



DIPLOMARBEIT



Entwicklung eines technischen Projekts für den Reversibeldruckstollen des PKWs “Yadenitsa”

Unter der Leitung von
Univ. Prof. Dipl.- Ing Viktor Tashev

Institut für konstruktiven Wasserbau,
Fakultät für Hydrotechnik,
UABG- Sofia

und

Univ. Prof. Dipl. – Ing. Dr.techn. Peter Tschernutter

Institut für Wasserbau und Ingenieurhydrologie,
Technische Universität Wien

Svetlin Grigorov Grigorov
Matr. Nr.

Sofia, 2014



Fakultät für Hydrotechnik

Diplomand: Svetlin Grigorov
Fachbereich: Wasserbau, Matr.N 692

Aufgabestellung Diplomarbeit

Entwicklung eines technischen Projekts für den Reversibeldruckstollen “Yadenitsa”

Man muss ein Projekt für den Reversibeldruckstollen “Yadenitsa” entwickeln, der ein Teil der Chema von der Volumvergrößerung der PSW “Chaira” ist. Der Stollen wird die schon existierte Speicher “Chaira” mit dem zukünftigen Speicher “Yadenitsa” verbunden.

Daten für Projektierung:

1. Ingenieurgeologische und Hydrogeologische Dateien für das Gebiet
2. Lageplan mit dem Grundausrüstung des PKW's
3. Schlüsselkurve von “Chaira” und “Yadenitsa”
4. Maximale Durchlässigkeit des Stollens $Q_{max} = 100 \text{ m}^3/\text{s}$, die von hydraulischen Untersuchungen definiert ist.
5. Ausbauwassermenge von PSW “Chaira”: Im Turbinenbetrieb - $144 \text{ m}^3/\text{s}$; im Pumpbetrieb - $120 \text{ m}^3/\text{s}$
6. Koten von Chaira: Stauziel - 1260.00 und Absenkziel - 1230.00

Zum Inhaltsverzeichnis:

1. Analyse der Baumethoden.
2. Bestimmung der Form des Querprofils.
3. Hydraulische Untersuchungen für die Bestimmung des Dauers des PSWs Chaira im Pump- und Turbinenbetrieb bei vollen Lasten.
4. Auswahl und Bemessung der Abstützung
5. Auswahl und Bemessung der Auskleidung.
6. Bauverfahrenstechnik des Druckstollens
7. Umweltschutzmaßnahmen.

Unter der Leitung von :

/Univ.Prof.Dipl.-Ing Viktor Tashev/

Leiter der Fakultät für Hydrotechnik:

/Univ.Prof.Dipl.-Ing D.Toshev/



Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	
1 Allgemeine Information über die WKW der Kaskade	
Belmeken-Sestrimo-Chaira.....	6
1.1 Ingenieurgeologie- und Hydrogeologie-Verhältnisse, die bei Druckstollenprojektierung Einwirkung haben	19
1.2 Ingenieurgeologie- und Hydrogeologie-Verhältnisse im Gebiet des projektierten Druckstollens	21
2 Analyse der Baumethoden. Vergleich der Baumethoden	24
2.1 Bohr-Spreng Methode	24
2.2 Maschineller Vortrieb	26
2.3 Vor – und Nachteile.....	29
3 Die Bestimmung der Form des Querschnittprofils.....	30
4 Hydraulische Untersuchungen für die Bestimmung des Dauers des PSWs Chaira im Pump- und Turbinenbetrieb bei vollen Lasten.....	32
5 Auswahl und Bemessung der Abstützung	54
5.1 Ermittlung des Gebirgsdrucks	54
5.1.1 Ermittlung des Gebirgsdrucks beim Festigkeitsbeiwert nach Protodiakonov $f < 4$	56
5.1.2 Ermittlung des Gebirgsdrucks beim Festigkeitsbeiwert nach Protodiakonov $f \geq 4$	56
5.2 Bemessung der Abstützung.....	57
5.2.1 Kombinierte Abstützung aus Spritzbeton und Anker (Gleitkeilanker und Kunstharzklebeanker)	57
5.2.2 Abstützung aus Spritzbeton (bewehrter und unbewehrter Spritzbeton).....	59
5.3 Auswahl der Abstützungsstruktur und Bemessung in jedem Abschnitt.	61



5.3.1	Typ 1	61
5.3.2	Typ 2	65
5.3.3	Typ 3	68
5.3.4	Typ 4	70
5.3.5	Typ 5	71
6	Auswahl und Bemessung der Auskleidung	72
6.1	Allgemeine Methode für das Auswahl u. Bemessung der Auskleidung.....	73
7	Bauverfahrenstechnik des Druckstollens.....	90
7.1	Ausbrucharbeiten.....	91
7.1.1	Bohr- und Sprengarbeiten.....	91
7.1.2	Maschiner Vortrieb mit Teilschnittmaschine (TSM)	99
7.2	Schutterung.....	105
7.3	Abstützkonstruktionen.....	109
7.3.1	Wasserhaltung.....	109
7.3.2	Spritzbetonarbeiten	110
7.3.3	Gleitkeilkeilanker.....	110
7.3.4	Kunstharzklebeanker.....	111
7.4	Auskleidungsarbeiten.....	113
7.4.1	Schalungsarbeiten	113
7.4.2	Bewehrungsarbeiten	113
7.4.3	Betonierung.....	114
8	Umweltschutzmaßnahmen.....	116
8.1	Bauzeit.....	116
8.1.1	Auswirkung auf die Luft.....	116
8.1.2	Auswirkung auf das Wasser	117
8.1.3	Auswirkung auf die Flora und die Fauna.....	117
8.1.4	Abfall	118
8.2	Betriebszeit.....	118



9	Beilage.....	120
	9.1 Auskleidung 1	120
	9.2 Auskleidung 2.....	123
	9.3 Auskleidung 3.....	126
	9.4 Auskleidung 4.....	129
	9.5 Auskleidung 5.....	132
	9.6 Auskleidung 6.....	135
	9.7 Auskleidung 7.....	138
	9.8 Auskleidung 8.....	141
	9.9 Auskleidung 9.....	144
	9.10 Auskleidung 10.....	147
	9.11 Auskleidung 11.....	150
	9.12 Auskleidung 12.....	153
	9.13 Auskleidung 13.....	156
	9.14 Auskleidung 14.....	159
	9.15 Auskleidung 15.....	162
	9.16 Auskleidung 16.....	165
	9.17 Auskleidung 17.....	168
	9.18 Auskleidung 18.....	171
	9.19 Auskleidung 19	174
	9.20 Auskleidung 20.....	177
	9.21 Auskleidung 21.....	180
	9.22 Auskleidung 22.....	183
	9.23 Auskleidung 23.....	186
	9.24 Auskleidung 24.....	189
	9.25 Auskleidung 25.....	192
	9.26 Auskleidung 26.....	195
	9.27 Auskleidung 27.....	198
	9.28 Auskleidung 28.....	201



Inhaltsverzeichnis der Figuren:

1.Abb. 1-1 Kaskade Belmeken-Sestrimo-Chaira	7
2.Abb. 1-2 Speicher "Belmeken"	8
3.Abb.1-3 "Stankovi baraki" Damm	9
4.Abb. 1-4 Momina Klisoura daily reservoir	10
5.Abb.1-5 Pumpspeicherwerk „Chaira“	12
6.Abb. 1-6 Grundriss vom PSW „Chaira“	14
7.Abb. 1-7 „Chaira“ Damm	15
8.Abb. 1-8 Längsschnitt vom Reversibeldruckstollen "Yadenitsa"	18
9.Fig.4.1 Speichernkurve von Chaira und Yadenitsa.....	32
10.Fig.7.1 Boomer M2 D на Atlas Copco mit zwei Bohrhammer COP 2238.	92
11.Fig.7.2 Technische Parametern von der Mohrmaschine.	96
12.Fig.7.3 Teilschnittmaschiene Roadheader MR 620.	100
13.Fig.7.4 Teilschnittmaschiene– technische Parametern.	102
14.Fig.7.5 Teilschnittmaschiene – ohne Bohrsystem.	103
15.Fig.7.6 Teilschnittmaschiene – Gabarite.	103
16.Fig7.7 Radlader Scooptram ST710	106
17.Fig 7.8 Radlader Scooptram ST710.....	107
18.Fig.7.9 Transportgerät Minetruck MT436B.....	108



Inhaltsverzeichnis der Tabellen:

Tabelle 1. Technisch-ökonomische Grundkennzeichen des Werkes der Kaskade „Belmeken-Sestrimo”	11
Table.2 Grundkennzeichen von Chaira.....	13
Tabelle.3 Prognostischen Angaben für die Festigkeit der Felsen.....	23
Tabelle.4 Volumen den Speichern Chaira und Yadenitsa.....	35
Tabelle.5 Eingangdaten für Modellierung.....	36
Tabelle.6 Rauheitsbeiwerts	36
Tabelle.7 Grundparametern für die hydraulische Untersuchungen.....	37
Tabelle.8 Ergebnisse von den hydraulischen Untersuchungen.....	38

1 Allgemeine Information über die WKW der Kaskade Belmeken-Sestrimo-Chaira

Im nordöstlichen Gebiet des höchsten bulgarischen Gebirges Rila, ungefähr 80 km südlich von Sofia entfernt, befindet sich der Fluß Kriva. Südlich, in der Nähe des Flußes Kriva, fließt der Fluß Yadenitsa- die natürliche Grenze zwischen den Gebirgen Rila und Rodopi. Die beiden Flüsse sind Nebenflüsse von Maritsa, die darin im westlichen Gebiet von der Ebene Gornotrakiisko pole einfließen.

Der Flußverlauf des Flußes Kriva ist durch ein großes Gefälle charakterisiert. In einem Teil mit der Länge von 10 km existiert ein natürliches Gefälle bis zu 1300m.

Die Energie des Flußes Kriva war der Hauptfaktor, der dieses Gebiet als Hauptgebiet der eigenständigen Eisenerzeugung im Mittelalter in Bulgarien verwandelte. Als Beweis dafür, kann man die folgende Entdeckung aufzählen: Überreste von vielen Schmieden.¹

Nach der Befreiung Bulgariens beginnt die bulgarische technische Intelligenz die gewaltige Bedeutung dieses Energiepotentials hoch zu schätzen. In den 30-iges Jahren des vorigen Jahrhunderts haben die größten bulgarischen Hydroingenieure- Prof. Radoslavov und Prof.Baidanov dieses Potential erforscht und haben einige Vorschläge für seine Weiterentwicklung gegeben.

Diese große Idee vereint die Anstrengung vieler Bulgaren. Als Ergebnis wurde das Projekt für Sestrimski Hydroenergetik Komplex- einer der größten in Europa – entwickelt.

Er besteht aus 3 Talsperren, 2 Tagesspeicher und 4 Kraftwerken, die im komplizierten Netz von Wasserfassungen, Kanälen, Druckstollen, Druckrohrleitungen verbunden sind.²

¹ Vgl.NEK EAD 2005, S.1

² Vgl.Ebenda., S.1

Der Aufbau der Kaskade ist eindrucksvoll mit der Größe der Baustelle und mit den Menschenressourcen. Die Ausführung der Bauarbeiten wurde mit vielen Schwierigkeiten, Kämpfen gegen die Naturgewalten und mit Heldentum begleitet.

Am Anfang des Komplexes befindet sich der Speicher "Belmeken", der auf der Kote 2000m liegt. Durch die gebauten 225 Wasserumfassungen und 240km Verbindungskanäle wird das Wasser dieses Gebietes von Rila umfassend (gesammel). Der obere Ausgleichspeicher Belmeken, Hauptfunktion des Speichers ist ein jährlicher Ausgleich des Gewässers von den drei Kraftwerken der Kaskade zu gewährleisten. Durch ungefähr 110 km gebaute Druckstollen und Kanäle wird das Wasser vom nördlichen und südlichen Gebiet Rilas in den Speicher geleitet.¹

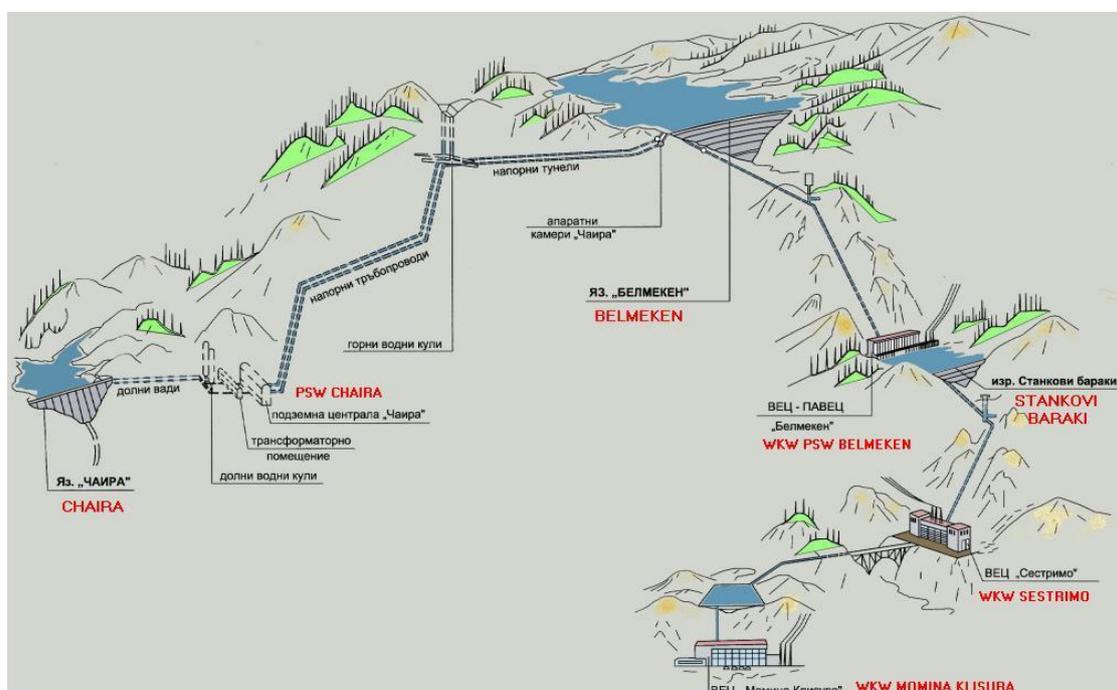


Abb. 1-1 Kaskade Belmeken-Sestrimo-Chaira²

Der Talsperre ist ein Steinschüttdam mit Lehmkern, mit einer Höhe von 98m, mit einer Länge der Krone von 725m, einem Nutzvolumen des Speichers von

¹ Vgl. NEK EAD 2007, S.4

² NEK EAD 2007, S.5

140 mln m³. Das größte PSW der Kaskade Belmeken arbeitet mit einer Leistung von 375 MW im Turbinenbetrieb und 104 MW im Pumpbetrieb. PSW Belmeken gewährleistet im Jahr eine durchschnittliche Stromerzeugung von ungefähr 290 GWh. Das Wasser vom Speicher Belmeken fließt zum WKW-PSW Belmeken durch Druckstollen mit einer Länge von 3 km und mit einem Radius von 4,00 m und durch die Druckrohrleitung mit einer Länge von 2180m.

WKW-PSW Belmeken ist die erste Stufe des hydrotechnischen Komplexes, dass im Jahre 1974 in Betrieb genommen wurde. Das WKW-PSW Belmeken ist mit 5 Synchronaggregaten ausgerüstet – “Pelton” Turbinen auf vertikaler Achse, die zu den Synchrongeneratoren mit einer gesamten Leistung von 375MWh gekuppelt sind, die von “ChKD Blansko” hergestellt werden. Zwei von den Aggregaten sind mit Pumpen verbunden, die während der Nacht ein Teil der verarbeiteten Wassermenge zurück zum dem Speicher Belmeken pumpen.¹

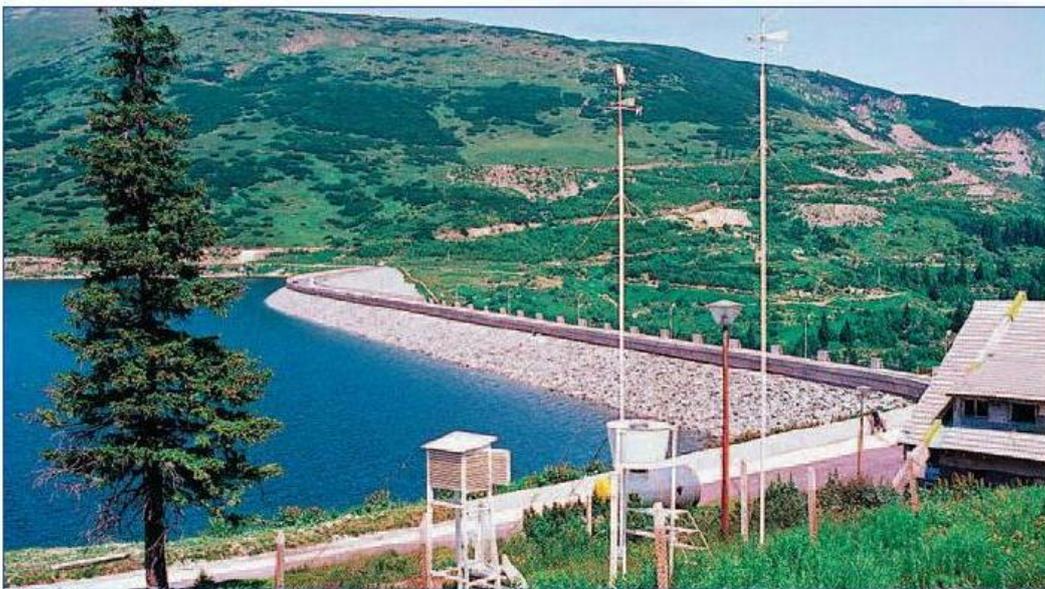


Abb. 1-2 Speicher “Belmeken“²

Das Wasser vom WKW-PSW Belmeken fließt in den Tagesspeicher “Stankovi baraki”, der sich in der Nähe von Belmeken befindet. In “Stankovi baraki” fließt auch zusätzlich das Wasser von dem zweiten Gürtel durch Sammlungskanäle, die auf Kote 1200m liegen. Das Nutzvolumen des Ausgleichspeichers ist 375 000 m³.

¹ Vgl.NEK EAD 2005, S.4

² NEK EAD 2007, S.5

Durch den Druchstollen und die Druckrohrleitung mit einer gesamten Länge von 5000m , erreicht das Wasser von dem Speicher "Stankovi baraki" das WKW "Sestrimo". Im Wasserkraftwerk sind zwei Aggregate eingebaut- "Pelton" Turbinen auf vertikaler Achse und zu den Synchrongeneratoren mit einer gesamten Leistung von 240MW gekuppelt, die auch von "ChKD Blansko" hergestellt wurden.¹



Abb.1-3 "Stankovi baraki" Damm²

Die Gewässer, die vom zweiten Werk verarbeitet werden, erreichen den Tagesspeicher der letzten Stufe der Kaskade- WKW "Momina Klisura" mit einem Volumen von 200 000 m³.

Die Gewässer erreichen den Zwischenspeicher durch den Triebwasserweg mit einer Länge von 3 km, der aus kurzem Stollen und einem offenen Kanal besteht. Im Werk sind 2 Aggregate eingebaut - Turbinen Typ "Francis" auf vertikaler Achse, die mit Synchrongeneratoren mit gesamter Leistung von 240MW gekuppelt sind, die in Bulgarien hergestellt wurden. WKW „Momina Klisura“ befindet sich 100 km

¹ Vgl.NEK EAD 2005, S.4

² NEK EAD 2007, S.12

südöstlich von der Hauptstadt Sofia.

WKW „Momina Klisura“ ist die letzte und dritte Stufe der Kaskade. Die durchschnittliche jährliche Spitzstromerzeugung ist 106 GWh.

Nach dem WKW „Momina Klisura“ erreicht das Wasser den „Speicher Piaschnik“- der Beginn des Meliorationssystems, das 60 00 ha von „Gornotrakiisko pole“ Feld bewässert.¹

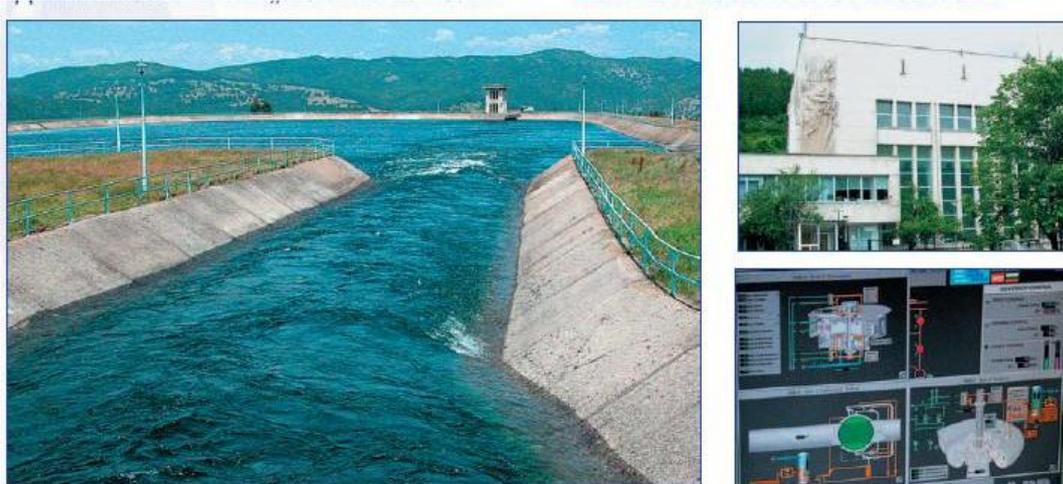


Abb. 1-4 „Momina Klisoura“ Tagesspeicher²

Auf diese Weise verwirklicht sich die Grundidee der Komplexnutzung des Wassers - einer der größten Schätze der Natur.

Die technisch-ökonomischen Grundkennzeichen des Werkes der Kaskade sind in der Tabelle 1 dargestellt.

¹ Vgl. NEK EAD 2005, S.4

² NEK EAD 2007, S.14

Nº	Parameter	Einheit	Belmeken WKW	Sestrimo WKW	Momina klisura WKW
1	Q-Ausbau Design discharge	m ³ /s	62,5	56,6	56,6
2	Mittel Nettofallhöhe Average net head	M	690,0	534,0	251,0
3	Leistung Installed capacity	MW	375,0	240,0	120,0
4	Mitteljährige Betrieb Mean annual hour usability	Stunden	1490,0	1790,0	1700,0
5	Aggregats Number of units	nos.	5	2	2
6	Mitteljährige Stromerzeugung Mean annual energy production	GWh	556,0	430,0	204,0

Tabelle 1. Technisch-ökonomische Grundparameter des Werkes der Kaskade „Belmeken-Sestrimo”.¹

Das WKW „Sestrimo” ist das zweitgrößte Werk der Kaskade. Die Leistung des Werks ist 240 MW. Hier sind die zwei von den kraftvollsten Turbinen in Bulgarien eingebaut, jede von beiden mit einer Leistung von 120 MW. Sie sichern im Jahr durchschnittlich 225 GWh Spitzstromerzeugung des Werks.

¹ Vgl. NEK EAD 2005, S.5

Die zweite Entwicklungsetappe für den Ausbau des Hydrokomplexes ist das Pumpspeicherwerk „Chaira“. Das PSW „Chaira“ ist ein unterirdisches Pumpspeicherwerk und es ist das neueste Werk der Kaskade. Mit seiner Leistung im Generatorbetrieb von 864 MW und im Pumpbetrieb von 788MW ist, das PSW „Chaira“ das größte in Südosteuropa. ¹



Abb.1-5 Pumpspeicherwerk „Chaira“²

Das PSW „Chaira“ hat die Möglichkeiten einer Optimierung des Systems der Basisproduktion im Atomkraftwerk und in den Wärmekraftwerken. Die topographischen Bedingungen des Gebiets und der hoch im Gebirge ausgebaute Speicher „Belmeken“ sind sehr gute Voraussetzungen für die Entwicklung der Idee ein PSW zu bauen.

Zwischen den beiden Speichern „Belmeken“ und „Chaira“ gibt es ein Gefälle von 700m. Der Speicher „Chaira“ dient zu Unterausgleicher des PSW's „Chaira“.

Das Werk ist mit 4 umkehrbaren Aggregaten „Toshiba“ ausgerüstet. Sie haben eine nominale Leistung von 216MW im Turbinenbetrieb und 197 MW im

¹ Vgl. NEK EAD 2005, S.6

² NEK EAD 2007, S.8

Pumpbetrieb. Die Durchschnittliche jährliche Spitzstromerzeugung des PKW's „Chaira“ ist 285 GWh.¹

Seit April 1995 sind das erste und das zweite Aggregat in Betrieb und seit August 1999 – das dritte und das vierte Aggregat. Damit ist die volle Leistung des PKW's „Chaira“ erreicht worden. Die Grunddaten sind in der Tabelle 2. dargestellt.

№	Parametern Beschreibung	Einheit	Turbine	Pumpe
	Parameter description	Unit	Turbine	Pump
1	Aggregates Number of units	nos.	4	4
2	Netto Fallhöhe/Net head			
	maxmale/maximum	m	676,8	704,0
	mittlere/normal	m	640,0	660,0
	minimale/minimum	m	578,0	613,4
3	Q max Maximum discharge	m ³ /s	36,0	29,5
4	Leistung/Capacity			
	maximale/ maximum	MW	216,0	196,9
	nominale/ rated	MW	200,0	186,2
5	Dauer des Betriebs Duration of plant operation limited by Chaira reservoir storage capacity	Stunde	8,5	10,7
6	Nominaler Umlauf Rated speed	rpm	600	600
7	Nominale Spannung Rated voltage	KV	19,0	19,0
8	Maximale Leistungsfähigkeit Maximum efficiency	%	90,6	90,1
9	Durchmesser des rades Diameter of runner	mm	3600	3600
10	Mitteljährige Erzeugung Mean annual energy production	GWh	1,18	-
11	Mitteljähriger Verbrauch Mean annual energy consumption	GWh	-	1,575

Table.2 Grunddaten von Chaira.²

¹ Vgl.NEK EAD 2005, S.7

² Vgl.NEK EAD 2005, S.7

Das erste Aggregat des PKW's wurde von „Toshiba“- Japan hergestellt und die anderen drei von den bulgarischen Werken „Vapzarov“ , „AD Pleven“ und „ELPROM“-ZMT- Sofia nach japanischer Dokumentation und Qualitätsüberwachung.

Der Maschinenraum des PSW's „Chaira“ befindet sich in einer unterirdischen Kaverne mit folgenden Größen: 111,5/22/43m.

In der zweiten Kaverne mit Abmessungen 96/13/20m, die parallel zu der ersten ist, sind 6 Monophasentransformatoren 19/400 kW montiert. Mit Hochspannungsleitungen, die durch den unterirdischen Stollen gehen, wird die Verbindung mit der offenen Verteilungsanlage 400kW verwirklicht und durch diese Anlage die Verbindung mit dem Netz des Landes hergestellt

Das Problem mit der Abstützung der beiden unterirdischen Kavernen wurde durch den Ausbau einer halbelastischen Abstützungsauskleidung gelöst. Sie besteht aus System mit langen, gespannten Litzenankern mit einer Kombination mit stahlbewehrtem Beton und kürzen Stahlankern. Diese Stützkonstruktion wurde in Bulgarien zum ersten Mal verwendet.

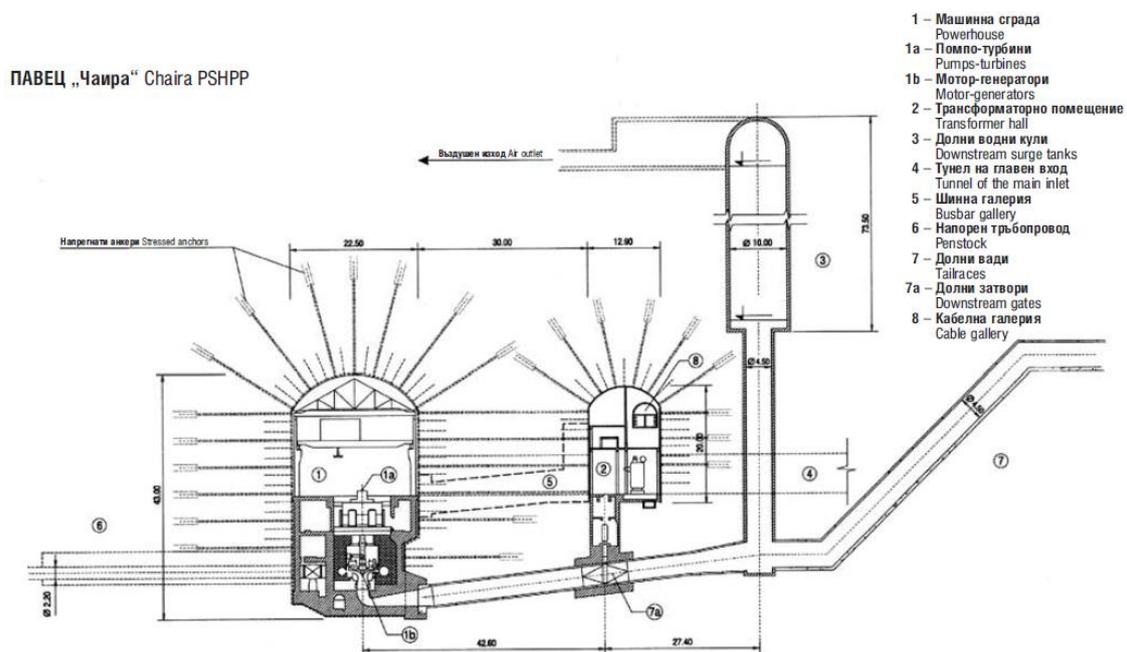


Abb. 1-6 Grundriss vom PSW „Chaira“¹

¹ NEK EAD 2005, S.6

Das Wasser von „Belmeken“ kommt zum Werk durch 2 verschiedene Wege. Jeder Weg besteht aus einem Druckstollen mit einer Länge von 2600m und einem Radius von 2,1m und einer unterirdischen Druckrohrleitung mit einer Länge von 1800m und einem Radius von 2,20/2,10. Die Druckrohrleitungen sind aus Stahl hergestellt und sind im unterirdischen zuvor aufgefahrene Stollen einbetoniert. Die Druckrohrleitungen sind so bemessen, dass sie selbst den Wasserdruck übernehmen können und auch durch die Mitwirkung des Gebirges. Im Gebiet, wo der Wasserdruck maximal ist, sind die Druckrohrleitungen aus hochfestigem Stahl „Sumiten“ hergestellt.

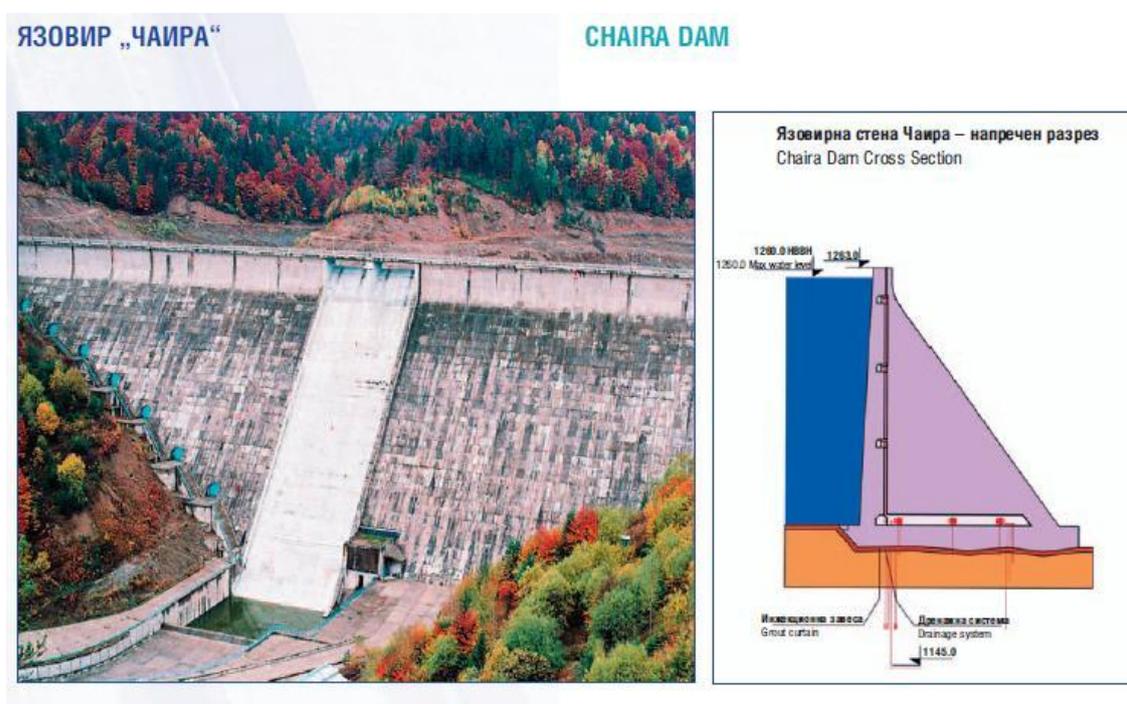


Abb. 1-7 „Chaira“ Damm¹

Danach fließt das Wasser in den unteren Ausgleichspeicher „Chaira“ durch zwei Druckstollen, jede von den beiden mit einer Länge von 1000m und einem Radius von 2,25m, die mit Wasserentnahme enden. Die Betontalsperre hat eine

¹ NEK EAD 2007, S.10

Höhe von 86m und eine Länge der Talsperrenkrone von 305m und das Volumen des Speichers ist 4,4 Mio.m³

Es ist ein Überwachungsmesssystem im den beiden unterirdischen Kavernen vorhanden . Auf diese Weise kann man den Spannungszustand und den Deformationszustand des Felsens während des Auffahrens, der Abstützung und der ganzen Exploitationsperiode überwachen.

Mit seiner hohen Regelfähigkeit und Schnelligkeit des Wechsels hat PSW „Chaira“ eine fundamentale Bedeutung für die Steuerung und Sicherheit des Energiesystems in Bulgarien.

Das PKW „Chaira“ hat eine zusätzliche Möglichkeit für die Optimierung des Betriebs der Grundlast im AKW und WKW und verbessert die folgende sehr wichtige technische Eigenschaften des bulgarischen Stromsystems in Bulgarien :

-Die Flexibilität bei der Steuerung der Regime in vierundzwanzigstündigen und wöchentlichen Zeitabschnitten

-Die Regelfähigkeit bei dem Ersatz von ausgefallenen großen Generatorsleistungen. Diese Regelfähigkeit erhöht die Leistungen bis zu den technischen Anforderungen der westeuropäischen Energiesysteme.¹

Die Garantie der sicheren, ungefährlichen und wirtschaftlichen Stromversorgung bei maximalen zulässigen Grenzen der Änderung der Stromfrequenz und der Stromspannung als Grundprinzip des Stromversorgungssystems.

Für die Erhöhung der Energiepotentiale des Komplexes wird man den Speicher „Yadenitsa“ ausbauen, der durch einen Druckstollen mit dem unteren Speicher des PSW´s „Chaira“ verbunden werden soll.

¹ Vgl.NEK EAD 2005, S.11

Mit dem Ausbau dieses Speichers, wird das gesamte Volumen des unteren Speichers des PSW's „Chaira“ beträchtlich vergrößert. Der Ausbau gibt die Möglichkeit die Zeit für eine kontinuierliche Arbeit des PKW's „Chaira“ im Generatorbetrieb in der vollen Leistung vielfach zu vergrößern.

Aufgrund der technisch-wirtschaftlichen Effektivität des Aufbaus von „Yadenitsa“ werden folgende Vorteile gesichert:

-Eine Umwandlung des PSW's „Chaira“ vom täglichen zum wöchentlichen Speichersystem und die Möglichkeit für qualitative und quantitative Verbesserungen der Steuerung des Stromversorgungssystems.

-Eine vollwertigere Nutzung der Leistung des Werks als schnelle und zuverlässige Notreserve des Stromversorgungssystems.¹

Die Bedeutung des Speichers „Yadenitsa“ kann man in der Zukunft vergrößern. Durch den Ausbau von neuen Sammeltriebwasserwegen wird jährlich eine Wassermenge mit einem Volumen von 50 Mio.m³ zusätzlich von „Yadenitsa“ nach „Belmeken“ gebracht.

Gemäß der letzten Projektuntersuchungen muss „Yadenitsa“ die folgenden Grundlagen umfassen²:

1. Der Speicher „Yadenitsa“:

-Höhe der Talsperre – 109,15m

-Länge der Krone – 315 m

-Volumen des Speichers – 9,00 Mio.m³

2. Reversibel betriebener Druckstollen, zur Verbindung der beiden Speicher.
Grundparameter:

-Länge des Druckstollens – 6750m

-Durchmesser des Druckstollens – 6,00m

¹ Vgl.NEK EAD 2005, S.12

² Vgl.NEK EAD 2005, S.14

Язовир „Чаира“ и язовир „Яденица“, надлъжен профил – тунел
Chaira Dam and Yadenitsa Dam, Longitudinal Profile – Tunnel

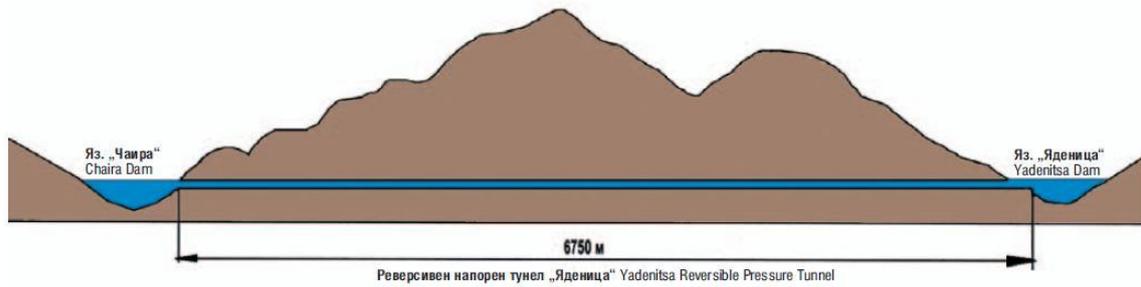


Abb. 1-8 Längsschnitt des reversibel betriebenen Druckstollen “Yadenitsa”¹

¹ NEK EAD 2007, S.11

1.1 Ingenieur-geologische und hydrogeologische Verhältnisse, die bei der Druckstollenprojektierung Auswirkung zu kommen.

Die ingenieur-geologischen Faktoren bestimmen auch die Voraussetzungen, die wesentlich von der Umgebung abhängig sind. Für einen Tunnel ist das die oberflächennahe Zone. Sehr wichtig sind die ingenieur-geologischen, hydrogeologischen und gesteinskundlichen Prospektierung. Die komplizierte Struktur der Erdrinde benötigt erweiterte Forschungsarbeiten, die eine geologische Prognose darstellen. Sie beruht auf geologische Besichtigung, Laboruntersuchungen, Forschungen des Gebirgsmassivs mittels Bohrungen, Probeinjektionen. Während der Bauarbeiten wird eine geologische Kartierung der wirklichen ingenieur-geologischen und hydrogeologischen Verhältnisse vorgenommen. Die Gegenüberstellung der Prognose der Kartierung ermöglicht die Verbesserung der Methodik der geologischen Prognostizierung.¹

Andere Faktoren und Gesteinsarten:

- Feste Gesteine – die günstigsten für den Tunnelbau, ausgenommen Karstgesteine.
- Karstkalksteine – sie können bei den Druckanlagen wesentlich verformt werden. An den Verkleidungen des Tunnels können Risse entstehen, welche zu gravierenden Verlusten führen.
- Pseudofeste Gesteine – sie verursachen auch Bauprobleme. Die Mergelgesteine zerfallen in der feuchten Umgebung. Ähnlich ist die Lage auch bei den plastischen Felsen (Felsen mit lehmigen Einschlüssen).
- Lockere Gesteine mit Sedimentherkunft. Bei ihnen bestehen keine Probleme, wenn sie festgebunden sind. Aber wenn sie nicht festgebunden sind oder deren Wassergehalt hoch ist, schaffen sie Probleme bei ihrer Verwendung.

