

HENRY

Hydraulic Engineering Repository

Ein Service der Bundesanstalt für Wasserbau

Article, Published Version

Odenwald, Bernhard

Prüfung und Beurteilung der Baugrubenabdichtung für den Schleusenneubau Uelzen II im Elbe-Seitenkanal

Mitteilungsblatt der Bundesanstalt für Wasserbau

Verfügbar unter/Available at: <https://hdl.handle.net/20.500.11970/102670>

Vorgeschlagene Zitierweise/Suggested citation:

Odenwald, Bernhard (2002): Prüfung und Beurteilung der Baugrubenabdichtung für den Schleusenneubau Uelzen II im Elbe-Seitenkanal. In: Mitteilungsblatt der Bundesanstalt für Wasserbau 84. Karlsruhe: Bundesanstalt für Wasserbau. S. 161-174.

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.



Prüfung und Beurteilung der Baugrubenabdichtung für den Schleusenneubau Uelzen II im Elbe-Seitenkanal

ИСПЫТАНИЕ И ОЦЕНКА ИЗОЛЯЦИИ КОТЛОВАНА ДЛЯ НОВОГО ШЛЮЗА ЮЛЬЦЕН-II НА КАНАЛЕ ЭЛЬБЕ-ЗАЙТЕНКАНАЛ

DR.-ING. B. ODENWALD, BUNDESANSTALT FÜR WASSERBAU

Д-Р ИНЖ. ОДЕНВАЛЬД, БАВ

1 Имеющийся шлюз Юльцен-I

Построенный в 70-ые годы Эльбе-Зайтенканал соединяет морские порты Гамбург и Любек со Среднегерманским каналом, который является важнейшим водным путем Германии в направлении Запад-Восток. Этот боковой канал до Эльбы обеспечивает судоходство от морских портов до Среднегерманского канала независимо от уровня воды на Эльбе. Значение Среднегерманского канала и тем самым Эльбе-Зайтенканала значительно возросло особенно после объединения обоих немецких государств и открытия восточноевропейских рынков. Боковой канал от Эльбы до Среднегерманского канала при общей протяженности в 115 км имеет перепад 61 м, который преодолевается с помощью только двух подъемных сооружений (рис. 1). Первое из них - это судоподъемник Люнебург с высотой напора 38 м. Другое подъемное сооружение, шлюз Юльцен с высотой напора 23 м, является одним из крупнейших шлюзов на внутренних водных путях Германии. Шлюз Юльцен-I, взятый в эксплуатацию в 1976 году, имеет три открытых сберегательных бассейна, расположенных в виде террас сбоку от камеры. Полезная длина шлюзовой камеры составляет 185 м, ширина 12 м.

2 Новый шлюз Юльцен-II

Для повышения пропускной способности Эльбе-Зайтенканала и обеспечения безопасности эксплуатации шлюзового сооружения с помощью двух независимо работающих камер в настоящее время рядом с уже имеющимся шлюзом Юльцен-I строится новый шлюз Юльцен-II (рис. 2). В отличие от шлюза Юльцен-I шлюз Юльцен-II строится с сберегательными бассейнами, расположенными друг над другом по обе стороны камеры. Такое расположение улучшает условия закладки фундамента и упрочение шлюзовой камеры. Кроме того, это упрощает выемку котлована. Подошва фундамента имеющегося шлюза Юльцен-I находится на отметке NN + 30 м и тем самым в зоне водоносного горизонта, образованного плотно залегающими песками

1 Bestehende Schleuse Uelzen I

Der in den 70er Jahren erstellte Elbe-Seitenkanal verbindet die Seehäfen Hamburg und Lübeck mit dem Mittellandkanal, der die wichtigste deutsche, in West-Ost-Richtung verlaufende Binnenschiffahrtsstraße darstellt. Durch den Elbe-Seitenkanal wird ein vom Wasserstand der Elbe unabhängiger Schifffahrtsverkehr von den Seehäfen zum Mittellandkanal sichergestellt. Der Mittellandkanal und damit auch der Elbe-Seitenkanal haben insbesondere nach der Wiedervereinigung der beiden deutschen Staaten und der Öffnung der osteuropäischen Märkte noch zusätzlich an Bedeutung gewonnen. Der Elbe-Seitenkanal weist zwischen dem Anschluss an die Elbe und dem Mittellandkanal bei einer Länge von 115 km eine Gesamthöhendifferenz von 61 m auf, die lediglich von zwei Aufstiegsbauwerken überwunden wird (Bild 1). Das erste ist das Schiffshebewerk bei Lüneburg mit einer Hubhöhe von 38 m. Das zweite Aufstiegsbauwerk ist die Schleuse Uelzen mit einer Hubhöhe von 23 m, die damit zu den größten Binnenschiffahrtsschleusen Deutschlands zählt. Die 1976 in Betrieb genommene Sparschleuse Uelzen I besitzt drei offene, terrassenförmig seitlich der Kammer angeordnete Sparbecken. Die Schleusenkammer hat eine Nutzlänge von 185 m und eine Breite von 12 m.

2 Schleusenneubau Uelzen II

Um die Leistungsfähigkeit des Elbe-Seitenkanals zu erhöhen und um die Betriebssicherheit der Schleusanlage durch zwei unabhängig voneinander arbeitende Kammern zu gewährleisten, wird derzeit neben der bestehenden Schleuse Uelzen I die Schleuse Uelzen II erstellt (Bild 2). Im Unterschied zur Schleuse Uelzen I wurde für die Schleuse Uelzen II eine Kompaktbauweise mit seitlich integrierten, beidseitig übereinander angeordneten Sparbecken gewählt. Durch diese Anordnung wird eine günstigere Gründungssituation und eine verbesserte Aussteifung der Schleusenkammer erzielt. Außerdem ermöglicht die Konstruktion eine Vereinfachung der Baugrube. Die Gründungssohle befindet sich wie bei der bestehenden Schleuse auf NN + 30 m und liegt damit im Bereich des aus dichtgelagerten Mittelsanden gebildeten Grundwasserleiters. Auf Grund des überlagernden, gering durchlässigen Geschiebemergels handelt es sich dabei um einen gespannten Grundwas-

