



**Universität für Bodenkultur Wien**  
Department Bautechnik und Naturgefahren  
Institut für Alpine Naturgefahren (IAN)

Peter Jordan Str. 82  
A-1190 WIEN

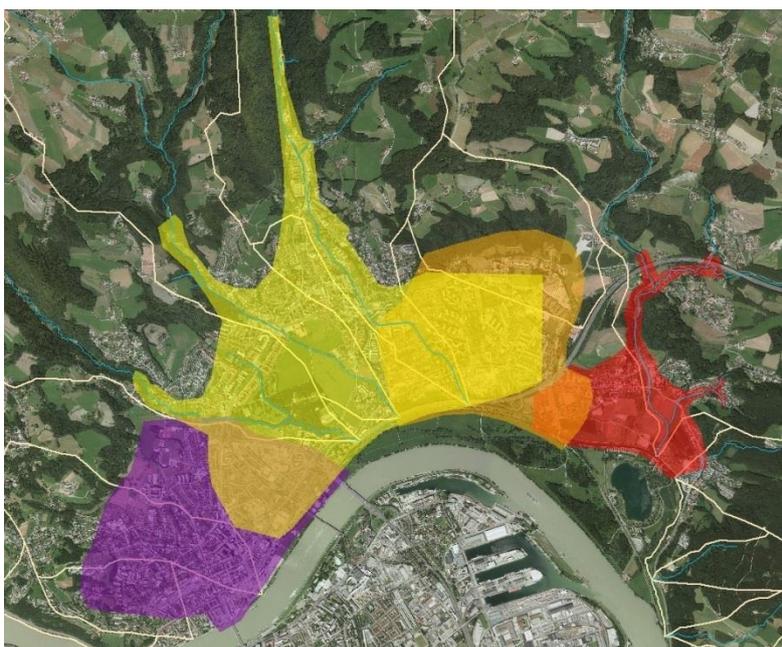
Tel.: +43-1-47654-4350  
Fax: +43-1-47654-4390



## IAN REPORT 163

### Abflussuntersuchung und Darstellung der Überflutungsflächen in der Region Linz – Urfahr

Erstellung einer Entscheidungsgrundlage für die WLK konforme  
Gefahrenzonenplan Revision auf Basis hydrologischer Daten und anhand einer  
zweidimensionalen Abflusssimulation



Im Auftrag:

**Forsttechnischer Dienst für  
Wildbach- und Lawinerverbauung  
Sektion Oberösterreich**



Wien, Januar 2015



**Report 163:**  
Abflussuntersuchung und Darstellung der Überflutungsflächen in der  
Region Linz - Urfahr

Im Auftrag von: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft,  
Umwelt und Wasserwirtschaft Abteilung IV/5  
Forsttechnischer Dienst für Wildbach- und Lawinenverbauung  
Sektion Oberösterreich Gebietsbauleitung OÖ Nord

Projektleitung: Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr. Johannes Hübl  
Mitarbeiter: Dipl.-Ing. Susanna Tscherner  
Dipl.-Ing. Georgios Kyriazis  
BSc Georg Nagl

Universität für Bodenkultur  
Department Bautechnik und Naturgefahren  
Institut für Alpine Naturgefahren

Peter Jordan Str. 82  
A – 1190 Wien

Tel.: +43-1-47654-4350  
Fax: +43-1-47654-4390

Report Nr. 163

Referenz (Literaturzitat): Hübl J., Tscherner S., Kyriazis G., Nagl G.: Abflussuntersuchung und Darstellung der Überflutungsflächen in der Region Linz-Urfahr, IAN Report 163, Institut für Alpine Naturgefahren, Universität für Bodenkultur – Wien

Wien, im Januar 2015



## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>EINLEITUNG .....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>GEBIETSBESCHREIBUNG .....</b>	<b>5</b>
2.1	Beschreibung der Bäche .....	6
2.1.1	Bahngraben .....	6
2.1.2	Diesenleitenbach .....	6
2.1.3	Elmberggräben .....	6
2.1.4	Haselgraben .....	8
2.1.5	Hölmühlbach .....	8
2.1.6	Katzbach .....	8
2.1.7	Pflasterbach .....	9
2.2	Geologie und Morphologie .....	9
2.3	Klima und Vegetation .....	10
2.4	Vorhandene Untersuchungen und Berichte .....	10
2.5	Nutzungsflächen .....	11
<b>3</b>	<b>HYDROLOGIE .....</b>	<b>12</b>
3.1	Methodik .....	12
3.2	Aufarbeitung bestehender Daten .....	14
3.3	Abgrenzung der Einzugsgebiete .....	15
3.3.1	Ableitung der Einzugsgebiete und Korrektur von Fehlern .....	16
3.3.2	Festlegung der Bezugspunkte und Vergleich mit den WLK Daten .....	18
3.4	Niederschlagsszenarien .....	21
3.4.1	Räumliche Niederschlagsszenarien .....	21
3.4.2	Zeitliche Niederschlagsszenarien - Grundlagen .....	24
3.5	eHyd Bemessungsniederschlag .....	25
3.6	Flächenabminderung .....	29
3.7	Niederschlag-Abfluss Modelle .....	30



3.7.1	Abflusssimulation ZEMOKOST 2.0 .....	30
3.7.2	Abflusssimulation HEC-HMS 4.0.....	34
3.8	Nachrechnung der Abflussspitzen.....	42
3.8.1	Nachrechnung am Katzbach, nahe Knoten 05 .....	42
3.8.2	Nachrechnung am Haselgraben, nahe Sammelgerinne .....	43
3.9	Gegenüberstellung der Ergebnisse ZEMOKOST 2.0 und HEC-HMS 4.0 .....	45
3.10	Vergleich mit empirischen Hochwasserformeln .....	47
3.11	Bemessungsabflüsse .....	48
3.12	Schlussfolgerungen.....	56
<b>4</b>	<b>VERMESSUNG UND DATENAUFBEREITUNG FÜR DIE SIMULATION.....</b>	<b>57</b>
4.1	Vermessung.....	57
4.2	Vorteile der Vermessung von Querprofilen .....	59
<b>5</b>	<b>HYDRAULIK – NUMERISCHE SIMULATION.....</b>	<b>60</b>
5.1	Methodik .....	60
5.2	Zweidimensionales Strömungsmodell Hydro_AS-2D.....	61
5.3	Untersuchungsgebiete für die zweidimensionale Simulation .....	64
5.4	Eingangsdaten für die Modellnetzerstellung und Simulation.....	69
5.4.1	Eingangsdaten.....	69
5.4.2	Bruchkanten.....	69
5.4.3	Beispiele der Flussschlauchgenerierung .....	71
5.4.4	Brücken und Verklausungsszenarien .....	72
5.4.5	Berechnete und ausgewertete Szenarien .....	74
5.4.6	Verwendete Modellrandbedingungen für die hydraulische Berechnung .....	75
5.5	Berechnungsergebnisse .....	78
5.5.1	Allgemeines zu den Simulationsergebnissen .....	78
5.5.2	Ergebnisse Netz A Katzbach .....	82
5.5.3	Ergebnisse Netz B Elmberggräben .....	88
5.5.4	Ergebnisse Netz C Diesenleitenbach, Höllmühlbach, Haselgraben.....	90



5.5.5	Vergleich der Simulationsergebnisse mit aktuellen Gefahrenzonen .....	94
5.5.6	Ergebnisse Netz D Pflasterbach und Bahngraben .....	96
5.6	Nachbearbeitung und Kontrolle von Simulationsergebnissen anhand des Beispiel Elmberggräben .....	98
5.7	GZP Gebäude Tool .....	101
<b>6</b>	<b>GRUNDLAGEN FÜR DIE GEFAHRENZONENABGRENZUNG .....</b>	<b>105</b>
6.1	Bemessungsereignis .....	106
<b>7</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG UND EMPFEHLUNGEN .....</b>	<b>108</b>
<b>8</b>	<b>ANHANG .....</b>	<b>110</b>
<b>9</b>	<b>LITERATUR .....</b>	<b>112</b>
<b>10</b>	<b>ABBILDUNGSVERZEICHNIS .....</b>	<b>115</b>
<b>11</b>	<b>TABELLENVERZEICHNIS .....</b>	<b>120</b>



## 1 Einleitung

Als Grundlage für die Revision des Gefahrenzonenplans des Stadtteils Linz-Urfahr, genauer für die Einzugsgebiete nördlich der Donau, wird das Abflussgeschehen mit dem Stand der Technik entsprechenden Methoden analysiert. Die Ermittlung der Überflutungsflächen findet auf Basis einer hydrologisch-hydraulischen Auswertung statt. Folgende Einzugsgebiete sind in der Analyse inkludiert: Pflasterbach, Bahngraben, Diesenleitenbach, Schießstättenbach, Höllmühlbach, Haselgraben, Elmberggräben und Katzbach. Diese Gewässer werden mit ihren Zubringern im raumrelevanten Bereich des Gefahrenzonenplanes der Stadt Linz betrachtet. Bereits durchgeführte Untersuchungen und vorhandene Daten werden in die Analyse miteinbezogen und den neuen Ergebnissen gegenüber gestellt. Die Überflutungsflächen der benachbarten Einzugsgebiete und deren Wechselwirkungen werden ganzheitlich anhand zweidimensionaler hydrodynamischer Modelle berechnet.

In einem ersten Schritt werden die hydrologischen Basis-Bemessungswerte mittels Niederschlag-Abflussmodellen berechnet und nach Möglichkeit anhand von Aufzeichnungen und vorhandener Einschätzungen plausibilisiert. Infolge kommt es zu einer Festlegung von Bemessungsereignissen und Szenarien. Der zweite Projektteil besteht aus der Modellerstellung und der numerischen Simulation der Überflutungsflächen mit dem Programm Hydro\_AS-2D (Hydrotec). Die Einzugsgebiete werden, nach ihrer Lage, einem der vier Bearbeitungsgebiete zugeordnet und die Ergebnisse der hydrodynamischen 2d-Hochwasseruntersuchung vorwiegend graphisch dargestellt. Aufgrund des dicht besiedelten und flachen Überflutungsbereich in Linz-Urfahr, sind die Fließrichtungen besonders schwer einzuschätzen. Deshalb wird in diesem Projekt, anhand der 2d-Simulationsergebnisse, versucht eine Basis für die Gutachtertätigkeit zu schaffen. Durch neue Geländemodelle mit einer hohen Genauigkeit im Stadtgebiet und dem Einsatz von computerbasierten Modellen, sowie der engen Zusammenarbeit mit der zuständigen Bauleitung soll eine Ausarbeitung dem Stand der Technik entsprechend entstehen.



## 2 Gebietsbeschreibung

Das gegenständliche Projektgebiet befindet sich in der oberösterreichischen Stadt Linz im Stadtteil Urfahr. Betrachtet werden sämtliche Einzugsgebiete, die nördlich der Donau entwässern (Abb. 1). Die Bäche sind im Stadtgebiet hart verbaut und münden in ein Sammelgerinne oder in Verrohrungen. Bei Starkniederschlägen sind Gebäude und Infrastruktur gefährdet.

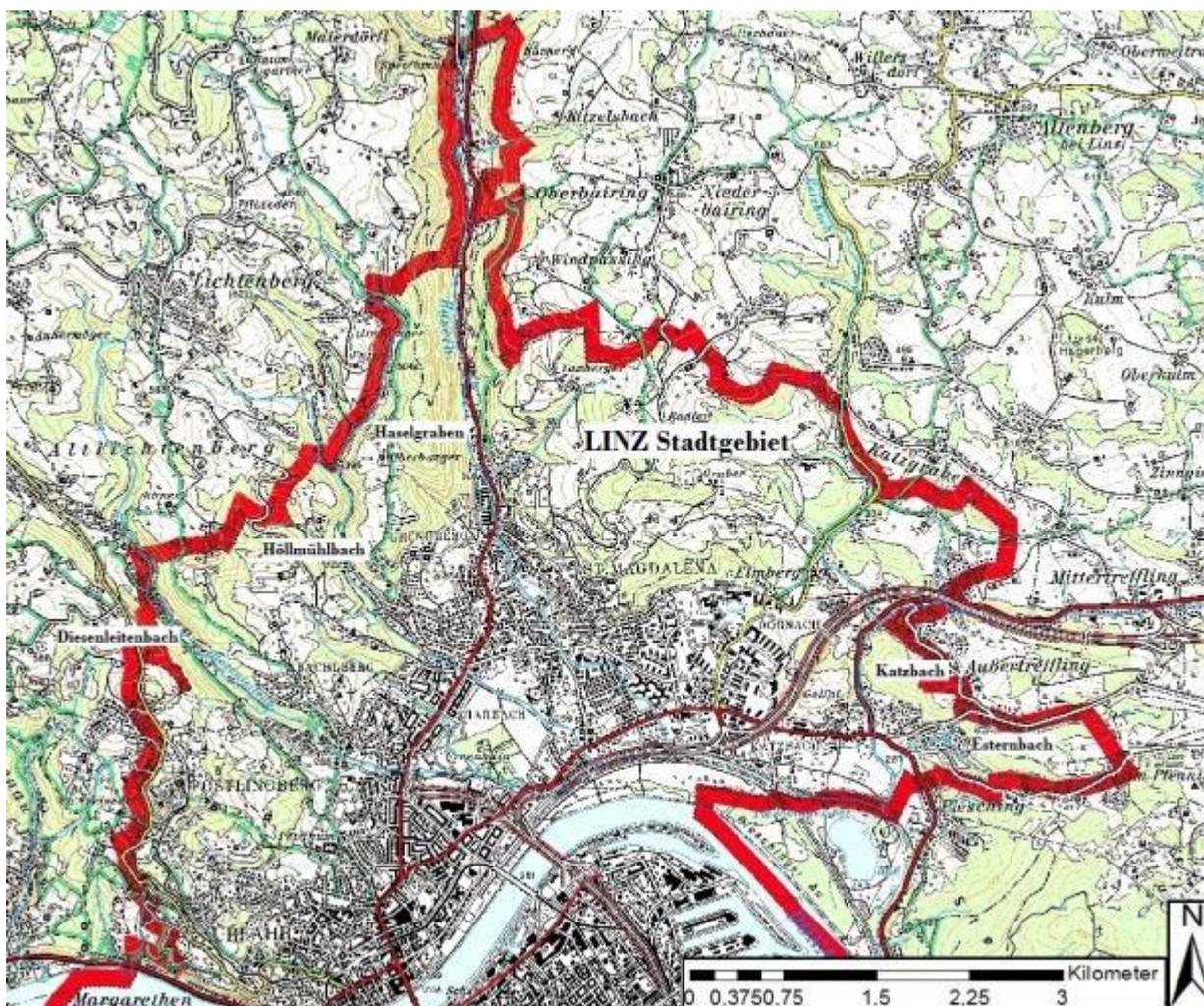


Abbildung 1: Stadtgebiet Linz-Urfahr nördlich der Donau und



## **2.1 Beschreibung der Bäche**

Die Beschreibung der einzelnen Einzugsgebiete wird weitgehend aus den Unterlagen der WLV übernommen und mit zusätzlichen aktuellen Beobachtungen ergänzt. Die Bäche des Projektgebiets sind linksufrige Zubringer der Donau, welche in das Sammelgerinne der Mühlviertlerbäche münden und dann in die Donau geleitet werden.

### **2.1.1 Bahngraben**

Der Bahngraben liegt am Südabhang des Pöstlingbergs und das Einzugsgebiet hat eine Größe von 0,08 km<sup>2</sup>. Die Wasserscheide befindet sich auf 410 müA und die Mündung auf 294 müA. Der Bach ist 225 m lang und mündet am Beginn der Brennerstraße in eine Verrohrung. Das mittlere Gefälle des Bahngrabens ist 10,2 %. Der leitende Prozess ist Hochwasser. Es ist nicht mit Geschiebe oder Holz zu rechnen.

### **2.1.2 Diesenleitenbach**

Das 10,1 km<sup>2</sup> große Einzugsgebiet entwässert den 927 m hohen Lichtenberg nach Süden. Es liegt in den Gemeindegebieten Linz, Lichtenberg, Gramastetten, Puchenau und Eidenberg. Der Schießstättenbach und der Rehgraben sind die wichtigsten linksufrigen und der Elendsimmerlbach der wichtigste rechtsufrige Zubringer. Das Einzugsgebiet ist nur zu 30 % bewaldet. In den oberen Lagen hat sich die ehemals bäuerliche Streubesiedlung in den letzten Jahren verdichtet. Im Unterlaufbereich, oberhalb des Urnehaines, ist das Einzugsgebiet dicht besiedelt. Der Diesenleitenbach ist etwa 9,4 km lang, sein mittleres Gefälle beträgt etwa 4,4 % und er mündet in das Sammelgerinne auf 250 müA. Der Bach wird als ein leicht geschiefeführender Wildbach eingeordnet. Es ist mit Holzeintrag zu rechnen, jedoch besteht ein Wildholzrechen bei hm 22,12.

### **2.1.3 Elmberggräben**

Das Einzugsgebiet der acht Elmberggräben weist eine Gesamtfläche von rund 1,3 km<sup>2</sup> auf. Das Pauschalgefälle liegt zwischen 7-35 %. Im Laufe dieser Arbeit werden die Elmberggräben separat betrachtet. Der Leitprozess ist Hochwasser.



Die ersten 7 Elmberggräben münden am Rande des besiedelten Gebietes in der Nähe der JKU in die Kanalisation der Linz AG. Elmberggraben Nummer 8 mündet in das künstliche Gerinne neben dem Science Park, wie in untenstehender Abbildung zu sehen ist.

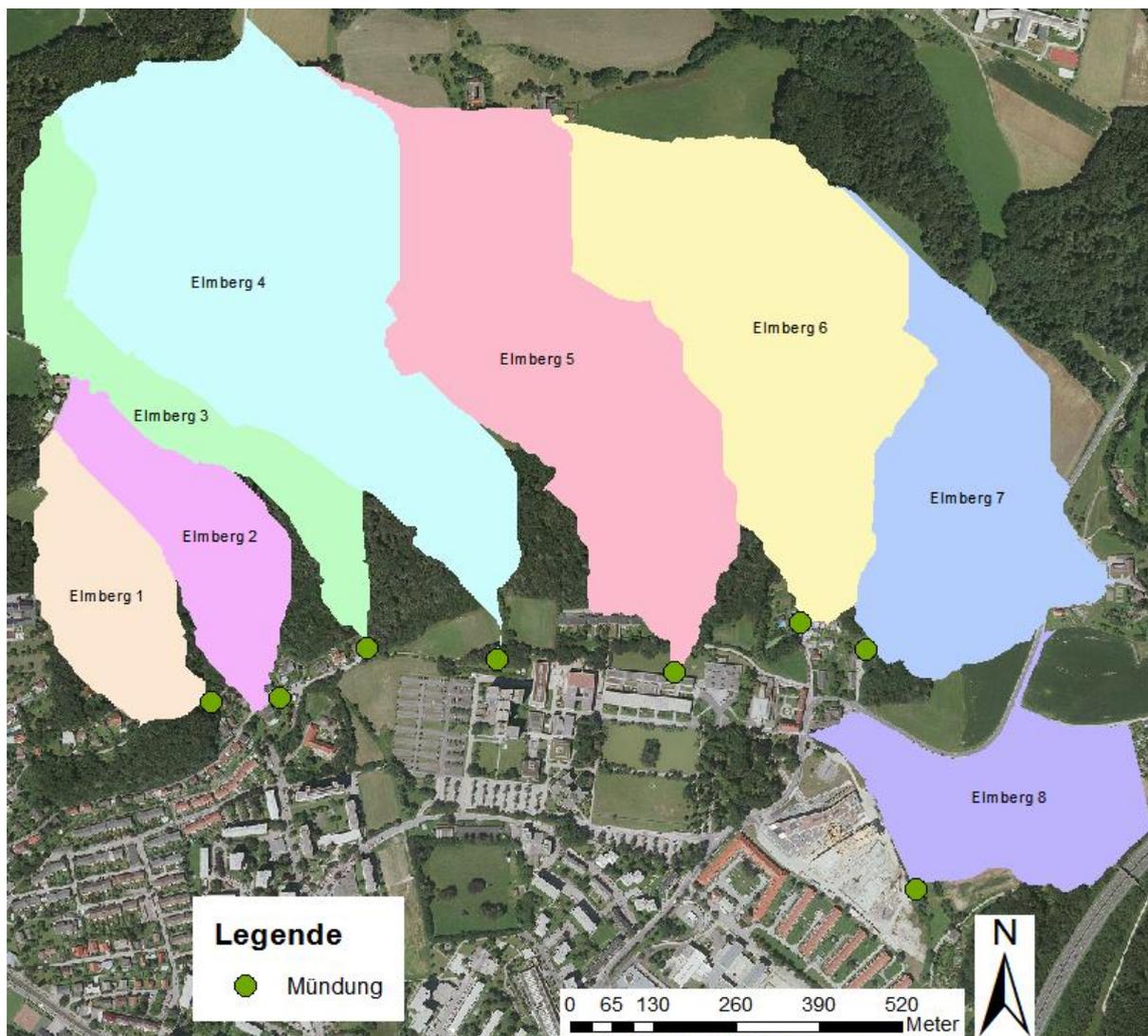


Abbildung 2: Einzugsgebiete und Mündungsknoten der Elmberggräben

Tabelle 1: Mittlere Gefälle der acht Elmberggräben

EZG Name	Fläche in km <sup>2</sup>	Gefälle
<b>Elmberggraben 1</b>	0.07	26.8%
<b>Elmberggraben 2</b>	0.08	34.9%
<b>Elmberggraben 3</b>	0.09	18.8%
<b>Elmberggraben 4</b>	0.33	17%
<b>Elmberggraben 5</b>	0.25	15.8%
<b>Elmberggraben 6</b>	0.25	14.11%
<b>Elmberggraben 7</b>	0.16	11.43%
<b>Elmberggraben 8</b>	0.10	6.7%



#### **2.1.4 Haselgraben**

Der Haselgraben entwässert mit seinen Zubringern ein EZG von rund 32,80 km<sup>2</sup>. Seine Quellbäche, der Haselgraben, der Färberbach, der Helmbach und der Elmerbach entspringen nächst der Ortschaft Hellmonsödt auf einer Seehöhe von rund 850 m. In seinem etwa 14 km langen Lauf nimmt der Haselgraben nach Vereinigung der Quellbäche weitere 23 kleinere und größere Wildbachgräben auf und fließt in einer langgestreckten, engen in nord - süd Richtung verlaufenden Talfurche dem Donautal entgegen, das er bei St. Magdalena in Linz-Urfahr erreicht. Das Haupttal hat ein Pauschalgefälle von rund 4,5 %. Die Zubringer weisen – gerade in den Erosionsstrecken ihrer Unterläufe – ein Gefälle bis zu 100 % auf und sind streckenweise mit hochalpinen Wildbächen vergleichbar. Der Haselgraben wird als geschiebeführender Wildbach eingestuft und mündet ins Mühlviertler Sammelgerinne.