¹ Vgl.Georgiev 2004, S.

-Schwer zu überwinden sind die tektonisch gestörten Zonen, Brüche und Verwerfungen wegen des reichlichen Wasserzustromes durch die Klüfte. Eine große Rolle spielt auch die Richtung der Schichtung der Gesteine. Die Schichtung und die Klüftigkeit beeinflussen die Form des unterirdischen Aushubes.

- Das Vorhandensein vom Grundwasser verursacht große Probleme. Manchmal kann es unter Druck stehen.

- Je nach chemischer Zusammensetzung des Grundwassers kann es aggressiv gegenüber dem Beton sein. Besonders betonaggressiv ist das Wasser mit einer Härte niedriger als 7 Grad deutscher Härte, enthaltend aktive Kohlensäure, sowie organische Säuren u.a.

- Die Temperatur in einem Gebirgsmassiv steigt mit zunehmender Tiefe. Bei Temperaturen höher als 25 °C erschwert dies wesentlich die auszuführenden Arbeiten. Es können Fehler, Verspätungen und andere Probleme durch das Personal auftreten.¹

¹ Vgl. Georgiev 2004, S.

1.2 Ingenieur-geologische und hydrogeologische Verhältnisse im Gebiet des projektierten Druckstollens.¹

Das in Betracht gezogene Gebiet umfasst einen Teil der Rila-Rhodopen – Gebirgserhebung. Das Gesteinmassiv besteht aus paleozischen Gesteinen – Biotiten, amphibolbiotithen Granit im Übergang, bis aplit-pegmatoiden Granit und Granodioriten. Im Gebiet der Anlagen gibt es überwiegend mittlere bis grobkörnige Biotiten- Granite.

Nach Angaben des „Ingenieur-geologischen Berichtes“, sind im untersuchten Bereich tektonische Störungen festgestellt worden, die vorwiegend von tektonischen Bruchzonen vertreten werden. Diese Bruchzonen besitzen eine eingeschränkte Mächtigkeit ihrer Oberfläche. Diese Mächtigkeit steigt mit der Tiefe bis mylonites Zerreiben. Sie enthalten Lehm in der Oberflächenschicht bis 3 m. Mit der zunehmenden Tiefe enthalten sie Lehm, der aus Staub, Sand und Felsstücken besteht.

Die Gesteine sind als Ganzes bis 20 m Tiefe stark zerklüftet. Sie sind bis 55 m Tiefe stark bis mittelgradig zerklüftet und bis 80 m Tiefe mittelgradig bis schwach zerklüftet. In einer Tiefe unter 21 m sind die Gesteine vorwiegend tektonisch beeinflusst, aber ihre Ursprungsform ist deutlich ausgedrückt.

Kennzeichnend ist die komplizierte tektonische Struktur. Das charakterische Merkmal ist die Blockgliederung infolge mehrmalig eingetretenen Bruchbewegungen. Die Bruchstrukturen haben an manchen Stellen den Charakter der Verwerfungen oder Zonen der Mylonitisation und der myloniten-kataklasen Zonen mit unterschiedlicher Raumentwicklung. In tektonischer Hinsicht liegt das Gebiet in der Yadenitsa-Dislokation, die eine gebogene Zone zieht. Diese Zone liegt parallel zum Tal und ist von 250 bis 500 m breit. Sie wird als mylonite- kataklase Zone mit einer Neigung von 20-30° definiert.

Die festgestellten tektonischen Zonen, die ein Ergebnis der haupttektonischen Erscheinungen im Gebiet sind, kennzeichnen sich mit starker Zerkleinern bis

¹ Vgl. Tashev 2010

mylonites Zermahlen mit Lehm. Ihre Dicke variiert mit der Veränderung der Tiefe (0.3 - 1.50 m). Es gibt eine Kleinblöckenzerklüftung des Gesteins bis 3-4 m. Nach Raumlage und Mächtigkeit werden sie in Hauptssysteme gruppiert.

In Verbindung mit der tektonischen Bearbeitung der Gesteine und der ursprünglichen Zerklüftung wurden folgende Hauptssysteme von Klüftgrößen definiert:

- 1. System: Ausdehnung 80°-100°, Richtung 350°-10°, Neigung 15°-30°, 7-8 Stk./m'.
- 2. System: Ausdehnung 65°-80°, Richtung 335°-350°, Neigung 75°-85°, 5-6 Stk./m'.
- 3. System: Ausdehnung 65°-100°, Richtung 155°-190°, Neigung 65°-85°, 3-4 Stk./m'.
- 4. System: Ausdehnung 170°-190°, Richtung 80°-100°, Neigung 80°-85°, 2-3 Stk./m'.
- 5. System: Ausdehnung 20°-40°, Richtung 290°-310°, Neigung 60°-80°, 1-2 Stk./m'.

In hydrogeologischer Hinsicht wird der Zustand des Gesteinmassivs hauptsächlich vom Vorhandensein von Wasser in den Klüften bestimmt. Die gemessenen Wasserspiegel in den Erkundungsbohrlöchern liegen in den Tiefen zwischen 35 und 70 m und befinden sich am Rande der schwächeren Zerklüftung des Gesteinmassivs. Das Wasser in den Klüften ist von Niederschlägen und dem Schneeschmelzen abhängig. Sie werden in Tiefe in Richtung zu den niedrigen Koten des Tales dräniert. Wenn das Wasser die tektonische Zonen überquert, die Lehm enthalten, entstehen Voraussetzungen für "konzentriertes" Fließen. Wegen der niedrigen Wasserdurchlässigkeit des Lehms in den tektonischen Verwerfungen, werden die Wasserspiegel in unterschiedlichen Koten in Abhängigkeit von Jahreszeiten und atmosphärischen Bedingungen erwartet.

Praktisch sind keine wasserdichten Gesteine in Tiefen bis 80 m in Bereichen außerhalb der myloniten Zonen erreicht.

Prognostischen Angaben für die Festigkeit und Verwässerung der Felsen im Längsschnitt.¹ Werden in der folgenden Tabelle dargestellt:

¹ Vgl. Tashev 2010

Abstützungsart	km	f _{np.}	K _o (N/cm ³)	Art des Aushubs	Wasserzustrom (l/s)
2	0+120	4	2000-3000	V-20%; VI-VII-40%; VII-IX-40%	
1	0+180	2	1000	V-60%; VI-40%	bis 0.5-1.5
	0+560	4	2000-3000	V-20%; VII-60%; VIII-20%	
3	0+600	1	1000	V	bis 0.5-1.5
	0+940	4	2000-3000	V-20%; VII-60%; VIII-20%	
	0+960	1	500-1000	V	bis 0.5-1.5
	1+800	4	2000-3000	VI-VII	
4	2+700	6	4000-5000	VIII	
5	3+600	8	6000-8000	IX-X
	3+920	4	2000-3000	VI-VII	
	3+980	2	1000	V-60%; VI-40%	
	4+200	4	2000-3000	VI-VII	
	4+700	6	4000-5000	VIII	
	5+260	8	6000-8000	IX-X
	5+680	6	4000-5000	VIII	
	6+140	4	2000-3000	VI-VII	
	6+170	2	1000	V-60%; VI-40%	
	6+350	4	2000-3000	VI-VII	
	6+480	6	4000-5000	VIII	
	6+530	4	2000-3000	V-20%; VI-VII-40%; VII-IX-40%	
	6+540	1	500	V	bis 0.5-1.5
	6+560	4	2000-3000	VI-VII	
	6+600	1	500-1000	V	bis 0.5-1.5
	6+630	4	2000-3000	V-20%; VII-60%; VIII-20%	
	6+640	1	1000	V	bis 0.5-1.5
	6+670	4	2000-3000	V-20%; VII-60%; VIII-20%	
	6+680	1	1000	V-60%; VI-40%	bis 0.5-1.5
	6+750	4	2000-3000	V-20%; VI-VII-40%; VII-IX-40%	

Tabelle.3 Prognostischen Angaben für die Festigkeit der Felsen.¹

¹ Tashev 2010

2. Analyse der Baumethoden, vergleich der Baumethoden.

2.1. Bohr-Spreng Methode wird bei Gesteinen mit guten Festigkeitskennzahlen angewandt. Die Bauarbeiten fassen die folgenden Aufgaben: Bohrung des Sprengloches, Ladung des Loches mit Sprengstoff und Zünden. Die Bohrung des Loches wird durch einen Gesteinsbohrhammer ausgeführt. Es können dies elektrisch, pneumatisch oder hydraulisch angetriebene Handbohrmaschinen, Teleskopbohrmaschinen, Schlagbohrmaschinen und Drehbohrmaschinen sein.¹

Die Leistung der Bohrmaschine ist von dem Bohrmaschinenluftdruck, von der Bohrmaschinenmasse, von dem Druck des Bohrers im Lochboden abhängig. Für Druckstollen mit größerem Querschnitt werden Bohrmaschinen der folgenden Art verwendet:

- auf Schienenlinien sich bewegende
- auf Kettengang
- auf pneumatischen Gang mit 2 Bohrern
- auf pneumatischen Gang mit 2 Bohrern und 2 Bedienungsplattformen.

Ihre Leistung ist 5-10 mal größer als die Handbohrmaschine.

Sprengarbeiten: Die festen Gesteine werden mit der Hilfe der Sprengstoffe gelöst. Die Sprengstoffe sind chemische Verbindungen oder Mischungen (Gemische), die bei der Zündung eine große Menge von Gasen mit einer Zerstörungswirkung freisetzen. Diese Wirkung nennt man Explosion. Von dem Volumen des entstehenden Gases hängt die Arbeitsfähigkeit ab und von der Geschwindigkeit - die Zerlegung.

Die Sprengstoffe sind:

- Initierende-Quecksilber, Bleiacid
- Metallsprengstoffe – Schießpulver und Sprengstoff

¹ Vgl. Georgiev 2004

-Zersplitterungssprengstoffe – Nitroglyzerin, Trotil und andere

Sprengstoffe nach der Form sind:

- plastische
- pulverförmige
- emulsive
- körnchenförmige

Ammonit ist ein feinkristallines Pulver (schwarz, gelb, braun oder rot). Es ist nicht empfindlich gegen Schlag oder Erschütterung. Es ist nicht leicht entzündbar. Diese sind die Vorteile, allerdings gibt es auch Nachteile, wie ihre Hygroskopizität.

Dynamit ist ein plastischer Geleestoff,der fettig bei der Berührung ist. Die Farbe des Dynamites ist von weißgelb bis graubraun. Das Dynamit hat gute Wasserdichtigkeit, große Geschwindigkeit und Zersplitterung, aber es ist leichter zündbar.

Die Zündung des Sprengstoffes wird elektrisch ausgeführt,da andere Methoden im Tunnelbau verboten sind. Zum Beispiel : die Feuerzündung . Die Zündung der Ladung des Sprengstoffes kann man auch mit Hilfe der Detonationsschnur ausführen.

Die Vorteile sind :

- Eine sehr schnelle Zündung vieler Ladungen
- Eine Verminderung der Gefahr

2.2. Maschinellem Vortrieb: Die sprenglose Bauweise für die Ausführung des unterirdischen Aushubs wird bei widerstandsfähigen und auch bei weniger widerstandsfähigen Fels verwendet. Die Mechanisierung hat charakteristische Besonderheiten und wird so gewählt, dass sie von den selben Kriterien abhängig ist.¹

Die Grundanforderung bei dem Fahren durch widerstandsfähigen Boden ist die Verhütung des Bruches und das Eindringen der lockeren oder nassen Gesteine in den Ausbruch. Das erfordert den Aufbau der endgültigen unterirdischen Konstruktion, die geeignet ist, die Lasten von dem Gebirgsdruck sofort nach dem Ausbruch aufnehmen zu können. Die Methoden, die häufig angewendet werden, sind²:

- Die Messermethode- bei dem Mangel der spezifischen Sondermechanisierung;

- Die Stützbögenmethode- eine Abart der Messermethode;

- Die Schildbenutzung bei den unterirdischen Aushuben in feuchtem Terrain, im Arbeitsraum wird ein Luftdruck erzeugt, der den Wasserdruck in Gleichgewicht bringt. Auf diese Weise verhindert man das unterirdische Wassereindringen in den Aushub.

- Die Benutzung des Ausbruchschildes – wenn das Abgraben und das Aufladen mechanisiert werden, kann der Fortschritt bei Schildbenutzung sich rasch erhöhen und nämlich die Mechanisierungsschildbenutzung. Es gibt verschiedene Arten von Schildern mit verschiedenen Grabungsorganen. Bei den weit verbreiteten Schildern (TBM), wird durch das drehende Schild mit festlegierenden Schneidezähnen der Aushub ausgeführt. Die Erdmassen fallen auf die Kübelchen am Scheiberand und bei der Drehung der Scheibe fallen sie dann auf das Transportband heraus. Die Erdmassen werden von diesem Transportband auf das Transportfahrzeug aufgeladen. Eine andere Möglichkeit für die Mechanisierung der Aushubarbeiten ist der Schild mit mechanischen Kübelchen, die so geordnet sind,

¹ Vgl. Georgiev 2004, S.376

² Ebenda.

dass sie den Vollprofil bedienen. Der Mechanisierungsschild bewegt sich normalerweise mit hydraulischen Pressen, die auf schon ausgeführte Auskleidung wirken (funktionieren).

Wenn wir die Aushubarbeiten betrachten, erwecken der Aushub im Felsgestein besonderes Interesse. Bei ihnen werden immer öfter die Teilschnittmaschinen (TSM) benutzt, die den Tunnel im Vollprofil oder Schnitt vor Schnitt fräsen. Die Teilschnittmaschinen, die im Vollprofil arbeiten, sind eine Weiterentwicklung des Mechanisierungsschilds. Das Felsgestein wird durch Rollen zerstört, die sich auf der rotierenden Scheibe befinden. Die Scheibe wird sich in Bewegung von Elektroantrieb setzen. Die zerstörte Felsmasse fällt auf Stahlrohr, dann auf das Transportband, das sich unter der Maschine befindet und wird nachdem ins Transportfahrzeug geladen. Die Teilschnittmaschinen werden normalerweise von einem Maschinisten und einem Helfer geführt, für den eine Lärmschutzkabine vorausgesehen ist. Von dieser Kabine werden alle Geräte gesteuert und das notwendige Niveau und die Richtung mit der Hilfe von hydraulischen Pressen und einer Laseranlage gehalten.¹

Die Teilschnittmaschinen bestehen aus einem Fräskopf auf der Teleskopachse, die sich mit der Hilfe eines Gelenks vertikal oder horizontal durch die hydraulischen Zylinder bewegt.

Die Teilschnittmaschine mit Fräskopf kann den Querschnitt horizontal und vertikal in Abhängigkeit von den Felseigenschaften fräsen. Aber bei dem Fräsen wird im Tunnel viel Staub sein, deshalb wird ein Druckwassersystem an der Teilschnittmaschine montiert. Das Druckwasser wird durch die Fräsköpfe geführt.

Die Teilschnittmaschinen mit Fräskopf können bei Druckstollen mit beliebiger Form und Größe des Querschnitts benutzt werden, auch bei vielfältigeren Ingenieur-geologischen Verhältnissen.Einem solchen Fall haben wir bei dem "Yadenitsa" Druckstollen.

¹ Vgl. Georgiev 2004, S.379

Ein besonders wichtiges Problem bei der Arbeit der Teilschnittmaschinen ist die Gestaltung der Fräse bzw. des Ausbruchgerätes und seine Abnutzeigenschaften. Es ist sehr wichtig, dass sie den Fels so zerstören, damit die Transportfahrzeuge den zerstörten Fels leicht transportieren können. Der Bruch des Felsens hat noch eine Aufgabe, die niedrigen Kosten für 1m³ Aushubmaterial ist.

Die Produktivität der Teilschnittmaschinen, die im Vollprofil arbeiten, ist von vielen Faktoren abhängig. Das Wichtigste sind die Ingenieur-geologischen Verhältnisse und die Größe des Ausbruchquerschnittes. Die technische Produktivität der Teilschnittmaschinen, die im Vollprofil arbeiten, kann man durch die Gesetze und **Formeln auf Seite 384 der Leitung "Hydrotechnische Tunnels" von Lyibomir Georgiev, 2004 bestimmen. Man betrachte die Formel 18.1¹, die Tabelle 18.1² und die Figur 18.12.³**

¹ Georgiev 2004, S.384

² Ebenda.

³ Ebenda.

2.3. Vor – und Nachteile:

Die Vorteile des maschinellen Vortriebs bestehen vor allem darin, dass der Bruch des Felsens um den unterirdischen Aushub verhindern wird. Als Ergebnis dafür wird die natürliche Stabilität des Massivs bewahrt und daher der niedrigere Gebirgsdruck. Auf diese Weise werden die Abstützungen weniger und die Auskleidung dünner .

Kleinere Bedeutung auf die Kosten des Druckstollens hat auch die Verringerung der zusätzlichen Aushubmengen, auf Kosten der relativ glatten Felsoberflächen, sowie aufs notwendige Spritzbeton.

Der größte Vorteil der Teilschnittmaschine ist die Erhöhung der Vortriebsleistung im Vergleich zur Arbeit mit Sprengstoffen und eine Reduzierung der Menschenressourcen. Auf diese Weise arbeiten die Menschen bei besseren Umgebungsbedingungen.

Die so vorgestellten Vorteile des maschinellen Vortriebs führen zu niedrigeren Kosten von 1 Meter fertiges Tunnels, besonders wenn der Tunnel früher in Betrieb genommen wird,dann werden die Einnahmen steigern .

Die Teilschnittmaschinen haben auch einige Nachteile. Die sind mehr bei Maschinen, die im Vollprofil arbeiten. Sie könnten bei wenig veränderten Ingenieur-Geologieschen Verhältnisse, für die sie konstruiert werden, angewandt werden. Die Abstützung in nicht bindigen Boden ist schwierig. Das Felsmassiv wird von der Verkeilung der Maschinen zerstört.Es ist auch sehr wichtig zu sagen, dass der Preis der Maschinen, die im Vollprofil arbeiten, sehr hoch ist. Des Preis ist 3-4 mal größer als die Maschinen mit Fräsekopf. Die Teilschnittmaschinen mit Fräsekopf haben wenige Nachteile.Als Beispiel können wir die reiche Tunnelsverstaubung erwähnen, die sich durch die ganze Länge des Tunnels entsteht, falls keine Staubsauganlage dabei ist. Beim Lehmboden ist sehr schwer mit solcher Maschine zu arbeiten, weil ihre Fräse mit Lehm geklebt werden.

Als Fazit können wir erwähnen, dass die Teilschnittmaschinen mit Fräsekopf universeller sind, die noch in Entwicklungsprozess sind.

3. Die Bestimmung der Form des Querschnittsprofils.

Die maximalen Größen der hydrotechnischen Druckstollen sind nicht begrenzt. Es gibt Aushube mit einem Querschnitt von 400m² und mit einer Länge von 4,5 km. Die minimalen Größen des Querschnitts werden von den Produktionsbedingungen und von der Kontrolle der Sicherheits- und Gesundheitsmaßnahmen begrenzt. Zwischen den maximalen Größen der gebrauchten Mechanisation und Innenkonturen des Stollens muss man 0,70m für die Menschenbewegung gewährleisten. Zwischen den anderen drei Seiten - 0,20m. Die minimale Breite und Höhe des Querschnitts kann man mit Hilfe **der Bezeichnungen auf Seite 67, Fig.3.13 der Leitung "Hydrotechnischen Tunnels" von Lyibomir Georgiev, 2004** bestimmen.¹

Der Querschnitt bei den Druckstollen hat Kreisform. Bei kleinerem Wasserdruck gibt es Druckstollen mit Horizontalboden. Der projektierte Druckstollen ist mit klassischer Kreisform. Der Durchmesser ist so gewählt, dass er die Anforderung für die maximale Durchlässigkeit=100m³/s befriedigt. Diese Durchlässigkeit ist in der Aufgabestellung vorgegeben. Bei hydraulischer Bemessung ist der Grundprinzip der Wassergleichbewegungsgesetz angewendet.

Die Wassergeschwindigkeit im Druckstollen bei der maximalen Wassermenge ist normalerweise zwischen 2,5 und 4,5 m/s. Das ist das optimale Wert, das sich bei dem wirtschaftlich vorteilhaften Durchmesser abgeleitet wird. Die Wassergeschwindigkeit muss zwischen den Verschiebungsgeschwindigkeit und den maximalen (kritischen) Geschwindigkeit, die von der Auskleidungsart abhängig sind, sein.²

Bei den oben dargelegten Bedingungen und Ziele, der Wahl der Größe und Form des Querschnitts von reversibel Druckstollen Yadenitsa wird von der Größe der gewählten Mechanisation und der Bedingung für eine maximale Durchlässigkeit

¹ Vgl. Georgiev 2004, S.67

² Vgl. Georgiev 2004, S.68

3. Bestimmung der Form des Querschnittsprofils.

des Druckstollens bestimmt und sind wie folgt : Durchmesser des Aushubschnitts von 6,92m und ein Durchmesser des Stollens von 6,00m .

4. Hydraulische Untersuchungen für die Bestimmung der Dauer des PSW's Chaira im Pump- und Turbinenbetrieb bei vollen Lasten.

Der reversible Druckstollen Yadenitsa dient zur Verbindung zwischen den Speichern Chaira und Yadenitsa. Diese zwei Speicher arbeiten auf dem Prinzip der kommunizierenden Gefäße. Die beiden Speicher fungieren auch als unterer Ausgleich des PW's Chaira. Die Verbindung der Speicher führt zu mehrmaligen Gesamtvolumenvergrößerung des unteren Ausgleichsbeckens und ebenso für die Zeit der Arbeit der Zentrale und entsprechend die erzeugende Elektroenergie.

Die Zeit für die Arbeit des Aggregates des PW's Chaira im Pump- und Turbinenbetrieb hängt von der Durchlässigkeit des Druckstollens Yadenitsa und entsprechend von der Zeit für das Füllen und das Entleeren des unteren Ausgleichers des PW's ab. Für die Bestimmung der Durchlässigkeit des Stollens werden hydraulischen Untersuchungen durchgeführt, bei denen die instationären hydraulischen Prozesse als quasistationäre approximiert werden.

Bei normalen Bedingungen wird der Stollen als Druckstollen dienen und im hydraulischen Sinn kann er als lange Wasserleitung berücksichtigt werden. Dann kann die Wassermenge, die durch den Stollen geht, so berechnet werden:

$$Q = \mu A \sqrt{2g\Delta h} = \frac{1}{\sqrt{\xi_{\text{Laenge}} + \sum \xi_{\text{Örtliche}}}} A \sqrt{2g\Delta h} \quad [\text{m}^3 / \text{s}] \quad [4]$$

Wo:

- μ - Beiwert
- A - Querschnittsfläche
- Δh - Fallhöhe, Abstand zwischen den beiden Wasserniveaus in den Speichern.
- ξ_{Laenge} - Längsverlustbeiwert
- $\sum \xi_{\text{Örtliche}}$ - Summen - verlustbeiwert für örtliche Verluste

$$\xi_{\text{Laenge}} = \lambda \frac{l}{D}$$

- λ - Reibungsbeiwert
- l - Länge des Stollens
- D - Stollensdiameter

Der Beiwert λ ist so berechnet:

$$\lambda = \frac{8g}{C^2}$$

$$C = R^{\frac{1}{6}}/n$$

Wo:

- g - Erdbeschleunigung
- C - Beiwert nach Chezi
- n - Rauheitsbeiwert nach Manning
- R - Hydraulischer Radius

$$\sum \xi_{\text{Örtliche}} = \xi_{\text{Einlauf}} + \xi_{\text{Rechen}} + \xi_{\text{Uebergang}} + \xi_{\text{Kruemmung}} + \xi_{\text{Ausgang}}$$

$\xi_{\text{Örtliche}}$ – Verlustbeiwert für örtliche Verluste

ξ_{Einlauf} – Einlaufverluste

ξ_{Rechen} – Rechenverluste

$\xi_{\text{Uebergang}}$ – Übergangverluste

$\xi_{\text{Kruemmung}}$ – Krümmungsverluste

ξ_{Ausgang} – Ausgangsverluste

Berechnungsschema: Die Berechnungen wurden für beide Regime der Arbeit der PW's durchgeführt. Als Inputdaten wurden die normale Regime der Arbeit des Aggregates Q-Ausbau und die Flächenkurve benutzt. Mit Hilfe der Flächenkurve wurden die Speichercurve berechnet. Es wird angenommen, dass das Volumen des oberen Ausgleichers (Speicher Belmeken) groß genug ist und damit die Ausbaumengen gewährleisten kann.

Der Zusammenhang der hydraulischen Berechnungen wird am Beispiel für das Füllen des unteren Ausgleichers bei der Arbeit der Zentrale im Turbinenbetrieb geklärt. Die Berechnungen im Pumpbetrieb wurden durch das selbe Berechnungsschema durchgeführt.

Turbinenbetrieb : Als Anfangsbedingung beim Turbinenbetrieb ist das Wasserniveau in den beiden Speichern (Chaira und Yadenitsa), entsprechend den Absenksziel für den unteren Ausgleicher des PKWs Chaira, angenommen. Bei Betrieb der vier Turbinenaggregate ist die gesammte Wassermenge, die in Chaira

kommt, $144\text{m}^3/\text{s}$. Bei angegebenem Zeitintervall von 60 Sekunden wird das Wasservolumen, das in Chaira eingeleitet wurde, berechnet. Bei dem Hinzufügen des schon berechneten Volumens wird von der Speichercurve die Erhöhung des Wasserniveaus ausgerechnet. Zuerst wird angenommen, dass es im Speicher Yadenitsa keine Veränderung bezüglich des Wasserniveaus gibt. Aber da es bereits eine Fallhöhe gibt, wird die Wassermenge, die durch den Stollen fließt, berechnet. Das ist also das entsprechende Volumen an Wasser, das der Yadenitsa zukommt.

Von der Speichercurve des Yadenitsa wird die Veränderung des Wasserniveaus abgerechnet. Als nächsten Schritt wird angenommen, dass das Volumen von Chaira reduziert wird, trotz dem berechneten Volumen, was in Yadenitsa eingeleitet wurde. Man muss das Wasserniveau und die entsprechende Fallhöhe zwischen den beiden Speichern abrechnen. Ferner muss wieder die Wassermenge berechnet werden, die durch den Stollen fließt und auch das Wasservolumen, was in Yadenitsa eingeleitet wurde. Die Berechnungen sind bis zur Angleichung der Fallhöhe (Bei einem Fehler von 0,5%) durchgeführt. Dann wird das nächste Zeitintervall von 60 Sekunden untersucht. Das Berechnungsschema wird mehrmals wiederholt. Mit den Berechnungen werden die Zeitintervalle mehrmalig verändert.

Die Berechnungen werden bis zur Erreichung der Kote des Stauziels in Chaira durchgeführt. In diesem Moment wird die Arbeit der Turbinen eingestellt, folglich stoppt das Wassereinkommen in Chaira. Da aber eine Fallhöhe vorhanden ist, fließt das Wasser durch den Stollen weiter. Das Wasser bewegt sich bis zum Ausgleich der Niveaus in beiden Speichern.

Pumpbetrieb: Als Anfangsbedingung beim Pumpbetrieb des PKW's Chaira ist das Stauziel in Chaira entsprechend des Yadenitsa angenommen. Der Betrieb der beiden Pumpaggregate beträgt eine Wassermenge von $120\text{m}^3/\text{s}$. Das Berechnungsschema folgt dem Model beim Turbinenbetrieb, mit dem Unterschied, dass sich die Niveaus in den beiden Speichern absenken. Die angenommene Betriebszeit der Zentrale ist 8 Stunden.

4. Hydraulische Untersuchungen.

Kote	Chaira , m2	Yadenitsa , m2	Volumen Chaira, m3	Volumen Yadenitsa, m3
1210	30000	80000	220000	435000
1215	39000	114000	392500	920000
1220	51000	145000	617500	1567500
1225	65000	178000	907500	2375000
1230	81000	218000	1272500	3365000
1235	102000	261000	1730000	4562500
1240	124000	309000	2295000	5987500
1245	148000	365000	2975000	7672500
1250	174000	422000	3780000	9640000
1255	203000	498000	4722500	11940000
1260	236000	586000	5820000	14650000
1265	275000	665000	7097500	17777500

Tabelle.4 Volumen den Speichern Chaira und Yadenitsa.

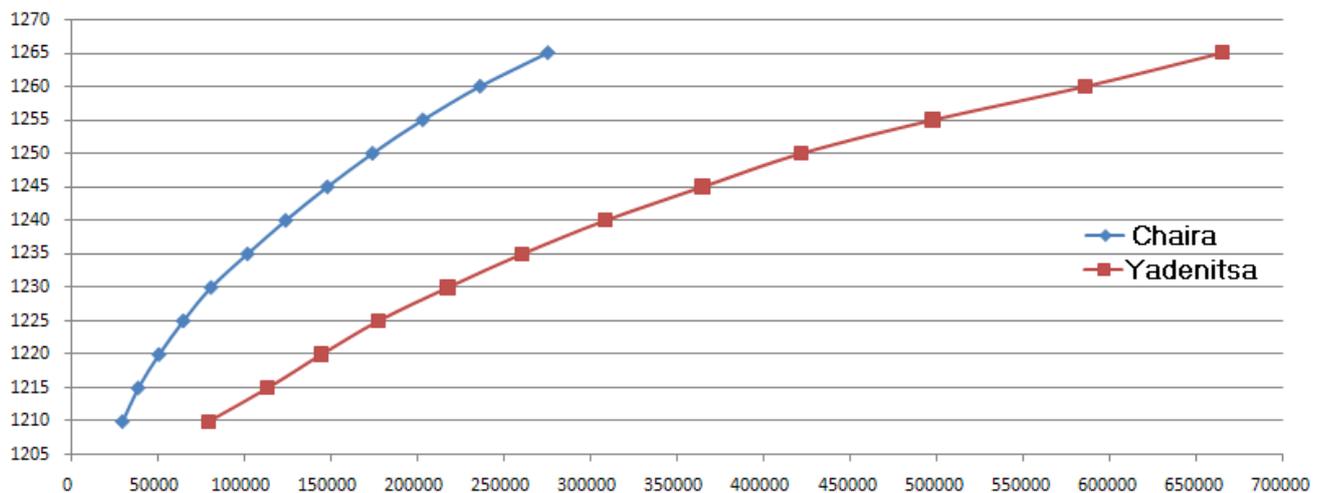


Fig.4.1 Speichernkurve von Chaira und Yadenitsa

Input Angaben			
Absenkziel	1230	m	Absenkziel
Fussbodenkote	1210	m	Fußbodenkote am Anfang der Druckstollenachse
Q_{max}	100	m ³ / s	maximale Durchlässigkeit des Druckstollens
Q_{Ausbau}	144	m ³ / s	Q - Ausbau/Zufluss
D_T	6	m	Druckstollendiameter
A_T	28.27433	m ² / s	Fläche des Druckstollenquerschnitts
V	3.536777	m / s	Geschwindigkeit in Druckstollen bei Q=100m ³ / s
V_{Rechen/Gitter}	0.91	m / s	Geschwindigkeit beim Gitter bei Q=100m ³ / s
n_{max}	0.014	-	Maximaler Rauheitsbeiwert nach Manning
n_{min}	0.012	-	Minimaler Rauheitsbeiwert nach Manning
C_{min}	76.42237	m ^{0.5} / s	Minimaler Beiwert nach Schasi
C_{max}	89.15943	m ^{0.5} / s	Maximaler Beiwert nach Schasi
L	6750	m	Länge des Druckstollens
V_{von Chaira bei Absenkziel}	1272500	m ³ / s	Volumen von Chaira bei der Kote von Absenkziel
V_{von Yadenitsa bei Absenkziel}	3365000	m ³ / s	Volumen von Yadenitsa bei der Kote von Absenkziel

Tabelle.5 Eingangsdaten für Modellierung

Rauheitsbeiwerts		
ξ_{Einlaufverluste}	0.25	-
ξ_{Rechenverluste}	0.097	-
ξ_{Übergangverluste}	0.186	-
ξ_{Krümmungsverluste}	0.045	-
ξ_{Ausgangverluste}	1	-
ξ_{Längsverluste}	15.11717	-
λ_{kiselev}	0.025	
λ_{chezy}	0.013	

Tabelle.6 Rauheitsbeiwerts

Dt	Zeit
dV₁	Veränderung des Volumens von Chaira
V₁	Volumen von Chaira
dh₁	Veränderung des Wasserniveau in Chaira
WL₁	Kote des Wasserniveaus in Chaira
dh'	Verschiedenheit zwischen Wasserniveaus in Chaira und Yadenitsa
Q'	Wassermenge, die durch den Druckstollen geht
dQ	Fehler in % zwischen abgegebene und berechnete Wassermenge
dV₂	Veränderung des Volumens von Yadenitsa
V₂	Volumen von Yadenitsa
dh₂	Veränderung des Wasserniveaus in Yadenitsa
WL₂	Kote des Wasserniveaus in Yadenitsa

Tabelle.7 Grundparametern für die hydraulische Untersuchungen

4. Hydraulische Untersuchungen.

Time	dt	dV ₁	V ₁	dh ₁	WL ₁	dh'	Q'	dQ	dV ₂	V ₂	dh ₂	WL ₂
min	s	m ³	m ³	m	m	m	m ³ /s	%	m ³	m ³	m	m
1	60	8640	1281140	0.1	1230.1	0.1	9.69274		581.564	3365581.6	0	1230
		8058.44	1280558	0.1	1230.1	0.1	9.69274	0	581.564	3365581.6	0	1230
2	60	8058.44	1288617	0.19	1230.19	0.19	13.3605	-37.840488	801.631	3366383.2	0	1230
		7838.37	1288397	0.19	1230.19	0.19	13.3605	0	801.631	3366383.2	0	1230
3	60	7838.37	1296235	0.3	1230.3	0.3	16.7883	-25.656172	1007.3	3367390.5	0.01	1230.01
		7632.7	1296030	0.3	1230.3	0.3	16.7883	0	1007.3	3367390.5	0.01	1230.01
4	60	7632.7	1303662	0.38	1230.38	0.37	18.6444	-11.055542	1118.66	3368509.2	0.01	1230.01
		7521.34	1303551	0.373	1230.37	0.363	18.4671	0.95046284	1108.03	3368498.5	0.01	1230.01
5	60	7531.97	1311083	0.47	1230.47	0.46	20.7886	-12.570761	1247.32	3369745.8	0.02	1230.02
		7392.68	1310944	0.464	1230.46	0.454	20.6526	0.65431455	1239.16	3369737.7	0.02	1230.02
6	60	7400.84	1318344	0.553	1230.55	0.533	22.3774	-8.3516871	1342.65	3371080.3	0.024	1230.02
		7297.35	1318241	0.551	1230.55	0.531	22.3354	0.18779359	1340.12	3371077.8	0.024	1230.02
7	60	7299.88	1325541	0.639	1230.64	0.615	24.0372	-7.6193333	1442.23	3372520	0.03	1230.03
		7197.77	1325439	0.636	1230.64	0.612	23.9785	0.24420061	1438.71	3372516.5	0.03	1230.03
8	60	7201.29	1332640	0.723	1230.72	0.693	25.516	-6.4120736	1530.96	3374047.5	0.038	1230.04
		7109.04	1332548	0.72	1230.72	0.69	25.4607	0.21668498	1527.64	3374044.2	0.038	1230.04
9	60	7112.36	1339660	0.806	1230.81	0.768	26.8613	-5.5008757	1611.68	3375655.8	0.045	1230.05
		7028.32	1339576	0.803	1230.8	0.765	26.8088	0.19550361	1608.53	3375652.7	0.045	1230.05
10	60	7031.47	1346607	0.886	1230.89	0.841	28.1089	-4.8497213	1686.54	3377339.2	0.051	1230.05
		6953.46	1346529	0.885	1230.89	0.84	28.0922	0.05947072	1685.53	3377338.2	0.051	1230.05
11	60	6954.47	1353484	0.967	1230.97	0.916	29.3355	-4.425868	1760.13	3379098.4	0.06	1230.06
		6879.87	1353409	0.966	1230.97	0.915	29.3195	0.05460006	1759.17	3379097.4	0.06	1230.06
12	60	6880.83	1360290	1.048	1231.05	0.988	30.4667	-3.9125315	1828	3380925.4	0.068	1230.07
		6812	1360221	1.046	1231.05	0.986	30.4358	0.10126585	1826.15	3380923.5	0.068	1230.07
13	60	6813.85	1367035	1.127	1231.13	1.067	31.6613	-4.0264438	1899.68	3382823.2	0.077	1230.08
		6740.32	1366962	1.126	1231.13	1.058	31.5275	0.42263631	1891.65	3382815.2	0.077	1230.08
14	60	6748.35	1373710	1.204	1231.2	1.136	32.669	-3.6206547	1960.14	3384775.3	0.086	1230.09
		6679.86	1373642	1.204	1231.2	1.127	32.5393	0.39691447	1952.36	3384767.5	0.086	1230.09
15	60	6687.64	1380329	1.279	1231.28	1.193	33.4786	-2.8864692	2008.71	3386776.3	0.095	1230.1
		6631.29	1380273	1.279	1231.28	1.193	33.4786	0	2008.71	3386776.3	0.095	1230.1
16	60	6631.29	1386904	1.354	1231.35	1.259	34.3921	-2.7289013	2063.53	3388839.8	0.103	1230.1
		6576.47	1386849	1.354	1231.35	1.259	34.3921	0	2063.53	3388839.8	0.103	1230.1
17	60	6576.47	1393426	1.43	1231.43	1.327	35.3087	-2.6650437	2118.52	3390958.3	0.114	1230.11
		6521.48	1393371	1.428	1231.43	1.325	35.2821	0.07538637	2116.93	3390956.7	0.114	1230.11
18	60	6523.07	1399894	1.509	1231.51	1.395	36.2021	-2.6075138	2172.12	3393128.8	0.123	1230.12
		6467.88	1399839	1.509	1231.51	1.395	36.2021	0	2172.12	3393128.8	0.123	1230.12
19	60	6467.88	1406307	1.577	1231.58	1.454	36.9597	-2.0927964	2217.58	3395346.4	0.133	1230.13
		6422.42	1406261	1.577	1231.58	1.454	36.9597	0	2217.58	3395346.4	0.133	1230.13
20	60	6422.42	1412683	1.652	1231.65	1.519	37.7768	-2.2107756	2266.61	3397613	0.142	1230.14