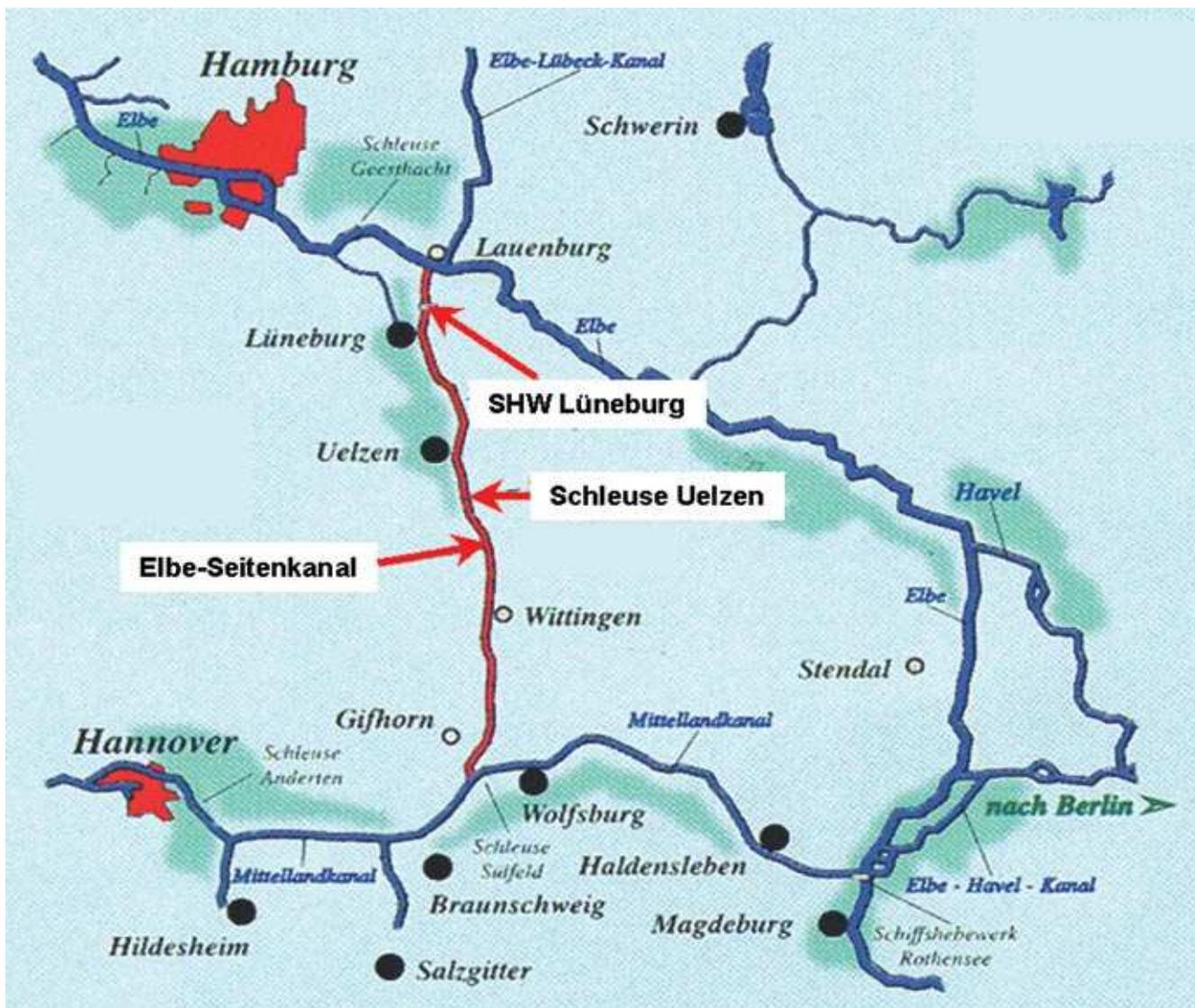


Bild 1: Aufstiegsbauwerke Elbe-Seitenkanal
 Рис. 1: Подъемные сооружения на Эльбе-Зайтенканале

средней плотности. В связи с тем, что выше залегает слой наносного мергеля с небольшой водопроницаемостью водоносный горизонт является напряженным, высота потенциала которого находится прибл. на NN + 45 м. Тем самым подошва фундамента шлюза находится прибл. на 15 м ниже свободного уровня грунтовых вод. По экологическим причинам и во избежание вредной осадки в основании шлюза Юльцен-I исключалось широкое водопонижение. Поэтому сначала нужно было создать для нового шлюза гидронепроницаемое корыто в качестве вспомогательной строительной конструкции. Так как под дном котлована не имеется плотных грунтовых слоев, необходимо было наряду с вертикальным уплотнением (ограждающими поверхностями котлована) создать также горизонтальное уплотнение подошвы. Это видно на изображенных на рис. 3 поперечных сечениях обоих шлюзов.

серлеитер, dessen Potenzialhöhe auf ungefähr NN + 45 m liegt. Die Gründungssohle der Schleuse liegt somit ca. 15 m unterhalb des freien Grundwasserspiegels. Aus ökologischen Gründen und um schädliche Setzungen im Untergrund der Schleuse Uelzen I zu vermeiden, kam eine großräumige Grundwasserabsenkung nicht in Betracht. Somit erforderte der Schleusenneubau zunächst die Erstellung eines wasserdichten Troges als Baubehelf. Da unterhalb der Baugrubensohle keine abdichtenden Bodenschichten vorhanden sind, musste neben der vertikalen Abdichtung (Baugrubenumschließung) auch eine horizontale Sohldichtung hergestellt werden. Dies ist aus dem in Bild 3 dargestellten Querschnitt der beiden Schleusenbauwerke ersichtlich.



