



Politische Gemeinde  
9425 Thal

Politische Gemeinde  
9424 Rheineck



# Gstaldenbach - Freibach

## Geschiebe- und Schwemmholaufkommen

### Optimieren der wasserbaulichen Massnahmen



Zürich, den 14. September 2016  
ergänzt 21. August 2019



Flussbau AG SAH  
dipl. Ing. ETH/SIA flussbau.ch

Holbeinstr. 34, CH-8008 Zürich, Tel. 044 251 51 74, Fax 044 251 51 78, sah.zh@flussbau.ch

**Auftraggeber**

**Politische Gemeinde Rheineck  
Politische Gemeinde Thal**

Federführung  
Politische Gemeinde Rheineck  
Hauptstrasse 21  
9424 Rheineck

Kontaktperson: Hans Pfäffli / Rheineck

Tel. 071 886 40 10 (H. Pfäffli)

Mail [h.pfaeffli@rheineck.ch](mailto:h.pfaeffli@rheineck.ch)

**Projektverfasser / Projektteam**



**Flussbau AG** SAH  
dipl. Ing. ETH/SIA [flussbau.ch](http://flussbau.ch)

Holbeinstrasse 34  
CH - 8008 Zürich

*Projektleiter:*

Dr. Ueli Schälchli  
044 251 51 74  
[ueli.schaelchli@flussbau.ch](mailto:ueli.schaelchli@flussbau.ch)

*Sachbearbeiterin:*

Anja Geiger

Fotos Titelblatt:

Gstaldenbach bei Brücke Vogelherd - Unteren	Gstaldenbach bei Hinterlochen
Gstaldenbach bei Hächleren	Freibach bei Neumüli

# Inhalt

1	Einleitung.....	1
1.1	Aufgabenstellung und Ziele.....	1
1.2	Perimeter.....	1
1.3	Grundlagen .....	1
2	Geschiebe- und Schwemmholzaufkommen .....	3
2.1	Übersicht .....	3
2.2	Geschiebeaufkommen .....	5
2.3	Schwemmholzaufkommen .....	6
3	Drittprojekte .....	8
3.1	Holzfang Hinterlochen.....	8
3.2	Dorfbach.....	8
4	Modellberechnungen Istzustand .....	9
4.1	Modellaufbau.....	9
4.2	Überblick Szenarien Istzustand.....	11
4.3	Szenario I1: Stationäre Abflüsse.....	12
4.4	Szenario I2: HQ100, GZ 1'850m <sup>3</sup> .....	14
4.5	Szenario I3: HQ100, GZ 2'780m <sup>3</sup> .....	16
4.6	Szenario I4: HQ300, GZ 3'450m <sup>3</sup> .....	18
5	Modellberechnungen Projektzustand .....	20
5.1	Modellanpassungen .....	20
5.2	Überblick Szenarien Projektzustand .....	20
5.3	Szenario P1: Stationäre Abflüsse .....	21
5.4	Szenario P2: HQ100, GZ 2'780m <sup>3</sup> .....	23
5.5	Szenario P3: HQ300, GZ 3'450m <sup>3</sup> .....	25
5.6	Szenario P4: HQ100, GZ 2'780m <sup>3</sup> , GAP Sefar schmal.....	27
5.7	Szenario P5: HQ300, GZ 3'4580m <sup>3</sup> , GAP Sefar schmal.....	29
5.8	Szenario P6: HQ100 nach Szenario P4, GAP Sefar schmal .....	31
5.9	Szenarienvergleich und Empfehlung .....	33
5.10	Hochwasserspiegel .....	36
6	Sohlenstabilität .....	36
7	Zusammenfassung und Schlussfolgerungen .....	38
Anhang 1	Fotos Begehung 22.12.2015	41
Anhang 2	Wasserspiegel	49
Plan 1	Gstaldenbach, Heiden bis Kantonsgrenze. Situation 1:5'000	
Plan 2	Gstalden- und Freibach, EW Heiden bis Alter Rhein. Situation 1:5'000	



# 1 Einleitung

## 1.1 Aufgabenstellung und Ziele

Der Gstaldenbach fliesst von Heiden durch ein enges Tobel nach Thal, wo er den von Süden zufließenden Dorfbach (auch Klusbach) aufnimmt. Anschliessend heisst das Gewässer Freibach und fliesst bei Rheineck in den Alten Rhein. Das Gefälle von Gstalden- und Freibach nimmt zwischen dem Tobelausgang und dem Alten Rhein stetig ab.

Am Gstaldenbach sind der Ausbau des Gerinnes und flussabwärts der Mündung des Dorfbachs der Geschiebeablagerungsplatz (GAP) Sefar geplant. Zudem ist unmittelbar nach der Kantonsgrenze AR/SG bei Hinterlochen ein Holzrückhalt geplant. Am Dorfbach besteht ein Geschiebesammler am Tobelausgang.

Zur Überprüfung und Optimierung des Projekts waren folgende Abklärungen durchzuführen:

- Abschätzen der Geschiebe- und Schwemmholzfracht im Gstaldenbach bei einem HQ100<sup>1</sup> und bei einem HQ300.
- Untersuchen des Geschiebetransports im Gstalden- und Freibach im Istzustand sowie mit Projekt.
- Untersuchen von Lage und Wirkung des geplanten Geschiebeablagerungsplatzes Sefar.
- Ausarbeiten von Vorschlägen zur Optimierung der wasserbaulichen Massnahmen.

## 1.2 Perimeter

Bezüglich Geschiebe- und Schwemmholzaufkommen umfasst der Perimeter das gesamte Einzugsgebiet des Gstalden- und Freibachs (Bild 1).

Die Untersuchung des Geschiebetransports betrifft den Gstalden- und den Freibach zwischen dem Tobelausgang und dem Alten Rhein.

## 1.3 Grundlagen

Für die Untersuchungen wurden durch das Büro Bänziger Partner AG folgende Grundlagen zur Verfügung gestellt:

- [1] Querprofile Gstalden- und Freibach im Ist- und Projektzustand ab Kantonsgrenze.
- [2] Situation, Quer- und Längenprofile des geplanten GAP Sefar.
- [3] Hochwasserabflüsse HQ100 und HQ300 vor und nach der Mündung des Dorfbachs.
- [4] Geländemodell und Querprofile Gstaldenbach im Kt. AR (KW Heiden bis Kantonsgrenze).
- [5] Gstaldenbach, Holzrückhalt Hinterlochen. Situation, Quer- und Längenprofile.

---

<sup>1</sup> HQ100: Hochwasserereignis, das statistisch betrachtet alle 100 Jahre einmal auftritt. HQ300 entsprechend.

[6] Geschiebegutachten Klusbach, Thal (2003). Hunziker, Zarn & Partner. Im Auftrag des Tiefbauamts des Kantons St. Gallen.

Durch die Flussbau AG wurden im Feld folgende Grundlagen erhoben:

[7] Geschiebe- und Schwemmholzherde im Tobel zwischen Listweiher und dem KW Heiden.

[8] Linienprobe beim KW Heiden.

[9] Sohlen- und Uferrauheiten im Gstalden- und Freibach zwischen dem KW Heiden und dem Alten Rhein.

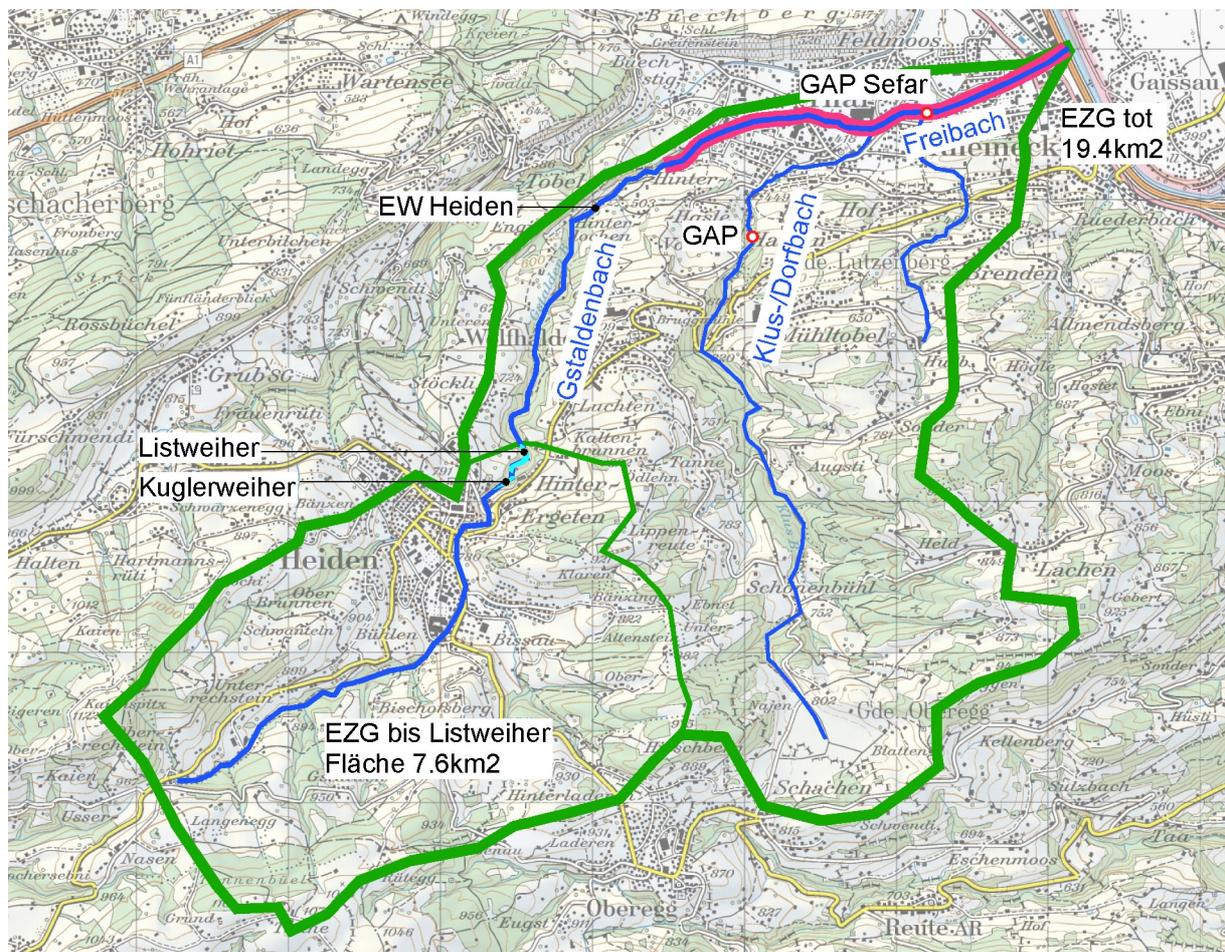


Bild 1 Einzugsgebiet Gstaalen- und Freibach mit Modellstrecke (rot) und geplantem GAP Sefar. GAP: Geschiebeablagerungsplatz.

## 2 Geschiebe- und Schwemmholzaufkommen

### 2.1 Übersicht

#### *Einzugsgebiet*

#### *Bild 1*

Das Einzugsgebiet des Gstaldenbachs erstreckt sich vom Kaienspitz (1'122m ü.M.) bis zum Alten Rhein (400m ü.M.) und umfasst insgesamt 19.4km<sup>2</sup>.

In Thal mündet der Dorfbach von Süden in den Gstaldenbach. Der Dorfbach verfügt über einen Geschiebe- und Schwemmholzsammler im Kellentobel.

#### *EW Heiden*

Nach Heiden bestehen zwei Staumauern, die den Kugler- und den Listweiher bilden.

Im Kuglerweiher (Bild 2) wird das vom Oberlauf zugeführte Geschiebe abgelagert und entnommen.

Der Listweiher (Bild 3 und Bild 4) dient als Speicher für das EW Heiden, dessen Kraftwerk am Tobelausgang liegt.

#### *Einzugsgebiet Geschiebe- und Schwemmholzaufkommen*

Der Kugler- und der Listweiher unterbrechen den Geschiebetransport des Gstaldenbachs. Die ca. 15m hohe Staumauer des Listweihers mit dem kleinen Grundablass (ca. 1m<sup>2</sup>) verhindert den Durchtransport des Geschiebes bei Hochwasserabfluss.

Der Schwemmholztransport durch den 200m langen Stausee und über die Staumauer ist wenig wahrscheinlich.

Der Geschiebe- und Schwemmholzeintrag aus dem Dorfbach ist vernachlässigbar (Sammler Kellentobel).

Dementsprechend beschränkt sich das Geschiebe- und Schwemmholzaufkommen auf den Gstaldenbach ab Listweiher.

#### *Sanierungsplanung Geschiebehaushalt*

Gemäss Angabe Martin Eugster, Kt. AR, ist vorgesehen, die Anlagen (Kugler- und Listweiher) bezüglich Geschiebehaushalt zu sanieren und einen Teil des Kieses bachabwärts weiter zu geben.

Bei grossen Hochwasserabflüssen soll auch nach Sanierung des Geschiebehaushalts ein Grossteil des zugeführten Geschiebes in den Weihern zurückgehalten werden.

*Bild 2*

*Kuglerweiher mit Rückhalte-  
raum und Staumauer.*

22.12.2015.



*Bild 3 (oben)*

*Stauraum des Listweihers.*

*Bild 4 (rechts)*

*Staumauer des Listweihers.*



## 2.2 Geschiebeaufkommen

### *Vorgehen*

Das Geschiebeaufkommen des Gstaldenbachs wurde aufgrund einer Begehung durch Kartierung aller vorhandenen und potenziellen Geschiebeherde sowie der Zufuhr aus Zuflüssen und Runsen bestimmt.

Damit ergibt sich die potenzielle Geschiebelieferung bei einem sehr seltenen Hochwasserereignis (HQ300). Für die Abschätzung der Geschiebelieferung bei einem HQ100 wurden die einzelnen Einträge unter Berücksichtigung der zu erwartenden Prozesse reduziert.

### *Einzugsgebiet bis Heiden*

Das Geschiebeaufkommen aus dem oberen Einzugsgebiet wurde im Rahmen eines anderen Auftrages (Gstaldenbach, Kt. AR) abgeschätzt.

Bei einem HQ100 ist von einer Geschiebefracht von 3'000m<sup>3</sup> auszugehen.

### *Geschiebeaufkommen*

#### *Bilder Anhang 1:*

#### *A1 – A9*

In Plan 1 sind die Lage der kartierten Abschnitte und der anstehende Fels ersichtlich.

Die Tobelstrecke zeichnet sich aus durch dominant anstehenden Fels an Sohle und Ufern. Der Fels fällt von Süden nach Norden ab, bildet hohe Felsschwellen und begrenzt das Gerinne seitlich durch geschichtete Felsbänder.

Das Geschiebeaufkommen beschränkt sich auf Einträge aus Runsen, Felsabbrüchen, kleinen Ufer- und Hanganrissen, der Mobilisierung von kleinen Bänken sowie der Ausräumung von Sperrenfeldern.

In Tabelle 1 ist das in den Abschnitten gemäss Plan 1 kartierte Geschiebeaufkommen bei Hochwasserereignissen HQ300 und HQ100 aufgelistet. Dementsprechend liegt das Geschiebeaufkommen in folgender Grössenordnung:

HQ300            2'350m<sup>3</sup>

HQ100            1'850m<sup>3</sup>

Darin berücksichtigt ist die Ausräumung von Sperrenfeldern bachabwärts des EW Heiden entsprechend dem Istzustand. Werden weitere Sperren (bis zur Sohlenpflasterung km2.3) hinterfüllt, so kann die Fracht noch etwas grösser ausfallen.

Tabelle 1 Geschiebelieferung zwischen dem Listweiher und der Kantonsgrenze bei einem HQ300 und einem HQ100.