4. Hydraulische Untersuchungen.

		6373.39	1412634	1.651	1231.65	1.518	37.7644	0.03292181	2265.86	3397612.3	0.142	1230.14
21		6374.14	1419009	1.723	1231.72	1.581	38.5401	-2.0540041	2312.4	3399924.7	0.155	1230.16
		6327.6	1418962	1.71	1231.71	1.568	38.3813	0.41198084	2302.88	3399915.2	0.155	1230.16
22		6337.12	1425299	1.794	1231.79	1.639	39.2406	-2.2389658	2354.44	3402269.6	0.164	1230.16
		6285.56	1425248	1.793	1231.79	1.638	39.2287	0.03051106	2353.72	3402268.9	0.164	1230.16
23		6286.28	1431534	1.863	1231.86	1.699	39.9524	-1.8450066	2397.15	3404666	0.175	1230.18
		6242.85	1431490	1.863	1231.86	1.699	39.9524	0	2397.15	3404666	0.175	1230.18
24		6242.85	1437733	1.946	1231.95	1.771	40.7902	-2.0969083	2447.41	3407113.4	0.186	1230.19
		6192.59	1437683	1.946	1231.95	1.771	40.7902	0	2447.41	3407113.4	0.186	1230.19
25		6192.59	1443876	1.999	1232	1.813	41.271	-1.1788226	2476.26	3409589.7	0.197	1230.2
		6163.74	1443847	1.999	1232	1.813	41.271	0	2476.26	3409589.7	0.197	1230.2
26		6163.74	1450011	2.067	1232.07	1.87	41.9148	-1.559815	2514.89	3412104.6	0.208	1230.21
		6125.11	1449972	2.067	1232.07	1.87	41.9148	0	2514.89	3412104.6	0.208	1230.21
27		6125.11	1456097	2.137	1232.14	1.929	42.5709	-1.5652895	2554.25	3414658.8	0.216	1230.22
		6085.75	1456058	2.137	1232.14	1.929	42.5709	0	2554.25	3414658.8	0.216	1230.22
28		6085.75	1462143	2.214	1232.21	1.998	43.3256	-1.7727777	2599.53	3417258.4	0.232	1230.23
		6040.47	1462098	2.214	1232.21	1.998	43.3256	0	2599.53	3417258.4	0.232	1230.23
29		6040.47	1468139	2.268	1232.27	2.036	43.7356	-0.9464719	2624.14	3419882.5	0.245	1230.25
		6015.86	1468114	2.268	1232.27	2.036	43.7356	0	2624.14	3419882.5	0.245	1230.25
30		6015.86	1474130	2.335	1232.34	2.09	44.3118	-1.3174513	2658.71	3422541.2	0.263	1230.26
		5981.29	1474095	2.335	1232.34	2.09	44.3118	0	2658.71	3422541.2	0.263	1230.26
31		5981.29	1480077	2.4	1232.4	2.137	44.8073	-1.1181506	2688.44	3425229.7	0.269	1230.27
		5951.56	1480047	2.4	1232.4	2.137	44.8073	0	2688.44	3425229.7	0.269	1230.27
32		5951.56	1485998	2.463	1232.46	2.194	45.4009	-1.3248689	2724.06	3427953.7	0.281	1230.28
		5915.94	1485963	2.463	1232.46	2.194	45.4009	0	2724.06	3427953.7	0.281	1230.28
33		5915.94	1491879	2.493	1232.49	2.212	45.5868	-0.4093717	2735.21	3430688.9	0.292	1230.29
		5904.79	1491868	2.493	1232.49	2.212	45.5868	0	2735.21	3430688.9	0.292	1230.29
34		5904.79	1497772	2.59	1232.59	2.298	46.4645	-1.9254062	2787.87	3433476.8	0.31	1230.31
		5852.13	1497720	2.59	1232.59	2.298	46.4645	0	2787.87	3433476.8	0.31	1230.31
35		5852.13	1503572	2.652	1232.65	2.342	46.9072	-0.9528149	2814.43	3436291.2	0.326	1230.33
		5825.57	1503545	2.652	1232.65	2.342	46.9072	0	2814.43	3436291.2	0.326	1230.33
36		5825.57	1509371	2.714	1232.71	2.388	47.3657	-0.9772911	2841.94	3439133.2	0.339	1230.34
		5798.06	1509343	2.714	1232.71	2.388	47.3657	0	2841.94	3439133.2	0.339	1230.34
37		5798.06	1515141	2.776	1232.78	2.437	47.8491	-1.0207535	2870.95	3442004.1	0.353	1230.35
		5769.05	1515112	2.776	1232.78	2.437	47.8491	0	2870.95	3442004.1	0.353	1230.35
38		5769.05	1520881	2.836	1232.84	2.483	48.2986	-0.9393712	2897.92	3444902	0.367	1230.37
		5742.08	1520854	2.836	1232.84	2.483	48.2986	0	2897.92	3444902	0.367	1230.37
39		5742.08	1526597	2.897	1232.9	2.53	48.7536	-0.941999	2925.22	3447827.2	0.381	1230.38
		5714.78	1526569	2.897	1232.9	2.53	48.7536	0	2925.22	3447827.2	0.381	1230.38
40		5714.78	1532284	2.957	1232.96	2.576	49.1948	-0.9049958	2951.69	3450778.9	0.394	1230.39
		5688.31	1532258	2.957	1232.96	2.576	49.1948	0	2951.69	3450778.9	0.394	1230.39
41		5688.31	1537946	3.04	1233.04	2.646	49.8587	-1.3495887	2991.52	3453770.5	0.41	1230.41
		5648.48	1537906	3.04	1233.04	2.646	49.8587	0	2991.52	3453770.5	0.41	1230.41
42		5648.48	1543554	3.092	1233.09	2.682	50.1968	-0.6779739	3011.81	3456782.3	0.415	1230.42

4. Hydraulische Untersuchungen.

		5628.19	1543534	3.092	1233.09	2.682	50.1968	0	3011.81	3456782.3	0.415	1230.42
43		5628.19	1549162	3.153	1233.15	2.738	50.7181	-1.0386035	3043.09	3459825.4	0.428	1230.43
		5596.91	1549131	3.153	1233.15	2.738	50.7181	0	3043.09	3459825.4	0.428	1230.43
44		5596.91	1554728	3.211	1233.21	2.783	51.1332	-0.8184187	3067.99	3462893.4	0.442	1230.44
		5572.01	1554703	3.211	1233.21	2.783	51.1332	0	3067.99	3462893.4	0.442	1230.44
45		5572.01	1560275	3.27	1233.27	2.828	51.545	-0.805238	3092.7	3465986	0.456	1230.46
		5547.3	1560250	3.27	1233.27	2.828	51.545	0	3092.7	3465986	0.456	1230.46
46		5547.3	1565798	3.328	1233.33	2.872	51.9444	-0.7749323	3116.66	3469102.7	0.47	1230.47
		5523.34	1565774	3.328	1233.33	2.872	51.9444	0	3116.66	3469102.7	0.47	1230.47
47		5523.34	1571297	3.387	1233.39	2.917	52.3498	-0.7803812	3140.99	3472243.7	0.484	1230.48
		5499.01	1571273	3.387	1233.39	2.917	52.3498	0	3140.99	3472243.7	0.484	1230.48
48		5499.01	1576772	3.444	1233.44	2.96	52.7342	-0.7343622	3164.05	3475407.7	0.498	1230.5
		5475.95	1576749	3.444	1233.44	2.96	52.7342	0	3164.05	3475407.7	0.498	1230.5
49		5475.95	1582225	3.501	1233.5	3.003	53.1158	-0.7237324	3186.95	3478594.7	0.513	1230.51
		5453.05	1582202	3.501	1233.5	3.003	53.1158	0	3186.95	3478594.7	0.513	1230.51
50		5453.05	1587655	3.558	1233.56	3.045	53.486	-0.6968725	3209.16	3481803.9	0.527	1230.53
		5430.84	1587633	3.558	1233.56	3.045	53.486	0	3209.16	3481803.9	0.527	1230.53
51		5430.84	1593063	3.615	1233.62	3.088	53.8623	-0.7036003	3231.74	3485035.6	0.541	1230.54
		5408.26	1593041	3.615	1233.62	3.088	53.8623	0	3231.74	3485035.6	0.541	1230.54
52		5408.26	1598449	3.671	1233.67	3.13	54.2274	-0.6777551	3253.64	3488289.2	0.556	1230.56
		5386.36	1598427	3.671	1233.67	3.13	54.2274	0	3253.64	3488289.2	0.556	1230.56
53		5386.36	1603814	3.726	1233.73	3.17	54.5728	-0.6369491	3274.37	3491563.6	0.571	1230.57
		5365.63	1603793	3.726	1233.73	3.17	54.5728	0	3274.37	3491563.6	0.571	1230.57
54		5365.63	1609159	3.782	1233.78	3.211	54.9246	-0.6446101	3295.47	3494859.1	0.585	1230.59
		5344.53	1609137	3.782	1233.78	3.211	54.9246	0	3295.47	3494859.1	0.585	1230.59
55		5344.53	1614482	3.837	1233.84	3.252	55.2741	-0.6364053	3316.45	3498175.5	0.6	1230.6
		5323.55	1614461	3.837	1233.84	3.252	55.2741	0	3316.45	3498175.5	0.6	1230.6
56		5323.55	1619785	3.892	1233.89	3.292	55.613	-0.6131265	3336.78	3501512.3	0.615	1230.62
		5303.22	1619764	3.892	1233.89	3.292	55.613	0	3336.78	3501512.3	0.615	1230.62
57		5303.22	1625067	3.946	1233.95	3.331	55.9415	-0.590601	3356.49	3504868.8	0.63	1230.63
		5283.51	1625048	3.946	1233.95	3.331	55.9415	0	3356.49	3504868.8	0.63	1230.63
58		5283.51	1630331	4	1234	3.37	56.268	-0.5837062	3376.08	3508244.9	0.645	1230.65
		5263.92	1630312	4	1234	3.37	56.268	0	3376.08	3508244.9	0.645	1230.65
59		5263.92	1635576	4.054	1234.05	3.409	56.5926	-0.5769705	3395.56	3511640.4	0.66	1230.66
		5244.44	1635556	4.054	1234.05	3.409	56.5926	0	3395.56	3511640.4	0.66	1230.66
60		5244.44	1640800	4.107	1234.11	3.447	56.9072	-0.5558036	3414.43	3515054.9	0.675	1230.68
		5225.57	1640782	4.107	1234.11	3.447	56.9072	0	3414.43	3515054.9	0.675	1230.68
61		5225.57	1646007	4.16	1234.16	3.485	57.22	-0.5496931	3433.2	3518488.1	0.691	1230.69
		5206.8	1645988	4.16	1234.16	3.485	57.22	0	3433.2	3518488.1	0.691	1230.69
62		5206.8	1651195	4.213	1234.21	3.522	57.5229	-0.5294449	3451.38	3521939.4	0.706	1230.71
		5188.62	1651177	4.213	1234.21	3.522	57.5229	0	3451.38	3521939.4	0.706	1230.71
63		5188.62	1656366	4.266	1234.27	3.56	57.8324	-0.5380189	3469.95	3525409.4	0.721	1230.72
		5170.05	1656347	4.266	1234.27	3.56	57.8324	0	3469.95	3525409.4	0.721	1230.72
64		5170.05	1661517	4.317	1234.32	3.596	58.1241	-0.5043462	3487.45	3528896.8	0.737	1230.74

4. Hydraulische Untersuchungen.

		5152.55	1661500	4.317	1234.32	3.596	58.1241	0	3487.45	3528896.8	0.737	1230.74
65		5152.55	1666652	4.369	1234.37	3.632	58.4143	-0.4993096	3504.86	3532401.7	0.751	1230.75
		5135.14	1666635	4.369	1234.37	3.632	58.4143	0	3504.86	3532401.7	0.751	1230.75
66		5135.14	1671770	4.42	1234.42	3.669	58.7111	-0.5080706	3522.67	3535924.4	0.761	1230.76
		5117.33	1671752	4.42	1234.42	3.669	58.7111	0	3522.67	3535924.4	0.761	1230.76
67		5117.33	1676869	4.472	1234.47	3.711	59.0462	-0.5707344	3542.77	3539467.1	0.774	1230.77
		5097.23	1676849	4.472	1234.47	3.711	59.0462	0	3542.77	3539467.1	0.774	1230.77
68		5097.23	1681947	4.486	1234.49	3.712	59.0542	-0.0134725	3543.25	3543010.4	0.78	1230.78
		5096.75	1681946	4.486	1234.49	3.712	59.0542	0	3543.25	3543010.4	0.78	1230.78
69		5096.75	1687043	4.531	1234.53	3.751	59.3636	-0.5239507	3561.81	3546572.2	0.764	1230.76
		5078.19	1687024	4.531	1234.53	3.751	59.3636	0	3561.81	3546572.2	0.764	1230.76
70		5078.19	1692102	4.588	1234.59	3.824	59.9384	-0.968385	3596.31	3550168.5	0.781	1230.78
		5043.69	1692068	4.588	1234.59	3.824	59.9384	0	3596.31	3550168.5	0.781	1230.78
71		5043.69	1697112	4.665	1234.67	3.884	60.4068	-0.7814654	3624.41	3553792.9	0.843	1230.84
		5015.59	1697084	4.665	1234.67	3.884	60.4068	0	3624.41	3553792.9	0.843	1230.84
72		5015.59	1702099	4.723	1234.72	3.88	60.3757	0.05150657	3622.54	3557415.5	0.863	1230.86
		5017.46	1702101	4.723	1234.72	3.88	60.3757	0	3622.54	3557415.5	0.863	1230.86
73		5017.46	1707118	4.772	1234.77	3.909	60.6009	-0.3730156	3636.06	3561051.5	0.875	1230.88
		5003.94	1707105	4.772	1234.77	3.909	60.6009	0	3636.06	3561051.5	0.875	1230.88
74		5003.94	1712109	4.816	1234.82	3.941	60.8485	-0.4084776	3650.91	3564702.4	0.895	1230.9
		4989.09	1712094	4.816	1234.82	3.941	60.8485	0	3650.91	3564702.4	0.895	1230.9
75		4989.09	1717083	4.868	1234.87	3.973	61.095	-0.4051675	3665.7	3568368.1	0.912	1230.91
		4974.3	1717068	4.868	1234.87	3.973	61.095	0	3665.7	3568368.1	0.912	1230.91
76		4974.3	1722043	4.915	1234.92	4.003	61.3252	-0.3768384	3679.51	3572047.6	0.925	1230.93
		4960.49	1722029	4.915	1234.92	4.003	61.3252	0	3679.51	3572047.6	0.925	1230.93
77		4960.49	1726989	4.966	1234.97	4.041	61.6156	-0.4735229	3696.94	3575744.6	0.938	1230.94
		4943.06	1726972	4.966	1234.97	4.041	61.6156	0	3696.94	3575744.6	0.938	1230.94
78		4943.06	1731915	5.014	1235.01	4.076	61.8819	-0.4321275	3712.91	3579457.5	0.957	1230.96
		4927.09	1731899	5.014	1235.01	4.076	61.8819	0	3712.91	3579457.5	0.957	1230.96
79	60	4927.09	1736826	5.064	1235.06	4.107	62.1168	-0.3795545	3727.01	3583184.5	0.977	1230.98
		4912.99	1736812	5.064	1235.06	4.107	62.1168	0	3727.01	3583184.5	0.977	1230.98
80	60	4912.99	1741725	5.113	1235.11	4.136	62.3357	-0.3524347	3740.14	3586924.6	0.993	1230.99
		4899.86	1741712	5.113	1235.11	4.136	62.3357	0	3740.14	3586924.6	0.993	1230.99
81	120	9799.72	1751512	5.21	1235.21	4.217	62.9431	-0.9744591	7553.17	3594477.8	1.027	1231.03
		9726.83	1751439	5.21	1235.21	4.217	62.9431	0	7553.17	3594477.8	1.027	1231.03
83	120	9726.83	1761166	5.305	1235.31	4.278	63.3967	-0.7206662	7607.61	3602085.4	1.06	1231.06
		9672.39	1761111	5.305	1235.31	4.278	63.3967	0	7607.61	3602085.4	1.06	1231.06
85	120	9672.39	1770783	5.398	1235.4	4.338	63.8398	-0.6988205	7660.77	3609746.2	1.093	1231.09
		9619.23	1770730	5.398	1235.4	4.338	63.8398	0	7660.77	3609746.2	1.093	1231.09
87	180	14428.8	1785159	5.536	1235.54	4.443	64.6077	-1.2029991	11629.4	3621375.6	1.145	1231.15
		14290.6	1785021	5.536	1235.54	4.443	64.6077	0	11629.4	3621375.6	1.145	1231.15
90	180	14290.6	1799312	5.671	1235.67	4.526	65.2084	-0.9297316	11737.5	3633113.1	1.196	1231.2
		14182.5	1799203	5.671	1235.67	4.526	65.2084	0	11737.5	3633113.1	1.196	1231.2
93	180	14182.5	1813386	5.806	1235.81	4.61	65.8108	-0.9237056	11845.9	3644959	1.248	1231.25

4. Hydraulische Untersuchungen.

		14074.1	1813277	5.806	1235.81	4.61	65.8108	0	11845.9	3644959	1.248	1231.25
96	180	14074.1	1827352	5.938	1235.94	4.69	66.3793	-0.8639469	11948.3	3656907.3	1.3	1231.3
		13971.7	1827249	5.938	1235.94	4.69	66.3793	0	11948.3	3656907.3	1.3	1231.3
99	180	13971.7	1841221	6.068	1236.07	4.768	66.929	-0.8281275	12047.2	3668954.5	1.352	1231.35
		13872.8	1841122	6.068	1236.07	4.768	66.929	0	12047.2	3668954.5	1.352	1231.35
102	180	13872.8	1854995	6.198	1236.2	4.846	67.4743	-0.8146349	12145.4	3681099.9	1.405	1231.41
		13774.6	1854897	6.198	1236.2	4.846	67.4743	0	12145.4	3681099.9	1.405	1231.41
105	180	13774.6	1868671	6.325	1236.33	4.92	67.9875	-0.7606236	12237.7	3693337.7	1.458	1231.46
		13682.3	1868579	6.325	1236.33	4.92	67.9875	0	12237.7	3693337.7	1.458	1231.46
108	180	13682.3	1882261	6.45	1236.45	4.992	68.4832	-0.7290497	12327	3705664.6	1.512	1231.51
		13593	1882172	6.45	1236.45	4.992	68.4832	0	12327	3705664.6	1.512	1231.51
111	180	13593	1895765	6.576	1236.58	5.064	68.9753	-0.7185721	12415.5	3718080.2	1.565	1231.57
		13504.5	1895676	6.576	1236.58	5.064	68.9753	0	12415.5	3718080.2	1.565	1231.57
114	180	13504.5	1909181	6.699	1236.7	5.134	69.4503	-0.6887811	12501.1	3730581.2	1.619	1231.62
		13418.9	1909095	6.699	1236.7	5.134	69.4503	0	12501.1	3730581.2	1.619	1231.62
117	180	13418.9	1922514	6.82	1236.82	5.201	69.902	-0.6503976	12582.4	3743163.6	1.673	1231.67
		13337.6	1922433	6.82	1236.82	5.201	69.902	0	12582.4	3743163.6	1.673	1231.67
120	300	22229.4	1944662	7.021	1237.02	5.348	70.883	-1.4033429	21264.9	3764428.5	1.764	1231.76
		21935.1	1944368	7.021	1237.02	5.348	70.883	0	21264.9	3764428.5	1.764	1231.76
125	300	21935.1	1966303	7.216	1237.22	5.452	71.5689	-0.9676444	21470.7	3777393.2	1.82	1231.82
		21729.3	1966097	7.216	1237.22	5.452	71.5689	0	21470.7	3777393.2	1.82	1231.82
130	300	21729.3	1987827	7.407	1237.41	5.587	72.4496	-1.230507	21734.9	3799128.1	1.913	1231.91
		21465.1	1987562	7.407	1237.41	5.587	72.4496	0	21734.9	3799128.1	1.913	1231.91
135	300	21465.1	2009028	7.595	1237.6	5.682	73.0629	-0.8466042	21918.9	3821047	2.006	1232.01
		21281.1	2008844	7.595	1237.6	5.682	73.0629	0	21918.9	3821047	2.006	1232.01
140	300	21281.1	2030125	7.781	1237.78	5.775	73.6584	-0.8150523	22097.5	3843144.5	2.1	1232.1
		21102.5	2029946	7.781	1237.78	5.775	73.6584	0	22097.5	3843144.5	2.1	1232.1
145	300	21102.5	2051049	7.963	1237.96	5.863	74.2175	-0.7590242	22265.3	3865409.7	2.194	1232.19
		20934.7	2050881	7.963	1237.96	5.863	74.2175	0	22265.3	3865409.7	2.194	1232.19
150		20934.7	2071816	8.143	1238.14	5.949	74.7599	-0.730743	22428	3887837.7	2.289	1232.29
		20772	2071653	8.143	1238.14	5.949	74.7599	0	22428	3887837.7	2.289	1232.29
155		20772	2092425	8.32	1238.32	6.031	75.2733	-0.6868328	22582	3910419.7	2.384	1232.38
		20618	2092271	8.32	1238.32	6.031	75.2733	0	22582	3910419.7	2.384	1232.38
160		20618	2112889	8.495	1238.5	6.111	75.7709	-0.661055	22731.3	3933151	2.479	1232.48
		20468.7	2112740	8.495	1238.5	6.111	75.7709	0	22731.3	3933151	2.479	1232.48
165		20468.7	2133208	8.667	1238.67	6.188	76.2468	-0.6280393	22874	3956025	2.575	1232.58
		20326	2133066	8.667	1238.67	6.188	76.2468	0	22874	3956025	2.575	1232.58
170		20326	2153391	8.837	1238.84	6.262	76.7013	-0.5961545	23010.4	3979035.4	2.671	1232.67
		20189.6	2153255	8.837	1238.84	6.262	76.7013	0	23010.4	3979035.4	2.671	1232.67
175		20189.6	2173445	9.005	1239.01	6.334	77.141	-0.5732531	23142.3	4002177.7	2.766	1232.77
		20057.7	2173313	9.005	1239.01	6.334	77.141	0	23142.3	4002177.7	2.766	1232.77
180		20057.7	2193370	9.17	1239.17	6.404	77.5661	-0.5510551	23269.8	4025447.6	2.863	1232.86
		19930.2	2193243	9.17	1239.17	6.404	77.5661	0	23269.8	4025447.6	2.863	1232.86
185		19930.2	2213173	9.334	1239.33	6.471	77.9708	-0.5217494	23391.2	4048838.8	2.959	1232.96

4. Hydraulische Untersuchungen.

		19808.8	2213052	9.334	1239.33	6.471	77.9708	0	23391.2	4048838.8	2.959	1232.96
190		19808.8	2232860	9.496	1239.5	6.537	78.3674	-0.5086738	23510.2	4072349.1	3.056	1233.06
		19689.8	2232741	9.496	1239.5	6.537	78.3674	0	23510.2	4072349.1	3.056	1233.06
195		19689.8	2252431	9.632	1239.63	6.576	78.6009	-0.2978584	23580.3	4095929.3	3.16	1233.16
		19619.7	2252361	9.632	1239.63	6.576	78.6009	0	23580.3	4095929.3	3.16	1233.16
200		19619.7	2271981	9.814	1239.81	6.654	79.0657	-0.5913174	23719.7	4119649	3.249	1233.25
		19480.3	2271842	9.814	1239.81	6.654	79.0657	0	23719.7	4119649	3.249	1233.25
205		19480.3	2291322	9.97	1239.97	6.721	79.4627	-0.5021956	23838.8	4143487.8	3.355	1233.36
		19361.2	2291203	9.97	1239.97	6.721	79.4627	0	23838.8	4143487.8	3.355	1233.36
210		19361.2	2310564	10.125	1240.13	6.77	79.7519	-0.3638671	23925.6	4167413.4	3.443	1233.44
		19274.4	2310477	10.125	1240.13	6.77	79.7519	0	23925.6	4167413.4	3.443	1233.44
215		19274.4	2329752	10.278	1240.28	6.835	80.1338	-0.4789123	24040.1	4191453.5	3.549	1233.55
		19159.9	2329637	10.278	1240.28	6.835	80.1338	0	24040.1	4191453.5	3.549	1233.55
220		19159.9	2348797	10.429	1240.43	6.88	80.3972	-0.328648	24119.1	4215572.7	3.646	1233.65
		19080.9	2348718	10.429	1240.43	6.88	80.3972	0	24119.1	4215572.7	3.646	1233.65
225		19080.9	2367799	10.579	1240.58	6.933	80.7062	-0.3844355	24211.9	4239784.5	3.735	1233.74
		18988.1	2367706	10.579	1240.58	6.933	80.7062	0	24211.9	4239784.5	3.735	1233.74
230		18988.1	2386694	10.728	1240.73	6.993	81.0547	-0.4317809	24316.4	4264101	3.832	1233.83
		18883.6	2386590	10.728	1240.73	6.993	81.0547	0	24316.4	4264101	3.832	1233.83
235	300	18883.6	2405473	10.875	1240.88	7.043	81.344	-0.3568636	24403.2	4288504.1	3.929	1233.93
		18796.8	2405386	10.875	1240.88	7.043	81.344	0	24403.2	4288504.1	3.929	1233.93
240	300	18796.8	2424183	11.02	1241.02	7.091	81.6207	-0.3401852	24486.2	4312990.3	4.027	1234.03
		18713.8	2424100	11.02	1241.02	7.091	81.6207	0	24486.2	4312990.3	4.027	1234.03
245	300	18713.8	2442814	11.164	1241.16	7.137	81.885	-0.3238305	24565.5	4337555.8	4.121	1234.12
		18634.5	2442735	11.164	1241.16	7.137	81.885	0	24565.5	4337555.8	4.121	1234.12
250	600	37269	2480004	11.45	1241.45	7.329	82.9791	-1.3361762	49787.5	4387343.3	4.318	1234.32
		36612.5	2479347	11.445	1241.45	7.324	82.9508	0.03411689	49770.5	4387326.3	4.318	1234.32
260	600	36629.5	2515977	11.722	1241.72	7.404	83.4026	-0.5446663	50041.6	4437367.9	4.516	1234.52
		36358.4	2515706	11.723	1241.72	7.405	83.4082	-0.0067529	50044.9	4437371.3	4.516	1234.52
270	600	36355.1	2552061	11.995	1242	7.479	83.824	-0.4984203	50294.4	4487665.7	4.712	1234.71
		36105.6	2551811	11.995	1242	7.479	83.824	0	50294.4	4487665.7	4.712	1234.71
280	600	36105.6	2587917	12.262	1242.26	7.55	84.2209	-0.4735412	50532.5	4538198.2	4.909	1234.91
		35867.5	2587679	12.262	1242.26	7.55	84.2209	0	50532.5	4538198.2	4.909	1234.91
290	600	35867.5	2623546	12.525	1242.53	7.616	84.5882	-0.436135	50752.9	4588951.1	5.101	1235.1
		35647.1	2623326	12.525	1242.53	7.616	84.5882	0	50752.9	4588951.1	5.101	1235.1
300		35647.1	2658973	12.785	1242.79	7.684	84.965	-0.4454365	50979	4639930.1	5.295	1235.3
	600	35421	2658747	12.785	1242.79	7.684	84.965	0	50979	4639930.1	5.295	1235.3
310		35421	2694168	13.04	1243.04	7.745	85.3016	-0.396144	51181	4691111.1	5.489	1235.49
		35219	2693966	13.04	1243.04	7.745	85.3016	0	51181	4691111.1	5.489	1235.49
320	600	35219	2729185	13.292	1243.29	7.803	85.6204	-0.3737367	51372.2	4742483.3	5.682	1235.68
		35027.8	2728994	13.292	1243.29	7.803	85.6204	0	51372.2	4742483.3	5.682	1235.68
330		35027.8	2764021	13.54	1243.54	7.858	85.9216	-0.3518097	51553	4794036.3	5.875	1235.88
		34847	2763841	13.54	1243.54	7.858	85.9216	0	51553	4794036.3	5.875	1235.88
340		34847	2798688	13.785	1243.79	7.91	86.2054	-0.3303274	51723.3	4845759.6	6.067	1236.07

4. Hydraulische Untersuchungen.

		34676.7	2798517	13.785	1243.79	7.91	86.2054	0	51723.3	4845759.6	6.067	1236.07
350		34676.7	2833194	14.027	1244.03	7.96	86.4775	-0.3155577	51886.5	4897646.1	6.258	1236.26
		34513.5	2833031	14.027	1244.03	7.96	86.4775	0	51886.5	4897646.1	6.258	1236.26
360		34513.5	2867544	14.265	1244.27	8.007	86.7324	-0.2947916	52039.4	4949685.5	6.448	1236.45
		34360.6	2867391	14.265	1244.27	8.007	86.7324	0	52039.4	4949685.5	6.448	1236.45
370		34360.6	2901752	14.502	1244.5	8.054	86.9866	-0.2930638	52191.9	5001877.5	6.638	1236.64
		34208.1	2901599	14.502	1244.5	8.054	86.9866	0	52191.9	5001877.5	6.638	1236.64
380		34208.1	2935808	14.734	1244.73	8.096	87.2131	-0.260401	52327.9	5054205.3	6.826	1236.83
		34072.1	2935672	14.734	1244.73	8.096	87.2131	0	52327.9	5054205.3	6.826	1236.83
390		34072.1	2969744	14.964	1244.96	8.138	87.439	-0.2590518	52463.4	5106668.7	7.01	1237.01
		33936.6	2969608	14.964	1244.96	8.138	87.439	0	52463.4	5106668.7	7.01	1237.01
400		33936.6	3003545	15.192	1245.19	8.182	87.6751	-0.2699723	52605.1	5159273.8	7.202	1237.2
		33794.9	3003403	15.192	1245.19	8.182	87.6751	0	52605.1	5159273.8	7.202	1237.2
410		33794.9	3037198	15.417	1245.42	8.215	87.8517	-0.2014593	52711	5211984.8	7.389	1237.39
		33689	3037092	15.417	1245.42	8.215	87.8517	0	52711	5211984.8	7.389	1237.39
420		33689	3070781	15.64	1245.64	8.251	88.044	-0.2188719	52826.4	5264811.2	7.575	1237.58
		33573.6	3070666	15.64	1245.64	8.251	88.044	0	52826.4	5264811.2	7.575	1237.58
430		33573.6	3104239	15.859	1245.86	8.284	88.2199	-0.1997762	52931.9	5317743.1	7.759	1237.76
		33468.1	3104134	15.859	1245.86	8.284	88.2199	0	52931.9	5317743.1	7.759	1237.76
440		33468.1	3137602	16.079	1246.08	8.32	88.4114	-0.2170508	53046.8	5370790	7.944	1237.94
		33353.2	3137487	16.079	1246.08	8.32	88.4114	0	53046.8	5370790	7.944	1237.94
450		33353.2	3170840	16.294	1246.29	8.35	88.5706	-0.1801262	53142.4	5423932.3	8.127	1238.13
		33257.6	3170745	16.294	1246.29	8.35	88.5706	0	53142.4	5423932.3	8.127	1238.13
460		33257.6	3204002	16.508	1246.51	8.381	88.7349	-0.1854568	53240.9	5477173.3	8.309	1238.31
		33159.1	3203904	16.508	1246.51	8.381	88.7349	0	53240.9	5477173.3	8.309	1238.31
470		33159.1	3237063	16.72	1246.72	8.411	88.8936	-0.1788164	53336.1	5530509.4	8.491	1238.49
		33063.9	3236968	16.72	1246.72	8.411	88.8936	0	53336.1	5530509.4	8.491	1238.49
480		33063.9	3270031	16.929	1246.93	8.438	89.0361	-0.1603755	53421.7	5583931.1	8.671	1238.67
		32978.3	3269946	16.929	1246.93	8.438	89.0361	0	53421.7	5583931.1	8.671	1238.67
490		32978.3	3302924	17.137	1247.14	8.466	89.1837	-0.1657787	53510.2	5637441.3	8.851	1238.85
		32889.8	3302836	17.137	1247.14	8.466	89.1837	0	53510.2	5637441.3	8.851	1238.85
500		32889.8	3335725	17.342	1247.34	8.491	89.3153	-0.1475406	53589.2	5691030.5	9.03	1239.03
		32810.8	3335646	17.342	1247.34	8.491	89.3153	0	53589.2	5691030.5	9.03	1239.03
510		32810.8	3368457	17.547	1247.55	8.517	89.4519	-0.1529863	53671.2	5744701.7	9.208	1239.21
		32728.8	3368375	17.547	1247.55	8.517	89.4519	0	53671.2	5744701.7	9.208	1239.21
520		32728.8	3401104	17.748	1247.75	8.54	89.5726	-0.134933	53743.6	5798445.2	9.385	1239.39
		32656.4	3401032	17.748	1247.75	8.54	89.5726	0	53743.6	5798445.2	9.385	1239.39
530		32656.4	3433688	17.949	1247.95	8.564	89.6984	-0.1404166	53819.1	5852264.3	9.562	1239.56
		32580.9	3433613	17.949	1247.95	8.564	89.6984	0	53819.1	5852264.3	9.562	1239.56
540		32580.9	3466194	18.147	1248.15	8.585	89.8083	-0.1225312	53885	5906149.3	9.737	1239.74
		32515	3466128	18.147	1248.15	8.585	89.8083	0	53885	5906149.3	9.737	1239.74
550		32515	3498643	18.344	1248.34	8.607	89.9233	-0.1280485	53954	5960103.3	9.912	1239.91
		32446	3498574	18.344	1248.34	8.607	89.9233	0	53954	5960103.3	9.912	1239.91
560		32446	3531020	18.539	1248.54	8.627	90.0277	-0.1161171	54016.6	6014119.9	10.085	1240.09

4.Hydraulische Untersuchungen.

