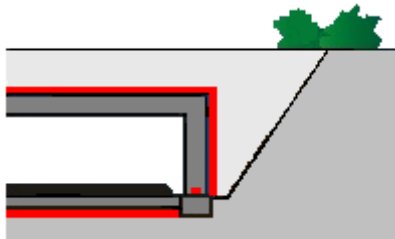


Dichte-Bauwerke

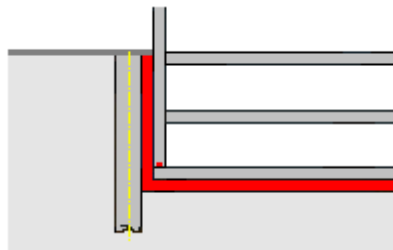
Waterproof Construction

Tunnelabdichtung
Tunnel sealing



Offene Bauweise
Cut and cover technique

Fundamentabdichtung
Foundation waterproofing

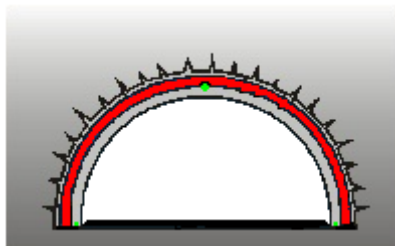


Grundwasserabdichtung
Waterproofing below
groundwater table

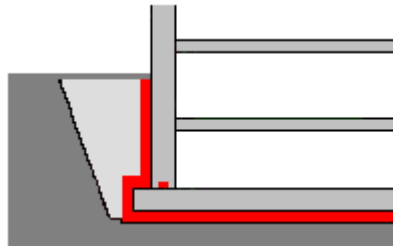
**Gewässerschutz /
Teichbau**
Groundwater protection /
ponds



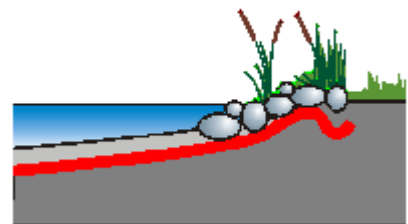
Grundwasserschutz
Groundwater protection



Bergmännische Bauweise
NATM



Bauwerksabdichtung
Basement waterproofing



**Teichbau, Kanalbau,
Reservoirs**
Ponds, canals, reservoirs

Braune Wanne

Bentonit - Flächenabdichtung

1 Braune Wanne

Definition

Die „Braune Wanne“ ist eine Konstruktion aus wasserundurchlässigem Beton. Hierbei übernimmt der **Beton** nur die **tragende Funktion** und nicht die alleinige **abdichtende Aufgabe**. Die Abdichtung erfolgt durch die Bentonitdichtmatten, die wasserseitig an der Betonkonstruktion angeordnet werden. Man spricht bei dieser Abdichtungsvariante von einer „Druckabdichtung“.

Braune Wanne bezeichnet die Bauweise eines wasserundurchlässigen (Beton-) Baukörpers, der aus einer Wannen-Wand (wasserseitig mit Bentonitdichtschicht) und einer Wannen-Sohle (wasserseitig mit Bentonitdichtschicht) besteht. Der Großteil der Baukörper, die als braune Wanne ausgeführt werden, sind Untergeschosse im Grundwasser bzw. Stauwasser oder aber Bauwerke, die zum Aufbewahren von Flüssigkeiten dienen.

Die braune Wanne wird aus **WU-Beton** hergestellt und erreicht ihre Dichtigkeit durch die Kombination WU-Beton und die wasserseitig angeordnete Bentonitdichtschicht.

1.1 Theoretische Grundlagen zur Erstellung einer Braunen Wanne

In den letzten Jahren gewann die Bauweise „**Braune Wanne**“ immer mehr an Bedeutung. Der Grund liegt in der **hohen Sicherheit und Wirtschaftlichkeit** dieser Abdichtungsvariante. Auf die **teure Rissbewehrung** kann weitgehend verzichtet werden. Bei der „Weiße Wanne“ liegt die unbedenkliche Rissbreite w_{cal} bei 0,10 mm bis 0,15 mm, **bei der „Braunen Wanne“ liegt die unbedenkliche Rissbreite w_{cal} bei 0,30 mm**. Bei geringen Wasserdrücken kann die Konstruktion rein konstruktiv bewehrt werden, solange diese als „Braune Wanne“ ausgebildet ist.

