

**FloodScan, (LIFE 06/ENV/D/000461)
Wasserspiegellagenberechnung**

**an der Schambach, am Sandelbach,
an der Pfettrach und am Further Bach**

29.02.2008

Vorhabensträger: Bayerisches Landesamt für Umwelt
Bürgermeister-Ulrich-Str. 160
86179 Augsburg

Wasserwirtschaftsamt Landshut
Seligentaler Straße 12
84034 Landshut

Verfasser: Dr. Blasy - Dr. Øverland
Beratende Ingenieure GmbH & Co. KG
Moosstraße 3 82279 Eching am Ammersee
☎ 08143 / 997 100 info@blasy-overland.de
☎ 08143 / 997 150 www.blasy-overland.de

ea-LfUBay-001-01

Erläuterungsbericht

1.	Vorbemerkung	1
2.	Berechnungsgrundlagen	4
2.1	Berechnungsprogramm	4
2.2	Hydraulisches Modell	4
2.2.1	Abflüsse	4
2.2.2	Auslauftrandbedinung	6
2.2.3	Flussschlauch	6
2.2.4	Vorlandgeometrie	7
2.2.5	Nutzungen und Rauheitsbeiwerte	10
2.2.6	Brücken und Durchlässe	11
2.2.7	Abstürze, Wehranlagen und Kraftwerke	13
2.3	Anpassung des hydraulischen Modells	14
3.	Berechnungsergebnisse	15
3.1	Allgemeines	15
3.2	Ergebnisse für die einzelnen Gewässer	16
3.2.1	Schambach	16
3.2.2	Sandelbach	16
3.2.3	Pfettrach	17
3.2.4	Further Bach	18
4.	Zusammenfassung	19

1. Vorbemerkung

Als Grundlage für die Ermittlung der Überschwemmungsgebiete und für die spätere Herstellung von Hochwassergefahrenkarten werden die Wasserspiegellagen an der Schambach, am Sandelbach, an der Pfettrach und am Further Bach 2-dimensional hydraulisch berechnet. Die Wasserspiegellagen werden für Hochwasserereignisse berechnet, die statistisch einmal in hundert Jahren (HQ_{100}) bzw. statistisch einmal in 10 und 5 Jahren (HQ_{10} und HQ_5) auftreten.

Das Untersuchungsgebiet der Schambach (Gewässer II. Ordnung) beginnt etwa 1,2 km stromabwärts von Hexenagger bei Station 4+400 und reicht bis zur Einmündung des Schambachs in den Main-Donau-Kanal bei Station 0+000 in Riedenburg. In Abbildung 1.1 ist das Untersuchungsgebiet der Schambach dargestellt. An der Schambach werden weiterhin Hochwasserentlastungsrinne mit einer Gesamtlänge von 0,8 km mit berechnet.

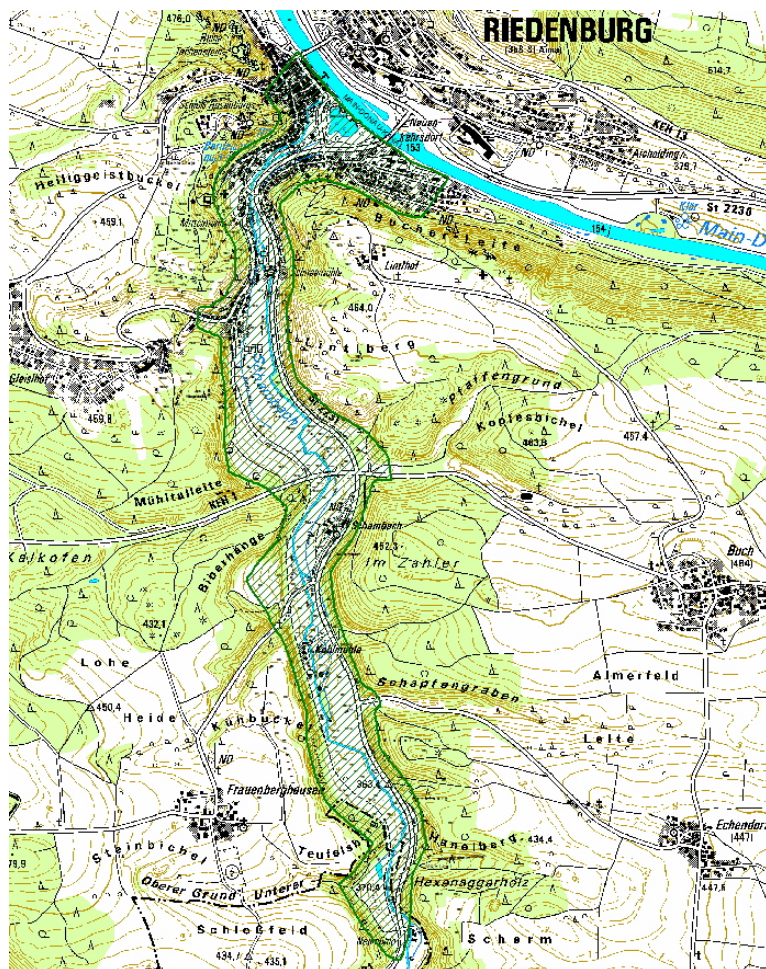


Abbildung 1.1: Untersuchungsgebiet Schambach

Das Untersuchungsgebiet am Sandelbach (Gewässer III. Ordnung) reicht von Station 5+400 östlich von Großgungertshausen bis zur Einmündung des Sandelbachs in die Abens bei Station 0+000 in Sandelzhausen südlich von Mainburg. Neben dem eigentlichen Flussschlauch werden

weitere Gerinne mit einer Gesamtlänge von 0,6 km untersucht. Das Untersuchungsgebiet des Sandelbachs ist in Abbildung 1.2 dargestellt.

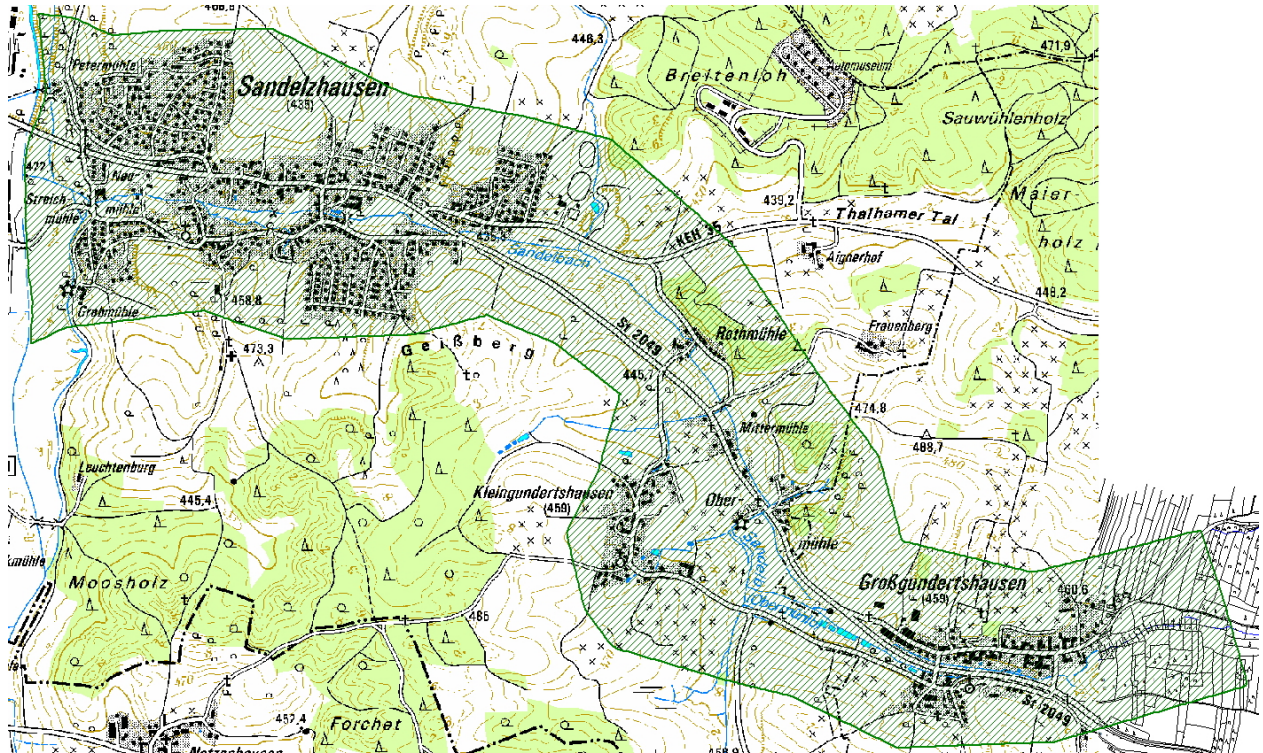


Abbildung 1.2: Untersuchungsgebiet Sandelbach

Das Untersuchungsgebiet der Pfettrach (Gewässer II. und III. Ordnung) reicht von Station 10+800 bei Wehmichl bis zur Einmündung der Pfettrach in die Flutmulde der Isar in Landshut bei Station 0+000. Weiterhin werden im Bereich von Kraftwerken 2,3 km zusätzliche Gerinne modelliert. In Abbildung 1.3 ist das Untersuchungsgebiet der Pfettrach dargestellt.