		32383.4	3530957	18.539	1248.54	8.627	90.0277	0	54016.6	6014119.9	10.085	1240.09
570		32383.4	3563340	18.732	1248.73	8.647	90.132	-0.115848	54079.2	6068199.2	10.258	1240.26
		32320.8	3563278	18.732	1248.73	8.647	90.132	0	54079.2	6068199.2	10.258	1240.26
580		32320.8	3595599	18.925	1248.93	8.667	90.2362	-0.1155803	54141.7	6122340.9	10.43	1240.43
		32258.3	3595536	18.925	1248.93	8.667	90.2362	0	54141.7	6122340.9	10.43	1240.43
590		32258.3	3627794	19.115	1249.12	8.685	90.3299	-0.1037883	54197.9	6176538.8	10.602	1240.6
		32202.1	3627738	19.115	1249.12	8.685	90.3299	0	54197.9	6176538.8	10.602	1240.6
600		32202.1	3659940	19.304	1249.3	8.702	90.4182	-0.097822	54250.9	6230789.7	10.772	1240.77
		32149.1	3659887	19.304	1249.3	8.702	90.4182	0	54250.9	6230789.7	10.772	1240.77
610		32149.1	3692036	19.491	1249.49	8.719	90.5065	-0.097631	54303.9	6285093.6	10.942	1240.94
		32096.1	3691983	19.491	1249.49	8.719	90.5065	0	54303.9	6285093.6	10.942	1240.94
620		32096.1	3724079	19.678	1249.68	8.736	90.5947	-0.0974408	54356.8	6339450.5	11.111	1241.11
		32043.2	3724026	19.678	1249.68	8.736	90.5947	0	54356.8	6339450.5	11.111	1241.11
630		32043.2	3756070	19.863	1249.86	8.752	90.6776	-0.0915332	54406.6	6393857	11.279	1241.28
		31993.4	3756020	19.863	1249.86	8.752	90.6776	0	54406.6	6393857	11.279	1241.28
640		31993.4	3788013	20.046	1250.05	8.767	90.7553	-0.085658	54453.2	6448310.2	11.446	1241.45
		31946.8	3787967	20.046	1250.05	8.767	90.7553	0	54453.2	6448310.2	11.446	1241.45
650		31946.8	3819914	20.228	1250.23	8.782	90.8329	-0.0855115	54499.7	6502809.9	11.612	1241.61
		31900.3	3819867	20.228	1250.23	8.782	90.8329	0	54499.7	6502809.9	11.612	1241.61
660		31900.3	3851767	20.409	1250.41	8.797	90.9104	-0.0853655	54546.3	6557356.2	11.777	1241.78
		31853.7	3851721	20.409	1250.41	8.797	90.9104	0	54546.3	6557356.2	11.777	1241.78
670	600	31853.7	3883574	20.589	1250.59	8.812	90.9879	-0.08522	54592.7	6611949	11.942	1241.94
		31807.3	3883528	20.589	1250.59	8.812	90.9879	0	54592.7	6611949	11.942	1241.94
680	600	31807.3	3915335	20.767	1250.77	8.825	91.055	-0.0737359	54633	6666582	12.107	1242.11
		31767	3915295	20.767	1250.77	8.825	91.055	0	54633	6666582	12.107	1242.11
690	600	31767	3947062	20.944	1250.94	8.837	91.1169	-0.0679656	54670.1	6721252.1	12.27	1242.27
		31729.9	3947025	20.944	1250.94	8.837	91.1169	0	54670.1	6721252.1	12.27	1242.27
700	900	47594.8	3994620	21.208	1251.21	8.938	91.6361	-0.5698373	82472.5	6803724.6	12.515	1242.52
		47127.5	3994152	21.208	1251.21	8.938	91.6361	0	82472.5	6803724.6	12.515	1242.52
715	900	47127.5	4041280	21.465	1251.47	8.95	91.6976	-0.0671066	82527.8	6886252.4	12.759	1242.76
		47072.2	4041224	21.465	1251.47	8.95	91.6976	0	82527.8	6886252.4	12.759	1242.76
730	900	47072.2	4088297	21.721	1251.72	8.962	91.7591	-0.0670166	82583.1	6968835.6	13	1243
		47016.9	4088241	21.721	1251.72	8.962	91.7591	0	82583.1	6968835.6	13	1243
745	900	47016.9	4135258	21.976	1251.98	8.976	91.8307	-0.0780771	82647.6	7051483.2	13.241	1243.24
		46952.4	4135194	21.976	1251.98	8.976	91.8307	0	82647.6	7051483.2	13.241	1243.24
760	900	46952.4	4182146	22.227	1252.23	8.986	91.8818	-0.0556886	82693.7	7134176.9	13.48	1243.48
		46906.3	4182100	22.227	1252.23	8.986	91.8818	0	82693.7	7134176.9	13.48	1243.48
775		46906.3	4229006	22.477	1252.48	8.997	91.9381	-0.0611876	82744.3	7216921.1	13.717	1243.72
		46855.7	4228956	22.477	1252.48	8.997	91.9381	0	82744.3	7216921.1	13.717	1243.72
790		46855.7	4275812	22.725	1252.73	9.008	91.9942	-0.0611128	82794.8	7299715.9	13.953	1243.95
		46805.2	4275761	22.725	1252.73	9.008	91.9942	0	82794.8	7299715.9	13.953	1243.95
805		46805.2	4322566	22.971	1252.97	9.018	92.0453	-0.0554908	82840.8	7382556.7	14.188	1244.19
		46759.2	4322520	22.971	1252.97	9.018	92.0453	0	82840.8	7382556.7	14.188	1244.19
820		46759.2	4369279	23.214	1253.21	9.026	92.0861	-0.0443459	82877.5	7465434.2	14.422	1244.42

4. Hydraulische Untersuchungen.

		46722.5	4369243	23.214	1253.21	9.026	92.0861	0	82877.5	7465434.2	14.422	1244.42
835		46722.5	4415965	23.456	1253.46	9.034	92.1269	-0.0443066	82914.2	7548348.4	14.654	1244.65
		46685.8	4415929	23.456	1253.46	9.034	92.1269	0	82914.2	7548348.4	14.654	1244.65
850		46685.8	4462614	23.695	1253.7	9.041	92.1626	-0.038735	82946.3	7631294.7	14.886	1244.89
		46653.7	4462582	23.695	1253.7	9.041	92.1626	0	82946.3	7631294.7	14.886	1244.89
865		46653.7	4509236	23.932	1253.93	9.046	92.1881	-0.027648	82969.3	7714264	15.116	1245.12
		46630.7	4509213	23.932	1253.93	9.046	92.1881	0	82969.3	7714264	15.116	1245.12
880		46630.7	4555844	24.169	1254.17	9.053	92.2237	-0.0386837	83001.4	7797265.4	15.345	1245.35
		46598.6	4555812	24.169	1254.17	9.053	92.2237	0	83001.4	7797265.4	15.345	1245.35
895		46598.6	4602410	24.403	1254.4	9.058	92.2492	-0.0276113	83024.3	7880289.7	15.573	1245.57
		46575.7	4602387	24.403	1254.4	9.058	92.2492	0	83024.3	7880289.7	15.573	1245.57
810		46575.7	4648963	24.636	1254.64	9.063	92.2747	-0.0275961	83047.2	7963336.8	15.8	1245.8
		46552.8	4648940	24.636	1254.64	9.063	92.2747	0	83047.2	7963336.8	15.8	1245.8
825		46552.8	4695493	24.867	1254.87	9.067	92.295	-0.0220653	83065.5	8046402.4	16.026	1246.03
		46534.5	4695475	24.867	1254.87	9.067	92.295	0	83065.5	8046402.4	16.026	1246.03
840		46534.5	4742009	25.096	1255.1	9.07	92.3103	-0.0165421	83079.3	8129481.6	16.25	1246.25
		46520.7	4741995	25.096	1255.1	9.07	92.3103	0	83079.3	8129481.6	16.25	1246.25
855		46520.7	4788516	25.324	1255.32	9.074	92.3306	-0.0220483	83097.6	8212579.2	16.474	1246.47
		46502.4	4788498	25.324	1255.32	9.074	92.3306	0	83097.6	8212579.2	16.474	1246.47
870		46502.4	4835000	25.55	1255.55	9.076	92.3408	-0.0110199	83106.7	8295685.9	16.696	1246.7
		46493.3	4834991	25.55	1255.55	9.076	92.3408	0	83106.7	8295685.9	16.696	1246.7
885		46493.3	4881484	25.775	1255.78	9.079	92.3561	-0.0165257	83120.5	8378806.4	16.917	1246.92
		46479.5	4881471	25.775	1255.78	9.079	92.3561	0	83120.5	8378806.4	16.917	1246.92
900		46479.5	4927950	25.998	1256	9.081	92.3662	-0.0110138	83129.6	8461936	17.136	1247.14
		46470.4	4927941	25.998	1256	9.081	92.3662	0	83129.6	8461936	17.136	1247.14
915		46470.4	4974411	26.219	1256.22	9.083	92.3764	-0.0110114	83138.8	8545074.8	17.354	1247.35
		46461.2	4974402	26.219	1256.22	9.083	92.3764	0	83138.8	8545074.8	17.354	1247.35
930		46461.2	5020863	26.44	1256.44	9.086	92.3917	-0.016513	83152.5	8628227.3	17.571	1247.57
		46447.5	5020850	26.44	1256.44	9.086	92.3917	0	83152.5	8628227.3	17.571	1247.57
945		46447.5	5067297	26.658	1256.66	9.087	92.3968	-0.0055028	83157.1	8711384.4	17.786	1247.79
		46442.9	5067293	26.658	1256.66	9.087	92.3968	0	83157.1	8711384.4	17.786	1247.79
960		46442.9	5113735	26.875	1256.88	9.089	92.4069	-0.0110041	83166.2	8794550.6	18	1248
		46433.8	5113726	26.875	1256.88	9.089	92.4069	0	83166.2	8794550.6	18	1248
975		46433.8	5160160	27.091	1257.09	9.091	92.4171	-0.0110017	83175.4	8877726	18.213	1248.21
		46424.6	5160151	27.091	1257.09	9.091	92.4171	0	83175.4	8877726	18.213	1248.21
990		46424.6	5206576	27.305	1257.31	9.092	92.4222	-0.0054998	83180	8960906	18.424	1248.42
		46420	5206571	27.305	1257.31	9.092	92.4222	0	83180	8960906	18.424	1248.42
1005		46420	5252991	27.518	1257.52	9.094	92.4323	-0.0109981	83189.1	9044095.1	18.633	1248.63
		46410.9	5252982	27.518	1257.52	9.094	92.4323	0	83189.1	9044095.1	18.633	1248.63
1020		46410.9	5299393	27.729	1257.73	9.096	92.4425	-0.0109957	83198.3	9127293.3	18.841	1248.84
		46401.7	5299384	27.729	1257.73	9.096	92.4425	0	83198.3	9127293.3	18.841	1248.84
1035		46401.7	5345785	27.939	1257.94	9.098	92.4527	-0.0109932	83207.4	9210500.7	19.047	1249.05
		46392.6	5345776	27.939	1257.94	9.098	92.4527	0	83207.4	9210500.7	19.047	1249.05
1050		46392.6	5392169	28.147	1258.15	9.1	92.4628	-0.0109908	83216.5	9293717.2	19.252	1249.25

4.Hydraulische Untersuchungen.

		46383.5	5392160	28.147	1258.15	9.1	92.4628	0	83216.5	9293717.2	19.252	1249.25
1065		46383.5	5438543	28.353	1258.35	9.101	92.4679	-0.0054944	83221.1	9376938.4	19.455	1249.46
		46378.9	5438539	28.353	1258.35	9.101	92.4679	0	83221.1	9376938.4	19.455	1249.46
1080		46378.9	5484917	28.559	1258.56	9.104	92.4831	-0.0164803	83234.8	9460173.2	19.656	1249.66
		46365.2	5484904	28.559	1258.56	9.104	92.4831	0	83234.8	9460173.2	19.656	1249.66
1095		46365.2	5531269	28.763	1258.76	9.107	92.4984	-0.0164749	83248.5	9543421.7	19.856	1249.86
		46351.5	5531255	28.763	1258.76	9.107	92.4984	0	83248.5	9543421.7	19.856	1249.86
1110		46351.5	5577607	28.965	1258.97	9.109	92.5085	-0.01098	83257.7	9626679.4	20.054	1250.05
		46342.3	5577598	28.965	1258.97	9.109	92.5085	0	83257.7	9626679.4	20.054	1250.05
1125		46342.3	5623940	29.166	1259.17	9.112	92.5238	-0.0164659	83271.4	9709950.8	20.25	1250.25
		46328.6	5623926	29.166	1259.17	9.112	92.5238	0	83271.4	9709950.8	20.25	1250.25
1140		46328.6	5670255	29.365	1259.37	9.115	92.539	-0.0164605	83285.1	9793235.9	20.444	1250.44
		46314.9	5670241	29.365	1259.37	9.115	92.539	0	83285.1	9793235.9	20.444	1250.44
1155		46314.9	5716556	29.563	1259.56	9.119	92.5593	-0.0219394	83303.4	9876539.3	20.637	1250.64
		46296.6	5716538	29.563	1259.56	9.119	92.5593	0	83303.4	9876539.3	20.637	1250.64
1170		46296.6	5762834	29.759	1259.76	9.122	92.5745	-0.0164478	83317.1	9959856.3	20.829	1250.83
		46282.9	5762821	29.759	1259.76	9.122	92.5745	0	83317.1	9959856.3	20.829	1250.83
1185	900	46282.9	5809103	29.954	1259.95	9.125	92.5897	-0.0164424	83330.8	10043187	21.018	1251.02
		46269.2	5809090	29.954	1259.95	9.125	92.5897	0	83330.8	10043187	21.018	1251.02
1200	900	46269.2	5855359	30.148	1260.15	9.13	92.6151	-0.0273935	83353.6	10126541	21.207	1251.21
		46246.4	5855336	30.148	1260.15	9.13	92.6151	0	83353.6	10126541	21.207	1251.21
1215		-83353.6	5771983	29.798	1259.8	8.591	89.8397	2.99670854	80855.7	10207396	21.388	1251.39
		-80855.7	5774480	29.809	1259.81	8.602	89.8972	-0.064	80907.5	10207448	21.388	1251.39
1230		-80907.5	5693573	29.465	1259.47	8.077	87.1107	3.09965522	78399.6	10285848	21.562	1251.56
		-78399.6	5696081	29.476	1259.48	8.088	87.17	-0.0680714	78453	10285901	21.562	1251.56
1245		-78453	5617628	29.138	1259.14	7.576	84.3658	3.21692605	75929.2	10361830	21.73	1251.73
		-75929.2	5620152	29.15	1259.15	7.588	84.4326	-0.0791661	75989.3	10361891	21.73	1251.73
1260		-75989.3	5544162	28.819	1258.82	7.089	81.6092	3.34399807	73448.3	10435339	21.891	1251.89
		-73448.3	5546703	28.83	1258.83	7.1	81.6725	-0.0775549	73505.2	10435396	21.891	1251.89
1275		-73505.2	5473198	28.507	1258.51	6.616	78.8396	3.46860687	70955.6	10506351	22.046	1252.05
		-70955.6	5475748	28.518	1258.52	6.627	78.9051	-0.0830973	71014.6	10506410	22.046	1252.05
1290		-71014.6	5404733	28.203	1258.2	6.157	76.0556	3.61130698	68450	10574860	22.195	1252.2
		-68450	5407298	28.214	1258.21	6.168	76.1235	-0.0892894	68511.1	10574921	22.195	1252.2
1305		-68511.1	5338787	27.91	1257.91	5.715	73.2748	3.74219927	65947.3	10640869	22.337	1252.34
		-65947.3	5341350	27.921	1257.92	5.726	73.3453	-0.0961917	66010.7	10640932	22.337	1252.34
1320		-66010.7	5275340	27.619	1257.62	5.282	70.4443	3.95527296	63399.8	10704332	22.473	1252.47
		-63399.8	5277951	27.63	1257.63	5.293	70.5176	-0.1040731	63465.8	10704398	22.473	1252.47
1335		-63465.8	5214485	27.341	1257.34	4.868	67.6273	4.09873457	60864.5	10765263	22.603	1252.6
		-60864.5	5217086	27.352	1257.35	4.879	67.7036	-0.112919	60933.3	10765331	22.603	1252.6
1350		-60933.3	5156153	27.073	1257.07	4.47	64.8038	4.28315997	58323.4	10823655	22.726	1252.73
		-58323.4	5158763	27.084	1257.08	4.481	64.8834	-0.1229669	58395.1	10823726	22.726	1252.73
1365		-58395.1	5100368	26.813	1256.81	4.087	61.9653	4.49747658	55768.8	10879495	22.844	1252.84
		-55768.8	5102994	26.824	1256.82	4.098	62.0487	-0.1344826	55843.8	10879570	22.844	1252.84
1380		-55843.8	5047150	26.563	1256.56	3.719	59.1098	4.73637308	53198.8	10932769	22.956	1252.96

4. Hydraulische Untersuchungen.

		-53198.8	5049795	26.574	1256.57	3.73	59.1972	-0.14778	53277.4	10932848	22.956	1252.96
1395		-53277.4	4996518	26.324	1256.32	3.368	56.2513	4.97636811	50626.2	10983474	23.062	1253.06
		-50626.2	4999169	26.335	1256.34	3.379	56.3431	-0.1631685	50708.8	10983556	23.062	1253.06
1410		-50708.8	4948460	26.096	1256.1	3.034	53.3893	5.24247858	48050.4	11031607	23.163	1253.16
		-48050.4	4951119	26.107	1256.11	3.045	53.486	-0.1811148	48137.4	11031694	23.163	1253.16
1425		-48137.4	4902981	25.878	1255.88	2.715	50.5047	5.57407052	45454.2	11077148	23.257	1253.26
		-45454.2	4905664	25.889	1255.89	2.726	50.6069	-0.2023735	45546.2	11077240	23.257	1253.26
1440		-45546.2	4860118	25.672	1255.67	2.415	47.6327	5.87702585	42869.4	11120109	23.346	1253.35
		-42869.4	4862795	25.683	1255.68	2.426	47.741	-0.2274845	42966.9	11120207	23.346	1253.35
1455		-42966.9	4819828	25.472	1255.47	2.126	44.6918	6.38698521	40222.6	11160430	23.43	1253.43
		-40222.6	4822572	25.483	1255.48	2.137	44.8073	-0.258368	40326.6	11160533	23.43	1253.43
1460		-40326.6	4782246	25.293	1255.29	1.863	41.8363	6.63068635	37652.6	11198186	23.508	1253.51
		-37652.6	4784920	25.303	1255.3	1.873	41.9484	-0.2680251	37753.6	11198287	23.508	1253.51
1475		-37753.6	4747166	25.097	1255.1	1.589	38.6374	7.89291035	34773.7	11233061	23.579	1253.58
		-34773.7	4750146	25.109	1255.11	1.601	38.7831	-0.3768858	34904.8	11233192	23.579	1253.58
1490		-34904.8	4715241	24.96	1254.96	1.381	36.02	7.12449818	32418	11265610	23.646	1253.65
		-32418	4717728	24.974	1254.97	1.395	36.2021	-0.5056009	32581.9	11265774	23.646	1253.65
1505		-32581.9	4685146	24.815	1254.82	1.169	33.1401	8.45805161	29826.1	11295600	23.707	1253.71
		-29826.1	4687902	24.827	1254.83	1.181	33.3098	-0.5119487	29978.8	11295752	23.707	1253.71
1520		-29978.8	4657923	24.68	1254.68	0.973	30.2345	9.23227063	27211.1	11322963	23.763	1253.76
		-27211.1	4660691	24.691	1254.69	0.984	30.4049	-0.5636734	27364.4	11323117	23.763	1253.76
1535		-27364.4	4633326	24.558	1254.56	0.795	27.3294	10.1152499	24596.5	11347713	23.814	1253.81
		-24596.5	4636094	24.569	1254.57	0.806	27.5178	-0.6894472	24766	11347883	23.814	1253.81
1550		-24766	4611328	24.448	1254.45	0.634	24.4057	11.309499	21965.1	11369848	23.859	1253.86
		-21965.1	4614129	24.45	1254.45	0.636	24.4442	-0.1576045	21999.7	11369883	23.859	1253.86
1565		-21999.7	4592130	24.351	1254.35	0.492	21.4995	12.0463244	19349.6	11389232	23.898	1253.9
		-19349.6	4594780	24.36	1254.36	0.501	21.6953	-0.9104892	19525.8	11389408	23.898	1253.9
1580		-19525.8	4575254	24.265	1254.27	0.367	18.5686	14.4117455	16711.8	11406120	23.932	1253.93
		-16711.8	4578068	24.273	1254.27	0.375	18.7699	-1.0840425	16892.9	11406301	23.932	1253.93
1595		-16892.9	4561175	24.193	1254.19	0.261	15.6591	16.5733855	14093.2	11420394	23.963	1253.96
		-14093.2	4563975	24.201	1254.2	0.269	15.8973	-1.5209998	14307.5	11420609	23.963	1253.96
1610	600	-9538.36	4554436	24.158	1254.16	0.195	13.5352	14.8585258	8121.1	11428730	23.965	1253.97
		-8121.1	4555854	24.161	1254.16	0.198	13.6389	-0.7662947	8183.33	11428792	23.965	1253.97
1620	60	-818.333	4555035	24.159	1254.16	0.194	13.5004	1.01525472	810.025	11429602	23.966	1253.97
		-810.025	4555044	24.159	1254.16	0.194	13.5004	0	810.025	11429602	23.966	1253.97
1621		-810.025	4554234	24.156	1254.16	0.19	13.3605	1.0362974	801.631	11430404	23.967	1253.97
		-801.631	4554242	24.156	1254.16	0.19	13.3605	0	801.631	11430404	23.967	1253.97
1622		-801.631	4553440	24.152	1254.15	0.185	13.1835	1.32456179	791.013	11431195	23.968	1253.97
		-791.013	4553451	24.152	1254.15	0.185	13.1835	0	791.013	11431195	23.968	1253.97
1623		-791.013	4552660	24.147	1254.15	0.179	12.968	1.63498754	778.08	11431973	23.969	1253.97
		-778.08	4552673	24.147	1254.15	0.179	12.968	0	778.08	11431973	23.969	1253.97
1624		-778.08	4551895	24.143	1254.14	0.174	12.7856	1.40653982	767.136	11432740	23.971	1253.97
		-767.136	4551906	24.143	1254.14	0.174	12.7856	0	767.136	11432740	23.971	1253.97
1625		-767.136	4551139	24.14	1254.14	0.169	12.6006	1.44725433	756.034	11433496	23.973	1253.97

4. Hydraulische Untersuchungen.

		-756.034	4551150	24.14	1254.14	0.169	12.6006	0	756.034	11433496	23.973	1253.97
1626		-756.034	4550394	24.136	1254.14	0.163	12.3749	1.79118973	742.492	11434239	23.975	1253.98
		-742.492	4550407	24.136	1254.14	0.163	12.3749	0	742.492	11434239	23.975	1253.98
1627		-742.492	4549665	24.132	1254.13	0.157	12.145	1.85774692	728.698	11434967	23.977	1253.98
		-728.698	4549679	24.132	1254.13	0.157	12.145	0	728.698	11434967	23.977	1253.98
1628		-728.698	4548950	24.129	1254.13	0.152	11.95	1.60524068	717.001	11435684	23.979	1253.98
		-717.001	4548962	24.129	1254.13	0.152	11.95	0	717.001	11435684	23.979	1253.98
1629		-717.001	4548245	24.126	1254.13	0.147	11.7518	1.65848978	705.109	11436389	23.981	1253.98
		-705.109	4548256	24.126	1254.13	0.147	11.7518	0	705.109	11436389	23.981	1253.98
1630		-705.109	4547551	24.121	1254.12	0.14	11.4686	2.40999271	688.116	11437078	23.982	1253.98
		-688.116	4547568	24.121	1254.12	0.14	11.4686	0	688.116	11437078	23.982	1253.98
1631		-688.116	4546880	24.118	1254.12	0.136	11.3036	1.43892394	678.215	11437756	23.983	1253.98
		-678.215	4546890	24.118	1254.12	0.136	11.3036	0	678.215	11437756	23.983	1253.98
1632		-678.215	4546212	24.115	1254.12	0.132	11.1361	1.48156339	668.166	11438424	23.984	1253.98
		-668.166	4546222	24.115	1254.12	0.132	11.1361	0	668.166	11438424	23.984	1253.98
1633		-668.166	4545554	24.112	1254.11	0.128	10.9661	1.52680722	657.965	11439082	23.985	1253.99
		-657.965	4545564	24.112	1254.11	0.128	10.9661	0	657.965	11439082	23.985	1253.99
1634		-657.965	4544906	24.108	1254.11	0.123	10.7498	1.97258037	644.986	11439727	23.986	1253.99
		-644.986	4544919	24.108	1254.11	0.123	10.7498	0	644.986	11439727	23.986	1253.99
1635		-644.986	4544274	24.105	1254.11	0.119	10.5735	1.63945533	634.412	11440361	23.987	1253.99
		-634.412	4544285	24.105	1254.11	0.119	10.5735	0	634.412	11440361	23.987	1253.99
1636		-634.412	4543650	24.102	1254.1	0.115	10.3943	1.69503804	623.658	11440985	23.988	1253.99
		-623.658	4543661	24.102	1254.1	0.115	10.3943	0	623.658	11440985	23.988	1253.99
1637		-623.658	4543037	24.099	1254.1	0.111	10.2119	1.75452218	612.716	11441598	23.989	1253.99
		-612.716	4543048	24.099	1254.1	0.111	10.2119	0	612.716	11441598	23.989	1253.99
1638		-612.716	4542435	24.095	1254.1	0.106	9.97928	2.2782033	598.757	11442196	23.99	1253.99
		-598.757	4542449	24.095	1254.1	0.106	9.97928	0	598.757	11442196	23.99	1253.99
1639		-598.757	4541851	24.092	1254.09	0.102	9.78919	1.90493637	587.351	11442784	23.991	1253.99
		-587.351	4541862	24.092	1254.09	0.102	9.78919	0	587.351	11442784	23.991	1253.99
1640		-587.351	4541275	24.089	1254.09	0.098	9.59532	1.98039412	575.719	11443359	23.992	1253.99
		-575.719	4541286	24.089	1254.09	0.098	9.59532	0	575.719	11443359	23.992	1253.99
1641		-575.719	4540711	24.086	1254.09	0.094	9.39746	2.06207714	563.847	11443923	23.993	1253.99
		-563.847	4540723	24.086	1254.09	0.094	9.39746	0	563.847	11443923	23.993	1253.99
1642		-563.847	4540159	24.083	1254.08	0.09	9.19534	2.15078904	551.72	11444475	23.994	1253.99
		-551.72	4540171	24.083	1254.08	0.09	9.19534	0	551.72	11444475	23.994	1253.99
1643		-551.72	4539619	24.08	1254.08	0.086	8.98868	2.24747801	539.321	11445014	23.995	1254
		-539.321	4539631	24.08	1254.08	0.086	8.98868	0	539.321	11445014	23.995	1254
1644		-539.321	4539092	24.076	1254.08	0.081	8.72346	2.95050412	523.408	11445538	23.996	1254
		-523.408	4539108	24.076	1254.08	0.081	8.72346	0	523.408	11445538	23.996	1254
1645		-523.408	4538585	24.073	1254.07	0.077	8.50534	2.5003957	510.321	11446048	23.997	1254
		-510.321	4538598	24.073	1254.07	0.077	8.50534	0	510.321	11446048	23.997	1254
1646		-510.321	4538087	24.07	1254.07	0.073	8.28148	2.63204079	496.889	11446545	23.998	1254
		-496.889	4538101	24.07	1254.07	0.073	8.28148	0	496.889	11446545	23.998	1254
1647		-496.889	4537604	24.067	1254.07	0.069	8.05139	2.77832138	483.084	11447028	23.999	1254
		-483.084	4537618	24.067	1254.07	0.069	8.05139	0	483.084	11447028	23.999	1254
1648		-483.084	4537135	24.063	1254.06	0.064	7.75419	3.69131753	465.251	11447493	24	1254

4. Hydraulische Untersuchungen.

		-465.251	4537153	24.063	1254.06	0.064	7.75419	0	465.251	11447493	24	1254
1649		-465.251	4536687	24.06	1254.06	0.06	7.50796	3.17541634	450.478	11447944	24.001	1254
		-450.478	4536702	24.06	1254.06	0.06	7.50796	0	450.478	11447944	24.001	1254
1650		-450.478	4536252	24.057	1254.06	0.056	7.25338	3.39082169	435.203	11448379	24.002	1254
		-435.203	4536267	24.057	1254.06	0.056	7.25338	0	435.203	11448379	24.002	1254
1651		-435.203	4535832	24.054	1254.05	0.052	6.98953	3.63758883	419.372	11448798	24.003	1254
		-419.372	4535847	24.054	1254.05	0.052	6.98953	0	419.372	11448798	24.003	1254
1652		-419.372	4535428	24.05	1254.05	0.047	6.64501	4.9291762	398.7	11449197	24.004	1254
		-398.7	4535449	24.05	1254.05	0.047	6.64501	0	398.7	11449197	24.004	1254
1653		-398.7	4535050	24.046	1254.05	0.042	6.28161	5.46868131	376.897	11449574	24.005	1254.01
		-376.897	4535072	24.046	1254.05	0.042	6.28161	0	376.897	11449574	24.005	1254.01
1654		-376.897	4534695	24.043	1254.04	0.038	5.975	4.88102688	358.5	11449932	24.006	1254.01
		-358.5	4534713	24.043	1254.04	0.038	5.975	0	358.5	11449932	24.006	1254.01
1655		-358.5	4534355	24.04	1254.04	0.034	5.65179	5.40946971	339.107	11450272	24.007	1254.01
		-339.107	4534374	24.04	1254.04	0.034	5.65179	0	339.107	11450272	24.007	1254.01
1656		-339.107	4534035	24.036	1254.04	0.029	5.2197	7.64518548	313.182	11450585	24.008	1254.01
		-313.182	4534061	24.036	1254.04	0.029	5.2197	0	313.182	11450585	24.008	1254.01
1657		-313.182	4533748	24.033	1254.03	0.025	4.84637	7.15233091	290.782	11450876	24.009	1254.01
		-290.782	4533770	24.033	1254.03	0.025	4.84637	0	290.782	11450876	24.009	1254.01
1658		-290.782	4533480	24.03	1254.03	0.021	4.44177	8.3484861	266.506	11451142	24.01	1254.01
		-266.506	4533504	24.03	1254.03	0.021	4.44177	0	266.506	11451142	24.01	1254.01
1659		-266.506	4533237	24.027	1254.03	0.017	3.99642	10.0264589	239.785	11451382	24.011	1254.01
		-239.785	4533264	24.027	1254.03	0.017	3.99642	0	239.785	11451382	24.011	1254.01
1660		-239.785	4533024	24.023	1254.02	0.012	3.35766	15.983195	201.46	11451583	24.012	1254.01
		-201.46	4533063	24.023	1254.02	0.012	3.35766	0	201.46	11451583	24.012	1254.01
1661		-201.46	4532861	24.02	1254.02	0.008	2.74152	18.3503419	164.491	11451748	24.013	1254.01
		-164.491	4532898	24.02	1254.02	0.008	2.74152	0	164.491	11451748	24.013	1254.01
1662		-164.491	4532734	24.017	1254.02	0.004	1.93855	29.2893219	116.313	11451864	24.014	1254.01
		-116.313	4532782	24.017	1254.02	0.004	1.93855	0	116.313	11451864	24.014	1254.01
1663		-116.313	4532665	24.014	1254.01	0	0	100	0	11451864	24.014	1254.01
		0	4532782	24.014	1254.01	0	0	#DIV/0!	0	11451864	24.014	1254.01
1640		-12150.4	4535418	24.088	1254.09	0.106	9.97928	12.9860438	598.757	11437676	24.088	1254.09
		-8981.36	4538587	24.088	1254.09	0.106	0	100	0	11437078	24.088	1254.09
1650	60	-7200	4531387	24.068	1254.07	-0.02	1.64783	0	98.8699	11436979	23.989	1253.99
		-7101.13	4531486	24.066	1254.07	-0.022	1.72826	-4.8808848	103.696	11436974	23.989	1253.99
1651		-7096.3	4524390	24.032	1254.03	0.043	2.4162	-39.805059	144.972	11436829	23.988	1253.99
		-7055.03	4524431	24.032	1254.03	0.043	2.4162	0	144.972	11436829	23.988	1253.99
1652		-7055.03	4517376	23.997	1254	0.009	1.1054	54.2504289	66.324	11436763	23.988	1253.99
		-7133.68	4517297	23.997	1254	0.009	1.1054	0	66.324	11436763	23.988	1253.99
1653		-7133.68	4510163	23.96	1253.96	-0.028	1.94974	-76.383421	116.984	11436646	23.987	1253.99
		-7083.02	4510214	23.96	1253.96	-0.028	1.94974	0	116.984	11436646	23.987	1253.99
1654		-7083.02	4503131	23.921	1253.92	-0.066	2.99344	-53.529895	179.606	11436466	23.987	1253.99
		-7020.39	4503194	23.921	1253.92	-0.066	2.99344	0	179.606	11436466	23.987	1253.99
1655		-7020.39	4496173	23.885	1253.89	-0.102	3.72133	-24.316312	223.28	11436243	23.987	1253.99
		-6976.72	4496217	23.885	1253.89	-0.102	3.72133	0	223.28	11436243	23.987	1253.99

4. Hydraulische Untersuchungen.

1656		-6976.72	4489240	23.845	1253.85	-0.142	4.39078	-17.989697	263.447	11435979	23.986	1253.99
		-6936.55	4489280	23.845	1253.85	-0.142	4.39078	0	263.447	11435979	23.986	1253.99
1657		-6936.55	4482344	23.809	1253.81	-0.177	4.90213	-11.645818	294.128	11435685	23.985	1253.99
		-6905.87	4482375	23.809	1253.81	-0.177	4.90213	0	294.128	11435685	23.985	1253.99
1658		-6905.87	4475469	23.768	1253.77	-0.217	5.42785	-10.724374	325.671	11435359	23.984	1253.98
		-6874.33	4475500	23.768	1253.77	-0.217	5.42785	0	325.671	11435359	23.983	1253.98
1659		-6874.33	4468626	23.727	1253.73	-0.256	5.89546	-8.6150773	353.728	11435006	23.982	1253.98
		-6846.27	4468654	23.727	1253.73	-0.256	5.89546	0	353.728	11435006	23.981	1253.98
1660		-6846.27	4461808	23.686	1253.69	-0.295	6.32862	-7.3472752	379.717	11434626	23.98	1253.98
		-6820.28	4461834	23.686	1253.69	-0.295	6.32862	0	379.717	11434626	23.979	1253.98
1661	180	-20460.8	4441373	23.655	1253.66	-0.324	6.6324	-4.8000518	1193.83	11433432	23.979	1253.98
		-20406.2	4441427	23.655	1253.66	-0.324	6.6324	0	1193.83	11433432	23.979	1253.98
1664		-20406.2	4421021	23.459	1253.46	-0.52	8.40233	-26.686158	1512.42	11431920	23.979	1253.98
		-20087.6	4421340	23.459	1253.46	-0.52	8.40233	0	1512.42	11431920	23.979	1253.98
1667		-20087.6	4401252	23.337	1253.34	-0.642	9.3361	-11.113248	1680.5	11430239	23.976	1253.98
		-19919.5	4401420	23.337	1253.34	-0.642	9.3361	0	1680.5	11430239	23.976	1253.98
1670		-19919.5	4381501	23.215	1253.22	-0.761	10.1646	-8.8741593	1829.63	11428410	23.976	1253.98
		-19770.4	4381650	23.215	1253.22	-0.761	10.1646	0	1829.63	11428410	23.976	1253.98
1673		-19770.4	4361880	23.093	1253.09	-0.883	10.9491	-7.717936	1970.84	11426439	23.976	1253.98
		-19629.2	4362021	23.093	1253.09	-0.883	10.9491	0	1970.84	11426439	23.976	1253.98
1676		-19629.2	4342392	22.969	1252.97	-1.007	11.6926	-6.7909337	2104.68	11424334	23.976	1253.98
		-19495.3	4342526	22.969	1252.97	-1.007	11.6926	0	2104.68	11424334	23.976	1253.98
1679		-19495.3	4323030	22.847	1252.85	-1.129	12.3807	-5.8844623	2228.52	11422106	23.976	1253.98
		-19371.5	4323154	22.847	1252.85	-1.129	12.3807	0	2228.52	11422106	23.976	1253.98
1682		-19371.5	4303783	22.732	1252.73	-1.244	12.996	-4.9695219	2339.27	11419766	23.967	1253.97
		-19260.7	4303893	22.732	1252.73	-1.244	12.996	0	2339.27	11419766	23.967	1253.97
1685	300	-19260.7	4284633	22.71	1252.71	-1.257	13.0637	-0.5211501	2351.46	11417415	23.964	1253.96
		-32080.9	4271812	22.71	1252.71	-1.257	13.0637	0	3919.1	11415847	23.964	1253.96
1690		-32080.9	4239732	22.618	1252.62	-1.346	13.5183	-3.4796357	2433.29	11413414	23.955	1253.96
		-31944.5	4239868	22.618	1252.62	-1.346	13.5183	0	2433.29	11413414	23.955	1253.96
1695		-31944.5	4207923	22.399	1252.4	-1.556	14.5346	-7.5182696	2616.23	11410798	23.951	1253.95
		-31639.6	4208228	22.399	1252.4	-1.556	14.5346	0	2616.23	11410798	23.951	1253.95
1700		-31639.6	4176589	22.225	1252.23	-1.726	15.308	-5.3211517	2755.44	11408042	23.946	1253.95
		-31407.6	4176821	22.225	1252.23	-1.726	15.308	0	2755.44	11408042	23.946	1253.95
1705		-31407.6	4145413	22.058	1252.06	-1.888	16.0103	-4.5876968	2881.85	11405160	23.941	1253.94
		-31196.9	4145624	22.058	1252.06	-1.888	16.0103	0	2881.85	11405160	23.941	1253.94
1710		-31196.9	4114427	21.891	1251.89	-2.05	16.683	-4.2019714	3002.95	11402157	23.933	1253.93
		-30995.1	4114629	21.891	1251.89	-2.05	16.683	0	3002.95	11402157	23.933	1253.93
1715		-30995.1	4083634	21.724	1251.72	-2.209	17.3179	-3.8056345	3117.23	11399040	23.927	1253.93
		-30804.6	4083824	21.724	1251.72	-2.209	17.3179	0	3117.23	11399040	23.927	1253.93
1720		-30804.6	4053019	21.557	1251.56	-2.37	17.9379	-3.5800974	3228.83	11395811	23.921	1253.92
		-30618.6	4053205	21.557	1251.56	-2.37	17.9379	0	3228.83	11395811	23.921	1253.92
1725		-30618.6	4022587	21.402	1251.4	-2.519	18.4932	-3.0955478	3328.78	11392483	23.915	1253.92

4.Hydraulische Untersuchungen.

