



Universität für Bodenkultur
Institut für Alpine Naturgefahren
Department Bautechnik und Naturgefahren

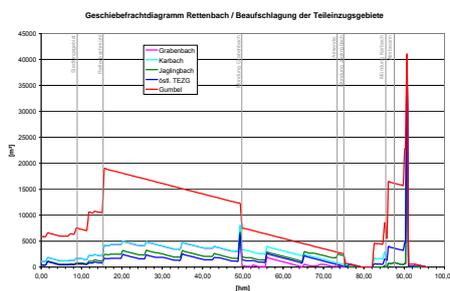
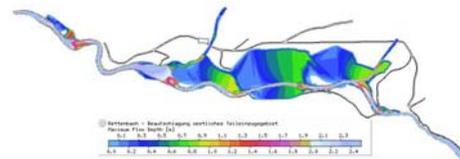
Peter Jordan Str. 82
A-1190 WIEN

Tel.: #43-1-47654-4350
Fax: #43-1-47654-4390



IAN REPORT 102

AUSWIRKUNGEN DES VERSAGENS DER RETTENBACH- KLAUSE AUF DIE STADT BAD ISCHL BEZÜGLICH DES ABFLUSSES UND DES GESCHIEBEHAUSHALTES



Im Auftrag:



Forsttechnischer Dienst für
Wildbach- und Lawinenverbauung
Gebietsbauleitung Salzkammergut

Projektleitung:
Projektverantwortung:
Mitarbeiter:

Hübl Johannes
Holub Markus
Chiari Michael
Pichler Andreas

Wien, März 2006



**AUSWIRKUNGEN DES VERSAGENS DER RETTENBACH-
KLAUSE AUF DIE STADT BAD ISCHL BEZÜGLICH DES
ABFLUSSES UND DES GESCHIEBEHAUSHALTES**

Im Auftrag von: Forsttechnischer Dienst für Wildbach- und
Lawinenverbauung
Gebietsbauleitung Salzkammergut

Mit freundlicher Unterstützung durch:



Projektleitung: Ao Prof. DI Dr. Johannes HÜBL
Projektverantwortung: DI Markus HOLUB
Mitarbeiter: DI Michael CHIARI
DI Andreas PICHLER

Universität für Bodenkultur
Institut für Alpine Naturgefahren
Department Bautechnik und Naturgefahren

Peter Jordan Str. 82

Tel.: #43-1-47654-4350

A – 1190 Wien

Fax: #43-1-47654-4390

Report Nr. 102

Referenz (Literaturzitat): HÜBL, J., HOLUB, M., PICHLER, A., CHIARI, M.
(2006): Projektierungsarbeiten Rettenbach; IAN Report 102; Institut für Alpine
Naturgefahren, Universität für Bodenkultur, Wien (unveröffentlicht).

Fotos Titelblatt: Holub; unbekannte Quelle

Wien, im März 2006



Inhaltsverzeichnis

INHALTSVERZEICHNIS	I
ABBILDUNGSVERZEICHNIS	IV
1. EINLEITUNG	1
2. ZIELSETZUNG	2
3. METHODIK	3
3.1. Allgemeines	3
3.2. Hydrologie	3
3.3. Hydraulik	4
4. BESCHREIBUNG DES WILDBACHEINZUGSGEBIETES	5
4.1. Morphologie	5
4.2. Geologie	7
4.3. Hydrologie	7
4.4. Vegetation und Bewirtschaftung	8
4.5. Gefährdungspotenzial	8
5. HYDROLOGISCHE BEMESSUNG	9
5.1. Vorgangsweise	9
5.2. Bemessungsniederschlag mittels Extremwertstatistik	9



5.3. Bemessungsniederschlag nach dem Verfahren von LORENZ-SKODA	11
5.4. Abflussermittlung nach WUNDT	17
5.5. Niederschlag-Abfluss-Simulation	18
5.5.1. Allgemeines zum Modell NASIM	18
5.5.2. Methodik	20
5.5.3. Modell-Kalibrierung	23
5.5.4. Eingangsdaten	24
5.6. Vergleich und Interpretation der Ergebnisse	27
5.6.1. Ergebnisse für ein Starkregenereignis mit $t_N=105$ min	27
5.6.2. Ergebnisse für eine Niederschlagsereignis mit $t_N=24$ h	30
6. HYDRAULISCHE SIMULATION	32
6.1. Vorgangsweise	32
6.2. Eingangsdaten	33
6.3. 1D-Simulation des gesamten Bachlaufes	35
6.3.1. Softwarepaket SETRAC	35
6.3.2. Szenarien	37
6.3.3. Ergebnisse	37
6.4. 2D-Simulation der Almfläche	57
6.4.1. Softwarepaket FLUMEN	57
6.4.2. Szenarien	58
6.4.3. Ergebnisse	58
7. DISKUSSION	69
8. ZUSAMMENFASSUNG UND SCHLUSSFOLGERUNG	71



9. STATISCHER NACHWEIS UND SANIERUNGSKONZEPT DER KLAUSE	74
9.1. Allgemeines	74
9.2. Ergebnisse	74
9.3. Sanierungskonzept	74
10. LITERATURVERZEICHNIS	76
11. ANHANG	78
11.1. Voruntersuchungen zur Bohrkernentnahme	78
11.2. Nachweis und Sanierungskonzept	79



Abbildungsverzeichnis

ABBILDUNG 1: STANDORT DER ERHOBENEN QUERPROFILE	3
ABBILDUNG 2: LAGE DES EINZUGSGEBIETES RETTENBACH (QUELLE: BMLFUW, HYDROLOGISCHER ATLAS ÖSTERREICHS, 2003)	6
ABBILDUNG 3: EINZUGSGEBIET RETTENBACH UND GERINNENETZ (QUELLE: BMLFUW, HYDROLOGISCHER ATLAS ÖSTERREICHS, 2003)	6
ABBILDUNG 4: 100-JÄHRLICHE TAGESNIEDERSCHLÄGE DER STATIONEN BAD ISCHL BZW. ALTAUSSEE (GUMBEL- VERTEILUNG)	11
ABBILDUNG 5: EINZUGSGEBIET UND RASTERZELLEN NACH LORENZ & SKODA (2000)	12
ABBILDUNG 6: STRUKTURIERUNG VON NASIM (HYDROTEC GMBH, 2003)	20
ABBILDUNG 7: TEZG MIT „FLOW DIRECTION“	21
ABBILDUNG 8: EZG MIT LANDNUTZUNG	21
ABBILDUNG 9: TEZG MIT „STREAM NETWORK“	21
ABBILDUNG 10: VERSCHNEIDUNG ZU ELEMENTARFLÄCHEN	21
ABBILDUNG 11: TEILAUSSCHNITT DES SYSTEMPLANS ZUR PERSISTENZDATEI „RETTENBACH.PER“	22
ABBILDUNG 12: SIMULIERTE (GRÜN) UND GEMESSENE (BLAU) ABFLUSSGANGLINIE FÜR DAS KALIBRIERUNGSEREIGNIS 1996	23
ABBILDUNG 13: SIMULIERTE (GRÜN) UND GEMESSENE (BLAU) ABFLUSSGANGLINIE FÜR DAS KALIBRIERUNGSEREIGNIS 1997	24
ABBILDUNG 14: IN DER SIMULATION BERÜCKSICHTIGTE NIEDERSCHLAGSSZENARIEN	25
ABBILDUNG 15: TEZG GRABENBACH	26



ABBILDUNG 16: TEZG JAGLINGBACH	26
ABBILDUNG 17: TEZG KARBACH	26
ABBILDUNG 18: ÖSTLICHE TEZG	26
ABBILDUNG 19: ABFLUSSGANGLINIEN FÜR DAS SIEDLUNGSGEBIET BAD ISCHL BEI BEAUFSCHLAGUNG DES JEWEILIGEN TEILEINZUGSGEBIETES	29
ABBILDUNG 20: ABFLUSSGANGLINIEN FÜR DAS SIEDLUNGSGEBIET BAD ISCHL IN ABHÄNGIGKEIT DER NIEDERSCHLAGSVERTEILUNG FÜR DAS GESAMTE EZG	31
ABBILDUNG 21: EINGANGSGANGLINIEN DER TEILEINZUGSGEBIETE	34
ABBILDUNG 22: GESCHIEBEFRACHTDIAGRAMM BEI BEAUFSCHLAGUNG DES GESAMTEN EINZUGSGEBIETES	40
ABBILDUNG 23: GESCHIEBEFRACHTDIAGRAMM BEI BEAUFSCHLAGUNG DES GESAMTEN EINZUGSGEBIETES (RETTENBACH IM BEREICH RETTENBACHALM KANALISIERT)	40
ABBILDUNG 24: DIREKTER VERGLEICH DER GESCHIEBEFRACHT FÜR DIE VARIANTEN MIT UND OHNE KANALISIERUNG DES RETTENBACHES IM BEREICH DER RETTENBACHALM	41
ABBILDUNG 25: GESCHIEBEFRACHTDIAGRAMM BEI BEAUFSCHLAGUNG DES GESAMTEN EINZUGSGEBIETES	43
ABBILDUNG 26: GESCHIEBEFRACHTDIAGRAMM BEI BEAUFSCHLAGUNG DES GESAMTEN EINZUGSGEBIETES (RETTENBACH IM BEREICH RETTENBACHALM KANALISIERT)	43
ABBILDUNG 27: DIREKTER VERGLEICH DER GESCHIEBEFRACHT FÜR DIE VARIANTEN MIT UND OHNE KANALISIERUNG DES RETTENBACHES IM BEREICH DER RETTENBACHALM	44
ABBILDUNG 28: GESCHIEBEFRACHTDIAGRAMM BEI BEAUFSCHLAGUNG DES GESAMTEN EINZUGSGEBIETES	45
ABBILDUNG 29: GESCHIEBEFRACHTDIAGRAMM BEI BEAUFSCHLAGUNG DES GESAMTEN EINZUGSGEBIETES (RETTENBACH IM BEREICH RETTENBACHALM KANALISIERT)	46



ABBILDUNG 30: DIREKTER VERGLEICH DER GESCHIEBEFRACHT FÜR DIE VARIANTEN MIT UND OHNE KANALISIERUNG DES RETTENBACHES IM BEREICH DER RETTENBACHALM	46
ABBILDUNG 31: GESCHIEBEFRACHTDIAGRAMM BEI BEAUFSCHLAGUNG DES GESAMTEN EINZUGSGEBIETES	49
ABBILDUNG 32: GESCHIEBEFRACHTDIAGRAMM BEI BEAUFSCHLAGUNG DES GESAMTEN EINZUGSGEBIETES (RETTENBACH IM BEREICH RETTENBACHALM KANALISIERT)	50
ABBILDUNG 33: DIREKTER VERGLEICH DER GESCHIEBEFRACHT FÜR DIE VARIANTEN MIT UND OHNE KANALISIERUNG DES RETTENBACHES IM BEREICH DER RETTENBACHALM	50
ABBILDUNG 34: GESCHIEBEFRACHTDIAGRAMM BEI BEAUFSCHLAGUNG DES GESAMTEN EINZUGSGEBIETES	52
ABBILDUNG 35: GESCHIEBEFRACHTDIAGRAMM BEI BEAUFSCHLAGUNG DES GESAMTEN EINZUGSGEBIETES (RETTENBACH IM BEREICH RETTENBACHALM KANALISIERT)	53
ABBILDUNG 36: DIREKTER VERGLEICH DER GESCHIEBEFRACHT FÜR DIE VARIANTEN MIT UND OHNE KANALISIERUNG DES RETTENBACHES IM BEREICH DER RETTENBACHALM	53
ABBILDUNG 37: GESCHIEBEFRACHTEN NACH BEAUFSCHLAGUNG DER TEILEINZUGSGEBIETE, OHNE KANALISIERUNG DER ALMFLIESSSTRECKE	54
ABBILDUNG 38: GESCHIEBEFRACHTEN NACH BEAUFSCHLAGUNG DER TEILEINZUGSGEBIETE, MIT KANALISIERUNG DER ALMFLIESSSTRECKE	55
ABBILDUNG 39: ABFLUSS-PROFIL IN HM 15; SCREENSHOT DER SOFTWARE SETRAC	56
ABBILDUNG 40: ZEITPUNKT DER BENETZUNG DURCH DIE HOCHWASSERWELLE	59
ABBILDUNG 41: MAXIMALE FLIESSTIEFE	60
ABBILDUNG 42: ABFLUSSGANGLINIE BEI HM 67	60



ABBILDUNG 43: ZEITPUNKT DER BENETZUNG DURCH DIE HOCHWASSERWELLE	61
ABBILDUNG 44: MAXIMALE FLIESSTIEFE	62
ABBILDUNG 45: SOHLVERÄNDERUNG DURCH EROSIONS- UND ABLAGERUNGSPROZESSE	62
ABBILDUNG 46: ABFLUSSGANGLINIE BEI HM 67	62
ABBILDUNG 47: ZEITPUNKT DER BENETZUNG DURCH DIE HOCHWASSERWELLE	64
ABBILDUNG 48: MAXIMALE FLIESSTIEFE	64
ABBILDUNG 49: SOHLVERÄNDERUNG DURCH EROSIONS- UND ABLAGERUNGSPROZESSE	64
ABBILDUNG 50: ABFLUSSGANGLINIE BEI HM 67	65
ABBILDUNG 51: ZEITPUNKT DER BENETZUNG DURCH DIE HOCHWASSERWELLE	66
ABBILDUNG 52: MAXIMALE FLIESSTIEFE	66
ABBILDUNG 53: SOHLVERÄNDERUNG DURCH EROSIONS- UND ABLAGERUNGSPROZESSE	67
ABBILDUNG 54: ABFLUSSGANGLINIE BEI HM 67	67
ABBILDUNG 55: HÖHENLAGE DER RETTENBACHALM	70



1. Einleitung

Im Mittellauf des Rettenbaches (Gem. Bad Ischl, Bez. Gmunden) ist eine stillgelegte, vollständig verlandete Klause situiert, die so genannte Rettenbachklause, mit deren Versagen im Ereignisfall gerechnet werden muss. Im Falle eines Bruches des im Jahr 1906 errichteten Bauwerkes könnte sich der Verlandungsraum der Klause schlagartig entleeren. Hierbei ist mit dem Freiwerden einer Feststoffkubatur von bis zu 40.000 m³ zu rechnen.

Dementsprechend ist es vonnöten die Folgen für den Rettenbach bzw. die unmittelbar betroffene Gemeinde Bad Ischl bezüglich des Abflussgeschehens und des Geschiebehaushaltes zu ergründen.

Basis für eine solche Gefahrenbeurteilung ist die exakte Kenntnis der hydrologischen und hydraulischen Verhältnisse im Einzugsgebiet. Der vorliegende Bericht liefert nun die Ergebnisse der durchgeführten Niederschlags-Abflussberechnungen sowie der hydraulischen Simulationen in den Teileinzugsgebieten des Rettenbaches.

Weiters wird der Bauzustand der Rettenbachklause untersucht und gegebenenfalls ein Sanierungskonzept vorgeschlagen.



2. Zielsetzung

Im Rahmen dieses Projektes sollen die Grundlagen zur Erstellung eines Schutzkonzeptes geschaffen werden. Diese Grundlagen umfassen zunächst die hydrologische Berechnung der Situation im Einzugsgebiet.

Um das Gefahrenpotenzial für die Stadt Bad Ischl einschätzen zu können sollen mittels numerischer Simulation verschiedene Szenarien der hydraulischen Verhältnisse, ausgelöst durch einen Dammbbruch, dargestellt werden.

Von größtem Interesse ist der Mündungsbereich des Rettenbaches in den Vorfluter Traun. Hier ist, verursacht durch die mäßige Schleppkraft des Vorfluters, ein Einengen der Oberen Traun durch den Einstoß des Rettenbaches zu befürchten. Ein Verlegen der gesamten Abflussbreite der Traun ist jedoch unwahrscheinlich (GUNZ, 2001).

Weiteres Augenmerk gilt der ausgedehnten, als natürlicher Retentionsraum fungierenden Almfläche, die bachabwärts an die in der Schluchtstrecke situierten Klause anschließt. Dabei soll eine Aussage getroffen werden, in wie weit die Almfläche während eines Starkregenereignisses zur Retention beiträgt und demnach auch künftig erhalten werden muss oder ob eine Ausdehnung der landwirtschaftlichen Nutzung auf Kosten der vorhandenen Retentionsfläche zulässig erscheint.

Ergänzend soll eine Evaluierung des Bauzustandes der betroffenen Klause mittels Bohrkernentnahme und numerischen Methoden erfolgen.



3. Methodik

3.1. Allgemeines

Auf Basis der, seitens der Gebietsbauleitung Salzkammergut zur Verfügung gestellten Höhenschichtlinien (50 m, interpoliert auf 10 m) wird ein digitales Geländemodell generiert. Dieses wird durch die Integration von vor Ort erhobenen Querprofilen adaptiert und die Übereinstimmung des Modells mit den natürlichen Gegebenheiten dadurch lokal entscheidend verbessert (Abbildung 1).

Auf Grund der Qualität der Eingangsdaten ist mit einer korrespondierenden Unschärfe der Ergebnisse zu rechnen.

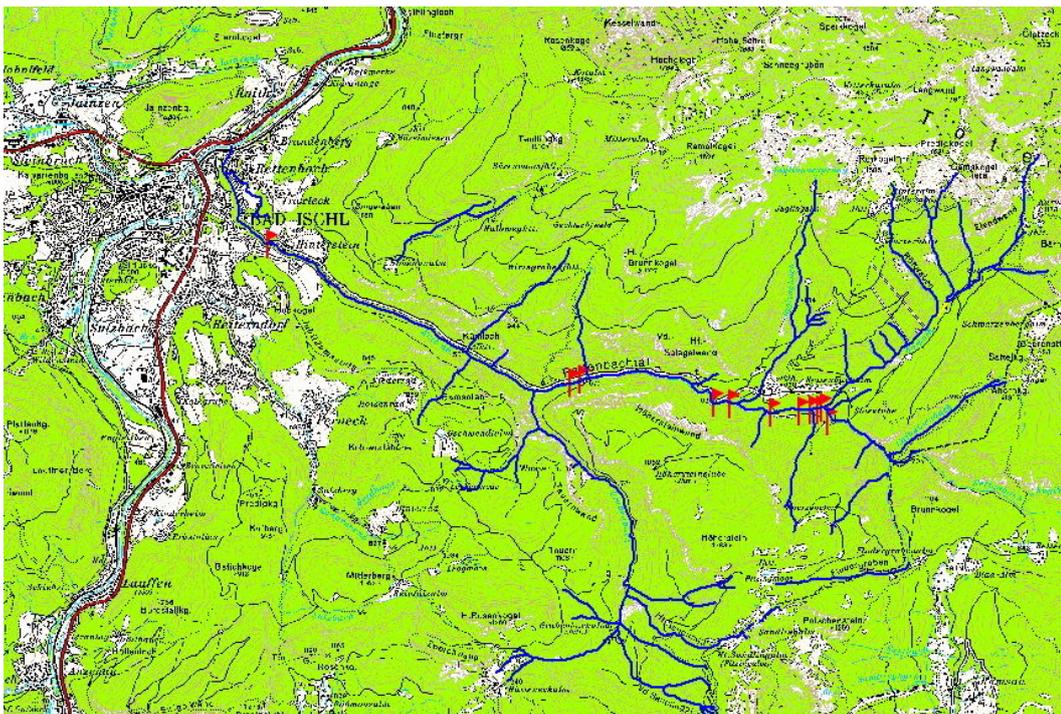


Abbildung 1: Standort der erhobenen Querprofile

3.2. Hydrologie

Der maßgebliche Niederschlag wird einerseits an Hand von empirischen Formeln (Wundt) abgeschätzt, weiters mittels Extremwertstatistik (Gumbel-Verteilung) sowie nach dem Verfahren von Lorenz-Skoda (LORENZ & SKODA, 2000; SKODA et al., 2003) berechnet.



Die daraus resultierenden Ergebnisse werden gegenübergestellt, wobei der plausibelste Wert sodann als Eingangsparameter in die anschließende numerische Niederschlags-Abflusssimulation dient. Dabei kommt das Softwarepaket „NASIM“ (**N**iederschlags-**A**bfluss **S**imulation) der Firma Hydrotec zur Anwendung. Das Modell wird anhand des Pegels bei der Grabenbachbrücke (ca. hm 50) kalibriert.

Sämtlichen in Folge durchzuführenden hydraulischen Modellierungen des Einzugsgebietes Rettenbach werden die Ergebnisse der hydrologischen Bemessung zu Grunde gelegt.

3.3. Hydraulik

Entsprechend den Ergebnissen der hydrologischen Modellierung werden nicht nur zeitliche, sondern auf Grund der Flächenerstreckung der relevanten Teileinzugsgebiete, die eine einzelne Schauerzelle üblicherweise übersteigt, auch räumliche Szenarien ausgeschieden.

Für den Gewässerabschnitt Rettenbachalm, der von primärem Projektinteresse ist, kommt das hydro-numerische 2D-Modell „FLUMEN“ (**F**luvial **M**odelling **E**ngine) zum Einsatz.

Weiters wird der gesamte Gerinneverlauf mit dem 1D-Modell SETRAC von FRIEDL (2004) modelliert wird. Somit können speziell im Almbereich die Ergebnisse der beiden Modelle verglichen werden.

Um weitaus exaktere Ergebnisse einer zweidimensionalen Modellierung des Siedlungsbereiches Bad Ischl bzw. der Mündung in den Vorfluter Traun zu erhalten, ist es unumgänglich, diese Gebiete mittels Tachymeter terrestrisch zu vermessen. Im Übrigen wird diese Vorgangsweise zur Erhöhung der Genauigkeit auch für die Rettenbachalm empfohlen.



4. Beschreibung des Wildbacheinzugsgebietes

Sämtliche Daten der folgenden Beschreibung des Einzugsgebietes des Rettenbaches betreffend, sind dem Technischen Bericht des Bauprogramms für Sofortmassnahmen 1998, erstellt durch den Forsttechnischen Dienst für Wildbach- und Lawinenverbauung, Gebietsbauleitung Salzkammergut, bzw. dem Wildbachaufnahmeblatt entnommen und decken sich nicht zwingenderweise mit den Berechnungen bzw. Ergebnissen der hydrologischen Bemessung seitens des Institutes für Alpine Naturgefahren.

4.1. Morphologie

Der Rettenbach entspringt nahe der Stöcklwände (1.492 m SH) zwischen Schönberg und Loser, die dem Toten Gebirge zuzuordnen sind, und ist somit in einem Karstgebiet situiert. Er schwenkt nach dem ca. 4 km langen, nach Südwest exponierten Oberlauf im Gebiet der Rettenbachalm in Richtung Nordwest und behält diese Orientierung für etwa 8 km bis zu seiner rechtsufrigen Mündung in den Vorfluter Traun (Abbildung 2 & Abbildung 3).

Als wichtige Zubringer sind Schwarzenbach, Grabenbach, Jaglingbach und Karbach zu nennen.

Der Rettenbach weist Gefällsverhältnisse von bis zu 56 % im Oberlauf, 6 % im Mittellauf sowie etwa 1 % im Unterlauf auf. Das Pauschalgefälle wird mit 10 % angegeben.



Abbildung 2: Lage des Einzugsgebietes Rettenbach (Quelle: BMLFUW, Hydrologischer Atlas Österreichs, 2003)

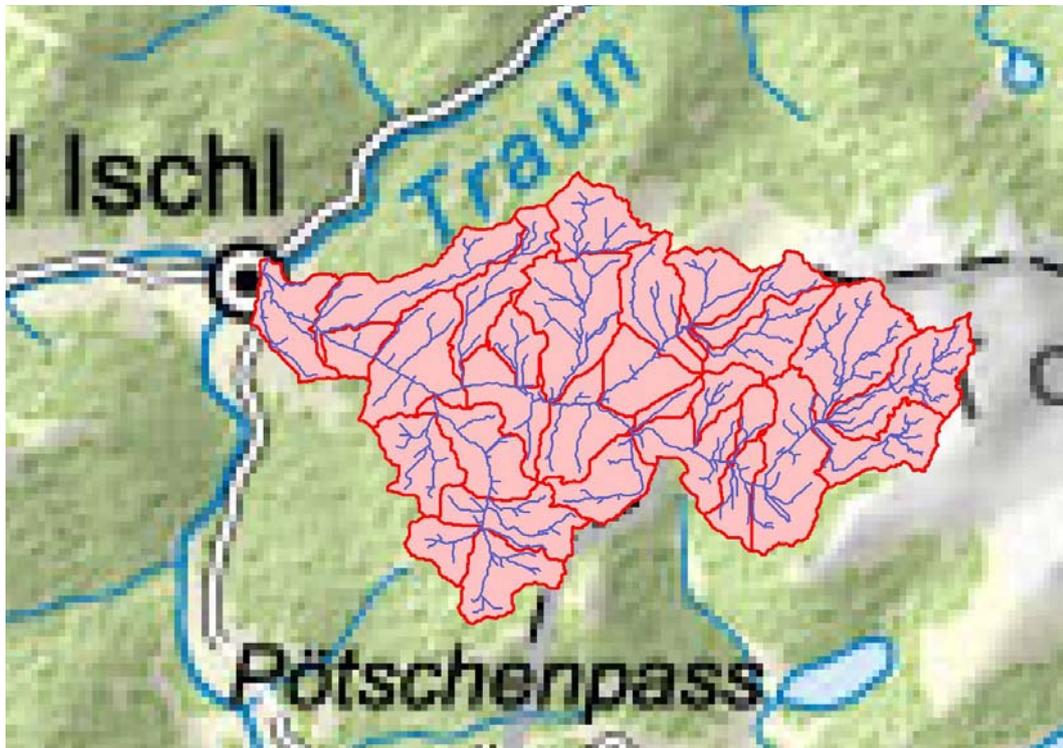


Abbildung 3: Einzugsgebiet Rettenbach und Gerinnenetz (Quelle: BMLFUW, Hydrologischer Atlas Österreichs, 2003)



4.2. Geologie

Das Grundgestein liefert einen Querschnitt durch alle Schichten der nördlichen Kalkalpen. Während in den höher gelegenen Gebieten Dachsteinkalk vorherrscht, treten im Mittellauf Dogger Kieselschiefer, lichte Liaskalke, Liasfleckenmergel und rhätische Kalke auf. In den tieferen Regionen des Einzugsgebietes sind durch mächtige eiszeitliche Moränen überlagerte neozäne Roßfeld-Schichten anzutreffen.

4.3. Hydrologie

Das laut Gebietsbauleitung Salzkammergut etwa 74 km² große Einzugsgebiet des Rettenbaches ist am atlantisch geprägten, niederschlagsreichen Alpennordrand situiert und durch seine Exposition nach Nordwesten von Tiefdruckgebieten in Staulage stark beeinflusst.

Die für die Charakterisierung der im Einzugsgebiet herrschenden Niederschlagverhältnisse relevanten Messstationen Reiterndorf (490 m SH) und Bad Ischl (469 m SH) liefern mittlere Jahresniederschlagssummen von 1.717 mm bzw. 1.724 mm. Niederschlagsmaxima sind in den Sommermonaten, hier allen voran der Juli mit einem Monatsmittel von ca. 230 mm, zu verzeichnen, während der Spätwinter (Februar, März) und der Herbst (besonders Oktober) als trockene Perioden beschrieben werden können.

Nennenswerte Niederschlagsereignisse mit Hochwasserpotenzial ereigneten sich am 13.09.1899 (217 mm/Tag) sowie am 31.07.1977 (151 mm/Tag bzw. 211 mm/2Tage). Auf Grund der Aufzeichnungen scheinen extreme Eintagesniederschläge (Werte > 130 mm) in etwa 10- bis 30- jährlichen Intervallen aufzutreten, wobei mitunter sehr hohe Intensitäten von bis zu 0,84 mm/min (z.B. während eines 12 Minuten andauernden Starkniederschlages am 11.05.1989) erreicht werden können.



4.4. Vegetation und Bewirtschaftung

Der Rettenbach liegt im Wuchsgebiet 5.1 nach MAYER (1974), weist dabei einen Waldanteil von etwa 80 % auf, der vorwiegend aus Fichten und Buchen aufgebaut ist, während ab etwa 800 m SH die sonst nur beigemischte Lärche verstärkt in den Vordergrund tritt. Tannen sind nur noch reliktsch anzutreffen. Auswirkungen der salinären Großkahlschläge früherer Zeiten sind im gesamten Einzugsgebiet ersichtlich. Die aktuelle bzw. die potenzielle Waldgrenze kommen bei 1.600 m SH bzw. 1.800 m SH zu liegen.

Der sich überwiegend im Eigentum der ÖBF befindliche Hochwaldbestand ist in gutem Zustand. Neben der almwirtschaftlichen Nutzung der Rettenbachalm und der Rettenbach-Hochalm bzw. der Grünlandwirtschaft am Talboden überwiegt die forstwirtschaftliche Nutzung.

Der Siedlungsraum erstreckt sich ausschließlich entlang des mündungsnahen Bachabschnittes bis etwa hm 15. Als vom Rettenbach gefährdete Infrastruktur sind die Bahnlinie Stainach-Irdning-Attnang-Puchheim, die Rettental-Bezirksstraße und die Gemeindestraße im Ortsteil Rettenbach-Hanslau zu nennen. Das gesamte Einzugsgebiet ist vor allem auf Grund der öffentlich befahrbaren Fahrradroute nach Altaussee ein beliebtes Ausflugs- und Wanderziel.

4.5. Gefährdungspotenzial

Entsprechend den Angaben des Hydrographischen Dienstes ist das HQ_{100} mit $150 \text{ m}^3/\text{s}$ bzw. das HQ_{150} mit $190 \text{ m}^3/\text{s}$ anzugeben. Diese Werte decken sich mit der Berechnung nach Wundt für ein $HQ_{90\%}$ mit $183 \text{ m}^3/\text{s}$.

Als Hauptgeschiebelieferant gilt der Grabenbach, wobei in Summe mit etwa 150.000 m^3 Geschiebe aus dem gesamten Einzugsgebiet zu rechnen sind.



5. Hydrologische Bemessung

5.1. Vorgangsweise

Zur Berechnung des Bemessungsniederschlages bzw. der daraus unmittelbar resultierenden Abflussfracht kommen unterschiedliche Verfahren zum Einsatz. Es sind hier einerseits extremwertstatistische Analysen zu nennen, sowie weiters das Verfahren nach Lorenz-Skoda (LORENZ & SKODA, 2000; SKODA et al., 2003).

In weiterer Folge wird die in der Praxis gängige empirische Schätzformel nach WUNDT (1953) angewandt und den Ergebnissen der mittels des Softwarepaketes NASIM (Hydrotec, Aachen) durchgeführten Niederschlags-Abfluss-Simulation gegenübergestellt.

5.2. Bemessungsniederschlag mittels Extremwertstatistik

Zur Ermittlung von Bemessungsniederschlägen bestimmter Jährlichkeiten hat sich die Verwendung extremwertstatistischer Analysen bewährt. Im konkreten Fall wurde die GUMBEL-Verteilung, eine Wahrscheinlichkeitsverteilung vom Typ „Extremal I“ herangezogen.

Es ist jedoch zu beachten, dass, um aussagekräftige Schätzwerte für Tagesniederschläge einer bestimmten Wiederkehrdauer zu erhalten, Messreihen mit ausreichend langer Beobachtungsdauer zur Verfügung stehen müssen. So ist für ein Wiederkehrintervall von 100 Jahren eine Messreihe von mindestens 60 Jahren von Nöten.

Diesen Rahmenbedingungen entsprechend gingen die Messdaten der folgenden Stationen in die Auswertung ein:

- Bad Ischl (Daten 1946-2001, Stationsnummer 105262, 462 m SH)
- Altaussee (Daten 1901-2000, Stationsnummer 105114, 850 m SH)



Die Stationen Bad Ischl – Kreutern sowie Bad Ischl – Reiterndorf sind auf Grund häufiger Lücken in der Aufzeichnung für eine extremwertstatistische Analyse ungeeignet.

Die folgende Tabelle 1 führt für die analysierten Stationen die Anzahl der verwendeten Messdaten sowie die daraus resultierenden Maximalwerte samt Mittelwert und Standardabweichung an.

Tabelle 1: Kennwerte der Stationen

	Bad Ischl	Altaussee
Beobachtungsjahre [a]	56	98
Maximaler Wert [mm]	151,40	216,00
Mittelwert [mm]	68,49	88,88
Standardabweichung [mm]	22,49	30,41

In Tabelle 2 sind für die Stationen Bad Ischl und Altaussee die den jeweiligen Jährlichkeiten zugeordneten Schätzwerte für den Tagesniederschlag samt 5%-Konfidenz-Intervall ersichtlich.

Tabelle 2: Tagesniederschläge der entsprechenden Jährlichkeiten nach Gumbel

Tn [a]	Bad Ischl		Altaussee	
	xT [mm]	KIV 5% [mm]	xT [mm]	KIV 5% [mm]
5	86,74	± 9,59	112,59	± 9,63
10	101,18	± 13,15	131,52	± 13,14
25	119,41	± 17,89	155,43	± 17,82
30	122,98	± 18,83	160,12	± 18,76
50	132,94	± 21,48	173,14	± 21,38
100	146,37	± 25,09	190,78	± 24,95
150	154,20	± 27,20	201,06	± 27,04

Demnach sind, basierend auf den Schätzwerten der GUMBEL-Verteilung, für einen 100-jährlichen Tagesniederschlag Werte zwischen 121,3 mm und 215,7 mm zu erwarten (Abbildung 4).

Der Wert von 215,7 mm wird in Folge als zeitliches Szenario für die Niederschlag-Abfluss-Simulation herangezogen werden.

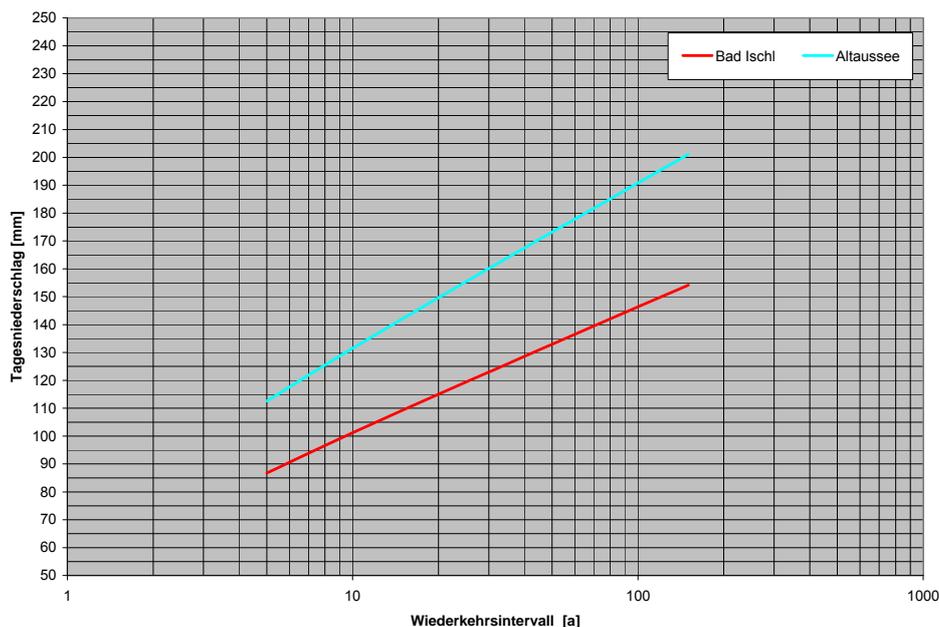


Abbildung 4: 100-jährliche Tagesniederschläge der Stationen Bad Ischl bzw. Altaussee (Gumbel-Verteilung)

5.3. Bemessungsniederschlag nach dem Verfahren von LORENZ-SKODA

Das Hydrographische Zentralbüro des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft stellt die Höhen für punktuelle Starkniederschläge unterschiedlicher Dauer und Frequenz zur Verfügung. Die dabei angewandte Methodik ist LORENZ & SKODA (2000) zu entnehmen.

