

Technikerarbeit

Erstellen von Unterführungsbauwerken unter minimalster Beeinträchtigung des Schienenverkehrs



Verfasser:

Christoph Nöltner

I. Inhaltsverzeichnis

I.	Inhaltsverzeichnis	2
II.	Vorwort	3
1.	Grundgedanke der Verfahrensentwicklung	4
2.	Das Einpressverfahren	5
2.1	Grundprinzip des Verfahrens	5
2.2	Bauablauf	7
2.3	Die Schneiden	9
2.4	Elemente der Gleisabfangung	10
2.5	Der Einpressvorgang	16
3.	Das Einschubverfahren	23
3.1	Grundprinzip des Verfahrens	23
3.2	Bauablauf	23
3.3	Der Einschubvorgang	25
4.	Das Einzugverfahren	26
4.1	Grundprinzip des Verfahrens	26
4.2	Bauablauf	26
4.3	Der Einzugvorgang	28
5.	Herstellung unter Hilfsbrücke	30
5.1	Grundprinzip des Verfahrens	30
5.2	Bauablauf	30
6.	Kostenbeeinflussende Rahmenbedingungen	33
6.1	Einflüsse der Geometrie des Bauwerks	33
6.2	Einflüsse von Geologie, Baugrund und Grundwasser	35
6.3	Einflüsse durch Höhenlage von Bauwerk und Gleiskörper	35
7.	Wirtschaftlichkeitsvergleich der unterschiedlichen Verfahren	36
7.1	Standardrahmen Weimar	36
7.2	Massenermittlung	36
7.3	Auswertung und Beurteilung der Kosten	41
8.	Wahl des richtigen Verfahrens	47
8.1	Gegenüberstellung der Vor und Nachteile	47
8.1.1	Vor und Nachteile des Einpressverfahrens	47
8.1.2	Vor und Nachteile des Einschub-/ Einzugverfahrens	47
8.1.3	Vor und Nachteile der Herstellung unter Hilfsbrücke	48
8.2	Kriterien zur Auswahl des richtigen Verfahrens	49
9.	Schlussbetrachtung	50
10.	Quellenverzeichnis	51
A	Anhang	52

II. Vorwort

In meiner Technikerarbeit habe ich mich mit dem Thema „Erstellen von Unterführungsbauwerken unter minimalster Beeinträchtigung des Schienenverkehrs“ befasst, da ich mit diesem Thema schon bei meiner Arbeit als Betonbauer konfrontiert wurde, da sich mein Arbeitgeber, die Bauunternehmung Max Früh GmbH & Co KG in Achern, mit solchen Vorhaben beschäftigt, plant und auch durchführt.

Bei der Herstellung von Bauwerken unter Verkehrswegen, wie Schiene oder Straße, muss darauf geachtet werden, dass die Behinderungen auf die Verkehrsteilnehmer so gering wie möglich gehalten werden. Deshalb wird von Auftraggebern wie zum Beispiel der Deutschen Bahn AG verlangt, die Bauwerke außerhalb des Regellichtraumprofils zu erstellen, und später in die richtige Lage zu verschieben, um Behinderungen und Gefährdung aller Beteiligten so gering wie möglich zu halten. Vor allem im Schienenverkehrswesen wird höchste Priorität auf behinderungsfreie, sichere und schnelle Bauabwicklung gelegt. Hauptursache hierfür ist der enorme wirtschaftliche Schaden, der für Gleissperrungen und dadurch resultierende Verspätungen der Züge auftritt.

Dieser Punkt hat einige Firmen dazu bewogen, neue Techniken zu entwickeln, die sich sowohl wirtschaftlich für den Auftraggeber als auch für den Auftragnehmer lohnen, und alle auf dem selben Grundprinzip beruhen: Minimalste Beeinflussung des Schienenverkehrs und trotzdem ein Maximum an Sicherheit.

1. Grundgedanke der Verfahrensentwicklung

Seit den 50er Jahren wird die Beseitigung von höhengleichen Bahnübergängen stark vorangetrieben, da diese Kreuzungspunkte zwischen Schiene und Strasse große Gefahrenpunkte darstellen. So konnte die Zahl der höhengleichen Bahnübergänge in den letzten 50 Jahren halbiert werden. Im gleichen Zeitraum gingen die Unfälle an Bahnübergängen auf ein Drittel zurück, obwohl der Kraftfahrzeugbestand auf das 15-fache anstieg. Die Beseitigung dieser Konfliktpunkte zwischen Schiene und Strasse wird auch in Zukunft einen hohen verkehrspolitischen Stellenwert haben und u. a. durch das Eisenbahnkreuzungsgesetz (EKrG), die Eisenbahn-Bau- und Betriebsordnung (EBO) und das Gemeindefinanzierungsgesetz (GVFG) gefordert und gefördert.

Eine Möglichkeit zur Beseitigung der höhengleichen Kreuzungspunkte (Bahnübergänge), ist das Errichten von Brücken, bei denen ein alternativer Verkehrsweg über eine andere Strecke geführt wird. Die andere Variante ist das Herstellen von Unterführungen; ein Verkehrsweg wird unter eine andere Strecke gelegt.

Da es aber durch Baumassnahmen am oder im Gleisbereich immer wieder zu Sperrungen kommen muss, fordern die Schienenbetreiber (z.B. DB AG) eine Aufrechterhaltung des Eisenbahnbetriebes während der ganzen Bauzeit. Natürlich birgt das Arbeiten im Regellichtraumprofil (auf den Begriff „Regellichtraumprofil“ wird im Kap.2.1 eingegangen) Gefahren für Arbeiter und Züge mit sich. Deshalb wird seitens der Bahn im höchsten Maße auf die Sicherheitsvorkehrungen wert gelegt, und darauf gedrängt, die Baumaßnahmen außerhalb des Regellichtraumprofils herzustellen. So wurden in den letzten 30 Jahren Verfahren entwickelt, die diese Vorgaben einhalten (keine lange Sperrung der Gleise, Hauptarbeiten außerhalb des Lichtraumprofils).

Ein Verfahren ist das „Einpressverfahren“, welches unter verschiedenen Abwandlungen auch als „Einschubverfahren“ oder „Einzugverfahren“ zur Anwendung kommt. Ferner kommt auch „die Herstellung unter Hilfsbrücken“ zur Anwendung. Bei diesen Verfahren werden meistens sogenannten „Rahmenbauwerke“ (geschlossene Rahmenkonstruktion aus Beton) außerhalb des Lichtraumprofils hergestellt und mittels Hydraulikpressen in ihre Endlage gepresst, geschoben oder gezogen.

2. Das Einpressverfahren

2.1 Grundprinzip des Verfahrens

Das Einpressverfahren ist eine, in den letzten 30 Jahren in der Bundesrepublik Deutschland entwickelte Baumethode /2/, bei der das Bauwerk (Unterführung) außerhalb des Regellichtraumprofils (Bild 1, rot eingrahmt) hergestellt und später mittels Hydraulikpressen in seine planmäßige Soll-Lage verschoben wird. (Bild 2) Wie z. B. EÜ Steinbach Nord, Arge EÜ Weingarten oder EÜ Schifferstadt.

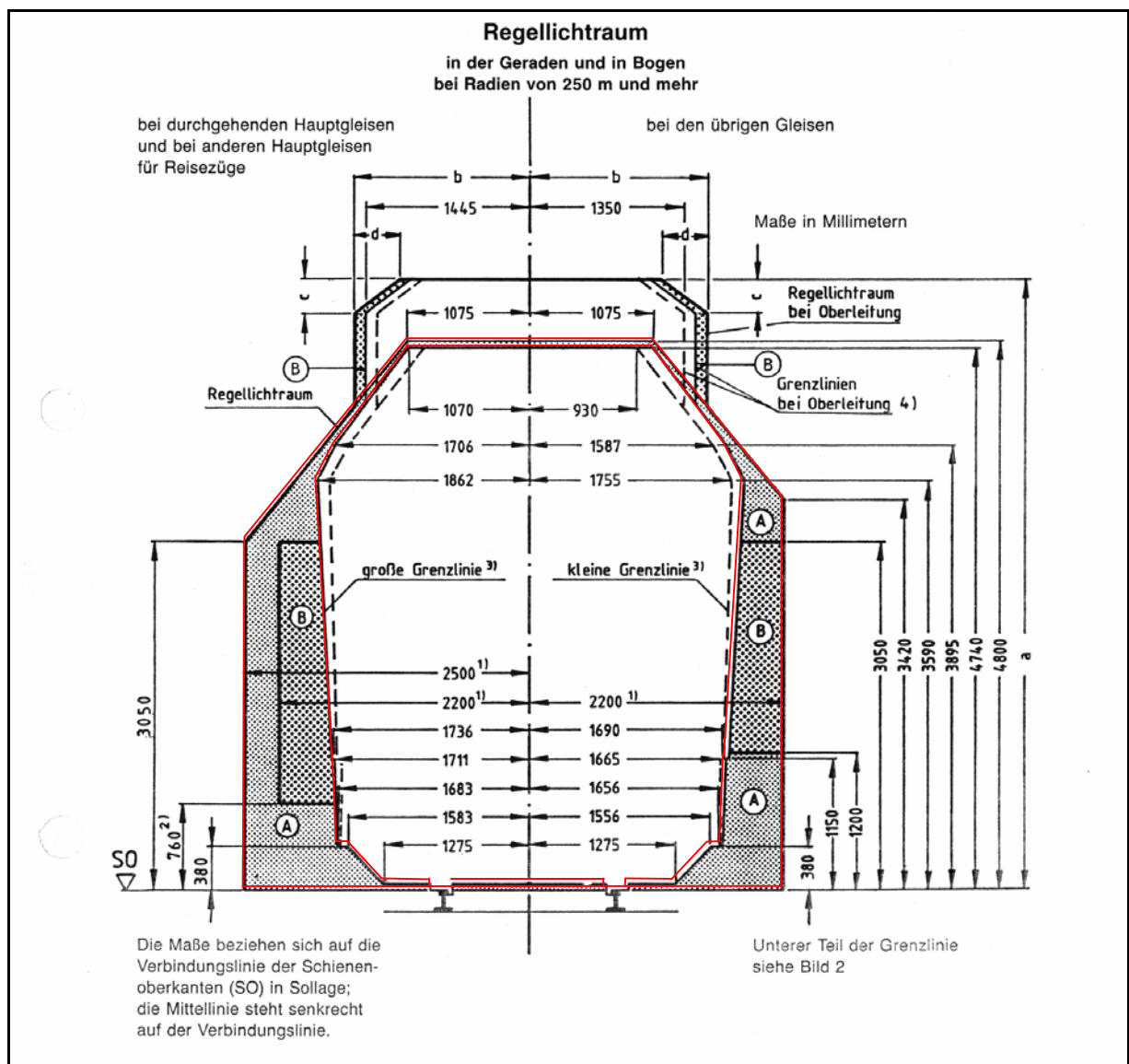


Bild 1: Regellichtraumprofil /2/

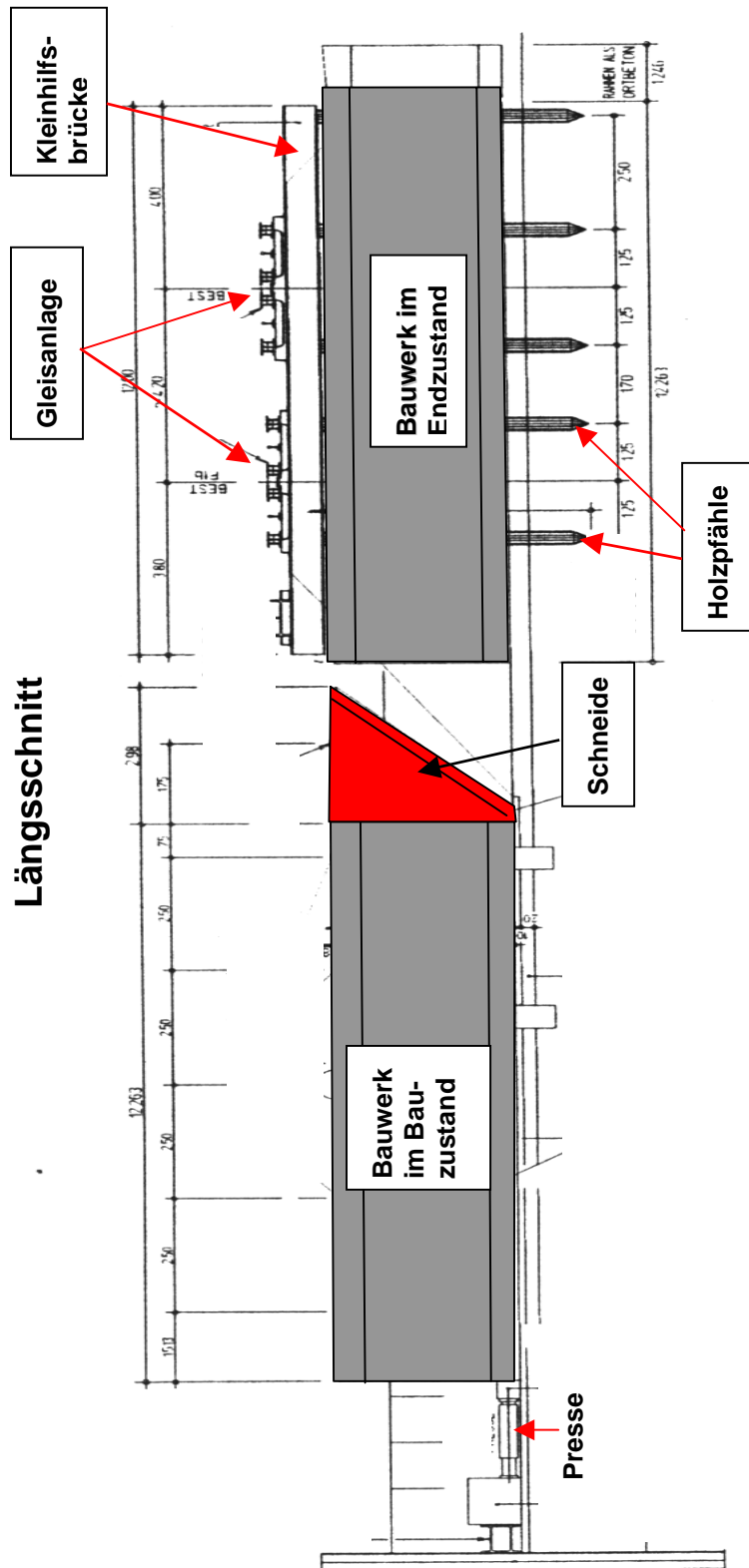


Bild 2: Systemskizze Einpressverfahren /1/

2.2 Bauablauf der Rahmenkonstruktion

Zuerst wird am Herstellungsplatz (evtl. Baugrube), der sich außerhalb des Regellichtraumprofils (Bild 2) befindet, eine Verschiebplatte mit seitlicher Führung hergestellt (Bild 3, Variante 1), damit die Rahmenkonstruktion bei dem Einpressvorgang nicht zur Seite weggleitet.

Sollte das Rahmenbauwerk ohne Verschiebplatte mit seitlicher Führung hergestellt werden, so ist es notwendig, eine seitliche Führung aus z.B. Stahlträgern (Bild 3, Variante 2) herzustellen oder es wird zwischen Bauwerk und Spundwand ein Betonbalken gegossen (Bild 3, Variante 3). Zwischen Rahmen und seitlicher Führung sollte ein Spielraum von 5-10 mm sein. Eventuell wird eine weiche Zwischenlage aus Holz eingebaut und leicht verkeilt.

