

HENRY

Hydraulic Engineering Repository

Ein Service der Bundesanstalt für Wasserbau

Article, Published Version

Kruse, F.W.

Druckluftgründungen für hydrotechnische Anlagen am Beispiel der Staustufe Hohensaaten

Mitteilungen der Forschungsanstalt für Schifffahrt, Wasser- und Grundbau; Schriftenreihe Wasser- und Grundbau

Verfügbar unter/Available at: <https://hdl.handle.net/20.500.11970/106278>

Vorgeschlagene Zitierweise/Suggested citation:

Kruse, F.W. (1990): Druckluftgründungen für hydrotechnische Anlagen am Beispiel der Staustufe Hohensaaten. In: Mitteilungen der Forschungsanstalt für Schifffahrt, Wasser- und Grundbau; Schriftenreihe Wasser- und Grundbau 56. Berlin: Forschungsanstalt für Schifffahrt, Wasser- und Grundbau. S. 20-49.

Standardnutzungsbedingungen/Terms of Use:

Die Dokumente in HENRY stehen unter der Creative Commons Lizenz CC BY 4.0, sofern keine abweichenden Nutzungsbedingungen getroffen wurden. Damit ist sowohl die kommerzielle Nutzung als auch das Teilen, die Weiterbearbeitung und Speicherung erlaubt. Das Verwenden und das Bearbeiten stehen unter der Bedingung der Namensnennung. Im Einzelfall kann eine restriktivere Lizenz gelten; dann gelten abweichend von den obigen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Documents in HENRY are made available under the Creative Commons License CC BY 4.0, if no other license is applicable. Under CC BY 4.0 commercial use and sharing, remixing, transforming, and building upon the material of the work is permitted. In some cases a different, more restrictive license may apply; if applicable the terms of the restrictive license will be binding.



Druckluftgründungen für hydrotechnische Anlagen am Beispiel der Staustufe Hohensaaten

Bauing. F.W.Kruse (KDT)

1. Zur Entwicklung der Staustufe Hohensaaten

Mit der Absperrung der alten Oder bei Güstebiese im Jahre 1832 wurde der Rückstauunkt für das Oderbruch um 7 bis 8 km von Oderberg bis Hohensaaten nach unterhalb verlegt. In den Jahren 1856 bis 1858 wurde eine neue Schleuse für Finow-Maß-Kähne in den Oderdeich eingebaut.

Am oberen Ende des Vorflutkanals, jetzt die Hohensaaten-Friedrichsthaler-Wasserstraße, wurde zur gleichen Zeit ein Wehr angelegt, dessen Standort etwa in Höhe der ehemaligen Schleusenbrücke in der Ortslage Hohensaaten lag.

Im Zuge der "Verbesserung der Vorflut in der unteren Oder" und im Zuge des Baues des Oder-Havel-Kanals, wurde die Staustufe Hohensaaten mit der Ost- und der Westschleuse sowie dem Wehr neben der Westschleuse neu angelegt. Die Ostschleuse verbindet die Oder mit dem Oder-Havel-Kanal, die Westschleuse verbindet den Oder-Havel-Kanal mit der Hohensaaten-Friedrichsthaler-Wasserstraße.

Die Errichtung der Ostschleuse wurde im August 1910 mit dem Bau des Außenhaupts begonnen, während die Bauarbeiten an der Westschleuse im Frühjahr 1911 begannen. Die Fertigstellung beider Bauwerke zog sich in die Länge, da infolge des ungünstigen Baugrundes (Steine und Findlinge in großer Zahl) die Erdarbeiten und die Rammarbeiten stark in Verzug geraten waren. Die Ostschleuse wurde im Frühjahr 1913, die Westschleuse am 1. August 1913 in Betrieb genommen.

Im Zeitalter des Aufblühens des "Eisenbetons" wurden schon damals für den Bau der Schleusenammern vorwiegend auf der Baustelle hergestellte Stahlbetonfertigteile eingesetzt. Im wesentlichen waren das Stahlbetonspundbohlen und Stahlbetonpfähle. Die schwierigen Baugrundverhältnisse zwangen während der Bauarbeiten an der Ostschleuse zur Änderung der projektierten Stahlbetonbauweise.

Auch bei der Bauausführung der Häupter, die in offener Baugrube mit hölzernen Spundwänden hergestellt wurden, gab es erhebliche Schwierigkeiten mit der Trockenhaltung der Baugruben.

