Für unsere qualitative Studie begnügen wir uns mit einem sehr groben Raster, das wir über eine Formel berechnen können (Anhang 1). Wir betrachten zwei getrennte Untersuchungsgebiete, Siglfing und Erding-West mit einer Ausdehnung von ca 2 km. Beide Gebiete werden als homogen angenommen und werden durch identische Parameter beschrieben. Wir simulieren einen eindimensionalen Geländeschnitt (Abb. 4.1), nehmen also lokal isotrope Verhältnisse an.

Das Grundwasser fließt entlang der Koordinate x von links nach rechts, näherungsweise von Süd nach Nord (in Wirklichkeit NNO). Es geht einmal darum, die Ganglinien des Junihochwassers zu reproduzieren, aber auch entsprechende Parameter (D , K , S) aus den Simulationen zu gewinnen. Können wir die gemessenen Ganglinien mit dem Modell in etwa darstellen bei vernünftigen Parametern, dann schließen wir daraus, dass unsere Modellannahmen vernünftig waren. Die Simulationen beruhen auf der D'Arcy Gleichung (Abb. 4.1 und Anhang 1). Wie in Abb. 4.2 simulieren wir Zufluss vom südlichen Rand bei $x = 0$, indem wir den Pegel bei $t = 0$ auf einen bestimmten Wert h_0 setzen. Danach breitet sich das Grundwasser wie in Abb. 4.2 gezeigt nach Norden, $x > 0$, aus.

Im Unterschied zu Abb. 4.2, nehmen wir jedoch an, dass der Speicher (graue Zone bei $x < 0$) mit der Zeit leer wird, der Zufluss also abnimmt und der Pegel $h(x = 0, t)$ sinkt. Modellmäßig nehmen wir eine exponentielle Abnahme des Randpegels (wie bei radioaktiven Zerfall) als Approximation an. Charakteristische Größe ist die Halbwertszeit des verzögerten Zuflusses τ_s .

5.2 Simulation der Ganglinie der Messstelle Siglfing

Wir betrachten zunächst die Ganglinien der offiziellen Messstelle in Siglfing. Die Zeitachse ist angegeben in Tagen gerechnet vom Flutereignis am 1.6. 2013:

Für die Simulation nehmen wir an, dass der Grundwasserspiegel am Südrand durch das Regenergebnis Ende Mai plötzlich um etwa 1,5 m angestiegen ist. Dann steigt der Pegel mit einiger Verzögerung auch an der Messstelle, die ca 600 m vom Rand entfernt angenommen wird. Für die Diffusionskonstante passen wir einen Wert von $D = 0,03 \text{ km}^2/\text{Tag}$ an.