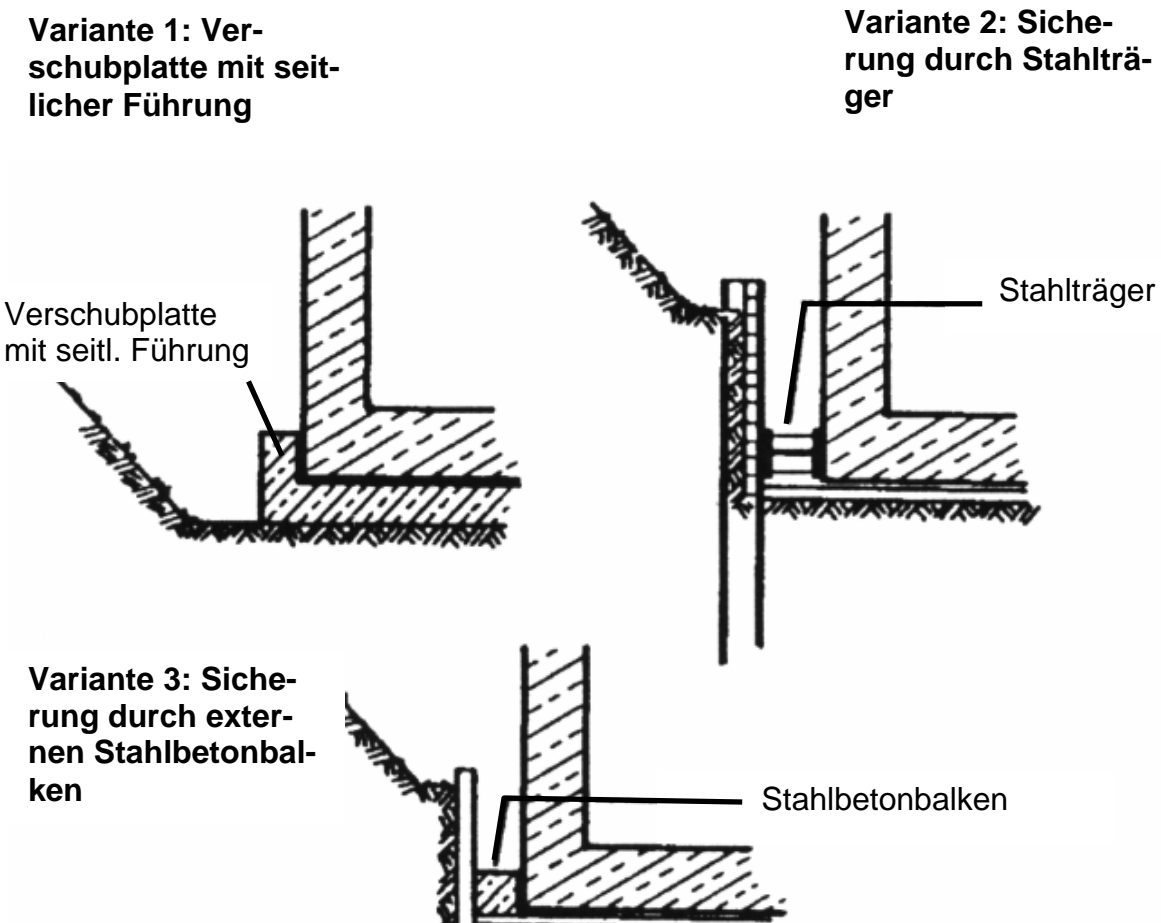


Bild 3: Varianten um das Weggleiten zu verhindern /1/

Auf die Verschubplatte wird dann eine spezielle Gleitfolie verlegt, (Bild 4) die beim späteren Anschieben des Bauwerkes einen möglichst geringen Anschubwiderstand ermöglichen soll. Diese Gleitfolie wird normalerweise als Großflächen-Gleitlager für Bewegungsfugen beim Bau von Schwimmbecken oder anderen Flächenbetonen verwendet, um eine Rissbildung zu verhindern. Als Sonderanfertigung wird diese Folie, versehen mit einer beidseitigen Vlieskaschierung zum Schutz vor Beschädigung während der Arbeiten an der Bodenplatte des Rahmens, geliefert. So hat sie die gleichen Abmessungen wie die Bodenplatte.

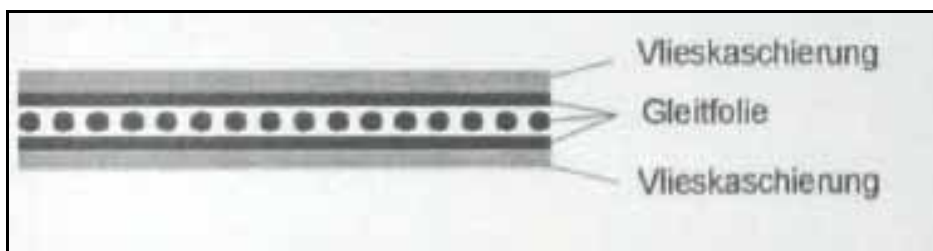


Bild 4: Gleitfolie /2/

Eine andere Möglichkeit, die Reibung zwischen Bauwerk und Verschubplatte zu verringern, ist die Herstellung des Rahmens mit einem unterseitigen Stahlblech. Vorher wird die massive Verschubplatte mit Stapellauffett auf Paraffinbasis beschichtet.

Auf der Verschubplatte wird dann das eigentliche Bauwerk, der Rahmen, erstellt. Beim statischen System handelt es sich in der Regel um eine in sich geschlossene Rahmenkonstruktion (Rahmenbauwerk), das in der Regel halbmonolithisch, das heißt in zwei Betonierabschnitten hergestellt wird. Nachdem die Bodenplatte hergestellt worden ist, werden Wände und Decke gleichzeitig hergestellt. Hierbei ist darauf zu achten, dass der Beton gut verdichtet wird, um etwaige Festigkeitsverluste zu vermeiden. Da es sich bei solchen Verschubrahmen in der Regel um Sichtbeton handelt, ist der Aspekt der fehlerfreien Verarbeitung von hoher Wichtigkeit.

Die Rahmensohle wird an der Vorderseite etwas abgerundet, um das Aufgleiten zu erleichtern. Diese Ausbildung ist abhängig von der anstehenden Bodenart und der Bauwerksgröße. (Bild 5)

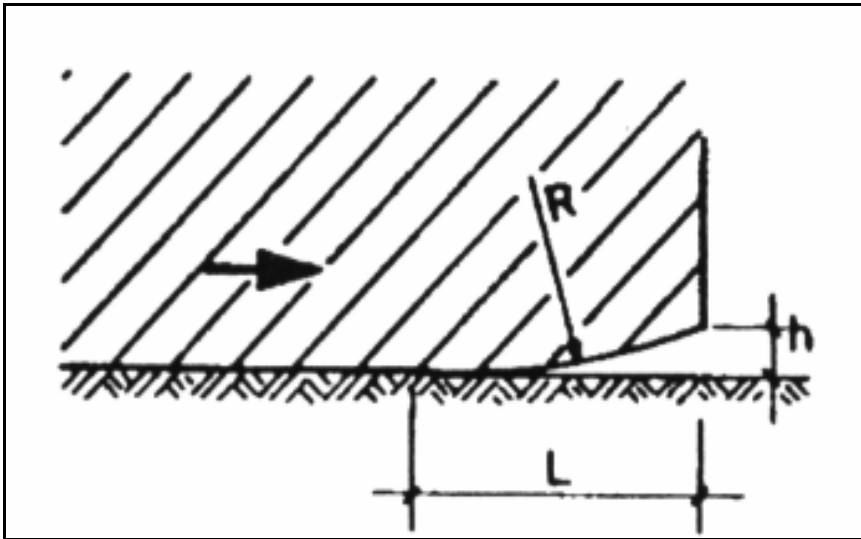


Bild 5: Ausrundung der Bauwerkskante /1/

Auf der Bauwerksdecke wird eine Isolierschicht aus Bitumen, sowie eine 5 cm dicke Schutzschicht aus Beton aufgebracht.

2.3 Die Schneiden

An der Frontseite des Rahmens werden die sogenannten Schneiden hergestellt. (Bild 6) Sie haben die Aufgabe, das seitliche Eindringen von Erdreich während des Einpressvorgangs zu verhindern. Sie werden je nach Größe mit mehreren Stahlträgern ausgesteift, welche beim Einpressen auch die ersten Auflager für die Verschiebeträger darstellen. Dieses Bauteil wird auch als Verschiebschnabel bezeichnet.

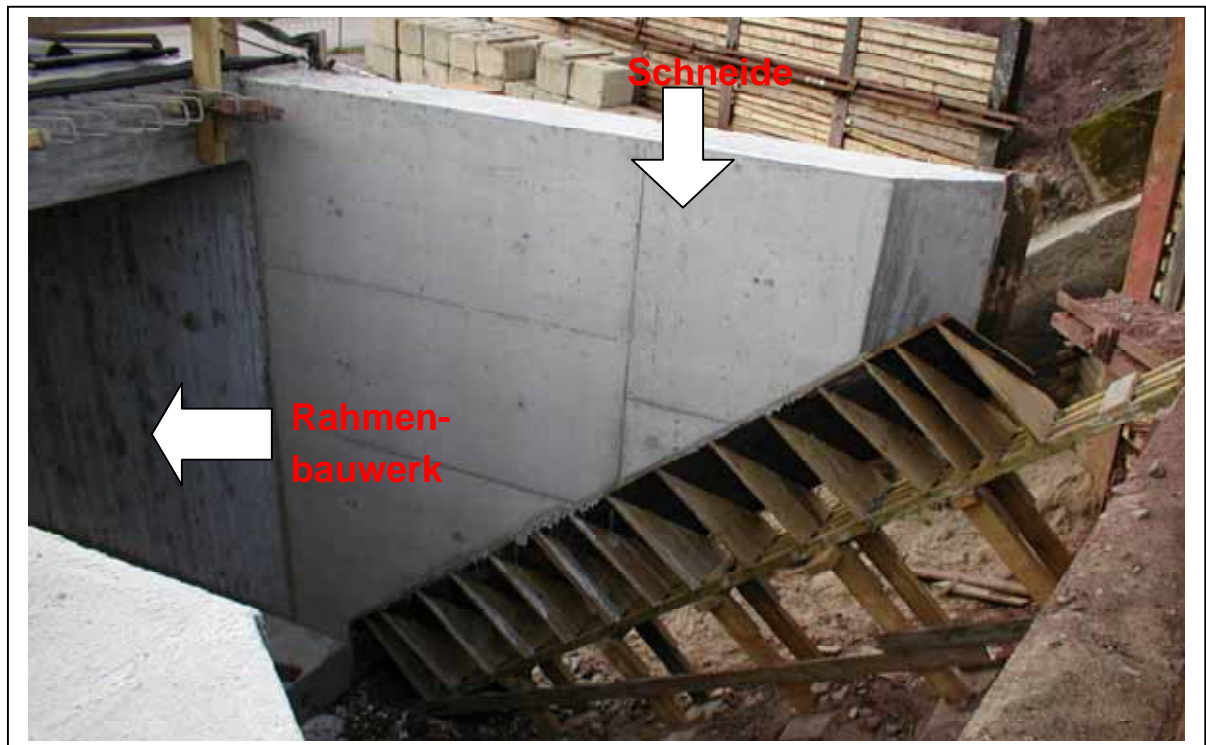


Bild 6: Schneiden /2/

Die Vorderkanten der Schneide wird etwas „verjüngt“ und mit einem Stahlblech versehen, welches den Beton vor Abplatzungen schützen soll.

Nach der Durchpressung wird der gesamte Verschubschnabel abgebrochen.

2.4 Elemente der Gleisabfangung

Um das Grundprinzip des Einpressvorgangs, nämlich die Aufrechterhaltung des Schienenverkehrs, zu gewährleisten, müssen die Gleise über dem einzupressenden Körper abgefangen und gesichert werden. In der Regel geschieht dies mit sogenannten Kleinhilfsbrücken, die von der DB AG zur Verfügung gestellt werden. Auf Bild 7 ist eine Hilfsbrücke zusehen, die bei der Baustelle „Arge Schifferstadt“ im Einsatz war.



Bild 7: Hilfsbrücke /2/

Das System der Hilfsbrücken besteht darin, dass schienenparallele Längsträger und daran befestigte Querträger über der Soll-Lage des Einschubkörpers eingebaut werden. Die Querträger, die zwischen den verbleibenden Schwellen eingebaut werden, haben die Aufgabe, die Schienen aufzunehmen. Durch diesen Aspekt erreicht man eine ca. 3 -10 fache Stützweite der Schiene als beim regulären Schwellenabstand von ca. 60 cm. Kleinhilfsbrücken (Bild 8,9), kurz KHB genannt, müssen je nach benötigter Stützweite ausgewählt werden.

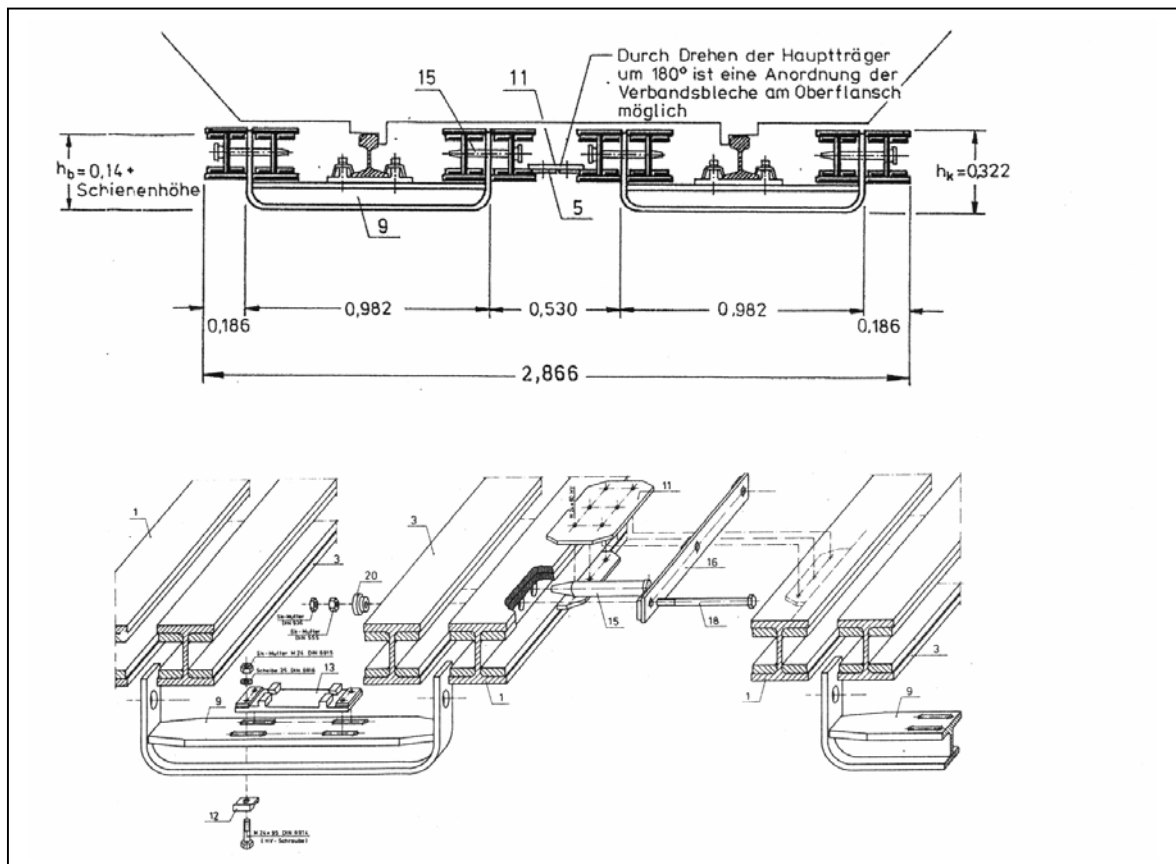


Bild 8: Schnitt und Schema einer Kleinhilfsbrücke /2/

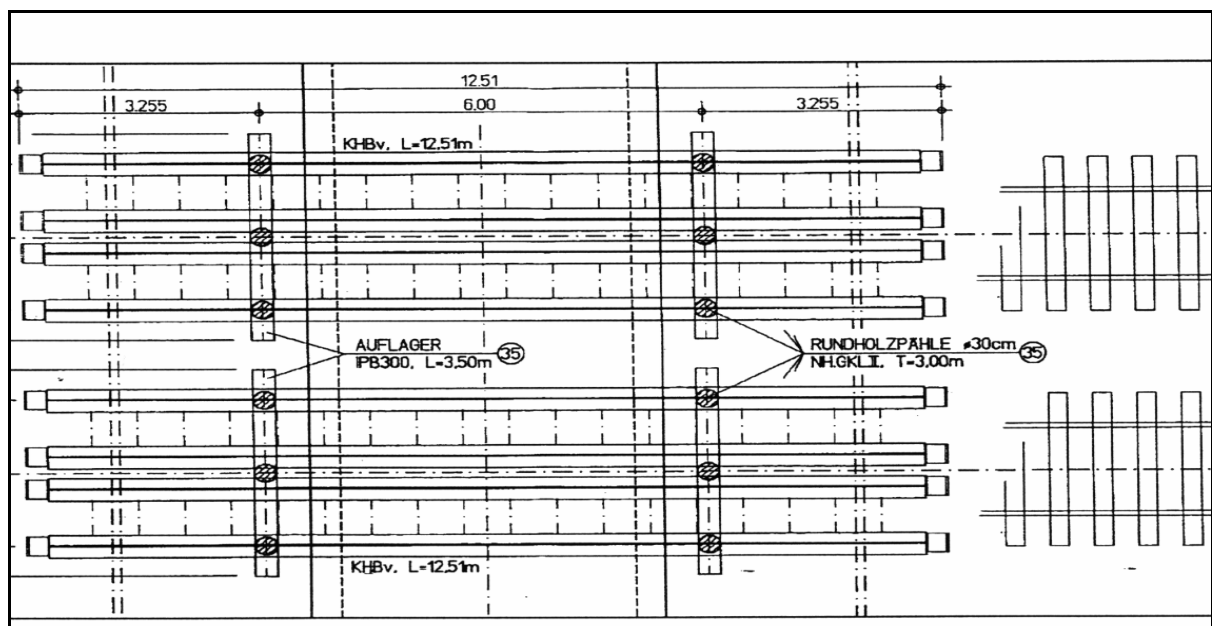


Bild 9: Schematische Draufsicht auf die Gleissicherung /2/

Als weiteres Element der Gleisabfangung, tragen ein quer zur Gleisachse liegender Trägerrost aus Profilstahlträger (Bild 9) genannt Vers Schubträger, die Gleislast auf die Böschung der Ortsbrust (Baugrube) und auf die Gleitrippen des Einpresskörpers ab. Die Gleitrippen (Gleitnoppen) werden auf die Decke des Bauwerks gedübelt. Auf ihnen laufen später beim Einpressen sog. Schlitten (Bild 10, 11) die in der Vorwärtsbewegung unter die Vers Schubträger gleiten. Mit Hilfe von Futterplatten (Bleche mit $d = 10 - 20 \text{ mm}$) wird für einen kraftschlüssigen Verbund zwischen Gleisabfangung und Rahmen gesorgt, so dass die vertikalen Lasten schon während des Durchpressens voll von dem Bauwerk aufgenommen werden.

