

ENERGIESPEICHER RIEDL

DONAU-
KRAFTWERK
JOCHENSTEIN
AKTIENGESELLSCHAFT

Planfeststellungsverfahren

Technischer Bericht



Triebwasserweg Vorbemessung Auskleidung



Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	3
2	Bemessungsgrundlagen	4
2.1	Geometrie und vorgesehene Auskleidung	4
2.2	Geologie	5
2.3	Materialkennwerte Beton	6
2.4	Materialkennwerte Stahl	6
3	Lastfälle	8
3.1	Innendruck	8
3.2	Bergwasserdruk	8
3.3	Injektionsdruck	9
4	Bemessung	10
4.1	Bemessung auf Innendruck	10
4.2	Bemessung auf Bergwasserdruk	11
4.3	Bemessung auf Injektionsdruck	12
5	Zusammenfassung der Ergebnisse	13
5.1	Ringbetonstrecke	13
5.2	Stahlpanzerung	13

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Regelprofile Triebwasserweg	5
Abbildung 2: max. dyn. Drucklinie hochdruckseitiger Triebwassweg	8

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Geometrie hochdruckseitiger Triebwasserweg	4
Tabelle 2: Geometrie niederdruckseitiger Triebwasserweg	4
Tabelle 3: Kennwerte Stahl	7
Tabelle 4: Abminderungsfaktoren Panzerungsbemessung	13



1 Einleitung

Im folgenden Bericht wird die Vorbemessung der Auskleidung des Triebwasserweges für das Projekt ES Riedl beschrieben. Im Einlaufstollen kommt im Bereich des offenen Aushubes bis zur Schieberkammer ein bewehrter Betonkastenquerschnitt zur Ausführung, der gesamte Schrägschacht und Schrägstollen, sowie die Verteilrohrleitungen werden gepanzert, und im Niederdruckstollen einschließlich Lotschacht soll eine Ringbetonauskleidung zum Einsatz kommen. Die Vorbemessung erfolgt auf dem aktuellen Stand der Genehmigungsplanung, sowie der aktuell vorliegenden Erkundungsergebnisse des Gebirges. Ziel der Bemessung ist die wirtschaftliche Optimierung der bautechnischen Maßnahmen unter Berücksichtigung der vor Ort anstehenden Gebirgsverhältnisse sowie der Gewährleistung der jeweiligen Sicherheitserfordernisse, der Langzeitstabilität und der Umwelterfordernisse.

Für das Auskleidungskonzept werden die geomechanischen und hydrogeologischen Eigenschaften des umgebenden Gebirges mit einbezogen. Somit ist davon auszugehen, dass das umgebende Gebirge zusammen mit der jeweils gewählten Auskleidung des Stollens mit ausreichender Sicherheit und systemverträglichem Deformationsverhalten in der Lage ist, die auftretenden Innendrücke aufzunehmen. Zur sicheren Gewährleistung homogener Bettungsbedingungen und zur Abdichtung diskreter Wasserwegigkeiten soll eine systematische Hochdruck-Bohrlochinjektion durchgeführt werden. Diese Injektion bewirkt eine Konsolidierung geschwächter Gebirgszonen (Störzonen), eine Verringerung der Gebirgsdurchlässigkeit, sowie eine Vorspannwirkung auf die Auskleidung.

Die Stahlpanzerung wird grundsätzlich unter Berücksichtigung der Gebirgsmitwirkung auf vollen Innendruck dimensioniert. Der zulässige Injektionsdruck für die Spalt- bzw. Gebirgsinjektion wird für das leere Rohr unter Berücksichtigung der Beulsicherheit nachgewiesen. Da über weite Strecken des OW- Wasserweges der Bergwasserspiegel für die Bemessung der Panzerung maßgeblich wäre, wurde seitens der Behörde als Kompromiss zugestanden, für die Entlastung des von außen auf die Panzerung wirkenden Bergwasserdruckes bei Entleerung des Triebwasserweges sogenannte Druckentlastungsventile vorzusehen. Dadurch ist eine Bemessung der Panzerung auf Außendruck nicht mehr erforderlich.



2 Bemessungsgrundlagen

2.1 Geometrie und vorgesehene Auskleidung

Die Geometrie des Triebwasserweges ist im Plan JES-A001-PERM1-A30002-00-NFE detailliert dargestellt. Der Schrägschacht ist beginnend nach dem Vertikalkrümmer im Anschluss an den Einlaufstollen mit einer Neigung von 90,04 % (= 42°) geplant und weist eine Gesamtlänge von 300,97 m auf. Ein weiterer Vertikalkrümmer bildet den Übergang zum Schrägstollen. Er hat eine Neigung von 15 % und eine Gesamtlänge von 903,05 m bis zum Hosenrohr. Der Niederdruckstollen hat eine Neigung von 1 % und eine Länge von 172,48 m vom Hosenrohr bis Achsfusspunkt des Lotschachtes vom Ein-/Auslaufbauwerk Donau.

Die Materialkennwerte, Belastungen und die Berechnungsannahmen sind in den Kapiteln 3 und 4 beschrieben. Die Bemessungsdrucklinie für den maximalen dynamischen Innendruck wurde aus dem o. a. Plan entnommen, und entspricht dem Lastfall 4 der von der Universität Stuttgart durchgeföhrten Druckstossberechnung.

Der hochdruckseitige Triebwasserweg wird auf die gesamte Länge als stahlgepanzertes und hinterbetoniertes Rohr ausgeführt. Der niederdruckseitige Triebwasserweg wird mit einer Ringbetonauskleidung versehen.

Die wichtigsten Systempunkte der Triebwasserführung mit dem zugehörigen dynamischen und statischen Druck sind aus dem Plan JES-A001-PERM1-A30002-00-NFE entnommen:

Punkt	Achse [m.ü.NN.]	Max. Stat. Druck		Max. Dyn. Druck	
		[m.ü.NN.]	[m]	[m.ü.NN.]	[m]
BA Schrägschacht	590,91	630,50	39,59	630,50	38,28
BE Schrägschacht	588,40	630,50	42,10	630,50	42,10
BA Schrägstollen	387,01	630,50	243,49	631,01	244,00
BE Schrägstollen	374,72	630,50	255,78	632,94	258,22
Hosenrohr	245,95	630,50	384,55	690,29	444,34

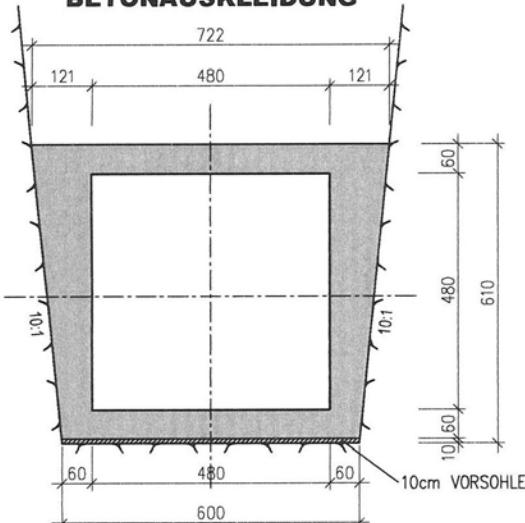
Tabelle 1: Geometrie hochdruckseitiger Triebwasserweg

Punkt	Achse [m.ü.NN.]	Max. Stat. Druck		Max. Dyn. Druck	
		[m.ü.NN.]	[m]	[m.ü.NN.]	[m]
Hosenrohr	236,92	290,30	53,38	308,20	71,28
Fußpunkt Lotschacht	238,59	290,30	51,71	290,30	51,71

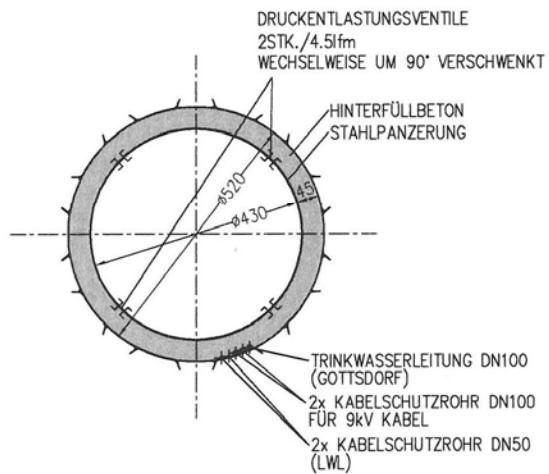
Tabelle 2: Geometrie niederdruckseitiger Triebwasserweg

Folgende Regelprofile sind geplant:

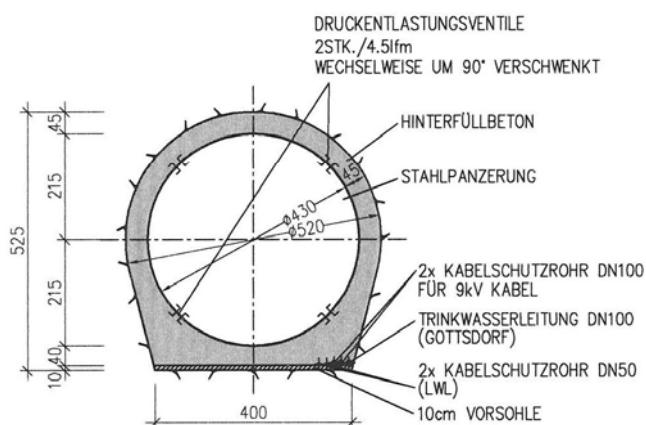
EINLAUF 4.80 / 4.80
OFFENER AUSHUB
BETONAUSKLEIDUNG



SCHRÄGSCHACHT Øi4.30m
SPRENGVORTRIEB
STAHLPANZERUNG



SCHRÄGSTOLLEN Øi4.30m
SPRENGVORTRIEB
STAHLPANZERUNG



NIEDERDRUCKSTOLLEN Øi4.80m
SPRENGVORTRIEB
RINGBETON

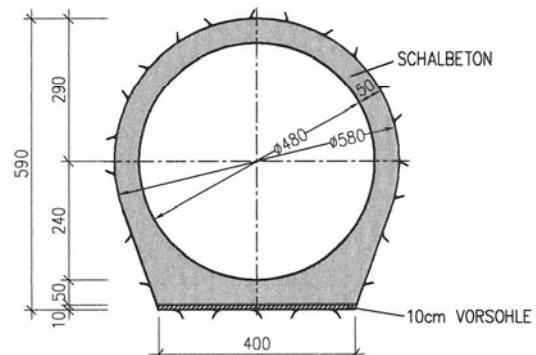


Abbildung 1: Regelprofile Triebwasserweg

2.2 Geologie

Die geologischen Verhältnisse und die geotechnische Kennwerte sind in den entsprechenden geologischen Fachbeiträgen und Plänen dargestellt.

Für die nachfolgenden Berechnungen wurden die angeführten Kennwerte verwendet, die durch Auswertung der Ergebnisse der durchgeföhrten, umfangreichen geologischen Vorerkundungen ermittelt wurden:

- Schrägschacht und unteres Drittel Schrägstollen

- Verformungsmodul $V_F^* = 15.000 \text{ N/mm}^2$
- Poisson Zahl $\nu = 0,20 \text{ bzw. } m = 1/\nu = 5$
- Gesteinsrohdichte $\gamma = 25 \text{ kN/m}^3$
- Seitendruckbeiwert $\mu = 0,70$



- Obere 2 Drittel Schrägstollen

- Verformungsmodul	$V_F^* = 10.000 \text{ N/mm}^2$
- Poisson Zahl	$\nu = 0,25 \text{ bzw. } m = 1/\nu = 4$
- Gesteinsrohdichte	$\gamma = 25 \text{ kN/m}^3$
- Seitendruckbeiwert	$\mu = 0,70$

- Niederdruckstollen

- Verformungsmodul	$V_F^* = 15.000 \text{ N/mm}^2$
- Poisson Zahl	$\nu = 0,20 \text{ bzw. } m = 1/\nu = 5$
- Gesteinsrohdichte	$\gamma = 25 \text{ kN/m}^3$
- Seitendruckbeiwert	$\mu = 0,70$

Durch die geologischen Vorerkundungen bestätigt sich, dass der gesamte Triebwasserweg in sehr guten geologischen Verhältnissen trassiert ist, und somit in dessen gesamtem Verlauf eine Gebirgsmitwirkung angesetzt werden kann.

2.3 Materialkennwerte Beton

Für die Betoninnenschale gelten für die gewählte Betonqualität folgende charakteristische Kennwerte laut EC2:

C30/37

Würfeldruckfestigkeit	$f_{ck} = 37 \text{ N/mm}^2$
Charakteristische Dauerstandfestigkeit	$f_{ck} = 27,8 \text{ N/mm}^2$
Mittlere Zentrische Betonzugfestigkeit	$f_{ctm} = 2,9 \text{ N/mm}^2$
Elastizitätsmodul	$E_c = 32,0 \text{ GPa}$
Poisson Zahl	$\nu = 0,2$

2.4 Materialkennwerte Stahl

Es gelten folgende allgemeine Bemessungskriterien:

$$\text{Minimale Wanddicke: nach US Bureau of Reclamation} \quad T_{\min} = 2 \cdot R / 400 \text{ [mm]} \\ T_{\min} = 13 \text{ mm}$$

Zu den statisch erforderlichen Wanddicken der Panzerung werden folgende Zuschläge hinzugerechnet:

$$\begin{array}{ll} \text{Korrosionszuschlag} & c_k = 1,0 \text{ mm} \\ \text{Zuschlag für Unterschleifungen} & c_u = 0,5 \text{ mm} \end{array}$$

Somit ergibt sich insgesamt ein Zuschlag von $c = c_k + c_u = 1,5 \text{ mm}$ zur rechnerischen Wanddicke (in den Berechnungstabellen unter Korrosionszuschlag 1,5 mm subsummiert). Bei der Bemessung auf Injektionsdruck wird kein Korrosionszuschlag berücksichtigt.

Für den Stahl gelten folgende Werte:

$$\begin{array}{ll} \text{E-Modul} & E_{st} = 210.000 \text{ N/mm}^2 \\ \text{Poissonzahl} & \nu_{st} = 0,3 \text{ bzw. } m_{st} = 1/\nu_{st} = 3,33 \end{array}$$



Es folgt eine Zusammenstellung der charakteristischen Werte für die zur Anwendung kommenden Stähle, wobei die endgültige Festlegung der Stahlqualität erst bei der Vergabe der Stahlwasserbauarbeiten erfolgen wird.

Bezeichnung	Blechdicke T [mm]	Mind. Streckgrenze σ_{FL} [N/mm ²]	Zugfestigkeit σ_B [N/mm ²]	Standard
S 355 MC	< 16 ≤ 40	345	430 ÷ 550	EN 10025-4 EN 10149-2
S 460 MC	< 16 ≤ 40	440	540 ÷ 720	EN 10025-4
	< 40 ≤ 63	430	530 ÷ 710	EN 10149-2
	< 63 ≤ 80	410	510 ÷ 690	
S 550 MC	< 8 ≤ 30	550	510 ÷ 690	EN 10025-4
	< 30 ≤ 50	530	600 ÷ 760	EN 10149-2
S 700 MC	< 15 ≤ 50	680	770 ÷ 1050	EN 10025-4 EN 10149-2

Tabelle 3: Kennwerte Stahl



3 Lastfälle

3.1 Innendruck

Die Bemessungsdrucklinie "max. dyn. Innendruck ($h_{w,\max}$)" ist im Längenschnitt des Triebwasserweges JES-A001-PERM1-A30002-00-NFE, sowie in Tabelle 1 und 2 dargestellt. Maßgeblich für die Bemessungsdrucklinie ist die von der Universität Stuttgart durchgeführte Simulation eines Lastabwurfs aus Vollast- Pumpbetrieb bei Schließen der Kugelschieber in 20 sec. (LF 4, siehe Abb.3).

