

**VERBUND VON LINER UND DURCHFÜHRUNGEN  
MIT DEM BETON VON SPANNBETON-REAKTORDRUCKBEHÄLTERN  
(BOND OF THE LINER AND PENETRATION REINFORCEMENTS  
TO THE CONCRETE IN  
PRESTRESSED CONCRETE REACTOR PRESSURE VESSELS)**

G. HUBER

*Fried. Krupp GmbH, Krupp Universalbau, D-43 Essen, Germany*

**SUMMARY**

Three chapters are contributed to the problem of bond of the liner and penetration reinforcements to the concrete in PCPVs:

- chapter (1) presents the flow of calculation data between the prestressed concrete vessel design and the liner-or-penetration-engineering;
- chapter (2) shows the required special technical approaches in order to obtain a fixed bond and anchorage;
- chapter (3) presents some suggestions for a new development.

1. As a typical example for the data flow during the design analysis phase of a PCPV, the calculation procedure in the zone of a penetration is described.

1.1. Similar to the deformations of the complete vessel axial and radial deformations for the single penetration are established. The influence of full and partial bond is considered.

1.2. The anchoring forces are result of design calculations for penetrations, which are based on the effects of concrete deformations, temperature, vessel pressure on the penetrations closure.

The anchoring elements, studs, anchorage shields, cooling pipes, (liner nozzles), show relevant force-vs—deformation diagrams.

1.3. The reinforcement around the penetration is calculated from the following anchoring forces:

1.3.1. Part 1: Forces resulting from the counteracting deformations of the different parts of the penetration under the assumption of their full bond to the concrete.

1.3.2. Part 2: Expulsion forces.

A comparison of the amount of reinforcement for part 1 and 2 is made and comments are given.

2. As a typical example for special civil engineering techniques to achieve bond, concreting and grouting of the bottom slab of the vessel is discussed. Three different methods are described:

2.1. *Hartlepool*: The bottom slab is concreted, the floor liner placed afterwards. All anchoring elements are situated in the grouting zone.

2.2. *Bugey*: The upper zone of the concrete containing the anchoring elements is concreted on the liner turned upside-down. The liner is then turned over and concreting completed. The grouting zone is here situated underneath the anchoring zone.

2.3. *Schmehausen*: The liner is placed, the bottom slab is concreted through the liner, the anchorings being embeded in the concrete. The grouting zone lies above the anchorings.

3. A conclusion of chapters (1) and (2) is drawn regarding the consequences of the assumption of bond. Some examples will be discussed from the point of view of minimizing bond problems: (1) hot liners, double wall liners, (2) liners in the zone of plasticity, (3) "soft" anchors for the liner and deletion of stiffening ribs, (4) "floating" liners with a minimum of anchorings, (5) penetrations fixed only on the inside of the vessel allowing expansion and contraction, (6) compensating expansion joints in penetrations and liner, etc.

1. Als Beispiel für den Fluss von Berechnungsergebnissen zwischen den einzelnen Komponenten wird ein Spannbetonbehälter mit innenliegender metallischer Isolierung und kaltem Liner mit Kühlsystem herangezogen. Der Liner und die Auskleidung der Behälteröffnungen (Panzerrohre) sind durch Rippen, Druckschilde und Bolzen im Beton verankert. Jener Teil des Datenflusses zwischen den Komponenten wird nicht behandelt, der die Dimensionierung der Isolierung, die Auslegung des Kühlsystems und die Erstellung des Temperaturfeldes in Liner und Beton zum Gegenstand hat. Es soll vielmehr der Bereich Deformationen-Dimensionierung-Verankerung zwischen Beton, Liner und Panzerrohren erörtert werden.

1.1 Panzerrohre:

1.1.1 Analog zur Berechnung der Deformationen des Gesamtbehälters, unter der Wirkung von Vorspannung, Innendruck und Temperatur, erstellt das Engineering des Spannbeton-Druckkörpers radiale, tangential und axiale Betonranddeformationen für jedes einzelne Panzerrohr. Dies geschieht für die Lastfallkombinationen

Inbetriebnahme	+ 46 atü
Inbetriebnahme	- 1 atü
langzeitig, heiss	+ 46 atü
langzeitig, heiss,drucklos	- 1 atü
Endalter, 30 Jahre Betrieb	+ 46 atü
" " "	- 1 atü
" " "	+ 39 atü

Die grossen Panzerrohre in Bodenmitte, oberem Zylinder- und Deckenbereich werden in der Behälterrechnung als Oeffnung erfasst. Diese Rechnung wird für die untere Behälterhälfte mit dem rotations-symmetrischen Programm Relax durchgeführt, für die obere Behälterhälfte mit dem dreidimensionalen SAFE-3D-Programm [1]. Die Deformationen für alle anderen, kleineren Panzerrohre werden aus einer Zusatzrechnung zu ungestörten Bereichen der Relax-Berechnung gewonnen. Dabei werden die Betonspannungen in Lochmitte an einem Scheibenmodell unter Berücksichtigung der Rohrausstiefung angesetzt. Die langzeitigen Belastungen werden hinsichtlich Temperatur- und Schwindeinflüssen durch Korrekturen berücksichtigt.