		-30452	4022753	21.402	1251.4	-2.519	18.4932	0	3328.78	11392483	23.915	1253.92
1730		-30452	3992301	21.224	1251.22	-2.691	19.1141	-3.357683	3440.55	11389042	23.909	1253.91
		-30265.8	3992488	21.224	1251.22	-2.691	19.1141	0	3440.55	11389042	23.909	1253.91
1745		-30265.8	3962222	21.057	1251.06	-2.852	19.6776	-2.9479995	3541.97	11385500	23.899	1253.9
		-30096.7	3962391	21.057	1251.06	-2.852	19.6776	0	3541.97	11385500	23.899	1253.9
1750	600	-60193.4	3902198	20.722	1250.72	-3.177	20.7686	-5.5440723	12461.1	11373039	23.874	1253.87
		-59538.9	3902852	20.722	1250.72	-3.177	20.7686	0	12461.1	11373039	23.874	1253.87
1760		-59538.9	3843313	20.39	1250.39	-3.484	21.7489	-4.7202007	13049.3	11359990	23.847	1253.85
		-58950.7	3843901	20.39	1250.39	-3.484	21.7489	0	13049.3	11359990	23.847	1253.85
1770		-58950.7	3784951	20.058	1250.06	-3.789	22.6809	-4.2853323	13608.5	11346381	23.82	1253.82
		-58391.5	3785510	20.058	1250.06	-3.789	22.6809	0	13608.5	11346381	23.82	1253.82
1780		-58391.5	3727119	19.725	1249.73	-4.095	23.579	-3.9596121	14147.4	11332234	23.791	1253.79
		-57852.6	3727657	19.725	1249.73	-4.095	23.579	0	14147.4	11332234	23.791	1253.79
1790		-57852.6	3669805	19.392	1249.39	-4.399	24.4385	-3.645399	14663.1	11317571	23.761	1253.76
		-57336.9	3670320	19.392	1249.39	-4.399	24.4385	0	14663.1	11317571	23.761	1253.76
1800		-57336.9	3612984	19.058	1249.06	-4.703	25.2688	-3.3976119	15161.3	11302409	23.73	1253.73
		-56838.7	3613482	19.058	1249.06	-4.703	25.2688	0	15161.3	11302409	23.73	1253.73
1810		-56838.7	3556643	18.724	1248.72	-5.006	26.0701	-3.1710697	15642.1	11286767	23.7	1253.7
		-56357.9	3557124	18.724	1248.72	-5.006	26.0701	0	15642.1	11286767	23.7	1253.7
1820		-56357.9	3500766	18.388	1248.39	-5.312	26.8551	-3.0110017	16113.1	11270654	23.665	1253.67
		-55886.9	3501237	18.388	1248.39	-5.312	26.8551	0	16113.1	11270654	23.665	1253.67
1830		-55886.9	3445350	18.052	1248.05	-5.613	27.6055	-2.7941709	16563.3	11254091	23.631	1253.63
		-55436.7	3445800	18.052	1248.05	-5.613	27.6055	0	16563.3	11254091	23.631	1253.63
1840		-55436.7	3390364	17.714	1247.71	-5.917	28.3432	-2.6722935	17005.9	11237085	23.596	1253.6
		-54994.1	3390806	17.714	1247.71	-5.917	28.3432	0	17005.9	11237085	23.596	1253.6
1850		-54994.1	3335812	17.375	1247.38	-6.221	29.0622	-2.5366952	17437.3	11219648	23.56	1253.56
		-54562.7	3336243	17.375	1247.38	-6.221	29.0622	0	17437.3	11219648	23.56	1253.56
1860		-54562.7	3281681	17.036	1247.04	-6.524	29.7615	-2.4063473	17856.9	11201791	23.254	1253.25
		-54143.1	3282100	17.036	1247.04	-6.524	29.7615	0	17856.9	11201791	23.254	1253.25
1870		-54143.1	3227957	16.695	1246.7	-6.559	29.8412	-0.2678815	17904.7	11183886	23.487	1253.49
		-54095.3	3228005	16.695	1246.7	-6.559	29.8412	0	17904.7	11183886	23.487	1253.49
1880		-54095.3	3173910	16.348	1246.35	-7.139	31.1327	-4.3277582	18679.6	11165206	23.448	1253.45
		-53320.4	3174685	16.348	1246.35	-7.139	31.1327	0	18679.6	11165206	23.448	1253.45
1890		-53320.4	3121364	16.007	1246.01	-7.441	31.7844	-2.093234	19070.6	11146136	23.409	1253.41
		-52929.4	3121755	16.007	1246.01	-7.441	31.7844	0	19070.6	11146136	23.409	1253.41
1900		-52929.4	3068826	15.662	1245.66	-7.747	32.4313	-2.0354598	19458.8	11126677	23.369	1253.37
		-52541.2	3069214	15.662	1245.66	-7.747	32.4313	0	19458.8	11126677	23.369	1253.37
1910		-52541.2	3016673	15.315	1245.32	-8.054	33.0677	-1.9621618	19840.6	11106836	23.328	1253.33
		-52159.4	3017055	15.315	1245.32	-8.054	33.0677	0	19840.6	11106836	23.328	1253.33
1920		-52159.4	2964895	14.967	1244.97	-8.361	33.692	-1.8880614	20215.2	11086621	23.286	1253.29
		-51784.8	2965270	14.967	1244.97	-8.361	33.692	0	20215.2	11086621	23.286	1253.29
1930		-51784.8	2913485	14.617	1244.62	-8.669	34.307	-1.8252277	20584.2	11066037	23.243	1253.24
		-51415.8	2913854	14.617	1244.62	-8.669	34.307	0	20584.2	11066037	23.243	1253.24
1940		-51415.8	2862438	14.266	1244.27	-8.977	34.9111	-1.7609403	20946.7	11045090	23.2	1253.2

4.Hydraulische Untersuchungen.

		-51053.3	2862801	14.266	1244.27	-8.977	34.9111	0	20946.7	11045090	23.2	1253.2
1950		-51053.3	2811747	13.913	1243.91	-9.287	35.5088	-1.7119803	21305.3	11023785	23.155	1253.16
		-50694.7	2812106	13.913	1243.91	-9.287	35.5088	0	21305.3	11023785	23.155	1253.16
1960		-50694.7	2761411	13.558	1243.56	-9.597	36.0966	-1.6552996	21657.9	11002127	23.11	1253.11
		-50342.1	2761764	13.558	1243.56	-9.597	36.0966	0	21657.9	11002127	23.11	1253.11
1970		-50342.1	2711422	13.201	1243.2	-9.909	36.6786	-1.6125071	22007.2	10980120	23.064	1253.06
		-49992.8	2711771	13.201	1243.2	-9.909	36.6786	0	22007.2	10980120	23.064	1253.06
1980		-49992.8	2661778	12.841	1242.84	-10.223	37.2552	-1.5720613	22353.1	10957767	23.018	1253.02
		-49646.9	2662124	12.841	1242.84	-10.223	37.2552	0	22353.1	10957767	23.018	1253.02
1990		-49646.9	2612477	12.482	1242.48	-10.536	37.8212	-1.5193201	22692.7	10935074	22.97	1252.97
		-49307.3	2612817	12.482	1242.48	-10.536	37.8212	0	22692.7	10935074	22.97	1252.97
2000		-49307.3	2563510	12.119	1242.12	-10.851	38.3825	-1.4838654	23029.5	10912044	22.922	1252.92
		-48970.5	2563847	12.119	1242.12	-10.851	38.3825	0	23029.5	10912044	22.922	1252.92
2010		-48970.5	2514876	11.754	1241.75	-11.168	38.9391	-1.4501798	23363.4	10888681	22.873	1252.87
		-48636.6	2515210	11.754	1241.75	-11.168	38.9391	0	23363.4	10888681	22.873	1252.87
2020		-48636.6	2466573	11.387	1241.39	-11.486	39.4896	-1.4137176	23693.7	10864987	22.823	1252.82
		-48306.3	2466904	11.387	1241.39	-11.486	39.4896	0	23693.7	10864987	22.823	1252.82
2030		-48306.3	2418597	11.017	1241.02	-11.806	40.0359	-1.3834308	24021.5	10840966	22.772	1252.77
		-47978.5	2418925	11.017	1241.02	-11.806	40.0359	0	24021.5	10840966	22.772	1252.77
2040		-47978.5	2370947	10.645	1240.65	-12.127	40.5765	-1.3503609	24345.9	10816620	22.721	1252.72
		-47654.1	2371271	10.645	1240.65	-12.127	40.5765	0	24345.9	10816620	22.721	1252.72
2050		-47654.1	2323617	10.27	1240.27	-12.451	41.115	-1.3270567	24669	10791951	22.668	1252.67
		-47331	2323940	10.27	1240.27	-12.451	41.115	0	24669	10791951	22.668	1252.67
2060		-47331	2276609	9.894	1239.89	-12.774	41.6449	-1.2887798	24986.9	10766964	22.615	1252.62
		-47013.1	2276927	9.894	1239.89	-12.774	41.6449	0	24986.9	10766964	22.615	1252.62
2070		-47013.1	2229914	9.514	1239.51	-13.101	42.1745	-1.2718556	25304.7	10741659	22.561	1252.56
		-46695.3	2230232	9.514	1239.51	-13.101	42.1745	0	25304.7	10741659	22.561	1252.56
2080		-46695.3	2183536	9.133	1239.13	-13.428	42.6976	-1.2403046	25618.6	10716041	22.507	1252.51
		-46381.4	2183850	9.133	1239.13	-13.428	42.6976	0	25618.6	10716041	22.507	1252.51
2090		-46381.4	2137469	8.747	1238.75	-13.76	43.2222	-1.2286746	25933.3	10690107	22.451	1252.45
		-46066.7	2137784	8.747	1238.75	-13.76	43.2222	0	25933.3	10690107	22.451	1252.45
2100		-46066.7	2091717	8.358	1238.36	-14.093	43.7421	-1.2027955	26245.3	10663862	22.395	1252.4
		-45754.7	2092029	8.358	1238.36	-14.093	43.7421	0	26245.3	10663862	22.395	1252.4
2110		-45754.7	2046274	7.967	1237.97	-14.428	44.2589	-1.181553	26555.4	10637307	22.338	1252.34
		-45444.6	2046584	7.967	1237.97	-14.428	44.2589	0	26555.4	10637307	22.338	1252.34
2120		-45444.6	2001140	7.571	1237.57	-14.767	44.7759	-1.1679781	26865.5	10610441	22.281	1252.28
		-45134.5	2001450	7.571	1237.57	-14.767	44.7759	0	26865.5	10610441	22.281	1252.28
2130		-45134.5	1956315	7.173	1237.17	-15.108	45.2899	-1.1480118	27173.9	10583267	22.222	1252.22
		-44826.1	1956624	7.173	1237.17	-15.108	45.2899	0	27173.9	10583267	22.222	1252.22

Tabelle.8 Ergebnisse von den hydraulischen Untersuchungen.

5. Auswahl und Bemessung der Abstützung

Nach dem Ausbruch des Drucksollens entsteht eine große Gefahr zur Zerstörung des Querschnitts. Die Einheit dieses Querschnittes soll gesichert werden wobei keine ungewünschten Schäden vorkommen dürfen. Dafür wird eine entsprechende Abstützung gebaut, die den Gebirgsdruck bis zu der Errichtung der permanenten unterirdischen Konstruktion tragen muss.

Die schalförmige Konstruktion der Abstützung ist eine Voraussetzung für die Entstehung einer entlasteten Zone über der Firste, die aufgrund der Zusammenarbeit und der Verzahnung des Felses passiert, wodurch die Belastung reduziert und eine Reihe von sekundären Gebirgsauflockerungen verhindert werden.

Die Abstützung ist in der Form einer deformierbaren Konstruktion vorgesehen, die einerseits temporär, andererseits als Teil von der Auskleidung arbeiten kann. Laut der Bemessungsnormen soll die Abstützung für den ganzen Gebirgsdruck bemessen werden.

5.1 Ermittlung des Gebirgsdrucks

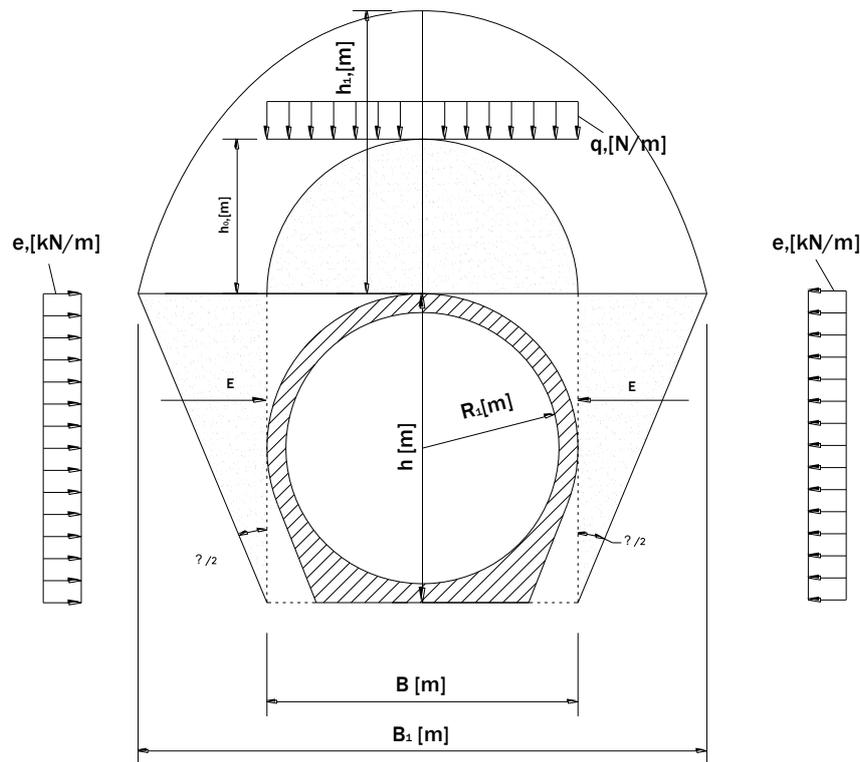
Der Gebirgsdruck ist eine Kraft mit Zufallscharakter, deshalb ist es sehr schwer festzustellen, wo sie vorkommen wird. Es sollen alle Sicherheitsmaßnahmen für die Erhaltung der Baugrube unternommen werden. Wegen den Sprengarbeiten wird der Fels um den vorgesehenen Querschnitt aufgelockert. Die Störung wird von den sekundären Gebirgsauflockerungen noch mehr vergrößert und es entstehen Zugspannungen in der Zone der Firste, die wegen der kleinen Zugfestigkeit des Felses zur Entstehung von Rissen führen können. Das enorme Eigengewicht des gestörten Felses, der sich aus den Felsen trennt, kann eine Voraussetzung für den Kollaps der Gesamtheit des Querschnitts sein. Der Gebirgsdruck ist genau dieses Eigengewicht des gestörten Felses, das von der temporären oder permanenten Konstruktion der Abstützung übernommen werden soll.

Für die Ermittlung des Gebirgsdrucks spielen die Eigenschaften des Felses und die Bauverfahrenstechnik eine sehr wichtige Rolle. Je nachdem kann auch der Gebirgsdruck überhaupt nicht auftreten.

5. Auswahl und Bemessung der Abstützung.

Voraussetzung für das Vorkommen von Auflockerungszonen in dem Querschnitt sind die Sprengarbeiten. Bei einem maschinellen Vortrieb wird diese Zone reduziert. Wegen der komplizierten Einheit der Felsreaktion ist es sehr schwer eine theoretische Bestimmung der Größe der Auflockerungszone durchzuführen. Das ist eine Voraussetzung diesen Wert am Anfang nur anzunehmen und erst später während den Sprengarbeiten genauer festzustellen. Es ist möglich, dass die festgestellte Größe sich von der angenommenen unterscheidet. In diesem Fall sollen die entsprechenden Verbesserungen gemacht werden.

In den Bemessungsnormen für die Ermittlung des Gebirgsdrucks wird die Theorie von Protodiakonov benutzt. Laut dieser Theorie ist der Grundparameter für die Bemessung der Festigkeitsbeiwert des Felses- f . Der Gebirgsdruck wird als das Eigengewicht der Auflockerungszone um den Querschnitt definiert, der eine parabolische Form hat. Der vertikale und horizontale Gebirgsdruck soll als eine gleichmässig verteilte Last angesehen werden, dessen Größe von der parabolischen Verteilung bestimmt werden kann.



5.1.1 Ermittlung des Gebirgsdrucks beim Festigkeitsbeiwert nach Protodiakonov $f < 4$

Bei einem so kleinen Festigkeitsbeiwert nach Protodiakonov wird angenommen, dass der Fels nicht tragfähig ist und die Auflockerungszone in dem Bereich der Firste eine Voraussetzung für die Entstehung von seitlichen Lasten ist. Dadurch entsteht ein horizontaler Gebirgsdruck.

Für $h_{\bar{u}} > 2 \cdot h_{\text{Zerstört}}$

- Vertikaler Gebirgsdruck - $q = \beta \cdot \gamma_{\text{Fels}} \cdot h_{\text{Zerstört}}$ [kN/m²]
- Horizontaler Gebirgsdruck $e = \gamma_{\text{Fels}} \cdot (h_{\text{Zerstört}} + 0,5 D_3) \text{tg}^2 \left(45 - \frac{\bar{\varphi}}{2} \right)$

wobei:

$h_{\bar{u}}$ – Überlagerungshöhe

$h_{\text{zerstört}}$ – Höhe der zerstörten Zone

$\bar{\varphi}$ – Reibungswinkel: $\bar{\varphi} = \text{arctg}(f)$

q – Vertikaler Gebirgsdruck

e – Horizontaler Gebirgsdruck

γ_{Fels} – Wichte des Felses

β – Querschnittsbeiwert

$\beta = 0,7$ für $b \leq 5,5$ m
$\beta = 1,0$ für $b \leq 7,5$ m
$\beta = 0,8$ für $D_3 = b = 6,8$ m

5.1.2 Ermittlung des Gebirgsdrucks beim Festigkeitsbeiwert nach Protodiakonov $f \geq 4$

Es entsteht nur vertikaler Gebirgsdruck

Für $h_{\bar{u}} > 2 \cdot h_{\text{zerstört}}$

- Vertikaler Gebirgsdruck - $q = \beta \cdot \gamma_{\text{Fels}} \cdot h_{\text{zerstört}}$ [kN/m²]

5.2 Bemessung der Abstützung

5.2.1 Kombinierte Abstützung aus Spritzbeton und Anker (Gleitkeilanker und Kunstharzklebeanker)

Die kombinierte Abstützung aus Spritzbeton und Ankern kann ein Teil der Auskleidung sein. Das Ziel ist den Querschnitt von der Zerstörungswirkung des Gebirgsdrucks zu schützen. Die Bemessung der Anker umfasst das folgende: Der Ankerdurchmesser, der Bohrlochdurchmesser, die Ankerlänge und der Abstand zwischen den Ankern. Bei der Ermittlung des Gebirgsdrucks für die Bemessung der Anker ist der Festigkeitsbeiwert, der unmittelbar nach dem Abbruch vorkommt- f benutzt. Für die Bemessung des Spritzbetons soll die vorgespannte Funktion der Anker berücksichtigt werden und wird der verbesserte Festigkeitsbeiwert f_v verwendet.¹

5.2.1.1 Ermittlung der Ankerlänge

$$l_a = h_{\text{zerstört}} + l_{\text{Haft}}$$

- Haftstrecke für Gleitkeilanker

$$l_{\text{Haft}} = \max \left\{ \begin{array}{l} l_{\text{Haft}} \geq (0,5 \div 0,7) \text{ m} \\ l_{\text{Haft}} \geq 0,25 \cdot h_{\text{zerstört}} \text{ m} \end{array} \right\}$$

- Haftstrecke für Kunstharzklebeanker

$$l_{\text{Haft}} = \max \left\{ \begin{array}{l} l_{\text{Haft}} = \frac{R_{\text{St}} \cdot d_a}{4 \cdot \tau_M} \quad [\text{m}] \\ l_{\text{Haft}} = \frac{R_{\text{St}} \cdot d_L}{4 \cdot \tau_F} \quad [\text{m}] \end{array} \right\}$$

$\tau_M = (2,5 \div 3,5) \text{ MPa}$ – Reibung zwischen Anker stahl und Mörtel

$\tau_F = (1,8 \div 2,3) \text{ MPa}$ – Reibung zwischen Mörtel und Fels

$R_c = 355 \text{ MPa}$ – Zugfestigkeit des Stahls A – III

¹ Vgl. Georgiev 2004, S.276

5.2.1.2 Ermittlung des Abstands zwischen den Ankern

$$a = \min \left\{ \begin{array}{l} a = l_a - \frac{k_B \cdot q}{c} \cdot (l_a + D_3) \\ a = \frac{l_a}{3} \cdot \sqrt{\frac{c}{q}} \quad \text{für } q > \frac{4}{9} \cdot \gamma_{ck} \cdot l_a \\ a = \frac{1}{2} \cdot \sqrt{\frac{c \cdot l_a}{\gamma_{Fels}}} \quad \text{für } q \leq \frac{4}{9} \cdot \gamma_{Fels} \cdot l_a \\ a = \sqrt{\frac{N_a}{\gamma_{Fels} \cdot h_{zerstört}}} \end{array} \right. \left. \begin{array}{l} \Rightarrow \text{Aufgrund der Form der} \\ \text{Auflockerungszone} \\ \\ \Rightarrow \text{Aufgrund der Erhaltung der} \\ \text{Beständigkeit des Felses} \\ \text{zwischen den Ankern} \\ \\ \Rightarrow \text{Aufgrund der Befestigungsfestigkeit} \end{array} \right.$$

$k_a = 0,3$ für kreisförmigen Querschnitt

c – Reibungsbeiwert des Felses

N_a – Tragfähigkeit des Ankers

$N_a = (60 \div 80)$ kN für Schlitzkeilanker

$N_a = (80 \div 100)$ kN für Kunstharzklebeanker

5.2.1.3 Ermittlung der Anzahl der Anker in einem Querschnitt

$$n_{\text{Anker}} = \frac{L}{a} = \frac{\pi \cdot D_3}{2 \cdot a}$$

a – Abstand zwischen den Ankern

5.2.1.4 Ermittlung des Ankerdurchmessers

$$d_a \geq 2 \cdot \sqrt{\frac{N_a}{\pi \cdot R_c}} \quad \text{für Schlitzkeilanker}$$

$$d_a = N16 \div N25 \quad \text{für Kunstharzklebeanker}$$

$$d_{\text{Loch}} = d_a + (15 \div 20) \text{ mm}$$

5.2.1.5 Bemessung des Spritzbetons

- Unbewehrter Spritzbeton

$$d_{SB} = 0,80 \sqrt{\frac{\gamma_{Fels} \cdot a^3}{f_v \cdot R_{sb}}} \quad [\text{cm}]$$

- Bewehrter Spritzbeton

$$d_{SB} = \frac{-F_s \cdot R_s + \sqrt{(F_s \cdot R_s)^2 + (0,0464 \cdot \gamma_{Fels} \cdot a^3 \cdot l^2 \cdot R_{sb}) / f_v}}{0,333 \cdot R_{sb} \cdot l} \quad [\text{cm}]$$

f_v – Verbesserter Festigkeitsbeiwert.

l – Vortriebslänge

R_{sb} – Druckfestigkeit des Spritzbetons [10^5 N/m^2].

γ_{Fels} – Wichte des Felses [10 N/cm^3]

a – Abstand zwischen den Anker n [cm]

R_s – Zugfestigkeit des Stahls [10^5 N/m^2]

F_s – Querschnittsfläche des Stahls

5.2.2 Abstützung aus Spritzbeton (bewehrter und unbewehrter Spritzbeton)

Die Abstützung aus Spritzbeton wird unmittelbar nach dem Ausbruch des Querschnitts gemacht, wobei unter Druck Beton gespritzt wird. In Abhängigkeit von der Tragfähigkeit des Felses kann der Spritzbeton bewehrt oder unbewehrt sein, entsprechend für tragende Felsen und Felsen mit kleiner Tragfähigkeit. Die Abstützung von bewehrtem Spritzbeton wird gemacht nachdem der Beton auf ein vorfixiertes Stahlnetz gespritzt wird. Die Abstützung gewährleistet durch die schalenförmige Konstruktion eine große Tragfähigkeit. Der Fels arbeitet zusammen mit der Konstruktion und dadurch kann der große Gebirgsdruck des gestörten Felsen und von den sekundären Gebirgsauflockerungen übernommen werden. Der Spritzbeton hat auch eine zweite Funktion, die die Tragfähigkeit verbessert. Er füllt die großen Risse aus und dadurch verfestigt er der Fels. ¹

¹ Vgl. Georgiev 2004, S.244

5.2.2.1 Unbewehrter Spritzbeton

$$d_{sb} = 0,473 \cdot \sqrt{\frac{\gamma_{Fels} \cdot a^3}{f \cdot R_{sb}}} \quad [\text{cm}]$$

5.2.2.2 Bewehrter Spritzbeton

$$d_{SB} = \frac{-F_s \cdot R_s + \sqrt{(F_s \cdot R_s)^2 + (160 \cdot \gamma_{Fels} \cdot a^3 \cdot R_{sb}) / f}}{33,3 \cdot R_{sb}} \quad [\text{cm}]$$

f_v – Verbesserter Festigkeitsbeiwert.

l – Vortriebslänge

R_{sb} – Druckfestigkeit des Spritzbetons [10^5N/m^2].

γ_{Fels} – Wichte des Felses [10N/cm^3]

a – Durchmesser des Druckstollens [cm]

R_s – Zugfestigkeit des Stahls [10^5N/m^2]

F_s – Querschnittsfläche des Stahls

5.3 Auswahl der Abstützungsstruktur und Bemessung in jedem Abschnitt.

5.3.1 Abschnitt Typ 1

- Abstützungsstruktur – Kunstharzklebeanker und bewehrter Spritzbeton
- $L_{\text{Abschnitt}} = 60 \text{ m}$
- $f = 2 \Rightarrow K_0 = 1000 \text{ N/cm}^2$
- $\varphi = \arctg(f) = 63,435^\circ$
- $\gamma_{\text{Fels}} = 25 \text{ kN/m}^3$
- $h_{\text{zerstört}} = b_1 / 2 \cdot f = 10,18 / 2 \cdot 2 = 2,55 \text{ m}$,

$$b_1 = b + 2 \cdot h \cdot \text{tg}\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right) = 6,92 + 2 \cdot 6,92 \cdot \text{tg}\left(45^\circ - \frac{63,435^\circ}{2}\right) = 10,18 \text{ m}$$

wobei $b = h = D_3 = 6,92 \text{ m}$ – Durchmesser des Druckstollens mit angenommener Auskleidungsdicke und Spritzbetonsdicke

- $q = \beta \cdot \gamma_{\text{Fels}} \cdot h_{\text{zerstört}} = 0,8 \cdot 25 \cdot 2,55 = 50,9 \text{ [kN/m}^2\text{]}$
- $e = \gamma_{\text{Fels}} \cdot (h_{\text{zerst.}} + 0,5 D_3) \text{tg}^2\left(45 - \frac{\varphi}{2}\right) =$
 $= 25 \cdot (2,55 + 0,5 \cdot 6,92) \text{tg}^2\left(45 - \frac{63,435}{2}\right) = 4,671 \text{ kN/m}^2$

5.3.1.1 Ermittlung der Ankerlänge

$$l_a = h_{\text{zerstört}} + l_{\text{Haft}}$$

- Haftstrecke für Kunstharzklebeanker

$$l_{\text{Haft}} = \max \left\{ \begin{array}{l} l_{\text{Haft}} = \frac{R_{\text{st}} \cdot d_a}{4 \cdot \tau_M} = \frac{355,0 \cdot 0,025}{4 \cdot 3} = 0,74 \text{ [m]} \\ l_{\text{Haft}} = \frac{R_{\text{st}} \cdot d_L}{4 \cdot \tau_F} = \frac{355,0 \cdot 0,045}{4 \cdot 2} = 1,997 \text{ [m]} \end{array} \right\}$$

$\tau_M = (2,5 \div 3,5) \text{ MPa}$ – Reibung zwischen Anker stahl und Mörtel

$\tau_F = (1,8 \div 2,3) \text{ MPa}$ – Reibung zwischen Mörtel und Fels

$R_c = 355 \text{ MPa}$ – Zugfestigkeit des Stahls A – III

$$l_{\text{Haft}} = 2,00 \text{ m}$$

$$\text{Angenommen: } h_{\text{zerstört}} = 2,55 \text{ m}$$

$$l_a = h_{\text{zerstört}} + l_{\text{Haft}} = 2,00 + 2,55 = 4,55 \Rightarrow 4,60 \text{ m}$$

5.3.1.2 Ermittlung des Abstands zwischen den Ankern

$$a = \min \left\{ \begin{array}{l} a = l_a - \frac{k_B \cdot q}{c} \cdot (l_a + D_3) = 4,60 - \frac{0,3 \cdot 50,9}{60} \cdot (4,60 + 6,92) = 2,54 \text{ m} \\ a = \frac{l_a}{3} \cdot \sqrt{\frac{c}{q}} \quad \text{für } q > \frac{4}{9} \cdot \gamma_{\text{Fels}} \cdot l_a \\ a = \frac{1}{2} \cdot \sqrt{\frac{c \cdot l_a}{\gamma_{\text{Fels}}}} \quad \text{für } q \leq \frac{4}{9} \cdot \gamma_{\text{Fels}} \cdot l_a \\ a = \sqrt{\frac{N_a}{\gamma_{\text{Fels}} \cdot h_{\text{zerstört}}}} = \sqrt{\frac{100}{25 \cdot 2,55}} = 1,25 \text{ m} \end{array} \right. \left. \begin{array}{l} \\ \\ \frac{4}{9} \cdot 24 \cdot 4,60 = 51,11 > q \Rightarrow a = \frac{1}{2} \cdot \sqrt{\frac{60 \cdot 4,60}{25}} = 2,03 \text{ m} \end{array} \right\}$$

$k_a = 0,3$ für kreisförmigen Querschnitt

$c = 0,03 \cdot f = 0,03 \cdot 2 = 0,06 \text{ MPa} = 60,0 \text{ kN/m}^2$ – Reibungsbeiwert des Felses

N_a – Tragfähigkeit des Anker s

$N_a = (60 \div 80) \text{ kN}$ für Schlitzkeilanker

$N_a = (80 \div 100) \text{ kN}$ für Kunstharzklebeanker

Angenommen: $a = 1,30 \text{ m}$

5.3.1.3 Ermittlung der Anzahl der Anker

$$n_{\text{Anker}} = \frac{L}{a} = \frac{\pi \cdot D_3}{2 \cdot a} = \frac{3,14 \cdot 6,92}{2 \cdot 1,3} = 8,36$$

a – Abstand zwischen den Ankern

Angenommen: $n = 9$

5.3.1.4 Ermittlung des Ankerdurchmessers

$d_a = N16 \div N25$ für Kunstharzklebeanker

Angenommen $d_a = 25 \text{ mm}$

$d_{\text{Loch}} = d_a + (15 \div 20) = 25 + 20 = 45 \text{ mm} = 0,045 \text{ m}$

5.3.1.5 Ermittlung der Dicke des bewehrten Spritzbetons

$$d_{sb} = \frac{-F_s \cdot R_s + \sqrt{(F_s \cdot R_s)^2 + (0,0464 \cdot \gamma_{Fels} \cdot a^3 \cdot l^2 \cdot R_{sb}) / f_v}}{0,333 \cdot R_{sb} \cdot l} \quad [\text{cm}]$$

$f_v = 3,3$ – Verbesserter Festigkeitsbeiwert.
abgelesen von [3] "Unterirdische Wasserkraftanlagen"
Univ. Prof. Dipl. – Ing Ljubomir Georgiev Tabelle 319.

$l = 200 \text{ cm}$ – Vortriebslänge

$R_{sb} = 31,0 \cdot [10^5 \text{ N/m}^2]$ – Druckfestigkeit des Spritzbetons $[10^5 \text{ N/m}^2]$
abgelesen von [3] "Unterirdische Wasserkraftanlagen"
Univ. Prof. Dipl. – Ing Ljubomir Georgiev Tabelle 320.

$\gamma_{Fels} = 0,025 \text{ N/cm}^3$ – Wichte des Felses $[\text{N/cm}^3]$

$a = 140 \text{ cm}$ – Abstand zwischen den Ankern $[\text{cm}]$

$R_s = 5500 \cdot [10^5 \text{ N/m}^2]$ – Zugfestigkeit des Stahls BSt500 S – DIN 488 $[10^5 \text{ N/m}^2]$

$F_s = 2,83 \text{ cm}^2$ – Querschnittsfläche des Stahls BSt500 S – DIN 488 – $\phi 6 - 10/10$

$$d_{sb} = \frac{-2,83 \cdot 5500 + \sqrt{(2,83 \cdot 5500)^2 + (0,0464 \cdot 0,025 \cdot 130^3 \cdot 200^2 \cdot 31) / 3,3}}{0,333 \cdot 31 \cdot 200} = 7,44 \text{ cm}$$

Angenommen: $d_{sb} = 10 \text{ cm}$

Die Bemessung der Abstützungsstruktur wird mit Hilfe der Neuen Österreichische Tunnelbaumethode (NÖT) überprüft, wobei die Tragfähigkeit der Elementen mit den entstandenen äußeren Lasten verglichen werden.

- Tragfähigkeit des Spritzbetons

$$P_{Sb} = \frac{d_{Sb} \cdot \tau_{Sb}}{r \cdot \sin(\alpha) \cdot \cos(\alpha)} = \frac{0,1 \cdot 3500}{3,4 \cdot \sin(30^\circ) \cdot \cos(30^\circ)} = 237,732 \text{ kN/m}^2$$

$\tau_{Sb} = 2,5 \text{ MPa} = 3500 \text{ kN/m}^2$ – Scherfestigkeit des Spritzbetons

$d_{Sb} = 0,10$ – Angenommene Dicke des Spritzbetons

$$r = r_{\text{Druckstollen}} + d_{\text{Auskleidung}} + d_{\text{Spritzbeton}} = 3,0 + 0,30 + 0,10 = 3,40 \text{ m}$$

$$\alpha = 45 - \frac{\varphi}{2} = 45 - \frac{63,435}{2} = 13,28 < \alpha_{\min} = 30^\circ$$

- Tragfähigkeit der Anker

$$P_{\text{Anker}} = 0,7 \cdot \frac{\pi \cdot d_{\text{Anker}}^2}{4} \cdot R_{\text{Stahl}} = 0,7 \cdot \frac{3,14 \cdot 0,025^2}{4} \cdot 355 = 121,9 \text{ kN}$$

- Die Tragfähigkeit der Bewehrung ist zu klein und wird nicht berücksichtigt.

$$P_{\text{gesamt}} = P_{Sb} + P_{\text{Anker}} + P_{\text{Bewehrung}} = 237,732 + 121,9 + 0 = 359,632 \text{ kN/m}^2$$

- Last :

$$P_{\text{Last}} = \frac{2 \cdot \sigma_y}{\zeta + 1} = \frac{2 \cdot 3750}{32,33 + 1} = 112,51 \text{ kN}$$

$$\zeta = \frac{1 + \sin(\varphi)}{1 - \sin(\varphi)} = \frac{1 + 0,94}{1 - 0,94} = 32,33$$

$$\sigma_y = \gamma \cdot H_{\text{Überlagerung}} = 25 \cdot 150 = 3750 \text{ kN/m}^2$$

$$P_{Sb} > P_{\text{Last}} \Rightarrow \text{Die Konstruktion ist tragfähig}$$

5.3.2 Abschnitt Typ 2

- Abstützungs konstruktion – Gleitkeilanker und unbewehrter Spritzbeton
- $L_{\text{Abschnitt}} = 120\text{m}$
- $f = 4 \Rightarrow K_0 = 2000\text{ N/cm}^2$
- $\varphi = \arctg(f) = 75,964^\circ$
- $\gamma_{\text{Fels}} = 24\text{ kN/m}^3$
- $h_{\text{zerstört}} = k_a \cdot D_3 = 0,25 \cdot 6,92 = 1,73\text{ m}$,

wobei $b = h = D_3$ – Durchmesser des Druckstollens mit angenommener Auskleidungsdicke und Spritzbetonsdicke

k_a ist Koeffizient für Zerstörung der Massive = 0,25

- $q = \beta \cdot \gamma_{\text{Fels}} \cdot h_{\text{zerstört}} = 0,8 \cdot 24 \cdot 1,73 = 33,22\text{ [kN/m}^2\text{]}$

5.3.2.1 Ermittlung der Ankerlänge

$$l_a = h_{\text{zerstört}} + l_{\text{Haft}}$$

- Haftstrecke für Gleitkeilanker

$$l_{\text{Haft}} = \max \left\{ \begin{array}{l} l_{\text{Haft}} \geq (0,5 \div 0,7)\text{ m} \\ l_{\text{Haft}} \geq 0,25 \cdot h_{\text{zerstört}} \quad m = 0,25 \cdot 1,73 = 0,43\text{ m} \end{array} \right\}$$

Angenommen $l_{\text{Haft}} = 0,5\text{ m}$

$$l_{\text{Haft}} = 0,5\text{ m}$$

$$\text{Angenommen: } h_{\text{zerstört}} = 1,73\text{ m}$$

$$l_a = h_{\text{zerstört}} + l_{\text{Haft}} = 1,73 + 0,5 = 2,23 \Rightarrow 2,30\text{m}$$

5.3.2.2 Ermittlung des Abstands zwischen den Ankern

$$a = \min \left\{ \begin{array}{l} a = l_a - \frac{k_B \cdot q}{c} \cdot (l_a + D_3) = 2,30 - \frac{0,3 \cdot 33,22}{150} \cdot (2,30 + 6,92) = 1,68 \text{ m} \\ a = \frac{l_a}{3} \cdot \sqrt{\frac{c}{q}} \quad \text{für } q > \frac{4}{9} \cdot \gamma_{\text{Fels}} \cdot l_a \\ a = \frac{1}{2} \cdot \sqrt{\frac{c \cdot l_a}{\gamma_{\text{ck}}}} \quad \text{für } q \leq \frac{4}{9} \cdot \gamma_{\text{Fels}} \cdot l_a \\ a = \sqrt{\frac{N_a}{\gamma_{\text{Fels}} \cdot h_{\text{zerstört}}}} = \sqrt{\frac{70}{24 \cdot 1,73}} = 1,30 \text{ m} \end{array} \right. \left. \begin{array}{l} \frac{4}{9} \cdot 24 \cdot 2,30 = 24,53 < q \Rightarrow a = \frac{2,3}{3} \cdot \sqrt{\frac{150}{33,22}} = 1,63 \text{ m} \end{array} \right\}$$

$k_a = 0,3$ für kreisförmigen Querschnitt

$c = 0,03 \cdot f = 0,03 \cdot 5 = 0,15 \text{ MPa} = 150,0 \text{ kN/m}^2$ – Reibungsbeiwert des Felses

N_a – Tragfähigkeit des Ankers

$N_a = (60 \div 80) \text{ kN}$ für Schlitzkeilanker

$N_a = (80 \div 100) \text{ kN}$ für Kunstharzklebeanker

Angenommen: $a=1,30 \text{ m}$

5.3.2.3 Ermittlung der Anzahl der Anker

$$n_{\text{Anker}} = \frac{L}{a} = \frac{\pi \cdot D_3}{2 \cdot a} = \frac{3,14 \cdot 6,92}{2 \cdot 1,30} = 8,35$$

a – Abstand zwischen den Anker n

Angenommen: $n=9$

5.3.2.4 Ermittlung des Ankerdurchmessers

$$d_a = d_a \geq 2 \cdot \sqrt{\frac{N_a}{\pi \cdot R_c}} = 2 \cdot \sqrt{\frac{70}{3,14 \cdot 355000}} = 0,016 \text{ für Schlitzkeilanker}$$

$N_a = (60 \div 80) \text{ kN}$ für Schlitzkeilanker

Angenommen $N_a = 70 \text{ kN}$

$R_c = 355 \text{ MPa}$ – Zugfestigkeit des Stahls A – III

Angenommen $d_a = 20 \text{ mm}$

$$d_{\text{Loch}} = d_a + (15 \div 20) = 20 + 20 = 40 \text{ mm} = 0,040 \text{ m}$$

5.3.2.5 Ermittlung der Dicke des unbewehrten Spitzbetons

$$d_{sb} = 0,80 \sqrt{\frac{\gamma_{Fels} \cdot a^3}{f_v \cdot R_{sb}}} \quad [\text{cm}]$$

$f_v = 5,2$ – Verbesserter Festigkeitsbeiwert
abgelesen von [3] "Unterirdische Wasserkraftanlagen"
Univ. Prof. Dipl. – Ing. Ljubomir Georgiev – Tabelle 319.

$l = 2,0\text{m}$ – Vortriebslänge

$R_{sb} = 360,0 \cdot 10^5 \text{N/m}^2$ – Druckfestigkeit des Spritzbetons [10^5N/m^2]
abgelesen von [3] "Unterirdische Wasserkraftanlagen"
Univ. Prof. Dipl. – Ing. Ljubomir Georgiev – Tabelle 320.