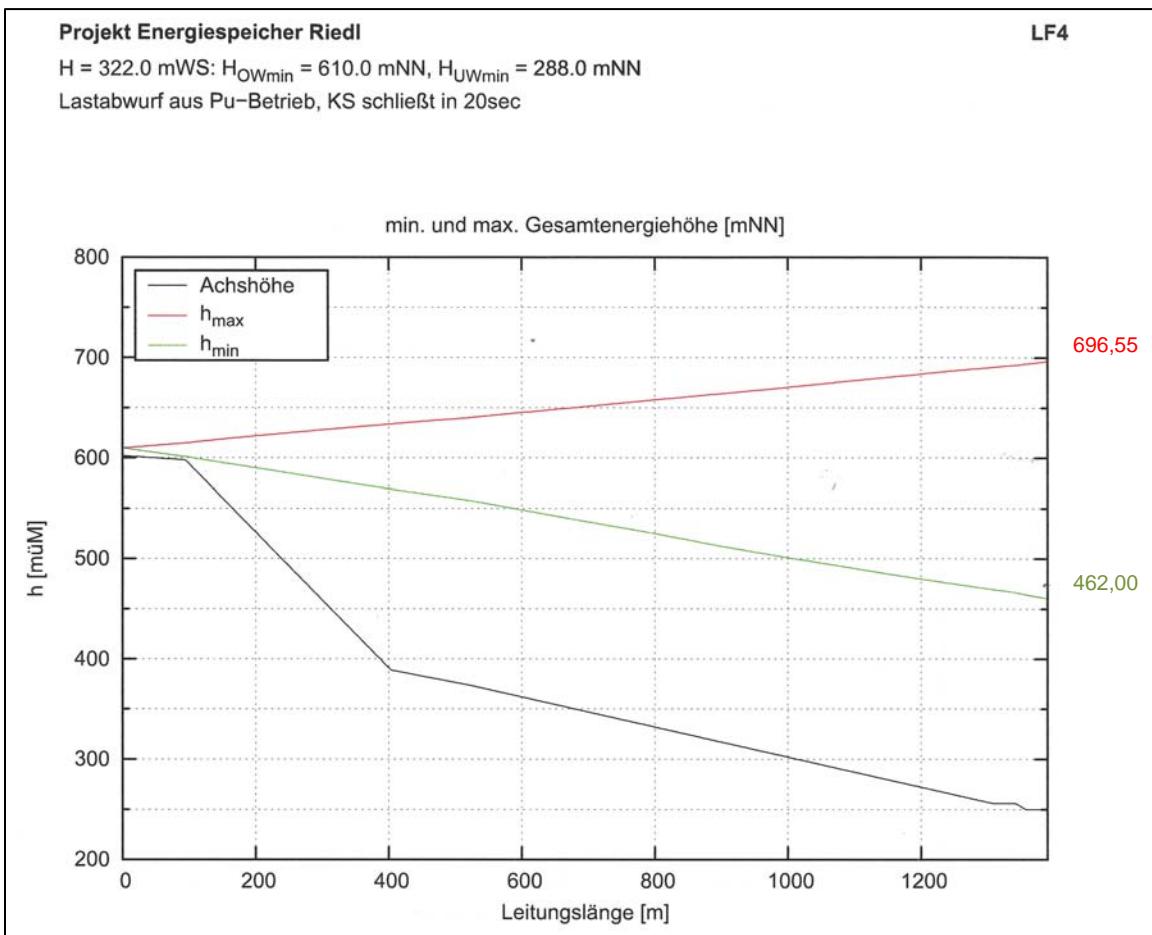


Abbildung 2: max. dyn. Drucklinie hochdruckseitiger Triebwassweg

3.2 Bergwasserdruck

Die Höhe des Bergwasserspiegels wurde entsprechend der geologischen Vorerkundung festgelegt: im Bereich des Hochplateaus auf Kote rd. 605,00 m und im Bereich des zur Donau mit rd. 25° abfallenden Geländes rd. 30 ÷ 50 m unter Geländeoberfläche.

Als Umrechnung von Druckhöhen H zu Druckspannungen p kommt folgende Formel zur Anwendung:

$$\square \quad p [\text{N/mm}^2] = H \cdot 9,806 / 1000 \quad 1 [\text{N/mm}^2] = 10 [\text{bar}] \quad H [\text{mWS}]$$

3.3 Injektionsdruck

Sowohl in den Panzerungsstrecken als auch der Ringbetonstrecke ist eine mehrstufige Injektion über radiale Bohrlöcher geplant.

Beim durchgehend gepanzerten hochdruckseitigen Triebwasserweg müssen mit Rücksicht auf das gewählte Auskleidungssystem mit Druckentlastungsventilen die üblichen Regelinjektionen entsprechend modifiziert werden. Während der Injektionsarbeiten sind die Druckentlastungsventile noch nicht versetzt.

- Gebirgsvergütende Injektion über radiale Bohrlöcher mit ca. 4,0 m Länge in den Fels, die noch **vor Einbringen der Panzerung** erfolgt. Bei jedem Bohrloch wird ein Packer mit einem Abstand von ca. 0,5 m vom Ausbruchrand gesetzt. Die Injektion wird mit Drücken bis zu 20 bar ausgeführt.
- Nach Fertigstellung der Hinterbetonierung der Panzerung erfolgt die Firstkontaktinjektion (nur in der Flachstrecke) mittels in der Firste verlegter Injektions- und Entlüftungsleitungen. Das Verpressen erfolgt abschnittsweise mit Drücken bis max. 3 bar.
- Abschnittsweise Verpressen der Längsdrainagen mit Drücken bis 6 bar.
- Die ansonsten übliche Injektion in den Spalt Panzerung – Beton entfällt, da ein wassergängiger Spalt für die Wirksamkeit der Drucksentlastungsventile bei einer Entleerung des Triebwasserweges erwünscht ist.
- Spaltinjektion Beton – Ausbruchrand über radiale Bohrlöcher, die durch die Injektionsanschlüsse mit 0,5 m Länge in den Fels gebohrt werden. Bei jedem Bohrloch wird ein Packer im Beton gesetzt. Die Injektion wird mit abgestuften Drücken bis 6 bar ausgeführt.

In der Ringbetonstrecke des Niederdruckstollens werden folgende Regelinjektionsarbeiten zur Vergütung des Gebirges und zur Kraftübertragung zwischen Auskleidung und Gebirgstragring durchgeführt:

- Firstkontaktinjektion zur Auffüllung des Absetzspaltes über 0,50 m tiefe (im Fels) Bohrlöcher im Abstand von 3,00 m. Das Verpressen erfolgt abschnittsweise mit Drücken zwischen 3 und 6 bar.
- Gebirgsvergütende Injektion über radiale Bohrlöcher, die mit 5 ÷ 7 m Länge (im Fels) ausgeführt werden. Bei jedem Bohrloch erfolgt durch das Setzen eines Packers im Beton, zusätzlich zur Gebirgsinjektion, auch das Verpressen des Spaltes Beton – Ausbruchsrand / Vortriebssicherung. Die Injektion wird mit Drücken bis zu 15 bar ausgeführt.
- Vorspanninjektionen, um die Betonschale nach Abklingen des Schwindens vorzuspannen und auch bei größerem Innendruck im riss-freien Zustand zu halten. Bei jedem Bohrloch erfolgt durch das Setzen eines Packers im Beton das Verpressen des Spaltes Beton – Ausbruchsrand / Vortriebssicherung. Die Injektion wird mit Drücken bis zu 30 bar ausgeführt.



4 Bemessung

4.1 Bemessung auf Innendruck

Sowohl bei der Ringbetonstrecke wie auch bei der Panzerungsstrecke wird bei der Bemessung auf Innendruck eine Gebirgsmitwirkung angesetzt. Dabei wird bis zum 2-fachen Überlagerungsdruck ein linearer Spannungs-/Dehnungsverlauf des umgebenden Gebirges angenommen, entsprechend den Auswertungen der geologischen Vorerkundung:

- Verformungsmodul V_F^* (bis 2-facher Überlagerungsdruck)
10.000 bzw. 15.000 N/mm²
- Reduzierter Verformungsmodul $V_F^*_{red} = 0,2 \cdot V_F^*$
2.000 bzw. 3.000 N/mm²

Weiters gelten folgende Berechnungsgrundlagen:

- Überlagerungsdruck $p_{ü} = \gamma \cdot H_{ü} \cdot \cos^2 \alpha$
- Maximaler Hangwinkel $\alpha \sim 30^\circ$
- Gesteinsrohdichte $\gamma = 25 \text{ kN/m}^3$

Die volle Gebirgsmitwirkung mit einem Verformungsmodul V_F^* ist nach der Theorie der gelochten Scheibe (Spannungserhöhung am Lochrand) mit einem Wert von $2 \cdot p_{ü} = 2 \cdot \gamma \cdot H_{ü} \cdot \cos^2 \alpha$ begrenzt.

Unter Berücksichtigung der Rissüberbrückung ergibt sich durch die kritische Rissweite $s_{kr} = t_R$ eine Grenzdehnung für die Panzerung von $\epsilon_{gr} = t_R / (2 \cdot r_a)$, welche nicht überschritten werden darf. Als maßgebender Radius wird der Außenradius R_a herangezogen. Die zu vergleichende, vorhandene Stahldehnung beträgt $\epsilon_{vorh} = \sigma_s / E_{st}$. Dieser Nachweis kann alternativ auch über die äquivalente Spaltweite u geführt werden. Dann muss gelten:

- $2 \cdot u = 2 \cdot \epsilon_{vorh} \cdot R_a < t_R / 2$

Stahlpanzerung:

Bei der stahlgepanzerten Strecke wird die zulässige Spannung σ_{zul} des verwendeten Stahls für die Innendruckbemessung unter Berücksichtigung des Abminderungsfaktors k aus der Mindest-Fließspannung σ_{FL} berechnet:

- Zulässige Spannung $\sigma_{zul} = k \cdot \sigma_{FL}$

Die Bemessung auf Innendruck erfolgt als Verbundbauwerk mit unter Berücksichtigung der Gebirgsmitwirkung [nach SEEGER]. Auf Grund der umfangreichen durchgeführten geologischen Vorerkundungen ist eine Risikobetrachtung als selbsttragende Rohrleitung unter der Annahme eines völligen Versagens der Gebirgsmitwirkung und mit reduzierter Sicherheit nicht erforderlich.



