

## **Arbeitspapier Sausthal - Rappelshofen**

**Februar 2019**

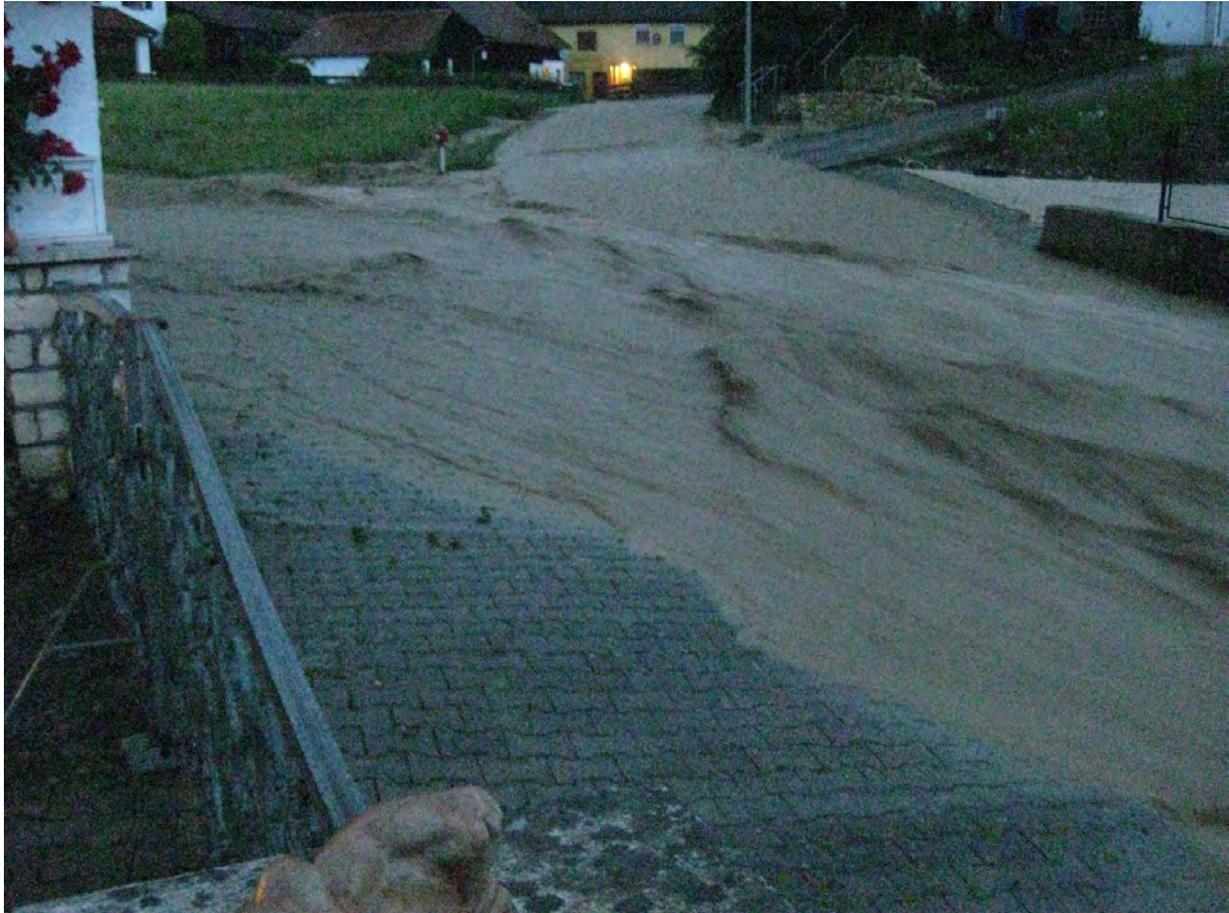
---

## Inhaltsverzeichnis

1. Der boden:ständig-Ansatz .....	4
Systematischer Ansatz .....	4
Planungsmethodik .....	5
Umsetzung .....	5
Hinweise zur rechtlichen Einordnung .....	6
2. Lage und Gebietsdaten .....	8
3. Landschaftswasserhaushalt .....	10
4. Günstige Umstände, Probleme und Lösungsansätze .....	16
Günstige Umstände .....	16
Problem Fließgeschwindigkeiten .....	17
Problem Wassermenge .....	18
5. Maßnahmenvorschläge .....	19
Nr. 1 Grünweg zur Wasserableitung nutzen .....	19
Situation vor Maßnahmendurchführung .....	20
Maßnahme .....	20
Grundstücke .....	20
Risiken .....	21
Situation nach Maßnahmendurchführung .....	21
Unterhalt .....	21
Nr. 2 verfüllte Doline öffnen .....	22
Situation vor Maßnahmendurchführung .....	23
Maßnahme .....	23
Grundstücke .....	23
Risiken .....	23
Situation nach Maßnahmendurchführung .....	23
Nr. 3 Schlammfang anlegen .....	24
Situation vor Maßnahmendurchführung .....	24
Maßnahme .....	24
Grundstücke .....	24
Nr. 4 Rückhalt im Wald .....	25
Situation vor Maßnahmendurchführung .....	25
Maßnahme .....	25
Grundstücke .....	25
Risiken .....	25
Unterhalt .....	25
Nr. 5 Dolinenräumung abschließen .....	26

Situation vor Maßnahmendurchführung .....	26
Maßnahme .....	27
Grundstücke.....	27
Risiken.....	27
Unterhalt .....	27
Nr. 6 EZG durch Doline verkleinern .....	28
Maßnahme .....	28
Grundstücke.....	28
Risiken.....	28
Situation nach Maßnahmendurchführung .....	28
Unterhalt .....	28
Nr. 7 Steigerung des Ackergrasanteils.....	29
Situation vor Maßnahmendurchführung .....	29
Maßnahme .....	29
Risiken.....	29
Situation nach Maßnahmendurchführung .....	29
Nr. 8 Einzugsgebiet durch Doline verkleinern.....	30
Situation vor Maßnahmendurchführung .....	30
Maßnahme .....	30
Grundstücke.....	30
Risiken.....	30
Situation nach Maßnahmendurchführung .....	30
Unterhalt .....	30
Nr. 9 Ranken wiederherstellen.....	31
Situation vor Maßnahmendurchführung .....	31
Maßnahme .....	31
Grundstücke.....	31
Risiken.....	32
Situation nach Maßnahmendurchführung .....	32
Unterhalt .....	32
Nr. 10 seitliche Abflusmulde.....	33
Situation vor Maßnahmendurchführung .....	33
Maßnahme .....	33
Grundstücke.....	33
Risiken.....	33
Unterhalt .....	33
Nr. 11 Wasserrückhaltung.....	34
Situation vor Maßnahmendurchführung .....	34
Maßnahme .....	34
Grundstücke.....	34
Nr. 12 Rückhaltebecken .....	35
Situation vor Maßnahmendurchführung .....	35

Maßnahme .....	36
Grundstücke .....	36
Risiken .....	36
Situation nach Maßnahmendurchführung .....	37
Unterhalt .....	37
Nr. 13 Zufahrten entwässern oder befestigen .....	38
Situation vor Maßnahmendurchführung .....	38
Maßnahme .....	39
Grundstücke .....	39
Risiken .....	39
Unterhalt .....	39
Nr. 14 Niederschläge vor Ort versickern .....	40
Situation vor Maßnahmendurchführung .....	40
Maßnahme .....	40
Nr. 15 Rohrdurchlässe und Graben optimieren .....	41
Situation vor Maßnahmendurchführung .....	41
Maßnahmen(siehe Karte) .....	43
Risiken .....	43
Situation nach Maßnahmendurchführung .....	44
Unterhalt .....	44
Nr. 16 Rückhaltemulde .....	45
Situation vor Maßnahmendurchführung .....	45
Nr. 17 Rückstau für abströmendes Wasser .....	46
Situation vor Maßnahmendurchführung .....	46
Maßnahme .....	46
Grundstücke .....	47
Risiken .....	47
Unterhalt .....	47
Maßnahmenkarte .....	49



*Abfluss beim Fronleichnamsregen 2018 in Sausthal, Bild: privat*

## 1. Der boden:ständig-Ansatz

Die Verwaltung für Ländliche Entwicklung hat 2014 bayernweit die Initiative "boden:ständig" zum Boden- und Gewässerschutz gestartet, in der engagierte Gemeinden und Landwirte gemeinsam aktiv sind. Boden:ständig hat das Ziel, die Probleme, die sich bei Starkregen durch oberflächlich abfließendes Wasser und Erosion ergeben können, möglichst nah am Entstehungsort anzugehen

### **Systematischer Ansatz**

- Die Initiative boden:ständig setzt da an, wo vor Ort „der Schuh drückt“. Das sind meist Stellen, an denen in der jüngeren Vergangenheit nach Starkregen durch zufließendes Wasser aus dem Außenbereich Schäden im bebauten Bereich zu verzeichnen waren.



- Aber: boden:ständig setzt im Außenbereich an. Zuerst geht es in Ackerlagen um pflanzenbauliche Maßnahmen, weil sie Erosion stark einschränken und einen erheblichen Teil des Niederschlags zurück halten können. Umgekehrt ist auch die Nachhaltigkeit technischer Maßnahmen erheblich durch die pflanzenbauliche Situation im Einzugsgebiet beeinflusst.
- Ergänzend kommen technische Maßnahmen oberhalb der Orte hinzu, um Abflussspitzen abzuflachen und Sedimentation zu fördern. Typisch sind beispielsweise Pufferstreifen, begrünte Abflusmulden, Rückhaltebecken oder Wegaufhöhungen.
- Meist arbeitet boden:ständig daher abseits vor den permanent Wasser führenden Gräben und Bächen. Eine Einbeziehung der permanenten Wasserläufe erfolgt, wenn erst an ihnen wirkungsvoll angesetzt werden kann.
- „Das machbare jetzt tun“ ist ein Motto von boden:ständig. Es gibt daher kein einheitliches Ausbauziel entsprechen „HQ100“ o.ä. Als Orientierungswert hat sich ein typischer Starkregen mit etwa 10jähriger Wahrscheinlichkeit bewährt. Der im Folgenden zu untersuchende Fall ist etwas anders gelagert: hier ereignete sich 2018 in Ereignis aus der Klasse „HQ extrem“, das Schwächen im Entwässerungssystem des Einzugsgebiets aufdeckte.
- Die innerörtliche Entwässerung ist üblicherweise nicht Gegenstand von boden:ständig – im Folgenden ist insofern eine Ausnahme von dieser Regel angezeigt, weil die gesamte Entwässerung des Einzugsgebiets in Form eines Trockengrabens durch den Ort verläuft.
- Die letzte Schlaglänge vor Beginn der Besiedlung ist in der Regel nicht mehr Gegenstand von boden:ständig-Maßnahmen. Probleme sollten hier in nachbarschaftlichem Einvernehmen gelöst werden können.
- Hochwasserschutz, Gewässerausbau und Maßnahmen zur Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie sind nicht Gegenstand von boden:ständig.

## **Planungsmethodik**

- Boden:ständig geht von örtlichen Starkregen aus.
- Boden:ständig betrachtet Einzugsgebiete „von oben nach unten“. Erforderliche Abflusshemmung soll so früh wie möglich und wirtschaftlich sinnvoll erfolgen.
- Räumlich ergeben sich aus der Vorgehensweise und aus den Zielen von boden:ständig Bearbeitungsgebiete, die in der Größe oftmals mehr oder weniger einer Gemarkung entsprechen – wobei die Einzugsgebietsgrenzen in der Regel von den Gemarkungsgrenzen abweichen. Bearbeitungsgebiete von der Größe einer Gemeinde sind selten.

## **Umsetzung**

- Pflanzenbauliche Maßnahmen finden auf Privatgrund statt. Sie hängen ausschließlich vom Engagement der Landwirte ab. In der Beratung ist das AELF Abensberg aktiv.



*Flächennutzung im Einzugsgebiet (orange Linie): dunkelgrün: Wald, hellgrün: Grünland, dunkelgelb: Mais, hellgelb: anderer Ackerbau, eigene Darstellung, Nutzung: nach Luftbild 2016*

- Bauliche Maßnahmen sind dem realisierbaren Umfang nach abzuschätzen. Sie können ggf. mit einem Instrument der ländlichen Entwicklung durch das ALE Niederbayern gefördert werden. Die Gemeinde muss dabei einen Eigenanteil tragen.

### **Hinweise zur rechtlichen Einordnung**

Aufgrund zahlreicher Diskussionen in vielen boden:ständig Projektgebieten sind folgende Hinweise zu den zur rechtlichen Einordnung von Starkregen und Sturzfluten angezeigt. Die Bewertung im Einzelfall ist komplexer und dem Spezialisten vorbehalten. Die Hinweise dienen der allgemeinen Einordnung.

### **Besondere Pflichten der Bewirtschafter am Entstehungsort von Abfluss und Erosion**

- Der Bewirtschafter muss die wiederholte Ausschwemmung erheblicher Mengen an Bodenmaterial unterbinden (Bodenschutzgesetz).