Mittels dieses Modellansatzes errechnete Extremwerte können so interpretiert werden, als ob der gesamte Niederschlag, der im Zentrum einer sich nur langsam verlagernden konvektiven Gewitterzelle auftritt, von einem Ombrographen erfasst werden würde.

Die Werte repräsentieren dabei eine Rasterzelle von rund 5 x 5 km.

Das Einzugsgebiet des Rettenbaches kommt in den Rasterzellen 3836, 3837, 3838, 3944, 3945, 3946 – ersichtlich in Abbildung 5 – zu liegen.

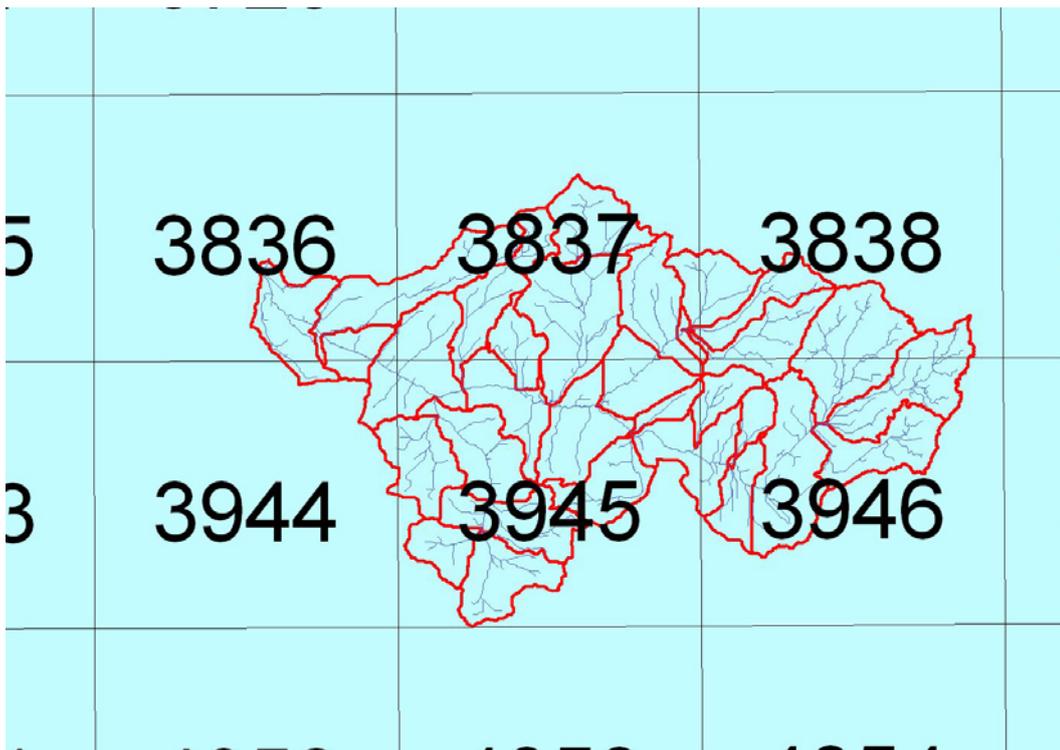


Abbildung 5: Einzugsgebiet und Rasterzellen nach LORENZ & SKODA (2000)

Auch die Ergebnisse der Starkniederschlagsberechnung nach LORENZ-SKODA müssen, wie alle Modellrechnungen, als Schätzwerte betrachtet werden, die mit zunehmender Dauerstufe unsicherer werden, da die Modellvoraussetzungen nur für konvektive Niederschläge kürzer als 12 Stunden Gültigkeit besitzen und Niederschläge mit Landregencharakteristik nicht berücksichtigt werden. Durch die kleinräumige Struktur von konvektiven Niederschlägen und der für deren Erfassung zu geringen Messstellendichte werden in der Regel zu geringe Niederschlagssummen gemessen. Daher liefern auf Messdaten basierende Auswertungen grundsätzlich geringere Niederschlagswerte. Dem zu Folge sind die LORENZ-SKODA-Modelldaten im Vergleich zu anderen Starkniederschlagsauswertungen im oberen Drittel des Schwankungsbereiches möglicher Ergebnisse angesiedelt (BMLFUW, 2005).



Die Ermittlung der Niederschlagsintensität erfolgte für die Jährlichkeiten 1, 5, 10, 20, 25, 30, 50, 75 sowie 100 für die Teileinzugsgebiete Rettenbach 1-4, Karbach, Jaglingbach und Grabenbach und erfolgte durch die Abteilung VII/3 im BMLFUW (HZB).

Die Teileinzugsgebietsgrenzen wurden nach den Kriterien der Zubringer sowie der Höhenerstreckung ausgeschieden. Es ergab sich dabei eine Gesamteinzugsgebietsfläche von 70,15 km².

Rettenbach 1

Fläche: 23.47 km²

Höhe: 1294.20 m SH

Jährlichkeit		1	5	10	20	25	30	50	75	100
Dauerstufe										
5	Min	5,8	12,2	15	17,7	18,6	19,4	21,4	23	24,2
10	Min	10,6	26,1	32,7	39,4	41,6	43,3	48,2	52,1	54,9
15	Min	13,6	35	44,2	53,4	56,3	58,7	65,5	70,9	74,7
20	Min	15,5	40,5	51,3	62	65,5	68,3	76,2	82,5	87
30	Min	18,4	48,8	61,9	75	79,2	82,7	92,3	100	105,4
45	Min	21,2	56,9	72,3	87,7	92,6	96,7	108	117	123,4
60	Min	23,2	62,7	79,7	96,7	102,2	106,6	119,2	129,1	136,2
90	Min	26	70,8	90,1	109,3	115,6	120,6	134,8	146,1	154,1
2	h	28,2	76,7	97,5	118,4	125,2	130,6	146	158,3	166,9
3	h	31,8	86,7	110,3	134	141,6	147,8	165,2	179,1	188,9
4	h	34,7	94,1	119,7	145,3	153,5	160,3	179,1	194,1	204,7
5	h	38,7	101,3	128,3	155,3	164	171,1	191	206,8	218
6	h	41,9	107,3	135,4	163,5	172,6	180	200,7	217,2	228,9
7	h	44,7	112,3	141,4	170,5	179,8	187,5	209	226	238,1
8	h	47,1	116,6	146,5	176,5	186,1	194	216,1	233,6	246
9	h	49,2	120,4	151,1	181,8	191,7	199,7	222,4	240,3	253
10	h	51	123,8	155,2	186,5	196,6	204,9	228	246,3	259,3
12	h	54,3	129,7	162,2	194,7	205,2	213,7	237,7	256,7	270,2

Rettenbach 2:

Fläche: 2.21 km²

Höhe: 1.125.30 m SH

Jährlichkeit		1	5	10	20	25	30	50	75	100
Dauerstufe										
5	Min	5,80	12,50	15,40	18,30	19,20	20,00	22,10	23,80	25,00
10	Min	10,70	26,10	32,70	39,40	41,50	43,20	48,10	52,00	54,80
15	Min	13,80	34,80	43,90	52,90	55,80	58,20	64,90	70,20	74,00
20	Min	15,70	40,20	50,80	61,40	64,80	67,50	75,30	81,50	85,90
30	Min	18,60	48,40	61,20	74,00	78,10	81,50	90,90	98,40	103,80
45	Min	21,40	56,30	71,30	86,30	91,20	95,10	106,20	115,00	121,20
60	Min	23,40	61,90	78,50	95,10	100,40	104,80	117,00	126,70	133,60
90	Min	26,20	69,80	88,60	107,40	113,40	118,40	132,20	143,20	151,00
2	h	28,40	75,50	95,70	116,00	122,50	127,90	142,80	154,70	163,10
3	h	32,00	85,00	107,80	130,60	138,00	144,00	160,80	174,10	183,60
4	h	34,80	92,00	116,60	141,30	149,20	155,70	173,80	188,20	198,40
5	h	38,70	98,90	124,90	150,80	159,20	166,00	185,10	200,30	211,10
6	h	41,90	104,60	131,60	158,70	167,40	174,50	194,40	210,20	221,40
7	h	44,50	109,40	137,30	165,30	174,30	181,60	202,20	218,60	230,20
8	h	46,90	113,60	142,30	171,00	180,30	187,80	209,00	225,80	237,70
9	h	48,90	117,20	146,70	176,10	185,50	193,30	215,00	232,20	244,40
10	h	50,70	120,50	150,60	180,60	190,30	198,20	220,30	237,90	250,40
12	h	53,90	126,20	157,30	188,40	198,40	206,60	229,60	247,80	260,70



Rettenbach 3:

Fläche: 5.56 km²

Höhe: 1.058.10 m SH

Jährlichkeit		1	5	10	20	25	30	50	75	100
Dauerstufe										
5	Min	5,80	12,20	15,00	17,70	18,60	19,40	21,40	23,00	24,20
10	Min	10,60	26,00	32,60	39,20	41,30	43,10	48,00	51,80	54,60
15	Min	13,70	34,80	43,90	53,00	55,90	58,30	65,00	70,40	74,10
20	Min	15,60	40,30	51,00	61,60	65,00	67,80	75,70	81,90	86,30
30	Min	18,50	48,60	61,50	74,50	78,60	82,10	91,60	99,20	104,50
45	Min	21,30	56,60	71,80	87,00	91,90	95,90	107,10	116,00	122,30
60	Min	23,30	62,30	79,10	95,90	101,30	105,80	118,10	128,00	134,90
90	Min	26,20	70,40	89,40	108,50	114,60	119,60	133,70	144,80	152,70
2	h	28,40	76,20	96,90	117,50	124,10	129,60	144,80	156,80	165,40
3	h	32,20	86,40	109,70	133,10	140,60	146,80	164,00	177,60	187,30
4	h	34,80	93,60	118,90	144,20	152,30	159,00	177,60	192,40	202,90
5	h	38,70	100,30	126,90	153,40	161,90	168,90	188,50	204,00	215,00
6	h	41,80	105,80	133,40	161,00	169,80	177,10	197,40	213,50	224,90
7	h	44,50	110,50	138,90	167,30	176,50	184,00	204,90	221,50	233,30
8	h	46,80	114,50	143,70	172,90	182,30	189,90	211,40	228,50	240,60
9	h	48,80	118,10	147,90	177,70	187,30	195,20	217,20	234,60	247,00
10	h	50,70	121,30	151,70	182,10	191,90	199,90	222,30	240,10	252,70
12	h	53,80	126,80	158,20	189,60	199,80	208,00	231,20	249,60	262,60

Rettenbach 4:

Fläche: 10.32 km²

Höhe: 962.20 m SH.

Jährlichkeit		1	5	10	20	25	30	50	75	100
Dauerstufe										
5	Min	5,70	12,00	14,60	17,30	18,20	18,90	20,90	22,40	23,60
10	Min	10,60	25,90	32,50	39,10	41,20	42,90	47,80	51,60	54,40
15	Min	13,70	34,80	43,90	53,10	56,00	58,40	65,10	70,50	74,20
20	Min	15,60	40,40	51,10	61,80	65,20	68,00	75,90	82,20	86,60
30	Min	18,50	48,70	61,80	74,80	79,00	82,40	92,00	99,70	105,10
45	Min	21,30	56,90	72,20	87,50	92,50	96,50	107,80	116,70	123,10
60	Min	23,30	62,60	79,60	96,50	102,00	106,50	119,00	128,90	135,90
90	Min	26,10	70,80	90,00	109,30	115,50	120,50	134,70	146,00	153,90
2	h	28,30	76,80	97,70	118,60	125,30	130,80	146,20	158,40	167,10
3	h	32,10	87,30	111,10	134,80	142,50	148,70	166,20	180,10	190,00
4	h	34,90	94,70	120,50	146,30	154,60	161,40	180,40	195,50	206,20
5	h	38,70	101,40	128,40	155,40	164,10	171,20	191,10	206,90	218,10
6	h	41,80	106,80	134,80	162,80	171,80	179,20	199,80	216,20	227,80
7	h	44,50	111,40	140,20	169,00	178,30	185,90	207,10	224,00	236,00
8	h	46,80	115,40	144,90	174,50	184,00	191,80	213,50	230,80	243,10
9	h	48,80	118,90	149,10	179,30	189,00	196,90	219,20	236,80	249,30
10	h	50,60	122,00	152,80	183,50	193,40	201,50	224,20	242,20	254,90
12	h	53,70	127,50	159,20	190,90	201,20	209,50	232,90	251,50	264,60

Karbach:

Fläche: 10.47 km²

Höhe: 1.264.70 m SH

Jährlichkeit		1	5	10	20	25	30	50	75	100
Dauerstufe										
5	Min	5,70	11,70	14,40	17,00	17,80	18,50	20,50	22,00	23,10
10	Min	10,30	25,50	32,00	38,60	40,70	42,40	47,20	51,00	53,70
15	Min	13,30	34,40	43,40	52,50	55,40	57,80	64,40	69,70	73,50
20	Min	15,20	39,90	50,50	61,10	64,50	67,30	75,10	81,40	85,80
30	Min	18,00	48,10	61,10	74,00	78,20	81,60	91,20	98,80	104,10
45	Min	20,70	56,20	71,40	86,70	91,60	95,60	106,80	115,80	122,10
60	Min	22,70	61,90	78,70	95,60	101,10	105,50	117,90	127,80	134,80
90	Min	25,40	69,90	89,10	108,20	114,40	119,50	133,60	144,80	152,80
2	h	27,60	76,00	96,80	117,60	124,30	129,80	145,20	157,40	166,00
3	h	31,40	86,50	110,30	134,10	141,70	148,00	165,50	179,40	189,20
4	h	34,10	94,00	119,90	145,70	154,00	160,80	179,90	195,00	205,70
5	h	38,10	101,50	128,80	156,00	164,80	172,00	192,10	208,10	219,40
6	h	41,40	107,50	136,00	164,50	173,60	181,10	202,10	218,70	230,60
7	h	44,20	112,70	142,10	171,60	181,10	188,80	210,50	227,80	240,00
8	h	46,70	117,10	147,40	177,80	187,50	195,50	217,90	235,60	248,20
9	h	48,80	121,00	152,10	183,20	193,20	201,40	224,30	242,50	255,40
10	h	50,70	124,50	156,30	188,10	198,30	206,70	230,10	248,70	261,90
12	h	54,00	130,60	163,60	196,50	207,10	215,80	240,10	259,40	273,10



Jaglingbach:

Fläche: 7.36 km²

Höhe: 1.196.60 m SH

Jährlichkeit		1	5	10	20	25	30	50	75	100
Dauerstufe										
5	Min	5,70	11,80	14,40	17,00	17,80	18,50	20,40	21,90	23,00
10	Min	10,50	25,70	32,20	38,80	40,90	42,60	47,40	51,20	54,00
15	Min	13,60	34,70	43,70	52,80	55,70	58,10	64,80	70,10	73,90
20	Min	15,50	40,20	50,90	61,50	65,00	67,80	75,60	81,80	86,30
30	Min	18,40	48,60	61,60	74,60	78,80	82,20	91,80	99,40	104,80
45	Min	21,20	56,70	72,00	87,40	92,30	96,30	107,60	116,60	122,90
60	Min	23,20	62,50	79,50	96,40	101,90	106,30	118,80	128,70	135,70
90	Min	26,00	70,70	89,90	109,20	115,30	120,40	134,60	145,90	153,80
2	h	28,20	76,80	97,70	118,70	125,40	130,90	146,30	158,60	167,30
3	h	32,10	87,20	111,00	134,70	142,40	148,60	166,10	180,00	189,90
4	h	34,80	95,10	121,10	147,10	155,50	162,30	181,40	196,60	207,40
5	h	38,70	101,90	129,20	156,40	165,20	172,30	192,40	208,30	219,70
6	h	41,90	107,50	135,80	164,00	173,10	180,50	201,40	217,90	229,60
7	h	44,50	112,20	141,30	170,40	179,80	187,50	209,00	226,00	238,10
8	h	46,90	116,20	146,10	176,00	185,60	193,50	215,50	233,00	245,40
9	h	48,90	119,80	150,40	180,90	190,80	198,80	221,30	239,20	251,90
10	h	50,70	123,00	154,20	185,30	195,30	203,50	226,50	244,70	257,60
12	h	53,90	128,60	160,80	192,90	203,30	211,70	235,40	254,30	267,60

Grabenbach:

Fläche: 10.75 km²

Höhe: 1.055.30 m SH

Jährlichkeit		1	5	10	20	25	30	50	75	100
Dauerstufe										
5	Min	5,90	12,70	15,70	18,60	19,60	20,40	22,50	24,30	25,50
10	Min	10,80	26,20	32,90	39,60	41,70	43,50	48,40	52,30	55,10
15	Min	13,90	34,90	44,00	53,10	56,00	58,40	65,10	70,40	74,10
20	Min	15,80	40,30	50,90	61,50	64,90	67,60	75,40	81,60	86,00
30	Min	18,70	48,40	61,20	74,00	78,10	81,50	90,90	98,40	103,70
45	Min	21,60	56,30	71,30	86,30	91,10	95,00	106,00	114,80	121,00
60	Min	23,60	61,90	78,40	94,90	100,30	104,60	116,80	126,40	133,30
90	Min	26,40	69,80	88,50	107,20	113,20	118,10	131,90	142,80	150,60
2	h	28,60	75,30	95,50	115,60	122,10	127,40	142,20	154,00	162,30
3	h	32,30	84,70	107,30	129,90	137,20	143,10	159,80	173,00	182,40
4	h	34,90	91,40	115,70	140,10	147,90	154,30	172,20	186,50	196,60
5	h	38,80	98,40	124,00	149,70	158,00	164,70	183,60	198,60	209,30
6	h	42,00	104,10	130,80	157,60	166,20	173,20	192,90	208,60	219,70
7	h	44,60	108,90	136,60	164,20	173,10	180,40	200,80	217,00	228,50
8	h	47,00	113,10	141,50	170,00	179,10	186,60	207,60	224,30	236,10
9	h	49,00	116,70	145,90	175,10	184,40	192,10	213,60	230,70	242,80
10	h	50,80	120,00	149,80	179,60	189,20	197,00	219,00	236,40	248,80
12	h	54,00	125,70	156,60	187,50	197,40	205,50	228,30	246,40	259,20

Gesamteinzugsgebiet Rettenbach ohne Flächenabminderung:

Summe Fläche: 70.15 km²

Mittlere Höhe: 1.170.03 m SH

Jährlichkeit		1	5	10	20	25	30	50	75	100
Dauerstufe										
5	Min	5,80	12,10	14,90	17,60	18,50	19,30	21,30	22,90	24,00
10	Min	10,60	25,90	32,60	39,20	41,30	43,00	47,90	51,80	54,60
15	Min	13,60	34,80	43,90	53,00	56,00	58,40	65,10	70,40	74,20
20	Min	15,60	40,30	51,00	61,70	65,10	67,90	75,80	82,00	86,40
30	Min	18,40	48,60	61,60	74,60	78,70	82,20	91,70	99,30	104,70
45	Min	21,20	56,60	71,90	87,20	92,10	96,10	107,30	116,30	122,60
60	Min	23,20	62,40	79,20	96,10	101,50	106,00	118,40	128,30	135,30
90	Min	26,00	70,40	89,60	108,70	114,90	119,90	134,00	145,20	153,10
2	h	28,20	76,30	97,00	117,80	124,40	129,90	145,20	157,30	165,90
3	h	31,90	86,40	109,90	133,40	140,90	147,10	164,40	178,20	187,90
4	h	34,70	93,80	119,20	144,70	152,90	159,60	178,30	193,20	203,80
5	h	38,60	100,80	127,60	154,40	163,00	170,10	189,80	205,50	216,60
6	h	41,80	106,60	134,50	162,30	171,30	178,70	199,20	215,50	227,10
7	h	44,50	111,40	140,20	169,10	178,30	185,90	207,10	224,00	236,00
8	h	46,90	115,70	145,30	174,90	184,40	192,20	214,00	231,30	243,60
9	h	49,00	119,40	149,70	180,00	189,80	197,70	220,10	237,80	250,40
10	h	50,80	122,70	153,60	184,60	194,60	202,70	225,50	243,60	256,50
12	h	54,00	128,50	160,50	192,50	202,90	211,30	234,90	253,60	266,90



Gesamteinzugsgebiet Rettenbach mit schwacher Flächenabminderung:

Summe Fläche: 70.15 km²

Mittlere Höhe: 1.170.03 m SH

Jährlichkeit		1	5	10	20	25	30	50	75	100
Dauerstufe										
5	Min	4,10	8,60	10,50	12,40	13,10	13,60	15,00	16,10	16,90
10	Min	7,40	18,30	23,00	27,60	29,10	30,40	33,80	36,50	38,50
15	Min	9,60	24,50	31,00	37,40	39,50	41,20	45,90	49,70	52,30
20	Min	11,50	29,90	37,80	45,70	48,30	50,40	56,20	60,80	64,10
30	Min	14,50	38,30	48,60	58,80	62,10	64,80	72,40	78,40	82,60
45	Min	17,60	46,90	59,50	72,20	76,20	79,60	88,90	96,30	101,50
60	Min	19,80	53,10	67,50	81,80	86,50	90,20	100,80	109,20	115,20
90	Min	22,90	62,00	78,80	95,60	101,00	105,50	117,90	127,70	134,70
2	h	25,30	68,40	87,00	105,60	111,60	116,50	130,20	141,10	148,80
3	h	29,30	79,20	100,80	122,30	129,20	134,90	150,70	163,30	172,30
4	h	32,20	87,10	110,70	134,40	142,00	148,20	165,60	179,40	189,20
5	h	36,20	94,50	119,50	144,60	152,70	159,30	177,80	192,50	202,90
6	h	39,40	100,50	126,80	153,10	161,50	168,40	187,80	203,20	214,10
7	h	42,20	105,60	132,90	160,20	169,00	176,10	196,20	212,20	223,50
8	h	44,60	110,00	138,20	166,30	175,40	182,80	203,60	220,00	231,70
9	h	46,70	113,90	142,80	171,80	181,10	188,70	210,00	226,90	238,90
10	h	48,60	117,40	147,00	176,60	186,10	193,90	215,70	233,10	245,40
12	h	51,90	123,40	154,20	185,00	194,90	203,00	225,70	243,70	256,50

Die Konzentrationszeit oder kritische Dauerstufe D_K [min] wurde dabei in Abhängigkeit der maximalen Höhendifferenz ΔH [m] und der Einzugsgebietsfläche A [km²] nach folgender Formel (LORENZ & SKODA, 2000) eruiert:

$$D_K = 59,34 \cdot A^{0,692} \cdot (\Delta H)^{-0,32} \text{ [min]} \quad (\text{Gl. 1})$$

Demnach ist die kritische Dauerstufe – berechnet nach Gleichung 1 – für das Einzugsgebiet Rettenbach mit 105 Minuten (1,75 Stunden) anzugeben, wobei ein Ereignis der Jährlichkeit 100 (mit schwacher Flächenabminderung) somit eine Niederschlagshöhe von 141,8 mm aufweist.

Dieser Wert wird in Folge als zweites zeitliches Szenario (vergleiche Kapitel 5.2) für die Niederschlag-Abfluss-Simulation herangezogen werden.

Zum Vergleich liefert die Schätzformel nach PILGRIM (1987),

$$D_K = 8,55 \cdot A^{0,63} \text{ [min]} \quad (\text{Gl. 2})$$



zitiert in LORENZ & SKODA (2000), für die Konzentrationszeit bzw. kritische Dauerstufe einen Wert von 124 Minuten, der einer Niederschlagshöhe von 150,4 mm entspricht.

5.4. Abflussermittlung nach WUNDT

Die Berechnung des Abflusses, basierend auf der im GIS ausgeschiedenen Gesamtfläche der Teileinzugsgebiete (72,74 km²), ergibt entsprechend der Schätzformel nach WUNDT (1953) – siehe Gleichung 3 – ein HQ_{90%} von 180,7 m³/s.

$$HQ_{90\%} = 13,8 \cdot A^{0,6} \text{ [m}^3\text{/s]} \quad (\text{Gl. 3})$$

Diese Zahl entspricht fast exakt dem seitens der Gebietsbauleitung Salzkammergut berechneten Wert von 183 m³/s. Die Abweichung erklärt sich durch die von der Gebietsbauleitung unterstellte, unterschiedliche Einzugsgebietsfläche von 74,00 km².

In Tabelle 3 sind die Werte für den Abfluss bzw. den spezifischen Abfluss für die Teileinzugsgebiete des Rettenbaches ersichtlich.



Tabelle 3: Abfluss bzw. spezif. Abfluss nach WUNDT für die Teileinzugsgebiete

TEZG	Fläche [km ²]	Wundt [m ³ /s]	spezif. Abfluss [m ³ /s/km ²]
1	2,5696	24,3108	9,4609
2	3,7330	30,4168	8,1481
3	1,1478	14,9899	13,0597
4	3,7703	30,5988	8,1158
5	2,7618	25,3860	9,1918
51	2,3929	23,2934	9,7344
52	2,6717	24,8858	9,3146
53	1,3098	16,2256	12,3879
54	2,3746	23,1864	9,7643
6	2,2312	22,3358	10,0107
61	2,6065	24,5196	9,4071
62	1,3317	16,3879	12,3060
7	4,4990	34,0211	7,5619
71	2,4264	23,4886	9,6804
8	2,6869	24,9707	9,2935
9	2,2119	22,2197	10,0455
91	2,6164	24,5755	9,3929
92	0,2660	6,2346	23,4383
93	2,3917	23,2864	9,7364
94	1,6249	18,4661	11,3645
95	1,9776	20,7760	10,5057
10	0,6103	10,2614	16,8136
11	2,1689	21,9595	10,1247
12	2,5092	23,9663	9,5514
121	1,0845	14,4883	13,3594
13	0,7847	11,9317	15,2054
14	1,4199	17,0307	11,9943
15	4,1172	32,2582	7,8350
151	2,4689	23,7346	9,6134
152	3,4547	29,0352	8,4046
153	4,3206	33,2052	7,6853
Summe	72,7400	180,6937	

5.5. Niederschlag-Abfluss-Simulation

5.5.1. Allgemeines zum Modell NASIM

Die Firma HYDROTEC (Aachen, BRD) hat ein Modell entwickelt, das zur kontinuierlichen Abflussvorhersage in Einzugsgebieten herangezogen werden kann. NASIM (**N**iederschlag-**A**bfluss-**S**imulation) ist den konzeptuellen Modellen (so genannte „grey box“ - Modelle) zuzuordnen. Diese stützen sich auf physikalische Gesetze in vereinfachter Näherung und beinhalten ein gewisses Maß an Empirie. Die physikalischen Elemente (Boden, Interzeption etc.) werden in NASIM als Speicher repräsentiert, wobei mit Hilfe von Parameter- und Variablenkonstellationen



(wie z.B. Versiegelungsgrad, Infiltrationsvermögen, Gesamtporenvolumen des Bodens etc.) eine Anpassung des Modells an die Einzugsgebietseigenschaften erreicht wird. Mit der aktuellen Version 3.2 ist eine Umkehrung der Orts-Zeit-Schleife erfolgt, was bedeutet, dass nun das gesamte System in einem Zeitschritt simuliert wird, um Rückkopplungen im System besser abbilden zu können.

Das Programm wurde für deutsche Verhältnisse konzipiert, deshalb sind hinsichtlich der klimatischen, topographischen und hydrologischen Eingangsparameter Anpassungen an das jeweilige Einsatzgebiet vorzunehmen.

Das Modell ist auf 5 Teilprozesse aufgebaut (Abbildung 6). Dazu zählen:

- Belastungsbildung (Regen und/oder Schneeschmelze)
- Belastungsverteilung (Gebietsniederschlag)
- Belastungsaufteilung in Versickerungs-, Verdunstungs- u. Abflussanteil
- Abflusskonzentration (Transport u. Verzögerung der Abflussanteile)
- Translation der Abflusswelle (Gerinneretention)

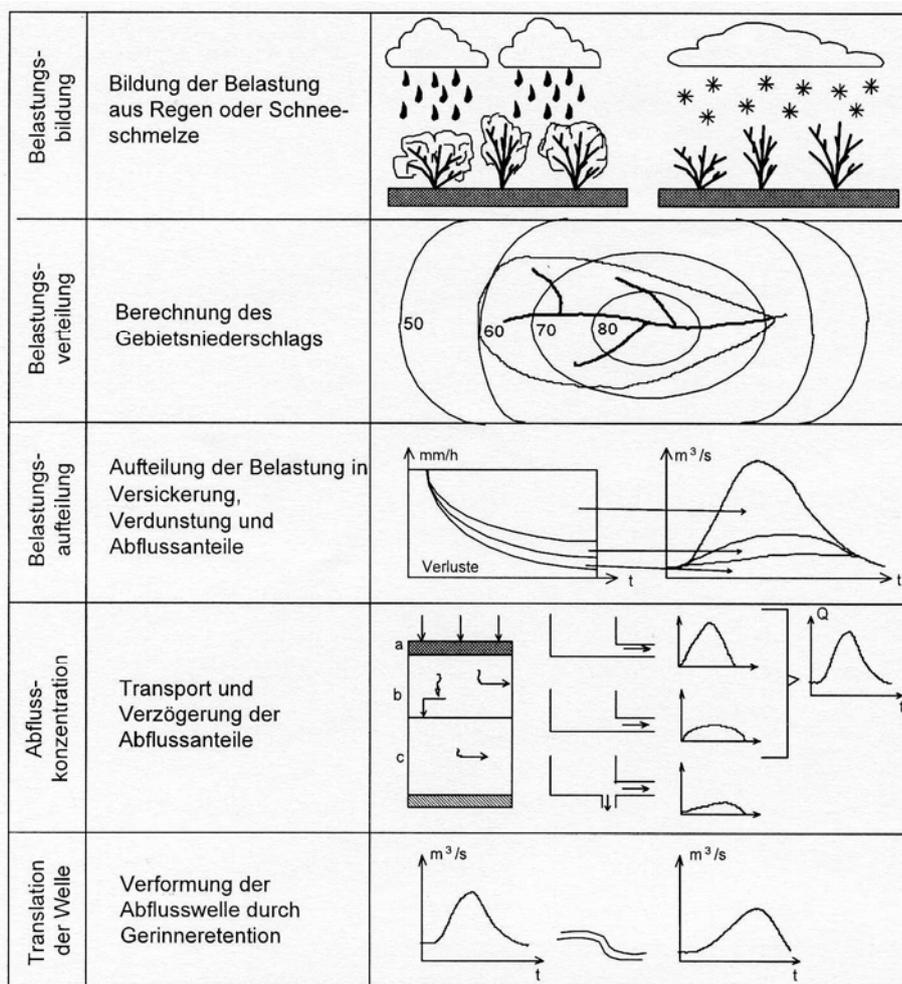


Abbildung 6: Strukturierung von NASIM (HYDROTEC GmbH, 2003)

5.5.2. Methodik

Für das vorliegende Projekt kam ein digitales Geländemodell mit einer Rasterweite von 10 Metern zur Verwendung. Im Geographischen Informationssystem ArcView wurden numerische Fehler im Geländemodell („sinks“) durch GIS-Tools bereinigt und dieses somit für Gridbasierte Analysen aufbereitet. Die automatisierte Berechnung von Fließrichtung („flow direction“), Fließakkumulation („flow accumulation“) sowie Gerinnenetz („stream network“) erlauben die Abgrenzung von Teileinzugsgebieten (TEZG). Die Gesamtfläche aller Teileinzugsgebiete beträgt, abweichend zu den Flächenermittlungen der Gebietsbauleitung Salzkammergut, 72,74 km² (Wildbachaufnahmeblatt 1999: 71 km²; Technischer Bericht des Bauprogramms für Sofortmaßnahmen 1996:



74 km²; Hydrographischen Zentralbüro (Berechnung nach Lorenz-Skoda): 70,15 km²).

In weiterer Folge wurden den Teileinzugsgebieten Kennwerte zu Landnutzung, Bodentyp und –art zugeordnet sowie das Gerinnenetz mit seinen Eigenschaften spezifiziert. Die Verschneidung sämtlicher Informationen führt zu so genannten Elementarflächen, die als Basis für die Niederschlags-Abfluss-Simulation herangezogen werden.

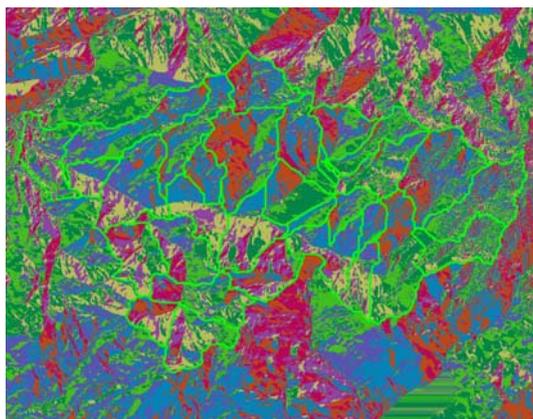


Abbildung 7: TEZG mit „flow direction“

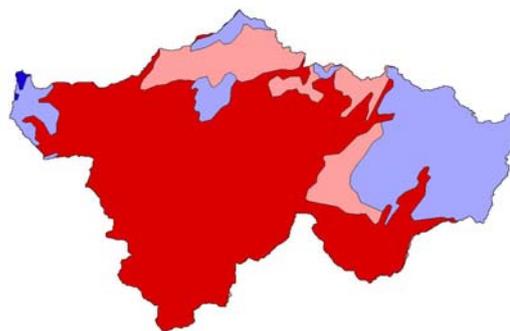


Abbildung 8: EZG mit Landnutzung



Abbildung 9: TEZG mit „stream network“



Abbildung 10: Verschneidung zu Elementarflächen

In den Systemelementen werden Informationen wie Gebietsfläche, Differenzhöhe zur Klimastation, bei Fließgewässer die Gerinnelänge und die Sohlneigung erfasst. Außerdem ist der Versiegelungsgrad (Haus ist überwiegend versiegeltes Gebiet; Baum ist überwiegend unversiegeltes Gebiet) ersichtlich.

In einem weiteren Schritt ist das Modell zu kalibrieren. Zu diesem Zweck werden dokumentierte Niederschlagsereignisse nachsimuliert und die



Abflussergebnisse den Aufzeichnungen des Rettenbach-Abflusspegels bei der Grabenbachbrücke gegenübergestellt. Gegebenfalls können somit Unstimmigkeiten festgestellt und durch Nachjustierung der Modellkonfiguration behoben werden.

Nach erfolgter und zufrieden stellender Kalibrierung kann die eigentliche Niederschlag-Abfluss-Simulation durchgeführt werden.

Die Temperatur- und Verdunstungszeitreihe wurde synthetisch auf einem konstanten Wert (Temperatur: 20 C, Verdunstungshöhe: 0 mm/d) gehalten, da diese Erfahrungsgemäß bei einem Starkniederschlagsereignis keinen erheblichen Einfluss auf die Abflussbildung ausüben.

Abbildung 11 zeigt einen Teilausschnitt (Oberlaufbereich) aus dem Systemplan zum vorliegenden Projekt in NASIM.