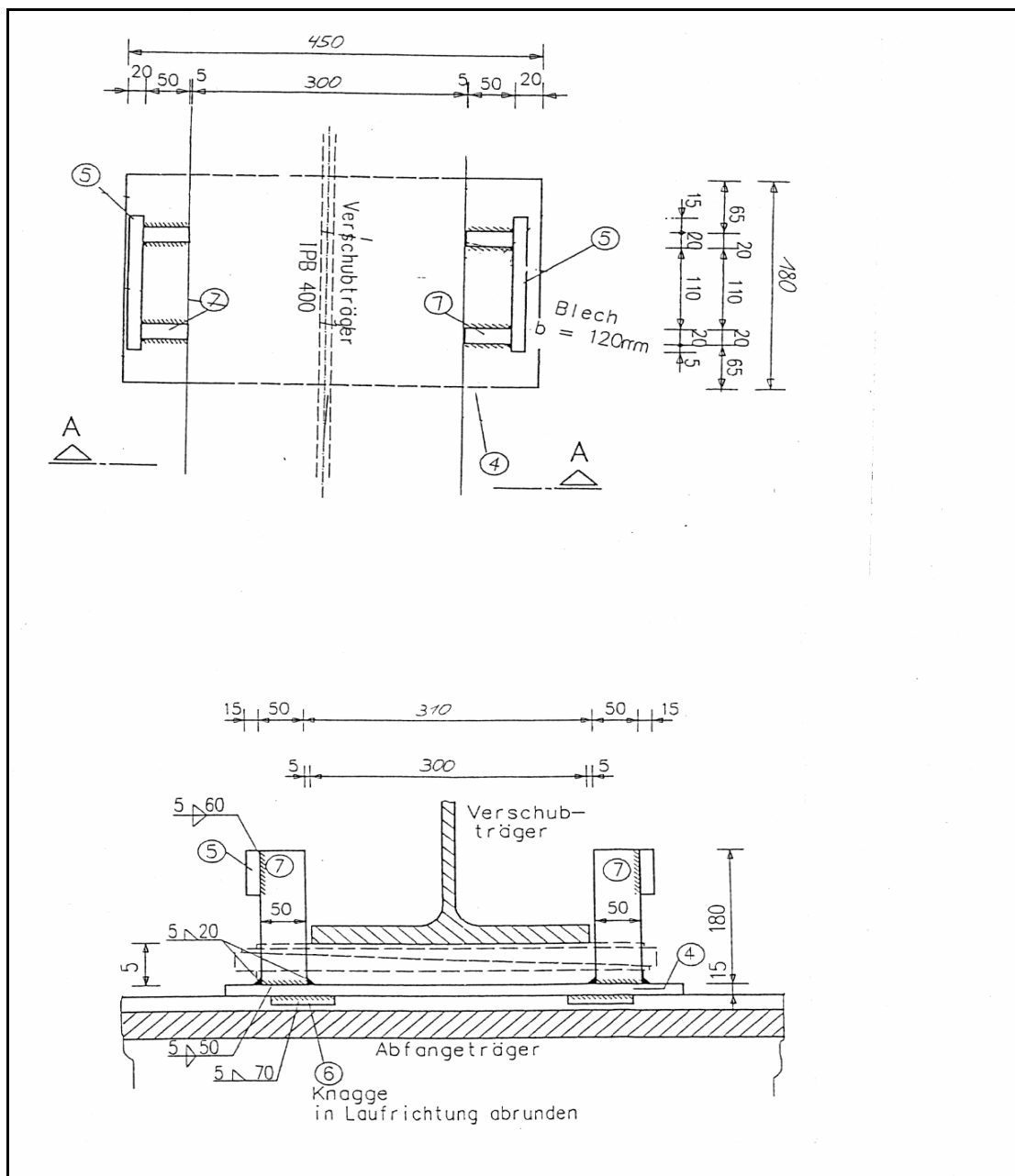


Bild 10: Verschubslitten Typ I, Fa. Max Früh /2/

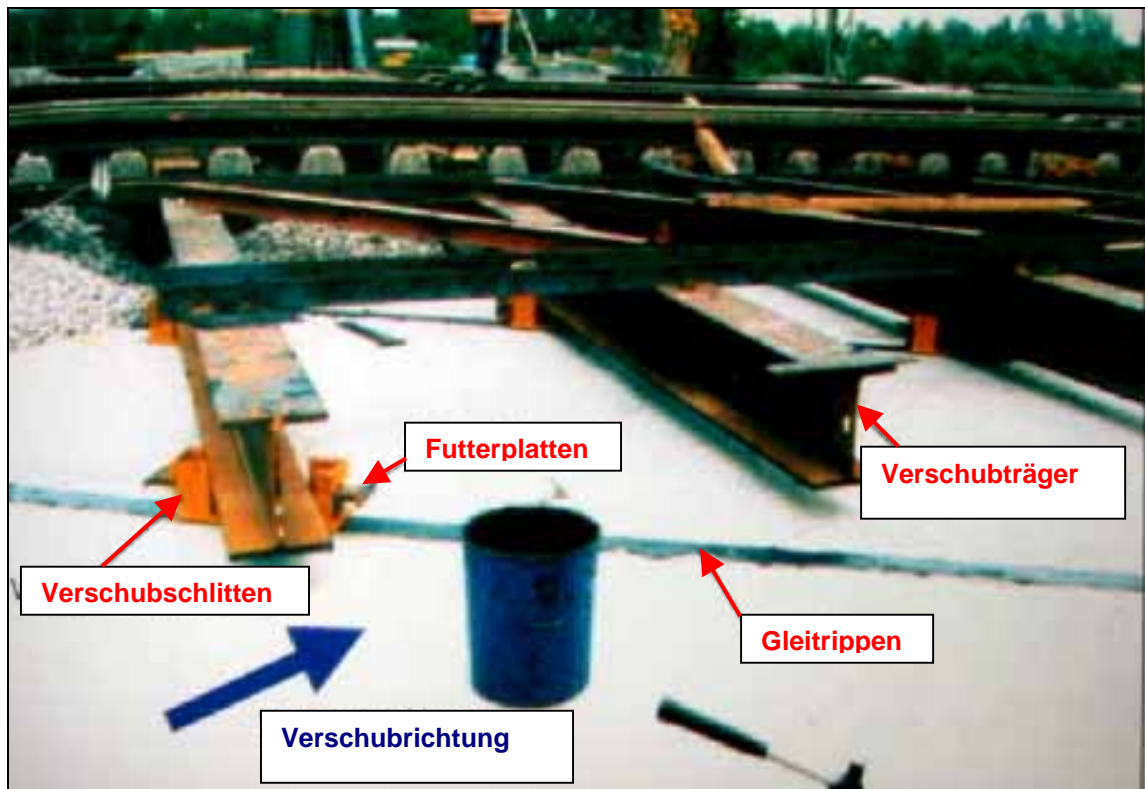


Bild 11: Verschubschlitten im Einsatz /1/

Die Verschubträger werden in Abständen von 1,80 – 2,40 m, je nach statischem Erfordernis, verlegt. Der vordere Auflagerpunkt des Verschubträgers ist der Böschungsrand der Ortsbrust, welcher im Laufe des Einpressvorgangs in Einpressrichtung nach vorne wandert. Die Standsicherheit der Ortsbrust ist sowohl für die Sicherheit des Bahnbetriebes sowie die Wirtschaftlichkeit des Einpressverfahrens entscheidend. Da die Standsicherheit der Ortsbrust nicht immer gegeben ist oder exakt bestimmt werden kann, werden als definierte Auflagerpunkte für die Verschubträger z.B. temporäre Holzpfähle eingerammt. (Bild 12, 13) Dies ist die wirtschaftlich günstigste Art der Gründung und wurde von der Firma Max Früh Bauunternehmung D-77855 Achern entwickelt und zur Serienreife gebracht. /2/

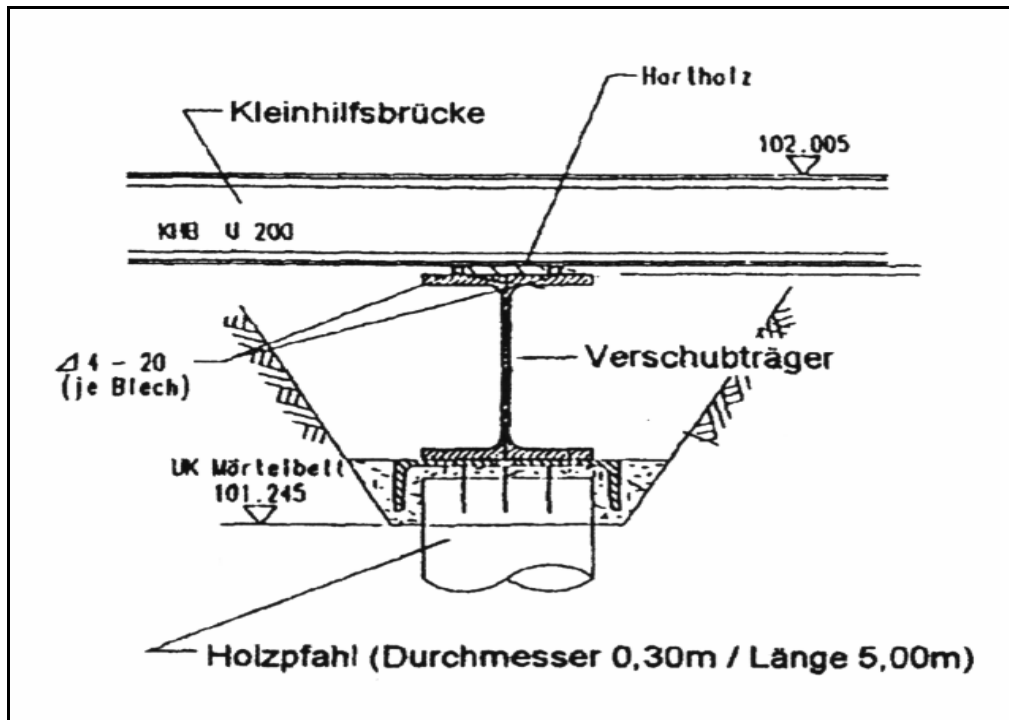


Bild 12: Detail: Auflager der KHB auf Holzpfahl /2/

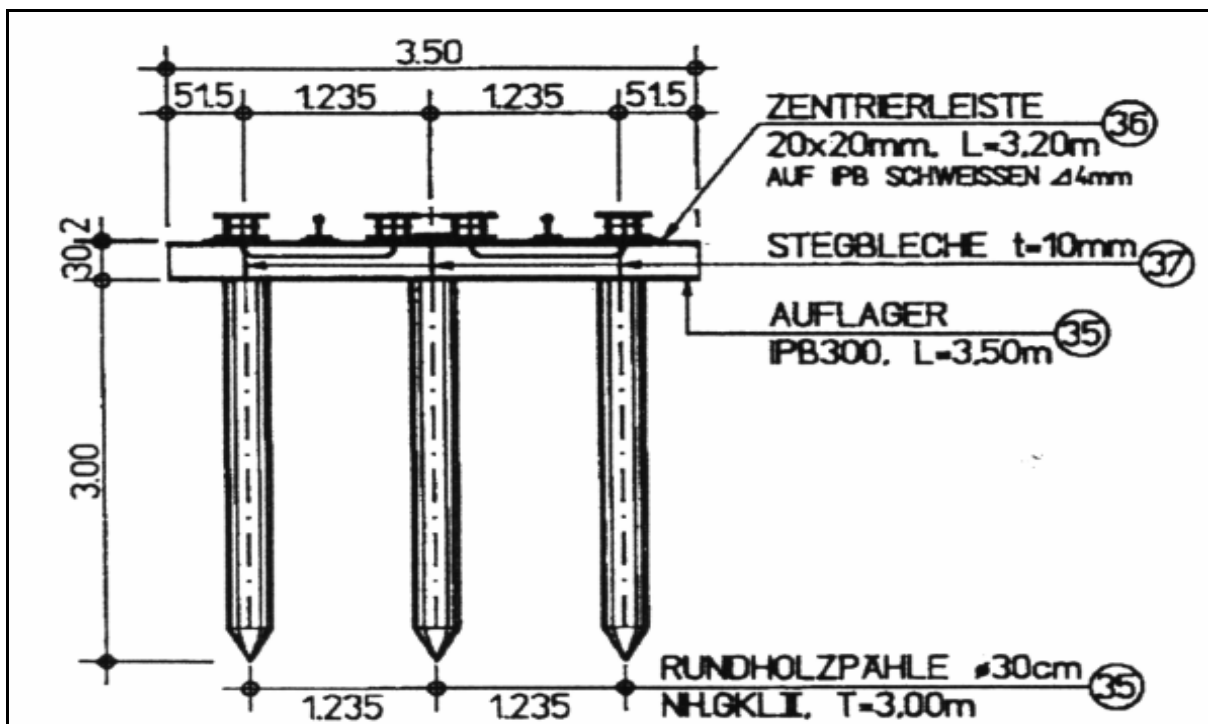


Bild 13: Ansicht KHB auf Holzpfählen /2/

Eine andere Möglichkeit, die Tragfähigkeit der Böschung zu erhöhen, ist z.B. das Vereisen der oberen Bodenschichten mit flüssigem Stickstoff. Dieses Verfahren kommt nur in Sonderfällen zum Einsatz, da dies mit einem sehr hohen Aufwand sowohl bei der Herstellung als auch beim Aushub während des Einpressens verbunden ist.

Weitere Methoden zur Stabilisierung der Böschung sind chemische Verfestigungen durch das Einbringen von Zementinjektionen oder Weichgelinjektionen unter den Vers Schubträgern.

2.5 Der Einpressvorgang

Der Einpressvorgang ist eine der entscheidenden Bauphasen sowohl für die Funktionstüchtigkeit des Bauwerkes als auch für die Sicherheit des querenden Bahnverkehrs. Deshalb muss der Bauleiter vor dem Einpressvorgang allen Beteiligten eine Einpressanweisung zur Kenntnis bringen. Sie muss so durchgearbeitet sein, dass jede eingesetzte Fachkraft zweifelsfrei erkennt, was zu tun ist. Alle Beteiligten müssen diese Arbeitsanweisung kennen und hiernach handeln. Nach durchgeführter Belehrung wird dies im Bautagesbericht festgehalten.

Zur Realisierung des Einpressvorgangs dient ein System von Hydraulikzylindern (Bild 14), die gruppenweise an der hinteren Seite des Bauwerkes in Höhe der Bauwerkssohle fixiert sind. Diese werden nach dem zu verschiebenden Eigengewicht des Bauwerks bemessen. Üblicherweise haben diese bei normalen Strassen- oder Fußwegunterführungen Einzeldruckkräfte von 2500 kN bis 7000 kN je Zylinder und einen Kolbenauszug von ca. 70 – 100 cm. Diese Hydro-Pressen werden durch eine zentrale Hochdruckhydraulikstation versorgt und gesteuert. Die Hydraulikstation ist in der Lage, einen Druck von P_{\max} bis ca. 400 bar zu leisten. /2/

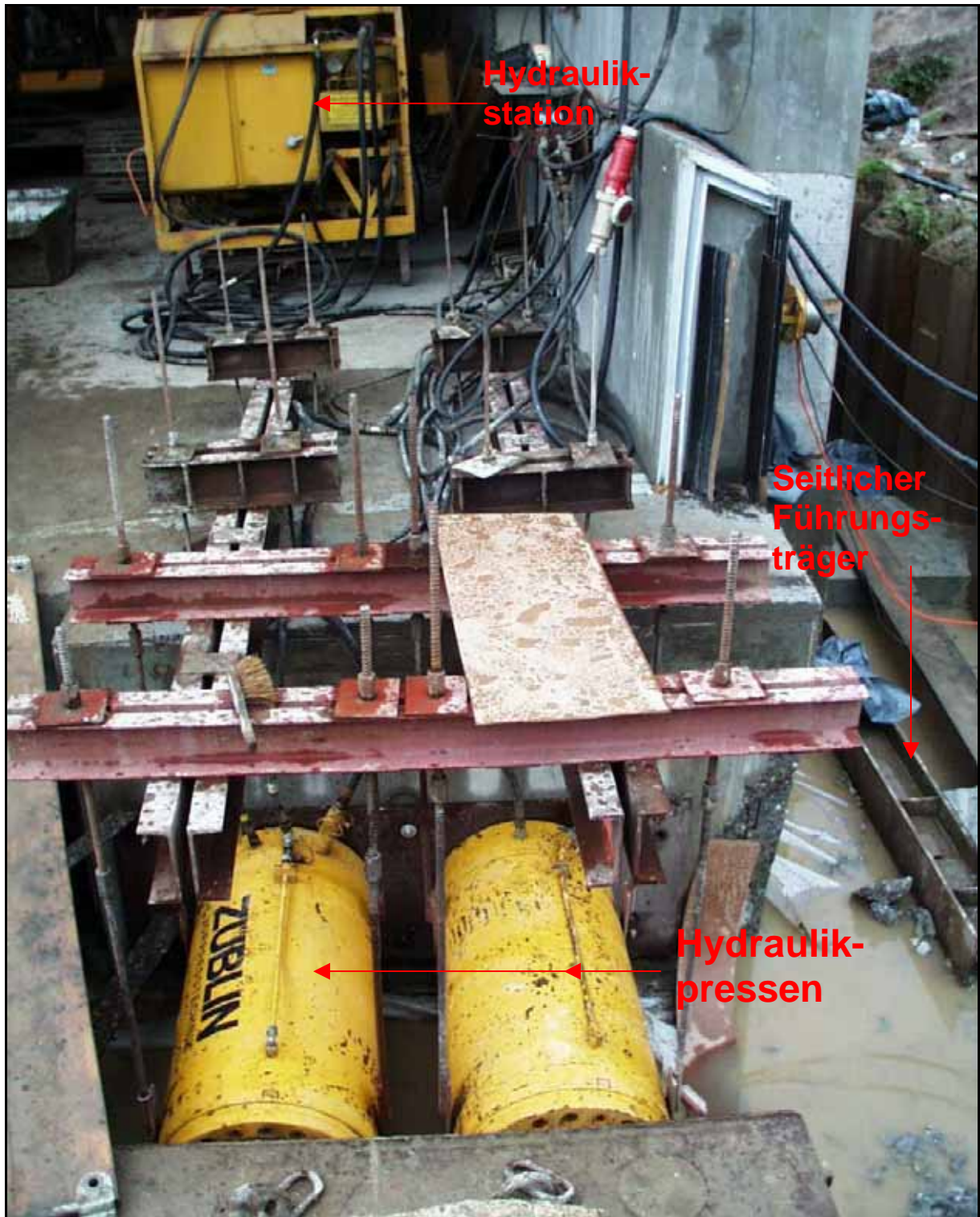


Bild 14: Hydraulikzylinder /1/

Die Reaktionskräfte aus dem Pressendruck nimmt meist eine Spundwand oder Trägerbohlwand auf, vor welche ein Kraftverteilerbalken (meist 2x HEB 600) angebracht wird. (Bild 15) So werden die resultierenden Kräfte in den Baugrund abgeleitet. Bei der Bemessung der Pressenwiderlager ist darauf zu achten, dass die Konstruktion sehr stabil sein muss um die Reaktionskräfte ohne Verformung in den Baugrund abzuleiten. Treten hier Schwächen auf, kann dies das Funktionieren des ganzen Vorhabens gefährden.