Als Ergebnis sind die Deformationen als Mantellinie auf Winkelschnitten  $0^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $90^\circ$  in Abb.1.1adargestellt.

1.1.2 Zur Ermittlung der Verankerungskräfte, welche vom Panzerrohr in den Beton eingeleitet werden, betrachtet das Panzerrohr-Engineering

die Beton-Deformationen  
die Rohrtemperaturen und  
den Innendruck

als Belastungen sowie

die Federkonstanten der Ankerelemente und  
des Panzerrohrs,  
die E-Moduli der verschiedenen Materialien sowie  
das Kriechen des Betons

als Eigenschaften der belasteten Bauteile. Zur Berechnung wurde ein Federmodell herangezogen, bei dem das Panzerrohr und die Verankerungen durch Federn mit entsprechenden Federkonstanten angesetzt werden.

Die Federkonstanten für Panzerrohr, Linerstützen und Ankerschilde werden errechnet. Bei letzteren wird die elastische Betätigung als geringfügig vernachlässigt. Für Kühlrohre und Ankerbolzen werden Kraft-Verformungsdiagramme herangezogen.

Aus der Literatur sind Untersuchungen über die beiden letztgenannten Ankerelemente bekannt [2]. Zusätzlich wurden Versuche über die wirksame Länge von Ankerbolzen durchgeführt [3]. Die Berechnung der Ankerkräfte wird für sog. Betriebs- und Notfälle sowie zum Nachweis der Sicherheit gegen "Austreiben" durchgeführt. Für die genannten Kategorien gelten verschiedene zulässige Ankerbelastungen. Als Ergebnis sind die auftretenden Ankerbelastungen, rotationssymmetrisch je Ankerelement bzw. je 10 cm Kühlrohr in Abb.1.1bdargestellt.

1.1.3 Aus den oben angegebenen Verankerungskräften wird vom Beton-Engineering die erforderliche Bewehrung um das Panzerrohr sowie die Rückwirkung der Verankerungselemente auf den Beton geprüft.

Die Verankerungskräfte sind in axialer Richtung des Panzerrohrs angegeben, es wird daher zunächst die Bewehrung parallel zur Achse des Panzerrohrs ermittelt. Davon abhängig wird die Tangentialbewehrung in Anlehnung an DIN 1045 als Querbewehrung dimensioniert. Es gelten für die oben genannten Betriebs- und Notfälle sowie für "Austreiben" verschieden hohe zulässige Stahlspannungen.

Abb.1.1c stellt die erforderliche Bewehrung je Zwischenraum zwischen den Ankerelementen dar. Es summieren sich zwei Bereiche:

Bereich I : erforderliche Bewehrung zur Abdeckung der Zwängungskräfte aus den gegenseitigen Verformungen des oberen und unteren Rohrteils und seiner Verankerungen.

Bereich II: erforderliche Bewehrung zur Aufnahme der Austriebskraft.

Mit einem verfeinerten Relaxnetz werden die auftretenden Vertikal-, Tangential- und Radialspannungen unter Einwirkung der Belastung aus den Druckschilden überprüft.

Als Ergebnis des Datenflusses von 1.1.1 nach 1.1.3 sind in Abb.1.1d die Verankerung und die Bewehrung eines Panzerrohres dargestellt.

#### 1.1.4 Diskussion:

Bei den eben kurz beschriebenen Berechnungen gilt grundsätzlich als Axiom der durch Verankerungen und besondere bautechnische Massnahmen (Abs. 2) hergestellte volle Haftverbund.

Aus Abb.1.1d (Bewehrung-Verankerung) ist zu entnehmen, dass an der Behälteraußenseite der Beton auf eine Tiefe von 400 mm ausgeklinkt wurde. Der Verbund musste hier aufgehoben werden, weil die an dieser Stelle auftretenden Deformations-Maxima das Panzerrohr über die Fließgrenze beanspruchten.