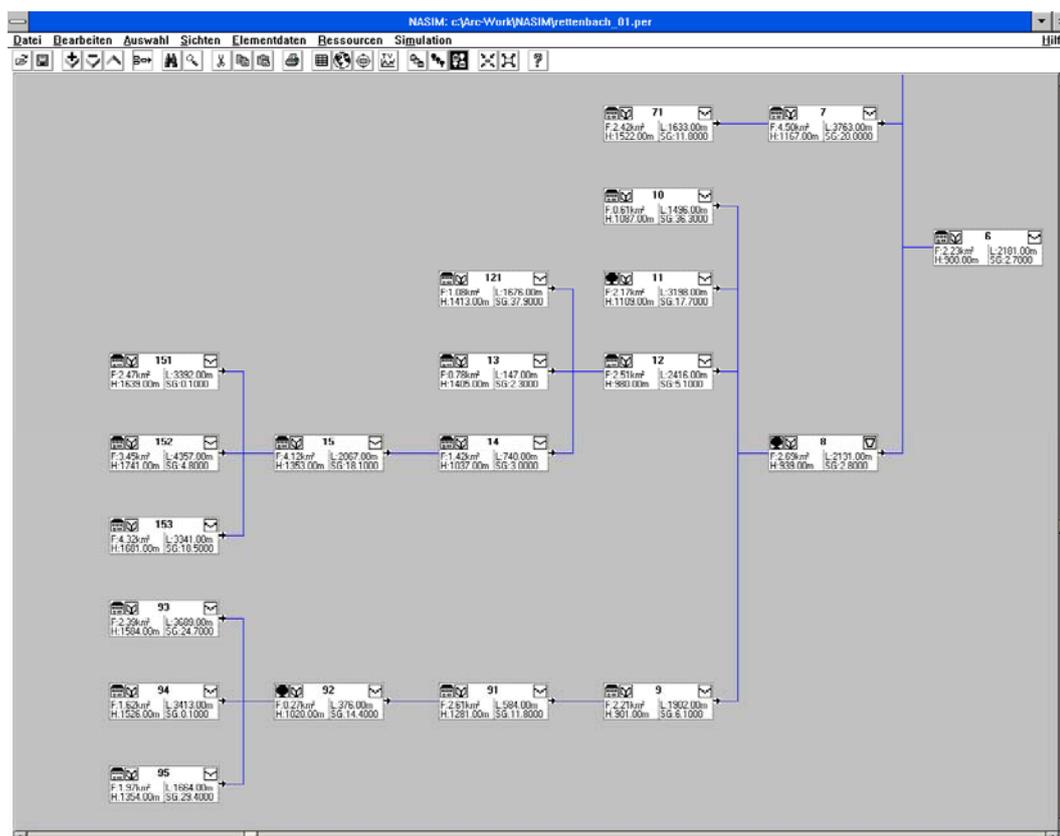


Abbildung 11: Teilausschnitt des Systemplans zur Persistenzdatei „rettenbach.per“



Als Simulationsdauer (Realzeit) wurden 96 Stunden (4 Tage) mit einer Auflösung des Niederschlages von 5 Minuten angesetzt, um auch das Verhalten des Basisabflusses (aus dem tiefen Boden- und Grundwasserspeicher) entsprechend abbilden zu können. Die Simulation wurde für die gewählte Dauerstufe mit der Jährlichkeit 100 durchgeführt.

5.5.3. Modell-Kalibrierung

Zur Kalibrierung des Modells wurden die Niederschlagsdaten der Station Altaussee herangezogen, da diese das obere Einzugsgebiet des Rettenbaches lagemäßig aber vor allem höhenmäßig wesentlich besser repräsentiert als die am Ausgang des Einzugsgebietes Rettenbach in Tallage situierte Niederschlagsstation Bad Ischl. Dieser Bezug spiegelt sich auch in den Ergebnissen der Berechnung nach Lorenz-Skoda wieder. Verwendet wurden zwei Ereignisse der Jahre 1996 bzw. 1997 (Abbildung 12 & Abbildung 13), wobei letztendlich eine gute Übereinstimmung zwischen dem simulierten Abfluss und den jeweiligen gemessenen Daten des Rettenbach-Abflusspegels bei der Grabenbachbrücke hergestellt werden konnte.

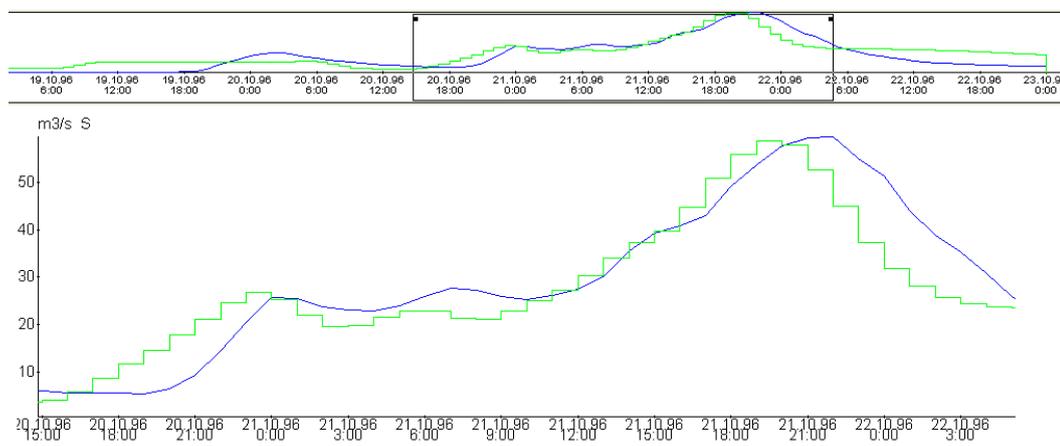


Abbildung 12: Simulierte (grün) und gemessene (blau) Abflussganglinie für das Kalibrierungsereignis 1996

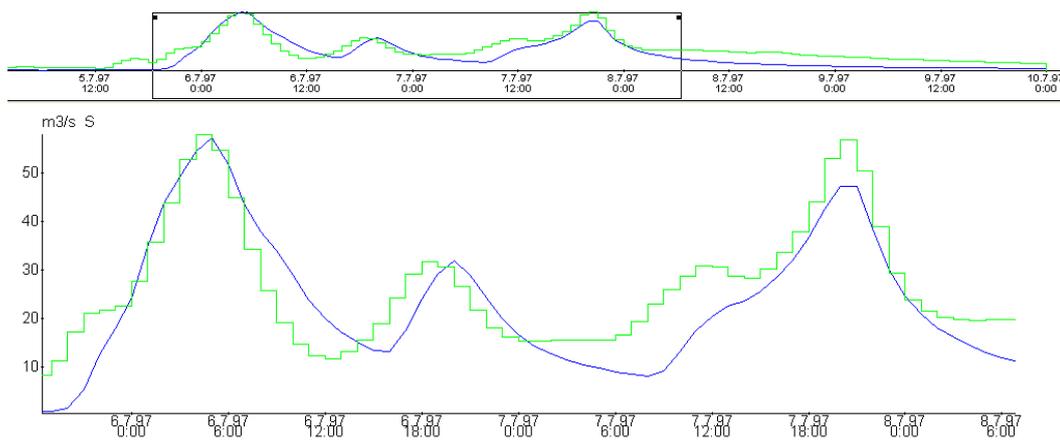


Abbildung 13: Simulierte (grün) und gemessene (blau) Abflussganglinie für das Kalibrierungsereignis 1997

5.5.4. Eingangsdaten

Die Gerinneprofile (siehe 3.1) wurden bewusst derart überhöht, dass ein Wasseraustritt in das Vorland und eine retendierende Wirkung desselben unmöglich wird. Somit wurde der Gerinnelauf völlig kanalisiert um Spitzenwerte des Abflusses zu erhalten.

Für die numerische Simulation wurden sowohl zeitliche als auch räumliche Szenarien definiert.

So wurden als zeitliches Szenario einerseits die Ergebnisse nach LORENZ & SKODA (2000) herangezogen, die für die geforderten Wiederkehrdauern (1, 30 und 100 Jahre) und der maßgeblichen Niederschlagsdauer (kritische Dauerstufe) folgende Werte annehmen:

Jährlichkeit [a]	Dauerstufe [min]	h_N [mm]
1	105'	24,1
30	105'	111,0
100	105'	141,8

Andererseits wurden auch die Ergebnisse der Extremwertanalyse (215,7 mm in 24 Stunden) als zusätzliches Szenario eingesetzt.

Die in Tabelle 4 bzw. Abbildung 14 dargestellten Niederschlagsszenarien kommen für die Niederschlags-Abflusssimulation mittels NASIM zur Anwendung. Dabei handelt es sich um anfangs-, mitten- bzw. endbetonte



Niederschlagsverteilungen sowie Blockniederschläge, die entsprechend den Empfehlungen des DVWK (1984) aus den Ergebnissen der Berechnungen nach LORENZ & SKODA (2000) bzw. nach GUMBEL erstellt wurden.

Tabelle 4: In der Simulation berücksichtigte zeitliche Niederschlagsszenarien

Berechnung nach	ID	T_N [a]	t_n [min]	Niederschlag [mm]	Szenarien
LORENZ & SKODA	ls141a	100	105	141,8	Teileinzugsgebiete anfangsbetont
LORENZ & SKODA	ls141m	100	105	141,8	Teileinzugsgebiete mittlenbetont
LORENZ & SKODA	ls141e	100	105	141,8	Teileinzugsgebiete endbetont
LORENZ & SKODA	ls141b	100	105	141,8	Teileinzugsgebiete Block
GUMBEL	g215a	100	1440	215,8	gesamtes EZG anfangsbetont
GUMBEL	g215m	100	1440	215,8	gesamtes EZG mittlenbetont
GUMBEL	g215e	100	1440	215,8	gesamtes EZG endbetont
GUMBEL	g215b	100	1440	215,8	gesamtes EZG Block

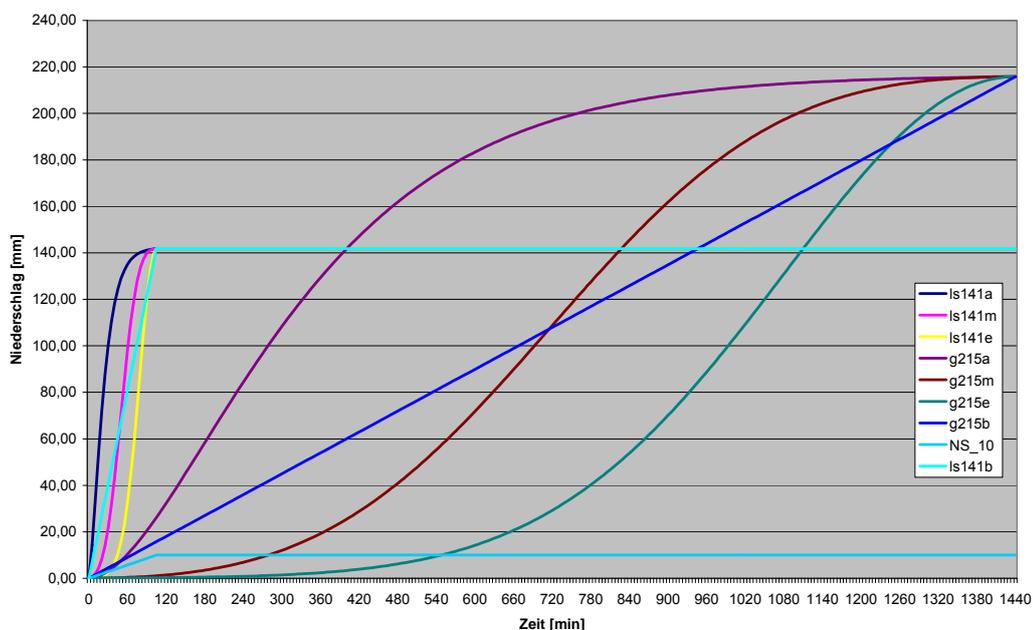


Abbildung 14: In der Simulation berücksichtigte Niederschlagsszenarien

Da es höchst unwahrscheinlich ist, dass ein Einzugsgebiet mit einer Flächenausdehnung von über 70 km² komplett in den Wirkungsbereich einer einzelnen Gewitterzelle fällt, wurden zusätzlich zu den zeitlichen Szenarien auch räumliche Szenarien beschrieben. Auch die Fläche der dabei ausgeschiedenen Teileinzugsgebiete wird von einer einzelnen Schauerzelle nur selten komplett bestrichen werden.

So wurden in den unterschiedlichen Szenarien relevante Teileinzugsgebiete (TEZG; siehe Tabelle 5) wie der östliche Ausläufer des



Einzugsgebietes (TEZG 15, 151, 152, 153), der Karbach (TEZG 9, 91, 92, 93, 94, 95), der Jaglingbach (TEZG 7, 71) sowie der Grabenbach (TEZG 5, 51, 52, 53, 54) gesondert mit einem Starkniederschlag von 141,8 mm (innerhalb von 105 Minuten) beaufschlagt, während die restlichen Teileinzugsgebiete mit einer schwachen Intensität von 10 mm überregnet werden (Abbildung 15 – Abbildung 18).

Tabelle 5: Fläche der relevanten Teileinzugsgebiete

	Fläche [km ²]
Grabenbach	12
Jaglingbach	7
Karbach	11
östl. EZG	14

Weiters wird entsprechend den langjährigen Niederschlagsbeobachtungen ein weiteres räumliches Szenario mit einem 24-Stunden Niederschlag von 215,7 mm simuliert, der auf das gesamte Einzugsgebiet gleichmäßig wirkt.



Abbildung 15: TEZG Grabenbach



Abbildung 16: TEZG Jaglingbach



Abbildung 17: TEZG Karbach

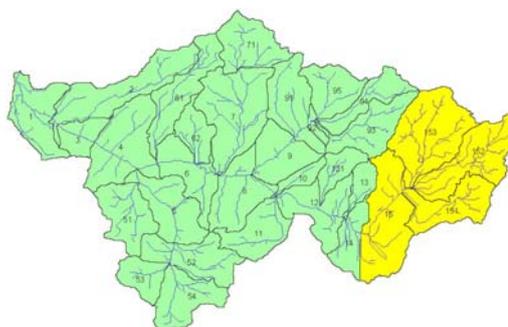


Abbildung 18: östliche TEZG



Tabelle 6: In der Simulation berücksichtigte räumliche Niederschlagsszenarien

Szenario	Beaufschlagung der Teileinzugsgebiete (TEZG) [mm]				
	Grabenbach	Jaglingbach	Karbach	Östl. TEZG	restliche TEZG
1	215,7	215,7	215,7	215,7	215,7
2	141,8	10	10	10	10
3	10	141,8	10	10	10
4	10	10	141,8	10	10
5	10	10	10	141,8	10

Entsprechend der Tabelle 4 und Tabelle 6 wurden somit 20 unterschiedliche Szenarien simuliert.

5.6. Vergleich und Interpretation der Ergebnisse

Die Ergebnisse zeigen, dass die Niederschlags-Abflusssimulation äußerst sensibel auf die Niederschlagsverteilung reagiert. So weist der Block-Niederschlag (b) für jedes untersuchte Teileinzugsgebiet (TEZG) die geringste Höhe auf, während anfangsbetonter Niederschlag (a), mittenbetonter Niederschlag (m) und endbetonter Niederschlag (e) jeweils deutlich höhere Werte aufweisen.

5.6.1. Ergebnisse für ein Starkregenereignis mit $t_N=105$ min

Tabelle 7 zeigt die Simulationsergebnisse für die untersuchten Teileinzugsgebiete für das Ereignis nach LORENZ-SKODA mit $T_N=100$ Jahre und $t_N=105$ min bei einem Niederschlag von 141,8 mm. Dabei wurde – wie bereits erwähnt – nur das jeweilige Teileinzugsgebiet mit 141,8 mm beaufschlagt, das gesamte restliche Einzugsgebiet wurde mit 10 mm überregnet.

Tabelle 7: NASIM-Ergebnisse für die untersuchten Teileinzugsgebiete

	Grabenbach				Jaglingbach			
	a	m	e	b	a	m	e	b
Spitzenabfluss [m³/s]	127	127	132	112	78	71	80	63
Abflussspitze [h]	02:05	02:35	03:00	02:45	00:30	01:10	01:35	01:45
Abflussbeiwert [%]	91	91	92	91	95	95	95	94
	Karbach				östl. EZG			
	a	m	e	b	a	m	e	b
Spitzenabfluss [m³/s]	119	116	119	108	525	449	506	262
Abflussspitze [h]	02:00	02:30	03:00	02:10	00:35	01:10	01:35	01:45
Abflussbeiwert [%]	94	94	94	93	98	98	98	97



Vergleicht man dazu die Werte nach Wundt, so zeigen sich vor allem für den Block-Niederschlag für die TEZG Grabenbach, Jaglingbach und Karbach ähnliche Größenordnungen (Tabelle 8).

Tabelle 8: Abflussspitzen nach Wundt (1953) bzw. NASIM in m^3/s

	Wundt [m^3/s]	NASIM [m^3/s]
Grabenbach	113	132
Jaglingbach	58	80
Karbach	93	119
östl. EZG	118	525

Völlig unrealistisch sind jedoch die Abflussganglinien für das östliche Einzugsgebiet. Bei derart hohen Niederschlagsintensitäten ist die genaue Kenntnis über den Grundwasserspeicher, also das Karstsystem, unerlässlich. Bei der Modellerstellung wurde von einem hohen Versiegelungsgrad in Felsregionen ausgegangen.

Auf Grund der unbekanntenen Eigenschaften bezüglich des Retentionsverhalten des Karstkörpers im oberen Einzugsgebiet sowie der Vernachlässigung von lokalem Muldenrückhalt sind die Simulationsergebnisse für einen Starkniederschlag im östlichen Teileinzugsgebiet als theoretische Werte zu betrachten, die rein rechnerisch entstanden sind und in der Natur so mit großer Wahrscheinlichkeit nicht auftreten.

Aus diesem Grund werden die errechneten Abflussdaten der Starkniederschlagssimulation für das östliche Einzugsgebiet in den nachstehenden Darstellungen nicht berücksichtigt. Da diese Daten jedoch in Folge für hydraulische Berechnungen als Eingangsdaten benötigt werden, werden sie mittels eines Korrekturfaktors an die Ergebnisse der restlichen Teileinzugsgebiete angenähert.

Aus den Teileinzugsgebieten (TEZG) Grabenbach, Jaglingbach und Karbach wurde die mittlere Abweichung des jeweiligen NASIM-Spitzenabflusses zu den korrespondierenden Wundt-Werten berechnet ($=0,7857$). Damit wurde für das östliche TEZG ein neuer Spitzenabfluss errechnet ($150 \text{ m}^3/\text{s}$). Dieser weist zu dem ursprünglich simulierten NASIM-Ergebnis für den östlichen Spitzenabfluss eine Differenz von



71,21 % auf. Somit wurde eine neue Abflussganglinie synthetisiert, indem die Original-NASIM-Ganglinie des östlichen TEZG mit 0,2869 multipliziert wurde (dies entspricht einer Reduktion um 71,21 %). Die derart entstandene Ganglinie erscheint in Relation zu den Wundt-Werten ($118 \text{ m}^3/\text{s}$) plausibel und wird in weiterer Folge für die hydraulischen Berechnungen verwendet.

Betrachtet man den Gesamtabfluss am Ausgang des Einzugsgebietes Rettenbach, also im Siedlungsgebiet Bad Ischl, so zeigen sich je nach mittels Starkregen beaufschlagtem Teileinzugsgebiet unterschiedliche Ergebnisse. Die Abflussspitzen im Siedlungsgebiet von Bad Ischl bei einer Beaufschlagung der unterschiedlichen Teileinzugsgebiete sind in Tabelle 9 bzw. in Abbildung 19 ersichtlich.

Tabelle 9: Spitzenabfluss in Bad Ischl bei Beaufschlagung des jeweiligen TEZG

Spitzenabfluss in Bad Ischl [m^3/s]	
Grabenbach	122
Jaglingbach	72
Karbach	112
östl. EZG	151 (nach Korrektur)

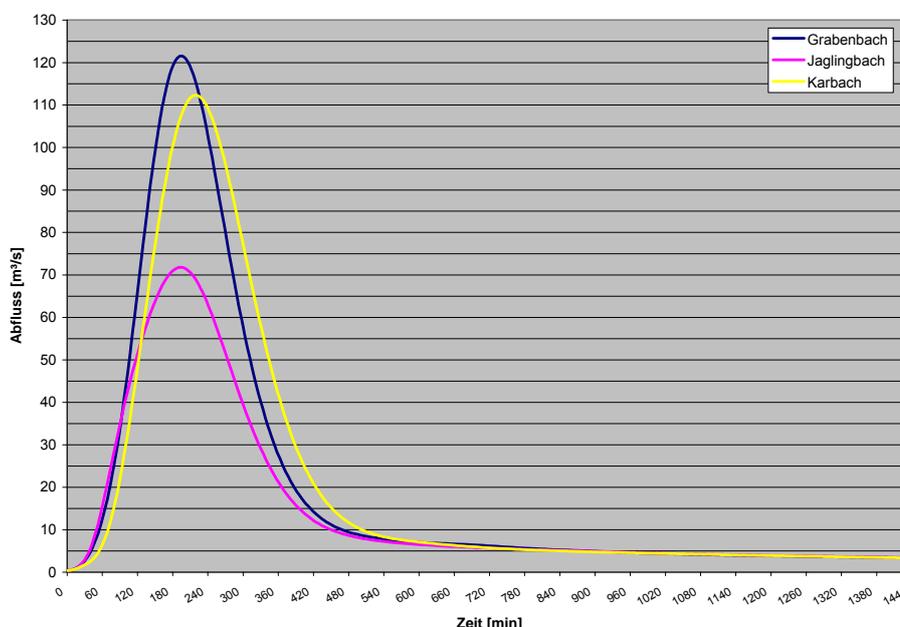


Abbildung 19: Abflussganglinien für das Siedlungsgebiet Bad Ischl bei Beaufschlagung des jeweiligen Teileinzugsgebietes



5.6.2. Ergebnisse für eine Niederschlagsereignis mit $t_N=24$ h

In der Chronik finden sich Berichte über einen Eintagesniederschlag von 151 mm bzw. einen Zweitagesniederschlag von 211 mm (31.07.1977). Am 13.09.1899 wurde ein Tageswert von 217 mm erreicht.

Demnach erscheint es durchaus sinnvoll, das gesamte Einzugsgebiet für 24 Stunden einer Niederschlagshöhe von 215,7 mm (entsprechend den Ergebnissen der Extremwertstatistik) auszusetzen.

Dabei ergaben sich folgende Spitzenabflüsse für die einzelnen Teileinzugsgebiete bzw. das gesamte Einzugsgebiet im Siedlungsbereich Bad Ischl, die in Tabelle 10 ersichtlich sind. Der spezifische Niederschlag für das gesamte Einzugsgebiet des Rettenbaches bewegt sich dabei zwischen 2 und 4 $\text{m}^3/\text{s}\cdot\text{km}^2$.

Tabelle 10: NASIM-Ergebnisse für die untersuchten Teileinzugsgebiete bzw. das gesamte Einzugsgebiet

	Grabenbach				Jaglingbach			
	a	m	e	b	a	m	e	b
Spitzenabfluss [m^3/s]	44	33	41	20	29	23	28	13
Abflussspitze [h]	06:05	14:20	20:10	24:00	05:45	14:00	19:45	24:00
Abflussbeiwert [%]	89	88	88	86	93	92	92	91
	Karbach				östl. EZG			
	a	m	e	b	a	m	e	b
Spitzenabfluss [m^3/s]	48	38	46	21	85	64	75	33
Abflussspitze [h]	05:55	14:10	19:55	24:00	04:05	12:45	18:40	24:00
Abflussbeiwert [%]	92	91	91	90	97	97	97	96
	gesamtes EZG							
	a	m	e	b				
Spitzenabfluss [m^3/s]	304	243	294	137				
Abflussspitze [h]	07:25	15:35	21:20	24:10				
Abflussbeiwert [%]	92	91	91	90				

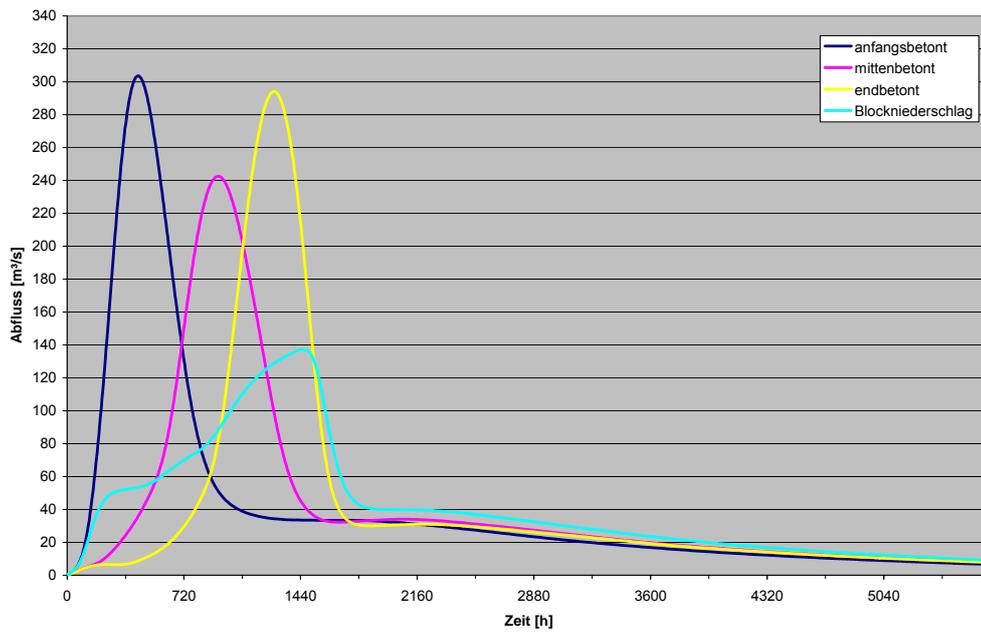


Abbildung 20: Abflussganglinien für das Siedlungsgebiet Bad Ischl in Abhängigkeit der Niederschlagsverteilung für das gesamte EZG



6. Hydraulische Simulation

6.1. Vorgangsweise

Für die vorliegende Fragestellung sind die Rettenbachalm sowie das Mündungsgebiet des Rettenbaches in den Vorfluter Traun im Siedlungsraum Bad Ischl von entscheidendem Interesse. Innerhalb dieser Zonen interessiert vor allem die Beanspruchung der Flächen in lateraler Richtung zur Bachachse. Demnach empfiehlt es sich hier ein zweidimensionales numerisches Modell zu wählen, um etwaige Überflutungsflächen entsprechend darstellen zu können. Für die Rettenbachalm ist die Genauigkeit des vorhandenen digitalen Geländemodells ausreichend, während diese im Siedlungsgebiet als ungenügend zu bewerten ist. Hier standen Profile diverser Verbauungsprojekte zur Verfügung. Da die Anforderung an die Genauigkeit des Geländemodells im Siedlungsbereich generell höher ist als in unbewohnten Bereichen und eine tachymetrische Aufnahme nicht stattgefunden hat, muss im Stadtgebiet auf eine zweidimensionale Simulation verzichtet werden.

Entsprechend den obigen Ausführungen kommt im Gebiet von der Klause (hm 90,3) bis unterhalb der Blocksteinrampe (hm 73,5) bachabwärts der Einmündung des Jaglingbaches (hm 75,2) das 2D-Modell FLUMEN zur Anwendung. Der gesamte Bachlauf von der Klause bis zur Mündung in den Vorfluter wird mit dem 1D-Modell SETRAC untersucht. Im Abschnitt zwischen der Rettenbachalm und Bad Ischl ist der Bachlauf derart in das Gelände eingeschnitten, dass von einem kanalisierten Gerinne gesprochen werden kann, der die Verwendung eines 1D-Modelles rechtfertigt.

In Tabelle 11 werden markante Punkte entlang des Bachlaufes angeführt, auf denen im Zuge der Simulation besonderes Augenmerk ruht.



Tabelle 11: Markante Punkte entlang des Rettenbaches

Lokalität	hm
Mündung in den Vorfluter Traun	0,0
Ortsbeginn rechtsufrig	9,0
Rettenbachmühle	15,5
Mündung Grabenbach	49,5
Almende=Blocksteinrampe	73,5
Mündung Jaglingbach	75,2
Mündung Karbach	85,5
Almbeginn (Brücke, Schluchtende)	87,4
Klause	90,7
Stauraum	90,7 bis 93,4

6.2. Eingangsdaten

Als Basis der hydronumerischen Simulation kam ein digitales Geländemodell (50 m-Höhenschichtlinien, interpoliert auf 10 m) zur Anwendung.

Im Bereich der Rettenbachalm sowie im Ortsgebiet von Bad Ischl wurden zusätzlich ausgewählte Quer- und Längsprofile erhoben und gemeinsam mit den Querprofilen des technischen Berichts des Bauprogramms für Sofortmaßnahmen 1998 der Gebietsbauleitung Salzkammergut in das bestehende digitale Höhenmodell eingearbeitet. Dieses konnte somit in den genannten Abschnitten deutlich verbessert werden.

Da eine lückenlose Aufnahme des Gerinnes bzw. eine Vermessung nicht durchgeführt wurde, sind auf Grund des Detailgrades des Geländemodells Höhenfehler von bis zu 3 Metern zu erwarten, die demnach auch in die hydronumerische Simulation Eingang finden.

Da über den Verlandungskörper keine exakten Angaben vorhanden sind, mussten Annahmen getroffen werden. Mittels GIS wurde für den Stauraum eine Fläche von ca. 4.300 m² ermittelt. Das Gesamtvolumen des Verlandungskörpers wurde bei einer geschätzten mittleren Verlandungshöhe von 10 m demnach mit rund 40.000 m³ angenommen. Auch für die eingehenden charakteristischen Korngrößen stehen nur Schätzwerte des Geschiebes hinter der Klause zur Verfügung, wobei folgende Werte für die Korngrößen festgelegt wurden:



d_{30}	0,03 m
d_m	0,10 m
d_{90}	0,20 m

Die eingehenden Abflussganglinien entstammen der hydrologischen Simulation mittels NASIM (siehe Kapitel 5) und werden für die Teileinzugsgebiete Grabenbach, Jaglingbach, Karbach und das Östliche Teileinzugsgebiet direkt übernommen.

Eine Übersicht über die eingehenden Ganglinien und deren Abflussspitzen geben Abbildung 21 und Tabelle 12.

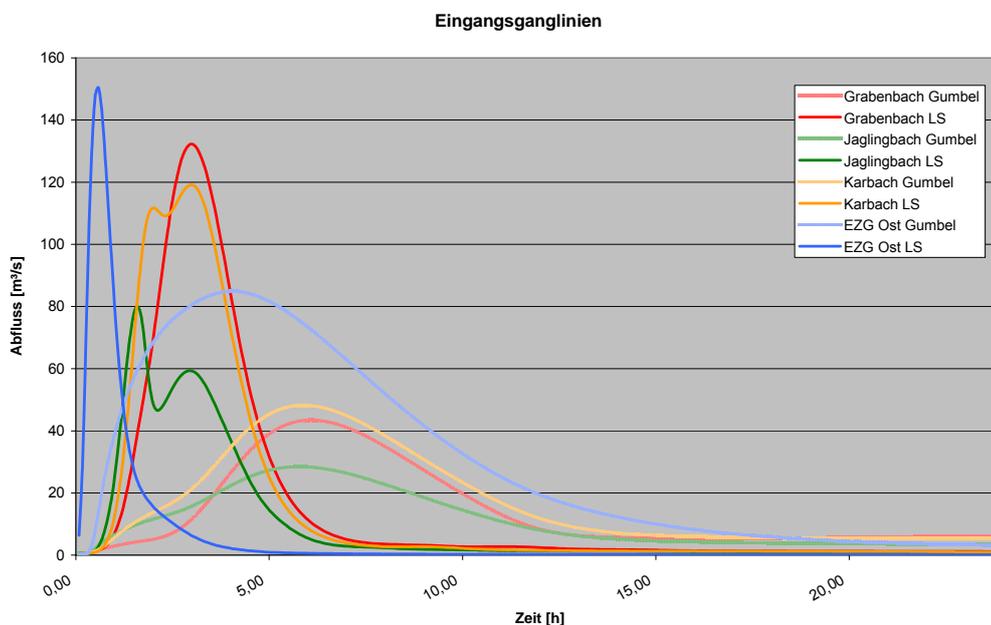


Abbildung 21: Eingangsganglinien der Teileinzugsgebiete

Tabelle 12: Abflussspitzen der Eingangsganglinien für die Teileinzugsgebiete

Teileinzugsgebiet	Spitzenabfluss [m³/s]		
	Wundt	NASIM (Gumbel)	NASIM (Lorenz-Skoda)
Grabenbach	113,0	43,4	132,2
Jaglingbach	57,5	28,4	80,0
Karbach	93,3	48,2	119,1
östliches Teileinzugsgebiet	118,2	84,9	150,5



Der Simulationszeitraum wurde für die eindimensionale Berechnung mittels SETRAC wie schon bei der hydrologischen Modellierung mit vier Tagen (96 Stunden) angesetzt, während der Simulationszeitraum für die zweidimensionale Simulation mit FLUMEN aus Gründen der Berechnungsdauer auf 24 Stunden reduziert wurde.

6.3. 1D-Simulation des gesamten Bachlaufes

6.3.1. Softwarepaket SETRAC

SETRAC ist ein eindimensionales Programm zur Simulation des Geschiebetransports in Wildbächen. Verschiedene Fließgeschwindigkeitsformeln und Geschiebetransportformeln können hierbei miteinander kombiniert werden. Für den Rettenbach kam folgende Formelkombination zum Einsatz:

Fließgeschwindigkeit nach SMART UND JÄGGI (1983):

$$v = 2.5(g h_m S)^{0.5} \left(1 - e^{\frac{-0.05 z_{90}}{S^{0.5}}} \right) \ln(8.2 z_{90}) \quad (\text{Gl. 4})$$

für $S \leq 20\%$

Dabei ist g die Gravitationsbeschleunigung, h_m die mittlere Abflusstiefe, S das Sohlgefälle und z_{90} die Relation h/d_{90} .

Geschiebetransport nach RICKENMANN (1991):

$$\Phi_b = 3.1 \cdot (d_{90} / d_{30})^{0.2} \cdot \theta^{0.5} \cdot (\theta - \theta_c) \cdot Fr^{1.1} \cdot (s - 1)^{-0.5} \quad (\text{Gl. 5})$$

Dabei ist $\Phi_b = q_b / [(s-1)g d_m^3]^{0.5}$ die dimensionslose Geschiebetransportrate, q_b die volumetrische Geschiebetransportrate pro Breitereinheit, $s = \rho_s / \rho$ das Verhältnis von Feststoffdichte zu Fluiddichte, g die Gravitationsbeschleunigung, d_m die mittlere Korngröße, $\theta = h S / [(s-$



$1/d_m]$ die dimensionslose Sohlenschubspannung, θ_c die dimensionslose Sohlenschubspannung beim Transportbeginn, h die Abflusstiefe, S das Sohlgefälle und $Fr=v/(gh)^{0.5}$ die Froude-Zahl wobei v die mittlere Fließgeschwindigkeit ist.

Die Berücksichtigung der Gerinnerauhigkeit erfolgt über die Definition der Korngrößen ($h/d_{90}=z_{90}$) durch die Formel nach SMART UND JÄGGI (1983).

