

Sanierung der Flächenbefestigung einer Erdöl-Raffinerie nach wasserrechtlichen Anforderungen

J. Reymendt, U. Schwerdtfeger

Zusammenfassung Die Deutsche Shell AG betreibt am Standort Köln Godorf eine Raffinerie mit einer Rohöldestillationskapazität von 8,5 Mio. t/Jahr. Der Standort Godorf gehört zu den größten und modernsten der insgesamt 17 in Deutschland bestehenden Raffinerien. Über die 270 km lange Rotterdam-Rhein-Pipeline ist die Anlage in Godorf direkt mit Rotterdam verbunden. Die großen Lagertanks der Raffinerie werden hierüber mit unterschiedlichen Rohölsorten befüllt.

Die Raffinerie II (kurz RAFF-II) ist eine am Standort Godorf vorhandene Anlage, die Anfang der 60er Jahre erbaut wurde. Aufgrund der mittlerweile nicht mehr den Anforderungen entsprechenden Bodenabdichtungen der Anlage wurde in einer zweijährigen Bauzeit die komplette Fläche unterhalb der Anlage ohne eine Einschränkung des Anlagenbetriebs saniert. Hierbei wurden in Hinblick auf eine dauerhafte Sanierung modernste Materialien verwendet, sowie bei der Planung neueste wasserrechtliche Anforderungen und Richtlinien beachtet.

Rehabilitation of plane pavement in an oil-refinery according to water-law requirement

Abstract In Godorf, near Cologne, the oil-company Deutsche Shell AG runs a refinery with a capacity of 8,5 mio. t/a. Godorf is one of the biggest and most modern of all 17 refineries in Germany. Via the Rotterdam-Rhein-Pipeline which has a length of 270 km, Godorf is connected directly with Rotterdam. By this the biggest fuel-tanks which are used to store different kind of crude oil are filled.

The refinery II (RAFF-II) was the first plant build in the 60th in Godorf. Due to new water-law requirements, the plant was rehabilitated during the last two years without a stop of the refinery II. To get a durable solution, the most modern materials were used, actual water-law and rules were regarded.

1 Ausgangssituation

Während des Wirtschaftsbooms Ende der 50er Jahre stieg die Nachfrage nach Mineralölprodukten rasant an. So wurde 1960 die Raffinerie Köln-Godorf zunächst für einen Jahresdurchsatz von 4 Millionen Tonnen Rohöl erbaut. Wie sich bald herausstellte, war die Kapazität zu gering. Bereits 7 Jahre später wurde die Raffinerie II als ein kompletter zweiter Anlagenkomplex erbaut. Die RAFF-II hat heute eine Kapazität von 5 Millionen Tonnen Rohöl pro Jahr. Zusammen mit der Raffinerie 1 ergibt dies eine Gesamtkapazität von 9 Millionen Tonnen (Bild 2).

Die Bautechnik einer Raffinerie kann unterteilt werden in den Anlagenteil, der zum größten Teil aus oberirdischen Rohrleitungen,

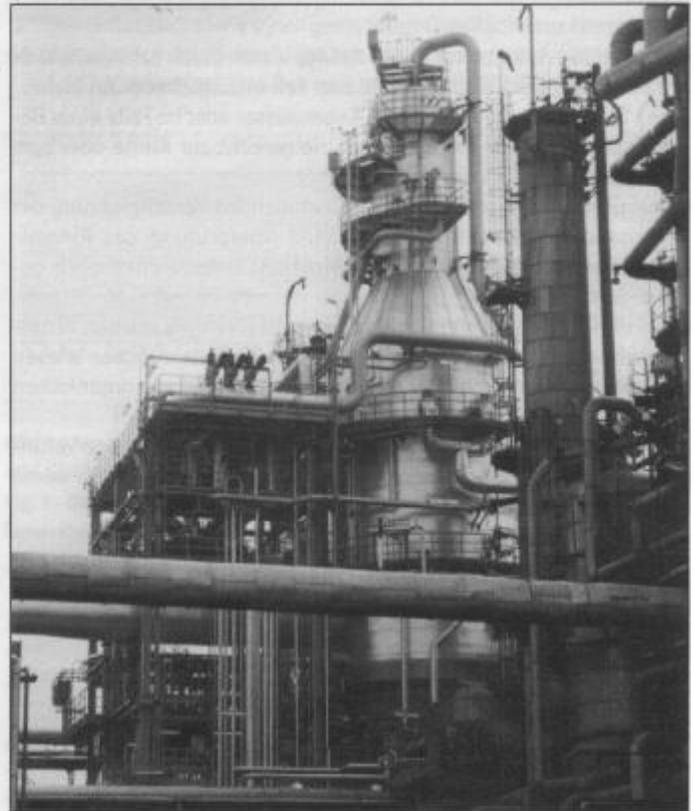


Bild 1. Anlagenteil der Raffinerie II Deutsche Shell AG, Köln-Godorf
Fig. 1. Part of refinery II Deutsche Shell AG, Köln-Godorf

Pumpen, Behältern sowie Prozeßanlagenteilen besteht (Bild 1), sowie dem unterhalb der Anlage angeordneten Auffangbereich zur Abdichtung des Bodens gegen austretende Flüssigkeiten mit den Maschinenfundamenten, Versorgungsleitungen, Rinnen, sowie dem unterirdisch verlaufenden Sielsystem (Kanalsystem mit Anschluß an eine betriebsweite Auffanganlage).

