

Grundwasserabsenkungen im Rahmen von Kampfmittelräumungen innerhalb des Stadtgebietes von Oranienburg

Die Stadt Oranienburg wurde im 2. Weltkrieg massiv durch die amerikanischen Luftstreitkräfte bombardiert. Auch heute noch befinden sich viele Blindgänger im Boden, die mit chemischen Langzeitzündern ausgestattet sind und jederzeit detonieren können. Eine Entschärfung der Bomben kann nur erfolgen, wenn die hierfür erstellte Baugrube komplett trockengelegt wird. Aufgrund der speziellen hydrologischen und hydrogeologischen Bedingungen im Untergrund der Stadt werden die Planer und die ausführenden Firmen von Grundwasserabsenkungsmaßnahmen vor besondere Herausforderungen gestellt.



Abb.: CONSUAQUA Hamburg

In insgesamt 13 Luftangriffen bombardierten die amerikanischen Luftstreitkräfte im Verlauf des Zweiten Weltkriegs die Stadt Oranienburg. Grund für dieses massive Bombardement waren unter anderem die örtlichen Industrie- und Rüstungsstrukturen: Mit den Heinkel-Werken war einer der größten Flugzeugproduzenten im Dritten Reich in der Stadt ansässig, zudem vermuteten die Alliierten in den Auer-Werken Teile der deutschen Atomwaffenforschung. Das Ausmaß dieser Angriffe lässt sich anhand der folgenden Zahlen erahnen: Bei einem Luftangriff am 15. März 1945 warf die United States Army Air Forces (USAAF) rund 5.700 Bomben über der Stadt ab, 80 % davon waren mit chemischen Langzeitzündern versehen. Bei dieser Art des Zündmechanismus detoniert die Sprengbombe nicht direkt nach dem Einschlag auf der Erdoberfläche, sondern – bedingt durch einen chemischen Zersetzungsprozess – erst mehrere Stunden oder gar Tage nach dem Abwurf. Durch ihre Konstruktionsart weisen chemische Langzeitzündler eine überdurchschnittlich hohe Versagenswahrscheinlichkeit auf, sodass sich auch heute noch zahlreiche Blindgänger im Untergrund unter Oranienburg befinden: Obleich seit 1963 insgesamt 267 Bomben im Stadtgebiet gefunden und entschärft werden konnten, gehen Experten von immer noch 300 nicht lokalisierten Blindgängern aus.

Im Vergleich zu Blindgängern mit konventionellen Aufschlagzündern ist die Gefahr einer Selbstdetonation bei mit chemischen Langzeitzündern ausgestatteten Blindgängern ungleich höher. Allein in Oranienburg gab es seit Mitte der 1960er-Jahre fünf Selbstdetonationen, die letzte im Jahr 1993. Aufgrund der akuten Gefährdung der Bevölkerung durch Selbstdetonationen betreibt die Stadt Oranienburg die systematische Suche nach möglichen Blindgängern mithilfe von Luftbildern und durch den Einsatz geophysikalischer Verfahren. Hierbei wird das gesamte Stadtgebiet in einem engmaschigen Raster mit Bohrungen belegt. Werden durch die angewandten Verfahren magnetische Anomalien festgestellt, so müssen die Verdachtspunkte zunächst freigelegt werden, um eine sichere Identifikation durchzuführen. Erst durch das Öffnen der Verdachtspunkte kann entschieden werden, ob es sich um Blindgänger oder um andere ungefährliche metallische Gegenstände handelt.

Die Stadt Oranienburg liegt direkt an der Havel bzw. am Lehnitzsee. Die Grundwasserflurabstände betragen dement-



Abb. 1 – Lageplan mit Schnittverlauf und festgestellten Anomalien am Havelufer in Oranienburg

sprechend zum Teil nur wenige Dezimeter, somit ist für jede Öffnung eines Verdachtspunktes auch eine Baugrubenwasserhaltung erforderlich. Durch die sehr hohen Grundwasserstände, die Heterogenität und die zum Teil sehr guten Durchlässigkeitsbeiwerte des Untergrundes ergeben sich besondere Herausforderungen für die begleitenden Grundwasserabsenkungsmaßnahmen, da bereits Verdachtspunkte bis in Tiefen von ca. 8,5 m unter GOK identifiziert werden konnten.