Das Programm SETRAC befindet sich derzeit noch im Entwicklungsstadium und wird laufend auf seine Anwendbarkeit im Wildbachbereich getestet, mit anderen Programmen verglichen und permanent verbessert. Für das vorliegende Projekt kam die Version v20051120 zum Einsatz. Diese Version erlaubt derzeit nicht, unterschiedlichen Abschnitten unterschiedliche Geschiebeverfügbarkeiten zuzuordnen. Demnach wurde für das gesamte Modellgebiet eine globale Geschiebeverfügbarkeit von $2 \text{ m}^3/\text{lkm}$ angesetzt. Weiters ist SETRAC nicht in der Lage dezidiert einen Sperrenbruch zu simulieren. Daher wurde der Bruch der Klause als eingehende Geschiebeganglinie mit 40.000 m^3 angenähert.

Für die aktuelle Fragestellung wurde die zeitliche Diskretisierung mit 30 Sekunden sowie die räumliche Diskretisierung mit 50 Metern gewählt. Diese Annahmen ermöglichen es die Diskretisierungsfehler bei relativ kurzen Rechenzeiten auf einem vernachlässigbaren Niveau zu halten.

SETRAC liefert als Ergebnis Geschiebetransportganglinien, während die Aussagekraft bezüglich des Abflussgeschehens auf Grund der stationären Berechnung von untergeordneter Bedeutung ist. Die Ausgabe dieser Ergebnisse erfolgt im Unterschied zur graphiklastigen Darstellung des Programmpaketes FLUMEN in Tabellenform.



6.3.2. Szenarien

Bei der Modellierung mittels SETRAC wurden zweimal fünf unterschiedliche Szenarien berücksichtigt.

Zunächst wurde das gesamte Einzugsgebiet (EZG) mit den Abflussganglinien basierend auf dem Niederschlag nach Gumbel (215,7 mm; siehe Kapitel 5.2 und 5.5.4) beaufschlagt. Weiters wurden die Ganglinien, resultierend aus der Niederschlags-Abflusssimulation, nach Lorenz-Skoda herangezogen. Bei Beaufschlagung der jeweiligen Teileinzugsgebiete (TEZG) Grabenbach, Karbach, Jaglingbach sowie des östlichen TEZG mit einem Starkniederschlag von 141,8 mm und gleichzeitiger Überregnung der restlichen TEZG mit einer Intensität von 10 mm (siehe Kapitel 5.3 und 5.5.4) ergaben sich somit vier weitere Szenarien.

In einem weiteren Schritt wurde das Gerinne im Bereich der Almfläche um 2 m aufgedämmt, also kanalisiert. Dies entspricht in etwa der bei den Begehungen angetroffenen Situation des im Uferbereich abgelagerten Schlagabraumes. Derart kann jenes Ausmaß festgestellt werden, mit dem die Almfläche zur Retention von Wasser und Geschiebe beiträgt und somit die Frage geklärt werden ob das Abflussgeschehen im Bereich des Siedlungsraumes im Talboden durch den Verlust der Retentionsfläche Rettenbachalm maßgeblich beeinflusst wird.

6.3.3. Ergebnisse

Betrachtet man die Ergebnisse der eindimensionalen Modellierung, so fällt auf, dass sehr viel Geschiebe nach der Klause bzw. in der Schluchtstrecke deponiert und dem Vorfluter Traun im Gegenzug relativ wenig Geschiebe zugeführt wird.

Die Ablagerung des mehr oder minder gesamten Verlandungskörpers unmittelbar unterhalb der Klause ist als unrealistisch zu bewerten. Naturgemäß werden sich in den mächtigen Geschiebeablagerungen des Verlandungskörpers bzw. der Schluchtstrecke umgehend Erosionsrinnen bilden und Geschiebetransport wird einsetzen. Die Aufweitung nach dem



Schluchtende begünstigt die Ausbildung eines Schwemmkegels. Dadurch kann es zu flächigen Ablagerungen außerhalb des Gerinnes (z.B. auf dem Almboden) kommen. Derartige Vorgänge sind jedoch mit 1-D-Modellen nicht abbildbar. Entsprechend den obigen Anmerkungen sind die Ergebnisse 1-dimensionaler Simulationen für Fragestellungen dieser Art kritisch zu hinterfragen. Es sei an dieser Stelle auf die Diskussion (Kapitel 7) verwiesen.

6.3.3.1. Szenario „Gesamtes Einzugsgebiet (215,7 mm/24 h)“

Das Abflussgeschehen bzw. die Transportprozesse stellen sich wie folgt dar (Abbildung 22):

- Der durch den Klausenbruch freigesetzte Verlandungskörper (hm 90,7) wird innerhalb kürzester Zeit fast vollständig erodiert.
- Ablagerung von 17.800 m³ Feststoffen unmittelbar nach der Klause bei hm 90,3. Weitere 6.700 m³ werden im Verlauf der Schluchtstrecke deponiert.
- Die restlichen 16.100 m³ Geschiebe erreichen die Rettenbachalm und werden gemeinsam mit den Feststoffen des Karbaches zwischen der Einmündung des Karbaches bei hm 85,5 und hm 82,0 in und außerhalb des Bachbettes des Rettenbaches abgelagert.
- Ab hm 79,0 findet Erosion statt, die bis in den Unterlauf andauert. Etwa auf Höhe der Rettenbachmühle (hm 15,1) kommen ca. 8.400 m³ der 19.000 m³ transportierten Geschiebes zur Deponie.
- Nennenswerte Ablagerungen im Unterlaufgerinne bei:
 - hm 12,8 350 m³
 - hm 11,3 3.400 m³
 - hm 8,2 1.200 m³
 - hm 6,7 400 m³
 - hm 1,1 700 m³

sodass letztendlich 5.900 m³ Feststoffe dem Vorfluter zugeführt werden.



Wird nun der Rettenbach im Bereich der Almfläche aufgedämmt, so dass diese nicht zur Retention beitragen kann, bietet sich folgender Ablauf (Abbildung 23):

- Der durch den Klausenbruch freigesetzte Verlandungskörper (hm 90,7) wird innerhalb kürzester Zeit fast vollständig erodiert.
- Ablagerung von 17.800 m³ Feststoffen unmittelbar nach der Klause bei hm 90,3. Weitere 7.100 m³ werden im Verlauf der Schluchtstrecke deponiert.
- Die restlichen 15.800 m³ Geschiebe erreichen die Rettenbachalm. Bei der Mündung des KARBACHES kommt es zur Deponie von etwa 5.600 m³. Unmittelbar anschließend werden jedoch 2.700 m³ Feststoffe erodiert. Von den somit 13.700 m³ transportierten Geschiebes werden im Bereich der Almfläche etwa 9.500 m³ im Bachbett deponiert.
- Ab hm 75,2 (Einmündung des Jaglingbaches) findet Erosion statt, die bis in den Unterlauf andauert. Etwa auf Höhe der Rettenbachmühle (hm 15,1) kommen ca. 8.700 m³ der 19.300 m³ transportierten Geschiebes zur Deponie.
- Nennenswerte Ablagerungen im Unterlaufgerinne bei:
 - hm 12,8 350 m³
 - hm 11,3 3.400 m³
 - hm 8,2 1.200 m³
 - hm 6,7 400 m³
 - hm 1,1 700 m³

sodass letztendlich 5.900 m³ Feststoffe dem Vorfluter zugeführt werden.

Der direkte Vergleich der Varianten mit und ohne Kanalisierung des Rettenbaches im Almgebiet macht deutlich, dass die fehlende Retentionsfläche Rettenbachalm die Geschiebefracht auf einem höheren Niveau hält, der grundsätzliche Verlauf jedoch sehr ähnlich ist. Ab der



Rettenbachmühle (hm 15,1) sind die Ganglinien wieder identisch (Abbildung 24).

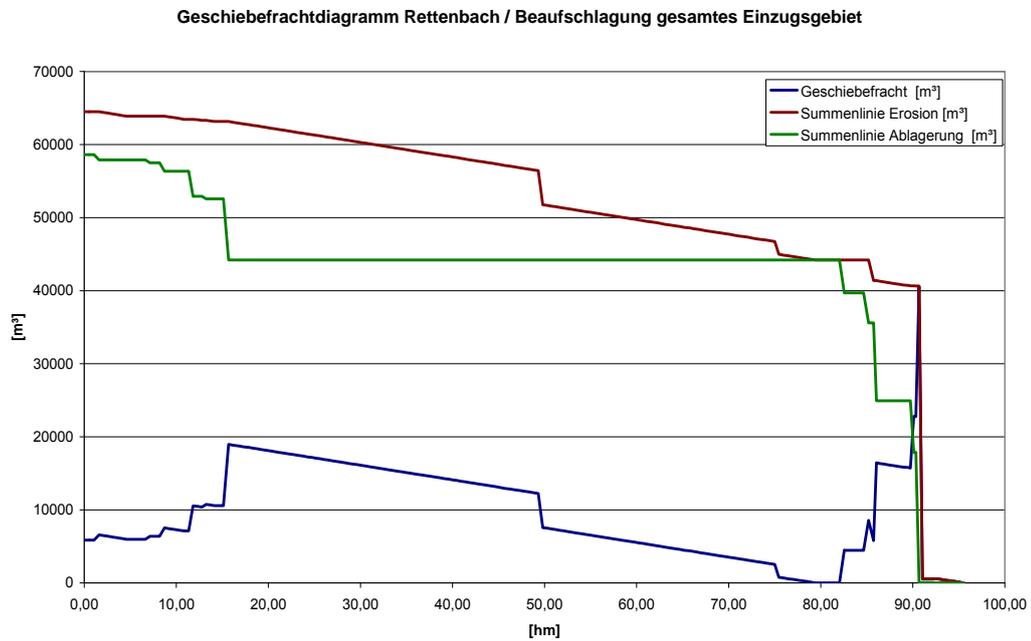


Abbildung 22: Geschiebefrachtogramm bei Beaufschlagung des gesamten Einzugsgebietes

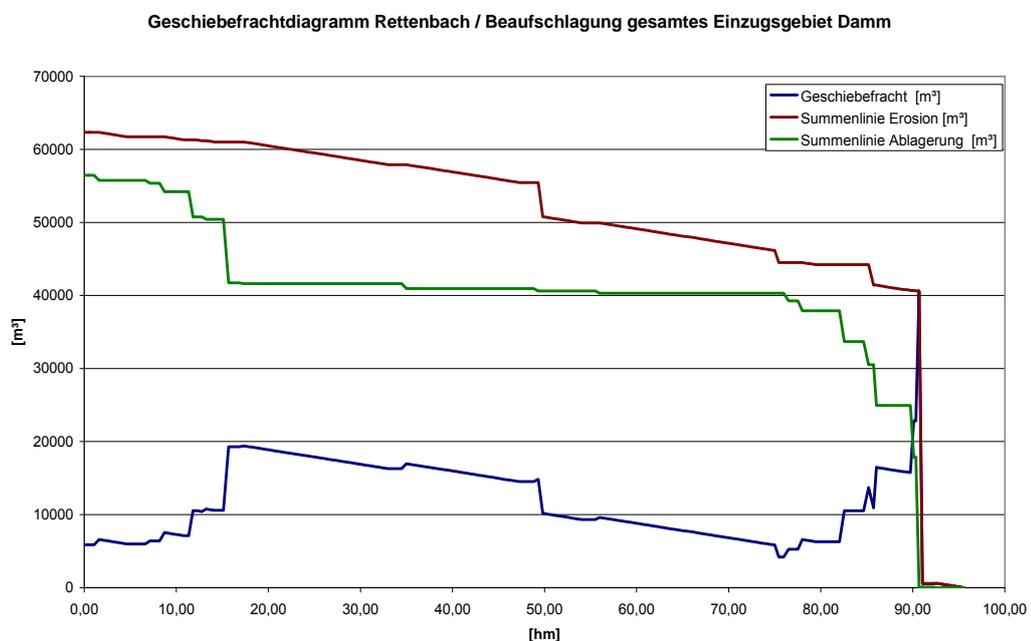


Abbildung 23: Geschiebefrachtogramm bei Beaufschlagung des gesamten Einzugsgebietes (Rettenbach im Bereich Rettenbachalm kanalisiert)

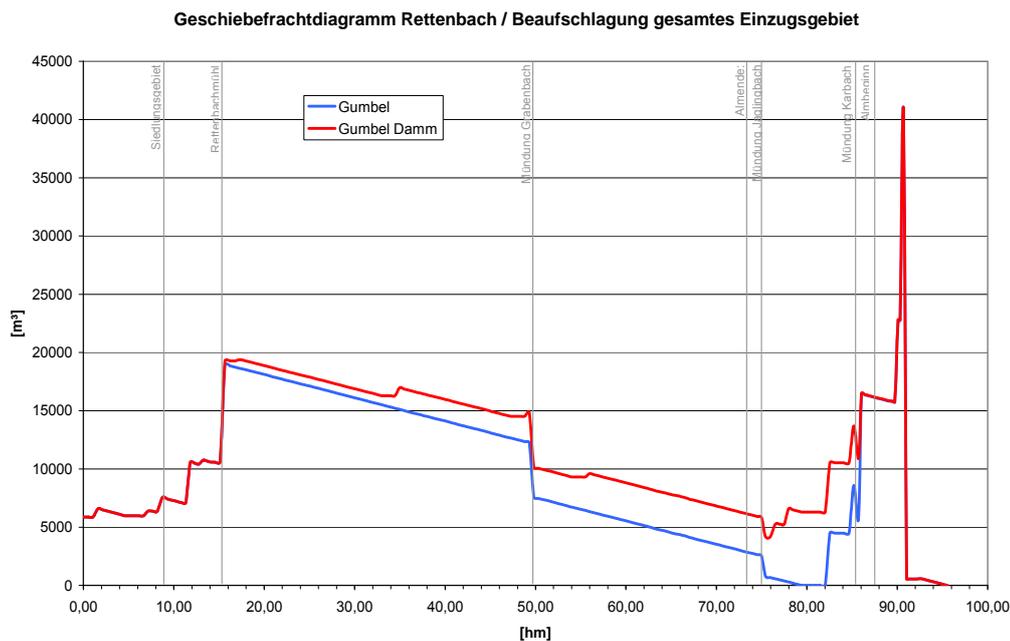


Abbildung 24: Direkter Vergleich der Geschiebefracht für die Varianten mit und ohne Kanalisierung des Rettenbaches im Bereich der Rettenbachalm

6.3.3.2. Szenario „Beaufschlagung Grabenbach
(141,8 mm/105 min, restliche TEZG 10 mm)“

Das Abflussgeschehen bzw. die Transportprozesse stellen sich sowohl für die Variante mit als auch für jene ohne Kanalisation der Almfließstrecke wie folgt dar (Abbildung 25, Abbildung 26):

- Vom durch den Klausenbruch freigesetzten Verlandungskörper (hm 90,7) werden innerhalb kurzer Zeit etwa 35.800 m³ erodiert.
- Ablagerung von 35.100 m³ Feststoffen unmittelbar nach der Klausen in der Schluchtstrecke bei hm 90,3. Da ausschließlich das Teileinzugsgebiet Grabenbach durch einen Starkregen beaufschlagt wird, kann sich in der Schluchtstrecke kein ausreichender Abfluss ausbilden bzw. ist die Transportkapazität nicht entsprechend, um die Geschiebemassen zu erodieren. Dementsprechend unterscheiden sich die Geschiebetransportraten für den aufgedämmten bzw. den nicht aufgedämmten Transport nicht signifikant.



- Die restlichen 700 m³ Geschiebe erreichen die Rettenbachalm. Diese werden im Mündungsbereich des Karbaches deponiert.
- Ab hm 74,5 findet regelmäßig Erosion statt, die bis in den Unterlauf andauert, jedoch wird die Geschiebefracht durch gelegentliche Ablagerungen abgeschwächt. Etwa auf Höhe der Rettenbachmühle (hm 15,1) kommen ca. 1.900 m³ der 4.100 m³ transportierten Geschiebes zur Deponie.
- Nennenswerte Ablagerungen im Unterlaufgerinne bei:
 - hm 12,8 200 m³
 - hm 11,3 750 m³
 - hm 8,2 370 m³
 - hm 6,7 90 m³
 - hm 1,1 700 m³

sodass letztendlich 1.100 m³ Feststoffe dem Vorfluter zugeführt werden.

Der direkte Vergleich der Varianten mit und ohne Kanalisierung des Rettenbaches im Almgebiet macht deutlich, dass die fehlende Retentionsfläche Rettenbachalm bei Beaufschlagung des Grabenbaches auf die Geschiebefracht keinen signifikanten Einfluss hat (Abbildung 27).

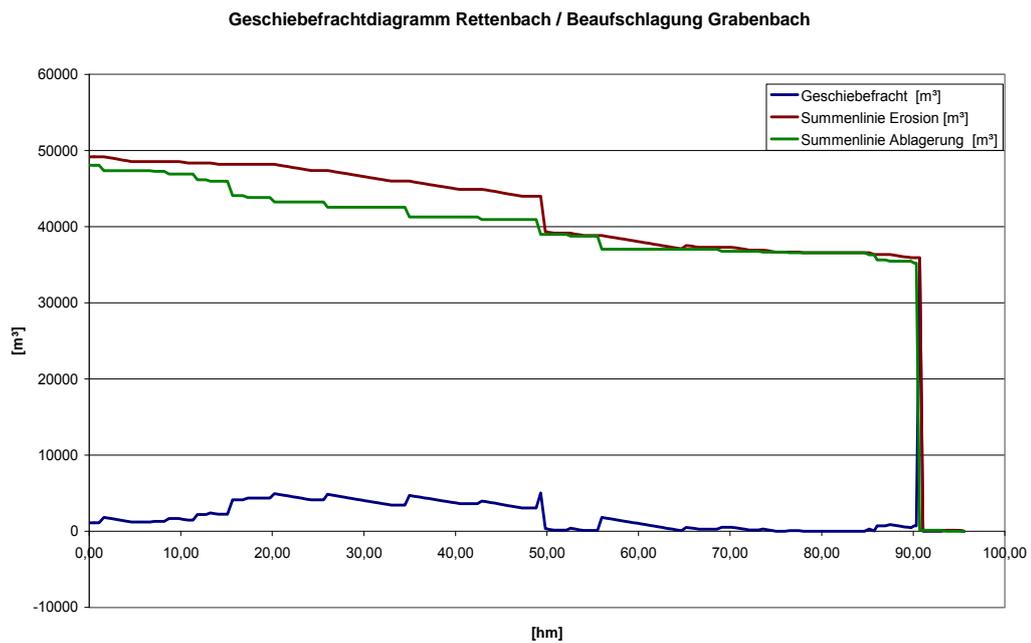


Abbildung 25: Geschiebefrachtdiagramm bei Beaufschlagung des gesamten Einzugsgebietes

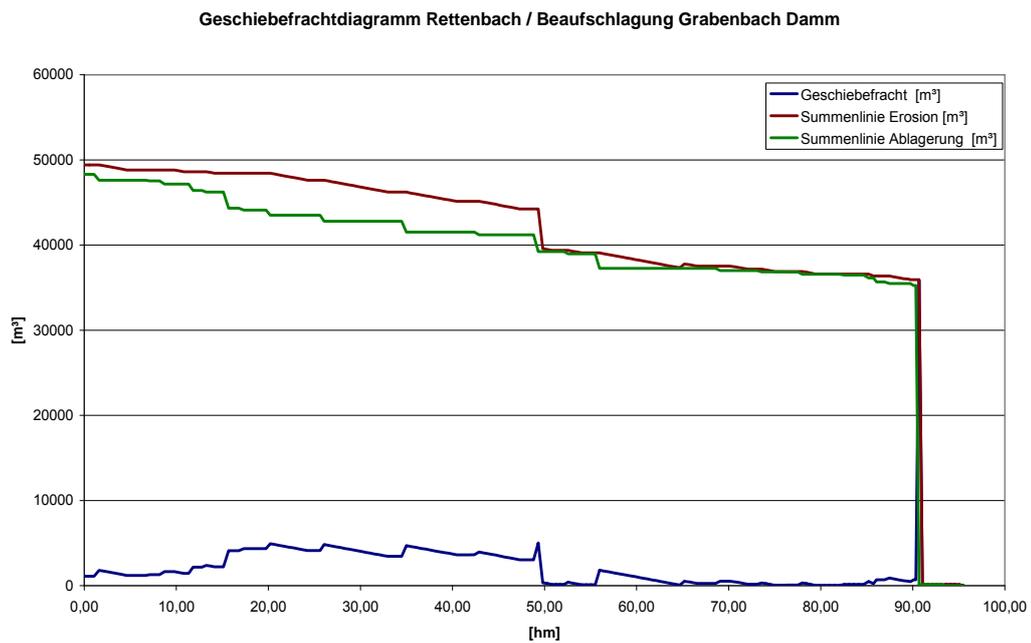


Abbildung 26: Geschiebefrachtdiagramm bei Beaufschlagung des gesamten Einzugsgebietes (Rettenbach im Bereich Rettenbachalm kanalisiert)

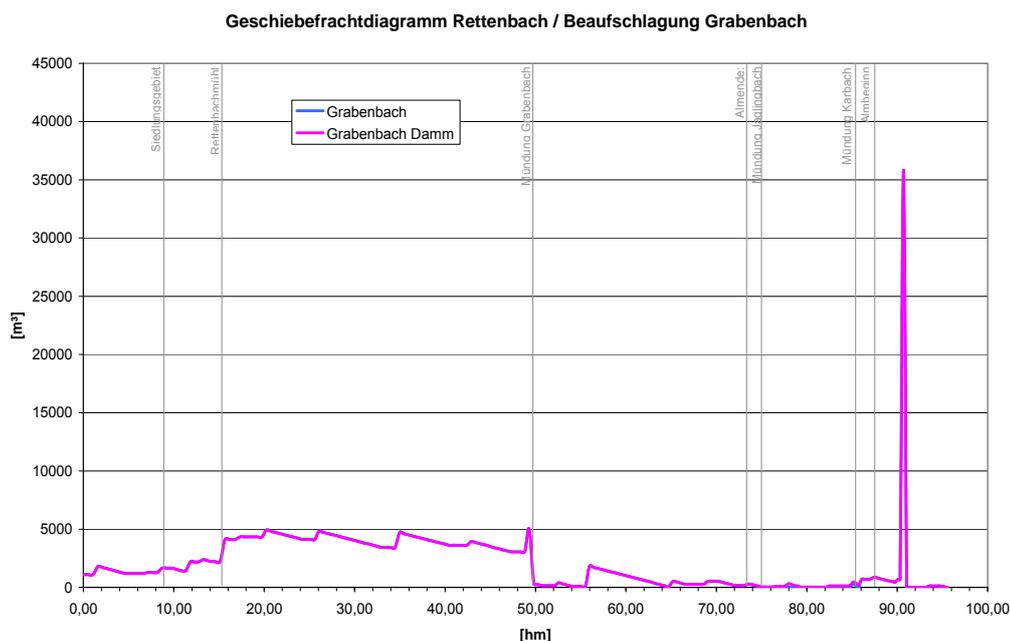


Abbildung 27: Direkter Vergleich der Geschiebefracht für die Varianten mit und ohne Kanalisierung des Rettenbaches im Bereich der Rettenbachalm

6.3.3.3. Szenario „Beaufschlagung Jaglingbach (141,8 mm/105 min, restliche TEZG 10 mm)“

Das Abflussgeschehen bzw. die Transportprozesse stellen sich sowohl für die Variante mit als auch für jene ohne Kanalisation der Almfließstrecke wie folgt dar (Abbildung 28, Abbildung 29):

- Vom durch den Klausenbruch freigesetzten Verlandungskörper (hm 90,7) werden innerhalb kurzer Zeit etwa 35.800 m³ erodiert.
- Ablagerung von 35.100 m³ Feststoffen unmittelbar nach der Klause in der Schluchtstrecke bei hm 90,3. Da ausschließlich das Teileinzugsgebiet Jaglingbach durch einen Starkregen beaufschlagt wird, kann sich in der Schluchtstrecke kein ausreichender Abfluss ausbilden bzw. ist die Transportkapazität nicht entsprechend, um die Geschiebemassen zu erodieren. Dementsprechend unterscheiden sich die Geschiebetransportraten für den aufgedämmten bzw. den nicht aufgedämmten Transport nicht signifikant.



- Nach kleineren Umlagerungsprozessen erreichen etwa 900 m³ Geschiebe die Rettenbachalm, die zur Gänze im Mündungsbereich des Karbaches deponiert werden. Im Fall der Kanalisierung finden im Bereich der Almfließstrecke Feststoffumlagerungen im Ausmaß von etlichen Hundert Kubikmeter statt.
- Im Deponiebereich des Jaglingbaches werden etwa 2.200 m³ Geschiebe aufgenommen. Die Höhe dieser Feststofffracht wird in etwa trotz zahlreicher Umlagerungsprozesse bis zur Rettenbachmühle (hm 15,1) beibehalten, wo 1.200 m³ Feststoffe zur Deponie kommen.
- Dem Vorfluter werden nach weiteren Umlagerungen letztendlich 400 m³ an Feststoffen zugeführt.

Der direkte Vergleich der Varianten mit und ohne Kanalisierung des Rettenbaches im Almgebiet macht deutlich, dass die fehlende Retentionsfläche Rettenbachalm bei Beaufschlagung des Jaglingbaches auf die Geschiebefracht keinen signifikanten Einfluss hat (Abbildung 30).

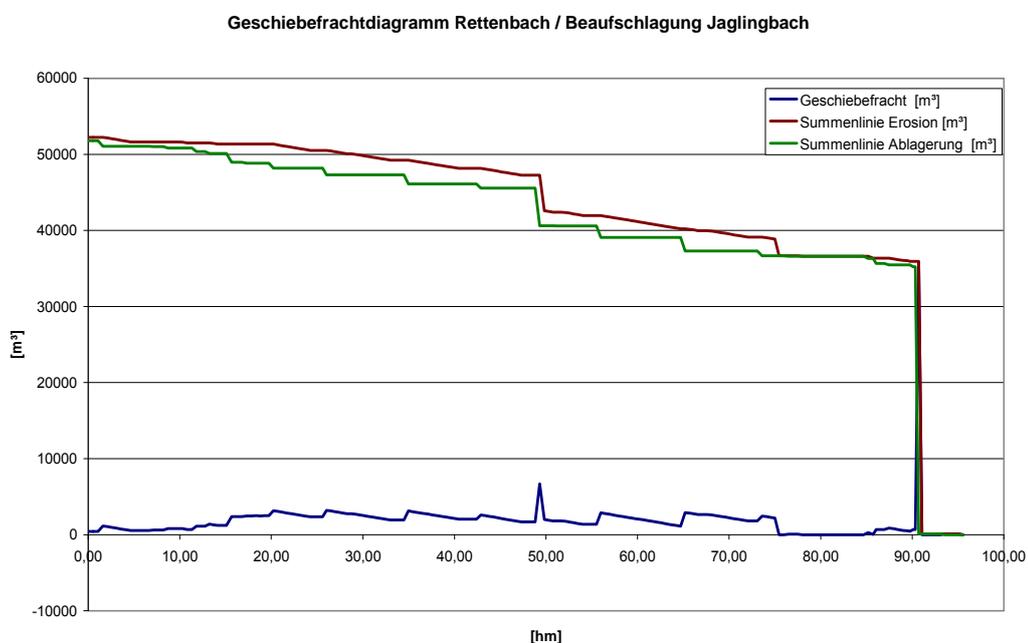


Abbildung 28: Geschiebefrachtendiagramm bei Beaufschlagung des gesamten Einzugsgebietes



Geschiebefrachtdiagramm Rettenbach / Beaufschlagung Jaglingbach Damm

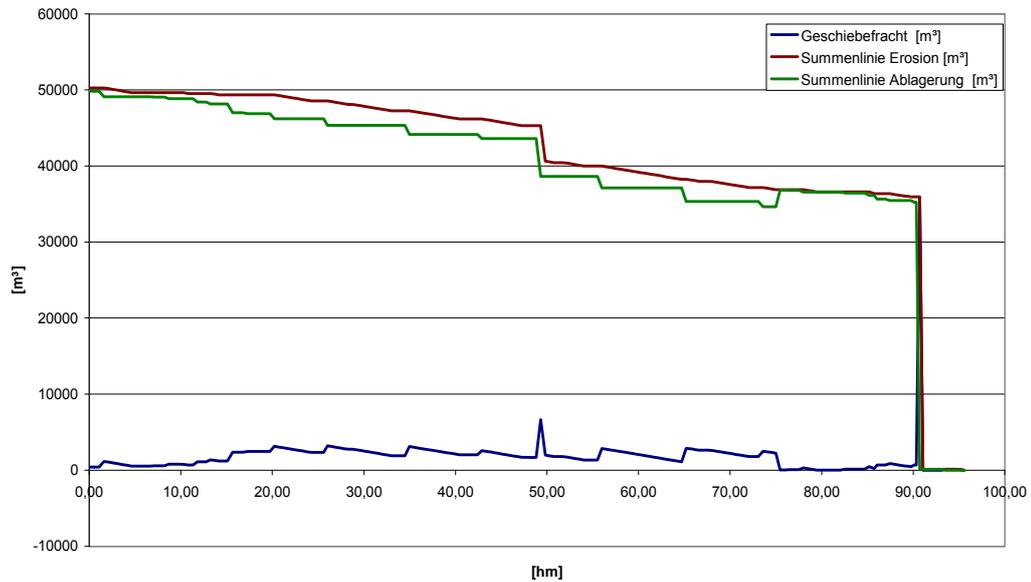


Abbildung 29: Geschiebefrachtdiagramm bei Beaufschlagung des gesamten Einzugsgebietes (Rettenbach im Bereich Rettenbachalm kanalisiert)

Geschiebefrachtdiagramm Rettenbach / Beaufschlagung Jaglingbach

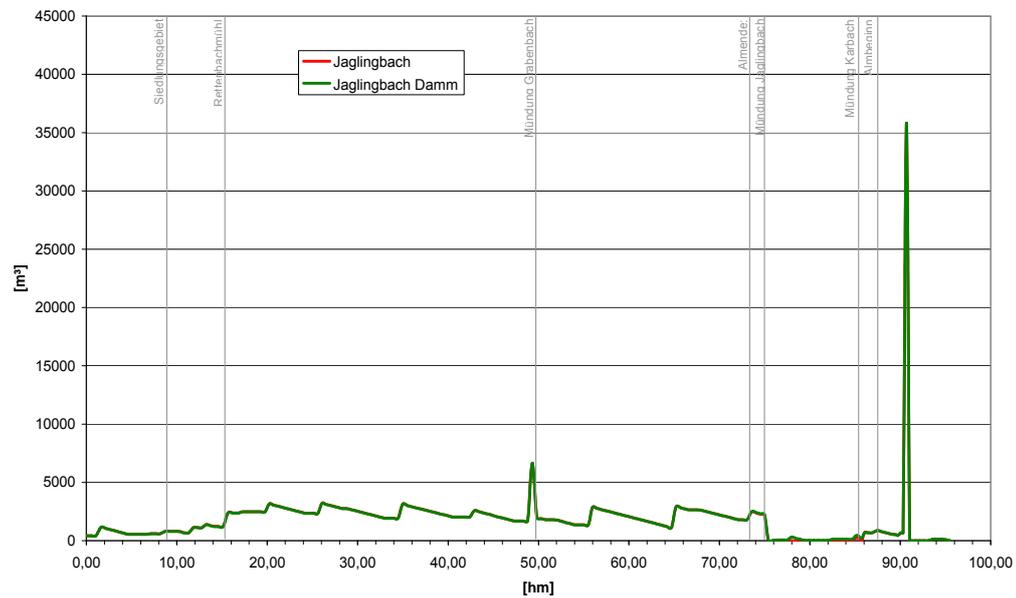


Abbildung 30: Direkter Vergleich der Geschiebefracht für die Varianten mit und ohne Kanalisierung des Rettenbaches im Bereich der Rettenbachalm



6.3.3.4. Szenario „Beaufschlagung Karbach (141,8 mm/105 min, restliche TEZG 10 mm)“

Das Abflussgeschehen bzw. die Transportprozesse stellen sich wie folgt dar (Abbildung 31):

- Vom durch den Klausenbruch freigesetzten Verlandungskörper (hm 90,7) werden innerhalb kurzer Zeit etwa 35.800 m³ erodiert.
- Ablagerung von 35.100 m³ Feststoffen unmittelbar nach der Klausen in der Schluchtstrecke bei hm 90,3. Da ausschließlich das Teileinzugsgebiet Karbach durch einen Starkregen beaufschlagt wird, kann sich in der Schluchtstrecke kein ausreichender Abfluss ausbilden bzw. ist die Transportkapazität nicht entsprechend, um die Geschiebmassen zu erodieren. Dementsprechend unterscheiden sich die Geschiebetransportraten für den aufgedämmten bzw. den nicht aufgedämmten Transport nicht signifikant.
- Nach kleineren Umlagerungsprozessen erreichen etwa 900 m³ Geschiebe die Rettenbachalm, die zur Gänze vor der Einmündung des Karbaches deponiert werden. Im Mündungsbereich des Karbaches und die unmittelbar anschließende Fließstrecke finden Umlagerungsprozesse von bis zu 2.000 m³ statt.
- Ab hm 79,0 findet Erosion statt, die bis in den Unterlauf andauert. Im Bereich der Grabenbacheinmündung kommt es zu Ablagerungen von in Summe ca. 6.300 m³ Geschiebe. Etwa auf Höhe der Rettenbachmühle (hm 15,1) kommen ca. 1.900 m³ der 4.200 m³ transportierten Geschiebes zur Deponie.
- Nennenswerte Ablagerungen im Unterlaufgerinne bei:
 - hm 12,8 200 m³
 - hm 11,3 750 m³
 - hm 8,2 370 m³
 - hm 1,1 700 m³

sodass letztendlich 1.100 m³ Feststoffe dem Vorfluter zugeführt werden.



Wird nun der Rettenbach im Bereich der Almfläche aufgedämmt, so dass diese nicht zur Retention beitragen kann, bietet sich folgender Ablauf (Abbildung 32):

- Vom durch den Klausenbruch freigesetzten Verlandungskörper (hm 90,7) werden innerhalb kurzer Zeit etwa 35.800 m³ erodiert.
- Ablagerung von 35.100 m³ Feststoffen unmittelbar nach der Klause in der Schluchtstrecke bei hm 90,3. Da ausschließlich das Teileinzugsgebiet Grabenbach durch einen Starkregen beaufschlagt wird, kann sich in der Schluchtstrecke kein ausreichender Abfluss ausbilden bzw. ist die Transportkapazität nicht entsprechend, um die Geschiebemassen zu erodieren. Dementsprechend unterscheiden sich die Geschiebetransportraten für den aufgedämmten bzw. den nicht aufgedämmten Transport nicht signifikant.
- Nach kleineren Umlagerungsprozessen erreichen etwa 900 m³ Geschiebe die Rettenbachalm, von denen ca. 650 m³ vor der Einmündung des Karbaches deponiert werden. Im Mündungsbereich des Karbaches und die unmittelbar anschließende Fließstrecke finden Umlagerungsprozesse von bis zu 3.000 m³ statt. Die Geschiebefracht fällt jedoch nie unter einen Wert von 1.500 m³
- Ab hm 79,0 findet Erosion statt, die bis in den Unterlauf andauert. Im Bereich der Grabenbacheinmündung kommt es zu Ablagerungen von in Summe ca. 6.300 m³ Geschiebe. Etwa auf Höhe der Rettenbachmühle (hm 15,1) kommen ca. 1.900 m³ der 4.200 m³ transportierten Geschiebes zur Deponie.
- Nennenswerte Ablagerungen im Unterlaufgerinne bei:
 - hm 12,8 200 m³
 - hm 11,3 750 m³
 - hm 8,2 370 m³
 - hm 1,1 700 m³



sodass letztendlich 1.100 m³ Feststoffe dem Vorfluter zugeführt werden.