Bei der Erstellung der Betonranddeformationen wird die teilweise Aufhebung des Haftverbundes in Umfangsrichtung untersucht, wobei man davon ausgeht, dass formschlüssige Verankerungselemente zur Kraftübertragung einen Verformungsweg brauchen. Bei einer Lastfallkombination des Endalters ergeben sich infolge Kriechens um ca. 25 % höhere radiale Deformationen, die ca. 3-4 % Erhöhung der Ankerkräfte bedeuten und damit vernachlässigbar klein sind.

Bei Betrachtung der erforderlichen Bewehrung in axialer Richtung aus 1.1.3 ist zu sehen, dass der grössere Bereich I dazu dient, die Zwängungskräfte aufzunehmen, die aus der Verankerung der ganzen Länge des Panzerrohrs in der Behälterwand resultieren. Daher wird, auch unter Hinweis auf die aus Abb. ersichtliche Dichte der Bewehrung, das gewählte Verankerungssystem in Frage gestellt.

## 1.2 Liner:

1.2.1 Wiederum erstellt das Beton-Engineering für die entsprechenden Lastfallkombinationen tangentielle und meridionale Betondeformationen an der Innenseite des Behälters aus den unter 1.1.1 genannten Behälterrechnungen (Abb.1.2a).

1.2.2 Das Liner-Engineering geht bei seinen Berechnungen aus von [4]:

den aus 1.2.1 resultierenden, durch die Verankerung übertragenen Betondeformationen,

der durch die Verankerung behinderten Temperaturdehnung des Liners,

Fertigungsunterschieden, wie Blechstärken- oder Streckgrenzdifferenzen zweier angrenzender Linerfelder.

Die tangentialen und meridionalen Betondeformationen werden in eine äquivalente einaxiale Dehnung umgerechnet und der Bereich des maximalen Dehnungsgradienten betrachtet. Als Ergebnis werden die Belastungen bzw. Verschiebungen der Verankerungselemente - Kühlrohre, Ankerbolzen und Rippen - ermittelt (Abb.1.2b) und den zulässigen Werten gegenübergestellt.

1.2.3 Das Beton-Engineering untersucht die Weiterleitung der Verankerungskräfte des Liners, insbes. am Zwangspunkt, an den Aussteifungsrippen im Bereich der Vouten (Uebergang Boden-Zylinder). Basierend auf Schubversuchen mit variiertem Querbewehrungsanteil [5] wird die erforderliche Bewehrung ermittelt (Abb.1.2c).

## 1.2.4 Diskussion:

Der vorgenannte Rechnungsgang basiert grundsätzlich auf den Beanspruchungen an den Verankerungen. Das steht jedoch in gewissem Gegensatz zu der Aufgabe des Linings, die in der Funktion einer Dichthaut liegt [6], nicht so sehr im Haftverbund von Betonkörpern mit einer aussteiften Stahlkonstruktion.

An den Zwangspunkten ergeben sich sehr hohe Beanspruchungen des Liners, des Verankerungselements und des Betons, die z.B. zu einem sehr hohen Anteil schlaffer Bewehrung führen. Wie zuvor bei den Panzerrohren sei das System der Linerverankerung zur Diskussion gestellt.

Es sei ausserdem darauf hingewiesen, dass die in der Rechnung angesetzten Materialkennwerte im Bereich enger gegenseitiger Durchdringung von Verankerungselementen, Bewehrung, Kühlrohren, Instrumentierung etc. nur unter Vorbehalt zu verwenden sind [7].

2. Als Beispiel für besondere bautechnische Massnahmen zur Herstellung eines in Berechnung und Konstruktion vorgesehenen vollen Haftverbundes wird die Herstellung des Behälterbodens mit Bodenliner genannt. Durch das gestellte Problem des satten Unterbetonierens seiner waagerechten, geschlossenen Fläche ist es hier besonders schwierig, Bolzen und Rippen im Beton zu verankern und am Liner und Kühlrohren einen Haftverbund herzustellen. Es werden drei verschiedene Methoden erläutert [8].

2.1 Bei der ersten Variante (Abb. 2b) wird der Behälterboden innen in fünf Betonierschüssen, aussen in zwei Schüssen vorbetoniert. Der Linerboden wird neben der Baustelle mit dem Linerzylinder verschweisst und danach auf den vorbetonierten Behälterboden gefahren. Der verbleibende Zwischenraum von ca. 200 mm wird durch zweimaliges Verpressen verfüllt (Abb. 2a). Zunächst wird durch die Abstützungs- und Justierungselemente das Verpressgut eingeführt. Zwischen den Kühlrohren sind Schläuche geführt, die unter Druck stehen und nach dem 1. Verpressen evakuiert und entfernt werden. Die verbleibenden Kanäle werden von der Seite verpresst.