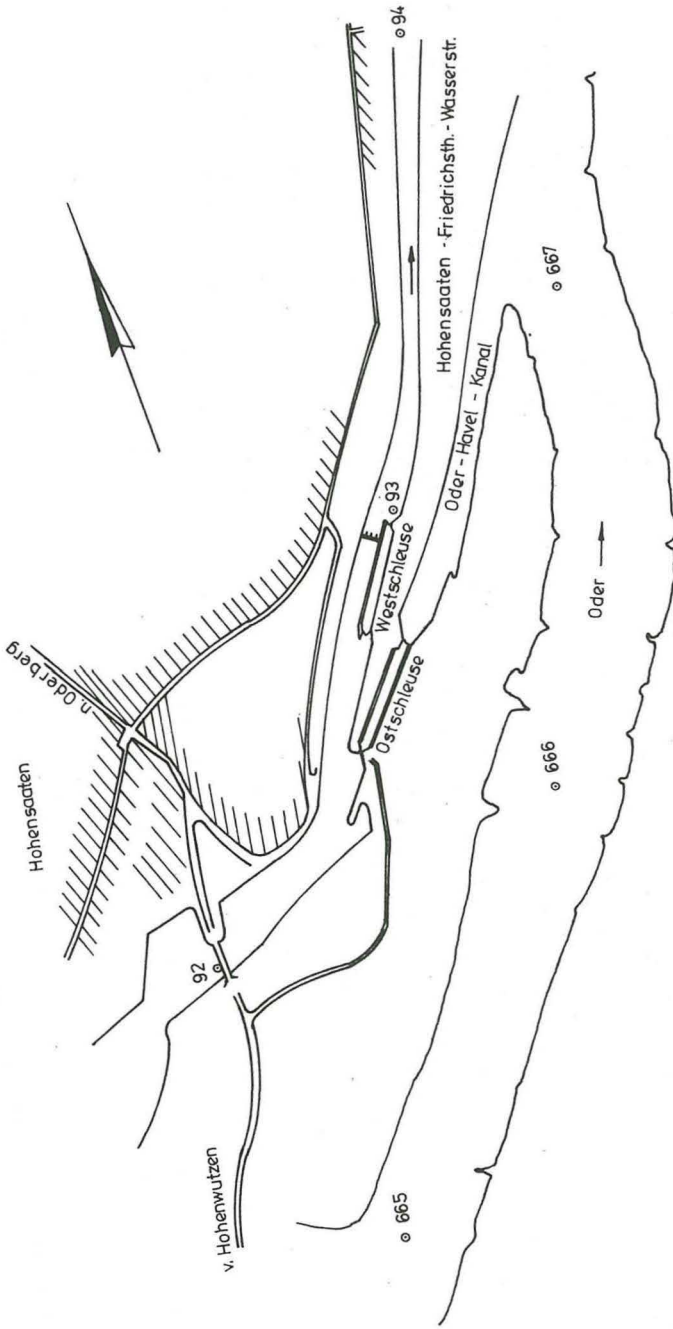


Bild 1
Übersichtsplan

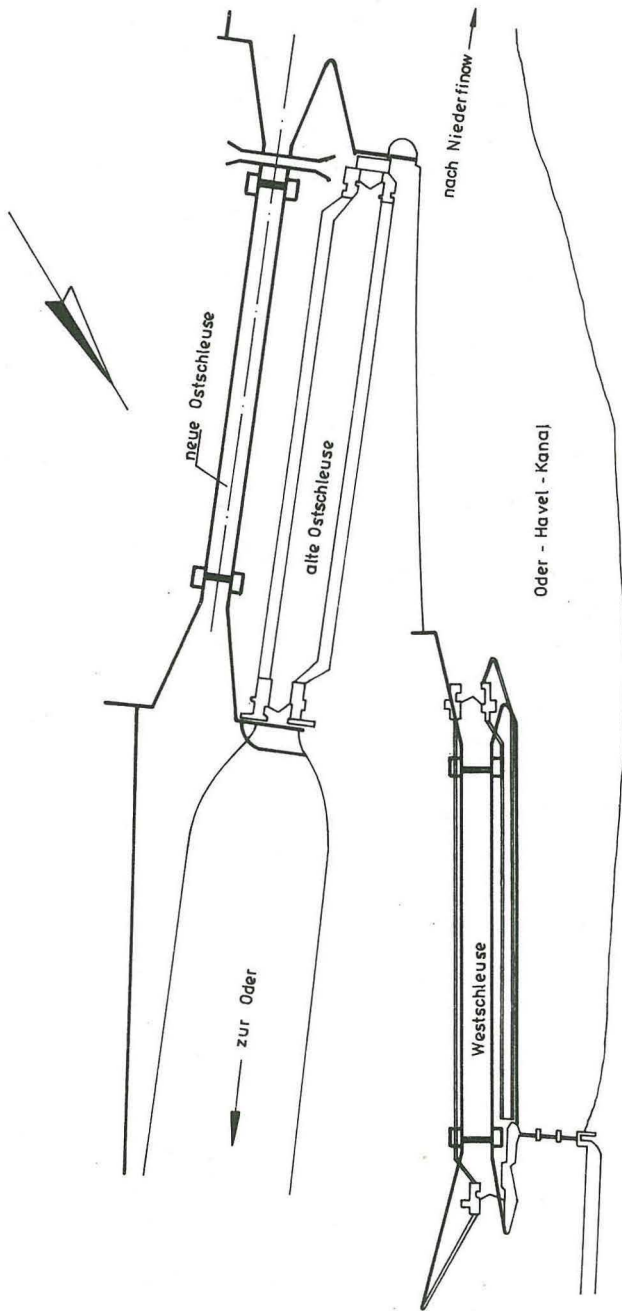


Bild 2 Lage der neuen Schleusen

2. Veranlassung und Vorbereitung zum Neubau der Schleusen in Hohensaaten

Nach fast 70 Jahren Betriebszeit waren erhebliche Beschädigungen an den Stahlbetonteilen beider Schleusen festzustellen. Sie wurden ausschließlich durch mechanische Beanspruchungen des Schiffahrtbetriebes verursacht.

Eingehende Voruntersuchungen der Bausubstanz sowie verkehrstechnische Gesichtspunkte veranlaßten den Betreiber, einen Neubau beider Schleusen vorzubereiten.

Aus der Kenntnis der besonderen und für die geplanten Bauwerke schwierigen geologischen Verhältnisse wurde zunächst ein großflächig angelegtes Baugrunderkundungsnetz aufgebaut. Desgleichen erforderten die geohydrologischen Verhältnisse ein umfangreiches Grundwassermeßnetz anzulegen.

Zur Standortwahl der neuen Schleusen sind in einer Komplexstudie mehrere Varianten untersucht worden. Der Betreiber der Schleusen entschied sich für die nachfolgend genannten Standorte:

- Ostschleuse - Neubau der Schleuse östlich neben der vorhandenen Schleuse;
 - Westschleuse - Einbau der neuen Schleuse in die vorhandene Schleuse.
- An dem Schützenwehr neben dem Außenhaupt der Westschleuse sollten keine Veränderungen vorgenommen werden, da es 1953 auf den alten Fundamenten neu aufgebaut worden ist.

3. Hydrologische Verhältnisse

Mit Ausnahme großer Wasserstandsschwankungen der Oder in Hochwassersituationen bringt das Oberflächenwasser des Oder-Havel-Kanals und der Hohensaaten-Friedrichsthaler-Wasserstraße mit den geringen Wasserstandsschwankungen keine nennenswerten Probleme mit sich.

Ein Vergleich der Wasserstandsganglinien des Oberflächenwassers mit den gemessenen Wasserständen in den Grundwassermeßstellen bestätigt, daß die Grundwasseroberfläche mit der des Oberflächenwassers korrespondiert.

In den unterhalb der Auebildungen liegenden Sand- und Kiesschichten wurde beim Baugrundaufschluß angespanntes Grundwasser angetroffen. Der Grundwasserstand stieg in den Bohrungen zwischen 2,20 und 3,50 m an.

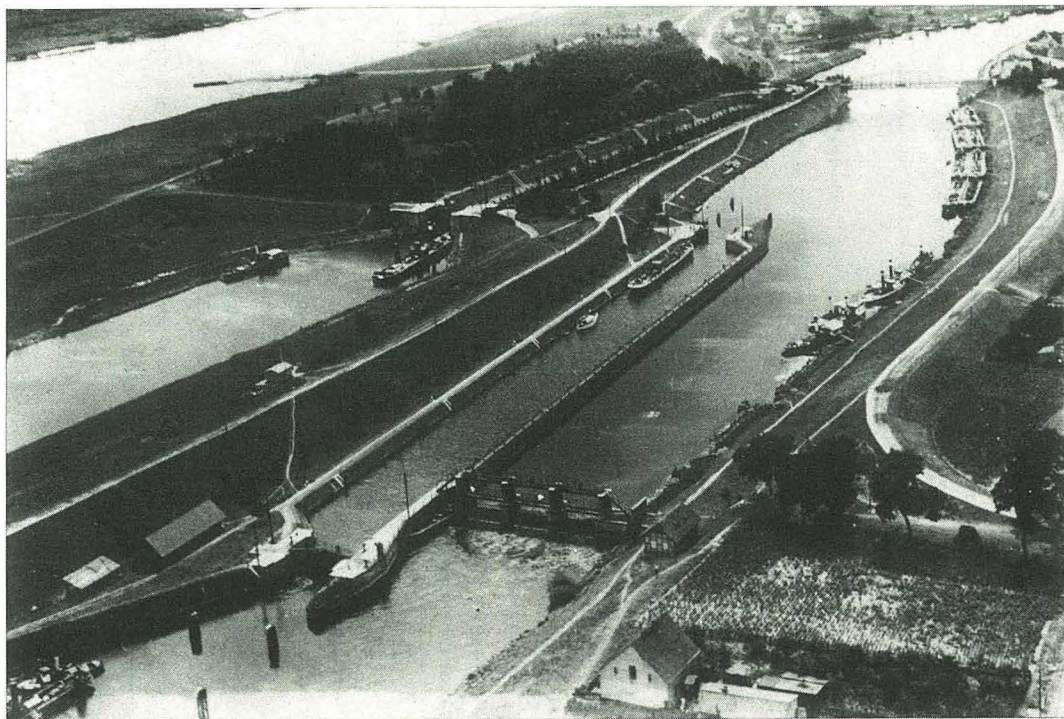


Bild 3 Luftbild der alten Staustufe
(Quelle unbekannt)



Bild 4 Baustellenübersicht mit betriebsbereiter neuer
Ostschleuse (LFB 503/90/984/86/69)

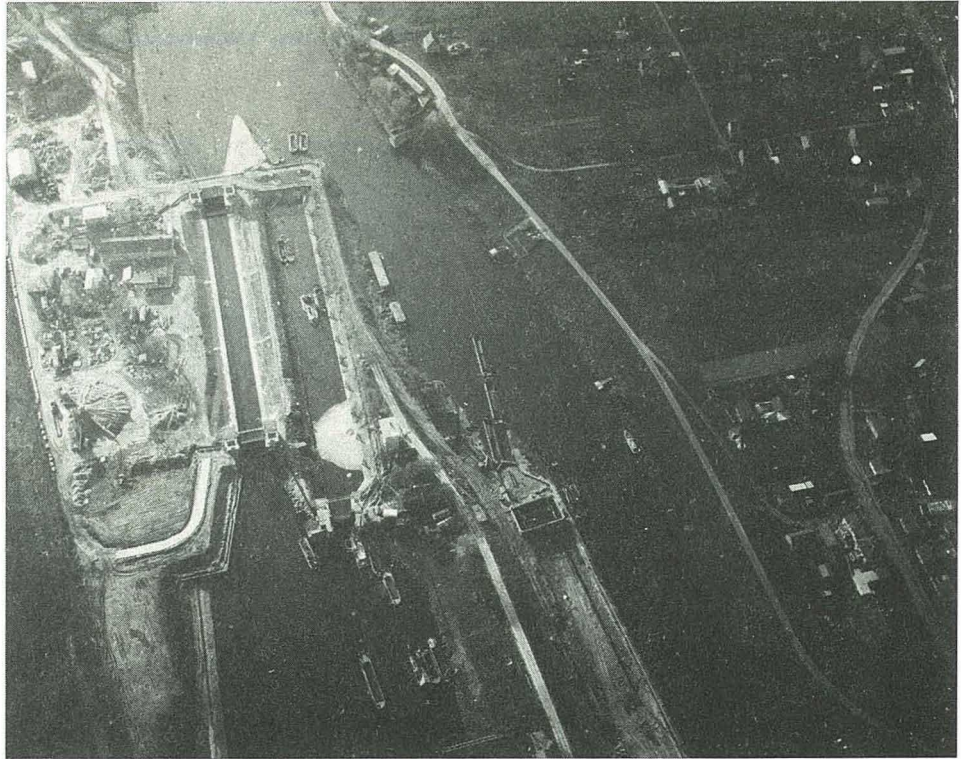


Bild 5 Baustellenübersicht von der Oder her gesehen
(LFB 503/90/984/86/60)