Im Jahr 2015 fand in einem Bereich im Stadtgebiet Oranienburgs eine Bombenentschärfung statt, die aus unterschiedlichen Gründen besondere Anforderungen an die Geotechnik, die Technik zur Grundwasserabsenkung und die Kampfmittelbeseitigung gestellt hat. Die Kampfmittelbeseitigung „Havelufer“ fand im südlichen Stadtgebiet ca. 60 m von der Havel-Oder-

Wasserstraße entfernt statt (Abb. 1). Es befanden sich auf einem Grundstück von ca. 750 m² vier Blindgänger, die in einer Tiefe von bis zu 8,5 m unter Gelände lagen. Die Blindgänger wurden unter Einrichtung von drei Bergebaugruben gleichzeitig freigelegt und anschließend nacheinander an einem Tag entschärft.

Hydrologische und hydrogeologische Bedingungen im Stadtgebiet Oranienburgs

Das Stadtgebiet Oranienburgs ist durch folgende Oberflächengewässer gekennzeichnet: die Havel im westlichen Stadtgebiet, den Lehnitzsee im östlichen Stadtgebiet sowie die Havel-Oder-Wasserstraße im südlichen Stadtgebiet. Diese Gewässer sind zum Teil hydraulisch gut an den oberflächennahen Grundwasserleiter angebunden.

» Aufgrund der sehr geringen Grundwasserflurabstände in Oranienburg ist für jede Öffnung eines Verdachtspunktes auch eine Baugrubenwasserhaltung erforderlich. «

Tabelle 1 – Übersicht Brunnen und geplante Fördermengen

Brunnen	Anzahl	Baugrube	Art	Aufgabe
Vakuumpflanzen	19	1+2	Vakuum	Absenkung des Grundwasserstands im oberen Feinsand zur Verhinderung eines hydraulischen Grundbruchs, Entnahme von Grundwasser oberhalb von 6 m unter GOK.
Vakuumbrunnen	8	1+2	Vakuum	Absenkung zur Trockenhaltung innerhalb der Baugruben, Entnahme von Grundwasser unterhalb von 6 m unter GOK.
Entlastungsbrunnen	7	1+2	Schwerkraft	Absenkung der Grundwasseroberfläche im Sand unterhalb der Mudde zur Verhinderung eines hydraulischen Grundbruchs, außerhalb der Baugruben.
Tiefbrunnen	8	3	Schwerkraft	Absenkung zur Trockenhaltung außerhalb der Baugrube.
Vakuumbrunnen	4	3	Vakuum	Geplant: Absenkung zur Trockenhaltung innerhalb der Baugruben, Entnahme von Grundwasser unterhalb von 6 m unter GOK. Ausführung: als Schwerkraftbrunnen zur Absenkung des Grundwassers unterhalb der Mudde innerhalb der Baugrube.

Die allgemeinen hydrogeologischen Verhältnisse lassen sich wie folgt beschreiben: Das Gebiet liegt im Bereich des morphologisch weitgehend ebenen weichselzeitlichen „Durchbruchtales“ der Havel. Die Geländeoberkante liegt bei Werten zwischen 32,00 bis 35,00 mNN. Die Grundwasserstände werden sehr stark durch die Oberflächengewässer bestimmt und liegen je nach Jahreszeit zwischen 31,50 bis 31,80 mNN. In Verbindung mit

den Geländedaten wird deutlich, dass sehr geringe Grundwasserflurabstände existieren, die in Nähe der Havel oder des Lehnitzsees kleiner als 1,00 m sind.

Oberflächennah stehen feinsandige oder organogene Sedimente an, die im Bereich der Havel und der Havel-Oder-Wasserstraße Mächtigkeiten von bis zu 15 m aufweisen können. Unterlagert werden sie von 20 bis 30 m mächtigen glazifluvialen Sanden und Kiesen. Es handelt

sich hierbei überwiegend um Mittelsande, in die insbesondere im mittleren Teufbereich des Grundwasserleiters einzelne Grobsand- und Kieslagen eingebunden sind. Der Grundwasserleiter wird im Liegenden durch eine mehrere Meter mächtige Geschiebemergelschicht begrenzt. Der Profilschnitt in der Abbildung 2 veranschaulicht die allgemeinen hydrogeologischen Untergrundverhältnisse im Stadtgebiet.

