

Modul 2

Mit Schreiben vom 2. Mai 1988 wird von der Wildbach- und Lawinenverbauung, Sektion Salzburg, der Vorwurf erhoben, daß die von der SAFE getätigten Baumaßnahmen (Speicher *Wald* und Rohrleitung) nachteilige Auswirkungen auf den Hochwasserabfluß der Krimmler Ache gehabt haben. Die Verringerung des Abflußprofils der Ache habe anlässlich des Hochwassers 1987 in der Bachstatt Erosionen ausgelöst, die daraufhin das gesamte Abflußsystem destabilisierten. Dies führt die WLV, Sektion Salzburg, auf Schwachstellen im Planungskonzept der SAFE zurück.

Es soll nun versucht werden, diese Argumente zu überprüfen.

Die Krimmler Ache entwässert ein rund 132 km² großes Einzugsgebiet, das von etwa 900 Meter SH auf ca. 3500 Meter SH ansteigt. Durch die Größe des Einzugsgebietes scheint es unwahrscheinlich, daß lokale Gewitter das gesamte Einzugsgebiet überdecken können. Maximale Abflüsse scheinen nur dann zu entstehen, wenn Starkniederschläge bei hochliegender Nullgradgrenze und Schnee- bzw. Gletscherschmelze zusammentreffen. Dies war auch im August 1987 der Fall, sodaß die Abflüsse in Krimml - nach Berechnungen der SAFE - Werte zwischen 200 und 240 m³/s erreichten. Der hydrographische Sachverständige gibt nun für das HQ 100 einen Abfluß von 150 m³/s an, im GZP (1992) der WLV liegt der Wert für ein 100-jährliches Ereignis bei 249 m³/s. Einem etwa 100-jährlichen Ereignis der WLV steht daher ein etwa 500-jährliches Ereignis der Hydrographie entgegen. Entsprechend den unterschiedlichen Annahmen kann das schadenverursachende Ereignis vom August 1987 auch interpretiert werden.

Gemäß den Aufzeichnungen des Pegels Wald erreichte der Hochwasserabfluß am 25. August um 7.00 Uhr das Maximum von 220 m³/s (sh. Abbildung 11).

Im Rahmen einer Dissertation an der Universität Salzburg wurde dieses Hochwasserereignis näher untersucht. Die anschließend angeführten Zitate, die für den Bereich der Blaubachmündung gelten, sind dieser Arbeit entnommen.

„Durch Rückstau setzten sich im Stauraum (der in Bau befindlichen Wehranlage) 8.000 bis 10.000 m³ Geschiebe 2-3 Meter mächtig ab; oberhalb der linken Wehrklappe, deren Leererüst für die Wehrbrücke fortgerissen wird, waren es sogar 3,5 Meter.

Unterhalb der Wehrstufe nahm das weniger geschiebebeladene Wasser beträchtliche Eintiefungen vor:

Ein ins Bachbett vorragender gletschergeschliffener Felsen...lenkte den Strom um und bewirkte am linken Ufer Unterspülungen mit Nachsetzungen der Sandspül- und Speicherzuleitungen: 2.500 m³ Steinsatz des gegenseitigen Böschungsfußes wurden vom Hochwasser abgetragen, sodaß dieser 2 Meter in der Luft hing und das Ausmaß der Eintiefung widerspiegelte.

An der Spitze einer Landzunge vor der Mündung des Blaubaches lag die Bachsohle vor dem Hochwasser etwa 1 Meter tiefer als die Landoberfläche; danach waren es 3-4 Meter, sodaß auch hier eine Eintiefung von 2,5 Meter stattfand.

Eine für dieses Hochwasser ungenügend geräumte Murschüttung des Blaubaches vom Juli 1986 nahe dem Sägewerk BACHMAIR staute den Abfluß und bewirkte oberhalb davon Auflandungen. Bei der Umfließung des Murkegels tiefte sich die Krimmler Ache 3-4 Meter ein und ließ den Kegel hoch über der Sohle der Ache ausstreichen.“ (PANGERL, 1991, S. 61f)

„Die durch die Ausweitung des „Gemäuers“ (im Achental) abgetragenen Kubatur, verbunden mit Wegzerstörungen und bis zu 15 Meter hohen Uferplanken, wird auf 100.000 bis 150.000 m³ geschätzt. Zum Teil wurde sie im Verlandungsraum der Wehranlage Krimml des Kraftwerkes „Wald“ abgelagert; ein weiterer Teil gelangte nach Vorderkrimml, wo, ergänzt durch Geschiebe von Hangunterschneidungen und Talbodenausweitungen in der Fließstrecke ab dem Fuß der Wasserfälle 3-400.000 m³ Geschiebe abgelagert wurden.“ (PANGERL, 1991, S. 32)

Oberhalb der Blaubachmündung wurden demnach etliche tausend Kubikmeter Geschiebe abgelagert, der Großteil der aus dem Achental zugeführten Geschiebefracht dürfte aber über die Verflachungsstrecke hinweg transportiert worden sein. Diese Feststoffmenge wurde mit den aus den seitlichen Anrissen und den aus der Tiefenerosion im Kegelbereich stammenden Feststoffen vermehrt. Zur Abschätzung der im Verschneidungsbereich Blaubach/Krimmler Ache abtransportierten Feststoffkubatur wurden die Geländeverhältnisse 1981/82 und 1991 herangezogen. Dies ist insofern zulässig, da nach Auskunft der SAFE keine wesentlichen Geländekorrekturen nach dem Ereignis 1987 erfolgten. Aus der Verschneidung der Geländemodelle wurde eine Differenzkarte (Abbildung 12, Abbildung 13) erstellt. Die während des Ereignisses abtransportierte Feststoffmenge wäre demnach für den Bereich des Achengerinnes und des untersten Blaubaches in Summe etwa 20.000 m³ (Tabelle 1).

Ob die tatsächlich abgelagerte Geschiebemenge im Raum Krimml 300.000 - 400.000 m³ Kubikmeter betrug, läßt sich nicht mehr feststellen.

Welchen Einfluß hatten nun die Geländeveränderungen, die im Zusammenhang mit dem Speicherbau standen, auf den Hochwasserabfluß?

Der Bau des Speichers am Ablagerungskegel des Blaubaches war mit erheblichen Erdbewegungen verbunden. Die Geländebeziehungen 1981/82 und 1991 sind bereits in den Beilagen zum Modul 1 dargestellt und auch der bereits oben erwähnten Differenzkarte zu entnehmen. Daraus sind die maßgeblichen Geländebeziehungen innerhalb der untersuchten Zeitspanne ersichtlich.

Wie schon im Modul 1 ausgeführt, zeigt der Blaubachkegel zahlreiche Anschnitte durch die Krimmler Ache. Es bestand daher ein ständiges Wechselspiel zwischen Abtrag der Ache und Neuaufschüttung durch den Blaubach. Diese Dynamik wurde durch die mit dem Speicherbau einhergehende Stabilisierung der Böschungen unterbrochen.