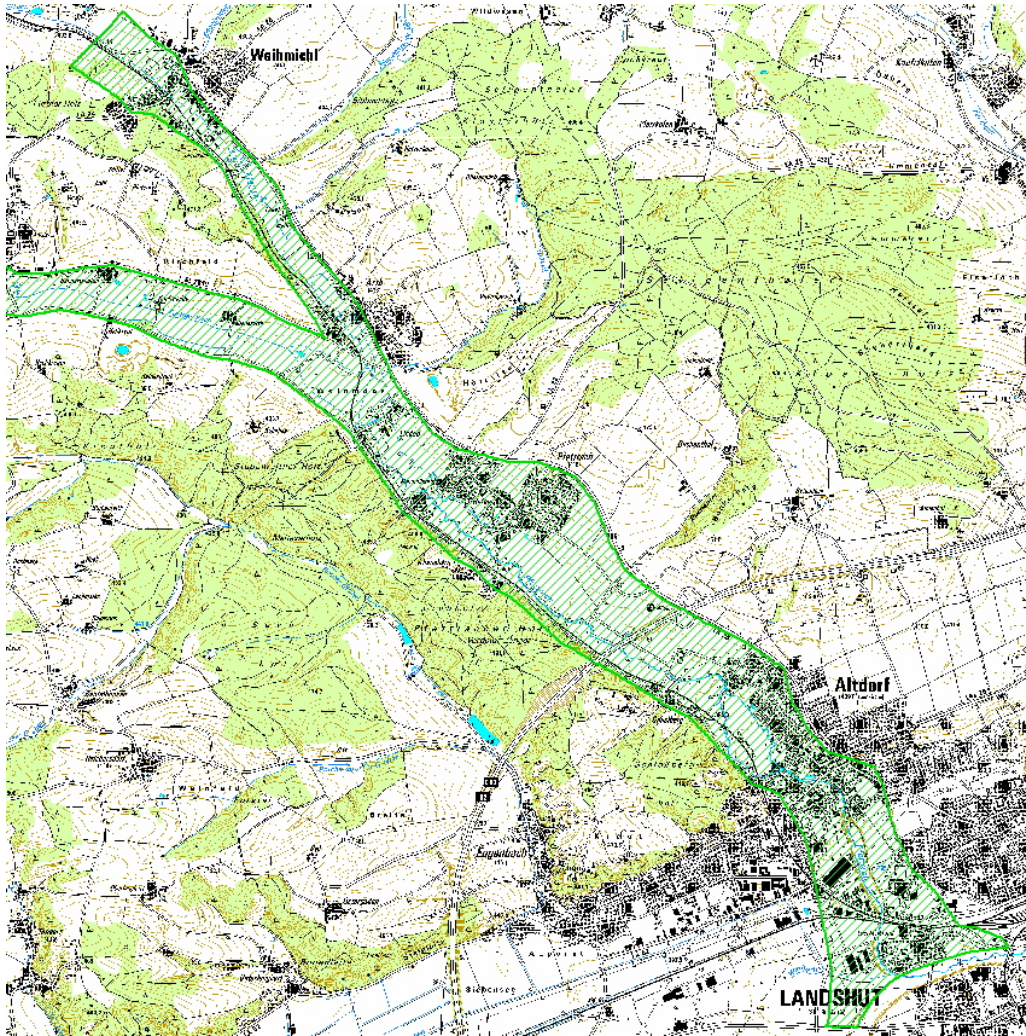


Abbildung 1.3: Untersuchungsgebiet Pfettrach

Das Untersuchungsgebiet des Further Bachs reicht von Station 10+000 bei Obermünchen bis zur Einmündung des Further Bachs in die Pfettrach bei Station 0+000. In Abbildung 1.4 ist das Untersuchungsgebiet des Further Bachs dargestellt.

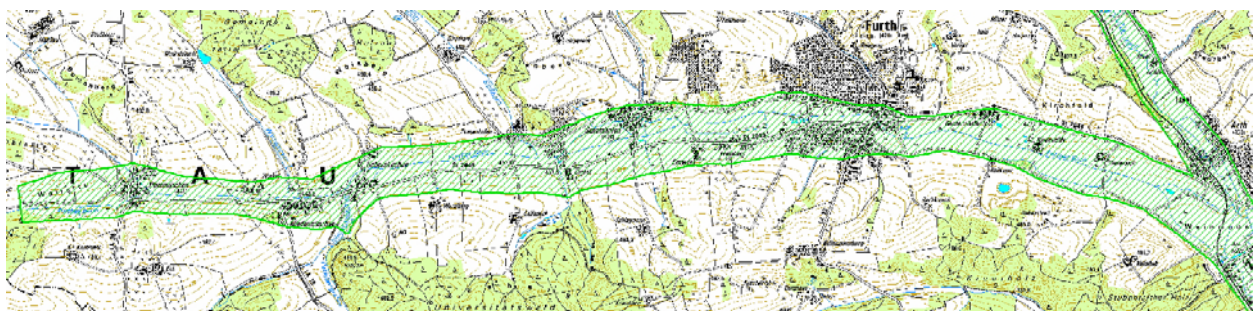


Abbildung 1.4: Untersuchungsgebiet Further Bach

Insgesamt wird eine Gewässerlänge von 34,3 km untersucht. Als Grundlage für die hydraulischen Berechnungen werden 2-dimensionale hydraulische Berechnungsmodelle der Untersuchungsgebiete auf der Grundlage der folgenden Datenquellen erstellt:

- durch Befliegung erfasste Laserscanningdaten,
- terrestrisch vermessene Geländeinformationen und
- Bauwerkspläne.

Um die hydraulischen Modelle anzupassen, wird an der Pfettrach die Pegelkurve des Löschenbrandpegels nachgerechnet. Weiterhin werden umfangreiche Plausibilitätsprüfungen anhand der ermittelten Überschwemmungsgebiete für einen 10- und einen 100-jährlichen Abfluss durchgeführt.

Als Grundlage für die Ermittlung der Überschwemmungsgebiete wird in Landshut bei Altdorf stromaufwärts des Löschenbrandpegels der Sanierungszustand nach Umsetzung geplanter Hochwasserschutzmaßnahmen an den Deichen untersucht. Als Grundlage für die Ableitung von Katastrophenschutzmaßnahmen wird ergänzend der Fall untersucht, dass ein 100-jährliches Hochwasser auftritt, bevor die Deiche saniert sind.

2. Berechnungsgrundlagen

2.1 Berechnungsprogramm

Die hydraulischen Berechnungen werden 2-dimensional und stationär mit dem Programm HYDRO_AS-2D durchgeführt, das in der bayrischen Wasserwirtschaftsverwaltung eine breite Anwendung findet. Durch die 2-dimensionale Berechnung können die Strömungsverhältnisse und die Überflutungsvorgänge genauer ermittelt werden, als bei einer 1-dimensionalen Berechnung. Eine getrennte Berechnung von Flussschlauch und Vorländern entfällt. Die komplexen Strömungsinteraktionen zwischen Flussschlauch und Vorland sowie mögliche Rückstau- und andere (2-dimensionale) Fließeffekte werden implizit berücksichtigt.

Ausgangspunkt für die 2-dimensionale mathematische Modellierung sowohl von Strömungsvorgängen in natürlichen Fließgewässern als auch für die Wasserspiegellagenberechnung und Flutwellenausbreitung sind die 2d-tiefengemittelten Strömungsgleichungen¹, die auch als Flachwassergleichungen bekannt sind. Das im Modell integrierte numerische Verfahren basiert auf der Lösung der 2d-tiefengemittelten Strömungsgleichungen mit Hilfe der Finite-Volumen-Methode.