Abschnitt Nr.	Geschiebeeintrag Art	HQ300 [m3], ro=2to/m3	HQ100 [m3], ro=2to/m3
3	Seitlicher Eintrag	100	80
4	Kleine Kiesbank	5	5
5	2 Kleine Kiesbänke	10	10
6	Felsschwelle, h=15m	0	0
7	Kiesbänke	20	20
8	Wenig Geschiebeablagerungen	5	5
9	Erosion Zufluss west	400	320
9	Geröll und Geschiebedepots	10	10
10	Aufweitung mit Geröll und Geschiebe	300	240
11	Ablagerungen hinter Betonsperre	300	240
12	Blöcke, Geröll, Kies	50	50
13	Zufluss mit Eintrag sowie Kiesablagerungen	30	30
14	Felsstrecke mit Geschiebedepots	30	30
15	Ausräumung hinterfüllte Sperre	120	84
15	Ausräumung Sperrenfeld	120	84
16	Ausräumung Sperrenfelder	400	280
17	Abtrag Kiesbank	125	100
18	Kiesbänke (mit Gras bewachsen)	240	192
19	Flache Bänke	90	72
	Total	2355	1852
	Total gerundet	2350	1850

## 2.3 Schwemmholaufkommen

### Vorgehen

Das Schwemmholaufkommen des Gstaldenbachs wurde durch Kartierung des vorhandenen Totholzes sowie des potenziell während einem Hochwasserereignis mobilisierbaren Lebendholzes abgeschätzt. Das mobilisierbare Lebendholz berücksichtigt durch Ufer- und Hanganrisse in das Gewässer eingetragene Bäume und Büsche.

Damit ergibt sich die potenzielle Schwemmholaufkommen bei einem seltenen Hochwasserereignis (HQ300). Für die Abschätzung der Schwemmholaufkommen bei einem HQ100 wurden die Kubaturen um 30% reduziert.

### Einzugsgebiet bis Heiden

Das Schwemmholaufkommen aus dem oberen Einzugsgebiet bis Heiden wurde wegen dem Listweiher nicht berücksichtigt.

### Tobelstrecke

In der Tobelstrecke bestehen diverse vorwiegend kleine und lokal mittelgrosse Totholzdepots.

### Bilder Anhang 1: A1, A3 – A6

Zudem sind in einzelnen Abschnitten kleine bis mittelgrosse Bäume in den Bach gekippt.

*Schwemmholzfracht*

Die im Feld abgeschätzte Festkubatur wurde durch Multiplikation mit einem Faktor 4 (Lagerungsdichte 0.25) in Volumen lose umgerechnet. Dieses entspricht dem Volumen von Schwemmholzpaketen, die sich an Hindernissen bilden. Das Volumen lose ist damit massgebend für die Dimensionierung eines allfälligen Schwemmholzsammlers.

Bei Hochwasserereignissen ist am Tobelausgang mit folgendem Schwemmholzaufkommen zu rechnen:

HQ300 430m<sup>3</sup> lose

HQ100 300m<sup>3</sup> lose

Tabelle 2

*Potenzielles Schwemmholzaufkommen im Tobel bei einem HQ300 und einem HQ100.*

Abschnitt Nr.	HQ300 [m3] Festholz	HQ300 [m3] lose	HQ100 [m3] lose
4	12	48	34
5	8	32	22
6	6	24	17
7	23	92	64
8	7	28	20
9	10	40	28
9	2	8	6
10	8	32	22
11	0	0	0
12	13	52	36
13	18	72	50
Total	107	428	300
Gerundet	100	430	300

## 3 Drittprojekte

### 3.1 Holzfang Hinterlochen

Auf Basis des in Kapitel 2.3 abgeschätzten Schwemmholzaufkommens wurde unmittelbar bachabwärts der Kantonsgrenze AR/SG bei Hinterlochen ein Holzfang projektiert [5].

Bei Realisierung des Holzfanges können im Unterwasser Verklausungen der Brücken verhindert werden.

*Auswirkungen auf den Geschiebehaushalt*

Im Holzfang wird primär Schwemmholz aufgefangen. In Abhängigkeit des Ereignisses wird auch mehr oder weniger Geschiebe abgelagert.

Für die Modellberechnungen wird vom ungünstigsten Fall ausgegangen, dass im Holzfang kein Geschiebe zurückgehalten wird. Damit liegt man bezüglich den Transportberechnungen und der Dimensionierung des GAP Sefar auf der sicheren Seite.

### 3.2 Dorfbach

*Hochwasser 2002*

Am Dorfbach ereignete sich am 31.8./1.9.2002 ein Hochwasser, das zu Überschwemmungen und Übersarungen im oberen Dorfteil von Thal führte. Auf Basis der Ereignisanalyse wurde das Geschiebeaufkommen auf 1'800m<sup>3</sup> und das Schwemmholzaufkommen auf 50m<sup>3</sup> Holz geschätzt. Während des Ereignisses landete die Sohle massiv auf und mehrere Brücken verklausten.

*Geschiebegutachten [6]*

Im einem Geschiebegutachten wurden drei Varianten untersucht und verglichen. Die bevorzugte Variante betraf den Bau eines Geschiebesammlers oberhalb der Steilstrecke (Kellen) in Kombination mit einem Holzrückhalt.

Zur Verhinderung von Sohlenerosionen als Folge des Geschieberückhaltes wurde zudem vorgeschlagen, zwei bis drei weitere Fixpunkte oberhalb Hammerschmitte Geeler in Abstimmung mit den bestehenden Felsabschnitten zu erstellen.

*Auswirkungen auf vorliegendes Projekt*

Die in der Zwischenzeit umgesetzten Massnahmen führen im Hochwasserfall zu einem weitgehenden Geschiebe- und Holzrückhalt.

**Dementsprechend wurde in den Modellberechnungen davon ausgegangen, dass der Dorfbach kein Geschiebe in den Freibach transportiert.**

Im ungünstigsten Fall kann es im Dorfbach infolge des Geschiebedefizits zu lokalen Sohlenerosionen kommen. In diesem Fall könnte es zu einem Eintrag von eher grobem Sohlenmaterial in den Freibach von mehreren 100m<sup>3</sup> kommen. Dies sollte bei der Planung des GAP Sefar berücksichtigt werden.

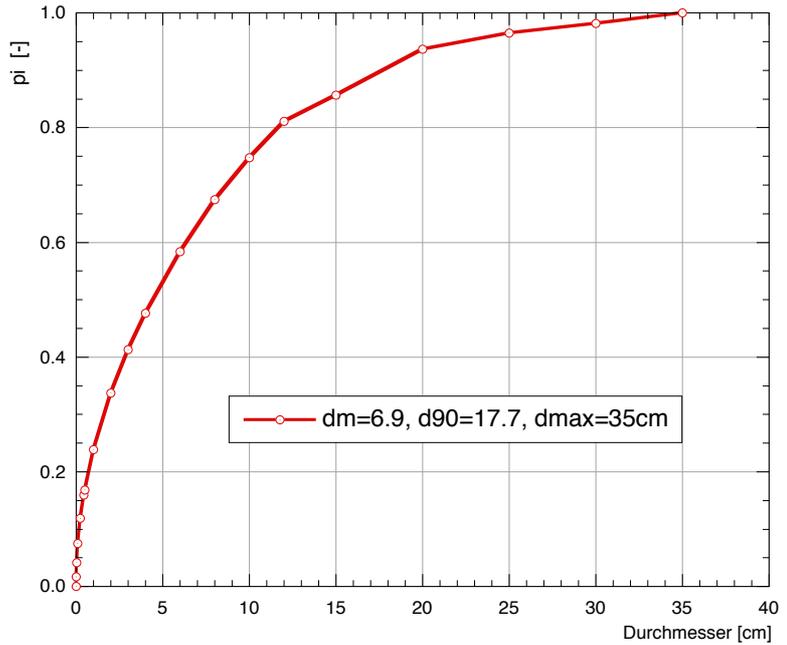
## 4 Modellberechnungen Istzustand

### 4.1 Modellaufbau

<i>Modellperimeter</i>	<p>Das hydraulische Modell erstreckt sich von der Kantonsgrenze bis zur Mündung in den Alten Rhein und umfasst insgesamt 133 Querprofile.</p> <p>Im bachaufwärts anschliessenden Bachabschnitt (Kt. AR) wurden zusätzlich 11 Querprofile berücksichtigt.</p>
<i>Schwellen</i>	<p>Im Gstaldenbach bestehen viele unterschiedlich hohe Schwellen. Teilweise sind die Schwellen in sehr nahem Abstand angeordnet.</p> <p>Im Modell wurden die hohen Schwellen mit langem Schwellenfeld berücksichtigt. Hinter diesen Schwellen kann viel Geschiebe umgelagert werden.</p> <p>Im Appenzeller Abschnitt wurden keine Schwellen berücksichtigt.</p>
<i>Sohle</i>	<p>Die Sohle besteht abschnittsweise aus Kies (Bachschotter) oder ist künstlich abgepflästert.</p> <p>In den Abschnitten mit Kiessohle wurden die massgebenden Korngrössen (<math>d_{90}</math>, dm) im Feld erhoben und im Modell entsprechend berücksichtigt. Die Korngrössen nehmen in Fliessrichtung von 60/30cm (<math>d_{90}/dm</math>) auf 20/10cm ab.</p> <p>Im revitalisierten Abschnitt wurden Korngrössen von 70/35cm (<math>d_{90}/dm</math>) berücksichtigt.</p> <p>In den abgepflästerten Abschnitten wurde ein Strickler-k-Wert von <math>35m^{1/3}/s</math> eingesetzt.</p>
<i>Ufer</i>	<p>Die glatten Ufer (Mauer oder Gras geschnitten) wurden mit einem Strickler-k-Wert von <math>40m^{1/3}/s</math> berücksichtigt.</p>
<i>Geschiebe</i>	<p>Bei grossen Hochwasserereignissen ist davon auszugehen, dass neben Kies auch Steine und kleine Blöcke aus dem Tobel in die Projektstrecke transportiert werden.</p> <p>Die Zusammensetzung des im Modell zugeführten Geschiebes entspricht der Kornverteilung der am Tobelausgang erfassten Linienprobe (Bild 5). Der hohe Abrieb des weichen Gesteins (Sandstein, Mergel) wurde mit einem Sternberg-Koeffizienten von 0.05 berücksichtigt.</p>

Bild 5

Kornverteilung Geschiebe  
(Linienprobe km3.55,  
Plan 2).



Abflussganglinien

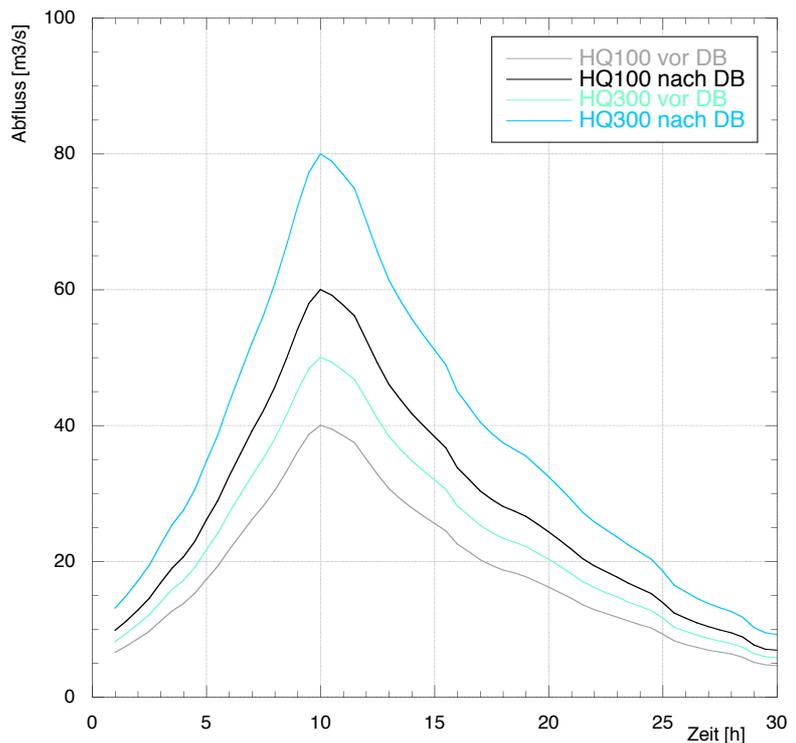
Bei einem HQ300 und einem HQ100 sind gemäss [3] folgende Abflussspitzen zu erwarten:

	vor Dorfbach	nach Dorfbach
HQ300	50m <sup>3</sup> /s	80m <sup>3</sup> /s
HQ100	40m <sup>3</sup> /s	60m <sup>3</sup> /s

Der Verlauf der Hochwasserganglinie wurde anhand gemessener Ganglinien am Steinenbach und der Thur bei Stein angenähert und die Ganglinie linear auf die entsprechenden Abflussspitzen umgerechnet (Bild 6).

Bild 6

Hochwasserganglinien  
HQ100 und HQ300 vor  
und nach der Mündung  
des Dorfbachs.



## 4.2 Überblick Szenarien Istzustand

Es werden folgende vier Szenarien dokumentiert:

### Staukurve

Szenario I1:

Hydraulische Berechnung mit stationären Abflüssen auf fester Sohle.

### Szenarien mit Sohlenänderungen

Szenarien I2 – I4:

Berechnung der Hochwasserganglinien gemäss Bild 6 mit unterschiedlichen Geschiebezufuhren.

Die Geschiebezufuhr der Szenarien I3 und I4 berücksichtigt beim EW Heiden die geplanten Massnahmen zur Sanierung des Geschiebehauhalts. Dadurch bilden sich an morphologisch günstigen Abschnitten Kiesablagerungen und in den Schwellenfeldern wird mehr Kies zwischengelagert. Bei Hochwasserereignissen können all diese Ablagerungen mobilisiert werden, wodurch die Geschiebefracht vergrössert wird.

Tabelle 3 Überblick der durchgeführten Szenarien im Istzustand.

Szenario	Typ	Abfluss	Geschiebezufuhr
I1	Stationäre Abflüsse	HQ300, HQ100, zusätzlich kleine Hochwasser	0
I2	Ganglinie mit Sohlenänderungen	HQ100	1'850m <sup>3</sup>
I3	Ganglinie mit Sohlenänderungen	HQ100	2'780m <sup>3</sup>
I4	Ganglinie mit Sohlenänderungen	HQ300	3'450m <sup>3</sup>

### 4.3 Szenario I1: Stationäre Abflüsse

*Ziel* Berechnung des Wasserspiegelverlaufs und Ermittlung der Schwachstellen bei HQ100 und HQ300 unter Annahme einer stabilen Sohlenlage.

*Abflüsse* Es wurden folgende vier Abflüsse berechnet:

	vor Dorfbach	nach Dorfbach
Abfluss 1	10m <sup>3</sup> /s	15m <sup>3</sup> /s
Abfluss 2	20m <sup>3</sup> /s	30m <sup>3</sup> /s
HQ100	40m <sup>3</sup> /s	60m <sup>3</sup> /s
HQ300	50m <sup>3</sup> /s	80m <sup>3</sup> /s

*Resultate* Bild 7 zeigt das Längenprofil mit dem Verlauf der Sohle mit den berücksichtigten Schwellen, der Wasserspiegel, der Uferlinien und den Brückenunterkanten.

*Wasserspiegel* Bis zur Mündung des Dorfbachs verläuft der Wasserspiegel deutlich tiefer als die Uferlinien. Es sind keine Schutzdefizite erkennbar.

Bachabwärts der Mündung des Dorfbachs verläuft der Wasserspiegel bei einem HQ100 und bei einem HQ300 im Bereich der Uferlinien oder teilweise darüber und es kommt zu Ausuferungen.

Im Appenzeller Abschnitt ist der Wasserspiegel wegen den nicht berücksichtigten Schwellen nicht repräsentativ.