Die vorhandenen Flächenbefestigungen der RAFF-II, die Versorgungsstromkabel und das Sielsystem sind somit zum Teil, abgesehen von den durchgeführten Erneuerungen, bis zu 30 Jahre alt.

Aufgrund von Alterungsprozessen der Anlagenteile, Ausführungen, die nicht mehr dem Stand der Technik entsprachen, notwendige – für den Prozeß erforderliche – Erneuerungen, sowie Forderungen seitens der Umweltbehörden entschied man sich für eine Gesamt-sanierung der vorhandenen Bautechnik unterhalb der Anlagentechnik der Raffinerie-II.

Nach umfangreichen Untersuchungen der Anlage hinsichtlich des „IST-Zustandes“ wurden folgende zu beseitigende Mängel festgestellt:

- Ein Großteil der Fugen der Betonflächen waren schadhaft. Die Fugen unterliegen einem Alterungs- und Beanspruchungsprozeß, der dem Fugendichtstoff mit den Jahren den vorhandenen Weichmacher entzieht und somit innerhalb der Fuge zu spröden Materialbrüchen führt. Die Fugenflankenhaftung war an vielen Stellen nicht mehr gewährleistet.
- Aufgrund fehlender Fugen bzw. ungünstiger Plattengeometrien

Prof. Dr.-Ing. Jörg Reymendt vertritt das Fachgebiet Massivbau an der Fachhochschule Frankfurt am Main und ist als Sachverständiger gemäß Wasserhaushaltsgesetz – WHG – und Anlagenverordnung beim Umgang mit wassergefährdenden Stoffen – VAWs – im Ingenieurbüro ISG Darmstadt tätig. – Anschrift: Alsfelder Straße 11, 64289 Darmstadt.
Dipl.-Ing. Uwe Schwerdtfeger ist Senior-Projektingenieur bei der Deutschen Shell AG im Raffineriezentrum Köln Godorf. – Anschrift: Deutsche Shell AG, Abt. NIP-4, Raffineriezentrum Köln Godorf, 50972 Köln

kam es bei den Betonflächen zu Rissen. Einzwängungen zwischen Fixpunkten (z. B. Fundamente, Stützen, Kanalschlüsse) bzw. zu große Plattenabmessungen führten zu ungünstigen Zwangspannungen, die bei Erreichen der Betonzugfestigkeit zu Trennrissen in den Betonplatte führten.

- Durch die örtlichen Verhältnisse konnten manche Stellen der Bodenbefestigungen für Überwachungszwecke nicht eingesehen werden.
- Die Gefälleverhältnisse in der Anlage waren durch zahlreiche Umbauten aus der Vergangenheit zum Teil unzureichend. An mehreren Stellen konnte anfallendes Regenwasser oder im Falle einer Beaufschlagung das Produkt nicht zielgerecht zur Rinne oder zum Sieltopf zugeführt werden.
- Aufgrund der durch die Jahre zunehmenden Verschmutzung der vorhandenen Betonrinnen war eine Überprüfung des Rinnensystems auf Rissefreiheit bzw. Dichtheit nahezu unmöglich geworden.
- An einigen Stellen der Betonrinnen und Sieltöpfe wurden Verunreinigungen des Erdreichs festgestellt. Die Betonflächen wiesen demgegenüber nur relativ geringe Eindringtiefen von organischen Medien auf.

Durch die häufige Beaufschlagung der Rinnen in Form von verunreinigtem Regenwasser sowie der eventuell anfallenden Stoffe wurde



Bild 2. Luftbild der Raffinerie Deutsche Shell, Köln Godorf mit den Vorrattanks sowie der Raffinerie I und II (rechts im Bild)
Fig. 2. Aerial photograph refinery Deutsche Shell, Köln-Godorf with fuel installation and refinery I and II (on the right hand side of the picture)

die Ausführung der Betonrinnen mit einer zusätzlichen Edelstahl- auskleidung als die bessere Lösung angesehen. Die gesamte Situation wurde zudem noch erschwert durch die Vielzahl der vorhandenen Versorgungsleitungen, die bei der Reparatur der Anlagenflächen entweder verlegt oder durch Aussparungen umgangen werden mußten.

2 Sanierungsvarianten der Flächenabdichtungen

2.1 Anforderungen an das System

Die Anforderungen, die man an die neu zu erstellenden Flächenabdichtungen stellen mußte, betrafen hauptsächlich die Dichtheit des Systems gegenüber wassergefährdenden Stoffen, sowie die statische Beanspruchung infolge Schwerlastverkehr (SLW 60) bei Montage eventueller Anlagenteile. Ferner mußte eine störungsfreie Fortsetzung des Anlagenbetriebs während der Umbaumaßnahmen gewährleistet sein.

Unter den gegebenen Umständen wurden mehrere Sanierungskonzepte entwickelt und auf Ihre Anwendbarkeit sowie Vor- und Nachteile überprüft.

Verfahren, die Flächen biologisch zu reinigen, wurden an mehreren Stellen untersucht. Keine der Probeflächen erreichte anschließend die notwendige Haftzugfestigkeit. Augenscheinlich war die Entölung des Betons unzureichend.

