

Druckschachtvorbemessung Kaprun Hauptstufe

12.12.99

1 Allgemeines

Bei der Erneuerung de Kraftabstiegs Kaprun Hauptstufe ist für den Schrägschacht und die untere Flachstrecke als Auskleidung eine tragende Stahlpanzerung geplant. Für die Bemessung auf Innendruck wird dabei zur Lastabtragung eine Gebirgsmitwirkung entsprechend der vorliegenden Gebirgsüberlagerung berücksichtigt. Die Gebirgsmitwirkung wird durch entsprechende Betonhinterfüllung zwischen Panzerung und Stollenausbruch, sowie Spalt- und Bohrloch-Injektionen sichergestellt. Für die Bemessung der Panzerung auf Außendruck wird der Aufgrund der geologischen Aufschlüsse maximal zu erwartende Bergwasserdruck in Rechnung gestellt.

2 Belastungen

Belastung auf Innendruck:

Als absolute statische Druckhöhe wird der höchste Wasserspiegel im Wasserschloss mit Kote 1700,00 angenommen um auch eine mögliche spätere Stauziel-Erhöhung von derzeit 1672,00 auf 1680,00 zu berücksichtigen. Das Ergebnis der Wasserschlossberechnung ist im Bericht H-Q-9 ersichtlich. Der Druckstoß beim bestehenden Kraftabstieg Kaprun mit $32\text{m}^3/\text{sec}$ Ausbauwassermenge liegt in der Größenordnung von 7% (ca. 60m) der statischen Druckhöhe (890m). Eine Überschlagsberechnung für den Druckstoß einer möglichen späteren Durchflusserhöhung auf $49\text{ m}^3/\text{sec}$ ergibt eine Erhöhung des Druckstoßes auf 9% der statischen Druckhöhe für die statischen Vorbemessungen der Druckschacht-Panzerung wird daher ein Druckstoß von 10% der jeweiligen statischen Druckhöhe berücksichtigt.

Belastung auf Außendruck:

Aufgrund ,der geologischen Aufschlüsse ist der maximal auftretende Bergwasserdruck entsprechend der 1,3-fachen Geländehöhe der jeweiligen Gebirgsüberlagerung anzunehmen.

Für einen Vergleich verschiedener Varianten wird eine Ausführung mit Stahlinnenrohr und eine Ausführung mit Spaltdruckinjektions-Verfahren nach Seeber geplant.

Das Stahlinnenrohr wird nach Seeber auf Innendruck bemessen und zusätzlich eine Beuluntersuchung nach Montel durchgeführt.

Verglichen werden dabei zwei Varianten u.z. eine Ausführung mit Schrägschacht und eine Ausführung mit Lotschacht. Für die Analyse wird eine Stahlstreckgrenze $550 \frac{N}{mm^2}$ im hochbelasteten Teil und $480 \frac{N}{mm^2}$ im gering beanspruchten Teil bei einem Durchmesser von $\varnothing 3000mm$ eingesetzt.

Für die Sicherheit auf Innendruck wird ein Verhältnis $\frac{\sigma_{ST}}{\sigma_{zul}} = 0.60$ – dies entspricht einer Sicherheit von 1.67 – eingesetzt. Für die Sicherheit gegen Beulen wird eine Sicherheit von 1.60 gefordert.

Für die Bemessung des Spaltinjektions-Verfahrens werden die Formeln nach Karsten *“Statik des Tunnel und Stollenbaus”* angewandt. Dabei wird das Kriechen und Schwinden mit der Kriechzahl $\varphi = 0.500$ und dem Verhältnis Gebirges- zu Beton-Kriechen $\kappa = 0.500$ eingesetzt. Die berücksichtigte Temperaturverkürzung wurde mit 15° angenommen und das Schwindmaß mit $5.0 E^{-5}$. Der Vorspanndruck kann bis zur Würfeldruckfestigkeit des Betons $36,0 MPa$ gehen und der Gebirgswasserdruck bis Kote Einlaufkammer.

3 Geologische Beurteilung

Es werden hier einige Überlegungen des Geologen der AHP (Dr. Liegler) zum Elastizitätsmodul und der Seiteandruckziffer festgehalten.