*Brücken* Folgende Brücken weisen ein ungenügendes Freibord auf oder werden eingestaut:

Brücke Töberstrasse  
 Brücken Sefar  
 Brücke Asylstrasse  
 Brücke km 0.49  
 Brücke Rorschacherstrasse

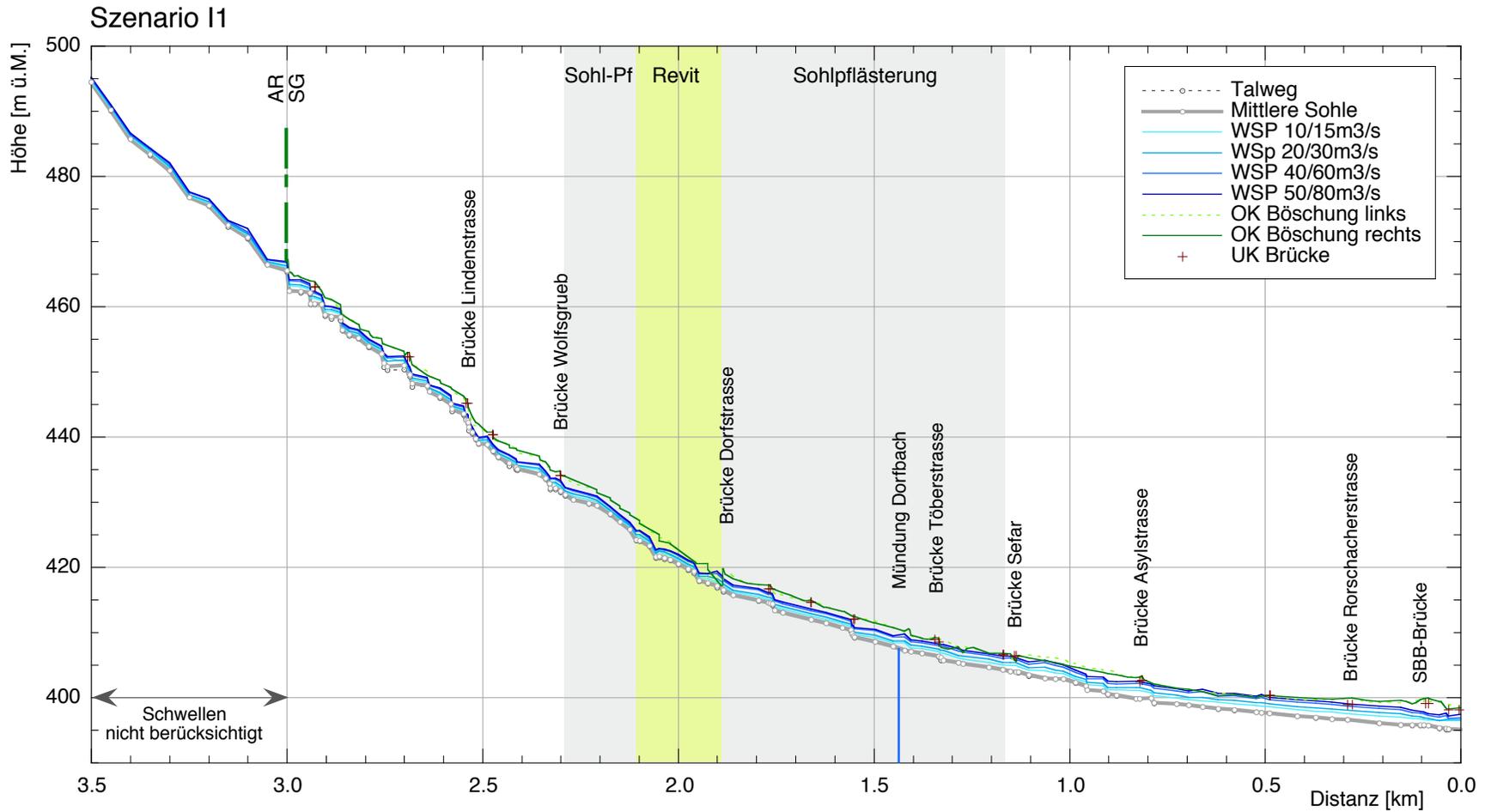


Bild 7 Längenprofil der Sohle (Talweg und mittlere Sohle), des Wasserspiegels bei 4 verschiedenen Abflüssen, der Uferlinien (OK Böschung links / rechts) sowie der Lage der Brückenunterkanten.

#### 4.4 Szenario I2: HQ100, GZ 1'850m<sup>3</sup>

<i>Ziel</i>	Untersuchung des Geschiebetransports und von Sohlenuflandungen bei einem HQ100 mit aktuell zu erwartender Geschiebefracht.
<i>Abfluss</i>	Ganglinien gemäss Bild 6.
<i>Geschiebezufuhr</i>	1'850m <sup>3</sup> (1'350m <sup>3</sup> in Funktion des Abflusses; 500m <sup>3</sup> schubweise zwischen Zeitpunkt 7h und 12h, vgl. Bild 6).
<i>Resultate</i>	
<i>Sohlenveränderungen</i>	Im ersten Schwellenfeld wird viel Geschiebe abgelagert und die Sohle landet am oberen Ende des Schwellenfeldes um bis zu 1.3m auf.
<i>Bild 9 oben</i>	Bachabwärts sind die Auflandungen bis km0.95 vernachlässigbar oder mit maximal 20cm klein.  Im Unterwasser der Rampe bei km1.92 (Brücke Dorfstrasse) kommt es kurzfristig zu Auflandungen von bis zu 50cm (Bild 8).  Bachabwärts von km0.95 kommt es zu Sohlenuflandungen von bis zu 45cm (km0.65).  Bachabwärts von km0.5 sind die Auflandungen gering.
<i>Geschiebefracht</i>	Die Geschiebefracht wird bis km1.0 infolge Auflandung hinter Schwellen sowie des Abriebs von 1'850m <sup>3</sup> auf 1'350m <sup>3</sup> reduziert.
<i>Bild 9 unten</i>	Bis km0.5 reduziert sich die Fracht auf 550m <sup>3</sup> und 420m <sup>3</sup> werden in den Alten Rhein transportiert.
<i>Fazit</i>	Zwischen km0.95 und km0.5 landet die Sohle um gegen 50cm auf, wodurch der Hochwasserspiegel angehoben wird. Dadurch kommt es bereits bei kleineren Hochwasserabflüssen zu Ausuferungen.

##### *Bild 8*

*Gstaldenbach mit Rampe im Unterwasser der Brücke Dorfstrasse.*

*Blick bachaufwärts.*



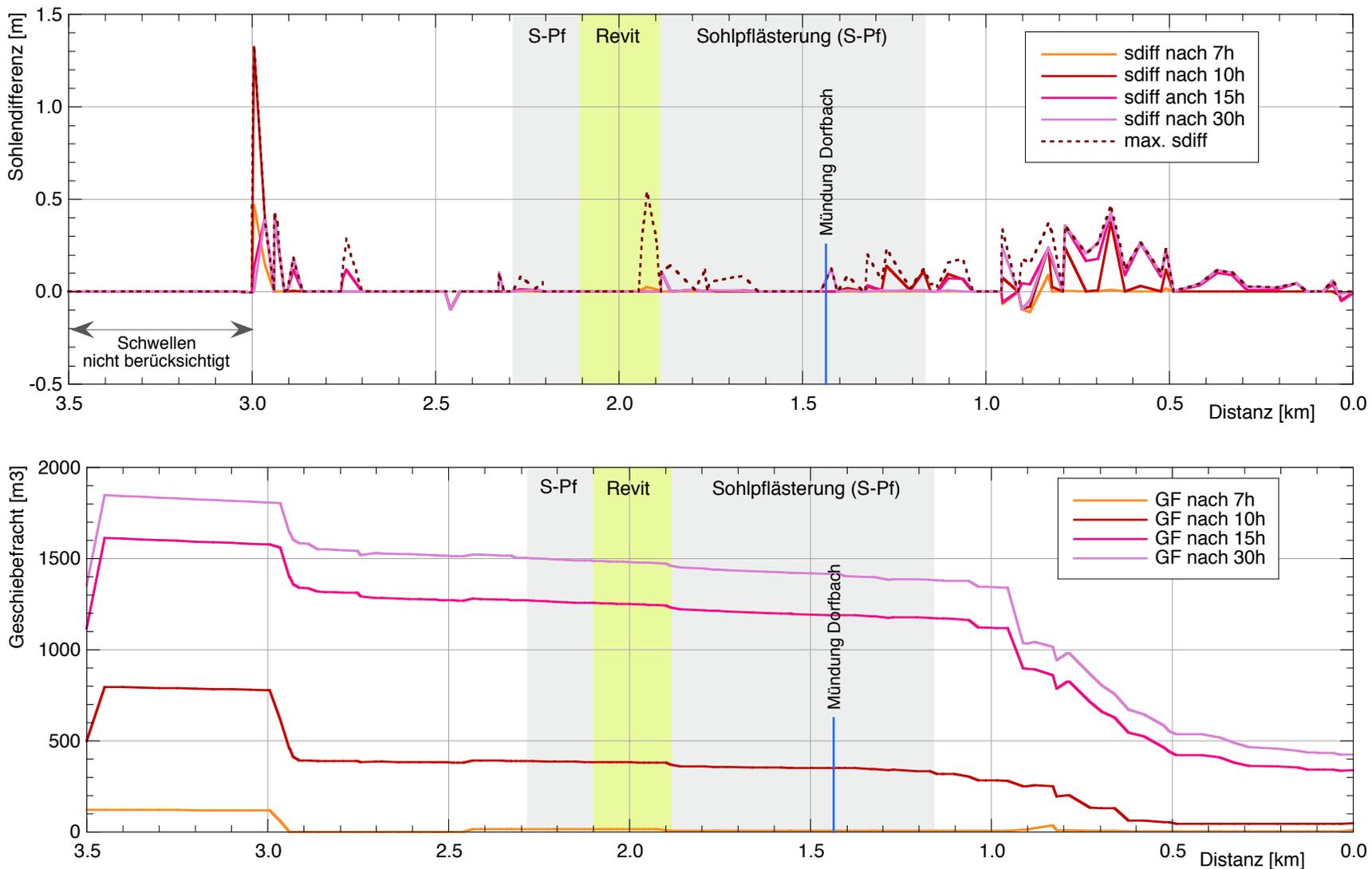


Bild 9 **Szenario I2.** Oben: Längensprofil der Sohlendifferenz (sdiff) zu verschiedenen Zeitpunkten.  
 Unten: Längensprofil der transportierten Geschiebefracht (GF) zu verschiedenen Zeitpunkten.

## 4.5 Szenario I3: HQ100, GZ 2'780m<sup>3</sup>

<i>Ziel</i>	Untersuchung des Geschiebetransports und von Sohlenuflandungen bei einem HQ100 mit erhöhter Geschiebefracht. Eine erhöhte Geschiebefracht ist nach Auffüllung der Schwellenfelder sowie nach Sanierung des Geschiebehaushalts zu erwarten.
<i>Abfluss</i>	Ganglinien gemäss Bild 6.
<i>Geschiebezufuhr</i>	2'780m <sup>3</sup> (2'000m <sup>3</sup> in Funktion des Abflusses; 780m <sup>3</sup> schubweise zwischen Zeitpunkt 7h und 12h, vgl. Bild 6).
<i>Resultate</i>	
<i>Sohlenveränderungen</i> <i>Bild 10 oben</i>	Zwischen km3.0 und km0.95 sind die Sohlenuflandungen vergleichbar oder nur wenig grösser als bei Szenario I2. Zwischen km0.95 und km0.5 wird verstärkt Geschiebe abgelagert und es kommt zu Sohlenuflandungen bis zu 60cm. Weiter bachabwärts landet die Sohle um bis zu 15cm auf.
<i>Geschiebefracht</i> <i>Bild 10 unten</i>	Die Geschiebefracht wird bis km1.0 infolge Auflandung hinter Schwellen sowie des Abriebs von 2'780m <sup>3</sup> auf 2'050m <sup>3</sup> reduziert. Bis km0.5 reduziert sich die Fracht auf 740m <sup>3</sup> und 530m <sup>3</sup> werden in den Alten Rhein transportiert.
<i>Fazit</i>	Zwischen km 0.95 und km0.5 landet die Sohle um bis zu 60cm auf, wodurch der Hochwasserspiegel angehoben wird. Verglichen mit Szenario I2 weiten sich die Ablagerungen in Länge und Höhe aus. Dadurch kommt es bereits vor der Abflussspitze zu bedeutenden Ausuferungen. Infolge der Ausuferungen wird verstärkt Geschiebe abgelagert, wodurch die Ausuferungen gefördert werden (in Modellberechnungen nicht berücksichtigt). Die Geschiebeablagerungen führen zu einer bedeutenden Beeinträchtigung des Hochwasserschutzes.

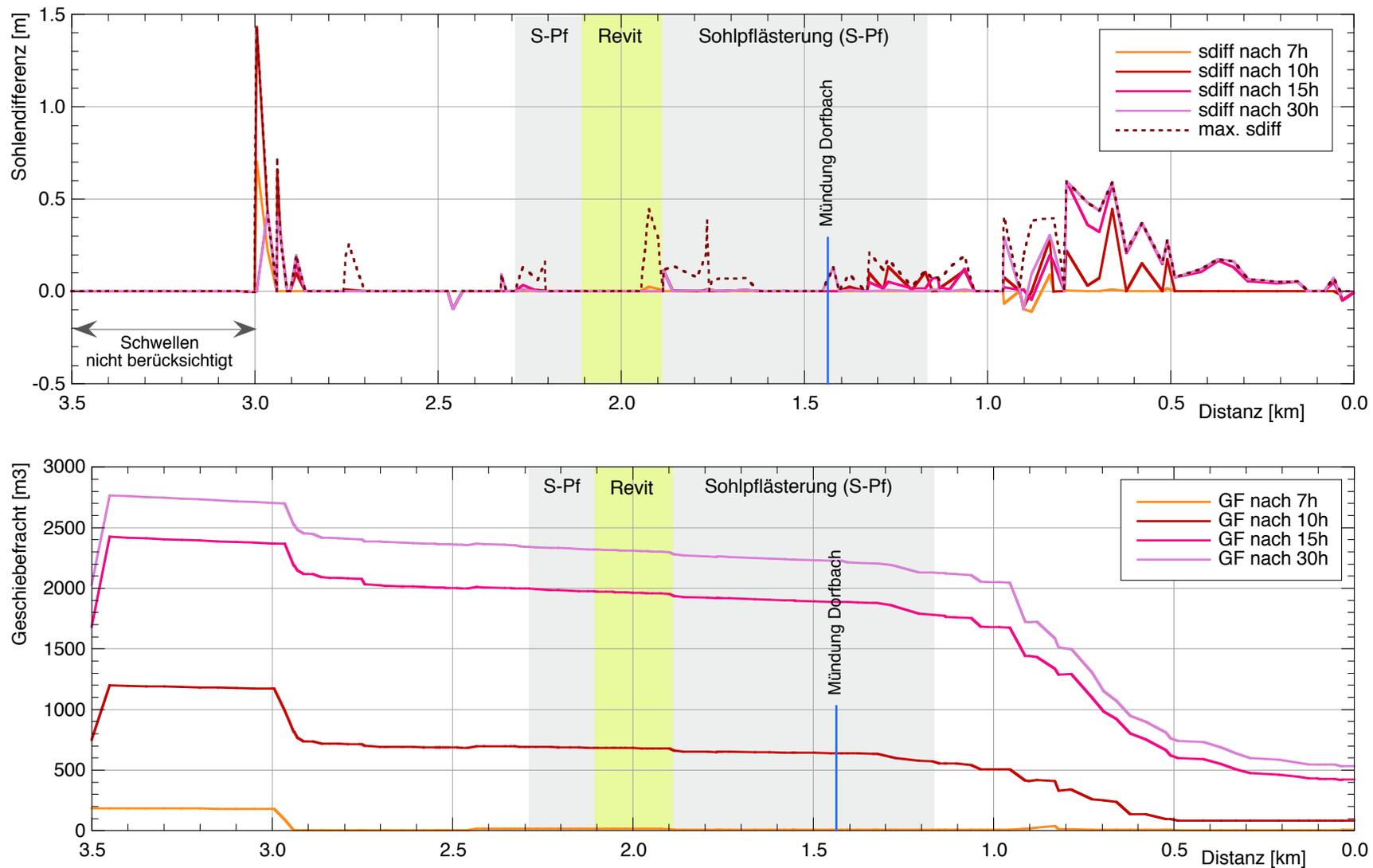


Bild 10 **Szenario I3.** Oben: Längsenprofil der Sohlendifferenz (sdiff) zu verschiedenen Zeitpunkten.  
 Unten: Längsenprofil der transportierten Geschiebefracht (GF) zu verschiedenen Zeitpunkten.