Es sei darauf hingewiesen, dass bei dieser Lösung die Verankerung des Liners nur in der Verpress-Schichte liegt.

2.2 Bei der zweiten Variante (Abb. 2d) wird nur der äussere Ring der Bodenplatte vorbetoniert. Neben der Baustelle wird auf den umgekehrten Linerboden, von den Betonieröffnungen ausgehend, die oberste Betonierschicht in Kegelform vorbetoniert. Danach wird der gesamte Boden mit einem Kran gedreht, in seine Lage gebracht und durch die Betonieröffnungen der zentrale Bodenbereich betoniert. Gemäss Abb. 2c wird der verbleibende Spalt durch ein getrenntes Injektionssystem verpresst.

Die Verankerungselemente des Liners liegen nur in der vorbetonierten Schichte, die "Trennfuge" zum Betonkörper liegt unterhalb.

2.3 Bei der dritten Variante (Abb. 2 f ) wird der Behälterboden, ausgenommen Aussparungen für die Panzerrohre bis auf halbe Höhe vorbetoniert, danach Linerboden und Panzerrohre eingebaut. Die obere Hälfte des Behälterbodens wird durch Betonieröffnungen betoniert, wobei durch Stützen eine Oberfläche ca. 20 mm unter der Unterkante Linerboden (Kühlrohre) eingespiegelt wird. Der verbleibende "definierte" Spalt wird durch dieselben Betonieröffnungen verpresst (Abb. 2 e ).

Hier liegen die Verankerungselemente im Betonkörper.

3. Aus Abschnitt 1 und 2 ist zu ersehen, dass sich die Annahme des Verbundes aufgrund der starren Verankerung von Stahlkomponenten im Beton unter den im PCPV auftretenden Beanspruchungen ungünstig auswirkt und besondere bautechnische Probleme aufwirft. Eine Weiterentwicklung des Problems liegt offenbar in Lösungen, die dieses Prinzip der Verankerung aufgeben und Relativbewegungen von Liner und Panzerrohren gegenüber dem Beton zulassen.

3.1 Als erster Schritt in dieser Richtung werden "weichen" Verankerungen des Liners und der Panzerrohre grössere Verformungswege zugeordnet, aussteifende Elemente werden vermieden, durch geeignete Massnahmen, wie z.B. Spritzbeton und Trennschichte an den Kühlrohren, wird der Haftverbund ausgeschaltet.

3.2 Die Entwicklung von PCPV's für Druck- bzw. Siedewasserreaktoren hat zu "heissen" Linern geführt. Es ist zwischen zwei Lösungen zu unterscheiden:

3.2.1 Der heisse Liner gelangt im Betrieb in den plastischen Bereich.

Beim zitierten Beispiel [9] liegt ein Doppelwand-Liner vor, bei dem der heisse Liner aus austenitischem Material besteht [10]. Der kalte Liner ist Schalung und Träger des Kühlsystems. Die Verankerung des inneren Liners reicht durch den kalten Liner in den Beton des Druckkörpers. Zwischen beiden Linern ist eine keramische Isolierung eingebaut, die auch als Druckentlastungs-System [8] verwendet werden kann.

3.2.2 Der heisse Liner bleibt im Betrieb im elastischen Bereich. Das aufgeführte Beispiel [11] besitzt einen heissen Liner aus martensitischem Material hoher Warmfestigkeit, der in einer Isolierbetonschicht verankert ist. Im Wandaufbau folgt nach aussen eine Kühlhaut als Träger des Kühlsystems und eine nach Abschluss des Kriechvorgangs injizierte Mörtelfuge.

Beide Konzepte erfüllen die Forderungen aus 3.1 hinsichtlich Flexibilität der Verankerung und teilweiser Aufhebung des Haftverbundes.

Die Problematik der Verankerung ist jedoch beim "heissen" Liner deutlicher herausgearbeitet als am kalten Liner, insbesondere hinsichtlich der Belastungszyklen [12].

3.3 Als letzter Schritt ergibt sich das Weglassen der Verankerungselemente. Unter Bezugnahme auf die in 3.2 genannten Entwicklungen erhebt sich die Frage nach der geometrischen Aufnahme der Wärmeausdehnung von Liner bzw. Panzerrohr.