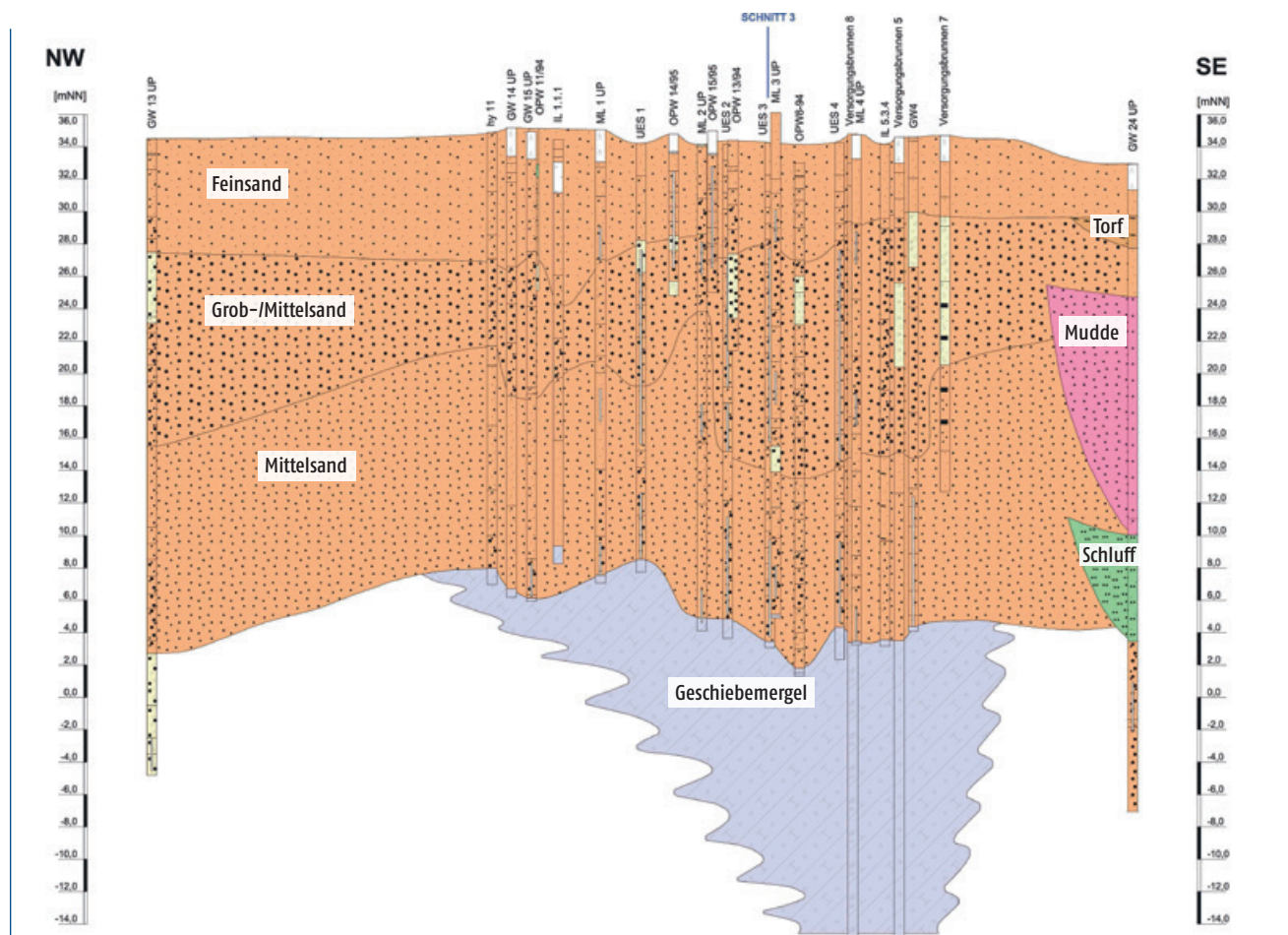


Abb. 2 – Geologischer Profilschnitt NW-SE

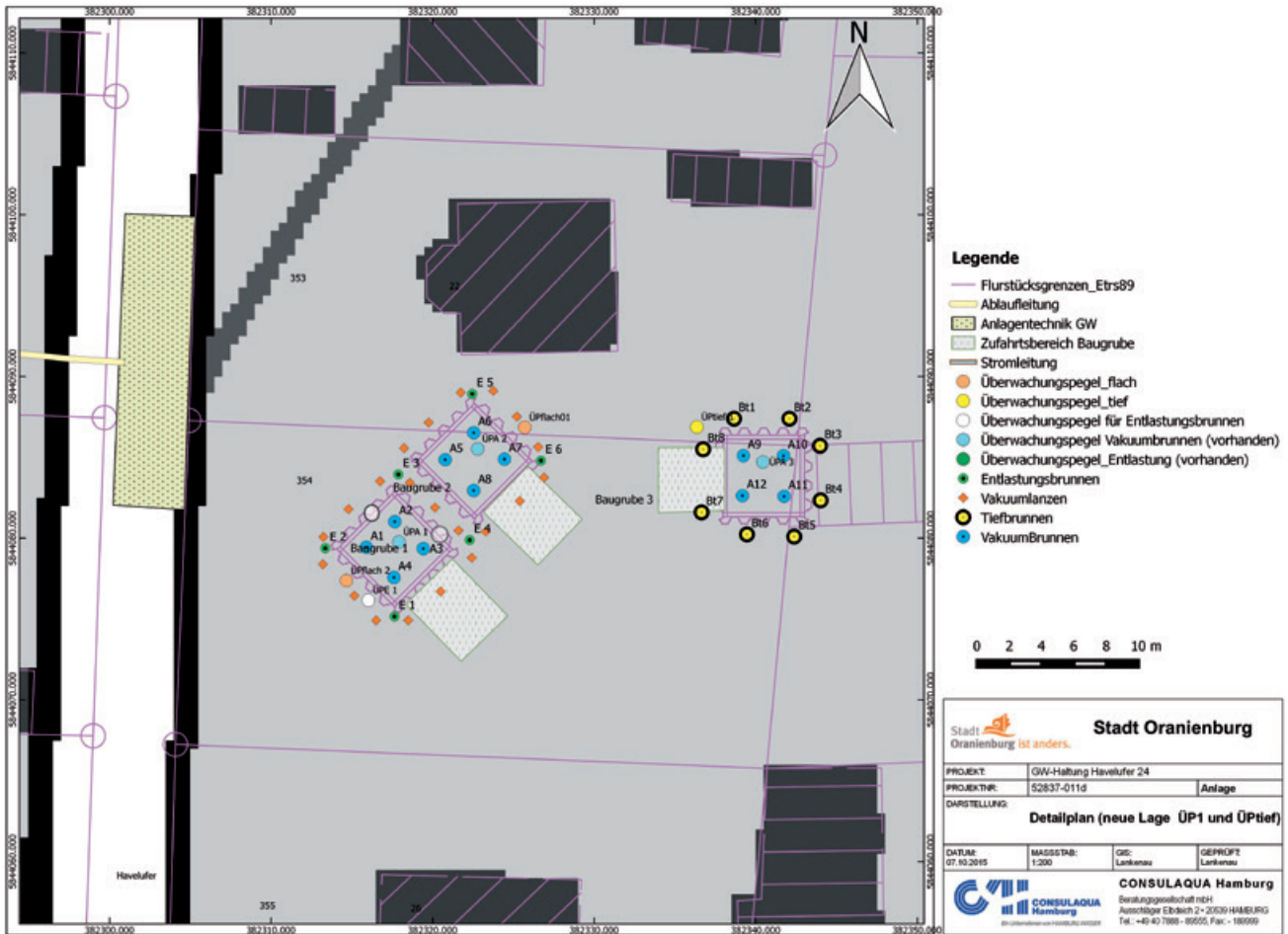


Abb. 3 – Detaillageplan



Abb. 4 – Beengte örtliche Verhältnisse

Kampfmittelräumung „Havelufer“

Das Grundstück Havelufer 24 liegt in einer Einfamilienhaussiedlung am Ufer der Havel-Oder-Wasserstraße, die Entfernung zum Havelufer beträgt ca. 60 m. Auf dem

Grundstück wurden zunächst drei Anomalien festgestellt (Abb. 3). Zwei Anomalien lagen an der Nordgrenze (Baugrube 1 und 2) und eine Anomalie an der Nordostgrenze des Grundstückes (Baugrube 3).