Bild 2: Schleusenanlage Uelzen
Рис. 2: Шлюз Юльцен

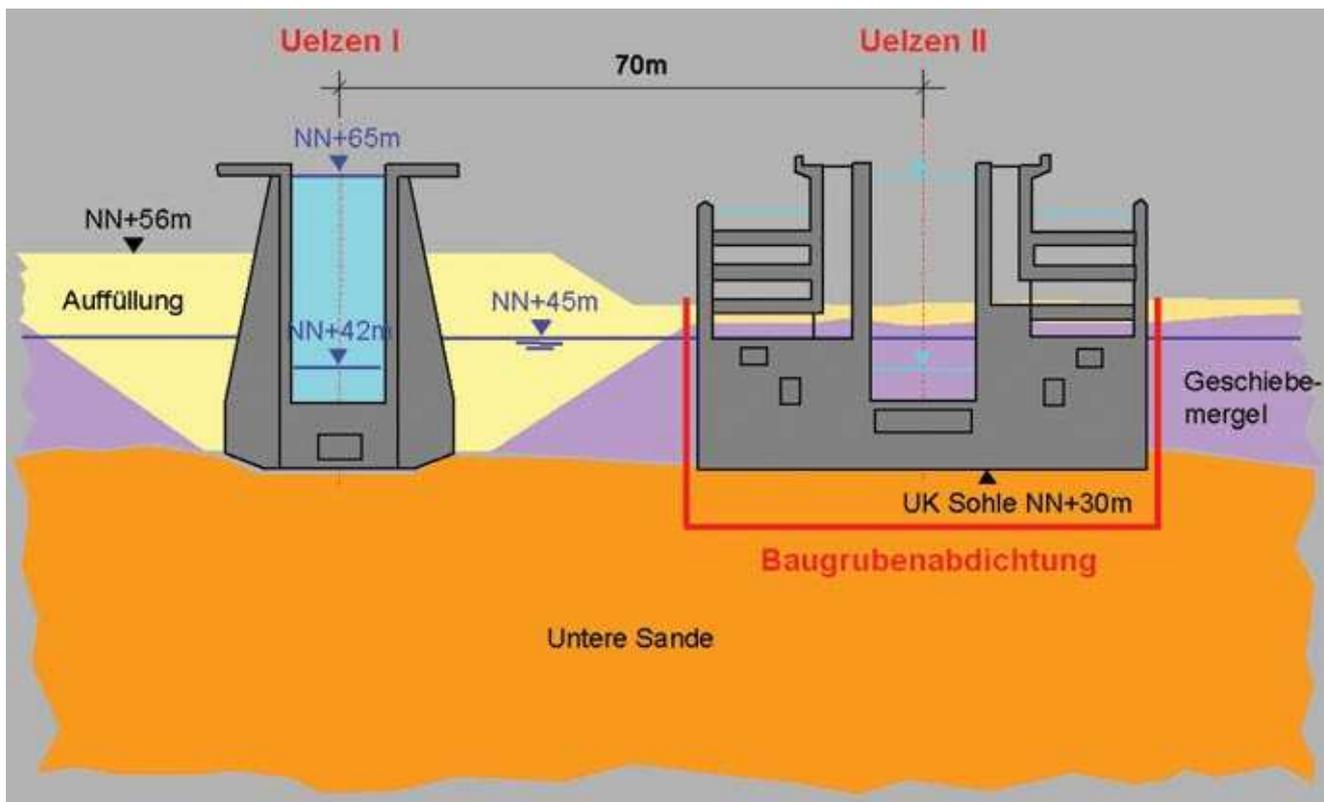


Bild 3: Querschnitt der Schleusenbauwerke
 Рис. 3: Поперечное сечение шлюзовых сооружений

3 Изоляция котлована

При проектировании сначала предусматривалось сооружение анкерной сзади железобетонной траншейной стенки как ограждение котлована и так же анкерной, уложенной под водой бетонной подошвы как изоляции (рис. 4). Проведенные с этой целью в БАВ расчеты показали, что болты, доходящие снизу до шлюзового сооружения, не приведут к вредной деформации в зоне шлюза Юльцен-1.

Однако по предложению производящих строительные работы фирм была принята другая концепция котлована. Изоляция дна котлована с учетом поверхности площадки была реализована до выемки котлована в виде так называемой нагнетаемой под высоким давлением инъекционным методом подошвы (в дальнейшем HDI-подошва). Изоляция выполнялась из цилиндрических бетонных элементов, изготовленных инъекционным нагнетанием бетонной суспензии, которые частично также крепились анкерными болтами снизу (рис. 5). Преимущество этого способа заключается в том, что после изоляции подошвы выемка котлована может производиться всухую. Упрочнение ограждения котлована осуществлялось с помощью расположенных в два ряда железобетонных ребер жесткости, которые сооружались по мере

3 Baugrubenabdichtung

Die Planung sah zunächst die Erstellung einer rückverankerten Stahlbetonschlitzwand als Baugrubenumschließung und einer ebenfalls verankerten Unterwasserbetonsohle als Sohldichtung vor (Bild 4). Die dafür von der BAW durchgeführten Berechnungen ergaben, dass auch durch die bis unter die bestehende Schleusenanlage reichenden Anker keine schädlichen Verformungen im Bereich der Schleuse Uelzen I zu erwarten sind.

Auf Grund eines Sondervorschlags der mit Ausführung beauftragten Baufirmen wurde jedoch ein davon abweichendes Baugrubenkonzept realisiert. Die Sohldichtung wurde vor dem Baugrubenaushub ausgehend von der Geländeoberfläche als sogenannte Hochdruckinjektionssohle (HDI-Sohle) erstellt. Die Dichtung erfolgte dabei durch sich überschneidende, zylinderförmige Betonkörper, die durch Injektion einer Betonsuspension im Düsenstrahlverfahren hergestellt und teilweise ebenfalls zur Auftriebssicherung im Untergrund verankert wurden (Bild 5). Vorteilhaft bei diesem Verfahren ist, dass der Baugrubenaushub nach der Vorabherstellung der Sohldichtung im Trockenen durchgeführt werden kann. Die Aussteifung der Baugrubenumschließung erfolgte durch zweilagig angeordnete Stahlbetonsteifen, die fortschreitend mit dem Baugrubenaushub hergestellt wurden. Dadurch konnte auf eine Rückverankerung der Umschließungswände verzichtet werden, was einen

качество изоляции дна котлована может контролироваться только косвенно до выемки грунта и тем самым - до приложения нагрузки. Связанный с этим риск по сравнению с подводным бетонированием подошвы требует тщательного контроля качества при сооружении изоляции дна и контроля ее до выемки. На рис. 6 и 7 показаны инъекционное бурильное устройство с инъекционной форсункой, а также бетонный элемент, предварительно изготовленный на полигоне нагнетанием под высоким давлением, который затем дополнительно контролировался.