- So lange der Bewirtschafter nicht als wenigstens adäquater Mitverursacher eines Abfluss-/Erosionsereignisses angesehen werden muss, ist er für Schäden **nicht** verantwortlich.

### **Besondere Pflichten der Gemeinde oder des Staates**

- Die Gemeinde oder der Staat sind in der Regel **nicht** verpflichtet, wild abfließendes Wasser aus dem Außenbereich, Starkregen und Sturzfluten abzuwehren.
- Das gilt i.d.R. auch, wenn die öffentliche Hand die Bebauung geplant und genehmigt hat.

### **Situation geschädigter Eigentümer**

- Die Grundeigentümer müssen selbst – soweit möglich – Vorkehrungen zum Schutz Ihres Eigentums treffen.
- Eine entsprechende Versicherung (Elementarschadensversicherung) ist angeraten.
- Geschädigte können zivilrechtlich Unterbindung bzw. einen Geldausgleich fordern von wenigstens adäquaten Mitverursachern eines Abfluss-/Erosionsereignisses, und zwar
  - von Bewirtschaftern im Außenbereich oder
  - vom Unterhaltspflichtigen bestehender Entwässerungseinrichtungen, der den Unterhalt vernachlässigt hat.
- Verändert ein Bauwerk nachteilig den wilden Wasserabfluss, kann der Sachverhalt wasserrechtlich geregelt werden.

Letztlich sind die rechtlichen Regelungen Stückwerk, das in Extremfällen zur Anwendung kommen mag. Um in der Praxis zufrieden stellende Lösungen für alle Beteiligten zu erreichen, ist die Zusammenarbeit der Beteiligten entscheidend, und zwar vor allem von Bewirtschaftern und Kommunen, die über ihre Rechtspflichten hinaus handeln und von Geschädigten – die sich darüber klar sein sollten, dass die vorgenannten ihnen durch ihre Handeln entgegen kommen – sehr häufig ohne jede Rechtspflicht.



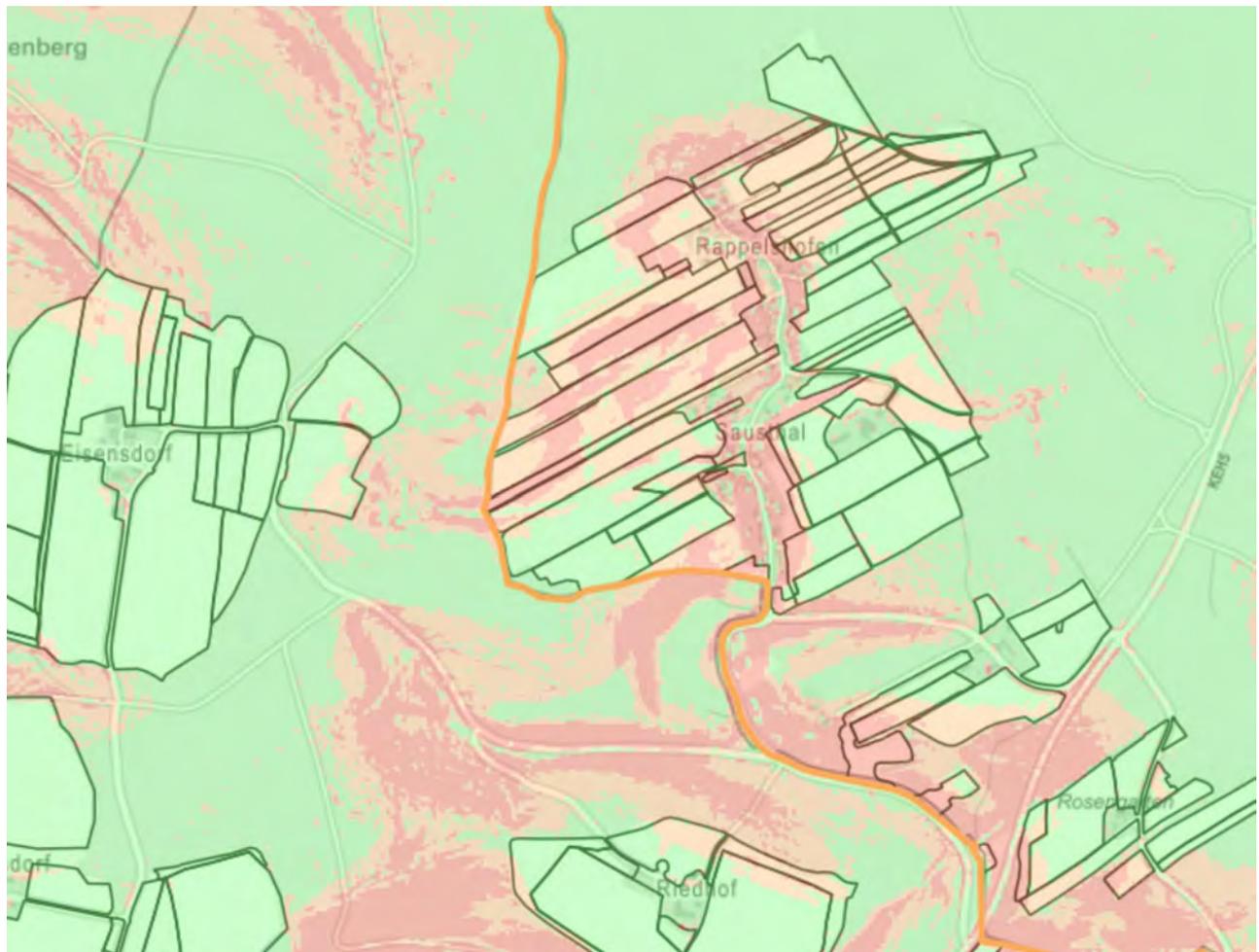
## 2. Lage und Gebietsdaten

Sausthal und Rappelshofen sind zusammenhängende Ortsteile der Gemeinde Ihrlerstein im nördlichen Landkreis Kelheim. Sie wurden 1798 von Joseph Ritter von Hazzi als Kolonistensiedlung im Plan des Waldhufendorfes angelegt (*Wikipedia*). Der Ort zieht sich typischerweise als Straßendorf beidseitig parallel zu in der Regel trockenen Taltiefsten. Dort sorgt ein Trockengraben für die Ableitung von Niederschlagswasser. Hinter den Hofstelle beginnen, jeweils auf Breite einer Hofstelle zu derselben gehörig, die Äcker. Der Rand des Einzugsgebiets ist meist bewaldet.

Eine geologische Besonderheit der Region sind die ausgeprägten Karsterscheinungen: In der Regel sind Dolinen, Versturzenformen von unterirdischen Hohlräumen, die einzige Entwässerung der Hochfläche. In den Wäldern im Sausthal finden sie sich in großer Zahl. Im Offenland um Sausthal/ Rappelshofen sind keine Dolinen ausgebildet (oder erhalten). Die Entwässerung erfolgt hier durch ein System von Trockengräben bis zur Altmühl.

Westlich des Ortes überwiegen im Offenland Lehmböden, Zustandsstufe 5, Ackerzahl um 40, im Ostteil herrschen Tonböden vor, Zustandsstufe 5, Ackerzahl um 30 (*Bodenschätzungskarte*).

Das Einzugsgebiet liegt auf einer Höhe zwischen 445 und 526 m ü.N.N. Die Hangneigung liegt bei durchschnittlich 9,1 %, erreicht aber auch in Ackerlagen bis 14 %. Bis zum Erreichen des Entwässerungsgrabens in der Ortsmitte beträgt die maximale Länge des freien Abflusses im Offenland etwa 0,5 km bei durchschnittlich 10 % Gefälle.



*Erosionsgefährdung im Projektgebiet: Die Erosionsgefährdung wird hier nach Boden- und Reliefeigenschaften bestimmt, Bewuchs und Bewirtschaftung sind nicht berücksichtigt. Grün bedeutet geringste, rot höchste Erosionsgefährdung. Die schwarzen Linien umreißen die beim AELF gemeldeten Schläge mit landwirtschaftlichen Kulturen. Demnach sind vor allem die Ackerlagen im Nordwesten des Ortes stark erosionsgefährdet. Die Wirklichkeit hat dies 2018 bestätigt, Quelle: LfL*

Das Einzugsgebiet ist zur Hälfte bewaldet. Die Flächennutzung im Einzugsgebiet setzt sich zusammen aus

- 67 ha oder 44 % Waldfläche und
- 70 ha oder 47 % landwirtschaftlicher Fläche, davon
  - wenigstens 21 ha oder 14 % Grünland,
  - 20 ha Mais (nach Befliegung 2016)
  - 29 ha oder 19 % der Gesamtfläche Getreide
- 9 ha oder 13 % Gartenland,
- 4 ha oder 3 % versiegelte Siedlungs- und Verkehrsfläche,



Einzugsgebiet (orange Linie), errechnete Abflusswege (blau, die Breite der Linie symbolisiert die Größe des Einzugsgebiets oberhalb) und wichtige Dolinen/Schürfgruben (gelbe Punkte).

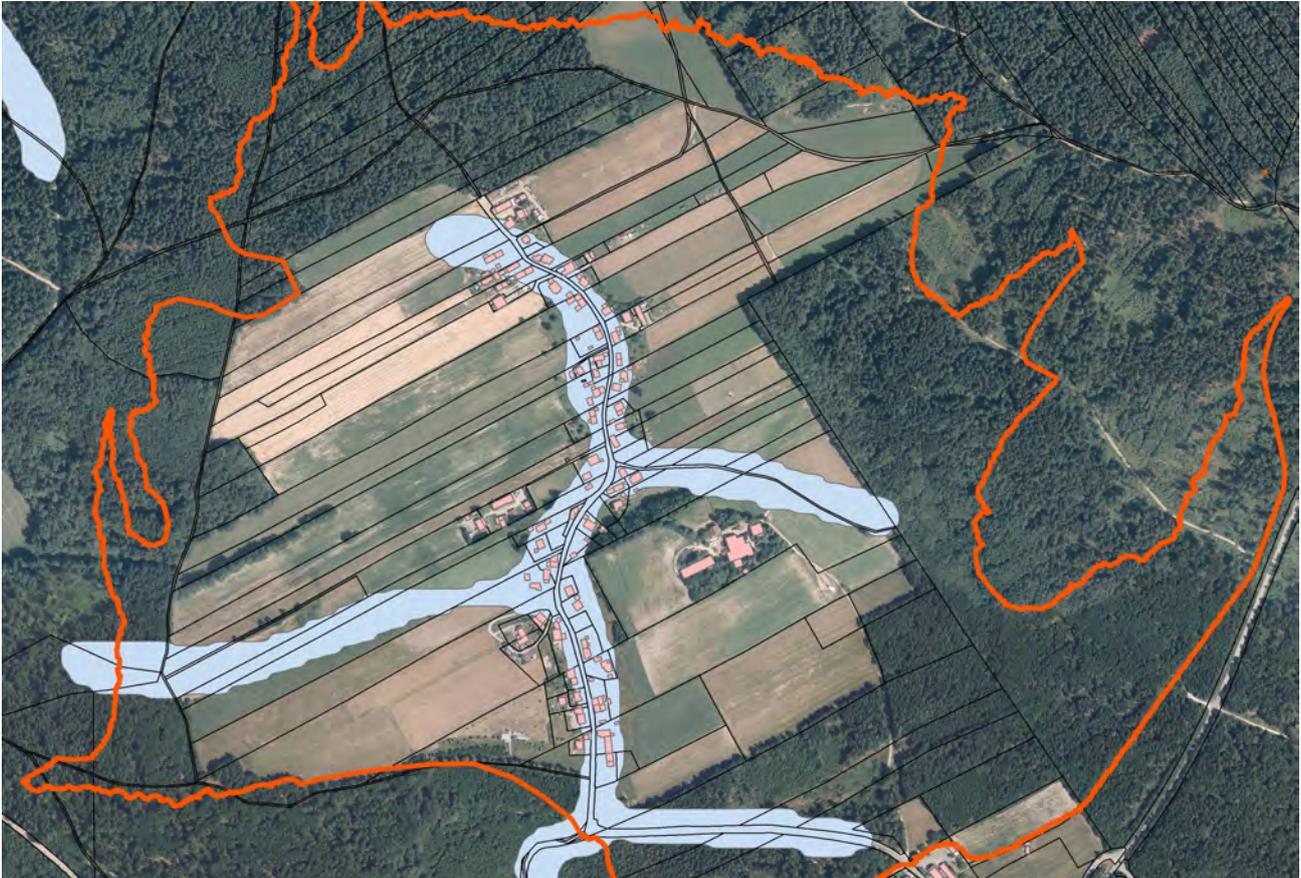
### 3. Landschaftswasserhaushalt

Das Einzugsgebiet von Sausthal-Rappelshofen nehmen wir mit etwa 146 ha (Länge: 1494 m) an. Dabei besteht eine erhebliche Unschärfe durch Dolinen, die Oberflächenabfluss aufnehmen.