In der nachstehenden Tabelle sind die für die Bemessung anzuwendenden Abminderungsfaktoren bzw. Sicherheiten dargestellt:

Abminderungsbeiwert "k" Sicherheit $s = 1 / k$	Normaler Betriebslastfall				Ausnahmelastfall	
	selbsttragend		Verbundbauwerk		selbsttragend	
	k	s	k	s	k	s
Druckrohrltg. - gerade Abschnitte	0,55	1,82	0,60	1,67	0,90	1,11
Druckrohrltg. - Krümmer, Formstücke	0,9 x 0,55	2,02	0,9 x 0,60	1,85	0,9 x 0,90	1,23
Druckstollen - Auskleidung	-	-	0,60	1,67	-	-
Verteilrohrltg. - gerade Abschnitte	0,50	2,00	-	-	0,90	1,11
Verteilrohrltg. - Krümmer, Formstücke	0,9 x 0,50	2,22	-	-	0,9 x 0,90	1,23

Tabelle 4: Abminderungsfaktoren

Ringbetonstrecke:

Beim Ringbeton entstehen durch den Innendruck radial wirkende Zugspannungen, die zu Rissen führen können. Durch die Bettung der Ringbetonschale im umgebenden Gebirgstragring (Gebirgsmitwirkung) und durch die Vorspannинjektion mit dem erforderlichen Injektionsdruck kann bei ausreichender Überlagerung erreicht werden, dass im Beton nur Druckspannungen vorherrschen.

Bei den gegebenen Gebirgsverhältnissen wäre beim Niederdruckstollen ein Injektionsdruck von 1,9 N/mm² (rd. 19 bar) erforderlich, um einen riss-freien Beton zu gewährleisten. Die geringe Überlagerung im Bereich des Vorhafens erlaubt allerdings nur einen Injektionsdruck von 0,95 N/mm² bei Stat. 0+172,48 m bzw. 0,72 N/mm² bei Stat. 0+152,00 m.

Um einen riss-freien Ringbeton zu gewährleisten, ist daher zusätzlich eine Bewehrung erforderlich.

4.2 Bemessung auf Bergwasserdruck

Stahlpanzerung:

Für den Lastfall Bergwasserdruck ist für die Panzerrohre der Nachweis der Beulsicherheit wegen der Anordnung der Druckentlastungsventile nicht erforderlich.

Ringbetonstrecken:

Für die Bemessung der Ringbetonstrecke ist der Bergwasserdruck als Grundkombination zu behandeln, der Teilsicherheitsbeiwert für den Widerstand ist somit $S_R=1,50$. Weiter ist der Bergwasserdruck eine ständige wirkende Belastung ($S_G=1,35$). Da der Bergwasserdruck eine gewisse Prognose-Unsicherheit ausweist und bei schneller (Not-) Entleerung voll zur Wirkung kommen kann, erfolgt die Bemessung mit der erhöhten 1,5-fachen Sicherheit.

Innendurchmesser

$R_i = 2,40 \text{ m}$

Außendurchmesser der Innenschale

$R_a = 2,90 \text{ m}$

Planmäßige Stärke der Innenschale

$d = 0,50 \text{ m}$

Beim Niederdruckstollen ist der Bergwasserdruck auf Höhe des maximalen Betriebswasserspiegels im Vorhafen anzunehmen, und beträgt somit rd. 5,3 bar. Die aus dem Lastfall Bergwasserdruck resultierende Mindestwandstärke bei der gewählten Betonqualität C30/37 ist lediglich 0,10 m.



4.3 Bemessung auf Injektionsdruck

Stahlpanzerung:

Für den Lastfall Injektionsdruck ist für die Panzerrohre die Beulsicherheit nachzuweisen, wobei diese im angeführten Parameterbereich für glatte Rohre nach Montél ermittelt werden kann:

- $\sigma_F \leq 350 \text{ N/mm}^2$ und $R_i / t_R \leq 170$ (bei $= 2150 \text{ mm} \Rightarrow t_R > 13 \text{ mm}$)
- $350 < \sigma_F \leq 500 \text{ N/mm}^2$ und $R_i / t_R \leq 70$ (bei $= 2150 \text{ mm} \Rightarrow t_R > 31 \text{ mm}$)

Im übrigen Parameterbereich ist der Nachweis nach Jacobsen oder Amstutz zu führen.

Im Schrägschacht und im Schrägstollens erfolgt die Bemessung daher nach Amstutz, weil bei den verwendeten Stählen $\sigma_F > 350 \text{ N/mm}^2$ ist und $t_R \leq 31 \text{ mm}$.

Folgende Bedingungen sind einzuhalten:

- Geforderte Sicherheit gegen Einbeulen 1,5
- Vorhandene Sicherheit gegen Einbeulen p_{krit} / p_a
- Rechnerische Rohrwandstärke $t_R = t - c_u$
- Kritischer Außendruck $p_{krit} = 5 \cdot \sigma_{FL} / (K^{1,5}(1+1,2 \cdot (u_{50}+2 \cdot j) / t_R))$
mit $K = R_i / t_R$
- Max. Unrundheit 50° Schablone $u_{50} = 0,005 \text{ m}$

Die anzusetzende max. Unrundheit (50° Schablone) ist gemäß der Ausführungsgarantie des Herstellers anzupassen.

Für den Lastfall Injektionsdruck ist folgender minimaler Radialspalt zu berücksichtigen:

- Spaltverhältnis $j / R_i = 0,001$

Ringbetonstrecken:

Für die Bemessung der Ringbetonstrecke des Niederdruckstollens ist der Injektionsdruck als außergewöhnliche Belastung einzustufen, der Teilsicherheitsbeiwert für den Widerstand beträgt $S_R=1,30$. Weiter ist der Injektionsdruck eine veränderliche und für die Betonschale günstig wirkende Belastung ($S_Q=1,00$).

Innendurchmesser $R_i = 2,40 \text{ m}$

Außendurchmesser der Innenschale $R_a = 2,90 \text{ m}$

Planmäßige Stärke der Innenschale $d = 0,50 \text{ m}$



5 Zusammenfassung der Ergebnisse

5.1 Ringbetonstrecke

Für die Ringbetonstrecke der niederdruckseitigen Triebwasserführung wurden 2 Querschnitte betrachtet: bei Stat. 0+152,00 m (unter dem Vorhafen) und 0+172,48 m.

Bei Betrachtung der berechneten Querschnitte zeigt, dass der gesamte Niederdruckstollen mit einer bewehrten Betonauskleidung ausgeführt werden muss, da die vorhandene Überlagerung keine Vorspanninjektion in ausreichender Höhe für einen riss-freien Beton erlaubt.

Die Ergebnisse sind in der Anlage im Detail grafisch und tabellarisch dargestellt.

5.2 Stahlpanzerung

Im Schrägschacht und beinahe auf die gesamte Länge des Schrägstollens ist für die Stahlpanzerung lediglich die Mindestwandstärke von 13 mm erforderlich. Je nach vorhandener Überlagerung und Verformungsmodul des Gebirges ist die aktivierbare Gebirgstragwirkung unterschiedlich groß. Deshalb wurde die Stahlqualität von S 355 MC bei ausreichend hoher Überlagerung auf S 460 MC, S 550 MC und S 700 MC bei geringerer Überdeckung abgestuft.

Erst ab Stat. 0+1270,00 m bis zum Hosenrohr der hochdruckseitigen Verteilrohrleitung wird durch die geringe Überlagerung von nur mehr rd. 50 m der Innendruck für die Bemessung der Stahlpanzerung maßgeblich. Die Blechstärken erhöhen sich bei Stahlqualität S 700 MC bis auf 18 mm.

Es ergibt sich ein Gesamtgewicht für die Stahlpanzerung von Schrägschacht und Schrägstollen von rd. 1.712 to.

Für die nachgewiesenen Blechstärken, - vorwiegend Mindestwandstärke 13 mm -, wurde der kritische Injektionsdruck für den Spalt Panzerung - Beton ermittelt. Der zulässige Injektionsdruck liegt zwischen 1,8 bar bei Stahlqualität S 355 MC und 2,3 bar bei Stahlqualität S 700 MC. Bei der Bohrlochinjektion in den Spalt Beton - Ausbruchrand, - bei gesetztem Packer im Beton -, muss daher der Injektionsdruck mit ausreichender Sicherheit so gewählt werden, dass sich über mögliche feine Risse in der Betonschale kein zu hoher Druck in den Spalt Panzerung - Beton durchspricht.

Die Ergebnisse sind in der Anlage im Detail grafisch und tabellarisch dargestellt.