Alle Bentonitdichtmatten enthalten als dichtendes **Material Bentonit**. **Bentonite sind Tone**, die größtenteils durch Verwitterung vulkanischer Aschen oder gleichartiger Ablagerungen entstanden sind.

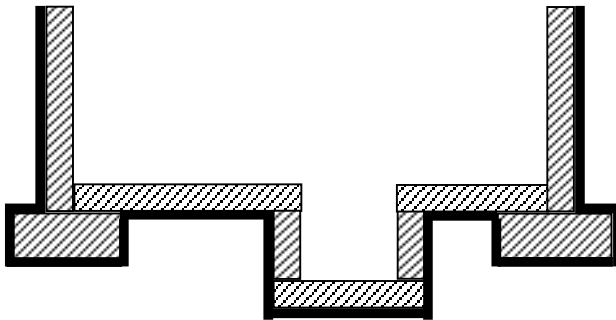
Die Fugenabdichtung bei braunen Wannen spielt eine untergeordnete Rolle gegenüber der Fugenausbildung von weißen Wannen.

Die Querschnittsgestaltung bei braunen Wannen ist von großer Wichtigkeit. Je einfacher die gewählte Querschnittsgestaltung desto einfacher ist die Möglichkeit der Herstellung einer Bentonitabdichtung.

Querschnittsgestaltung

Lotrechter Schnitt durch eine Bauwerksohle mit Schächten und Kanälen

a)

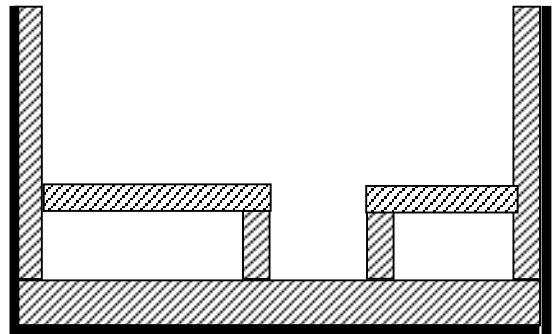


Geplante Bauwerksohle mit verschiedenen Höhenlagen für Schächte, Kanäle, Streifenfundamente und Sohlplatte.

Abdichtungstechnisch als braune Wanne problemlos möglich!

⇒ **ungünstiger Querschnitt, viel Verschnitt**

b)



Einfachere und sichere Ausführung durch Herunterziehen der Bauwerksohle auf die untere Ebene mit Einbauten für Kanäle und Schächte.

Abdichtungstechnisch als braune Wanne problemlos möglich! Einfache Querschnittsgestaltung, wodurch die Abdichtung mittels Bentonitdichtmatten erheblich erleichtert wird.

⇒ **günstiger Querschnitt, wenig Verschnitt**

Die **Querschnittsgestaltung** sollte so einfach wie möglich sein, da dadurch der Überlappungsanteil bzw. der Verschnittanteil auf ein Minimum beschränkt werden kann.

Abrupte Querschnittsänderungen, einspringende Ecken, Knicke u.a. Diskontinuitäten sind wenn möglich zu vermeiden.

Die Unterseite von Bauwerksohlen bzw. Gründungsplatten sollten möglichst eben sein, um eine optimale Applikation der Bentonitabdichtung zu gewährleisten. Sind auf der Unterseite der Sohle Diskontinuitäten, wie z.B. Pumpensümpfe, Lichtschächte o.ä. angeordnet, wird die Applikation der Bentonitabdichtung erschwert.

1.1.1 Wassertransport, Diffusion

Die **CEMtobent®** Bentonitdichtmatte ist ein vollflächig thermisch und mechanisch verbundenes Geokomposit, bestehend aus einer Schicht pulverförmigem Bentonit- / Fasergemisch, welches zwischen 2 Lagen aus Geotextilien eingebettet ist.

Das zum Bauwerk gerichtete Vlies ist offen (helle Seite immer zum Bauwerk), d.h. aufgrund des Erddrucks wird die Abdichtung gegen die Betonkonstruktion gepresst und dadurch eine Hinterläufigkeit ausgeschlossen. Die vom Bauwerk abgewandte Seite (dunkle Seite (PE-beschichtetes Vlies) immer vom Bauwerk abgewandt) ist wahlweise ein reißfestes Geotextil oder aber eine dichte Folie.