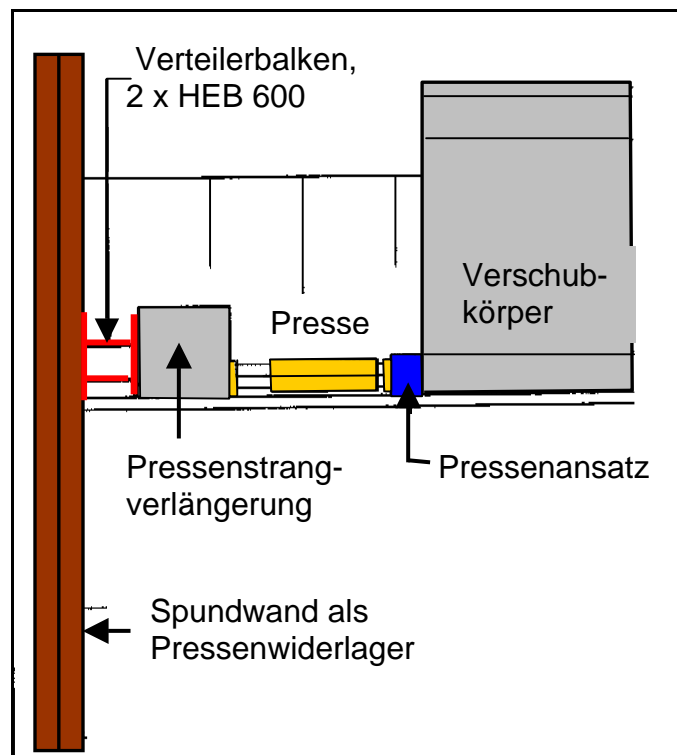


Bild 15: Schema Presseneinrichtung /1/

Zur Begrenzung der Versteuerung muss während des Einpressvorgangs ein vorher mit dem Auftraggeber besprochenes kodifiziertes Vermessungsprogramm fortwährend geführt werden. In der Regel darf das Maß der Abweichung in Höhe und Seitenrichtung ± 50 mm nicht überschreiten. Das Messprogramm muss frühzeitig mögliche Abweichungen vom geplanten Verlauf aufzeigen, um rechtzeitig Steuerungsmaßnahmen durchführen zu können.

Die Vorpressgeschwindigkeit (Wegfortschritt) hängt im wesentlichen von der Geschwindigkeit der Aushubarbeiten ab.

Erfahrungsgemäß liegt die Vorpressgeschwindigkeit zwischen 0,35 und 1,00 m pro Stunde. /2/

Der Aushub darf den Schneidenaufstandsflächen nicht voreilen. Das heißt, es wird im Normalfall immer bis Vorderkante Schneide freigegeben. (Bild 16, 17, 18) Im Regelfall bedeute dies, das beidseitig 15 – 20 cm freigelegt werden, dann das Bauwerk vorgedrückt und dann das Spiel so fortgesetzt wird. Hierbei kann 2 bis 3 mal nur die Schneide freigelegt werden und erst beim nächsten Vorgang die ganze Böschung nachgezogen werden.

Der Aushub der Sohle und die Herstellung des Planums ist für die Höhenlage des Bauwerkes sehr wichtig. Beim Sohlenshaushub ist darauf zu achten, das eine Auflockerung unterhalb des Sohlniveaus durch das Aushubgerät vermieden wird.

Je nach Hebung oder Senkung des Bauwerkes ist mehr oder weniger Erdreich stehen zu lassen. Veränderungen an der Sohle wirken sich aber zeitlich etwas verzögert (ca. 70 cm Pressenweg) aus.



Bild 16: Ortsbrust während des Einpressvorgangs /2/



Bild 17: Aushubarbeiten während des Einpressvorgangs (EÜ Schifferstadt) /2/

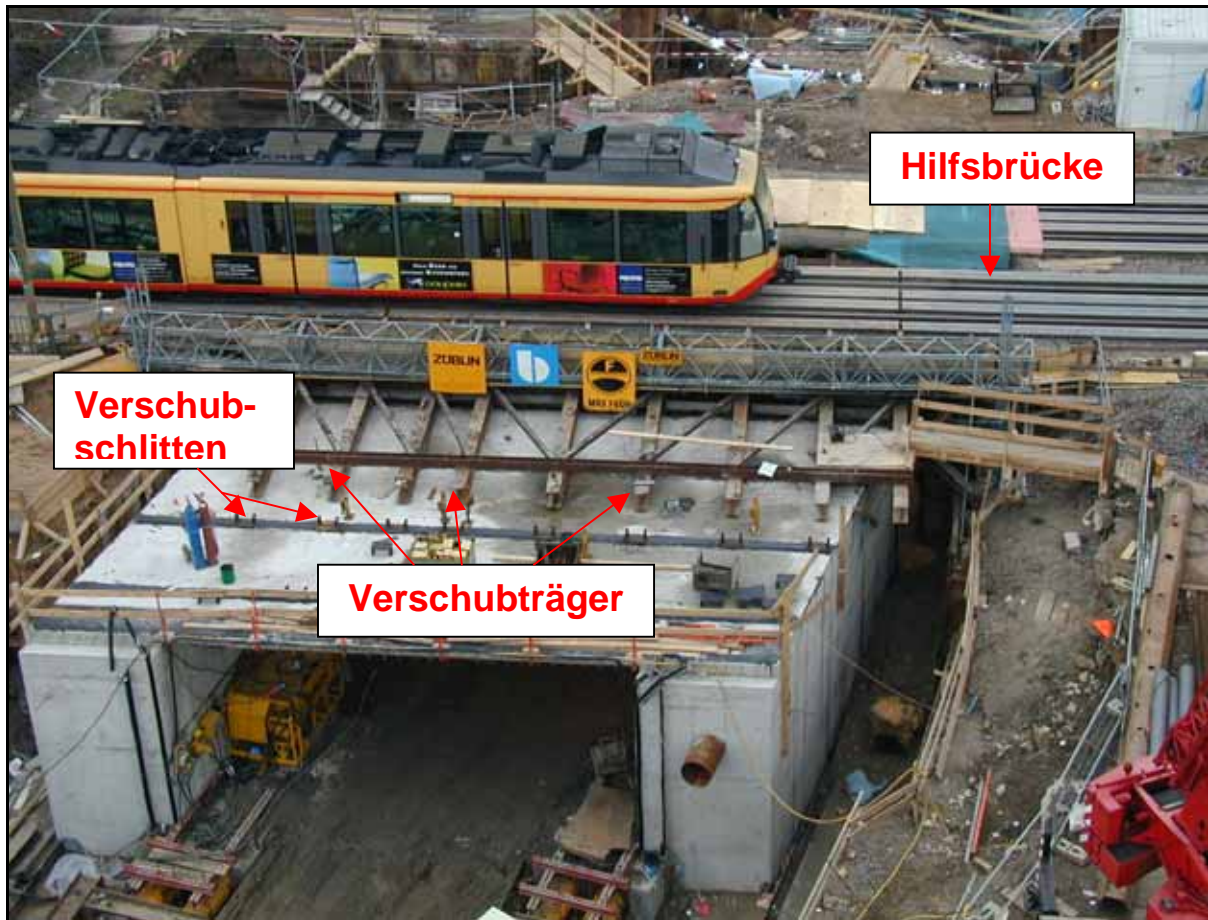


Bild 18: Gesamtübersicht während des Einpressvorgangs (Arge EÜ Weingarten) /2/

Grundsätzlich haben Einpressbauwerke eine Abwärtstendenz, bedingt durch die Kopflastigkeit des Schnabelvorbaus und die Belastung des Schnabelquerträgers. Hierdurch entstehen während des Einpressvorgangs im vorderen Sohlbereich höhere Bodenpressungen als im Endzustand. Hierzu kommt noch das auftretende Kippmoment, das auftritt, wenn der Schwerpunkt des Rahmens die Verschiebplatte passiert hat. Diese Abwärtstendenz von 2 – 4 cm ist bekannt und wird als normal angesehen und auch in Kauf genommen. /2/

Wie bereits erwähnt, haben die Pressen einen Hub von 70 – 100 cm. Ist dieser Weg ausgefahren, wird die Presse zurückgezogen und ein Zwischenstück (meist zwei zusammengeschweißte und ausbetonierte Doppel T- Träger) ausgebaut. In den entstandenen Zwischenraum werden Pressenstrangverlängerungen eingesetzt. Dies sind in der Regel hoch bewehrte Betonklötze, so genannte Futterblöcke (Bild19). Die Futterblöcke müssen flucht und höhengerecht eingebaut werden.

Um einen flächigen Kontakt herstellen zu können, sind entsprechende Holzfutter vorzuhalten. Um ein Ausknicken der aneinander gereihten Futterblöcke zu vermeiden, werden diese beidseitig mit Aushubmaterial angefüllt.



Bild 19: Pressenstrangverlängerung /1/

Wie oben schon Angeführt, ist das Einpressen des Bauwerks der Entscheidende Vorgang für die Funktionstüchtigkeit des Bauwerks. Deshalb müssen alle beteiligten Arbeiter sehr Konzentriert und verantwortungsvoll handeln. Dies gilt sowohl für den Messtrupp, der schon kleinste Abweichungen vom geplanten Einschubverlauf melden muss, um gegen zu steuern, bis hin zu den Arbeitern, die die Verschubschlitten schmieren, um weniger Reibung zu haben. Sehr penibel müssen auch die Gleissicherungsmaßnahmen fortwährend auf Lage und Zustand geprüft werden, um eventuellen Schäden oder Verformungen rechtzeitig gegen zu wirken. Die Sicherheit des Schienenverkehrs hat allerhöchste Priorität. Da der Einpressvorgang meist über mehrere Tage rund um die Uhr erfolgt, sind mehrere Arbeitsschichten einzuteilen, um eine Übermüdung und daraus folgende Unachtsamkeit der Arbeiter zu vermeiden.

3. Das Einschubverfahren

3.1 Grundprinzip des Verfahrens

Das Einschubverfahren ist eine von mehreren Varianten des Einpressverfahrens. Der Hauptunterschied liegt darin, dass beim Einschubverfahren der Baugrund im Gleisbereich vollständig entfernt ist. Man unterscheidet zwischen den Varianten „Einschub ohne Gleissicherung“ und „Einschub mit Gleissicherung“.

Beim Einschub ohne Gleissicherung muss während des Einschubvorganges der Zugverkehr ruhen. Es ist eine totale Gleissperrung notwendig. Diese Gleissperrung wird weit im Voraus mit der gleisbetreibenden Gesellschaft abgestimmt, da während dieser Zeit eventuelle Ersatzfahrzeuge (Omnibusse) für die Fahrgastbeförderung eingesetzt werden müssen. Je nach Größe des Bauwerks muss die Vollsperrung verschieden lang dauern. Bei mittleren Unterführungsgrößen werden Zeiten von 32 bis 48 Stunden angesetzt. /2/ Diese Zeiten sind meist übers Wochenende, um die Berufspendler nicht zu erreichen. Dieser Zeitplan muss aufs genaueste eingehalten werden, da sonst die Bertreibergesellschaft Schadensanforderungen stellt.

Beim Einschub mit Gleissicherung wird über der Soll- Lage des Bauwerks eine Hilfsbrücke eingebaut. Während den Arbeiten am Rahmenbauwerk wird unter der Hilfsbrücke der Aushub getätigt. Später wird dann der Rahmen in die „offene Baugrube“ geschoben.

3.2 Der Bauablauf

Beim Einschubverfahren wird wie im Kap. 2 beschrieben, das Bauwerk auf einer Verschiebplatte errichtet. Einziger Unterschied ist, dass die Rahmenkonstruktion keinen Verschiebschnabel (Schneiden) erhält.

Wenn das Bauwerk erstellt ist, wird beim Verschieben ohne Gleissicherung eine totale Gleissperrung notwendig. In dieser Zeit wird im Bereich der späteren Soll-Lage des Bauwerkes das gesamte Gleis ausgebaut und der Aushub vorgenommen. Im Bereich der späteren Lage des Bauwerks bis zur Ist-Lage des Bauwerks muss eine Gleitebene hergestellt werden. Sie besteht meist aus einer Betonplatte die aus normalem B 25 hergestellt wird. Auf die Betonplatte wird zur Verringerung der Reibung meist eine Gleitfolie aufgebracht. Zur Justage des späteren Einschubvorganges ist es von Vorteil, Keilmöglichkeiten in Form von Bewehrungsstahl mit großem Durchmesser seitlich in der Verschiebbahn mit einzubetonieren. Diese Maßnahme ermöglicht auf einfachste Weise die Korrektur bei eventuellen Abweichungen von der Soll – Lage.

Ist die Baugrubensohle tragfähig genug, genügt es eine Ausgleichsschicht aus Sand aufzubringen (Bild 20). Hierbei ist jedoch zu beachten, dass beim verlassen des Rahmens der Verschiebplatte, ein Kippmoment auftritt, wodurch im vorderen Sohlenbereich die Bodenpressung ansteigt. Eventuelle Setzungen werden deshalb durch eine Erhöhung der Baugrubensohle um ca. 2 cm ab der Hälfte des Verschiebeweges ausgeglichen.



Bild 20: Herstellung des Planums /2/

Beim Verschieb mit Gleissicherung müssen im Gleisbereich zuerst Auflager für die Hilfsbrücke erstellt werden. Dies sind meist Bohrpfähle oder eingerammte Stahlträger. Dann muss während einer Vollsperrung des Gleises der Gleisrost und Schotter ausgebaut werden und die Hilfsbrücke eingebaut werden. Wie in Kap. 3.1 schon angedeutet wird während der Bauphase des Eigentlichen Bauwerks unter der Hilfsbrücke das Erdreich abgetragen, und die Verschiebplatte errichtet. Wenn das Bauwerk errichtet ist, wird es ohne Störung des Schienenverkehrs in seine Planmäßige Soll – Lage geschoben. Nach diesem Vorgang wird wiederum unter Vollsperrung die Hilfsbrücke ausgebaut und die Gleise neu verlegt. Bei dieser Variante sind zwei Vollsperrungen des Gleises nötig, allerdings können die Gleissperrungen aber kürzer sein.

3.3 Der Einschubvorgang

Der Einschubvorgang erfolgt gleich wie der in Kap. 2.5 beschriebene „Einpressvorgang“. Da bei dieser Variante der Aushub vor dem eigentlichen Einschubvorgang schon getätigt wurde, ist die Vorschubgeschwindigkeit nicht vom Aushub abhängig, sondern vom um- und einsetzen der Pressenstrangverlängerungen.

Die Vorschubgeschwindigkeit liegt hier bei ca. 1,0 bis 2,0 Meter pro Stunde. /2/

Eine hohe Vorschubgeschwindigkeit kann nur erreicht werden, wenn ein eingespieltes Team arbeitet, und jeder Handgriff sitzt.