## 4.6 Szenario I4: HQ300, GZ 3'450m<sup>3</sup>

<i>Ziel</i>	Untersuchung des Geschiebetransports und von Sohlenaufbildungen bei einem HQ300 mit erhöhter Geschiebefracht. Eine erhöhte Geschiebefracht ist nach Auffüllung der Schwellenfelder sowie nach Sanierung des Geschiebehaushalts zu erwarten.
<i>Abfluss</i>	Ganglinien gemäss Bild 6.
<i>Geschiebezufuhr</i>	3'450m <sup>3</sup> (2'250m <sup>3</sup> in Funktion des Abflusses; 1'200m <sup>3</sup> schubweise zwischen Zeitpunkt 7h und 12h, vgl. Bild 6).
<i>Resultate</i>	
<i>Sohlenveränderungen</i> <i>Bild 11 oben</i>	Am oberen Ende des Modells landet die Sohle hinter den Schwellen etwas stärker auf (bis 1.5m) als bei Szenario I3.  Im Unterwasser der Rampe der Brücke Dorfstrasse bleibt das Geschiebe länger liegen als bei den Szenarien I2 und I3.  Bis km0.95 sind in den anderen Abschnitten die Sohlenänderungen vergleichbar mit den Szenarien I2 und I3.  Bachabwärts von km0.95 wird viel Geschiebe abgelagert und die Sohle landet um bis zu 75cm auf.  Bachabwärts von km0.3 sind die Sohlenänderungen mit 10cm klein.
<i>Geschiebefracht</i> <i>Bild 11 unten</i>	Die Geschiebefracht wird bis km1.0 infolge Gefällserhöhung in Schwellenfeldern sowie des Abriebs von 3'450m <sup>3</sup> auf 2'650m <sup>3</sup> reduziert.  Bis km0.5 reduziert sich die Fracht auf 1'450m <sup>3</sup> und 1'130m <sup>3</sup> Geschiebe werden in den Alten Rhein transportiert.
<i>Fazit</i>	Zwischen km 0.95 und km0.5 landet die Sohle um bis zu 75cm auf, wodurch der Hochwasserspiegel angehoben wird.  Dadurch kommt es bereits vor der Abflussspitze zu bedeutenden Ausuferungen. Infolge der Ausuferungen wird verstärkt Geschiebe abgelagert, wodurch die Ausuferungen gefördert werden (in Modellberechnungen nicht berücksichtigt).  Die Geschiebeablagerungen führen zu einer bedeutenden Beeinträchtigung des Hochwasserschutzes.

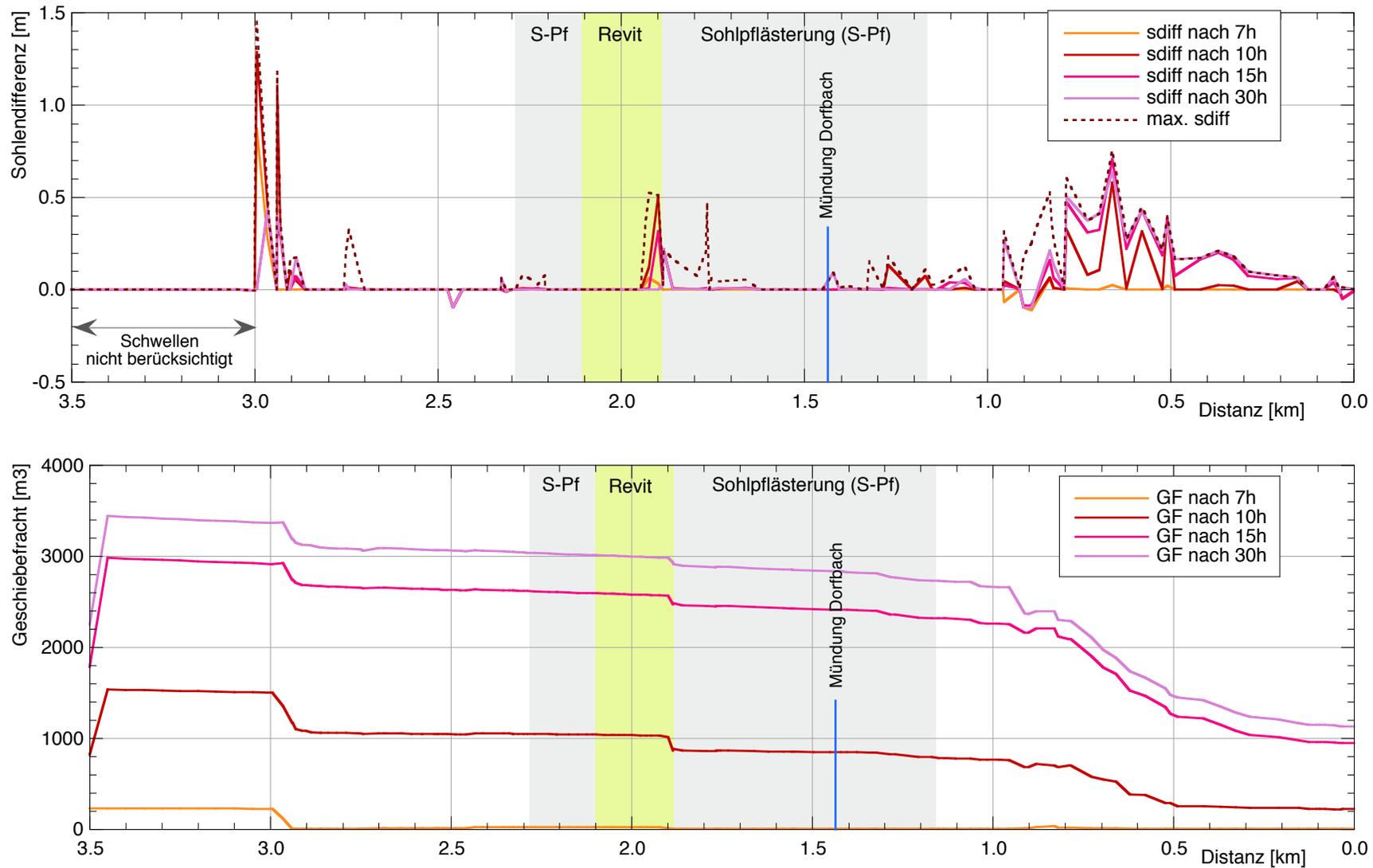


Bild 11 **Szenario I4.** Oben: Längensprofil der Sohlendifferenz (sdiff) zu verschiedenen Zeitpunkten.  
 Unten: Längensprofil der transportierten Geschiebefracht (GF) zu verschiedenen Zeitpunkten.

## 5 Modellberechnungen Projektzustand

### 5.1 Modellanpassungen

<i>Profilgeometrie</i>	Die Projektgeometrie berücksichtigt das Generelle Projekt (ab Kantongrenze).
<i>Rauheiten</i>	Für die Rauheit der Ufer wurde ein Strickler-k-Wert von $25\text{-}35\text{m}^{1/3}/\text{s}$ berücksichtigt.  Die Sohlenpflasterung wurde durch eine grobe Sohle mit charakteristischen Korndurchmessern von 70/35cm (d90/dm) ersetzt.
<i>GAP Sefar</i>	Szenarien P1 - P3: GAP Sefar entsprechend den Projektplänen.  Szenarien P4 - P6: Reduktion der Breite des Sammlers zur Berücksichtigung von bezüglich Geschiebeablagerung nicht nutzbaren Zonen.
<i>Ausgangssohle</i>	Szenarien P1 - P5: Projektsohle Szenario P6: Endsohle von Szenario P4
<i>Kilometrierung</i>	Die Kilometrierung wurde wegen Verlagerung des Nullpunktes in die Mitte des Alten Rheins und des GAP Sefars leicht angepasst.

### 5.2 Überblick Szenarien Projektzustand

Es werden folgende vier Szenarien dokumentiert (Tabelle 4):

Szenario P1	Hydraulische Berechnung mit stationären Abflüssen auf fester Sohle (Staukurven).
Szenarien P2 – P6	Modellieren von Hochwasserganglinien (Bild 6) unter Berücksichtigung des Geschiebetransports und von Sohlenänderungen.

Tabelle 4 Überblick der durchgeführten Szenarien mit Generellem Projekt.

Szenario	Typ / Geometrie	Abfluss	Geschiebezufuhr
P1	Stationäre Abflüsse	HQ300, HQ100, zusätzlich kleine Hochwasserabflüsse	0
P2	Ganglinie mit Sohlenänderungen	HQ100	2'780m <sup>3</sup>
P3	Ganglinie mit Sohlenänderungen	HQ300	3'450m <sup>3</sup>
P4	Ganglinie mit Sohlenänderungen GAP Sefar schmal	HQ100	2'780m <sup>3</sup>
P5	Ganglinie mit Sohlenänderungen GAP Sefar schmal	HQ300	3'450m <sup>3</sup>
P6	Ganglinie mit Sohlenänderungen GAP Sefar schmal Berechnungen auf Endgeometrie P4	HQ100	2'780m <sup>3</sup>

### 5.3 Szenario P1: Stationäre Abflüsse

*Ziel* Berechnung des Wasserspiegelverlaufs und Ermittlung der Schwachstellen bei HQ100 und HQ300 unter Annahme einer stabilen Sohlenlage im Projektzustand.

*Abflüsse* Es wurden folgende vier Abflüsse berechnet:

	vor Dorfbach	nach Dorfbach
Abfluss 1	10m <sup>3</sup> /s	15m <sup>3</sup> /s
Abfluss 2	20m <sup>3</sup> /s	30m <sup>3</sup> /s
HQ100	40m <sup>3</sup> /s	60m <sup>3</sup> /s
HQ300	50m <sup>3</sup> /s	80m <sup>3</sup> /s

*Resultate* Bild 12 zeigt das Längenprofil mit dem Verlauf der Sohle mit den berücksichtigten Schwellen, der Wasserspiegel, der Uferlinien und den Brückenunterkanten.

*Wasserspiegel* Bis zur Mündung des Dorfbachs verläuft der Wasserspiegel deutlich tiefer als die Uferlinien. Es sind keine Schutzdefizite erkennbar.

Am oberen Ende des leeren GAP Sefar ist der Wasserspiegel tief und es kommt zu einer starken Beschleunigung des Abflusses.

Bachabwärts des GAP Sefar ist bei einem HQ300 abschnittsweise von einem bordvollen Gerinne oder Ausuferungen auszugehen. Bei einem HQ100 ist das Freibord ungenügend.

Im Appenzeller Abschnitt ist der Wasserspiegel wegen den nicht berücksichtigten Schwellen nicht repräsentativ.

*Brücken* Neue Brücken wurden nicht berücksichtigt.

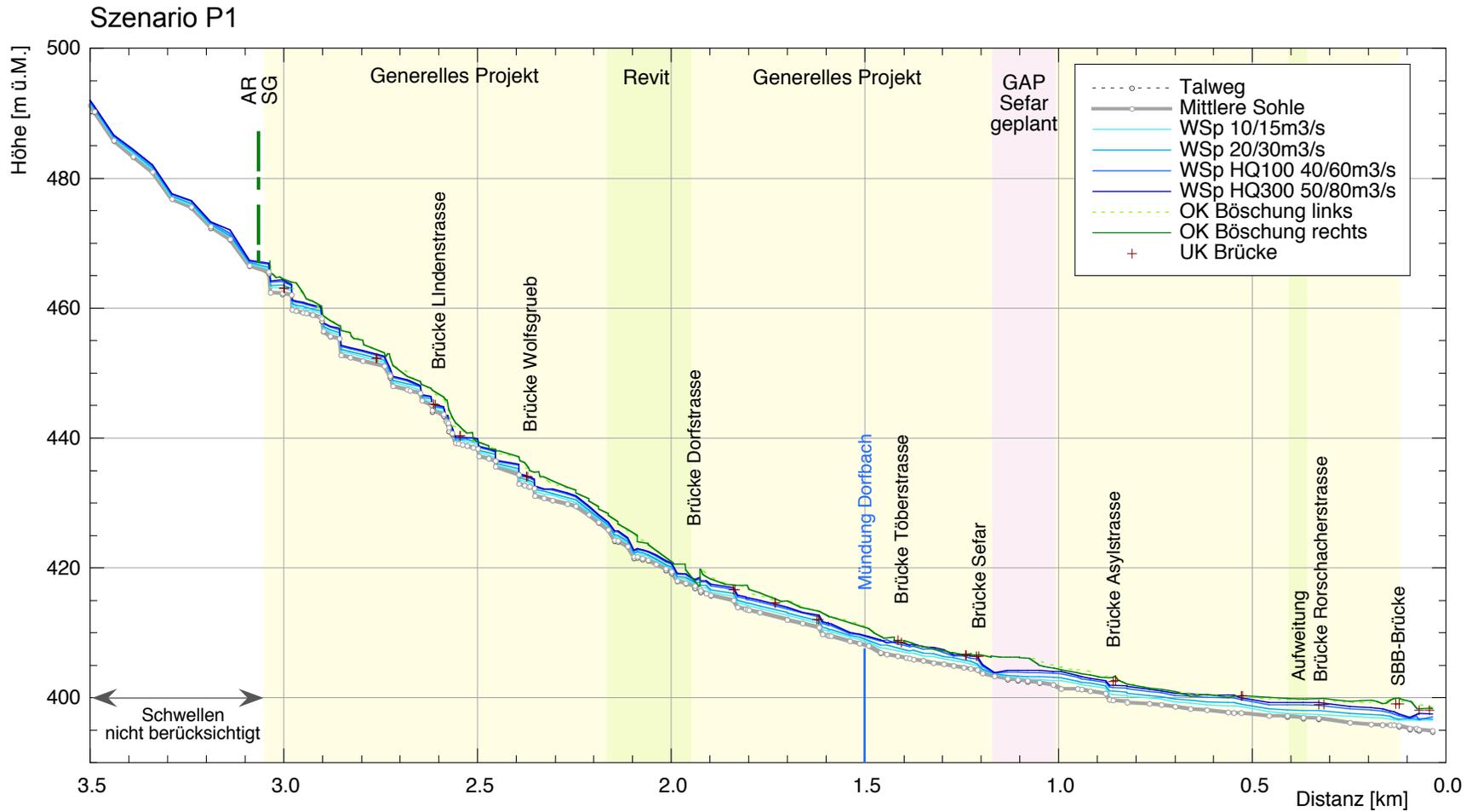


Bild 12 Längensprofil der Sohle (Talweg und mittlere Sohle), des Wasserspiegels bei 4 verschiedenen Abflüssen, der Uferlinien (OK Böschung links / rechts) sowie der Lage der Brückenunterkanten.