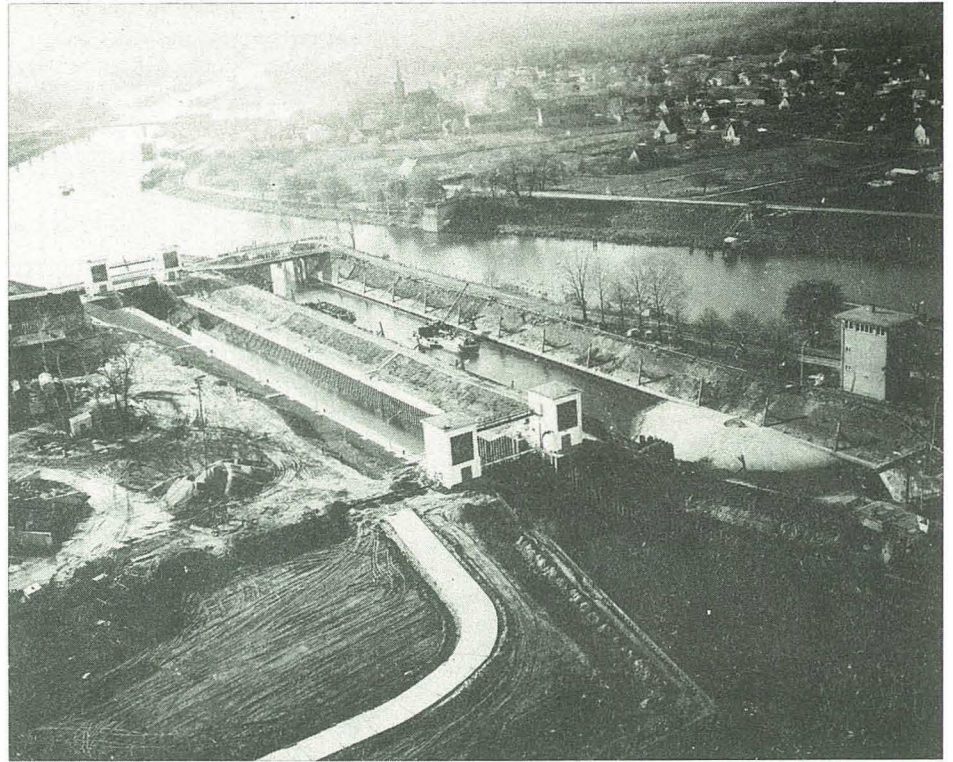


Bild 6 Neue und alte Ostschleuse mit
dem Dorf Hohensaaten

(LFB 503/90/984/86/67)

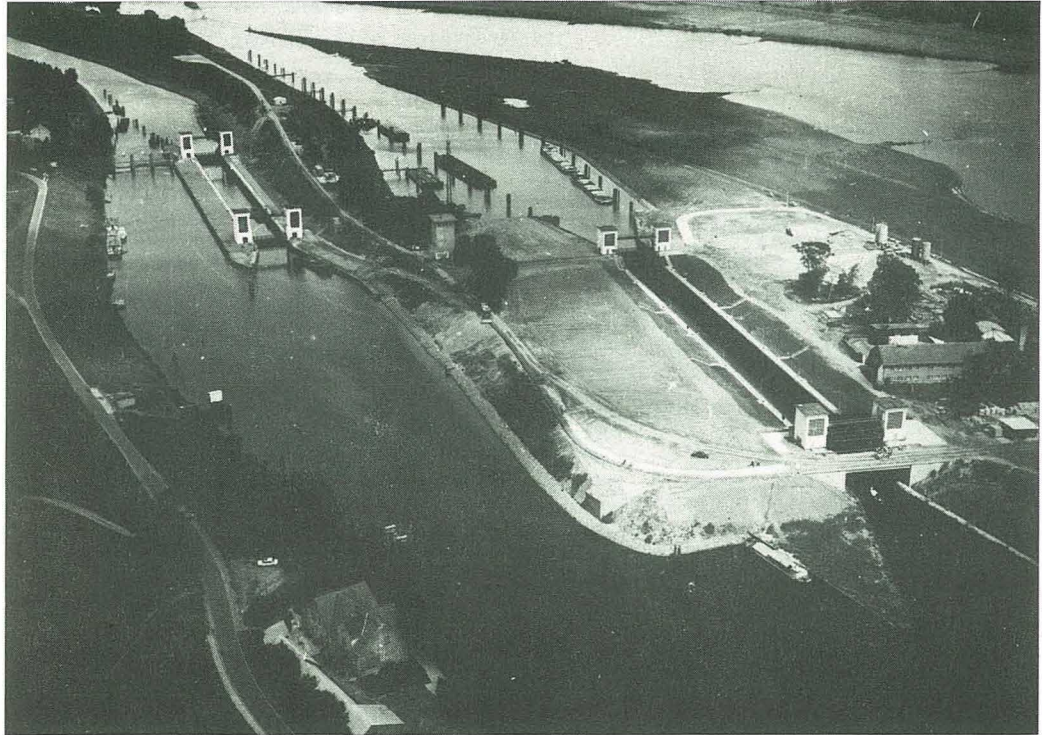


Bild 7 Neue Ost- und Westschleuse
(LFB 503/90/839/88/21)

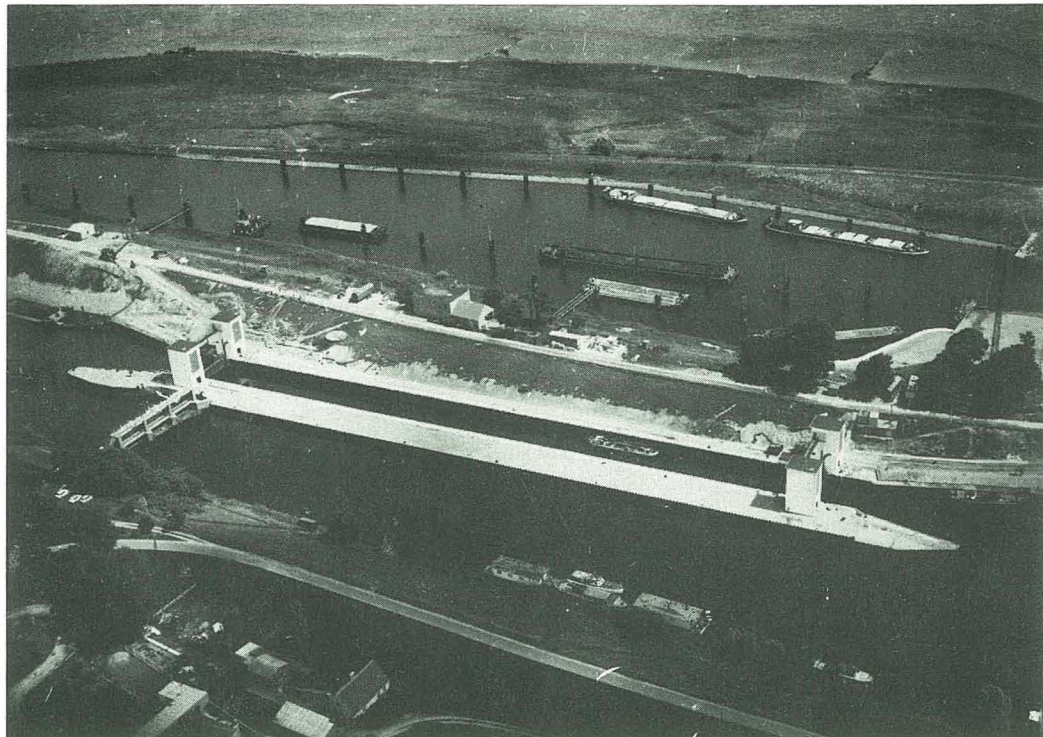


Bild 8 Neue Westschleuse mit Wehr
(LFB 503/90/839/88/22)

