



## Hochwasser 2000 – Les crues 2000

Ereignisanalyse / Fallbeispiele – Analyse des événements / Cas exemplaires

Berichte des BWG, Serie Wasser – Rapports de l'OFEG, Série Eaux – Rapporti dell'UFAEG, Serie Acque  
Nr. 2 – Bern 2002



Bundesamt für Wasser und Geologie **BWG**  
Office fédéral des eaux et de la géologie **OFEG**  
Ufficio federale delle acque e della geologia **UFAEG**  
Uffizi federal per aua e geologia **UFAEG**  
Federal Office for Water and Geology **FOWG**



# 5 Gamsa

Beatrice Herzog, Martin Bodenmann

## 5.1 Einleitung

Am 15. Oktober 2000 fielen im Einzugsgebiet der Gamsa ergiebige Niederschläge, die zu einem Hochwasser mit bedeutendem Geschiebetrieb und hohen Sachschäden an den Infrastrukturanlagen im und am Unterlauf führten. Insbesondere wurden die Bahnlinien der BVZ und SBB zwischen Brig und Visp unterbrochen. Beschädigt wurden auch die drei Wasserfassungen und Leitwerke. Nur mit grossem Maschinen- und Materialeinsatz während des Ereignisses konnten der Fabrikationsbetrieb in der Schlucht und ein zugehöriges Chemielager vor Schaden bewahrt werden. Das Ereignis ist vergleichbar mit demjenigen von 1993. Auch damals führten mehrtägige ergiebige Niederschläge zu einem Hochwasser mit starkem Geschiebetrieb. Starke Auflandungen am Schluchtausgang und bei der Rottenmündung, aber auch lokale Erosionen in geschiebearmen Phasen des Abflussereignisses belasten die Schutzbauten im Unterlauf des Baches aussergewöhnlich stark. Wegen der Opposition der angrenzenden Industrie konnten nach 1993 die notwendigen Verbauungsmassnahmen nicht durchgeführt werden, so dass mit Ausnahme des Einlaufes in den Rotten, der diesmal verstopft wurde, auch das Schadenbild 2000 mit dem Ereignis 1993 vergleichbar ist.

## 5.2 Überblick über das Einzugsgebiet

Das Einzugsgebiet der Gamsa umfasst rund 38 km<sup>2</sup> und verläuft zwischen dem Vispertal und dem Simplon von Süd nach Nord. Im oberen Teil des Einzugsgebietes finden sich Gletscher und Geröllhalden im Gneis. Der mittlere, flache Teil (Nanztal) umfasst zahlreiche Alpen, die von Visperterminen her bestossen werden. Der unterste Abschnitt wird durch eine 30–40% steile, enge Schlucht gebildet, welche sich auf dem Kegel wieder öffnet. Beim Gefällsknick am Ende der Schluchtstrecke befinden sich Industrieanlagen, welche ein grosses Schadenpotential darstellen. Erst anschliessend an die Anlagen öffnet sich die Schlucht ganz und geht in den eigentlichen Kegel über. Auf dem aussergewöhnlich grossen Schuttkegel liegt das Dorf Gamsen, die Gamsa selbst verläuft seit Anbeginn der Siedlung am linken Kegelrand. Sie mündet auf einer Höhe von 660 m ü. M. in den Rotten. Das Einzugsgebiet, der Flusslauf und die nachfolgend behandelten Seitengraben finden sich auch auf den Landeskarten 1:25 000 Nr. 1309 (Simplon) und 1289 (Brig).