Der direkte Vergleich der Varianten mit und ohne Kanalisierung des Rettenbaches im Almgebiet macht deutlich, dass die fehlende Retentionsfläche Rettenbachalm im Almgebiet zu stark verstärkten Feststoffumlagerungen führt und die Geschiebefracht generell auf einem höheren Niveau hält, der grundsätzliche Verlauf jedoch sehr ähnlich ist. Ab hm 65 sind die Ganglinien wieder identisch (Abbildung 33).

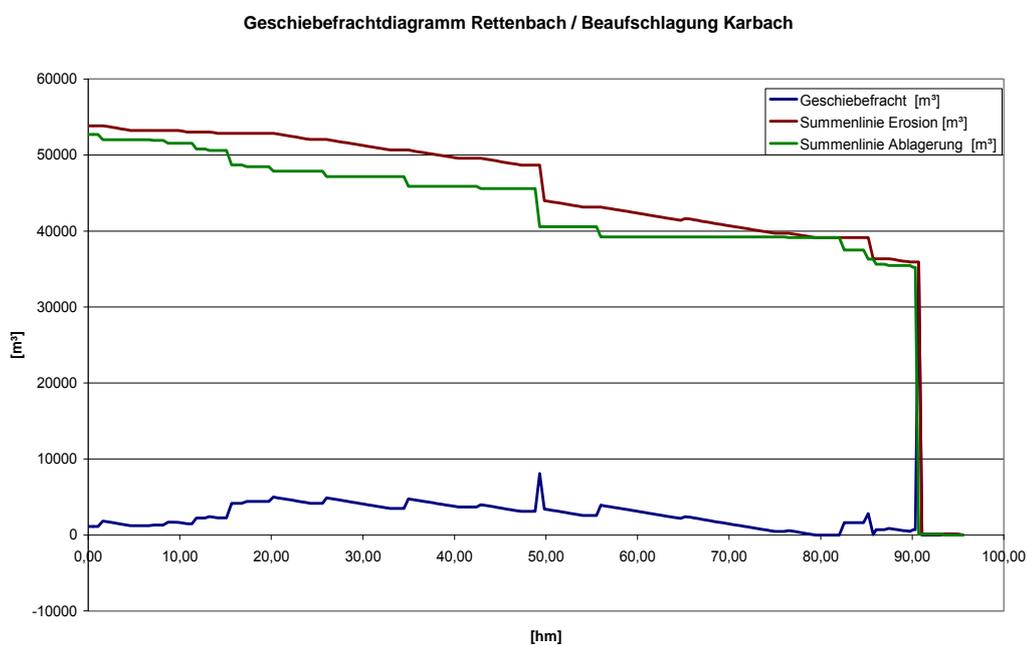


Abbildung 31: Geschiebefrachtdiagramm bei Beaufschlagung des gesamten Einzugsgebietes

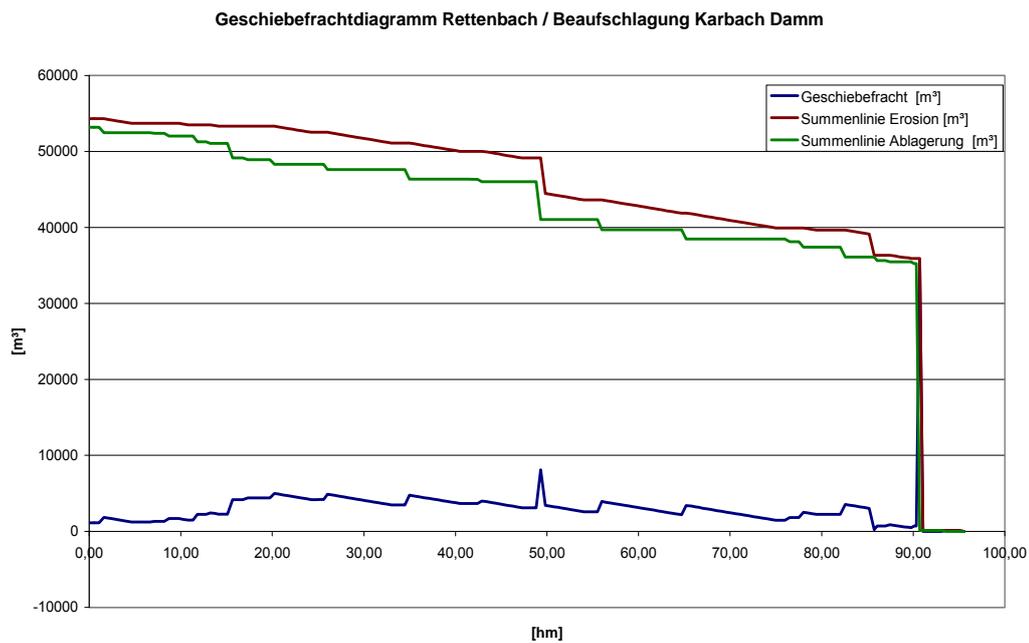


Abbildung 32: Geschiebefrachtdiagramm bei Beaufschlagung des gesamten Einzugsgebietes (Rettenbach im Bereich Rettenbachalm kanalisiert)

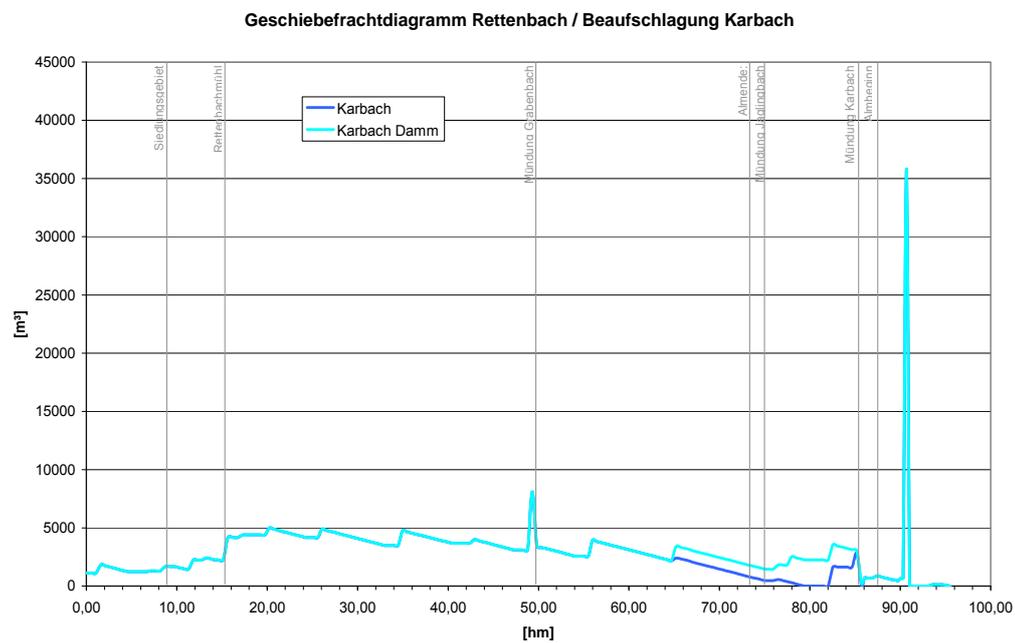


Abbildung 33: Direkter Vergleich der Geschiebefracht für die Varianten mit und ohne Kanalisierung des Rettenbaches im Bereich der Rettenbachalm



6.3.3.5. Szenario „Beaufschlagung östliches Teileinzugsgebiet (141,8 mm/105 min, restliche TEZG 10 mm)“

Das Abflussgeschehen bzw. die Transportprozesse stellen sich wie folgt dar (Abbildung 34):

- Der durch den Klausenbruch freigesetzte Verlandungskörper (hm 90,7) wird innerhalb kürzester Zeit vollständig bewegt.
- Ablagerung von 35.600 m³ Feststoffen unmittelbar nach der Klause in der Schluchtstrecke bei hm 90,3.
- Nach Ablagerung weiterer 1.500 m³ in der Schluchtstrecke erreichen etwa 3.600 m³ Geschiebe die Rettenbachalm und werden gemeinsam mit den Feststoffen des Karbaches zwischen der Einmündung des Karbaches bei hm 85,5 und hm 82,0 in und außerhalb des Bachbettes des Rettenbaches abgelagert.
- Ab hm 79,0 findet Erosion statt, die bis in den Unterlauf andauert. Im Bereich der Grabenbacheinmündung kommt es zu Ablagerungen von in Summe ca. 6.600 m³ Geschiebe sowie im weiteren Verlauf ebenfalls zu regelmäßigen Deponien, sodass auf Höhe der Rettenbachmühle (hm 15,1) ca. 800 m³ der 1.600 m³ transportierten Geschiebes abgelagert werden.
- Im Unterlaufgerinne finden Umlagerungsprozesse in geringem Ausmaß statt, sodass letztendlich 400 m³ Feststoffe dem Vorfluter zugeführt werden.

Wird nun der Rettenbach im Bereich der Almfläche aufgedämmt, so dass diese nicht zur Retention beitragen kann, bietet sich folgender Ablauf (Abbildung 35):

- Der durch den Klausenbruch freigesetzte Verlandungskörper (hm 90,7) wird innerhalb kürzester Zeit vollständig bewegt.
- Ablagerung von 35.600 m³ Feststoffen unmittelbar nach der Klause in der Schluchtstrecke bei hm 90,3.
- Nach Ablagerung weiterer 1.500 m³ in der Schluchtstrecke erreichen etwa 3.600 m³ Geschiebe die Rettenbachalm. Im Bereich



Geschiebefrachtogramm Rettenbach / Beaufschlagung Östliches Teileinzugsgebiet Damm

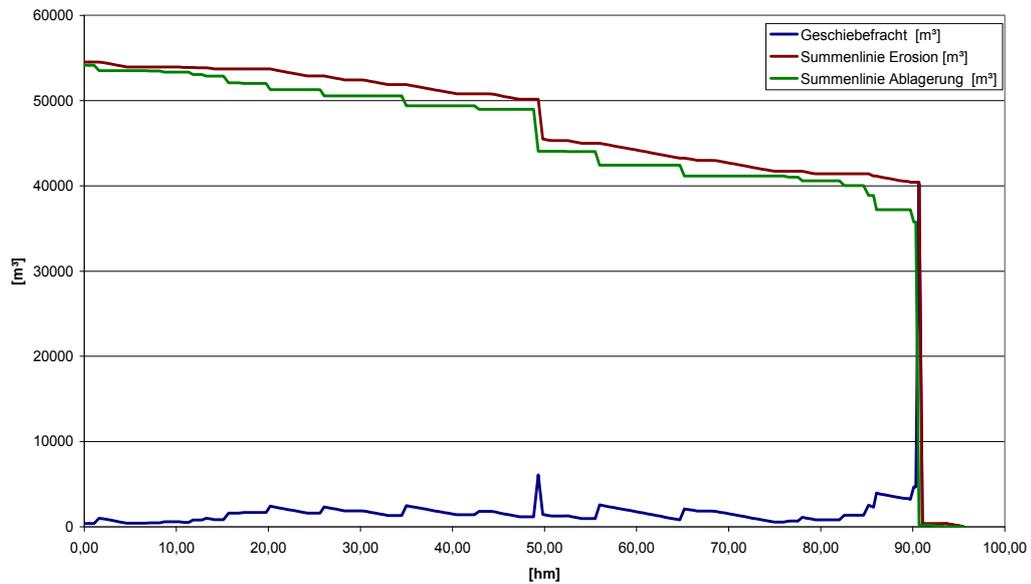


Abbildung 35: Geschiebefrachtogramm bei Beaufschlagung des gesamten Einzugsgebietes (Rettenbach im Bereich Rettenbachalm kanalisiert)

Geschiebefrachtogramm Rettenbach / Beaufschlagung Östliches Teileinzugsgebiet

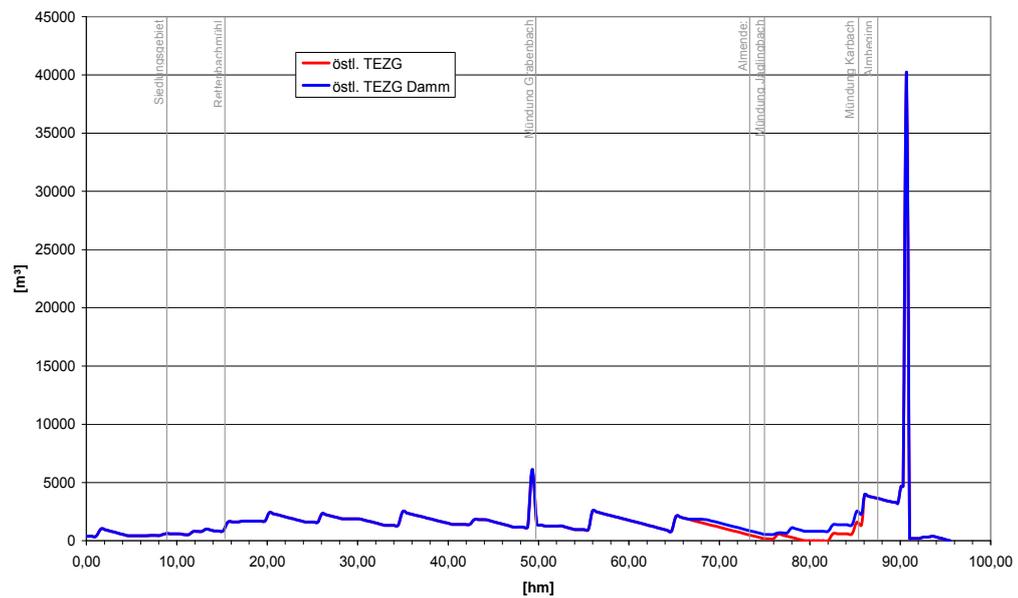


Abbildung 36: Direkter Vergleich der Geschiebefracht für die Varianten mit und ohne Kanalisierung des Rettenbaches im Bereich der Rettenbachalm



6.3.3.6. Zusammenfassung der Ergebnisse der 1D-Simulation

Wie Abbildung 37 und Abbildung 38 zeigen, führt der Niederschlag mit 215,7 mm in 24 Stunden zu wesentlich höheren Geschiebefrachten als das Starkregenereignis mit 141,8 mm in 105 Minuten. Dies führt nicht nur zu einer deutlich stärkeren Beanspruchung der Rettenbachalm als Retentionsfläche, sondern auch zur erhöhten Verlandung des Mittel- und Unterlaufgerinnes. Ebenso wird der Vorfluter Traun deutlich höher durch Feststoffe belastet. Durch den völligen Verlust der Rettenbachalm zu Retentionszwecken wird diese Tendenz noch dramatisch verstärkt.

Daraus resultiert, dass ohne die Retentionswirkung der Almfläche das Bachbett des Rettenbaches, und hier im Speziellen der Unterlauf, wesentlich stärker durch Geschiebeablagerungen beansprucht wird, ohne jedoch unmittelbar zu Bachaustritten zu führen.

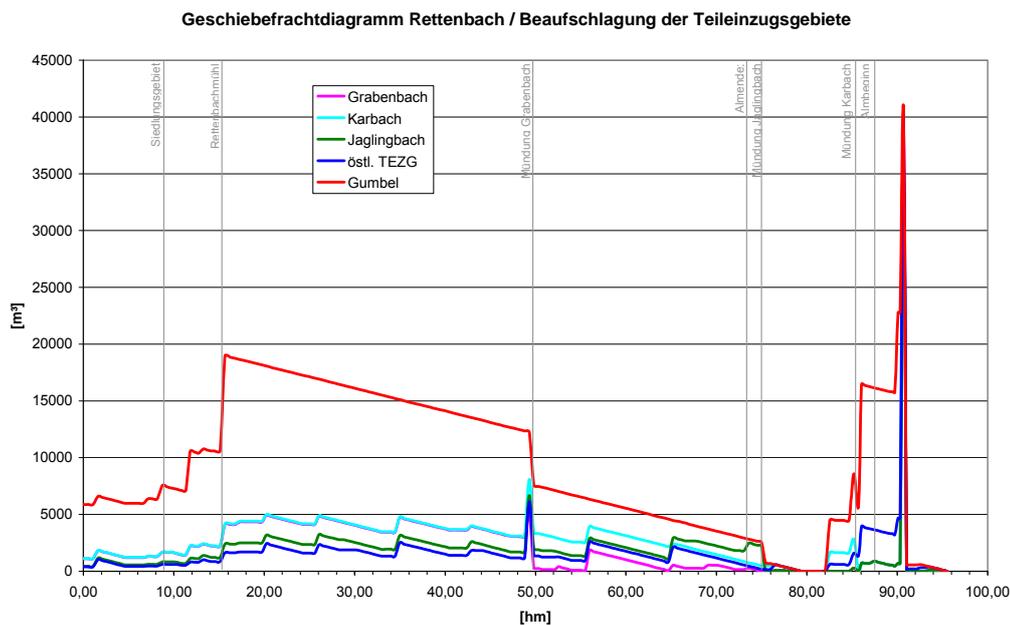


Abbildung 37: Geschiebefrachten nach Beaufschlagung der Teileinzugsgebiete, ohne Kanalisierung der Almfließstrecke

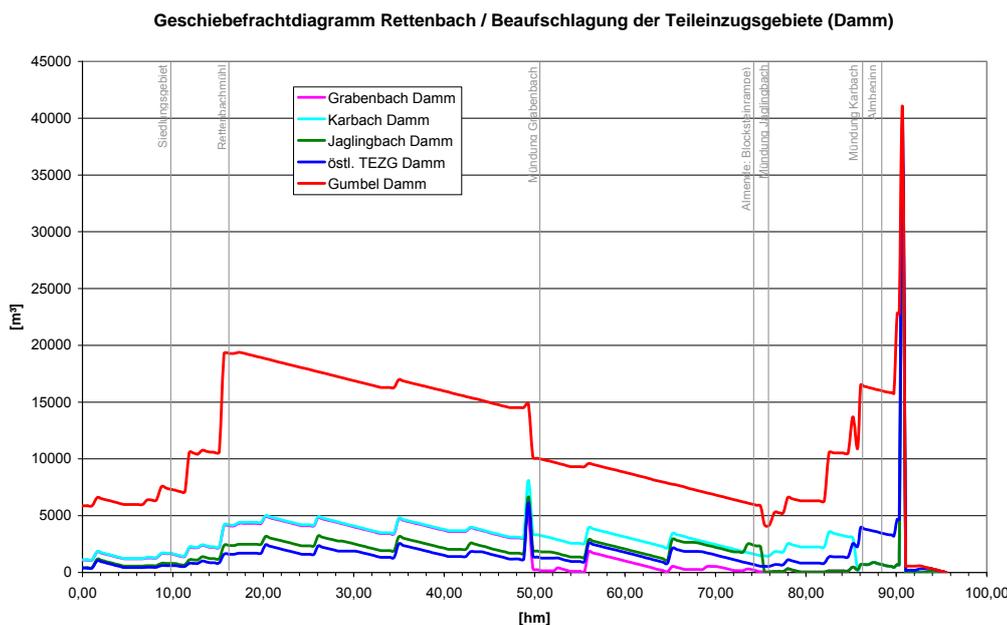


Abbildung 38: Geschiebefrachten nach Beaufschlagung der Teileinzugsgebiete, mit Kanalisierung der Almfließsstrecke

Abbildung 39 zeigt einen Screenshot der Software SETRAC für Profil 12 (ca. hm 15, Rettenbachmühle) stellvertretend für den gesamten Unterlauf. Der Abflussquerschnitt dieses Profils ist ausreichend um bei einer Fließgeschwindigkeit von ca. 6 m/s einen Abfluss (Wasser-Geschiebe-Gemisch) von 156 m³/s abzuführen. Dabei wird bei einer Fließtiefe von 2,8 m ein Abflussquerschnitt von 26,5 m² wirksam.

Realistische Fließgeschwindigkeiten von Wildbächen dieser Kategorien sind jedoch mit max. 5 m/s bzw. eher darunter anzugeben. Bei einer Fließgeschwindigkeit von 3 m/s wäre der benötigte Abflussquerschnitt für das oben genannte Querprofil mit etwa 53 m² anzugeben. Tatsächlich weist Profil 12 aber eine Querschnittsfläche von über 70 m² auf. Somit ist, ohne Berücksichtigung einer etwaigen Auflandung, ein gefahrloser Abfluss des Wasser-Geschiebe-Gemisches gewährleistet.

Ähnliches gilt für den gesamten Unterlauf. Unter Einhaltung der im Bauprogramm für Sofortmaßnahmen 1998 (FTDdWLV) angegebenen Regelprofile, die nach Anlandung für ein bordvolles Gerinne eine



Querschnittsfläche von ca. 50 m² zur Verfügung stellen, ist von einem schadlosen Abfluss auszugehen.

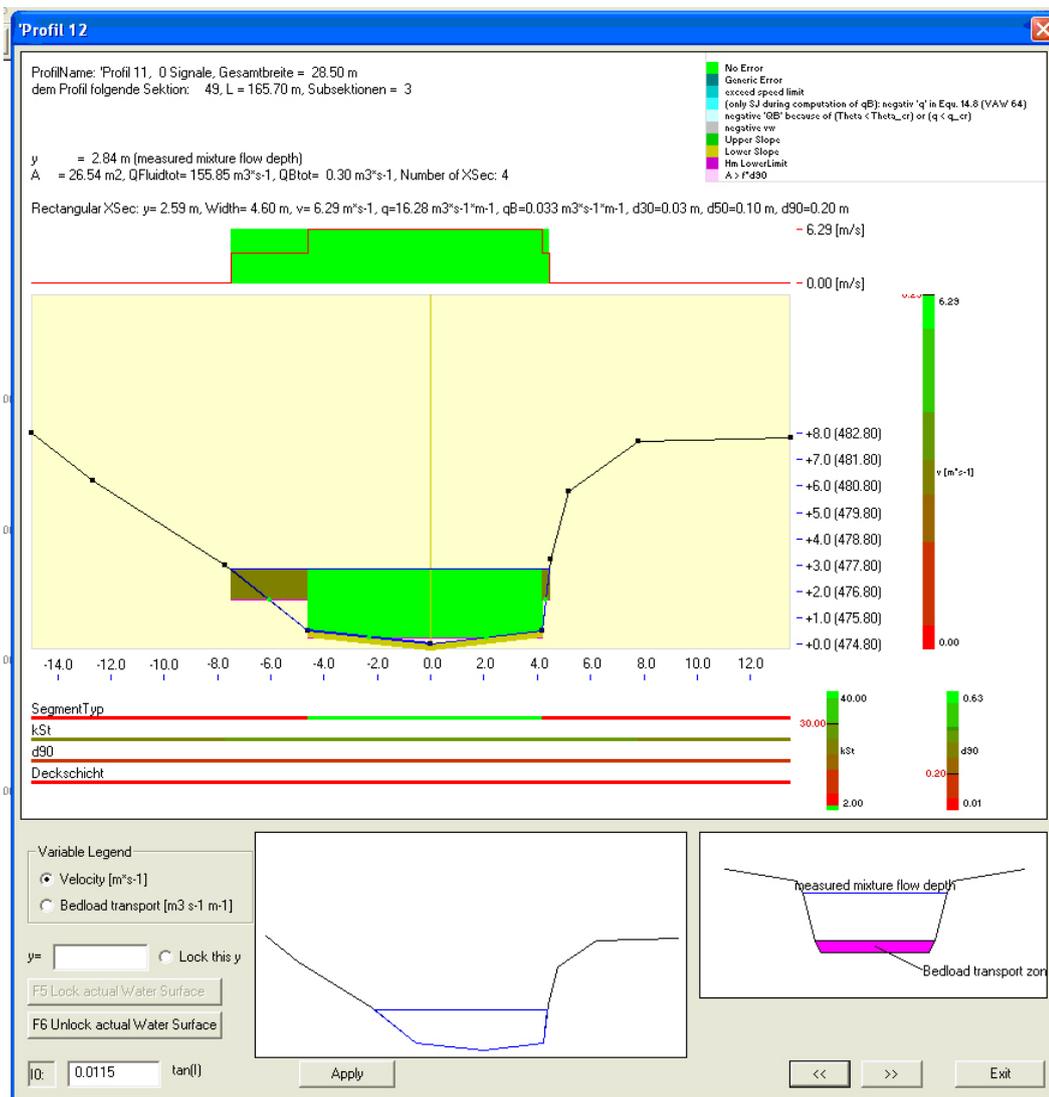


Abbildung 39: Abfluss-Profil in hm 15; Screenshot der Software SETRAC

Probleme können aber bei künftigen Kleinereignissen auftreten. Ist das Bachbett bereits stark vorverfüllt, so sind nur noch geringe Kapazitäten zur Deponie von Feststoffen vorhanden. Dadurch kann es in Folge zu Bachaustritten mit schadbringender Geschiebeablagerung kommen.



6.4. 2D-Simulation der Almfläche

6.4.1. Softwarepaket FLUMEN

Der hydronumerischen Simulations-Software FLUMEN werden die Erhaltungsgleichungen für Volumen und Impuls, also die „tiefengemittelten Flachwassergleichungen“, zu Grunde gelegt. Diese Gleichungen werden mit einem expliziten, zellenzentrierten Finite-Volumen-Verfahren und Flux-Difference Splitting nach ROE gelöst. Zur Diskretisierung des Terrains werden unstrukturierte Dreiecksnetze (TINs) verwendet, welche sich optimal an vorhandene Geländestrukturen (Dämme, Gräben) anpassen (BEFFA, 2004).

Im vorliegenden Fall wurde für den Bereich der Rettenbachalm ein einheitliches Dreiecksnetz (Mesh) mit etwa 230.000 Dreiecken erstellt.

Zur Beschreibung von Sohlrauigkeiten kam der Ansatz von Manning-Strickler zur Anwendung, wobei hierbei ein einheitlicher Wert von 20 in die Simulation einging.

Für den Feststofftransport wurde die Formel nach SMART-JÄGGI (1983) herangezogen. Für die Simulation wurde der Verlandungskörper der Klause als freistehend angenommen. Dieser erodiert demnach zunächst sehr rasch um einen stabilen Böschungswinkel zu erreichen.

FLUMEN liefert Abflussganglinien an frei definierbaren Positionen sowie graphische Darstellungen unterschiedlichster Ergebnisse. Für die vorliegende Fragestellung werden die Ankunftszeit der Hochwasserwelle, die maximale Fliesstiefe sowie die Sohlveränderung durch Erosions- und Ablagerungsprozesse für die gesamte Simulationsfläche visualisiert. Zur besseren Orientierung wurde die Almfläche mit dem Straßennetz hinterlegt. Eine Abflussganglinie wird für hm 67, also ca. 6 hm bachabwärts der Almfläche dargestellt.

Da sich das Gerinnesystem zunächst füllen muss, kann erst nach einer gewissen Simulationszeit ein Abfluss registriert werden. Die Differenz der registrierten Abflussspitze zum Modellinput ergibt sich aus den zeitlich versetzten Abflussganglinien der einzelnen Zubringer.



6.4.2. Szenarien

Bei der Modellierung mittels FLUMEN wurden vier unterschiedliche Szenarien berücksichtigt.

Zunächst wurde das gesamte Einzugsgebiet (EZG) mit den Abflussganglinien basierend auf dem Niederschlag nach Gumbel (215,7 mm; siehe Kapitel 5.2 und 5.5.4) beaufschlagt. Weiters wurden die Ganglinien, resultierend aus der Niederschlags-Abflusssimulation, nach Lorenz-Skoda herangezogen. Bei Beaufschlagung der jeweiligen Teileinzugsgebiete (TEZG) Karbach, Jaglingbach sowie des östlichen TEZG mit einem Starkniederschlag von 141,8 mm und gleichzeitiger Überregnung der restlichen TEZG mit einer Intensität von 10 mm (siehe Kapitel 5.3 und 5.5.4) ergaben sich somit drei weitere Szenarien. Eine Beaufschlagung des TEZG Grabenbach wurde nicht berücksichtigt, da dieses für das Abflussgeschehen der Almfläche keinen Einfluss ausübt.

Auf die Simulation des im Almbereich aufgedämmten Rettenbaches wurde bewusst verzichtet, da das zweidimensionale Simulationsgebiet aus Genauigkeitsgründen des digitalen Geländemodells auf die Rettenbachalm beschränkt werden musste. Der Einfluss eines kanalisierten Abflusses im Bereich Rettenbachalm auf das Abflussgeschehen im Stadtgebiet von Bad Ischl kann also im Zuge der 2D-Modellierung nicht nachvollzogen werden kann.

6.4.3. Ergebnisse

6.4.3.1. Szenario „Gesamtes Einzugsgebiet (215,7 mm/24 h)“

Das Abflussgeschehen bzw. die Transportprozesse stellen sich wie folgt dar (Abbildung 41):

- In der Schluchtstrecke werden stellenweise Abflusstiefen von über 8 m erreicht
- Die Brücke am Ende der Schluchtstrecke bzw. am Almbeginn bei hm 87,4 stellt einen Engpass dar. Es kommt zum Bachaustritt im Brückenbereich (Abflusstiefe bis zu 1,5 m).



- Durch den Einstoß des Karbaches kommt es im Mündungsbereich desselben zum linksufrigen Bachaustritt mit Abflusstiefen von über 1 m. Der Rettenbach landet innerhalb seines Bachbettes auf.
- Durch den Zusammenfluss von Karbach und Rettenbach treten die beiden Bäche rechtsufrig, stellenweise der Rettenbach auch linksufrig aus dem Bachbett und überfluten großflächig die Rettenbachalm bis fast zum nördlichen Güterweg. Maximale Abflusstiefen sind mit 0,8 m, geringere Abflusstiefen mit 0,1-0,2 m anzugeben. Stellenweise treten bachbegleitend aber auch im Überflutungsbereich Geschiebeablagerungen von bis zu 0,4 m auf.
- Im Bereich der Einmündung des Jaglingbaches tritt dieser durch Rückstau an der Brücke beidseitig, der Rettenbach rechtsufrig flächig über die Ufer. Die Abflusstiefen schwanken zwischen 0,1 und 0,7 m. Es kommt zu Auflandungen des Bachbettes.
- Abbildung 42 zeigt die Abflussganglinie für hm 67. Der Spitzenabfluss ist mit 156 m³/s nach einer Ereignisdauer von 5,4 Stunden anzugeben.

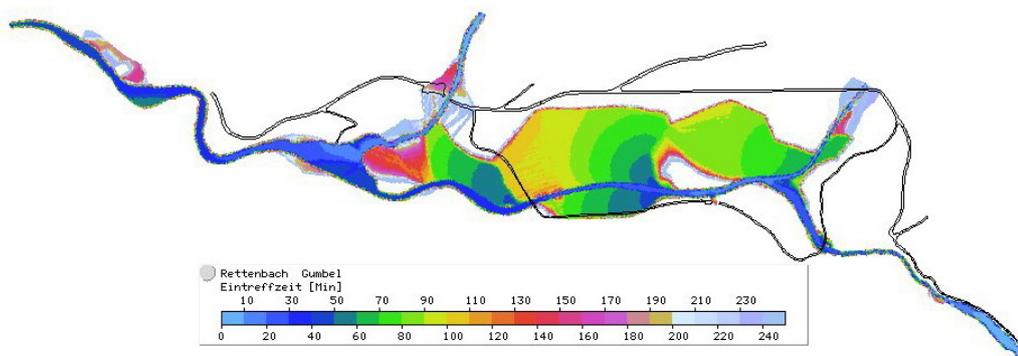


Abbildung 40: Zeitpunkt der Benetzung durch die Hochwasserwelle

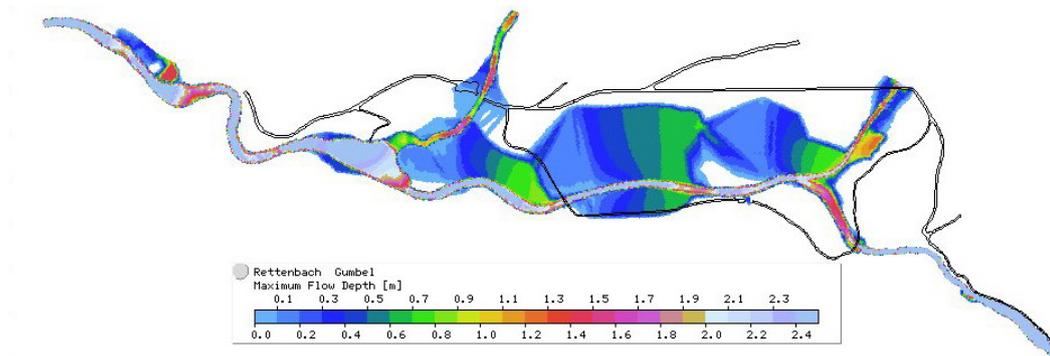


Abbildung 41: Maximale Fliesstiefe

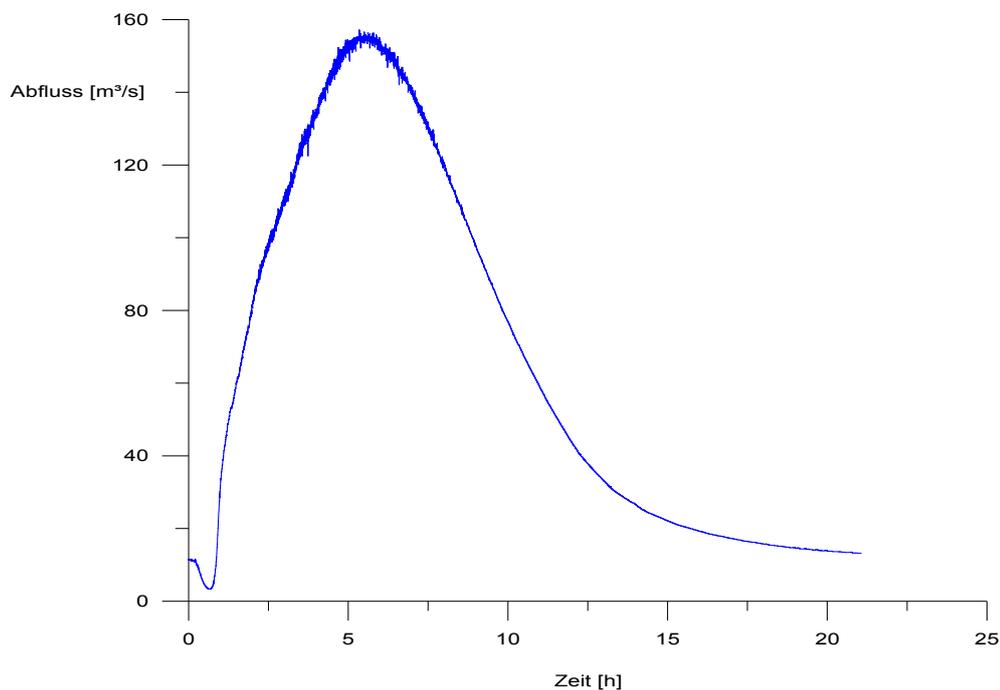


Abbildung 42: Abflussganglinie bei hm 67

6.4.3.2. Szenario „Beaufschlagung Jaglingbach (141,8 mm/105 min, restliche TEZG 10 mm)“

Das Abflussgeschehen bzw. die Transportprozesse stellen sich wie folgt dar (Abbildung 44, Abbildung 45):

- In der Schluchtstrecke werden stellenweise Abflusstiefen von über 6 m erreicht
- Die Brücke am Ende der Schluchtstrecke bzw. am Almbeginn bei hm 87,4 stellt einen Engpass dar. Es kommt zum Bachaustritt im Brückenbereich (Abflusstiefe bis zu 1,5 m).