2.2 Hydraulisches Modell

2.2.1 Abflüsse

Die Abflüsse entlang der Gewässer wurden anhand für jedes Gewässer mit einer jeweils einheitlichen Abflussspende entsprechend der Einzugsgebietsgröße ermittelt. Im Tabelle 2.1 sind die Abflussspenden und die resultierenden Abflüsse für die vier Gewässer aufgeführt.

¹ Abbott, M.B.: *Computational Hydraulics, Elements of the Theory of Free-Surface Flows*, Pitman Publ., London, (1979)

Tabelle 2.1: Abflussspenden

	Abflussspende [l/(s·km ²)]			
	Schambach	Sandelbach	Pfettrach	Furtherbach
HQ ₁₀₀	368	753	865	863
HQ ₁₀	215	407	364	363
HQ ₅	153	320	255	254

Die Abflüsse entlang der Einzugsgebiete der vier Gewässer sind in den folgenden vier Tabellen aufgeführt.

Tabelle 2.2: Abfluss Schambach [m³/s]

Gebietskennzahl	138921, 138922, 138923, 138924, 138925			138926	138929
Fläche [km ²]	146,2			0,86	2,83
Ab Station	4+400	3+300	2+100	1+300	0+900
HQ ₁₀₀	54,0	56,3	58,6	59,0	60,0
HQ ₁₀	31,5	32,8	34,2	34,4	35,0
HQ ₅	22,5	23,5	24,4	24,6	25,0

Tabelle 2.3: Abfluss Sandelbach [m³/s]

Gebietskennzahl	1361421	1361422	1361423	1361424	1361425	1361426	1361429
Fläche [km ²]	4,25	1,47	0,68	0,6	4,46	0,88	2,15
Zugabe bei Station	5+500	3+700	3+500	3+000	2+800	2+100	2+000
HQ ₁₀₀	3,2	4,3	4,8	5,3	8,6	9,3	10,9
HQ ₁₀	1,7	2,3	2,6	2,8	4,7	5,0	5,9
HQ ₅	1,4	1,8	2,1	2,2	3,7	4,0	4,6

Tabelle 2.4: Abfluss Pfettrach [m³/s]

Gebietskennzahl	1672411, 1672412, 1672413	1672414	1672419	1672431	1672432 + Further Bach	1672433	1672434	1672435	1672436	1672439
Fläche [km ²]	20,3	8,1	7,2	1	3,8	0,7	1,4	5,1	0,3	1,2
Ab Station	10+800	10+400	9+400	6+400	7+400	5+000	4+600	4+000	3+000	3+000
HQ ₁₀₀	17,6	24,6	30,8	31,6	87,2	87,8	89,0	93,5	93,7	94,8
HQ ₁₀	7,4	10,3	12,9	13,3	36,7	36,9	37,5	39,3	39,4	39,9
HQ ₅	5,2	7,2	9,1	9,3	25,7	25,9	26,2	27,5	27,6	27,9

Tabelle 2.5: Abfluss Further Bach [m³/s]

Gebietskennzahl	1672421	1672422	1672423		1672424	1672429	
Fläche [km ²]	12,2	9,1	15,4		10,3	13,6	
Ab Station	10+000	9+200	8+000	7+600	6+000	5+000	3+200
HQ ₁₀₀	10,5	18,4	21,0	31,7	40,6	46,4	52,3
HQ ₁₀	4,4	7,7	8,9	13,3	17,1	19,5	22,0
HQ ₅	3,1	5,4	6,2	9,3	11,9	13,7	15,4

2.2.2 Auslaufrandbedingung

Die Auslaufrandbedingungen an den Einmündung der vier untersuchten Gewässer in den jeweiligen Vorfluter werden vom Wasserwirtschaftsamt Landshut festgelegt. Die Schambach mündet in den Main-Donau-Kanal und die Pfettrach in die Flutmulde der Isar ein. In beiden Fällen ist der Vorfluter sehr viel größer als das einmündende Gewässer. Niederschlagsereignisse, die an kleinen Gewässern zu extremen Abflüssen führen, sind wesentlich kleinräumiger und weisen eine geringere Niederschlagsdauer auf, als die Niederschlagsereignisse, die an großen Gewässern zu Hochwasser führen. Für die Schambach und die Pfettrach wird deshalb für die Hochwasserberechnung von einem freien Auslauf in die übergeordneten Gewässer ausgegangen. Die Pfettrach und der Further Bach werden gemeinsam untersucht, so dass für den Further Bach keine eigene Randbedingung festgelegt wird. Die Auslaufrandbedingung für den Sandelbach ist in Tabelle 2.6 dargestellt.

Tabelle 2.6: Auslaufrandbedingung Sandelbach

Sandelbach	Abens	
		Wspl [m ü. NN]
HQ ₁₀₀	HQ ₁	422,00
HQ ₁₀	HQ ₁₀	422,65
HQ ₅	HQ ₂₀	422,79

2.2.3 Flussschlauch

Um die numerische Simulation durchzuführen, werden die Untersuchungsgebiete in diskrete Dreiecks- und Viereckselemente aufgeteilt (siehe Abbildung 2.2). Dabei werden die hydrodynamischen Gegebenheiten wie Fließ-, Deich- und Wegeverläufe erfasst, was für den zu modellierenden Strömungsprozess eine entscheidende Rolle spielt. Im Bereich des Flussschlauches ist das Berechnungsnetz feiner, als in den Vorländern.

Der Flussschlauch der Gewässer und der Mühlbäche wird auf der Grundlage von Querprofilen und auf der Grundlage von Uferlinien generiert. In Tabelle 2.7 sind die Kennwerte der vier Gewässer zusammengestellt.

Tabelle 2.7: Kennwerte der Gewässergeometrie

Gewässer	Gewässerslänge [km]	Sohlhöhe [m ü. NN]		Mittleres Gefälle [%]	Anzahl der vermessenen Querprofile
		am Untersuchungsgebietsbeginn	an der Einmündung		
Schambach	4,4	361	347	3,1	56
Sandelbach	5,2	455	421	6,5	81
Pfettrach	10,8	428	388	3,7	110
Further Bach	10,0	449	419	3,0	134

Die letztendlich zu modellierenden Gewässerabschnitte, Hochwasserentlastungserinne und Mühlkanäle wurden auf der Grundlage der Erkenntnisse der Ortsbegehungen in Absprache mit dem Wasserwirtschaftsamt Landshut festgelegt. Es hat sich gezeigt, dass die Gerinnegeo-

metriedaten ergänzt werden müssen. Für einen Teil der zu modellierenden Gerinne weder Uferlinien noch Böschungsoberkanten vor. An der Pfettrach laufen zur Zeit Hochwasserschutzplanungen. Diese Hochwasserschutzmaßnahmen werden aus den Planungsunterlagen übernommen. Diese müssen zunächst georeferenziert werden, um den demnächst aktuellen Zustand abzubilden. Insgesamt handelt es sich um eine Gewässerstrecke von ca. 17 km, für die Uferlinien bzw. Böschungsoberkanten generiert werden. In Tabelle 2.8 sind die Abschnitte aufgeführt, für die die Geometrie der Gerinne ergänzt wird.

Tabelle 2.8: Gerinnegeometrieergänzung

Gewässer	Abschnitt	Station	Länge [m]
Sandelbach	Hochwassergebinne Neumühle	0+450	550
	Fischtreppe Streichmühle Sandelzhausen	0+250	50
Schambach	Kohlmühle Hochwasserentlastungsbinnenne	2+800	530
	Hochwasserschutzmauer in Riedenbunrg	0+850	100
	Schneemühle	0+800	300
	Hochwasserentlastungsmulde zum Main Donau Kanal	0+280	140
Further Bach	Gesamtstrecke	-	10.000
Pfettrach	Bereich Planung in Landshut	2+600	2.600
	Altdorf	3+000 - 2+000	750
	Pfettrach in Linden	7+400 - 6+000	1.550

Die Lage der fehlenden Uferlinien bzw. Böschungsoberkanten wird anhand der Befliegungsbilder digitalisiert. In Bereichen, in denen die Querprofile einen geringen Abstand aufweisen, wie am Further Bach und im Bereich der Hochwasserschutzplanung in Landshut, wird der Höhenverlauf der Uferlinien bzw. Böschungsoberkanten zwischen den Querprofilen interpoliert. Trotz des geringen Profilabstands ergeben sich am Further Bach zwischen den Querprofilen Abschnitte mit einer Böschungsoberkante, die über dem Niveau des durch Laserscanning erfassten Vorlands liegt. Da am Further Bach keine ausgeprägten Deichstrukturen entlang des Gerinnes existieren, wird für den Fall, dass die interpolierte Höhe der Böschungsoberkante über dem Niveau der Laserscanningdaten liegt, die Höhe aus den Laserscanningdaten verwendet.