3.3.1 Für Panzerrohre, wie sie in den zitierten Projekten 9 vorkommen, bietet sich an, nur am Linerstützen zu verankern.

Das Panzerrohr hat dabei die Möglichkeit, sich in seiner axialen Richtung auszudehnen. Wenn es als selbständig druckaufnehmend ausgebildet ist, muss zur freien radialen Wärmeausdehnung ein Freiraum bis zur Isolierung gelassen werden. Im Fall eines an der Isolierung anliegenden Linings muss durch geeignete Gleitflächen für einen niedrigen Reibungskoeffizienten gesorgt werden.

Eine weitere Möglichkeit ist der Einbau von aus dem Rohrleitungsbau bekannten Kompensatoren (Abb. 3 a).

3.3.2 Das Prinzip der Kompensatoren lässt sich auch auf den Liner anwenden, wobei sie entweder in meridionaler oder in Umfangsrichtung oder in beiden Richtungen angeordnet sein können. Diese Lösungen tragen das Problem in sich, dass der Liner an der Stelle der Kompensatorelemente nicht satt von Beton oder Isolierung hinterfütert ist und dem Innendruck selbsttragend standhalten muss. Beim zitierten Beispiel eines "Wellblech"-Liners [13] sind daher die Radien und Abstände der Kompensator-"Wellen" sehr klein.

Bei einer anderen Variante wird die Zylinderform des Liners von regelmässigen Prägungen in verschiedene Formen überlagert, die die Wärmeausdehnung des Liners aufnehmen (Abb. 3 b).

In diesem Zusammenhang sei auf das Ergebnis von Untersuchungen an einem "heissen" Liner verwiesen, bei dem an einer Versuchseinrichtung (unter 300°C, Innendruck, mit gekrümmter Linerwand) sich folgendes gezeigt hat [14]:

Bei seiner ersten Erwärmung bildete der Liner nicht wie erwartet eine Beule aus, die in der folgenden Abkühlung wieder zurückging, sondern es trat eine irreversible Materialstauchung ein.

Dies ist bei der konstruktiven Ausbildung der o.g. Varianten zu beachten.

Zusammenfassend muss zu Abschnitt 3.3 gesagt werden, dass zur Erprobung umfassende grosstechnische Versuche noch durchzuführen sind, die ggf. auch Vereinfachungen der Konzepte bringen.

#### 3.4 Schlussbetrachtung

Eine wichtige Entwicklungslinie, die den Bau von Spannbetonbehältern beeinflussen wird, widmet sich einem zusätzlichen Beitrag des Betondruckkörpers zur Reaktorsicherheit:

Leckage-Ueberwachung des Liners,  
Sicherheit bei plötzlicher Druckentlastung,  
Notkühlsysteme.

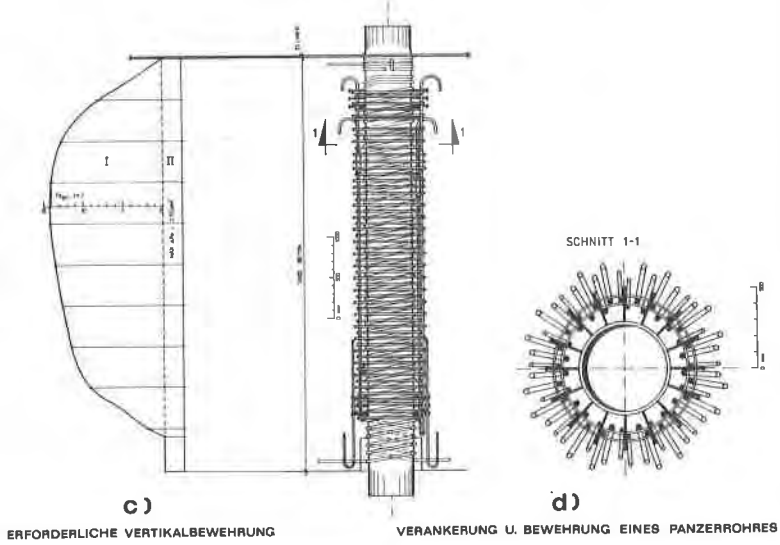
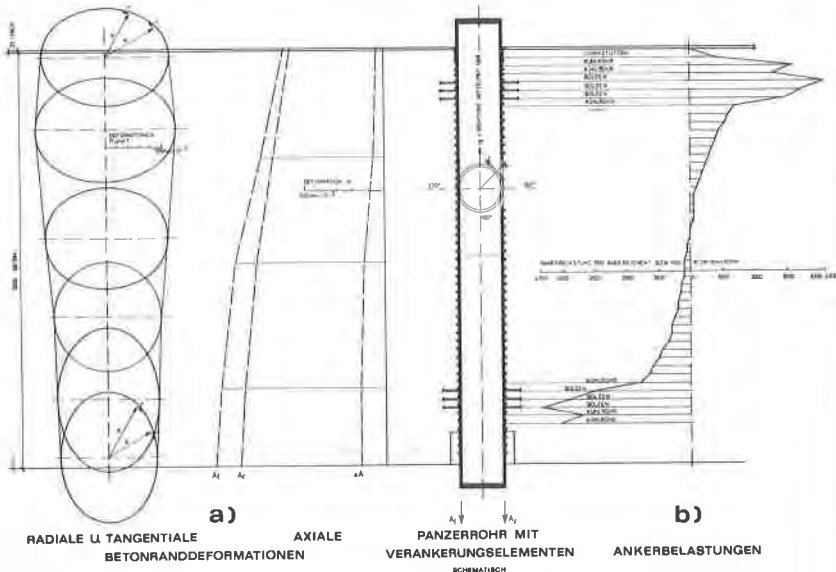
Grundsätzlich werden hierbei zusammenhängende Freiräume hinter dem Liner zur Ueberwachung herangezogen. Die Lösungen des Kapillar-Betons und der keramischen Isolierung [8] bieten die Möglichkeit, nicht nur einzelne Schweissnähte, sondern die ganze Fläche des Liners durch Betonkapillaren bzw. die Freiräume zwischen Isolierungskugeln zu überwachen.