- Das oberirdische Wassereinzugsgebiet ist –Funktionieren der Dolinen voraus gesetzt - tatsächlich etwas kleiner, weil die Einzugsgebiete von Dolinen nicht ausgegrenzt wurden, die vom ermittelten Einzugsgebiet komplett umschlossen sind. Es handelt sich um vergleichsweise kleine Flächen.
- Funktioniert die Wasserableitung in Dolinen nicht oder nur verzögert (typischerweise am häufigsten bei Schneeschmelze), ist das Einzugsgebiet erheblich größer.

Im langjährigen Mittel (01.01.1981 - 31.12.2010) beträgt

- Der Niederschlag 824 mm/a,



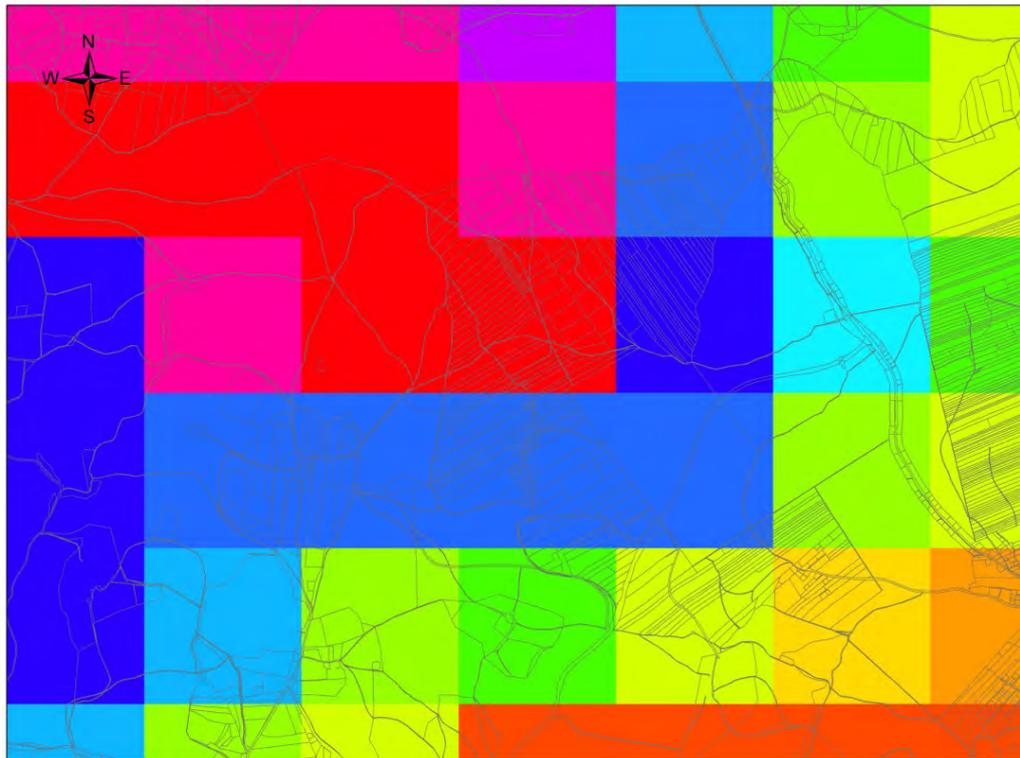
Wassersensibler Bereich (hellblau) im Einzugsgebiet (orange Linie): auch hier hat die Erfahrung des Fronleichnamstags die Annahmen bestätigt, eigene Darstellung, Datengrundlage: LfU

- die Temperatur 8,3 °C.
- Die Wasserbilanz ist mit 230 mm im Mittel positiv (01.01.1971 - 31.12.2000) (DWD).

Die Hauptabflusslinien sind als wassersensible Bereiche erfasst (LfU). Die Hanglagen gelten als mehr oder weniger stark erosionsgefährdet (Erosionsgefährdungskataster).

Den Anlass für die vorliegende Untersuchung gab ein Starkregen am 31.05.18, dem Fronleichnamstag. An diesem Tag fielen im Einzugsgebiet beispiellose Niederschläge von rund 100 mm in einer Stunde (DWD: RADOLAN-Daten).

31.05.2018	RR
Ab [UTC]	[mm]
17:00	14
18:00	99



Radolan Tagessumme  
 18.05.18  
 ROHDATEN

**Legende**

radl-18-05-31.tif

RR in mm

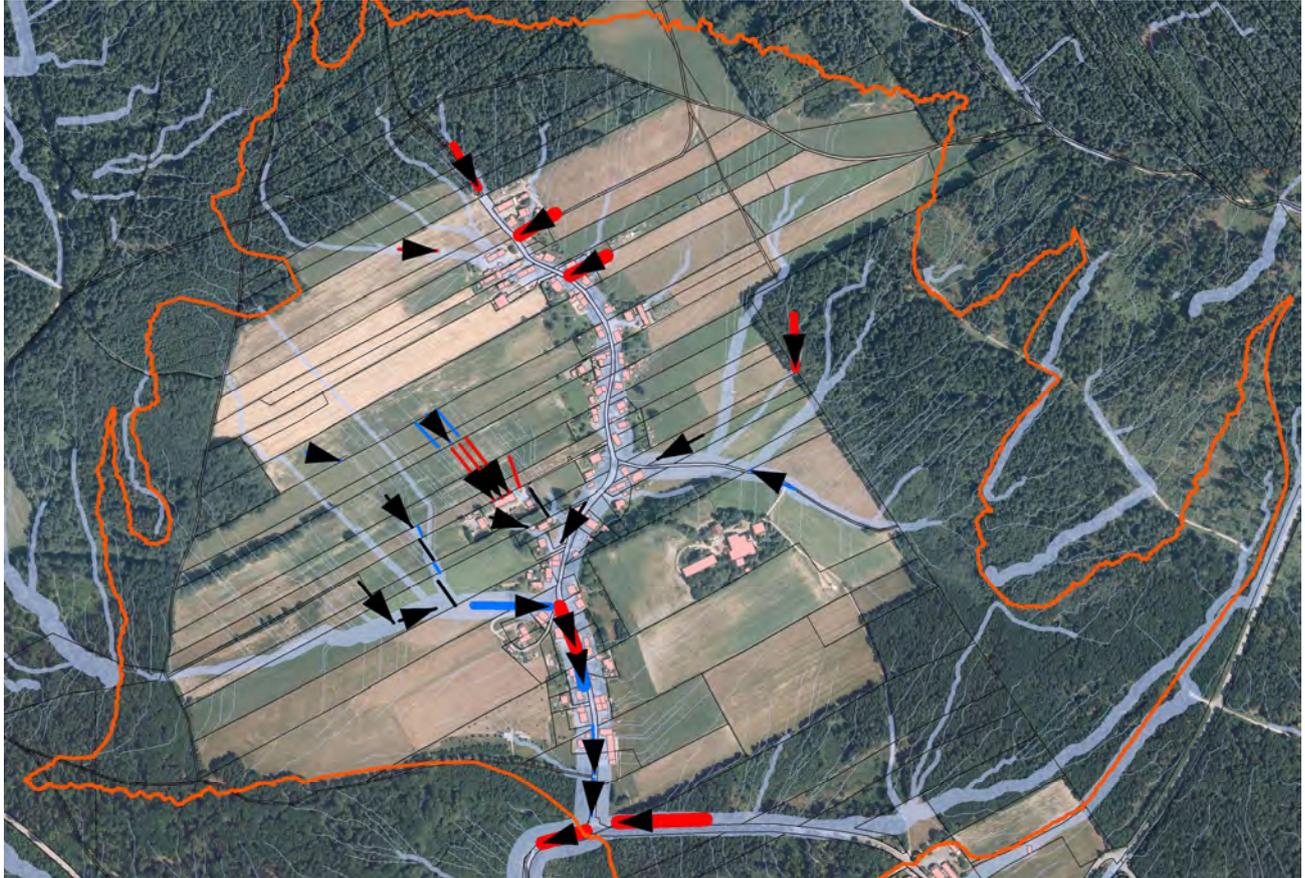
- bis 10
- 20
- 30
- 40
- 50
- 60
- 70
- 80
- 90
- 100
- 110
- 120
- 130
- 140
- über 140

0 250 500 1.000 1.500 2.000 Meters

19:00                    26  
 gesamt                    139

Die Starkniederschlagshöhen betragen nach KOSTRA 2010

Jährlichkeit	Dauer		
	15 min	1h	24h
	Niederschlag [mm]		
1	9,6	15,3	36,5
2	12,1	20,4	43,4
3	13,6	23,4	47,5
5	15,4	27,2	52,6
10	18	32,3	59,5
20	20,5	37,4	66,4
30	21,9	40,4	70,5
50	23,8	44,2	75,6
100	26,3	49,3	82,5



Wichtige Abflusspuren nach dem Fronleichnamsregen 2018: Die Stärke der Linie steht für die Fließgeschwindigkeiten (soweit feststellbar), rote Linien stehen für erodierenden, dunkelblaue für sedimentierenden Abfluss. Hintergrund: Flurkarte (grau), Einzugsgebiet (orange Linie), errechnete Abflusswege (hellblau, die Breite der Linie symbolisiert die Größe des Einzugsgebiets oberhalb), eigene Darstellung nach Geländeaufnahmen und Bildauswertung.

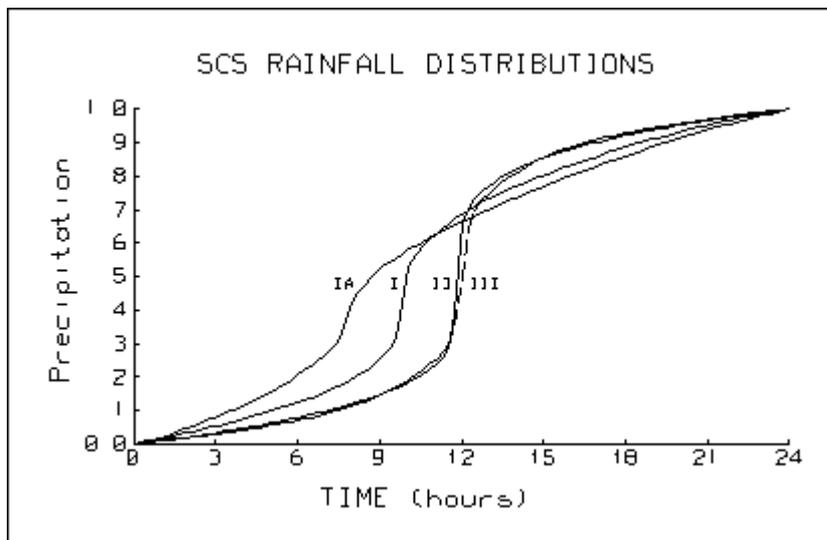
Mit fast 100 mm/h liegt der Fronleichnamsregen damit in einem Extrembereich (rechnerisch extrapoliert >> 10.000jährlich).

Für die Niederschläge errechnen sich nach CN-Methode folgende Abflüsse:

CN = 65, RR-Typ IA					
p	RR (mm) 24h	Spitzenabfluss [m <sup>3</sup> /s]	Abfluss [m <sup>3</sup> ]	Abflussbeiwert	
1	36,5	0,028	772	1,4%	
2	43,4	0,057	2.863	4,1%	
5	52,6	0,113	6.134	7,2%	
10	59,5	0,170	9.815	10,2%	
20	66,4	0,255	13.904	13,0%	

	50	75,6	0,396	20.447	16,8%
	100	82,5	0,510	25.354	19,1%
Extrem (2018) Typ IA	149	3,002(*)	81.575	37,0%	
Extrem (2018) Typ III	149	9,741(*)	81.575	37,0%	

(\*) Hinweis zu den unterschiedlichen errechneten Abflussspitzen: Die Berechnung geht vom 24h-Niederschlag aus. Für die Verteilung der Gesamtmenge über den Tag werden unterschiedliche Niederschlagstypen zugrunde gelegt (siehe Abbildung): Erfahrungsgemäß gehört zu einem sehr hohen Dauerregen neben einem Gewitter auch ein ausgedehnter „Landregen“ – dieser Verteilung entspricht der Typ IA. Die Ergebnisse passen auch recht gut zu anderen in Deutschland häufig verwendeten Rechenverfahren. Den Fronleichnamsregen 2018 mit seinem extremen Stundenniederschlag bildet aber der Typ III besser ab, der üblicherweise eher für Niederschläge in den Subtropen Anwendung findet.



Bemerkenswert ist, dass es trotz dieser Extremsituation aus dem Wald keinen nennenswerten unmittelbar erosionswirksamen Abfluss gab, also die Fließgeschwindigkeit des Wassers beim Verlassen des Waldes trotz üblicher Gefälle um 8 % und Hanglängen bis zu 400 m stets unter 0,15 m/s lag. Der Hinweis, dass das Wasser nach dem Regen stellenweise noch hoch im Wald stand, bestätigt die gute Rückhaltefähigkeit des Waldes. Darüber hinaus dürfte die positive Wirkung des Waldes den zahlreichen Dolinen oder Schürfgruben im Wald zu danken sein, die den größtem Teil des Wasser aufgefangen und unschädlich in den Untergrund abgeleitet haben dürften.