Zwar ist das Grundstück selbst nicht bebaut, jedoch grenzen die Baugruben 1 und 2 direkt an das Gebäude des Nachbargrundstückes. Die Baugrube 3 lag unmittelbar an einer Garage, die vorbereitend

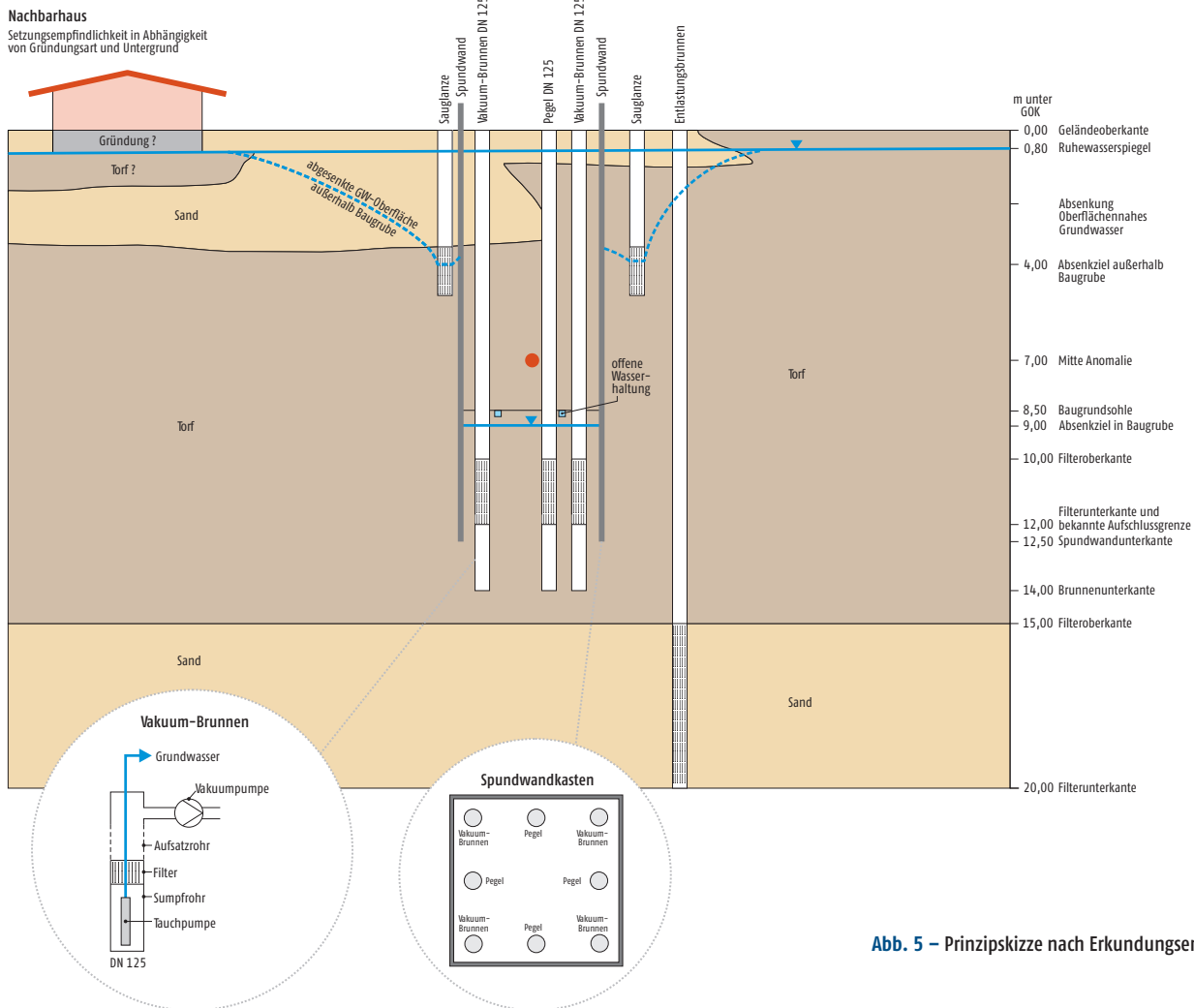


Abb. 5 – Prinzipskizze nach Erkundungsergebnissen

zur Baumaßnahme rückgebaut wurde. Die auf dem Grundstück festgestellten Anomalien befanden sich in einer Tiefe von ca. 6,50 bis 7,80 m unter GOK (Abb. 4).