Nach dem das Bauwerk seine Soll- Lage erreicht hat, muss der Arbeitsraum verfüllt werden und anschließend das Schotterbett und die Gleise eingebaut werden. (Bild 21)

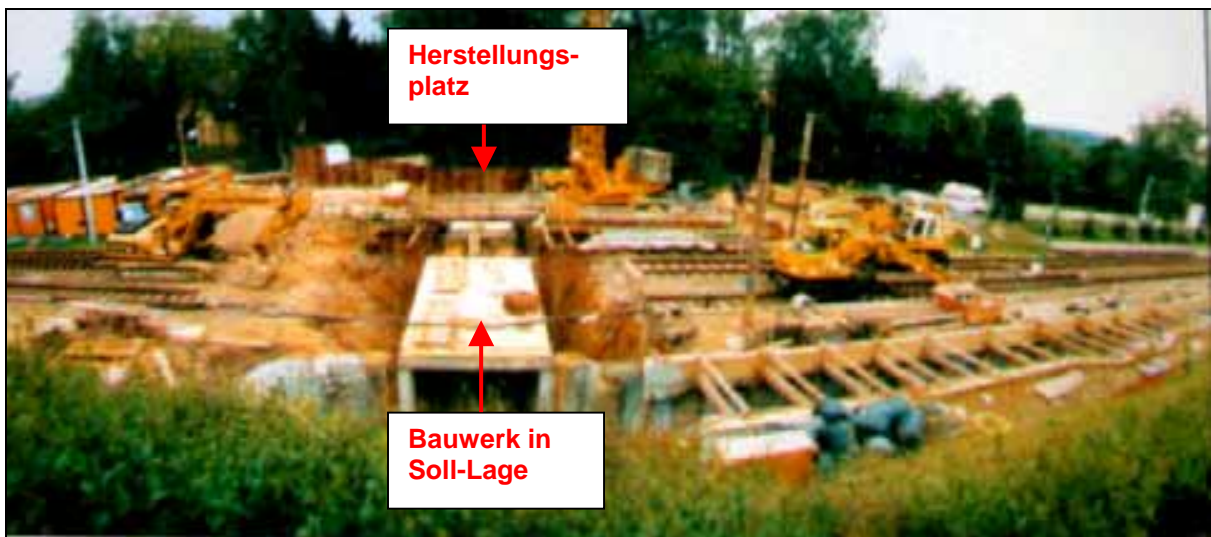


Bild 21: Verfüllen des Arbeitsraum /2/

4. Das Einzugverfahren

4.1 Grundprinzip des Verfahrens

Das Einzugverfahren stellt in technischer Hinsicht keine andere Methodik dar als der umgekehrte Einschubvorgang, d.h. das Bauwerk wird nicht in die Baugrube geschoben, sondern gezogen.

Auch hier ist es möglich, wie in Kap. 3.2 beschrieben das Bauwerk unter einer Hilfsbrücke einzuziehen oder ohne Gleissicherungsmaßnahmen während einer längeren Vollsperrung das Bauwerk einzuziehen.

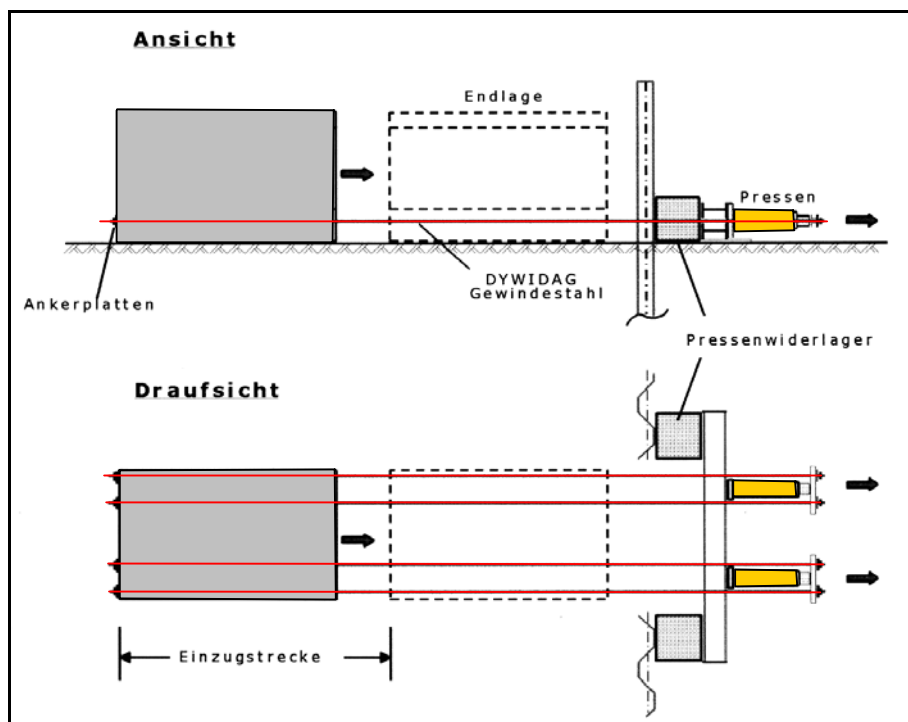


Bild 22: Grundprinzip des Verfahrens /1/

4.2 Der Bauablauf

Beim Einzugverfahren, wie z. B. EÜ Wössingen, wird das Bauwerk wie bei den anderen Verfahren außerhalb des Regellichtraumprofils in einer Baugrube auf einer Verschiebplatte hergestellt, jedoch ohne Verschiebschnabel, da es nach der Fertigstellung in eine offene Baugrube gezogen wird. (Weitere Details siehe Kap.2)

Bei diesem Verfahren werden in die Rahmensohle PVC- Hüllrohre eingebaut, durch die später Gewindestäbe geführt werden. (Bild 23)

Im Gegensatz zum Einpress- und Einschubverfahren liegen die Pressenwiderlager nicht hinter dem Rahmen sondern auf der Seite, in der das Bauwerk in seine Soll- Lage gezogen wird.

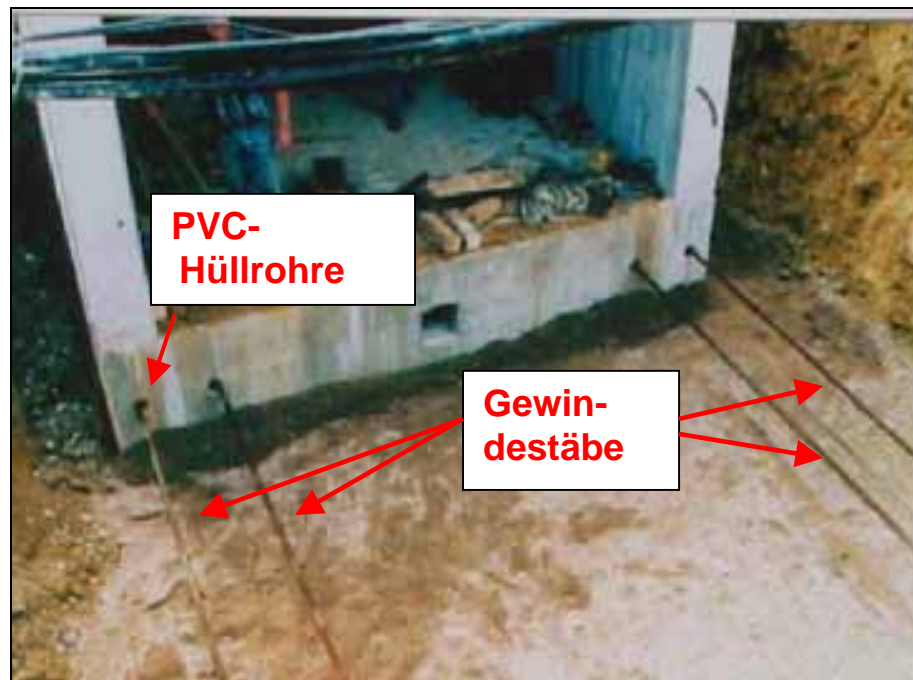


Bild 23: Bauwerk während dem Einzug /2/

Im Idealfall dienen auch hier für andere Bauteile benötigter Verbau oder ähnliches als Widerlager. Ist dies nicht möglich so müssen eventuell Bohrpfähle oder HEB-Träger gerammt werden, die als Widerlager dienen und nach dem Einzug wieder entfernt werden.

Um die Kräfte von den Pressen abzuleiten, dienen 2 Doppel T- Träger, die horizontal und übereinander zwischen Presse und Widerlager so angeordnet werden, dass der Zugstahl (Gewindestab) zwischen den Trägern hindurchgeführt werden kann. Zur Höhenjustierung werden die Träger und Pressen mit Holzbohlen entsprechend unterfüttert.

Während beim Einschub- oder Einpressvorgang die Pressen fest mit dem Bauwerk verbunden sind, werden im Gegensatz dazu beim Einzugverfahren die Pressen fest mit dem Widerlager verbunden. Die Kräfte werden mittels DYWIDAG Gewindestäben in den Rahmen geleitet. Pro Presse werden 2 Zugglieder verwendet, die über eine Schlaufe aus 2 Stahlträgern mit den Pressenkolben verbunden werden.

Um die Einzugslänge zu erreichen, werden einzelne Stäbe mittels Gewindemuffen gekoppelt. Die kraftschlüssige Lastübertragung wird mittels einem Vollplattenverankerungssystem sichergestellt.



Bild 24: Presseneinrichtung beim Einzugverfahren /2/

4.3 Der Einzugvorgang

Nach dem der Aushub beendet und das Sohlplanum erstellt wurde, beginnt der Einzugvorgang.

Es werden die gleichen Pressen benützt wie bei dem Einpress- und Einschubvorgang. Jedoch läuft hier der Pressvorgang etwas anders ab.

1. Ausfahren der Pressen und Vorziehen des Bauwerks
2. Zurückfahren der Pressen. Hierbei werden die Zugglieder samt den Ankerplatten auf der Rahmenrückseite auch zurück geschoben. Vor dem nächsten Hub müssen diese Ankerplatten wieder kraftschlüssig an den Betonrahmen angelegt werden.

Dann beginnt der nächste Hub u.s.w. bis das Rahmenbauwerk in seiner entgültigen Lage ist. (Bild 25) Bei diesem Verfahren können die Zugglieder wiederverwendet werden.

Die Geschwindigkeit des Einzugvorganges hängt somit vom Tempo ab, mit der die Ankerplatten verschoben werden. Aufgrund der geringen Erfahrungen mit diesem Verfahren liegen noch keine Verlässlichen Werte für die anzusetzende Einzugsge-
schwindigkeit vor. Es kann allerdings davon ausgegangen werden das die Einzugs-
geschwindigkeit bei über 2 m pro Stunde liegt, da das umsetzen der Ankerplatten
schneller vonstatten geht als das Einsetzen der Futterblöcke beim Einschubverfah-
ren. /2/



Bild 25: Bauwerk in Soll- Lage /2/

5. Herstellung unter Hilfsbrücke

5.1 Grundprinzip des Verfahrens

Das wohl am wenigsten angewandte Verfahren ist die Herstellung unter der Hilfsbrücke. Es kommt nur zum Einsatz, wenn die Herstellung des Bauwerks neben der Bahntrasse nicht möglich ist oder die zuvor genannten Verfahren nicht ausgeführt werden können.

Bei diesem Verfahren wird an der Stelle, an der das Bauwerk entstehen soll in dem Gleisbereich eine Hilfsbrücke eingebaut, unter der das Bauwerk errichtet wird.

5.2 Der Bauablauf

Bei diesem Verfahren müssen zur Auflagerung der Großhilfsbrücke, kurz ZHBV genannt, Widerlager errichtet werden. Diese sind oft Bohrpfähle, Rammträger oder Spundwände.

Verstärkte Kleinhilfsbrücken werden ohne Wegnahme des Gleisrostes mit einer freien Stützweite bis 6.00 m auf die Widerlager aufgesetzt (Bild 26). Sie sind mit einer Geschwindigkeit des Schienenverkehrs bis 50 km/h zugelassen

Da bei sogenannten Zwillingsträgerhilfsbrücken eine Geschwindigkeit von 90 km/h zugelassen ist, kommen meist diese zum Einsatz. Der Einbau erfolgt unter Sperrung des Baugleises, Wegnahme des Gleisrostes und Verziehen der Fahrleitung. So wurde dieses Verfahren z. B. bei der EÜ Rommbachtunnel in Aalen, der EÜ Sinsheim und der EÜ Burgtal Erbstetten eingesetzt.



Bild 26: Verstärkte Kleinhilfsbrücke /2/

Nachdem die Hilfsbrücke eingebaut ist, wird der Bahndamm abgegraben und das Bauwerk unter der Hilfsbrücke erstellt. Aus Sicht des Auftragnehmers sind vor allem die schwierigen Arbeitsbedingungen unter dem Gleis zu betrachten. Bei einem Abstand von OK Bauwerk bis UK Hilfsbrücke von manchmal weniger als 30 cm ist abzuschätzen, wie aufwendig es ist, unter der Hilfsbrücke vernünftig zuarbeiten. Dies wird auf Bild 27 anschaulich verdeutlicht. Daher sind die Leistungswerte im Hinblick auf die anderen Verfahren relativ gering. Des Weiteren ist die Herstellung des Bauwerks mit „normalem Hebezeug“ nicht mehr ganz so einfach möglich. So kann beispielsweise die Baustelle nicht allein mit einem Hochbaukran bedient werden, da über dem Bauwerk die Hilfsbrücke ist. So ist man veranlasst, die Baustelle mit Radlader oder sonstigen klein Hebegegeräten zu versorgen. Dies ist natürlich ein enormer Kostenfaktor.

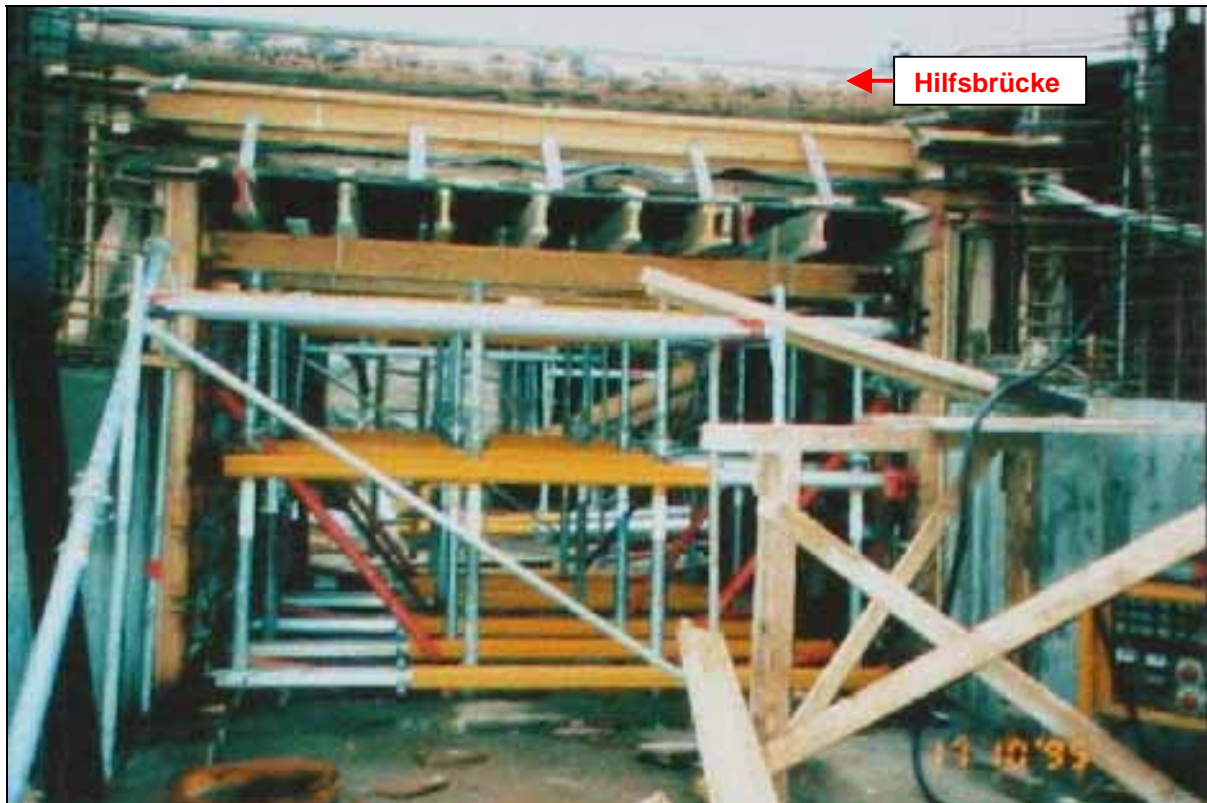


Bild 27: Herstellung des Bauwerks unter Hilfsbrücke /2/

Als alternative Möglichkeit bietet sich oftmals eine alternative Mischform aus Einpressverfahren und Hilfsbrückenverfahren an. Hierbei werden die Bodenplatte und die Rahmenwände unter der Hilfsbrücke hergestellt, weil man hierbei von der Höhe bis UK Hilfsbrücke nicht so abhängig ist. Der Abstand zum Gleis ermöglicht noch einen effektiven Einsatz von Hebe geräten und die Leistungswerte der Arbeiter sind noch akzeptabel. Die Rahmendecke wird dann neben dem Gleiskörper erstellt und hydraulisch auf die Rahmenwände geschoben. Hierbei ist der Platzbedarf um einiges geringer als bei der Herstellung des ganzen Rahmens außerhalb des Regellichtraumprofils. Die Herstellung eines Pressenwiderlagers ist nicht von Nöten, da die Decke leichter ist als der ganze Rahmen. Der Einschub ist in aller Regel in wenigen Stunden abgeschlossen, so dass eine Einschränkung des Schienenverkehrs nur für kurze Zeit besteht.