2.2 Sanierung durch Aufbetonschicht

Um die schadhaften Flächenanteile zu sanieren, ist der Einsatz einer Aufbeton-Dichtschicht mit einer Dicke von ca. 10 cm in Betracht möglich (Bild 3). Durch eine mechanische Trennung der neu herzustellenden Dichtschicht (z. B. durch eine Bitumen-Gleitbahn oder eine 2-lagige PE-Folie) ist man in der Lage, die horizontalen Verformungen der vorhandenen Betonflächen gegenüber der neu herzustellenden Dichtschicht zu trennen und das Fugenraster neu einzuteilen. Soweit die Betonoberfläche des vorhandenen Betons lediglich oberflächlich beschädigt und nur unwesentlich verunreinigt ist sowie das bestehende Fugenbild als akzeptabel angesehen werden kann, besteht auch die Möglichkeit, die Aufbetonschicht im Verbund auf die vorhandenen Flächen aufzubringen. Die vorhandenen Fugen sind dann zur Vermeidung von neu entstehenden Trennrissen in der Aufbetonschicht zu übernehmen.

Um den Dichtheitsanforderungen des Systems genüge zu tragen, kann bei dieser Variante das Eindringen von Flüssigkeiten in den Beton durch die Zugabe einer Kunststoff-Dispersion reduziert werden.

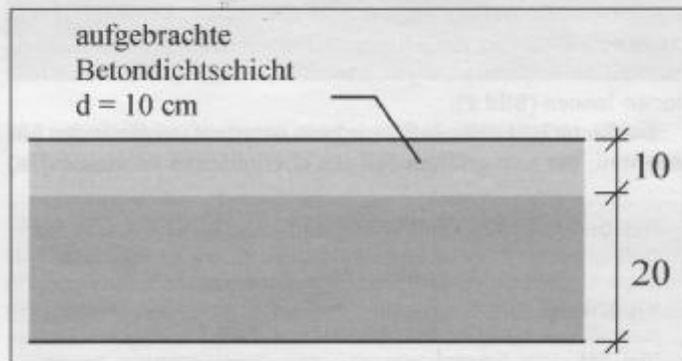


Bild 3. Sanierungsvariante 1 durch Herstellung einer zusätzlichen Betondichtschicht

Fig. 3. Rehabilitation variant 1 with an additional upper plate of concrete

Ein Problem bei den Aufbetonschichten stellen die vorhandenen Einläufe in das Sielsystem dar. Aufgrund der Höhenverhältnisse müssen die Schachtdeckel um die aufgetragenen 10 cm angehoben werden. Zudem müssen die Betonrinnen innerhalb der Reparaturfläche komplett entfernt und durch neue mit Edelstahl ausgekleidete Betonrinnen ersetzt werden. Das zum Teil vorliegende Problem des vorhandenen Gefälles und der somit nicht ausreichenden Entwässerung kann mit dieser Sanierungsvariante lediglich durch einen Gefällebeton beseitigt werden, wobei dann der ursprünglich 10 cm starke Aufbau zu den Hochpunkten deutlich an Aufbaudicke zunimmt.

Zwei Randbedingungen sind für die Entwurfsbearbeitung ausschlaggebend. Zunächst muß eine Lösung gefunden werden, die sich an die bestehenden Anlagenteile anschließen läßt. Ein weiteres Problem ist durch die zum Teil nahe der Oberfläche verlaufenden Versorgungsleitungen für Anlagenteile und Pumpen gegeben. Hier würden Verlegungen der Leitung oder umständliche Aussparungen notwendig werden.

2.3 Sanierung durch Beschichtung

Eine alternative und auch preiswerte Lösungsvariante bietet prinzipiell die Beschichtung der gesamten Fläche mit einem chemikalienbeständigen Beschichtungssystem aus Kunststoff (Bild 4). Neben den bekannten Vorteilen einer Beschichtung zeigen sich für den vorliegenden Fall jedoch einige Nachteile.

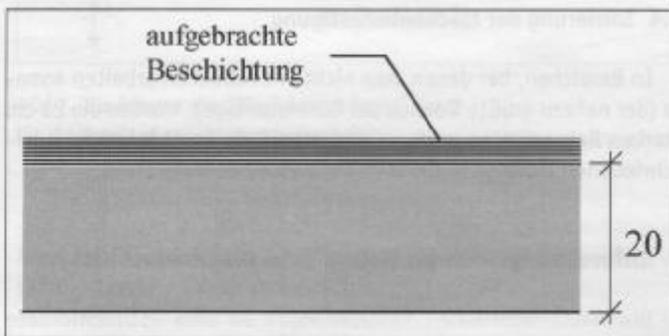


Bild 4. Sanierungsvariante 2 durch Aufbringen eines Beschichtungssystems

Fig. 4. Rehabilitation variant 2 by using a coating system

- Die Haftzugfestigkeit der Beschichtung auf den zum Teil stark verunreinigten Betonflächen ist nicht ausnahmslos zu gewährleisten.
- Die fehlenden Gefälle können auch mit der Beschichtung nicht ausgeglichen werden.
- Die Dauerhaftigkeit einer Beschichtung bei den chemischen und physikalischen Beanspruchungen sowie der Umstände des Unterbaus ist nicht bekannt.
- Eine Rißüberbrückung können Beschichtungssysteme in der Regel nur bis 0,2 mm gewährleisten. Die für 0,2 mm Rißbreite erforderliche Mindestbewehrung im Unterbau war nicht flächendeckend vorhanden bzw. nachweisbar.
- Die Fugen sind auch bei einer Beschichtung nachzuschneiden und durch eine neue Fugenmasse mit dem Beschichtungssystem dicht zu verschließen.