Bei der „Braunen Wanne“ wird die gesamte Betonkonstruktion an der Außenseite mit **CEMtobent®** Bentonitmatten belegt. Diese Matten erhalten als Einlage 5 kg Bentonitfasergemisch je m² Bentonitmatte, das bei Zutritt von Wasser in der Lage ist, das Fünf- bis Siebenfache seines Gewichtes an Wasser zu binden und damit kann das Volumen der CEMtobent® Bentonitmatte bis auf das Achtfache vergrößert werden.

Wird die Quellung in ihrer Ausdehnung durch die thermische und mechanische Verbindung sowie durch die Auflast der Sohlplatte bzw. den Anpressdruck der Hinterfüllung behindert, entsteht infolge des Quelldrucks eine hochabdichtende Wirkung. Aus dem trockenen Bentonitpulver ist eine gelförmige Bentonitdichthaut entstanden, die das Bauwerk **über Jahrzehnte sicher umschließt und jede Umläufigkeit verhindert.**

Bauwerksrisse werden bis zu einer Rissbreite von 0,3 mm sicher überbrückt.

Auf Grund des Durchlässigkeitsbeiwertes $5 \times 10^{-11} \text{ m/s}$ (k_f -Wert nach DIN 18130) ist die Dichtwirkung vergleichbar mit einem 40 cm – 50 cm dicken WU-Betonbauteil.

Durch diese Tatsache entsteht die gewünschte abdichtende Bentonithaut an der wasserbelasteten Außenseite der Betonkonstruktion.

1.1.2 Rissbreitenbeschränkung

Die Rissbreitenbeschränkung spielt im Vergleich zu „Weißen Wannen“ eine untergeordnete Rolle. Die Rissbreite kann konstruktiv ausgebildet werden, d.h. eine rechnerische Rissbreite von $w_{\text{cal}} = 0,40$ mm. Erdberührte Bauteile müssen auf max. zul. Rissbreiten von $w_{\text{cal}} = 0,30$ mm dimensioniert werden.

1.1.3 Betontechnologie

Die Wahl der Betonzusammensetzung spielt im Vergleich zu einer „Weißen Wanne“ eine untergeordnetere Rolle, da die abdichtende Funktion nicht nur der Beton sondern die Kombination WU-Beton / CEMtobent® Bentonitdichtmatte übernimmt.

Die Betonqualität muss den statischen Anforderungen genügen und ein dichtes Gefüge aufweisen, d.h. es wird der Einsatz eines WU-Betons vorausgesetzt.

1.1.4 Querschnittsgestaltung

Die Querschnittsgestaltung bei der Konstruktion einer „Braunen Wanne“ spielt eine entscheidende Rolle bei der Wirtschaftlichkeit dieser Konstruktion (Verschnitt).

Abrupte Querschnittsänderungen, einspringende Ecken, Knicke u.a. Diskontinuitäten haben einen höheren **Verschnitt- bzw. Überlappungsanteil** zur Folge und sind daher zu vermeiden bzw. zu minimieren.

Je einfacher die Grundrissform und je weniger Querschnittsänderungen desto wirtschaftlicher ist die Abdichtungsvariante der „Braunen Wanne“

Zwangsbeanspruchung in der Sohlplatte entstehen vornehmlich aufgrund von Diskontinuitäten wie beispielsweise durch Querschnittsänderungen, Fundamentvertiefungen, Aufzugsschächten, Pumpensümpfen und anderen „Unregelmäßigkeiten“.

Einen weiteren maßgeblichen Einfluss auf die Rissbildung in Sohlplatten hat die Größe der Reibungskraft zwischen Sohlplatte und Baugrund.

Die Größe der Reibungskraft ist abhängig von:

- Größe der Auflast,
- Ebenflächigkeit der Sohlplatte,
- Reibungsbeiwert μ zwischen Baugrund und Sohlplatte und
- horizontale Verformbarkeit der oberen Baugrundsichten.

Eine deutlich wirtschaftlichere Lösung kann durch den Einsatz einer Gleitschicht erfolgen. Diese Gleitschicht kann neben der Verminderung der Reibungskraft eine abdichtende Wirkung aufweisen. Untersuchungen aus dem Hause **B.P.A.-GmbH** gemeinsam mit **Brendebach Ingenieure GmbH** haben ergeben, dass beide Forderungen durch ein spezielles, mit Bentonit gefülltes Geotextil erfüllt werden können, der CEMtobent® Bentonitdichtmatte.