## 5.4 Szenario P2: HQ100, GZ 2'780m<sup>3</sup>

<i>Ziel</i>	Untersuchung des Geschiebetransports und von Sohlenuflandungen bei einem HQ100 mit erhöhter Geschiebefracht im Projektzustand.  Wirkungsanalyse des GAP Sefar.
<i>Abfluss</i>	Ganglinien gemäss Bild 6.
<i>Geschiebezufuhr</i>	2'780m <sup>3</sup>  (2'000m <sup>3</sup> in Funktion des Abflusses; 780m <sup>3</sup> schubweise zwischen Zeitpunkt 7h und 12h, vgl. Bild 6).
<i>Resultate</i>	
<i>Sohlenveränderungen</i> <i>Bild 13 oben</i>	Zwischen der Kantonsgrenze und dem GAP Sefar kommt es im ersten Schwellenfeld sowie im Unterwasser der Brücke Wolfsgrueb zu Auflandungen von 60cm, resp. 30 bis maximal 40cm. Die Ablagerungen im ersten Schwellenfeld dürften auf einen Modelleffekt zurückzuführen sein. Die Ablagerungen bachabwärts der Brücke Wolfsgrueb befinden sich in einer eher flachen Zwischenstrecke. Die Ablagerungen sind für den Hochwasserschutz nicht relevant.  Das in den GAP Sefar eingetragene Geschiebe wird vollständig abgelagert und die mittlere Sohle landet um bis zu 70cm auf. Das Geschiebe wird im oberen und im mittleren Teil des Sammlers abgelagert.
<i>Geschiebefracht</i> <i>Bild 13 unten</i>	Von den zugeführten 2'780m <sup>3</sup> Geschiebe erreichen 2'100m <sup>3</sup> den GAP Sefar, in dem das Material vollständig abgelagert wird. Es wird kein Geschiebe bachabwärts transportiert.
<i>Fazit</i>	Alles dem GAP Sefar zugeführte Geschiebe wird abgelagert.  Im Unterwasser des Sammlers können Auflandungen verhindert werden.

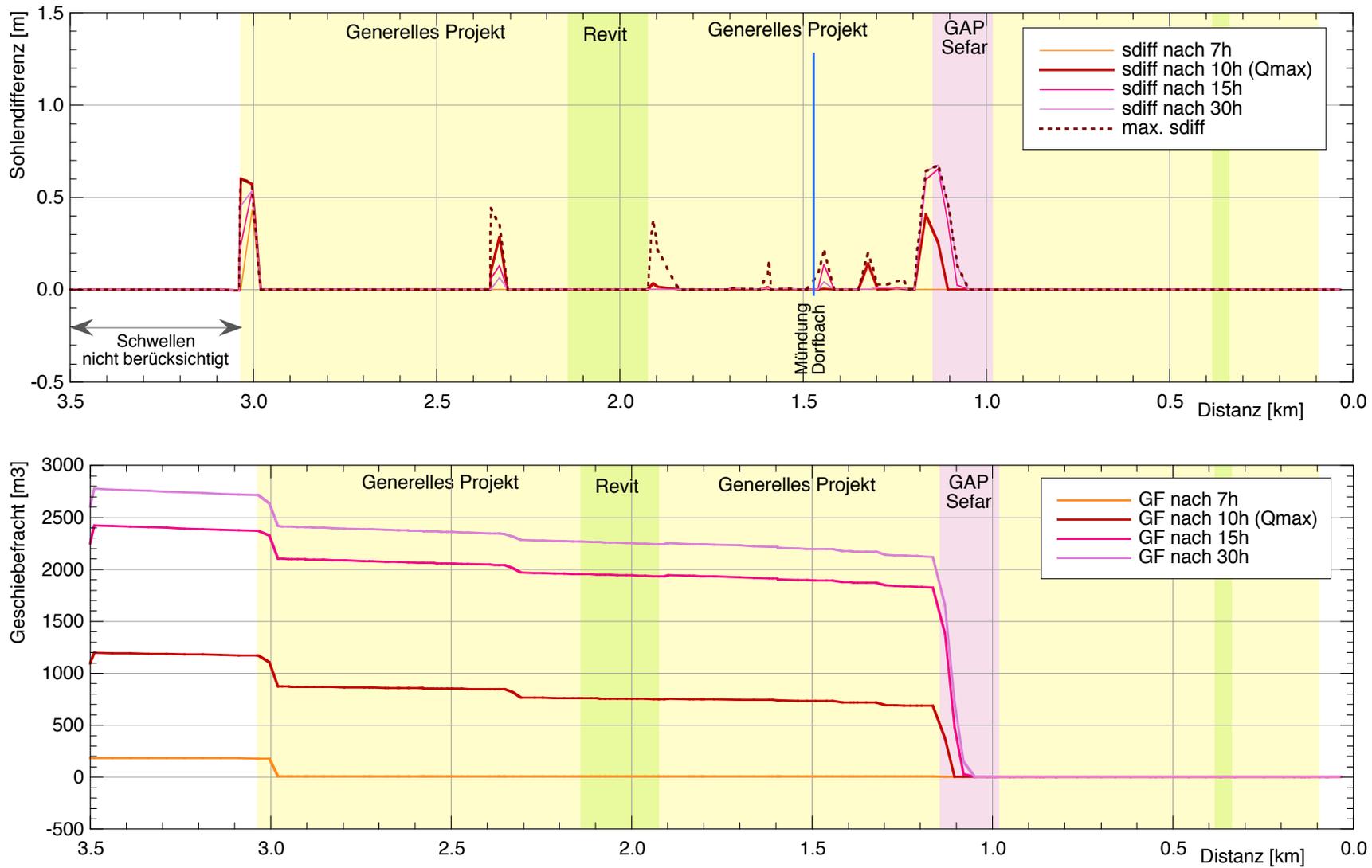


Bild 13 **Szenario P2.** Oben: Längenprofil der Sohlendifferenz (sdiff) zu verschiedenen Zeitpunkten.  
 Unten: Längenprofil der transportierten Geschiebefracht (GF) zu verschiedenen Zeitpunkten.

## 5.5 Szenario P3: HQ300, GZ 3'450m<sup>3</sup>

<i>Ziel</i>	Untersuchung des Geschiebetransports und von Sohlenauflandungen bei einem HQ300 mit erhöhter Geschiebefracht im Projektzustand.  Wirkungsanalyse des GAP Sefar.
<i>Abfluss</i>	Ganglinien gemäss Bild 6.
<i>Geschiebezufuhr</i>	3'450m <sup>3</sup>  (2'250m <sup>3</sup> in Funktion des Abflusses; 1'200m <sup>3</sup> schubweise zwischen Zeitpunkt 7h und 12h, vgl. Bild 6).
<i>Resultate</i>	
<i>Sohlenveränderungen</i> <i>Bild 14 oben</i>	Zwischen der Kantonsgrenze und dem GAP Sefar sind die Sohlenänderungen vergleichbar oder wenig grösser als bei Szenario P2. Die beschränkten Ablagerungen befinden sich im Unterwasser von Schwellen, wo die Gerinnetiefe grösser ist.  Im GAP Sefar wird die mittlere Sohle um bis zu 80cm angehoben. Die Ablagerungen konzentrieren sich auf den oberen und mittleren Bereich des Sammlers.
<i>Geschiebefracht</i> <i>Bild 14 unten</i>	Von den zugeführten 3'450m <sup>3</sup> Geschiebe erreichen 2'650m <sup>3</sup> den GAP Sefar, in dem die Fracht vollständig abgelagert wird. Bachabwärts wird kein Geschiebe transportiert.
<i>Fazit</i>	Alles dem GAP Sefar zugeführte Geschiebe wird abgelagert.  Im Unterwasser des Sammlers können Auflandungen verhindert werden.

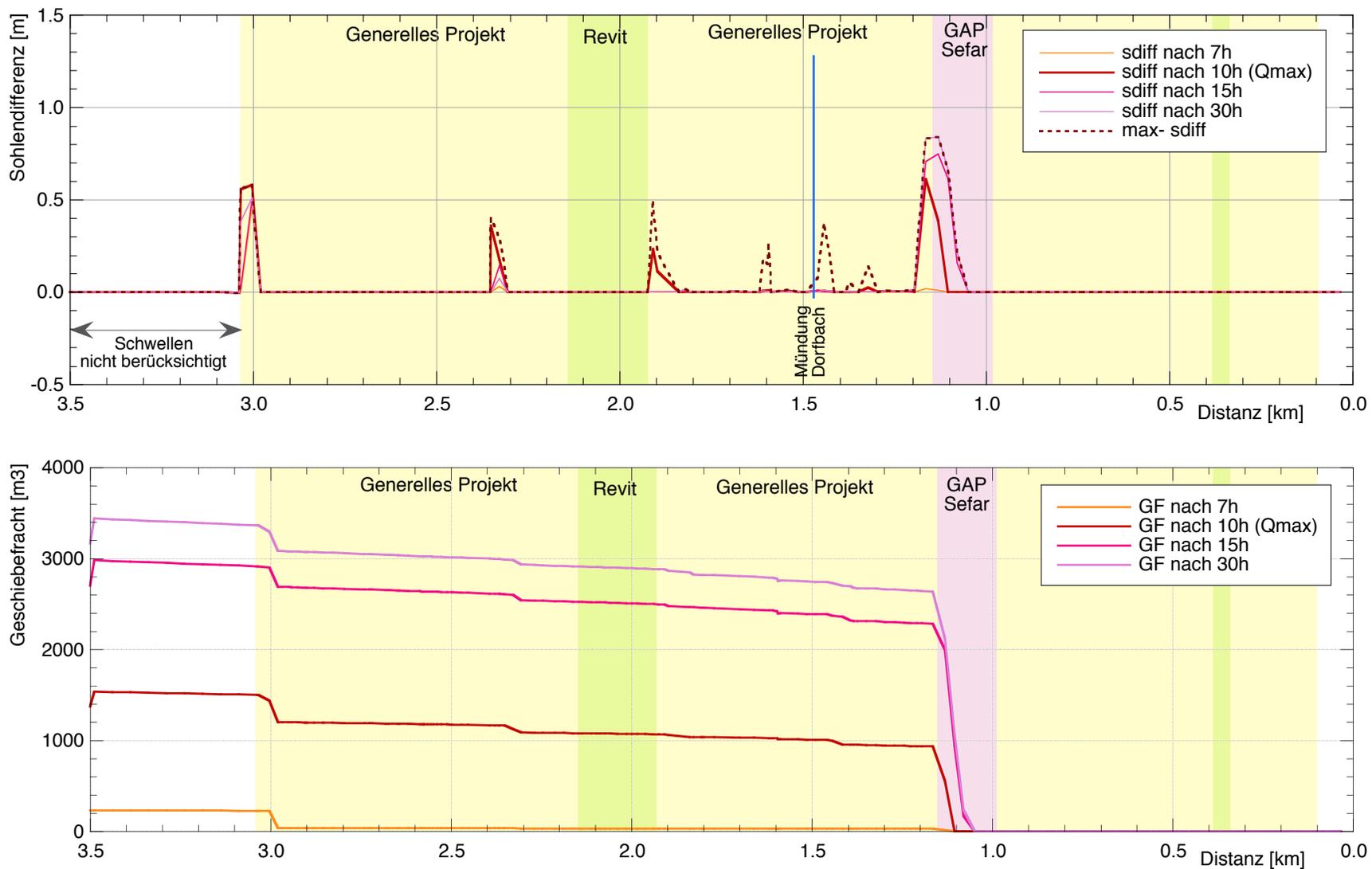


Bild 14 **Szenario P3.** Oben: Längenprofil der Sohldifferenz (sdiff) zu verschiedenen Zeitpunkten.  
 Unten: Längenprofil der transportierten Geschiebefracht (GF) zu verschiedenen Zeitpunkten.

## 5.6 Szenario P4: HQ100, GZ 2'780m<sup>3</sup>, GAP Sefar schmal

**Ziel** Beim geplanten GAP Sefar wird die Sohle von 6.5m im Oberwasser auf über 40m aufgeweitet. Der Sammler wird insbesondere im oberen Drittel nicht gleichmässig durchströmt, was zu einseitigen Geschiebeablagerungen führt. Im mittleren und unteren Bereich des Sammlers dürften sich seitlich Schwebstoffe ablagern, wodurch die für Geschiebeablagerungen nutzbare Breite reduziert wird.

Mit Szenario P4 wird untersucht, ob bei einer deutlich eingeschränkten nutzbaren Breite des Sammlers um knapp 50% (Bild 15) das verbleibende Rückhaltevolumen ausreichend ist, um die Geschiebefracht eines HQ100 aufzufangen.

**Abfluss** Ganglinien gemäss Bild 6.

**Geschiebezufuhr** 2'780m<sup>3</sup>  
(2'000m<sup>3</sup> in Funktion des Abflusses; 780m<sup>3</sup> schubweise zwischen Zeitpunkt 7h und 12h, vgl. Bild 6).

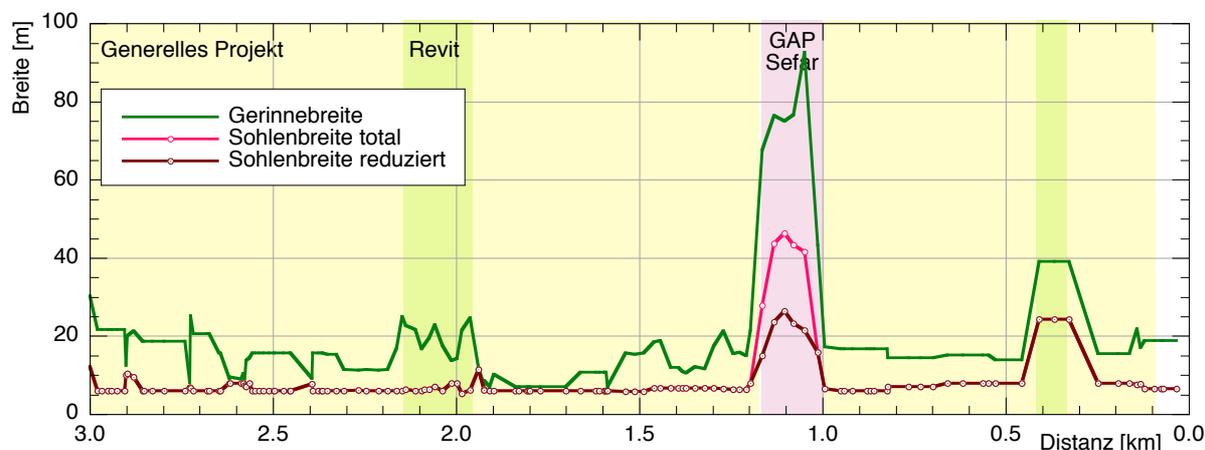
### Resultate

**Sohlenveränderungen** Im GAP Sefar landet die Sohle um bis zu 75cm auf und die Ablagerungen erstrecken sich bis zum unteren Ende des Sammlers.  
**Bild 16 oben**

Vernachlässigbar wenig Geschiebe wird bachabwärts weiter transportiert.

**Geschiebefracht** Im GAP Sefar wird alles zugeführte Geschiebe abgelagert (entsprechend Szenario P2).  
**Bild 16 unten**

**Fazit** Selbst bei einem stark eingeschränkten nutzbaren Rückhaltevolumen des Sammlers kann bei einem HQ100 das zugeführte Geschiebe vollständig aufgefangen werden.



**Bild 15** Längensprofil der Sohlenbreite im Projektzustand. GAP Sefar mit gesamter und reduzierter Sohlenbreite gemäss Szenario P4.