In Bereichen der Gerinne, in denen der Höhenverlauf der Uferlinien bzw. Böschungsoberkanten zwischen den Querprofilen (beispielsweise aufgrund eines zu großen Profilabstands) nicht zwischen den Profilen interpoliert werden kann, wird der Höhenverlauf der Uferlinien bzw. der Böschungsoberkanten ermittelt, indem diesen das Niveau der Laserscanningdaten zugewiesen werden.

2.2.4 Vorlandgeometrie

Ausdünnung der Laserscanningdaten

Für die Vorländer der Gewässer liegen Laserscanningdaten mit einer Rasterweite von 2 Metern vor. Hieraus resultiert eine Gesamtpunktzahl von über 4 Millionen Punkten. Laserscanningdaten werden üblicherweise für 2-dimensionale hydraulische Wasserspiegellagenberechnungen

in ebenen Bereichen ausgedünnt, um die Datenmenge zu reduzieren und die Rechenzeiten vertretbar zu halten. Die Reduzierung der Datenmenge wird mit dem Programm Laser-AS-2D durchgeführt. Dabei wird im Bereich von Bruchkanten ein hydraulisches Berechnungsnetz erzeugt, das den Höhenverlauf der Bruchkanten mit geringen Abweichungen folgt. Einzelne „Ausreißer“ werden ausgefiltert, so dass in diesen Bereichen größere Abweichungen zwischen Originaldaten und dem Berechnungsnetz auftreten können. Der mittlere Wert der absoluten Höhenabweichung DH ist wie folgt definiert:

$$DH = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |z_i - z_i^{\text{interpoliert}}|$$

wobei n die gesamte Punktzahl des Rasters ist. In Abbildung 1.1 ist für einen Ausschnitt im Bereich von Kleingungertsausen die absolute Höhendifferenz exemplarisch dargestellt.

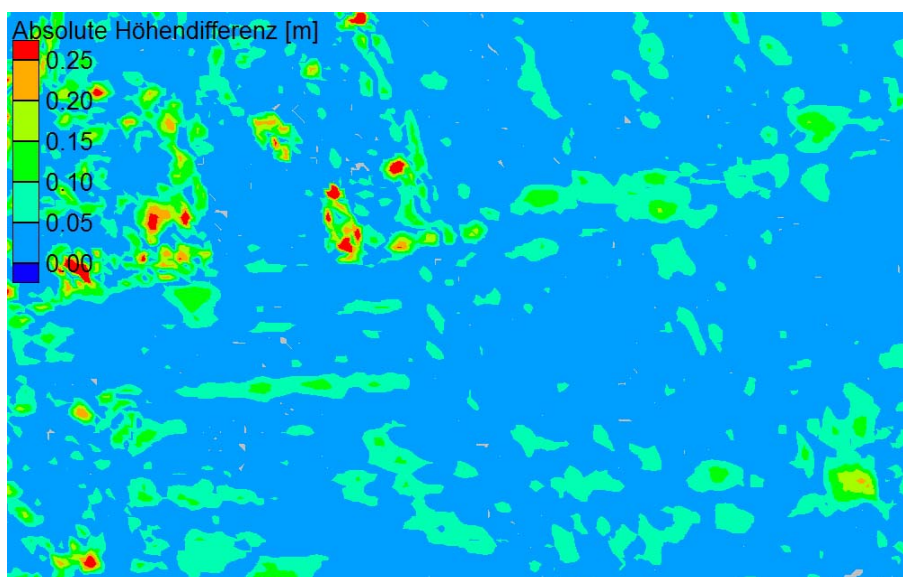


Abbildung 2.1: Absolute Höhendifferenz im Bereich von Kleingungertsausen

In Tabelle 2.9 sind die Abweichungen im Bereich der vier Gewässer zusammengestellt. Die Ausdünnung wurde in allen Teilgebieten mit den gleichen Parametern durchgeführt. Die größeren Abweichungen an der Schambach resultieren aus dem an den Talflanken steil ansteigenden Gelände (siehe Abbildung 2.2). Im Bereich der steilen Talflanken verursachen Lageverschiebungen, z. B. aus der Längsinterpolation entlang der Bruchkanten, rechnerisch Höhenabweichungen, auch wenn die Höhe der Bruchkante an sich richtig erfasst ist.

Tabelle 2.9: Absolute Höhendifferenz

	Mittlere absolute Höhenabweichung [m]	Ausreißer (DH > 0,3 m) [%]
Schambach	0,08	3,6
Sandelbach	0,06	1,4
Pfettrach	0,04	0,7
Further Bach	0,05	0,9

Schambach

Neben den Informationen aus den Laserscanningdaten werden an der Schambach die als Koordinatenliste vorliegenden Höhen- und Lageangaben zu den Hochwasserschutzmaßnahmen im Bereich Riedenburg berücksichtigt und im Längsschnitt dargestellt. Das 1,5 km² große Untersuchungsgebiet der Schambach wird aus 80.000 Knoten und 150.000 Elementen aufgebaut. Abbildung 2.2 zeigt einen Ausschnitt des hydraulischen Berechnungsnetzes.

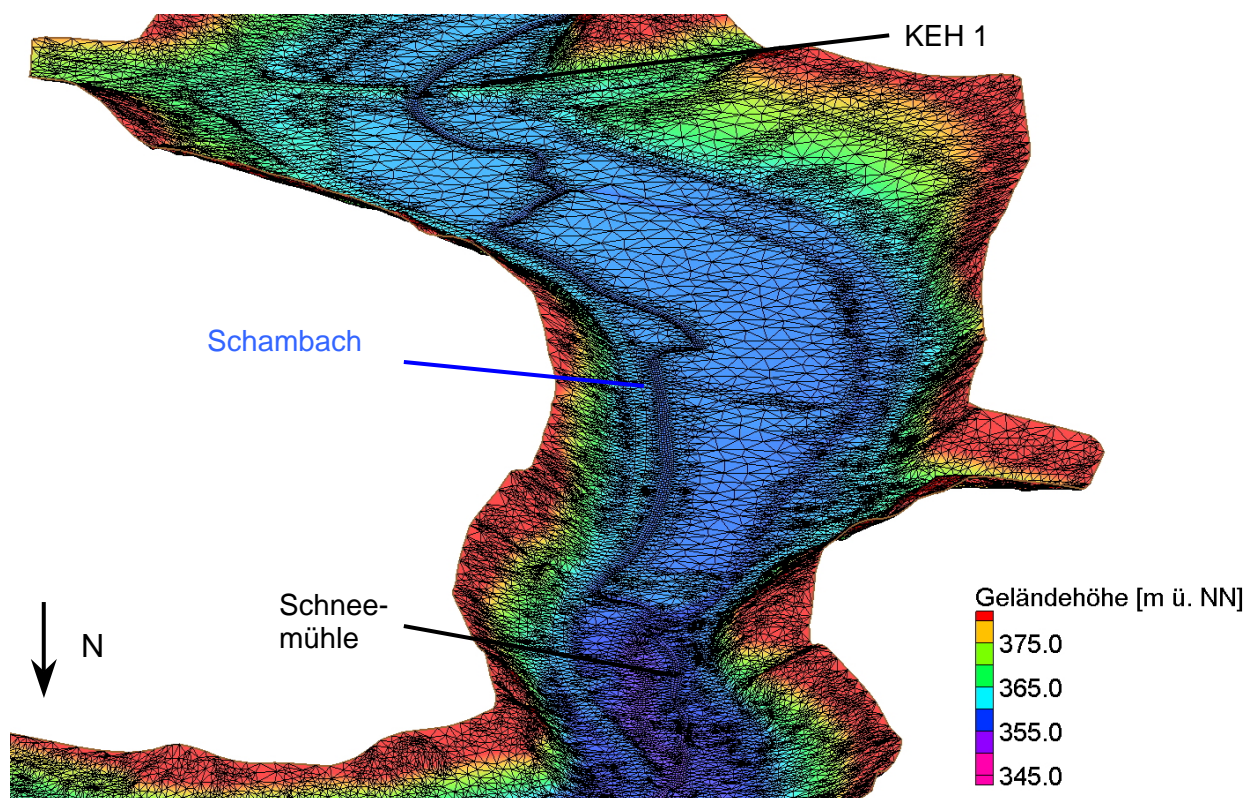


Abbildung 2.2: Ausschnitt aus dem hydraulischen Berechnungsnetz der Schambach

Sandelbach

In Bereichen, in denen seit der Befliegung, auf der die Laserscanningdaten basieren, Baumaßnahmen durchgeführt wurden, werden ergänzende Geometriedaten in das hydraulische Berechnungsnetz eingearbeitet. Dies betrifft insbesondere den Bereich der Renaturierungsmaßnahmen am Sandelbach in Großgungertshausen. Das 4,1 km² große hydraulische Berechnungsnetz des Sandelbachs wird aus 161.000 Knoten und 307.000 Elementen aufgebaut.