Fig. 1: Situation Einzugsgebiet der Gamsa



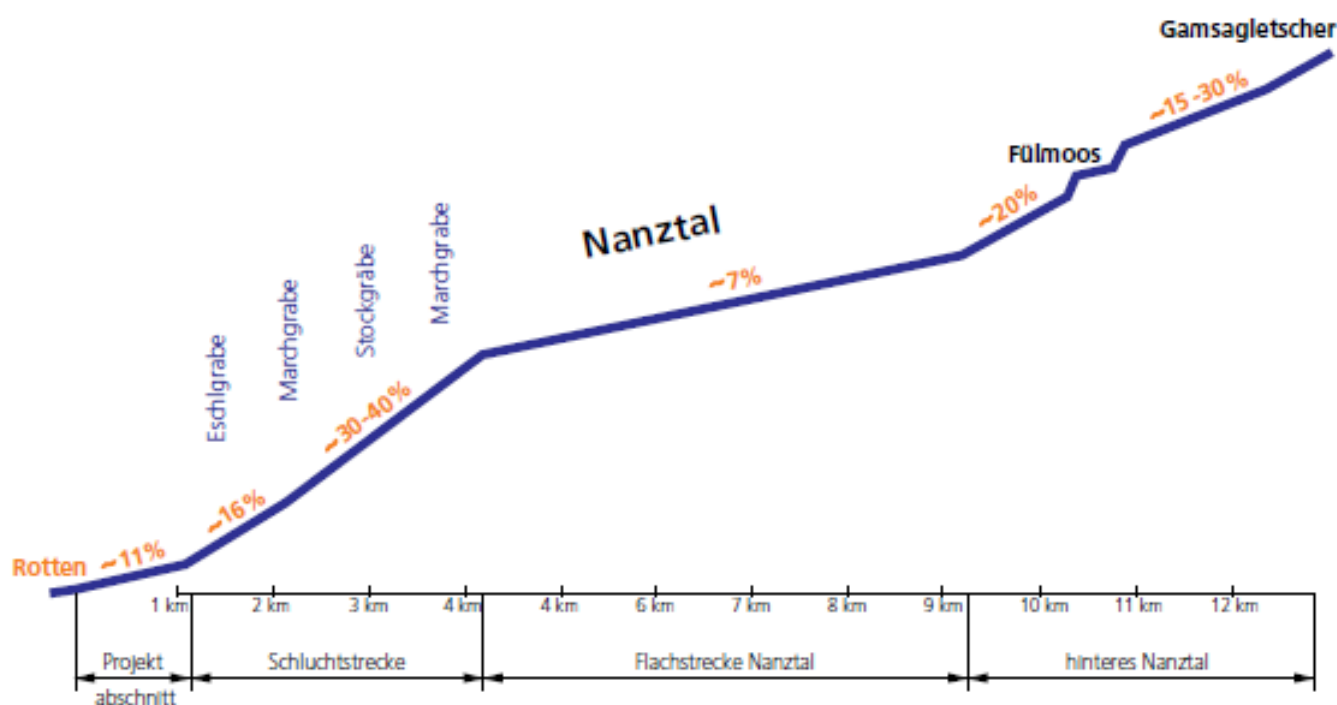


Fig. 2: Schematisches Längenprofil Gamsa (Aufnahme: 3. Januar 1994)

### 5.3 Frühere Ereignisse

Im 19. Jahrhundert wurden insgesamt sechs Ereignisse verzeichnet, im 20. Jahrhundert sieben Ereignisse. Beschädigungen von Strasse und Bahn werden mehrfach erwähnt und auch das hohe Geschiebepotential der Gamsa wurde schon früh erkannt und beschrieben. Der Bereich Gamsusand wurde wiederholt überschwemmt. Von der Dorfschaft Gamsen ist hingegen seit Bau der Wehrmauer 1737 keine Überschwemmung bekannt.

Die früheren Ereignisse sind bis auf das detailliert untersuchte Ereignis von 1993 nicht quantifiziert.

### 5.4 Ablauf des Ereignisses auf dem Kegel

Nach Mitternacht vom 14. zum 15. Oktober begann die Gamsa anzuschwellen. Etwas später begannen die Erosionen an den Wuhren im Bereich der Fabrik. Infolge der Ablenkung der Gamsa durch den obersten Damm nach links geriet die Gamsa in eine Pendelbewegung und hat im anschließenden Abschnitt zwischen den beiden Dämmen das Bachbett nach rechts verlassen und ist direkt auf den unteren Damm zugeströmt. Dieser wurde unterspült und ist als Ganzes 1–2 m nachgesackt. Diese Erosionen

machten ein massives Eingreifen auf dem Damm notwendig.

Anschließend füllte sich das natürliche Ablagerungsbecken am Schluchtausgang (Geländekammer) dann plötzlich sehr rasch von hinten nach vorne und die Sohle hob sich um mehrere Meter. Zu diesem Zeitpunkt dürften die grössten Einträge in die Schlucht erfolgt sein (seitliche Gräben). Diese konzentrierten Geschiebeabflüsse liessen die Gamsa am unteren Damm fast überlaufen.

Auch am Nachmittag wechselten Auflandungen und Erosionen im Bereich zwischen den beiden Dämmen ab. Die Verluste durch Unterhöhungen und Wegspülen konnten kompensiert werden. Über die ganze Interventionsphase wurde der Damm mit 480 m<sup>3</sup> Steinen und Beton verstärkt.