Aus diesem Grund wurde eine hydraulische Nachrechnung des Hochwassers vom 25. August 1987 mit den Geländebeziehungen vor dem Speicherbau (1981) und nach dem Speicherbau (1991) durchgeführt. Die Ergebnisse sind tabellarisch (Tabelle 2 bis Tabelle 12) und in Quer- und Längsprofilen (Abbildung 14 bis Abbildung 31) in der Beilage 2 angeführt. Zusätzlich wurde mit Hilfe der Formel von RICKENMANN (1990) die Transportkapazität in unterschiedlichen Profilen der Ache ermittelt. Verknüpfungspunkt beider Ansätze stellt die fiktive Reinwasserabflußtiefe dar.

Situation 1981 (Abbildung 34, Abbildung 36 und Abbildung 37):

Der Feststofftransport beginnt bei Profil 60 und erreicht im Hauptgerinne zwischen den Profilen 20 und 30 Maximalwerte von $1.6 \text{ m}^3/(\text{s.m})$. Der Übergang von Auflandung und Erosion liegt im Bereich zwischen Profil 50 und 60. Dies ist nicht verwunderlich, denn in diesem Bereich versteilt sich das Längsprofil deutlich.

„Steiles Gefälle in Lockersedimenten führte, unabhängig von der Breite des Durchflußprofils, zu intensiven Materialumlagerungen. Für Ablagerungen im Anschluß waren geringere Neigungen oder eine Weitung des Querprofils verantwortlich.“ (PANGERL, 1991, S. 55)

Das bedeutet, daß auch 1981, wäre ein derartiges Hochwasser aufgetreten, die Krimmler Ache im Bereich der Blaubachmündung zumindest mit Tiefererosion reagiert hätte. Bei ähnlich großen oder noch größeren Ereignissen wäre aber, wie schon im Modul 1 angeführt, auch ein Abtrag großer Flächen des Blaubachkegels möglich. Talauswärts nimmt die Transportkapazität wieder ab.

Die in Abbildung 34 dargestellten Werte zeigen die spezifischen Geschiebetransportraten auf Grundlage einer hydraulischen Staukurvenberechnung. Die daraus berechneten Reinwasser-Abflußhöhen entsprechen einer ausreichenden Genauigkeit

hinsichtlich der rein hydraulischen Begutachtung. Die Bewertung des Geschiebetransportes läßt sich aber in den Bereichen mit geringem Gefälle (Profile 60 und 70) nicht mit derselben Sicherheit vollziehen, da die auf der Flachstrecke auftretenden Sortiervorgänge eine ausreichende Bestimmung der charakteristischen Korndurchmesser des laufenden Geschiebes unmöglich machen. Auch ist auf die starke Abhängigkeit der gängigen Transportformeln vom lokalen Gefälle, als ein möglicher Faktor für Abweichungen von der tatsächlich auftretenden Transportrate, hinzuweisen.

Situation 1991 (Abbildung 35 bis Abbildung 37):

Durch die Veränderung des Längsprofils der Ache und der Verlust der linksufrigen Vorländer (Abbildung 32, Abbildung 33) werden höhere Transportkapazitäten im Hauptgerinne erreicht. Diese liegen bei Profil 30 bei rund $2.5 \text{ m}^3/(\text{s.m})$ im Hauptgerinne. Durch die erfolgte Sohlstabilisierung ist jedoch eine weitere Eintiefung unwahrscheinlich.

Überlagernder Geschiebeeinstoß:

Die WLW erachtet die Situation eines überlagernden Geschiebeeinstoßes des Blaubaches in die hochwasserführende Krimmler Ache als besonders gefährlich für die Anlage.

Wie schon oben angeführt, ist eine meteorologische Situation, die so ein Ereignis bewirken könnte, als äußerst selten einzustufen, da die beiden Einzugsgebiete ein völlig unterschiedliches hydrologisches Regime aufweisen.

Nimmt man nun trotzdem so ein unwahrscheinliches Zusammentreffen an, ergäbe sich folgende Situation im Mündungsbereich des Blaubaches:

Der Blaubach liefert aufgrund des im Einzugsgebiet vorhandenen Grundgesteins der oberen Schieferhülle vor allem feines Geschiebe. Die Sammelgebietsflächen der beiden Bäche sind derart unterschiedlich groß, daß wohl zuerst ein Eintreffen der Abflußwelle vom Blaubach erwartet werden kann. Dessen Geschiebe lagert sich nun zum Teil im Mündungsbereich ab, zum Teil wird es aber, durch das Gefälle der Krimmler Ache bedingt, weitertransportiert. Da der Höhenunterschied von Achensohle zu Beckenrand im Mündungsbereich rund 15 Meter beträgt, ist eine direkte Gefährdung des Speichers nicht gegeben. Die Hochwasserwelle der Krimmler Ache kann sich nur innerhalb von Stunden (6 Stdn. beim Ereignis 1987) aufbauen, sodaß ein kontinuierlicher Abtransport des Blaubachgeschiebes wahrscheinlich ist. Dies läßt sich aus dem Ereignis 1987 schließen, bei dem die

aufgetretene Tiefenerosion auf überschüssige Transportkapazität der Krimmler Ache hinweist. Hätte nämlich der Blaubach am 25. 8.1987 Feststoffe herantransportiert, hätten diese die Eintiefungstendenz der Ache zumindest teilweise kompensieren können. Aus diesem Grund ist folgende Formulierung der WLV nicht nachvollziehbar:

„...und somit die für die Anlage besonders kritische Situation eines überlagernden Geschiebeeinstoßes nicht gegeben war.....Dennoch führte das Ereignis zu einer ca. 4 Meter betragenden Eintiefung der Achensohle...“ (Gutachten WLV)

Zusammenfassend läßt sich feststellen, daß:

- die Eintiefung des Achenbettes beim Hochwasserereignis 1987 mit großer Wahrscheinlichkeit auch ohne Speicherbau eingetreten wäre,
- Das Ereignis 1987 etwa 20.000 m³ Feststoffe aus dem Gerinnebereich in Höhe der Blaubachmündung abführte,
- das im Raum von Krimml in der Ache abgelagerte Geschiebe in etwa zur Hälfte bereits aus dem Achental und daher nicht nur aus den Erosionsherden am Blaubachkegel stammte,
- das Hauptgerinne in seiner Dimension nach dem Speicherbau weitgehend erhalten blieb, jedoch das linksufrige Vorland, das ist die Fläche am Blaubachkegel, verloren ging,
- daß sich die spezifische Feststofftransportrate des natürlichen Gerinnes von 1.6 m³/(s.m) im Jahr 1981 auf 2.5 m³/(s.m) im Jahr 1991 erhöhte, die Vergrößerung der Feststofftransportrate jedoch durch die ausgeführten Gerinnestabilisierungsmaßnahmen weitgehend kompensiert wird,
- ein überlagernder Geschiebeeinstoß aufgrund der großen Transportkapazität der Ache keine Gefahr für den Speicher darstellt und zudem kaum wahrscheinlich ist,
- ein überlagernder Einstoß des Blaubaches zu keiner Tiefenerosion in der Ache führt, sondern im Gegenteil einer Eintiefungstendenz entgegenwirkt.