3.1 Zum Elastizitätsmodul

Die bestehende Druckrohrleitung und der geplante Druckschach befindet sich auf einem Kalkglimmerschiefer-Körper, der wie ein Zwetschenkern in den umliegenden Phylliten situiert ist. Dieser “Zwetschenkern” weist in seinem untersten Bereich rd. 500m Mächtigkeit (= Dicke) auf. Der Zugangs-Stollen setzt seitlich des Kalkglimmerschiefer-Körpers an und führt bis zum vertikalen Krümmer nahezu in seine Mitte. Etwa ab der Mitte des Schrägschachts spaltet sich der Kalkglimmerschiefer in zwei sich nach oben hin fortsetzende Kalkglimmerschiefer-Körper auf. Der Schrägschacht wird im nördlichen Kalkglimmerschiefer-Körper ausgeführt. An der Aufgabelungsstrecke weist diese eine Mächtigkeit von rd. 250m auf. Der Schrägschacht ist auch dort nahezu in der Mitte situiert. Bis zum Bereich der Schieberkammer verzüngt sich der Kalkglimmerschiefer-Körper auf rd. 150 m Dicke. Der Endpunkt des Schrägschachts, wo er die Geländeoberfläche wieder erreicht, befindet sich innerhalb des Kalkglimmerschiefer-Körpers rd. 30m von seiner Nordgrenze

entfernt. Diese ist keine scharfe Grenzlinie, sondern der Kalkklimmerschiefer geht allmählich in den Phyllit über, wobei sich der Übergangsbereich über mehrere Zehner-Meter erstreckt.

Die felsmechanischen Kennwerte für das projektierte Pumpspeicherwerk Limberg II wurden in einem vergleichbaren Kalkklimmerschiefer ermittelt. Die E-Modulswerte ergaben sich dort als eher hoch, da der dortige Meßbereich mitten im Hauptkörper des Kalkglimmerschiefers und bei einer hohen seitlichen Überlagerung ermittelt wurden. Für den Kalkglimmerschieferzug in dem der Schrägschacht ausgebrochen werden soll ist der E-Modul eher nicht zu hoch, wie bei Limberg II anzunehmen, da die Überlagerung von Kalkglimmerschiefer zu feinen phyllitischen Lagen immer wieder vorhanden ist. Auch die geringfügigen Verkarstungen, die vor allem nach dem stauenden Schiefer und Phyllit-Lagen erfolgt, die nicht sehr ausgeprägt aber doch vorhanden ist, wird den E-Modul eher herabsetzen. Weiteres ist im Bereich Maiskogel nur eine geringfügige Überlagerung im Vergleich zu Limberg II vorhanden, die die Gebirgsspannung erhöht.

Die beiden Hauptkluftsysteme im Bereich Kaprun verlaufen annähernd NNS-talparallel und quer dazu. Die quer zum Tal verlaufende Klufttrichtung enthält geringfügige Mylonite bis zerscherter Phyllite, die etwa unter einem Winkel von 20° zur Schrägschachtachse verlaufen. Damit können sich sowohl die phyllitischen Einschaltungen als auch die Mylonite über größere Strecken annähernd parallel zum Schrägschacht erstrecken und somit den Elastizitäts-Modul herabmindern.

3.2 Zur Seitendruckziffer

In Mittel verläuft die Hautnormalspannung NNW/SSO und damit quer auf den Schrägschacht. Sie ist im Bereich Kaprun vielleicht nicht in vollem Umfang wie in anderen Gebieten (vergleiche Häusling) vorhanden, da der Kalkklimmerschiefer andererseits beidseitig in den Phylliten eingebettet ist in denen Spannungen abgebaut werden können und andererseits eine geringfügige aber doch vorhandene örtliche Verkarstung parallel zu den Schieferungsflächen gegen ist.

Vor allem die letzte Eiszeit führte zu einem Ausräumen und Abräumen der in Kaprun massiven Talflanken, da diese von den Schichtkörpern gebildet werden. Die Schieferungsrichtung steht 60° bis 70° steil und verläuft nahezu quer zum Tal. Nachsetzungen kamen daher im Raum Kaprun kaum vor bzw. fehlen sie heute nahezu vollständig. Aufgrund dieses Abhobelns und damit Entlastens der Hänge in Verbindung mit den NNW/SSO gerichteten Hauptspannungs-Richtungen, ist die Vertikal-Spannung als eher geringer gegenüber der Horizontal-Spannung einzuschätzen. Weiters ist der Kalkglimmerschiefer mittel- bis grobwellig verfaltet, sodass zusätzlich zu dem winkelligen Verschnitt durch die tektonische Verfaltung eine Verteilung entsteht, die die Seitendruckziffer in den Bereich größer 1 tendieren lässt.