Pfettrach und Further Bach

An der Pfettrach werden zwischen Landshut und Altdorf bereits umgesetzte Baumaßnahmen am Flussbett bis zu den Deichen abgebildet. Für die Ermittlung der Überschwemmungsgebiete werden weitere bereits geplante Hochwasserschutzmaßnahmen und der Umbau des Lö-

schenbrandpegels im hydraulischen Berechnungsmodell abgebildet. Dieser Zustand ist auch in den in Anlage 1 beigelegten Lageplänen dargestellt.

Als Grundlage für die Ableitung von Katastrophenschutzmaßnahmen für den Fall, dass ein Hochwasser auftritt, solange diese Hochwasserschutzmaßnahmen noch nicht umgesetzt sind, wird ein 100-jährliches Hochwasser für den jetzigen Zustand hydraulisch berechnet. Da bei einem solchen Hochwasser sowohl im Westen als auch im Osten der Rand des Auswertungsbereichs erreicht wird, wird diese Untersuchung um etwa 1,8 km² erweitert.

Die Pfettrach und der Further Bach werden mit einem gemeinsamen 11,7 km² großen hydraulischen Berechnungsnetz untersucht. Dieses wird aus 403.000 Knoten und 750.000 Elementen aufgebaut.

2.2.5 Nutzungen und Rauheitsbeiwerte

Den einzelnen Elementen des hydraulischen Berechnungsnetzes werden Rauheitswerte nach Manning-Strickler zugewiesen. Den Elementen der Vorländer werden Landnutzungen anhand der vom AdV-Arbeitskreis Topographie und Kartographie erarbeiteten Klassifikation der Landbedeckung (ATKIS) zugeordnet. In Abbildung 2.3 ist ein Ausschnitt des hydraulischen Berechnungsnetzes im Bereich von Altdorf mit den zugeordneten Nutzungen dargestellt.



Abbildung 2.3: Nutzungszuordnung im Bereich von Altdorf

Die Rauheitsbeiwerte für die jeweilige Nutzung werden auf Grundlage der Angaben des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft unter Berücksichtigung der örtlichen Gegebenheiten festgelegt. Tabelle 2.10 zeigt die den jeweiligen Nutzungen zugeordneten Rauheitsbeiwerte. Gebäude werden in den hydraulischen Modellen durch nicht durchströmbare Elemente modelliert.

Tabelle 2.10: Zuordnung der Rauheitsbeiwerte zu den Nutzungen

Nutzung	Rauheit [m ^{1/3} /s]	Nutzung	Rauheit [m ^{1/3} /s]
Ackerland	15	Grünland	20
Bebauung	10	Siedlungsfreiflächen	16
Flussschlauch Further Bach	28	Sonstige Nutzung	20
Flussschlauch Pfettrach stromabwärts Station 2.250	30	Sonstige Siedlungsflächen	12
Flussschlauch Pfettrach stromaufwärts Station 2.250	28	Sonstiges Fließgewässer	25
Flussschlauch Sandelbach	28	Stehendes Gewässer	30
Flussschlauch Schambach	28	Strasse Weg	40
Gartenland	14	Verkehrsflächen	40
Gehölzsaum	12	Wald	10
Gewerbegebiet	12		

2.2.6 Brücken und Durchlässe

Der Abfluss durch Brückenbauwerke wird im Programm HYDRO_AS-2D 2-dimensional berechnet. Dabei wird das hydraulische Berechnungsnetz so angepasst, dass die Widerlager der Brücke durch nicht durchströmbare Elemente abgebildet werden. Wenn der Brückenquerschnitt durch Brückenpfeiler eingeengt wird, werden die zugehörigen Netzelemente ebenfalls als nicht durchflossen modelliert. Für die Knoten des hydraulischen Berechnungsnetzes, die sich unter Brücken befinden, wird eine wirksame Bauwerksunterkante definiert, die an diesen Stellen den möglichen Abflussquerschnitt nach oben begrenzt. Der bei Überströmung der Brücke oberhalb des Brückenträgers fließende Abflussanteil wird nicht erfasst. In Abbildung 2.4 ist exemplarisch die Fußgängerbrücke am Stadtweiher in Riedenburg dargestellt.



Abbildung 2.4: Fußgängerbrücke am Stadtweiher in Riedenburg

Im Gegensatz zu dem zuvor beschriebenen Verfahren zur Berechnung von Brückenbauwerken, werden kleinere Durchlässe mit Hilfe empirischer Formeln erfasst, da in ihrem Bereich die Voraussetzungen der Flachwassergleichungen teilweise verletzt werden. Zudem müsste das Berechnungsnetz im Bereich der Durchlässe sehr stark verfeinert werden, was den Berechnungsaufwand und die benötigte Zeit stark ansteigen ließe.

Der Durchfluss durch eine Öffnung wird in HYDRO_AS-2D gemäß folgender Formel berechnet²:

$$Q = c \cdot A \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot \Delta H} \text{ [m}^3\text{/s]}$$

mit:

A = durchströmte Fläche im für die Abflussermittlung maßgebenden Querschnitt,

ΔH = Höhenunterschied zwischen Wasserstand im Oberwasser und im für die Abflussermittlung maßgebenden Querschnitt;

c = Abflussfaktor (Standardwert c = 0,9).

Hinsichtlich des Abflussverhaltens werden vier Fälle unterschieden:

- (1) Der Abflussquerschnitt ist nicht gefüllt, und es tritt ein Fließwechsel auf. Der Abfluss erfolgt als Freispiegelabfluss, und der Unterwasserstand beeinflusst das Oberwasser nicht. Maßgebend ist der Querschnitt, in dem die Grenzwassertiefe erreicht wird und somit der Fließwechsel stattfindet. Die Berechnungsparameter ergeben sich zu:

A = A_{gr} = Abflussquerschnitt für die Grenzwassertiefe und

$\Delta H = 1/2 h_{gr}$; h_{gr} = Grenzwassertiefe.

- (2) Der Abflussquerschnitt ist nicht gefüllt, wobei kein Fließwechsel und der Abfluss strömend erfolgt. In diesem Fall kann es zu einem Rückstau im Oberwasser kommen, und der Unterwasserstand h_{uw} beeinflusst den Abfluss ebenso wie der Oberwasserstand h_{ow}. Der für den Fall (i) ermittelte Abfluss wird dementsprechend mit folgendem Abminderungsfaktor multipliziert:

$$c_s = \sqrt{1 - \left(\frac{h_{uw}}{h_{ow}}\right)^{16}}.$$

- (3) Der Abflussquerschnitt ist vollständig gefüllt, so dass der Durchlass als Druckrohrströmung berechnet wird. Am Auslauf kommt es zudem zu einem Fließwechsel, so dass der Unterwasserstand keinen Einfluss auf das Oberwasser hat. Die Berechnungsparameter folgen zu:

A = A_d = abflusswirksamer Bauwerksquerschnitt und

$\Delta H = h_{ow} - z_{kuk}$ mit z_{kuk} = Höhe der abflusswirksamen Bauwerksunterkante.

²Hydro_AS-2D, Ein 2-dimensionales Strömungsmodell für die wasserwirtschaftliche Praxis, Benutzerhandbuch.