Das gilt, insoweit der Abfluss eindeutig ursächlich dem Wald zuzuordnen war. Wenn Felder oberhalb des Waldes liegen, gab es auch durch den Wald schnellen Abfluss. Schnelleren Oberflächenabfluss gab es ferner an zwei Waldwegen, jedoch war selbst dieser nach der Ausbildung



*Durch die Streifen der Waldhufen stark gegliederte Ackerlage im Nordwesten von Sausthal, eine große Abflussrinne des Fronleichnamsregens ist in der Bildmitte erkennbar, eigene Aufnahme.*

der Gerinne der Menge nach unbedeutend und im deutlicheren Fall auf darüber liegendes Offenland zurück zu führen. Auch aus Grünland gab es keinen unmittelbar erosionswirksamen Abfluss.

In Ackerlagen fanden sich dagegen Erosionsspuren schon nach weniger als 100 m Fließlänge im Mais. Die vorhandenen Ranken und Getreide wirkten nachweislich bremsend. Selbst in den Maisfeldern fanden sich keine Hinweise, dass Fließgeschwindigkeiten von über 1 m/s erreicht wurden.

Wesentlich höhere Fließgeschwindigkeiten gab es bei den aus dem Dorf führenden Feldzufahrten. Sie lagen stellenweise bei über 3 m/s. Über einige 100 m verfrachtete Pflastersteine belegen die sehr hohen Geschwindigkeiten.

Es ist darauf hinzuweisen, dass Fließgeschwindigkeiten ab 1,3 m/s als lebensgefährlich gelten.



*Wirkung und Grenze der Wirksamkeit von Ranken:*

- *Der Ranken bremst den Abfluss und wirkt als Schlammfänger (helle Sedimente oberhalb der Ranken).*
- *Die Ranken verteilen das Wasser auf etwa die doppelte Breite (vgl. Breite der Spuren oberhalb und unterhalb) und reduzieren damit nochmals die Abflussgeschwindigkeit um ca.  $\frac{1}{4}$*

*Die Ausbildung tiefer Erosionsrinnen wird so verhindert. Aber: Ranken halten das Wasser nicht längere Zeit zurück. Aufnahme: Privat.*

#### **4. Günstige Umstände, Probleme und Lösungsansätze**

Üblicherweise steigen boden:ständig-Konzepte im Landkreis Kelheim an dieser Stelle direkt in die Diskussion der Probleme und Lösungsansätze ein. Hier müssen die günstigen Umstände vorgeschaltet werden, die vielerorts bereits das Beratungs- und Ausbauziel darstellen würden, in der auslösenden Situation aber nicht ausreichen, um Schäden zu vermeiden.

##### **Günstige Umstände**

Als günstige Umstände sind vor allem zu nennen:

- **Hohe Infiltrationsfähigkeit der Böden:** Die Infiltrationsfähigkeit der Böden der Albhochfläche ist so hoch, dass nach Erfahrungen des Verfassers nur bei schneller Schneeschmelze auf gefrorenem Boden oder Extremereignissen im Sommerhalbjahr außerhalb der Siedlungslagen mit Oberflächenabfluss zu rechnen ist.
- **Hoher Wald- und nennenswerter Grünlandanteil:** Wald und Grünland bedecken zusammen annähernd  $\frac{2}{3}$  des Einzugsgebiets.
- **Wenige Hackfrüchte, keine erosionsanfälligen Sonderkulturen:** Von den besonders erosionsgefährdeten Feldfrüchten ist im Einzugsgebiet nur Mais zu finden – und zwar nur in einem vergleichsweise geringen absoluten Umfang von 20 ha – was anderswo im Landkreis einem einzigen Schlag entspricht.
- **Stark gegliederte Ackerlagen**



*Flächig laufen Erosionsrinnen auf ein Anwesen zu. Der Ranken, dessen Rest als Feldgehölz noch rechts im Bild erkennbar ist, hätte etwas geholfen, wenn es ihn noch gäbe. Gut erkennbar ist auch die abflussbremsende Wirkung des Getreides, Breite des Getreidebestandes: ca. 50 m. Aufnahme: Privat.*

- Verteilung der Nutzung derart, dass die Flutwelle gering gehalten wird: Wald, der wenig Wasser mit geringer Geschwindigkeit abfließen lässt, steht am Rand des Einzugsgebiets, der Ort in der Mitte des Einzugsgebiets hatte die höchste Abflussleistung.

Die günstigen Faktoren sollten unbedingt erhalten werden! Sie sind die Ursachen, dass das Ereignis vergleichsweise glimpflich verlief. Anderswo im Landkreis müsste man bei gleichem Niederschlag Schäden befürchten, die die Katastrophe von Simbach am Inn 2016 weit überträfen.

## **Problem Fließgeschwindigkeiten**

Ein Problem des Starkregens war die gefährlich hohe Fließgeschwindigkeit im Ort, durch die das Wasser die auch große Bestandteile der Bodenmatrix mitriss und bei sinkendem Gefälle sedimentierte. Grundsätzlich ist die Erhaltung einer leistungsfähigen Entwässerung im Ort unabdingbar, um einen stärkeren Rückstau im Ortsbereich zu vermeiden. Daher sind nur sehr vorsichtige Anpassungen möglich.

1. Die Erschließungswege sollten so weit entwässert werden, dass die Ausspülung der Wege verhindert wird.



2. Der straßenparallele Graben sollte auf eine einheitliche Entwässerungsleistung ausgelegt, Durchlässe und Grabenausformung gefälle- und einzugsgebietsabhängig angepasst werden.
3. Engstellen, die zu einer Entwässerung durch Anwesen geführt haben, sollten entschärft werden.
4. Talwärts sollte die Fließgeschwindigkeit am Ortsende zunächst erhöht und erst mit deutlichem Abstand zur Infrastruktur wieder gebremst werden.

### **Problem Wassermenge**

Das wesentliche Problem in Folge des Starkregens war die Wassermenge. Angesichts der Lage des Ortes im Tiefsten ist das Problem grundsätzlich unvermeidbar: ablaufendes Wasser aus 100 ha Einzugsgebiet (angenommen seien 50 mm Ablauf) konzentriert sich im Ort von 10 ha Fläche auf eine Wassersäule von 500 mm oder 0,5 m, an der als Entwässerung dienenden Straße von etwa 1 h auf 5 m Wassersäule je m<sup>2</sup>, die abfließen muss.

Um gewisse Verbesserungen zu erreichen, lässt sich an mehreren Stellen ansetzen:

5. Im Wald sollten Dolinen/Schürfgruben überprüft und gegebenenfalls entlandet werden.
6. Wenn die Bewirtschaftung auch insgesamt als günstig einzustufen ist, sollte der Maisanteil doch keinesfalls gesteigert, sondern durch eine möglichst weit gestellte Fruchtfolge eher reduziert werden.
7. Wo das Wasser in gleichmäßiger Gefällelinie über die Flur Schäden an unmittelbar darunter liegenden Anwesen verursachte, kann das einzige Ziel sein, die Flutwelle noch stärker zu strecken. Dazu sollten
  - a. möglichst weit im Oberhang verstärkt abflussbremsende Kulturen angebaut werden,
  - b. insbesondere in diesen Bereichen abflussbremsende Ranken zwischen den Felder ergänzt werden.
8. Besonders gefährdete Anwesen benötigen individuellen Schutz.

Konkrete Maßnahmen werden im Folgenden vorgeschlagen.

## 5. Maßnahmenvorschläge

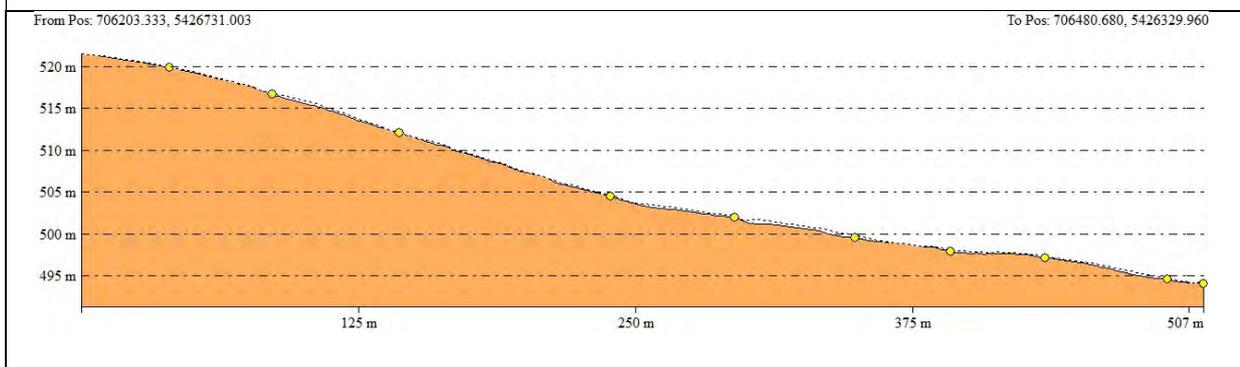
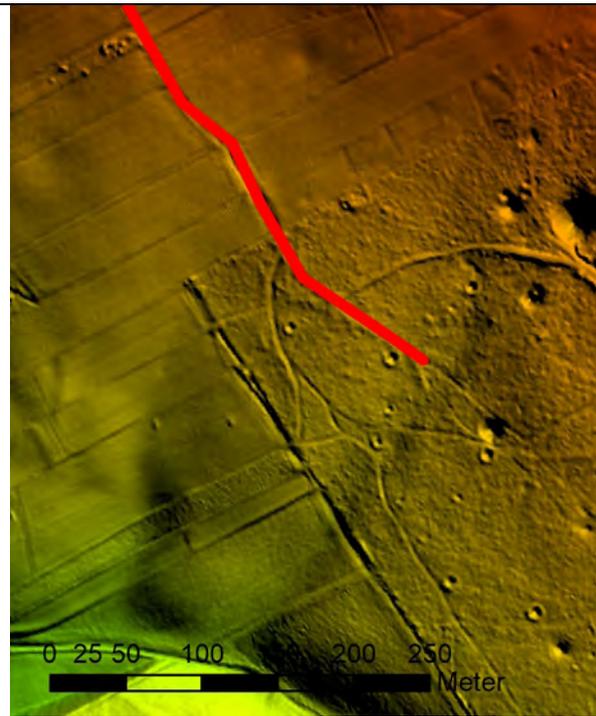
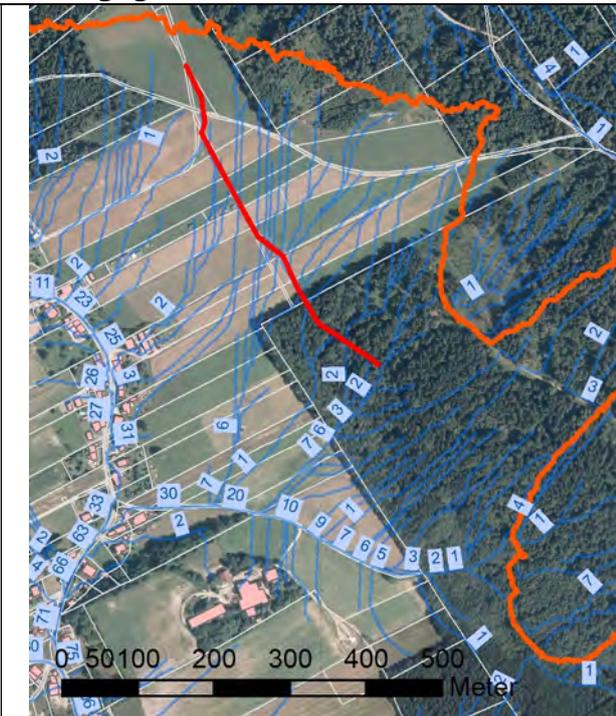
### Nr. 1 Grünweg zur Wasserableitung nutzen

Status:

in Planung, **vordringlich**

Einzugsgebiet:

6 ha, davon 4 ha offen, 2 ha Wald



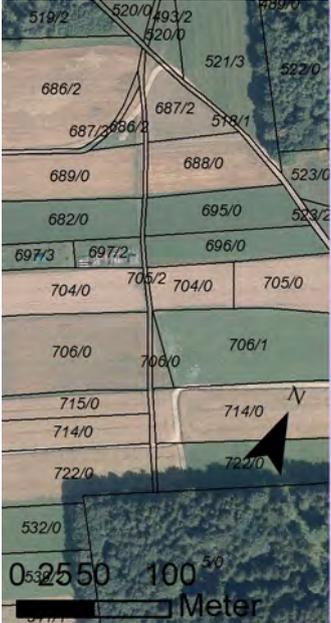
### Situation vor Maßnahmendurchführung

Oberflächenabfluss aus dem nordöstlichen Einzugsgebiet lief direkt in den Ort und entwässerte in Hausgrundstücke.