CEMtobent® ist somit eine wirkungsvolle Gleitschicht als auch eine dauerhafte Abdichtungsschicht.

Zwangsbeanspruchung in den Wänden entstehen vornehmlich aufgrund der Einspannung am Wandfuß.

Ortbetonwände werden in der Regel auf der erhärteten Bodenplatte/Fundament mit einer entsprechend ausgebildeten Arbeitsfuge abschnittsweise hergestellt.

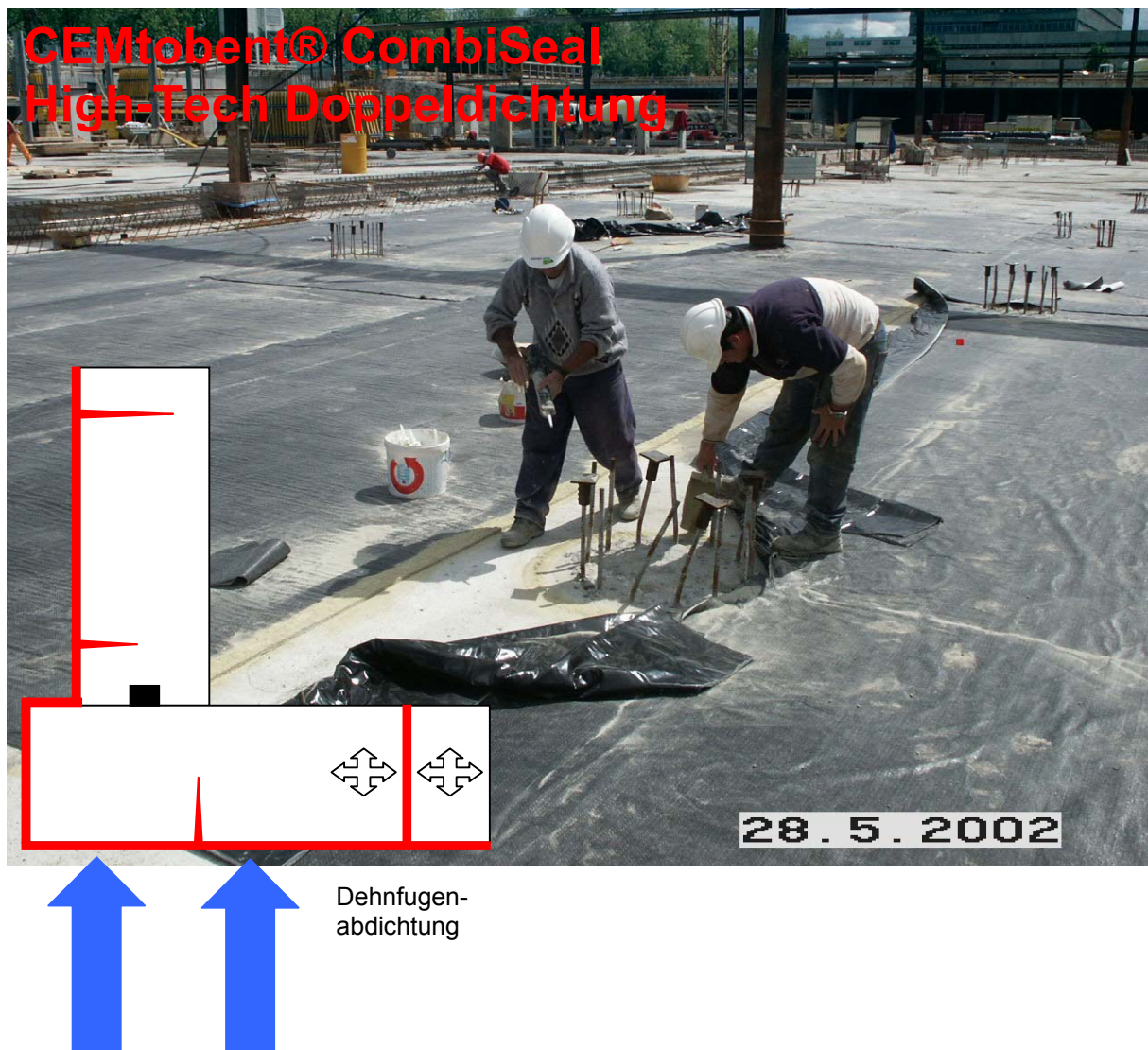
Hinsichtlich der über die Bauteildicke konstanten Anteile der Zwangseinwirkungen sind die Wandabschnitte dehn- und biegesteif mit dem mittragenden Bodenplatten- / Fundamentabschnitt verbunden. Der Grad der hieraus resultierenden Verformungsbehinderungen hängt von den Steifigkeitsverhältnissen der Bauteile untereinander und vom Steifemodul des Bodens ab.