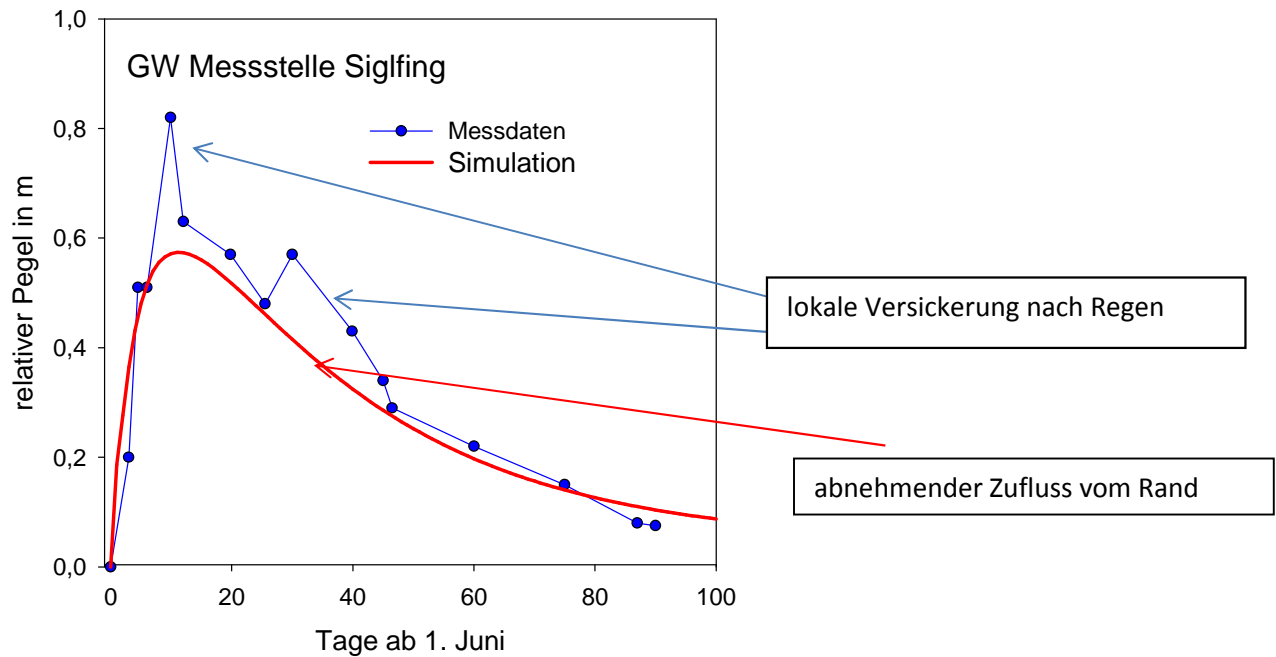


Abb. 5.2: Grundwasser-Ganglinie in Siglfing (blau) im Vergleich mit Simulation (rot) bei Zufluss vom Rand ohne lokalen Eintrag durch Niederschlag (Spitzen).

Der Randpegel nimmt langsam wieder ab, die Simulation ergibt eine Halbwertszeit von $\tau_S \cong 28$ Tagen. Das würde anfangs zu einer Pegelabnahme von ca 1 cm/Tag führen, aber mit der Zeit weniger stark abnehmen. Mit diesen Parametern beschreibt die berechnete Kurve den generellen Trend der Ganglinie recht gut. Allerdings lassen sich damit die Spitzen durch lokale Versickerung von Niederschlag nicht wiedergeben. Die zweite Spitze läßt sich auf einen Starkregen Ende Juni zurückführen. Dadurch wird klar, dass die lokale Versickerung eine nachweisbare Rolle spielt. Die rote Kurve entspricht recht gut der Ganglinie, die am Erdinger Flughafen gemessen wurde (Abb. 2.2). Als wichtiges Ergebnis halten wir daher fest, dass der verzögerte Zufluss aus einem externen Grundwasserspeicher den langsamen Abfall des Pegels bestimmt. Das bedeutet insbesondere, dass der stagnierende Pegel sehr wahrscheinlich nicht durch Stauwirkung beim Abfluss, sondern durch anhaltenden Zufluss aus den südwestlich gelegenen Ackerflächen stabilisiert wird. Die Spitzen in der Ganglinie sind durch lokale Einträge von Niederschlag zu verstehen. Die lokale Versickerung des Niederschlags kann allein 25 % des Pegelanstiegs erklären.

5.3 Simulation der Ganglinie für die Messstelle Klettham

Die Ganglinie für Klettham hat wie der Siglfinger Pegel ein Maximum am 6. Juni, etwa eine Woche nach Beginn des Flutereignisses. Allerdings zeigt die Kletthamer Ganglinie eine ausgeprägte zweite Spitze als Reaktion auf ein Regenereignis Ende Juni

Die gestrichelte rote Linie simuliert das erste Ereignis ohne Niederschlag, der ca 20 % zum Pegel beitragen dürfte.