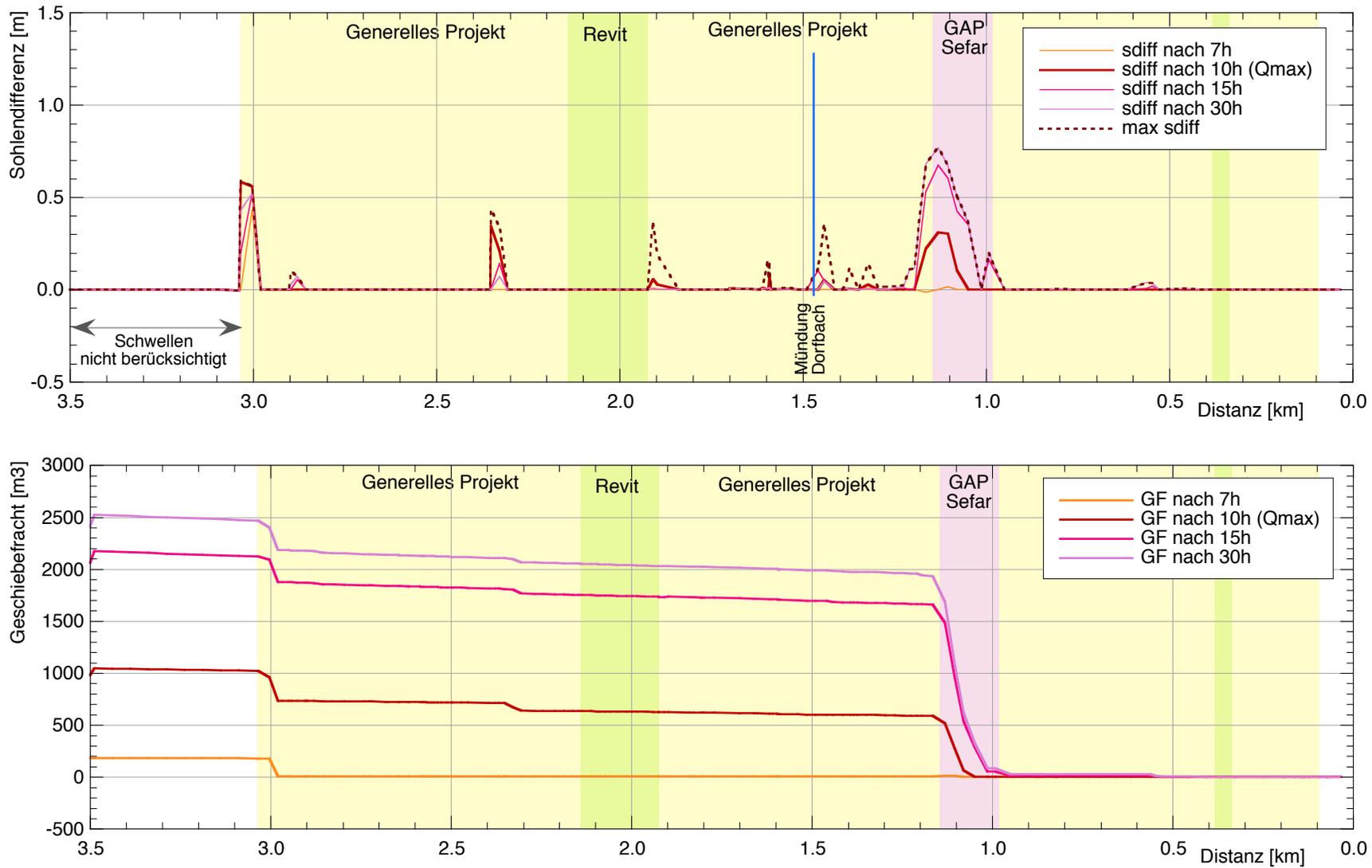


Bild 16 **Szenario P4.** Oben: Längenprofil der Sohlendifferenz (sdiff) zu verschiedenen Zeitpunkten.  
 Unten: Längenprofil der transportierten Geschiebefracht (GF) zu verschiedenen Zeitpunkten.

## 5.7 Szenario P5: HQ300, GZ 3'4580m<sup>3</sup>, GAP Sefar schmal

<i>Ziel</i>	Mit Szenario P5 wird untersucht, ob bei einer deutlich eingeschränkten nutzbaren Breite des Sammlers entsprechend Szenario P4 das Rückhaltevolumen ausreichend ist, um die Geschiebefracht eines HQ300 aufzufangen.
<i>Abfluss</i>	Ganglinien gemäss Bild 6.
<i>Geschiebezufuhr</i>	3'450m <sup>3</sup> (2'250m <sup>3</sup> in Funktion des Abflusses; 1'200m <sup>3</sup> schubweise zwischen Zeitpunkt 7h und 12h, vgl. Bild 6).
<i>Resultate</i>	
<i>Sohlenveränderungen</i> Bild 17 oben	Im GAP Sefar landet die Sohle um bis zu 90cm auf und die Ablagerungen erstrecken sich bis zum unteren Ende des Sammlers.  Nach der Hochwasserspitze wird Geschiebe durch den Sammler flussabwärts transportiert und im Bereich von km0.5 kommt es zu einer Anhebung der mittleren Sohle um ca. 0.2m.
<i>Geschiebefracht</i> Bild 17 unten	Im GAP Sefar wird ca. 85% des Geschiebes zurückgehalten und 15% (420m <sup>3</sup> ) werden bachabwärts weiter transportiert.
<i>Fazit</i>	Beim reduziert nutzbaren Rückhaltevolumen des Sammlers kann bei einem HQ300 der Grossteil des Geschiebes zurückgehalten werden. Nach dem Durchgang der Abflussspitze kommt es im Unterwasser zu Ablagerungen und die Sohle landet bereichsweise auf. Der Hochwasserschutz wird dadurch nicht beeinträchtigt.

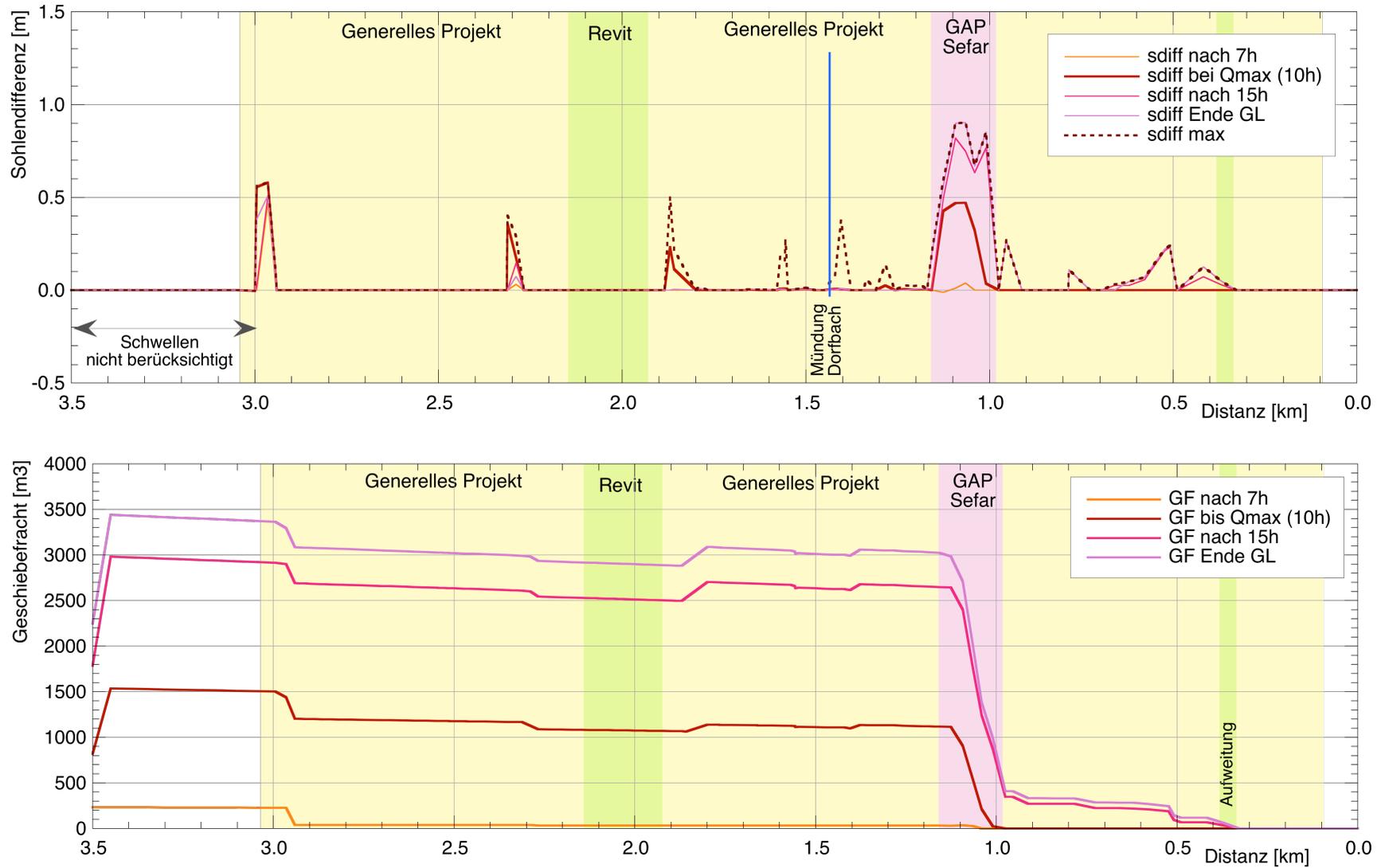


Bild 17 **Szenario P5.** Oben: Längenprofil der Sohldifferenz (sdiff) zu verschiedenen Zeitpunkten.  
 Unten: Längenprofil der transportierten Geschiebefracht (GF) zu verschiedenen Zeitpunkten.

## 5.8 Szenario P6: HQ100 nach Szenario P4, GAP Sefar schmal

<i>Ziel</i>	Mit Szenario P6 wird die Wirkung des GAP Sefar nach einer Teilfüllung entsprechend Szenario P4 untersucht. Dabei wird auf die Endsohle von Szenario P4 ein HQ100 modelliert.
<i>Abfluss</i>	Ganglinien gemäss Bild 6.
<i>Geschiebezufuhr</i>	2'780m <sup>3</sup> (2'000m <sup>3</sup> in Funktion des Abflusses; 780m <sup>3</sup> schubweise zwischen Zeitpunkt 7h und 12h, vgl. Bild 6).
<i>Resultate</i>	
<i>Sohlenveränderungen</i> Bild 18 oben	Im GAP Sefar landet die Sohle um bis zu 1m auf (ausgehend von der Ausgangsohle von Szenario P4) und die Ablagerungen erstrecken sich bis zum unteren Ende des Sammlers.  Flussabwärts des GAP Sefar landet die mittlere Sohle bis zur Abflussspitze um gut 20cm und bis zum Ende der Hochwasserganglinie um bis zu 30cm auf.
<i>Geschiebefracht</i> Bild 18 unten	Im GAP Sefar wird ca. 55% des zugeführten Geschiebes abgelagert und 45% werden bachabwärts weiter transportiert.
<i>Fazit</i>	Hat sich im GAP Sefar ein Geschiebevolumen von rund 2'000m <sup>3</sup> abgelagert, so kann bei einen nachfolgenden HQ100 noch etwa die Hälfte des zugeführten Geschiebes abgelagert werden.

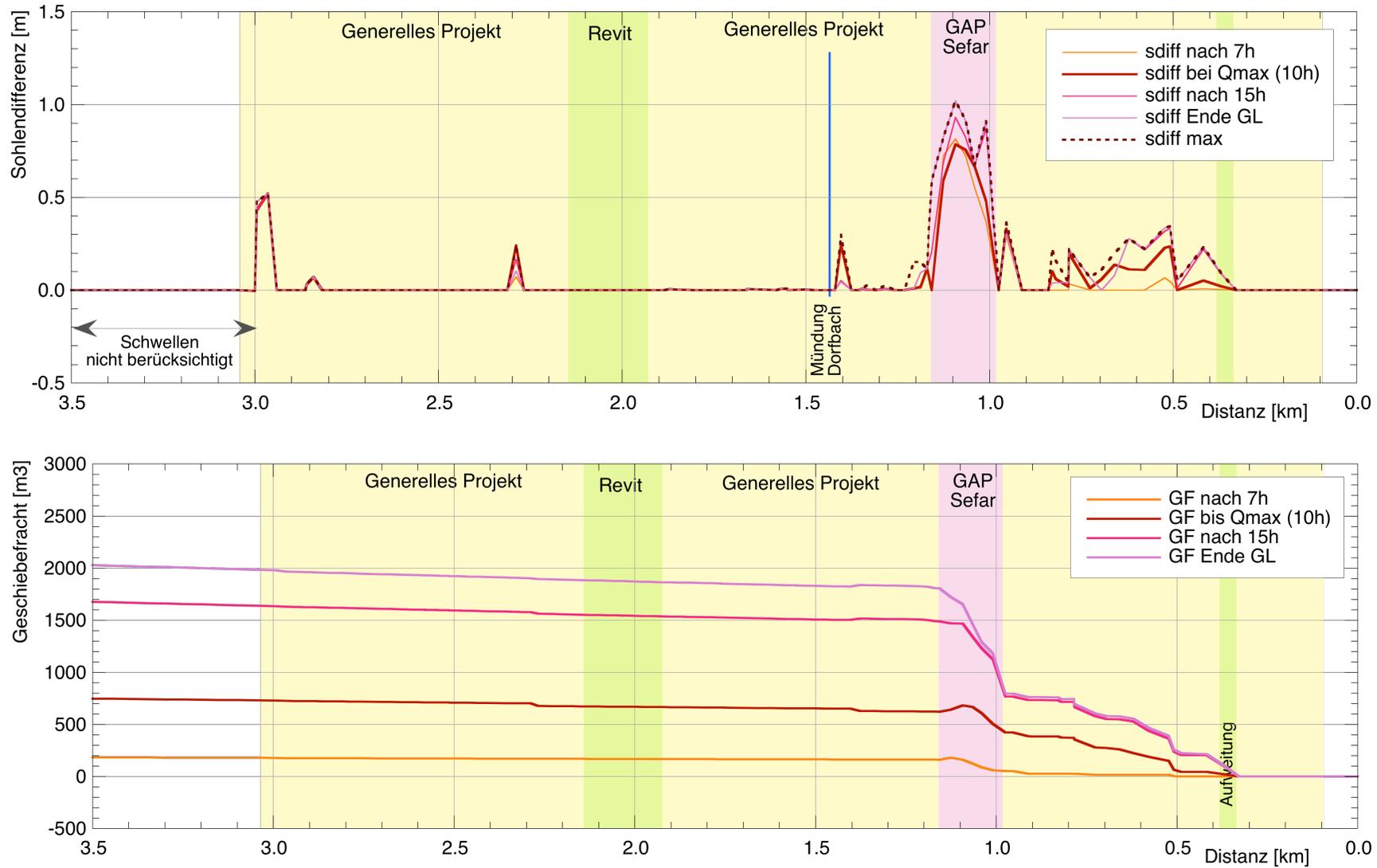


Bild 18 **Szenario P6.** Oben: Längenprofil der Sohldifferenz (sdiff) zu verschiedenen Zeitpunkten (ausgehend von der Ausgangssohle von P4). Unten: Längenprofil der transportierten Geschiebefracht (GF) zu verschiedenen Zeitpunkten (nur Szenario P6).

## 5.9 Szenarienvergleich und Empfehlung

Mit den Szenarien P2 - P6 wird die Wirkung des Gerinneausbaus und des GAP Sefar auf den Geschiebehauhalt, die Sohlenveränderungen und den Hochwasserspiegel untersucht.

### *Szenarien GAP Sefar*

Beim GAP Sefar werden Szenarien mit maximalem Rückhaltevolumen und reduziertem Rückhaltevolumen untersucht.

Bei den Szenarien mit maximalem Rückhaltevolumen (Szenarien P2, P3) wird davon ausgegangen, dass der GAP vollständig entleert und das gesamte Volumen des Sammlers für Geschiebeablagerungen nutzbar ist.

Bei den Szenarien mit reduziertem Rückhaltevolumen (P4 - P6) wird davon ausgegangen, dass sich in Randbereichen des Sammlers kein Geschiebe ablagert und damit ein signifikanter Teil des Sammlers für Geschiebeablagerungen nicht nutzbar ist. Bei Szenario P6 wird zudem davon ausgegangen, dass beim Eintreten des Hochwasserereignisses der Sammler teilgefüllt ist.

### *Gstaldenbach / Freibach bis GAP Sefar*

Bei allen Szenarien wird das Geschiebe mehr oder weniger ablagerungsfrei bis in den GAP Sefar transportiert.