#### **2.1.5 Höllmühlbach**

Das Gesamteinzugsgebiet des Höllmühlbaches besitzt eine Fläche von 8,4 km<sup>2</sup> und das Gerinne hat eine Länge von 7,8 km. Die Quellrunsen des Höllmühlbaches, der Baumgartnergraben sowie der Pflixedergraben entspringen an den Südostabhängen des Lichtenberges (927 müA). Nach Vereinigung der beiden Hauptquellbäche mündet der Lichtenbergerbach in den Höllmühlbach. Seine Entwässerungsrichtung ist durchwegs Nord-Süd, nur im Unterlauf verläuft der Bachlauf südostwärts.

Der Oberlauf und die Seitenbäche sind tief eingeschnitten und haben ein Gefälle von 10 % und mehr. Bei der Ortschaft Gründberg beginnt das flachere Donautal. Der Höllmühlbach wird als ein schwach geschiebeführender Wildbach klassifiziert. Das mittlere Gefälle ist 7,4 %. Sein Einzugsgebiet ist zu rund 40 % bewaldet, wobei sich die Waldflächen auf die steilen Grabeneinänge konzentrieren. Das oberste Gebiet ist jedoch kaum bewaldet. Grünlandwirtschaft wird auf rd. 55 % der Einzugsgebietsfläche betrieben und Ackerbau hat eine eher untergeordnete Bedeutung. Siedlungsgebiete sind der Ort Lichtenberg und Linz-Urfahr entlang des Unterlaufes.

#### **2.1.6 Katzbach**

Die Quellrunse des Katzbachs liegt im Gemeindegebiet von Altenberg bei Linz im Raum Oberwinkel – Niederwinkel. Dieser Hauptbach entwässert den rund 9,54 km<sup>2</sup>



großen, westlichen Teil. Das gesamte Einzugsgebiet ist 19,28 km<sup>2</sup> groß. Den östlichen Teil des Niederschlagsgebietes entwässert der Trefflingerbach mit einer Fläche von 7,46 km<sup>2</sup>. Ein weiterer wichtiger Zubringer des Katzbaches ist der Esternbach, der etwa 500 m oberhalb der Mündung ins Sammelgerinne, in den Hauptbach fließt. Der Esternbach hat ein Einzugsgebiet von 2,40 km<sup>2</sup> und kann als ein schwach geschiebeführender Wildbach charakterisiert werden, der in einem kurzen Bereich des steileren Mittel- und Unterlauf größere Mengen Feststoffe erodiert, verfrachtet und im flacheren Unterlauf und Vorfluter abgelagert kann. Der Katzbach kann als geschiebeführender Wildbach eingestuft werden und hat ein mittleres Gefälle von 5,5 %.

### **2.1.7 Pflasterbach**

Der Pflasterbach mit einem Einzugsgebiet von 1,17 km<sup>2</sup> entwässert die Südosthänge des Pöstlingbergs. Da der Pflasterbach an zwei Stellen in die Verrohrung der Stadt Linz mündet, werden die zwei Gerinne - der Pflasterbach Nord und der Pflasterbach Süd - getrennt angeführt. Der Pflasterbach Nord weist ein Gefälle 14,7 % auf und der Pflasterbach Süd hat ein Gefälle von rund 10,7 %. Beide münden in die Kanalisation der Linz AG. Der leitende Prozess ist Hochwasser.

## **2.2 Geologie und Morphologie**

Die betrachteten Gebiete liegen im Urgestein der Böhmisches Masse und sind Teil des Granit- und Gneishochlandes. Die dominierenden Gesteinsarten sind der Perlgneis, der Schiefergneis und der rote Schiefergneis. Die Oberläufe liegen im welligen Mühlviertler Granitland.

Im Unterlauf und Mündungsbereich fließen die Gerinne durch würmeiszeitliche Niederterrassen und durchschneiden jüngere Deckenschotter. Einige Teileinzugsgebiete sind durch tertiäre Linzer Sande beeinflusst. Schluchtartig ausgebildete Abstiegstrecken und steile Gräbeneinhänge sind typisch für Teilbereiche der Mühlviertler Bäche. Am Schluchtausgang des Haselgrabens liegt, durch die intensive Nutzung und Bebauung kaum mehr erkennbaren, ein mächtiger Schwemmfächer.



## 2.3 Klima und Vegetation

Das betrachtete Gebiet liegt klimatisch in dem Übergang zwischen ozeanisch beeinflusstem Alpenvorland und dem kontinental beeinflussten Granithochland des Mühlviertels.

Hinsichtlich ihrer Höhenlage sind die Hänge im Einzugsgebiet der collinen, submontanen und der montanen Höhenstufe zuzuordnen. Die natürliche Waldgesellschaft ist ein subherzynisches Fichten-Tannen-Buchen-Mischwaldgebiet. An Standorten mit Braunerde kommt die Buche in hohen Lagen vor, in den tieferen Lagen sind Buchen-Mischwaldgesellschaften zu finden. Die Vorkommen an reinen Fichtengesellschaften und sekundären Rotföhrenwäldern sind durch anthropogene Einflüsse entstanden. Hauptzugsrichtung der hochsommerlichen Gewitter des Donautals ist von West nach Ost und hierbei entstehen immer wieder Starkniederschlagsereignisse.

## 2.4 Vorhandene Untersuchungen und Berichte

- Abflusserüchtigung (2013), Jung
- Diplomarbeit Angelmair Höllmühlbach (2010), BOKU
- Diplomarbeit Tschanner Diesenleitenbach (2013), BOKU
- Diplomarbeit Werfring Katzbach (2010), BOKU
- Elmberggräben Projekt (2007), Machowetz und Partner
- Gefahrenzonenplan Wildbach und Lawinenverbauung
- Grundlagenerhebung (2002), Gunz
- Haselbach 1D Spiegellagenberechnung (2008), Alpinfra
- Katzbach Projekt SM (2007)
- Kollaudierungsunterlagen Diesenleitenbach WLW
- Pflasterbach Studie (2007), Gunz
- Regionalstudie Haselgraben (2002), Alpinfra
- Technische Berichte je EZG verfasst von der WLW
- Technischer Bericht Haselgraben- Hochwasseruntersuchung (2009), Jung
- Verbauungsprojekt Diesenleitenbach (2006)
- Vorprojekt Haselgraben (2008), Floegl
- WR Einreichprojekt Diesenleitenbach (2003)



## 2.5 Nutzungsflächen

Aus den Nutzflächen der digitalen Katastralmappe werden die wichtigsten Landnutzungen der betroffenen EZG berechnet: Gebäude 1,9%, Landwirtschaft 48,8%, Straßenverkehrsanlagen 4,3%, Wald 33,9%. Einen wichtigen Anteil an der Gesamtfläche hat die Nutzungsart Garten mit 7,7%.

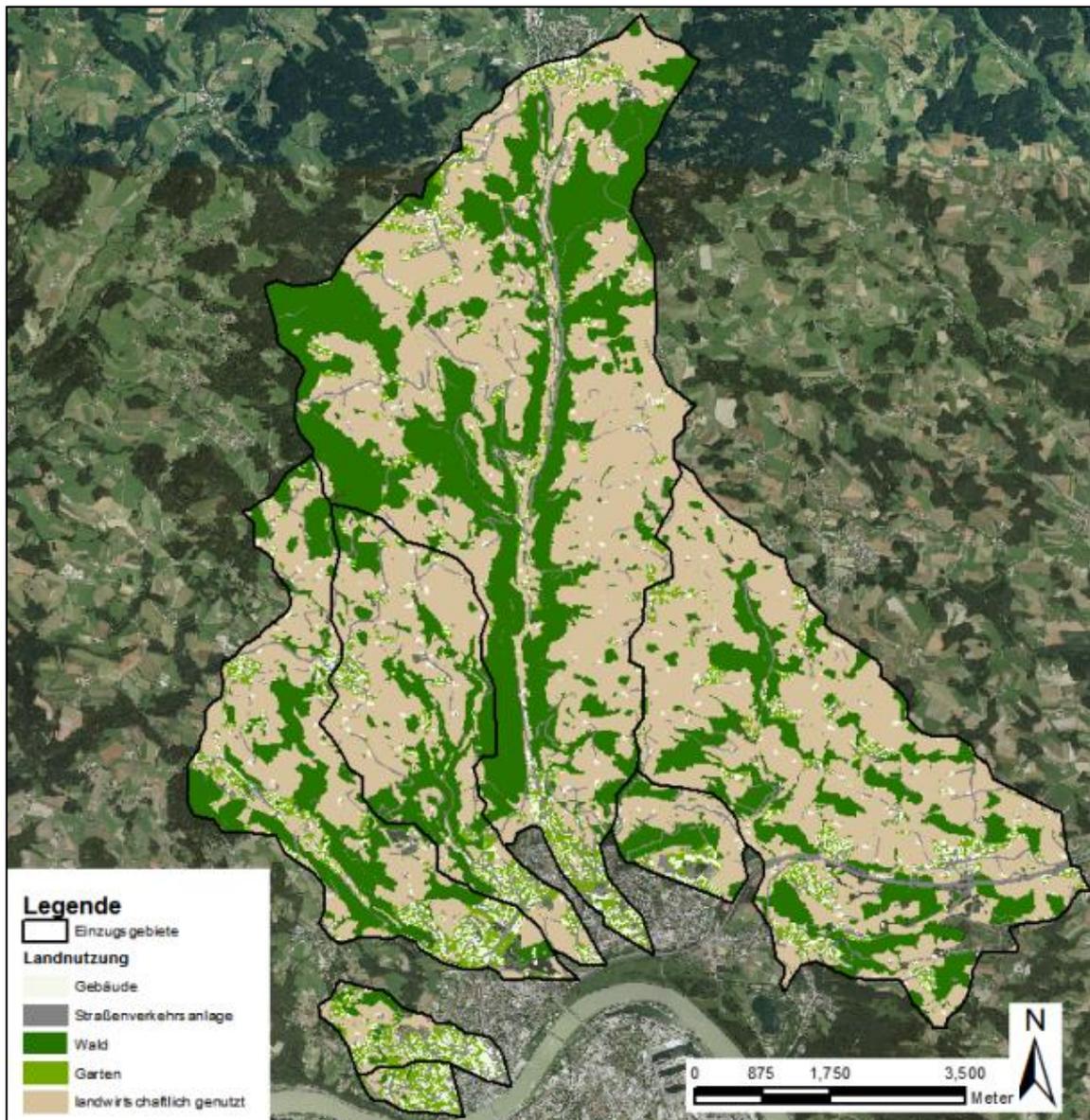


Abbildung 3: Die wichtigsten Nutzungsarten der digitalen Katastralmappe



### 3 Hydrologie

Ziel der vorliegenden hydrologischen Untersuchung ist die Ermittlung der Bemessungsabflüsse. Dafür ist die Anwendung eines Niederschlag-Abfluss Modells erforderlich. Mit einem Niederschlag-Abfluss (N-A) Modell wird das Abflussverhalten eines Einzugsgebietes für bestimmte Niederschlagsszenarien simuliert. Das Modell gibt in vereinfachter Weise die komplexen hydrologischen Prozesse in einem Einzugsgebiet wieder.

#### 3.1 Methodik

Zur Erstellung des N-A Modells wurden folgende Unterlagen und Methoden verwendet:

- Laserscan des Landes OÖ mit Auflösung (0,5\*0,5m) für den Bereich der Stadt Linz und Auflösung (1\*1m) für das restliche Gebiet.
- eBod- und DKM Daten für die Bodentypen und die Landnutzung.
- Ermittlung aller hydrologischen Eigenschaften und Parameter mittels ArcGIS 10.1 (ESRI) und HEC-GeoHMS (U.S Army Corps of Engineers) nach Fürst „Anwendung von GIS in der Wasserwirtschaft“.
- eHyd Bemessungsniederschläge für jedes Einzugsgebiet (gewichtet und gemittelt mit Thiessen-Polygonen im ArcGIS 10.1).
- Ermittlung der kritischen Dauerstufe nach Pilgrim (1987) und Vergleich mit der ermittelten kritischen Dauerstufe mit ZEMOKOST 2.0 (BfW).
- Abminderung der Bemessungsniederschläge nach „Wiener Mitteilungen Band 164: Niederschlag-Abfluss Modellierung - Simulation und Prognose“ (Lorenz-Skoda).
- Verwendung der Software HEC-HMS 4.0 (U.S Army Corps of Engineers) und ZEMOKOST 2.0 (BfW).
- Ermittlung des Gebietsrückhalts und des abflusswirksamen Niederschlags unter Anwendung der SCS Curve Number Methode.
- Ermittlung der Abflusentstehung mit Hilfe der SCS Unit Hydrograph Methode (nach den Empfehlungen von DVWK).
- Modellierung der Fortpflanzung der Hochwasserwelle im Gerinne (Kinematic Wave Routing Methode).



- Untersuchung der zeitlichen Niederschlagsverteilung (u.a. Block und DVWK-Empfehlung für konvektive Starkniederschläge) – Ermittlung einer Bandbreite an Hochwasserabflussspitzen.
- Bericht des Tiefbauamtes der Stadt Linz für das Ereignis im April 1996 am Haselgraben (Rückrechnung der Abflussspitze).
- Interview mit Einwohner am Katzbach über das Ereignis am 11.-13.8.2002 und Rückrechnung der Abflussspitze.

### 3.2 Aufarbeitung bestehender Daten

Die Grundlage für eine hydrologische Untersuchung nach dem derzeitigen Stand der Technik liefern die Geodaten. Als Eingangsdaten wurden die Airborne Laserscans (ALS) der OÖ Landesregierung verwendet, jeweils mit einer Auflösung von 0,5 m für das Gebiet der Gemeinde Linz und den raumrelevanten Bereich (Abbildung 4), bzw. mit der Auflösung von 1 m für das restliche Gebiet. Die verwendeten ALS Dateien waren, bei Erhalt, bereits von Strukturen wie Brücken, Gebäuden und Waldbestand gefiltert und bereinigt.



Abbildung 4: Geodaten in Rohform: grau hinterlegt der Bereich des 0,5 m Geländemodells, rot umrandet die einzelnen Einzugsgebiete



Zusätzlich wurden die Abgrenzungen der Einzugsgebiete, die Gewässer-Routen sowie die Landnutzung aus dem digitalen Wildbach- und Lawinen- Kataster (WLK) und die Bodentypen aus der digitalen Bodenkarte (eBOD <http://www.bodenkarte.at/> Abb. 5) erhoben.

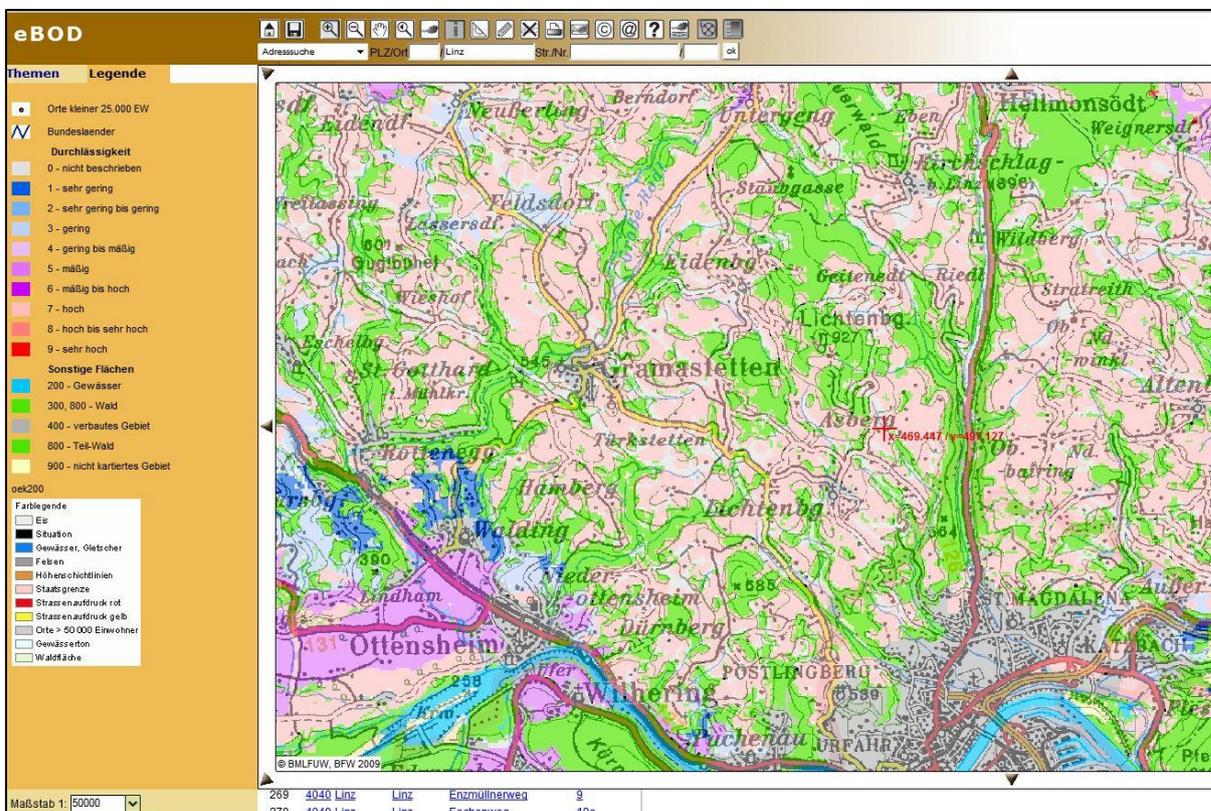


Abbildung 5: Auszug aus der digitalen Bodenkarte (eBOD)

Nach der Erhebung der Geodaten wurden alle Laserscan-Rasterdateien, die sich mit den WLK-Einzugsgebieten überschneiden, in einer großen Rasterdatei (ASCII) zusammengebunden, so dass keine Datenlücken mehr in den Grenzregionen der Teil-ALS vorkommen. Diese große Raster-Datei bildet das digitale Geländemodell (DEM) der gesamten Region. Das Zusammenbinden der Teil-ALS wurde mit der Software Global Mapper v.11 durchgeführt. Dabei waren die unterschiedlichen Projektionen (spatial reference) besonders zu beachten. Die resultierende ASCII – Datei wurde zur weiteren Bearbeitung ins ArcGIS importiert.

### 3.3 Abgrenzung der Einzugsgebiete

Die Abgrenzung der Einzugsgebiete wurde auf Basis der Geodaten vorgenommen.



### 3.3.1 Ableitung der Einzugsgebiete und Korrektur von Fehlern

Aus der generierten ASCII-Datei wurden mit Hilfe der ArcGIS add-ons ArcHydro Tools und HEC-GeoHMS die Einzugsgebiete abgeleitet (Fürst, 2004). Bei diesem Vorgang wurde besonders drauf geachtet, dass die Abgrenzung der EZG sowie der Verlauf der Wildbäche der Realität entspricht und jedes neue EZG wurde mit den bestehenden WLK-EZG und Wildbach-Routen verglichen. Da die Filterung der Geodaten niemals 100% korrekt sein kann, wurden verbliebene Fehler, mittels „Burning In“ korrigiert. Bei der „Burning In“-Methode wurde das Shape-File vom Bachbett in das Geländemodell „eingebrennt“, so dass bei den nächsten Schritten die Fließrichtung korrekt ermittelt werden konnte (Hellweger, 1997). In der Abbildung 6 ist das falsche (oben) und das korrigierte (unten) Geländemodell im Bereich der A7 am Katzbach zu erkennen.