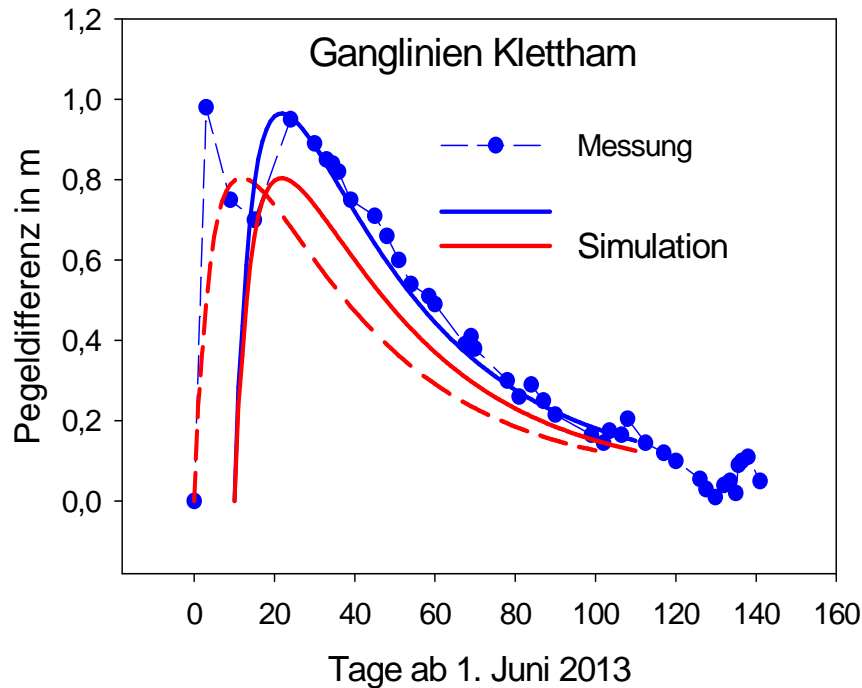


Abb. 5.3: Ganglinie gemessen ab 6. Juni in Klettham-Thomastrasse (blaue Punkte) im Vergleich mit Simulationen ohne Berücksichtigung von Niederschlag (rot) und mit lokalem Eintrag von Regenwasser (blau).

Ohne den zweiten Starkregen, der kein Sempthochwasser zur Folge hatte, wäre der Pegel deutlich schneller abgeklungen. Die rote Linie simuliert den Effekt des zweiten Regenereignisses Ende Juni ohne den lokalen Niederschlag zu berücksichtigen. Die blaue Linie versucht den zusätzlichen Beitrag durch lokale Versickerung mit zunehmen. Bemerkenswert ist das fast exponentielle Abklingen der Ganglinie mit einer Halbwertszeit von etwa einem Monat. Die Diffusionskonstante hatte denselben Wert wie in Abb. 5.2 bei Siglfing. Ebenso wurde angenommen, dass die Messstelle ca 600 m vom Rand entfernt liegt. Für das Grundwasser am Südrand passen wir einen Pegelanstieg am 1. Juni von fast 2 m an, der dann in 30 Tagen auf 1 m abnahm. Wieder kann der generelle Trend der Ganglinie gut simuliert werden. Wir schließen auch daraus, dass der langsam sinkende Pegel und die Kumulationseffekte im Frühjahr auf verzögerten Zufluss von gespeichertem Niederschlag verursacht werden. Eindeutig spielt aber auch die lokale Versickerung mit etwa 20 % Beitrag zum Pegelanstieg eine wichtige Rolle. Für die Vernässung der Keller sind Unterschiede von 20 cm beim maximalen Grundwasserspiegel von enormer Bedeutung.