Aus den oben angeführten Überlegungen ist daher ein Gebirgs-Verformungsmodul von etwa 6000 N/mm^2 anzunehmen

4 Allgemeine Berechnungsgrundlagen und Werkstoffbeanspruchung

4.1 Berechnungsannahmen

Die Stahlpanzerung wird auf Innendruck mit Berücksichtigung der Gebirgsmitwirkung bemessen. Zusätzlich wird für den Außendruck ein Beulsicherheitsnachweis nach Montel erbracht.

Für die Vorbemessung wurde die zulässige Spannung σ_{zul} für die Innendruckbemessung wie folgt angenommen:

$\sigma_{zul} = k \cdot \sigma_{Fl}$ mit Abminderungsbeiwert $k=0,60$ für hinterbetonierte Rohrleitung bzw. Panzerung (σ_{Fl} ... *Fließsgrenze*)

Für den Beulnachweis nach Montel wurde eine Sicherheit von 1,50 berücksichtigt.

Zu den aus der Innendruck- und Außendruckberechnung ermittelten Rohrwandungstärken wird zusätzlich ein Rostzuschlag von 1mm hinzugeschlagen

4.2 Werkstoffe

Der Vorbemessung werden je nach erforderlicher Stahlgüte folgende Werkstoffe zugrunde gelegt:

Für den Bereich der Schrägstrecke:

Thermomechanisch umgeformter alterungsbeständiger Feinkornstahl mit besonderer Schweißbeignung:

$$\begin{cases} \text{Streckgrenze } \sigma_{Fl} \geq 480 \text{ N/mm}^2 \\ \text{Zugfestigkeit } \sigma_{Fl} \geq 480 \text{ N/mm}^2 \\ \text{Bruchdehnung} \geq 16\% \end{cases}$$

Für den Bereich der unteren Flachstrecke

Wasservergüteter alterungsbeständiger Feinkornstahl mit gewährleisteter Schweißbarkeit S690Q gemäß EN 10137-2.

$$\begin{cases} \text{Streckgrenze } \sigma_{Fl} \geq 700 \text{ N/mm}^2 \\ \text{Zugfestigkeit } \sigma_{Fl} \geq 790 \text{ N/mm}^2 \\ \text{Bruchdehnung} \geq 14\% \end{cases}$$

5 Bemessung auf Innendruck

Der Nachweis der Beanspruchung der Stahlpanzerung durch den Wasserinnendruck wird nach der Bemessungsmethode von G. Seeber durchgeführt und in tabellarischer Form dargestellt.

Dazu ist es erforderlich Annahmen über das Gebirge (Verformungsmoduli) und die Mitwirkung des Stahlrohres in ihrem Zusammenwirken zu machen.

Bereich	V-Modul	Dim	Bemerkung
untere Flachstrecke	6000	N/mm^2	
Schrägschacht	6000	N/mm^2	
Oberer Bereich	3000	N/mm^2	

Die Spaltweite zur Ermittlung der reinen Stahlanteils wird

Spaltweite	$\frac{U_0}{r_i}$	0,003
------------	-------------------	-------

angenommen.

Die Stahlkenndaten gehen mit folgenden Parametern ein:

Kennwerte	Wert	Dim	Bemerkung
E -Modul	210000	N/mm^2	
Querdehnzahl ν	0,3	1	
E^* - Modul	230769	N/mm^2	$E^* = \frac{E}{1-\nu^2}$
m	var	1	$\sigma_{zul} = m \cdot \sigma$

Die Dehnung des Stahls ergibt sich damit mit

$$\epsilon_{Stahl} = \frac{p_i \cdot r_i}{E^* t}$$

und bei Berechnung eines Stahlanteiligen Drucks

$$p_{Stahl} = \frac{t \cdot E^*}{r_i} \epsilon$$

Der Gebirgsanteil wird bei Berücksichtigung des Spalts

$$p_{Fels} = V \cdot (\epsilon - \epsilon_{Spalt})$$

und damit der gesamte Innendruck

$$p_i = p_{Stahl} + p_{Fels} = \frac{t \cdot E^*}{r_i} \epsilon + V \cdot (\epsilon - \epsilon_{Spalt})$$

Damit kann die Dehnung ermittelt werden

$$\epsilon = \frac{p_i + V \cdot \epsilon_{Spalt}}{\frac{t \cdot E^*}{r_i} + V}$$

oder die erforderliche Blechstärke

$$t_{erf} = \frac{r_i(p_i - V(\epsilon - \epsilon_{Spalt}))}{E^* \cdot \epsilon_{zul}}$$

Aus dem errechneten ϵ kann dann der Stahlanteil bzw Felsanteil errechnet werden

$$p_{Stahl} = \frac{t \cdot E^*}{r_i} \epsilon$$

und

$$p_{Fels} = p_i - p_{Stahl}$$

.