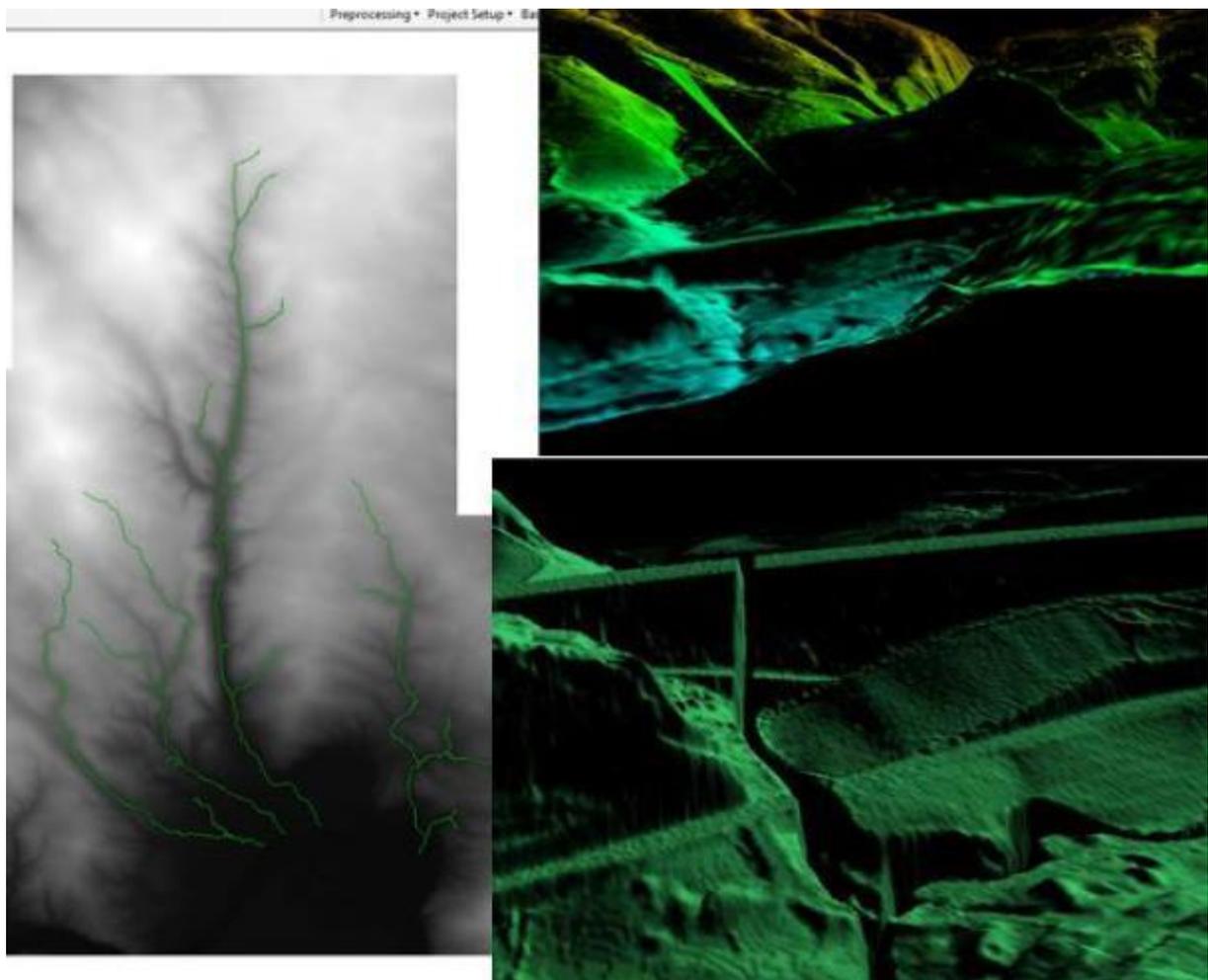


Abbildung 6: Korrektur des Verlaufes des Katzbachs an der A7 mittels Burning-In

Nach der Korrektur erfolgte eine erste visuelle Überprüfung des gesamten Gebietes, die Festlegung der Bezugspunkte für jeden Bach und die weitere Abgrenzung der



Teileinzugsgebiete. Es war festzustellen, dass im flachen Vorland und in anthropogen sehr stark beeinflussten Bereichen, wie dem Stadtteil Linz-Urfahr, sogar der hoch aufgelöste Laserscan von 0,5 Metern an seine Grenzen stoßen kann. Für eine hydrologische Abgrenzung war die Qualität aber durchaus ausreichend. Abbildung 7 zeigt die abgeleiteten Tiefenlinien im

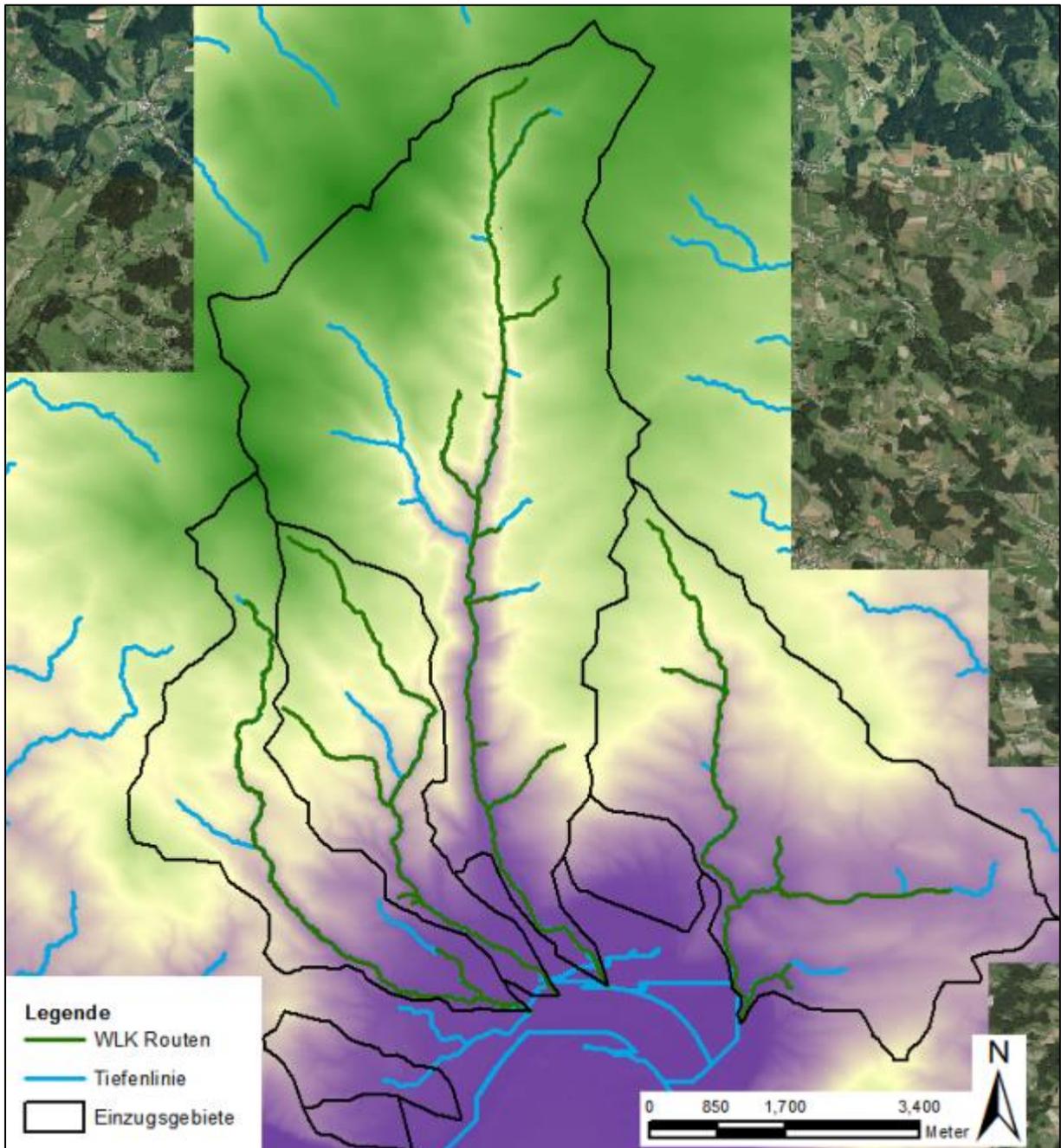


Abbildung 7: Abgeleitete Tiefenlinien, zu erkennen sind Schwachstellen entlang der Donau und im dicht bebauten Stadtteil Linz-Urfahr.



### 3.3.2 Festlegung der Bezugspunkte und Vergleich mit den WLK Daten

Da es sich eigentlich um sechs getrennte Gebiete und die Elmberggräben handelt, wurden zu Beginn sechs Bezugspunkte festgelegt und geprüft, wie die Elmberggräben sinnvoll zu trennen sind. Im Laufe des Projektes hat sich folgende Gliederung aufgrund der Verrohrungen am Bahngraben, Pflasterbach und den Elmberggräben ergeben (Abbildung 8). Zusätzlich wurde ein neues „namenloses EZG“ definiert (rot gestreift), das sich südlich vom Diesenleitenbach-EZG und nördlich vom Pflasterbach-EZG befindet. Das neue Zwischen-EZG liegt nicht in der WLK Kompetenz, könnte aber zur Abflusentstehung beitragen und für die Gemeinde Linz von Relevanz sein.

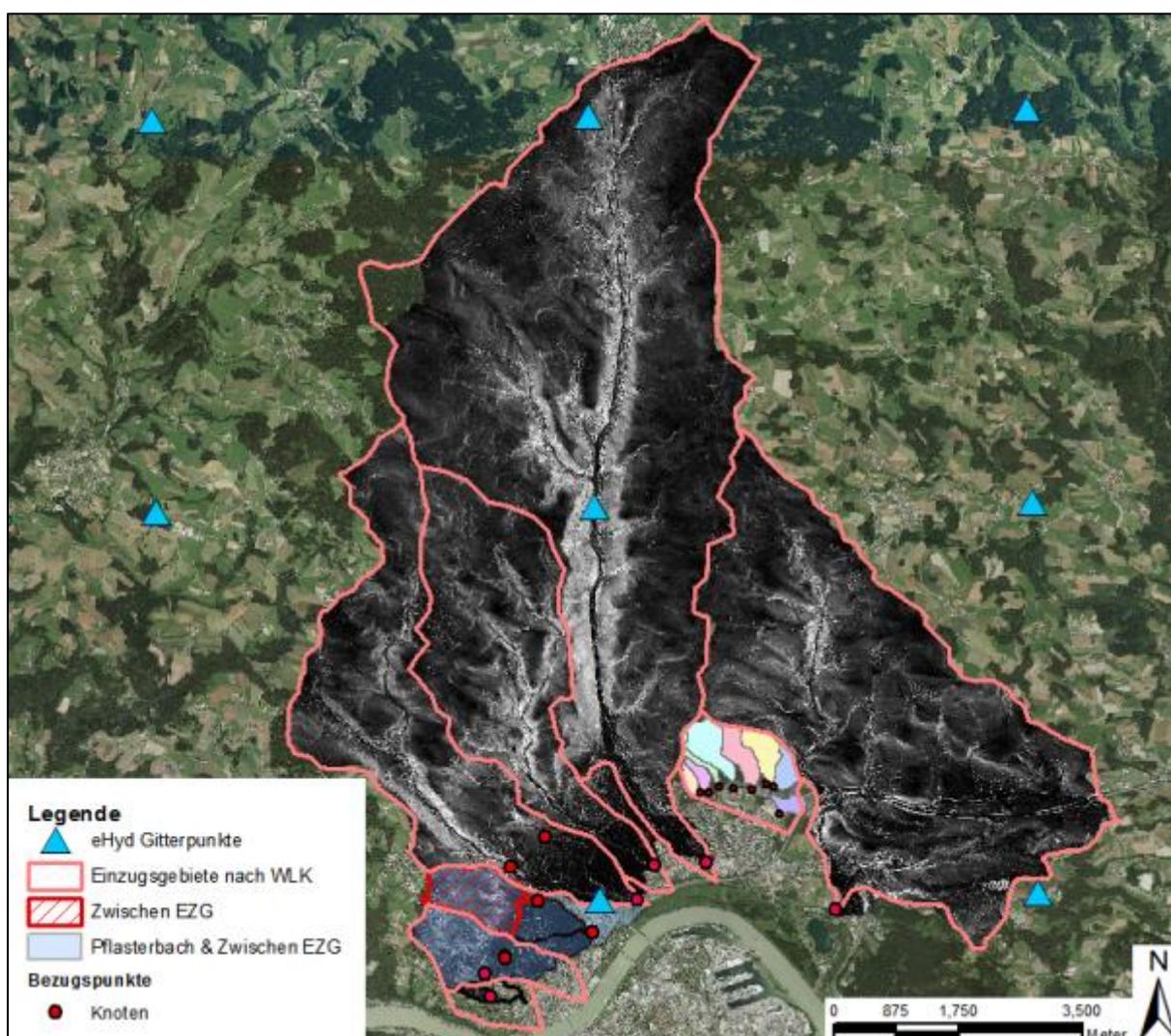


Abbildung 8: Neu abgegrenzte Haupt-EZG und ihre Bezugsknoten (rot) sowie flächig bunt dargestellt die acht abgegrenzten Elmberggräben. Blaue Symbole zeigen die nächstgelegenen eHyd-Gitterpunkte.



Nach der Gesamtüberprüfung der Einzugsgebiete und der Vor-Ort-Begehung wurde festgelegt, dass aufgrund der zwei Verrohrungen, in die der Pflasterbach mündet, zwei Bäche (Pflasterbach Nord und Pflasterbach Süd) getrennt betrachtet werden sollten. Weiters kann das neue namenlose-EZG im Falle einer Verklausung, der Kanalisation der Stadt Linz, einen Beitrag zum Abflussgeschehen ausüben. Nach Betrachtung der abgeleiteten Tiefenlinien besteht die Möglichkeit, dass der Oberflächenabfluss vom namenlosen-EZG gemeinsam mit dem Oberflächenabfluss vom Pflasterbach bis zum Sammelgerinne fließt und sich da konzentrieren. Die Unsicherheit bleibt jedoch groß, da es sich um ein dicht bebautes und flaches Gebiet handelt.

Nachfolgend einige Bildserie den Verrohrungen am Pflasterbach, am Bahngraben und beim Elmberggraben Nummer 6.



Abbildung 9: Mündung EZG Bahngraben



Abbildung 10: Mündung Pflasterbach Nord



Abbildung 11: Mündung Pflasterbach Süd



Abbildung 12: Mündung Elmbergeraben Num. 6



### 3.4 Niederschlagsszenarien

Dieses Kapitel beschreibt unterschiedliche Niederschlagsszenarien und für welche EZG diese angedacht wurden.

#### 3.4.1 Räumliche Niederschlagsszenarien

Nach der Abgrenzung der Einzugsgebiete wurden die räumlichen Niederschlagsszenarien bestimmt. Aus den Beobachtungen und Aufzeichnungen für die Region ist bekannt, dass die meisten Niederschlagsfronten aus West-Nordwest (**WNW**) kommen. Jedoch gibt es ebenso dokumentierte Ereignisse aus der Himmelsrichtung Nordost-Ost (**NOO**). Nach diesen Überlegungen sind die drei folgenden Szenarien von besonderem Interesse:

- Das Szenario für Bahngraben – Pflasterbach – Zwischen EZG: **WNW**

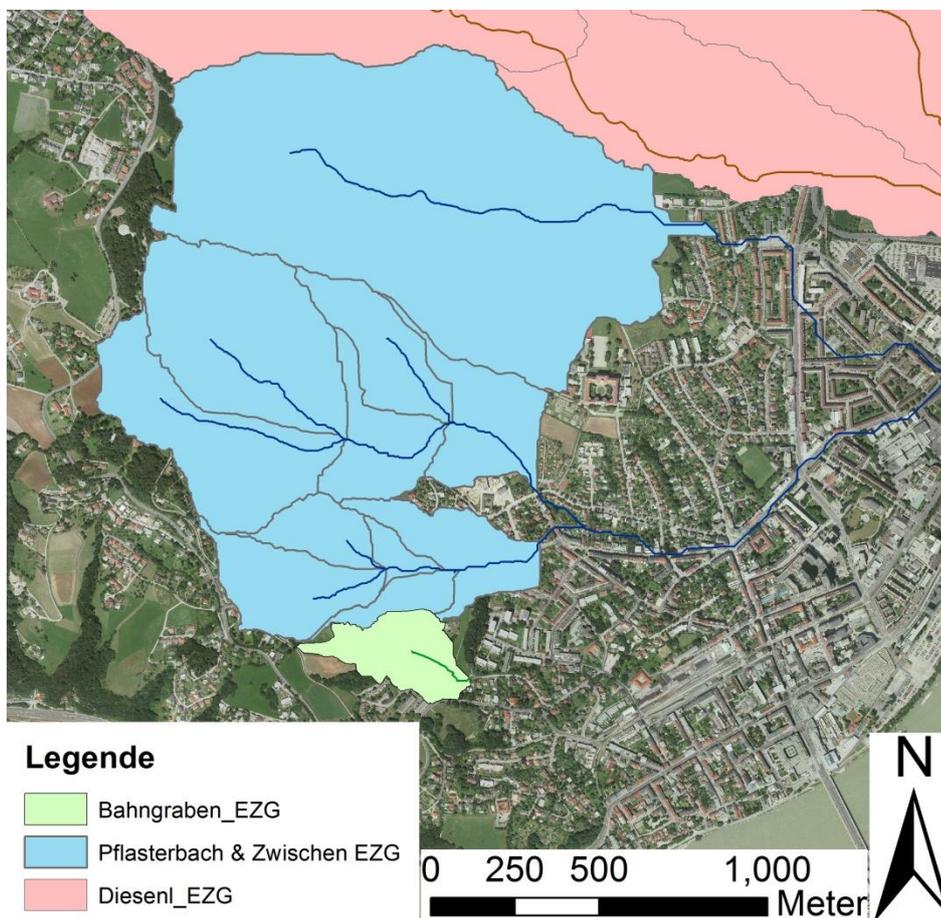


Abbildung 13: Räumliche Niederschlags-Verteilung am Bahngraben – Pflasterbach – Zwischen EZG



- Das Szenario am Haselgraben – Höllmühlbach –Diesenleitenbach: **WNW**

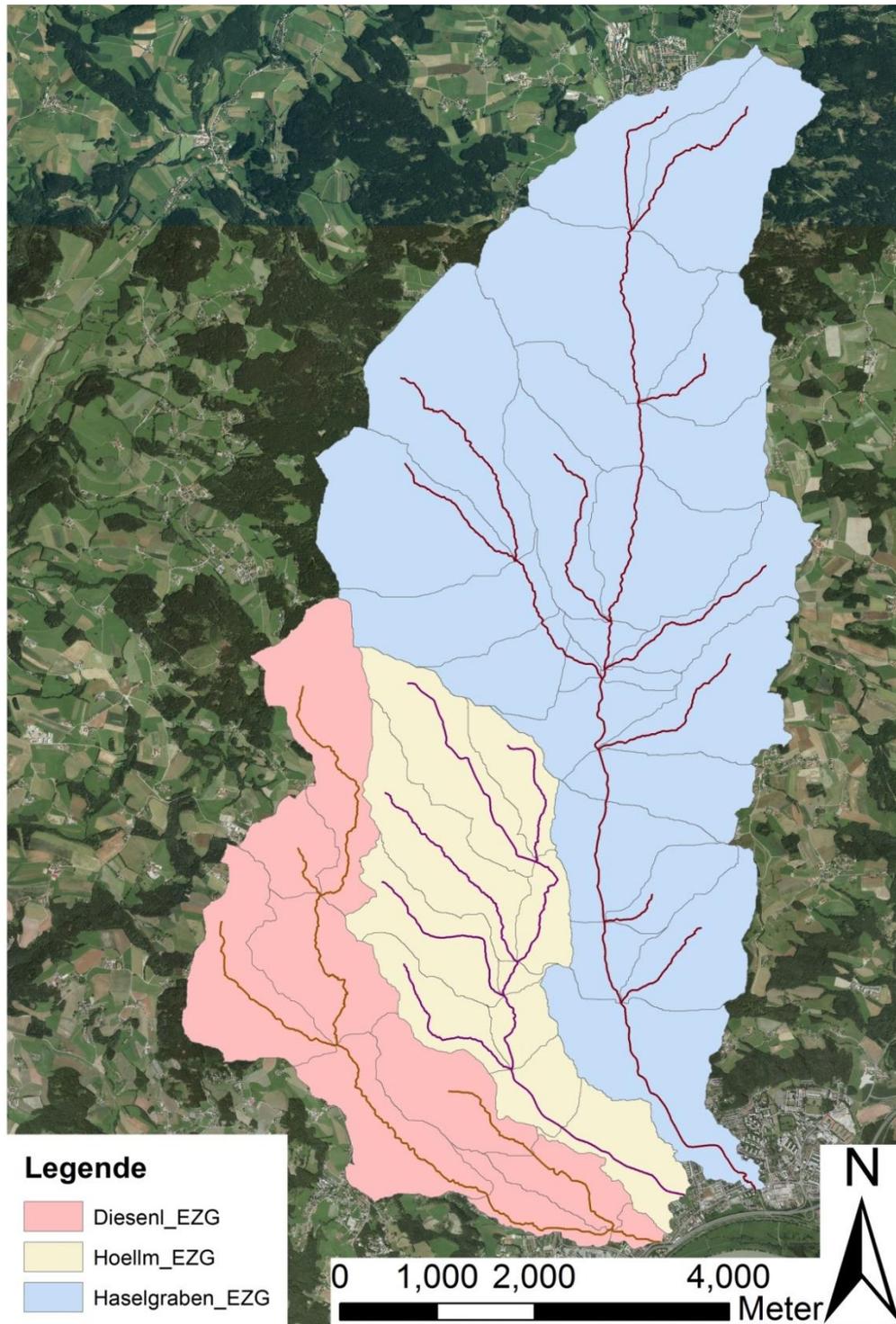


Abbildung 14: Räumliche Niederschlags-Verteilung Haselgraben – Höllmühlbach – Diesenleitenbach