Der Geschiebetrieb zeigt keine unerwünschten Auswirkungen auf den Hochwasserschutz und potenzielle Sohlenerosionen infolge Geschiebedefizit können abgeschwächt werden.

### *GAP Sefar*

Im GAP Sefar kann das zugeführte Geschiebe praktisch vollständig abgelagert werden. Nur bei den Szenarien P5 und P6 wird ein Teil des Geschiebes bachabwärts weiter transportiert.

Das Szenario 5 betrifft ein HQ300 unter Berücksichtigung eines reduzierten Rückhaltevolumens. Geschiebe wird erst während abnehmendem Hochwasser bachabwärts weiter transportiert.

Das Szenario P6 betrifft ein HQ100 unter Berücksichtigung eines reduzierten Rückhaltevolumens sowie einer Teilfüllung des Sammlers. Unter diesen Bedingungen wird im Sammler das Gleichgewichtsgefälle erreicht und das zugeführte Geschiebe zunehmend bachabwärts transportiert.

Dementsprechend kann anhand der Szenarien P5 und P6 die maximale Sohlenlage im Sammler abgeschätzt werden:

	P5 [m ü.M.]	P6 [m ü.M.]
km1.126	403.92	404.15
km1.093	403.81	409.93
km1.066	403.63	403.64
km1.041	403.22	403.23
km1.010	403.22	403.28

Bei naturnahen Sammlern wie dem geplanten GAP Sefar ist

davon auszugehen, dass nicht das gesamte Sammlervolumen für die Ablagerung von Geschiebe nutzbar ist. In Randbereichen (insbesondere im oberen Bereich des Sammlers) bilden sich während eines Extremereignisses Rückstaubereiche mit stehendem Wasser, in welchen sich Schwebstoffe ablagern. Zudem muss damit gerechnet werden, dass der Sammler beim Eintreten des Ereignisses nicht vollständig leer ist.

Der geplante GAP Sefar weist eine ausreichende Grösse auf, damit eine beschränkte Teilfüllung des Sammlers toleriert und ereignisabhängige Prozesse, welche das nutzbare Volumen des Sammlers reduzieren, zu keiner Überlastung des Sammlers führen.

#### *GAP Sefar bis Rhein*

Bei den Szenarien P2 bis P5 wird mehr oder weniger alles Geschiebe im GAP Sefar abgelagert.

Bei Szenario P6 wird ein bedeutender Teil des Geschiebes durch den Sammler transportiert und im Unterwasser beginnt die Sohle aufzulanden. Dabei wird der Hochwasserspiegel um bis zu 15cm angehoben (vgl. Bild 19 unten).

#### *Empfehlung GAP Sefar*

Aufgrund der untersuchten Szenarien erachten wir den geplanten GAP Sefar als genügend gross, damit

- das bei einem HQ100 vom Oberwasser zugeführte Geschiebe unter Berücksichtigung einer Teilfüllung des Sammlers ausreichend zurückgehalten werden kann und
- im Unterwasser unerwünschte Auswirkungen auf den Hochwasserspiegel verhindert werden können.

Bezüglich Geschieberückhalt kritisch wird ein HQ300 bei 50%iger Füllung des Sammlers betrachtet. Unter diesen Verhältnissen dürfte der Sammler überlastet und viel Geschiebe bachabwärts transportiert werden. Dadurch würde im Unterwasser der Hochwasserschutz beeinträchtigt.

Auf eine Verkleinerung des Sammlers sollte aus folgenden Gründen verzichtet werden:

- Im Ereignisfall ist von einer Teilfüllung des Sammlers auszugehen.
- Der Rückhalteraum kann nicht vollständig zur Ablagerung von Geschiebe genutzt werden.
- Bei gleichzeitigem Auftreten eines seltenen Ereignisses im Dorfbach (vgl. Kapitel 3.2) kann ein Geschiebeeintrag und infolgedessen eine Erhöhung der Geschiebefracht im Freibach nicht ausgeschlossen werden.

#### *Bewirtschaftungskonzept*

Falls das Projekt mit GAP Sefar umgesetzt wird, sollte ein Geschiebebewirtschaftungskonzept ausgearbeitet werden. Dieses beinhaltet den Eingriffs- und den Baggerhorizont sowie die Gestaltung des Sammlers mit Niederwasserbereich.

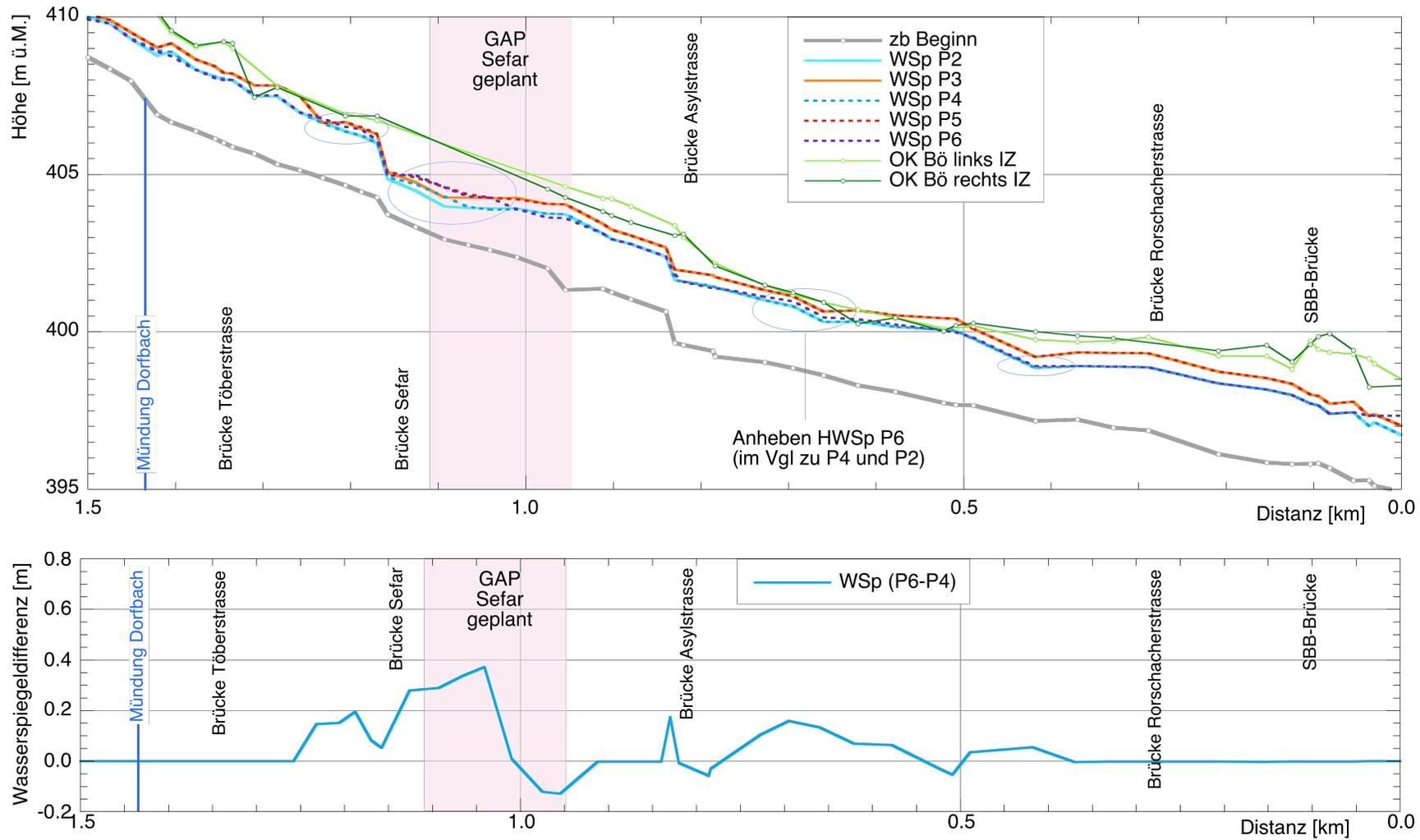


Bild 19

**Szenarienvergleich.**

Oben: Längensprofil des maximalen Wasserspiegels der Szenarien P2 bis P6 sowie der Böschungsoberkanten im Istzustand.

Unten: Längensprofil der Wasserspiegeldifferenz zwischen den Szenarien P6 und P4.

## 5.10 Hochwasserspiegel

*Wasserspiegel  
HQ100, HQ300*

*Bild 19 oben*

Im Anhang 1 sind die maximalen Wasserspiegel der Szenarien P2 - P6 sowie die maximalen Wasserspiegel der Szenarien HQ100 und HQ300 aufgelistet. Dabei ist folgendes zu beachten:

Bei einem Fließwechsel von strömend zu schiessend oder bei Geschiebeablagerungen (P6) kann bei einzelnen Profilen der Wasserspiegel beim HQ100 höher liegen als beim HQ300.

Befinden sich in einem Sperrfeld nur zwei Querprofile, so sind die berechneten Wasserspiegel unsicher.

*Schutzhöhe*

Die Schutzhöhe (Böschungsoberkante) sollte unter Berücksichtigung der Geschwindigkeitshöhe (Energierlinie) und der Freibordermittlung nach KOHS festgelegt werden<sup>2</sup>.

## 6 Sohlenstabilität

Die Sohle ist im Istzustand zwischen der Wolfsgrub und Sefar gepflästert. Wird die Pflasterung entfernt, so ist ausreichend grobes Sohlenmaterial einzubringen, so dass Sohlenerosionen verhindert werden können. In

Tabelle 5 sind für Querprofil km1.25 (Sohlenbreite 6.8m), für verschiedene Gefälle und Korngrößen die Grenzabflüsse der Deckschichtstabilität aufgeführt. Die Berechnungen basieren auf der pessimistischen Annahme, dass kein Geschiebe zugeführt wird. Die angegebenen Korndurchmesser beziehen sich auf die b-Achse (mittlere Achse). Falls das Profil schmaler ist, sind gröbere Mischungen erforderlich.

*Fixpunkte*

Es wird empfohlen, in mehr oder weniger regelmässigen Abständen Sohlschwellen einzubauen. Der Schwellenabstand ist abhängig vom Längsgefälle (je steiler das Gefälle, desto kürzer der Abstand) und der gewählten Mischung (je grösser die Sicherheit gegenüber Erosion, desto weniger Fixpunkte sind nötig).

Falls bei den Sohlschwellen ein kleiner Absturz vorgesehen ist, reduziert sich das Zwischengefälle und das Sohlenmaterial kann entsprechend feiner gewählt werden.

---

<sup>2</sup> Wird zum angegebenen Wasserspiegel ein konstantes Freibord addiert, so ergibt sich von Profil zu Profil ein unterschiedliches Schutzziel und in Profilen mit hohen Fließgeschwindigkeiten verbleibt ein Schutzdefizit.

Tabelle 5 Grenzabfluss  $Q_D$  für verschiedene Gefälle und Kornverteilungen des Sohlenmaterials bei Querprofil km 1.25 (Sohlenbreite 6.8m). Die angegebenen Korndurchmesser beziehen sich auf die b-Achse.

Gefälle [%]	dm [cm]	d90 [cm]	dmax [cm]	$Q_D$ [m <sup>3</sup> /s]
0.7	7	17	25	35
	9	20	30	50
	11	26	40	70
1.1	11	26	40	35
	12	33	40	45
	15	36	80	70
1.5	12	33	40	28
	15	36	80	42
	19	45	100	70
2.0	19	45	100	44

#### Einbau Sohle

Das Sohlenmaterial ist mindestens um ein dm höher als die Projektsohle einzubauen. Damit können anfängliche Eintiefungen infolge Deckschichtbildung aufgefangen werden.

#### Kornzusammensetzung bachaufwärts Dorfbach HQ100 = 40m<sup>3</sup>/s

Bei einem Längsgefälle von 2% ist eine sehr grobe Mischung mit Durchmessern bis zu 1m erforderlich, damit bei einem HQ100 Sohlenerosionen verhindert werden können (d90 = 45cm).

Bei einem Längsgefälle von 1.5% sind Mischungen mit d90 = 36cm und dmax = 80cm ausreichend.

#### Kornzusammensetzung bachabwärts Dorfbach HQ100 = 60m<sup>3</sup>/s

Bei einem Längsgefälle von 1.1% ist eine Mischung mit d90 = 35cm und dmax = 65cm erforderlich.

Bei einem Längsgefälle von 0.7% ist eine Mischung mit d90 = 23cm und dmax = 35cm erforderlich.

## 7 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

<i>Geschiebe- und Schwemmholzaufkommen</i>	<p>Das Geschiebeaufkommen von 1'850m<sup>3</sup> (HQ100) ist wegen dem Listweiher eher gering.</p> <p>Bei einem HQ100 können in der Tobelstrecke rund 300m<sup>3</sup> Schwemmholz mobilisiert werden.</p>
<i>Geschiebetransport im Gstalden- und Freibach</i>	<p>Das bei Hochwasser aus dem Tobel zugeführte Geschiebe kann mehr oder weniger ablagerungsfrei bis ins Gebiet Sefar transportiert werden. Dies sowohl im Istzustand als auch mit Projekt.</p>
<i>Schwellenfelder</i>	<p>In den Schwellenfeldern (km3.5 bis km2.6) wird bei kleinen Hochwasserereignissen Geschiebe abgelagert. Bei grossen Hochwasserabflüssen können die entstandenen Bänke wieder mobilisiert werden (sofern diese nicht mit Gehölz bewachsen sind). Dies führt zu einer Erhöhung der Geschiebefracht.</p> <p>Auf Bänken aufkommendes Gehölz sollte entfernt werden.</p>
<i>Sanierungsplanung Geschiebehaushalt</i>	<p>Zur Sanierung des Geschiebehaushalts der Anlage Listweiher ist vorgesehen, ein Teil des Geschiebes bachabwärts weiter zu geben. In der Tobelstrecke nimmt dadurch die Ausdehnung der aktuell kleinen Bänke zu, sodass im Hochwasserfall mehr Geschiebe mobilisiert werden kann.</p> <p>Grosse Geschiebeeinträge aus dem oberen Einzugsgebiet sind auch nach Umsetzung der Sanierungsplanung in den zwei Weihern zurückzuhalten.</p>
<i>Zukünftiger Geschiebehaushalt</i>	<p>Durch Auffüllung von heute ausgeräumten Schwellenfeldern sowie nach Sanierung des Geschiebehaushalts wird die Geschiebefracht im Gstaldenbach zunehmen. Dies wurde in den Modellberechnungen durch die Erhöhung der Fracht um 50% berücksichtigt.</p>
<i>Sohlenstabilität</i>	<p>Bei einem Rückbau der Sohlenpflasterung ist ausreichend grobes Sohlenmaterial einzubauen, damit Sohlenerosionen verhindert werden können. Es wird empfohlen, in regelmässigen Abständen Sohlschwellen (Fixpunkte) einzubauen.</p>
<i>GAP Sefar</i>	<p>Der geplante GAP Sefar befindet sich im Bereich eines Gefällsknicks. Das bei Hochwasserereignissen zugeführte Geschiebe kann (ohne GAP Sefar) nur zu einem kleinen Teil weiter bis in den Alten Rhein transportiert werden.</p> <p>Würde der Sammler weiter bachaufwärts erstellt, so würde im Unterwasser ein Geschiebedefizit entstehen, was zu Sohlenerosionen und im aufgewerteten Zustand zu einer Beeinträchtigung der Morphologie und des Lebensraums führen würde.</p>

- Aus diesen Gründen befindet sich der GAP Sefar aus wasserbaulicher Sicht an der richtigen Stelle.
- Der GAP Sefar ist ausreichend gross. Auf eine Verkleinerung sollte verzichtet werden (vgl. Kapitel 4.9).
- Optimierung GAP Sefar* Am oberen Ende des Sammlers ist eine Rampe zu erstellen, mit der Sohlenerosionen bachaufwärts verhindert werden können.
- Das Gerinne ist allmählich aufzuweiten. Damit können unerwünschte Ablagerungen und hohe Bänke am oberen Ende vermieden werden.
- Am unteren Ende kann auf einen Fixpunkt (Schwelle, Rampe) verzichtet werden.
- Gestaltung GAP Sefar* Der GAP Sefar dient prioritär dem Hochwasserschutz. Gleichzeitig soll er auch als Erholungsraum genutzt werden können. Zu diesem Zweck sind die Ufer naturnah zu gestalten.
- Der Sammler ist mit einem variablen Niederwassergerinne zu versehen, das eine ausreichende Wassertiefe gewährleistet und einen beschränkten Transport von Feingeschiebe bachabwärts ermöglicht.
- Auswirkung im Unterwasser GAP Sefar* Im Unterwasser ist die Sohle auf geschiebefreien Hochwasserabfluss zu dimensionieren. Sohlenerosionen sind zu verhindern.
- Schwemmholztransport* Das aus dem Tobel bei Hochwasserereignissen zugeführte Schwemmholz kann an den vielen Brücken hängen bleiben, was zu Verklausungen und Ausuferungen führt. Ausuferungen sind vor allem im Siedlungsgebiet und in Abschnitten problematisch, in welchen das Wasser nach der Brücke nicht wieder in das Gerinne zurückfliesst.
- Schwemmholzrückhalt* Zur Reduktion der Hochwassergefährdung durch Verklausung von Brücken wird der Holzfang Hinterlochen erstellt.