Am späteren Nachmittag dann füllte sich sukzessive das Becken im Gamsusand (unterster Kegelbereich) und der Bahndurchlass verstopfte. Die Auflandungen wanderten vom Gamsusand her rückwärts herauf bis zur Rohrbergbrücke. Bei der Brücke hat sich die Sohle um 2 m gehoben, so dass das Wasser an der Brücke anschlug. Am späten Nachmittag war die Sohle im unteren Bereich dieser Verbauung höher als der Damm, so dass die Gamsa sich den direkten Weg zur alten Schutzmauer suchte und diese teilweise unterspülte.

## 5.5 Hydrologie

### 5.5.1 Ausgeführte Arbeiten

Um den Abfluss der Gamsa während dieses Ereignisses zu bestimmen und einordnen zu können, wurden folgende Arbeiten durchgeführt:

- Aufarbeitung der Niederschlagsmessungen und der Radardaten der SMA (Schweizerische meteorologische Anstalt)
- Vergleich der Niederschläge mit 1993
- Berechnung des Abflusses mit einem Niederschlags-Abflussmodell
- Abschätzung der effektiven Abflüsse aufgrund der Kontrollquerschnitte
- Vergleich mit früheren Studien
- Bestimmung des mutmasslichen Abflusses und Einstufung

### 5.5.2 Charakteristik der Gamsa und des Ereignisses 2000

Das Einzugsgebiet der Gamsa reagiert als Ganzes nur bei langandauernden intensiven Niederschlägen wie dies 1993 oder 2000 eingetreten ist. Lokale Starkniederschläge in Form von Gewittern lassen höchstens einzelne Runsen anspringen. Eine Charakteristik des Gebietes ist es, dass es mehrere Tage dauert, bis die Böden gesättigt sind (viel grober Gehängeschutt, 40% Wald). Ist dieser Punkt jedoch einmal erreicht, springt der Abfluss, aber auch der Geschiebeeintrag durch Seitenzubringer, innert kurzer Zeit an. Am 15. Oktober 2000 genügte die Erhöhung der Niederschlagsintensität um wenige mm/h um das Hochwasser schliesslich auszulösen. 1993 wie auch 2000 berichteten Augenzeugen, die Hänge haben «geglänzt vom Wasser, das darüber lief». Auch dies ist ein Hinweis auf eine beinahe vollständige Sättigung der Böden.

### 5.5.3 Berechneter Abfluss

Für das gesamte Einzugsgebiet wurde das Niederschlagsabflussmodell nach Koella angewandt. Das gesamte Einzugsgebiet wurde in 8 Teileinzugsgebiete (Gerinneabschnitte) unterteilt. Damit konnten die Abflussspitzen und -volumen in 8 Querschnitten gewonnen werden. Die Abflusswerte am Kegelhals liegen mit 80–90 m<sup>3</sup>/s sehr hoch und können im Feld nur knapp nachgewiesen werden.

### 5.5.4 Gemessener Abfluss im Feld

Zur Bestimmung des effektiven Abflusses wurde an den aufgenommenen Querprofilen der während des Er-

eignisses mutmasslich benetzte Querschnitt bestimmt. Bei mehreren Profilen konnte dieser aufgrund von Spuren festgestellt werden.

Die Abflüsse wurden mit Hilfe des logarithmischen Fließgesetzes mit reduziertem Gefälle nach Smart/Jäggi berechnet. Die Fließgeschwindigkeiten liegen mit den gewählten Rauigkeiten im Nanztal im Bereich von 3 m/s, in der Schlucht bei 4 m/s. Dies ist für den vorherrschenden Gerinnetyp und die Steilheit plausibel. Die effektiven Abflüsse wurden aus den verschiedenen Annäherungen wie folgt eingegrenzt:

Standort	Kote	Abflussspitze am 15.10.2000
Im Obriste Chäller (Nanztal)	1900 m ü.M.	25–35 m <sup>3</sup> /s
Nidrista Alp (Nanztal)	1680 m ü.M.	45–50 m <sup>3</sup> /s
Schluchtausgang	930 m ü.M.	65–70 m <sup>3</sup> /s

Tab. 1: Abflussspitzen Gamsa

## 5.6 Geschiebeverlagerung

### 5.6.1 Ausgeführte Arbeiten

Parallel zu den Aufräumarbeiten wurde sofort mit der Ereignisdokumentation begonnen. Diese umfassten die photographische Dokumentation, die photogrammetrische Auswertung der Ablagerungen im Gamsusand, die Befragung und Aufzeichnung über die Ablagerungen im oberen Depot und die Berichterstattung über die Schäden und die zu erwartenden Kosten an die Gemeinde.