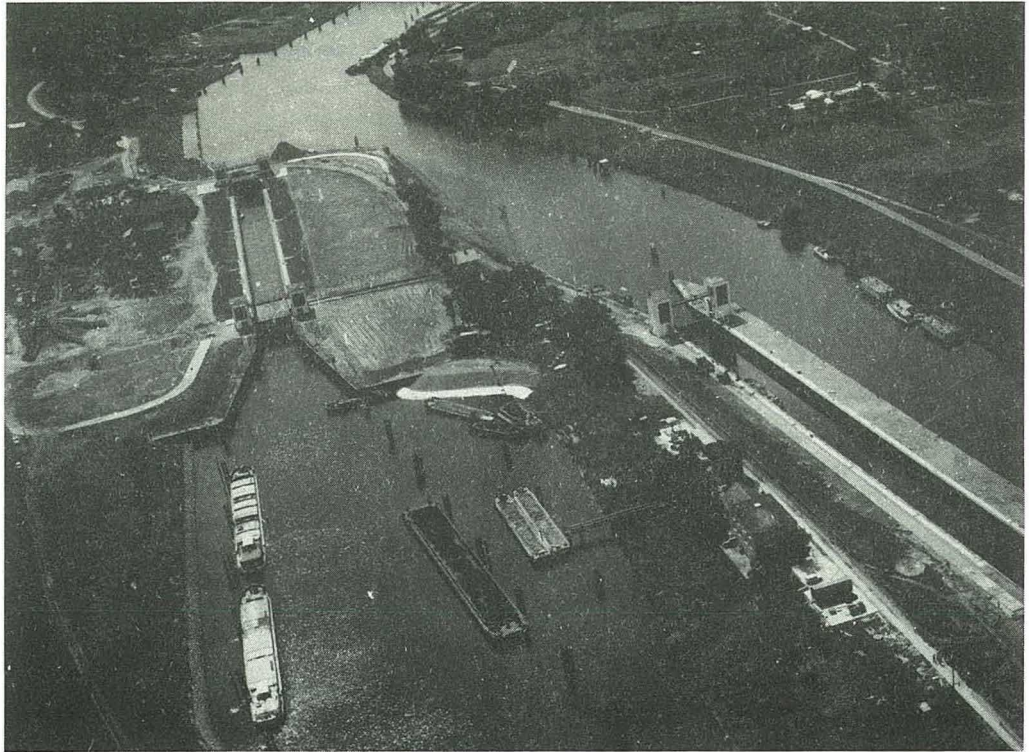


Bild 9 Ost- und Westschleuse von der Oder her gesehen
(LFB 503/90/839/88/26)

4. Baugrundmodelle

4.1. Geologische Situation

Das Untersuchungsgebiet der geplanten Schleusenneubauten liegt in der holozänen Odertrasse, die durch Erosion der Oder relativ stark reliefartig zergliedert ist.

Die westliche Begrenzung bilden Talsande, die als Ablagerungen eines in sich gestuften Gleithanges des ursprünglichen Flußlaufes anzusehen sind. Darunter folgt Geschiebemergel in unterschiedlichen Tiefen.

4.2. Baugrundsichtung

Die Baugrundsichtung im Bereich der Ostschleuse ist in /3/ ausführlich beschrieben.

Im Bereich der Westschleuse stehen auf der Nordwest-Seite des Binnenhauptes von NN - 1,10 m bis NN - 2,90 m Aufschüttungen aus organisch verunreinigten bzw. organisch durchsetzten Sanden an. Darunter folgt unmittelbar toniger Schluff (Geschiebemergel).

Auf der Nordwest-Seite des Außenhauptes steht bis NN - 4,00 m eine Aufschüttung aus Sand und Schluff mit organischen Beimengungen an. Darunter folgen bis NN - 5,90 m Sande und Kiese (SF, SN, KV/Sm - Kg), die von Geschiebemergel unterlagert werden.

Die erbohrte Mächtigkeit des Geschiebemergels auf der Nordwest-Seite der Häupter beträgt 10 m, das entspricht etwa NN - 14,00 m, dabei wurde der Geschiebemergel nicht durchteuft. Der Geschiebemergelhorizont fällt in nordöstlicher Richtung ab.

Auf der Südost-Seite der Westschleuse folgen unter einer lokalen sandigen Aufschüttung überwiegend normal abgestufte Sande und Kiese unterschiedlicher Kornfraktionen mit eingelagerten Steinen (d = teilweise > 100 mm) bis NN - 3,60 m am Binnenhaupt und bis NN - 6,00 m am Außenhaupt. Darunter folgt unmittelbar Geschiebemergel, dessen Horizont auch auf dieser Seite der Westschleuse in nordöstlicher Richtung abfällt.

4.3. Berechnungsgrundlagen

Für erdstatische Berechnungen durften nachstehend genannte Berechnungswerte anstehender markanter Baugrundsichten in Ansatz gebracht werden. Es sind Normwerte für Berechnungen mit summarischem Sicherheitsfaktor.

	Ausbildungen	Fluß- und Schmelz- wasser- Sande (holozän / pleisto- zän)	Kiese / pleisto- zän)	Geschiebe- mergel
Natürliche Rohwichte				
[kN/m ³]	γ_n	16,0	17,0 / 18,0	22,0
Rohwichte unter Auf- trieb				
[kN/m ³]	μ	9,0	10,5 / 11,0	12,5
Wirksamer Reibungs- winkel	ϕ'	17° (20°)	36° 1) / 38° 1)	33° 1)
Wirksame Kohäsion				
[kN/m ²]	c'	5,0 (10,0)	0 / 0	12,0 (18,0)
Verformungs- modul				
[MN/m ²]	E_o	3...5	30 2)	33 (40) 2)

- 1) Die wirksamen Reibungswinkel dieser Schichten sind bei einer Kasten- bzw. Caissongründung für die Berechnung der Schneidenwiderstände um 5° zu erhöhen.
- 2) Die angegebenen E_o -Werte gelten für die Tiefe $t = 0$, bezogen auf die ursprüngliche Geländeoberfläche. Für $t > 0$ sind die Verformungsmodul wie folgt umzurechnen (t in m)
- Schicht: Sande und Kiese $E_{ot} = E_o (1 + 0,25 t)$
 - Schicht: Geschiebemergel $E_{ot} = E_o (1 + 0,20 t)$

5. Bautechnische Varianten

Das Wissen um die schwierige geologische Situation im Baubereich der geplanten Neubauten für die Ost- und die Westschleuse forderte im Rahmen der Bearbeitungsphase "Aufgabenstellung" Variantenuntersuchungen für die geeignete Bauweise. Untersucht wurden für beide Schleusen die

- Schlitzwandbauweise,
- Spundwandbauweise,
- Druckluftgründung.

Die Schlitzwandbauweise, die ohnehin nur für die Schleusenkammern in die Betrachtungen einbezogen wurde, entsprach nicht den Erwartungen und schied als Lösungsvariante aus. Neben der Spundwandbauweise wurde die Druckluftgründung eingehend untersucht, die sowohl für Schleusenhäupter als auch für die Schleusenkammern angewendet werden kann.

Es wurden zwei Ausführungsvarianten, speziell für die Ostschleuse als Bauwerk mit den größeren Abmessungen und dem größeren Schwierigkeitsgrad ins Auge gefaßt.

- Variante 1 - Druckluftgründung für das Außen- und das Binnenhaupt (die Schleusenkammer in Stahlspundbauweise);
- Variante 2 - Druckluftgründung für die Schleusenhäupter und für die Schleusenkammer.

Variante 1

Die Senkkästen 1 und 2 für die Häupter können nacheinander abschnittsweise betoniert und kontinuierlich abgesenkt werden.

Während ein Wandabschnitt des ersten Kasten betoniert wird, kann am zweiten Kasten ein Wandabschnitt abgesenkt werden.

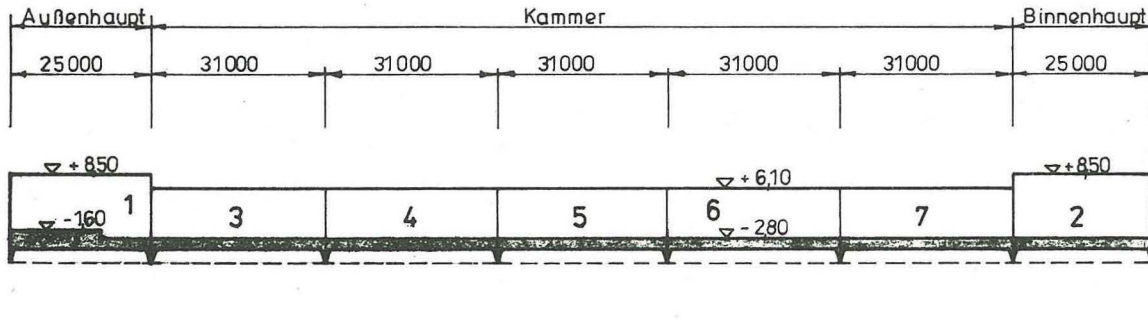
Die Höhe eines Wandabschnittes wird nach der Schalungstechnologie festgelegt.

Die offenen Stirnseiten sind während des Absenkvorganges abzuschotten. Für den Anschluß der Stahlspundbohlen der Schleusenkammer und der Einfahrtsleitwerke sind Spundbohlenschlösser an den Häuption vorzusehen.

Variante 2

Das Gesamtbauwerk besteht aus 7 Reihensenkkästen. Das Herstellen der Senkkästen erfolgt wie bei Variante 1 abschnittsweise. Die Reihenabsenkung sollte im Takt ausgeführt werden.