### Maßnahme

Wasserableitung auf einem bestehenden, 250 m langen und 3 bis 4 m breiten, Grünweg. Durch geeignete Querprofilierung (Hohlweg- bzw. Dammbildung oder 5% Gefälle zur Hangseite) wird sicher gestellt, dass das Wasser auf dem Weg oder oberhalb des Weges bleibt. Im Staatsforst sollte eine Querprofilierung der Forstwege auf 150 m Länge in der Regel ebenfalls ausreichen. Das Wasser fließt im Forst im Tiefsten aus dem Wegeprofil. Der anschließende Waldboden ist stark mit Totholz verschiedenen Zersetzungsgrades bedeckt, wodurch die Fließgeschwindigkeit verringert und die Wasseraufnahme des Bodens optimiert werden. Entsprechend dem natürlichen Gefälle tritt das Wasser nach weiteren 100 m wieder auf die Rodungsinsel von Sausthal/Rappelshofen.

### Grundstücke

Fl.-Nr.	Gmkg.	Betroffen durch (Annahme: Basisvariante)	Eigentümer /Bemerkung
5	Einwald	Ausleitungsstrecke	BaySF
705/2	Walddorf	Grünweg	Gemeinde
722 714,715 – 714 706 – 706/1 704 682 -695 689 – 688 686/2 – 687/2	Walddorf	Grenzanpassungen (Wegverlauf nach Flurkarte entspricht nicht dem Wegverlauf im Gelände)	priv 



## **Risiken**

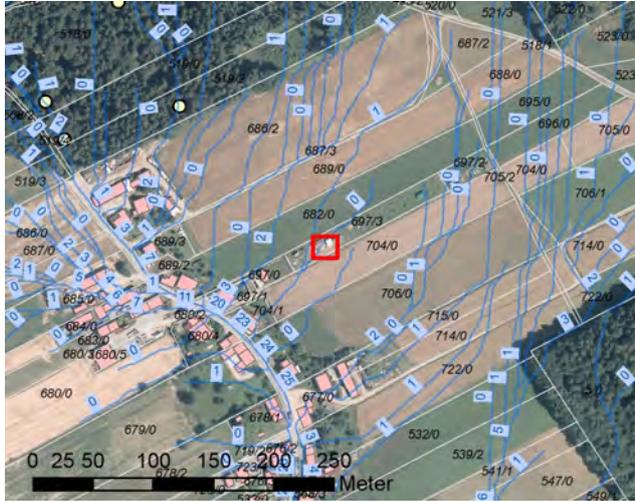
Verbleibendes Oberflächenwasser tritt wieder in das Ortsgebiet ein und kann dort weiterhin Schäden verursachen. Da dies aber zum erheblichem bereits zuvor an dieser Stelle erfolgte, stellt es keine Verschlechterung dar. Gegen zu rechnen sind die positiven Effekte:

## **Situation nach Maßnahmendurchführung**

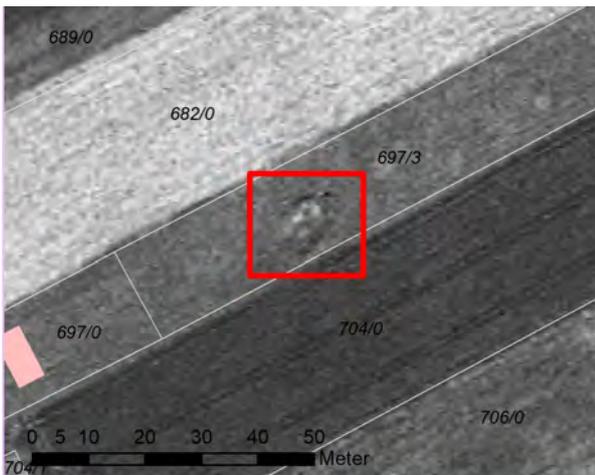
Durch die Maßnahme werden die Fließgeschwindigkeit verringert und die Infiltrationsrate erhöht.

## **Unterhalt**

Gelegentliche Prüfung des Wegprofils auf Fahrschäden.



## Nr. 2 verfüllte Doline öffnen



Die Doline ist auf dem Luftbild der 1990er Jahre (links) noch deutlich erkennbar, aktuell (rechts) überbaut

**Status:**

zurückgestellt, nachrangig

**Einzugsgebiet:**

1 ha (offen)



### Situation vor Maßnahmendurchführung

Der dolinenreiche Waldboden um Sausthal/Rappelshofen macht es wahrscheinlich, dass auch das Offenland wesentlich stärker von Dolinen durchsetzt war. Die vermutlich letzte offene Doline im Offenland fand sich auf Fl.-Nr. 697/3.

### Maßnahme

Räumen der Doline.

### Grundstücke

Fl.-Nr.	Gmkg.	Betroffen durch (Annahme: Basisvariante)	Eigentümer /Bemerkung
697/3		Dolinenstandort	privat

### Risiken

- Beim Ausräumen der Doline wäre – wie in diesen Fällen meistens – mit Abfällen aller Art zu rechnen, die zu entsorgen sind.

### Situation nach Maßnahmendurchführung

Durch die Maßnahme würde das Einzugsgebiet geringfügig verkleinert. Das ist aber dem Umfang nach so gering, dass die Maßnahme zurück gestellt wird.



## Nr. 3 Schlammfang anlegen

**Status:** zurück gestellt, nachrangig  
**Einzugsgebiet:** 2,6 ha offen

### Situation vor Maßnahmendurchführung

Abfließendes Wasser aus dem kleinen Einzugsgebiet führte zu Schäden im bebauten Bereich.

### Maßnahme

Absetzmulde: angesichts des hängigen Geländes wird nennenswerte Rückhaltung nur mit großer Erdbewegung erreicht. Alternativ sollten ableitende Reliefanpassungen geprüft werden.

### Grundstücke

Fl.-Nr.	Gmkg.	Betroffen durch (Annahme: Basisvariante)	Eigentümer /Bemerkung
714	Walddorf	Bau	privat
715	Walddorf	Bau	

## Nr. 4 Rückhalt im Wald

**Status:** in Planung, **mittlere Bedeutung**  
**Einzugsgebiet:** oben: 19 ha, unten: 30 ha, davon 4 ha Offenland

### Situation vor Maßnahmendurchführung

Die Straße liegt auf fast 500 m Länge am Rand eines Trockentals mit etwa 7 % Gefälle. An der südexponierten Talseite zeigt das Geländere relief mehrere, im Talgrund immer noch zwei trichterförmige Vertiefungen. Aufgrund des Mikroreliefs sind diese Vertiefungen eher als Schürfgruben denn als Dolinen anzusprechen. Denn vor mehreren Trichtern sind talseitige Aufhöhungen erkennbar, die am plausibelsten als kleine Abraumhalden zu erklären sind.

### Maßnahme

Weil die Straße meist recht knapp über dem Talgrund liegt, ist eine wirksamen Wasserrückhaltung durch Anstau im Talgrund nur in sehr geringem Umfang möglich. Durch Schaffung eines noch rauheren, stärker gekrümmten Bettes mit Steinschüttungen und Totholz kann der Wasserablauf etwas gebremst werden. Aufgrund der beschränkten Wirksamkeit der Maßnahme und der Lage unterhalb der Siedlung wäre die Maßnahme als nachrangig einzustufen. Für sie sprechen aber die sehr geringen Kosten, die dann wieder ein günstiges Kosten/Nutzen-Verhältnis ergeben.

### Grundstücke

Fl.-Nr.	Gmkg.	Betroffen durch (Annahme: Basisvariante)	Eigentümer /Bemerkung
583	Walddorf	Bau	
584	Walddorf	Bau	
585	Walddorf	Bau	BaySF
583/1	Walddorf		Straße (Gemeinde)

### Risiken

Keine besonderen Risiken erkennbar.

### Unterhalt

Kein regelmäßiger Unterhalt erforderlich, Totholz liegen lassen /ausbringen.



*Lokalisierung von Lösungsansätzen, Erläuterungen im Text bei den entsprechenden Nummern*

## **Nr. 5 Dolinenräumung abschließen**

**Status:**

in Vorplanung, **vordringlich**

**Einzugsgebiet:**

23 ha, davon 6 ha offen

### **Situation vor Maßnahmendurchführung**

Ein Dolinenfeld westlich von Sausthal nimmt das Wasser aus einem Einzugsgebiet von gut 20 ha, darunter ein Teil der Ortsflur von Eisendorf, auf. Bei Versagen dieser Doline vergrößert sich das Einzugsgebiet von Sausthal entsprechend.

Die unterste (östlichste) dieser Dolinen ist furchenartig ausgebildet. Sie diente vor Jahrzehnten als Mülldeponie. Der Forstbetrieb begann nach Auskunft des Revierförsters vor einigen Jahren mit der Räumung der Doline. Die Maßnahme wurde wegen der Sorge, Grubengas könnte austreten, vom Landratsamt eingestellt. Die noch in der Doline verbliebene Müllmenge scheint vergleichsweise gering zu sein. Um der vom Müll ausgehenden Verunreinigungsgefahr an die-



ser wichtigen Sickerstelle entgegen zu wirken, ist ein Abschluss der Räumungsarbeiten dringend angezeigt.

### **Maßnahme**

Räumung abschließen, Material fachgerecht entsorgen.

### **Grundstücke**

Fl.-Nr.	Gmkg.	Betroffen durch (Annahme: Basisvariante)	Eigentümer /Bemerkung
135	6081 Randeck	Bau	BaySF

### **Risiken**

- Aufgrund der unbekannte Menge und Zusammensetzung des Mülls besteht vor allem ein Kostenrisiko bei der Räumung.
- Der unterirdische Abfluss aus der Doline kann geringer sein als die zufließende Wassermenge, so dass es zunächst zu einem Anstau in der Doline und dann zum Oberflächenabfluss durch die Doline nach Sausthal kommen kann. Das stellt keine Verschlechterung gegenüber der derzeitigen Situation dar.

### **Unterhalt**

Ein regelmäßiger Unterhalt ist nicht erforderlich. Im Fall eines Verstopfens der Doline bei nicht gefrorenem Boden ist eine weitere Räumung in Erwägung zu ziehen.

## Nr. 6 EZG durch Doline verkleinern

**Status:** in Planung. **mittlere Bedeutung**  
**Einzugsgebiet:** 1 ha

### Maßnahme

Durch geringe Reliefanpassung an Grünweg Wasserableitung aus benachbartem Feld in Doline. Mittlere Bedeutung aufgrund der geringen Veränderung des Einzugsgebiets einerseits (-) und des überschaubaren Aufwandes andererseits (+).

### Grundstücke

Fl.-Nr.	Gmkg.	Betroffen durch (Annahme: Basisvariante)	Eigentümer /Bemerkung
683	Walddorf	Reliefanpassung	
702	Walddorf	Doline	BaySF

### Risiken

- Keine besonderen Risiken erkennbar.

### Situation nach Maßnahmendurchführung

Verkleinerung des Einzugsgebiets von Sausthal um ca. 1,4 ha, davon 0,4 ha Ackerlage.

### Unterhalt

- Gelegentliche Überprüfung der Funktionsfähigkeit des Zuflusses
- Kein regelmäßiger Unterhalt in der Doline erforderlich



## Nr. 7 Steigerung des Ackergrasanteils

**Status:**

in Planung, **vordringlich**

### **Situation vor Maßnahmendurchführung**

Der Maisanteil in der Flur ist zwar vergleichsweise gering (siehe oben), aber doch schon ein Beitrag zu schnellerem Wasserabfluss und Erosion.

### **Maßnahme**

Ein viehhaltender Landwirt beabsichtigt, statt Mais verstärkt Ackergras einzusetzen.

### **Risiken**

Für den Landwirt gibt es vor allem folgende Risiken:

- Aufrechterhaltung des Ackerstatus – das ist bei sorgfältiger Beachtung der rechtlichen Regelungen möglich.
- Arbeitswirtschaftlicher Mehraufwand – der höhere Aufwand für die Ernte wird durch einen verringerten Aufwand in der Bodenbearbeitung nur teilweise kompensiert.

### **Situation nach Maßnahmendurchführung**

Neben anderen Vorteilen für das landwirtschaftliche Betriebsmanagement hat die Maßnahme deutliche positive Auswirkungen auf die wichtigen Parameter Infiltration und Bodenstabilität: Bei grünlandartigen Beständen ist die Infiltration höher und Erosion spielt praktisch keine Rolle mehr. Eine Quantifizierung kann erfolgen, wenn der genaue Umfang bekannt ist.

## Nr. 8 Einzugsgebiet durch Doline verkleinern

**Status:** in Vorplanung, **mittlere Bedeutung**  
**Einzugsgebiet:** 1,6 ha Wald

### Situation vor Maßnahmendurchführung

Die Doline liegt etwa ab vom Weg und ist teilweise mit Abfällen von Gehölzarbeiten verfüllt.

### Maßnahme

Freilegen der Doline, Anpassung im Feinrelief. Durch die Lage an einem leicht abflussrelevanten Waldweg ergibt sich für die Maßnahme eine mittlere Bedeutung.