6 Grund-Annahmen des Spaltinjektionsverfahrens

Die Bemessung erfolgt in mehreren Schritten wobei folgende Parameter eingehen:

Bezeichnung	Wert
max Überlagerungshöhe	670 m
minimale Gebirgsmitwirkung	15 N/mm^2
Innendurchmesser	2800-3000 mm
Wanddicke	200-350 mm
Betonfestigkeit	36,0 MPa
Wasserinnendruck	2,65-9,61 MPa
Temperaturdehnung	15,0 °

6.1 Bemessung auf Gebirgsaußendruck

Es wird der Gebirgswasserdruck P_a auf das dicke Rohr aufgebracht.

$$\sigma_{Geb.W.} = P_a \cdot \frac{2 \cdot R_a^2}{R_a^2 - R_i^2}$$

6.2 Bemessung des Vorspannzustandes

Die Berechnung des Vorspannzustandes erfolgt analog zu 6.1, wobei 20% für den Verlust an der Pumpe angesetzt wurde.

$$\sigma_{VorSp.} = P_{Veff} \cdot \frac{2 \cdot R_a^2}{R_a^2 - R_i^2}$$

6.3 Bemessung auf Restspannung nach Kriechen und Schwinden

Mit κ und $Q = \frac{1+m}{m} \frac{E_B}{E_g} \frac{d}{r_m}$ wird die Restspannung:

$$\sigma_{Rest} = \left((\sigma_V + \frac{\epsilon_s}{\varphi_\infty} E_B) e^{-\frac{1-\kappa Q}{1+Q} \varphi_\infty} - \frac{\epsilon_s}{\varphi_\infty} E_B - \sigma_V - \kappa Q \right) (1 - \kappa Q)$$

7 Neue Berechnung nach dem Spaltinjektions-Verfahren

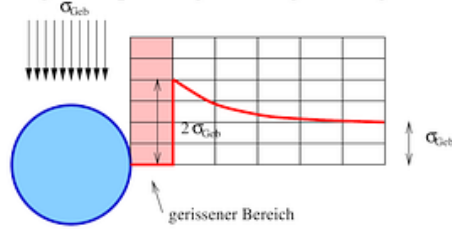
7.1 Berechnungsvoraussetzungen für den Gebirgsanteil (gerissen und ungerissener Bereich)

Um in der bereits gewählten Form des *Seeber-Diagramms* zu bleiben wurde versucht vereinfachende Annahmen und Voraussetzungen zu schaffen. Um eine vergleichende Betrachtungsweise durchführen zu können wurde eine „plastische Gebirgskennlinie“ verwendet.

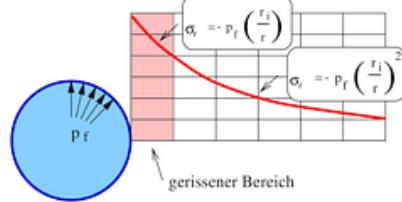
Zur Analyse wird der Bereich in zwei Teile geteilt. In diesen werden die Dehnungsanteile getrennt integriert. Zur Veranschaulichung werden diese in der nachfolgenden Abbildung dargestellt.

Für die Trennung der beiden Bereiche wird die Vorstellung, dass der Gebirgsdruck am Rande des versagenden Bereichs gerade die Spannungen aus dem Rohr-Innendruck überdrückt, benutzt. Das ist dann gegeben, wenn die tangentiellen Zugspannungen zufolge Wasserinnendruck gleich dem doppelten Tangentialspannung aus der mittleren Gebirgsüberlagerung sind (der Faktor 2 kommt aus der Lochwirkung des Stollens und des „zerstörten Bereichs“ nach der Scheibentheorie). Diese Lochranderhöhung wird auf das Ende des zerstörten Bereichs geschoben und als Kriterium für das Gebirgsversagen im Umgebungsbereich benutzt.