- (4) Der Abflussquerschnitt ist vollständig gefüllt, und es tritt kein Fließwechsel am Ausfluss auf, so dass es zu einem Aufstau im Oberwasser kommt. Die Berechnungsparameter folgen zu:

$$A = A_d \text{ und}$$

$$\Delta H = h_{ow} - h_{uw} .$$

Im Programm tritt der Fall 4 auf, sobald der Unterwasserstand größer wird als die abflusswirksame Bauwerksunterkante. Der Übergang vom Fall 3 zum Fall 4 geschieht jedoch in der Praxis nicht auf einmal, sondern erfolgt, abhängig vom Bauwerkstyp, in einem gewissen Übergangsbereich. Infolgedessen kann es in diesem Abflussbereich zu einer geringfügigen Abweichung im ermittelten Durchfluss kommen.

Die Geometrie der Brückenbauwerke ist in den Längsschnitten in Anlage 1 dargestellt. Die vier Brücken an der Schambach, für die keine Vermessungsdaten vorliegen, sind für den Hochwasserabfluss nicht relevant. Im einzelnen sind dies:

- Brücke direkt stromabwärts der Mittelmühle,
- hochliegende Brücke 80 m stromabwärts der Mittelmühle,
- Brücke der Einleitung der alten Schambach in den Stadtweiher und
- Brücke stromabwärts der Schneemühle.

2.2.7 Abstürze, Wehranlagen und Kraftwerke

Abstürze

Wenn durch das Verhältnis der Absturz- bzw. Überfallhöhe zur Wassertiefe über der Überfallschwelle die Voraussetzungen der Flachwassergleichungen verletzt werden, wird der Abfluss Q mit der Überfallformel nach Poleni bzw. Du Buat berechnet:

$$Q = c_u \cdot \frac{2}{3} \cdot \mu \cdot b \cdot \sqrt{2 \cdot g} \cdot h_E^{3/2} \quad [m^3 / s]$$

Der Überfallbeiwert μ wird entsprechend der Wehrform angepasst. Weiterhin gehen die Breite der Krone b und die Energiehöhe h_E im Oberwasser in Bezug auf die Kronenhöhe ein. Der Abminderungsfaktor c_u berücksichtigt die Auswirkung eines Einstaus des Wehres vom Unterwasser her (unvollständiger Überfall) und wird über die Formel:

$$c_u = \sqrt{1 - \left(\frac{h_{uw}}{h_{ow}} \right)^n}$$

mit einem Exponent n von 16 für breitkronige Wehrkörper bestimmt. Dabei stehen h_{uw} und h_{ow} für die Wassertiefe des Ober- bzw. Unterwassers bezogen auf die Kronenhöhe des Wehrüberfalls.

Schambach

Etwa 350 m stromaufwärts der Kohlmühle wird bei Hochwasser ein 2,2 m breites Schütz mit einer Kronenhöhe von 359,89 m ü. NN gezogen. Wasser, das nicht im Mühlkanal abgeleitet

werden kann, fließt im Hochwasserentlastungsgerinne östlich der Kohlmühle ab. Für die Wasserspiegellagenberechnung wird bei Hochwasser am Kraftwerk selbst kein Durchfluss modelliert. Für Riedenburg liegen Angaben aus der Betriebsvorschrift für die Hochwasser-schutzanlagen entlang der Schambach von der Schneemühle bis zum Stadtweiher vor. In der Schambach fließen bei Hochwasser westlich des Talraums nur 0,3 m³/s ab. Der Durchlass unter der St 2231 wird bei Hochwasser mit Dammbalken geschlossen. Durch das Drosselbauwerk zur kleinen Schambach werden auch im Hochwasserfall nur 30 l/s geleitet.

Der Abfluss an der Mittermühle und der Schneemühle wird auf 2 m³/s (incl. Übergang) begrenzt. Die Hauptwassermenge fließt in der Talmitte ab. Da die Schambach zwischen der Schneemühle und der Mittermühle hochliegend den Talraum kreuzt, wird im Talraum abfließendes Wasser unter der Schambach in einem Düker hindurchgeleitet.

Sandelbach

Die Obermühle (Station 3+400) und die Mittermühle (Station 3+000) am Sandelbach wurden aufgelassen und beeinflussen den Abfluss nicht mehr. Der Leerschuss der Rothmühle (Station 2+700) ist mit keiner Mechanik ausgerüstet, mit der er bei Hochwasser zuverlässig gezogen werden kann. Bei Hochwasser strömt das Wasser vor allem über das rechte Ufer des Sandelbachs und strömt unterhalb der Rothmühle wieder in den Sandelbach. Stromaufwärts der Neumühle wird bei Station 0,450 im Hochwasserfall Wasser über die 3 m breiten Hochwasserentlastung (Kronenhöhe 426,51 m ü. NN) zum Hochwasserentlastungsgerinne abgeschlagen. Durch das Kraftwerk selbst wird kein Hochwasserabfluss modelliert. An der Streichmühle bei Station 0,200 wird der 0,75 m breite Leerschuss mit einer Kronenhöhe von 422,65 m ü. NN und der Abfluss über das Streichwehr zur Fischtreppe modelliert.

Pfettrach und Further Bach

An der Pfettrach wird der Düker bei Station 7+300 modelliert. An dem Düker wird der Normalabfluss der Pfettrach und des Further Bachs unter dem Hochwassergerinne der Pfettrach hindurch zur Haunmühle geleitet. Bei Hochwasser strömt der Großteil des Abflusses aus dem Further Bach und der Pfettrach nach Süden. Etwa 50 m stromaufwärts der Haunmühle wird Wasser aus dem Mühlbach über eine 1,1 m breite Hochwasserentlastung mit einer Kronenhöhe auf 410,41 m ü. NN nach Süden zur Pfettrach hin abgeleitet. Der Leerschuss der Haunmühle ist 1,1 m breit und hat eine Kronenhöhe von 410,41 m ü. NN. Am Schlauchwehr bei Station 1+800 wird der Wasserspiegel der Pfettrach konstant auf einem Niveau von 394,85 m ü. NN eingestellt. Die Kindsmühle am Further Bach wurde aufgelassen.

2.3 Anpassung des hydraulischen Modells

Da an keinem der vier Gewässer Wasserspiegelfixierungen abgelaufener Hochwasserereignisse vorliegen, werden die Berechnungsergebnisse anhand umfangreicher Plausibilitätsprüfungen und durch Vergleich mit beobachteten Überschwemmungen bei abgelaufenen Hochwasserereignissen anhand der Ergebnisse für den 100-jährlichen und den 10-jährlichen Abfluss vom Wasserwirtschaftsamt Landshut geprüft.

Zusätzlich wird das hydraulische Modell der Pfettrach anhand der Wasserstandsbeziehung am Löschenbrandpegel detaillierter überprüft. Abbildung 2.5 zeigt einen Vergleich der Berechnung

mit der Pegelabflusstafel am Löschenbrandpegel. Wie dargestellt weist der berechnete Wasserstand und die Abflusstafel bis zu einem Abfluss von 20 m³/s eine sehr gute Übereinstimmung auf. Bei größeren Abflüssen wird bei der 2-dimensionalen hydraulischen Berechnung bei gleichem Abfluss ein höherer Wasserstand berechnet. Die Ursache hierfür liegt darin, dass die Messungen, auf deren Grundlage die Abflusstafel erstellt wurde, nur für niedrige und mittlere Abflüsse vorliegen und die Kurve für hohe Abflüsse extrapoliert wurde.