Abbildungen und Tabellen

Abbildung 1: Reliefkarten des Ablagerungskegels, Vergleich 1981 und 1991

Abbildung 2: Geomorphologie des Ablagerungskegels

Abbildung 3: Längsprofil des Blaubaches im Bereich des Ablagerungskegels mit fossilen Oberflächen innerhalb der Kegelzerschneidung.

Schichtenlinienabstand 2 Meter

Abbildung 4: Blaubachkegel, entlang der Achse der Krimmler Ache aufgeschnitten, Blick von WSW auf den aktiven Auflandungsbereich

Abbildung 5: Verschneidung der Trendfläche mit dem Kegel (1981)

Abbildung 6: Längsprofil des Blaubaches und der Trendflächen

Abbildung 7: Verlandung ab Brückentragwerk (1981)

Abbildung 8: Verschneidung der Trendfläche mit dem Kegel (1991)

Abbildung 9: Verlandung ab Brückentragwerk (1991)

Abbildung 10: Verlandung 1.5 m über Brückentragwerk (1991)

Abbildung 11: Abflußganglinien an Pegeln im Oberpinzgau, 24. - 27. Aug. 1987 (PANGERL, 1991)

Abbildung 12: Differenzkarte 1981, 1991 (Maßstab 1:2.500)

Abbildung 13: Klassifizierte Höhendifferenzen 1981/1991

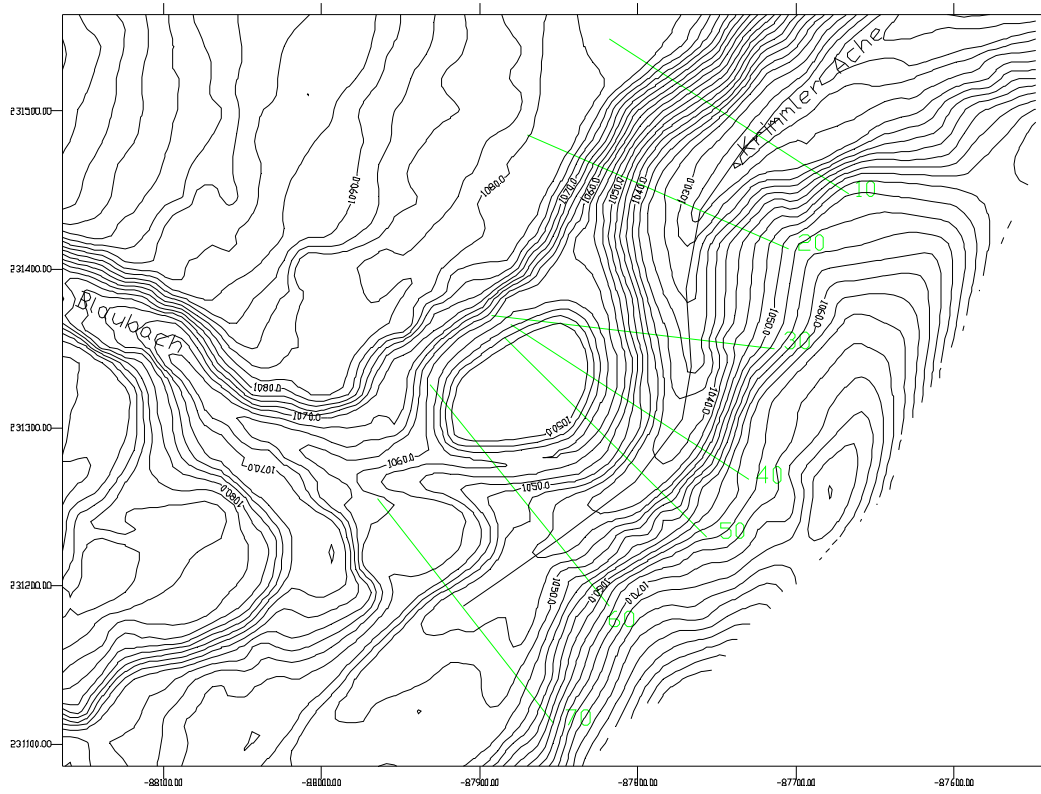


Abbildung 14: Lage der Profile für die hydraulische Berechnung, dargestellt am Schichtenplan (Situation 1991)

Abbildung 15: Längsprofil der Krimmler Ache, Situation 1981 und 1991

Abbildung 16: Längsprofil der Krimmler Ache mit den Reinwasser-Abflusstiefen von 100 und 200 m³/s, Bestand 1981

Abbildung 17: Querprofil 10, Bestand 1981

Abbildung 18: Querprofil 20, Bestand 1981

Abbildung 19: Querprofil 30, Bestand 1981

Abbildung 20: Querprofil 40, Bestand 1981

Abbildung 21: Querprofil 50, Bestand 1981

Abbildung 22: Querprofil 60, Bestand 1981

Abbildung 23: Querprofil 70, Bestand 1981

Abbildung 24: Längsprofil der Krimmler Ache mit den Reinwasser-Abflußtiefen von 100 und 200 m³/s, Bestand 1991

Abbildung 25: Querprofil 10, Bestand 1991

Abbildung 26: Querprofil 20, Bestand 1991

Abbildung 27: Querprofil 30, Bestand 1991

Abbildung 28: Querprofil 40, Bestand 1991

Abbildung 29: Querprofil 50, Bestand 1991

Abbildung 30: Querprofil 60, Bestand 1991

Abbildung 31: Querprofil 70, Bestand 1991

Abbildung 32: Gestrecktes Längsprofil der Krimmler Ache mit den berechneten Anschlaglinien, Situation 1991

Abbildung 33: Gestrecktes Längsprofil der Krimmler Ache mit den berechneten Anschlaglinien, Situation 1981 (Beachten Sie bitte den unterschiedlichen Breitenmaßstab!)