CONCRETE LINING DESIGN (Seeber Theory)

PROJECT: ES Riedl: Niederdruckstollen - Ringbetonauskleidung (Stat. 0 + 172,48 m)

INPUT PARAMETERS:

Geometry:

External tunnel radius:	2,90 [m]
Lining thickness:	0,50 [m]
Internal tunnel radius:	2,40 [m]
Overburden:	54,00 [m]
Groundwater height:	48,00 [m]

Rock mass:

Elasticity modulus:	15000 [N/mm ²]
Poisson's ratio:	0,20 [-]
Unit weight:	25,00 [kN/m ³]
Horizontal stress ratio:	0,70 [-]
Deformation modulus(Lame)	12500 [N/mm ²]

Concrete lining:

Concrete quality	C30/37
Elasticity modulus:	30000 [N/mm ²]
Poisson's ratio:	0,20 [-]
Thermal coefficient	1,20E-05 [1/°C]
Strength:	27,80 [N/mm ²]
Max. allowed strain:	6,76E-04 [-]

Internal water pressure:

Internal water pressure:	0,70 [N/mm ²]
--------------------------	---------------------------

Reduction and safety factors:

Concrete strength reduction	0,73 [-]
Concrete strain reduction	0,73 [-]
Safety factor internal press.	1,50 [-]
Safety factor groundwater	1,35 [-]

Pressure loss:

on pump	0 %
Creep and shrinkage	30 %
Temperature	15 °C

CALCULATION:

Primary stresses in rock mass:

Vertical	$\sigma_v =$	1,35 [N/mm ²]
Horizontal	$\sigma_h =$	0,95 [N/mm ²]

Loading case - Empty tunnel

Groundwater pressure	$p_{gw} =$	0,47 [N/mm ²]
Concrete strain	$\varepsilon_b^{out} =$	-8,08E-05 [-]

$\varepsilon_b^{in} =$	-9,96E-05 [-]
Minimal thickness	$t_{min} =$ 0,09 [m]

Loading case - Injection

Pressure on pump	$p_{pump} =$	1,90 [N/mm ²]
Max. allow. pressure on lining	$p_{max} =$	0,95 [N/mm ²]

Injection pressure on lining	$p_{inj} =$	1,90 [N/mm ²]
Minimal thickness	$t_{min} =$	0,29 [m]

Concrete strain	$\varepsilon_b^{out} =$	-3,26E-04 [-]
$\varepsilon_b^{in} =$	-3,89E-04 [-]	

Loading case - Operation

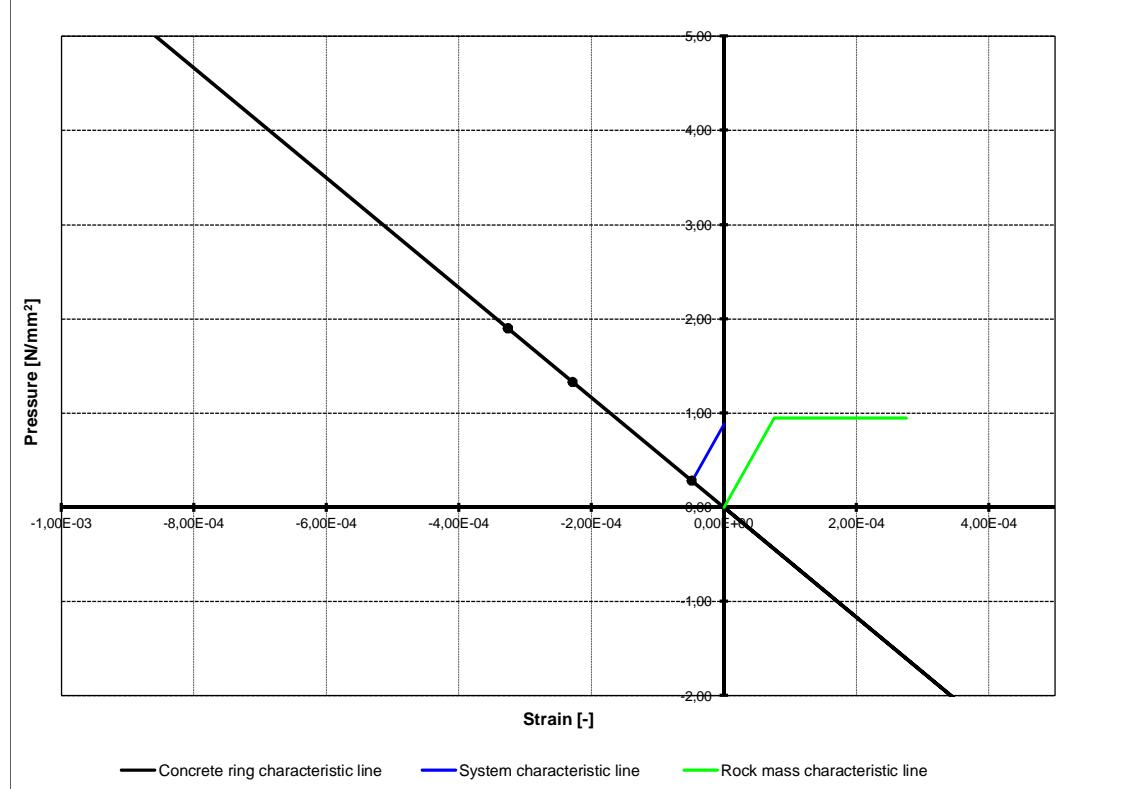
Inj. pressure loos (creep)	$\Delta p_c =$	-0,57 [N/mm ²]
Inj pressure loos (temp.)	$\Delta p_t =$	-1,05 [N/mm ²]
Remaind inj. pressure	$p_{rem} =$	0,28 [N/mm ²]
Remaind concrete strain	$\varepsilon_b^{in,r} =$	-4,82E-05 [-]

Pressure taken by rock	$p_{rock} =$	0,60 [N/mm ²]
Maximal allowed pressure	$p_{tot} =$	0,88 [N/mm ²]

Internal pressure (calcul.)	$p_i^{out} =$	0,87 [N/mm ²]
Concrete strain	$\varepsilon_b^{out} =$	-2,45E-06 [-]

$\varepsilon_b^{in} =$	-3,03E-06 [-]
------------------------	---------------

CONCRETE LINING DESIGN



CONCRETE LINING DESIGN (Seeber Theory)

PROJECT: ES Riedl: Niederdruckstollen - Ringbetonauskleidung (Stat. 0 + 152,00 m)

INPUT PARAMETERS:

Geometry:

External tunnel radius:	2,90 [m]
Lining thickness:	0,50 [m]
Internal tunnel radius:	2,40 [m]
Overburden:	41,00 [m]
Groundwater height:	53,00 [m]

Rock mass:

Elasticity modulus:	15000 [N/mm ²]
Poisson's ratio:	0,20 [-]
Unit weight:	25,00 [kN/m ³]
Horizontal stress ratio:	0,70 [-]
Deformation modulus(Lame)	12500 [N/mm ²]

Concrete lining:

Concrete quality	C30/37
Elasticity modulus:	30000 [N/mm ²]
Poisson's ratio:	0,20 [-]
Thermal coefficient	1,20E-05 [1/°C]
Strength:	27,80 [N/mm ²]
Max. allowed strain:	6,76E-04 [-]

Internal water pressure:

Internal water pressure:	0,68 [N/mm ²]
--------------------------	---------------------------

Reduction and safety factors:

Concrete strength reduction	0,73 [-]
Concrete strain reduction	0,73 [-]
Safety factor internal press.	1,50 [-]
Safety factor groundwater	1,35 [-]

Pressure loss:

on pump	0 %
Creep and shrinkage	30 %
Temperature	15 °C

CALCULATION:

Primary stresses in rock mass:

Vertical	$\sigma_v =$	1,025 [N/mm ²]
Horizontal	$\sigma_h =$	0,72 [N/mm ²]

Loading case - Empty tunnel

Groundwater pressure	$p_{gw} =$	0,52 [N/mm ²]
Concrete strain	$\varepsilon_b^{out} =$	-8,92E-05 [-]

$\varepsilon_b^{in} =$	-1,10E-04 [-]
Minimal thickness	$t_{min} =$ 0,10 [m]

Loading case - Injection

Pressure on pump	$p_{pump} =$	1,90 [N/mm ²]
Max. allow. pressure on lining	$p_{max} =$	0,72 [N/mm ²]

Injection pressure on lining	$p_{inj} =$	1,90 [N/mm ²]
Minimal thickness	$t_{min} =$	0,29 [m]

Concrete strain	$\varepsilon_b^{out} =$	-3,26E-04 [-]
$\varepsilon_b^{in} =$	-3,89E-04 [-]	