- Das Szenario am Katzbach – an den Elmbergräben: **NOO**

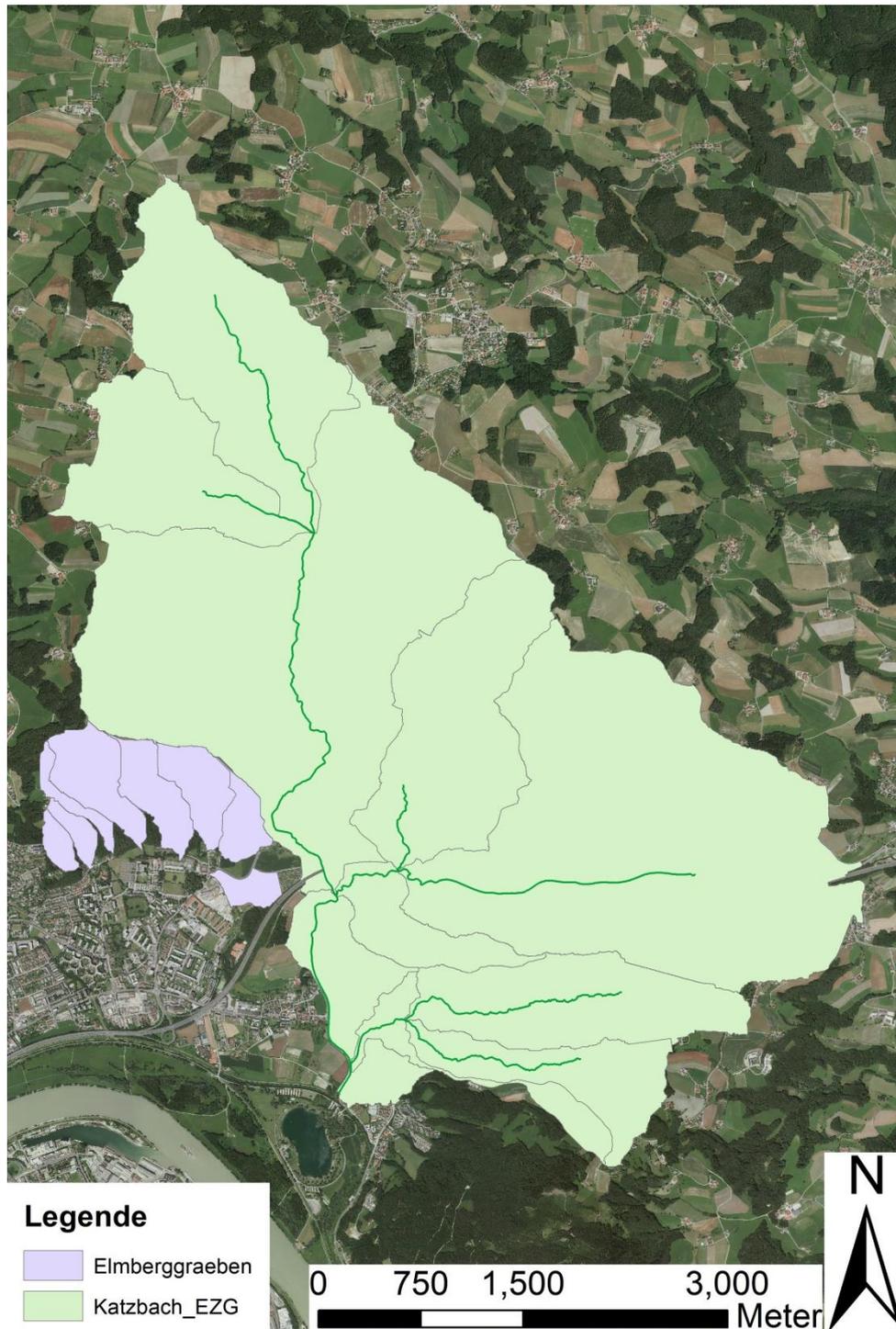


Abbildung 15: Räumliche Niederschlags-Verteilung Katzbach & Elmbergräben



### 3.4.2 Zeitliche Niederschlagsszenarien - Grundlagen

Zeitlich gesehen wurde mit zwei unterschiedlichen Szenarien, einerseits Blockregen und andererseits einer DVWK-Verteilung (mittenbetont), gearbeitet. Die zeitliche Verteilung des Niederschlages übt einen großen Einfluss auf die resultierende Abflussganglinie aus. Für ein mittelgroßes Einzugsgebiet kann Blockregen als günstiges, aber eher unrealistisches Szenario und die DVWK Empfehlung als ein realistisches Szenario betrachtet werden.

#### 3.4.2.1 Blockregen

Von einem Blockregen spricht man, wenn die Niederschlagsintensitäten während des gesamten Niederschlages keine Schwankungen aufweisen. Diese Verteilung wird standardmäßig für Niederschlag-Abflussmodelle in kleineren Einzugsgebieten verwendet.

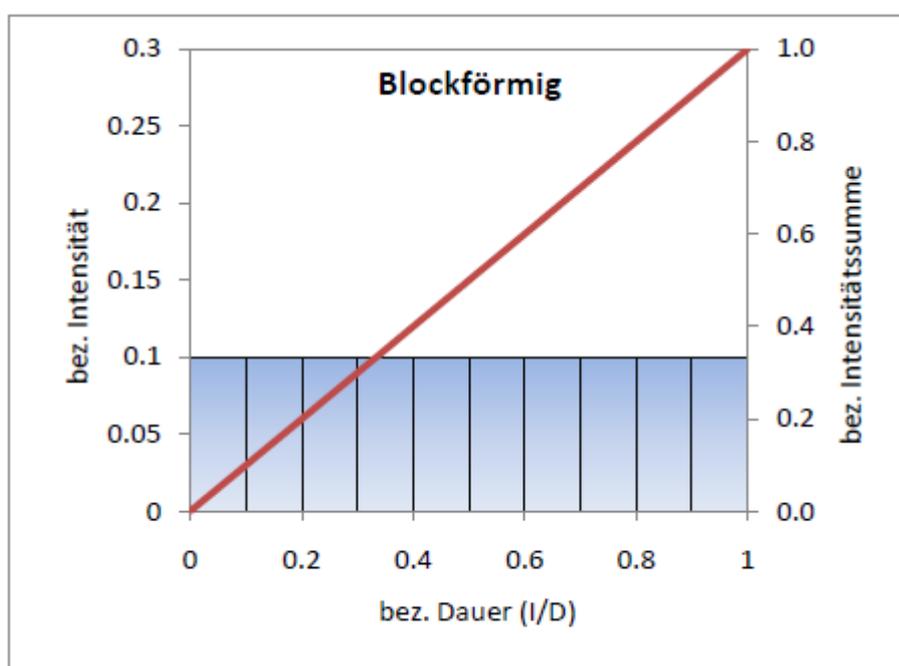


Abbildung 16: Blockförmiger Verlauf der Niederschlagsintensitäten (Quelle: IAN Report 136)

#### 3.4.2.2 DVWK-Empfehlung (mittenbetont)

Die Niederschlagsverteilung nach der DVWK-Empfehlung stellt in Bezug auf den höchsten Scheitelwert des Abflusses einen ungünstigen Regenverlauf dar. Es wird angenommen, dass in den ersten 30 % der Niederschlagsdauer 20 % der Gesamtniederschlagshöhe, in den folgenden 20 % der Niederschlagsdauer 50 % der Ge-



samtniederschlagshöhe und in den übrigen 50 % der Niederschlagsdauer die restlichen 30 % der Gesamtniederschlagshöhe fällt. Die DVWK-Empfehlung ist typisch für einen konvektiven Niederschlag im Sommer.

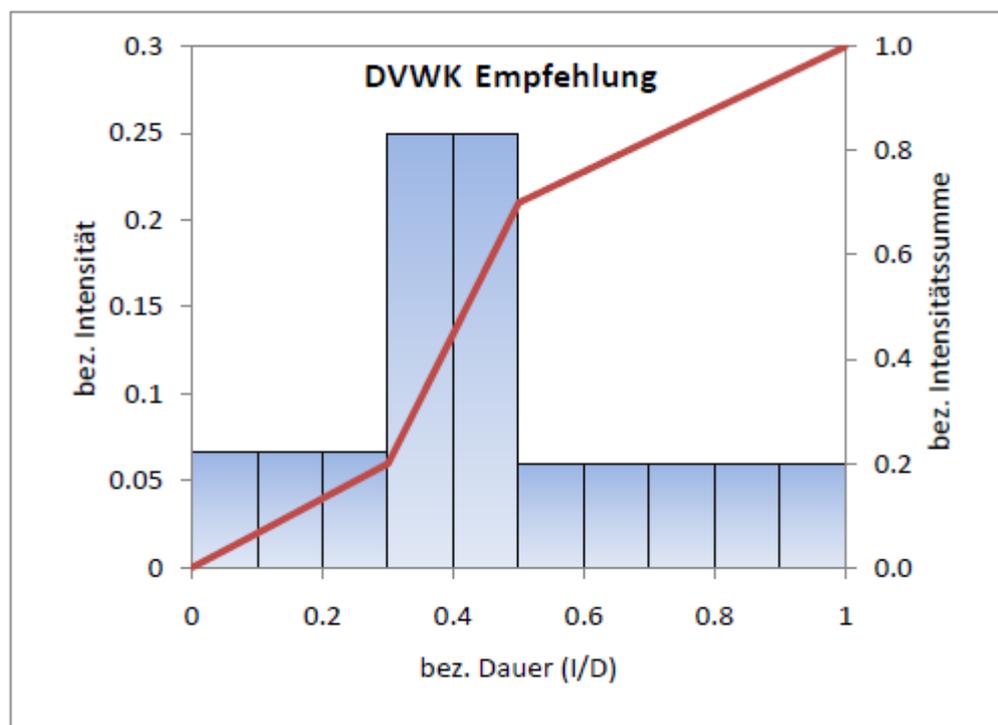


Abbildung 17: DVWK Empfehlung (mittenbetont) des Verlaufes der Niederschlagsintensitäten (Quelle:IAN Report 136)

### 3.5 eHyd Bemessungsniederschlag

Als Niederschlag Eingangsdaten wurden Werte von neun eHyd Gitterpunkte (siehe Abbildung 18) benutzt. Die Berechnung des Niederschlags für jedes Einzugsgebiet erfolgte durch die Anwendung von Thiessen Polygonen im ArcGIS und entsprechender Gewichtung für jedes Einzugsgebiet. Aus dem eHyd Thiessen Gitter wurde ersichtlich, dass die Einzugsgebiete Elmberggräben, namenloses–EZG, Pflasterbach und Bahngraben nur vom Gitterpunkt 2525 abhängen und weiters, dass die Gitterpunkte 2310 und 2312 die Einzugsgebiete im Projektgebiet theoretisch überhaupt nicht beeinflussen. An diesem Punkt muss betont werden, dass der eHyd Bemessungsniederschlag nur ein theoretischer, statistisch berechneter Niederschlag ist (siehe digHAÖ). Die Unsicherheiten, die solche Eingangsdaten mit sich bringen, sind ziemlich groß und üben einen starken Einfluss auf die Ergebnisse des N-A Modells aus. Jedoch sind die eHyd Werte in Österreich Stand der Technik und gelten für Be-



messungszwecke als eine erste gute Näherung. In dieser Untersuchung wurde auch eine räumliche Diskretisierung des eHyd Bemessungsniederschlags für jedes Teileinzugsgebiet (TEZG) vorgenommen. Da die Teileinzugsgebiete jedoch Größen zwischen  $0,07 \text{ km}^2$  und maximal  $5,00 \text{ km}^2$  aufweisen, war eine sinnvolle Flächenabminderung nach den Vorgaben des hydrographischen Dienstes nicht möglich. Beim Testen der diskretisierten Bemessungsniederschläge ergaben sich allgemein extrem hohe Spitzenabflüsse ( $HQ_{100} > 150 \text{ m}^3/\text{s}$ ) und besonders am Haselgraben und am Katzbach extreme Werte, die nicht als realistisch zu betrachten sind. Nach diesem ersten Test wurde beschlossen, für jedes EZG, einen pauschalen mit Thiessen Polygonen gewichteten Niederschlag, wie oben beschrieben, zu benutzen. Dieser weist auch den Vorteil auf, dass er im ZEMOKOST 2.0 mit variablem Niederschlagszentrum eingesetzt und auch ein worst case Szenario simuliert werden kann.

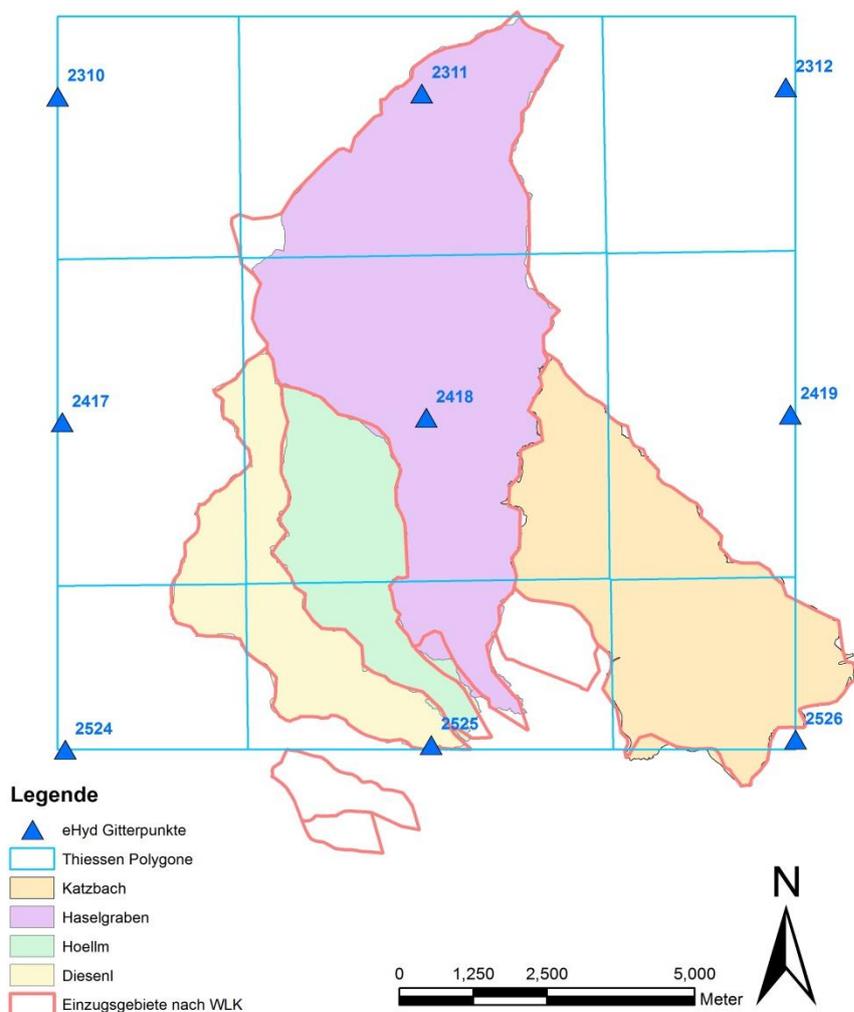


Abbildung 18: eHyd Thiessen Polygone zeigen den theoretischen Einfluss von jedem e-Hyd Gitterpunkt auf die Einzugsgebiete.



Das namenlose-EZG, der Pflasterbach, der Bahngraben und die Elmberggräben sind nur vom Punkt 2525 abhängig:

Tabelle 2: eHyd Bemessungsniederschlag Gitterpunkt 2525

<b>Dauerstufe [min]</b>	<b>Jährlichkeit [a]</b>			
	<b>1a</b>	<b>10a</b>	<b>30a</b>	<b>100a</b>
<b>5</b>	6.70	14.10	17.60	21.40
<b>10</b>	8.40	17.70	22.10	26.90
<b>15</b>	9.60	20.50	25.70	31.30
<b>20</b>	10.60	22.50	28.10	34.30
<b>30</b>	12.10	25.60	32.00	38.90
<b>45</b>	13.80	28.80	36.10	43.70
<b>60</b>	15.20	31.30	38.90	47.10
<b>90</b>	17.30	34.70	43.10	52.10
<b>120</b>	19.00	37.70	46.70	56.50
<b>180</b>	21.70	42.30	52.20	63.00
<b>240</b>	23.90	45.80	56.40	67.90
<b>360</b>	28.20	53.30	65.20	78.30
<b>540</b>	33.10	62.20	76.00	91.50
<b>720</b>	36.90	69.00	84.30	101.00

Das Diesenleitenbach-EZG wird von vier eHyd Gitterpunkten beeinflusst, den Punkten 2524, 2525, 2417, und 2418 (siehe Abbildung 18):

Tabelle 3: Bemessungsniederschlag am Diesenleitenbach gewichtet und gemittelt mittels Thiessen Polygonen

<b>Dauerstufe [min]</b>	<b>Jährlichkeit [a]</b>			
	<b>1a</b>	<b>10a</b>	<b>30a</b>	<b>100a</b>
<b>5</b>	7.41	14.61	18.07	21.86
<b>10</b>	9.29	20.65	26.04	31.93
<b>15</b>	10.67	24.74	31.38	38.64
<b>20</b>	11.76	27.49	34.86	43.01
<b>30</b>	13.49	31.58	40.12	49.46
<b>45</b>	15.38	35.70	45.42	55.84
<b>60</b>	16.92	38.79	49.05	60.29
<b>90</b>	19.26	43.14	54.51	66.78
<b>120</b>	21.09	46.56	58.75	71.94
<b>180</b>	23.97	52.17	65.53	80.18
<b>240</b>	26.29	56.50	70.84	86.47
<b>360</b>	30.39	63.21	78.64	95.56
<b>540</b>	35.06	71.84	89.21	108.47
<b>720</b>	38.68	78.34	97.15	117.70



Der Bemessungsniederschlag für den Höllmühlbach wird aus den Gitterpunkten 2525 und 2418 berechnet:

Tabelle 4: Bemessungsniederschlag am Höllmühlbach gewichtet und gemittelt mittels Thiessen Polygonen

<b>Dauerstufe [min]</b>	<b>Jährlichkeit [a]</b>			
	<b>1a</b>	<b>10a</b>	<b>30a</b>	<b>100a</b>
<b>5</b>	7.76	14.76	18.13	21.80
<b>10</b>	9.73	22.21	28.13	34.59
<b>15</b>	11.19	27.06	34.52	42.77
<b>20</b>	12.32	30.25	38.64	47.95
<b>30</b>	14.15	34.95	44.73	55.47
<b>45</b>	16.12	39.54	50.75	62.79
<b>60</b>	17.78	43.03	54.87	67.85
<b>90</b>	20.22	47.82	60.86	75.03
<b>120</b>	22.12	51.49	65.52	80.63
<b>180</b>	25.08	57.61	72.95	89.78
<b>240</b>	27.55	62.37	78.87	96.86
<b>360</b>	31.51	68.94	86.48	105.67
<b>540</b>	36.15	77.44	96.88	118.41
<b>720</b>	39.68	83.85	104.65	127.51

Der Bemessungsniederschlag für das Haselgraben EZG wurde aus den Gitterpunkten 2311, 2418, 2525 berechnet:

Tabelle 5: Bemessungsniederschlag am Haselgraben gewichtet und gemittelt mittels Thiessen Polygonen

<b>Dauerstufe [min]</b>	<b>Jährlichkeit [a]</b>			
	<b>1a</b>	<b>10a</b>	<b>30a</b>	<b>100a</b>
<b>5</b>	8.31	15.34	18.73	22.45
<b>10</b>	10.44	24.74	31.57	38.98
<b>15</b>	12.05	30.77	39.55	49.31
<b>20</b>	13.30	34.64	44.65	55.76
<b>30</b>	15.29	40.25	52.07	64.99
<b>45</b>	17.43	45.73	59.26	73.84
<b>60</b>	19.23	49.82	64.17	79.93
<b>90</b>	21.90	55.39	71.24	88.41
<b>120</b>	23.94	59.56	76.55	94.78
<b>180</b>	27.12	66.62	85.13	105.55
<b>240</b>	29.68	72.04	92.07	113.86
<b>360</b>	33.74	78.69	99.72	122.71
<b>540</b>	38.45	87.64	110.69	136.05
<b>720</b>	42.10	94.22	118.58	145.50



Für das Katzbach EZG wurde, nach Absprache mit der GBL, der Gitterpunkt 2525 nicht herangezogen, weil dieser dem angenommenen Szenario der räumlichen N - Verteilung nicht entspricht. Für die Berechnung wurden daher die Punkte 2418, 2419, 2526 herangezogen.

Tabelle 6: Bemessungsniederschlag am Katzbach gewichtet und gemittelt mittels Thiessen Polygonen

<b>Dauerstufe [min]</b>	<b>Jährlichkeit [a]</b>		
	<b>1a</b>	<b>30a</b>	<b>100a</b>
<b>5min</b>	7.42	19.56	23.83
<b>15Min</b>	10.69	31.63	39.00
<b>1H</b>	16.89	48.88	60.05
<b>2H</b>	21.05	58.59	71.83
<b>3H</b>	23.97	65.47	80.16
<b>6H</b>	29.41	76.20	92.68
<b>12H</b>	38.73	96.07	116.45
<b>1D</b>	46.14	110.24	133.58
<b>2D</b>	54.72	125.49	151.21
<b>4D</b>	65.90	142.12	170.13

### 3.6 Flächenabminderung

Es wurde davon ausgegangen, dass für Gebiete kleiner als 5 km<sup>2</sup> eine räumliche Differenzierung des Niederschlags nicht notwendig ist. Daher wurden die Bemessungsniederschläge für die Elmberggräben, den Bahngraben, den Pflasterbach und das namenlose-EZG nicht abgemindert.

Für die EZG Diesenleitenbach und Höllmüllbach wurde die sanfte Flächenabminderung nach Lorenz und Skoda (2001) angewandt. Für den Katzbach war ursprünglich die stärkere Abminderung gedacht, nach der Rückrechnung der Abflussspitze hat sich aber herausgestellt, dass die sanfte Abminderung für dieses EZG besser geeignet ist. Dies kann auf die Form des EZG zurückgeführt werden. Beim Haselgraben wurde die starke Abminderung nach Lorenz et al. (2003) angewandt, da das EZG langgestreckt ist.