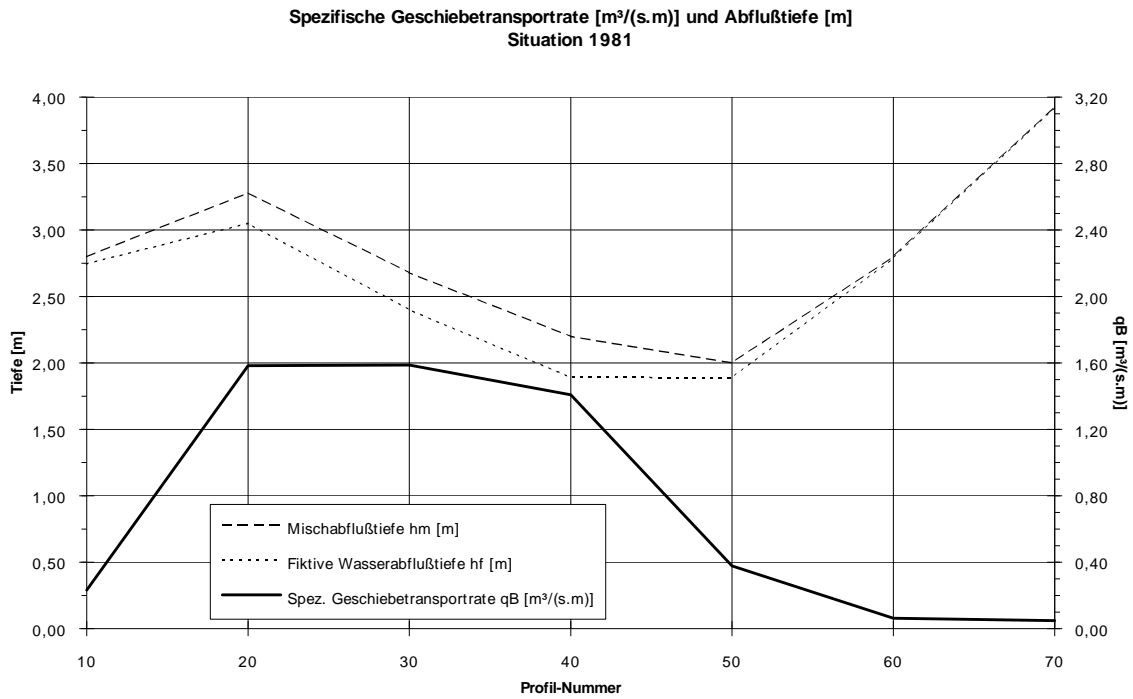


Abbildung 34: Spezifische Geschiebetransportrate der Krimmler Ache, Situation 1981

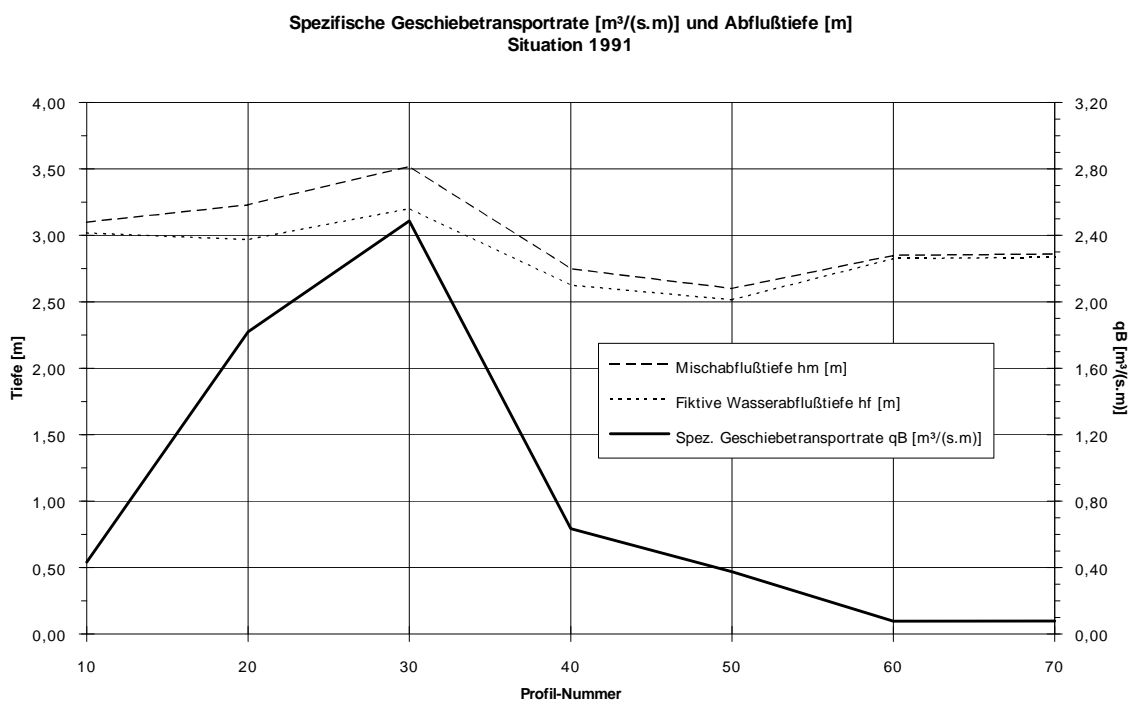


Abbildung 35: Spezifische Geschiebetransportrate der Krimmler Ache, Situation 1991

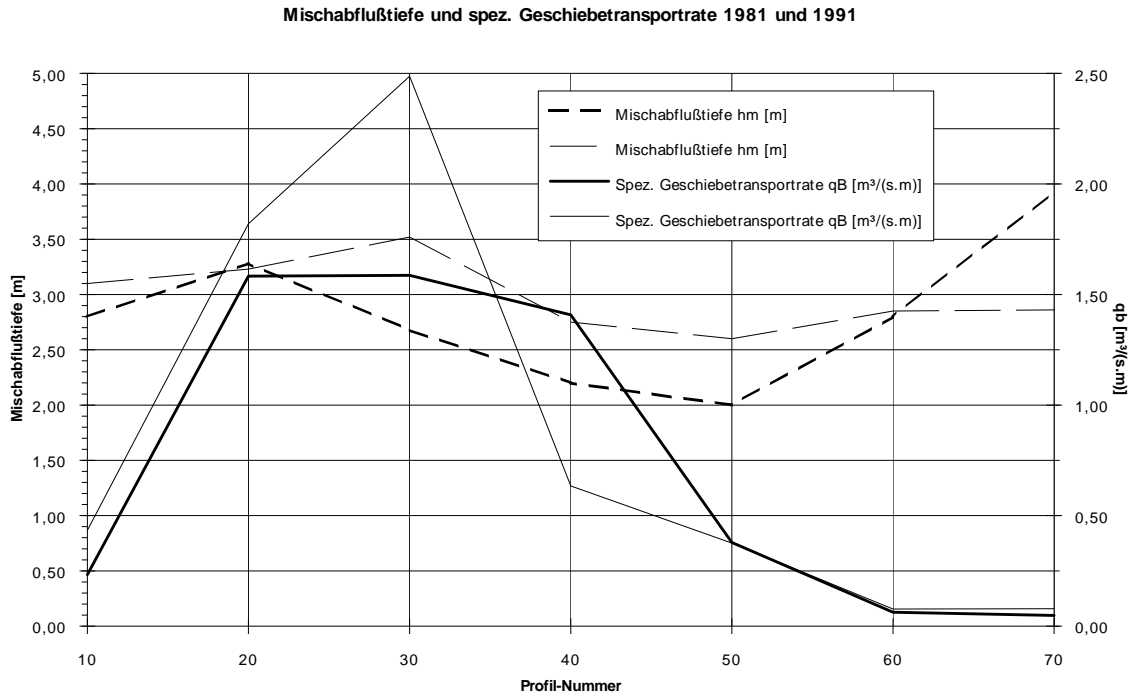


Abbildung 36: Gegenüberstellung der spez. Geschiebetransportrate der Krimmler Ache 1981 und 1991 (Dicke Linien zeigen die Situation 1981, dünne Linien die Situation 1991)