Im November und Dezember 2000 wurde das Einzugsgebiet begangen. Dabei wurden folgende Arbeiten ausgeführt:

- Kartierung der Erosionen und Ablagerungen
- Aufnahme von Prozessspuren und Schäden
- Entnahme von Linienproben
- Aufnahme von 18 Querprofilen
- Dokumentieren des Gerinnezustandes
- Aufnahme von Abflussquerschnitten für hydraulische Abschätzungen

Alle nachfolgend beschriebenen Phänomene sind auf einem Plan 1:5000 kartiert, quantifiziert und photographisch festgehalten.

### 5.6.2 Nanztal

Im Bereich des Fülmoos herrscht sehr grober Hangschutt vor. Die Runsen zeigen meist Murgangablagerungen neueren Datums, welche jedoch teilweise das Hauptgerinne nicht erreichen. Zwischen dem «Alts Stafolti» und dem «Obrostechäller» folgt ein gestreck-



ter Gerinneabschnitt mit durchschnittlich 10% Gefälle. Auf diesem Abschnitt hat sich der Bach gleichmässig eingetieft. Verschiedene Seitenzubringer auf diesem Abschnitt brachten erhebliche Mengen Material (Rundersenerosion bis 5 m<sup>3</sup>) bis in die Gamsa ein. Es folgt die «Nidrista Alp», welche ein Flachstrecke mit einem Gefälle von 2%–5% darstellt. Die Gamsa lief hier, wie schon 1993, auf weiten Strecken ausserhalb des Gerinnes und landete erheblich auf.

Allgemein kann gesagt werden, dass die Erosionen im hinteren Nanztal eher geringer ausfielen als 1993. Hingegen sprachen die Seitengräben gegen die Nidrista Alp hin alle an. Hier wurden bedeutende Mengen Geschiebe ins Hauptgerinne verlagert.

### 5.6.3 Nidrista Alp bis Mittlu Hüs

Entlang des Schwarzwaldes bis zum Mittlu Hüs sind praktisch keine Gerinneveränderungen festzustellen. Das Bachbett besteht aus sehr grossen Blöcken (2 bis 4 m Durchmesser) und die Sohle verläuft abschnittsweise auf dem anstehenden Fels. Das Gefälle beträgt zwischen 10 und 15%. Aus diesem Abschnitt wurden maximal 1000 m<sup>3</sup> verlagert. Der Abschnitt kann als Transitstrecke bezeichnet werden.

### 5.6.4 Schlucht

In der Schluchtstrecke sind neben den Böschungen aus Lockermaterial vor allem die rechtsufrigen Seitengräben von Bedeutung, ausserdem die grossen Geschiebeherde Drilärchurufi und Wyss Rischa. Diese werden unten separat behandelt. Der Eintrag aus der Sohle und aus Depots in der Schlucht ist nicht bekannt. Deutlich sind die Spuren von mehreren Murgängen in der Schlucht. Zahlreiche Blöcke von 4–8 Tonnen Gewicht und einzelne noch grössere Blöcke wurden bis auf die Koten von ca. 1000 m transportiert (und auf mehrere Meter hohe Seitenterrassen gehoben), Felsblöcke von mehr als 2 Tonnen Gewicht finden sich bis zum Schluchtausgang. Im Tunnel Gamsen der A9, der durch den Gamsakegel führt, wurden Blöcke bis zu 17 m<sup>3</sup> gefunden.

### 5.6.5 Wyss Rischa

Entlang der Wyss Rischa können zwei Geschiebequellen unterschieden werden:

- Beidseitige Böschungserosion brachten ca. 20 000–25 000 m<sup>3</sup>, wovon der grösste Teil aus den Böschungen der Wyss Rischa bis zur Einmündung Marchgraben stammen. Die aufgerissenen Böschungen sind hier bis zu 10 m hoch und 2–3 m mächtig erodiert.
- Als zweiter namhafter Eintrag wirkten zwei Erosions-

rungen in der Wyss Rischa selbst. Diese brachten je ca. 3000–3500 m<sup>3</sup> Geschiebe ins Hauptgerinne.