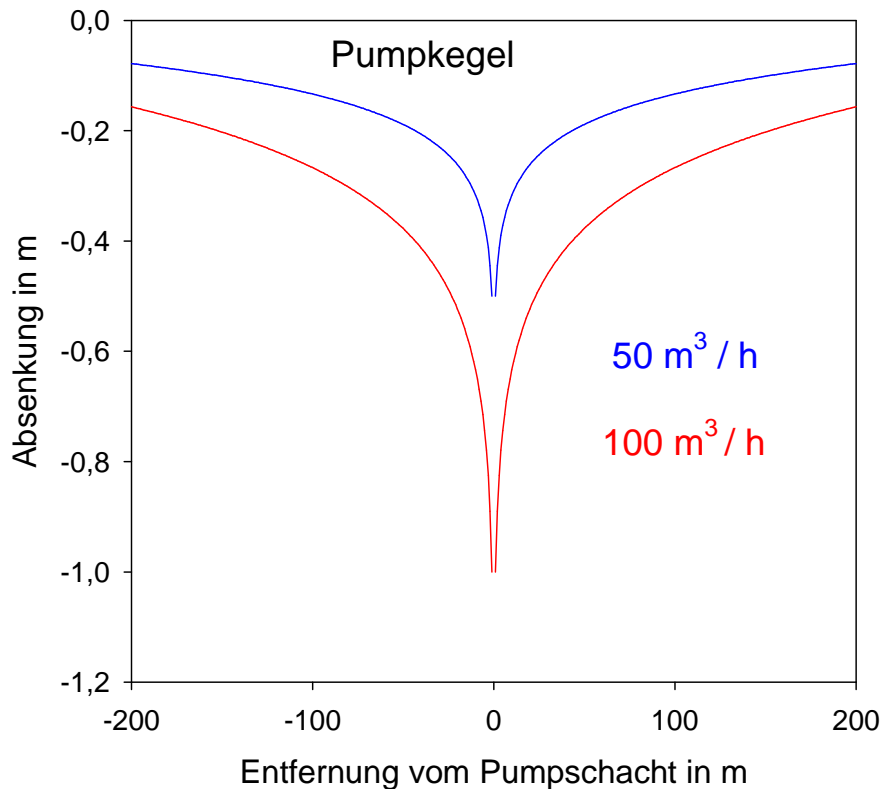


Abb. 6.2: Pumptrichter bei zwei verschiedenen Pumpraten mit Entfernung vom Pumpschacht.

Abb. 6.2 zeigt eine Berechnung des Pumpkegels. Gezeigt ist die Absenkung in m relativ zum Nullniveau ohne Pumpen für zwei verschiedene Pumpleistungen: Mit ca $100 \text{ m}^3/\text{h}$ wurde die Tiefgarage in 171/1 Anfang Juni 2013 ausgepumpt. Eine kleine Tauchpumpe hat eine Leistung von $10 \text{ m}^3/\text{h}$. Dadurch sank der Pegel mindestens um 20-40 cm in der gesamten Tiefgarage. Man muss sich den Pumpkegel rotationssymmetrisch als Trichter in drei Dimensionen vorstellen. Man sieht, dass der Pumpeffekt sich über 200 m in alle Richtungen erstreckt. Als Diffusionskonstante wurde ein Wert von $0,03 \text{ m}^2/\text{s}$ angenommen.

Solche Berechnungen können als Grundlage dienen, um die Wirksamkeit und Dimensionierung eines Schutzbrunnens in der Sandgrubensiedlung zur Absenkung von Grundhochwasserspitzen einzuschätzen. 100 mm Niederschlag in einem Gebiet von 50 h bedeuten $50\,000 \text{ m}^3$ an Grundwasserneubildung bei vollständiger Versickerung.

Die Grenzwerthöhe für das Eindringen von Grundwasser in bestehende Keller in der Sandgrubensiedlung ergibt sich aus der Pumpaktion der Familie Müller in der Uhlandstr. 9. Hier musste ab dem 06.06.2013 bis zum 19.07.2013 Wasser aus durch Grundwasser gefluteten Kellern abgepumpt werden. Am 19.07.2013, Einstellung der Pumpaktion, zeigte die GWH an der Messstelle Thomastr. 6 einen Messwert von 185 cm unter GOK (entspricht an dieser Stelle einem, eher unbedeutenden Wert, von 457,27 mNN).