Весь котлован, огражденный железобетонной траншейной стенкой, имеет длину ок. 265 м и ширину ок. 55 м. При глубине ок. 20 м это корытообразное сооружение является в настоящее время крупнейшим котлованом в Германии. Для сооружения и контроля дна котлована, а также непрерывной выемки грунта котлован был разделен уплотняющими диафрагмами 1 и 2 на отдельные участки для водозаборного, центрального и сточного сооружений. Для проведения контроля качества изоляции котлована сначала на сравнительно небольшом участке, от участка сточного сооружения с помощью дополнительной диафрагмы 3 был отделен опытный участок площадью ок. 2000 м² (рис. 8). Затем проводилась

де Risiko erfordert einen gegenüber der Unterwasserbetonsohle erhöhten Aufwand für die Qualitätssicherung bei der Herstellung der Sohldichtung und für die Überprüfung der Abdichtung vor dem Aushub. Die Bilder 6 und 7 zeigen ein Düsenstrahl-Bohrgerät mit arbeitender Injektionsdüse sowie einen im Testfeld vorab hergestellten HDI-Betonkörper, der zur Überprüfung nachträglich freigegeben wurde.

Die gesamte mittels Stb-Schlitzwand umschlossene Baugrube hat eine Länge von ca. 265 m und eine Breite von ca. 55 m. Mit einer Tiefe von ca. 20 m ist das Trogbauwerk die derzeit größte Baugrube Deutschlands. Um die Herstellung und Überprüfung der Baugrubensohle sowie den Baugrubenaushub abschnittsweise fortschreitend durchführen zu können, wurde die Baugrube mittels der Dichtschotts 1 und 2 in die Teilbaugruben für das Einlaufbauwerk, das Mittelbauwerk und das Auslaufbauwerk untergliedert. Um die Qualität der Baugrubenabdichtung zunächst innerhalb eines relativ kleinräumigen Baugrubenabschnitts überprüfen zu können, wurde von der Teilbaugrube des Auslaufbereichs durch das zusätzliche Dichtschott 3 eine ca. 2000 m² große Testteilbaugrube abgetrennt (Bild 8). Zur Überprüfung der Baugrubenabdichtung wurde jeweils ein Pumpversuch durchgeführt, wobei der Grundwasserspiegel in der einzelnen Teilbaugrube bis unter die geplante Baugrubensohle abgesenkt wurde.



Bild 6: Düsenstrahl-Bohrgerät

Рис. 6: Инъекционное бурильное устройство



Bild 7: HDI-Probekörper

Рис. 7: Пробный бетонный элемент, изготовленный инъекционным нагнетанием под высоким давлением