$a = 130 \text{cm}$ – Abstand zwischen den Ankern [cm]

$$d_{sb} = 0,80 \sqrt{\frac{240 \cdot 130^3}{5,2 \cdot 360 \cdot 10^5}} = 4,25 \text{cm}$$

Angenommen: $d_{sb} = 5 \text{cm}$

5.3.3 Abschnitt Typ 3 ($f=1$, $K_0 = 1000 \text{ N/cm}^3$)

Die Bemessung der Abstützungskonstruktion in diesem Abschnitt wird mit Hilfe der Neuen Österreichische Tunnelbaumethode (NÖT) überprüft, wobei die Tragfähigkeit der Elementen mit den entstandenen äußeren Lasten verglichen werden.

$$D_{\text{Aushub}} = D_{\text{DRL}} + 2 \cdot d_{\text{Panz.}} + 2 \cdot d_{\text{Auskleidung}} + 2 \cdot d_{\text{SB}} = 6,0 + 2 \cdot 0,02 + 2 \cdot 0,30 + 2 \cdot 0,35 = 7,34 \text{ m}$$

Angenommene Daten: Dicke der Panzerung - $d_{\text{Panz.}} = 0,02 \text{ m}$

Dicke der Auskleidung - $d_{\text{Auskleidung}} = 0,3 \text{ m}$

Dicke des Spritzbetons - $d_{\text{SB}} = 0,35 \text{ m}$

$$B = D_{\text{Aushub}}$$

$$h = D_{\text{Aushub}} - d_{\text{SB}} + 0,2 = 7,34 - 0,35 + 0,2 = 7,19 \text{ m}$$

$$B_1 = b + 2 \cdot h \cdot \text{tg} \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) = 7,34 + 2 \cdot 7,19 \cdot \text{tg} \left(45^\circ - \frac{45^\circ}{2} \right) = 13,37 \text{ m}$$

$$h_{\text{zerstört}} = \frac{B_1}{2 \cdot f} = \frac{13,37}{2 \cdot 1} = 6,69 \text{ m}$$

5.3.3.1 Ermittlung des Gebirgsdrucks beim Festigkeitsbeiwert nach Protodiakonov $f < 4$ bei $h_{\text{Ü}} > 2 \cdot h_{\text{zerstört}}$

- Vertikaler Gebirgsdruck - $q = \beta \cdot \gamma_F \cdot h_{\text{zerstört}}$
- Horizontaler Gebirgsdruck - $e = \gamma_F \cdot (h_{\text{zerstört}} + 0,5 h) \text{tg}^2 \left(45 - \frac{\varphi}{2} \right)$

$h_{\text{Ü}}$ - Überlagerungshöhe

$h_{\text{zerstört}}$ - Höhe der zerstörten Zone

β - Querschnittsbeiwert $\left\{ \begin{array}{l} \beta = 0,7 \text{ bei } B < 5,5 \text{ m} \\ \beta = 1,0 \text{ bei } B > 7,5 \text{ m} \end{array} \right.$

$\beta = 1,0$ bei $B = 7,14 \text{ m}$

$$\Rightarrow q = \gamma \cdot h_{\text{Hap}} \cdot \beta = 17 \cdot 6,69 \cdot 1,0 = 113,7 \text{ [kN / m}^2\text{]}$$

$$e = \gamma \cdot (h_1 + 0,5 \cdot h) \cdot \text{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) = 17 \cdot (6,69 + 0,5 \cdot 7,29) \cdot \text{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{45^\circ}{2} \right) = 30,14 \text{ kN / m}^2$$

5.3.3.2 Ermittlung der Tragfähigkeit des Spritzbetons

Scherfestigkeit des Spritzbetons - $\tau_{\text{SB}} = 4,00 \text{ MPa}$

Dicke des Spritzbetons - $d_{\text{SB}} = 0,35 \text{ m}$

$$R = \frac{D_{\text{Aushub}}}{2} = \frac{7,34}{2} = 3,67 \text{ m}$$

$$\alpha = 45^\circ - \frac{\varphi}{2} = 45^\circ - \frac{45^\circ}{2} = 22,5^\circ < 30^\circ \Rightarrow \alpha = 30^\circ - \text{Scherwinkel des Felses}$$

$$P_{SB} = \frac{d_{SB} \cdot \tau_{SB}}{R \cdot \sin(\alpha) \cdot \cos(\alpha)} = \frac{0,35 \cdot 4000}{3,62 \cdot \sin(30^\circ) \cdot \cos(30^\circ)} = 880,97 \text{ kN / m}^2$$

5.3.3.3 Ermittlung der Tragfähigkeit der Stahlrahmen

Angenommener Abstand zwischen der Stahlrahmen - $l_{Rahmen} = 1 \text{ m}$.

Es sind Stahlrahmen IPN Doppel-T-Profilen №120 (DIN 1025) mit Fläche $F = 28,4 \text{ cm}^2$ angenommen.

$$d_{Rahmen} = \frac{F}{l_{Rahmen}} = \frac{0,00284}{1} = 0,00284 \text{ m}$$

Scherfestigkeit des Stahls - $\tau_{St} = \frac{E_{St}}{E_{SB}} \cdot \tau_{SB}$

$$\tau_{St} = \frac{210000000}{35000000} \cdot 3000 = 18000,00 \text{ kN / m}^2$$

$$P_{Rahmen} = \frac{d_{St} \cdot \tau_{St}}{R \cdot \sin(\alpha) \cdot \cos(\alpha)} = \frac{0,00248 \cdot 18000,00}{3,55 \cdot \sin(30^\circ) \cdot \cos(30^\circ)} = 28,98 \text{ kN / m}^2$$

5.3.3.4 Ermittlung der Tragfähigkeit der Bewehrung

Die Tragfähigkeit wird nicht berücksichtigt, welches ist zum Nutzen der Sicherheit. Wenn die Dicke der Spritzbeton größer als 15 cm ist, werden zwei Stahlnetze vorgesehen. Die Bewehrungsstahlnetz wird aus STOMANA Industry S.A., Typ Q131 Blattgröße 6,00x2,15m, $\mathcal{K}5 \text{ mm} - 150 / 150 \text{ mm}$, ausgewählt.

5.3.3.5 Gesamtragfähigkeit der Abstützungsstruktur

$$P_{Gesamt} = P_{SB} + P_{Rahmen} + P_{Bewehrung} = 880,97 + 28,98 + 0 = 909,96 \text{ kN / m}^2$$

5.3.3.6 Felsbelastung

$$P_{Last} = \frac{2 \cdot \sigma_y}{\xi + 1} = \frac{2 \cdot 3077}{5,83 + 1} = 901,02 \text{ kN / m}^2$$

$$\xi = \frac{1 + \sin(\varphi)}{1 - \sin(\varphi)} = \frac{1 + \sin(45^\circ)}{1 - \sin(45^\circ)} = 5,83$$

$$\sigma_y = \gamma_F \cdot H_{\text{Überlagerung}} = 17 \cdot 181 = 3077 \text{ kN / m}^2$$

$H_{\text{Überlagerung}} = 181 \text{ m}$ - maximale Überlagerung dieses Abschnitts

$$P_{Gesamt} = 909,96 \text{ kN / m}^2 > P_{Last} = 901,02 \text{ kN / m}^2 \Rightarrow \text{Die Abstützungsstruktur ist tragfähig}$$

5.3.4 Abschnitt Typ 4

- Abstützungs konstruktion – bewehrten Spritzbeton
- $L_{\text{Abschnitt}} = 900\text{m}$
- $f = 6 \Rightarrow K_0 = 4000 \text{ N/cm}^2$
- $\varphi = \arctg(f) = 80,53^\circ$
- $\gamma_{\text{Fels}} = 25 \text{ kN/m}^3$
- $h_{\text{zerstört}} = k_a \cdot D_3 = 0,1 \cdot 6,92 = 0,69 \text{ m}$,

wobei $b = h = D_3$ – Durchmesser des Druckstollens mit angenommener Auskleidungsdicke und Spritzbetonsdicke

- $q = \beta \cdot \gamma_{\text{Fels}} \cdot h_{\text{zerstört}} = 0,8 \cdot 25 \cdot 0,69 = 13,8 \text{ [kN/m}^2\text{]}$

5.3.4.1 Ermittlung der Dicke des bewehrten Spritzbetons

$$d_{\text{sb}} = \frac{-F_s \cdot R_s + \sqrt{(F_s \cdot R_s)^2 + (160 \cdot \gamma_{\text{Fels}} \cdot a^3 \cdot R_{\text{sb}}) / f}}{33,3 \cdot R_{\text{sb}}} \quad [\text{cm}]$$

$f = 6$ – Festigkeitsbeiwert.

$R_{\text{sb}} = 400 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$ – Druckfestigkeit des Spritzbetons [10^5 N/m^2]
 abgelesen von [3] "Unterirdische Wassekraftanlagen"
 Univ.Pr of.Dipl. – Ing. Ljubomir Georgiev – Tabelle 319.

$\gamma_{\text{Fels}} = 25 \text{ kN/m}^3$ – Wichte des Felses [kN/m^3]

$a = D_3 = 692 \text{ cm}$ – Durchmesser des Druckstollens

$R_s = 5500 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$ – Zugfestigkeit des Stahls [10^5 N/m^2]
 abgelesen von [3] "Unterirdische Wassekraftanlagen"
 Univ.Pr of.Dipl. – Ing. Ljubomir Georgiev – Tabelle 320.

$F_s = 2,83 \text{ cm}$ – Querschnittsfläche des Stahls BSt500S – DIN 488 $\phi 6$ 10/10

$$d_{\text{sb}} = \frac{-2,83 \cdot 5500 \cdot 10^5 + \sqrt{(2,83 \cdot 5500 \cdot 10^5)^2 + (160 \cdot 25 \cdot 692^3 \cdot 400 \cdot 10^5) / 6}}{33,3 \cdot 400 \cdot 10^5} = 1,03 \text{ cm}$$

Angenommen: $d_{\text{sb}} = 5 \text{ cm}$

5.3.5 Abschnitt Typ 5

- Abstützungskonstruktion – bewehrten Spritzbeton
- $L_{\text{Abschnitt}} = 900\text{m}$
- $f = 8 \Rightarrow K_0 = 6000 \text{ N/cm}^2$
- $\varphi = \arctg(f) = 82,87^\circ$
- $\gamma_{\text{Fels}} = 25 \text{ kN/m}^3$
- $h_{\text{zerstört}} = k_a \cdot D_3 = 0,1 \cdot 6,92 = 0,69 \text{ m}$,

wobei $b = h = D_3$ – Durchmesser des Druckstollens mit angenommener Auskleidungsdicke und Spritzbetonsdicke

- $q = \beta \cdot \gamma_{\text{Fels}} \cdot h_{\text{zerstört}} = 0,8 \cdot 25 \cdot 0,69 = 13,8 \text{ [kN/m}^2\text{]}$

5.3.5.1 Ermittlung der Dicke des bewehrten Spritzbetons

$$d_{\text{sb}} = \frac{-F_s \cdot R_s + \sqrt{(F_s \cdot R_s)^2 + (160 \cdot \gamma_{\text{Fels}} \cdot a^3 \cdot R_{\text{sb}}) / f}}{33,3 \cdot R_{\text{sb}}} \text{ [cm]}$$

$f = 6$ – Festigkeitsbeiwert.

$R_{\text{sb}} = 400 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$ – Druckfestigkeit des Spritzbetons [10^5 N/m^2]
 abgelesen von [3] "Unterirdische Wassekraftanlagen"
 Univ.Pr of.Dipl. – Ing. Ljubomir Georgiev – Tabelle 319.

$\gamma_{\text{Fels}} = 25 \text{ kN/m}^3$ – Wichte des Felses [kN/m^3]

$a = D_3 = 692 \text{ cm}$ – Durchmesser des Druckstollens

$R_s = 5500 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$ – Zugfestigkeit des Stahls [10^5 N/m^2]
 abgelesen von [3] "Unterirdische Wassekraftanlagen"
 Univ.Pr of.Dipl. – Ing. Ljubomir Georgiev – Tabelle 320.

$F_s = 2,83 \text{ cm}$ – Querschnittsfläche des Stahls BSt500S – DIN 488 $\phi 6$ 10/10

$$d_{\text{sb}} = \frac{-2,83 \cdot 5500 \cdot 10^5 + \sqrt{(2,83 \cdot 5500 \cdot 10^5)^2 + (160 \cdot 25 \cdot 692^3 \cdot 400 \cdot 10^5) / 8}}{33,3 \cdot 400 \cdot 10^5} = 0,98 \text{ cm}$$

Angenommen: $d_{\text{sb}} = 5 \text{ cm}$

6 Auswahl und Bemessung der Auskleidung

Die Hauptlast für die Auskleidung des Druckstollens ist die Innendruckbelastung, die von der unterirdischen Konstruktion zusammen mit dem Fels übernommen werden soll. Je größer der Anteil des Felses ist desto kleiner sind die Abmessungen der Auskleidung. Die Verteilung der Innendruckbelastung zwischen den beiden Elementen hängt vorwiegend von der Tragfähigkeit des Felses und der unterirdischen Konstruktion ab.

Die Innendruckbelastung verursacht tangentielle Zugspannungen in der Auskleidung, deren Größe von der Tragfähigkeit des Felses abhängig ist. Je tragfähiger der Fels ist, desto kleiner sind die Zugspannungen. Die Werkstoffe für die Auskleidung sind meistens Stahlbeton und Beton, diese sind durch eine kleine Zugfestigkeit charakterisiert, deswegen kann in der Praxis sehr selten ein ungerissener Druckstollen beobachtet werden. Für diesen Druckstollen wird eine Auskleidungskonstruktion aus Stahlbeton gewählt. Mit der Schalungnutzung werden die Rauheit des Druckstollens und die Verluste vermindert. Damit die notwendige Dichtigkeit des Druckstollens gewährleistet wird, sollen möglichst wenige Arbeitsfugen, besonders Längsfugen, ausgeführt werden. Wenn sie nicht gut verdichtet werden, entsteht Gefahr von Filtration aufgrund des Innenwasserdrucks. Für eine gute Verdichtung soll zuerst die Sohle und danach die Firste betoniert werden.

Die Stahlbetonauskleidung wird mit Zug- und Druckbewehrung ausgeführt. Der große Durchmesser des Druckstollens verursacht manchmal Probleme für die Bauverfahrenstechnik, weil die Bewehrungsstäbe miteinander verschweißt werden sollen. Ein anderer Nachteil besteht darin, dass wegen der kleineren Tragfähigkeit des Betons die große Zugfähigkeit des Stahls nicht vollständig genutzt wird. Sie vergrößert aber den Rissbildungswiderstand der Auskleidung, wobei gleichmäßigere Rissverteilung und Verminderung der Rissbreite gewährleistet werden.¹

¹ Georgiev 2004, S.169

Die Stahlbetonauskleidung wird als dickwandiges Rohr bemessen.

6.1 Allgemeine Methode für das Auswahl und Bemessung der Auskleidung (Beispiel):

- $L_{\text{Abschnitt}} = 0,1 \cdot L_{\text{Druckstollen}}$
- $f = 2 \Rightarrow K_0 = 800 \text{ N/cm}^2$
- $\varphi = \arctg(f) = 63,435^\circ$
- $\gamma_{\text{Fels}} = 24 \text{ kN/m}^3$

6.1.1 Minimale Dicke der ungerissenen Auskleidung

- $r_1 = \frac{D_{\text{Druckstollen}}}{2} \text{ [m]}$ – Innendurchmesser des Druckstollens
- $p = \gamma_{\text{Wasser}} \cdot H_{\text{WS}}$ – Außenwasserdruck
wobei:
 $\gamma_{\text{Wasser}} = 10 \text{ [kN/m}^3\text{]}$ – Wichte des Wassers
 $H_{\text{WS}} \text{ [m]}$ – Wasserspiegel beim höchsten Schwallspiegel der Wasserschlossschwungung

6.1.1.1 Notwendige Dicke der Auskleidung :

$$d_{\text{Auskleidung}} = r_1 \cdot \left(\frac{p}{\gamma_c \cdot R_{\text{Beton}}^{\text{Zug}}} - \frac{K_0}{0,70 \cdot E_{\text{Beton}}} \right) \text{ [m]},$$

wobei

$\gamma_c = 1$ – Arbeitsbedingungsbeiwert abgelesen von folgender Tabelle :

γ_c	Grenzzustand		
	Erster	Zweiter	
Beton	1	$K_0 > 2000, \text{ [N/cm}^3\text{]}$	0,9
		$K_0 < 2000, \text{ [N/cm}^3\text{]}$	0,75
Stahlbeton	1,1	$K_0 > 2000, \text{ [N/cm}^3\text{]}$	1,3
		$K_0 < 2000, \text{ [N/cm}^3\text{]}$	1,15

6. Auswahl und Bemessung der Auskleidung.

$$R_{\text{Beton}}^{\text{Zug}} = 1,2 \text{ [MPa]} \quad \text{– Zugfestigkeit des Betons C25 / 30}$$

$$E_{\text{Beton}} = 32500 \text{ [MPa]} \quad \text{– Elastizitätsmodul des Betons C25 / 30}$$

$$d_{\text{Auskl.}}^{\text{max}} = 0,15 \cdot r_1 \text{ [cm]}$$

$$d_{\text{Auskleidung}} > d_{\text{Auskleidung}}^{\text{max}} \Rightarrow \text{andere Auskleidungskonstruktion ist notwendig}$$

6.1.1.2 Minimale Dicke der ungerissenen Stahlbetonauskleidung

- Äquivalenter Elastizitätsmodul des Stahlbetons :

$$E_{\text{Äquiv}} = E_{\text{Beton}} \cdot \left(1 + \mu_{\text{max}} \cdot \left(\frac{E_{\text{Stahl}}}{E_{\text{Beton}}} - 1 \right) \right) = 32500 \cdot \left(1 + 0,02 \cdot \left(\frac{2,1 \cdot 10^5}{32500} - 1 \right) \right) = 36050 \text{ [MPa]},$$

wobei:

$\mu_{\text{max}} = 0,02$ – Maximaler Bewehrungsanteil für ungerissene Auskleidung

$$E_{\text{Stahl}} = 210000 \text{ [MPa]} \quad \text{– Elastizitätsmodul des Stahls}$$

$$\gamma_c = 1,1 \quad \text{– Abgelesen von Tabelle}$$

$$d_{\text{Auskleidung}} = \frac{r_1}{1 + 30 \cdot \frac{\mu_{\text{max}}}{R_{\text{Beton}}^{\text{Zug}}}} \cdot \left(\frac{p}{\gamma_c \cdot R_{\text{Beton}}^{\text{Zug}}} - \frac{K_0}{E_{\text{Äquiv}}} \right) \text{ [m]}$$

$$d_{\text{Auskleidung}} > d_{\text{Auskleidung}}^{\text{max}} \Rightarrow \text{angenommen : } d_{\text{Auskleidung}} = 30 \text{ cm - gerissene Auskleidung}$$

$$h_{\text{notwendig}} = \frac{K_0 \cdot r_1 \cdot \gamma_c \cdot R_{\text{Stahl}}^{\text{Zug}}}{r_2 \cdot \rho \cdot g \cdot \gamma_n \cdot E_{\text{Stahl}}} \text{ [m]}, \text{ wobei -}$$

r_1 [cm] – Innendurchmesser

$$r_2 = r_1 + d_{\text{Auskleidung}} \text{ [cm]}$$

$\gamma_c = 1,1$ – Abgelesen von Tabelle

$$R_{\text{Stahl}}^{\text{Zug}} = 390 \text{ [MPa]} \quad \text{– Zugfestigkeit des Stahls AIII}$$

$\rho = 0,0024 \text{ [kg/cm}^3\text{]}$ – Dichte des Felses

$\gamma_n = 1,25$ – Abgelesen von folgender Tabelle :

6. Auswahl und Bemessung der Auskleidung.

Klasse der Anlage	γ_n
I	1,25
II	1,2
III	1,15
IV	1,1

$H_{\text{Überlagerungshöhe}} [m] > h_{\text{notwendig}}$

$$F_a = \frac{\gamma_n \cdot p \cdot r_1}{\gamma_c \cdot R_{\text{Stahl}}^{\text{Zug}}} - \frac{K_0 \cdot r_1}{E_{\text{Stahl}}} \quad [\text{cm}^2 / \text{cm}]$$

- $\mu_{\text{MH}} = 0,5\% = 0,005$

6.1.1.3 Wirkende Lasten

- Die folgenden Sicherheitsbeiwerte werden benutzt: γ_f :

γ_f		Periode	
		Bauzeit	Betriebszeit
Vertikaler Gebirgsdruck		1,5	1,5
Horizontaler Gebirgsdruck		1,2	0,8
Eigengewicht		1,2	0,9
Innenwasserdruck		1	1
Außenwasserdruck		1,1	0,9
Seismisch	Vertikaler	1	1
	Horizontaler	1	1
	Eigengewicht	1	1
	Außenwasserdruck	1	1

6.1.1.3.1 Bauzeit

- Vertikaler Gebirgsdruck

$$q = \gamma \cdot h_{\text{zerstört}} \cdot \beta \quad [\text{kN/m}^2]$$

$$\gamma_f = 1,5 \quad q_{\text{Berechnung}} = \gamma_f \cdot q \quad [\text{kN/m}^2]$$

- Horizontaler Gebirgsdruck

$$e = \gamma \cdot (h_{\text{zerstört}} + 0,5 \cdot D_3) \cdot \text{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) \quad [\text{kN/m}^2]$$

$$\gamma_f = 1,2 \quad e_{\text{Berechnung}} = e \cdot \gamma_f \quad [\text{kN/m}^2]$$

- Eigengewicht

$$\gamma_{\text{Beton}} = 24 \quad [\text{kN/m}^3] \text{ – Wichte des Betons}$$

$$g = d_{\text{Auskleidung}} \cdot \gamma_{\text{stahlbeton}} \quad [\text{kN/m}^2]$$

$$\gamma_f = 1,2 \quad g_{\text{Berechnung}} = \gamma_f \cdot g \quad [\text{kN/m}^2]$$

- Außenwasserdruck

$$H_{\text{WS}} = H_{\text{Überstau}} \quad [\text{m}] \text{ – Wassergesättigtes Gebirge unter dem Speicher}$$

$$p_e = \gamma_{\text{wasser}} \cdot H_{\text{WS}} \quad [\text{MPa}]$$

$$\gamma_f = 1,1 \quad p_{e,\text{Berechnung}} = \gamma_f \cdot p_e \quad [\text{MPa}]$$

- Seismische Lasten
- Vertikaler Gebirgsdruck - seismisch¹

$$C = 1,5 \text{ – Beiwert für die Klasse der Anlage}$$

für I^{ste} Klasse = 1,5

$$K_s = 0,1 \text{ – Seismischer Beiwert – abgelesen von}$$

Tabelle.22 – "Wasserbautunnel" – Univ. Pr of. Dipl. Ing – Ljubomir Georgiev 1989.

$$K_h = 0,7 \text{ – Überlagerungshöhebeiwert – abgelesen von}$$

Tabelle.23 – "Wasserbautunnel" – Univ. Pr of. Dipl. Ing – Ljubomir Georgiev 1989

$$H_{\text{Überlagerung}} = 56,41 \text{ m}$$

¹ Georgiev 1989

6. Auswahl und Bemessung der Auskleidung.

$R = 0,60$ – Verhaltensbeiwert

$$K'_s = R \cdot c \cdot K_s \cdot K_h$$

$$q_s = q \cdot K'_s \text{ [kN/m]}$$

$$\gamma_f = 1 \quad q_{s,\text{Berechnung}} = \gamma_f \cdot q_s \text{ [kN/m]}$$

- Horizontaler Gebirgsdruck - seismisch

$$\varphi = 63,435^\circ \text{ – Reibungswinkel}$$

$$e_s = 2 \cdot K'_s \cdot e \cdot \text{tg}(\varphi) \text{ [kN/m]}$$

$$\gamma_f = 1 \quad e_{s,\text{Berechnung}} = \gamma_f \cdot e_s \text{ [kN/m]}$$

- Eigengewicht- seismisch

$$g_s = g \cdot K'_s \text{ [kN/m]}$$

$$\gamma_f = 1 \quad g_{s,\text{Berechnung}} = \gamma_f \cdot g_s \text{ [kN/m]}$$

6.1.1.3.2 Betriebszeit

- Vertikaler Gebirgsdruck

$$q = \gamma \cdot h_{\text{zerstört}} \cdot \beta \text{ [kN/m]}$$

$$\gamma_f = 1,5 \quad q_{\text{Berechnung}} = \gamma_f \cdot q \text{ [kN/m]}$$

- Horizontaler Gebirgsdruck

$$e = \gamma \cdot (h_{\text{zerstört}} + 0,5 \cdot D_3) \cdot \text{tg}^2\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right) \text{ [kN/m]}$$

$$\gamma_f = 0,8 \quad e_{\text{Berechnung}} = e \cdot \gamma_f \text{ [kN/m]}$$

- Eigengewicht

$$\gamma_{\text{Beton}} = 24 \text{ [kN/m}^3\text{]} \text{ – Wichte des Betons}$$

$$g = d_{\text{Auskleidung}} \cdot \gamma_{\text{Stahlbeton}} \text{ [kN/m]}$$

$$\gamma_f = 0,9 \quad g_{\text{Berechnung}} = \gamma_f \cdot g \text{ [kN/m]}$$

- Außenwasserdruck

$$H_{\text{WS}} = H_{\text{Überlagerung}}^{\text{Druckstollen}} \text{ [m]}$$

$$p_e = \gamma_{\text{Wasser}} \cdot H_{\text{WS}} \text{ [MPa]}$$

$$\gamma_f = 0,9 \quad p_{e,\text{Berechnung}} = \gamma_f \cdot p_e \text{ [MPa]}$$

- Innenwasserdruck

$$p_i \equiv p \text{ [MPa]}$$

$$\gamma_f = 1 \quad p_{i,\text{Berechnung}} \equiv \gamma_f \cdot p_i = \text{[MPa]}$$

- **Seismische Lasten**
- **Vertikaler Gebirgsdruck - seismisch**

$C = 1,5$ – Beiwert für die Klasse der Anlage
für I^{ste} Klasse = 1,5

$K_s = 0,1$ – Seismischer Beiwert – abgelesen von [2]
Tabelle.22 – "Wasserbautunnel" – Univ.Pr of.Dipl.Ing – Ljubomir Georgiev 1989.

$K_h = 0,7$ – Überlagerungshöhebeiwert – abgelesen von [2]
Tabelle.23 – "Wasserbautunnel" – Univ.Pr of.Dipl.Ing – Ljubomir Georgiev 1989

$$H_{\text{Überlagerung}} = 56,41 \text{ m}$$

$R = 0,60$ – Verhaltensbeiwert

$$K'_s = R \cdot c \cdot K_s \cdot K_h$$

$$q_s = q \cdot K'_s \text{ [kN/m]}$$

$$\gamma_f = 1 \quad q_{s,\text{Berechnung}} = \gamma_f \cdot q_s \text{ [kN/m]}$$

- **Horizontaler Gebirgsdruck - seismisch**

φ – Reibungswinkel

$$e_s = 2 \cdot K'_s \cdot e \cdot \text{tg}(\varphi) \text{ [kN/m]}$$

$$\gamma_f = 1 \quad e_{s,\text{Berechnung}} = \gamma_f \cdot e_s \text{ [kN/m]}$$

- **Eigengewicht- seismisch**

$$g_s = g \cdot K'_s \text{ [kN/m]}$$

$$\gamma_f = 1 \quad g_{s,\text{Berechnung}} = \gamma_f \cdot g_s \text{ [kN/m]}$$

- **Innenwasserdruck- seismisch**

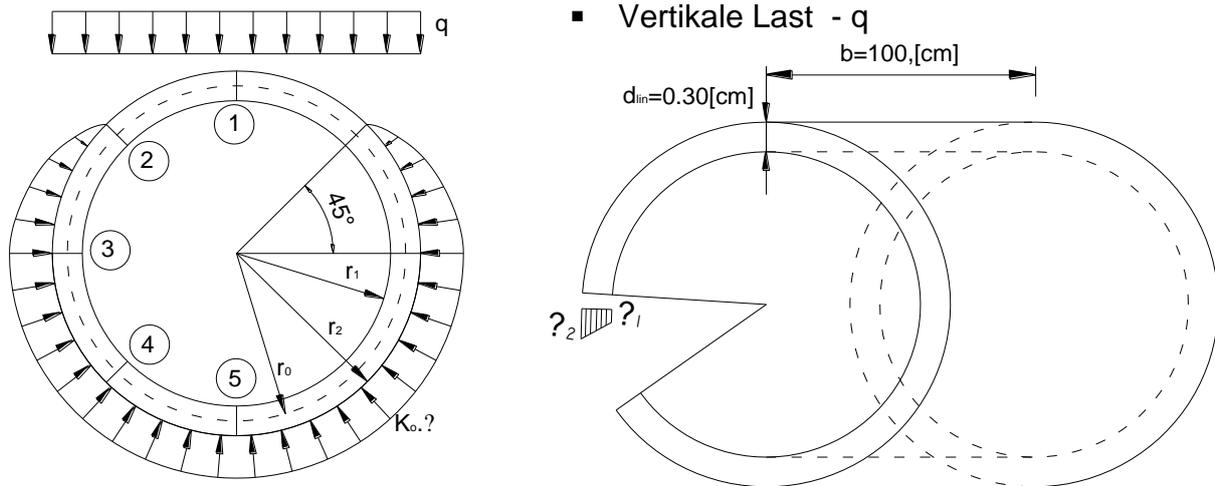
$$p_{i,c} = 100 \cdot K'_s \text{ [kN/m]}$$

$$p_{i,s,\text{Berechnung}} = \gamma_f \cdot p_{i,s} \text{ [kN/m]}$$

6.1.1.4 Berechnung der Biegemomente und der Normalkräfte

Der Querschnitt ist als kreisförmig vorgesehen. Die Biegemomente und Zugkräfte sind in 5 Punkten berechnet. Der vertikale Gebirgsdruck und das Eigengewicht sind als gleichmäßig über den Querschnittsdurchmesser verteilt. Die elastische Reaktion des Felses ist gleichmäßig über den Perimeter verteilt, wie es unten gezeigt ist.

Für die Berechnung sind die folgenden Formeln benutzt:



$$M = q_{\text{Berechnung}} \cdot r_0 \cdot r_2 \cdot (A \cdot m + B + C \cdot n \cdot (1 + m)) \quad [\text{kNm}]$$

$$N = q_{\text{Berechnung}} \cdot r_2 \cdot (D \cdot m + F + G \cdot n \cdot (1 + m)) \quad [\text{kN}]$$

- Horizontale Last - e

$$M = A_4 \cdot e_{\text{Berechnung}} \cdot m \cdot r_0 \cdot r_2 \quad [\text{kNm}]$$

$$N = C_4 \cdot e_{\text{Berechnung}} \cdot r_2 \quad [\text{kN}]$$

- Eigengewicht - g

$$M = g_{\text{Berechnung}} \cdot r_0^2 \cdot (A_1 + B_1 \cdot n) \quad [\text{kNm}]$$

$$N = g_{\text{Berechnung}} \cdot r_0 \cdot (C_1 + D_1 \cdot n) \quad [\text{kN}]$$

- Außenwasserdruck - p_e

$$M = -\gamma_{\text{wasser}} \cdot r_0 \cdot r_1^2 \cdot (A_2 + B_2 \cdot n) \quad [\text{kNm}]$$

6. Auswahl und Bemessung der Auskleidung.

$$N = -\gamma_{\text{Wasser}} \cdot \left(r_2^2 \cdot (C_2 + D_2 \cdot n) - r_2 \cdot p_{e, \text{Berechnung}} \right) \text{ [kN]}$$

- Innenwasserdruck- p_i

$$M = \gamma_{\text{Wasser}} \cdot r_o \cdot r_1^2 \cdot (A_2 + B_2 \cdot n) \text{ [kNm]}$$

$$N = \gamma_{\text{Wasser}} \cdot r_1^2 \cdot (C_2 + D_2 \cdot n) \text{ [kN]}$$

Die Beiwerte m und n sind:

$$m = 2 - \frac{r_2}{r_o}$$

$$n = \frac{1}{0,06416 + \frac{E_{\text{Beton}} \cdot I}{r_o^3 \cdot r_2 \cdot K \cdot b}}, \text{ wobei:}$$

$$E_{\text{Beton}} = 3250000 \text{ [N/cm}^2\text{]}$$

$$I = \frac{b \cdot d_{\text{lin}}^3}{12} \text{ [cm}^4\text{]}$$

$$b = 100 \text{ [cm]}$$

$$K = \frac{K_0}{r_2} \text{ [N/cm}^3\text{]}$$

$$r_o = r_1 + \frac{d_{\text{Auskleidung}}}{2} \text{ [m]}$$

r_2 [m] – Außendurchmesser der Auskleidung

r_1 [m] – Innendurchmesser der Auskleidung

6. Auswahl und Bemessung der Auskleidung.

Die Berechnung ist aufgrund der Theorie von Olga Bulgaveva durchgeführt, wobei die folgenden Beiwerte benutzt werden: A, B, C, D, F, G, A1, B1, C1, D1, A2, B2, C2, D2, A4, und C4:

Last	Beiwert	Schnitt				
		1	2	3	4	5
Q	A	0,1628	-0,025	-0,125	0,025	0,0872
	B	0,0872	0,025	-0,125	-0,025	0,1628
	C	-0,007	-0,00084	0,00825	0,00022	-0,00837
	D	0,2122	0,15	0	-0,15	-0,2122
	F	-0,2122	0,35	1	0,9	0,7122
	G	0,021	0,01485	0,00575	0,0138	0,0224
G	A1	0,3447	0,0334	-0,3928	-0,0335	0,4405
	B1	-0,02198	-0,00267	0,02589	0,00067	-0,0262
	C1	-0,1667	0,3375	1,5708	1,9186	1,7375
	D1	0,06592	0,04661	0,01804	0,0422	0,0701
p _i und p _e	A2	0,1724	0,01673	-0,19638	-0,01679	0,22027
	B2	-0,01097	-0,00132	0,01294	0,00036	-0,01312
	C2	-0,58385	-0,42771	-0,2146	-0,39413	-0,63125
	D2	0,03294	0,02329	0,00903	0,02161	0,03509
E	A4	-0,25	0	0,25	0	-0,25
	C4	1	0,5	0	0,5	1

Fig. Bemessung der Auskleidung- Werte für q, g, ω_1, ω_2 ¹

Für die Bemessung der seismischen Lasten werden dieselben Formeln und Beiwerte benutzt.

¹ Georgiev 2004, S.162

6.1.1.5 Berechnung der Spannungen

$$\sigma_{1,2} = \frac{N}{F} \mp \frac{M}{W} \text{ [kPa] , wobei}$$

$F = b \cdot d_{\text{Auskleidung}}$ [m²] – Fläche der Auskleidung für 1 m des Druckstollens

$$W = \frac{b \cdot d_{\text{Auskleidung}}^2}{6} \text{ [m}^3\text{]}$$

Während der Betriebszeit (maximaler Innenwasserdruck) sind die Spannungen für alle Punkten des Querschnitts gleich:

$$\sigma_1 = \frac{p \cdot (2 \cdot \varepsilon \cdot r_2^2 - (r_1^2 + r_2^2))}{r_2^2 - r_1^2} \text{ [kPa]}$$

$$\sigma_2 = \frac{p \cdot (\varepsilon \cdot (r_1^2 + r_2^2) - 2 \cdot r_1^2)}{r_2^2 - r_1^2} \text{ [kPa]}$$

$\varepsilon = 0,1$ – abgelesen von [2] Tabelle.99 –

"Wasserbautunnel" – Univ. Pr of. Dipl. Ing – Ljubomir Georgiev 1989

$$a = \frac{r_2}{r_1}$$

$$c = \frac{E_{\text{Äquiv}} \cdot (1 + \nu_{\text{Fels}})}{E_{\text{Fels}} \cdot (1 + \nu_{\text{Äquiv}})} E_{\text{Äquiv}} = E_{\text{Beton}} \cdot \left(1 + \mu_{\text{min}} \cdot \left(\frac{E_{\text{Stahl}}}{E_{\text{Beton}}} - 1 \right) \right) \text{ [MPa]}$$

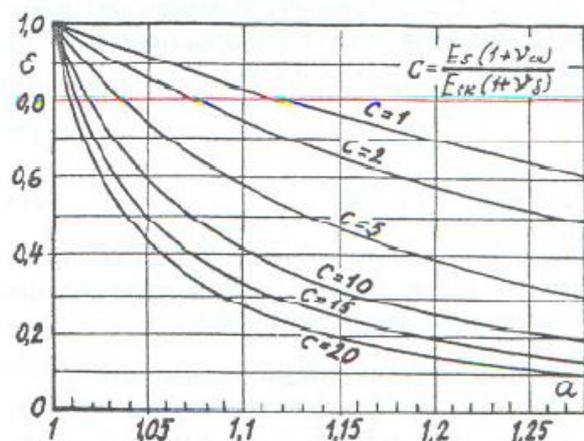
$$\nu_{\text{Äquiv}} = \nu_{\text{Beton}} \cdot \left(1 + \mu_{\text{min}} \cdot \left(\frac{\nu_{\text{Stahl}}}{\nu_{\text{Beton}}} - 1 \right) \right)$$

$$E_{\text{Fels}} = K_0 \cdot (1 + \nu_{\text{Fels}}) \text{ [MPa]}$$

$\nu_{\text{Fels}} = 0,28$ – Poissonzahl für Fels

$\nu_{\text{Beton}} = 0,2$ – Poissonzahl für Beton

$\nu_{\text{Stahl}} = 0,3$ – Poissonzahl für Stahl



6.1.1.6 Zulässige Spannungen

6.1.1.6.1 Bauzeit

$$\sigma_{1,2} \leq \frac{\gamma_c}{\gamma_n \cdot \gamma_m} \cdot R_{\text{Beton}}^{\text{Zug(Druck)}}, \text{ wobei } \gamma_c \text{ und } \gamma_n \text{ von oben abgelesen werden}$$

γ_m – Belastungsbeiwert :

γ_m	Periode	
	Bauzeit	Betriebszeit
übliche	0,95	1
besondere	0,95	0,9

$$\frac{\gamma_c}{\gamma_n \cdot \gamma_m} \cdot R_{\text{Beton}}^{\text{Zug}} \text{ [MPa]}$$

$$R_{\text{Beton}}^{\text{Zug}} = 1,2 \text{ [MPa]} - \text{Zugfestigkeit des Betons B30}$$

$$\frac{\gamma_c}{\gamma_n \cdot \gamma_m} \cdot R_{\text{Beton}}^{\text{Druck}} \text{ [MPa]}$$

$$R_{\text{Beton}}^{\text{Druck}} = 17 \text{ [MPa]} - \text{Druckfestigkeit des Betons B30}$$

6.1.1.6.2 Betriebszeit

- Übliche Lasten

$$\frac{\gamma_c}{\gamma_n \cdot \gamma_m} \cdot R_{\text{Beton}}^{\text{Zug}} \text{ [MPa]}$$

$$\frac{\gamma_c}{\gamma_n \cdot \gamma_m} \cdot R_{\text{Beton}}^{\text{Druck}} \text{ [MPa]}$$

- Besondere Lasten

$$\frac{\gamma_c}{\gamma_n \cdot \gamma_m} \cdot R_{\text{Beton}}^{\text{Zug}} \text{ [MPa]}$$

¹Georgiev 2004, S.157

$$\frac{\gamma_c}{\gamma_n \cdot \gamma_m} \cdot R_{\text{Beton}}^{\text{Druck}} \quad [\text{MPa}]$$

Die maximalen Druckspannungen in der Auskleidung sind kleiner als die zulässigen Spannungen. Wenn aber das Gebirge trocken ist und es keinen Außenwasserdruck $p_e = 0$ gibt, dann werden die Zugspannungen größer und es ist eine zusätzliche Bewehrung des Querschnitts erforderlich.