Lokale Geologie und Hydrogeologie

Die geologischen Untergrundverhältnisse im Bereich des Grundstückes wurden im Vorfeld der Kampfmittelräumung mittels Kleinbohrungen bis in eine Tiefe von 14 m unter GOK sowie mittels einer Brunnenbohrung (Tiefe: 20 m) erkundet, wobei das in Abbildung 5 schematisch dargestellte Bild über die lokalen Untergrundverhältnisse gewonnen werden konnte. An dem Brunnen wurde ein Kurzpumpversuch über einen Zeitraum von zwei Tagen durchgeführt.

Im Bereich der Baugruben 1 und 2 wurden bis in eine Tiefe von ca. 15 m unter GOK Mude und darunter bis zur Bohrendteufe von 20 m wasserführende Feinsande aufgeschlossen. Im Bereich der Baugrube 3 standen bis in eine Tiefe von 14 m unter GOK Feinsande an (nicht in Abb. 5 dargestellt). Die Grundwasseroberfläche wurde in ca. 1 m unter GOK angetroffen. Die Durchlässigkeit des

Untergrundes wurde anhand von Erfahrungswerten und den Ergebnissen des oben genannten Pumpversuches für die zum Teil mit Sandbändern durchzogenen Mudden mit einem k_f -Wert von $1,7 \cdot 10^{-7}$ bis $1,2 \cdot 10^{-5}$ m/s und für die erbohrten Feinsande von 0,00005 bis 0,0001 m/s abgeschätzt. Auf der Basis dieser Erkundungsergebnisse wurde ein Grundwassermodell aufgebaut und mit dessen Hilfe – ergänzt durch klassische ingenieurtechnische Berechnungsmethoden – die notwendigen Brunnen geplant, um die vorgegebenen Absenkungsbeträge außerhalb und innerhalb der Baugruben zu erzielen. Eine Absenkung des Grundwasserspiegels außerhalb der Spundwände in den oberen und unteren Sandlagen war notwendig, um einen hydraulischen Grundbruch und ein Aufschwimmen der organogenen Sedimente innerhalb der Baugruben während des Bergungsbetriebes unbedingt zu verhindern.

Verfahrensbeschreibung

Zur Baugrubensicherung wurde um jede Anomalie ein Spundwandkasten von 5 x 5 m bis in eine Tiefe von 12,5 m unter

GOK gesetzt; die Mitten der Anomalien befanden sich in ca. 6,5 bis 7,8 m unter GOK. Gemäß der Lage der Anomalien wurde eine erforderliche Baugruben- ➔

- Bohrgestänge und Zubehör für Bergbau, Steine, Erden, Bauindustrie (Standard- oder Sonderanfertigungen)
- PCD Bohrkronen und Flügelmeißel
- Schneckenbohrgestänge und Bohrköpfe
- Verrohrungen für Brunnenbohrungen
- Reibschweißungen bis ca. 12 000 mm²



Zum Düker 20
44579 Castrop-Rauxel
Telefon: (0 23 05) 89 04 21
Telefax: (0 23 05) 89 04 23
http://www.bohr-bug.de
e-mail: bohr-bug@t-online.de

Parallel zum Baugrubenaushub wurde im Vorfeld ein einwöchiger Probetrieb bis in eine Tiefe von 3 m unter GOK durchgeführt.