- Durch den Einstoß des Karbaches kommt es im Mündungsbereich desselben zum linksufrigen Bachaustritt mit Abflusstiefen von über 1 m.
- Durch den Zusammenfluss von Karbach und Rettenbach treten die beiden Bäche rechtsufrig, stellenweise der Rettenbach auch linksufrig aus dem Bachbett und überfluten großflächig die Rettenbachalm bis fast zum nördlichen Güterweg. Maximale Abflusstiefen sind mit 0,8 m, geringere Abflusstiefen mit 0,1-0,2 m anzugeben.
- Im Bereich der Einmündung des Jaglingbaches tritt dieser durch Rückstau an der Brücke beidseitig, der Rettenbach rechtsufrig flächig über die Ufer. Die Abflusstiefen schwanken zwischen 0,1 und 0,8 m. Es kommt zu flächigen Geschiebeablagerungen außerhalb des Bachbettes, wobei die Ablagerungshöhen zwischen 0,1 und maximal 1,2 m schwanken.
- Abbildung 46 zeigt die Abflussganglinie für hm 67. Der Spitzenabfluss ist mit 102 m³/s nach einer Ereignisdauer von 1,7 Stunden anzugeben.

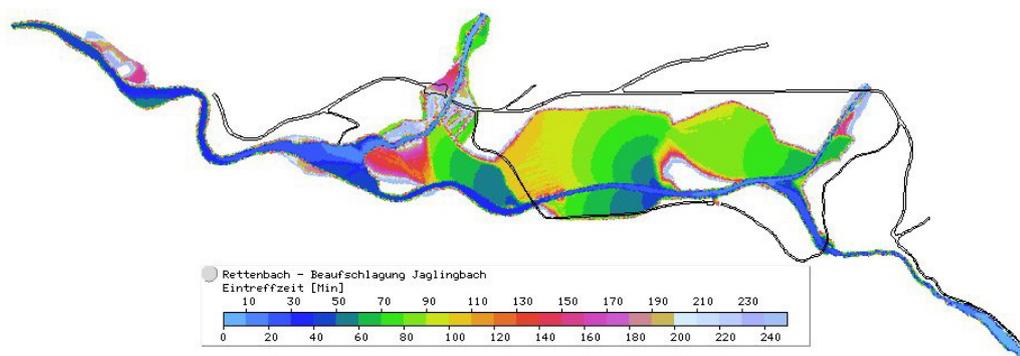


Abbildung 43: Zeitpunkt der Benetzung durch die Hochwasserwelle

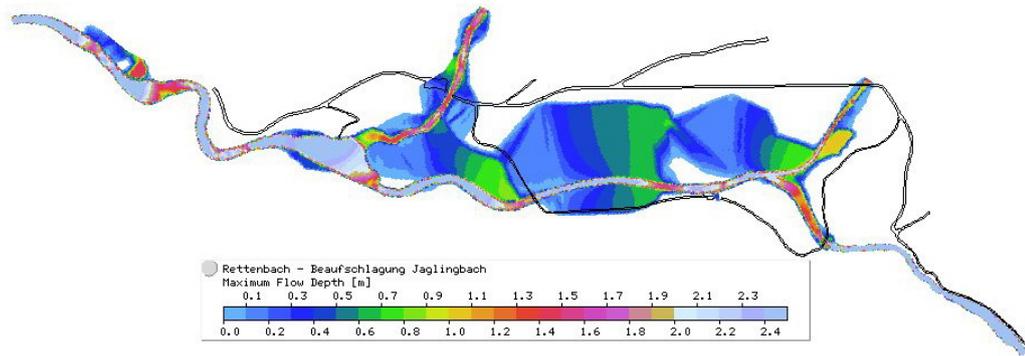


Abbildung 44: Maximale Fliesstiefe

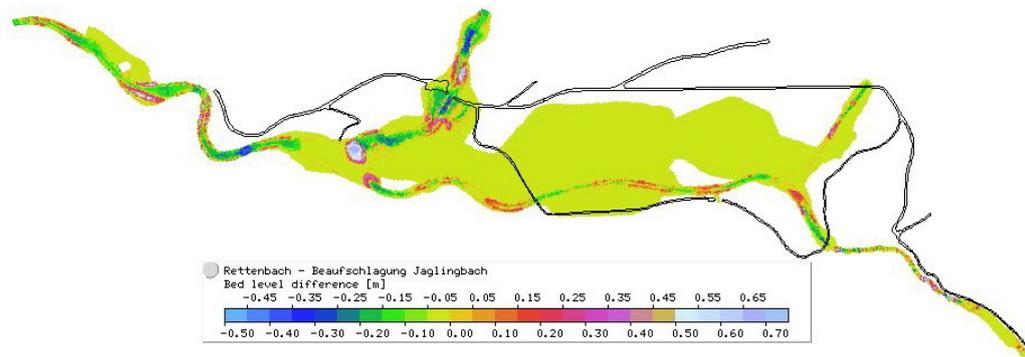


Abbildung 45: Sohlveränderung durch Erosions- und Ablagerungsprozesse

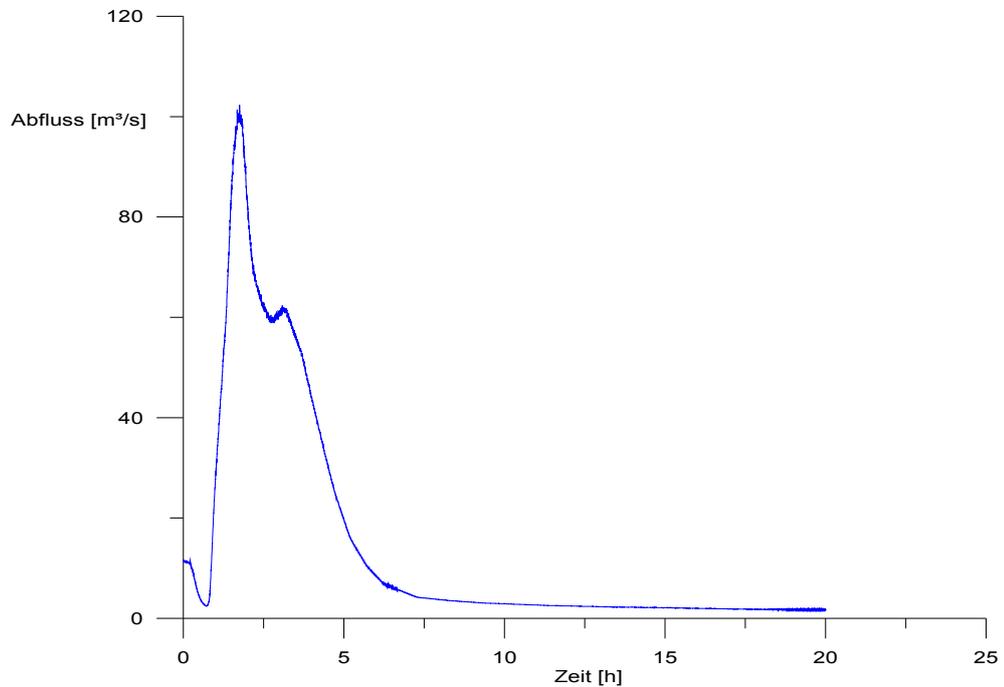


Abbildung 46: Abflussganglinie bei hm 67



6.4.3.3. Szenario „Beaufschlagung Karbach (141,8 mm/105 min, restliche TEZG 10 mm)“

Das Abflussgeschehen bzw. die Transportprozesse stellen sich wie folgt dar (Abbildung 48, Abbildung 49):

- In der Schluchtstrecke werden stellenweise Abflusstiefen von über 8 m erreicht
- Die Brücke am Ende der Schluchtstrecke bzw. am Almbeginn bei hm 87,4 stellt einen Engpass dar. Es kommt zum Bachaustritt im Brückenbereich (Abflusstiefe bis zu 1,5 m).
- Durch den Einstoß des Karbaches kommt es im Mündungsbereich desselben zum linksufrigen Bachaustritt mit Abflusstiefen von über 1,5 m und Ablagerungsdecken von über 1 m Mächtigkeit.
- Durch den Zusammenfluss von Karbach und Rettenbach treten die beiden Bäche rechtsufrig, stellenweise der Rettenbach auch linksufrig aus dem Bachbett und überfluten großflächig die Rettenbachalm bis fast zum nördlichen Güterweg. Maximale Abflusstiefen sind mit 0,8 m, geringere Abflusstiefen mit 0,1-0,2 m anzugeben. Stellenweise treten bachbegleitend aber auch im Überflutungsbereich Geschiebeablagerungen von bis zu 0,4 m auf.
- Im Bereich der Einmündung des Jaglingbaches tritt dieser durch Rückstau an der Brücke beidseitig, der Rettenbach rechtstufri- g über die Ufer. Die Abflusstiefen schwanken zwischen 0,1 und 0,5 m. Es kommt zu Auflandungen des Bachbettes.
- Abbildung 50 zeigt die Abflussganglinie für hm 67. Der Spitzenabfluss ist mit 126 m³/s nach einer Ereignisdauer von 2,4 Stunden anzugeben.

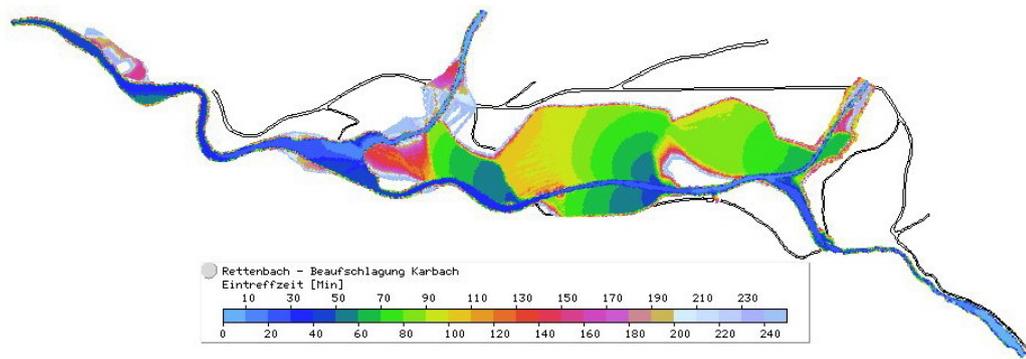


Abbildung 47: Zeitpunkt der Benetzung durch die Hochwasserwelle

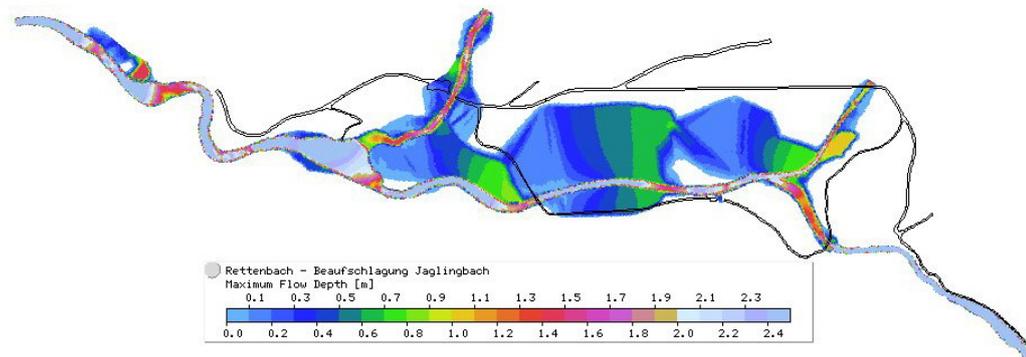


Abbildung 48: Maximale Fließtiefe

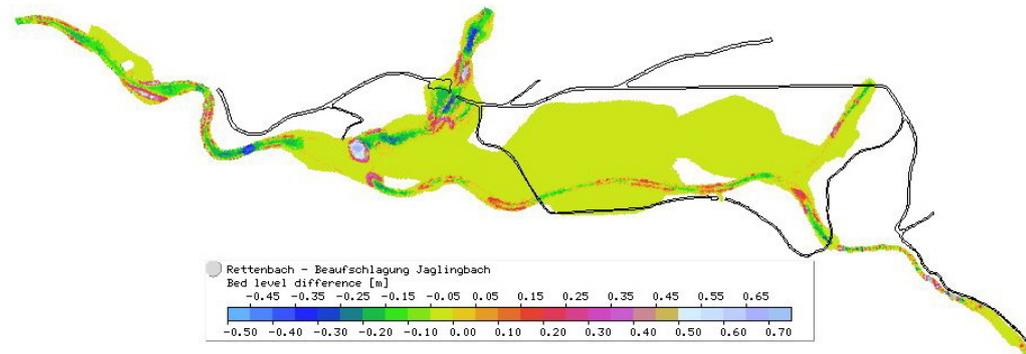


Abbildung 49: Sohlveränderung durch Erosions- und Ablagerungsprozesse

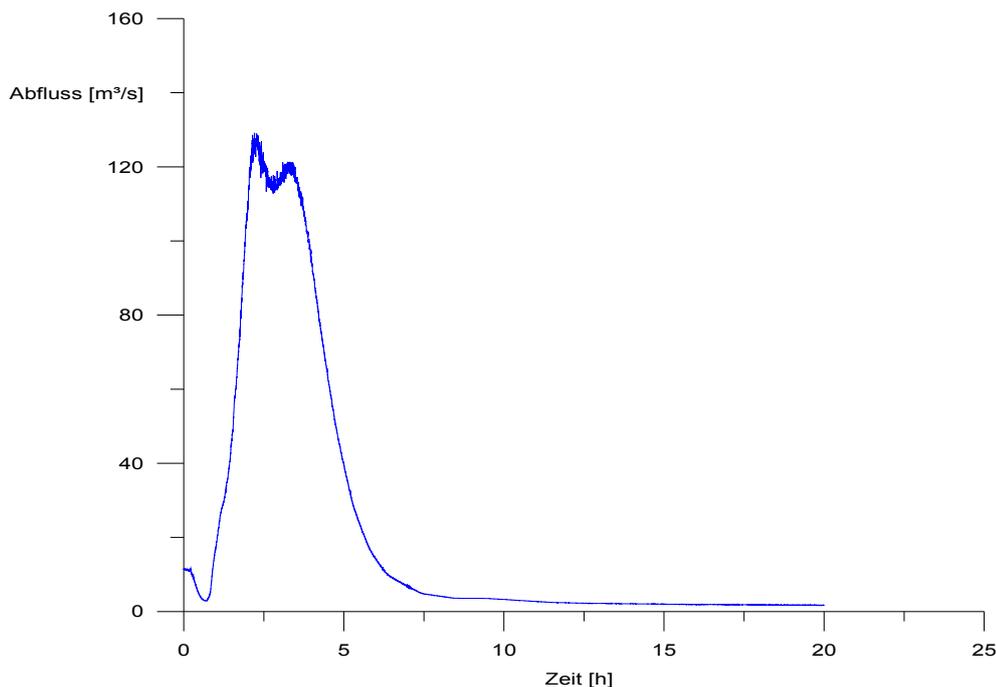


Abbildung 50: Abflussganglinie bei hm 67

6.4.3.4. Szenario „Beaufschlagung östliches Teileinzugsgebiet (141,8 mm/105 min, restliche TEZG 10 mm)“

Das Abflussgeschehen bzw. die Transportprozesse stellen sich wie folgt dar (Abbildung 52, Abbildung 53):

- In der Schluchtstrecke werden stellenweise Abflusstiefen von über 8 m erreicht
- Die Brücke am Ende der Schluchtstrecke bzw. am Almbeginn bei hm 87,4 stellt einen Engpass dar. Es kommt zum Bachaustritt im Brückenbereich (Abflusstiefe bis zu 1,5 m).
- Durch den Einstoß des Karbaches kommt es im Mündungsbereich desselben zum linsufrigen Bachaustritt mit Abflusstiefen von bis zu 0,8 m. Der Rettenbach landet innerhalb seines Bachbettes stark auf.
- Durch den Zusammenfluss von Karbach und Rettenbach treten die beiden Bäche rechtsufrig, stellenweise der Rettenbach auch linksufrig aus dem Bachbett und überfluten großflächig die Rettenbachalm bis fast zum nördlichen Güterweg. Maximale Abflusstiefen sind mit 0,8 m, geringere Abflusstiefen mit 0,1-0,2 m



anzugeben. Stellenweise treten bachbegleitend aber auch im Überflutungsbereich Geschiebeablagerungen von bis zu 0,4 m auf.

- Im Bereich der Einmündung des Jaglingbaches tritt der Rettenbach rechstufmig flächig über die Ufer. Die Abflusstiefen schwanken zwischen 0,1 und 0,8 m. Es kommt zu Auflandungen des Bachbettes.
- Abbildung 54 zeigt die Abflussganglinie für hm 67. Der Spitzenabfluss ist mit 149 m³/s nach einer Ereignisdauer von 1,0 Stunden anzugeben.

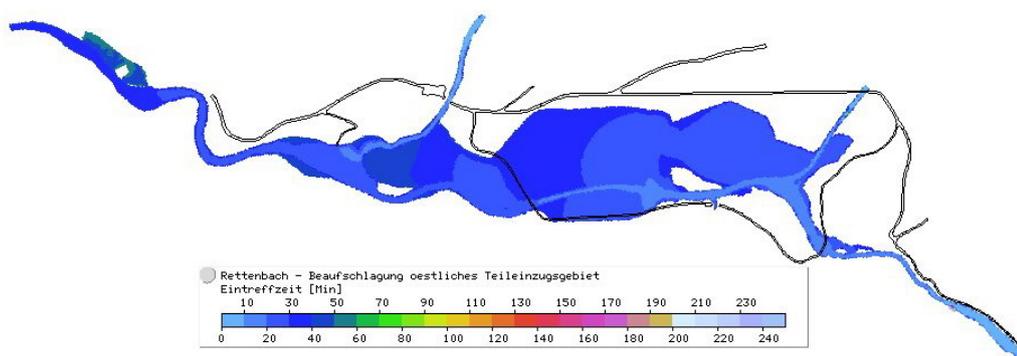


Abbildung 51: Zeitpunkt der Benetzung durch die Hochwasserwelle

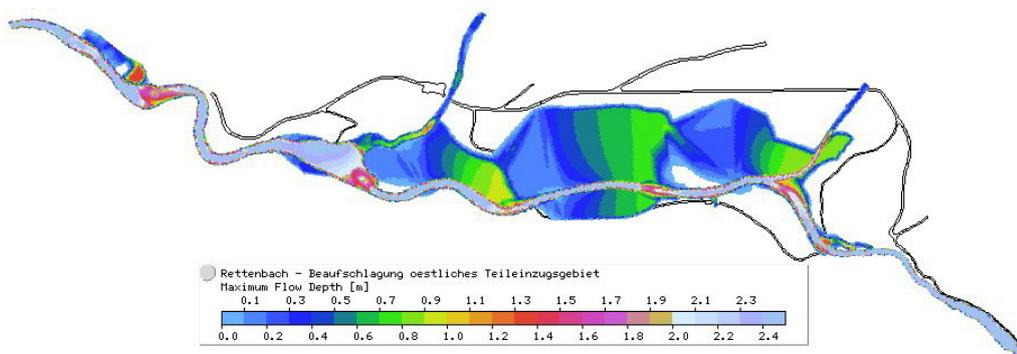


Abbildung 52: Maximale Fliesstiefe

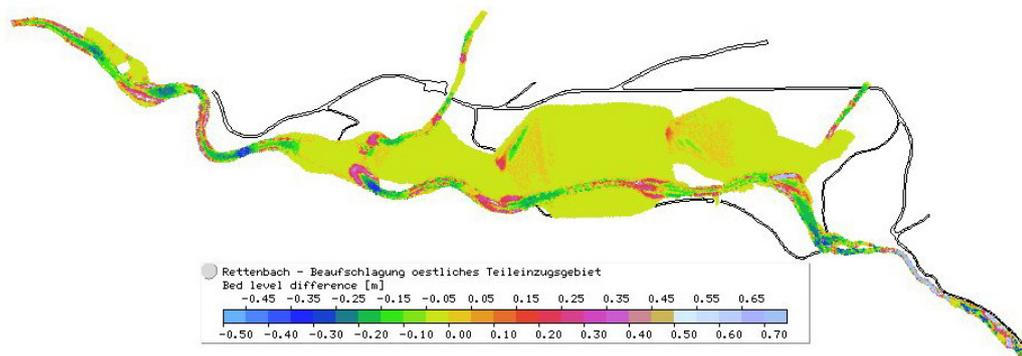


Abbildung 53: Sohlveränderung durch Erosions- und Ablagerungsprozesse

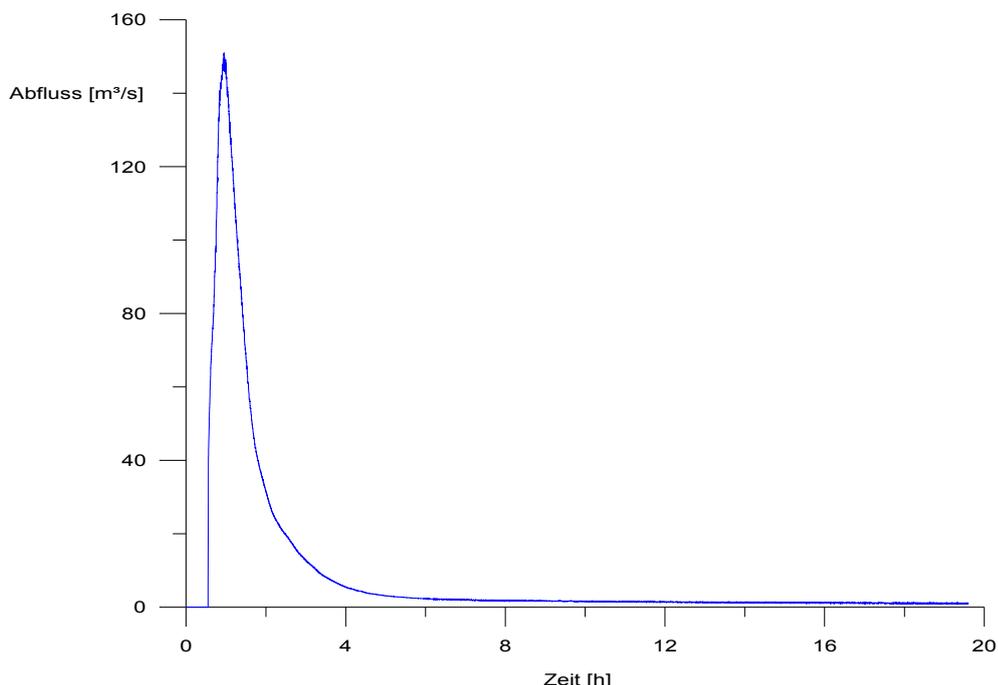


Abbildung 54: Abflussganglinie bei hm 67

6.4.3.5. Zusammenfassung der Ergebnisse der 2D-Simulation

Wie die Simulationsergebnisse zeigen, führt der Niederschlag mit 215,7 mm in 24 Stunden zu ähnlichen Abflussspitzen wie die Beaufschlagung des Östlichen Teileinzugsgebietes oder des Karbachs durch ein Starkregenereignis mit 141,8 mm in 105 Minuten.

Im Mündungsbereich des Karbachs in den Rettenbach ist das Längsgefälle gering. Auf Grund der dadurch erhöhten Verlandung des Bachlaufes im Almbereich muss mit Bachausbrüchen gerechnet werden. Dies führt zu einer starken Beanspruchung der Rettenbachalm als Überflutungsfläche.



Die zweidimensionale Modellierung macht die Geschwindigkeitsverteilung innerhalb der Almfläche und damit deren retendierende Wirkung deutlich. Während innerhalb des Gerinnes Fließgeschwindigkeiten von bis zu 4,5 m/s auftreten, beschränkt sie sich auf den Überflutungsflächen auf etwa 1,5 m/s. Tabelle 13 zeigt die Wirkung der fließenden Retention durch den Almboden.

Tabelle 13: Dämpfung der Hochwasserwelle durch den Almboden

Zubringer/Szenario	215 mm gesamtes EZG	141 mm Karbach	141 mm Jaglingbach	141 mm Östl. TEZG
Karbach	48	119	5	5
Jaglingbach	28	3	80	3
Östl. TEZG	85	17	17	151
Zufluss Alm [m³/s]	161	139	102	159
Abfluss Alm [m³/s]	156	120	100	149
Dämpfung [%]	3	14	2	6

Die retendierende Wirkung der Almfläche, auch auf das Abflussgeschehen im Siedlungsgebiet Bad Ischl, ist also nicht nur im Bezug auf den reinen Abfluss sondern vor allem auch in der Geschiebezwisehendeponie zu sehen.

Je nach Beaufschlagung der unterschiedlichen Teileinzugsgebiete kommt es zur Geschiebeablagerung am Almboden, die bei einer Kanalisierung des Rettenbaches im Almbereich sonst dem Mittel- und Unterlauf zugeführt würden. Dadurch kann es im Unterlauf – bei kanalisierter Führung – in Folge auch bereits bei Kleinereignissen zu Bachaustritten mit schadbringender Geschiebeablagerung kommen.



7. Diskussion

Die numerische Simulation zeigt sehr anschaulich, dass der Verlandungskörper im Versagensfall primär erodiert wird, jedoch unmittelbar unterhalb der Klause abgelagert und in weiterer Folge umgelagert und abgebaut wird. Dabei kommt es zur breitflächigen Überflutung der Rettenbachalm und deutlichen Auflandungen des Bachbettes im Almgebiet mit gelegentlicher, flächiger Geschiebeablagerung auch außerhalb des Bachbettes.

An diesem Punkt enden die Möglichkeiten von numerischen Simulationen. Wird jedoch dieser Gedanke mit „Hausverstand“ weitergedacht, so kann sich ebenso ein völlig anderes Szenario ergeben, das nicht unerwähnt bleiben sollte.

In der Schluchtstrecke kommen enorme Feststoffmengen zur Zwischenlagerung. Diese werden bei entsprechendem Abfluss kontinuierlich abgebaut und durch die Schlucht zur Rettenbachalm transportiert. Anschließend an das Schluchtende öffnet sich der Almboden, der hier ein relativ geringes Gefälle aufweist. Weiters stößt kurz darauf rechtsufrig der Karbach als bedeutender Zubringer ein. Diese beiden Tatsachen bedeuten eine reduzierte Transportkapazität für diesen Bereich und begünstigen somit die Ausbildung eines Schwemmkegels. Fraglich ist nunmehr in wie weit der Rettenbach seinen ursprünglichen Verlauf beibehalten kann. Vielmehr ist davon auszugehen, dass der Rettenbach auf seinem eigenen, neu geschütteten Schwemmkegel pendelt und in weiterer Folge auf Grund der Gefällsverhältnisse mehr oder minder den gesamten Almboden bestreichen kann, wobei eine primär nordnordwestliche Stoßrichtung plausibel erscheint (Abbildung 55). Dabei würden mit großer Wahrscheinlichkeit in Folge genau jene Bereiche betroffen werden, die entsprechend den Ergebnissen der numerischen Simulation überflutet werden. Allerdings würde dann auch der



Feststofftransport in diesen Bereich erfolgen und nicht wie der Modellierung zufolge das alte Bachbett stetig verfüllen. Dementsprechend wäre mit starker Übersarung des gesamten Almbodens zu rechnen. Wo sich schlussendlich ein neues Gerinne ausbildet, kann nicht vorhergesagt werden.

Somit erscheint es auch in diesem Fall sinnvoll, die Rettenbachalm als Retentionsfläche zu erhalten, da diese sowohl auf den Abfluss als auch den Geschiebetransport dämpfend wirkt.

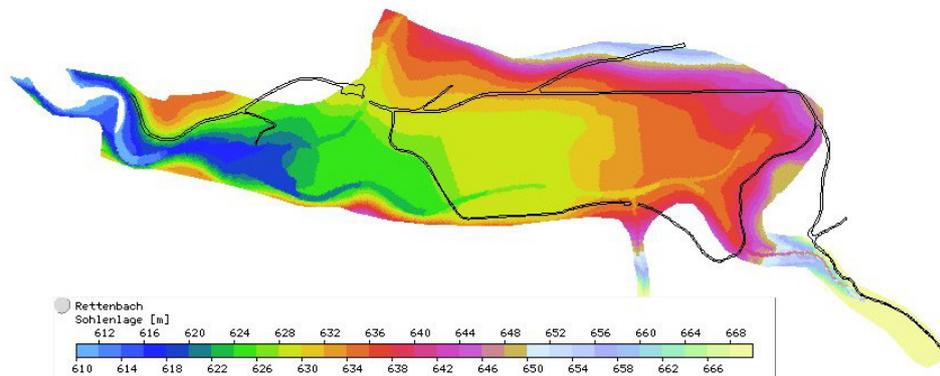


Abbildung 55: Höhenlage der Rettenbachalm



8. Zusammenfassung und Schlussfolgerung

Der total verlandete Ablagerungsraum der Rettenbachklause droht sich beim Versagen des Abschlussbauwerkes schlagartig zu entleeren. Eine Räumung des Verlandungskörpers der Rettenbachklause bei hm 90,7 ist unter dem Gesichtspunkt der Wirtschaftlichkeit nur schwer möglich. Weiters wird die Gefahr des Bauwerkversagens bei Entfernung der wasserseitigen Hinterfüllung deutlich erhöht.

Die Simulationen zeigten, dass im Falle eines Klausenbruches der Geschiebekörper sehr rasch erodiert wird, aber unmittelbar nach der Sperre abgelagert und primär stabilisiert wird. In Folge kommt es zur stetigen Erosion des Verlandungskörpers.

Eine erste kritische Stelle ist in der Brücke unmittelbar am Schluchtende bei hm 87,4 zu sehen. Durch den geringen Abflussquerschnitt kommt es hier zu geringflächigen Überflutungen.

Anschließend mündet rechtsufrig der Karbach ein. Schon die alleinige Beaufschlagung des Karbaches oder des östlichen Teileinzugsgebietes reicht aus, um im Mündungsbereich des Karbaches in den Rettenbach in beiden Bächen Auflandungen innerhalb des Gerinnes zu verursachen. In Folge kommt es zu flächigen Überflutungen mehr oder minder des gesamten Almbodens. Diese reichen linksufrig des Rettenbaches bis über den Güterweg, rechtsufrig wird der Güterweg gerade nicht erreicht. Stellenweise wird auf der Rettenbachalm Geschiebe mit Mächtigkeiten bis zu 0,4 m deponiert.

Auch im Bereich der Einmündung des Jaglingbaches kommt es zu Gerinneauflandungen des Rettenbaches mit nachfolgendem Bachaustritt. Der Jaglingbach selber tritt auf Grund des zu geringen Abflussquerschnittes der Brücke im Bereich des Parkplatzes beidseitig über die Ufer und lagert dabei auch Geschiebe ab. Das „Mündungsdelta“ zwischen Jagling- und Rettenbach wird flächig überflutet.



Am Fuß der Blocksteinrampe kommt es durch das kurzfristig geschiebeentlastete Hochwasser zu Eintiefungserscheinungen.

Im unmittelbaren Bereich vor und nach der Einmündung des Grabenbaches (hm 49,5) kommt es zu teilweise erwähnenswerten Geschiebeablagerungen. Ebenso werden bei der Rettenbachmühle bei hm 15,5 Feststoffe deponiert. Im verbauten Unterlauf kommt es nur noch zu geringen Feststoffablagerungen. Der Vorfluter Traun wird lediglich im Fall des 24-stündigen Niederschlages mit 215,7 mm deutlich mit Geschiebe belastet.

Somit kann gesagt werden, dass die Auswirkungen eines Klausenbruches auf Bad Ischl primär als gering zu werten sind, da es auf Basis der verfügbaren Datengrundlage bei entsprechenden Fließgeschwindigkeiten zu keinen Bachaustritten im Siedlungsgebiet kommen dürfte. Für den Siedlungsbereich ist mit keiner Hochwasserwelle zu rechnen. Das Geschiebe der komplett verlandeten Klause würde zwar primär rasch mobilisiert werden, jedoch in zahlreichen Zwischendeponien abgelagert werden.

Dennoch wird dringend empfohlen, die Almfläche zur Retention weiterhin zu erhalten, da ansonsten bei fehlender Retention durch die Rettenbachalm das Mittel- und Unterlaufgerinne durch Ereignisse kontinuierlich auflanden würde. In Folge würde schon bei kleineren Ereignissen die Gefahr des schadbringenden Bachaustrittes an Stellen mit nur noch geringem Abflussquerschnitt bestehen. Es sei hier vor allem auch der Grabenbach als Geschiebelieferant genannt, der den Mittel- und Unterlauf belastet.

Aus dieser Sichtweise scheint daher der Erhalt der Rettenbachalm als Retentionsfläche unverzichtbar, da diese sowohl auf den Abfluss als auch den Geschiebetransport dämpfend wirkt.

Obwohl den Ergebnissen der vorliegenden Studie zu entnehmen ist, dass ein Versagen der Klause nicht unmittelbar eine schadbringende



Auswirkung auf den Siedlungsbereich Bad Ischl hätte, wird trotzdem geraten die Klause zu sanieren. Im Falle eines Klausenbruches würden große Geschiebemengen freigesetzt, die die Rettenbachalm erreichen und großflächig übersaren können. Da diese jedoch touristisch und almwirtschaftlich genutzt wird, erschiene es fahrlässig von einer Sanierung der Rettenbachklause abzusehen.



9. Statischer Nachweis und Sanierungskonzept der Klause

An dieser Stelle seien die Voruntersuchung und das Gutachten des Institutes für Konstruktiven Ingenieurbau der Universität für Bodenkultur Wien bezüglich des in Auftrag gegebenen statischen Sicherheitsnachweises zitiert. Die detaillierte Vorgangsweise sowie Ergebnisse und das vorgeschlagene Sanierungskonzept sind dem Anhang (siehe Kapitel 11) zu entnehmen.

9.1. Allgemeines

Bei den regelmäßigen visuellen Kontrollen der Bauwerke wurden seitens der Gebietsbauleitung Salzkammergut folgende Auffälligkeiten an der Rettenbachklause festgestellt:

- Freiliegen der Steckbewehrung in bestimmten Bereichen
- Extreme Bemoosung der luftseitigen Klausenwand
- Deutlich sichtbare Betonerosionen

Auf Grund dieser Mängel wurde ein statischer Sicherheitsnachweis in Auftrag gegeben.

9.2. Ergebnisse

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass der Bemessungsnachweis nach ÖNORM B4700 für eine angenommene Dickenreduktion von 70 % nicht eingehalten werden kann. Die Einhaltung der Normvorschrift bedarf demnach eine Verstärkung der Bogenmauer.

9.3. Sanierungskonzept

Bei einer Anordnung von Horizontalriegeln an der Luftseite würde eine Gewölbebildung zwischen den Horizontalriegeln entstehen. Diese ermöglicht die Einhaltung der Normvorschriften sogar bei einer



Dickenreduktion der Bogenmauer von 70 %. Der Nachweis hierfür wurde geführt.

Um künftige Betonerosionen hintan zu halten wird empfohlen den obersten dieser Horizontalriegel konstruktiv derart auszubilden, dass die Luftseite der Bogenmauer vom Überfallstrahl nicht mehr berührt wird.

Eine rechnerisch nicht überprüfte Variante stellt die Errichtung einer etwa 30 cm dicken Vorsatzschale dar.