## 3.7 Niederschlag-Abfluss Modelle

### 3.7.1 Abflusssimulation ZEMOKOST 2.0

Bei dieser Excel-Anwendung handelt es sich um ein auf dem Laufzeitverfahren von ZELLER (1974, 1981) basierendes und in weiterer Folge vom Institut für Naturgefahren und Waldgrenzregionen des BFW zusammen mit der Wildbach- und Lawinenverbauung modifizierten Modell zur raschen Abschätzung von Wasserspitzenabflüssen in Wildbacheinzugsgebieten. Dementsprechend leitet sich der Name ZEMOKOST ab: Laufzeitverfahren zur Hochwasserabschätzung in Wildbacheinzugsgebieten nach **Z**eller **M**odifiziert durch **K**ohl und **S**Tepanek. Das Programm verfügt über Arbeitsblätter zur Dateneingabe, zur Analyse und Visualisierung des Abflußgeschehens. Darüber hinaus besteht es aus verborgenen Worksheets für Berechnungen im Hintergrund und läuft auf Visual-Basic-Modulen. ZEMOKOST 2.0 erzeugt Abflussganglinien auf Basis einer Vielzahl relativ leicht zu erhebender Parameter, für bestimmte Niederschlagsmengen in definierten Teileinzugsgebieten anhand ihrer Fließzeiten an der Oberfläche und im Gerinne. Das Programm ermöglicht eine hierarchische Einzugsgebietsgliederung als Knotentopologie, wodurch Abflussberechnungen sowohl für einzelne Teilgebiete als auch für das gesamte Gebiet möglich sind. Beim Laufzeitverfahren wird davon ausgegangen, dass ein Einzugsgebiet dann die maximale Abflussspitze aufweist, wenn die Niederschlagsdauer der totalen Laufzeit entspricht und dabei die Niederschlagsintensität maximal ist. Die „Laufzeit“ setzt sich dabei aus der Oberflächenlaufzeit und der Gerinnelaufzeit zusammen. Der Abfluss fließt auf zweierlei Arten ab: ein Teil versickert im Untergrund und der Rest wird oberflächlich transportiert, wobei die Oberflächenlaufzeit von Faktoren wie den Standortindikatoren Abflussklasse und Oberflächenrauigkeit determiniert wird. Die nachfolgenden Abbildungen zeigen exemplarische die Abflussklassen (AKL) und die Rauigkeitsklassen (RKL) für das EZG des Höllmühlbaches. Die Abflussklassen (AKL) und die Rauigkeitsklassen (RKL) der Untersuchungsgebiete wurden nach der Geländeanleitung von Markart et al. (2004) ermittelt.

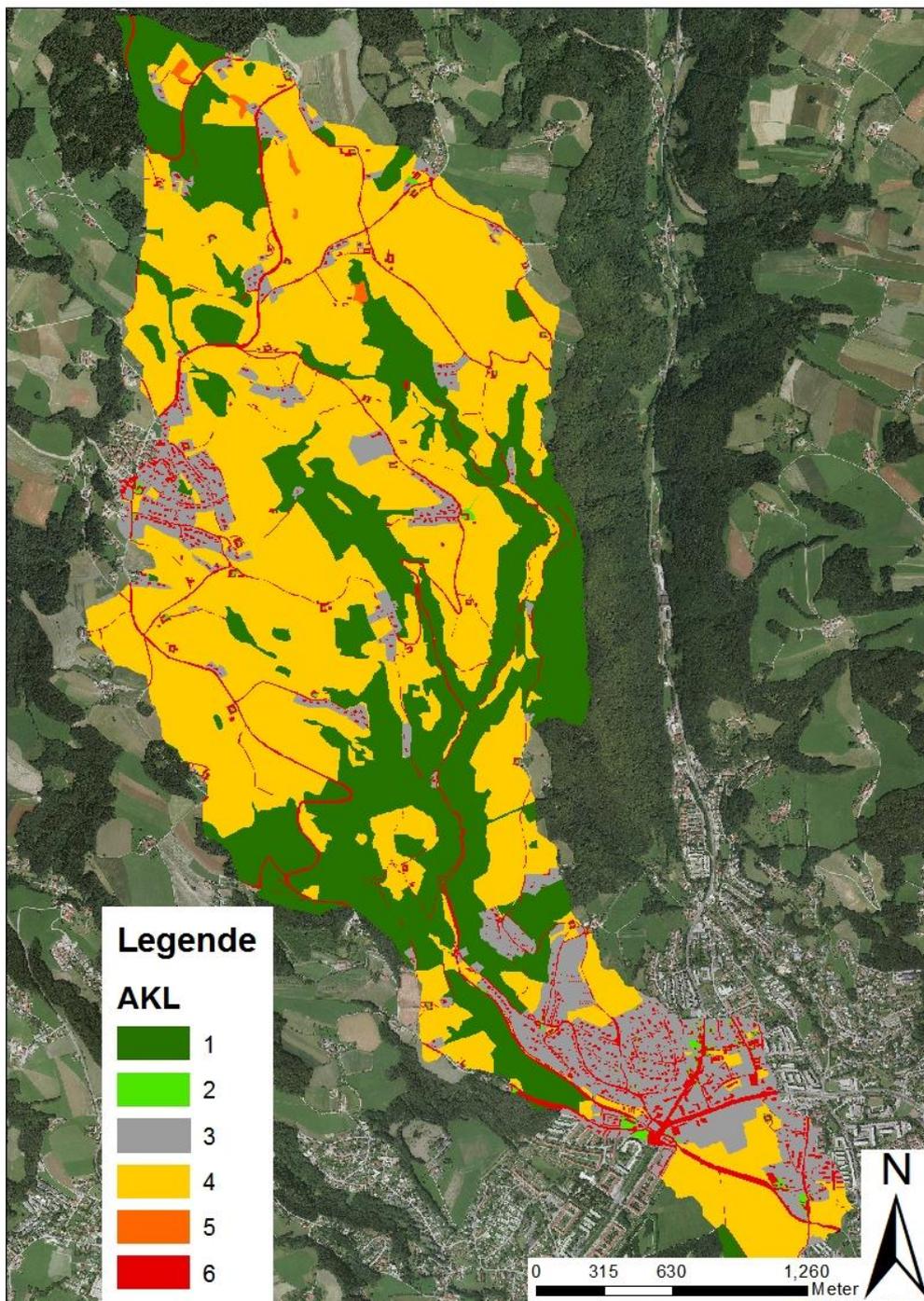


Abbildung 19: Abflussklassen EZG Höllmühlbach nach Markart et al. (2004)

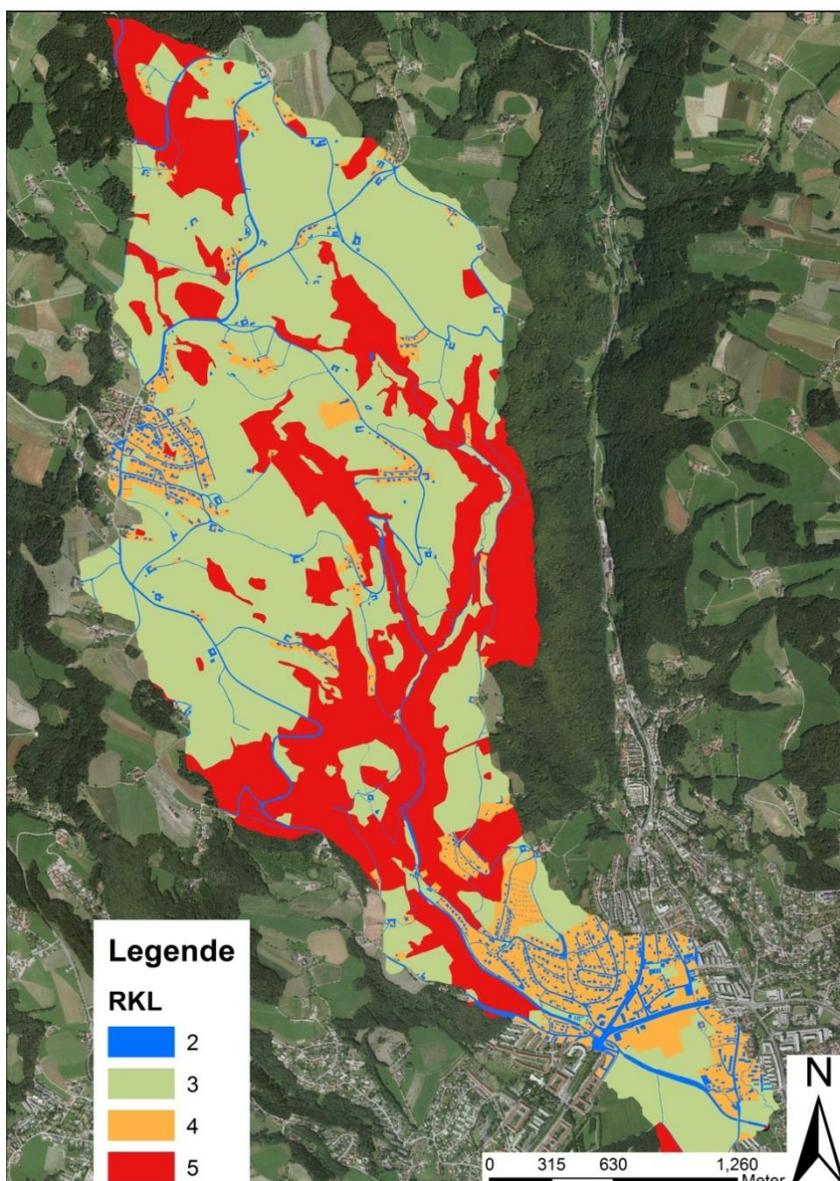


Abbildung 20: Rauigkeitsklassen EZG Höllmühlbach nach Markart et al. (2004)

Ein weiterer und ausschlaggebender Standortindikator ist der Parameter TEZG–Hanglänge. Als TEZG–Hanglänge ist die durchschnittliche maximale Länge des gerinnelosen Oberflächenabflusses, sprich von der Wasserscheide bis zum Punkt an dem zwei „Wassertröpfchen“ zusammentreffen und danach konzentriert abfließen, definiert.

Eine Möglichkeit die Hanglänge für jedes TEZG zu ermitteln, bietet im ArcGIS der Spatial Analyst: Dabei wird aus dem DEM die „flow length upstream“ berechnet, daher die Fließlänge von jedem Rasterpunkt bis zur Wasserscheide. Die ermittelten Raster Werte, werden dann nach „natural Breaks“ klassifiziert. Die Standard-Einstellungen im ArcGIS sind so, dass automatisch 5 Klassen erstellt werden. Die



Anzahl der Klassen kann bis auf 32 Klassen erhöht werden und jedoch gibt es einen Punkt, an dem sich die erste Klassenobergrenze, also der erste „natural Break“ nicht mehr ändert. Hydrologisch bedeutet der erste stabile „natural Break“, dass bis zu dieser mittleren Fließlänge die Wassertröpfchen gerinnelos abfließen. Bei der Klassenobergrenze des „natural breaks“ handelt es sich um die mittlere maximale Länge für konzentrierten Oberflächenabfluss. In der Abbildung 21 wird durch die weiße Fläche dargestellt, wie lange die Wassertröpfchen gerinnelos abfließen und ab wann sich ein konzentrierter Abfluss bildet (hell blaue Linien). Die ermittelten Standortindikatoren Hanglänge, Hangneigung, Größe des TEZG werden eingesetzt, um die Fließzeiten zu berechnen. Das Programm benutzt jedoch die ursprüngliche Izzard – Gleichung, die maximal für Längen bis 160 m gilt (Hagen et al, 2007).

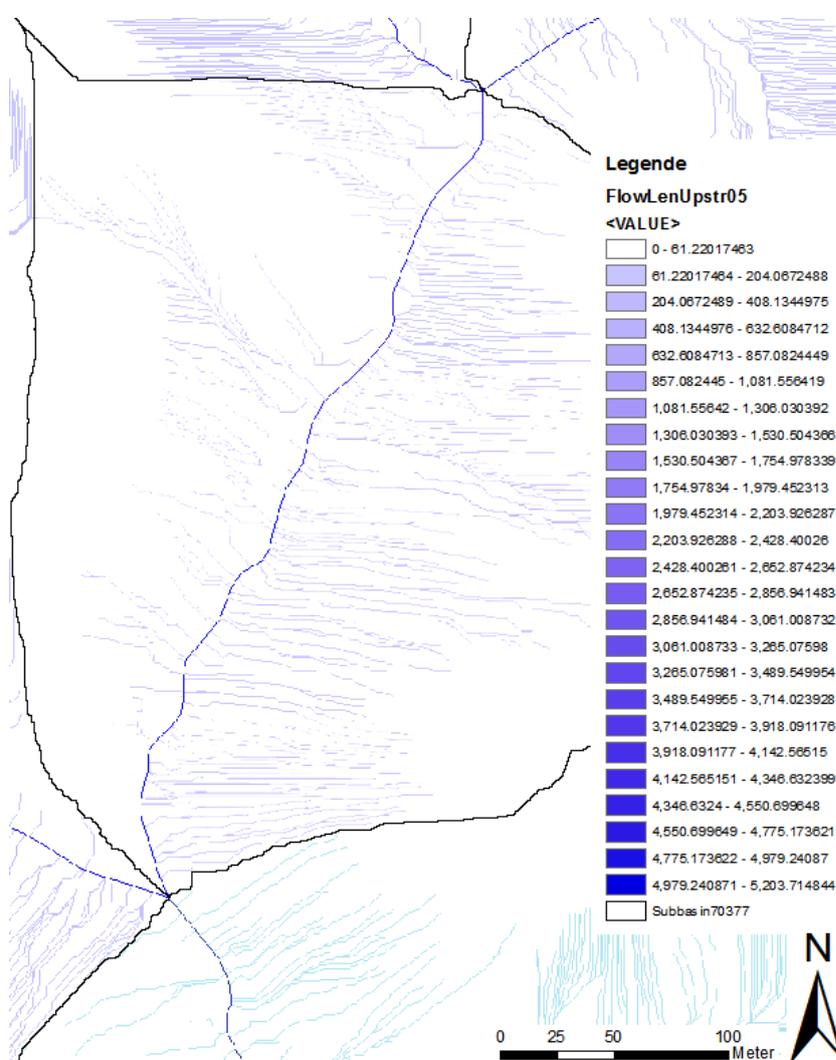


Abbildung 21: Berechnung der Fließlänge flussauf und der mittleren Hanglänge eines TEZG



### 3.7.2 Abflusssimulation HEC-HMS 4.0

#### 3.7.2.1 Ermittlung des Gebietsrückhalts und des abflusswirksamen Niederschlags (SCS-Curve Number Loss)

Zur Ermittlung wurde das SCS Curve Number Loss Verfahren herangezogen. Dieses Verfahren wurde auf Basis einer Vielzahl von beobachteten Hochwasserereignissen entwickelt. Die Ermittlung des abflusswirksamen Niederschlags wird in Abhängigkeit von verschiedenen Bodentypen und Bodennutzungen, für die verschiedene CN-Werte vorliegen, berechnet. Die CN Werte sind wiederum vom Vorregen und der Jahreszeit abhängig. Für die Bodentypen wird je nach Versickerungsvermögen zwischen vier Gruppen (A bis D) unterschieden:

Tabelle 7: Bodentypen (DVWK,1984)

Bodentypen	Versickerungsvermögen der Böden
<b>A</b>	Böden mit großem Versickerungsvermögen, auch nach starker Vorbefeuchtung, z.B. tiefgründige Sand- und Kiesböden
<b>B</b>	Böden mit mittlerem Versickerungsvermögen, tief- bis mäßig tiefgründigen Böden mit mäßig feiner bis mäßig grober Textur, z.B. Sandböden, Löß, (schwach) lehmiger Sand
<b>C</b>	Böden mit sehr geringem Versickerungsvermögen, Böden mit feiner bis mäßig feiner Textur oder mit wasserstauender Schicht, z.B. flachgründige Sandböden, sandiger Lehm
<b>D</b>	Böden mit sehr geringem Versickerungsvermögen, Tonböden, sehr flachen Böden über nahezu undurchlässigem Material, Böden mit dauernd sehr hohem Grundwasserspiegel

Der Vorregen und die Jahreszeit werden über Bodenfeuchteklassen (I–III) berücksichtigt. Diese werden in den folgenden Tabelle 8 und Tabelle 9 beschrieben.



Tabelle 8: Bodenfeuchteklassen

Bodenfeuchteklassen	Niederschlagshöhe in den vergangenen 5 Tagen [mm]	
	Vegetationsperiode	übrige Zeit
CN (I)	< 30	< 15
CN (II)	30 – 50	15 – 30
CN (III)	> 50	> 30

Jedem Teileinzugsgebiet werden je nach Bodennutzung Kurvennummern zugeordnet. Die SCS-Curve Number Loss Methode berechnet den Niederschlagsanstieg während eines Starkniederschlages durch Rückrechnen des Infiltrationsvolumens am Ende jedes Zeitintervalls. Die Infiltration während eines Zeitintervalls ist die Differenz des Volumens am Ende von zwei angrenzenden Zeitintervallen. Die maßgebenden Kennzeichen der CN-Werte sind die Anfangsverluste, die nichtdurchlässigen Flächenanteile des Teileinzugsgebiete und die Verzögerungszeit.

Tabelle 9: Bodennutzung (DVWK)

Bodennutzung	CN für Bodentyp			
	A	B	C	D
<b>Ödland (ohne nennenswerten Bewuchs)</b>	77	86	91	94
<b>Hackfrüchte, Wein</b>	70	80	87	90
<b>Wein (Terrassen)</b>	64	76	84	88
<b>Getreide, Futterpflanzen</b>	64	76	84	88
<b>Weide (normal)</b>	49	69	79	84
<b>Weide (karg)</b>	68	79	86	89
<b>Dauerwiese</b>	30	58	71	78
<b>Wald (stark aufgelockert)</b>	45	66	77	83
<b>Wald (mittel)</b>	36	60	73	79
<b>Wald (dicht)</b>	25	55	70	77
<b>Undurchlässige Flächen (versiegelter Anteil von Ortschaften, Straßen)</b>	100	100	100	100



In Linz – Urfahr gibt es nach eBod Datenbank Böden in der Durchlässigkeitsklasse sieben (7). Die eBod Durchlässigkeitsklassen wurden neu klassifiziert, so dass sie den amerikanischen Bodentypgruppen entsprechen:

Tabelle 10: eBod Durchlässigkeiten und Bodentypen

<b>Durchlässigkeit</b>		
<b>Code</b>	<b>Text</b>	<b>Bodentyp</b>
<b>0</b>	nicht beschrieben	-
<b>1</b>	sehr gering	<b>D</b>
<b>2</b>	sehr gering bis gering	<b>D</b>
<b>3</b>	gering	<b>C</b>
<b>4</b>	gering bis mäßig	<b>C</b>
<b>5</b>	mäßig	<b>B</b>
<b>6</b>	mäßig bis hoch	<b>B</b>
<b>7</b>	hoch	<b>B</b>
<b>8</b>	hoch bis sehr hoch	<b>A</b>
<b>9</b>	sehr hoch	<b>A</b>

Aus der Abbildung 22 wird eindeutig, dass es sich in Linz – Urfahr maßgeblich um den Bodentyp B handelt. Bei den nicht beschriebenen Teileinzugsgebieten (Wert 0) wird die Annahme getroffen, dass es auch um den Bodentyp B geht (Werte 5 bis 7):

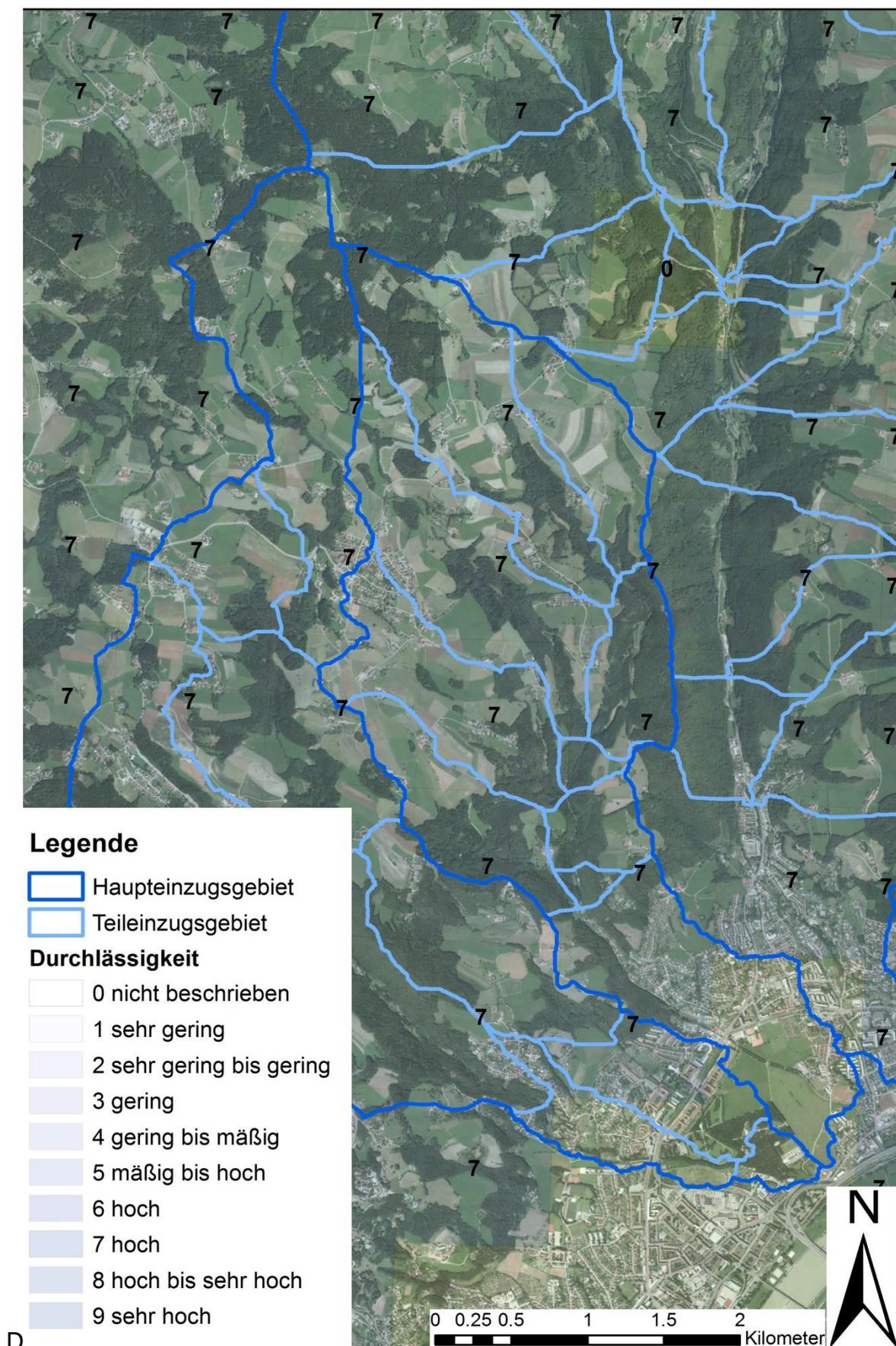


Abbildung 22: Durchlässigkeit in Linz – Urfahr.