Längsschnitt M 1:1000



Draufsicht

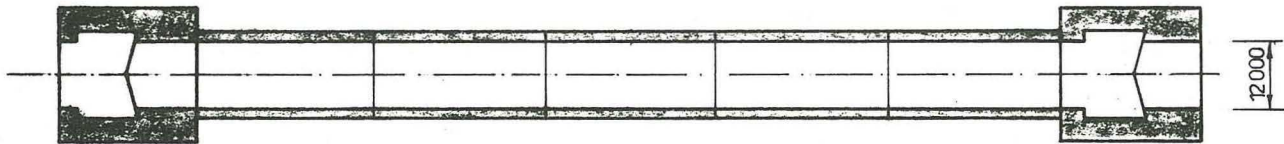


Bild 10 Druckluftgründung für die Schleusenhäupter und für die Schleusenkammer (Variante 2)

- Kasten 1 und 2 im Wechsel herstellen und absenken,
- Herstellen der Kästen 4 und 6.

Wenn die Kästen 1 und 2 auf der Gründungsordinate stehen, können die Kästen 4 und 6 abgesenkt werden. Die Senkkästen 3, 5 und 7 werden dann in gleicher Weise betoniert und abgesenkt. Nachdem die Stirnseitenverschlüsse entfernt worden sind, können die Horizontal- und die Vertikalfugen durch eine Unterwasserkonstruktion geschlossen werden.

Kennziffernübersicht

Der Variantenvergleich schloß mit den nachfolgend genannten Kennziffern für die Druckluftarbeiten ab:

		Variante 1	Variante 2
Bauzeit	Monate	17,5	48
Arbeitskräfte	VbE	27	27
Schichtleistung	m ³		
"	GK 3	29,75	29,75
"	GK 5	14,39	14,39
Preisvergleich	TM	3.360,—	12.020,—
(PB 1982)			

Bei Zuführung von 25 für Druckluftarbeiten tauglicher Arbeitskräfte könnte die Bauzeit um 50 Prozent verkürzt werden.

Den ermittelten Kennziffern liegt folgendes Leistungsangebot zugrunde:

- Bodenaushub bei gleichzeitiger Absenkung des Bauwerkes;
- Lufthalten im Arbeitsraum des Senkkastens;
- Verfüllen des Arbeitsraumes des Senkkastens nach Erreichen der Gründungsordinate.

Vorzugsvariante

Die Variante, auch die Schleusenkammer mit einer Druckluftgründung herzustellen, schied bei der Beurteilung der Untersuchungsergebnisse primär aus zwei Gründen aus:

- die ermittelte Bauzeit von 48 Monaten war nicht akzeptabel;
- der Preis lag gegenüber der Spundwandbauweise unter Einbeziehung der Vergleiche mit den Betonarbeiten um etwa 25 Prozent höher.

Für die Schleusenkammer wurde die Spundwandbauweise gewählt, obgleich von Anfang an klar war, daß sich infolge der anstehenden ungünstigen Baugrundverhältnisse Risiken für eine qualitätsgerechte Ausführung ergeben würden.

Diese Bedenken bestärkten die Entscheidung umso mehr, die Schleusen-
häupter der Ost- und der Westschleuse, deren absolute Trockenhaltung wäh-
rend der Bauzeit notwendig wäre, mit einer Druckluftgründung herzustellen.

6. Allgemeines zu Druckluftgründungen

Die Herstellung von Grundbauwerken mittels Druckluftgründungen ist nicht neu. Die Grundlagen hierzu wurden im Jahre 1841 von dem französischen Ingenieur TRIGER erfunden und für das Absenken eines Grubenschächtes in die Praxis umgesetzt.

Druckluftgründungen werden angewendet, wo Bauwerke unter dem Wasser- oder dem Grundwasserspiegel ins Erdreich heruntergebracht werden. Aus einem nach oben und an den Seiten geschlossenem Kasten, ähnlich einer Taucherglocke, wird zum Trockenlegen der Arbeitsstelle das Grundwasser durch Druckluft verdrängt.

Senkkästen wurden anfangs aus Stahl hergestellt, dann - hauptsächlich in Amerika - aus Holz; später in einer Kombination von Beton und Stahl sowie aus Ziegelmauerwerk mit eingebauten Stahllankern. Heute werden sie fast ausschließlich in Stahlbeton ausgeführt.

Wirtschaftliche Gründungstiefen wurden schon bei 3,0 m nachgewiesen. Mit Rücksicht auf die Gesunderhaltung des menschlichen Organismus darf die maximale Wassertiefe von 35,0 m bei Arbeiten unter Druckluft nicht überschritten werden. Es wurden schon Senkkästen mit einer Grundrißfläche von 2.000 m² als ein Baukörper durch das Erdreich mittels Druckluft abgesenkt. Die Größenordnung der in der DDR ausgeführten Senkkästen für Druckluftgründungen reicht von 1,60 m² bis 670 m² Grundrißfläche und Absenktiefen von 4,00 bis 26,0 m.

Die Druckluftgründung hat besondere Vorteile in festem oder sehr wasser- durchlässigem Baugrund und wo im Boden oder im Gründungsbereich alte Gründungspfähle, Steine, Trümmer o. ä. liegen und das Rammen von Spundwänden und Gründungspfählen erschwert wird.

Für die vorteilhafte Anwendung der Druckluftgründung gibt es weitere markante Merkmale:

- Die Ausführung der Senkkästen, der Gründungskörper und der aufgehenden Bauwerksteile jeder beliebigen Grundrißform werden oberhalb des Geländes

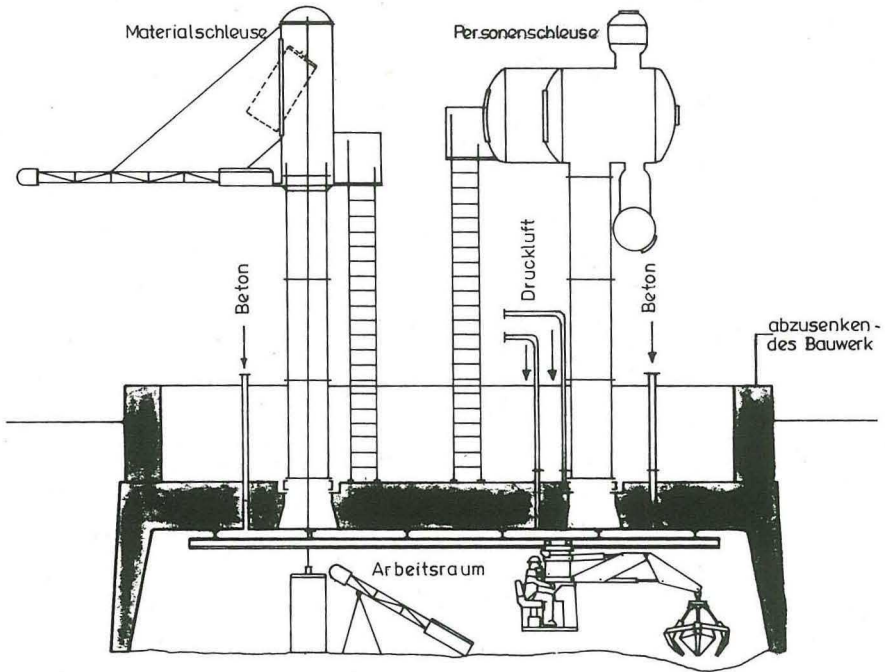


Bild 11 Senkkastenausrüstung mit Hydraulik-Bagger im Arbeitsraum

- hergestellt und nach dem Erhärten des Betons abgesenkt.
- Das Absenken ist lärm- und erschütterungsfrei.
 - Die Höhe des Grundwasserstandes bleibt unberührt; es gibt daher keine Einflüsse auf benachbarte Bauwerke, Trinkwassergewinnungsanlagen, land- und forstwirtschaftliche Belange u. ä.
 - Die Anwendung der Druckluftgründung ist in unmittelbarer Nähe bestehender Bauwerke möglich.
 - Durch die Anwendung thixotroper Flüssigkeiten kann beim Absenken eine Auflockerung des Bodens um den Senkkasten herum vermieden werden.
 - Druckluftgründungen können bei laufendem Verkehr bzw. bei laufender Produktion in Industriehallen bzw. Industrierwerken ausgeführt werden.
 - Im Gegensatz zur Grundwasserhaltung durch Abpumpen spielt die Stärke des Wasserandranges keine Rolle.
 - Es können je nach den örtlichen Bedingungen gegenüber der offenen Bauweise erhebliche Einsparungen an Elektroenergie erzielt werden.