### 5.6.6 Drilärchurufi

Das bekannte und überwachte Rutschgebiet kann ebenfalls als bedeutender Geschiebeherd gelten. In Normaljahren läuft die Gamsa im künstlichen Felsbett entlang der linken Schluchtflanke. Die im Überwachungsprogramm gemessene Rutschgeschwindigkeit beträgt 0,5–1 m pro Jahr. Dies bedeutet, dass in Normaljahren rund 200 m<sup>3</sup> Geschiebe pro Jahr am Hangfuss bereitgestellt werden.

Während dem Ereignis lief die Gamsa nur teilweise im Felsbett. Die Ablenkmauer aus Beton wurde zerstört. Die Murgänge suchten ihren Weg über den Hangfuss der Rufi. Dort wurden beträchtliche Mengen Material mobilisiert. Dies führte dazu, dass bei einer Kontrollmessung vier Wochen nach dem Ereignis einzelne Punkte im Hang sich um 12 m talwärts verschoben hatten. Der Eintrag wird auf 30 000–50 000 m<sup>3</sup> geschätzt.

### 5.6.7 Seitengräben

Auf der rechtsufrigen Schluchtseite gingen Murgänge erheblichen Ausmasses nieder. Die rechte Talflanke besteht aus Gehänge- und Blockschutt, weiter nördlich beim Schluchtausgang aus dem anstehenden Kalk- und Tonschiefer.

Der südliche Marchgraben verläuft im Lockermaterial. Er ist murfähig. Im begangenen Abschnitt hat er sich beim Ereignis im Oktober 2000 um rund 4 m abgesenkt. Der gesamte erodierte Querschnitt beträgt im begangenen untersten Teil rund 15–20 m<sup>3</sup>. Aufgrund der Jahreszeit war eine Begehung der oberen Abschnitte nicht mehr möglich. Die eingetragene Fracht wird auf 15 000 bis 20 000 m<sup>3</sup> geschätzt. Um die Fracht genauer zu bestimmen sind Begehungen notwendig.

Die Stockgräben bilden sich aus insgesamt drei Gerinnen. Sie verlaufen allesamt im Jungschutt des anstehenden Schiefers, was die Erosionstiefe stark begrenzt. Der Eintrag von aktiven Rutschungen oberhalb der Gräben wird mit 10 000 bis 15 000 m<sup>3</sup> angenommen. Diese Schätzung muss noch verifiziert werden.

Auch der nördliche Marchgraben verläuft, ähnlich wie die Stockgräben, im Felsbett und Jungschutt. Er ist murfähig. Der gesamte Eintrag dieses Grabens in die Gamsa während dem Ereignis wird mit 1000–2000 m<sup>3</sup> angenommen.

Der nördlichste Eintrag von Bedeutung ist der Eschlgraben. Bei diesem Graben handelt es sich um eine murfähige Runse, welche auf dem untersten Abschnitt auf dem anstehenden Fels, resp. im Jungschutt verläuft. Die Gesamtfracht beim Ereignis 2000 wird auf

3000–6000 m<sup>3</sup> geschätzt. Der Eschlgraben mündet direkt oberhalb der Fabrikanlagen in die Gamsa. Eine Murganggefährdung bleibt noch abzuklären. Sollte der Eschlgraben bei Gewittern (dies kann unabhängig von Ereignissen in der Gamsa sein) Murgänge grösseren Ausmasses bringen können, so ist diesem Umstand im Schutzkonzept und -verbau Rechnung zu tragen.

### 5.6.8 Gesamtfracht

Die gesamten transportierten Frachten können aufgrund zweier Beobachtungen eingegrenzt werden: die abgelagerten Kubaturen im Perimeter (Gamsakegel) und im Gamsusand die geschätzten Erosionen im Einzugsgebiet

### 5.6.9 Abgelagerte Kubaturen auf dem Kegel

Im Gamsusand wurden die Ablagerungen photogrammetrisch ausgewertet. Die Ablagerungen betragen 150 000 m<sup>3</sup>. Davon wurden während Phasen des Geschiebedefizits ca. 20 000 m<sup>3</sup> nach dem Schluchtausgang erodiert, so dass 130 000 m<sup>3</sup> aus dem Einzugsgebiet stammen. Im Ablagerungsgebiet nach dem Schluchtausgang werden die verbliebenen Ablagerungen auf 30 000 m<sup>3</sup> geschätzt. Die gesamte Fracht des Ereignisses 2000 beträgt damit rund 160 000 m<sup>3</sup>.