Eine Bedingung für diese oder ähnliche Lösungen ist jedenfalls, die in Abschnitt 1 und 2 dargestellte bisher geübte Praxis der starren Verankerungen und des vollen Haftverbundes zwischen Druckkörper und Lining aufzugeben und die unter Abschnitt 3 genannten Möglichkeiten der Relativverschiebungen anzuwenden.

#### Schrifttum:

- [1] P. BINDSEIL, Betrachtungen über das Verhalten von Spannbetondruckbehältern, H2/2, 2nd SMIRT Conference, Berlin 1973
- [2] C.O. PEINADO, Cavity Liner, Penetration Liners and Closures of a PCPV, Nuclear Engineering and Design 6 (1969)  
J.M. DOYLE, S.L. CHU, Liner Plate Buckling and Behavior of Studs and Rib Type Anchors, H6/3, 1rst SMIRT Conference
- [3] KUB-Laborbericht T3L/72/8, 1972

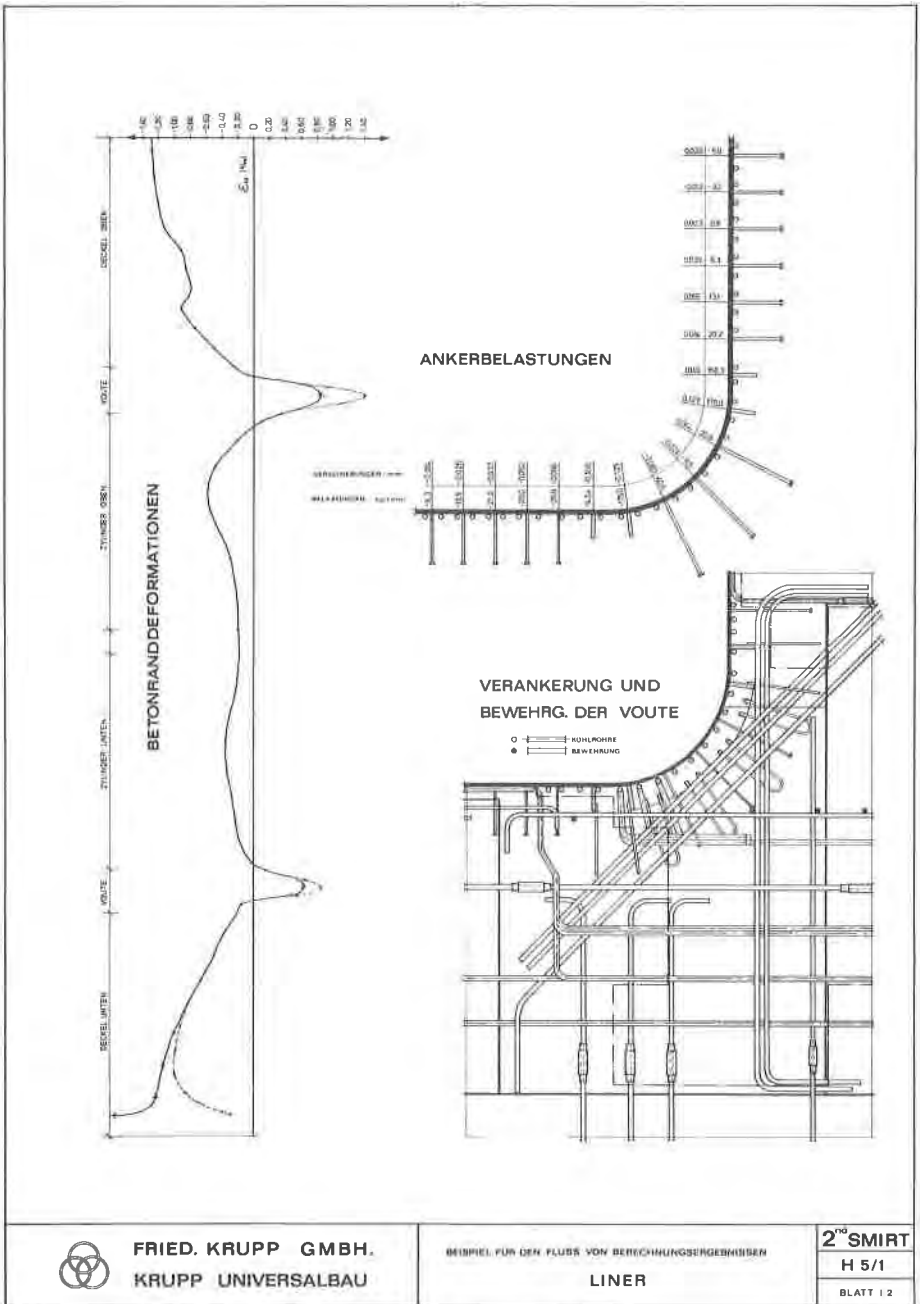
- [4] H. LOTZ, et.al., Der Spannbetonbehälter des THTR 300 MWe - Kernkraftwerkes, H4/3, 1rst SMIRT Conference, Berlin 1971  
R.F. BISHOP, et.al., Liner Design and Construction, The Inst. of Civ. Eng., London 1968, p.693ff.  
W. ALBRECHT, Auslegungsfragen eines Liners..., Reaktortagung Karlsruhe 1973
- [5] J. HOFBECK, et.al., Shear Transfer in Reinforced Concrete, Journal of the ACI, Februar 1969
- [6] Basic Structural Design Philosophy, IAEA - 126, Febr. 1970,  