Der Spannungszustand der Wandabschnitte ist abhängig vom Grad der Verformungsbehinderung und vom Verhältnis der Wandabschnittslänge zur Wandhöhe.

Die zwangswise auftretenden Risse in der Betonkonstruktion werden dauerhaft durch die CEMtobent® Bentonitdichtmatte abgedichtet. Eine zusätzliche rissbegrenzende Bewehrung bzw. Stahlzulagen sind nicht erforderlich. Auf Sollrisselemente kann gänzlich verzichtet werden.

Da Risse bis 0,3 mm in einer Betonkonstruktion in Verbindung mit der wasserseitig angebrachten CEMtobent® Bentonitdichtmatte keine Auswirkungen auf die Dichtigkeit der Konstruktion haben, **kann bei „Braunen Wannen“ auf die rissbegrenzende Bewehrung weitestgehend verzichtet werden.**

Abdichtungssystem



Risse in der Betonkonstruktion werden dauerhaft verschlossen und wirtschaftlich abgedichtet.

1.1.5 Fugengestaltung

Fugen in Betonkonstruktion stellen immer eine Nahtstelle dar. Diese Nahtstelle muss dauerhaft und wirtschaftlich abgedichtet werden.

Die Praxis hat gezeigt, dass nur zwei verschiedene Abdichtungsvarianten für die einzelnen Fugentypen benötigt werden.

- **Arbeitsfugen** dienen zur Unterteilung des Bauwerks in Betonierabschnitte.
- **Bewegungsfugen** dienen zur Aufnahme unterschiedlicher Bewegungen einzelner Bauteile ohne Rissbildung in den anderen Bauteilen

Arbeitsfugen werden bei dem Gesamtsystem „Braune Wanne“ der Firma B.P.A.-GmbH ausschließlich mit **Quellmax® Bentonitquellfugenbänder** abgedichtet. Eine allgemeine **bauaufsichtliche Zulassung für die Quellmax® Bentonitquellfugenbänder liegt vor**. Die Einsetzbarkeit in Wasserwechselzonen wurde geprüft. Ein maximaler Wasserdruck von 7 bar auf die Fuge kann dauerhaft und wirkungsvoll abgedichtet werden. **Untersuchungen haben gezeigt, dass nicht auf die Arbeitsfugenabdichtung verzichtet werden kann.**

Bewegungsfugen / Dehnfugen werden bei dem Gesamtsystem „Braune Wanne“ der Firma B.P.A.-GmbH individuell und objektbezogen auf die jeweiligen Gegebenheiten angepasst. Bewegungsfugen werden systemgerecht mit Bentonitsystemlösungen abgedichtet. **Je nach Wasserdruck muss ein zusätzliches außenliegendes Dehnfugenband mit in das System integriert werden.**