6. Kostenbeeinflussende Rahmenbedingungen

6.1 Einflüsse der Geometrie des Bauwerks

Ein Einpressverfahren kann nur zum Einsatz kommen wenn das Bauwerk weitgehendst rechtwinklig zum Gleis in seiner späteren Soll- Lage ist. In den meisten Fällen werden gerade Bauwerke durchgepresst, die in der gleichen Lage durchgepresst werden, in der sie Hergestellt wurden. Der Verschiebungswinkel sollte nicht mehr als 40° bei zweigleisigen, bzw. 35° bei eingleisigen Strecken betragen. /2/ (Bild 26) Bei größeren Einpresswinkeln wird das Einpressverfahren unwirtschaftlich, da der Einpressweg länger wird, was bedeutet, dass mehr Aushub, eine längere Gleisabfangung und eine höhere Anforderung an die Standsicherheit der Böschung gebraucht wird.

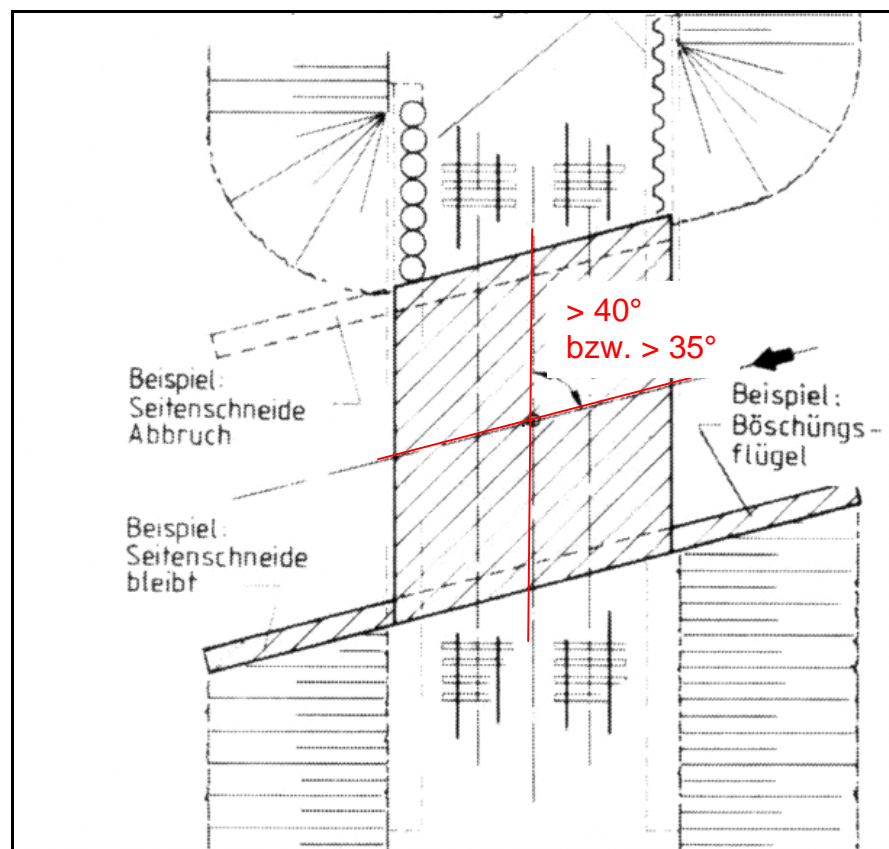


Bild 26: Schiefwinklige Bauwerke /2/

Ein weiterer kostenbeeinflussender Faktor ist der Aspekt, ob die Strassen oder Schienenführung gekrümmt oder gerade verläuft. Ist der Trassenverlauf gekrümmt, kommen zwei Varianten in Betracht, das Bauwerk einzupressen.

Variante 1:

Die lichte Breite des einzupressenden Bauwerks sollte um das Bogenstichmaß „ f “ verbreitert werden, um beim Einpressvorgang eine rechteckige Fläche für die Pressen zu erhalten. (Bild 27)

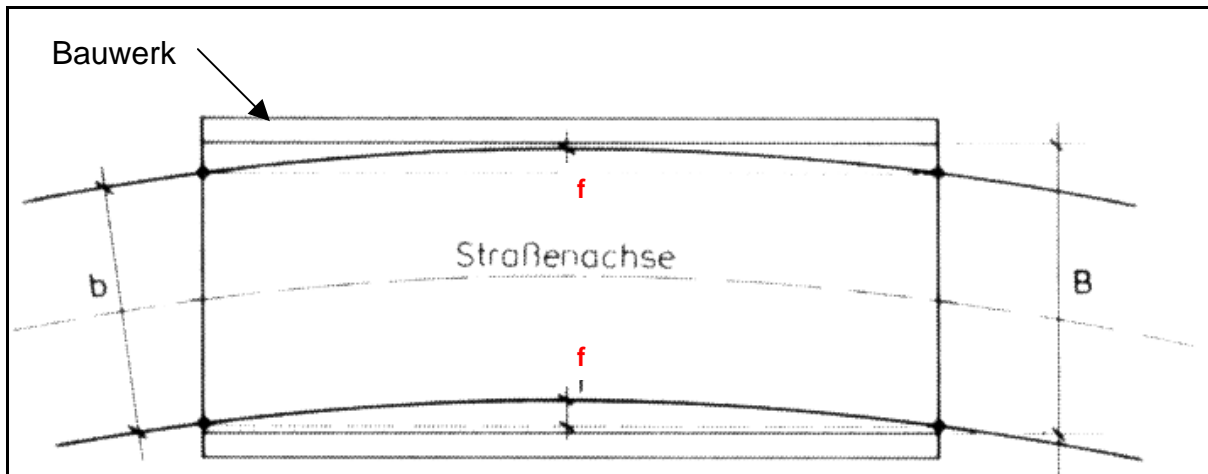


Bild 27: gekrümmte Strasse /1/

Variante 2:

Das Bauwerk wird im Radius der Trassenführung hergestellt. Bei dieser Variante müssen aber vor dem Einpressvorgang zuerst gerade Pressenansätze an das Bauwerk anbetoniert werden, um den Kraftschluss zwischen Bauwerk und Presse zu gewährleisten. Diese Variante ist sehr Kostenaufwendig, da sie mit viel Lohnkosten verbunden ist (gekrümmte Schalung, anbetonieren und entfernen der Pressenansätze, schwieriger Einschub...).

6.2 Einflüsse von Geologie, Baugrund und Grundwasser

Um einen reibungslosen Baufortschritt während des Einpressorganges gewährleisten zu können, ist es von Nöten, im Vorfeld aufschlussreiche Probebohrungen durchzuführen und Bohrkern zu entnehmen um festzustellen, ob etwaige Hindernisse im Bahndamm vorhanden sind. Hierzu gehören auch Aufschlussbohrungen über den vorhandenen Baugrund unter der späteren Soll- Lage des Bauwerks. Ist der Baugrund eventuell nicht tragfähig genug, würde das Bauwerk während des Einpressens zu sehr absinken, was natürlich verheerende Folgen hätte. Von Vorteil wäre ein Boden, der Standfest ist, aber leicht zu lösen und ohne größere Findlinge oder anderen großen Hindernisse wie z. B. alte Fundamente o.ä. .

Des Weiteren muss geklärt werden ob der Grundwasserspiegel tief genug ist, oder ob eventuell eine Grundwasserabsenkung vorgenommen werden muss. Dies ist natürlich eine kostspielige Angelegenheit, zumal Grundwasserabsenkungen heute kaum noch genehmigt werden. In diesem Fall ist ein Verbau mit Spundwänden oft die günstigste Lösung. Der Spundwandkasten wird gegen drückendes Wasser von unten mit Unterwasserbeton oder mit Zementinjektionen abgedichtet.

6.3 Einflüsse durch Höhenlage von Bauwerk und Gleiskörper

Kostenbeeinflussende Randbedingungen entstehen auch, wenn der Abstand zwischen Gleis und OK Rahmendecke zu groß ist. Wird die Auflast des Bodens über der Rahmendecke zu groß, ist das Einpressverfahren unwirtschaftlich, da die Schneiden und Schneidenquerträger zu groß dimensioniert werden müssten.

Oft wird der Rahmenquerschnitt so abgeändert, dass die wirtschaftlichste Lösung oft die Unästhetischste ist. Hierbei kann das Rahmenbauwerk ein Verhältnis von H/B von 3/1 erhalten, was ebenfalls die Herstellungskosten in die Höhe treibt, da höhere Schalungskosten entstehen.

Ein weiteres Problem liegt im Maschineneinsatz bei sehr hohen Dämmen. Häufig reichen normale Arbeitsgeräte nicht aus und es müssen Spezialmaschinen wie zum Beispiel ein Schienenrammgerät eingesetzt werden. Diese Geräte sind natürlich erheblich teurer als normale Geräte

Als Lösung käme hier die Aufschüttung einer Ebene neben dem Gleisbereich in Frage, auf welcher das Bauwerk hergestellt wird.

Es müsste aber noch ein Pressenwiderlager errichtet werden (rammen von HEB-Träger oder herstellen von Bohrpfählen) um die Reaktionskräfte aus den Pressen aufzunehmen. Danach müsste auch noch die Strasse zum Bauwerk angeschüttet werden. Diese Kosten machen hier das Einpressverfahren unwirtschaftlich.

7. Wirtschaftlichkeitsvergleich der unterschiedlichen Verfahren

7.1 Standardrahmen Weimar

Im Folgenden werden die drei Verfahren anhand des „Standardrahmen Weimar“ verglichen.

Dieses Rahmenbauwerk ist eine Eisenbahnüberführung im Zuge der Eisenbahnlinie Halle – Guntershausen, Ortsumgehung Weimar Westteil. (Plan siehe Anhang)

Im Verlauf der Bahnlinie Halle – Guntershausen soll bei Bahnkilometer 89,6 + 97,851 die Bundesstraße 7 – Ortsumgehung Halle Westteil die Bahnlinie unterqueren. Ausgeschrieben wurde ein Rahmenbauwerk mit einer Lichten Weite von 20,00 Metern, einer Lichten Breite von 19,40 Metern und einer Lichten Höhe von 5,17 Metern.

Ausgeschrieben wurde die Baumaßnahme zur Herstellung unter Hilfsbrücke. Die Firma Max Früh Bauunternehmung gab einen Sondervorschlag zum Einpressen des Rahmens ab.

7.2 Massenermittlung

Die Massenermittlung ergibt sich aus dem in der Anlage beigefügten Plan der Firma Max Früh, hinsichtlich des Sondervorschlags für das Einpressverfahren.

Tabelle 1: Massenermittlung „Standardrahmen Weimar“ /2/

Bauteil	Menge	Einheit
Aushub Ankereinbau	1400	m ³
Aushub Herstellplatz	1880	m ³
Aushub beim Einschub	6050	m ³
Aushub Flügelwände	2400	m ³
Verschubplatte	77	m ³
Bodenplatte	240	m ³
Rahmenwände	218	m ³
Rahmendecke	287	m ³
Schutzbeton	9,5	m ³
Kappen	25	m ³
Schneiden	122	m ³
Sohlenschneide	13	m ³
Schneidenquerträger	52	m ³
Verschubnocken	155	lfm
Verschubträger	203	lfm
Abfangträger	24	lfm
Holzpfähle	350	lfm

Tabelle2: Kostenauflistung für das Einpressverfahren /2/

Pos. Nr.	Beschreibung	Masse	Einheit	EP [EUR]	GP [EUR]
1.0	Einrichtung für Durchpressung	1.0	Psch.	85.491,84	85.491,84
2.0	Holzpahlgründung für Verschubträger	350	lfm	77,57	27.149,50
3.0	Verschubträger	203	lfm	81,26	16.495,78
4.0	Abfangung der Verschubträger	15	to	1.318,62	19.779,30
5.0	Klein Hilfsbrücke verstärkt l=12,51 m liefern, einbauen und vorhalten	6	Stk	11.720,04	70.320,24
6.1	Spundwandverbau	670	m ²	159,71	107.005,70
6.2	Gurtung für Verbau	180	lfm	51,33	9.239,40
6.3	temporäre Verpressanker	60	Stk.	597,47	35.848,20
7.0	Beton B35 Schneide	135	m ³	409,03	55.219,05
8.0	Pressenansatzpunkte	10	m ³	510,26	5.102,60
9.0	Schneidenquerträger	52	m ³	573,67	29.830,84
10.0	Schutzschicht B25	193	m ²	17,14	3.308,02
11.0	Beton B35 Bauwerk	744	m ³	259,03	192.718,32
12.1	Beton Flügelfundament	350	m ³	178,24	62.384,00
12.2	Beton Flügelwände	270	m ³	240,03	64.808,10
13.0	Beton Kappen	25	m ³	543,40	13.585,00
14.0	Betonstahl	150	to	810,40	121.560,00
15.0	Abdichtung Rahmendecke	240	m ²	22,82	5.476,80
16.0	Schutzbeton B25	240	m ²	23,75	5.700,00
17.0	Gleitrippen auf Bauwerksdecke	155	lfm	74,90	11.609,50
18.0	Seitenschneidenverstärkung 1/2 HEB 400	25	lfm	81,81	2.045,25
19.0	Fugenbandschutz	88	lfm	108,01	9.504,88
20.0	Verbau für Pressenwiderlager Spundwand	120	m ²	231,41	27.769,20
21.0	Beton B25 für Pressenwiderlager	50	m ³	259,03	12.951,50
22.0	Einpressen des Bauwerks in Endlage, Wartung der Schichten	11	Schichten	4.558,55	50.144,05
23.0	Aushub für Ankereinbau	1.400	m ³	17,64	24.696,00
24.0	Aushub für Flügel	2.400	m ³	14,70	35.280,00
25.0	Flügelwände verfüllen	2.000	m ³	8,82	17.640,00
26.0	Aushub beim Einpressen	6.050	m ³	18,38	111.199,00
27.0	Aushub Herstellungsbaugrube	1.880	m ³	12,94	24.327,20
28.0	Verschubplatte B25	380	m ²	51,97	19.748,60
	Angebotssumme Einpressverfahren				1.277.937,87

Tabelle 3: Kostenauflistung für das Einschubverfahren /2/

Pos. Nr.	Beschreibung	Masse	Einheit	EP [EUR]	GP [EUR]
1.0	Einrichtung für Einschub	1,00	Psch.	85.491,84	85.491,84
2.1	Hilfsbrücke groß GHBV / ZHKV Antransport	2,00	Stk	5.112,92	10.225,84
2.2	Hilfsbrücke groß GHBV / ZHKV verlegen, Einbau und Ausbau	4,00	Stk	7.669,38	30.677,51
2.3	Hilfsbrücke Miete	300,00	AT	235,19	70.558,28
3.1	Spundwandverbau	670,00	m ²	159,71	107.007,20
3.2	Gurtung für Verbau	180,00	lfm	51,33	9.240,07
3.3	temporäre Verpressanker	60,00	Stk.	597,47	35.847,90
4.0	Pressenansatzpunkte	10,00	m ³	510,26	5.102,59
5.0	Schutzschicht B25	193,00	m ²	17,14	3.308,72
6.0	Beton B35 Bauwerk	744,00	m ³	259,03	192.718,84
7.0	Beton Flügelfundament	350,00	m ³	178,24	62.382,72
8.0	Beton Flügeltwände	270,00	m ³	240,03	64.807,01
9.0	Beton Kappen	25,00	m ³	543,40	13.584,90
10.0	Betonstahl	150,00	to	810,40	121.559,64
11.0	Abdichtung Rahmendecke	240,00	m ²	22,82	5.477,78
12.0	Schutzbeton B25	240,00	m ²	23,75	5.701,11
13.0	Fugenbandschutz	88,00	lfm	108,01	9.504,92
14.0	Verbau für Pressenwiderlager Spundwand	120,00	m ²	231,41	27.768,67
15.0	Einschub des Bauwerks in Endlage, Wartung der Schichten	11,00	Schichten	4.558,55	50.144,06
16.0	Aushub für Ankereinbau	1.400,00	m ³	17,64	24.695,40
17.0	Aushub für Flügel	2.400,00	m ³	14,70	35.279,14
18.0	Flügelwände verfüllen	2.000,00	m ³	8,82	17.639,57
19.0	Aushub unter Gleis lösen, laden und abfahren	8.745,00	m ³	12,65	110.663,38
20.0	Aushub Herstellungsbaugrube	1.880,00	m ³	12,94	24.319,09
21.0	Verschubplatte B25 für Rahmenherstellung	380,00	m ²	51,97	19.749,67
22.1	Verschubplatte B25 unter Gleis	130,00	m ³	66,72	8.674,07
22.2	Verschubplatte glätten	648,00	m ²	5,11	3.313,17
23.0	Bentonitlösung auftragen	648,00	m ²	10,23	6.626,34
				0,00	0,00
24.0	Beton B25 für Pressenwiderlager	25,00	m ³	259,03	6.475,77
25.1	Träger zur Sicherung der Ortsbrust HEB 300 liefern	24,57	to	255,65	6.281,22
25.2	Träger zur Sicherung der Ortsbrust HEB 300 einbauen	24,57	to	766,94	18.843,66
25.3	Anker und Gurtung herstellen	250,00	m ²	76,69	19.173,45
26.0	Spritzbeton zur Sicherung der Auflager	250,00	m ²	102,26	25.564,59
	Angebotssumme Einschubverfahren				1.238.408,10