7. Druckluftgründungen für die Häupter der Schleusen in Hohensaaten

7.1. Baustelleneinrichtung

Für die Baustelleneinrichtung und die Baufreiheit stellt der Spezialbetrieb für Druckluftarbeiten folgende Anforderungen:

- eine Fundamentplatte für die fahrbare Maschinenstation, den Hochdruckkompressor und das Notstromaggregat von $10 \times 6 = 60 \text{ m}^2$;
 - eine Lagerfläche für das Druckluftgerät von 500 m^2 ;
 - eine Straßenplattenumfahrt um den Senkkasten von 5 m Breite;
 - einen Elektroenergieanschluß für die Maschinenstation, Anschlußleistung 120 kW ;
 - einen Wasseranschluß von 1 " für die Maschinenstation;
 - die Bereitstellung eines Mobildrehkranes MDK 20 - 40 Mp mit 18-m-Ausleger und Schnabel für Montagen der Druckluftschleuse;
 - eine Stellfläche von 1.250 m^2 für
 - 7 Wohnwagen,
 - 1 Bürowagen,
 - 1 Wasch- und Duschwagen,
 - 2 Gerätewagen
- mit $3/4$ " Wasseranschluß, DN 80 mm Abwasseranschluß und einen 40 kW Elektroenergieanschluß für den Wagenkomplex.

7.2. Druckluftgründung für die Häupter der Ostschleuse

Während des Neubaus der Ostschleuse mußte die alte Schleuse in Betrieb gehalten werden. Der seitliche Abstand der neuen Schleuse von der alten Schleuse wurde durch die Länge der Spundwandanker der Schleusenammerwand bestimmt.

Die vorhandene Geländeoberfläche des Baubereiches lag auf NN + 8,50 m. Das HHW liegt auf NN + 7,52 m (13. 1. 1982). Aus bautechnologischen Gründen sollten die Rammebene für das Rammen der Kammerwände und die Aufstellebene für die Senkkästen auf gleicher Ebene liegen. Das Baugelände wurde durch die Wasserstände der Oder beeinflußt. Es galt daher, eine geeignete Planumshöhe als Arbeitsebene festzulegen.

Eine Analyse der Überschreitungstage verschiedener Wasserstände ergab folgendes Ergebnis:

- Wasserstand bei NN + 5,61 m = HSchW:
Jahresreihe 1971 bis 1980; Überschreitung an 95 Tagen,
davon 19 Tage von Juli bis September und
76 Tage bei Eisstand;
- Wasserstand bei NN + 6,10 m:
Jahresreihe 1971 bis 1980; Überschreitung an 42 Tagen,
davon 4 Tage im September und
38 Tage bei Eisstand;
- Wasserstand bei NN + 6,60 m:
Jahresreihe 1973 bis 1982; Überschreitung an 13 Tagen,
davon 2 Tage im Februar 1976 und
11 Tage im Januar 1982.

Als Aufstell- und Rammebene wurde NN + 6,10 m gewählt, das sind 0,50 m über HSchW.

Das Planum der Aufstellebene mußte, zur Vermeidung von Setzungen des Lehrgerüstes während des Betonierens der Senkkästen, entsprechend verdichtet werden.

Die Schneidenverstärkung der Senkkästen besteht aus einem U-Stahl 300. Er ist flach auf ein baueitlich angelegtes Fundament 800 x 500 mm, Betonklasse BK 7,5 aufgelegt und wurde einbetoniert.

Die Erdstoffförderung war manuell vorgesehen. Es wurde eine Arbeitsraumhöhe von 2,20 m gewählt. Zur Reduzierung des Schalungsdruckes durch Frischbeton erhielt die Decke der Senkkästen zunächst eine Dicke von 1,50 m.

Nach dem Erhärten des Betons wurde die Restsohlendicke von 2,00 m auf die Senkkastendecke aufgebracht. Beide Betonschichten zusammen bilden

einen statischen Querschnitt der Häuptersohlen von 3,50 m Dicke. Zur Aufnahme der Schubkräfte in der Betonierfuge wurden Rundstahlbügel in der Senkkastendecke einbetoniert. Die Senkkästen haben in Höhe der Aufstellenebene eine Grundrißfläche von $22,50 \times 12,90 \text{ m} = 290 \text{ m}^2$. Der Schneidenanlauf beträgt 0,20 m.

Mit der Beseitigung (seitliches Wegsprengen) der bauzeitlichen Schneidenelemente wurden beide Häupter vorwiegend nacheinander abgesenkt. Mit dem kontinuierlichen Absenken des Außenhauptes begann gleichzeitig das Einschalen und Aufbetonieren der Seitenwände. Die Seitenwände wurden entsprechend dem Schalungssystem US 72 in Blockhöhen von 2,50 m betoniert.

Während des Absenkvorganges erfolgte die Abschottung der offenen Stirnseiten der Häupter mit dem künftigen Dammbalken-Notverschluß. Für die Bauzeit waren zusätzliche Dammbalken erforderlich, die später bei der Westschleuse Wiederverwendung fanden.

Die Absenktiefe betrug 14,60 m (von NN + 6,10 m bis NN - 8,50 m). Die gesamte Bauhöhe der Häupter beträgt 17,00 m. Besondere Maßnahmen im Senkkasten waren beim Durchfahren der Bodenschicht "Auebildungen" notwendig. Die Anordnung von 6 Stück Schwellenstapeln (1,75 m Höhe), die Lufthaltung mit im Projekt vorgeschriebenen Drücken und weitere Schachtungsvorschriften brachten die Senkkästen sicher durch diese Schicht.

Erhebliche Schwierigkeiten und Bauzeitverzögerungen gab es beim Abteufen der Senkkästen durch das Kies-Gerölle und durch den Geschiebemergel. Eingelagerte Steine bis 1,0 m Durchmesser mußten wiederholt im Senkkasten gesprengt werden.

In einer Tiefe von 11,60 m unter Geländeoberfläche, d. i. NN - 5,50 m, wurden unter Druckluft vier ungestörte Proben entnommen und im Grundbaulabor untersucht. Bei den untersuchten Proben handelte es sich um tonigen Schluffsand (UT), der geologisch als saalekaltzeitlicher Geschiebemergel anzusprechen ist. Er ist mittelbindig und hat eine halbfeste Konsistenz. Aus zwölf Teilprüfungen ergab sich eine Trockenrohdichte von

$\rho_d = 2,01 \text{ g/cm}^3$. Das untersuchte Lockergestein ist nach TGL 11482/01 der Gewinnungsklasse 6 zuzuordnen.

Die Lösbarkeit des Geschiebemergels war von Hand nicht möglich. Es wurden mit Preßluft betriebene Lösegeräte eingesetzt und auch Lockerungs-sprengungen vorgenommen.