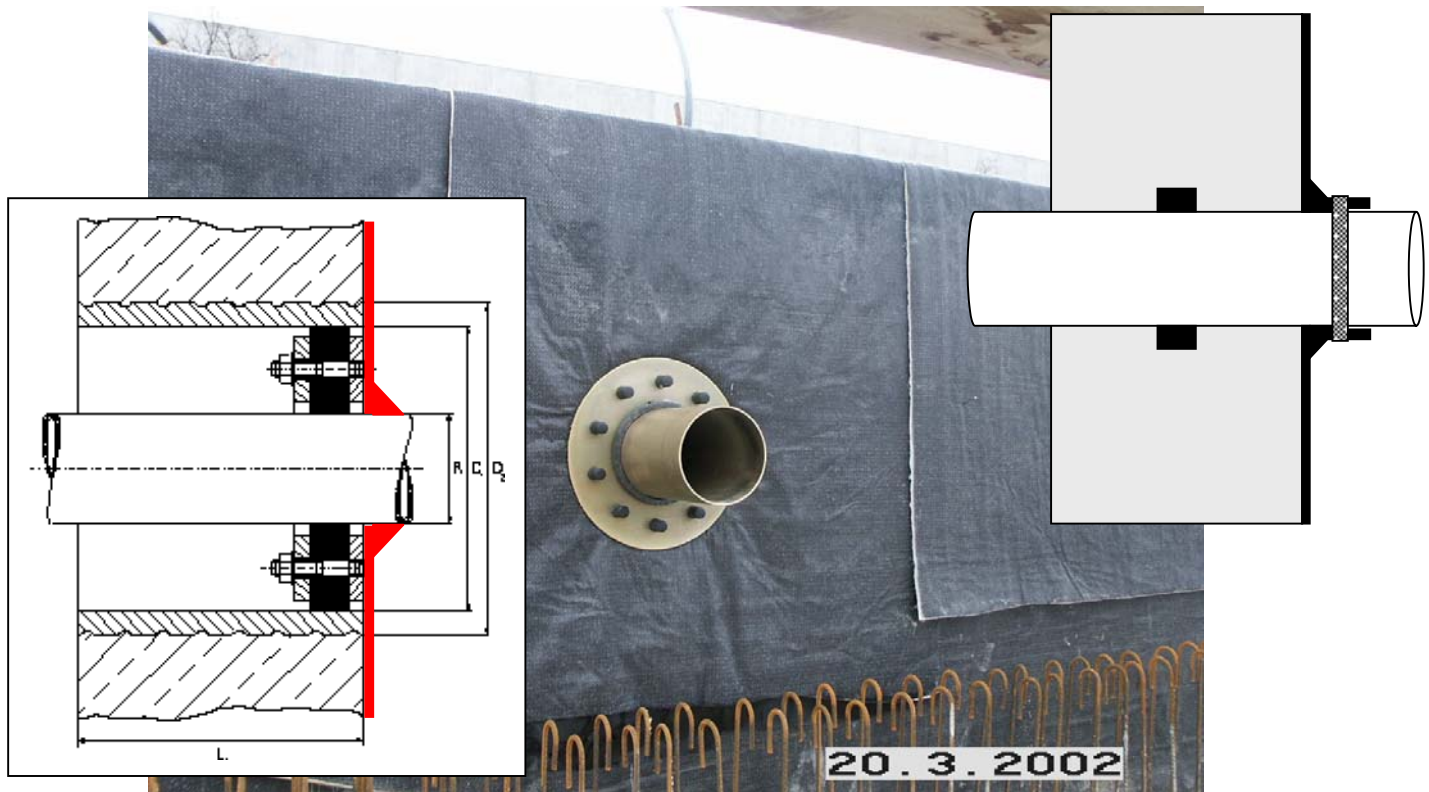
1.1.6 Aussparungen

Bei vielen „dichten“ Bauwerken bzw. „Braunen Wannen“ sind Kabel- und Rohrdurchführungen insbesondere im Bereich der Hausanschlüsse unvermeidlich. Hierbei ist darauf zu achten, dass bei Setzungen der Gebäude die Kabel und Rohre keinen Schaden erleiden.

Im Bereich von Öffnungen, Nischen oder anderen Schwächungen muss sich die durch Zwang entstehende Zugbeanspruchung auf einen kleineren Betonquerschnitt verteilen. Dadurch entstehen in diesen Bereichen größere Zugspannungen, welche ggf. durch zusätzliche Bewehrung aufgenommen werden müssen.

Zur Vermeidung von Kerbspannungen sollten unabhängig von einer ausreichend bemessenen Bewehrung jedoch „scharfe“ Ecken oder Kanten vermieden werden. Man sollte „sanfte“ Übergänge bzw. Rundungen vorziehen.

Die folgende Bilder zeigt Möglichkeiten zur Ausbildung von **Rohrdurchführungen**



Rohrdurchführung mit Futterrohr
(Faserzementrohr) und einfachen
Dichtungseinsatz.

Rohrdurchführung mit Quellmax
Bentonitquellfugenband in Verbindung
mit SML-Rohren

In beiden Systemdurchdringungen wird die CEMtobent® Bentonitdichtmatte entsprechend ausgeschnitten und übergestülpt.