Aufgrund der Erfahrungen aus der Vergangenheit mit der Dauerhaftigkeit von Beschichtungssystemen, sowie der Vielzahl der oben aufgeführten Unsicherheiten, schied diese mögliche Lösungsvariante bei der Sanierung aus.

2.4 Neuerstellung der Flächen durch Ortbetonplatten

Als weitere wirtschaftliche Lösung bietet sich der gesamte Austausch der Betonflächen an. Hierzu muß die bestehende Betonfläche vollständig entfernt werden. Um umfangreiche Erdbauarbeiten zu vermeiden, sollten der vorgefundene Bodenaufbau sowie vorhandenes Gefälle möglichst beibehalten werden. Zur Gewährung eines tragfähigen Unterbaus sowie einer geeigneten Oberfläche zur Herstellung der erforderlichen Gleitschicht wird das System auf einer 10 cm dicken Sauberkeitsschicht aus B25 hergestellt (Bild 5).

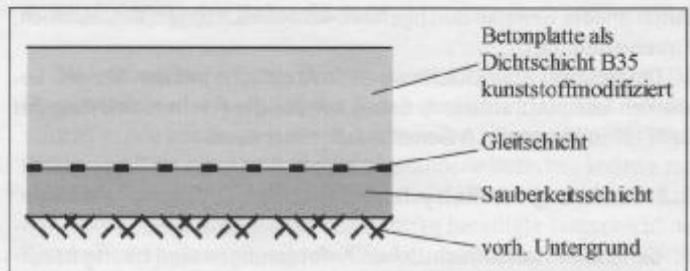


Bild 5. Sanierungsvariante 3 als Ortbetonfläche auf Sauberkeitsschicht und Gleitschicht

Fig. 5. Rehabilitation variant 3 in concrete with upper plate, bituminous layer and bottom plate

Um Zwangsspannungen infolge Reibung an der Bauteilsohle ausschließen zu können, dient als Gleitschicht eine 5 mm starke Bitumenbahn, die vollflächig ausgelegt und an den Stößen verschweißt bzw. verklebt wird.

Um die Beständigkeit des Systems auch langfristig gegenüber den einwirkenden Kohlenwasserstoffen gewähren zu können, wird der Beton mit dem Kunststoffzusatz Mowilith LDM 6880 modifiziert. Die Eindringtiefen von Medien können somit im Vergleich zu einem herkömmlichen Beton um bis zu 65% reduziert werden.

Die Betonflächen werden mit einer maximalen Kantenlänge von 5,0 x 5,0 m hergestellt. Die Fugen bestehen zum Teil aus Raumfugen (Bauabschnitt bedingt) sowie aus nachträglich eingeschnittenen Scheinfugen. Als Bewehrung wird eine Mindestbewehrung an Plattenober- und Unterseite eingelegt.

Durch die Neuerstellung der Flächen kann eine geeignete Planung der Gefälle, Fugen, Rinnen und Anschlüsse an das Siel erfolgen.

Der Herstellungsaufwand dieser Variante ist gegenüber den zuvor genannten Systemen mit Sicherheit der aufwendigste. Die bestehenden Plattenflächen werden hierzu kleinflächig entfernt. Eventuelle Fundamente und Unterstützungen von Anlagenteilen müssen mit großem Aufwand abgefangen bzw. unterstützt werden. Stemmarbeiten im laufenden Betrieb verursachen Staub und Schmutz, was unter ungünstigen Voraussetzungen zu Betriebsstörungen führen kann. Im Rahmen der Sanierung muß zu jeder Zeit mit Betriebsstörungen der Anlage und im ungünstigsten Fall auch mit austretendem Produkt gerechnet werden.

3 Gewählte Ausführung

3.1 Allgemeines

Da durch die Vielzahl der vorhandenen Randbedingungen und Einschränkungen eine Reparatur der Anlage äußerst aufwendig und für die Zukunft nicht unbedingt ausreichend erschien, entschied man sich für eine umfangreiche Sanierung der betroffenen Flächen. Hierbei konnte gleichzeitig und unter Berücksichtigung der Dichtheits-

anforderungen an das Gesamtsystem die mit den Jahren zusätzlich erforderlichen Leitungsanschlüsse und erneuerungsbedürftigen Kabeltrassen neu verlegt werden.

Abhängig von den örtlichen Gegebenheiten wurden die unter Abschnitt 2.2 und 2.3 beschriebenen Varianten ausgeführt. An den Stellen, wo Gefälle, Oberfläche und Plattenzustand den Anforderungen entsprachen, konnte die Fläche durch die 10 cm dicke Aufbetonschicht aus kunststoffmodifiziertem Beton B35 ertüchtigt werden. Als Voraussetzung für die Ausführung setzte man ein vorhandenes Gefälle von 2–5% und keine erdnahen Leitungen voraus. Des Weiteren wurde nur dort mit Aufbeton gearbeitet, wo keine Erdarbeiten durch andere Gewerke durchgeführt werden mußten (z. B. Sielrinnen, Kabelverlegung).