Für diesen Abschnitt wird eine Verminderung des Außenwasserdrucks bei 50% angenommen, weil der Abschnitt unmittelbar unter dem Speicher positioniert ist und ein trockenes Gebirge kaum möglich ist. Damit die Situation der Realität entspricht, sind die Berechnungen mit einem Außenwasserdruck von 50% durchgeführt.

6.1.2 Bemessung der Bewehrung

Die Bewehrung ist mit einem Außenwasserdruck von $p_e = 0.5p_e$ bemessen. In diesem Fall entstehen maximale Zugspannungen.

- Maximale Spannungen:

$$\sigma_1 \text{ [kPa]} \qquad \sigma_2 \text{ [kPa]}$$

Es gibt drei Möglichkeiten für die Position der Normalkraft:

6.1.2.1 Zentrischer Zug

Für die maximale Spannung $\sigma_1 = \text{[kPa]}$ wird die Resultierende berechnet:

$$F_{\text{Auskleidung}} = d_{\text{Auskleidung}} \cdot b \text{ [cm}^2\text{]} - \text{Fläche der Auskleidung}$$

für Länge des Druckstollens $b = 100 \text{ cm}$

- Resultierende:

$$N_{\text{Zug}} = \sigma_1 \cdot F_{\text{Auskleidung}} \text{ [kN]}$$

$$R_{\text{Stahl}}^{\text{Zug}} = 390 \text{ [MPa]} - \text{Zugfestigkeit des Stahls}$$

- Fläche der Bewehrung:

$$F_a = \frac{\gamma_m \cdot \gamma_n \cdot N_{\text{Zug}}}{\gamma_c \cdot R_{\text{Stahl}}^{\text{Zug}}} \text{ [cm}^2 \text{ / m}^2\text{]}$$

$$\gamma_c = 1,1 \qquad \gamma_n = 1,25 \qquad \gamma_m = 1$$

6.1.2.2 Zug mit kleiner Exzentrizität

Die Normalkraft wird zwischen der Fläche der Zug- und Druckbewehrung verteilt.

$$F_a \text{ und } F_a'$$

$$a = a' = 0,05 \text{ [m]} - \text{Betonüberdeckung}$$

$$h_o = d_{\text{Auskleidung}} - a \text{ [m]}$$

$$e_o = \frac{M}{N} \text{ [m]} - \text{Exzentrizität der Normalkraft}$$

Der Biegemoment M und die Normalkraft N sind durch folgende Formel berechnet:

$$\left| \begin{array}{l} \sigma_1 = \frac{N}{F} - \frac{M}{W} \\ \sigma_2 = \frac{N}{F} + \frac{M}{W} \end{array} \right.$$

6. Auswahl und Bemessung der Auskleidung.

$$M = [\text{kNm}] \quad N = [\text{kN}]$$

- Abstand der Normalkraft N von der Druckbewehrung

$$e' = 0,5 \cdot (h_0 - a) - e_0 \quad [\text{m}]$$

- Abstand der Normalkraft N von der Zugbewehrung

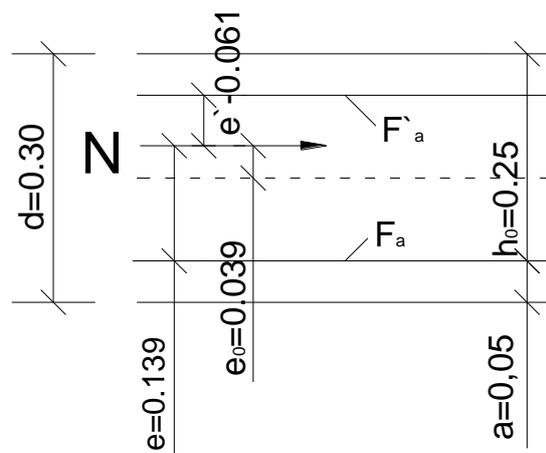
$$e = 0,5 \cdot (h_0 - a) + e_0 \quad [\text{m}]$$

- Fläche der Zugbewehrung .

$$F_a = \frac{\gamma_m \cdot \gamma_n \cdot N \cdot e}{\gamma_c \cdot R_{\text{Stahl}}^{\text{Zug}} \cdot (h_0 - a)} \quad [\text{cm}^2 / \text{m}]$$

- Fläche der Druckbewehrung

$$F'_a = \frac{\gamma_m \cdot \gamma_n \cdot N \cdot e'}{\gamma_c \cdot R_{\text{Stahl}}^{\text{Druck}} \cdot (h_0 - a)} \quad [\text{cm}^2 / \text{m}]$$



6.1.2.3 Zug mit großer Exzentrizität– das ist ein Fall, der hier nicht auftreten kann, deshalb wird er nicht berechnet.

Der massgebende Bemessungsfall trifft bei Zug mit keiner Exzentrizität auf, mit einer entsprechenden Bewehrung gleich:

$$F_a = 9,44 \text{ [cm}^2 \text{ / m]} \quad F'_a = 4,14 \text{ [cm}^2 \text{ / m]}$$

Angenommen:

- Zugbewehrung: 10 x N 12/10 cm $F=11,304 \text{ cm}^2$
- Druckbewehrung 10 x N 8 /10 cm $F=5,042 \text{ cm}^2$

$$\mu = \frac{F_a + F'_a}{F_{\text{Stahl}}} = \frac{11,304 + 5,042}{3000} = \frac{16,346}{3000} = 0,0055 = 0,55\%$$

- Konstruktive Bewehrung: 2x5 N10/20 cm
- Bügel : $\Phi 8/25 \text{ cm}$

6.1.3 Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit

6.1.3.1 Mittlere Rissbreite

$$a = 7,7 \cdot \alpha \cdot \beta \cdot \eta \cdot \frac{\sigma_{\text{Stahl}} - \sigma_0}{E_{\text{Stahl}}} \cdot (4 - 100 \cdot \mu) \cdot \sqrt{d} \text{ [mm]}$$

$$\alpha = 1,1 \quad \beta = 1,2 \quad \eta = 1,0$$

$\sigma_0 = 20 \text{ [MPa]}$ – Angenommene Anfangsspannung in der Bewehrung

$d = 12 \text{ [mm]}$ – Durchmesser des Bewehrungsstahls

$\mu = 0,0055$ – Bewehrungsanteil

$$E_{\text{Stahl}} = 210000 \text{ [MPa]}$$

$$\sigma_{\text{Stahl}} = \frac{p_i \cdot r_1}{F_a + \frac{K_0 \cdot r_1}{E_{\text{Stahl}}}} \text{ [MPa]}$$

$$p_i = 0,5038 \text{ [MPa]}$$

$$K_0 = 800 \text{ [N/m}^3 \cdot 10^5\text{]}$$

$$F_a = 0,16364 \text{ [cm}^2 \text{ / cm}^3\text{]}$$

$$r_1 = 305 \text{ [cm]}$$

$$E_{\text{Stahl}} = 2100000 \text{ [N/m}^2 \cdot 10^5\text{]}$$

Die maximale Rissbreite hängt von: Hydraulischem Gradient, Wasserhärte, maximalem W/Z-Wert, Anzahl der Cl^- und SO_4^{2-} -Ionen, Durchlässigkeitsbeiwert des Felses, Klasse der Anlage ab.

- Hydraulischer Gradient

$$J = \frac{H_i - H_e}{d_{\text{Auskleidung}}}$$

- Hydraulischer Gradient ohne Außenwasserdruck:

$$J = \frac{H_i}{d_{\text{Auskleidung}}}$$

Es werden folgende Annahmen gemacht:

- Wasserhärte : $0,25 \text{ [g/dm}^3 \cdot 10^{-3}\text{]}, \text{ [mg/l]}$
- Hydraulischer Gradient : $50 < J = 167,93 < 300$
- Durchlässigkeitsbeiwert des Felses $k_{\text{Fels}} = 4 \cdot 10^{-5} \text{ [cm/s]}$
- Maximaler W/Z- Wert -0,5
- Anlage- Klasse - I
- Anzahl der Cl^- und SO_4^{2-} Ionen - 400 – 1000 [mg/l]

Maximale zulässige Rissbreite : 0,1 [mm].

6.1.3.2 Anzahl der Risse

$$n = \frac{16 \cdot \pi \cdot r_2 \cdot \mu}{d}$$

6.1.3.3 Sickerung durch die Auskleidung

$$Q = \frac{1}{\frac{d_{\text{Auskleidung}}}{k \cdot n} + \frac{1}{k_{\text{Fels}} \cdot M_F}} \text{ [l/s]}, \text{ wobei}$$

- $k = a^3$ – Durchlässigkeitsbeiwert

6. Auswahl und Bemessung der Auskleidung.

- n – Anzahl der Risse
- $d_{\text{Auskleidung}} = 0,30$ [m] – Dicke der Auskleidung
- $k_{\text{Fels}} \geq 4 \cdot 10^{-5}$ [cm/s] – Durchlässigkeitsbeiwert des Felses
- $M_F = \frac{2 \cdot \pi}{\ln\left(\frac{R}{r_2}\right)}$ – Filtrationsmodul

$R = 10 \cdot r_1$ [m] – Radius der wassergesättigten Zone

Die Formel ist bei mehr als 35 Rissen gültig.

$Q_{\text{zulässig}} = 1$ [l/s] – für 1000m^2 von der Druckstollenfläche,
wenn der Innenwasserdruck $H_i < 100$ m ist

Die Sickerung soll kleiner sein als:

$$Q' = 2 \cdot \pi \cdot r_2 \cdot Q_{\text{zulässig}} \cdot 10^{-7} = 2,10 \cdot 10^{-4} \text{ [l/s]} > 9,75 \cdot 10^{-5}$$

$\Rightarrow Q < Q'$

Alle Auskleidungstypen sind in der Beilage berechnet!

7. Bauverfahrenstechnik des Druckstollens

Es werden Beispiele einer technischen Lösung für mögliche Bauverfahrenstechniken des Druckstollens und der entsprechenden Hilfsmaßnahmen dargestellt.

Die dargestellte Bauverfahrenstechnik untersucht zwei verschiedene Aufbauansätze. Jede der beiden Möglichkeiten hat ihre Vor- und Nachteile, die zusätzlich untersucht werden sollen, um eine bessere wirtschaftliche Lösung zu wählen. Deshalb sollen die untersuchten Bauverfahrenstechniken nur als Basis für eine nachfolgende Entwicklung des Projekts angenommen werden.

Wegen der großen Länge von $L=6750\text{m}$ soll der Ausbruch im ersten Fall von beiden Seiten anfangen, da dadurch die Transportlänge bzw. die Zeit für den Bau des Druckstollens reduziert wird. Die zweite Variante bietet ebenfalls eine relativ kurze Bauzeit.

Es wird angenommen, dass in der ersten Variante ein konventioneller Vortrieb durchgeführt wird. Es handelt sich dabei um eine Vortriebsart, bei der die einzelnen Arbeitsvorgänge des Lösens, Schütterns und des Stützmitteleinbaues nacheinander und mit Hilfe von Einzelgeräten ausgeführt werden.

Die Bauverfahrenstechnik für die zweite Variante zeigt einen maschinellen Vortrieb. Bei dieser Art des Vortriebes wird der Vortrieb mit Hilfe einer Teilschnittmaschine bewältigt. Die einzelnen Arbeitsvorgänge des Lösens, Ladens und des Stützmitteleinbaues werden im Wesentlichen gleichzeitig ausgeführt.

7.1. Ausbrucharbeiten

7.1.1. Bohr- und Sprengarbeiten

Die Bohr- und Sprengarbeiten werden im Felsgestein ausgeführt, wobei Löcher gebohrt werden, die später mit Sprengstoffen geladen werden, die durch ihre Detonation das Lösen des Felses gewährleisten.

Die Bohr- und Sprengarbeiten werden für die erste Variante vorausgesehen. Die kleine Neigung des Druckstollens erlaubt eine leichte Bewegung der Geräte für die Ausbrucharbeiten und das Transportieren.

Die Art der Ausbrucharbeiten bedingt eine hohe und strenge Kontrolle der Sicherheits- und Gesundheitsmaßnahmen. Es ist notwendig auch die entsprechende Elektrizitätsausrüstung und Bewetterung zu gewährleisten.

Der größte Nachteil der Bohr- und Sprengarbeiten besteht darin, dass dadurch der Fels gestört wird, was wiederum zum Entstehen von großen Auflockerungszonen führt. Diese Zonen spielen eine wichtige Rolle für die Bemessung der Abstützung. Damit sie reduziert wird, ist eine besondere Beachtung der äußeren Kranzlöcher notwendig. Dadurch wird die Auflockerungszone begrenzt, was auch in kleineren Bemessungswerten reflektiert.

Dieses Verfahren ist sehr konkurrenzfähig, weil die Kosten pro Laufmeter sehr klein sind und durch eine gute Planung die Arbeit sehr schnell durchgeführt werden kann.

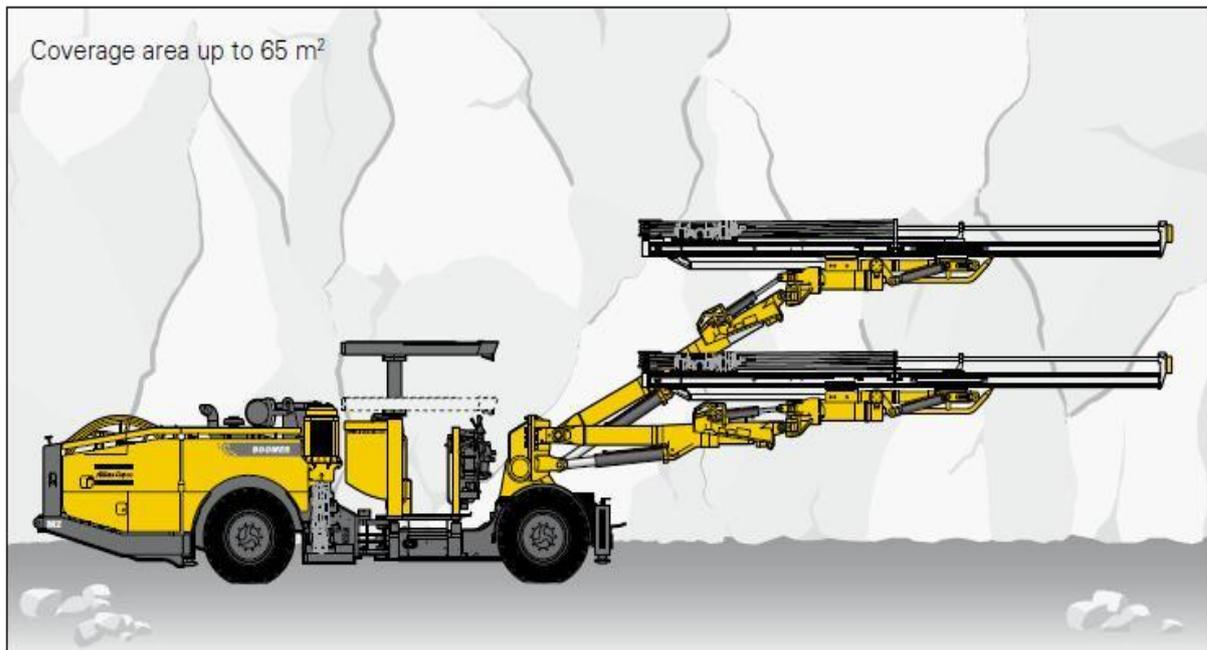
Die Bohr- und Sprengarbeiten werden im Vollprofil durchgeführt. Dafür ist ein entsprechendes Gerät – z.B. der Boomer M2 D von Atlas Copco mit zwei Bohrhämmern COP 2238 für das Bohren zu wählen. Die Firma hat eine breite Palette von Geräten, die für verschiedene Durchmesser geeignet sind. Boomer M2 D hat einen Arbeitsbereich von 65m², der den entsprechenden Durchmesser des Druckstollens abdecken kann.

Atlas Copco Face drilling rigs

Technical specification

Boomer M2 D

Equipped with COP 1638, COP 1838 or COP 2238 rock drills



Hydraulically controlled mining and tunnelling face drilling rig with two BUT 35 SL booms. Available with a variety of rock drills to suit customer requirements.

Fig.7.1 Boomer M2 D на Atlas Copco mit zwei Bohrhammer COP 2238.

Standard features

» Rock drill

- COP 1638, COP 1838 or COP 2238 rock drill with dual-damping system for optimal consumable life
- Pressurized housing and mating surfaces to reduce internal contamination of the rock drill

» Hydraulic boom

- BUT 35 SL heavy-duty boom with double tripod suspension for accurate hydraulic parallel holding in all directions

» Hydraulic feed

- BMH 6000-series heavy-duty aluminium feed with high bending and torsional resistance for maximum durability
- Snap-on stainless steel sleeves and polymer contacts

» Control system

- Hydraulically controlled drilling system which incorporates the anti-jamming function Rotation Pressure Controlled Feed (RPCF)

» Carrier

- Sturdy, articulated carrier with four-wheel drive
- Powered by a 4-cylinder, EPA III/COM III (Tier 3/Stage IIIA) approved diesel engine
- Four jacks for stable set up

» General

- FOPS-approved telescopic protective roof
- Cable reel
- Hydraulically driven compressor
- Hydraulically driven water booster pump
- Working lights

Boomer M2 D equipped with COP 1638, COP 1838 or COP 2238

Specifications

ROCK DRILL

	COP 1638	COP 1838	COP 2238
Shank adapter	R32/R38/T38	R32/R38/T38	R32/R38/T38
Height over drill centre	88 mm	88 mm	88 mm
Length without shank	1 008 mm	1 008 mm	1 008 mm
Impact power	16 kW	18 kW	22 kW
Impact rate	60 Hz	60 Hz	73 Hz
Hydraulic pressure	200 bar	230 bar	250 bar
Rotation system	Separate rotation	Separate rotation	Separate rotation
Rotation speed	0–340 rpm	0–340 rpm	0–340 rpm
Rotation torque, max	640 Nm	640 Nm	640 Nm
Lub. air consump. at 2 bar	6 l/s	6 l/s	6 l/s
Water consumption	1.1 l/s	1.1 l/s	1.1 l/s
Weight	170 kg	170 kg	170 kg
Sound level	<106 dB(A)	<106 dB(A)	<106 dB(A)

FEED

	BMH 6800	BMH 6812	BMH 6814	BMH 6816	BMH 6818
Total length	5 267 mm	5 582 mm	6 502 mm	7 102 mm	
Drill steel length	3 700 mm	4 310 mm	4 920 mm	5 530 mm	
Hole depth	3 443 mm	4 043 mm	4 668 mm	5 268 mm	
Weight, incl. drill	601 kg	631 kg	665 kg	696 kg	
Feed force	20.0 kN	20.0 kN	20.0 kN	20.0 kN	

» Electrical system

- Total installed power 158 kW
- Main motors 2 x 75 kW
- Voltage 380–1 000 V
- Frequency 50–60 Hz
- Starting method star/delta (1 000 V direct start)
- Electronic overload protection for electric motors
- Percussion hour meter on operator display
- Digital voltmeter/ampere meter in electric cabinet
- Phase sequence indicator
- Earth fault indicator
- Battery charger
- Transformer 8 kVA
- Working lights, halogen 2 x 1 000 W
- Cable reel, diameter 1 600 mm
- Dual controls for cable reel

» Hydraulic system

- Hydraulic pumps 2 separate units, one for each boom
- Pumps unloaded at start
- System pressure, max 250 bar
- Hydraulic oil tank, volume max/min 250/200 l
- Low oil level indicator
- Oil temperature gauge on oil tank
- Electrical oil filling pump
- Oil filter indicator
- Water cooled oil

» **Boom**

- BUT 35 SL
- Feed extension 1 800 mm
- Boom extension 1 600 mm
- Parallel holding complete
- Feed roll-over 360°
- Max. lifting angle +65°/-30°
- Max. swinging angle ±45°
- Weight, boom only 2 900 kg

» **Air system**

- Hydraulically driven screw compressor... Atlas Copco GAR 5
- Capacity, max at 9 bar 26 l/s
- Adjustable speed
- Air pressure gauge
- Hole blowing kit with 80 l air receiver

» **Water system**

- Hydraulically driven water booster pump.... Flygt PXR1607H
- Water booster pump max capacity at 15 bar 250 l/min
- Min water inlet pressure at 200 l/min, 2 bar
- Water pressure gauge
- Water flow guard

» **Control system**

- Direct hydraulic Control System, DCS
- Basic functions such as anti-jamming included

» **Carrier**

- Deutz 4-cylinder, TCD 2013 L04, EPA III/COM III (Tier 3/ Stage IIIA) approved 4-stroke prechamber diesel engine
- Power rating at 2 300 rpm 120 kW (160 hp)
- Torque at 1 600 rpm 618 Nm
- Articulated steering ±41° steering angle
- Fixed seat for tramping
- Four-wheel drive
- Hydrostatic power steering system
- Hydrodynamic transmission Clark 24000
- Front axle Dana 123/90
- Rear axle Dana 123/90, ±8° oscillation
- Automatic differential lock on front axle, limited slip
- Tyres 12.00 x R24
- Clearance outside axles 22° front, 13° rear
- Hydraulic jacks, front 2 extendable
- Hydraulic jacks, rear 2
- Service brakes 2 separate circuits
- Emergency and parking brakes SAHR
- Fuel tank, volume 100 l
- Exhaust catalyser
- Silencer
- Electric system 24 V
- Batteries 2 x 12 V, 125 Ah
- Tramping lights 6 x 40 W LED + 2 x 70 W halogen, 24 V
- Working lights 4 x 35 W HID, 24 V DC
- Brake lights
- Illuminated stairs for platform 2 x 70 W
- Fire extinguisher
- Central lubrication system
- Spirit level one for longitudinal, one for sideways
- Gradeability at max. load on drive wheels 1:4
- Horn, beacon and reverse alarm
- Shelf for drill bits and tools

Boomer M2 D equipped with COP 1638, COP 1838 or COP 2238

Specifications

DRIFTER RODS

Dimension	Min. hole diameter
mm	
R38-HEX 35-R32	45
T38-HEX 35-R32	45
T38-HEX 35-R32 Speedrod	45
R38-HEX 35-SR35 Speedrod	45
T38-HEX 35-SR35 Speedrod	45
T38-HEX 35-SR35	45
T38-Rnd 39-SR35	45
T38-Rnd 39-R32	45
T38-HEX 35-R35	48
T38-HEX 35-R35 Speedrod	48
T38-Rnd 39-R35	48
T38-Rnd 39-SR35	48
T38-Rnd 38-R35 Speedrod	48
T38-Rnd 39-SR35 Speedrod	48

SHANK ADAPTERS

Thread	Diameter	Length
mm		
R38	38	435
T38	38	435
R32*	38	525
T38*	38	525

**Intended for RAS and extension drilling with BSH 110*

COUPLINGS

Thread	Diameter	Length
mm		
R38	55	170
T38	55	190

EXTENSION RODS FOR INJECTION DRILLING/RAS

Dimension	Min. hole diameter
mm	
R32 Speedrod	51
T38 Speedrod	64

Optional equipment

» Rock drill/Drilling system

- Water mist flushing, external water and air supply
- Hole blowing kit
- External air supply connection for hole blowing kit

» Feed

- Telescopic feed BMHT 6000-series (max 18 ft)
- Extension drilling set BSH 110 (BMH feeds only)
- Feed prepared for RAS
- Rod Adding System, RAS
- Water spraying kit on cradle

» Boom

- Automatic boom lubrication kit, rear part of boom
- Feed angle measurement system, FAM 1
- Feed angle measurement system with hole depth measurement, FAM 2

» Protective roof

- Mounting height -80 mm/+60 mm/+310 mm
- Manual spotlight, left and/or right

» Cabin

- FOPS-approved cabin, noise level <80 dB(A), height 3 044 mm including:
 - Air conditioning unit
 - Fixed seat
 - CD-changer
 - Boot washing kit
- Cabin body made of stainless steel
- Front window, 24 mm
- Heating function for air conditioning (water transferred)
- Electrical heater, 1.2 kW, 230 V (CE)
- Joystick-controlled spotlights left and/or right

» Air system

- Compressor, GAR 30

» Water system

- Water hose reel, including hose

» Hydraulic system

- Biodegradable hydraulic oil
- Heater kit for hydraulic oil tank, diesel engine and electric motors

» Carrier

- Fire suppression system ANSUL (manual or Checkfire)
- Fire suppression system FORREX (manual or automatic)

» Electrical system

- Stainless steel electrical enclosure
- Electric cable type H07RN-F or Buxflex
- Plug for cable
- Switch gear
- Electric outlet for accessories, 16 A (CE and not for 1 000 V)
- Extra transformer 3-phase, 15 kVA, 230/400 V

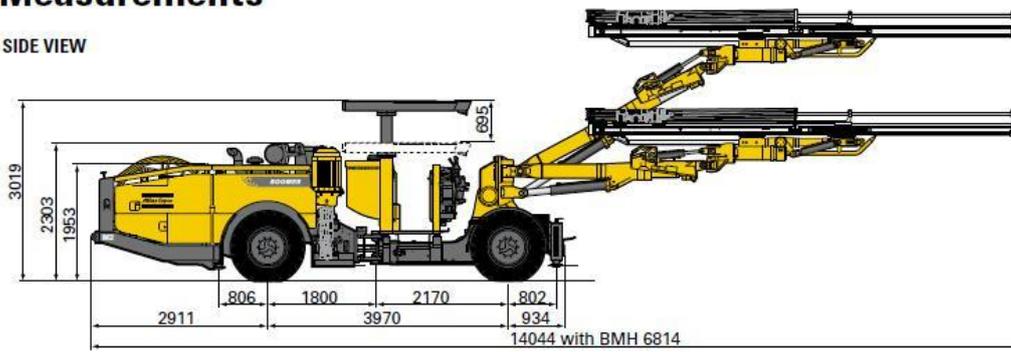
» Miscellaneous

- Hose/cable guiding at water/cable reel
- Hydraulic Swellex pump type HC1 for manual installation
- Manual lubrication kit
- Rig washing kit
- Boots washing arrangement
- Ni-Cr plated piston rods (limitations exist)

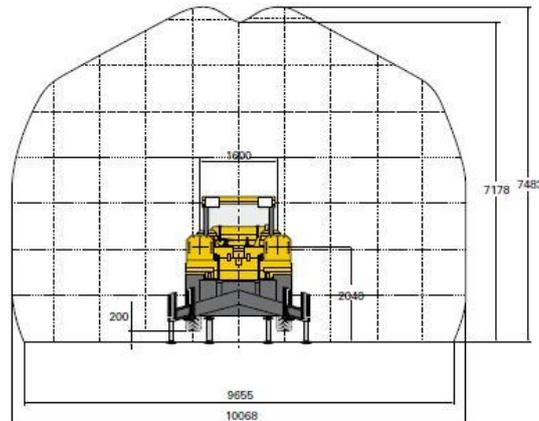
Boomer M2 D equipped with COP 1638, COP 1838 or COP 2238

Measurements

SIDE VIEW



COVERAGE AREA



DIMENSIONS

mm	Width	2 245
	Height with cabin	3 044
	Height roof up/down	3 019/2 324
	Length with BMH 6814 feeds	14 044
	Ground clearance	215
	Turning radius outer/inner	7 200/4 400

TRAMMING SPEED

km/h	On flat ground (rolling resistance 0.05)	>14
	On incline 1:8	> 6

WEIGHT

gross weight, depending on configuration	
kg	Total
	23 000–27 000
	Boom side
	17 500–19 000
	Engine side
	6 000–8 000

NOISE AND VIBRATION

Operator sound pressure level in canopy, drilling, free field (ISO 11201)	104±6 dB(A) re 20µPa
Operator sound pressure level in cabin, drilling, free field (ISO 11201)	75±3 dB(A) re 20µPa
Operator sound pressure level working close to machine, drilling, free field	104±6 dB(A) re 20µPa
Sound power level (ISO 3744), drilling, free field	128 dB(A) re 1pW
Vibration levels standing, canopy (ISO 2631-1)	0.1±0.15 m/s ²
Vibration levels standing, cabin (ISO 2631-1)	0.07±0.15 m/s ²

RECOMMENDED CABLE SIZE AND LENGTH

Voltage	Type	Dimension, mm ²	Diameter, mm	Length, m
380–400 V	H07RN-F	4X150	67	60
	Buflex	3x185+3G35	56	90
440–500 V	H07RN-F	4X120	60	75
	Buflex	3x150+3G25	52	100
550 V	H07RN-F	4X95	55	90
	Buflex	3x120+3G25	46	135
660–690V	H07RN-F	4X70	49	110
	Buflex	3x95+3G16	45	155
1,000 V	H07RN-F	N/A	N/A	N/A
	Buflex	3x50+3G10	33	200

Recommendations are given for surrounding temperature of 40 °C and up to a height of 2 000 m.



Fig.7.2 Technische Parameter der Bohrmaschine

Die Steuerung der Bohrmaschine Boomer M2 D wird mittels zwei Schaltebenen gewährleistet, die gleichzeitig und unabhängig voneinander arbeiten können. Dadurch werden auch die Mitarbeiter bzw. die Kosten reduziert.

Für die problemlose Funktionsweise der Bohrmaschine soll ein ununterbrochener Zulauf von Druckluft vorhanden sein. Die Druckluft wird durch einen Kompressor produziert, der sich zusammen der Bohrmaschine bewegt.

Nach dem Bohren kommt das Sprengen des Felses. Dafür sind spezielle Sprengstoffen notwendig. Es sind eigentlich verschiedene chemische Verbindungen, die unter bestimmten Bedingungen sehr schnell reagieren und dabei eine relativ große Energiemenge in Form von einer Druckwelle freisetzen, die den Fels zerreiht. Der Effekt der Explosion ist vom Volumen der Gase und der Geschwindigkeit ihrer Entstehung abhängig. Im Tunnelbau werden hauptsächlich zwei Arten von Sprengstoffen benutzt – Amonite und Dynamite. Jede der beiden Stoffe hat Vor- und Nachteile und die Auswahl eines Produkts ist von den Arbeitsbedingungen und Gegebenheiten abhängig. Die Vorteile von Amonite sind:

- Unempfindlich bei einem Stoß
- Unempfindlich bei Erschütterungen
- Brandbeständig
- Unempfindlich auf hohe Temperatur

Der große Nachteil ist, dass sie hygroskopisch sind und in wassergesättigten Gebirgen kaum verwendbar sind. Für diese Fälle gibt es natürlich spezielle Arten von Amoniten.

Vorteile von Dynamite sind:

- Wasserbeständig
- Hohe Geschwindigkeit der Druckwelle

Die Dynamite sind sehr empfindlich beim Stoß und sind leicht entzündbar. Das ist ein Grund weswegen entsprechende Maßnahmen während der Arbeit und bei der Lagerung unternommen werden.

Die Dynamite werden in der Form von Patronen mit entsprechendem Durchmesser und Länge, im geölten Papier verpackt, hergestellt.

Wegen der gegebenen Arbeitsbedingungen und der Gegebenheit, dass das Gebirge wassergesättigt ist, werden Dynamite als Sprengstoff gewählt.

7.1.2. Maschinelles Vortrieb mit Teilschnittmaschine (TSM)

Der maschinelle Vortrieb mit Teilschnittmaschinen ist für den Abbau von weichem bis mittelhartem standfestem Gestein geeignet.

Für den gegebenen Durchmesser des Druckstollens wird die Roadheader MR620 -Teilschnittmaschine von Sandvik gewählt. Der große Vorteil von solchen Teilschnittmaschinen ist der schnelle Vortrieb, den sie ermöglichen. Der Grund dafür ist die Konstruktion der Maschine. Das Gestein wird mit einer Ladeschaufel aufgenommen und von mehreren rotierenden Ladescheiben zu einem mittig durch die Teilschnittmaschine laufenden Förderband geschoben und transportiert. Dadurch kann der Abbau ununterbrochen laufen, was die Bauzeit deutlich reduzieren kann.

Bei solchen Maschinen gibt es die Möglichkeit eine Ausrüstung für Verankerung anzubauen, wodurch die Ankerlöcher schneller hergestellt werden können. Die Arbeiten für die Verankerung und der Abbau des Felses können gleichzeitig passieren was eine Voraussetzung für schnelle Ausrüstung eines fertigen Querschnitts ist.

Die Teilschnittmaschine kann den Querschnitt horizontal und vertikal in Abhängigkeit von den Felseigenschaften fräsen. Die Herstellerfirma hat große Erfahrung im Tunnelbau bei schweren Arbeitsbedingungen und kann schnell in einem Notfall reagieren. Dabei wurde eine Methode für die Auswahl von geeigneten Fräsköpfen für die entsprechenden Arbeitsbedingungen entwickelt. Diese Auswahl ist sehr wichtig, weil ein Verschleiß des Fräskopfes bedeutet, dass der Vortrieb langfristig unterbrochen sein kann.

Die Größe der ausgebrochenen Felsteile, die für eine spätere Schütterung geeignet sind, soll im Voraus berechnet werden.

Die Herstellerfirma garantiert eine optimale Leistungsfähigkeit bei horizontaler Bewegung des Fräskopfes. Wenn das Abbauwerkzeug das Ende des Querschnitts erreicht, wird sie vertikal zu einer neuen Position umgesetzt, wo sie ihre horizontale Bewegung neu beginnt.

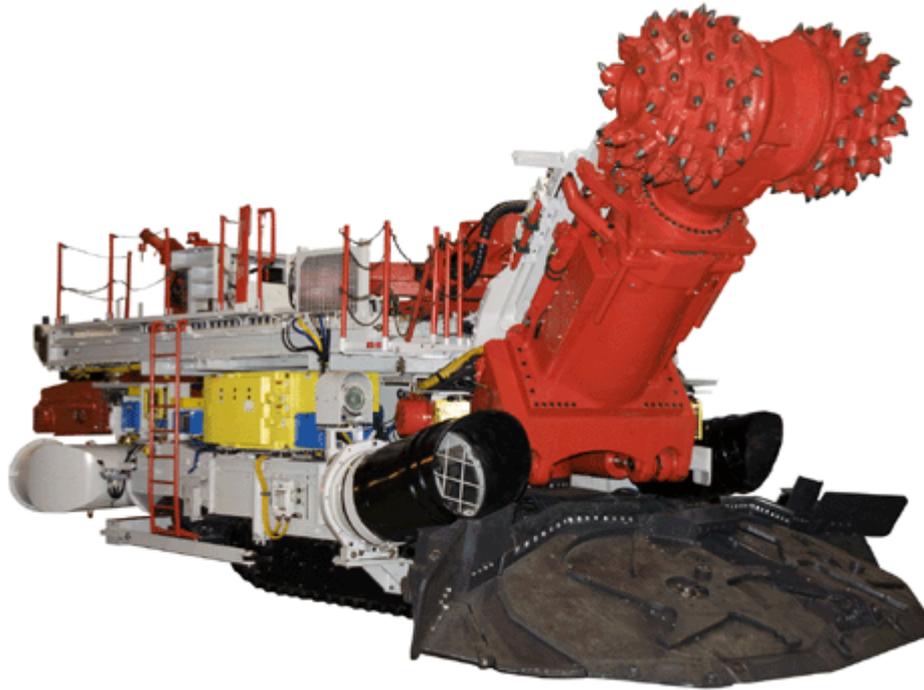


Fig.7.3 Teilschnittmaschine Roadheader MR 620.

Unique features of the MR620

- Designed for economical excavation of rock exceeding 120 MPa uniaxial compressive strength - optimized robust design and cutting power for low speed cutting.
- Robust stabilized telescopic cutter boom for optimum cutting power application - sump-in without tramming and straight face even in high profiles.
- Efficient dust suppression and cutting tool cooling by high pressure pick flushing system.
- ICUTROC System: Low cutting speed for high torque and low dust generation during cutting
- Modular design - easy maintenance and assembly/disassembly.
- A variety of optional features - suitable for a wide range of applications.