### Grundstücke

Fl.-Nr.	Gmkg.	Betroffen durch (Annahme: Basisvariante)	Eigentümer /Bemerkung
519	Walddorf	Bau	privat

### Risiken

- Bei der Freilegung der Doline gibt es wie in allen diesen Fällen ein Kostenrisiko durch die Möglichkeit, dass unerwartet Problemmüll zu Tage kommt.
- Es besteht die Gefahr, dass die Doline dauerhaft oder witterungsbedingt verstopft.

### Situation nach Maßnahmendurchführung

Verkleinerung des Einzugsgebiets des Dorfes um 1,6 ha

### Unterhalt

Gelegentliche Sichtkontrolle

## Nr. 9 Ranken wiederherstellen

**Status:**

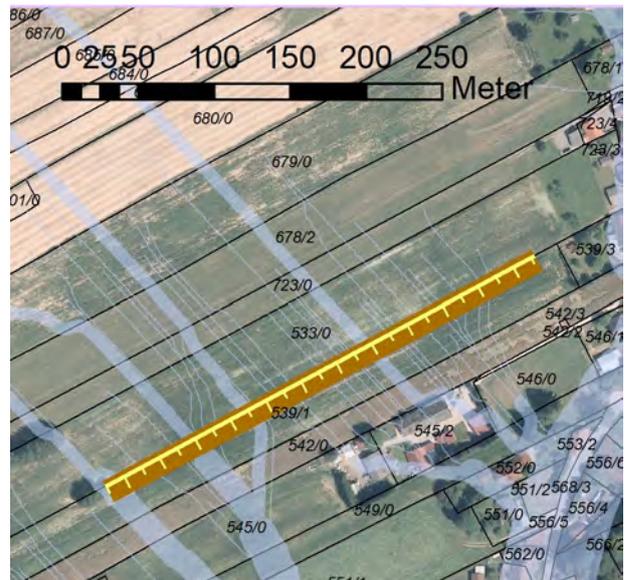
in Vorplanung, **bei Ackerbau vordringlich**

**Einzugsgebiet:**

9 ha offen, 4 ha Wald



Luftbild der 1990er-Jahre



### Situation vor Maßnahmendurchführung

Bis in die 1990er Jahre war der heute zusammenhängend bewirtschaftete Schlag entlang der Flurgrenze durch einen Ranken geteilt. Vom Ranken sind heute nur mehr Reste erhalten. Der Schlag hat im Bereich des vorgeschlagenen Rankens einen durchschnittlichen jährlichen Bodenabtrag von  $> 6 \text{ t/ha}$ , was den (nach Bodenneubildung ermittelten) „tolerierbaren“ Bodenabtrag übersteigt. Die kritische Hanglänge liegt bei 31 m (PC-ABAG). Hinzu zu rechnen sind Ober- und Unterliedereffekte.

### Maßnahme

Ein Ranken lässt sich am einfachsten durch einen wenigstens 5 m breiten Brachestreifen herstellen.

### Grundstücke

Fl.-Nr.	Gmkg.	Betroffen durch (An- nahme: Basisvariante)	Eigentümer /Bemerkung
533	Walddorf	Alternative	
539/1	Walddorf	Ranken	Früherer Standort (?)

## Risiken

Besondere Risiken sind nicht erkennbar.

## Situation nach Maßnahmendurchführung

Durch einen abflussableitenden Rain in der Feldmitte lässt sich der Bodenabtrag auf 59 % senken (PC-ABAG).

## Unterhalt

Mähen/Mulchen im mehrjährigen Abstand, um Gehölzbildung zu verhindern (Altgras ist als Abflussbremse wirkungsvoller als Gehölz).

## Nr. 10 seitliche Abflussmulde

**Status:** in Vorplanung, **mittlere Bedeutung**  
**Einzugsgebiet:** max. 1 ha offen

### Situation vor Maßnahmendurchführung

Die Entwässerung der Flur erfolgt in Sausthal/Rappelshofen häufig durch die Hofgrundstücke. Probleme traten u.a. im Bereich der Fl.-Nr. 567 auf. In Hinblick auf die geringe Größe des Einzugsgebiets ist die Unschärfe in der Abgrenzung erheblich, die sich aus dem Bewirtschaftungsstatus ergeben kann. Weil die Maßnahme vor allem das unmittelbare nachbarschaftliche Einvernehmen betrifft, wird die mittlere Priorität empfohlen.

### Maßnahme

Abfangen und Ableiten des Wassers in einer flachen, gut durchmähbaren Mulde. Ausführung idealerweise in Anwesenheit der Eigentümer/Bewirtschafter.

### Grundstücke

Fl.-Nr.	Gmkg.	Betroffen durch (Annahme: Basisvariante)	Eigentümer /Bemerkung
567	Walddorf	Bau	
574	Walddorf	Fortsetzung Bau	
576	Walddorf	Weitere Baufschlagung der bestehenden Abflussmulde	
106/3	Randeck	Ausleitung über Feldweg	Gemeinde Essing ?



### Risiken

Besondere Risiken sind nicht erkennbar.

### Unterhalt

- Normale Bewirtschaftung
- Wichtig ist, dass die Funktion mittelfristig nicht in Vergessenheit Gerät und die Welle in Folge planiert wird.

## Nr. 11 Wasserrückhaltung

**Status:** zurückgestellt, nachrangig  
**Einzugsgebiet:** 6 ha offen, 7 ha Wald

### Situation vor Maßnahmendurchführung

Die Zufahrt zu Haus Nr. 15 sammelte erheblich Wasser, das dann im Ort Schäden anrichtete.

### Maßnahme

Wasserrückhalt an der Grenze der Fl.-Nr. 566/2 durch einen Querdamm. Der gemeindliche Weg ist über den Damm zu führen. Folgende Wassermengen können zurück gehalten werden:

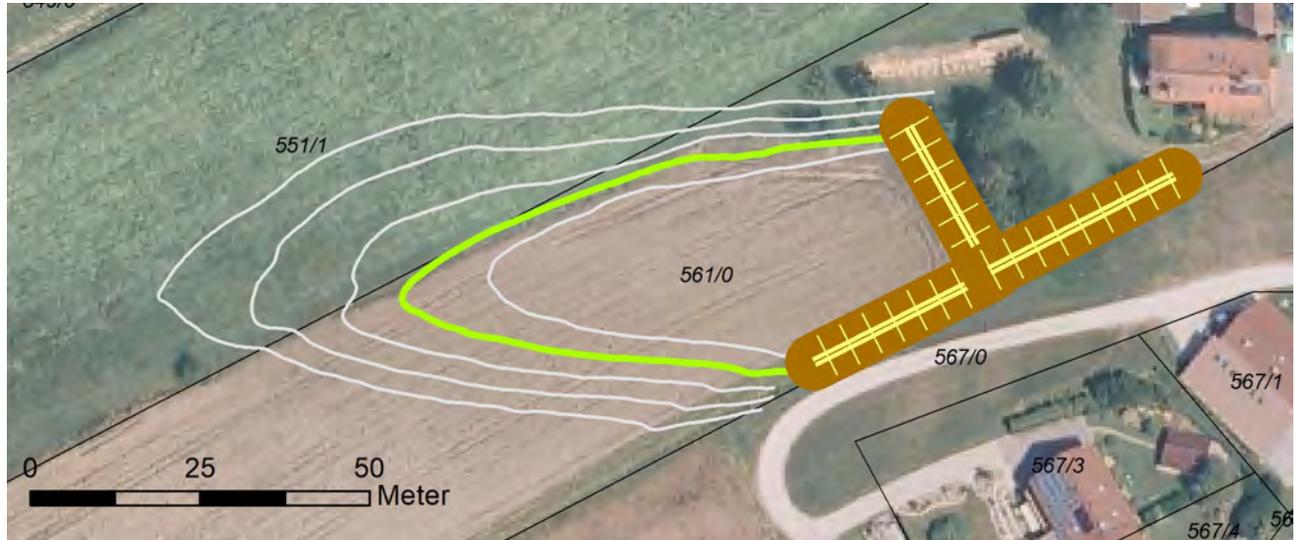
max. Stauhöhe		473,0	473,5	474,0	474,5
Stauhöhe ü.G. (max)	m	0,5	1	1,5	2
Rückhalt	m <sup>3</sup>	10	70	260	640
entspricht Abfluss im EZG (30 ha)	mm	30	15	10	4

Weil bei 2 m Stauhöhe erst eine wirksame Wasserrückhaltung von über 600 m<sup>3</sup> erreicht wird, die dann noch mit einer aufwändigen Wegquerung verbunden ist, wird eine Zurückstellung des Maßnahme empfohlen.

### Grundstücke

Fl.-Nr.	Gmkg.	Betroffen durch (Annahme: Basisvariante)	Eigentümer /Bemerkung
564	Walddorf	Bau, Rückstau	privat
566/2	Walddorf	Bau, Rückstau	privat
N.N.		Weggrundstück	Gemeinde Ihrlenstein

## Nr. 12 Rückhaltebecken



**Status:**

in Vorplanung, **vordringlich**

**Einzugsgebiet:**

33 ha davon 19 ha offen

### Abfluss

nach CN-Methode bei CN = 65, RR-Typ IA				
p	RR (mm) 24h	Spitzenabfluss [m <sup>3</sup> /s]	Abfluss [m <sup>3</sup> ]	Abflussbeiwert
1	36,5		168	1,4%
2	43,4		587	4,1%
5	52,6	0,028	1.257	7,2%
10	59,5	0,057	2.012	10,2%
20	66,4	0,057	2.850	13,0%
50	75,6	0,113	4.191	16,8%
100	82,5	0,142	5.197	19,1%
Extrem (2018)	149	0,850	18.859	38,4%
Extrem (2018) Typ III	149	3,540	18.859	38,4%

### Situation vor Maßnahmendurchführung

In üblichen Jahren ist kein nennenswerter Oberflächenabfluss zu erwarten. Erst beim 50jährigen Ereignis erreicht der Abfluss wenigstens 100 l/s. Das Extremereignis 2018 zeigte freilich, dass bei Starkregen ein Fluss entstehen kann. Er war real wohl stärker als in obiger

Abschätzung errechnet, weil die extreme Tagesmenge mit einer extremen Stundenmenge einher ging.

### Maßnahme

An geeigneten Stellen sollen Rückhalteräume für Starkregen geschaffen werden. Aufgrund der geringen Jährlichkeit der Schadensereignisse sind besonders hohe Anforderungen an die Wirtschaftlichkeit zu stellen (günstiges Verhältnis Rückhalt : Erdbewegung), so dass hier nur wenige Stellen in Frage kommen. Sehr gut eignet sich etwa Fl.-Nr. 561. Folgende Variante zum Ausbau bieten sich an:

max. Stauhöhe		464	463,5	463	462,5
Dammhöhe bei 0,5 m Freibord	m ü.N.N.	464,5	464	463,5	463
Dammhöhe ü.G. (max)	m	4,5	4	3,5	3
Rückhalt	m <sup>3</sup>	9400	4600	3100	1100
entspricht Abfluss im EZG (30 ha)	mm	30	15	10	4

Um die Höhendifferenz des erforderlichen dammquerenden Weges möglichst gering zu halten, sollte der Ausbau beschränkt werden, zudem biete sich ein auf ganzer Länge **überströmbarer Damm an, was das Freibord erübrigt. Bevorzugt wird daher die Ausbauvariante mit einem Rückhalt von 3100 m<sup>3</sup> bei Stauhöhe = Dammhöhe = 463,5 m ü.N.N.** Der Abfluss sollte auf etwa 50 l/s gedrosselt werden.

### Grundstücke

In der bevorzugten Variante:

Fl.-Nr.	Gmkg.	Betroffen durch (Annahme: Basisvariante)	Eigentümer /Bemerkung
561		Bau, Rückstau	

### Risiken

- Ein Überlaufen der Rückhaltebecken ist in extremen Fällen möglich. Eine Verschlechterung im Verhältnis zur derzeitigen Situation ergibt sich nicht.
- Ein Bruch des Dammes stellt in Ortsnähe ein besonderes Risiko dar, dem durch geeignete Bauausführung Ausführung zu begegnen ist.
- Aufgrund der geologischen Situation ist zu erwarten, dass im Rückstaubereich bei längerer Wasserlast Dolinen einbrechen.



## Situation nach Maßnahmendurchführung

Wirkung	Vorher	Nachher	Differenz
Jährlichkeit der Überlastung	>20	> 100	80

## Unterhalt

- Regelmäßige (jährliche) Sichtkontrolle von Damm und Grundablauf.