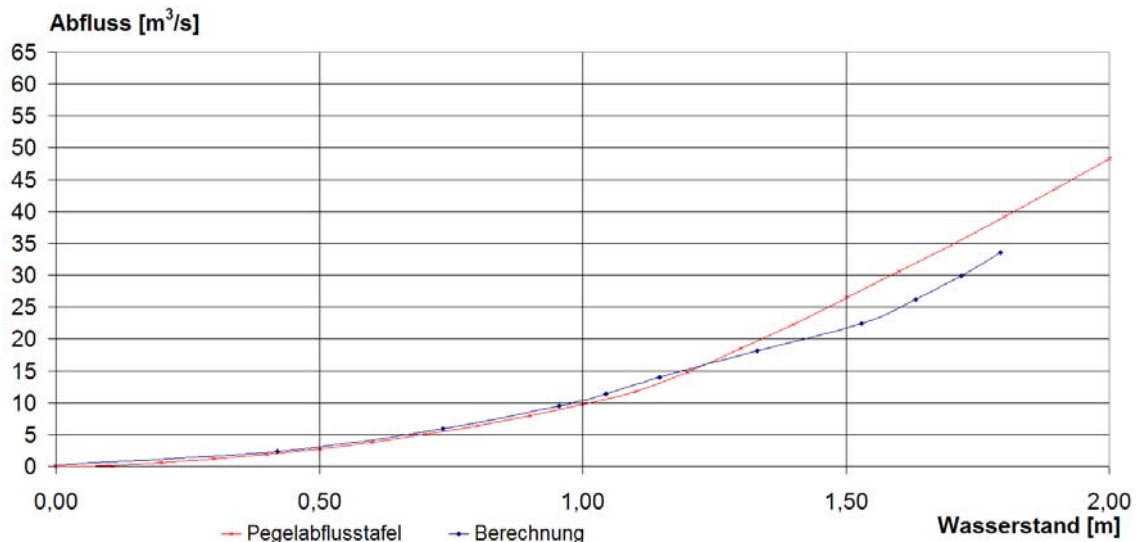


Abbildung 2.5: Vergleich Berechnung und Pegelabflusstafel am Löschenbrandpegel

Aufgrund der umfangreicher Plausibilitätsprüfungen und den Vergleich mit beobachteten Überschwemmungen bei abgelaufenen Hochwasserereignissen ist die Vertrauenswürdigkeit der endgültigen Berechnungsergebnisse sichergestellt.

3. Berechnungsergebnisse

3.1 Allgemeines

Die Überschwemmungsgebiete, die für einen 100-jährlichen Abfluss, sowie für einen 10- und einen 5-jährlichen Abfluss ermittelt werden, sind in den Lageplänen in Anlage 1 entsprechend des Planverzeichnisses zusammengestellt.

Die Pläne H 100, H 200, H 300 und H 400 zeigen Übersichtslagepläne der Überschwemmungsgebiete der Schambach, des Sandelbachs, der Pfettrach und des Further Bachs für die drei Wiederkehrzeiten im Maßstab 1 : 25.000. In den Folgeplänen sind jeweils im Maßstab 1 : 2.500 für die in den Übersichtsplänen aufgeführten Blattschnitte die Überschwemmungsgebiete mit einer farblichen Abstufung der Wassertiefen dargestellt. In diesen Plänen wird weiterhin alle 200 m die Wasserspiegellage an der jeweiligen Station angegeben.

Ab der Plannummer H 151, H 251, H 351 und H 451 sind in Längsschnitte entlang der Flussachse die Wasserspiegellagen für die 3 Wiederkehrzeiten eingetragen. Ergänzend zu den Schnitten durch die Flussachse ist im Schnitt H 152 ein Schnitt durch das Hochwasserentlastungsgerinne in Riedenburg dargestellt. Zu beachten ist, dass die Wasserspiegellagen im Flussschlauch nur einen ungefähren Anhaltspunkt für die Wasserspiegellagen im Vorland geben. Wenn die exakten Wasserspiegellagen im Vorland benötigt werden, sollte auf die beigelegten Berechnungsergebnisse zurückgegriffen werden.

3.2 Ergebnisse für die einzelnen Gewässer

3.2.1 Schambach

Bereits beim HQ_5 wird stromaufwärts der Kohlmühle der Talraum zwischen dem Weg entlang der Kohlmühlenleite und der St 2231 weitgehend geflutet. Nur die Flurstücke 211/2, 211, 214, 763 (zur Hälfte), 217/3, 398/17, 626/43, 627, 628 und die Flurstücke am linken Talrand im Bereich der Kohlmühle liegen so hoch, dass sie zu großen Teilen beim HQ_5 nicht vom Hochwasser betroffen sind. Aufgrund der Trogform des Tals der Schambach mit steilen Hängen (siehe Abbildung 2.2) nimmt die Überschwemmungsfläche beim HQ_{10} und beim HQ_{100} nur in geringem Maß gegenüber der überschwemmten Fläche beim HQ_5 zu.

Auch zwischen der Kohlmühle und der Schneemühle wird bereits beim HQ_5 der Talraum weitgehend überschwemmt. Davon sind auch einzelne Gebäude am linken Talrand am Moosleitenweg knapp stromaufwärts der Schneemühle betroffen. Lediglich im Bereich des Ortes Schambach liegen mehrere Flurstücke am rechten Talrand und auch die bebauten Bereiche so hoch, dass sie nicht vom Hochwasser betroffen sind. Wie im Bereich südlich der Kohlbergmühle ergeben sich nur geringe Änderungen zwischen dem HQ_5 , dem HQ_{10} und dem HQ_{100} .

Im Bereich der Schneemühle und der Mittermühle sind beginnend beim HQ_5 und zunehmend bei höheren Abflüssen einzelne Gebäude vom Hochwasser betroffen. Die Hochwasserschutzbauwerke werden beim HQ_{100} noch nicht überströmt. Im Längsschnitt H 152 ist ein Schnitt durch das Hochwasserentlastungsgerinne in Riedenburg dargestellt. Wie in dem Schnitt dargestellt ist der Freibord der Hochwasserschutzmaßnahmen abschnittsweise sehr gering (kleiner 5 cm).

3.2.2 Sandelbach

Der Sandelbach tritt beginnend beim HQ_5 in Großgungertshausen über seine Ufer. Mit zunehmendem Abfluss sind dabei auch vereinzelt Gebäude betroffen. Auch beim HQ_{100} bleiben die überschwemmten Flächen und Betroffenenheiten relativ kleinräumig.

Südwestlich der Ohlmühle kommt es bereits beim HQ_5 zu bis zu 160 m breiten Überflutungen. Die Fischteiche werden allerdings erst bei einem 100-jährlichen Hochwasser geflutet. Bebaute Bereiche sind nur im Bereich der Ohlmühle selbst betroffen. Zwischen Station 3+300 und 1+600 verläuft der Sandelbach nordöstlich der Äußeren Landshuter Straße (St 2048). In diesem Abschnitt tritt der Sandelbach beim HQ_5 vor allem südlich der Rothmühle die Ufer. Zunehmend beim HQ_{10} und vor allem beim HQ_{100} kommt es auch im nordwestlichen Teil dieses Abschnitts

zu kleinräumigen Ausuferungen, so dass beim HQ_{100} auf der gesamten Strecke auch einzelne Gebäude vom Hochwasser betroffen sind.

Stromabwärts der St 2048 bei Station 1+600 kommt es bereits beim HQ_5 in mehreren Bereichen zu bis zu 100 m breiten Überschwemmungen die auch vereinzelt Gebäude erreichen. Mit zunehmendem Abfluss kommt es zu weiteren Überflutungen, so dass beim HQ_{100} in diesem Abschnitt zahlreiche Gebäude betroffen sind.

3.2.3 Pfettrach

An der Pfettrach werden in Weihmichl beim HQ_5 die landwirtschaftlich genutzten Flächen entlang der Pfettrach überflutet. Beim HQ_{10} sind auch einzelne Gebäude betroffen. Beim HQ_{100} wird der Sportplatz, die Kläranlage und zahlreiche Gebäude im Bereich des Bahnhofs und der Dorfstraße überflutet.

Zwischen Weihmichl und der Brücke der St 2049 über die Pfettrach wird der Talraum zwischen der Bahnlinie Landshut - Rottenburg a.d.Laaber und der B 299 bereits beim HQ_5 weitgehend überflutet. Während in Arth beim HQ_5 und beim HQ_{10} nur einzelne Gebäude in direkter Nähe der Pfettrach und der Flutmulde vom Hochwasser betroffen sind, reichen die Überflutungen beim HQ_{100} beidseitig bis zu 60 m in die bebauten Bereiche. Die bebauten Grundstücke in Talmitte entlang der Dorfstraße werden beim HQ_{100} fast vollständig überflutet. Im Ort Haulmühle werden beim HQ_{100} die bebauten Grundstücke im Bereich des Wiesenwegs überschwemmt. In Abensberg sind beginnend beim HQ_5 Gebäude im Bereich des Sportplatzes und der Talstraße vom Hochwasser betroffen.

Zwischen Abensberg und Aich ist bereits beim HQ_5 der Talraum nordöstlich der Bahnlinie Landshut-Rottenburg a.d. Laaber auf einer Breite von bis zu 300 m überschwemmt. Auch beim HQ_{100} sind in diesem Bereich nur einzelne Gebäude vom Hochwasser betroffen.