Weitere technisch mögliche Abdichtungsvarianten sind nach exakter Prüfung möglich und können durch Fachingenieure angeordnet werden.

Die Vorteile einer „Braunen Wanne“ die jeder Planer und Ingenieur wissen muss im Überblick:

Wichtig ist bei der Planung auf den Aufbau der Konstruktion und auf den Bauablauf zu achten, d.h. wird die Bentonitabdichtung bei der Bodenplatte unter der Sauberkeitsschicht oder auf der Sauberkeitsschicht verlegt.

Hier müssen die Fachplaner immer objektbezogen die günstige Lösung erarbeiten.

Die natürliche Tonabdichtung bietet schätzbare Vorteile gegenüber andere Flächenabdichtungen und gegenüber einer „Weißen Wanne“ Konstruktion.

1. Keine Hinterläufigkeit:

Hinterläufigkeiten, wie sie bei Folien (KDB) oder nicht vollflächig verklebten Schwarzabdichtungen häufig auftreten, werden **aufgrund des Quelldruckes völlig ausgeschlossen**. Das System ist damit auch für Teilflächen einsetzbar. Eventuelle Beschädigungen sind lokal begrenzt und daher sofort auffindbar.

2. Positive Unterstützung des Selbstheilungseffektes:

Kleine Beschädigungen oder Durchdringungen von Nägeln (Befestigung an Wänden) werden ebenfalls durch den ständig wirkenden Quelldruck wieder verschlossen.

Risse bis 0,3 mm in der Betonkonstruktion werden problemlos dauerhaft abgedichtet. CEMtobent® kann Risse bis 0,3 mm problemlos überbrücken und abdichten.

3. Witterungsunabhängiger Einbau:

Die Verlegung kann bei kalter und warmer, bei trockener und feuchter Witterung ausgeführt werden. **Bei der Verwendung der Bentonitabdichtung bei nasser Witterung unbedingt** den Hersteller befragen.

Hier können temporäre Witterungsschutz-Maßnahmen wie zum Beispiel einsprühen der Oberfläche mit Quellverhinderer oder Quellverzögerer, abdecken mit Folien oder behandelten (hydrophobierten) Vliese, die einen verzögerten bzw. verspäteten Beginn der Quellungen bewirken.

Solche Überlegungen müssen bei einer offenen Zeit von > 4 Tage angestellt werden.

4. **Einfache und schnelle Montage:**

Einfaches Auslegen der Bentonitbahnen (Abmessung wahlweise 1,25 x 8,00 m **oder** Standard-Rollengrößen von 30 x 5,00 m und 30 x 2,50 m), ohne aufwendige Voranstriche, Verklebungen oder Verschweißungen.

5. **CEMtobent®-Combiseal** mit einseitiger Folie (Doppeldichtung) wirkt im Hoch-, Tief-, Ing.- und Tunnelbau als Trennschicht. Im Tunnelbau liegt die Trennschicht zwischen Spritzbeton und Innenschale.

Hier sind die Standard-Rollengrößen bei (30 x 4,00 m) (30 x 2,00m) (30 x 1,33m) oder als Sonder- und Lagerware auf Anfrage abweichend.

6. Die CEMtobent® Bentonitdichtmatten müssen vor der Hinterfüllung **mindestens mit einem 500 gr./m² Vlies geschützt werden**. Geeignet Perimeterdämmung, schützt zusätzlich. **CEMtobent®-Abdichtungen** müssen immer **individuell** und **objektbezogen** auf die jeweilige Baumaßnahme abgestimmt werden.

7. Allergrößter Wert ist auf das Verfüllmaterial und den Hinterfüllvorgang zu legen. Zwischen Oberkante Sauberkeitsschicht bis auf ca. 1m Höhe ist gewaschenes Rundmaterial 0-16 mm ideal. Nach oben kann jedes Material ohne spitze Steine verwendet werden.

Sobald z.B. bei Decken bei Tiefgaragendecken die Matten ausgelegt und auffüllbereit sind, sollte man mit **bindigem Boden** oder geeigneten, **nicht mit spitzigen Steinen bzw. Splitt und/oder gebrochenem Material** versehen Verfüllmaterial, einfüllen und lageweise Verdichten.