## Nr. 13 Zufahrten entwässern oder befestigen

**Status:**

in Planung, **vordringlich**

### Situation vor Maßnahmendurchführung

Bei Extremereignis 2018 führten große Mengen an Schotter im Schmutzwasserkanal und in der Regenwasserableitung zu Verstopfung von Durchlässen und Schäden. Die Herkunft des Schotters ist nicht vollständig aufzuklären. Immerhin liefert die Korngrößenverteilung des Schotters einen Hinweis auf die Fließgeschwindigkeit am Erosionsort. Nach Hjulström ist dabei etwa von folgenden Fließgeschwindigkeiten auszugehen:

Erodierte Korngröße (cm)	Fließgeschwindigkeit (m/s)
1	1
3	2
6	3

Solche Fließgeschwindigkeiten werden nur bei einigermaßen konzentriertem Abfluss erreicht. Die Fließformel nach Manning-Strickler beschreibt den Zusammenhang folgendermaßen:

$$V = k_{St} R_h^{\frac{2}{3}} I_o^{\frac{1}{2}}$$

Dabei sind

V	mittlere Fließgeschwindigkeit	[ m / s ]
R <sub>h</sub>	hydraulischer Radius	[ m ]
I <sub>o</sub>	Gefälle	[ 1 / m ]
k <sub>St</sub>	Strickler Beiwert	[ m <sup>1/3</sup> / s ]

Der hydraulische Radius ist abhängig von der Breite des Gerinnes und der Höhe des Wasserspiegels im Gerinne. Dieser wiederum ist aus der Größe des Einzugsgebiets abzuleiten: Je mehr Wasser aufgrund der Einzugsgebietsgröße über eine Fläche ablaufen muss, desto höher muss der Wasserspiegel sein. Er kann daher sehr unterschiedlich sein. So ist der Abfluss auf einer geschotterten Hoffläche (ohne Zufluss) noch nicht ausreichend konzentriert. Wenn sich dieser Abfluss aber in einer Zufahrt sammelt, kann es zu einer Konzentration führen, die Erosion auslöst. Wichtiger noch kann Zufluss aus dem Außenbereich sein, der entsprechend mehr Wasser mitbringt.

Der hydraulische Radius geht auch etwas stärker in das Ergebnis ein als das Gefälle, das sich im üblichen Rahmen zwischen 5 und 15 % auch nur vergleichsweise wenig unterscheidet.



## **Maßnahme**

Die gefährdeten Zufahrten sollten ausreichend entwässert werden, um Wegerosion zu vermeiden. Wo eine ausreichende Entwässerung aus Platzgründen nicht möglich ist, kann eine Befestigung unvermeidlich sein.

## **Grundstücke**

Siehe Plan

## **Risiken**

- keine besonderen Risiken erkennbar.

## **Unterhalt**

- Üblicher Wegeunterhalt

## Nr. 14 Niederschläge vor Ort versickern

**Status:**

Kanalisation, **vordringlich**

### Situation vor Maßnahmendurchführung

Im Ort gibt es einen Schmutzwasserkanal. Der Niederschlagswasserentwässerung dient getrennt davon der teilweise verrohrte Graben. Nach Auskunft der Gemeinde sollte das Niederschlagswasser der Privatgrundstücke auf diesen versickert werden und nicht in das Kanalsystem fließen. Im Rahmen dieser Studie kann und soll nicht überprüft werden, ob die zahlreich sichtbaren Dachrinnenfallrohre oder die Hofentwässerungen in eine Zisterne oder Versickerung auf dem Grundstück führen – oder doch in das Kanalsystem.

### Maßnahme

Es sollte in jedem Fall sicher gestellt sein, dass eine Versickerung des Regenwassers auf dem Grundstück möglich ist.

Der Beitrag des Abflusses von Dächern und Hofflächen

- zur Bildung der Abflussspitze und
- zur Verschmutzung der Regenwasser

ist bei Starkregen, bei denen Wasser aus der Flur zuläuft, bescheiden.

Allerdings kann der Schmutzwasserkanal durch Regenwassereinleitung schnell überlastet werden, Eintrag von Steinmaterial kann zum Verstopfen des Schmutzwasserkanals führen und die Pumpe am Ortsende blockieren, wie das Ereignis 2018 gezeigt hat.

## Nr. 15 Rohrdurchlässe und Gräben optimieren

Status:

in Planung, **vordringlich**

### Situation vor Maßnahmendurchführung

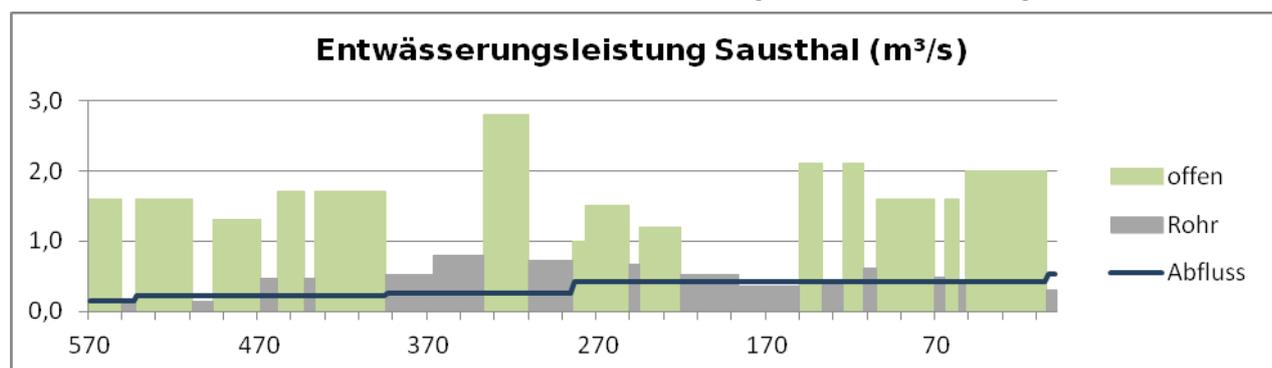
Der Regenentwässerung von Sausthal/Rappelshofen dient ein offener Graben. In Rappelshofen sowie im Bereich von Hofzufahrten ist der Graben verrohrt. Einen Überblick über die Situation an den untersten 550 m des Grabens in Sausthal (ab Straßenkreuzung) gibt die folgende Tabelle:

Orientierung Westen	von bis		Sohl- gefälle [%]	Breite Sohle Tiefe			Material	Rohrdurch- messer [DN, in mm]	Orientierung Osten
				[m]	[m]	[m]			
542/2	579		<b>Verrohrung</b>						
546/1 13a	563	578	6	1,8	0,6	0,5	bewachsener Kies	300	547/1
549/0 13	555	562	6						
	519	554	6	1,8	0,6	0,5	bewachsener Kies		549/2
	509 518		<b>STRASSENQUERUNG</b>					300	14 553/4
552/0 11	481	508	4	0,9	0,6	0,4	Betonkanal	500	556/8
	471	480	4						
	455	470	5	0,9	0,4	0,5	Betonkanal	500	10b 556/6
553/2 11b	449	454	4						
551/2	407	448	5	0,9	0,4	0,5	Betonkanal		
562/0 9	377	406	4				500		
	349 376		<b>STRASSENQUERUNG</b>					2 x 400	8 566/3
567/0 Flur	323	348	6	1,9	0,6	0,7	Gras	600	8a 566/4
	297	322	3						
	589	296	4	1,5	0,4	0,6	bewachsener Bruchstein	600	6 566/5
	263	288	4	1,4	0,5	0,6	Rasenpflaster		
	257	262	6					600	6 566/0
	233	256	4	1,5	0,7	0,5	bewachsen		
574/3 5a	201	232	5					500	
574/4 4a	163	200	5				reduziert Erdkanal mit mitt- lerem Kies	400	5 572/2
574/5 3b	149	162	1	1,5	0,3	0,7		500	
574/0 Flur	137	148	3						
	125	136	1	1,5	0,3	0,7	Erdkanal mit mitt- lerem Kies		
576/1 3a	117	124						600	4 577/0

576/0	Flur	83	116	2	1,6	0,6	0,6	Erdkanal mit mitt- lerem Kies	500	4c	577/5
		77	82	5							
106/3	Hammer- tal- straße	69	76	2	1,6	0,6	0,6	Erdkanal mit mitt- lerem Kies	500		
		65	68	3							
106/0	Irlach	17	64	4	1,5	0,3	0,4	gepflastert, Natur- stein	400	Flur	577/1
		11	16	5							
		1	10	4	1,5	0,3	0,4	gepflastert, Natur- stein			

Die Verrohrungen erfolgten teilweise offenbar nach verfügbarem Material und nicht nach Abflussberechnung. Dadurch ist die Leistungsfähigkeit der Entwässerung abschnittsweise sehr unterschiedlich. Im Ergebnis bestätigte sich beim Fronleichnamsregen 2018 die Erfahrung, dass eine Kette an ihrem schwächsten Glied bricht, hier: Gräben überliefern und verstopfen. Dabei kann dahin gestellt bleiben, dass das Extremereignis dieses Tages nur die wenigsten Abschnitte des Grabens bewältigt hätten. Die folgende Grafik stellt der rechnerische Abflussleistung im Graben- und Rohrsystem den Abfluss eines Starkregenereignisses (blaue Linie) gegenüber.

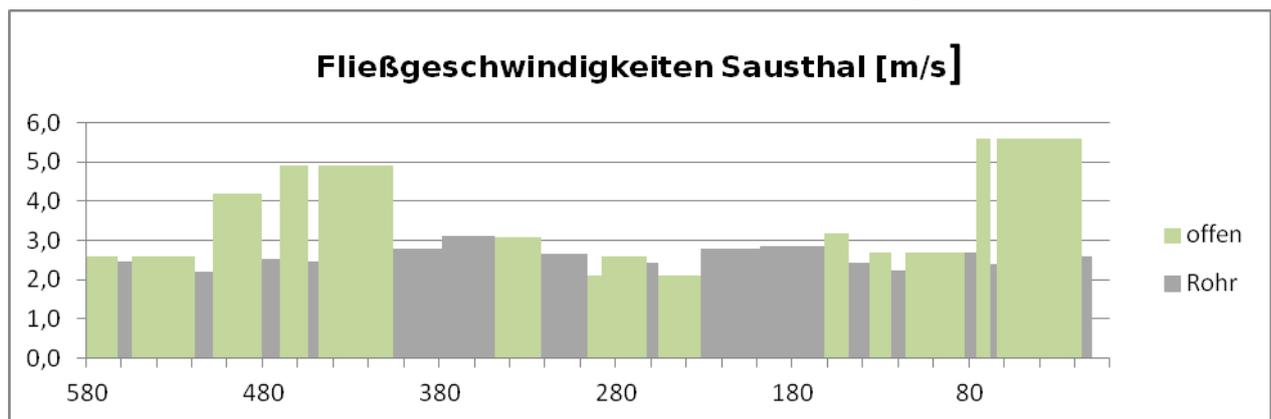
Die Berechnung des offenen Ablaufs erfolgte nach Manning-Strickler, die Verrohrungen wurden nach Prantl-Colebrook berechnet. Wäre statt Prantl-Colebrook eine Durchlassberechnung nach RAS-Ew mit Standardannahmen zu den Beiwerten erfolgt, wäre die Leistung der Rohre noch



geringer geschätzt worden.

Bei extremen Annahmen zum Starkregen würde die Abflusslinie oberhalb verlaufen und stärker ansteigen, bei schwächeren Annahmen gilt das Umgekehrte. Auffällig ist: Das offene Grabensystem wirkt nirgends begrenzend, stets sind es die Rohre. Dabei sind die Verrohrungen um die untere Straßenquerung noch großzügig dimensioniert, Engstellen ergeben sich vor allem oben und unten am Graben.

Erschwerend kamen in der Abflusssdynamik noch unterschiedliche Fließgeschwindigkeiten hinzu. Hohe Fließgeschwindigkeiten in leistungsfähigen Entwässerungsabschnitten führten dazu, dass sich das Wasser umso schneller an der nächsten Engstelle sammelte. Ferner führten unterschiedliche Fließgeschwindigkeiten zu unerwünschten Materialverlagerungen: In Bereichen mit hoher Fließgeschwindigkeit kam es zu Erosion (wo nach Untergrund möglich), in Bereichen mit niedriger Fließgeschwindigkeit zu Sedimentation. Diesen Effekt kann man sich für Absetzbecken zu Nutze machen. In Sausthal gab es aber 2018 vor allem



ungewollte Sedimentation – mit der Folge, dass das ohnehin überlastete Entwässerungssystem weiter beeinträchtigt wurde.

### Maßnahmen(siehe Karte)

- Austauschen der am leichtesten überlastbaren Verrohrungen, Gesamtlänge ca. 120 m
- Rückbau von zu schnell Wasser ableitenden Grabenabschnitten im Oberlauf.

### Risiken

- Jede Verrohrung ist in ihrer Leistung begrenzt und hat besondere Überlastungs- und Verstopfungsrisiken. Diese sind bei größeren Rohren aber geringer als im gegenwärtigen Zustand und stellen daher keine Verschlechterung des Zustandes dar.
- Durch einen schnelleren oberstromigen Ablauf können sich außerdem grundsätzlich unterstromig neue Risiken ergeben. Das ist in diesem Fall nicht anzunehmen, weil im Ausgangszustand das Rückhaltevolumen in den Gräben marginal ist und beim Ausuferern des rückgestauten Wassers auf die Teerstraße keine Verlangsamung des Abflusses zu erwarten ist. Durch die Veränderungen wird daher die Situation nicht verschlechtert. Vorsorglich werden mögliche Probleme außerdem dadurch vermieden, dass die Dimensionierung der unterstromigen Rohrdurchlässe größer empfohlen wurde als rechnerisch erforderlich wäre.