Der Rest der Ableitfläche wurde in Absprache mit den übrigen Gewerken komplett erneuert. Somit konnte die Flächensanierung der RAFF-II in insgesamt 3 Gewerke aufgeteilt werden:

3.2 Sanierung des Sielsystems

Gemäß der wasserrechtlichen Anforderungen sind häufig beaufschlagte Ablaufrinnen bei den auftretenden Medien aus Edelstahl auszubilden. Im Zuge der Flächensanierung wurden die Betonrinnen entfernt und durch Edelstahlrinnen ersetzt. Die Rinnen wurden neu an das vorhandene Sielsystem angeschlossen.

Das Sielsystem besteht aus einem einwandigen bitumen-isolierten Stahlrohr mit einem zulässigen Nenndruck von 25 Bar. Im Zuge der Projektbearbeitung wurden konzeptionelle Änderungen an den bestehenden Pumpen und dem Equipment vorgenommen, so daß zukünftig nur unbelastete Spülwasser sowie Regenwasser in das Kanalsystem gelangen.

Die Konstruktion der Sammelrinne wurde nach den Kriterien der VAWs ausgelegt. Die Anforderungskriterien sowie die Spezifikationen wurden in einem Team bei Shell entwickelt. Als Werkstoff kam der Edelstahl 1.4571 zum Einsatz, wobei die Schweißnähte gemäß DIN EN 29692 [1] mit Stumpf- und Kehlnähten unter Verwendung eines Schutzgasverfahrens mit zugelassenen artgerechten Schweißzusatzwerkstoffen ausgebildet wurden.

Im Ablaufbereich wurde der Flansch mit den VA-Bolzen vollständig eingeschweißt. Die Gewinde wurden mit einer abnehmbaren Schutzkappe aus Kunststoff abgedeckt. Nach Fertigstellung wurden alle Rohrleitungen auf Dichtheit mit dem zuvor erwähnten Nenndruck geprüft. Die internen Revisionen schreiben im 2-Jahresrhythmus eine Inspektion der Sammelschächte durch Wasserdichtheitsprüfung

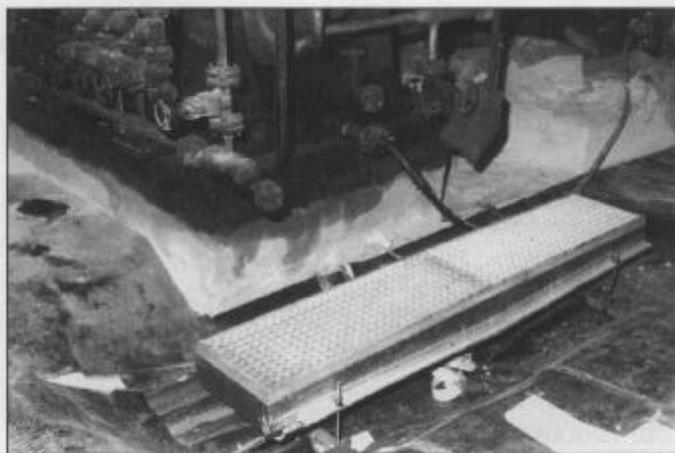


Bild 6. Edelstahlrinne mit Anschluß an das Sielsystem vor dem Einbau der Betonfläche

Fig. 6. Steel groove before casting concrete

vor. Zur Durchführung der Prüfung wurden auf die an den Einläufen vorgesehenen Gewinde der verschraubbare Blindflansch aufgesetzt und das Rohrsystem somit verschlossen.

Bei der konstruktiven Ausarbeitung wurde darauf geachtet, das auch unterhalb der Ableitrinne eine 20 cm starke Betonschicht vorhanden ist. Die Rinne wurde hierzu auf einer geglätteten Sauberkeitsschicht durch Gewindestangen aufgeständert und mittels Stellschrauben justiert (Bild 6).

Um auch hier im Beton Zwangsspannungen zu vermeiden wurde unterhalb der Rinne auf der Sauberkeitsschicht eine 5 mm dicke bituminöse Gleitschicht hergestellt.

Eine seitliche Führung sorgt bei Materialausdehnungen für einen optimalen Sitz der Rinne. Die zulässigen Dehnungswege wurden so gewählt, daß heiße Medien bis ca. 150 °C eingeleitet werden können.

3.3 Sanierung der Versorgungsleitungen

Die etwa 30 Jahre alten elektrischen Versorgungsleitungen verursachten in der Vergangenheit Störungen im Betriebsablauf. Unter den gegebenen Umständen konnten die Kabeltrassen und Zuführungen erneuert und den neuesten Anforderungen angepaßt werden. Hinzu kommt, daß die Anlage ständigen Erweiterungen unterworfen ist. Die Flächensanierung war somit ein guter Anlaß, neue Lösungen für die Zukunft mit zu berücksichtigen. Die entstandenen Kosten im Rahmen der Sanierung der Versorgungsleitungen lagen mit DM 3,0 Mio. in der gleichen Höhe wie die Kosten der gesamten Flächensanierung.

3.4 Sanierung der Flächenbefestigung

In Bereichen, bei denen man nicht mit Aufbeton arbeiten konnte (der nahezu größte Bereich der Gesamtanlage), wurden die 25 cm starken Betonplatten entfernt und gemäß der in Abschnitt 2.4 beschriebenen Variante in Ortbetonbauweise neu hergestellt.

4 Anforderungen an die Betonfläche als Dichtschicht

Die wasserrechtlichen Anforderungen an eine unbeschichtete Dichtfläche aus Beton- bzw. Stahlbeton unterscheiden sich zu den aus der Vergangenheit bekannten Bemessungsmethoden in Form von Reißbreitenbeschränkung und Einsatz eines WU-Betons deutlich.