### 5.6.10 Erosionen im Einzugsgebiet

Die Erosionen im Einzugsgebiet können aufgrund der Feldbegehung abgeschätzt werden. Die exakten Einträge der seitlichen Runsen bleiben noch abzuklären. Die Kartierungen führen auf folgende Kubaturen:

Geschiebequelle	abgeschätzter Eintrag
Nanztal, total	30 000–40 000 m <sup>3</sup>
Nidrista bis Mittlu HüS	1000 m <sup>3</sup>
Ablagerung Mittlu HüS	abzüglich 10 000–15 000 m <sup>3</sup>
Wyss Rüscha, total	6500 m <sup>3</sup>
Südl. Marchgraben	15 000–25 000 m <sup>3</sup>
Verschiedene kleine Runsen rechtsseitig	1500–3000 m <sup>3</sup>
Verschiedene kleine Runsen linksseitig	3000–6000 m <sup>3</sup>
Böschungen Schlucht total	20 000–25 000 m <sup>3</sup>
Sohle Schlucht	Unbekannt
Drilärchurufi	30 000–50 000 m <sup>3</sup>
Stockgraben	11 000–16 000 m <sup>3</sup>
Nördl. Marchgraben	2000 m <sup>3</sup>
Eschlgraben	3000–6000 m <sup>3</sup>
<b>Total</b>	<b>ca. 113 000–165 000 m<sup>3</sup></b>

Tab. 2: Abgeschätzte Kubaturen

Die Grössenordnung der Erosionen und der gemessenen Ablagerung stimmt gut überein. Die fehlenden

Kubaturen sind einerseits auf zu tiefe Einschätzungen der nicht begehbaren Gräben, andererseits auf erodierte Geschiebedepots und Sohlerosionen in der Schlucht zurückzuführen. Die auf dem Kegel gemessene Fracht kann damit plausibel erklärt und den verschiedenen Geschiebeherden begründet zugeordnet werden.

## 5.7 Beurteilung

### 5.7.1 Einstufung des Ereignisses

Das Niederschlagsereignis von 2000 kann gegenüber 1993 als 1.5–3 mal grösser betrachtet werden (gestützt auf Zweitagesummen). Das Abflussereignis 2000 in der Gamsa kann gegenüber 1993 als ca. 20% grösser eingestuft werden. Es handelt sich um ein 50–100-jährliches Ereignis. Der Verlauf des Ereignisses 2000 unterschied sich von 1993 vor allem dadurch, dass es im nördlichen Teil des Einzugsgebietes wesentlich mehr Niederschlag fiel als 1993. Damit zeigte das Ereignis auch eine deutlich höhere Geschiebeaktivität und es ergaben sich leicht andere Schadensbilder als vor sieben Jahren. Das Ereignis 2000 hat gezeigt, dass die Schlucht bis weit hinunter murfähig ist.

### 5.7.2 Transportprozesse und Frachten

Die Geschiebeverlagerung ab «Mittlu HüS» findet zeitweilig und lokal als Murgang, mehrheitlich als wechselnd konzentrierter Transport statt. Bei den beiden jüngsten Ereignissen wurden äusserst unetstetige Geschiebekonzentrationen beobachtet. Die Gamsa selbst wie auch die seitlichen Runsen sind nachgewiesenermassen murfähig, wobei ausgeprägte Murgänge aus den Seiten stammen dürften, sich aber in der Schlucht bis weit hinunter fortsetzen. Diese Transportprozesse lassen eine Fracht über mehrere Stunden nicht aufgrund von Transportformeln bestimmen. Durch die unetstetigen Prozesse sind der Bestimmung der Fracht weite Grenzen gesetzt. Die Fracht kann nur aufgrund der Quantifizierung des Feststoffpotentials im Feld bestimmt werden.

### 5.7.3 Gefährdende Prozesse

Im Rahmen der Massnahmenprojektierung müssen daher entlang der Fabrikanlagen sowohl die Gefahr der Auflandung als auch der Erosion und Unterkolkung betrachtet werden. Die maximal mögliche Fracht sollte noch bestimmt werden. Wesentlich für die Gefährdung des Projektperimeters ist auch die Quantifizierung von Feststoffpotential und Ereigniswahrscheinlichkeit in den nördlichsten Seitengräben, nahe der Fabrikanlagen.