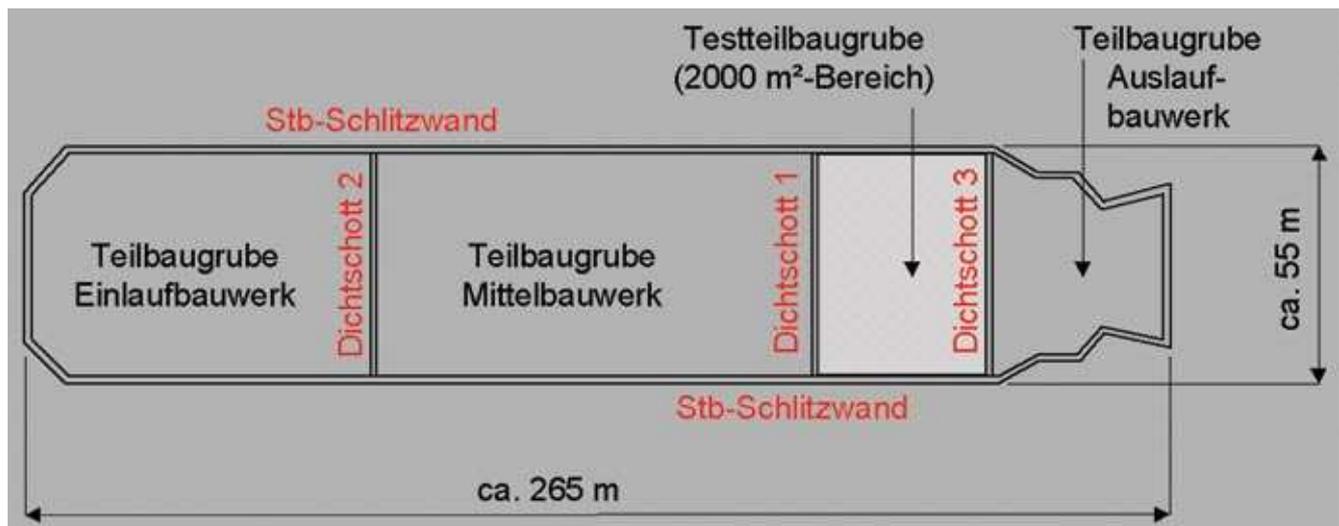


Bild 8: Unterteilung der Baugrube

Рис. 8: Разделение котлована на участки

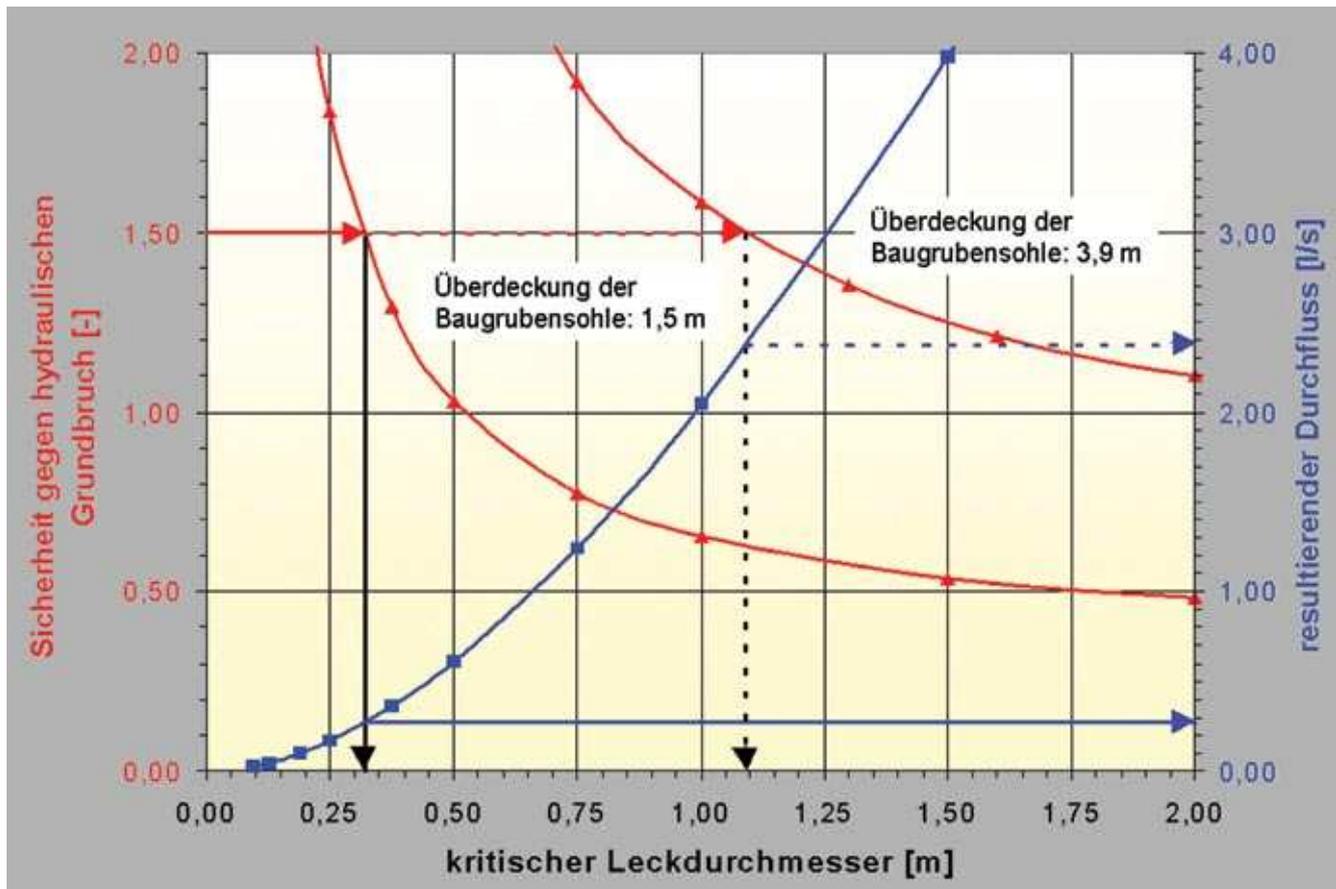


Bild 10: Ermittlung des kritischen Leckdurchmessers

Рис. 10: Определение критического диаметра протечки

толщиной покрытия дна 3,9 м коэффициент запаса прочности от гидравлического обрушения грунта составляет 1,5, критический диаметр дефектного места ок. 1,1 м и соответствующая протечка ок. 2,4 л/сек. На краевом отрезке котлована, примыкающем к железобетонным траншейным стенкам, где проектное покрытие сводчатой HDI-подшвы составляет только 1,4 м, критический диаметр дефектного места уменьшается до 0,3 м при протечке ок. 0,25 л/сек. Отсюда следует, что определение и локализация дефектных мест, особенно на краевых отрезках котлована, в связи с исключительно небольшими протечками через критические дефектные места, путем опытной откачки возможны только в ограниченной мере.

5 Контроль изоляции котлована

Для контроля изоляции котлована во время опытной откачки на измерительных точках, расположенных внутри и вне котлована, проводилось наблюдение уровней грунтовых вод. При этом сначала предусматривалось проводить оценку изоляции котлована только на основе протечек на данном отрезке котлована, возникающих в состоянии квазистационарного понижения, а также на основе измеренных уровней грунтовых вод. В связи с

сich der kritische Fehlstellendurchmesser auf ca. 0,3 m mit einem resultierenden Zufluss von ca. 0,25 l/s. Daraus ist ersichtlich, dass die Feststellung und Lokalisierung von Fehlstellen, insbesondere im Randbereich der Baugrube auf Grund der hier äußerst geringen Zuflussraten durch kritische Fehlstellen, mittels eines Pumpversuches nur eingeschränkt möglich ist.