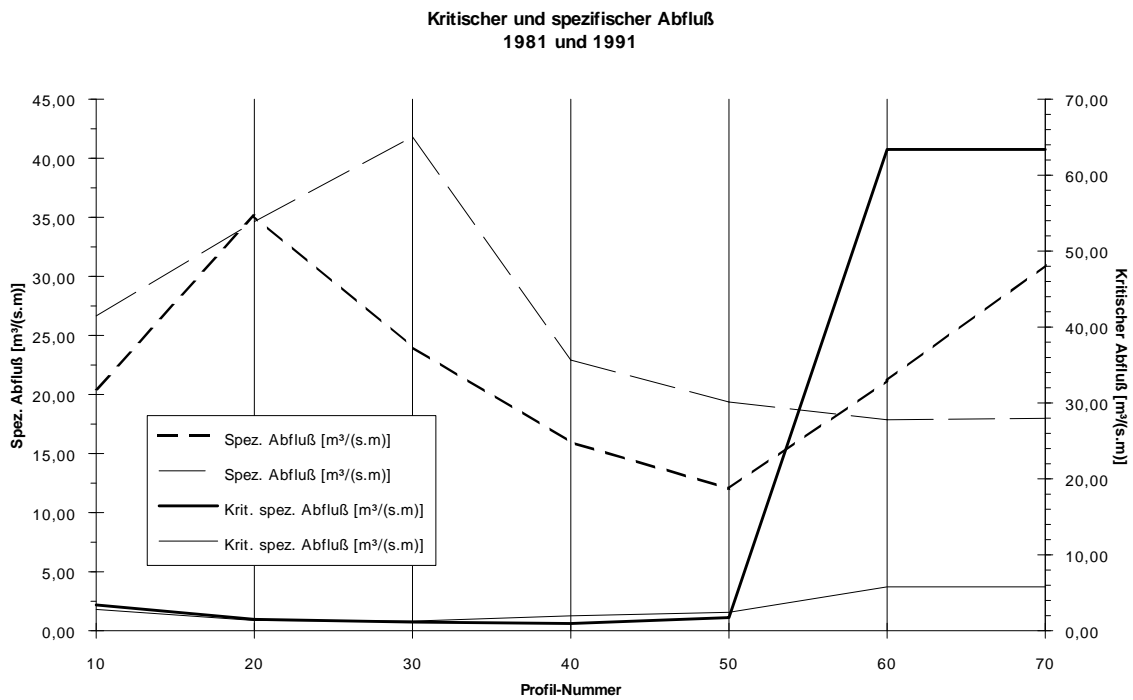


Abbildung 37: Gegenüberstellung des kritischen und des spez. Abflusses der Krimmler Ache 1981 und 1991 (Dicke Linien zeigen die Situation 1981, dünne Linien die Situation 1991)

Tabelle 1: Berechnung der Volumsdifferenzen der Geländemodelle 1981 und 1991, unterteilt in raumrelevante Teilbereiche

	Erosion	Aufschüttung	Fläche	Höhe
Erosionsbereich Achengerinne	16529	10	5190	3,18
Erosionsbereich Blaubachmündung	2966	2	1496	1,98
Aufschüttung Kegel SW (Sägewerk)	0	16624	2731	6,09
Dammschüttung Kegel NO	7245	112727	17311	6,51

Vergleich der verschiedenen Volumensberechnungsverfahren:

	trapez	simpson	simpson0.75	mittelwert	Standardabweichung	Abweichung in Prozent
Erosionsbereich Achengerinne	16519	16510	16498	16509,00	8,60	0,05
Erosionsbereich Blaubachmündung	2964	2947	2945	2952,00	8,52	0,29
Aufschüttung Kegel SW (Sägewerk)	16624	16611	16641	16625,33	12,28	0,07
Dammschüttung Kegel NO	105481	105473	105447	105467,00	14,51	0,01

Tabelle 2: Berechnete Wasserspiegellagen, Geschwindigkeiten und Freibordhöhen für Abflüsse von 100 m³/s und 200 m³/s in den Profilen 10 bis 70, Bestand 1981

Pr.	Stat.	Q	WSP	Freib.	v	Q	WSP	Freib.	v
-	km	m ³ /s	mNN	m	m/s	m ³ /s	mNN	m	m/s
10	0+000	100.00	1026.98	0.48	3.65	200.00	1027.82	-0.36	4.26
20	0+062	100.00	1029.31	-0.61	3.82	200.00	1030.23	-1.52	4.54
30	0+146	100.00	1035.03	-0.31	2.90	200.00	1035.53	-0.81	3.49
40	0+209	100.00	1040.12	-1.05	2.89	200.00	1040.64	-1.57	3.28
50	0+244	100.00	1043.54	-0.86	2.68	200.00	1043.93	-1.25	3.08
60	0+314	100.00	1049.05	-0.66	3.18	200.00	1049.64	-1.25	3.67
70	0+391	100.00	1050.21	-1.88	0.63	200.00	1050.96	-2.63	0.89

Tabelle 3: Berechnete Wasserspiegellagen, Geschwindigkeiten und Freibordhöhen für Abflüsse von 100 m³/s und 200 m³/s in den Profilen 10 bis 70, Bestand 1991

Pr.	Stat.	Q	WSP	Freib.	v	Q	WSP	Freib.	v
-	km	m ³ /s	mNN	m	m/s	m ³ /s	mNN	m	m/s
10	0+000	100.00	1026.79	0.67	3.77	200.00	1027.69	-0.23	4.42
20	0+062	100.00	1029.24	-0.69	3.78	200.00	1030.13	-1.58	4.54
30	0+146	100.00	1035.87	-0.52	4.01	200.00	1036.86	-1.51	4.93
40	0+209	100.00	1040.69	1.35	3.49	200.00	1041.46	0.58	4.15
50	0+244	100.00	1042.48	-0.46	3.68	200.00	1043.31	-1.29	4.48
60	0+314	100.00	1046.09	1.04	3.44	200.00	1046.82	0.31	4.22
70	0+391	100.00	1047.76	-1.21	2.49	200.00	1048.46	-1.91	2.85

Tabelle 4: Gegenüberstellung maßgeblicher Parameter des Hauptgerinnes der Krimmler Ache (Geschwindigkeit, Abflusstiefe, Gesamtspiegelbreite, Schleppspannung) in den Jahre 1981 und 1991 bei einem Abfluß von 200 m³/s.