10. Literaturverzeichnis

BEFFA, C. (2004): Kurzbeschreibung zu FLUMEN (FLUvial Modelling ENgine) in der Version 1.3.
<http://www.fluvial.ch/m/FlumenBeschrieb.pdf>

BMLFUW (2003): Hydrologischer Atlas Österreichs. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft. Wien.

BMLFUW (2005): Informationstext zu Starkniederschlagsmodelldaten Lorenz-Skoda der Abteilung VII/3 im BMLFUW (HZB).

DVWK (1984): Arbeitsanleitung zur Anwendung von Niederschlags-Abfluss-Modellen in kleinen Einzugsgebieten. DVWK-Regeln zur Wasserwirtschaft 133, Teil 2: Synthese. Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau(Hrsg.). Paul Parey-Verlag. Hamburg.

FORSTTECHNISCHER DIENST FÜR WILDBACH- UND LAWINENVERBAUUNG, GEBIETSBAULEITUNG SALZKAMMERGUT (1998): Technischer Bericht des Bauprogramms für Sofortmassnahmen 1998.

FORSTTECHNISCHER DIENST FÜR WILDBACH- UND LAWINENVERBAUUNG, GEBIETSBAULEITUNG SALZKAMMERGUT (1998): Technischer Bericht des Bauprogramms für Sofortmassnahmen 1998. Projektsergänzung: Querprofile 1:100, hm 2,5-11,0.

FORSTTECHNISCHER DIENST FÜR WILDBACH- UND LAWINENVERBAUUNG, GEBIETSBAULEITUNG SALZKAMMERGUT (1999): Wildbachaufnahmeblatt.

FRIEDL, K. (2004): Computergestützte Modellierung von Sedimenttransport in alpinen Einzugsgebieten unter Anwendung Geographischer Informationssysteme; Dissertation an der Universität für Bodenkultur, Wien.



- GUNZ, C. (2001): Gewässerbetreuungskonzept Traun.
- HYDROTEC GMBH (2003). Dokumentation zum Niederschlag-Abfluss-Modell NASIM – Version 3.2.0. Aachen.
- LORENZ, P., SKODA, G. (2000): Bemessungsniederschläge kurzer Dauerstufen ($D \leq 12$ Stunden) mit inadäquaten Daten. Mitteilungsblatt des Hydrographischen Dienstes in Österreich. Nr. 80, 1-24. Wien
- MAYER, H. (1974): Wälder des Ostalpenraumes. Standort, Aufbau und waldbauliche Bedeutung der wichtigsten Waldgesellschaften in den Ostalpen samt Vorland. Fischer Verlag. Stuttgart.
- PILGRIM, D. H. (1987): Australian rainfall and runoff: A guide to flood estimation. Volume 1, revised edition. Institute of Engineers Australia. Barton, A.C.T..
- RICKENMANN, D. (1991): Hyperconcentrated flow and sediment transport at steep slopes. J. Hydraul. Eng., 117(11): 1419-1439.
- SKODA, G., WEILGUNI, V., HAIDEN, T. (2003): Konvektive Starkniederschläge kurzer Dauer. Mitteilungsblatt des Hydrographischen Dienstes in Österreich. Nr. 82, 83-98. Wien.
- SMART, G.M., JÄGGI, M. (1983): Sedimenttransport in steilen Gerinnen. Mitteilungen der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie, ETH Zürich. Heft Nr. 64.
- WUNDT, W. (1953): Gewässerkunde. Springer Verlag. Berlin/Göttingen/Heidelberg



11. Anhang

11.1. Voruntersuchungen zur Bohrkernentnahme

Bericht „Rettenbachsperre Bad Ischl, Diskussionsgrundlage zur Bohrkernentnahme, Alfred Strauss“



11.2. Nachweis und Sanierungskonzept

Bericht „Nachweis-Rettenbachsperre + Sanierungskonzept

RETTENBACH SPERRE BAD ISCHL



Universität für Bodenkultur Wien
Department für Bautechnik und
Naturgefahren

DISKUSSIONSGRUNDLAGE ZUR BOHRKERNENTNAHME

Alfred Strauss



DISKUSSIONSGRUNDLAGE ZUR BOHRKERNENTNAHME

A. Strauss, K. Bergmeister

¹*University of Natural Resources and Applied Life Sciences, Vienna, Department of Structural*

Abstract

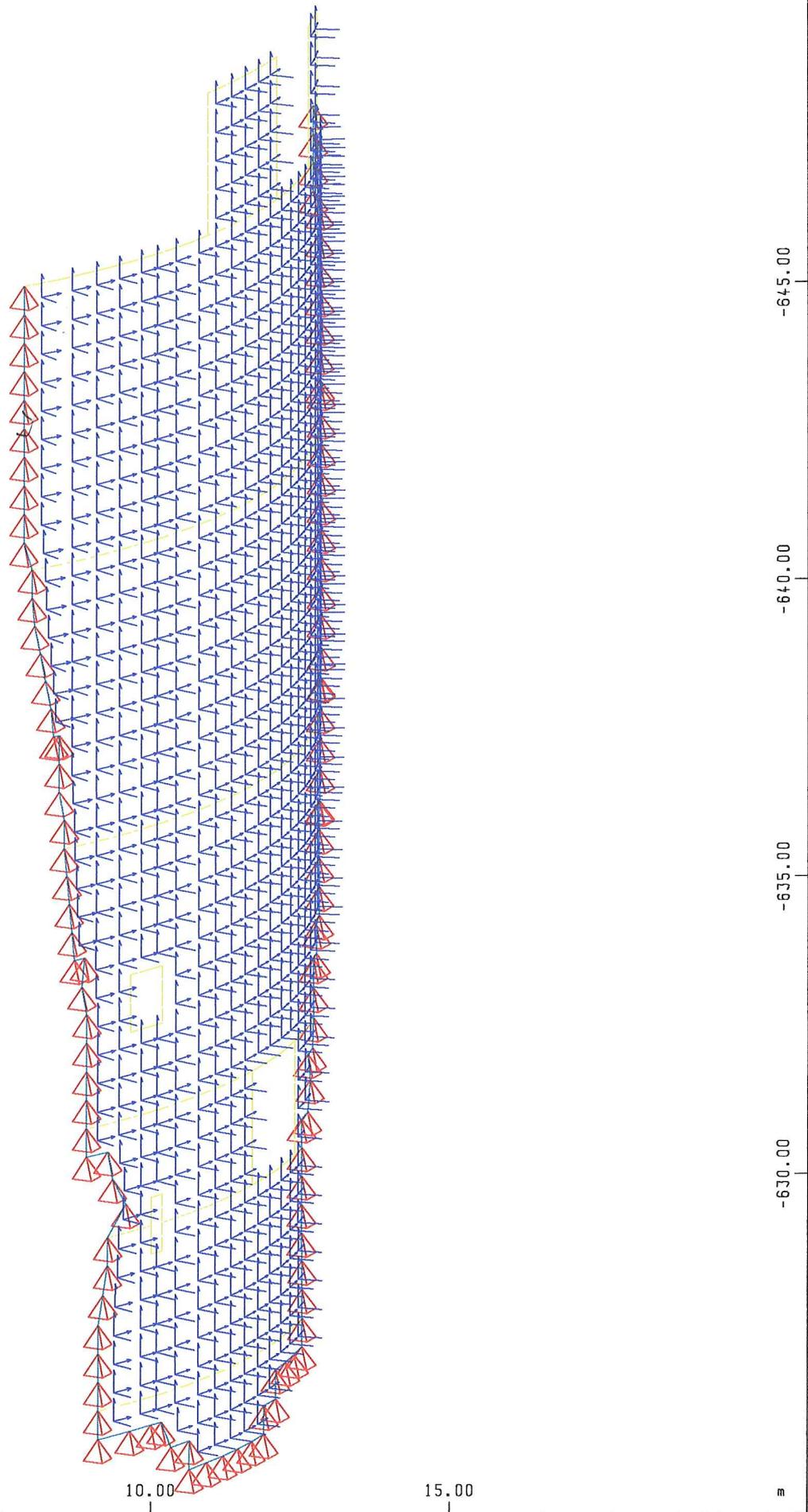
Die vorliegende FEM Analyse dient zur Festlegung der Bohrkernentnahmestellen. Für die FEM Analyse wurde das Softwarepaket SOFISTIK verwendet. Als Flächenelemente dienten Quadelemente, welche sowohl die Membranspannungen als auch die Biegespannungen berücksichtigen. Da vorab keine näheren Daten über die Betoneigenschaften vorliegen, wurde das System mit einem durchschnittlichen E-Modul von 30000MPa analysiert. Als Einwirkung wurde im ersten Schritt der dreifache hydrostatische Wasserdruck angesetzt.

Die Berechnung erfolgte auf Basis der geometrischen Linearität und dem nichtlinearen Materialgesetzes für Beton.

Das Dokument gliedert sich in folgende Teile:

- 1.) Geometrische Darstellung des Systems / Eingespannte Flanken
- 2.) Einwirkung – Hydrostatischer Wasserdruck / Eingespannte Flanken
- 3.) Darstellung der Spannungen / Eingespannte Flanken
- 4.) Geometrische Darstellung des Systems / Frei drehbare Flanken
- 5.) Darstellung der Spannungen / Eingespannte Flanken

Das vorliegende FEM – Modell wird nach weiteren Informationen über die Materialeigenschaften als auch geometrischen Eigenschaften an die Natur angepasst.



5.00

10.00

15.00

m

Lokale Koordinatensysteme... der Flächenelemente



M 1 : 101
X * 0.502
Y * 0.906
Z * 0.962



-5.00

0.00

5.00

m

-670.00

-665.00

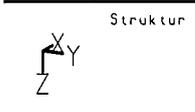
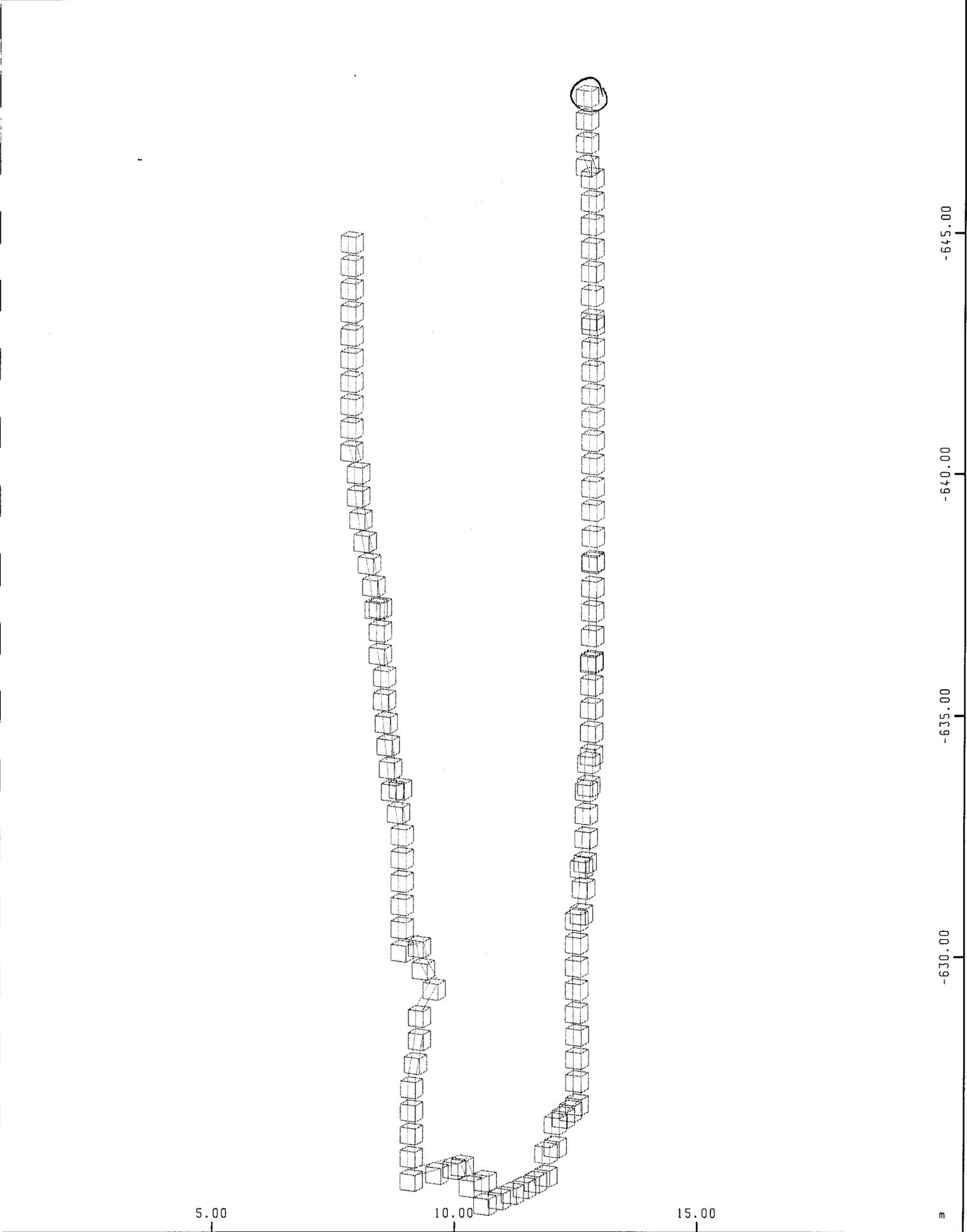
-660.00

-655.00

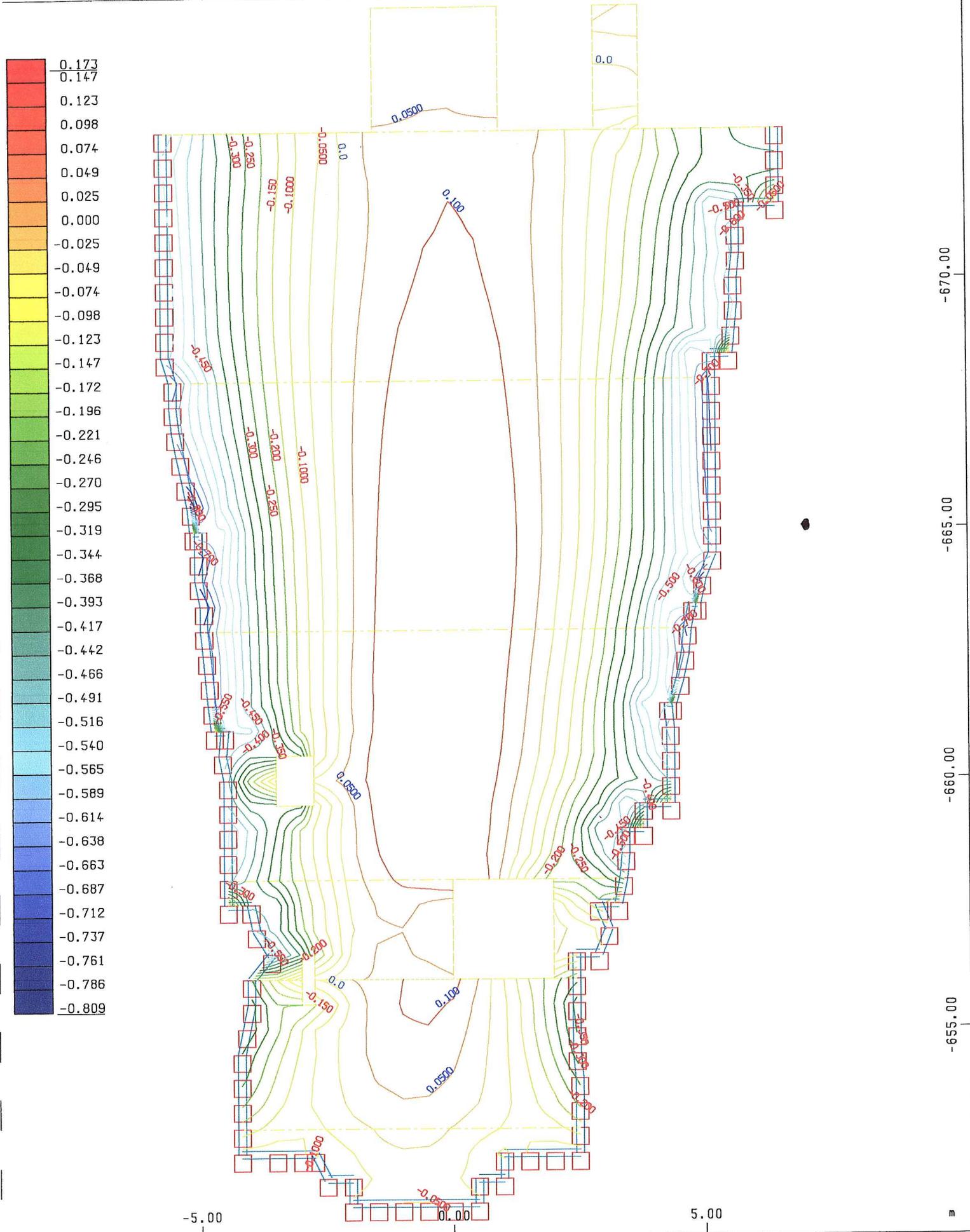
Struktur

M 1 : 96



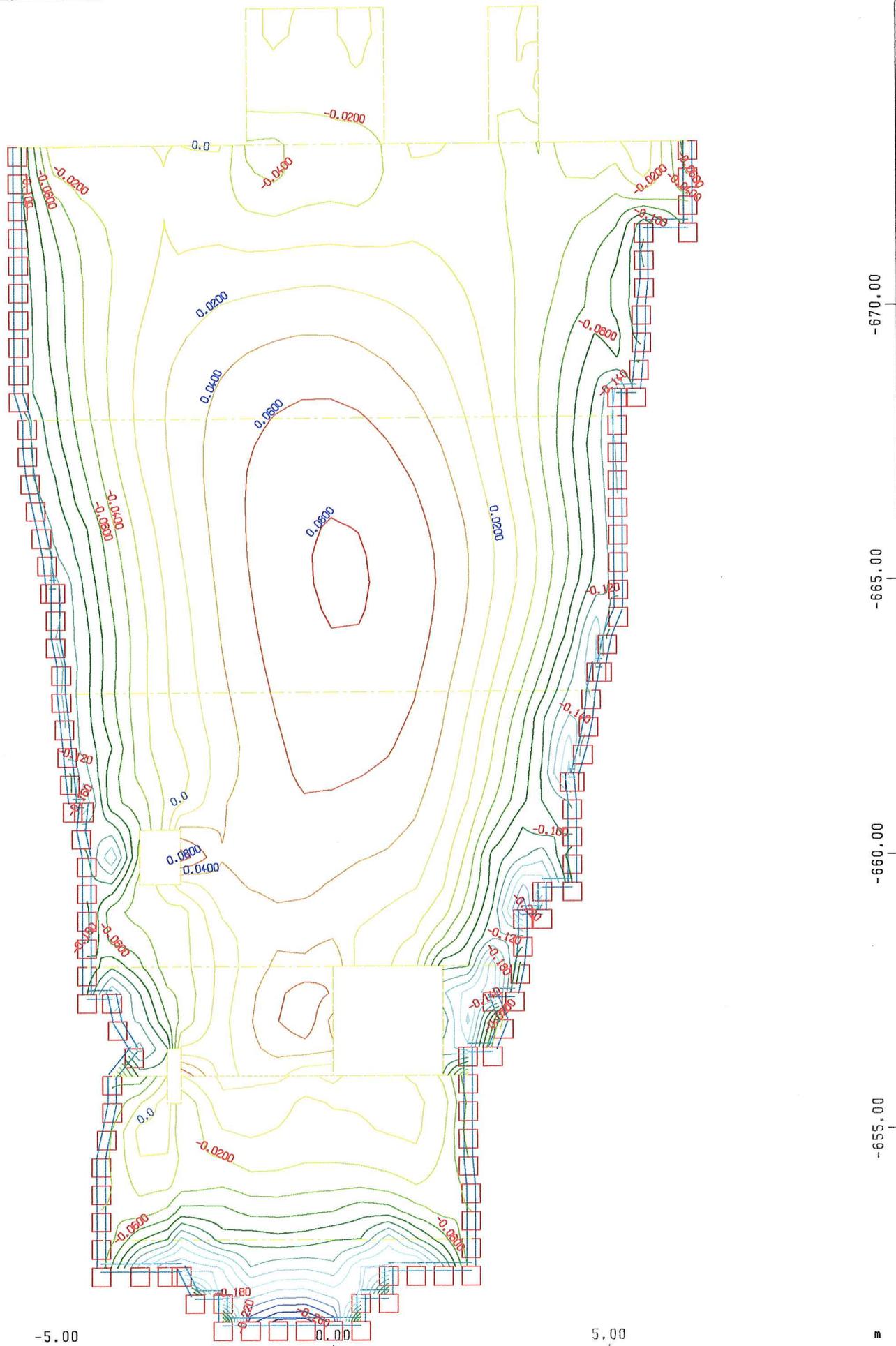
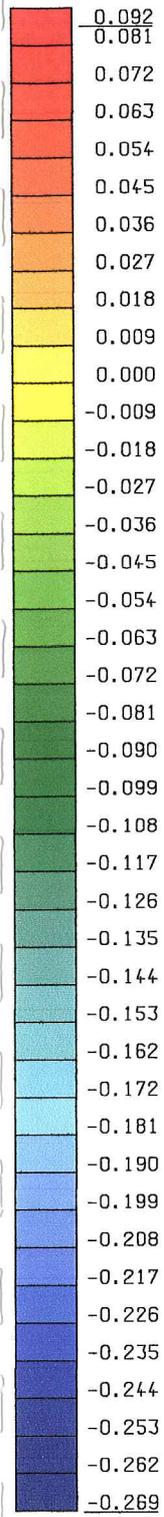


M 1 : 99
X * 0.502
Y * 0.906
Z * 0.962



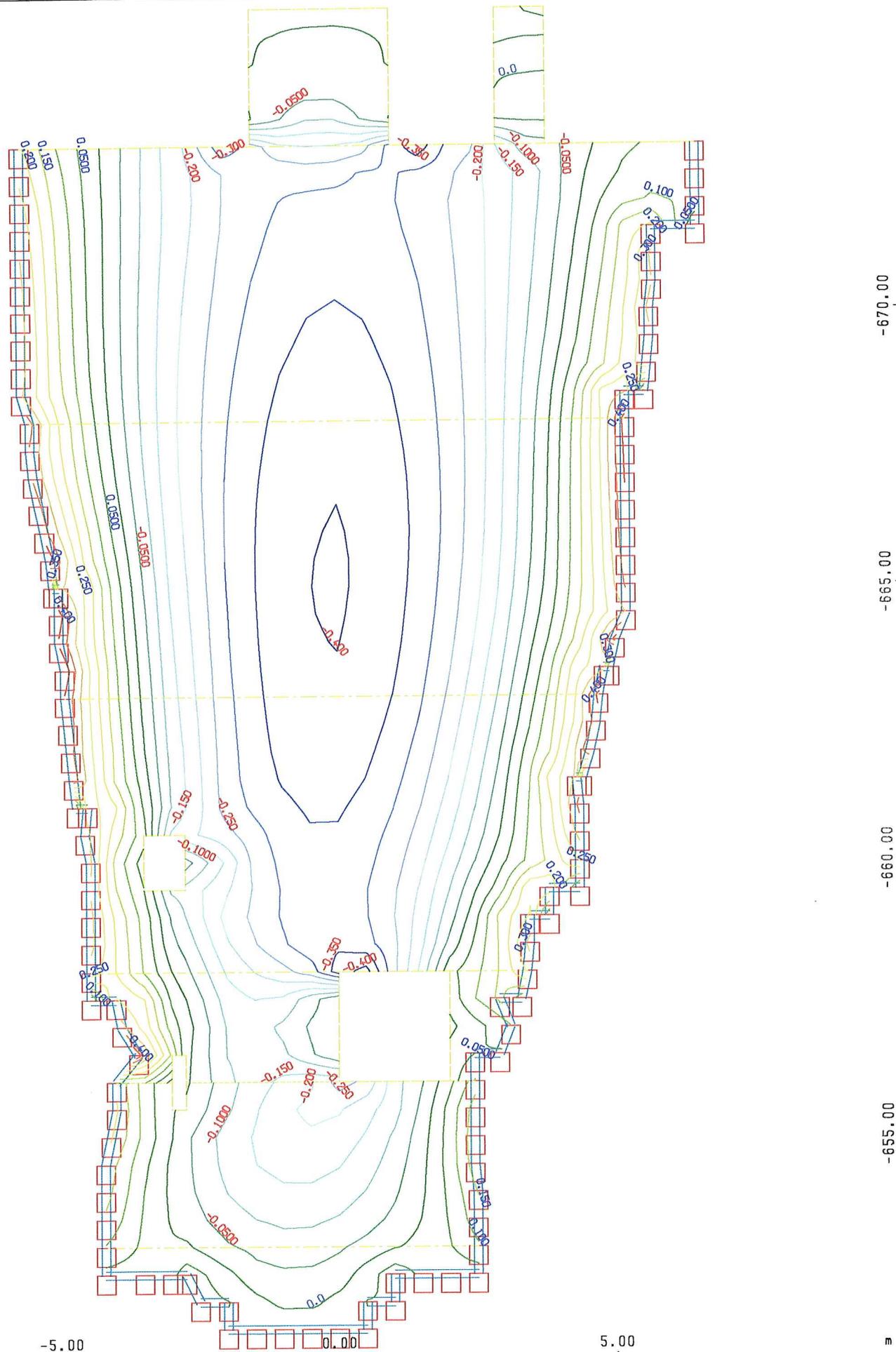
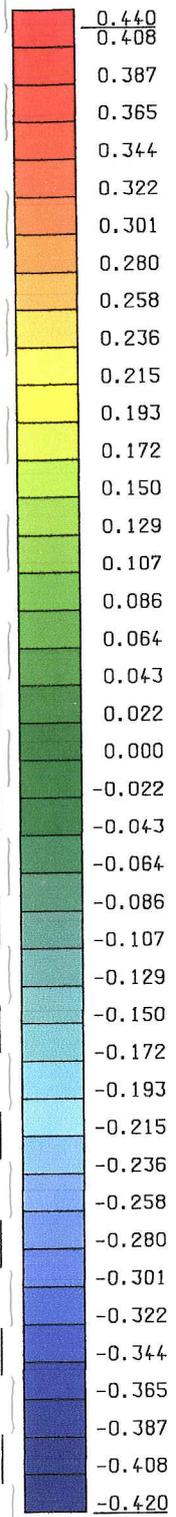
Spannung in lokal x oben in Knoten, Lastfall 1 WASSERDRUCK, von -0.809 bis 0.173 MPa





Spannung in lokal y oben in Knoten, Lastfall 1 WASSERDRUCK, von -0.269 bis 0.0921 MPa





-5.00

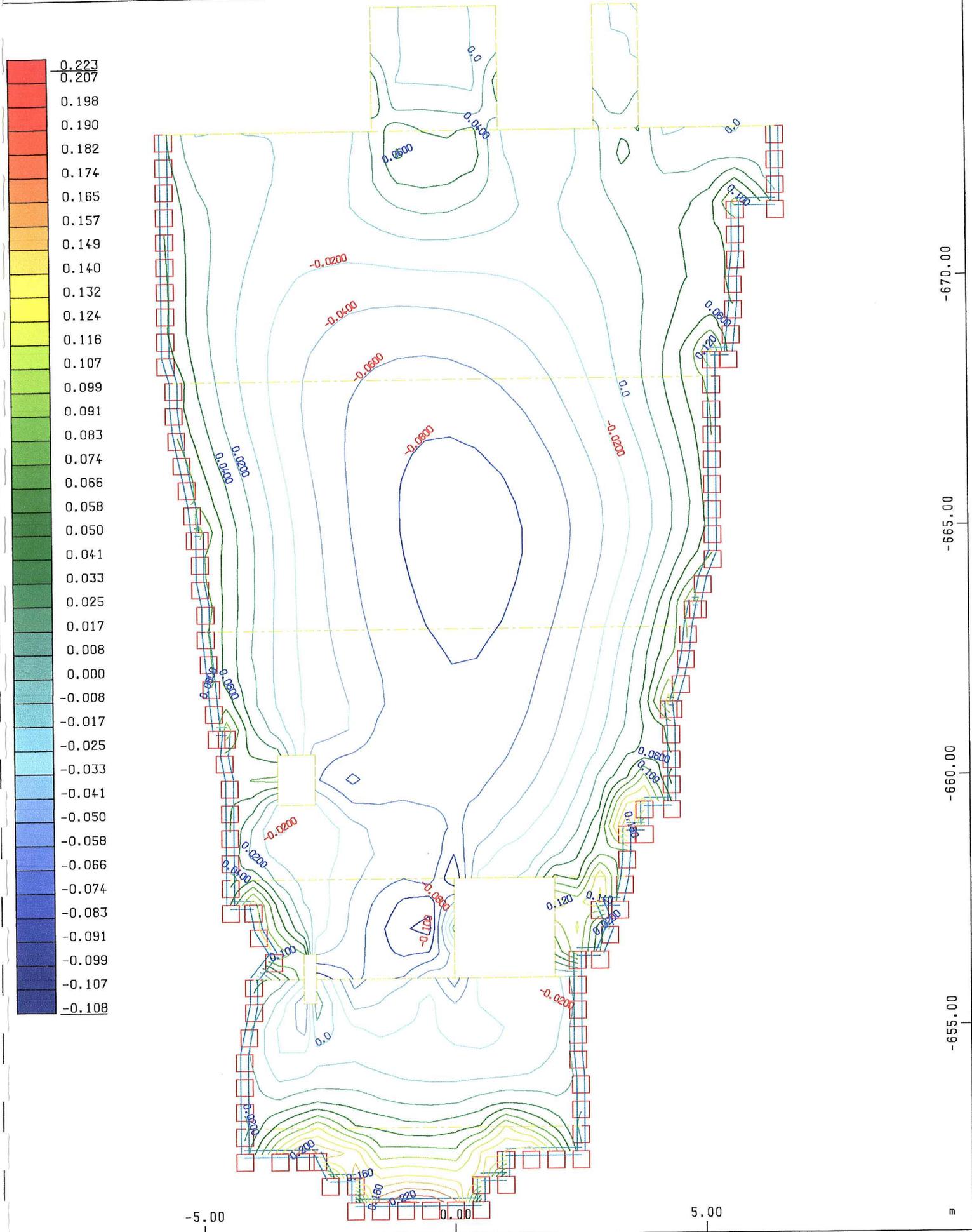
5.00

m

Spannung in lokal x unten im Knoten, Lastfall 1 WASSERDRUCK, von -0.420 bis 0.440 MPa

M 1 • 96

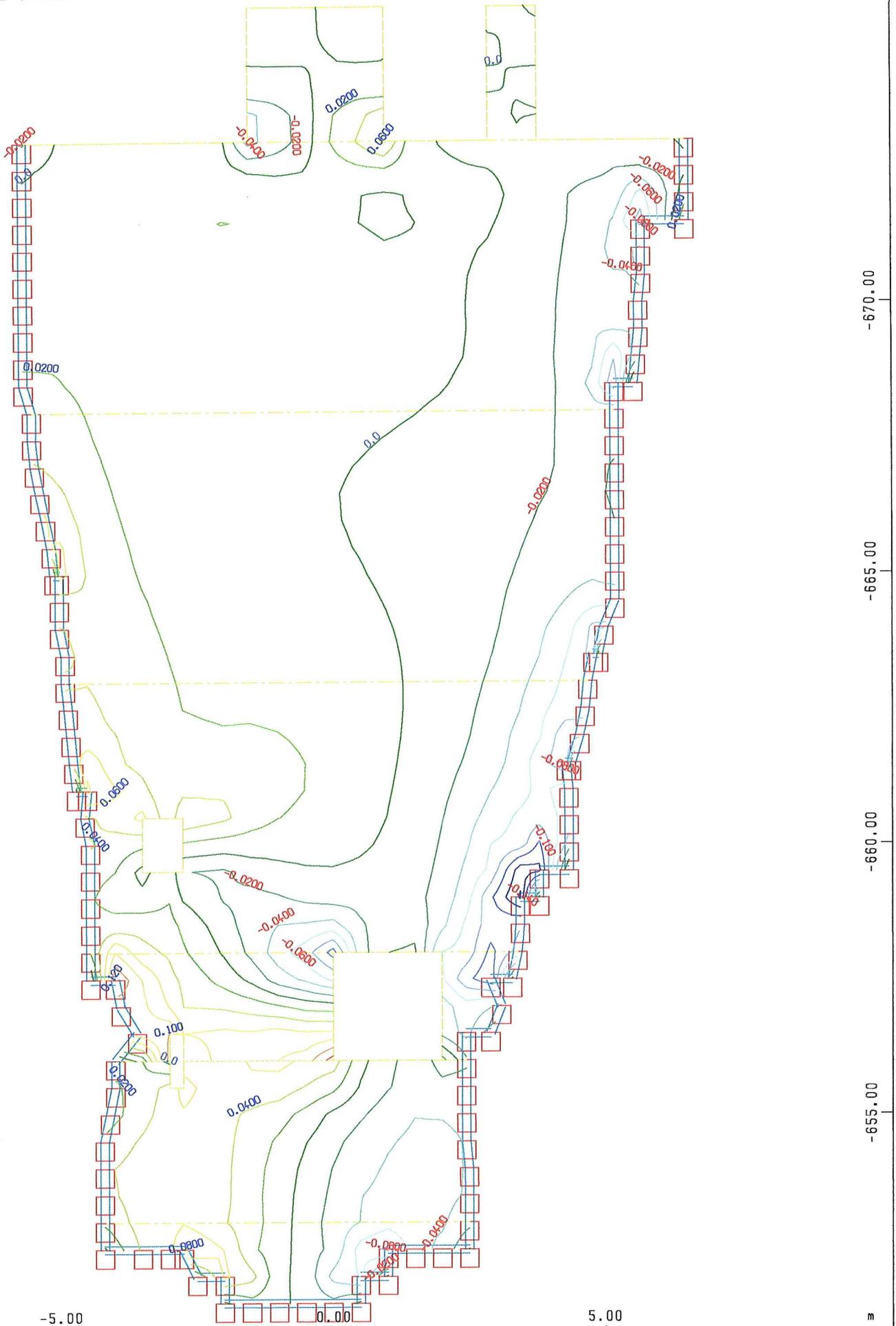
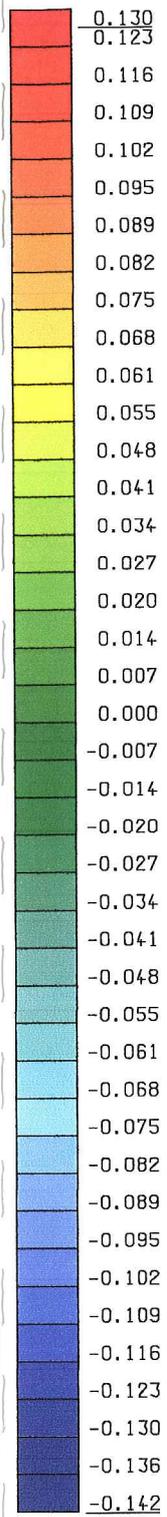




Spannung in lokal y unten im Knoten, Lastfall 1 VASSBRUCK, von -0.108 bis 0.223 MPa