8. **Gefahren, die die Dichtigkeit gefährden können**

Wird die vorgenannte Vorgehensweise eingehalten, gibt es keine besonderen technischen Probleme beim Einsatz von Combiseal und CEMtobent® Typ 202.

Werden jedoch aus finanziellen Gründen auf die primären Sicherheiten, durch Weglassen von Fugenabdichtungssystemen, Ausgleichsmasse an Betonfehler (Lunkerstellen), kein WU-Beton, keine geeigneten Spannstellen oder zurückfahren von Zementanteilen (unter 300 kg/m³), Verfälschung des W/Z-Gehaltes durch Zugabe von Wasser auf der Baustelle verzichtet, so kommt man in einen zusätzlichen Risikobereich, welches das System nicht immer auffangen kann.

9. **Während des Bauzustandes sind die Risiken besonders hoch**, wenn zum Beispiel an Wänden und Decken **die Auflast fehlt** und Wasser in ungesicherten Fugen oder unter die verlegten Matten eindringt.

Ebenso verhält es sich beim Einsatz von Bentonitmatten auf Betonböden bzw. über der Sauberkeitsschicht. Ist die Oberfläche der Sauberkeitsschicht nicht geschlossen (häufig wird nur Split verdichtet eingebaut) so muss **zwingend CEMtobent®-CombiSeal verwendet werden**.

Nur CEMtobent®-CombiSeal bietet den erforderlichen Schutz vor Ausspülungen.

Wird CEMtobent® 202 verlegt so muss über der Sauberkeitsschicht eine mind. 0,7 mm PVC-Folie verlegt werden um Materialausschwemmungen nach unten zu verhindern.

Im übrigen muss bei nicht genau abgestimmten Arbeitsabläufen immer mit Störungen und erhöhten Risiken durch lange offen Zeiten gerechnet werden, indem das System dann ungeschützt der Witterung voll ausgesetzt ist. Ein durchfeuchtetes System darf nicht extremen Belastungen ausgesetzt werden, wie beispielsweise starkes Begehen, Materiallagerungen etc.

Es ist immer darauf zu achten, dass die untere Bewehrungslage frühstmöglich eingebaut wird, damit man die Abdichtung, die CEMtobent® Bentonitdichtmatte nicht direkt durch starkes Begehen belastet oder gar als Lagerfläche missbraucht.

Zur Ergänzung und besserem Verständnis gehören objektbezogene Systemzeichnungen zu jedem Angebot und jedem Auftrag dazu.

Unsere Zusicherung für die Dichtigkeiten hat nur Gültigkeit, wenn vorab die Ausführungen beachtet werden und diese entsprechend unserer Zeichnung durchgeführt worden sind.

Voraussetzung für die Übernahme der Gewährleistung:

- Einsatz von WU-Beton mit W/Z-Wert $\leq 0,5$
- Einsatz von WU-Mauerstärken / Schalungsanker, System Oktagon
- Arbeitsfugenabdichtung mittels QUELLMAX® Bentonitquellfugenband
- Dehnfugenabdichtung evtl. mit außenliegendem Dehnfugenband
- Bentonitdichtmatte **CEMtobent® CombiSeal** mit PE-beschichtetem Vlies, **die High-Tech Doppeldichtung „Doppelte Sicherheit“**
- Stöße ca. 20 cm überlappen und wahlweise verkleben
- CEMtobent® Bentonitdichtmatten sind vor dem Verfüllen mit einem geeigneten Vlies zu schützen (500 gr./m² Standard // 1.200 gr./m² bei Tunnelbauwerke)
- Perimeterdämmung bzw. Polysterolhartschaumplatten können ebenfalls als Schutz verwendet werden. Diese werden mit einem Bitumenkleber fixiert
- Ungeklärte Details müssen vor der Ausführung schriftlich bestätigt werden
- Veränderungen an unserem System, die durch Dritte vorgenommen werden haben zur Folge, dass der Gewährleistungsanspruch erlischt
- Das Hinterfüllen der Bentonitdichtmatte sollte so schnell als möglich erfolgen, da es sich um eine Druckabdichtung handelt
- Das Verdichten der Hinterfüllung bzw. der Auflast hat lageweise zu erfolgen. Die Hinterfüllung bzw. die Auflast ist wesentlicher Bestandteil des Gesamtsystems \Rightarrow Druckabdichtung!