W. ZERNA, THTR-Spannbetonbehälter, Bericht No. 2, 1971  
W. ALBRECHT, a.a.O.
- [7] siehe dazu G. REHM, über die Grundlagen des Verbundes zwischen Stahl und Beton, Deutscher Ausschuss für Stahlbeton, Heft 138  
E. PROCTER, C.H.A. TOWNLEY, Strain distributions around openings in pressure vessels, The Inst. of Civ. Eng., London 1968, p.577ff.
- [8] G. HUBER, Besondere bautechnische Probleme der Erstellung eines Spannbeton-Druckbehälters, Vergleich französischer, englischer und deutscher Techniken, Techn. Mitt. Krupp, Bd. 31 (1973) H.2
- [9] F. BREMER, G. HUBER, Referenzentwurf eines Spannbetonbehälters für Siedewasserreaktoren, H3/6, 2nd SMIRT Conference, Berlin 1973  
F. BREMER, Multi-Layer Prestressed Concrete Pressure Vessel, Nuclear Engineering and Design 5(1967) p.183 ff.
- [10] J. MEYER, Untersuchungen eines heissen Liners, Techn.Mitt. Krupp, Bd. 28 (1970) H.1  
H. SCHUTZBACH, Plastische Verformungen, Techn.Mitt. Krupp, Bd. 28 (1970) H1
- [11] J. NEMET, Reaktordruckbehälter aus Spannbeton mit heisser Dichthaut, H4/6, 1rst SMIRT Conference, Berlin 1971  
Gemeinschaftsprojekt Spannbetonbehälter-Heliumversuchsstand, 3. Zwischenbericht, ÖSGAE, Seibersdorf 1972
- [12] Untersuchungsberichte KFI 139/69, 110/69, 142/69.
- [13] - " - KFI 70/67
- [14] - " - KFI 217/72