Zwischen Altdorf und Landshut werden Hochwasserschutzmaßnahmen geplant. Um nachhaltig nutzbare Planunterlagen zu erhalten wird in diesem Bereich als Referenzzustand der Zustand nach Umsetzung des ersten Planungsabschnittes untersucht.

In Altdorf kommt es beim HQ_{100} insbesondere nordwestlich und nordöstlich der Bahnhofstraße und südwestlich des Aicherwegs zu umfangreichen Überflutungen in bebauten Bereichen. Da das Schlauchwehr in Altdorf beim HQ_{100} rückgestaut wird, kommt es beim HQ_{100} zu einer Überströmung der Bahnhofstraße. Die zwischen Altdorf und Landshut geplanten Hochwasserschutzmaßnahmen des ersten Planungsabschnittes werden hinterströmt. Ab der Bahnhofstraße wird östlich der Pfettrach der bebaute Bereich zwischen der Pfettrach und der Bahnlinie Landshut-Rottenburg a.d. Laaber weitgehend überflutet. Im Bereich des Sonnerings reicht die Überflutung beim HQ_{100} bis über die Bahnlinie hinaus. Westlich der Paar reicht die überflutete Fläche bis zur Löschenbranderstraße. Im Süden begrenzt die Parkstraße das überflutete Gebiet.

Ergänzend ist die Wasserspiegellagenberechnung für den Istzustand zwischen Altdorf und Landshut im Anhang digital enthalten. Die Ergebnisse verdeutlichen die Dringlichkeit der Umsetzung der geplanten Hochwasserschutzmaßnahmen in diesem Bereich. Im jetzigen Zustand würde ein 100-jährliches Hochwasser zu einer Überströmung der Deiche der Pfettrach

und zu noch großflächigeren Überflutungen in bebauten Bereichen von Landshut westlich und östlich der Pfettrach als im Referenzzustand führen. Die Situation würde über den simulierten Zustand hinaus verschärft werden, wenn die Deiche infolge der Überströmung brechen.

3.2.4 Further Bach

Der Further Bach bleibt beim HQ_5 in Obermünchen noch in seinem Bachbett. Ab dem HQ_{10} sind die beiden Gebäude nördlich des Bachs vom Hochwasser betroffen. In den Orten Winkl und Niedermünchen kommt es auch beim HQ_{100} zu keinen flächigen Überflutungen in bebauten Bereichen. In Geberskirchen reicht das Hochwasser bereits beim HQ_5 bis zur Kirche und bis zu einzelnen Gebäuden. In Pfunzenhohen liegt die Bebauung am Lilienweg bereits beim HQ_5 im Überschwemmungsgebiet. In Schatzhofen sind bereits beim HQ_{10} einzelne Gebäude vom Hochwasser betroffen. Beim HQ_{100} werden fast alle bebauten Grundstücke zwischen dem Mühlbach und der St 2049 überschwemmt. Die Überflutung landwirtschaftlich genutzter Bereiche beim HQ_5 nimmt vom Untersuchungsbeginn bis Schatzhofen bis auf eine Breite von 200 m zu. Im Ort Furth sind beim HQ_{100} bebaute Grundstücke im Bereich der Siedlungsstraße und im Bereich des Kapellenwegs bis etwa 250 m stromauf- und stromabwärts der Brücke der Landshuterstraße (St 2049) vom Hochwasser betroffen.

4. Zusammenfassung

Die Wasserspiegellagen an der Schambach, am Sandelbach, an der Pfettrach und am Further Bach werden als Grundlage für die Ermittlung der Überschwemmungsgebiete und für die Erstellung von Hochwassergefahrenkarten 2-dimensional hydraulisch berechnet. Es werden Hochwasserereignisse untersucht, die statistisch einmal in hundert Jahren (HQ_{100}) bzw. statistisch einmal in 10 und 5 Jahren (HQ_{10} und HQ_5) auftreten.

Die Schambach mündet in den Main-Donau-Kanal und die Pfettrach in die Flutmulde der Isar ein. In beiden Fällen ist die Einzugsgebietsgröße des Vorfluters sehr viel größer als die des einmündenden Gewässers. Ein gleichzeitiges Auftreten eines Hochwassers in der Schambach, der Pfettrach und dem jeweiligen Vorfluter ist somit sehr unwahrscheinlich. Für ein Hochwasser der Schambach und der Pfettrach wird deshalb kein erhöhter Wasserstand im jeweiligen Vorfluter untersucht. Die Pfettrach und der Further Bach werden gemeinsam untersucht, so dass für den Further Bach keine eigene Randbedingung festgelegt wird. Der Sandelbach mündet in die Abens. Der Wasserstand in der Abens, der dem jeweiligen Sandelbachhochwasser entspricht, wird in Abhängigkeit von der Wiederkehrzeit des Abflusses in den beiden Gewässern festgelegt.

Der Flussschlauch der Gewässer und der Mühlbäche wird auf der Grundlage von Querprofilen und auf der Grundlage von Uferlinien bzw. Böschungsoberkanten generiert. Der Verlauf und die Höhenlage der Uferlinien entlang der Gewässer und Mühlkanäle liegen bis auf den Further Bach für alle Gewässer vor. Für den Further Bach und mehrere Hochwasserentlastungsgerinne werden Uferlinien und Böschungsoberkanten aufgrund von Luftbildern, Querprofilen und Laserscanningdaten erstellt. Insgesamt wird eine Gewässerlänge von 34,3 km untersucht.

Für die Vorländer der Gewässer liegen Laserscanningdaten mit einer Rasterweite von 2 Metern vor. In ebenen Bereichen werden die Laserscanningdaten ausgedünnt um die Datenmenge zu reduzieren und die Rechenzeiten vertretbar zu halten. Dabei wird im Bereich von Bruchkanten ein hydraulisches Berechnungsnetz erzeugt, das den Höhenverlauf der Bruchkanten mit geringen Abweichungen folgt. Ergänzend werden Baumaßnahmen, die seit der Befliegung, die den Laserscanningdaten zugrunde liegt, umgesetzt wurden, in das hydraulische Berechnungsnetz eingearbeitet.

Den Elementen der Vorländer werden Landnutzungen anhand der vom AdV-Arbeitskreis Topographie und Kartographie erarbeiteten Klassifikation der Landbedeckung (ATKIS) zugeordnet. Für die jeweiligen Nutzungen werden Rauheitsbeiwerte auf Grundlage der Angaben des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft unter Berücksichtigung der örtlichen Gegebenheiten festgelegt. In das Berechnungsnetz werden weiterhin hydraulische Besonderheiten wie Brücken und Wehranlagen auf der Grundlage von Querprofilen und Bauwerksplänen eingearbeitet.

Um die hydraulischen Modelle anzupassen, wird an der Pfettrach die Pegelkurve des Löschenbrandpegels nachgerechnet. Weiterhin werden umfangreiche Plausibilitätsprüfungen anhand der ermittelten Überschwemmungsgebiete für einen 10- und einen 100-jährlichen Abfluss durchgeführt.

Die Ergebnisse der hydraulischen Berechnungen werden in Form von Lageplänen und in Form von Längsschnitten entlang der Gewässer und der Mühlbäche dargestellt. In Landshut ist als

Grundlage für die Festlegung der Überschwemmungsgebiete der Referenzzustand nach Umsetzung des ersten Bauabschnittes bereits geplanter Hochwasserschutzmaßnahmen zwischen Altdorf und Landshut und nach Umsetzung geplanter Umbaumaßnahmen am Löschenbrandpegel dargestellt. Auch nach Umsetzung des ersten Bauabschnittes ergeben sich in Altdorf und Landshut beim HQ_{100} großflächige Überflutungen in bebauten Bereichen.

Der Istzustand ohne diese Maßnahmen wurde berechnet und liegt digital bei. Für diesen Zustand werden wesentlich umfangreichere Überschwemmungen in bebauten Bereichen in Landshut ermittelt. Die knappe Freibordsituation im Bereich von Riedenburg an der Schambach ist in einem ergänzenden Längsschnitt durch das Hochwasserentlastungsgerinne dargestellt.

Eching am Ammersee, den 29.02.2008

Dr. Blasy – Dr. Øverland
Beratende Ingenieure

i. A. Dipl.-Ing. K. Bienstock