Loading case - Operation

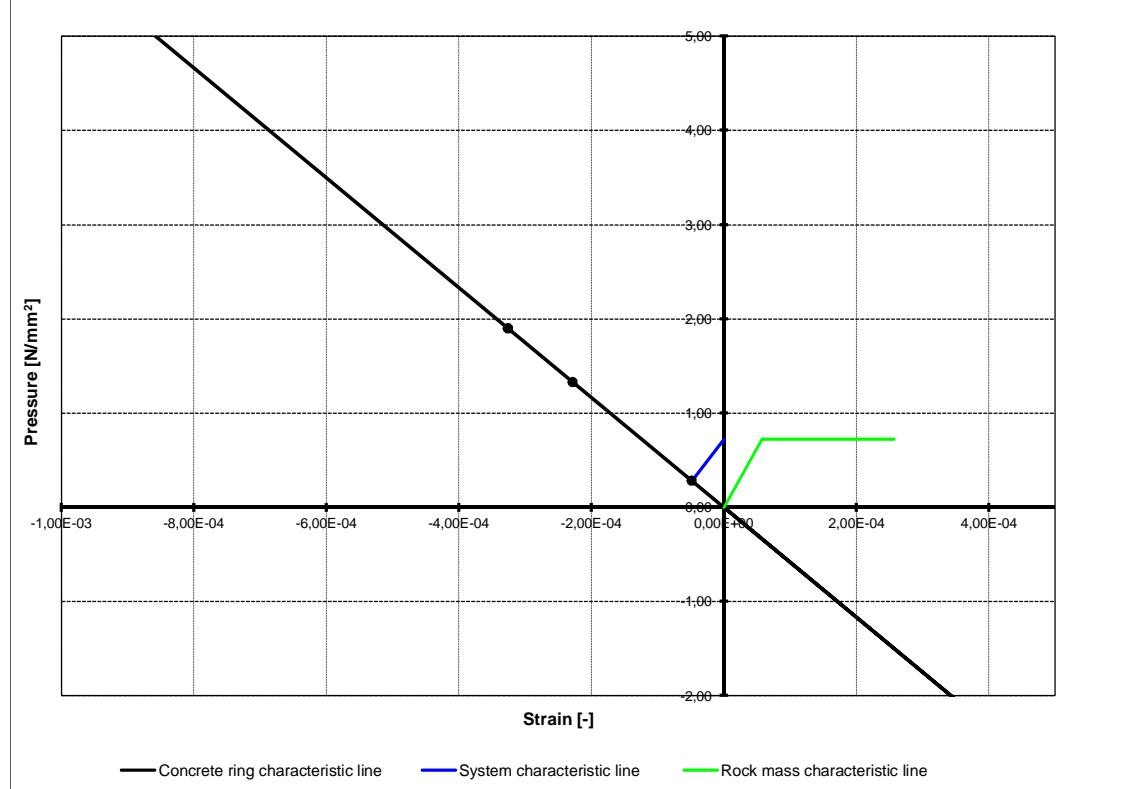
Inj. pressure loos (creep)	$\Delta p_c =$	-0,57 [N/mm ²]
Inj pressure loos (temp.)	$\Delta p_t =$	-1,05 [N/mm ²]
Remaind inj. pressure	$p_{rem} =$	0,28 [N/mm ²]
Remaind concrete strain	$\varepsilon_b^{in,r} =$	-4,82E-05 [-]

Pressure taken by rock	$p_{rock} =$	0,60 [N/mm ²]
Maximal allowed pressure	$p_{tot} =$	0,88 [N/mm ²]

Internal pressure (calcul.)	$p_i^{out} =$	0,84 [N/mm ²]
Concrete strain	$\varepsilon_b^{out} =$	-6,71E-06 [-]

$\varepsilon_b^{in} =$	-8,28E-06 [-]
------------------------	---------------

CONCRETE LINING DESIGN



ES Riedl: OW-Wasserweg - vollständig gepanzert und mit Druckentlastungsventilen

'ROHR'

Auslegung - Ergebnis

E-Modul - Rohr	[N/mm ²]	210.000	Mindestdicke	US BUREC	relativer Spalt	(a0/R)	0,00012
spez. Gewicht - Rohr	[t/m ³]	7,86	Korrosionszuschlag	[mm]	1,5		
Poisson-Zahl - Rohr		3,33					

file: K:\PG 11 Hydropower Plants\04 Projects\101560_ES Riedl\4_Planung\43_Einreichplanung\Projekt 2011 - Einlauf im OW Jochenstein\430_Berichte, Berechnungen\B30003_Triebwasserweg Vorbemessung Auskleidung\Aktualisierung 2013\LF1.ror
letzte Änderung: 03.04.2013 09:05:29

Punkt Nr.		1	2	3	4	5	6	7	8
Anmerkung									
Station (schräge Länge)	[m]	Ende Konus SK	BA Schrägschacht	BE Schrägstollen	BE Schrägstollen				
horizontale Distanz	[m]	87,50	102,30	108,58	409,55	438,76	940,00	970,00	1.000,00
Höhe	[m]	87,50	102,22	107,98	331,64	358,14	853,83	883,50	913,17
Durchmesser	[mm]	592,46	590,91	588,40	387,01	374,72	300,36	295,91	291,46
Mindestdicke	[mm]	4.300	4.300	4.300	4.300	4.300	4.300	4.300	4.300
Wanddicke	[mm]	13	13	13	13	13	13	13	13
maßgebend									
Material									
sigma									
INNENDRUCK	[N/mm ²]								
Formel									
Sicherheit									
relativer Spalt (a0/R)									
Poisson-Zahl - Gebirge									
E-Modul - Gebirge	[N/mm ²]	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012
Überlagerung									
Stahlanteil									
Felsanteil									
Innendruck									
Innendruck-Kote									
s-Innendruck									
Gewicht / m	[t/m]								
Länge	[m]								
Gewicht	[t]								
Summe-Gewicht	[t]								
		1,38	1,38	1,38	1,38	1,38	1,38	1,38	1,38
			14,80	6,28	300,97	29,21	501,24	30,00	30,00
			20,5	8,7	416,5	40,4	693,6	41,5	41,5
			20	29	446	486	1.180	1.221	1.263



Lastfall 1: Bemessung auf Innendruck mit Gebirgsmitwirkung

Pöry Energy GmbH
Steyr

Ausdruck 02.05.2013

ES Riedl: OW-Wasserweg - vollständig gepanzert und mit Druckentlastungsventilen

'ROHR'

Auslegung - Ergebnis

E-Modul - Rohr [N/mm²] 210.000
 spez. Gewicht - Rohr [t/m³] 7,86
 Poisson-Zahl - Rohr 3,33
 Mindestdicke Korrosionszuschlag [mm] 1,5
 US BUREC [mm]

file: K:\PG 11 Hydropower Plants\04 Projects\101560_ES Riedl\4_Planung\43_Einreichplanung\Projekt 2011 - Einlauf im OW Jochenstein\430_Berichte, Berechnungen\B30003_Triebwasserweg Vorbemessung Auskleidung\Aktualisierung 2013\LF1.ror
 letzte Änderung: 03.04.2013 09:05:29

Punkt Nr.		9	10	11	12	13	14	15	16
Anmerkung									
Station (schräge Länge)	[m]	1.030,00	1.060,00	1.090,00	1.120,00	1.150,00	1.180,00	1.210,00	1.240,00
horizontale Distanz	[m]	942,84	972,50	1.002,17	1.031,84	1.061,51	1.091,18	1.120,84	1.150,51
Höhe	[m]	287,02	282,56	278,11	273,66	269,21	264,76	260,31	255,86
Durchmesser	[mm]	4.300	4.300	4.300	4.300	4.300	4.300	4.300	4.300
Mindestdicke	[mm]	13	13	13	13	13	13	13	13
Wanddicke	[mm]	13	13	13	13	13	13	13	13
maßgebend									
Material									
sigma									
INNENDRUCK	[N/mm ²]								
Formel									
Sicherheit									
relativer Spalt (a0/R)									
Poisson-Zahl - Gebirge									
E-Modul - Gebirge									
Überlagerung									
Stahlanteil									
Felsanteil									
Innendruck									
Innendruck-Kote									
s-Innendruck									
Gewicht / m	[t/m]								
Länge	[m]								
Gewicht	[t]								
Summe-Gewicht	[t]	1,38	1,38	1,38	1,38	1,38	1,38	1,38	1,38
		30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00
		41,5	41,5	41,5	41,5	41,5	41,5	41,5	41,5
		1.304	1.346	1.387	1.429	1.470	1.512	1.553	1.595



Lastfall 1: Bemessung auf Innendruck mit Gebirgsmitwirkung

Pöry Energy GmbH
 Steyrer

Ausdruck 02.05.2013

ES Riedl: OW-Wasserweg - vollständig gepanzert und mit Druckentlastungsventilen

'ROHR'

Auslegung - Ergebnis

E-Modul - Rohr	[N/mm ²]	210.000	Mindestdicke	US BUREC	relativer Spalt	(a0/R)	0,00012
spez. Gewicht - Rohr	[t/m ³]	7,86	Korrosionszuschlag	[mm]	1,5		
Poisson-Zahl - Rohr		3,33					

file: K:\PG 11 Hydropower Plants\04 Projects\101560_ES Riedl\4_Planung\43_Einreichplanung\Projekt 2011 - Einlauf im OW Jochenstein\430_Berichte, Berechnungen\B30003_Triebwasserweg Vorbemessung Auskleidung\Aktualisierung 2013\LF1.ror
letzte Änderung: 03.04.2013 09:05:29