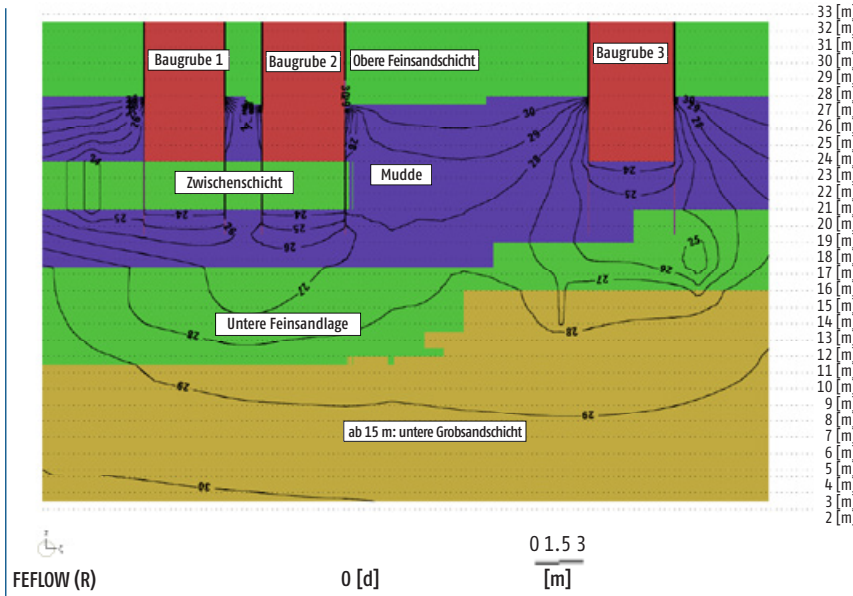


Abb. 6 – Profilschnitt durch die Baugruben 1 bis 3 mit Isohypsen (Linien gleicher Grundwasserstände)

entiefe von bis zu 8,5 unter GOK und ein Grundwasserabsenkungsziel von ca. 9,0 m unter GOK seitens des Kampfmittelbergungsdienstes der Landes Brandenburg vorgegeben.

Aufgrund der Heterogenität des Untergrundes und um der Gefahr eines hydraulischen Grundbruches unter allen Umständen zu entgegnen, wurden – basierend auf den Ergebnissen der Grundwassermodellierung – den jeweiligen hydraulischen Anforderungen entsprechende Brunnen geplant, installiert und während der Kampfmittelbergung betrieben. Gemäß der vorliegenden Lithologie und der Pumpversuchsergebnisse schätzte man die maximale Förderrate während des Bergungsbetriebes auf 150 m³/h Grundwasser.

Im Rahmen der Brunnenarbeiten wurden anschließend neue Erkenntnisse zur Geologie des Untergrundes im Bereich der Baugruben gewonnen, die anhand der Abbildung 6 verdeutlicht werden und sich in einigen wesentlichen Punkten von dem in der Abbildung 5 dargestellten hydrogeologischen Schema unterscheiden. Im Bereich der Baugruben 1 und 2 wurden die organogenen Sedimente (Mudde)



Abb. 7 – Trockene Baugrube 1 und Vakuumbrunnen



Abb. 8 – Wassereintritt in Baugrube 1 während des Probetriebs

von einer mächtigeren Feinsandschicht untergliedert, deren Ausdehnung nicht bekannt war. Weiterhin wurden unterhalb der Mudde und den bekannten Feinsanden ab einer Tiefe von ca. 21,0 m unter GOK auch Grob- und Mittelsande angebohrt.

Auf der Basis dieser neuen Erkenntnisse erfolgte der Einbau größerer Pumpen in die Entlastungsbrunnen (Tiefbrunnen), in Baugrube 3 wurden darüber hinaus die zunächst zur Entwässerung der Mudde-schichten geplanten Vakuumburgen bis in die die Mudde unterlagernden Feinsande abgeteuft. Durch diese Maßnahme wird der durch die Grobsande wahrscheinlich zu erwartenden höhere Wasseran-drang berücksichtigt.

Brunnenbetrieb

Im Vorwege wurde ein einwöchiger Probebetrieb mit parallelem Baugrubenaushub bis in eine Tiefe von 3 m unter GOK durchgeführt. Beim sukzessiv erfolgenden Bodenaushub in den drei Baugruben zeigte sich, dass die Mudde nahezu trocken war. Nachdem die Baugrube 1 auf ca. 6,5 m unter GOK ausgehoben war, wurde jedoch ein Wassereintrich in die Baugrube festgestellt (Abb. 8). Zunächst erschienen die Ursachen für diesen Grundbruch schwer erklärbar, da außerhalb der Baugruben sowohl oberhalb als auch unterhalb der Mudde das Grundwasser bis auf ca. 7 m unter GOK abgesenkt worden war. Nähere Untersuchungen zeigten dann, dass es sich bei den feinsandigen Zwischenschichten innerhalb der Mudde nicht um lokale Sandeinschaltungen mit gefangenem Grundwasser, sondern vielmehr um eine grundwasserführende Feinsandschicht handelte.