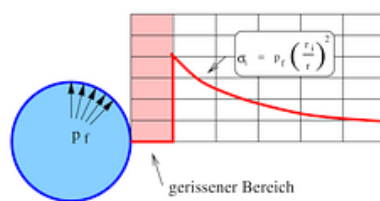
Tangentialspannungen zufolge Gebirgsdruck σ_{Geb}



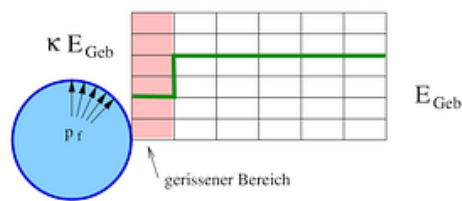
Radialspannungen zufolge Wasserdruck p_f



Tangentialspannungen zufolge Wasserdruck p_f



Gebirgsmoduli im gerissenen u. unger. Bereich



Die mittlere Gebirgsüberlagerung bewirkt eine wirksame Normalpressung am Lochrand, die bei einem Hangwinkel von α und der Höhe H der Gebirgsüberlagerung, gleich $\sigma_{Geb} = 2.00 \cdot H \cdot \gamma_{Geb} \cdot \cos^2 \alpha$ ist.

Der dort wirkende Wasserdruck, der für die Wirkung in einem Spalt, wird mit.

$$\sigma_{Wasserdr} = H \cdot \gamma_w \cdot \cos \alpha$$

angenommen. Im Lastfall “Wasserdruck im Riss” wird für die Beurteilung des gestörten Bereichs diese Spannung von der Gebirgswirkung abgezogen.

$$\sigma_{Geb}^{Riss} = \left(2.00 - \frac{\gamma_w}{\gamma_{Geb} \cos \alpha}\right) \cdot 2.00 \cdot H \cdot \gamma_{Geb} \cdot \cos^2 \alpha = \left(2.00 - \frac{\gamma_w}{\gamma_{Geb} \cos \alpha}\right) \cdot \sigma_{Geb}$$

Für den versagenden Bereich ergibt sich damit folgende Beziehungen:

$$r_c = \frac{p_i \cdot r_i}{\sigma_r^c} = \frac{p_i \cdot r_i}{\sigma_{Geb}} \text{ oder } r_c = \frac{p_i}{\sigma_{Geb}^{Riss}}$$

d.h. für den Fall “Wasserdruck im Riss” erhöht sich bei 45° Hangneigung der Rissbereich um 70%.

Bereich 1:

Im Bereich 1 wird eine Spannungsverteilung nach folgenden Gesetzmäßigkeiten vorgegeben:

$$\sigma_r(r) = P_i \frac{r_i}{r}$$

mit r_i als Radius des Stollens, R_i dem Gebirgsanteil des Wasserdrucks und r als Variablen.

Die Verteilung des E-Moduls wird in Abhängigkeit der Größe des zerstörten Bereichs angenommen. Ist der zerstörte Bereich Null so ist $\kappa = \kappa$ (gleicher E-Modul). Ist der zerstörte Bereich gleich dem Radius des Ausbruchs so ist $\kappa = \kappa \cdot 0.5$ (halber Modul).

$$E(r) = \kappa \cdot \bar{E} \text{ und } \bar{\kappa} = \kappa \cdot \frac{\sigma_{Geb}}{p_i}$$

Wird daraus die Dehnung ausgedrückt wo wird

$$\varepsilon_r = \frac{P_i \frac{r_i}{r}}{\bar{\kappa} \cdot \bar{E}}$$

und damit die Integration

$$u_1 = \int_{r_i}^{r_c} \varepsilon_r \cdot dr = \int_{r_i}^{r_c} \frac{P_i \cdot \frac{r_i}{r}}{\bar{\kappa} \cdot \bar{E}} dr = \frac{p_i \cdot r_i}{E} \cdot \int_{r_i}^{r_c} \frac{dr}{r} = \frac{p_i \cdot r_i}{E} \cdot [\ln r]_{r_i}^{r_c} = \frac{p_i \cdot r_i}{E} \cdot \ln \frac{r_c}{r_i}$$

Die Integration der Radialspannung zur Radialverschiebung ergibt:

$$u_1 = \frac{p_i \cdot r_i}{E} \cdot \ln \frac{r_c}{r_i}$$

Bereich 2:

Im Bereich 2 wird ein quadratischer Spannungsverlauf mit der Gleichung

$$\sigma_r(r) = P_i \cdot \left(\frac{r_i}{r}\right)^2$$

$$\varepsilon_r = \frac{\sigma_r}{E} \cdot \left(\frac{r_c}{r}\right)^2$$

$$u_2 = \frac{\sigma_r}{E} \cdot \int \left(\frac{r_c}{r}\right)^2 dr = \frac{\sigma_r \cdot r_c}{E}$$

vorgegebenen. Bei konstantem \bar{E} – Modul wird damit

$$u_2 = \frac{\sigma_r \cdot r_c}{E}$$

Zusammenfassung der Verformungen:

$$u = u_1 + u_2 = \frac{p_i \cdot r_i}{M_{Geb}} \text{ bzw. } M_{Geb} = \frac{P_i \cdot r_i}{u_1 + u_2}$$

$$M_{Geb} = \frac{\bar{E}}{\frac{p_i}{\kappa \cdot p_{Geb}} \cdot \ln \frac{\kappa \cdot r_c}{r_i} + 1}$$

Dieser Sehnensmodul wird in die Bemessung eingeführt.

Für gleiche Moduli in beiden Bereichen wird die Formel zu: $M_{Geb} = \frac{\bar{E}}{\ln \frac{r_c}{r_i} + 1}$

Dies entspricht der Vorstellungen von Prof. Seeber als Grenzbetrachtung zur verwendeten Vorgangsweise.

7.2 Lastfälle

Die folgenden Lastfälle werden mit diesen Vorstellungen analysiert.

- Normal Lastfall:
Hier werden mit dem geologisch begründeten Gebirgsmodul gerechnet und das Kriterium der Zerstörung mit dem doppelten Gebirgsdruck angenommen.
- Abschätzung extrem hoher Gebirgsmodul:
Für die Berechnung wird ein doppelt so hoher Gebirgsmodul angesetzt.
- Abschätzung zusätzlicher Wasserdruck im Riss:
Im Normallastfall wird noch zusätzlich berücksichtigt, dass der Wasserdruck in den zerstörten Bereich eindringt und dadurch wird das Kriterium für den zerstörten Bereich beeinflusst.

8 Beulbemessung auf Gebirgsaussendruck

Der Wasserdruck wird jeweils auf Geländehöhe angenommen und eine Berechnung nach der Formel für ein glattes eingebettetes Rohr vorgenommen.

Dazu müssen Imperfektionen (50° Schablonenabweichung) und eine Spaltweite angenommen werden

Spaltweite	μ_1	0.000315
Imperfektion	μ_2	0.0025

Für den kritischen Beuldruck wird die Formel von Montel verwendet

$$p_{krit} = \frac{5.0 \cdot \sigma_{Streck}}{\left(\frac{r_i}{t}\right)^{1.5} (1.0 + 1.2(\mu_0 + \mu_1) \cdot \frac{r_i}{t})}$$

Berechnung des Temperaturspaltes:

Der Temperaturspalt wird aus der Stahldehnung zufolge 15° Celsius Temperaturerhöhung errechnet mit

$$\Delta r_{\Delta T} = \Delta T \alpha_T r = \mu_T r = 15 \cdot 1.5 \cdot 10^{-5} \cdot r = 15 \cdot 2.25 e^{-4} \cdot 1400^{mm} = 0.315 mm$$

Dieser Spalt muss von der Spaltinjektion überdrückt werden.

Dehnungen zufolge Spaltinjektion

$$\Delta r = \frac{p_{Spalt} \cdot r^2}{E \cdot t}$$

Da nur ein Teil überdrückt wird, wird als konservative Annahme der gesymtete Temperaturspalt in der Berechnung berücksichtigt.

9 Auswertung für die Bemessungen und Nachweise

Sie Auswertung der Tabellen erfolgte mittels Tabellen-Kalkulationsprogramm EXCEL (Microsoft) und dem System ORIGIN (Microcal Software, Northampton, USA, Update 1995). Die Tabellen wurden in Excel – großteils Macros – ausgewertet. Für die Grafiken erfolgte in Origin in der Macro-Programmiersprache LABTALK eine entsprechende Umsetzung der Algorithmen. Dieses Diagramm-Programmiersystem ist in Jahre 2000 auch durch das System SCIDAVIS und QTI-PLOT formuliert worden. Die Diagramme erfolgten in der Form des erweiterten Seeber-Diagramms, wobei die beiden Berechnungstechniken “Innerhofer-Promper” und “Seeber-Neu” eingetragen wurden.