Anhang 1

Fotos Begehung 22.12.2015



*Bild A1*

*Abschnitt 3.  
Ausgeräumtes Gerinne mit  
Totholz.*

*Im Hintergrund ist über einer  
Felsschwelle die Staumauer  
List erkennbar.*



*Bild A2*

*Abschnitt 3.  
Seitliche Rinne mit  
Geschiebeeintrag.*



*Bild A3*

*Abschnitt 9.  
Kleine Kiesbank, Schwemm-  
holz und Felsufer.*

*Blick bachabwärts.*



*Bild A4*

*Abschnitt 10.  
Geröll- und Kiesablagerungen  
in einer Aufweitung.  
Blick bachaufwärts.*



*Bild A5*

*Abschnitt 12.  
Aufweitung mit Blöcken,  
Geröll, kleinen Bänken und  
Totholz.  
Blick bachaufwärts.*



*Bild A6*

*Abschnitt 13.  
Totholz.  
Fließrichtung von links nach  
rechts.*



*Bild A7*

*Abschnitt 15.  
Grobe Sohle mit  
Kiesablagerungen im  
Oberwasser einer Sperre kurz  
vor dem EW Heiden.  
Blick bachaufwärts.*



*Bild A8*

*Abschnitt 16.  
Hinterfüllte Sperrenfelder.*



*Bild A9*

*Abschnitt 16.  
Bewachsene Ablagerungen in  
Sperrenfeldern.*



*Bild A10*

*Abschnitt 20.  
Leere Sperrenfelder.*



*Bild A11*

*Abschnitt 23.  
Kanalisierte Abschnitt mit  
gepflästerter Sohle.*



*Bild A12*

*Abschnitt 26.  
Revitalisierter Abschnitt  
Hächleren.*



*Bild A13*

*Abschnitt 30.  
Kanalisiertes Abschnitt mit  
gepflasterter Sohle.*



*Bild A14*

*Abschnitt 34.  
Mündung Dorfbach (links).*



*Bild A15*

*Abschnitt 34 mit geplantem  
GAP Sefar.*



*Bild A16*

*Abschnitt 38-39.*

*Flachstrecke.*

*Blick bachaufwärts.*



*Bild A17*

*Abschnitt 40.*

*Kleine Bank vor  
Autobahnbrücke.*

*Blick bachabwärts.*



Anhang 2

Wasserspiegel



Distanz	HQ100				HQ300		
	Sz2	Sz4	Sz6	Sz2,Sz4,Sz6	Sz3	Sz5	Sz3,Sz5
	WSp	WSp	WSp	WSp max	WSp	WSp	WSp max
[km]	[m ü.M.]	[m ü.M.]	[m ü.M.]	[m ü.M.]	[m ü.M.]	[m ü.M.]	[m ü.M.]
3.000	466.70	466.70	466.70	466.70	466.88	466.88	466.88
2.995	464.41	464.39	464.27	464.41	464.56	464.56	464.56
2.965	463.93	463.94	464.02	464.02	464.12	464.12	464.12
2.941	463.46	463.46	463.46	463.46	463.64	463.64	463.64
2.940	461.15	461.15	461.15	461.15	461.33	461.33	461.33
2.930	461.02	461.02	461.02	461.02	461.17	461.17	461.17
2.912	460.72	460.72	460.72	460.72	460.90	460.90	460.90
2.903	460.57	460.57	460.57	460.57	460.74	460.74	460.74
2.887	460.32	460.32	460.32	460.32	460.49	460.49	460.49
2.866	460.01	460.01	460.01	460.01	460.18	460.18	460.18
2.863	459.11	459.11	459.11	459.11	459.24	459.24	459.24
2.859	457.56	457.56	457.59	457.59	457.73	457.73	457.73
2.841	457.12	457.12	457.09	457.12	457.27	457.27	457.27
2.817	456.66	456.66	456.66	456.66	456.86	456.86	456.86
2.813	453.99	453.99	453.99	453.99	454.17	454.17	454.17
2.790	453.64	453.64	453.64	453.64	453.82	453.82	453.82
2.758	453.28	453.28	453.27	453.28	453.43	453.43	453.43
2.702	452.27	452.27	452.27	452.27	452.43	452.43	452.43
2.688	450.70	450.70	450.70	450.70	450.88	450.88	450.88
2.686	450.55	450.55	450.55	450.55	450.73	450.73	450.73
2.680	449.19	449.19	449.19	449.19	449.36	449.36	449.36
2.642	448.63	448.63	448.63	448.63	448.80	448.80	448.80
2.636	448.57	448.57	448.57	448.57	448.72	448.72	448.72
2.609	447.93	447.93	447.93	447.93	448.05	448.05	448.05
2.605	446.50	446.50	446.50	446.50	446.63	446.63	446.63
2.581	446.14	446.14	446.14	446.14	446.69	446.69	446.69
2.578	445.06	445.06	445.06	445.06	445.26	445.26	445.26
2.548	444.63	444.63	444.63	444.63	444.77	444.77	444.77
2.543	443.37	443.37	443.37	443.37	443.52	443.52	443.52
2.539	443.38	443.38	443.38	443.38	443.53	443.53	443.53
2.536	443.24	443.24	443.24	443.24	443.39	443.39	443.39
2.535	442.36	442.36	442.36	442.36	442.51	442.51	442.51
2.526	441.49	441.49	441.49	441.49	441.62	441.62	441.62
2.518	439.98	439.98	439.98	439.98	440.10	440.10	440.10
2.511	440.04	440.04	440.04	440.04	440.14	440.14	440.14
2.500	440.06	440.06	440.06	440.06	440.15	440.15	440.15
2.488	440.14	440.14	440.14	440.14	440.19	440.19	440.19
2.472	439.95	439.95	439.95	439.95	440.10	440.10	440.10
2.460	439.76	439.76	439.76	439.76	439.93	439.93	439.93
2.458	438.34	438.34	438.34	438.34	438.50	438.50	438.50
2.433	437.97	437.97	437.97	437.97	438.13	438.13	438.13
2.415	437.79	437.79	437.79	437.79	437.94	437.94	437.94
2.414	436.41	436.41	436.41	436.41	436.55	436.55	436.55
2.355	435.72	435.72	435.72	435.72	435.95	435.95	435.95
2.354	434.28	434.28	434.28	434.28	434.43	434.43	434.43
2.339	434.07	434.07	434.07	434.07	434.22	434.22	434.22
2.329	433.91	433.91	433.91	433.91	434.06	434.06	434.06
2.327	433.82	433.82	433.82	433.82	434.00	434.00	434.00
2.314	433.55	433.55	433.55	433.55	433.72	433.72	433.72
2.313	432.74	432.75	432.69	432.75	432.89	432.89	432.89
2.289	432.39	432.43	432.36	432.43	432.75	432.75	432.75

Distanz	HQ100				HQ300		
	Sz2	Sz4	Sz6	Sz2,Sz4,Sz6	Sz3	Sz5	Sz3,Sz5
	WSp	WSp	WSp	WSp max	WSp	WSp	WSp max
[km]	[m ü.M.]	[m ü.M.]	[m ü.M.]	[m ü.M.]	[m ü.M.]	[m ü.M.]	[m ü.M.]
2.268	432.04	432.04	432.04	432.04	432.21	432.21	432.21
2.229	431.35	431.35	431.35	431.35	431.55	431.55	431.55
2.208	430.87	430.88	430.67	430.88	431.17	431.17	431.17
2.174	429.33	429.34	429.29	429.34	429.51	429.51	429.51
2.149	428.11	428.11	428.11	428.11	428.25	428.25	428.25
2.124	426.95	426.95	426.95	426.95	427.09	427.09	427.09
2.108	425.36	425.36	425.36	425.36	425.50	425.50	425.50
2.099	425.45	425.45	425.45	425.45	425.57	425.57	425.57
2.074	424.50	424.50	424.50	424.50	424.68	424.68	424.68
2.057	422.58	422.58	422.58	422.58	422.73	422.73	422.73
2.049	422.86	422.86	422.86	422.86	422.98	422.98	422.98
2.035	422.80	422.80	422.80	422.80	422.90	422.90	422.90
2.021	422.41	422.41	422.41	422.41	422.58	422.58	422.58
2.000	421.86	421.86	421.86	421.86	422.01	422.01	422.01
1.975	420.95	420.95	420.95	420.95	421.14	421.14	421.14
1.960	420.64	420.64	420.64	420.64	420.81	420.81	420.81
1.946	419.02	419.02	419.02	419.02	419.17	419.17	419.17
1.924	419.00	419.00	419.00	419.00	419.19	419.19	419.19
1.900	418.06	418.06	418.06	418.06	418.22	418.22	418.22
1.886	418.33	418.33	418.33	418.33	418.60	418.60	418.60
1.885	417.81	417.81	417.81	417.81	418.04	418.04	418.04
1.870	417.96	417.97	417.63	417.97	418.32	418.32	418.32
1.859	417.70	417.70	417.70	417.70	417.88	417.88	417.88
1.800	416.63	416.63	416.62	416.63	416.89	416.89	416.89
1.790	415.72	415.72	415.71	415.72	415.98	415.98	415.98
1.769	415.25	415.25	415.24	415.25	415.58	415.58	415.58
1.765	415.24	415.25	415.25	415.25	415.50	415.50	415.50
1.760	415.20	415.21	415.21	415.21	415.47	415.47	415.47
1.733	414.81	414.80	414.78	414.81	415.06	415.06	415.06
1.662	413.72	413.76	413.76	413.76	414.01	414.01	414.01
1.661	413.63	413.63	413.63	413.63	413.98	413.98	413.98
1.622	413.20	413.20	413.20	413.20	413.29	413.29	413.29
1.580	412.43	412.43	412.42	412.43	412.73	412.73	412.73
1.570	411.63	411.77	411.44	411.77	411.90	411.90	411.90
1.558	411.62	411.61	411.45	411.62	411.86	411.86	411.86
1.556	411.61	411.59	411.41	411.61	411.74	411.74	411.74
1.553	411.46	411.46	411.46	411.46	411.77	411.77	411.77
1.549	411.18	411.17	411.08	411.18	411.44	411.44	411.44
1.500	409.99	409.99	409.93	409.99	410.07	410.07	410.07
1.475	409.79	409.79	409.79	409.79	409.91	409.91	409.91
1.451	409.30	409.34	409.30	409.34	409.51	409.51	409.51
1.421	408.78	408.94	408.91	408.94	409.04	409.04	409.04
1.405	408.90	408.89	408.76	408.90	409.16	409.16	409.16
1.377	408.32	408.32	408.32	408.32	408.65	408.65	408.65
1.355	408.10	408.10	408.06	408.10	408.43	408.43	408.43
1.345	408.02	408.05	408.00	408.05	408.23	408.23	408.23
1.335	408.00	408.00	407.99	408.00	408.20	408.20	408.20
1.310	407.49	407.50	407.51	407.51	407.83	407.83	407.83
1.284	407.48	407.50	407.51	407.51	407.83	407.83	407.83
1.258	406.97	406.97	406.97	406.97	407.49	407.50	407.50

Distanz	HQ100				HQ300		
	Sz2	Sz4	Sz6	Sz2,Sz4,Sz6	Sz3	Sz5	Sz3,Sz5
	WSp	WSp	WSp	WSp max	WSp	WSp	WSp max
[km]	[m ü.M.]	[m ü.M.]	[m ü.M.]	[m ü.M.]	[m ü.M.]	[m ü.M.]	[m ü.M.]
1.232	406.67	406.63	406.77	406.77	406.64	406.64	406.64
1.206	406.37	406.36	406.51	406.51	406.66	406.66	406.66
1.188	406.22	406.24	406.43	406.43	406.45	406.50	406.50
1.170	405.99	405.99	406.08	406.08	406.29	406.29	406.29
1.158	404.85	404.91	404.97	404.97	405.08	405.08	405.08
1.126	404.48	404.70	404.98	404.98	404.75	404.91	404.91
1.093	403.98	404.30	404.59	404.59	404.26	404.60	404.60
1.066	403.94	403.98	404.31	404.31	404.26	404.36	404.36
1.041	403.92	403.88	404.25	404.25	404.25	404.27	404.27
1.010	403.92	403.88	403.89	403.92	404.25	404.21	404.25
0.975	403.75	403.75	403.63	403.75	404.06	404.06	404.06
0.955	403.74	403.74	403.61	403.74	404.05	404.05	404.05
0.912	403.12	403.12	403.12	403.12	403.43	403.43	403.43
0.902	402.95	402.95	402.95	402.95	403.25	403.25	403.25
0.880	402.79	402.79	402.79	402.79	403.06	403.06	403.06
0.840	402.39	402.39	402.39	402.39	402.68	402.68	402.68
0.830	401.65	401.65	401.82	401.82	401.98	401.98	401.98
0.820	401.60	401.60	401.59	401.60	401.93	401.93	401.93
0.786	401.45	401.45	401.39	401.45	401.80	401.80	401.80
0.784	401.42	401.42	401.39	401.42	401.75	401.75	401.75
0.727	401.01	401.01	401.12	401.12	401.33	401.33	401.33
0.695	400.81	400.81	400.97	400.97	401.13	401.13	401.13
0.660	400.32	400.32	400.46	400.46	400.65	400.65	400.65
0.621	400.33	400.33	400.40	400.40	400.68	400.68	400.68
0.578	400.16	400.16	400.23	400.23	400.52	400.52	400.52
0.523	400.07	400.07	400.04	400.07	400.44	400.44	400.44
0.509	400.05	400.05	399.99	400.05	400.42	400.42	400.42
0.489	399.78	399.78	399.82	399.82	400.10	400.10	400.10
0.418	398.86	398.86	398.91	398.91	399.21	399.21	399.21
0.370	398.91	398.92	398.91	398.92	399.34	399.34	399.34
0.329	398.90	398.90	398.90	398.90	399.33	399.33	399.33
0.289	398.88	398.88	398.88	398.88	399.32	399.32	399.32
0.209	398.36	398.37	398.36	398.37	398.73	398.73	398.73
0.154	398.17	398.17	398.17	398.17	398.53	398.53	398.53
0.125	397.99	397.99	397.99	397.99	398.34	398.34	398.34
0.104	397.73	397.73	397.73	397.73	398.01	398.01	398.01
0.095	397.67	397.67	397.66	397.67	397.96	397.96	397.96
0.082	397.40	397.40	397.40	397.40	397.72	397.72	397.72
0.055	397.45	397.45	397.45	397.45	397.79	397.79	397.79