5 Überprüfung der Baugrubenabdichtung

Zur Überprüfung der Baugrubenabdichtung wurden die Grundwasserstände während des Pumpversuchs in innerhalb und außerhalb der Teilbaugrube angeordneten Grundwassermessstellen beobachtet. Die Beurteilung der Baugrubenabdichtung war zunächst allein auf Grund der sich im quasistationären Absenkezustand ergebenden Zuflussraten in die Teilbaugrube und auf Grund der gemessenen Grundwasserstände vorgesehen. Auf Grund der dadurch nur unzureichenden Möglichkeit zur Lokalisierung kritischer Fehlstellen wurden auf Empfehlung der BAW während des Pumpversuchs in der zunächst fertiggestellten, kleinräumigen Testteilbaugrube zusätzliche, höhendifferenzierte Temperaturmessungen oberhalb der HDI-Sohle durchgeführt. In Bild 11 ist ein Systemquerschnitt der Teilbaugrube mit der Instrumentierung während des Pumpversuchs dargestellt. Zur

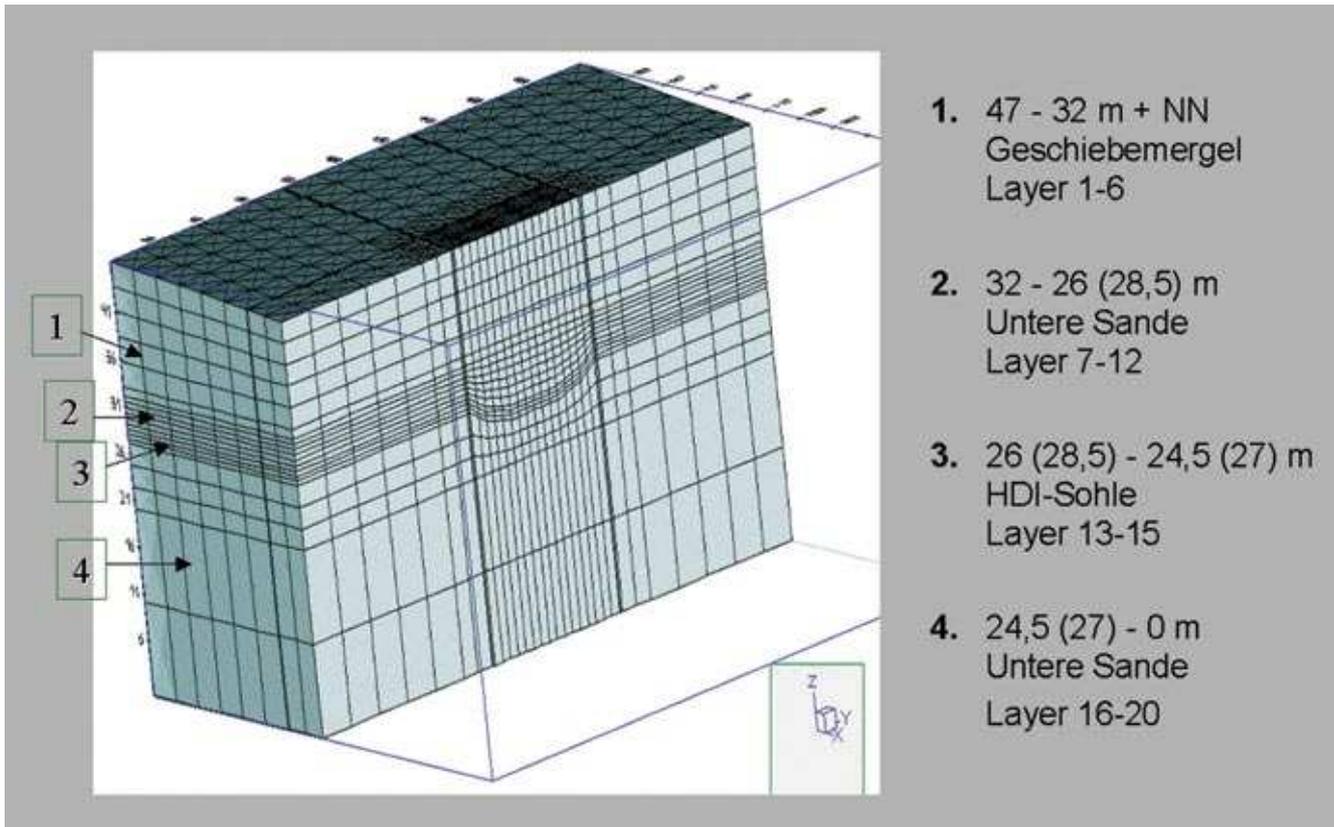


Bild 12: 3D-Finite-Elementnetz für die kombinierte Grundwasserströmungs- und Wärmetransportmodellierung des Pumpversuchs in der Testteilbaugrube

Рис. 12: Трёхмерные решетки конечных элементов для комбинированного моделирования потока грунтовых вод и теплопередачи на опытном участке котлована

- Под подошвой нагретая грунтовая вода отводится естественным потоком грунтовых вод и заменяется притоком более холодной грунтовой воды. Вследствие этого возникает разница температуры грунтовой воды над подошвой и под ней до 20 – 30 °C.
- Если во время опытной откачки уровень грунтовой воды на данном отрезке котлована понижается, то при наличии протечек в подошве вследствие разницы потенциалов в котлован протекает холодная грунтовая вода.
- Таким образом путем дифференцированных по высоте измерений температуры можно определить дефектные места вследствие локального охлаждения грунтовой воды выше HDI-подошвы.

Для того, чтобы на основе измеренного охлаждения грунтовой воды оценить качество изоляции котлована на данном отрезке, БАВ до опытной откачки проводил в опытном участке котлована расчеты гидродинамических и теплопроводящих параметров грунтовых вод на нестационарной трехмерной модели. На рис. 12 показан отрезок использованной при этом пространственной решетки конечных элементов. Результаты расчетов использовались также для определения расположения мест измерения и

Um auf Basis gemessener Grundwasserabkühlungen in der Teilbaugrube die Baugrubenabdichtung beurteilen zu können, wurden von der BAW vor Durchführung des Pumpversuchs in der Testteilbaugrube gekoppelte, numerische Grundwasserströmungs- und Wärmeausbreitungsberechnungen anhand eines instationären, dreidimensionalen Modells durchgeführt. Bild 12 zeigt einen Ausschnitt des verwendeten 3D-Finite-Elementnetzes. Die Berechnungsergebnisse dienen auch zur Festlegung der Lage der Temperaturmessstellen und des Pumpversuchsablaufes. Im Folgenden sind die Berechnungen zur Simulation des Pumpversuchs unter Annahme von drei Fehlstellen in der HDI-Sohle dargestellt. Dabei wurden die Fehlstellen ungefähr in der zuvor für kritische Lecks ermittelten Größenordnung vorgegeben (Bild 13). Für die Wärmeausbreitungsberechnungen wurde vereinfacht angenommen, dass die Temperatur vor Pumpversuchsbeginn unterhalb der HDI-Sohle 10 °C und oberhalb 40 °C beträgt. Bild 14 zeigt die berechnete Grundwassertemperaturverteilung direkt oberhalb der HDI-Sohle nach einer simulierten Pumpversuchsdauer von zwei Tagen. Die Berechnungen ergaben, dass auf Grund der deutlichen Grundwasserabkühlung im Bereich der Fehlstellen davon ausgegangen werden konnte, dass kritische Fehlstellen in der HDI-Sohle beim Pumpversuch durch die zusätzlichen Temperaturmessungen bei geeigneter Anordnung der Messsonden lokalisiert werden können.