Dies ist, ohne Sicherheitszuschlag, die rote Linie, die um größere Schäden zu vermeiden nicht überschritten werden darf. Normalerweise müsste hier m. E. noch ein Sicherheitszuschlag von mindestens 10 cm wegen der schnellen Zunahme der Grundwasserhöhe im Versickerungsfall hinzu gerechnet werden. Das ergibt dann einen Grenzmesswert von 195 cm. Ab dieser Höhe müsste in der Sandgrubensiedlung die Alarmglocken schrillen und das Grundwasser abgepumpt werden.

7) Fazit und Gegenmaßnahmen

Dieser Bericht unterstreicht die Notwendigkeit einer detaillierten hydrogeologischen Untersuchung für das Baugebiet Erding-West, wie sie jetzt auch vom WWA empfohlen wird. Die Behauptung der Behörden, dass nur das versickert wird, was schon immer dort versickert wurde, geht an der Kletthamer Grundwasserproblematik vorbei. Es wird nachweislich mehr und das über kürzere Zeiträume versickert. Die Speicherwirkung des Oberbodens und die Verdunstung durch Vegetation fällt aus. Dadurch entstehen Pegelhöchststände und Kellervernässungen. Selbst die Versickerung in die obere Kiesschicht geht nicht so einfach wie Herr Höschl (WWA München) dies in einer Bürgerversammlung suggerierte, als er blau gefärbtes Wasser in einen mit Kies gefüllten Bierkrug goss: Die obere Kiesschicht ist schluffig und schlecht durchlässig. Die im Bebauungsplan 171/1 vorgesehene Versickerung in oberflächennahe Mulden reicht daher nicht aus. Das Regenwasser wird jetzt über 5 m tiefe Schächte und tief liegende Rigolen direkt ins Grundwasser eingeleitet.

Schon mit relativ einfachen Modell der Hydrogeologie können die Ganglinien in Erding-West und Siglfing plausibel reproduziert werden. Die steile Zunahme der Pegel ist fast sicher durch lokale Versickerung von Niederschlag zu erklären. Die Infiltration von Regen in Löss-Lehmschichten und der Transport über mehrere Kilometer zu den Messstationen dauert einfach zu lang, um den steilen Anstieg der Pegel in Klettham oder Siglfing unmittelbar nach einem Niederschlagsereignis zu erklären. Der langsame exponentielle Abfall der Pegel nach einem Anstieg dagegen lässt auf die Existenz eines Reservoirs an Grundwasser schließen, das seinen Inhalt langsam in den Bereich Erding-West abgibt. Unsere Analyse macht plausibel, dass das Grundwasser in Erding-West durch zwei Einflussfaktoren bestimmt wird:

- (1) die lokale Versickerung von Regenwasser in Klettham und Erding-West und
- (2) der verzögerte Zufluss durch in den Löß-Lehmschichten gespeichertes Grundwasser.

Wir geben Abschätzungen der für den Grundwassertransport wichtigen Parameter wie Diffusionskonstante, spezifischer Speicherkoeffizient und Halbwertszeit des Grundwasserspeichers. Die langsame Abnahme der Pegel in Erding-West führen wir nicht auf eine Stauwirkung im Abflussbereich zurück, sondern werten dies als verzögerten Zufluss von gespeichertem Grundwasser vom Rand des Baugebiets.

Besonders betroffen von steigenden Grundwasserständen ist die Sandgrubensiedlung wegen ihrer tiefen Lage. Um dort Grundwasserspitzen zu dämpfen sind vor allem zwei Maßnahmen zu betrachten:

- a) Eine reduzierte lokale Versickerung von Regenwasser im gesamten Baugebiet und
- b) ein Schutzbrunnen zur Absenkung von Hochständen in einem beschränkten Bereich und über eine limitierte Zeit.