So ist die Ausführung von Bauwerken, die unter dem Aspekt des Gewässerschutzes stehen, durch die Anforderungen in § 19g des Wasserhaushaltsgesetzes – WHG – [2] sowie in den Anlagenverordnungen – VAWs – [3] und deren Verwaltungsvorschriften der Länder – VVAWS – [4] beschrieben. Die Dichtheit des Systems ist hierbei nicht nur von der Betonqualität, sondern auch von der gewählten Konstruktion des Systems abhängig.

Bei der Planung und Ausführung von Anlagen beim Umgang mit wassergefährdenden Stoffen sind die Anlagenteile der vorliegenden HBV-Anlage so auszubilden, daß nach dem Wasserhaushaltsgesetz der in § 19g geforderte „Besorgnisgrundsatz“ erfüllt wird:

Anlagen zum Lagern, Abfüllen, Herstellen und Behandeln wassergefährdender Stoffe ... müssen so beschaffen sein, ... daß eine Verunreinigung der Gewässer ... nicht zu besorgen ist.

Die für die Umsetzung des Besorgnisgrundsatzes des Wasserhaushaltsgesetzes zuständigen Anlagenverordnungen auf Länderebene fordern eine Betrachtung von Betonflächen gemäß der im September 1996 erlassenen Richtlinie des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton: DAfStb-Richtlinie „Betonbau beim Umgang mit wassergefährdenden Stoffen“ [5].

In diesem Regelwerk sind die zu betrachtenden physikalische Einwirkungen (Nachweis der Eindringtiefe), chemische Einwirkungen (Nachweis der Schädigungstiefe) sowie mechanische Einwirkungen infolge Last und Zwang (Verkehrslasten, Temperaturbeanspruchungen, Betonkriechen, Betonschwinden, Baugrundsetzungen usw.) neben einer Vielzahl von Ausführungsdetails beschrieben.

Ein Betonbauteil wird im Sinne der DAfStb-Richtlinie [5] als dicht anerkannt, wenn die in den Beton eingedrungene Flüssigkeit mit einem Sicherheitsabstand die der Beaufschlagung gegenüberliegende Seite in einem vorgegebenen Zeitraum (z. B. 72 h) mit einem Sicherheitsabstand nicht erreicht (Bild 7).

Das Eindringverhalten bzw. die Eindringtiefe e_t von wassergefährdenden Flüssigkeiten kann durch einen Eindringversuch an Betonproben unter Beaufschlagung des Mediums für z. B. 72 h untersucht werden. Die Betonproben werden nach dem Versuch aufgespalten und die Tiefe der Eindringfront direkt an der Probe ermittelt.

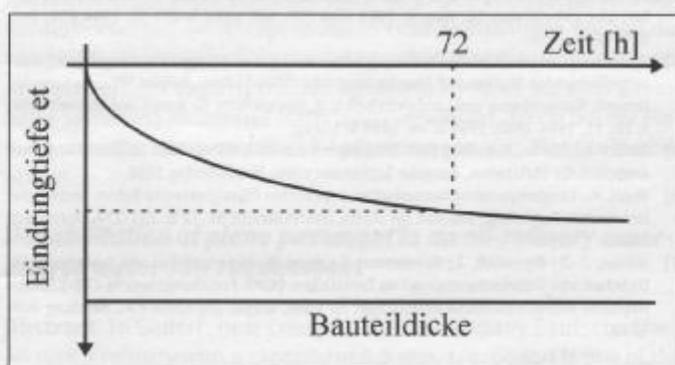


Bild 7. Eindringen von Flüssigkeiten in den Beton
Fig. 7. Depth of penetration in concrete

Die Dichtheit des Systems ist sowohl von der Dichtheit des Betons selbst, als auch von der Konstruktion abhängig. Dies bedeutet in der Praxis, daß zur Gewährleistung einer dauerhaften Dichtheit des Gesamtsystems im Beton keine Rißbreiten zugelassen werden dürfen. Die hierzu erforderlichen Nachweise der Dichtheit werden in der DAfStb-Richtlinie beschrieben. Im vorliegenden Fall wurde der Nachweis in ungerissenen Bereichen geführt, wobei durch eine statische Berechnung im Vorfeld die planmäßige Rissefreiheit des Systems erzielt werden soll. Die einwirkenden Bauteilspannungen aus Last und Zwang dürfen hierbei die zulässigen Betonzugspannungen gemäß DAfStb-Richtlinie [5] nicht überschreiten (Bild 8).

Mit Hilfe von bekannten Kurven der Eindringtiefen für den vorliegenden Beton konnte somit anhand der DAfStb-Richtlinie [5] der

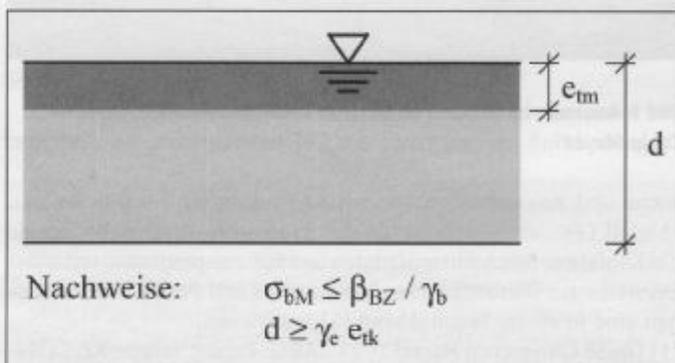


Bild 8. Nachweis in ungerissenen Bereichen
Fig. 8. Proof of tightness at uncracked concrete