9.1 Gegenüberstellung der ermittelten zerstörten Bereiche

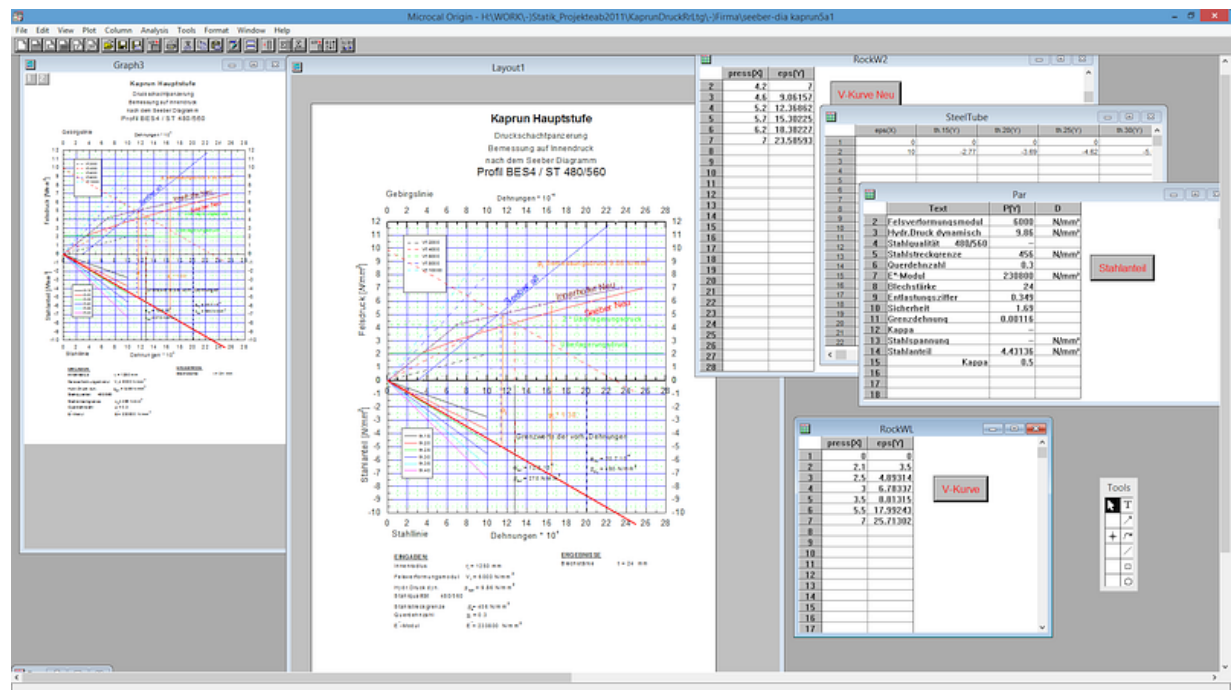
Die aus den angegebenen Lastfällen errechneten Bereiche werden in folgenden Tabelle gegenübergestellt.

Profil	Radius	Rissweiten			
		Normallastf.	hoh.Gebirgsm.	Wasserdruck	————
	mm	cm	cm	cm	
BEW S2	1400				
Profil 1	1400	0	18	0	
Profil 2	1400	0	24	37	
Profil 3	1400	26	44	73	
BA SA 1400	1400	26	45	60	
BA S4 1250	1250	28	45	55	
BE S4	1250	31	40	44	
BA S5 480/560	1250	29	28	91	
BA S5 700/790	1250	27	51	87	
BE S5	1250	—			

9.2 Annäherung der Berechnung für die Ausschreibung

Diese Auswertungen wurden für das Projekt vorgelegt um in der Ausschreibung oder dem Projekt weiter verwendet zu werden. Im ersten Schritt wurden jedoch für die Ausschreibung die Formeln wieder wesentlich vereinfacht und alleine in einer Excel Tabelle verwendet. Es ergaben sich geringfügige andere Werte. Der Einfluss der genauer betrachteten Zustände hat jedoch wesentliche Zusammenhänge und Einflüsse von Parametern aufgezeigt.

Anschließend wird noch die Bemessungstafel von ORIGIN für das Verfahren Promper-
Innerhofer-Neu eingefügt.



EHS/Bautechnik Süd Dampf
gez. *Promper*