Tabelle 11: Nutzungsarten laut DKM und ihre zusammengefasste CN Werte

Nutzungsart laut DKM	CN Wert
Abbaufäche, Halde oder Deponie	86
Betriebsfläche	86
Dauerkulturanlage oder Erwerbs	69
fließendes Gewässer	100
Freizeitfläche	78
Friedhof	86
Garten	78
Gebäude	100
Gebäudenebenfläche	86
Gewässerrandfläche	86
landwirtschaftlich genutzt	69
Parkplatz	100
Schienenverkehrsanlage	100
stehendes Gewässer (Wasserfläche)	100
Straßenverkehrsanlage	100
vegetationsarme Fläche	86
verbuschte Fläche	66
Verkehrsrandfläche	86
Wald	60
Weingarten	78

Anhand von den Flächenanteilen in jedem TEZG wurde eine Durchschnittskurvennummer für jedes EZG gewählt.

In diesem bestimmten Fall wurde darauf geachtet, dass alle Nutzungsarten in sechs CN Klassen zusammengefasst werden, so dass die CN Klassen vergleichbar zu den AKL und RKL vom ZEMOKOST 2.0 sind:

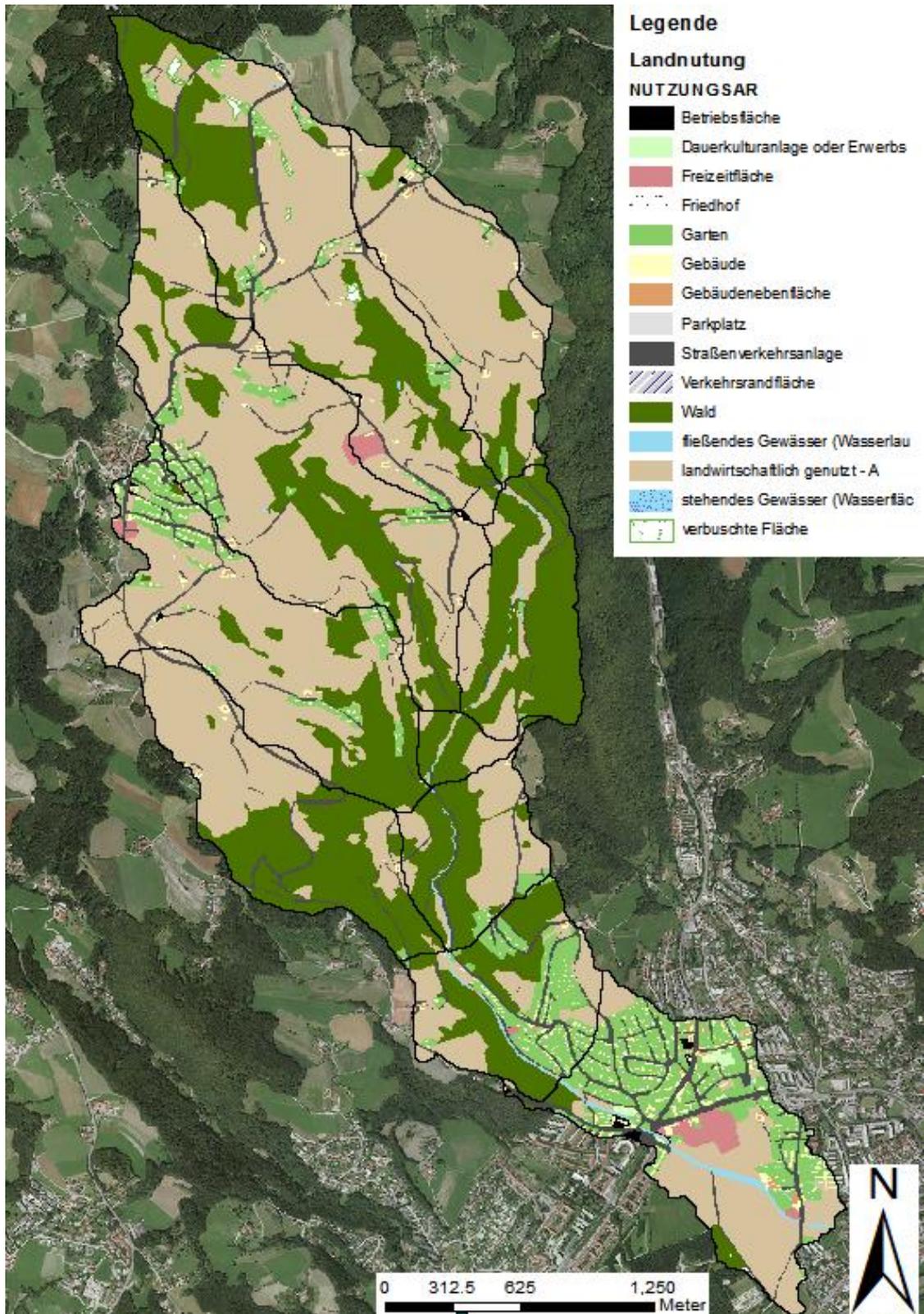


Abbildung 23: Landnutzung am Höllmühlbach gemäß DKM

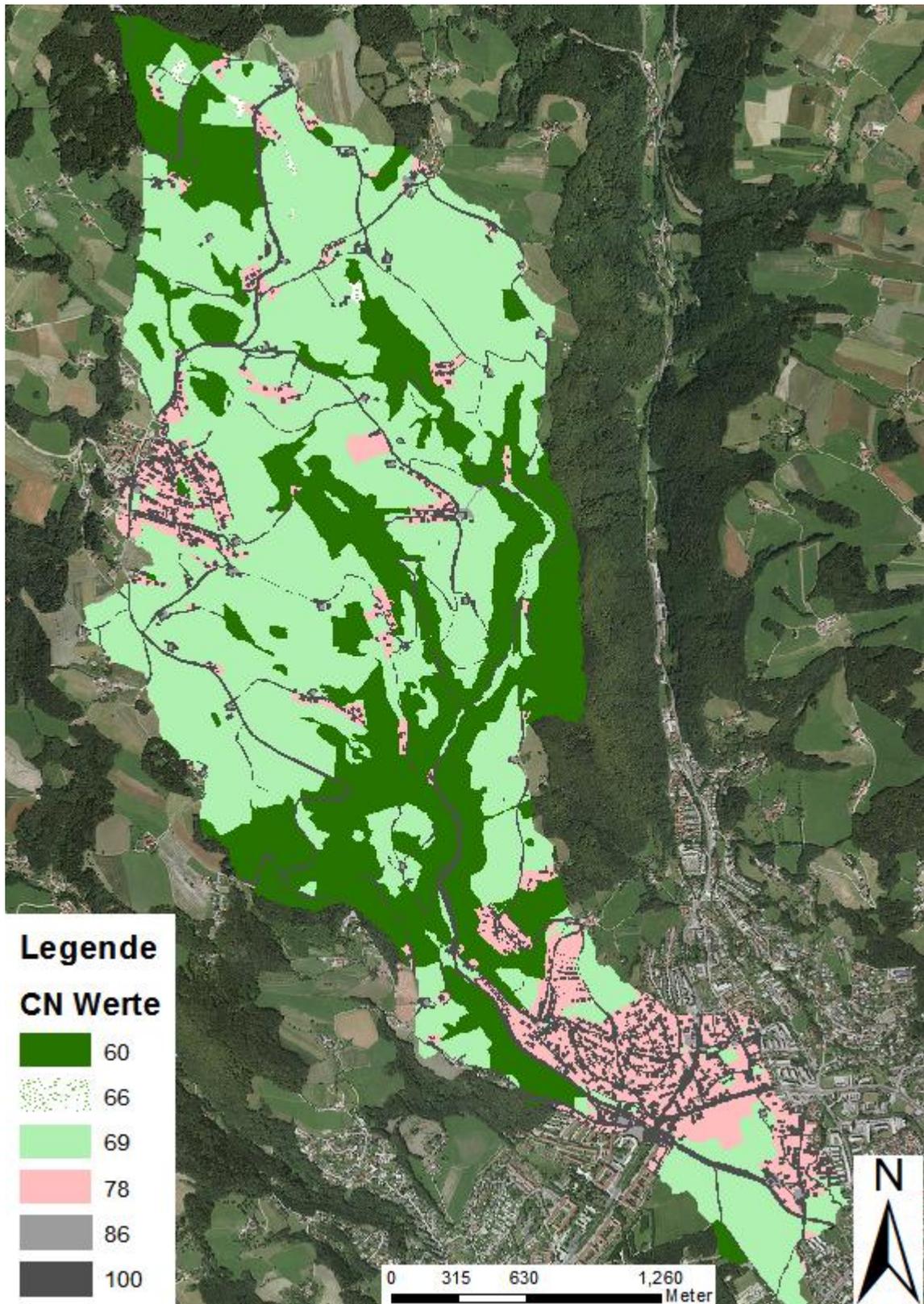


Abbildung 24: CN Werte aus den Landnutzungen



### 3.7.2.2 Ermittlung der Abflussganglinien (SCS-Unit Hydrograph Transform)

Im nächsten Schritt wurde die Abflussbildung (Gebiets-Routing) mit Hilfe des Einheitsganglinienverfahrens ermittelt. Bei einer Einheitsganglinie (UH-Linie) handelt es sich um eine Ganglinie, die aus 1 mm Netto Regen pro gewähltem Zeitintervall des direkten Reinwasserabflusses resultiert. Es wird davon ausgegangen, dass bei identen Netto Regenmengen gleiche Abflussganglinien erzeugt werden (Zeitinvarianz) und die Ordinaten der Abflussganglinien mit der Regendauer direkt proportional zu den Nettoniederschlägen sind (Linearität). Dies lässt die Ableitung von Einheitsganglinien für verschiedene Zeitintervalle und Niederschlagskombinationen zu. Das Verfahren, das hier bei der Ermittlung des UH-Maximums und der bis dahin erforderlichen Zeit zum Einsatz kommt, wurde vom SCS (Soil Conservation Service) entwickelt und basiert auf der Eingabe der Lag Time des jeweiligen Einzugsgebietes. Diese wiederum kann mittels verschiedener empirischer Formeln erfolgen, welche die zentralen topographischen und bodenspezifischen Eigenschaften einbeziehen. Die Lag Time bestimmt die Zeitspanne zwischen dem Schwerpunkt des Niederschlags und dem Spitzenabfluss der resultierenden Einheitsganglinie.

Die Berechnung der Verzögerungszeit erfolgte automatisch über das HEC-GeoHMS und wurde anhand der Methode nach USDA, 1972, überprüft:

$$t_L = \frac{1,347 * L_f^{0,8} * (S + 2,54)^{0,7}}{1900 * S_p^{0,5}}$$

$t_L$  = Verzögerungszeit [h]

$L_f$  = hydraulische Länge des Einzugsgebietes [m]

$S_p$  = durchschnittliche Hangneigung im Einzugsgebiet [%]

$S$  = potentiell mögliche Versickerung =  $\frac{2450}{CN} - 25,4$  [cm]

Für das gesamte Gebiet der Urfahrner Bäche wurde der Bodentyp B und die Bodenfeuchteklasse CN (II) angenommen. Zusätzlich wurden nach den Empfehlungen des DVWK die Anfangsverluste mit 5% der potentiell möglichen Versickerung berechnet. Der Anfangsverlust (A) ist der Niederschlag in mm, der versickert, bevor der Oberflächenabfluss beginnt.

$A = 0,05 * S$



### 3.7.2.3 Modellierung der Fortpflanzung der Hochwasserwelle im Gerinne (Kinematic Wave Routing)

Die Ermittlung des Wellenablaufs (Gerinne Routing) erfolgt mit dem semi-hydraulischen Verfahren der kinematischen Welle. Dabei handelt es sich um die einfachste Form der Hochwasserabflussberechnung, wird doch angenommen, dass das Reibungs- und Sohlgefälle immer die gleiche Neigung aufweisen, was insbesondere den Bedingungen im Gerinne mit einem relativ hohen Gefälle entspricht. Andere Terme der Bewegungsgleichung (die lokale und konvektive Beschleunigung sowie der Druckgradient) finden demnach keine Berücksichtigung. Für die kinematische Welle sind folgende Parameter des Fließquerschnittes von Relevanz:

die Form (Trapez, Rechteck oder Kreis), die Breite der Gerinnesohle, die Länge des untersuchten Abschnittes, das Gefälle sowie die Rauigkeit des Querschnittes nach Manning. Die modellierten Gerinne werden dabei in mehrere homogene Gerinneabschnitte unterteilt.

## 3.8 Nachrechnung der Abflussspitzen

Die folgenden Kapitel gehen auf die Nachrechnung der Abflussspitzen am Katzbach und am Haselgraben ein.

### 3.8.1 Nachrechnung am Katzbach, nahe Knoten 05

Nach einem Interview mit einem Einwohner am Katzbach wurde die Abflussspitze des Ereignis vom 11.08.2002-13.08.2002 rückgerechnet:

Nach Aussage des Einwohners war der freie Wasserspiegel am Katzbach 0,5 m unterhalb der Unterkante der Brücke, direkt vor seinem Haus. Genau diese Stelle wurde vermessen.

Das ergab einen Abfluss  $Q_{\max}$  = rund. **25,0** m<sup>3</sup>/s für eine Fläche  $A= 6,9$  m<sup>2</sup>, eine Rauigkeit  $K_{st}=28$  und eine Geschwindigkeit  $v=3,6$  m/s

Es ist auch bekannt, dass es beim Ereignis vom 11.8-13.8.2002 (gewichtet und gemittelt) ca. 155,3 mm in 48 h geregnet hat (N-Stationen Hellmonsödt, Kirchsschlag, Gallneukirchen) und mehrere Gewitter hintereinander stattfanden.

Zusätzlich ist noch in Erfahrung gebracht worden, dass es vom 7.- 8.8.2002 auch Gewitter gab und die Region somit stark vorbefeuchtet war. Das HEC-HMS Modell



wurde geändert, und als stark vorbefeuchtet angenommen. Wenn man die 155,3 mm / 48 h nach der DVWK mittenbetonten Empfehlung verteilt, wird beim Knoten 05  $Q_{\max} = 24,5 \text{ m}^3/\text{s}$  rückerrechnet.

### 3.8.2 Nachrechnung am Haselgraben, nahe Sammelgerinne

Nach dem Bericht des Tiefbauamtes der Stadt Linz über das Ereignis im April 1996 am Haselgraben wurde die Abflussspitze zwischen 24 - 27  $\text{m}^3/\text{s}$  nicht weit vom Sammelgerinne entfernt, rückgerechnet. Der Abfluss von 24  $\text{m}^3/\text{s}$  wurde mit einem  $K_{\text{st}}=30$  berechnet und der Abfluss von 27  $\text{m}^3/\text{s}$  mit einem  $K_{\text{st}}=40$ . Ein Strickler Wert  $K_{\text{st}}=40$  erscheint (nach Ansprache mit der Bauleitung OÖ Nord) für den Haselgraben ziemlich groß. Logischer erscheint ein  $K_{\text{st}}=30$  und eine Abflussspitze von 24  $\text{m}^3/\text{s}$ .

Aus den Aufzeichnungen des hydrographischen Dienstes ist bekannt, dass von 30.4.1996 - 1.5.1996 77,3 mm Niederschlag gefallen sind. Genauere Aufzeichnungen über die zeitliche Verteilung gibt es leider keine. Durch Auswertung der N-Intensitäten aus den eHyd Bemessungsniederschlägen wurde vermutet, dass diese 77,3 mm Niederschlag innerhalb von 18 h gefallen sind. Unter dieser Annahme und dieser zeitlichen Verteilung ist das Ergebnis des HEC-HMS Haselgraben-Modells 22,7  $\text{m}^3/\text{s}$ .

Für das Ereignis am 30.4.1996 wird der Pegel Asberg aus folgenden Gründen nicht herangezogen:

- Nach den eHyd Daten hat die OWF Messstelle (HZBNR 205096) folgende Tagesmittel:  
30.04.1996 00:00:00 ; 1,89  $\text{m}^3/\text{s}$   
01.05.1996 00:00:00 ; 1,88  $\text{m}^3/\text{s}$
- Das dokumentierte Monatsmaximum für April 1996 ist:  
30.04.1996 19:45:00 ; 13,20  $\text{m}^3/\text{s}$

Der Pegel Asberg ist nicht sehr weit von der Stelle entfernt (ca. 3200 m), an der das Tiefbauamt den Abfluss für das Ereignis am 30.04.1996 nachgerechnet hat. Am Pegel Asberg werden die 26,81  $\text{km}^2$  von den 32,7  $\text{km}^2$  des EZG vom Haselgraben entwässert. Das Tiefbauamt hat die Rückrechnung für eine Stelle, die rund 32,1  $\text{km}^2$  des EZG entwässert, durchgeführt. Die Nachrechnung basiert auf die vermessenen Anschlagslinien an Regelprofilen des Haselgrabens. Da die Differenz zwischen Pegel – Beobachtungen und rückgerechnete Abflussspitze ziemlich groß ist (fast oder sogar



mehr als das doppelte), ist es logisch anzunehmen, dass der Pegel Asberg im Hochwasserfall umflossen wird. Folgende Fotodokumentation liefert zusätzliche Indizien, dass der Pegel umflossen wird:



Abbildung 25: Pegel Asberg



Abbildung 26: Pegel Asberg



### 3.9 Gegenüberstellung der Ergebnisse ZEMOKOST 2.0 und HEC-HMS 4.0

**Katzbach 19,8 km<sup>2</sup>:** Die kritische Dauerstufe nach Pilgrim ist: 56,09 min, rd.60 min.

Tabelle 12: Ergebnisse der Katzbach Simulation

	D =60 Min	HQ30		HQ100		HQ300	
		ZEMOKOST 2.0	HEC-HMS 4.0	ZEMOKOST 2.0	HEC-HMS 4.0	ZEMOKOST 2.0	HEC-HMS 4.0
<b>BLOCK</b>	Qmax (m <sup>3</sup> /s)	34.2	41.8	51.1	60.4	60.5	79.6
	Fracht (Mio. m <sup>3</sup> )	0.236	0.227	0.28	0.326	0.331	0.428
	Abflussspende (m <sup>3</sup> /s/km <sup>2</sup> )	1.73	2.11	2.58	3.05	3.05	4.02
<b>DVWK</b>	Qmax (m <sup>3</sup> /s)	52.8	42.3	83.2	61.2	102	80.6
	Fracht (Mio. m <sup>3</sup> )	0.239	0.227	0.327	0.326	0.370	0.428
	Abflussspende (m <sup>3</sup> /s/km <sup>2</sup> )	2.67	2.14	4.20	3.10	5.15	4.07
	Abflussbeiw.	0.26	0.26	0.29	0.30	0.30	0.33

**Haselgraben 32,7 km<sup>2</sup>:** Die kritische Dauerstufe nach Pilgrim ist 76,94 min, also 60 - 90 min. Die kritische Dauerstufe 60 min bedeutet höhere Intensität und etwas kleinere Fracht, stellt also ein ungünstiges Szenario dar und wird deshalb herangezogen.

Tabelle 13: Ergebnisse der Haselgraben Simulation

	D =60 Min	HQ30		HQ100		HQ300	
		ZEMOKOST 2.0	HEC-HMS 4.0	ZEMOKOST 2.0	HEC-HMS 4.0	ZEMOKOST 2.0	HEC-HMS 4.0
<b>BLOCK</b>	Qmax (m <sup>3</sup> /s)	47.8 (71.3 Min)	77.99 (60 Min)	72.1 (86.3 Min)	99.1 (60 Min)	84.6 (86.3 Min)	115.3 (60 Min)
	Fracht (Mio. m <sup>3</sup> )	0.366	0.325	0.518	0.410	0.576	0.475
	Abflussspende (m <sup>3</sup> /s/km <sup>2</sup> )	1.46	1.2	2.2	3.03	2.65	3.52
<b>DVWK</b>	Qmax (m <sup>3</sup> /s)	68.5 (60 Min)	79.3 (60 Min)	110.5 (60 Min)	100.9 (60 Min)	133.9 (60 Min)	117.4 (60 Min)
	Fracht (Mio. m <sup>3</sup> )	0.356	0.325	0.503	0.409	0.570	0.475
	Abflussspende (m <sup>3</sup> /s/km <sup>2</sup> )	2.1	1.22	3.38	3.09	4.10	3.59
	Abflussbeiw.	0.22	0.23	0.25	0.25	0.26	0.27



Zusätzliches Argument für die Wahl der kritischen Dauerstufe 60 min liefert das ZEMOKOST 2.0: Bei der DVWK Verteilung werden iterativ immer die 60 min als kritische Dauerstufe angegeben.