Profilnr.	Station.	1981				1991			
		v	Tiefe	B _{ges}	τ	v	Tiefe	B _{ges}	τ
-	km	m/s	m	m	N/m ²	m/s	m	m	N/m ²
10	0+000	4.3	2.75	26.6	356.0	4.4	3.02	24.4	364.0
20	0+062	4.5	3.05	23.3	344.0	4.5	2.97	23.2	330.2
30	0+146	3.5	2.40	50.0	229.5	4.9	3.20	17.4	348.9
40	0+209	3.3	1.90	64.7	213.0	4.2	2.63	27.3	339.0
50	0+244	3.1	1.89	75.6	232.8	4.5	2.52	22.2	398.4
60	0+314	3.7	2.80	36.7	302.7	4.2	2.83	26.1	365.8
70	0+391	0.9	3.93	82.5	147.3	2.9	2.84	58.6	155.9

Tabelle 5: Berechnungen für das Gesamtprofil der Krimmler Ache (von 10 bis 70) bei einem Abfluß von 100 m³/s, Bestand 1981

Pr.	Stat.	Profilt.							Verluste		
			Sohle	Tiefe	H_e	I_e	B _{ges}	A _{ges}	Reib.	Bord	Einz.
-	km	-	mNN	m	mNN	-	m	m²	m	m	m
10	0+000	Gerinne	1025.07	1.91	1027.65	0.0249	20.55	27.43	-	-	-
20	0+062	Gerinne	1027.17	2.14	1030.04	0.0205	18.71	26.54	-	-	-
30	0+146	Gerinne	1033.13	1.90	1035.44	0.0156	45.03	36.21	-	-	-
40	0+209	Gerinne	1038.74	1.38	1040.53	0.0157	45.38	36.21	-	-	-
50	0+244	Gerinne	1042.04	1.50	1043.88	0.0181	61.38	40.17	-	-	-
60	0+314	Gerinne	1046.84	2.21	1049.54	0.0180	31.73	32.40	-	-	-
70	0+391	Gerinne	1047.03	3.18	1050.23	0.0003	78.99	152.95	0.70	0.00	0.00

Tabelle 6: Berechnungen für das Gesamtprofil der Krimmler Ache (von 10 bis 70), differenziert nach Vorländern und Hauptgerinne, bei einem Abfluß von 100 m³/s, Bestand 1981

Pr.	Stat.	Teil	A	B	U	R	K _{St}	Fr	v	τ	Q _{teil}	W _{gr}	v _{gr}
Nr.	km	-	m²	m	m	m	..	-	m/s	N/m²	m³/s	mNN	m/s
10	0+000	hpt	27.43	20.55	21.13	1.30	19.	1.00	3.64	317.12	100.00	1026.9	3.65
		lks	0.0	0.0	0.0	0.0	0.	0.00	0.00	0.00	0.00	-	-
		re	0.0	0.0	0.0	0.0	0.	0.00	0.00	0.00	0.00	-	-
20	0+062	hpt	25.84	16.10	16.56	1.56	20.	0.96	3.82	313.93	98.69	1029.3	3.77
		lks	0.3	1.4	1.5	0.2	33.	1.15	1.75	45.51	0.59	-	-
		re	0.4	1.2	1.3	0.3	33.	1.15	1.98	54.57	0.72	-	-
30	0+146	hpt	33.18	26.19	26.53	1.25	20.	0.82	2.90	191.81	96.32	1035.0	2.76
		lks	3.0	18.8	18.9	0.2	33.	0.97	1.22	24.58	3.68	-	-
		re	0.0	0.0	0.0	0.0	0.	0.00	0.00	0.00	0.00	-	-
40	0+209	hpt	25.20	19.90	19.92	1.27	20.	0.82	2.89	195.33	72.88	1040.1	2.76
		lks	7.4	20.3	20.4	0.4	33.	1.11	2.10	55.95	15.58	-	-
		re	3.6	5.1	5.3	0.7	33.	1.22	3.20	105.07	11.54	-	-
50	0+244	hpt	30.86	26.87	27.15	1.14	17.	0.80	2.68	202.17	82.75	1043.5	2.49
		lks	9.3	34.5	34.6	0.3	33.	1.14	1.85	47.88	17.25	-	-
		re	0.0	0.0	0.0	0.0	0.	0.00	0.00	0.00	0.00	-	-
60	0+314	hpt	24.30	15.70	16.45	1.48	20.	0.82	3.18	260.38	77.31	1049.0	3.09
		lks	8.1	16.0	16.1	0.5	33.	1.26	2.80	88.86	22.69	-	-
		re	0.0	0.0	0.0	0.0	0.	0.00	0.00	0.00	0.00	-	-
70	0+391	hpt	89.00	34.62	34.73	2.56	22.	0.13	0.63	6.59	56.15	1048.7	2.34
		lks	6.2	6.4	6.6	0.9	33.	0.17	0.51	2.39	3.13	-	-
		re	57.8	38.0	38.2	1.5	33.	0.18	0.71	3.90	40.73	-	-

Tabelle 7: Berechnungen für das Gesamtprofil der Krimmler Ache (von 10 bis 70) bei einem Abfluß von 200 m³/s, Bestand 1981

Pr.	Stat.	Profilt.							Verluste		
			Sohle	Tiefe	H_e	I_e	B _{ges}	A _{ges}	Reib.	Bord	Einz.
-	km	-	mNN	m	mNN	-	m	m²	m	m	m
10	0+000	Gerinne	1025.07	2.75	1028.74	0.0193	26.61	47.23	-	-	-
20	0+062	Gerinne	1027.17	3.05	1031.23	0.0143	23.23	45.77	-	-	-
30	0+146	Gerinne	1033.13	2.40	1036.10	0.0140	49.98	60.08	-	-	-
40	0+209	Gerinne	1038.74	1.90	1041.14	0.0122	64.72	65.17	-	-	-
50	0+244	Gerinne	1042.04	1.89	1044.38	0.0158	75.62	67.64	-	-	-
60	0+314	Gerinne	1046.84	2.80	1050.38	0.0160	36.69	52.83	-	-	-
70	0+391	Gerinne	1047.03	3.93	1051.00	0.0003	82.46	213.38	0.63	0.00	0.00

Tabelle 8: Berechnungen für das Gesamtprofil der Krimmler Ache (von 10 bis 70), differenziert nach Vorländern und Hauptgerinne, bei einem Abfluß von 200 m³/s, Bestand 1981

Pr.	Stat.	Teil	A	B	U	R	K _{St}	Fr	v	τ	Q _{teil}	W _{gr}	v _{gr}
Nr.	km	-	m²	m	m	m	..	-	m/s	N/m²	m³/s	mNN	m/s
10	0+000	hpt	46.85	24.20	24.95	1.88	20.	0.98	4.26	355.95	199.47	1027.8	4.23
		lks	0.1	0.7	0.7	0.1	33.	0.97	0.97	18.34	0.06	-	-
		re	0.3	1.8	1.8	0.2	33.	1.09	1.45	33.67	0.46	-	-
20	0+062	hpt	40.60	16.10	16.56	2.45	22.	0.91	4.54	343.99	184.40	1030.2	4.37
		lks	2.9	4.1	4.3	0.7	33.	1.14	2.99	92.67	8.58	-	-
		re	2.3	3.0	3.4	0.7	33.	1.12	3.05	95.47	7.02	-	-
30	0+146	hpt	46.62	27.53	27.96	1.67	20.	0.86	3.49	229.50	162.64	1035.5	3.33
		lks	13.5	22.5	22.5	0.6	33.	1.14	2.77	82.31	37.36	-	-
		re	0.0	0.0	0.0	0.0	0.	0.00	0.00	0.00	0.00	-	-
40	0+209	hpt	35.58	19.90	19.92	1.79	20.	0.78	3.28	213.04	116.85	1040.6	3.07
		lks	23.0	38.5	38.7	0.6	33.	1.06	2.57	70.87	59.18	-	-
		re	6.6	6.3	6.6	1.0	33.	1.14	3.64	119.44	23.97	-	-
50	0+244	hpt	41.25	27.10	27.40	1.51	17.	0.80	3.08	232.75	127.15	1043.9	2.96
		lks	26.4	48.3	48.4	0.5	33.	1.19	2.76	84.19	72.82	-	-
		re	0.0	0.3	0.4	0.1	33.	0.74	0.85	14.43	0.03	-	-
60	0+314	hpt	33.97	16.70	17.61	1.93	20.	0.82	3.67	302.67	124.54	1049.6	3.79
		lks	18.9	20.0	20.1	0.9	33.	1.32	4.00	147.32	75.46	-	-
		re	0.0	0.0	0.0	0.0	0.	0.00	0.00	0.00	0.00	-	-
70	0+391	hpt	114.9	34.62	34.73	3.31	22.	0.16	0.89	11.338	101.76	1049.1	2.90
		lks	11.4	7.7	8.1	1.4	33.	0.20	0.77	4.807	8.81	-	-
		re	87.1	40.2	40.5	2.1	33.	0.22	1.03	7.363	89.43	-	-