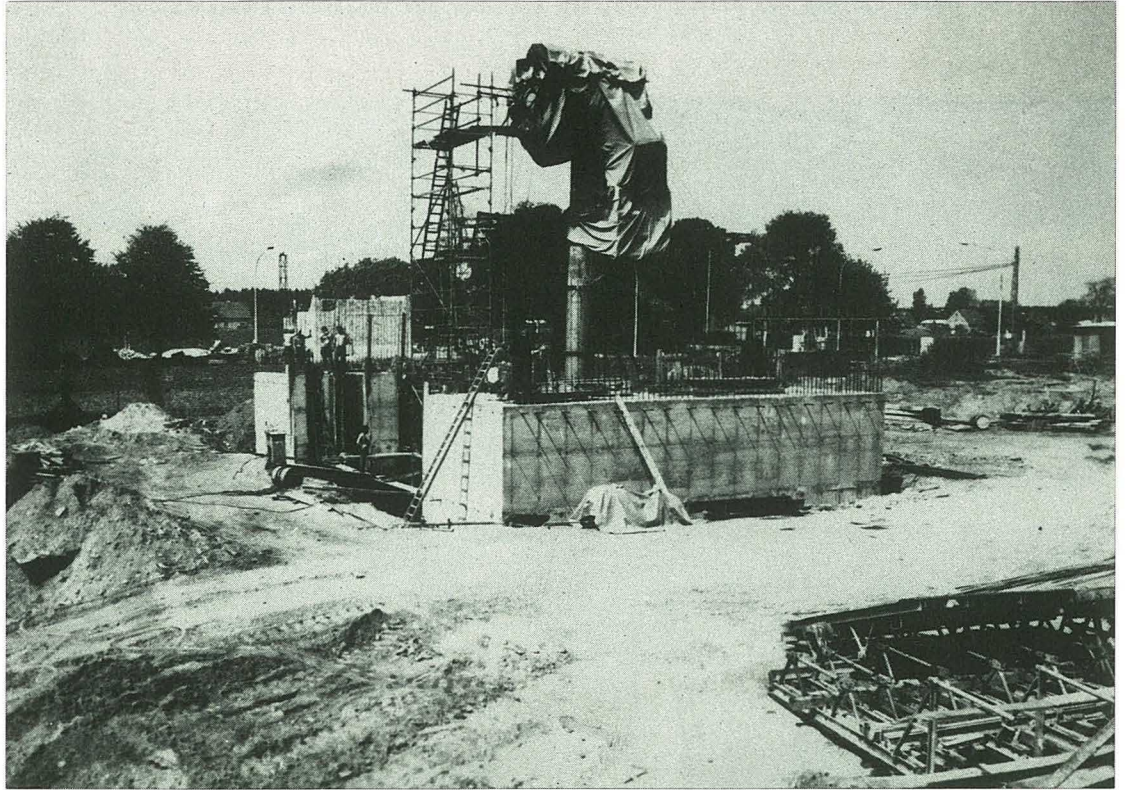


Bild 12 Schrittweise Betonierung und Absenken des Außenhauts der Ostschleuse

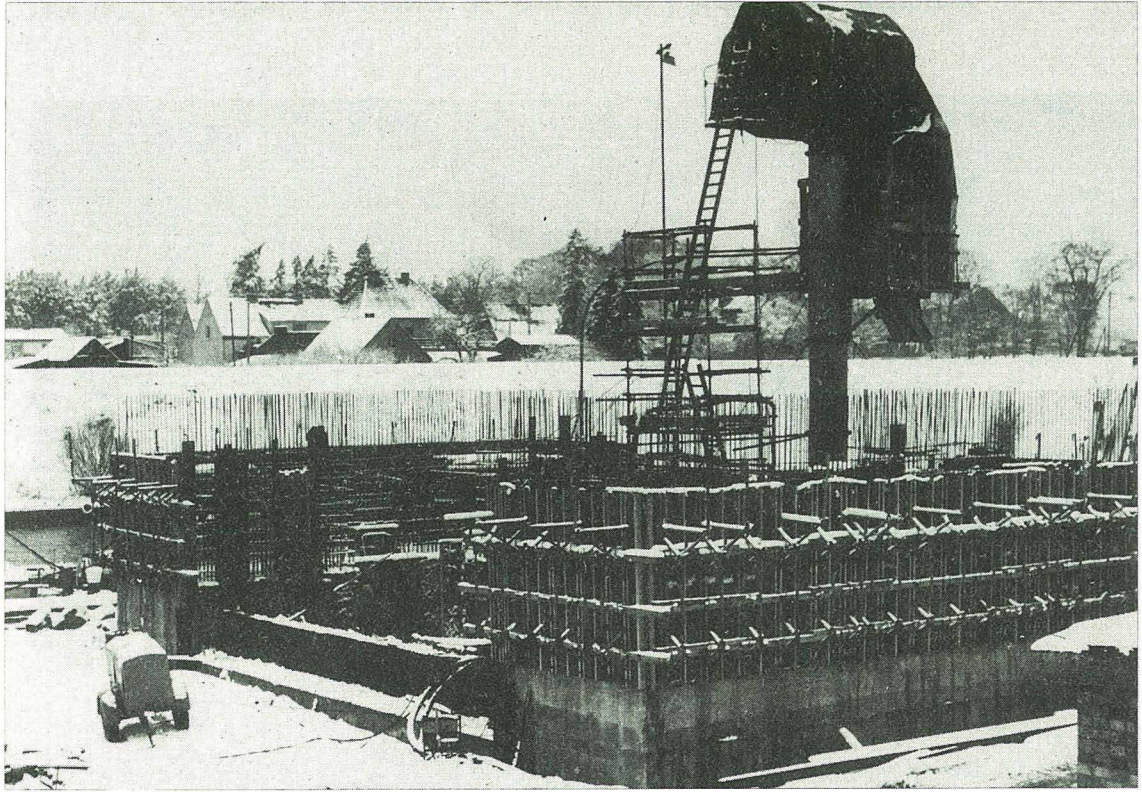


Bild 13 Schrittweise Betonierung und Absenken des Binnenhaupts der Westschleuse

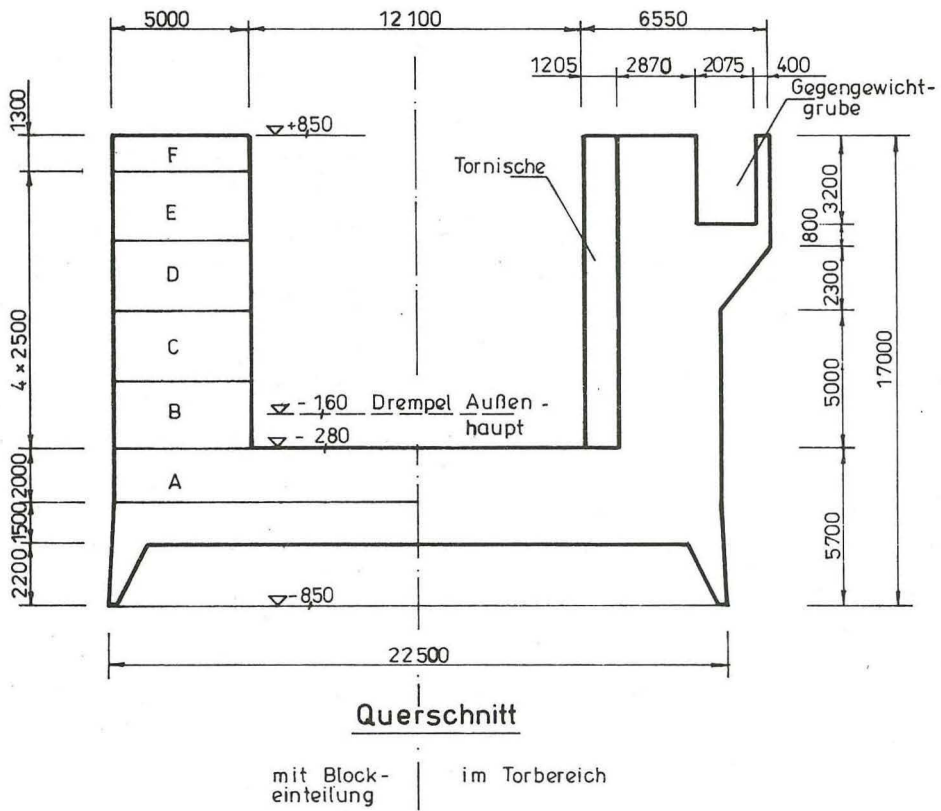
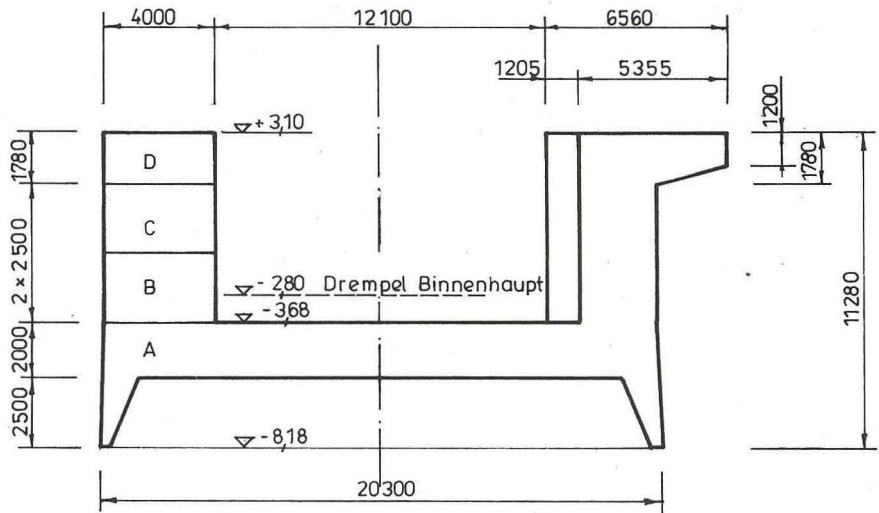


Bild 14 Querschnitt durch ein Haupt der Ostschleuse



Querschnitt

mit Block-
einteilung im Torbereich

Bild 15 Querschnitt durch ein Haupt der Westschleuse

Unter Berücksichtigung aller unplanmäßigen Umstände konnte insgesamt eine relativ befriedigende Bauzeit erreicht werden. Es ergaben sich die nachfolgend genannten Absenckzeiten:

- | | | |
|---------------|------------------------|--------------|
| - Außenhaupt | - Absenckbeginn | Februar 1985 |
| | Erreichen der Endtiefe | Juli 1985 |
| - Binnenhaupt | - Absenckbeginn | Mai 1985 |
| | Erreichen der Endtiefe | Oktober 1985 |

Nach dem Erreichen der Endtiefe wurden über sechs in die Senkkastendecke einbetonierte und während des Absenkens mit Flanschdeckeln versehene Rohrstützen DN 100 die Arbeitsräume mit Beton verfüllt.

Danach erfolgte der weitere Ausbau der Häupter:

- Aufbetonieren der Maschinenhäuser;
- Einbau und Justieren der Führungsschienen für die Hubschwenktore mit anschließendem Einbringen des Sekundärbetons in die großzügig bemessenen Aussparungen;
- Montage der Hubschwenktore sowie der maschinentechnischen und elektrotechnischen Ausrüstungen.

7.3. Druckluftgründungen für die Häupter der Westschleuse

Beim Neubau der Westschleuse konnten die an der Ostschleuse gesammelten Erfahrungen genutzt werden. Jede der beiden Schleusen hatte jedoch ihre bautechnischen und insbesondere ihre bautechnologischen Besonderheiten.