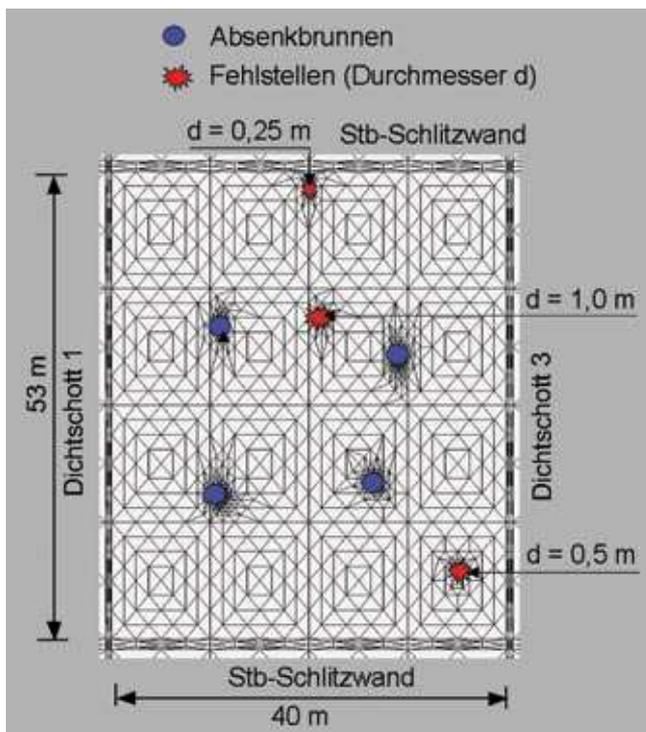


Bild 13: Angenommene Fehlstellen in der HDI-Sohle der Testteilbaugrube

Рис. 13: Принятые протечки в HDI-подшове на опытном участке котлована

проведения опытной откачки. Ниже приводятся расчеты для моделирования опытной откачки при принятии трёх протечек в HDI-подшове. При этом размеры дефектных мест были заданы по заранее определенным критическим протечкам (рис. 13). В отношении теплопроводности упрощенно принималось, что температура до начала опытной откачки ниже HDI-подшovy составляла 10 °C и выше подшovy 40 °C. На рисунке 14 приводится расчетное распределение температуры грунтовых вод выше HDI-подшovy сразу после имитированной опытной откачки в течение двух дней. Расчеты показывают, что в связи с явным охлаждением грунтовой воды в зоне протечек можно было исходить из того, что при опытной откачке можно локализовать критические дефектные места в подшове путём дополнительных измерений температуры при соответствующем расположении измерительных зондов.

На рис. 15 приводится температурная характеристика, определенная на основе результатов расчета с помощью 42 измерительных зондов, а также расположение 4 колодцев понижения уровня грунтовых вод и 5 мест измерения грунтовой воды на данном отрезке котлована. На рис. 16 показано распределение температуры грунтовой воды непосредственно над HDI-подшовой, полученное на основе измерения до начала опытной откачки. Температура

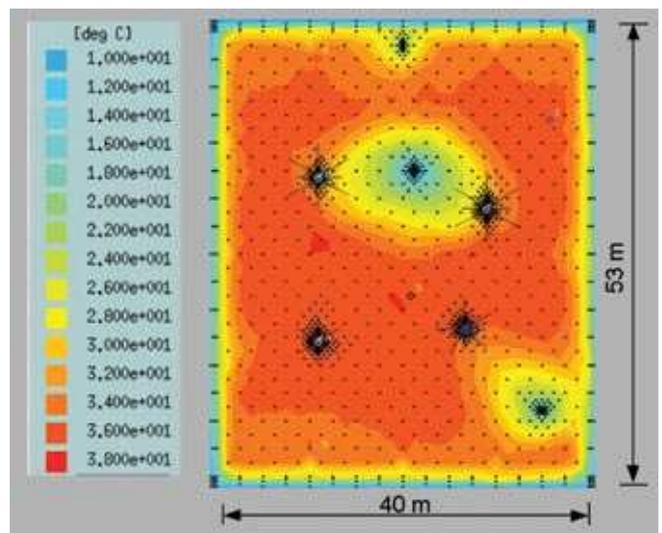


Bild 14: Berechnete Grundwassertemperaturverteilung in der Testteilbaugrube direkt über der HDI-Sohle nach einer Pumpversuchsdauer von 2 Tagen

Рис. 14: Расчётное распределение температуры грунтовых вод на опытном участке котлована непосредственно над HDI-подшовой после опытной двухдневной откачки

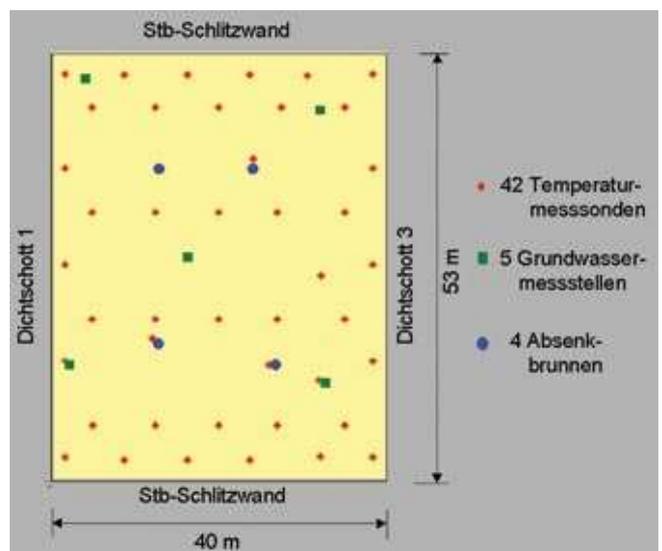


Bild 15: Anordnung der Temperaturmesssonden, Grundwassermessstellen und Absenkbrunnen in der Testteilbaugrube