### Höllmühlbach 8,6 km<sup>2</sup>:

Tabelle 14: Ergebnisse der Höllmühlbach Simulation

	D =60 Min	HQ30		HQ100		HQ300	
		ZEMOKOST 2.0	HEC-HMS 4.0	ZEMOKOST 2.0	HEC-HMS 4.0	ZEMOKOST 2.0	HEC-HMS 4.0
<b>BLOCK</b>	Qmax (m <sup>3</sup> /s)	14.2 (71.3 Min)	30.8 (60 Min)	20.9 (71.3 Min)	45.1 (60 Min)	25.0 (58.1 Min)	59.4 (60 Min)
	Fracht (Mio. m <sup>3</sup> )	0.125	0.128	0.159	0.186	0.163	0.244
	Abflussspende (m <sup>3</sup> /s/km <sup>2</sup> )	1.65	3.58	2.43	5.24	2.90	6.9
<b>DVWK</b>	Qmax (m <sup>3</sup> /s)	21.7 (56.3 Min)	31.7 (60 Min)	34.1 (58.1 Min)	45.9 (60 Min)	41.0 (67.5 Min)	60.6 (60 Min)
	Fracht (Mio. m <sup>3</sup> )	0.129	0.129	0.173	0.186	0.201	0.244
	Abflussspende (m <sup>3</sup> /s/km <sup>2</sup> )	2.52	3.68	3.96	5.33	4.76	7.05
	Abflussbeiw.	0.28	0.29	0.30	0.33	0.31	0.37

### Diesenleitenbach 10,1 km<sup>2</sup>:

Tabelle 15: Ergebnisse der Diesenleitenbach Simulation

	D =60 Min	HQ30		HQ100		HQ300	
		ZEMOKOST 2.0	HEC-HMS 4.0	ZEMOKOST 2.0	HEC-HMS 4.0	ZEMOKOST 2.0	HEC-HMS 4.0
<b>BLOCK</b>	Qmax (m <sup>3</sup> /s)	15.1 (58.1 Min)	28.7 (60 Min)	21.4 (58.1 Min)	41.9 (60 Min)	25.1 (56.3 Min)	60.7 (60 Min)
	Fracht (Mio. m <sup>3</sup> )	0.120	0.125	0.152	0.180	0.166	0.258
	Abflussspende (m <sup>3</sup> /s/km <sup>2</sup> )	1.49	2.84	2.12	4.14	2.48	6.00
<b>DVWK</b>	Qmax (m <sup>3</sup> /s)	22.4 (43.1 Min)	29.2 (60 Min)	33.6 (56.3 Min)	42.2 (60 Min)	40.3 (56.3 Min)	61.7 (60 Min)
	Fracht (Mio. m <sup>3</sup> )	0.120	0.125	0.170	0.180	0.192	0.258
	Abflussspende (m <sup>3</sup> /s/km <sup>2</sup> )	2.21	2.89	3.33	4.18	3.59	6.1
	Abflussbeiw.	0.28	0.29	0.30	0.31	0.31	0.36



### 3.10 Vergleich mit empirischen Hochwasserformeln

Da die DVWK Verteilung ungünstige Bedingungen simuliert und typisch für einen konvektiven Niederschlag ist, werden die mit DVWK simulierten Abflüsse der wichtigsten Bäche verglichen: Tabelle 15 zeigt den simulierter Abfluss ( $HQ_{100}$ ) in  $m^3/s$  und Abflussspenden in  $m^3/s.km^2$  aus DVWK Verteilung im HEC-HMS 4.0 und im ZEMOKOST 2.0 verglichen zu Wundt.

Tabelle 16: Abflussspenden

EZG	A	Wundt	Abflussspende Wundt	HEC HMS 4.0	Abflussspende HEC-HMS 4.0	ZEMOKOST 2.0	Abflussspende ZEMOKOST 2.0
Bahngraben	0.08	3.0	38.54	0.7	9.39	1.1	14.34
Pflasterbach Süd	0.21	5.4	25.73	1.8	8.64	2.7	12.81
Pflasterbach Nord	0.74	11.5	15.56	4.5	6.06	4.4	5.94
Zwischen EZG	0.99	13.7	13.84	4.4	4.39	4.9	4.94
Höllmühlbach	8.61	50.2	5.83	45.9	5.33	34.1	3.96
Diesenleitenbach	10.08	55.2	5.48	42.2	4.19	33.6	3.33
Katzbach	19.84	82.9	4.18	61.2	3.08	83.2	4.19
Haselgraben	32.71	111.9	3.42	100.9	3.08	110.5	3.38

Vergleich der Abflussspende mit der Formel nach Wundt:

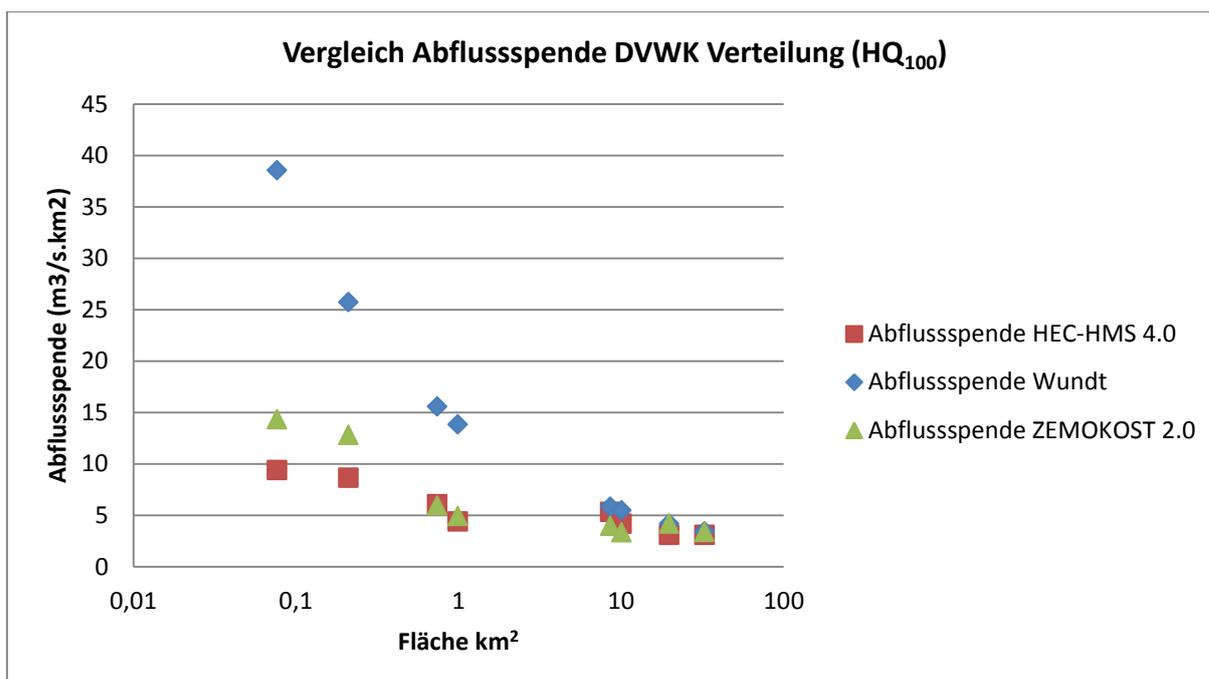


Abbildung 27: Vergleich Abflussspenden HEC-HMS, ZEMOKOST und WUNDT.

Zwei Punkte sind festzustellen:

- Der simulierte Abfluss im ZEMOKOST 2.0, nähert oder übertrifft sogar den Wundt – Wert.
- Der Diesenleitenbach liefert geringere Abflüsse als der Höllmühlbach. Das wäre auf das ziemlich steile EZG vom Höllmühlbach zurückzuführen, sowie auch



auf den eHyd Gitterpunkt 2525, der ein Flächenanteil von 46.7% beim Diesenleitenbach EZG beeinflusst.

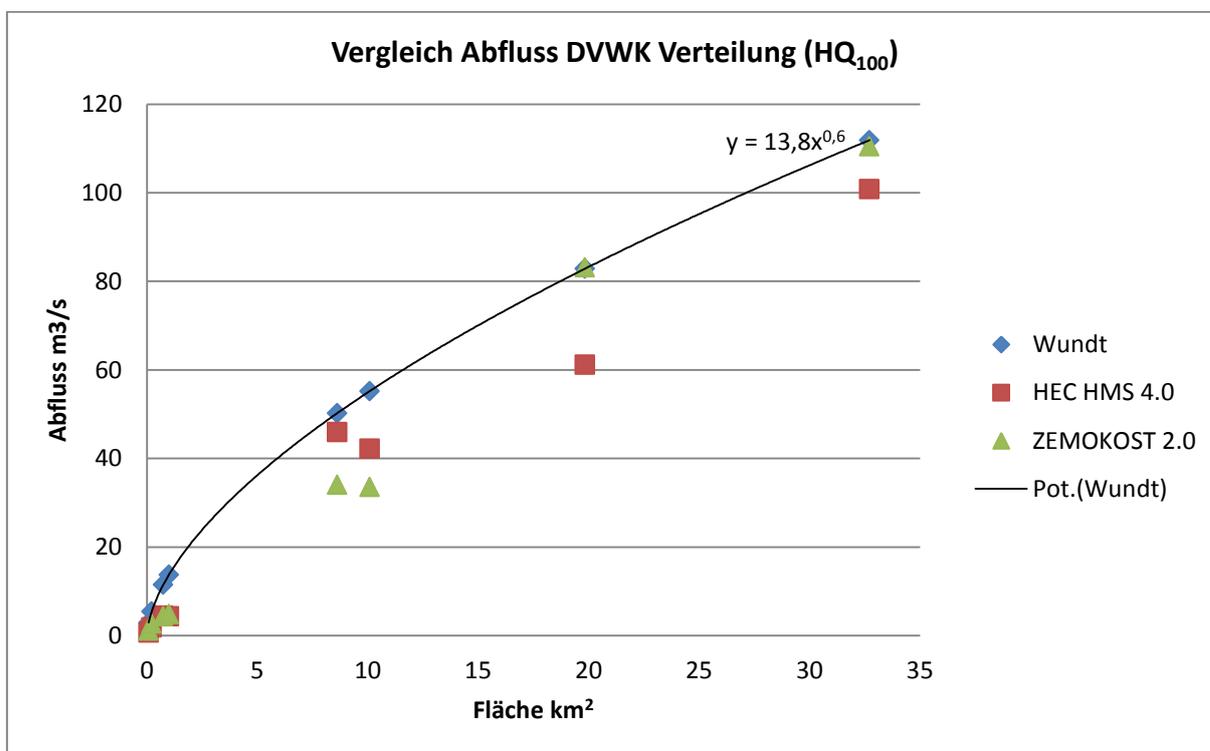


Abbildung 28: Vergleich Abfluss DVWK Verteilung (HQ<sub>100</sub>) mit Wundt

### 3.11 Bemessungsabflüsse

Für die folgende hydraulische 2D Simulation wurden die HEC-HMS 4.0 Abflussganglinien mit DVWK Verteilung gewählt. Der Grund ist, dass das Programm stabiler als das ZEMOKOST 2.0 funktioniert. Die Bandbreite der Block- und DVWK Verteilung ist nicht extrem groß und liefert bei jedem Bemessungsabfluss unabhängig von der Verteilung die gleiche Fracht. Die Unterschiede zwischen Block und DVWK mittenbetonte Verteilung im ZEMOKOST 2.0 sind enorm. Es gibt einige HQ<sub>100</sub> DVWK Abflüsse, die sogar den Wundt Wert überschreiten. Dies ist als nicht realistisch zu betrachten. Das wäre theoretisch auf die iterative Berechnung der kritischen Dauerstufe zurückzuführen und auf die kurzen Hanglängen. Nachstehend folgen tabellarisch die Abflussspitzen und die Ganglinien, die bei der 2D-Simulation bei den Zulauf Knoten eingesetzt wurden.

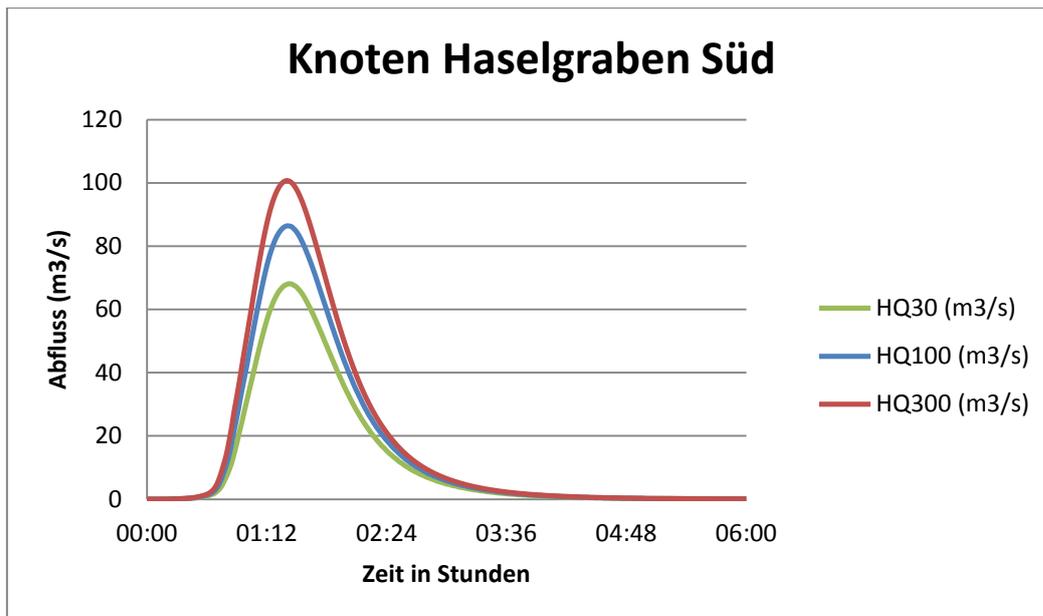


Abbildung 29: Ganglinie Bemessungsereignis Knoten Haselgraben Süd

Tabelle 17: Bemessungsereignis Knoten Haselgraben Süd

Bemessungsereignis	Max. Abfluss ( $\text{m}^3/\text{s}$ )	Fracht ( $1000\text{m}^3$ )
<b>HQ30</b>	68.1	274.5
<b>HQ100</b>	86.4	347.6
<b>HQ300</b>	100.7	404.0

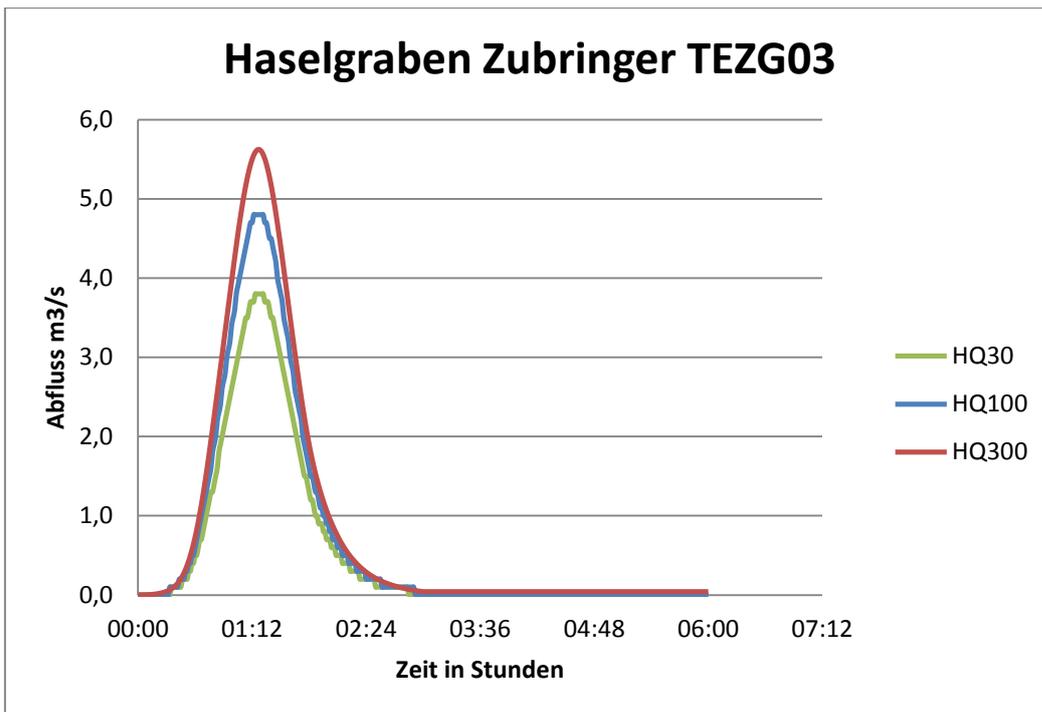


Abbildung 30: Ganglinie Bemessungsereignis Haselgraben Zubringer TEZG03

Tabelle 18: Bemessungsereignis Haselgraben Zubringer TEZG03

Bemessungsereignis	Max. Abfluss (m <sup>3</sup> /s)	Fracht (1000m <sup>3</sup> )
<b>HQ30</b>	3.8	12.3
<b>HQ100</b>	4.8	15.7
<b>HQ300</b>	5.6	18.3

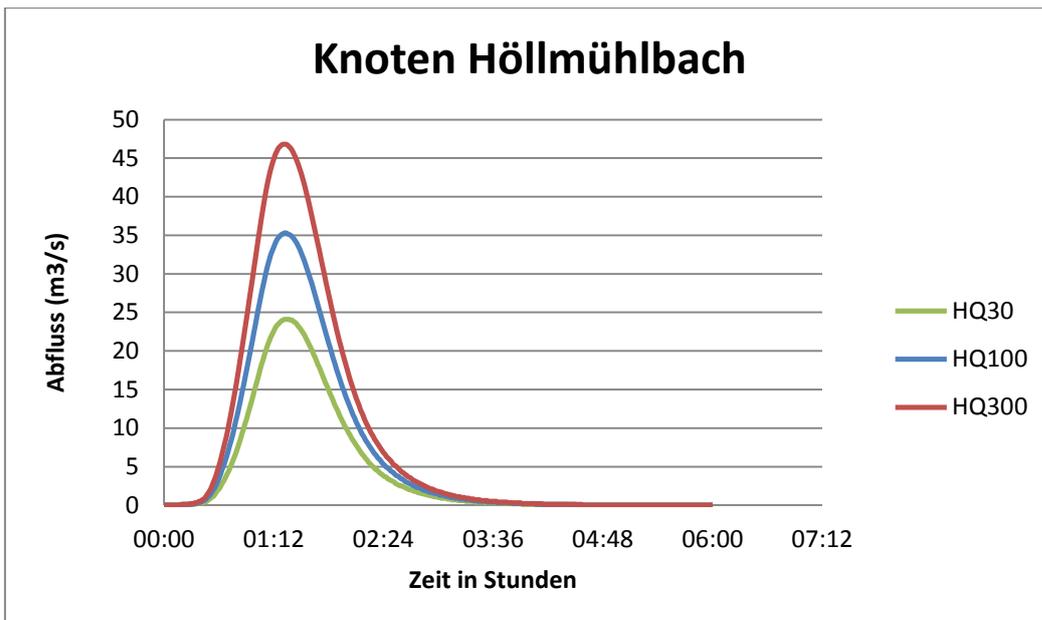


Abbildung 31: Ganglinie Bemessungsereignis Knoten Höllmühlbach

Tabelle 19: Bemessungsereignis Knoten Höllmühlbach

Bemessungsereignis	Max. Abfluss (m <sup>3</sup> /s)	Fracht (1000m <sup>3</sup> )
<b>HQ30</b>	24.1	96.3
<b>HQ100</b>	35.3	140.4
<b>HQ300</b>	46.8	186.1