Tabelle 4: Kostenaufstellung für die Herstellung unter Hilfsbrücke /2/

Pos. Nr.	Beschreibung	Masse	Einheit	EP [EUR]	GP [EUR]
1.0	Einrichtung für Herstellung unter Gleis	1,00	Psch.	106.864,80	106.864,80
2.1	Hilfsbrücke groß GHBV / ZHKV Antransport	2,00	Stk	5.112,92	10.225,84
2.2	Hilfsbrücke groß GHBV / ZHKV verlegen, Einbau und Ausbau	4,00	Stk	7.669,38	30.677,51
2.3	Hilfsbrücke Miete	400,00	AT	235,19	94.077,71
3.1	Spundwandverbau	670,00	m ²	159,71	107.007,20
3.2	Gurtung für Verbau	180,00	lfm	51,33	9.240,07
3.3	temporäre Verpressanker	60,00	Stk.	597,47	35.847,90
4.0	Beton B35 Bauwerk	744,00	m ³	362,63	269.795,72
5.0	Beton Flügelfundament	350,00	m ³	178,24	62.382,72
6.0	Beton Flügelwände	270,00	m ³	240,03	64.807,01
7.0	Beton Kappen	25,00	m ³	815,10	20.377,54
8.0	Betonstahl	150,00	to	972,48	145.871,57
9.0	Abdichtung Rahmendecke	240,00	m ²	28,50	6.841,09
10.0	Schutzbeton B25	240,00	m ²	29,71	7.129,45
				0,00	
11.0	Aushub für Ankereinbau	1.400,00	m ³	17,64	24.695,40
12.0	Aushub für Flügel	2.400,00	m ³	14,70	35.279,14
13.0	Flügelwände verfüllen	2.000,00	m ³	8,82	17.639,57
14.0	Aushub unter Gleis lösen, laden und abfahren	8.745,00	m ³	12,65	110.663,38
15.0	Bodenplatte B25 unter Gleis	130,00	m ³	66,72	8.674,07
16.0	Träger zur Sicherung der Ortsbrust HEB 300 liefern	24,57	to	255,65	6.281,22
25.2	Träger zur Sicherung der Ortsbrust HEB 300 einbauen	24,57	to	766,94	18.843,66
25.3	Anker und Gurtung herstellen	250,00	m ²	76,69	19.173,45
26.0	Spritzbeton zur Sicherung der Auflager	250,00	m ²	102,26	25.564,59
	Angebotssumme für Herstellung unter Hilfsbrücke				1.237.960,60

7.3 Auswertung und Beurteilung der Kosten

Beim Vergleich der Gesamtsummen ist das Einpressverfahren meist zwischen 3-4 % teurer als das Einschub- Einzugverfahren oder die Herstellung unter Hilfsbrücke. Verdeutlicht wird dies auch in „Diagramm 1“

Als Gesamtsummen ergeben sich:

Tabelle 5: Gesamtsummen

Einpressverfahren	1.277.937,87 Euro
Einschub- Einzugverfahren	1.238.408,10 Euro
Herstellung unter Hilfsbrücke	1.237.960,60 Euro

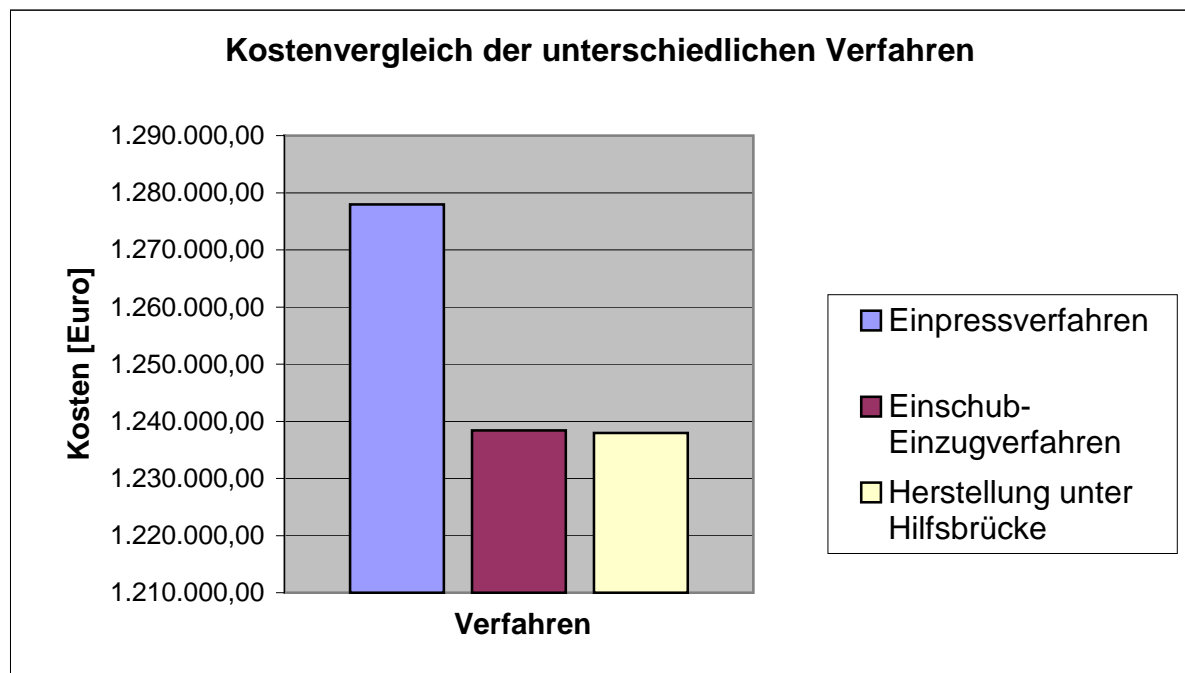


Diagramm 1: Kostenvergleich der unterschiedlichen Verfahren /1/

Trotz des vergleichsweise hohen Preis des Einpressverfahrens wird es am häufigsten angewendet. Meist wird dieses Verfahren schon ausgeschrieben, da das Einpressverfahren das schnellste ist und am wenigsten gefährlich für die Arbeiter und den Schienenverkehr.

Im folgenden werden einzelne Bereiche wie Betonarbeiten oder Baubehelfe gesondert betrachtet. Diese Tabellen und Diagramme sollen verdeutlichen in welchen Bereichen bei welchem Verfahren die höchsten Kosten entstehen.

Tabelle 6: Kostenvergleich „Baubehelfe“ /1/

Pos. Nr.	Beschreibung	Einpressverfahren	Einschubverfahren	Herstellung unter Hilfsbrücke
		[Euro]	[Euro]	[Euro]
1	Einrichtung für Durchpressung/ Einschub/ Herstellung	85.491,84	85.491,84	106.864,80
2	Holzpfaflgründung für Durch- pressung	27.149,50	0,00	0,00
3	Verschubträger	16.495,78	0,00	0,00
4	Abfangung der Verschubträger	19.779,30	0,00	0,00
5	Klein Hilfsbrücke verstärkt, L= 12,51 m	70.320,24	0,00	0,00
6	Hilfsbrücke groß GHBV /ZHKV, Antransport	0,00	10.225,84	10.225,84
7	Hilfsbrücke groß GHBV/ZHKV, Einbau/ Ausbau	0,00	30.677,51	30.677,51
8	Hilfsbrücke groß GHBV /ZHKV, Miete	0,00	70.558,28	94.077,71
9	Spundwandverbau	107.007,20	107.007,20	107.007,20
10	Gurtung	9.240,07	9.240,07	9.240,07

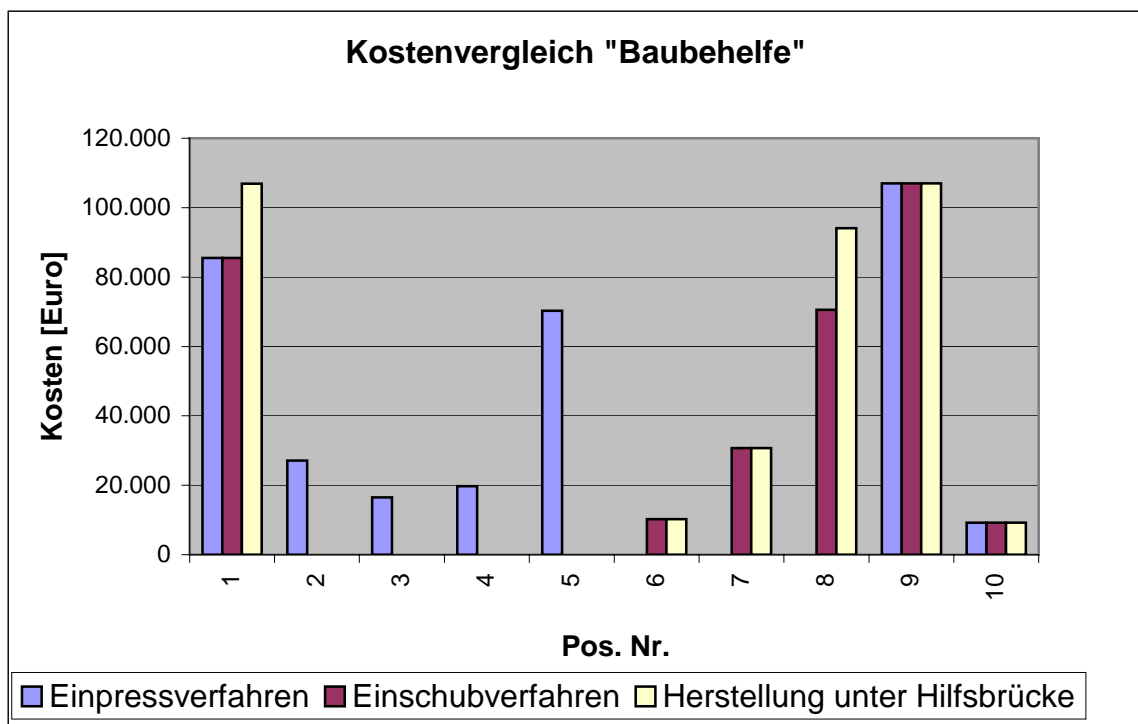


Diagramm 2: Kostenvergleich „Baubehelfe“ /1/

Tabelle 7: Kostenvergleich „Beton“ /1/

Pos. Nr.	Bezeichnung	Einpressverfahren	Einschubverfahren	Herstellung unter Hilfsbrücke
		[Euro]	[Euro]	[Euro]
1	Temporäre Verpressanker	35.848,20	35.847,90	35.847,90
2	Schneiden	55.219,05	0,00	0,00
3	Pressenansatzpunkte	5.102,60	5.102,59	0,00
4	Schneidenquerträger	29.830,84	0,00	0,00
5	Schutzschicht	3.308,02	3.308,72	0,00
6	Beton für Bauwerk	192.718,32	192.718,84	269.795,72
7	Flügelfundamente	62.384,00	62.382,72	62.382,72
8	Flügelwände	64.808,10	64.807,01	64.807,01
9	Kappen	13.585,00	13.584,90	20.377,54
10	Betonstahl	121.560,00	121.559,64	145.871,57
11	Abdichtung Decke	5.476,80	5.477,78	6.841,09
12	Schutzbeton	5.700,00	5.701,11	7.129,45

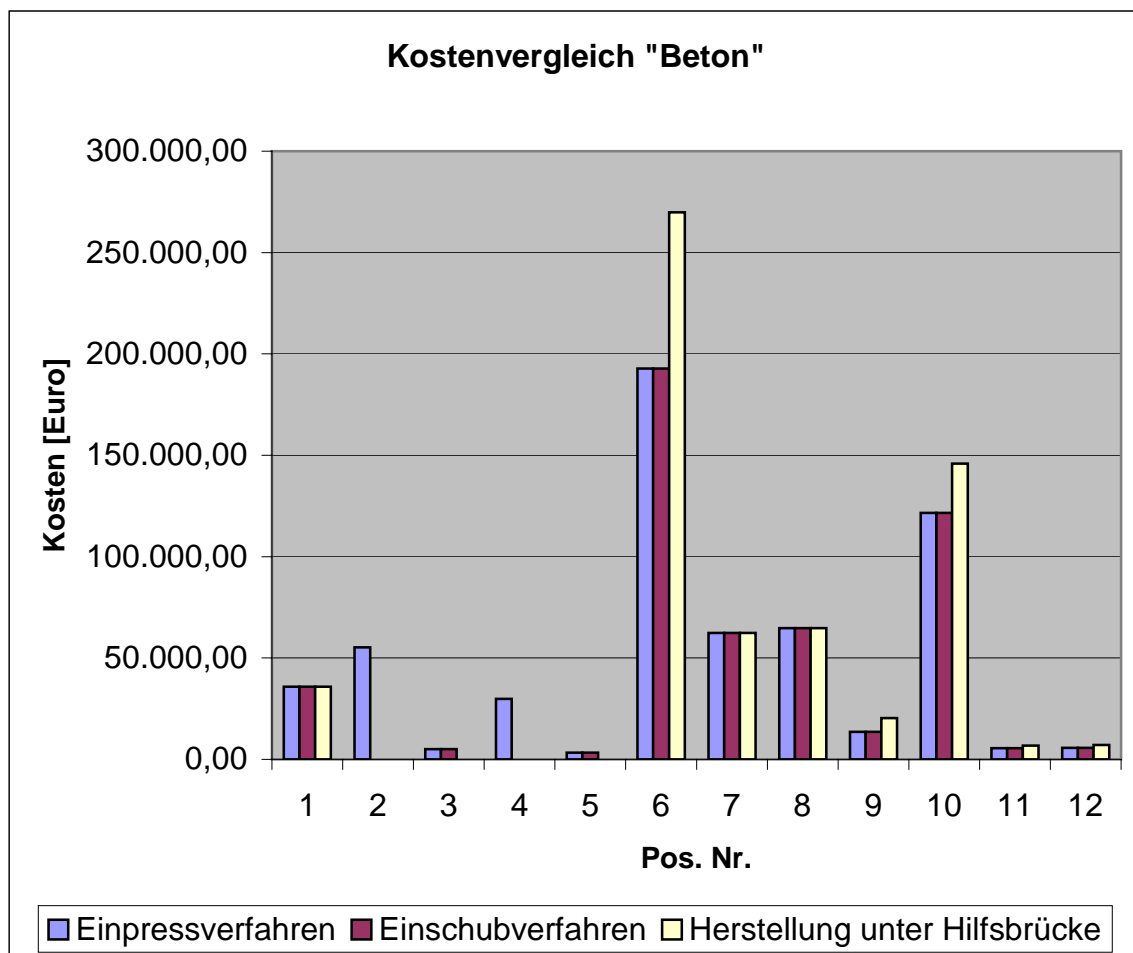


Diagramm 3: Kostenvergleich „Beton“ /1/

Tabelle 8: Kostenvergleich Presseneinrichtungen /1/

Pos. Nr.	Beschreibung	Einpressver-fahren	Einschubver-fahren	Herstellung un-ter Hilfsbrücke
		[Euro]	[Euro]	[Euro]
1	Gleitrippen auf Bauwerksdecke	11.609,50	0,00	0,00
2	Schneidenverstärkung 1/2 HEB 400	2.045,25	0,00	0,00
3	Fugenbandschutz	9.504,88	9.504,92	0,00
4	Verbau für Pressenwiderlager	27.769,20	27.768,67	0,00
5	Beton für Pressenwiderlager	12.951,50	6.475,77	0,00
6	Einpressen-/ Einschieben des Bauwerks in Endlage	50.144,05	50.144,06	0,00
7	Aushub Ankereinbau	24.696,00	24.695,40	24.695,40
8	Aushub Flügel	24.696,00	24.695,40	35.279,14
9	Flügelwände verfüllen	24.696,00	24.695,40	17.639,57

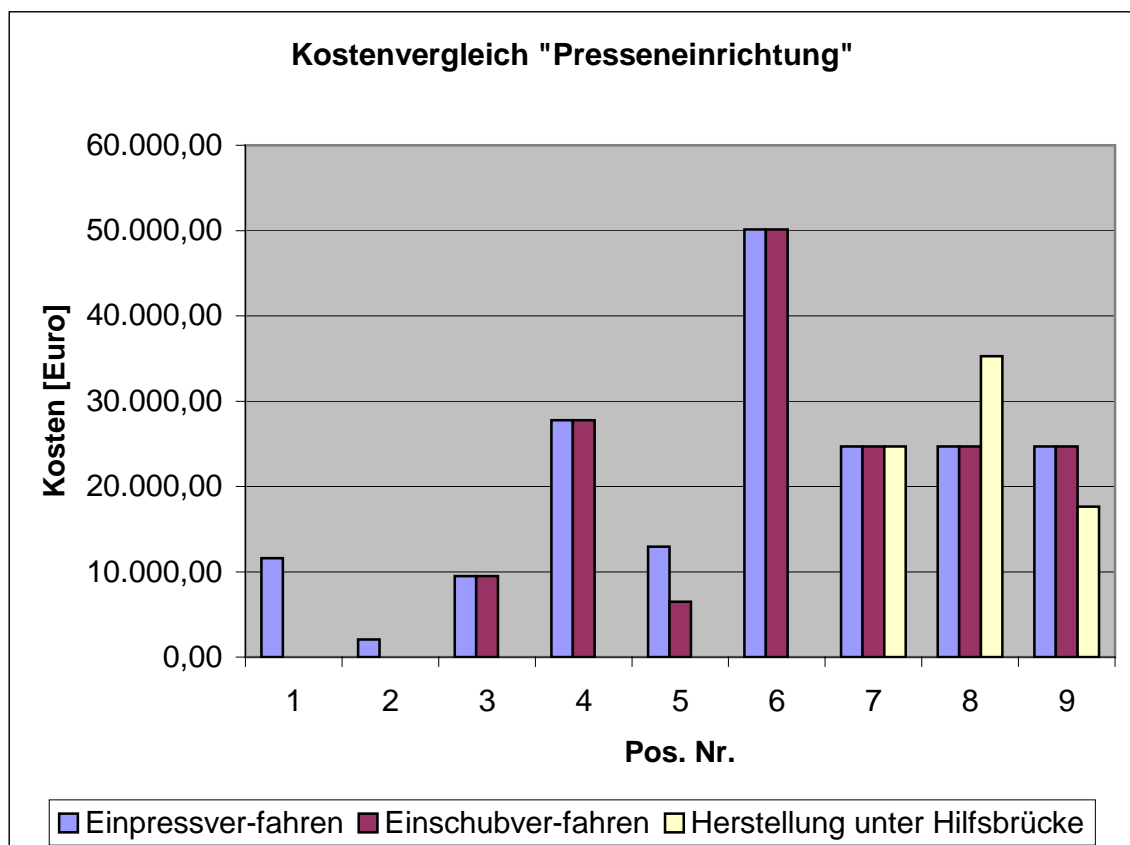


Diagramm 4: Kostenvergleich Presseneinrichtungen /1/

Tabelle 9: Kostenvergleich Aushub und Sonstiges /1/

Pos. Nr.	Beschreibung	Einpressver-fahren	Einschubver-fahren	Herstellung un-ter Hilfsbrücke
		[Euro]	[Euro]	[Euro]
1	Aushub	111.199,00	110.663,38	110.663,38
2	Zusatzaushub Herstellungs-baugrube	24.327,20	24.319,09	0,00
3	Verschubplatte Rahmenher-stellung	19.748,60	19.749,67	0,00
4	Verschubplatte unter Gleis	0,00	8.674,07	0,00
5	Verschubplatte glätten	0,00	3.313,17	0,00
6	Bentonitlösung auftragen	0,00	6.626,34	0,00
7	Träger zur Sicherung der Ortsbrust liefern	0,00	6.281,22	6.281,22
8	Träger zur Sicherung der Ortsbrust einbauen	0,00	18.843,66	18.843,66
9	Anker und Gurtung	0,00	19.173,45	19.173,45
10	Spritzbeton zur Sicherung der Auflager	0,00	25.564,59	25.564,59