Tabelle 9: Berechnungen für das Gesamtprofil der Krimmler Ache (von 10 bis 70) bei einem Abfluß von 100 m³/s, Bestand 1991

Pr.	Stat.	Profilt.							Verluste		
			Sohle	Tiefe	H_e	I_e	B _{ges}	A _{ges}	Reib.	Bord	Einz.
-	km	-	mNN	m	mNN	-	m	m²	m	m	m
10	0+000	Gerinne	1024.67	2.12	1027.51	0.0236	18.52	26.55	-	-	-
20	0+062	Gerinne	1027.16	2.08	1029.96	0.0191	19.08	26.88	-	-	-
30	0+146	Gerinne	1033.66	2.21	1036.69	0.0193	15.66	25.07	-	-	-
40	0+209	Gerinne	1038.83	1.86	1041.31	0.0256	23.32	28.69	-	-	-
50	0+244	Gerinne	1040.79	1.69	1043.17	0.0256	20.55	27.27	-	-	-
60	0+314	Gerinne	1043.99	2.10	1046.69	0.0257	24.02	29.11	-	-	-
70	0+391	Gerinne	1045.62	2.14	1048.07	0.0100	37.23	41.12	1.37	0.00	0.00

Tabelle 10: Berechnungen für das Gesamtprofil der Krimmler Ache (von 10 bis 70), differenziert nach Vorländern und Hauptgerinne, bei einem Abfluß von 100 m³/s, Bestand 1991

Pr.	Stat.	Teil	A	B	U	R	K _{St}	Fr	v	τ	Q _{teil}	W _{gr}	v _{gr}
Nr.	km	-	m²	m	m	m	..	-	m/s	N/m²	m³/s	mNN	m/s
10	0+000	hpt	26.55	18.52	19.25	1.38	20.	1.00	3.77	319.81	100.00	1026.8	3.77
		lks	0.0	0.0	0.0	0.0	0.	0.00	0.00	0.00	0.00	-	-
		re	0.0	0.0	0.0	0.0	0.	0.00	0.00	0.00	0.00	-	-
20	0+062	hpt	25.90	16.09	16.47	1.57	21.	0.95	3.78	294.52	97.99	1029.2	3.72
		lks	0.6	1.8	1.9	0.3	33.	1.16	2.13	59.95	1.29	-	-
		re	0.4	1.2	1.4	0.3	33.	1.11	1.92	51.01	0.72	-	-
30	0+146	hpt	24.83	14.76	15.19	1.63	21.	0.99	4.01	309.93	99.60	1035.9	3.99
		lks	0.0	0.0	0.0	0.0	0.	0.00	0.00	0.00	0.00	-	-
		re	0.2	0.9	1.0	0.2	33.	1.06	1.70	42.91	0.40	-	-
40	0+209	hpt	28.69	23.32	23.81	1.20	18.	1.00	3.49	303.17	100.00	1040.7	3.49
		lks	0.0	0.0	0.0	0.0	0.	0.00	0.00	0.00	0.00	-	-
		re	0.0	0.0	0.0	0.0	0.	0.00	0.00	0.00	0.00	-	-
50	0+244	hpt	27.02	19.47	19.66	1.37	20.	1.00	3.68	345.75	99.54	1042.5	3.67
		lks	0.0	0.0	0.0	0.0	0.	0.00	0.00	0.00	0.00	-	-
		re	0.2	1.1	1.2	0.2	33.	1.25	1.87	52.99	0.46	-	-
60	0+314	hpt	29.11	24.02	24.45	1.19	19.	1.00	3.44	300.21	100.0	1046.1	3.44
		lks	0.0	0.0	0.0	0.0	0.	0.00	0.00	0.00	0.00	-	-
		re	0.0	0.0	0.0	0.0	0.	0.00	0.00	0.00	0.00	-	-
70	0+391	hpt	37.17	25.12	25.34	1.47	20.	0.65	2.49	143.76	92.54	1047.4	3.33
		lks	2.7	4.5	4.6	0.6	33.	0.95	2.30	57.23	6.24	-	-
		re	1.2	7.6	7.7	0.2	33.	0.77	0.98	15.87	1.22	-	-

Tabelle 11: Berechnungen für das Gesamtprofil der Krimmler Ache (von 10 bis 70) bei einem Abfluß von 200 m³/s, Bestand 1991

Pr.	Stat.	Profilt.							Verluste		
			Sohle	Tiefe	H_e	I_e	B _{ges}	A _{ges}	Reib.	Bord	Einz.
-	km	-	mNN	m	mNN	-	m	m²	m	m	m
10	0+000	Gerinne	1024.67	3.02	1028.68	0.0191	24.43	45.48	-	-	-
20	0+062	Gerinne	1027.16	2.97	1031.14	0.0138	23.18	45.81	-	-	-
30	0+146	Gerinne	1033.66	3.20	1038.08	0.0137	17.36	41.38	-	-	-
40	0+209	Gerinne	1038.83	2.63	1042.34	0.0201	27.25	48.18	-	-	-
50	0+244	Gerinne	1040.79	2.52	1044.32	0.0185	22.18	45.14	-	-	-
60	0+314	Gerinne	1043.99	2.83	1047.72	0.0210	26.08	47.36	-	-	-
70	0+391	Gerinne	1045.62	2.84	1048.84	0.0074	58.56	75.29	1.09	0.00	0.00

Tabelle 12: Berechnungen für das Gesamtprofil der Krimmler Ache (von 10 bis 70), differenziert nach Vorländern und Hauptgerinne, bei einem Abfluß von 200 m³/s, Bestand 1991