Bereits heute wird das Schmutz- und Regenwasser über die Kanalisation am Rand von Eichendorffstrasse und Siglfingerstrasse durch Pumpen angehoben. In analoger Weise könnte man mit Grundwasser verfahren. Zu prüfen wäre, wie viel das bereits bestehende Abwassersystem in der Zeit nach den Regenfällen an Grundwassereinspeisung verkraften kann. Langfristig wäre ein getrenntes Kanal- und Pumpsystem in Betracht zu ziehen. Auch wäre der Bau von Regenrückhaltebecken zu prüfen.

Schutzbrunnen als Mittel gegen Kellervernässungen haben sich bereits bewährt, so in Pfungstadt (Hahn) (http://www.grundwasser-online.de/gwo_portal/article.php?sid=59) und in Dorfen.

c) Zuflüsse aus den Ackerflächen könnte man über eine Kanalisation z.B. entlang der Dachauerstrasse in Richtung Sempt ableiten wie beim Itzlinger Graben.

d) Dringend erforderlich ist die Einrichtung mehrerer automatischer Messstationen in Alt-Klettham und in 171. Die Kosten für ein mit Computer auszulesendes Pegelmesssystem liegen bei 850 €. Hinzu kommt ein Brunnenschacht, ca. 500 €, der den 1 Zoll Pegelmesser mit Kabel aufnehmen kann. Auf diese Weise lassen sich die in diesem Report gemachten Annahmen prüfen und gefährliche Pegel rechtzeitig erkennen. Keller können rechtzeitig ausgeräumt werden, Pumpmaßnahmen können präventiv eingeleitet werden.

e) Hochwasserschutz sollte für die Stadt Erding auch das Grundwasser mit einschließen. Die Folgen von hohen Grundwasserständen sind oft gravierender, dauern länger als Oberflächenhochwasser und werden nicht von Versicherung abgedeckt. Dem kombinierten Hochwasserschutz sollte mindestens ebenso soviel Priorität eingeräumt werden wie z.B. der wünschenswerten Förderung von Sportvereinen.

Anhang 1: Mathematische Gleichungen für Pegelberechnungen $h(x, t)$

Die mathematische Gleichung für den Pegel $h(x, t)$ als Funktion von Ort und Zeit nach D'Arcy lautet (Hydroskript):

$$\frac{\partial h(x, t)}{\partial t} = D \frac{\partial^2 h(x, t)}{\partial x^2} + q(x, t) \quad (A1)$$

Gleichung A1 beschreibt die eindimensionale Ausbreitung in Richtung x (Abb. 4.1). Links steht die zeitliche Veränderung des Pegels $h(x, t)$, rechts steht die räumlich Ausbreitung durch Diffusion angetrieben durch das Gefälle. Wichtigster Parameter ist die Diffusionskonstante, die Verhältnis von Durchlässigkeit K und spezifischem Speicherkoeffizient $S_s = S/h$ angibt:

$$D = K/S_s \quad (A2)$$

Der Term $q(x, t)$ beschreibt externe Zuflüsse am Ort x z.B. durch Versickerung von Niederschlag (Infiltration) oder Pumpaktionen. Hinzu kommen Randbedingungen, falls nur ein begrenztes Gebiet betrachtet wird. Das zeitliche Anwachsen der mittleren Diffusionslänge $\langle d \rangle$ kann durch folgende Formel berechnet werden (Abb. 4.2):

$$\langle d \rangle = \sqrt{2 D t} \quad (A3)$$

a) Diffusion durch Zufluss vom Rand: zeitabhängige Randbedingung

Wir betrachten ein Modell für den Grundwasserpegel als Lösung von Gleichung (A1) mit zeitabhängiger Randbedingung, die das Leerlaufen des Speichers beschreibt.