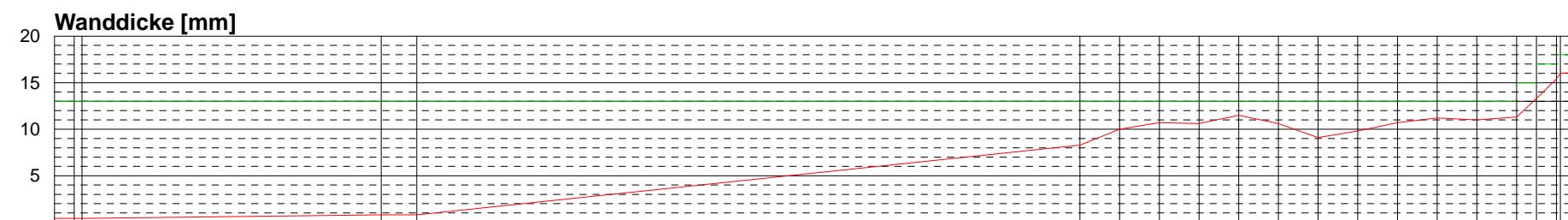
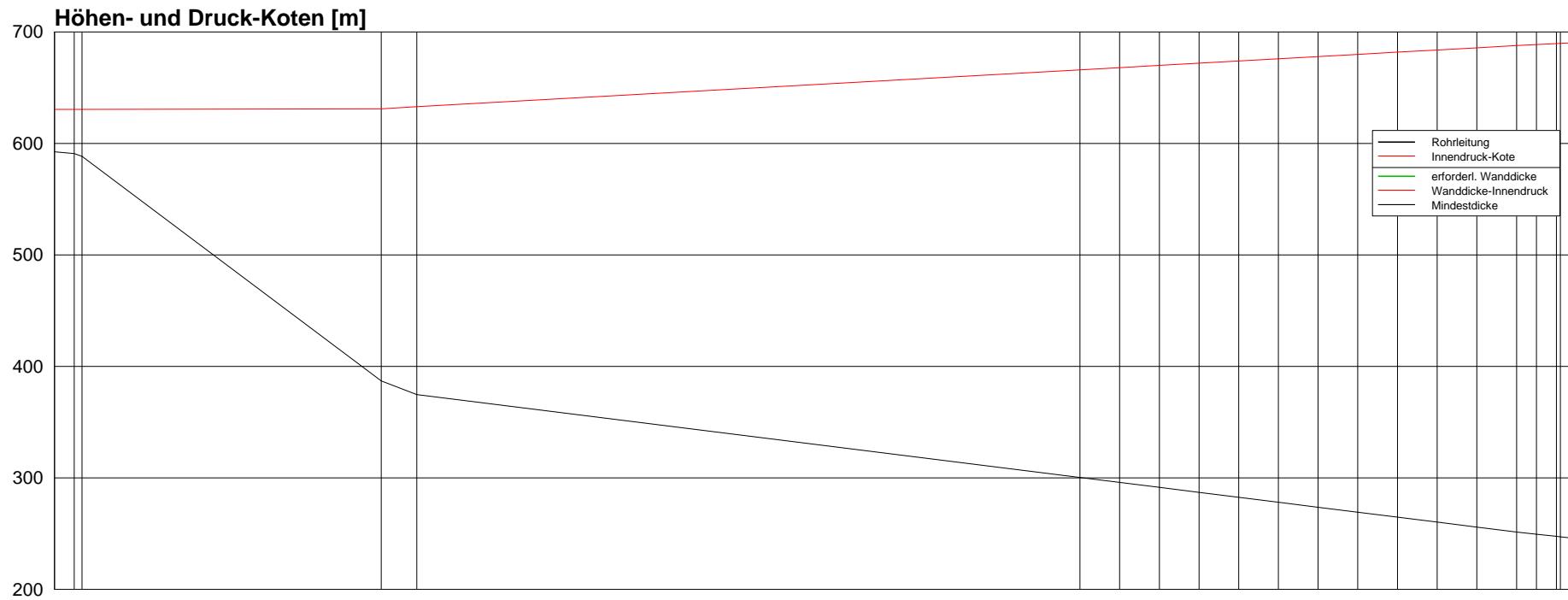
Punkt Nr.		17	18	19	20	21	
Anmerkung							
Station (schräge Länge)	[m]	1.270,00	1.285,00	1.300,00	1.303,00	1.312,60	
horizontale Distanz	[m]	1.180,18	1.195,05	1.209,93	1.212,91	1.222,43	
Höhe	[m]	251,41	249,48	247,56	247,18	245,95	
Durchmesser	[mm]	4.300	4.300	4.300	4.300	4.300	
Mindestdicke	[mm]	13	13	13	13	13	
Wanddicke	[mm]	13	15	17	18	18	
maßgebend							
Material							
sigma							
INNENDRUCK							
Formel							
Sicherheit							
relativer Spalt (a0/R)							
Poisson-Zahl - Gebirge							
E-Modul - Gebirge							
Überlagerung							
Stahlanteil							
Felsanteil							
Innendruck							
Innendruck-Kote							
s-Innendruck							
Gewicht / m	[t/m]	1,38	1,60	1,81	1,92	1,92	
Länge	[m]	30,00	15,00	15,00	3,00	9,60	
Gewicht	[t]	41,5	24,0	27,2	5,8	18,4	
Summe-Gewicht	[t]	1.636	1.660	1.687	1.693	1.712	



Lastfall 1: Bemessung auf Innendruck mit Gebirgsmitwirkung

Pöry Energy GmbH
Steyrer
Ausdruck 02.05.2013

Auslegung



Punkt Nr.	1	2, 3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17, 18, 19, 20, 21
hor. Distanz [m]	88	188	288	388	488	588	688	788	888	988	1088	1188	1222			



Lastfall 1: Bemessung auf Innendruck mit Gebirgsmitwirkung

Pöry Energy GmbH
Steyrer
Ausdruck 02.05.2013

ES Riedl: OW-Wasserweg - vollständig gepanzert und mit Druckentlastungsventilen

'ROHR'

Nachrechnung - Ergebnis

E-Modul - Rohr [N/mm²] 210.000
 spez. Gewicht - Rohr [t/m³] 7,86
 Poisson-Zahl - Rohr 3,33

Korrosionszuschlag [mm] 0,5

relativer Spalt (a0/R) 0,001

file: K:\PG 11 Hydropower Plants\04 Projects\101560_ES Riedl\4_Planung\43_Einreichplanung\Projekt 2011 - Einlauf im OW Jochenstein\430_Berichte, Berechnungen\B30003_Triebwasserweg Vorbemessung Auskleidung\Aktualisierung 2013\LF2.ror
 letzte Änderung: 03.04.2013 08:47:32

Punkt Nr.		1	2	3	4	5	6	7	8
Anmerkung									
Station (schräge Länge)	[m]	Ende Konus SK 87,50	BA Schrägschacht 102,30	BE Schrägschacht 108,58	BA Schrägstollen 409,55	BE Schrägstollen 438,76	940,00	970,00	1.000,00
horizontale Distanz	[m]	87,50	102,22	107,98	331,64	358,14	853,83	883,50	913,17
Höhe	[m]	592,46	590,91	588,40	387,01	374,72	300,36	295,91	291,46
Durchmesser	[mm]	4.300	4.300	4.300	4.300	4.300	4.300	4.300	4.300
Wanddicke	[mm]	13	13	13	13	13	13	13	13
Material									
sigma	[N/mm ²]	S 355 MC 355	S 355 MC 355	S 355 MC 355	S 355 MC 355	S 355 MC 355	S 355 MC 355	S 460 MC 460	S 550 MC 550
AUSSENDRUCK									
Formel									
Beulsicherheit									
Außendruck	[bar]	Amstutz 1,50	Amstutz 1,50	Amstutz 1,50	Amstutz 1,50	Amstutz 1,50	Amstutz 1,50	Amstutz 1,50	Amstutz 1,50
Außendruck-Kote	[mWSS]	1,81	1,80	1,80	1,80	1,80	1,81	2,00	2,14
Gewicht / m	[t/m]	610,90	609,30	606,80	405,40	393,10	318,80	316,30	313,30
Länge	[m]	1,38	1,38	1,38	1,38	1,38	1,38	1,38	1,38
Gewicht	[t]		14,80	6,28	300,97	29,21	501,24	30,00	30,00
Summe-Gewicht	[t]	20,5	8,7	416,5	40,4	693,6	41,5	41,5	41,5
		20	29	446	486	1.180	1.221		1.263



Lastfall 2: Nachweis kritischer Injektionsdruck (s = 1,5)