Рис. 15: Расположение температурных измерительных зондов, мест измерения грунтовых вод и колодцев понижения на опытном участке котлована

Aus Bild 15 ist das auf Basis der Berechnungsergebnisse festgelegte Temperaturmessnetz mit den insgesamt 42 Temperaturmesssonden sowie die Lage der vier Absenkbrunnen und der fünf Grundwassermessstellen in der Teilbaugrube ersichtlich. In Bild 16 ist die aus

грунтовой воды была в основном выше 40 °С до 56 °С у железобетонной траншейной стенки, где нагнетание бетона под высоким давлением проводилось позднее.

Проводимые во время опытной откачки на первом отрезке котлована измерения температуры показали, что ни на одном месте измерения не наблюдалось существенного охлаждения грунтовой воды выше HDI-подшвы. Далее, было установлено, что протечки в этом отрезке котлована были незначительными, менее 0,2 л/сек. Поэтому можно было с большой уверенностью исключить наличие критических дефектных мест в подошве. В связи с положительным опытом, полученным на опытном отрезке котлована, при опытной откачке на других участках котлована можно было отказаться от дополнительного измерения температуры. И на этих участках имели место только небольшие протечки, на основе чего давалось разрешение на производство выемки котлована. На рис. 17 показан котлован в мае 2001 года, когда выемка грунта была в основном закончена. При этом хорошо видны верхний и частично второй ряд железобетонных ребер жесткости.

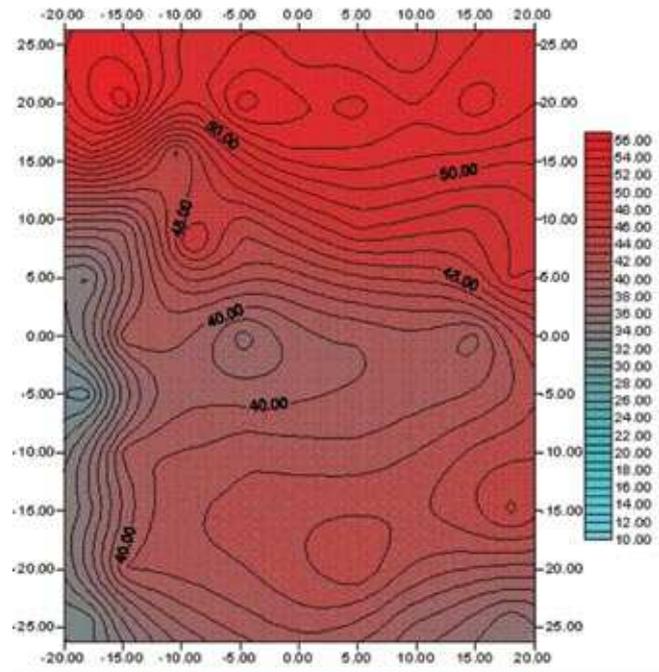


Bild 16: Gemessene Grundwassertemperaturverteilung in der Testteilbaugrube direkt über der HDI-Sohle vor Pumpversuchsbeginn

Рис. 16: Измеренное распределение температуры грунтовой воды на опытном участке котлована



Bild 17: Baugrube Schleuse Uelzen II im Mai 2001

Рис. 17: Котлован шлюза Юльцен-II в мае 2001г

6 Состояние работ

В настоящее время грунтовые работы по выемке котлована для нового шлюза закончены и полным ходом производятся работы по бетонированию. В связи с обеспеченным в настоящее время запасом прочности от противодействия опасности для сооружения вследствие вспучивания изоляции дна не имеется.

den Temperaturmessungen ermittelte Grundwassertemperaturverteilung direkt oberhalb der HDI-Sohle vor Pumpversuchsbeginn dargestellt. Die Grundwassertemperatur betrug größtenteils über 40 °C und bis zu 56°C in dem Bereich an der Stb-Schlitzwand, in dem die HDI-Herstellung am spätesten durchgeführt wurde.

Die während des Pumpversuchs in der ersten Teilbaugrube durchgeführten Temperaturmessungen ergaben in keiner Temperaturmessstelle eine signifikante Grundwasserabkühlung oberhalb der HDI-Sohle. Weiterhin wurde nur ein äußerst geringer Zufluss von weniger als 0,2 l/s zur gesamten Teilbaugrube ermittelt. Aus diesen Gründen konnte die Existenz kritischer Fehlstellen in der HDI-Sohle mit hoher Sicherheit ausgeschlossen werden. Auf Grund der positiven Erfahrungen in der Testteilbaugrube konnte bei den Pumpversuchen in den weiteren Teilbaugruben auf die zusätzliche Temperaturmessung verzichtet werden. Auch hier ergaben sich nur sehr geringe Zuflussraten in die einzelnen Teilbaugruben bei den Pumpversuchen, so dass die Aushubarbeiten jeweils freigegeben werden konnten. Bild 17 zeigt die Baugrube im Mai 2001, in dem der Baugrubenaushub bereits weitgehend durchgeführt war. Deutlich zu erkennen ist die obere und teilweise auch die zweite Lage der Stahlbetonsteifen.

6 Stand der Arbeiten

Zwischenzeitlich ist der Baugrubenaushub abgeschlossen und die Betonierarbeiten für den Schleusenneubau sind bereits weit fortgeschritten. Eine Gefährdung des Schleusenbauwerks durch einen Aufbruch der Sohl-dichtung besteht auf Grund der mittlerweile erreichten Auftriebssicherheit nicht mehr.