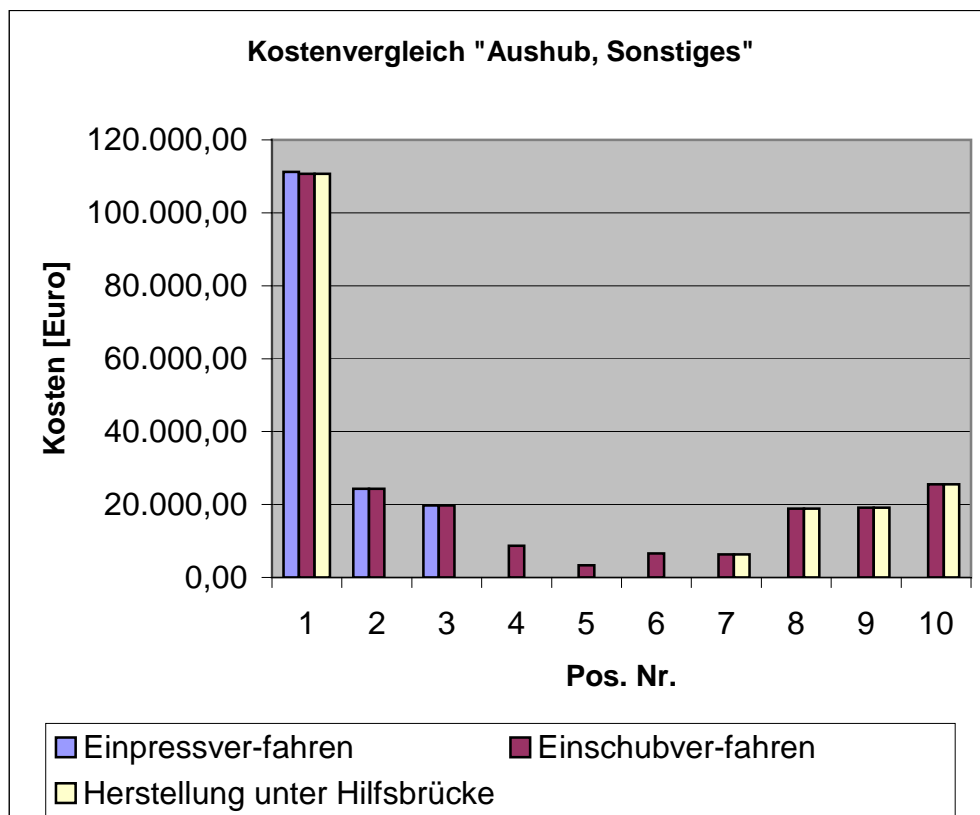


Diagramm 5: Kostenvergleich Aushub und Sonstiges /1/

Tabelle 10: Kostenvergleiche aufgeschlüsselt /1/

Kostenvergleich	Einpressverfahren [Euro]	Einschubverfahren [Euro]	Herstellung unter Hilfsbrücke [Euro]
Sonstiges und Aushub	155.274,80	243.208,64	180.526,30
Presseneinrichtung	188.112,38	167.979,60	77.614,11
Beton	595.540,93	510.491,21	613.053,01
Baubehelfe	335.483,93	313.200,74	358.093,13

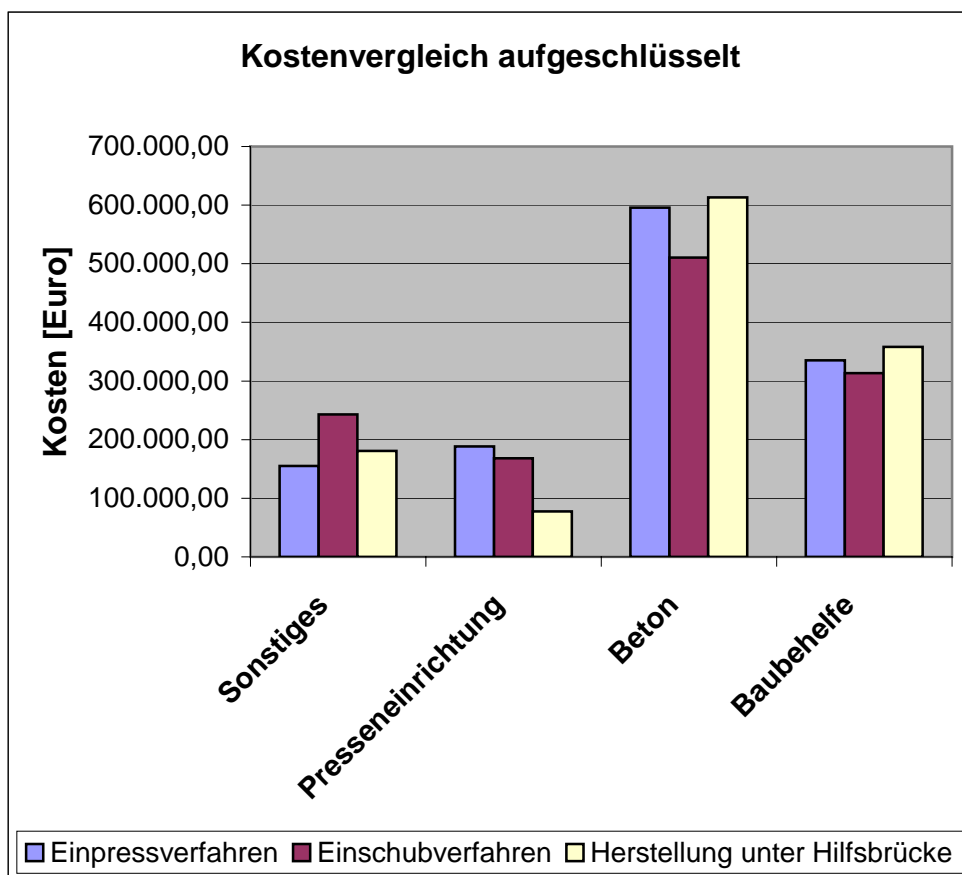


Diagramm 6: Kostenvergleich aufgeschlüsselt /1/

Die aufgezeigten Tabellen und Diagramme zeigen die Kosten des Auftragnehmers auf, jedoch nicht die Betriebsnebenkosten die dem Auftraggeber entstehen. Diese Betriebsnebenkosten sind z.B. Aufwendungen für Sicherungspersonal oder Kosten für Gleissperrungen. In diesem Punkt ist das Einpressverfahren kostengünstiger als die anderen Verfahren, da keine Gleissperrung nötig ist und die meisten Arbeiten außerhalb des Lichtraumprofils ohne Sicherungspersonal durchgeführt werden können.

8. Wahl des richtigen Verfahrens

8.1 Gegenüberstellung der Vor und Nachteile

Der Vergleich von Vor und Nachteile dieser Verfahren kann nur differenziert betrachtet werden, da die Vorteile eines Verfahrens nicht gleichzeitig ein Nachteil eines anderen Verfahrens sind. Jedes Verfahren hat seine Merkmale und Eigenschaften. Meist ist nicht das kostengünstigste Verfahren das wirtschaftlich Vorteilhafteste. Je mehr diese Verfahren zum Einsatz kommen, desto mehr Erfahrungen können gesammelt werden und die Bauabläufe optimiert werden, was die Folge hat, die Baukosten zu senken.

8.1.1 Vor und Nachteile des Einpressverfahrens

Im folgenden werden die wichtigsten Vor und Nachteile des Einpressverfahrens gegenüber dem Einschub-/ Einzugverfahren und der Herstellung unter Hilfsbrücke aufgeführt.

Vorteile:

- Sehr kurze Beeinträchtigung des Schienenverkehrs
- Kostengünstiger Einsatz von Kleinhilfsbrücken
- Minimaler Aushub
- Kein Verfüllen eine Baugrube notwendig
- Sukzessive Übernahme der Gleisabfangung durch Schneiden
- Verfahren auch bei anstehendem Grundwasser durchführbar
- Keine Vollsperrung der Eisenbahnstrecke notwendig
- Hohe Arbeitssicherheit, da nur wenige Arbeiten im Gefahrenbereich des Zugverkehrs

Nachteile

- Hohe Kosten zur Erstellung von Sonderkonstruktionen wie Schneiden und Vers Schubträger
- Kosten durch Abriss der Sonderkonstruktionen
- Mehraufwand an Material
- Erhöhte statische Erfordernisse
- Grosse Pressenwiderlager erforderlich
- Aushub im Rahmen unter erschwerten Bedingungen (Platz)
- Einpressvorgang bedarf ständiger und intensiver Kontrolle

8.1.2 Vor und Nachteile des Einschub-/ Einzugverfahrens

Im folgenden werden die Vor und Nachteile des Einschub-/ Einzugverfahrens gegenüber dem Einpressverfahren und der Herstellung unter Hilfsbrücke aufgeführt

Vorteile:

- Standsicherheit durch den Einsatz von Großhilfsbrücken gewährleistet
- Kein Abfangen mittels Holzpfählen notwendig
- Sichere Gleislage ist auch während des Einschubs gewährleistet
- Baukosten geringer
- Leichter kalkulierbar
- Höhenlage des Bauwerks in Endlage ist durch Vershubbahn exakter
- Seitenkorrektur besser möglich
- Einschubvorgang ist schneller abgeschlossen
- Kleinere Hydraulikpressen reichen aus
- Keine Sonderkonstruktionen
- Auch bei schlechtem Baugrund ausführbar

Nachteile:

- Großhilfsbrücken sind teuer und nur in begrenzter Stückzahl vorhanden
- Antransport und Einbau der Großhilfsbrücke nur mit Spezialgerät möglich
- Mehr Aushub
- Zusätzliche Standsicherheit der Großhilfsbrückenaufleger muss gewährleistet sein
- Höhere Leistungswerte für die Arbeiten, welche unter der Hilfsbrücke durchgeführt werden müssen

8.1.3 Vor und Nachteile bei der Herstellung unter Hilfsbrücke

Im folgenden werden die Vor und Nachteile bei der Herstellung unter Hilfsbrücke gegenüber dem Einpressverfahren und dem Eischub-/ Einzugverfahren aufgeführt

Vorteile:

- Ursprüngliches Verfahren
- Keine Presseneinrichtung erforderlich
- Keine Anlagenvorhaltung nötig
- Keine Sonderkonstruktionen nötig
- Umweltschonendes Verfahren

Nachteile:

- Sehr hohe Aufwand und Leistungswerte
- Lange Bauzeit
- Viele Arbeiten im Gleisbereich
- Sicherungsposten müssen ständig auf der Baustelle sein
- Teure Hilfsbrückenkonstruktion
- Enge Platzverhältnisse
- Einsatz von speziellem Hebegerät erforderlich

8.2 Kriterien zur Auswahl des richtigen Verfahrens

Die folgende Tabelle soll zeigen, bei welchen Randbedingungen welches Verfahren zum Einsatz kommen kann.

Zur Erläuterung der Tabelle:

Bevor man die Ausführungsvariante wählt, muss man sich einige Fragen stellen, die in der Tabelle als „Randbedingungen“ aufgeführt sind. Trifft die Randbedingung zu, schaut man in der Spalte „Ja“. Das aufgeführte Verfahren (entsprechenden Nummer siehe unten) kann ausgeführt werden. Wenn die Randbedingung nicht zu trifft schaut man in die Spalte „Nein“. Dann kann nur das dort aufgeführte Verfahren ausgeführt werden.

Verfahren 1 = Einpressverfahren

Verfahren 2 = Einschubverfahren

Verfahren 3 = Einzugverfahren

Verfahren 4 = Herstellung unter Hilfsbrücke

Tabelle 11: Randbedingungen für die einzelnen Verfahren /1/

Randbedingung	Verfahren	
	Ja	Nein
Herstellung neben dem Gleis möglich	1, 2, 3	4
Bauwerk stark gekrümmt	4, (2, 3)	1, 2, 3
Einpresswinkel > 40°	1, 2, 3	4
Sehr hoher Abstand von OK Bauwerk bis Gleisrost	2, 3, 4	1
Sind erforderliche Großhilfsbrücken verfügbar	2, 3, 4	1, (2, 3)
totale Gleissperrung möglich	2, 3, 4	1
Pressenwiderlager hinter dem Bauwerk möglich	1, 2	(3), 4
Pressenwiderlager auf der Gegenseite möglich	3	1, 2, 4
Termindruck	1, (2, 3)	(2, 3) 4

9. Schlussbetrachtung

Wie diese Technikerarbeit zeigt, ist das Bauen unter Aufrechterhaltung des Schienenverkehrs nicht ganz einfach und billig. Jede der vorgestellten Methoden hat ihre eigenen Vor und Nachteile.

Um diese „Spezialbauarbeiten“ wie Einpressen von Bauwerken oder Einschub von Bauwerken durchführen zu können bedarf es speziellen Kenntnissen sowohl im Planerischen wie auch im Ausführenden Bereich. Deshalb haben sich einige Firmen auf diesen Gebieten spezialisiert, um diese Verfahren weiter zu entwickeln und die Verfahrensabläufe zu optimieren. Für sie ist dieser Bereich ein gutes Standbein, da viele alte Brücken und Unterführungen den heutigen Verkehrsbelastungen nicht mehr gewachsen sind. Deshalb müssen viele Bauwerke erneuert werden. Da die Schienenbetreibendengesellschaften im hohen Maß auf Sicherheit und Qualität setzen, werden die ausführenden Firmen bestrebt sein, die Aufträge mit soviel wie möglich Fachpersonal durchzuführen.

Die Weiterentwicklung des Einpressverfahrens setzt natürlich eine enge Zusammenarbeit mit den gleisbetreibenden Gesellschaften voraus. Denn letztendlich tragen sie die Verantwortung bei eventuellen Schäden.

Da das Einpressverfahren ohne totale Gleissperrung funktioniert, ist es für den Gleisbetreiber am komfortabelsten. Dies macht sich vor allem auf Hauptstrecken bemerkbar. Müsste eine Strecke wie die Rheintallinie, auf der täglich ca. 150 Züge verkehren gesperrt werden, hätte dies enorme Folgen. Es müsste ein Schienenersatzverkehr eingerichtet werden. Die Fahrgäste müssten von der Bahn in die Busse umsteigen und am nächsten Bahnhof wieder in den Zug. Es käme hier nicht nur zu Verspätungen sondern auch zu einem großen Imageverlust der Bahn. Da die Deutsche Bahn AG oder andere Schienenverkehrsgesellschaften komfortables, sicheres und pünktliches Reisen anbieten, werden sie bestrebt sein die Betriebsstörungen so gering wie möglich zuhalten. Von diesen Aspekten her gesehen ist das Einpressverfahren oder das Einschub-/ Einzugverfahren mit Gleissicherung das eleganteste Verfahren, obwohl es am teuersten erscheint.

10. Quellenverzeichnis

/1/ Früh, H. P. : „Einpressen von Kreuzungsbauwerken unter Betrieb und unter Berücksichtigung der bodenmechanischen Randbedingungen“, in memoriam Prof. Dr. J. Jaky, Prof. Dr. Dr. A. Kezdi, Auslage der Max Früh GmbH & Co. KG Achern

/2/ Max Früh GmbH & CO. KG Achern, Stand 2002

Bildverzeichnis

/1/ eigene Bilder

/2/ Bilder Bauleitung Fa. Max Früh

Tabellenverzeichnis

/1/ eigene Tabellen

/2/ Tabellen Fa. Max Früh

A Anhang