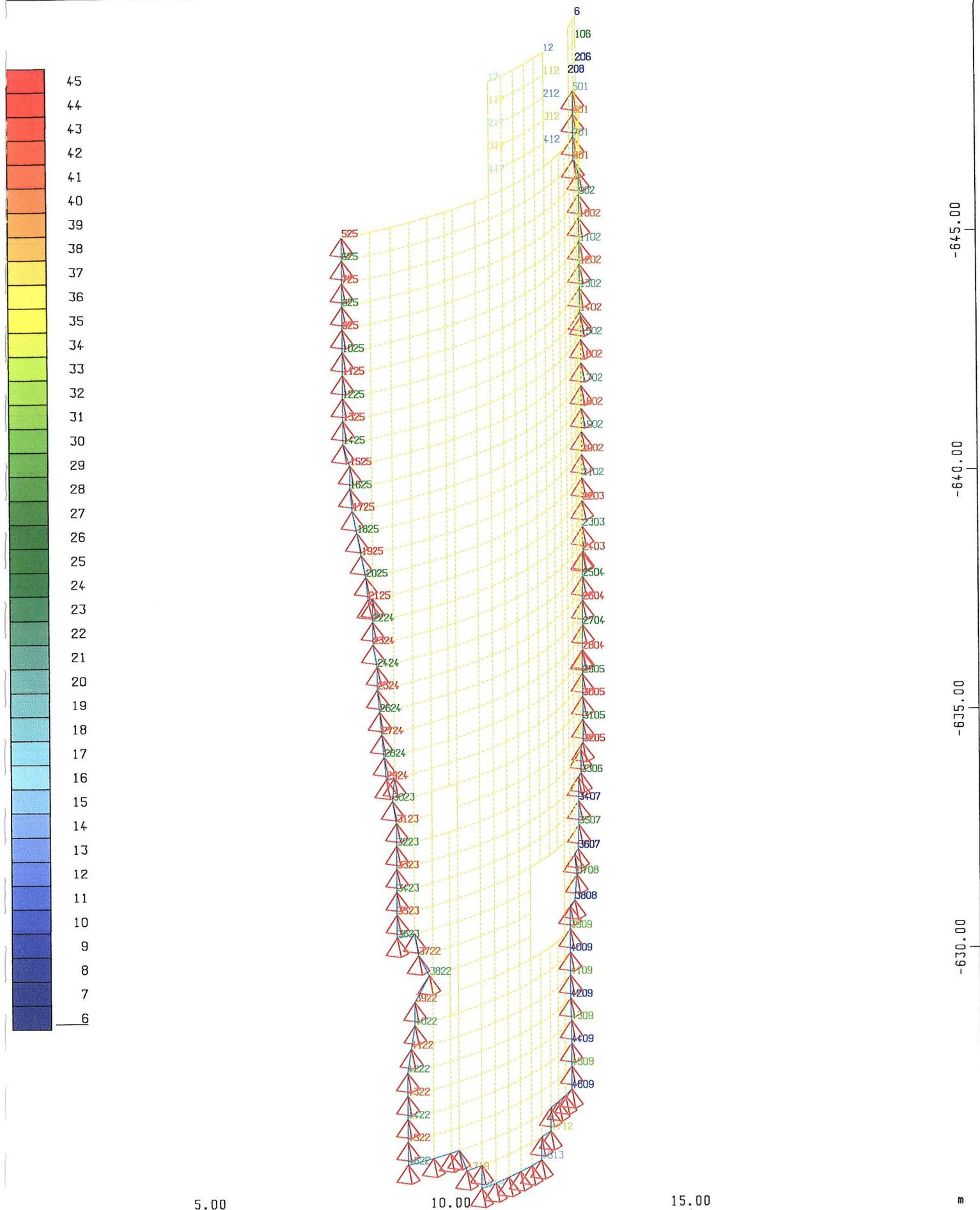
M 1 : 96





Schubspannung tau-xy unten in Knoten, Lastfall 1 WASSERDRUCK, von -0.142 bis 0.130 MPa

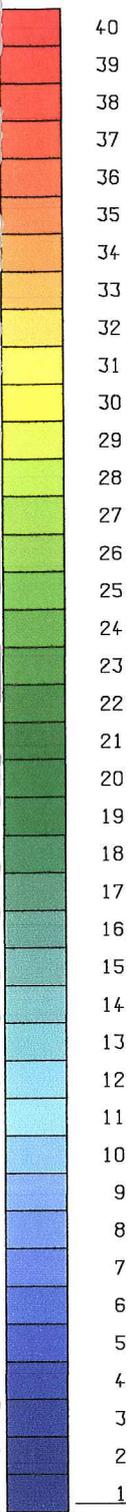




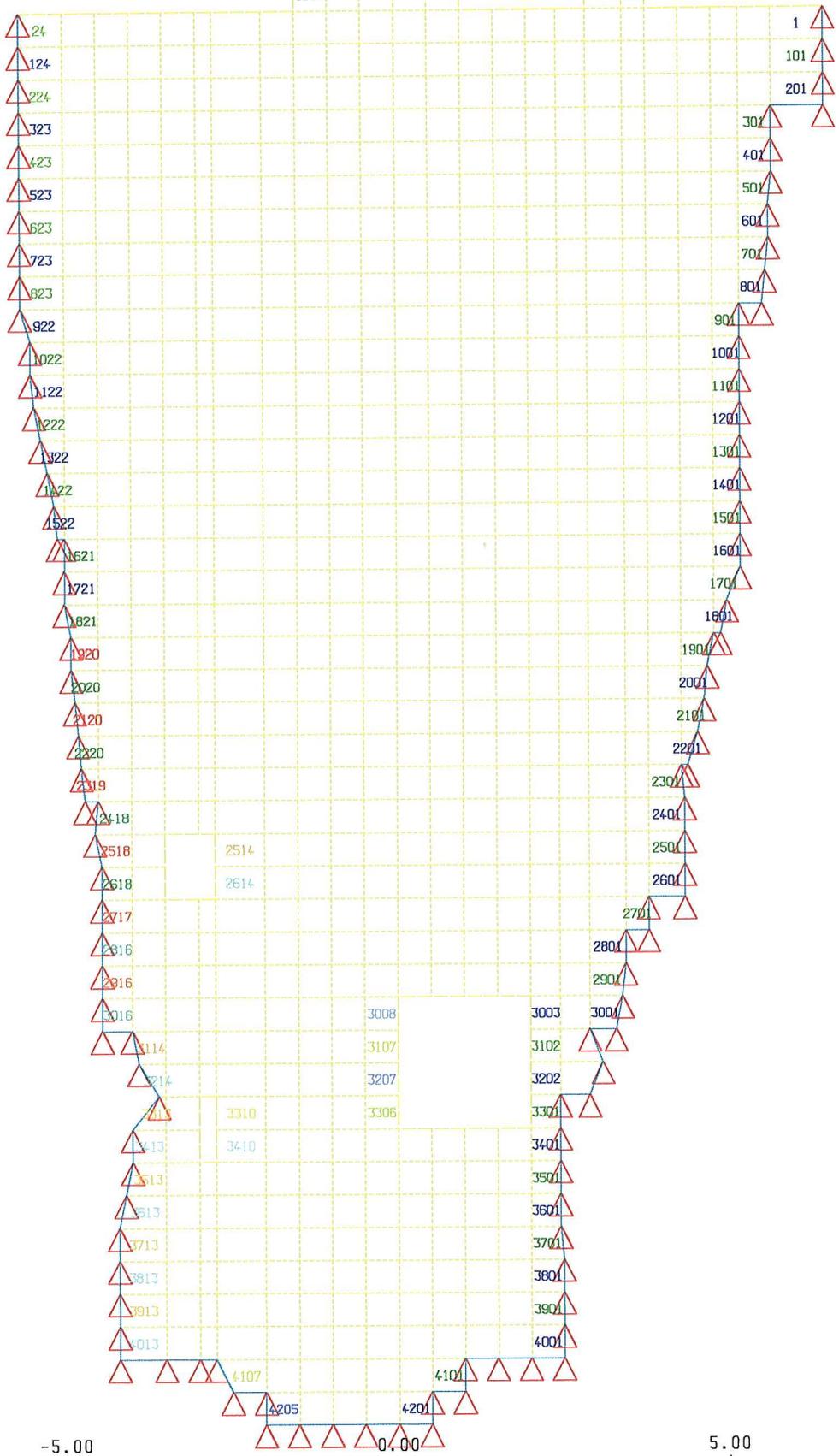
Knotennummern (Max=4818)

M 1 : 101
 X : 0.502
 Y : 0.906
 Z : 0.962

Rettenbach



5007		5001
5017		5011
5027		5021
5037		5031
5047		5041



-670.00

-665.00

-660.00

-655.00

-5.00

0.00

5.00

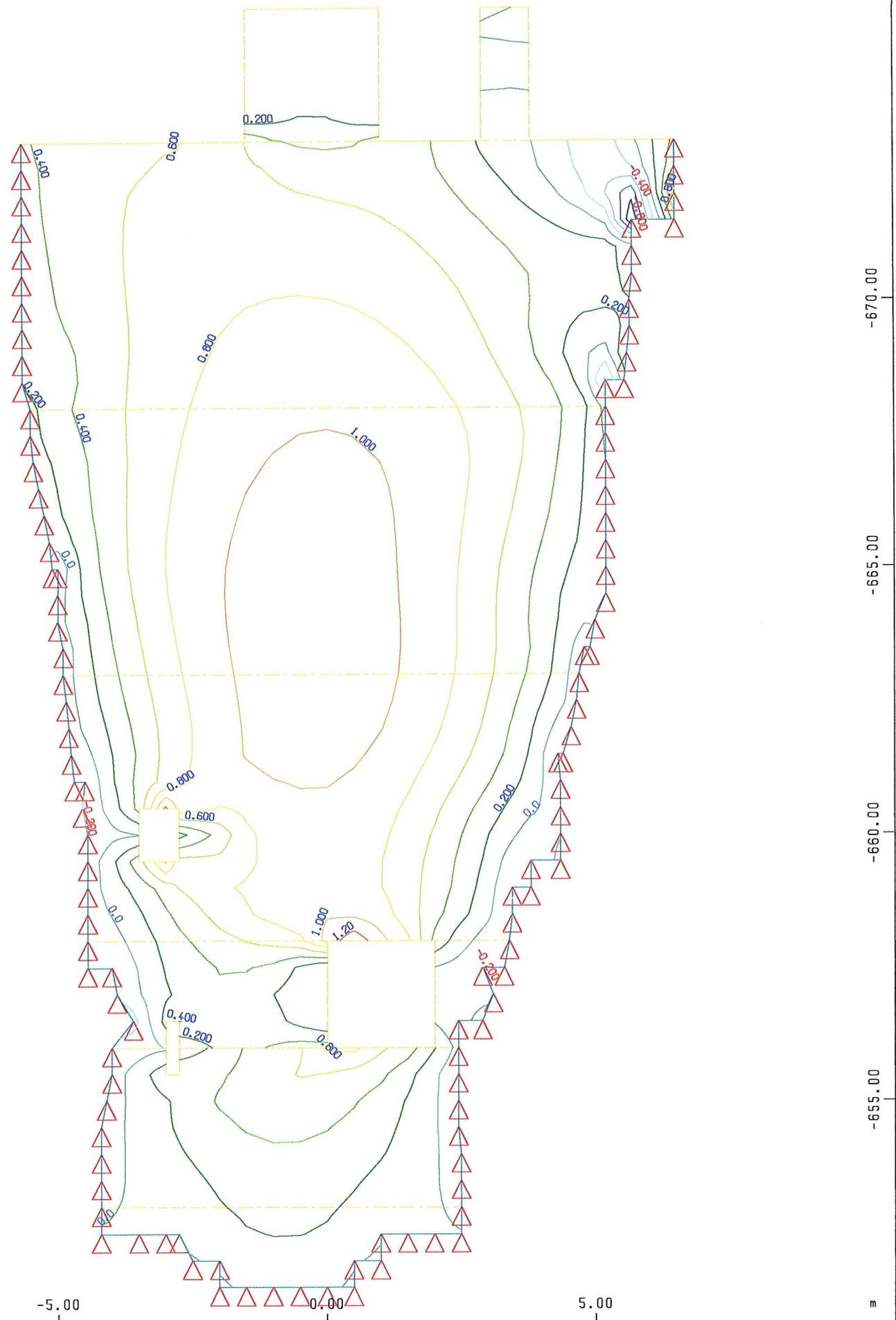
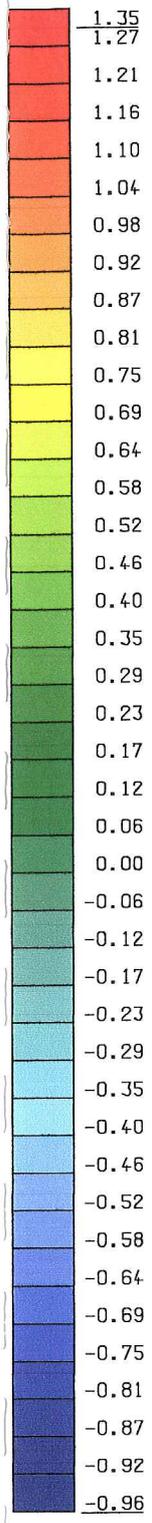
m

Elementnummern... ..on Flächenelementen (Max=5047)

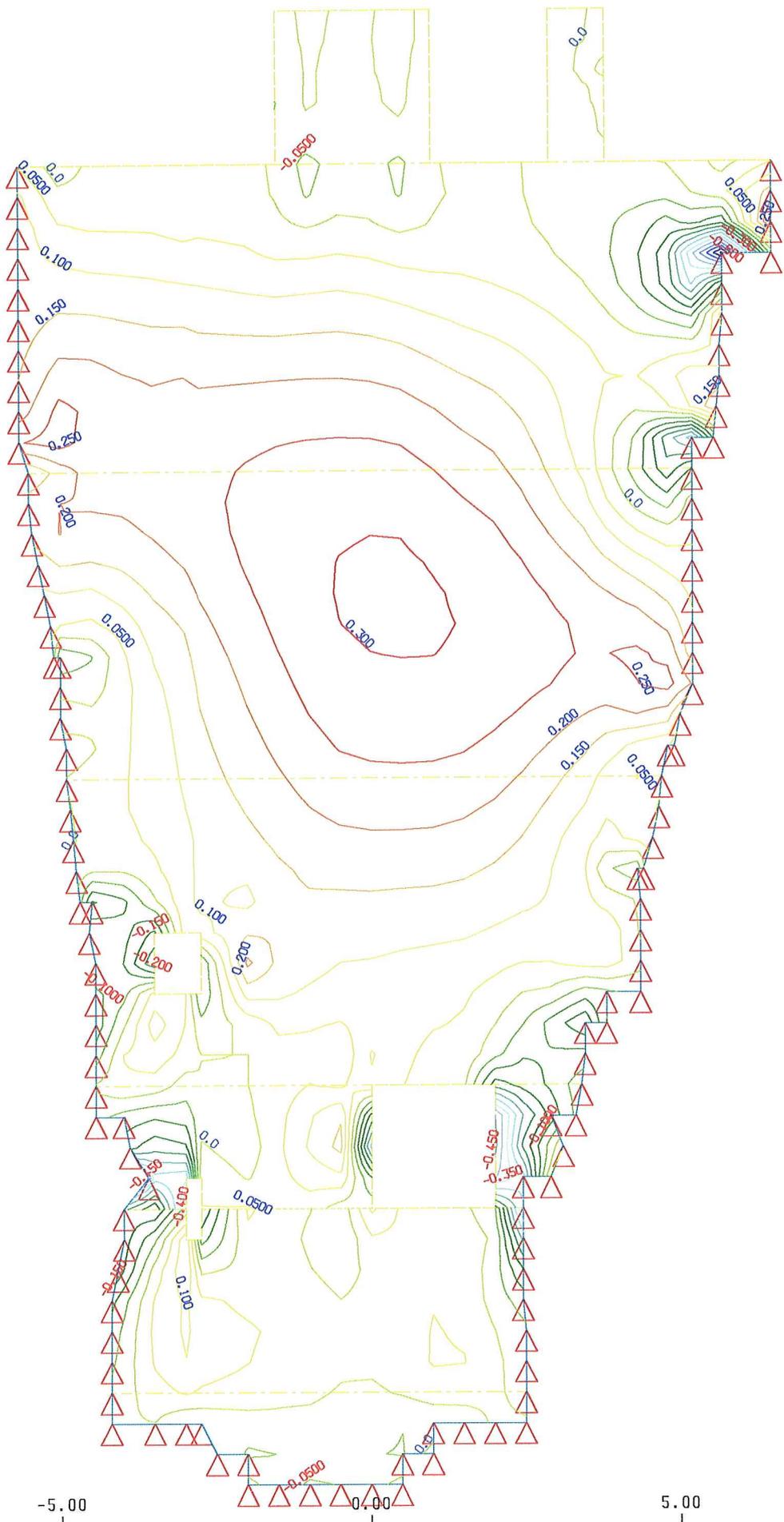
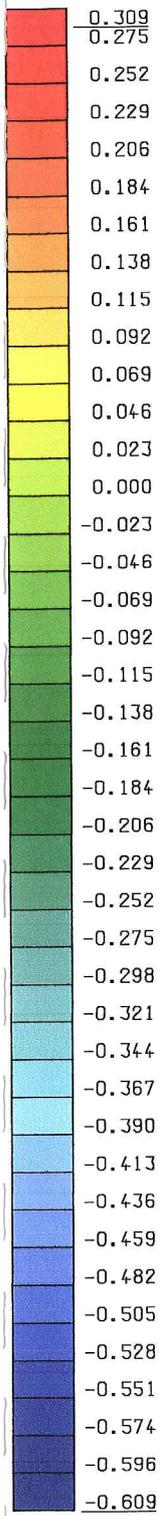
M 1 • 98



Rettenbach

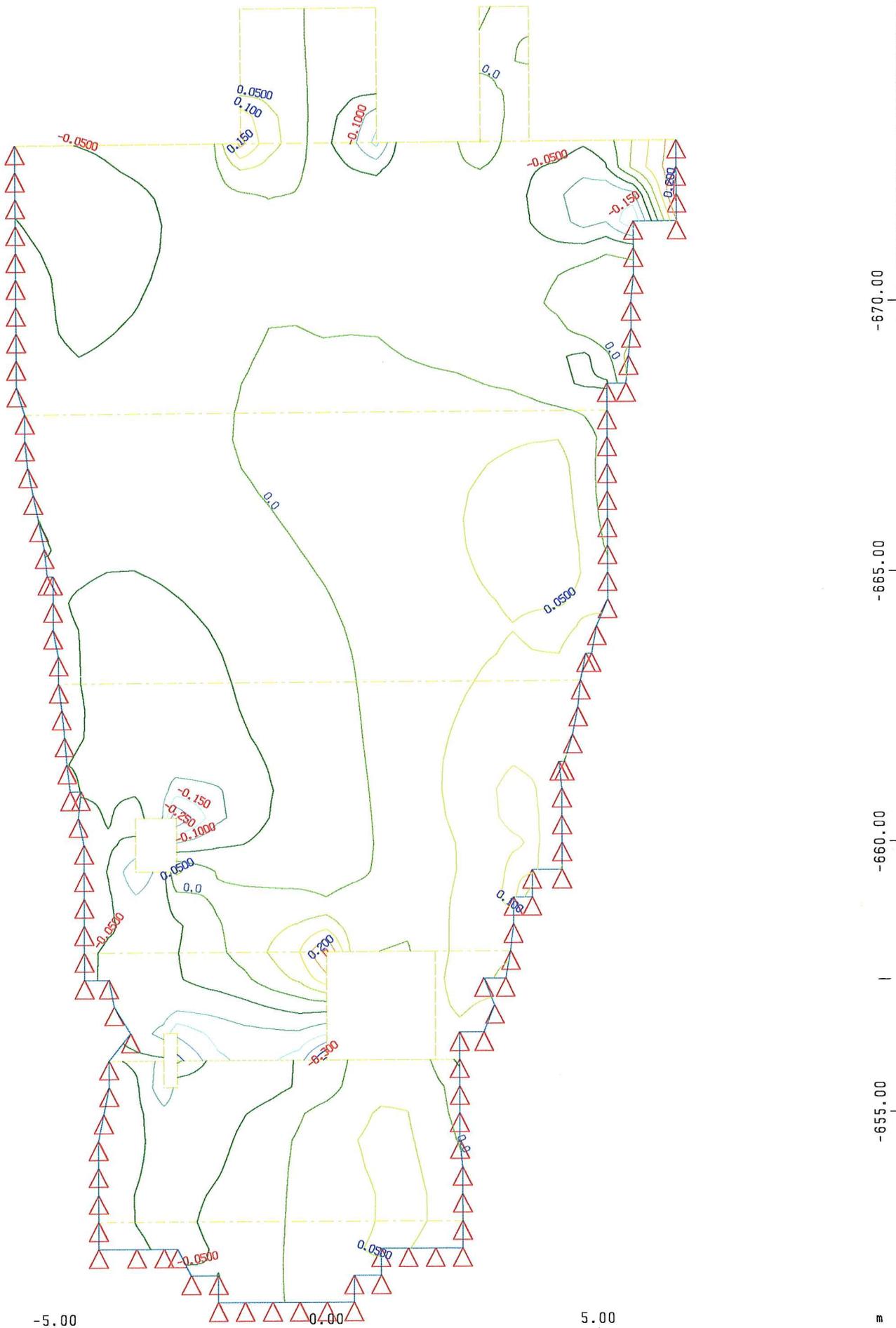
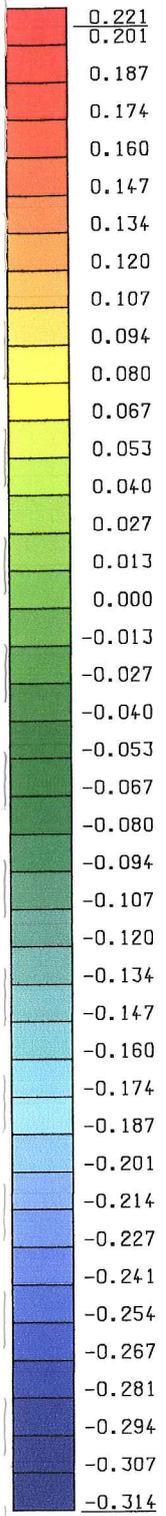


Spannung in lokal x oben im Knoten, Lastfall 1 WASSERDRUCK, von -0.960 bis 1.35 MPa



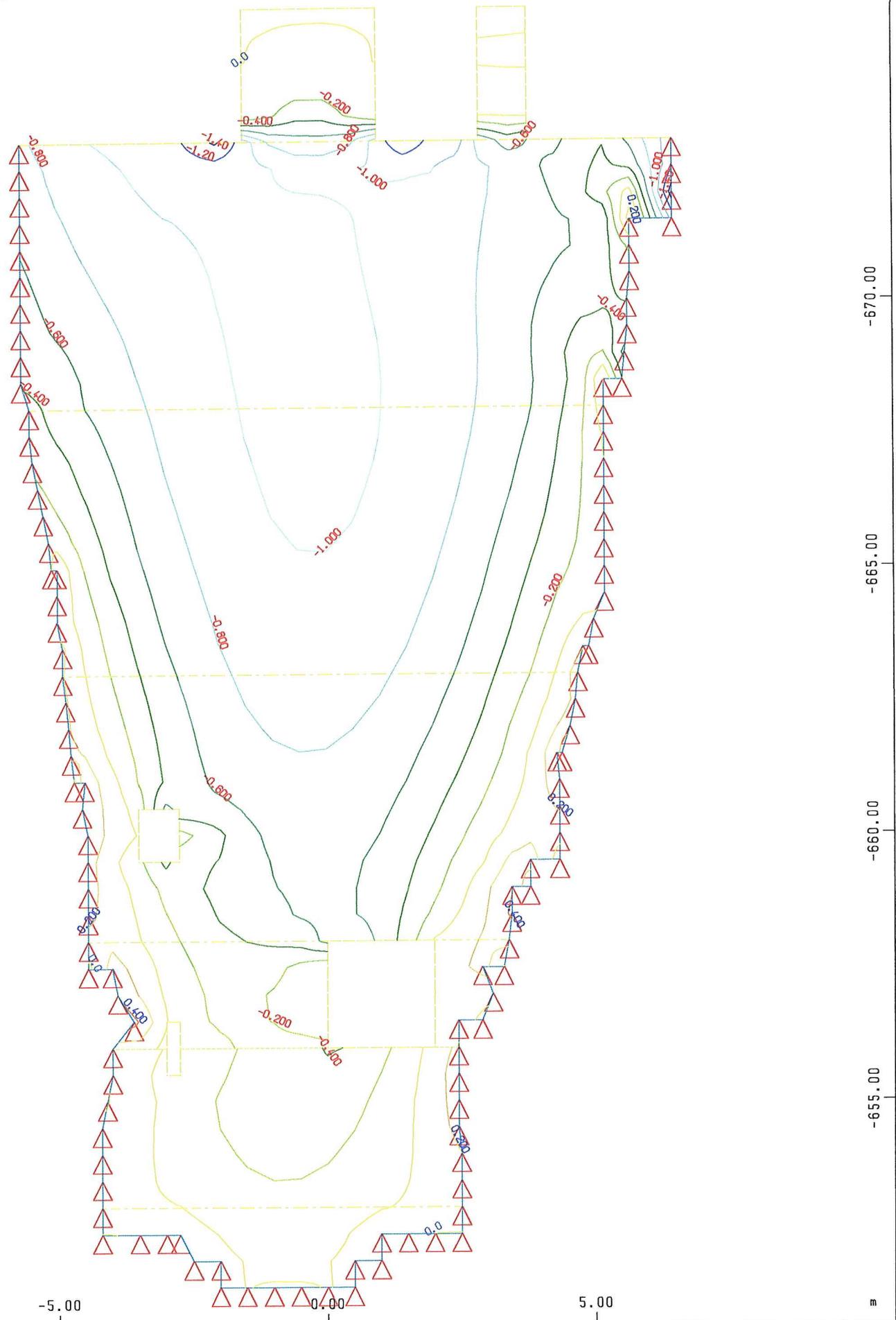
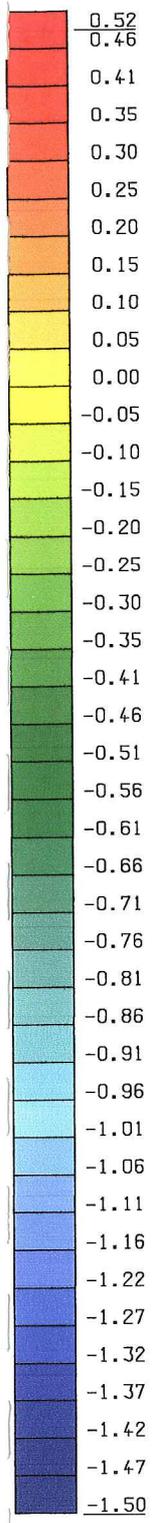
Spannung in lokal y oben im Knoten, Lastfall 1 WASSERDRUCK, von -0.609 bis 0.309 MPa





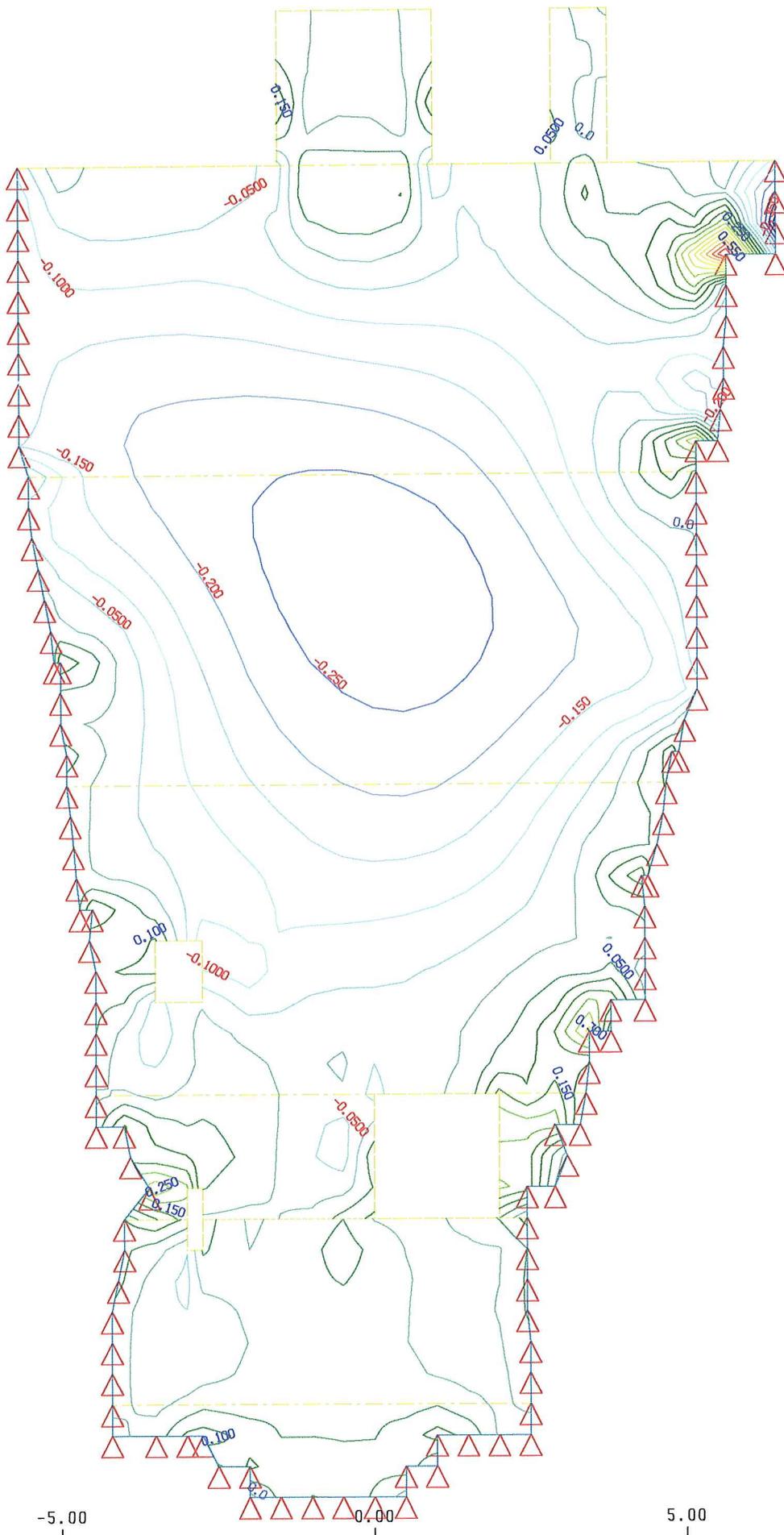
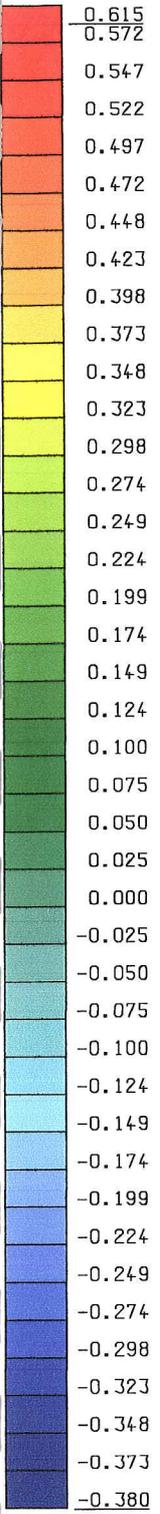
Schubspannung tau-xy oben im Knoten, Lastfall 1 WASSERDRUCK, von -0.314 bis 0.221 MPa





Spannung in lokal x unten in Knoten, Lastfall 1 VASSBRUCK, von -1.50 bis 0.524 MPa



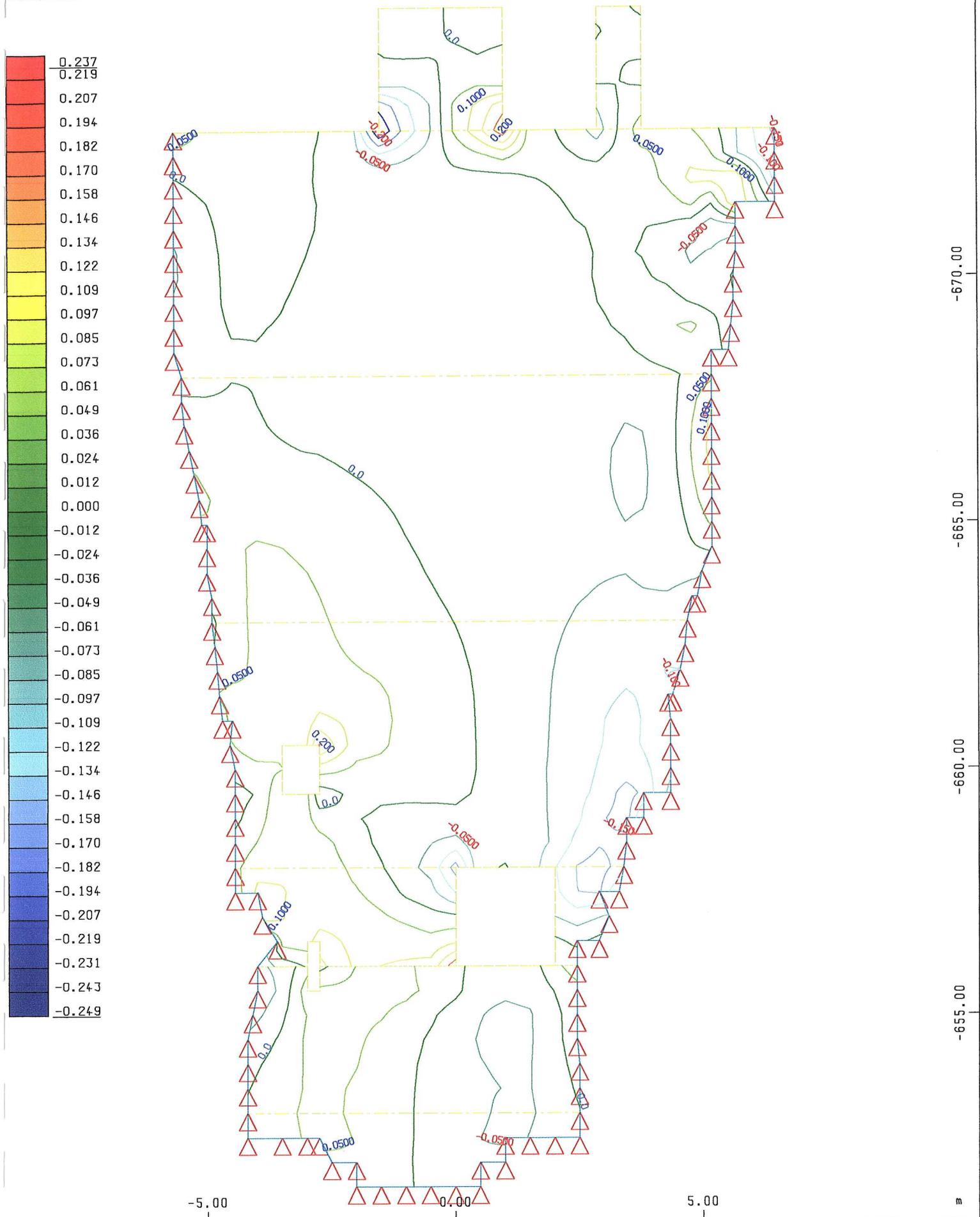


-670.00
-665.00
-660.00
-655.00

-5.00 0.00 5.00 m

Spannung in lokal y unten im Knoten, Lastfall 1 VASSDRUCK, von -0.380 bis 0.615 MPa





Schubspannung tau-xy unten im Knoten, Lastfall 1 WASSERDRUCK, von -0.249 bis 0.237 MPa