Pöry Energy GmbH
 Steyrer
 Ausdruck 03.04.2013

ES Riedl: OW-Wasserweg - vollständig gepanzert und mit Druckentlastungsventilen

'ROHR'

Nachrechnung - Ergebnis

E-Modul - Rohr [N/mm²] 210.000
 spez. Gewicht - Rohr [t/m³] 7,86
 Poisson-Zahl - Rohr 3,33

Korrosionszuschlag [mm] 0,5

relativer Spalt (a0/R) 0,001

file: K:\PG 11 Hydropower Plants\04 Projects\101560_ES Riedl\4_Planung\43_Einreichplanung\Projekt 2011 - Einlauf im OW Jochenstein\430_Berichte, Berechnungen\B30003_Triebwasserweg Vorbemessung Auskleidung\Aktualisierung 2013\LF2.ror
 letzte Änderung: 03.04.2013 08:47:32

Punkt Nr.		9	10	11	12	13	14	15	16
Anmerkung									
Station (schräge Länge)	[m]	1.030,00	1.060,00	1.090,00	1.120,00	1.150,00	1.180,00	1.210,00	1.240,00
horizontale Distanz	[m]	942,84	972,50	1.002,17	1.031,84	1.061,51	1.091,18	1.120,84	1.150,51
Höhe	[m]	287,02	282,56	278,11	273,66	269,21	264,76	260,31	255,86
Durchmesser	[mm]	4.300	4.300	4.300	4.300	4.300	4.300	4.300	4.300
Wanddicke	[mm]	13	13	13	13	13	13	13	13
Material									
sigma	[N/mm ²]	S 700 MC	S 550 MC	S 460 MC	S 355 MC	S 355 MC	S 550 MC	S 550 MC	S 700 MC
AUSSENDRUCK		700	550	460	355	355	550	550	700
Formel									
Beulsicherheit		Amstutz							
Außendruck	[bar]	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
Außendruck-Kote	[mWSS]	2,27	2,14	2,00	1,81	1,80	2,14	2,14	2,27
Gewicht / m	[t/m]	310,20	304,40	298,50	292,10	287,60	286,60	282,10	279,00
Länge	[m]	1,38	1,38	1,38	1,38	1,38	1,38	1,38	1,38
Gewicht	[t]	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00
Summe-Gewicht	[t]	41,5	41,5	41,5	41,5	41,5	41,5	41,5	41,5
		1.304	1.346	1.387	1.429	1.470	1.512	1.553	1.595



Lastfall 2: Nachweis kritischer Injektionsdruck (s = 1,5)

Pöry Energy GmbH
 Steyrer
 Ausdruck 03.04.2013

ES Riedl: OW-Wasserweg - vollständig gepanzert und mit Druckentlastungsventilen

'ROHR'

Nachrechnung - Ergebnis

E-Modul - Rohr	[N/mm ²]	210.000	Korrosionszuschlag	[mm]	0,5	relativer Spalt	(a0/R)	0,001
spez. Gewicht - Rohr	[t/m ³]	7,86						
Poisson-Zahl - Rohr		3,33						

file: K:\PG 11 Hydropower Plants\04 Projects\101560_ES Riedl\4_Planung\43_Einreichplanung\Projekt 2011 - Einlauf im OW Jochenstein\430_Berichte, Berechnungen\B30003_Triebwasserweg Vorbemessung Auskleidung\Aktualisierung 2013\LF2.ror
letzte Änderung: 03.04.2013 08:47:32

Punkt Nr.		17	18	19	20	21	
Anmerkung							
Station (schräge Länge)	[m]	1.270,00	1.285,00	1.300,00	1.303,00	1.312,60	Hosenrohr
horizontale Distanz	[m]	1.180,18	1.195,05	1.209,93	1.212,91	1.222,43	
Höhe	[m]	251,41	249,48	247,56	247,18	245,95	
Durchmesser	[mm]	4.300	4.300	4.300	4.300	4.300	
Wanddicke	[mm]	13	15	17	18	18	
Material							
sigma							
AUSSENDRUCK							
Formel							
Beulsicherheit							
Außendruck							
Außendruck-Kote	[bar]	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	
	[mWSS]	2,27	3,21	4,27	4,87	4,87	
Gewicht / m							
Länge	[t/m]	274,60	282,20	291,10	296,80	295,60	
Gewicht	[m]						
Summe-Gewicht	[t]	1,38	1,60	1,81	1,92	1,92	
		30,00	15,00	15,00	3,00	9,60	
		41,5	24,0	27,2	5,8	18,4	
		1.636	1.660	1.687	1.693	1.712	

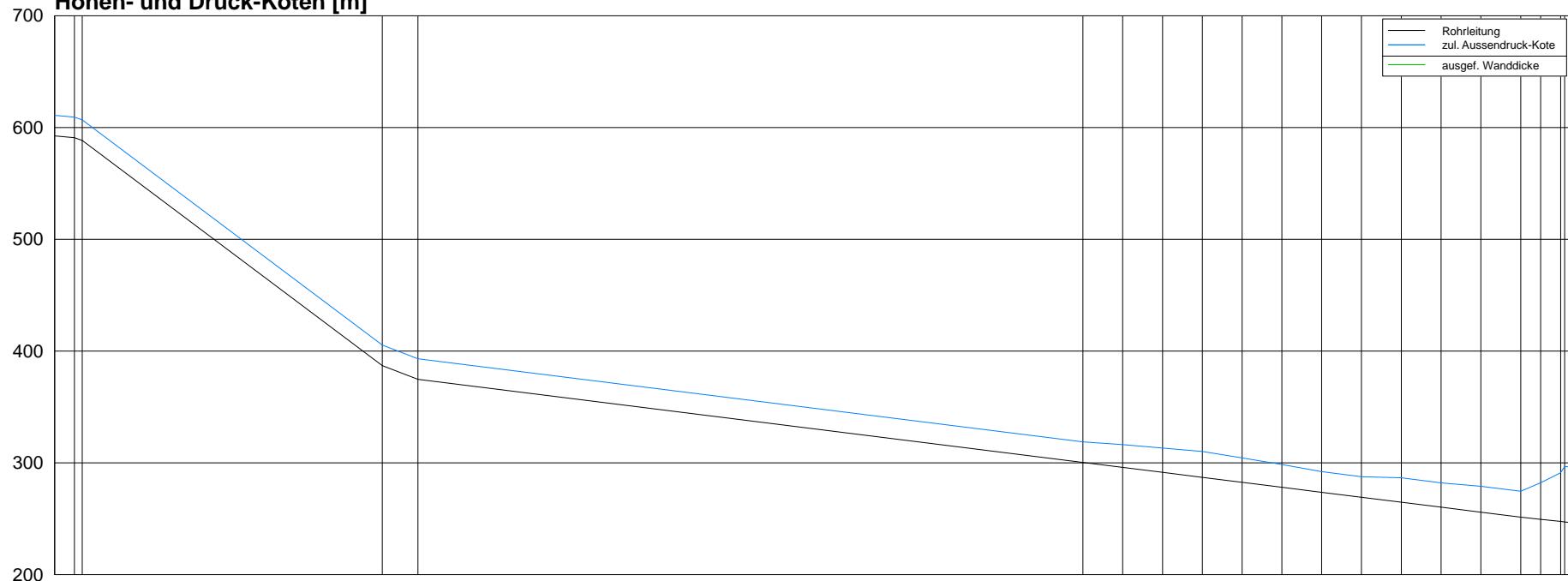


Lastfall 2: Nachweis kritischer Injektionsdruck (s = 1,5)

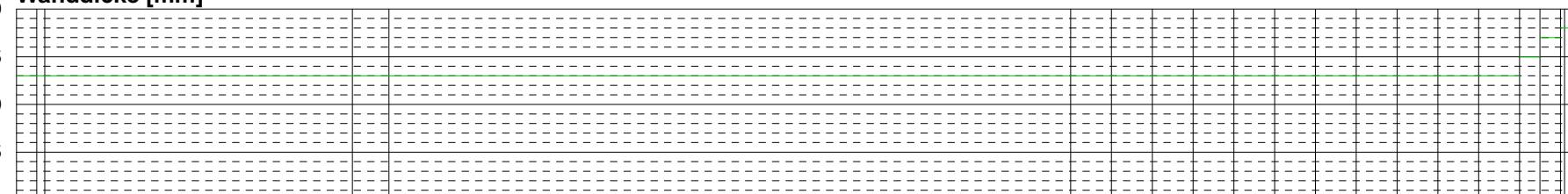
Pöry Energy GmbH
Steyrer
Ausdruck 03.04.2013

Nachrechnung

Höhen- und Druck-Koten [m]



Wanddicke [mm]



Punkt Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
hor. Distanz [m]	88	188	288	388	488	588	688	788	888	988	1088	1188	1222								



Lastfall 2: Nachweis kritischer Injektionsdruck (s = 1,5)

Pöry Energy GmbH
Steyrer
Ausdruck 03.04.2013