Nachweis der Dichtheit des Systems in Zusammenhang mit einer Plattenstatik als Nachweis für den ungerissenen Bereich geführt werden

Da sich das System im Zustand I befindet (ungerissen), ist zunächst nicht klar, ob – und in welchem Maße – eine Bewehrung erforderlich wird. Die Richtlinie fordert dennoch eine Bewehrung in Form einer Mindestbewehrung, die im Falle eines Schadens (ungevollter Riß, Plattenbruch etc.) eine Sanierung des Systems durch Verpressen des Risses bzw. durch Aufbringen einer Beschichtung ermöglicht. Die hier geforderte Mindestbewehrung wurde eingebaut.

5 Ausführung der Betonflächen

Die vorhandenen Betonflächen wurden komplett entfernt. Das Planum wurde nivelliert und der Boden verdichtet. Als Sauberkeitsschicht wurde wie in Variante 3) beschrieben, Beton B25 mit einer Dicke von 10 cm eingebaut. Der so entstandene Unterbau konnte zur einen als Ebene für die erforderliche Gleitschicht aus Bitumenbahnen, zum anderen als am Gesamtlastabtrag beteiligte Tragschicht des Systems herangezogen werden. Die Bitumenbahnen haben hierbei keinerlei Dichtfunktion sondern dienen ausschließlich zur nahezu reibungsfreien Lagerung der Platten der Dichtschicht.

Die erforderliche Mindestbewehrung wurde durch eine auf den Bewehrungsgehalt abgestimmte Listenmatte kreuzweise oben und unten im Plattenquerschnitt realisiert.

Der eingebaute Beton B35 wurde mit dem zuvor beschriebenen Kunststoffzusatz Mowilith LDM 6880 versehen. Hierzu wurde in Mischwerk 30 kg/m³ Frischbeton (entspricht ca. 10 Vol.-% bezogen auf den Zementgehalt) der Dispersion zugegeben. Das in der Dispersion zu 50% enthaltene Wasser wurde beim Mischungsentwurf berücksichtigt. Gemäß der Anforderungen der DAfStb-Richtlinie verfügt Mowilith LDM 6880 über eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung. Die zu erwartenden Eindringtiefen von organischen Stoffen in den Beton können durch diese Maßnahme auch langfristig deutlich reduziert werden [6].

Die Baustelle wurde während der gesamten Betonarbeiten gemäß den Forderungen der DAfStb-Richtlinie BII-überwacht. Durch eine so fortige und lange Nachbehandlung durch Abdecken der hergestellten Flächen konnte eine frühzeitige Beschädigung der Platte infolge frühem Betonschwindens bzw. zu hohen Temperaturgefallen und so mit das Entstehen von Zwangsspannungen verhindert werden.

6 Detaillösungen

Um eventuell auftretenden Zwangsspannungen entgegenzuwirken wurden alle Platten mit einer zusätzlichen umlaufenden Randbewehrung versehen. Die Oberfläche wurde nach Einbringen des Betons von Hand abgerieben.

Die Anordnung der Fugen wurden im Vorfeld anhand einer umfangreichen Fugenplanung festgelegt [7]. Die Geometrie der Platten wurde möglichst quadratisch gewählt. Einzwängungen der Platten an Stützen bzw. Fundamentsockeln wurden durch geeignete konstruktive Maßnahmen vermieden. Eventuell auftretenden Kerbspannungen an Aussparungen und einspringenden Ecken wurde durch eine Zusatzbewehrung vorgebeugt.

7 Erfahrungen aus der Umsetzung

Das Zusammenwirken der einzelnen Gewerke gestaltete sich so komplex, daß eine örtliche Bauleitung unumgänglich war. Durch die Sanierung des Sielsystems und der Versorgungsleitungen mußten ca

30% der Anlagenfläche geöffnet werden. Weitere 40% der Anlage waren durch die örtlichen Gegebenheiten so beengt, daß ein Entfernen der gesamten Fläche sinnvoll war. Lediglich die restlichen 30% der Gesamtfläche konnte durch eine Sanierung mit einer 10 cm dicken Aufbetonschicht realisiert werden. Die gesamte Bauzeit betrug ca. 2 Jahre. Die durch den beengten Freiraum zur Ausführung der Baustelle unterhalb der Anlage vorhandenen ungünstigen Randbedingungen wurden zusätzlich durch den ständigen Betrieb der Anlage erschwert.

Die größten Probleme traten bei den für den Bauzustand herzustellenden Unterfangungen von vorhandenen Maschinenfundamenten und Unterstützungen auf. Die Anlage sollte zudem nur während kurzmöglichsten Zeitfenstern ohne Flächenabdichtung in Betrieb sein.

8 Schlußbemerkung

Durch die umfangreiche Flächensanierung der Raffinerie II wurden alle zum heutigen Zeitpunkt gültigen wasserrechtlichen Anforderungen erfüllt. Durch die Verwendung des kunststoffmodifizierten Betons kamen zudem modernste Baustoffe zum Einsatz. Die Ausführung und zukunftsorientierte Auslegung der Versorgungsleitungen der Anlage konnte parallel zu den Arbeiten durchgeführt werden.