Pr.	Stat.	Teil	A	B	U	R	K _{St}	Fr	v	τ	Q _{teil}	W _{gr}	v _{gr}
			m²	m	m	m	..	-	m/s	N/m²	m³/s	mNN	m/s
10	0+000	hpt	45.24	22.26	23.23	1.95	21.	0.99	4.41	364.04	199.75	1027.7	4.40
		lks	0.1	0.7	0.8	0.1	33.	0.98	1.00	19.28	0.08	-	-
		re	0.2	1.4	1.5	0.1	33.	1.00	1.05	20.79	0.17	-	-
20	0+062	hpt	40.31	16.09	16.47	2.45	22.	0.92	4.54	330.19	183.07	1030.1	4.37
		lks	3.2	4.0	4.3	0.7	33.	1.13	3.16	99.46	10.12	-	-
		re	2.3	3.0	3.4	0.7	33.	1.10	2.97	90.94	6.81	-	-
30	0+146	hpt	39.42	14.76	15.19	2.60	22.	0.96	4.93	348.91	194.28	1036.9	4.83
		lks	0.0	0.0	0.0	0.0	0.	0.00	0.00	0.00	0.00	-	-
		re	2.0	2.6	3.0	0.7	33.	1.07	2.91	87.84	5.71	-	-
40	0+209	hpt	48.18	27.25	28.04	1.72	18.	1.00	4.15	338.98	200.0	1041.5	4.15
		lks	0.0	0.0	0.0	0.0	0.	0.00	0.00	0.00	0.00	-	-
		re	0.0	0.0	0.0	0.0	0.	0.00	0.00	0.00	0.00	-	-
50	0+244	hpt	43.23	19.47	19.66	2.20	21.	0.96	4.48	398.35	193.72	1043.3	4.43
		lks	0.0	0.0	0.0	0.0	0.	0.00	0.00	0.00	0.00	-	-
		re	1.9	2.7	3.0	0.6	33.	1.26	3.30	114.47	6.28	-	-
60	0+314	hpt	47.36	26.08	26.66	1.78	19.	1.00	4.22	365.82	200.00	1046.8	4.22
		lks	0.0	0.0	0.0	0.0	0.	0.00	0.00	0.00	0.00	-	-
		re	0.0	0.0	0.0	0.0	0.	0.00	0.00	0.00	0.00	-	-
70	0+391	hpt	54.68	25.12	25.34	2.16	21.	0.62	2.85	155.92	155.72	1048.1	3.58
		lks	6.4	5.9	6.2	1.0	33.	0.88	2.89	74.69	18.59	-	-
		re	14.2	27.6	27.8	0.5	33.	0.80	1.81	36.88	25.68	-	-

Anhang

Untersuchung der Regression und der Residuen:

Korrelationskoeffizienten der unabhängigen Variablen:

Partieller Korrelationskoeffizient		Signifikant bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von
r_x	-0.9863	0.01
r_y	-0,7330	0.01
r_{xy}	0,6328	0.01
Regressionskoeffizient		Signifikant bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von
R^2	0.9903	0,01

Für die qualitative Beurteilung der Residuen wurden folgende Diagramme herangezogen:

Abbildung 38: Histogramm der Residuenverteilung und einer passenden Normalverteilung

Abbildung 39: Verteilung der Residuen über die geschätzten z - Werte (Geländehöhe)

Abbildung 40: Verteilung der Residuen über die unabhängige Variable x (Radius)

Abbildung 41: Verteilung der Residuen über die unabhängige Variable y (Abweichungswinkel)

Statistische Daten		Signifikant bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von
Mittelwert	0,004	--
Standardabweichung	0,58	--
Kolmogorov - Smirnov Anpassungstest an eine Normalverteilung	1,2994	0,0683

Für die Gültigkeit einer Regression nach der Methode der kleinsten Abweichungsquadrate ist die Normalverteilung der Residuen, d.h. die Abweichung der geschätzten von der tatsächlichen Höhe, Voraussetzung. Wie Abbildung 39 und der Anpassungstest zeigen, läßt sich die Residuenverteilung ausreichend an eine Normalverteilung angleichen. Abbildung 39 bis Abbildung 41 weisen zwar Bereiche unterschiedlich großer Variationsbreite auf, insgesamt sind in diesen Diagrammen aber weder langfristige Trends noch systematische Veränderungen der Variationsbreite zu erkennen. Das heißt, sämtliche systematische Zusammenhänge zwischen Regressand und Regressorvariablen konnten durch das Polynom berücksichtigt werden.

Volums- und Flächenberechnungen der Verlandungssimulationen:

Verschneidung mit der Trendfläche, Situation 1981

	gesamter Bereich	Achengerinne	Kegelbereich NO	Gerinne	Kegelbereich SW
Flächen:					
Freifläche (planar):	4541	642	3368	265	266
Fläche d. Verfüllung (planar):	7365	1326	2852	2442	745
<i>Summe:</i>	<i>11906</i>	<i>1968</i>	<i>6220</i>	<i>2707</i>	<i>1011</i>
Verfüllungsvolumen:	6687	1737	705	2731	1514

Verlandung Niveau Brückentragwerk

	gesamter Bereich	Achengerinne	Kegelbereich NO	Gerinne	Kegelbereich SW
Flächen:					
Fläche d. Verfüllung (planar):	30465	6364	17523	2708	3870
Freifläche (planar):	1500	487	740	0	273
<i>Summe:</i>	<i>31965</i>	<i>6851</i>	<i>18263</i>	<i>2708</i>	<i>4143</i>
Verfüllungsvolumen:	51024	17741	20431	6037	6815

Verschneidung mit der Trendfläche, Situation 1991

	gesamter Bereich	Achengerinne	Gerinne	Kegelbereich SW
Flächen:	(ohne Speicher)			
Fläche d. Verfüllung (planar):	8826	4936	3646	244
Freifläche (planar):	10817	3058	3341	4418
<i>Summe:</i>	<i>19643</i>	<i>7994</i>	<i>6987</i>	<i>4662</i>
Verfüllungsvolumen:	26124	18266	7820	38

Verlandung Niveau Brückentragwerk

	gesamter Bereich	Achengerinne	Gerinne	Kegelbereich SW
Flächen:	(ohne Speicher)			
Fläche d. Verfüllung (planar):	13812	7569	4588	1655
Freifläche (planar):	5831	425	2399	3007
<i>Summe:</i>	<i>19643</i>	<i>7994</i>	<i>6987</i>	<i>4662</i>
Verfüllungsvolumen:	53638	37715	14391	1532

Verlandung 1.5 m über Brückentragwerk / Überborden in den Speicher

	gesamter Bereich	Achengerinne	Gerinne	Kegelbereich SW
Flächen:	(ohne Speicher)			
Fläche d. Verfüllung (planar):	16457	7994	5367	3096
Freifläche (planar):	3186	0	1621	1565
<i>Summe:</i>	<i>19643</i>	<i>7994</i>	<i>6988</i>	<i>4661</i>
Verfüllungsvolumen:	79527	51965	22051	5510

Abbildung 38: Residuenverteilung

Abbildung 39: Residuen über abhängige Variable Höhe

Abbildung 40: Residuen über unabhängige Variable Radius

Abbildung 41: Residuen über unabhängige Variable Abweichungswinkel