Nach den Erkenntnissen aus dem Probebetrieb war anzunehmen, dass die innerhalb der Mudde befindliche Feinsandlage eine grundwasserführende Schicht mit eigenem Grundwasserstand war, dessen Potenzial nicht mit den installierten Brunnen abgebaut werden konnte, da die Mudde nahezu wasserundurchlässig war und daher lediglich ein sehr gedämpfter Kontakt zu den Grundwasserschichten bestand, in denen die Förderbrunnen verfiltert waren. Aufbauend auf diesen Erkenntnissen wurden das Grundwassermodell aktualisiert sowie nachträglich außerhalb der Baugrube 1 drei weitere Förderbrunnen abgeteuft und in der feinsandigen Zwischenschicht verfiltert, um hier gezielt das Grundwasserpotenzial abbauen zu können. Die Abbildung 6 zeigt einen Profilschnitt durch die

drei Baugruben und die modellierten Isohyphen während des Brunnenbetriebs. Die Absenkung der Grundwasseroberfläche in der Zwischenschicht erfolgte auf Werte bis zu 24 mNN. Dadurch konnte die Grundbruchgefahr gebannt werden.

Durch die zusätzlichen Maßnahmen wurden alle drei Baugruben während der Bombenentschärfung trocken gehalten. Abbildung 7 zeigt ein Foto der Baugrube 1 vor Beginn der Übergabe an den Kampfmittelbeseitigungsdienst.

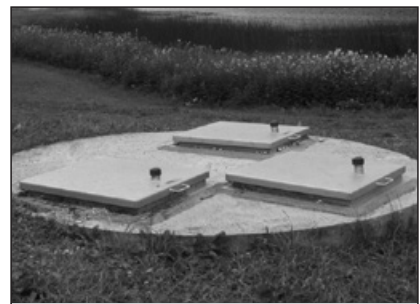
Fazit

Anhand des geschilderten Fallbeispiels wird deutlich, dass im Stadtgebiet von Oranienburg Grundwasserabsenkungen von mehreren Metern, die zur Identifikation und anschließenden Entschärfung von Blindgängern aus dem Zweiten Weltkrieg notwendig sind, nicht mit Standardtechnologien erzielt werden können. Aufgrund der hydrologischen und hydrogeologischen Randbedingungen werden allerhöchste Anforderungen an die Planer und die ausführenden Firmen gestellt. Insbesondere die Unsicherheiten bezüglich der hydraulischen Parameter erfordern eine besonders strukturierte und sichere Vorgehensweise, da ein Technologieausfall tödliche Folgen haben könnte.

Im vorgestellten Beispiel haben sich durch den Bau der Absenkungsbrunnen neue Erkenntnisse bezüglich des Untergundaufbaus und der hydraulischen Parameter ergeben, die einen erheblichen Einfluss auf den Ablauf des Bergungsbetriebs hatten. Daher waren die Durchführung eines Probebetriebes, die anschließende Aktualisierung des Grundwassermodells und die nachfolgende Ergänzung der technischen Einrichtungen unverzichtbare Maßnahmen für die erfolgreiche Durchführung der Grundwasserabsenkungsmaßnahmen und der Bombenentschärfungen.

Autoren

Kai-Justin Radmann
Ulf Lankenau
CONSULAQUA Hamburg
Ausschläger Elbdeich 2
20539 Hamburg
Tel.: 040 7888-89547
Fax: 040 7888-189999
kradmann@consulaqua.de
www.consulaqua.de



Mit Edelstahl
perfekt
ausgerüstet...

... zum hygienischen Speichern von Trinkwasser

Die hygienische Qualität von Trinkwasser kann beim Speichern beeinträchtigt werden. Wir haben effektive und wirtschaftliche Lösungen und liefern standardisierte Bauteile, die das verhindern.

info@huber.de
www.huber.de

HUBER
TECHNOLOGY
WASTE WATER Solutions