Der vorhandene Wehrgraben mit dem dreiteiligen Schützenwehr mußte voll funktionstüchtig bleiben. Der zwischen dem Wehr und der Schleuse befindliche Fischpaß war zu erhalten. Er konnte aber während der Bauzeit außer Betrieb genommen werden.

Auf der südöstlichen Seite der Schleuse durfte der Hochwasserschutzdeich zur Oder nicht in das Baugeschehen einbezogen und beschädigt werden. Die Bauarbeiten auf engstem Raum durchzuführen, erforderte von allen am Bau beteiligten Betrieben äußerste Disziplin und Rücksichtnahme.

Die Häupter und die Kammer der neuen Westschleuse wurden in die Kammer der alten Schleuse hineingebaut. Zur Herstellung der Aufstellenebene für die Senkkästen der Häupter und für die Schaffung der Rammebene zum Rammen der Kammerwände wurde die alte Schleusenammer von NN - 2,84 m bis NN + 3,50 m mit Erdstoff bis zur Höhe der alten Schleusenplattform verfüllt.

Das Planum der Aufstellenebene wurde mit einer neu entwickelten Lanze, auch im Grundwasserbereich, durch Vibration verdichtet.

An der Westschleuse sollte zum Niederbringen der Senkkästen erstmalig eine hydromechanische Erdstoffförderung angewendet werden. Die Arbeitsraumhöhe wurde hierfür mit 2,50 m bemessen.

Die erforderliche Dicke der Häuptersohlen, die gleichzeitig die Senkkastendecke darstellt, beträgt 2,00 m. Mit dieser Dicke war auch die Wirtschaftlichkeitsgrenze des Lehrgerüstes zur Aufnahme des Frischbetondruckes erreicht.

Die Grundrißfläche der Senkkästen beträgt $2,30 \times 12,70 \text{ m} = 258 \text{ m}^2$. Der Schneidenanlauf wurde im Ausführungsprojekt mit 0,10 m gewählt.

Der Absenkvorgang bei gleichzeitigem Einschalen und Betonieren der Seitenwände der Häupter sowie das gleichzeitige Rammen der Stahlspundbohlen für die Kammerwände erfolgte wie bei der Ostschleuse. Die Absenktiefe betrug 11,68 m (von NN + 3,50 m bis NN - 8,18 m). Es war von vornherein eingeplant, alte Gründungspfähle aus Stahlbeton auf der südöstlichen Kammerwandseite im Senkkasten zu beseitigen. Beim Durchfahren der Geschiebemergelschicht wurden die gleichen schwierigen Verhältnisse wie bei der Ostschleuse angetroffen.

Das Absenken des Außenhauptes im Abstand von 1,60 m neben der Gründung des Schützenwehres verlief ohne Probleme. Eine ständige vermessungstechnische Kontrolle bestätigte, daß keinerlei Bewegung am Bauwerk zu verzeichnen war.

Zur Überwindung der Absenkwiderstände mußte ab NN - 3,00 m Absenktiefe Ballast mit einem Gewicht von 11 600 kN zugegeben werden. Es wurden folgende Absenkzeiten erreicht:

- Binnenhaupt	- Absenkbeginn	Januar 1987
	Erreichen der Endtiefe	Juni 1987
- Außenhaupt	- Absenkbeginn	März 1987
	Erreichen der Endtiefe	Oktober 1987

Nach dem Erreichen der Endtiefe erfolgte die Verfüllung der Arbeitsräume und der weitere Ausbau der Häupter.

7.4. Besonderheiten während der Baudurchführung

Gegenseitige Beeinflussungen brachte der gleichzeitige Bau der Schleusenhäupter und der Schleusenammern mit sich.

Rammerschütterungen bei der Herstellung der Lehrgerüste für die Senkkästen und während des Betonier- und Abbindeprozesses können Schäden verursachen. Messungen der Bodenerschütterungen während des Rammens wurden durchgeführt.

Aus der Literatur ist bekannt, daß Rammerschütterungen, die während des Betonalters von 3 bis 14 Stunden auftreten, sich festigkeitsmindernd auswirken, wenn die Schwinggeschwindigkeit unter 20 mm/s liegt. Nach Erreichen einer Betondruckfestigkeit von 5 bis 6 N/mm² ist der junge Beton unempfindlich gegenüber Rammerschütterungen bis zu $\hat{v} = 100$ mm/s. Für die praktische Durchführung wurde vorgeschlagen, an das leere Schalungsgerüst bis maximal 4 m heranzurammen und als Sicherheit zu frisch betonierten Bauteilen bis einschließlich 5 Tage nach Abschluß der Betonschüttung mindestens 20 m einzuhalten.

Das Betreiben der Grundwasserabsenkungsanlage zur Trockenhaltung der Baugrube der Schleusenammer und die dazu parallel betriebene Abteufung der Senkkästen führte im nichtbindigen Lockergestein zu plötzlichem Druckabfall im Senkkasten am Binnenhaupt der Ostschleuse. Dabei übernahmen die Grundwasserbrunnen eine Art Ventilfunktion, sie versandeten stark und mußten neu ausgebaut werden.

Druckabfall unter ähnlichen Verhältnissen war während des Bodenaushubs aus der Schleusenammer im Nahbereich der Druckluftgründung der Häupter an der Ostschleuse aufgetreten.

In solcher Situation kann ein unbeabsichtigter Absenkvorgang eingeleitet werden, der eine unplanmäßige Schiefstellung und ein unkontrolliertes Abwandern des Senkkastens aus der Bauwerksachse bewirkt.

Die parallele Ausführung der Druckluftgründungen für die Schleusenhäupter und der Rammarbeiten für die Schleusenammern erforderten hohe Genauigkeit für die Paßfähigkeit beider Baukörper.

Besonders hohe Anforderungen wurden an die Geodäten für den Aufbau der Schalungen und für den Einbau der Stahlbauarmierungen, bei ständiger Bewegung und Schiefstellung der Senkkästen sowie für die lagemäßige Kontrollmessung gestellt.

Während des Baus der Westschleuse wurde zum Zerstören von Findlingen aus Granit im Senkkasten das Expansivmittel "Demolit" angewendet. Dadurch waren keine Arbeitsunterbrechungen wie beim Einsatz der sonst üblichen Sprengtechnik erforderlich.

8. Schlußbemerkungen

Mit diesem Beitrag sollten Voraussetzungen zur Projektierung und Baudurchführung sowie die Bautechnologie und die gewonnenen Erfahrungen beim Neubau der Ost- und der Westschleuse in Hohensaaten mit Druckluftgründungen doku-

mentiert werden. Weiterhin ist beabsichtigt, auf die vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten von Druckluftgründungen hinzuweisen. Bei hydrotechnischen Anlagen im nichtbindigen Lockergestein oder bei relativ flachen Gründungskörpern sind der Druckluftgründung aber auch Grenzen gesetzt.

Literatur.

- /1/ BERGIUS:
Die Eisenbetonkonstruktionen der Schleppzugschleusen bei Hohensaaten;
Beton und Eisen, XII. Jahrgang (1913), Heft 11, Seite 229 bis 232
- /2/ OSTMANN; KELL:
Die Verbesserung der Vorflut in der unteren Oder;
III. Bauwerke
Die Bautechnik, 16. Jahrgang (1938)
Heft 45, Seite 601 bis 603
Heft 50, Seite 677 bis 681
- /3/ KRUSE, F. W.:
Neubau der Staustufe Hohensaaten, ein Verbindungsglied zwischen
Oder und Elbe;
Mitteilungen der Forschungsanstalt für Schifffahrt, Wasser- und
Grundbau Berlin
Schriftenreihe Binnenschifffahrt, Heft 3 (1989)
Seite 75 bis 101
- /4/ Grundbautaschenbuch Bd. I, 2. Auflage 1966,
Verlag von Wilhelm Ernst und Sohn
- /5/ Druckluftgründungen,
Prospekt des VEB Bau- und Montagekombinat
Industrie- und Hafenbau
- /6/ ADLER, V.; BIEDERMANN, H.-J.:
Betontechnologie beim Bau der Schifffahrtsschleuse Hohensaaten;
Bauplanung/Bautechnik, 1986
Heft 3, Seite 114 bis 116
- /7/ PALLOKS, W.:
Neubau Ostschleuse Hohensaaten, Wirkung von Rammerschütterungen;
VEB Forschungsanstalt für Schifffahrt, Wasser- und Grundbau, Berlin
1986, (unveröffentlichter Bericht)
- /8/ ECKLER, H.-O.; KORTH, D.; MÜLLER, J.-U.:
Demolit, Expansivmittel zum Spalten spröder Werkstoffe;
Sonderheft 1987, VEB Autobahnkombinat,
Betrieb Verkehrsbau Berlin