Technical data MR620 ATEX approved***General:**

Total weight approx	(t)	128 (123)
Machine ground pressure	(MPa)	0.2 (0.18)
Length approx.	(m)	15.52
Height over turret approx.	(mm)	2.350
Height over conveyor approx.	(mm)	2.350
Loading table width variable	(m)	6.40 - 7.20
Ground clearance	(mm)	335

Cutting Profile:

Cutting height above track level max.	(m)	5.40 - 5.90
Cutting width max.	(m)	7.90 - 8.90
Undercut below floor level	(mm)	250 / 500
Cutter head sprays		internal water spraying
Cutting speed at 50 Hz	(m/sec)	1.4

Negotiable gradients:

Navigable cone radius	(m)	17
Navigable basin radius min.	(m)	12.5
Navigable slope side gradient max.	(° / gon)	±8 / ±9
Slope upgrade / incline**	(° / gon)	±18 / ±20
Tramming speed, forward and reverse	(m/min)	0 - 3.5

Electrical system:

Electric supply voltage	(V/Hz)	1.000 / 50
Cutter motor	(kW)	300
Total installed power	(kW)	540

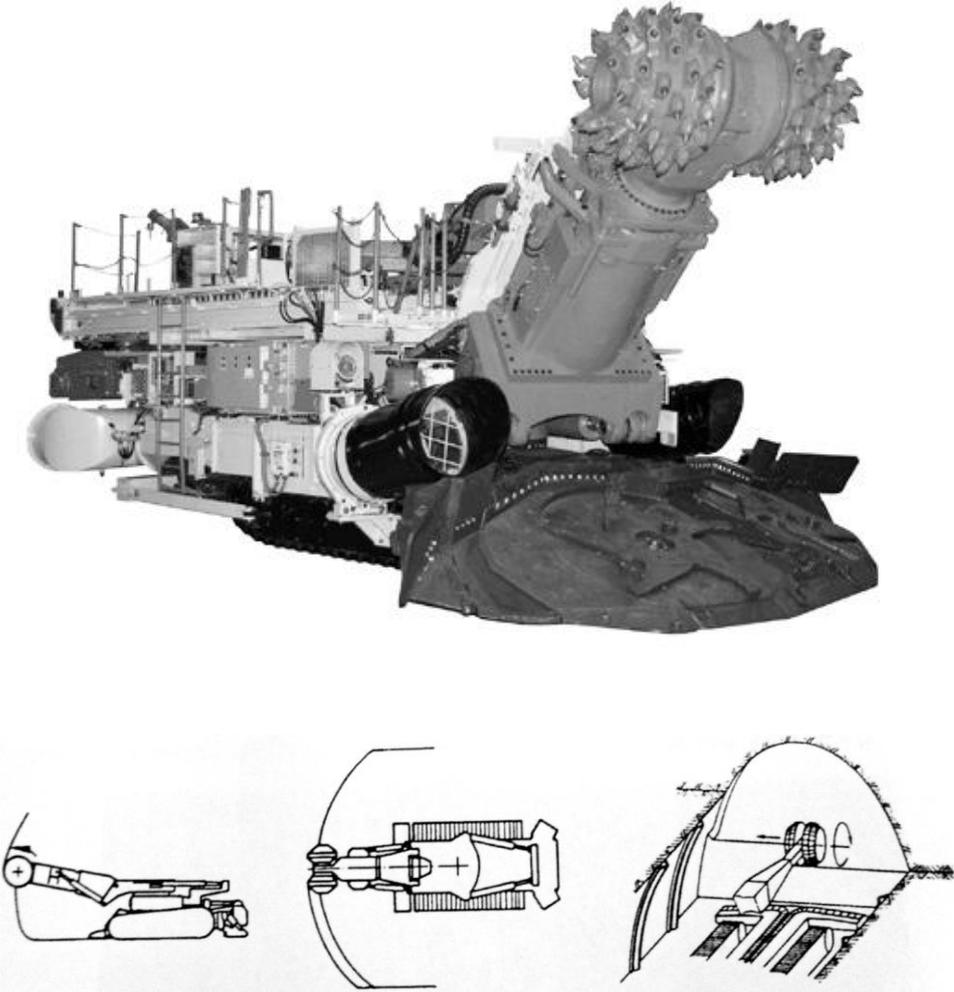
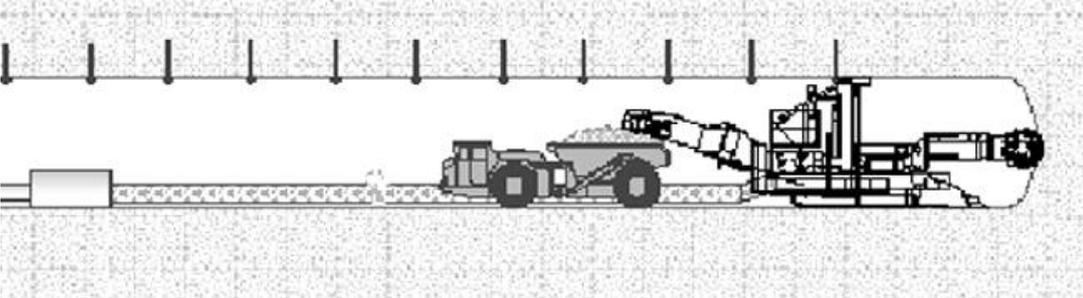


Fig.7.4 Teilschnittmaschine– technische Parameter.



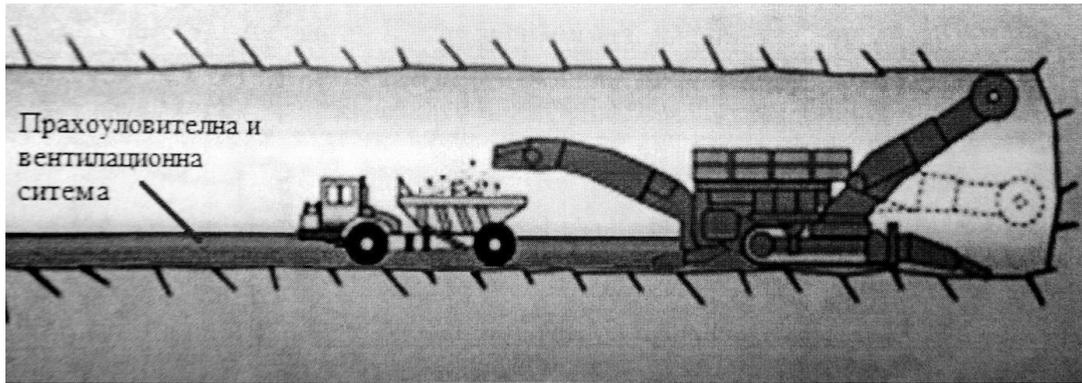


Fig.7.5 Teilschnittmaschine – ohne Bohrsystem.

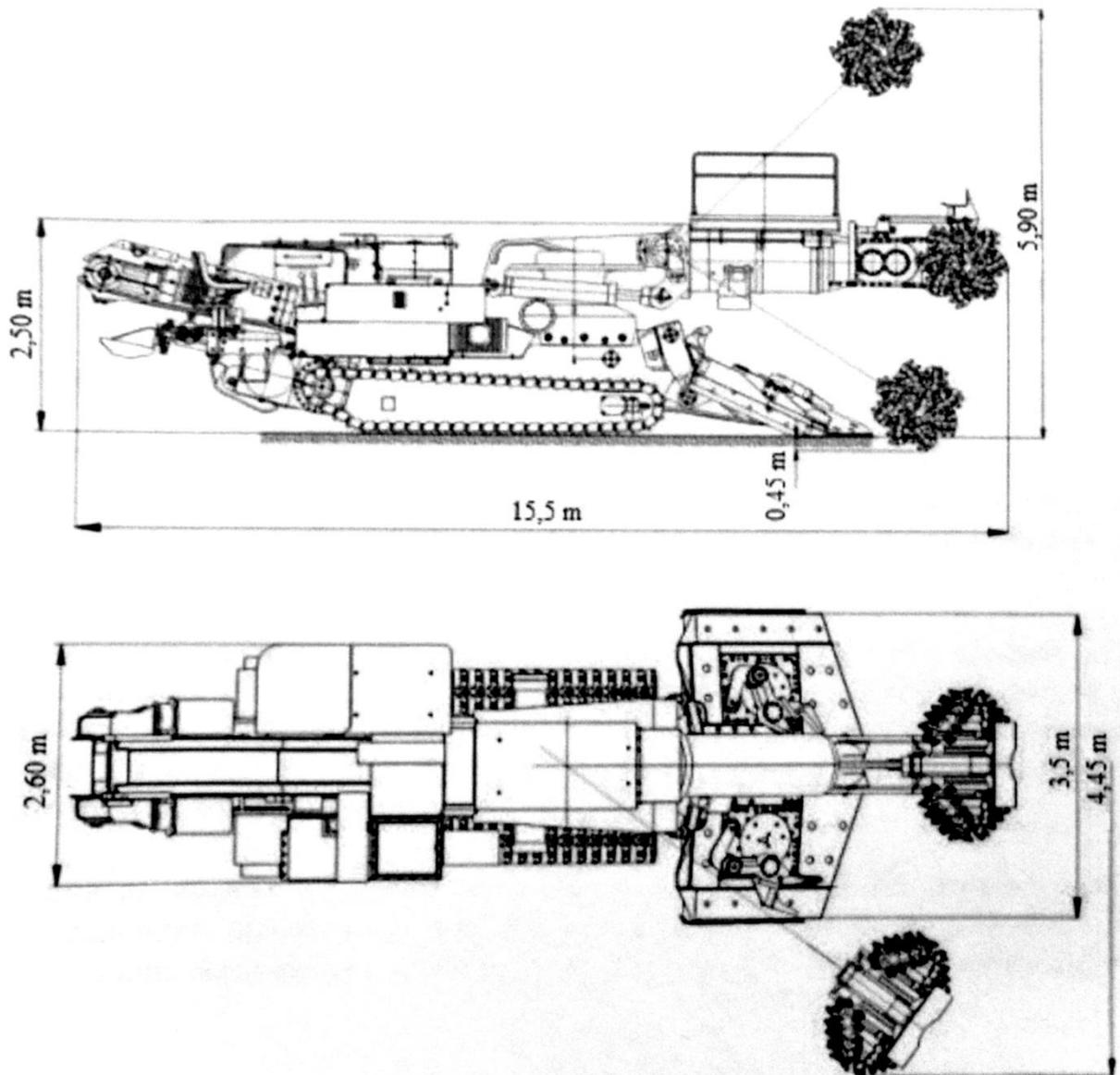


Fig.7.6 Teilschnittmaschine – Gabarite.

Ein großer Nachteil der Teilschnittmaschinen ist die starke Staubbildung. Eine speziell entwickelte Ausrüstung soll den Staub stark reduzieren, was jedoch die Staubbildung nur bedingt unterbindet.

Ein Vorteil ist, dass durch maschinellen Vortrieb die Auflockerungszone wesentlich reduziert wird. Dadurch wird die Standfestigkeit des Gebirges erhalten, was auch den Gebirgsdruck vermindert. Der geringe Gebirgsdruck ist eine Voraussetzung für kleinere Abstützkonstruktionen.

Roadheader MR 620 erlaubt einen glatten Abbau des Felses. Das ist eine Voraussetzung für die Verminderung des Ausbrucharbeiten und der Notwendigkeit von großen Mengen von Füllbeton.

Der größte Vorteil dieser Verfahrenstechnik im Vergleich zu den Bohr- und Sprengarbeiten ist die große Vortriebsgeschwindigkeit und die wesentliche Reduktion der Mitarbeiter. Dieser Vorteil kann zu Verminderung der Aufbaukosten führen. Sehr wichtig ist auch, dass durch die kürzere Bauzeit der Triebwasserweg schneller im Betrieb genommen werden kann.

Das Förderband soll hoch genug sein, damit sich das Transportgerät problemlos unter der Teilschnittmaschine positionieren kann.

7.2. Schütterung

Im Falle einer Technologie mit Bohren und Sprengen, soll auch Schütterungsmechanisierung vorgesehen werden. Ein Radlader von Atlas Copco – Scooptram ST710 wird gewählt, der mit einem Transportgerät zusammenarbeiten soll, was einen ununterbrochenen Vortrieb der Aushubarbeiten sichert.

Die Transportgeräte für die Bohr- und Sprengarbeiten und für den maschinellen Vortrieb sind ähnlich. Die geringe Neigung des Druckstollens erlaubt eine Verwendung von Muldenhinterkipper. Sie zeichnen sich durch kompakte Konstruktion und eine große Beweglichkeit aus. Sie sollten unmittelbar hinter der Abbaumaschine positioniert werden.

Bei den Bohr- und Sprengarbeiten hat der Radlader nach dem Sprengen den gelösten Fels auf den Muldenhinterkipper zu laden. Die Baugrube soll für die Verankerung vorbereitet werden, weswegen das gesamte Schüttgut abtransportiert werden muss..

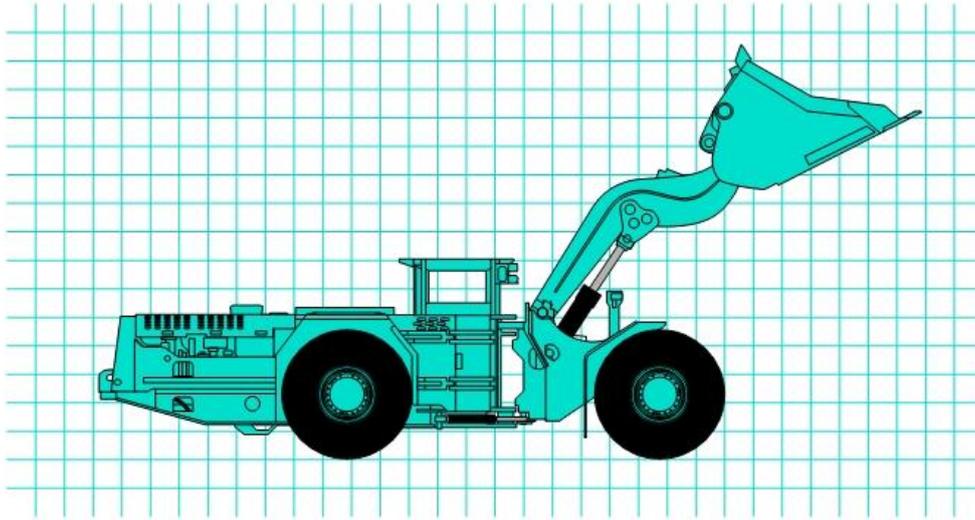
Bei dem maschinellen Vortrieb soll sich das Transportgerät unbedingt hinter der Teilschnittmaschine befinden, wobei der gefräste Fels unmittelbar aufgeladen werden kann. Wenn der Muldenkipper voll ist, soll das Fräsen des Felses unterbrochen werden. Die Abladezeit des Transportgeräts kann zum Kühlen des Abbauwerkzeuges benutzt werden.

In den beiden Bauverfahrenstechniken ist nur ein Transportgerät für die Schütterung gewählt. Die kurze Länge des Druckstollens ist eine Voraussetzung für die kleine Transportdauer. Bei der Anwendung von einem Muldenkipper sind keine Verbreitungen des Querschnitts für die Transportgerätbewegung notwendig. Für eine Optimierung der Aushubarbeiten ist es möglich eine Auswahl von mehreren Transportgeräten einzusetzen, wobei der erste Muldenhinterkipper auf einer Zwischendeponie ablädt, wovon andere Maschinen die Transportarbeiten weiter durchführen können, was einen ununterbrochenen Verlauf der Arbeit erlaubt .

Atlas Copco Underground Loaders

Scooptram® ST710

Technical specification



The ST710 is a compact 6.5 metric ton Scooptram with an ergonomically designed operator's compartment especially for narrow-vein mining.

Features

Load frame

- A Z-bar front-end for efficient loading and mucking
- An aggressively designed "high shape" factor bucket, reducing the need for multiple passes to fill the bucket
- Easy to change bucket and cylinders with split-cap pin retention system
- Boom support and lock for safe work under boom

Operator's compartment

Ergonomically and spacious designed compartment for maximum safety and minimal operator fatigue with:

- maximized legroom because of the Atlas Copco's "footbox"
- comfortable operator's seat offering improved ergonomic positioning, body orientation and generous shoulder and hip room
- compliant with sound and vibration regulations to minimize operator's fatigue; reduced noise level to 82 dB(A) inside the cab

Power frame

- Atlas Copco unique powertrain including an upbox, and a transverter (a combined transmission and converter) - allowing space for the "footbox" plus a low and short rear end
- Electronic transverter and engine control systems for smooth and precise shifting
- A high power-to-weight ratio complemented by a fully integrated powertrain, automatically matching the gear selection to the load - producing a high tractive effort without wheel spin
- Stacked V-core radiator and charge air cooler: easy to replace damaged tubes and to clean

General

- Great serviceability with centralized service points
- Long-life roller bearing centre hinge
- Anti skid material at service access points

Atlas Copco

Fig7.7 Radlader Scooptram ST710

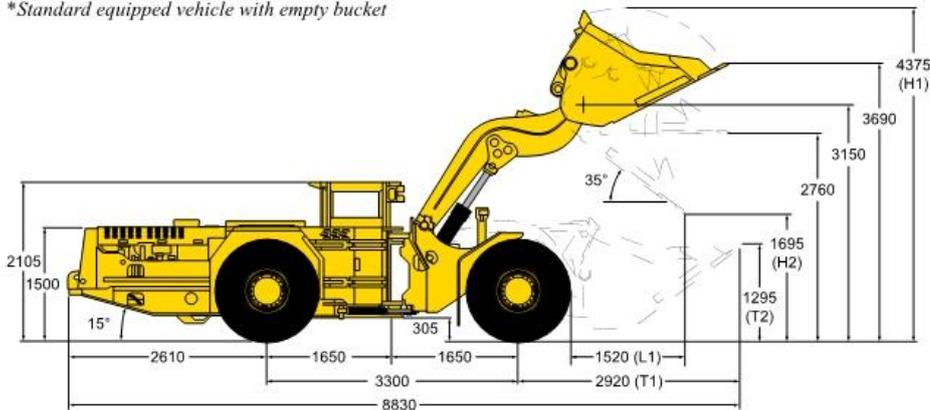
Buckets

Bucket data		STD				
Material density (t/m ³)		1.8	2.0	2.2	2.4	2.6
Volume, nominal heaped (m ³)		3.4	3.2	3.0	2.8	2.6
Width, bucket (mm)	W	2 040	2 040	2 040	2 040	2 040
Tramming position: Axle centerline to bucket lip (mm)	T1	3 000	2 920	2 895	2 830	2 750
Tramming position: Ground to bucket tip (mm)	T2	1 340	1 295	1 280	1 220	1 135
Truck loading: Reach (mm)	L1	1 590	1 520	1 500	1 440	1 360
Raised position: Back height, max. (mm)	H1	4 375	4 375	4 375	4 375	4 375
Raised position: Bucket tip, height (mm)	H2	1 635	1 695	1 705	1 750	1 825

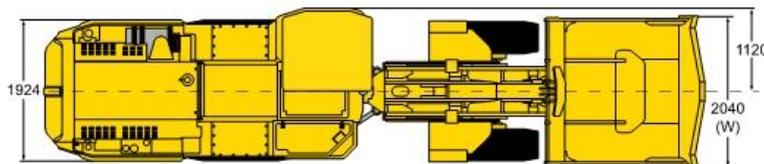
Dimensions and weights

- Approximate gross weight18 200 kg*
- Axle load, front end8 372 kg*
- Axle load, back end9 828 kg*

*Standard equipped vehicle with empty bucket



Side view



Top view

- Dimensions shown are based on standard vehicle configuration with 27 mm tire deflection.
- All dimensions are shown in millimeters.



© Copyright 2006, Atlas Copco Rock Drills AB, Breda, Sweden. Any unauthorized use or copying of the contents or any part thereof is prohibited. This applies in particular to trademarks, trade designations, part numbers and drawings. Illustrations and photos in this brochure may show equipment with optional items. Specifications and equipment subjects to change without notice. Consult your Atlas Copco Customer Center for specific information.

9851 2256 01 c
02/2007

Fig7.8 Radlader Scooptram ST710

Minetruck MT436B

A mine truck for large-scale operations



Technical data* MT436B	
Recommended drift width	5 m
Payload capacity	32,650 kg
Volume Semi-heaped	13.8 m ³
Operating weight of vehicle**	30,600 kg
Length	10,180 mm
Height, canopy/cabin	2,680 mm
Box height (raised)	5,385 mm
Width, vehicle	3,065 mm
Standard diesel engine	Detroit Diesel DDEC IV Series 60, Tier 2/Stage II
Power rating at 2,100 rpm	298 kW/400 hp
Tyre dimensions	26.5 R 25

Fig.7.9 Transportgerät Minetruck MT436B

7.3. Abstützkonstruktionen

Für die Abstützkonstruktion werden zwei Arten von Ankern gewählt – Gleitkeilanker und Kunstharzklebeanker. Die Bohrlöcher für die Verankerung werden durch spezielle Maschinen ausgeführt. Bei den Bohr- und Sprengarbeiten ist eine geeignete Bohrmaschine zu wählen und bei dem maschinellen Vortrieb werden Bohrhammer auf der Teilschnittmaschine befestigt.

7.3.1. Wasserhaltung

Während der Bauarbeiten für den Druckstollen ist mit Wasserzutritten aus dem angeschnittenen Gebirge zu rechnen. Die Beseitigung des anfallenden Bergwassers durch eine Wasserhaltung spielt eine wichtige Rolle bei der Herstellung von Druckstollen, weil das Wasser sowohl die Bauausführung als auch den Betrieb der Anlage beeinflussen kann. Manchmal hat es auch negative Auswirkung auf die Tragfähigkeit des Gebirges.

Es werden zwei Fälle untersucht:

- Die Neigung der Sohle des Druckstollens ist in die Vortriebsrichtung gerichtet.
- Die Neigung der Sohle des Druckstollens ist gegen die Vortriebsrichtung gerichtet.

Wenn die Neigung des Druckstollens gegen die Vortriebsrichtung gerichtet ist, kann das Wasser nur unter der Wirkung der Schwerkraft fließen. Es soll nur ein Entwässerungsgraben auf der Sohle mit Querschnitt von 0,2-0,25 m² und den entsprechenden Rohren vorgesehen werden. Die minimale Neigung soll mindestens 2 ‰ sein, deshalb sollen im Abstand von 200m Sammelschächte errichtet werden von denen das Wasser gepumpt werden kann.

Wenn die Neigung des Druckstollens in die Vortriebsrichtung gerichtet ist, sollen unbedingt Sammlungsschächte vorgesehen werden, von denen das Wasser gepumpt wird.

7.3.2. Spritzbetonarbeiten

Die Abstützung aus Spritzbeton soll unmittelbar nach dem Ende des Vortriebs ausgeführt werden. Die Betonmischung wird unter Druck auf dem Fels gespritzt..

Die Bemessung der Spritzbetondicke wird ausgeführt. Die angenommene Spritzbetondicke ist 5 und 10 cm.

Die vorgefertigte trockene Betonmischung von Zement und Zusatzmitteln kommt zu der Maschine mit der Hilfe eines Förderbands und wird direkt nach den Aushubarbeiten gespritzt. Der Fels soll im Voraus von aufgelockerten Felsteilen gereinigt werden, wodurch die entsprechende Festigkeit des Spritzbetons gewährleistet wird.

7.3.3. Gleitkeilanker

7.3.3.1. Vorbereitung für die Verankerungsarbeiten

- Die Ankerstäbe sind aus Stahl A III mit einem Durchmesser von $D=20\text{mm}$ gefertigt. Beim Schneiden der Anker soll das Ende glatt und senkrecht der Längsrichtung sein.
- Am Ende wird ein Gewinde hergestellt, wobei durch das Drehen der Mutter der Anker gespannt wird.
- Die Ankerplatte hat Abmessungen von $200/200\text{mm}$ und ist aus Stahlblech mit einer Dicke von 6mm .

7.3.3.2. Bohren von Ankerlöcher

- Die Ankerlöcher werden mit einer entsprechenden Maschine gebohrt. Bei den Bohr- und Sprengarbeiten, nachdem die Aushubarbeiten und die Schutterung beendet sind, beginnt die Bohrmaschine die Löcher zu bohren. Bei dem maschinellen Vortrieb werden die Löcher von einem Bohrhammer, der an der Teilschnittmaschine installiert wird, gebohrt.
- Die Lage der Ankerlöcher hängt hauptsächlich von der Tragfähigkeit des Felses und den entsprechenden Arbeitsbedingungen ab. Der Abstand zwischen den Ankern wurde bereits im Vorfeld bestimmt.

- Die Ankerlöcher werden mit dem gleichen Durchmesser der Bohrkronen hergestellt.
- Der Verschleiß der Bohrkronen soll kontrolliert werden.
- Die Bohrlöcher sollen senkrecht zu der Ankerplatte sein, da dadurch eine maximale Tragfähigkeit des Ankers erreicht wird.
- Die bestimmte Bohrlochlänge soll unbedingt eingehalten sein.

7.3.3.3. Verankerung

- Das Personal soll vorbereitet für die schweren Arbeitsbedingungen sein. Alle Sicherheits- und Gesundheitserfordernisse müssen eingehalten werden.
- Das Ende des Bohrlochs wird überprüft, ob es die notwendige Tragfähigkeit besitzt.
- Alle Partikel wie Staub und kleine Felsteilchen sollen entfernt werden.
- Bei der Verankerung soll die Bohrlochlänge nochmals überprüft werden.
- Der Keil des Ankers wird ausgedehnt durch das Drehen und die Kraft wird in den Untergrund geleitet.
- Die Unebenheiten unter der Ankerplatte sollen entfernt werden, um einen optimalen Kontakt zwischen Fels und Ankerplatte zu gewährleisten.
- Nach der Verankerung wird die Tragfähigkeit des Ankers mit Hilfe von Tensometern überprüft.
- Die fertigen Anker sollen noch 3-4 Tagen überwacht werden und falls irgendwelche Probleme aufgetreten sind, müssen entsprechende Maßnahmen unternommen werden.
- Bei Rissbildung zwischen den Ankern, können zusätzliche Anker ausgeführt werden.

7.3.4. Kunstharzklebeanker

Das Bohren der Ankerlöcher ist ähnlich wie bei den Gleitkeilankern. Es gibt aber einen wesentlichen Unterschied bei der Verankerung und bei der Wirkungsweise der beiden Ankertypen.

Es wird ein Kunstharz von Lokset gewählt. Die Kunstharze von Lokset haben viele Vorteile und sind sehr geeignet zur Anwendung im Tunnelbau.

- Alle Arten von Kunstharzklebeanker können durch die Kunstharze Lokset ausgeführt werden.
- Die Kunstharze Lokset haben eine große Verbindungsgeschwindigkeit und erreichen schnell eine hohe Tragfähigkeit.
- Durch die hohe Verbindungsgeschwindigkeit des Produkts kann der Gebirgsdruck in wenigen Minuten übernommen werden.
- Die Kunstharze schützen den Stahl vor Korrosion und vor aggressiven unterirdischen Wässern.
- Sie werden nicht zusätzlich gespannt.
- Durch die Kunstharze Lokset entstehen keine Innenspannungen im Fels.

7.3.4.1. Ausführung der Kunstharzklebeanker mit Kunstharze Lokset

- Die gegebene Instruktion soll vor der Anwendung unbedingt ausführlich gelesen werden.
- Die Lagerung der Kunstharzpatronen soll zusammen mit dem Stahl innerhalb des Druckstollens sein, damit sie die gleiche Temperatur haben und dadurch schnell die vorgeschriebene Verbindungsgeschwindigkeit erreichen.
- Der Durchmesser der Kunstharzpatrone wird in Abhängigkeit von dem Bohrlochdurchmesser gewählt. Die angenommenen Bohrlochdurchmesser sind $D=40\text{mm}$
- Die Länge des Bohrlochs soll ca. 2,5 cm tiefer sein.
- Die notwendige Anzahl der Kunstharzpatronen wird eingesteckt und mit rotierender Bewegung läuft der Anker durch alle Kunstharzpatronen.
- Einige Zentimeter vor dem Bohrlochende wird der Anker schnell für ca. 3-8 Sekunden gedreht, damit das Kunstharz in den Patronen gemischt wird.
- Das Drehen wird eingestellt und es wird auf das Erhärten des Kunstharzes gewartet.
- Nachdem das Kunstharz hart ist, wird der Anker nicht mehr gedreht, da dadurch der Kunstharzklebeanker zerstört werden kann.

7.4. Auskleidungsarbeiten

Die Auskleidungsarbeiten des Druckstollens bestehen von drei verschiedenen Elementen:

- Schalungsarbeiten
- Bewehrungsarbeiten
- Betonierung

7.4.1. Schalungsarbeiten

Die Schalung dient grundsätzlich für die Formgebung des Betons. Im Tunnelbau werden meistens komplizierte Konstruktionen von gewölbten Elementen benutzt. Für den entsprechenden Druckstollen wird eine Schalhaut aus Stahl gewählt. Die Stahlschalung erlaubt eine glatte Ausführung der Auskleidung, wodurch die Rauheit des Druckstollens bzw. die hydraulischen Verluste vermindert werden. Der gleiche Durchmesser des Querschnitts ist eine Voraussetzung für die mehrmalige Verwendung einer Schalkonstruktion, die schnell ab- und eingebaut werden kann. Eine wichtige Rolle für den schnellen Vortrieb spielt die gute Koordination der Schalung – und Betonierungsprozessen.

Schalungen für Druckstollen werden von vielen Firmen hergestellt. Heutzutage wird die Schalhaut häufig aus Aluminium hergestellt, wodurch das Gewicht vermindert wird und das Transportieren der Konstruktion erleichtert wird.

Für eine maximale Leistungsfähigkeit der Schalungsarbeiten soll die Herstellerfirma das Fachpersonal für die Installation der Konstruktion gewährleisten.

7.4.2. Bewehrungsarbeiten

Die Bewehrung der Auskleidung ist notwendig, weil Aufgrund des Innendrucks große Zugspannungen entstehen. Die Bemessung zeigt, dass die notwendige Dicke für eine Betonauskleidung zu groß ist und deshalb wird eine gerissene Stahlbetonkonstruktion gewählt.

Für die Bewehrung wird Stahl AIII mit Durchmesser von 8 bis 25 mm benutzt, wobei für jeden Abschnitt die entsprechende Zug- und Druckbewehrung berechnet werden muss.

Die Stahlstäbe für die Zug- und Druckbewehrung sollen für den kreisförmigen Querschnitt entsprechend geschnitten und gebogen werden. Das Einhalten des erforderlichen Abstands zur Schalung bzw. die Betonüberdeckungshöhe von 5 cm wird durch Abstandhalter aus Beton oder Kunststoff gewährleistet [8]. Wegen der kleinen Länge der Stahlstäbe bei der Herstellung sollen sie miteinander geschweißt werden.

Die konstruktive Bewehrung 2x 5 N 10/20 ist ca. 15% der Zug- und Druckbewehrung und wird zwischen beiden verteilt. Die Stahlstäbe sollen mit der tragenden Bewehrung geschweißt werden.

Für die Querkräfte sind Bügel $\Phi 8/25$ cm gewählt worden.

Die Bewehrungsarbeiten sind sehr aufwändig und dauerhaft. Sie sollen von spezialisiertem Fachpersonal verlegt werden, wobei eine Koordinierung von Schal- und Betonierpersonal einerseits und den Bewehrern andererseits wichtig ist, um einen reibungsfreien Bauablauf zu gewährleisten.

7.4.3. Betonierung

Die Mengen für die Betonierung sind relativ groß, deshalb wird eine kleine Betonanlage in der Baugrube des Einlaufbereichs vorausgesehen, die am Ende der Bauzeit abgebaut werden kann.

Der Beton wird mittels einer Betonpumpe in den Stollen gebracht, wobei die Betonmischung durch verschiedene Zusatzmittel für das Transportieren geeignet sein soll.

Die Rohrleitung für den Beton ist mit Durchmesser von $D=160$ mm vorgesehen und gewährleistet eine ungehinderte Bewegung der Betonmischung.

Das Verdichten des eingebrachten Betons erfolgt mit Tauch- und Schalungsrüttlern.

Für die Tauchrüttler ist das Einhalten eines regelmäßigen Abstands der Eintauchstellen wichtig, um eine lückenlose Verdichtung zu erreichen. Der Wirkungskreisdurchmesser ist etwa der 10- fache Durchmesser der Rüttelfläche. Beim langen Rütteln durch Tauchrüttler entsteht eine Entmischungsgefahr.

Die Schalungsrüttler werden außen an der Schalungskonstruktion befestigt, wobei sie die Schalung und somit den darin liegenden Beton in Schwingung versetzen und dadurch die Verdichtung gewährleisten.

Die Betonierung wird von unten nach oben geführt und die Arbeitsfugen sind zu vermeiden.

Die Betonierung der Firste ist immer problematisch, weswegen spezielle Maßnahmen für die Verdichtung dieses Bereiches getroffen werden.

Der Beton soll allen vorgeschriebenen Parametern entsprechen.

Während des Ausbruchs des Druckstollens sollen unbedingt die vorgeschriebenen Sicherheits- und Gesundheitsmaßnahmen eingehalten werden.

8. Umweltschutzmaßnahmen

Aufgrund der Arbeitsbedingungen der Anlagen sollen zwei verschiedene Perioden der Auswirkungen auf die Umwelt untersucht werden:

- Bauzeit
- Betriebszeit

Umweltauswirkungen sind größer während der Bauzeit, deshalb wird mehr Aufmerksamkeit auf die Umweltschutzmassnahmen während dieser Periode gelegt.

8.1. Bauzeit

Einige mögliche Schutzgüter, worauf die Auswirkung des Triebwasserwegs auf die Umwelt beobachtet werden kann, sind:

- Luft
- Wasser
- Flora und Fauna
- Abfall

8.1.1. Auswirkung auf die Luft

Während der Bauzeit entsteht die größte Staubbildung, wodurch unregelmäßig Staub in die Atmosphäre emittiert wird. Gegen diese große Staubbildung sollen spezielle Maßnahmen wie Umluftsysteme, drückende oder saugende Bewetterung vorausgesehen werden.

Das Bestauben der zeitweiligen Wege kann erfolgreich in trockenen Tagen und bei intensiver Arbeit durch Gießen bekämpft werden.

Auf der Baustelle gibt es Bedingungen für Luftverschmutzung mit Abgasen auf Grund der Dieselaggregate und der Transportgeräte. Um die schädlichen Emissionen zu verringern, sollen nur neuwertige Transportgeräte benutzen werden, die den Normen für die erlaubten Emissionen entsprechen. Die Arbeit im Leerlauf soll möglichst vermieden und reduziert werden.

Die Sprengstoffe können auch schädliche Gase freisetzen. Um die negative Wirkung dieser Gase zu vermeiden, soll das Umluftsystem die Abgasen ableiten. Die

abgeleiteten Gase sollen wegen ihrer niedrigen Konzentration im Freien keine wesentliche Auswirkung haben.

8.1.2. Auswirkung auf das Wasser

Die Hauptwasserverschmutzung während der Bauzeit entsteht infolge des erhöhten Gehalts von unauflöselichen Felsteilchen. Sie sind Resultat von:

- Bohr- und Sprengarbeiten
- Gießen der zeitweiligen Wege
- Waschen der Felsoberfläche bei der Verankerungsarbeiten
- Waschen der Transportgeräte

Eine sehr große Verschmutzungsquelle können auch die Brenn- und Schmierstoffe der Transportgeräte sein, deshalb müssen täglich technische Kontrollen über ihre Funktionsfähigkeit ausgeübt werden. Ebenso sollen Gruben für Schmierstoffauffang eingerichtet werden und Reparaturstellen vorgesehen werden.

Während der Bauzeit sollen unbedingt Qualitätsuntersuchungen der unter- und oberirdischen Gewässer ausgeführt werden.

Der Bau des Druckstollens schafft eine Öffnung, die eine Voraussetzung für Drainage des Grundwassers ist. Das kann dazu führen, dass der Grundwasserspiegel drastisch sinkt, was eine sehr starke Auswirkung auf die Umwelt haben kann.

Beim Sprengen treten Gase aus, die ins Grundgewässer einringen können. Notwendig sind Proben zur Ermittlung der Giftgasmengen im Wasser.

Ein Notfallplan bei einer Wasserverschmutzung oder bei einer Betriebsstörung des WKWs soll vorhanden sein.

8.1.3. Auswirkung auf die Flora und die Fauna

Bei der Errichtung der Baustelle und des Entnahmebauwerks wird eine Beseitigung der Vegetation erfolgt. Die Hauptbaustelle befindet sich im Stausee, deshalb wird keine zusätzliche negative Auswirkung erwartet, weil sie später eingestaut werden wird.

Die große Auswirkung des Triebwasserwegs auf die Flora wird von den zusätzlichen Flächen für das Deponieren des Aushubs ausgeübt. Der Aushub soll im Stausee deponiert werden oder auf Flächen, die nicht bepflanzt sind.

Die Auswirkung auf die Tierwelt ist eng mit der Auswirkung auf die Fauna verbunden. Eine relativ lange Bauzeit erlaubt den Tieren umzusiedeln und sich den neuen Lebensbedingungen anzupassen, ohne dass sich dies auf ihre Lebensqualität und Nahrungsquellen auswirkt.

8.1.4. Abfall

Auf der Baustelle entsteht, außer den Bauabfällen von Bohrarbeiten, Sprengarbeiten, Schalungsarbeiten, Bewehrungsarbeiten und Betonieren, auch viel Restmüll.

Der Restmüll muss sowohl während der Bauzeit, als auch während der Betriebszeit in Abfallbehältern mit vorausbestimmten Stellen gesammelt und danach auf den entsprechenden Deponien entsorgt werden.

Überflüssige und unbrauchbare Bauabfälle sowie die Felsmassen sollen ebenfalls zu entsprechenden Deponien für Bauabfälle entsorgt werden.

Die Brenn- und Schmierstoffe sollen in speziellen Behältern gesammelt und gelagert werden, damit keine Gefahr von Boden- oder Wasserverschmutzungen entsteht.

8.2. Betriebszeit

Während der Betriebszeit ist die Auswirkung auf die Umwelt auf das Minimum reduziert, deshalb werden keine zusätzlichen Schutzmassnahmen vorausgesehen.

Während der Betriebsperiode muss ein Plan für den Falle einer Wasserkraftwerkstörung und ein Reaktionsplan ausgearbeitet werden.

Schlussfolgerung:

Die Entwicklung des technischen Projekts für Druckstollen des PKW's "Yadenitsa" übt während der Bau- und Betriebszeit keinen wesentlichen Einfluss auf die Umwelt aus. Nach der Errichtung des Triebwasserwegs ist eine vollständige Wiederherstellung der von dem Bau betroffenen Regionen und keine negativen Folgen auf die Umwelt zu erwarten.

Quellenverzeichnis:

- [1] Помпено-акумулираща водно електрическа центала Чаира и хидроенергийна каскада Белмекен-Сестримо Каталог 2007 НЕК ЕАД / Chaira pumped storage hydro power plant and Belmeken – Sestrimo hydro power cascade Magazine 2007 NEK EAD Magazine
- [2]Хидроенергийни каскади и язовири НЕК ЕАД 2005/ Hydro Power Cascades and Dams NEK EAD Magazine 2005
- [3] „Тунели“-трето издание ,2004 УАСГ-Проф.Любомир Георгиев / **Tunnel im Wasserbau**” – 2004 UABG - Univ.Prof. Dipl.-Ing. Ljubomir Georgiev
- [4] Unterlagen von Prof. Tashev
- [5] „**Hydraulik**”- **2003 UABG** – Univ.Prof. Dipl.-Ing. Emil Marinov