Bei $t = 0$ wird der Pegel $h(x = 0, t = 0)$ auf eine Anfangshöhe h_0 gesetzt. Das Wasser diffundiert in das Untersuchungsgebiet bei $x > 0$ als Funktion der Zeit. Außerdem nehmen wir an, dass der Randpegel exponentiell $\sim \exp(-t/\tau_s)$ mit einer Halbwertszeit $T_{1/2} \cong 0,7 \tau_s$ abklingt. Das „s“ steht für Speicher. Der Pegel $h(x, t)$ lässt sich dann durch folgende Gleichung annähern (Crank, Mathematics of Diffusion):

$$h(x, t) = h_0 \cdot \exp(-t/\tau_s) \cdot \operatorname{erfc}(x/(2\sqrt{Dt})) \quad (A4)$$

$\operatorname{erfc}(x)$ die die tabellierte komplementäre Fehlerfunktion.

Die Parameter der Gleichung A4 (x, h_0, τ_s, D), werden in Abb. 5.2 und 5.3 an die gemessenen Daten angepasst. Für Abb. 4.2 wurde ein zeitunabhängiger Speicher oder ein Randwert mit sehr großer Halbwertszeit angenommen.

b) Diffusion von lokalem Niederschlag

Die „Regenspitzen“ auf den Ganglinien lassen sich nicht adäquat modellieren, weil sie zu sehr von lokalen Gegebenheiten abhängen. Als grobes Modell nehmen wir an, daß im Gegensatz zu a) bei $t = 0$ eine bestimmte Regenmenge gleichmäßig, also für alle x , im Untersuchungsgebiet ins Grundwasser versickert wird. Dann erhält man eine sehr ähnliche Formel für die Abnahme des Pegels nach Niederschlag durch Abfluss durch den Rand:

$$h_N(x, t) = h_{N0} \cdot (1 - \operatorname{erfc}(x/(2\sqrt{Dt}))) \quad (\text{A5})$$

Als Gesamtwert ergibt sich dann für den Pegel:

$$h_{\text{Ges}}(x, t) = h(x, t) + h_N(x, t) \quad (\text{A6})$$

Diese Gleichung wurde in Abb. 5.3 (blaue Kurve) angepasst.

c) Brunnenfunktion

Die Kurven in Abb. 6.2 wurden nach der genäherten stationären Brunnenfunktion für gespanntes Grundwasser berechnet (Hydroskript):

$$h_2 - h_1 = \frac{Q}{2\pi D} \ln \frac{r_1}{r_2} \quad (\text{A7})$$

Links steht die Pegelabsenkung gemessen an zwei Punkten mit Abstand r_1 und r_2 vom Brunnenschacht. Q ist die Brunnenleistung in m^3/s , „ln“ bedeutet: natürlicher Logarithmus.

Anhang 2

Gelände und Grundwasserhöhen GH in m üNN

	Amtliche Angaben
Erding	463
Baugebiet 171/ I	461,26 Einmesshöhe/Grenze SGS
Boden Erdgeschoß +0,08	461,34
Keller – 2,70 m	458,64
Tiefgarage – 0,35 ?	458,29 ? keine genaue Höhe, weil abgepumpt wurde
Fehlbach	457,33 Messstelle ?
Thomastrasse	459,40 (eig. Messung Garten Maier/Ott 459,12)
Waldmüllerstrasse	459,20
Ecke Uhland/Waldmüller	459,40 WWA
Eichendorfstrasse	458,20
Josef – Schwanklstr./Obi	465,49
Grundwasserleiter	451 – 453 WWA
Grundwasserhöhe am 13.03.2009	456,12 GBLA
Bemessungswasserstand für Bauwerke	458,50 GBLA
Grundwasserhöhe 171 I Juni 2013	458,64 (eig. Messung 459,40 – 1,54 = 457,86 Differenz von 0,78 m)