Die Durchführung dieser umfangreichen Baumaßnahme während des vollen Betriebs der Anlage war sowohl für die Koordination der Baustelle, als auch für den Betreiber nicht ohne Risiko. Das Risiko, ob – und in welchem Maße ein Betriebsunfall im Rahmen der Bau-

maßnahme zu einem Wasserhaushaltsschaden geführt hätte, wurde im Vorfeld durch alle erdenklichen Maßnahmen minimiert. Ein Restrisiko bestand dennoch zu jedem Zeitpunkt, an dem die Flächenbefestigung unterhalb der Anlage abschnittsweise geöffnet war.

Nach Beendigung der Bauarbeiten kann die Flächenbefestigung der Anlage mittlerweile als eine der modernsten und den wasserrechtlichen Anforderungen im vollen Umfang entsprechende Ausführung anerkannt werden.

Literatur

- [1] DIN EN 29692: Lichtbogenhandschweißen, Schutzgasschweißen und Gasschweißen, Schweißnahtvorbereitung für Stahl (ISO 9692:1992); Ausgabe:1994-04; Deutsche Fassung EN 29692:1994
- [2] Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts Wasserhaushaltsgesetz – WHG, Fassung vom 12. November 1996 (BGBl. I S. 1695; 1998 S. 832, 2455).
- [3] Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen und über Fachbetriebe (VVAwS) vom 12. August 1993 NRW (GV. NW. 1993 S. 676 ff., 1994 958, ber. S. 1013).
- [4] Verwaltungsvorschriften zum Vollzug der Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen und über Fachbetriebe (VVAwS) Gem. RdErl. d. Ministeriums für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft u. d. Ministeriums für Bauen und Wohnen NRW. v. 28. 11. 1994 (MBL 1995 S. 44; 1996 S. 1579).
- [5] DAFStb-Richtlinie „Betonbau beim Umgang mit wasser-gefährdenden Stoffen“. Deutscher Ausschuss für Stahlbeton, Ausgabe September 1996, Beuth-Verlag 1996.
- [6] Vogel, A.: Langzeitpenetrationsverhalten organischer Flüssigkeiten in Beton. Technische Universität Darmstadt, Institut für Statik, Jahresbericht Nr. 12 S. 131-137, Darmstadt 1997.
- [7] Wörner, J.-D.; Reymondt, J.; Gunnarsson, S.; Vogel, A.: Untersuchung und Bewertung der Dichtigkeit von Ortbetonfahrbahnen an Tankstellen. DGMK-Forschungsbericht 478-1. DGMK Deutsche Wissenschaftliche Gesellschaft für Erdöl, Erdgas und Kohle e.V., Hamburg Juni 1996.

IABSE Conference – Cable-Stayed Bridges

Schräggabelbrücken gehören wohl mit zu den schönsten und gleichzeitig anspruchsvollsten Ingenieurbauwerken der Moderne. In den letzten Jahren erfuhren sie einen wahren Boom. Um jedoch Fehler bei diesen komplexen Bauaufgaben zu vermeiden und neueste Entwicklungen zu fördern ist der Erfahrungsaustausch sehr wichtig. So trafen sich vom 2. bis 4. Juni 1999 ca. 350 Spezialisten dieser Bauart sowie interessierte Besucher und Journalisten in Malmö. Das internationale Treffen stand unter dem Motto „Cable-Stayed Bridges – Past, Present and Future“.

Dabei wurde Malmö nicht zufällig als Tagungsort gewählt. Keine 10km vom Ort des Geschehens entfernt entsteht bis zum Jahr 2000 die feste Verbindung über den Öresund (Bild 1) zwischen Dänemark und Schweden. Diese besteht aus einem 3,5km langen Tunnel, einer künstlichen 4km langen Insel und schließlich aus einer 7,8km langen Brücke. Die Hauptschiffahrtsroute von der Ostsee zur Nordsee wird durch eine Schräggabelbrücke mit einer Hauptspannweite von 490m überbrückt. In mehreren Vorträgen wurde die Entstehung dieser Brücke von der Idee, über die Planung, Finanzierung und den Bau vorgestellt. Für lebhafte Diskussionen sorgten Beiträge über das Design von Schräggabelbrücken. So wurden geschwungene Linienführungen im Grundriß und auch asymmetrische Konstruktionen vorgestellt. Viele unterschiedliche technische Lösungen sowie theoretische Arbeiten zu Problemen wie Schwingungen der Kabel durch Wind oder dynamische Lasten wurden präsentiert. Auch die Gebrauchstauglichkeit und der Komfort für Passagiere von Hochgeschwindigkeitszügen auf Schräggabelbrücken hatten ihren Platz in den Vorträgen und Poster-Präsentationen. Beiträge über Ver-



Bild 1. Baustelle im Öresund im Oktober 1998 (Quelle: IABSE Conference: Cable-Stayed)

suche und Anwendungen von neuen Werkstoffen im Brückenbau, speziell CFK, vervollständigten das Programm. Abgerundet wurde die Konferenz durch ein umfangreiches Rahmenprogramm mit einer Exkursion zur Öresundbrücke. Alle Vorträge und Poster-Präsentationen sind in einem Tagungsband [1] erschienen.

[1] IABSE Conference Malmö 1999. IABSE-Report Volume 82, Cable-Stayed Bridges – Past, Present and Future. Hrsg.: ETH Höngrgerberg Zürich, 1999.

F. Roos, München