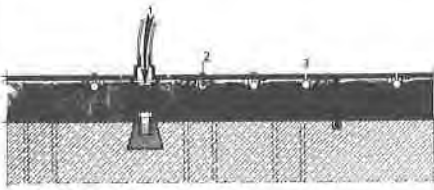


FRIED. KRUPP GMBH.  
KRUPP UNIVERSALBAU

BEISPIEL FÜR DEN FLUSS VON BERECHNUNGSERGEBNISSEN  
PANZERROHRE

2<sup>HO</sup> SMIRT  
H 5/1  
BLATT 11

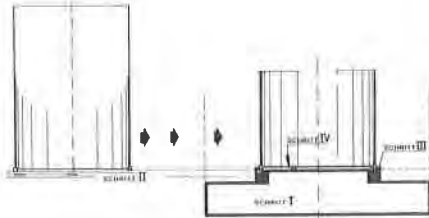




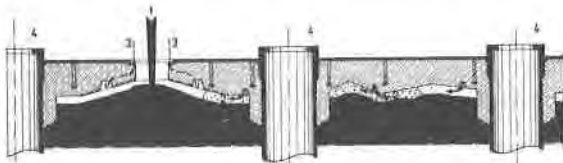
- VERPRESSEN DURCH:
- 1 VERPRESSEKOPFSTÜBE
  - 2 VERPRESSEKOPFE
  - 3 SHILOTTUNG

a)

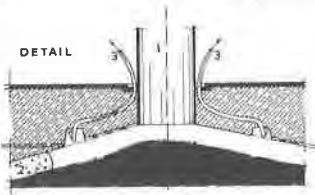
VARIANTE 2.1



b)



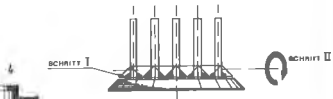
DETAIL



- 1 EINBRINGEN DURCH BETONÖFFNUNG
- 2 VERPRESSEN DURCH SCHÄKTE
- 3 SAUFSTÄHLEBESCHÜSSE
- 4 KANZELSTREBE

c)

VARIANTE 2.2

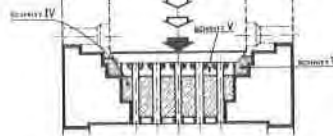


SCHRIFF I

SCHRIFF II



SCHRIFF III

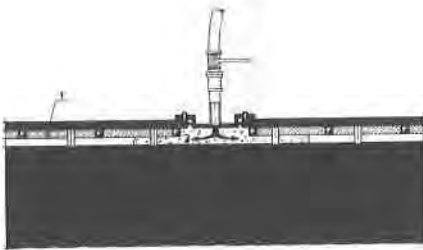


SCHRIFF IV

SCHRIFF V

SCHRIFF VI

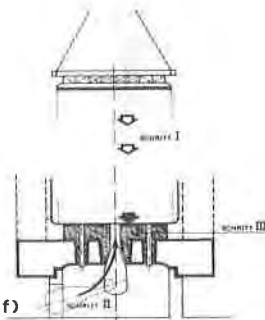
d)



- SCHRIFF 1 TORKREUZ
- SCHRIFF 2 STÄHLEBESCHÜSSE
- SCHRIFF 3 VERPRESSEN

e)

VARIANTE 2.3



f)

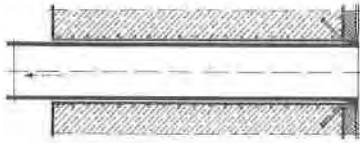


FRIED. KRUPP GMBH.  
KRUPP UNIVERSALBAU

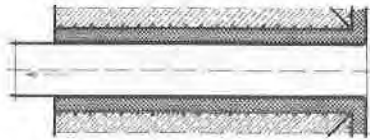
BEISPIEL FÜR BESONDERE BAUTECHNISCHE MASSNAHMEN  
MONTAGE UND VERPRESSEN DES LINERBODENS

2<sup>te</sup> SMIRT  
H 5/1  
BLATT 2

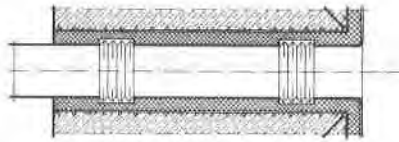
a) PANZERROHRE



DRUCKAUFNEHMENDES ROHR

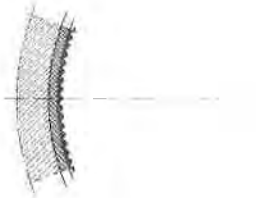


ROHRLINER MIT GLEITFLÄCHE

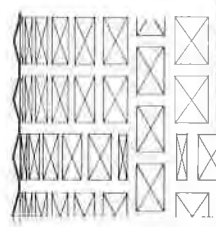


ROHRLINER MIT KOMPENSATOREN

b) LINER



WELLBLECHLINER



GEPÄGTER LINER



FRIED. KRUPP GMBH.  
KRUPP UNIVERSALBAU

RELATIVBEWEGUNGEN  
ZWISCHEN BETON U STAHLAUSKLEIDUNG

2 <sup>nd</sup> SMIRT
H 5/1
BLATT 3