## Situation nach Maßnahmendurchführung

Wirkung	Vorher	Nachher	Differenz
Unschädlicher Abfluss /Sekunde [l/s]	Ca. 200	600	400
Unschädlicher Abfluss/Stunde [m <sup>3</sup> ]	700	2100	1400
Jährlichkeit der Überlastung	10	100	90

## Unterhalt

- Regelmäßige Kontrolle der Rohre im Rahmen des Straßenunterhalts.
- Bedarfsweise Mahd der Gräben: Grundsätzlich erforderlich ist nur



## Nr. 16 Rückhaltemulde

**Status:** zurückgestellt, nachrangig  
**Einzugsgebiet:** 1 ha

### **Situation vor Maßnahmendurchführung**

Neben dem geringen seitlichen Einzugsgebiet kann der Bereich bei Versagen der Regenentwässerung zur Hauptentwässerungsrinne werden.

Die Bedeutung des seitlichen Einzugsgebiets ist am Ortsende gering.

## Nr. 17 Rückstau für abströmendes Wasser

**Status:** in Vorplanung, **mittlere Bedeutung**  
**Einzugsgebiet:** 411 ha, davon ca. 140 ha offen

### Situation vor Maßnahmendurchführung

Die Situation ist typisch für die Trockentäler, die die Albhochfläche zum Altmühl- oder Donautal hin entwässern: In der Regel sind sie eben trocken, nur bei Starkregen führen sie Wasser, dann aber in erheblichen Mengen. Ziel der Maßnahme ist, dem Abfluss des Einzugsgebiets, zu dem Sausthal und Rappelshofen gehören, die Spitze zu brechen.

Die Abflussmengen lassen sich wie folgt abschätzen (CN = 61, RR-Typ IA):

p	RR (mm) 24h	Spitzenabfluss [m³/s]	Abfluss [m³]	
20	66,4	0,425	24.011	9%
50	75,6	0,680	37.582	12%
100	82,5	0,906	48.021	14%
extrem 2018	149	5,493	200.436	33%
extrem 2018 Typ III	149	23,6	200.436	33%

Diese Mengen sind anteilig zum Niederschlag und im Verhältnis zur Gebietsgröße recht gering, was vor allem dem günstigen CN-Wert des walddreichen Einzugsgebiets geschuldet ist. Bei den typischen Abflüssen zur Schneeschmelze ist von häufigeren und stärkeren Abflüssen auszugehen.

### Maßnahme

Auf Fl.-Nr. 95 wird durch einen Querdamm, ggf. ergänzt durch einen straßenparallelen Längsdamm (bei Stauhöhen > 418,5 m), ein Rückstau erzielt. Das Gefälle im Tal ist bereits recht gering, so dass eine nennenswerte Wassermenge zurück gehalten werden kann. Der sinnvollste Ort ist an einem Ausgangspunkt von Rückewegen etwa in der Mitte der straßenseitigen Flurstücksgrenze. Dabei können folgende Wassermengen zurück gehalten werden:

max. Stauhöhe		417	417,5	418	418,5	419,0
Stauhöhe ü.G. (max)	m	3,6	4,1	4,6	5,1	5,6
Rückhalt	m³	4.000	6.000	8.500	11.500	14.500

Die Mengen sind ordentlich. Dennoch: Um überhaupt eine Chance zu haben, den Abflussscheitel aus dem großen Einzugsgebiet zu brechen, sollte

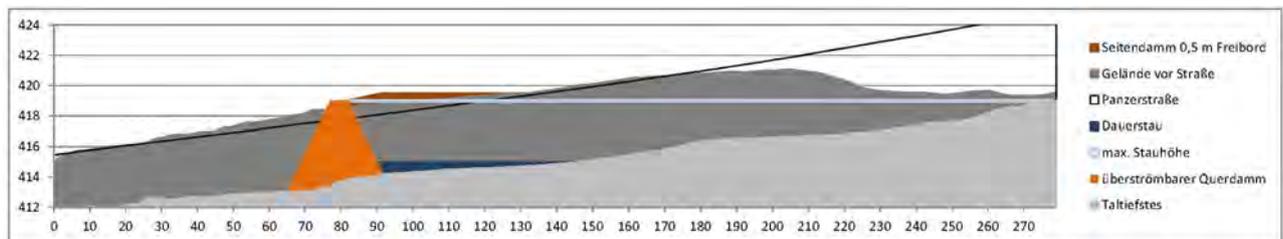
- das Becken möglichst groß gewählt werden und
- der Grundablauf so viele leisten wie möglich, das heißt: er sollte dieselbe Leistung haben wie der kleinste folgende Durchlass.

Hinweis zur Ausführung:

Grundsätzlich sind zwei Ausführungsvariante denkbar:

- überströmbarer Querdamm
- durchsickerbarer Querdamm aus grobkörnigem Material (Flussbausteine)

Variante (b) kommt vor allem in Frage, wenn das Material +/- vor Ort gewonnen werden kann.



## Grundstücke

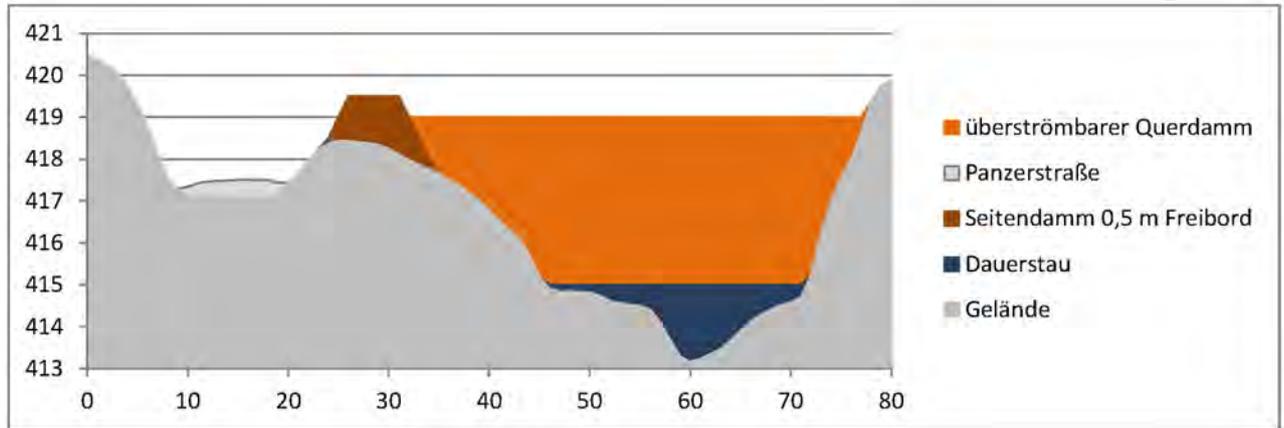
Fl.-Nr.	Gmkg.	Betroffen durch (Annahme: Basisvariante)	Eigentümer /Bemerkung
95	Randeck	Bau, Rückstau	BaySF

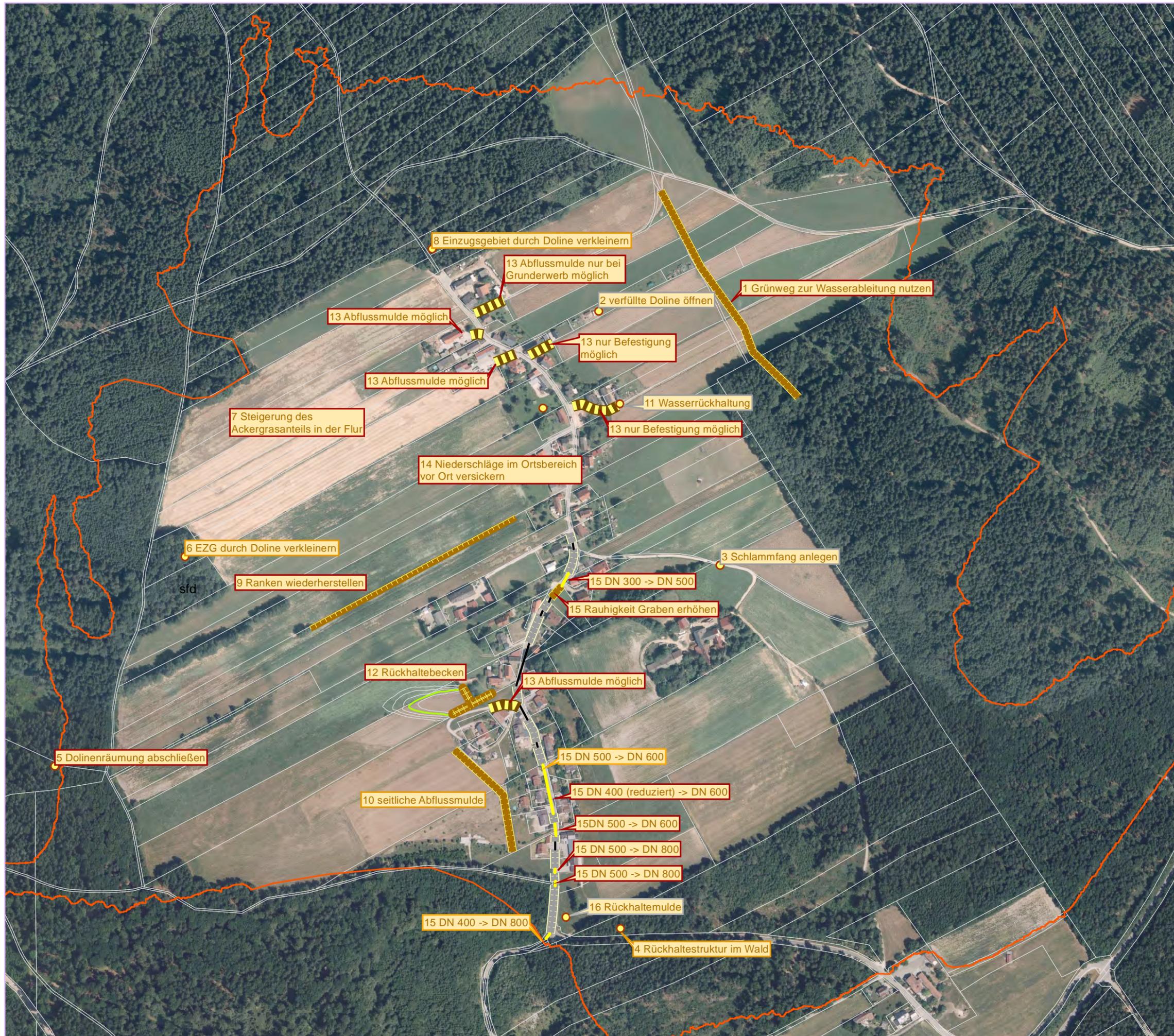
## Risiken

- Der Gefahr eines Dammbrochs ist durch geeignete Bauausführung zu begegnen.
- Selbst bei einem Bruch sind die Risiken aber aufgrund der siedlungsfernen Lage vergleichsweise gering.

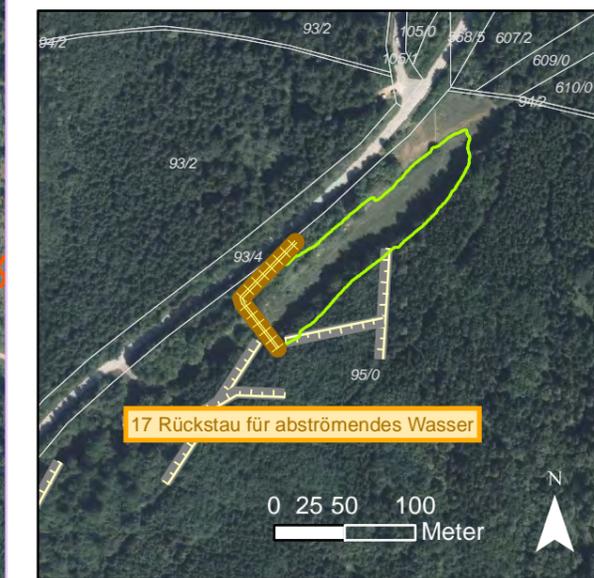
## Unterhalt

- Regelmäßige (jährliche) Sichtkontrolle von Damm und Grundablauf.





-  Wegentwässerung/-befestigung
  -  Rückegasse
  -  Ranken neu
  -  Kanal, Bestand
  -  Verrohrung, neu
  -  Damm, Bestand
  -  Damm, neu
  -  max. Rückstau
  -  Mulde
  -  Graben, Bestand
  -  konsolidiertes Einzugsgebiet
- empfohlene Priorität:**
-  sehr hoch
  -  mittel
  -  nachrangig



Plan: Schmitt



Datum: 11.02.2019

## Maßnahmenvorschläge Sausthal / Rappelshofen

1:5.000