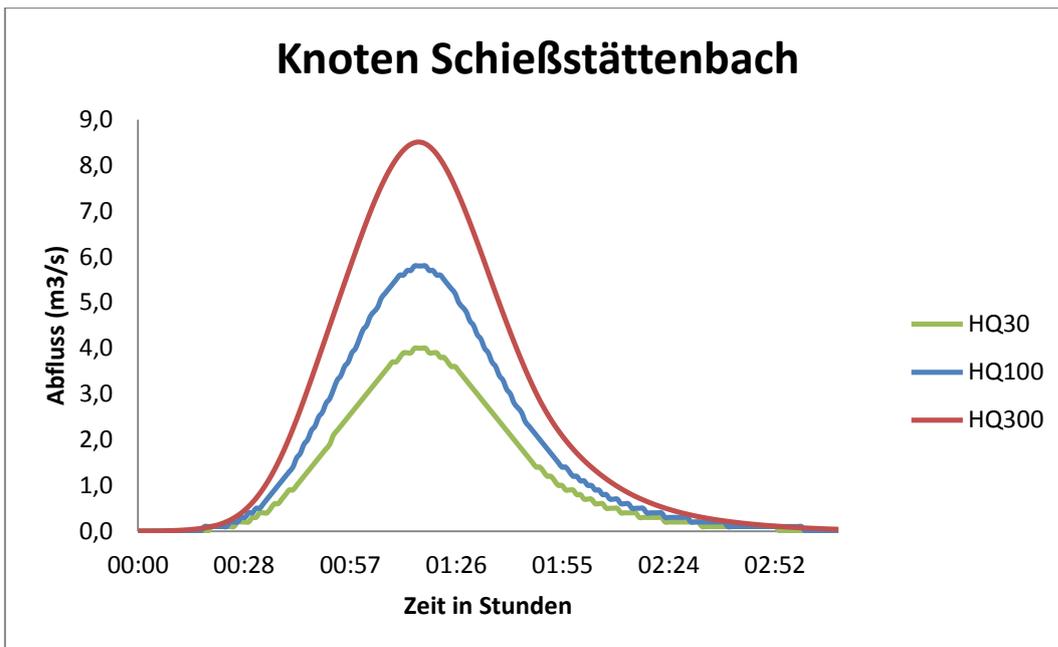


Abbildung 32: Ganglinie Bemessungsereignis Knoten Schießstättenbach

Tabelle 20: Bemessungsereignis Knoten Schießstättenbach

Bemessungsereignis	Max. Abfluss (m³/s)	Fracht (1000m³)
HQ30	4.0	13.1
HQ100	5.8	19.2
HQ300	8.5	28.4

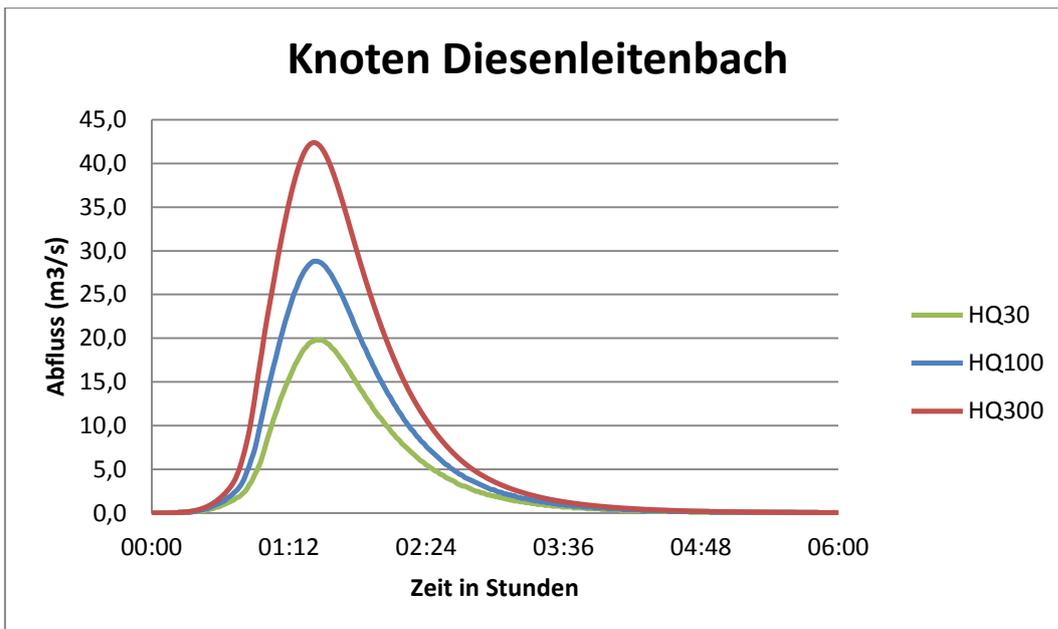


Abbildung 33: Ganglinie Bemessungsereignis Knoten Diesenleitenbach

Tabelle 21: Bemessungsereignis Knoten Diesenleitenbach

Bemessungsereignis	Max. Abfluss (m <sup>3</sup> /s)	Fracht (1000m <sup>3</sup> )
<b>HQ30</b>	19.8	84.7
<b>HQ100</b>	28.8	122.2
<b>HQ300</b>	42.4	179.0

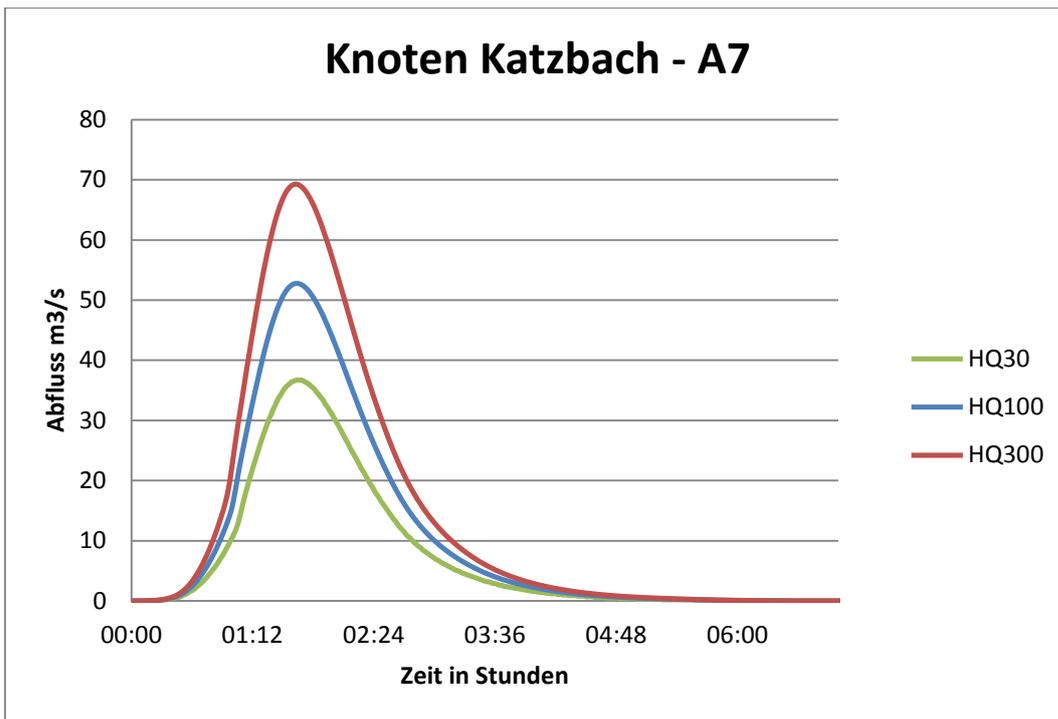


Abbildung 34: Ganglinie Bemessungsereignis Knoten Katzbach – A7

Tabelle 22: Bemessungsereignis Knoten Katzbach - A7

Bemessungsereignis	Max. Abfluss (m <sup>3</sup> /s)	Fracht (1000m <sup>3</sup> )
<b>HQ30</b>	36.7	192.2
<b>HQ100</b>	52.8	276.5
<b>HQ300</b>	69.3	363.3

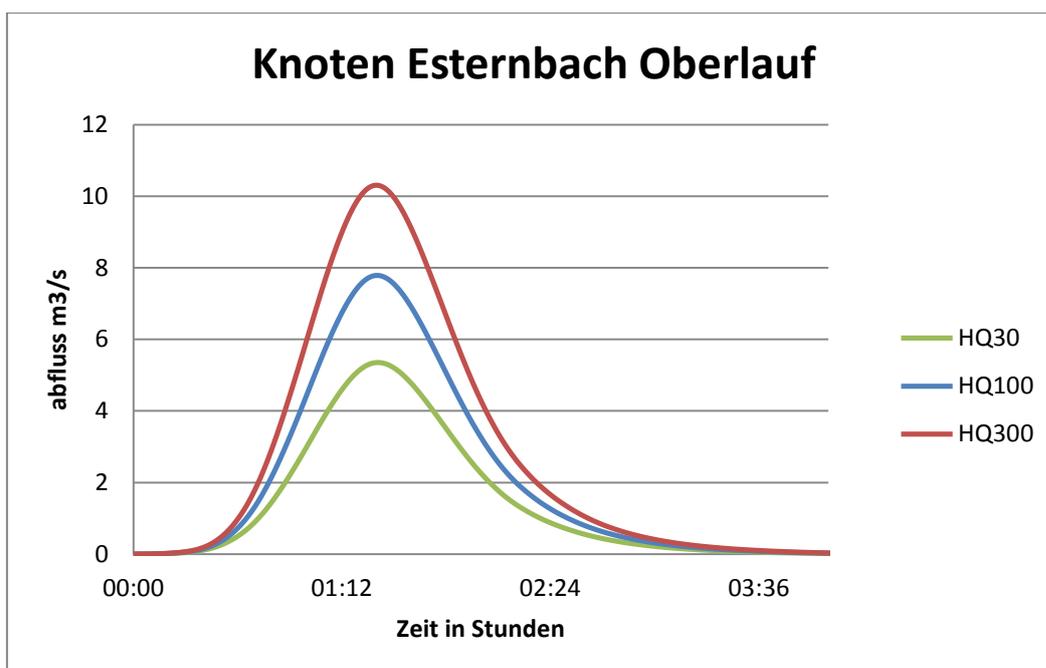


Abbildung 35: Ganglinie Bemessungsereignis Knoten Esternbach Oberlauf

Tabelle 23: Bemessungsereignis Knoten Esternbach Oberlauf

Bemessungsereignis	Max. Abfluss (m <sup>3</sup> /s)	Fracht (1000m <sup>3</sup> )
<b>HQ30</b>	5.4	21.1
<b>HQ100</b>	7.8	30.7
<b>HQ300</b>	10.3	40.7

Weiter werden in tabellarischer Form die Abflüsse und Frachten für die kleinere Einzugsgebiete dargestellt:

Tabelle 24: Bemessungsereignis HQ100 kleinerer EZG

Name EZG	Fläche EZG (km <sup>2</sup> )	Max.Abfluss(m <sup>3</sup> /s)	Fracht (1000m <sup>3</sup> )
<b>Bahngraben</b>	0.08	0.7	1.124
<b>Pflasterbach Süd</b>	0.21	1.8	2.636
<b>Pflasterbach Nord</b>	0.74	4.5	9.115
<b>Zwischen EZG</b>	0.99	4.35	11.018



<b>Elmberggraben 1</b>	0.07	0.4	0.455
<b>Elmberggraben 2</b>	0.08	0.4	0.532
<b>Elmberggraben 3</b>	0.09	0.4	0.631
<b>Elmberggraben 4</b>	0.33	1.3	2.255
<b>Elmberggraben 5</b>	0.25	1.1	1.909
<b>Elmberggraben 6</b>	0.25	1.2	1.949
<b>Elmberggraben 7</b>	0.16	0.8	1.483
<b>Elmberggraben 8</b> (RHB)	0.1	0.2	0.810

Am Elmberggraben 8 gibt es direkt am Science Park der JKU Linz ein Hochwasserrückhaltebecken, was mitsimuliert wurde. Daher wird die Abflussspitze abgekappt.

### 3.12 Schlussfolgerungen

HEC-HMS 4.0 scheint in seiner Anwendung und den Ergebnissen eine bessere Wahl für das Projektgebiet zu sein. Das Programm zeigt sich robuster und es ergeben sich keine großen Schwankungen. Die Ermittlung der kritischen Dauerstufe mit der Pilgrim Formel liefert jedoch extrem kleine Dauerstufen (1,6 min – 7 min) für Einzugsgebiete von 0,07 bis 0,3 km<sup>2</sup>, wie z.B. bei den Elmberggräben, Pflasterbach Süd und Bahngraben.

ZEMOKOST 2.0 weist den großen Vorteil auf, dass es in sehr kleinen Einzugsgebieten sinnvolle kritische Dauerstufen und Frachten berechnet. In größeren Einzugsgebieten wird es jedoch instabil und liefert extreme Bandbreiten zwischen Block- und DVWK-Verteilung.

Beide Programme scheinen in den Gebieten, für die sie ausgelegt sind, korrekt zu funktionieren, das HEC-HMS 4.0 bei mittelgroßen EZG und das ZEMOKOST 2.0 in kleineren Einzugsgebieten.



## 4 Vermessung und Datenaufbereitung für die Simulation

In diesem Kapitel werden die Vermessungsarbeiten im Rahmen des Projektes besprochen und deren Relevanz für die Simulation beschrieben.

### 4.1 Vermessung

Im projektgegenständlichen Bereich wurden Vermessungsarbeiten am Diesenleitenbach, Schießstättenbach, Höllmühlbach und Katzbach sowie seinem Zubringer Esterbach vorgenommen. Die Arbeiten wurden im Zeitraum Juni bis August 2014 von Mitarbeitern des Instituts für Alpine Naturgefahren durchgeführt und in Zusammenarbeit mit dem Institut für Vermessung, Fernerkundung und Landinformation (IVFL) ausgewertet. Es wurde eine digitale Vermessung der Gerinne, in Form von Querprofilen, mittels des Leica Viva GNSS Geräts und einem Leica Theodoliten durchgeführt. Der Bereich der Datenaufnahme beschränkte sich auf den Flussschlauch. Für den Haselgraben wurde von Seitens der WLV eine digitale tachymetrische Vermessung sowie ein Hydro\_AS 2D-Modellnetz (JUNG) zur Verfügung gestellt.

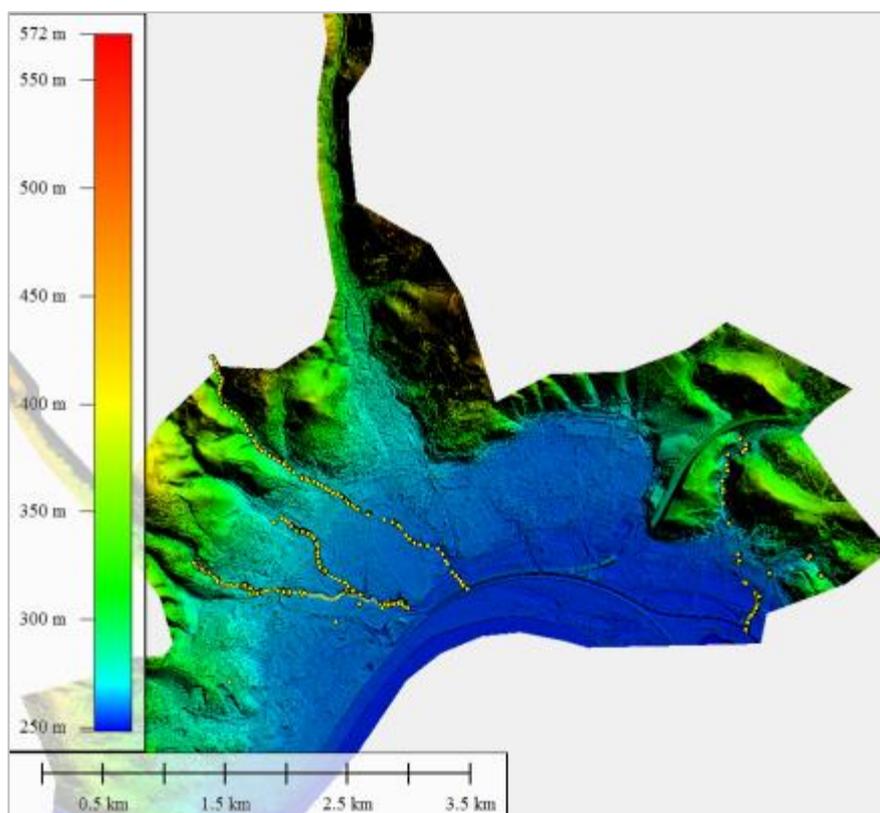


Abbildung 36: Übersicht der vermessenen Querprofile (gelbe Symbole)

Die obenstehende Abbildung zeigt den Simulationsbereich und vereinfacht, anhand gelber Symbole, in welchen Bereichen Vermessungsarbeiten durchgeführt wurden.



Durchschnittlich wurde alle 50 Meter ein Querprofil vermessen. Besonders wurden Brückenquerschnitte, Sperrbauwerke und Gerinneprofiländerungen dokumentiert. Bei gleich bleibendem Fließquerschnitt und fehlenden markanten Richtungsänderungen des Bachs wurden längere Abstände gewählt, jedoch nach Möglichkeit Punkte der Böschungsoberkante vermessen.

In Teilbereichen kam es zu Empfangsproblemen des eingesetzten GNSS Gerätes. Ein Beispiel ist der bewaldete Bereich des Urfahrner Urnehains kurz vor der Mündung des Diesenleitenbachs ins Sammelgerinne. Bei der Modellerstellung wurde in diesem Bereich auf die Daten des 0,5 m ALS zurückgegriffen. Im Zuge der Vermessungsarbeiten wurden die Gerinne im gesamten raumrelevanten Bereich begangen und es konnten Rauigkeiten, Brückengeometrien und Schwachstellen aufgenommen.

Das eingesetzte Leica Viva GS08plus Gerät ist eines der kleinsten, kabellosen GNSS Geräte und wurde zur Messung von Triangulierungspunkten (KT) und Einschaltpunkten (EP) eingesetzt, sowie zur Messung von Orientierungspunkte für die örtliche Vermessung mit dem Theodoliten. Ein globales Navigationssatellitensystem (GNSS) dient zur Positionsbestimmung durch empfangene Signale von Navigationssatelliten. Der Sammelbegriff GNSS fasst bestehende und künftig verwendbare Satellitensysteme wie GPS oder Galileo zusammen. In diesem Projekt wurden die Koordinaten und Höhen im lokalen österreichischen Koordinatenrahmen MGI 31 gefordert.

Zur Lagetransformation wurde das österreichweiten Transformationsgitter GIS-Grid (BEV) und für die Transformation der Höhenkomponenten das Höhen Grid (BEV) verwendet. Diese Methode der Höhen- und Lagetransformation mittels einem österreichweiten Transformationsgitter (Höhen-Grid, GIS-Grid) wird verwendet, da es durch ein Aneinanderreihen von Transformationsparametersätzen zu Unstetigkeit an den Grenzen führen kann.



Abbildung 37: Vermessungsarbeiten am Diesenleitenbach vor der Querung mit der Leonfeldnerstraße

## 4.2 Vorteile der Vermessung von Querprofilen

Die Vermessungsdaten sind hinsichtlich der Erstellung der einzelnen Flussschlauch-Netze für das Gesamtmodellnetz wichtig. In Kombination mit den hoch aufgelösten (0,5 m Rasterabstand) Airborne Laserscan (ALS) Daten bilden sie die Grundlage für eine möglichst realitätsnahe Modellierung der Gerinne. Die Flussschläuche wurden auf Basis terrestrisch vermessener Querprofile separat generiert, da im Bereich der Gerinnesohle Fehler in den Laserscandaten durch stark bewachsene Abschnitte auftreten können. In kommerziell verfügbaren ALS Systemen kommen Laser mit Wellenlängen im nahen Infrarotbereich zum Einsatz. Bei dieser Wellenlänge können Gewässersohlen nicht bestimmt werden, da der Laserimpuls an der Wasseroberfläche absorbiert oder reflektiert wird. Daher erfolgt die Beschreibung der Gewässerbett-Geometrie meist durch tachymetrisch vermessene Querprofile (MANDELBURG et al.,2009). Die Lage der terrestrisch vermessenen Böschungsoberkanten und jener im Laserscan stimmte meist überein. Abweichungen von 0,2 m – 1 m konnten jedoch im Sohlbereich festgestellt werden.



## 5 Hydraulik – numerische Simulation

In den letzten Jahren sind zweidimensionale numerische Abflussmodelle zum Stand der Technik bei der Betrachtung des Abflussgeschehens und zur Abschätzung der Überflutungsflächen geworden. Sie dienen neben Experteneinschätzungen und Ereignisdokumentationen als Hilfsmittel zur Abgrenzung der Gefahrenzonen. Die Simulationsergebnisse sind stark abhängig von der Qualität der Eingangsdaten.

### 5.1 Methodik

In dem vorliegenden Projekt wurden mehrere Modellnetze auf Basis der sehr genauen Airborne Laserscan Daten, mit einem Rasterabstand von 0,5 m und der vermessenen Querprofile erstellt. Für das Pre- und Postprocessing wurde das Surface-water Modeling Solution (SMS) Programm der Firma Aquaveo verwendet. Auf dieser Programmoberfläche wurden die Netze generiert und bearbeitet. Das Preprocessing besteht unter anderem aus der Erstellung der Flussschläuche, der Integration von Bruchkanten, der Netzkontrolle und Optimierung sowie der Eingabe der Oberflächenrauigkeiten und Randbedingungen. Das Postprocessing dient zur Darstellung der ASCII-Ergebnisdateien aus der Hydro\_AS-2D Berechnung und zur Umwandlung in ArcGIS Shapefiles als auch in weitere Datenformate. Die Berechnungen selbst und das Ausdünnen der Rasterdaten wurden in den Programmen Hydro\_AS-2D und Laser\_AS-2D (Hydrotec) durchgeführt.

Wichtige Eingangsdaten waren die berechneten Ganglinien aus der hydrologischen Untersuchung aus Kapitel 3.

Untenstehende Abbildung 38 zeigt schematisch die Arbeitsweise der Modellerstellung und Berechnung.



<b>Schema Vorgehensweise</b>			
<b>SMS</b> Preprocessing I	Erstellung des Flussschlauches	1. Möglichkeit mittels halbautomatischem Flussnetzgenerator	2. Möglichkeit händisch mittels Nodestrings
<b>LASER_AS</b>	Ausdünnung des Vorlandnetzes und Integration der Bruchkanten (Häuser, Straßen, Flussschlauch)		
<b>SMS</b> Preprocessing II	Zusammenfügen Flussschlauch und Vorlandnetz	Netzkontrolle und Optimierung	Zuweisen der Rauigkeiten und Randbedingungen
<b>HYDRO_AS</b>	Berechnungsmodus		
<b>SMS</b> Postprocessing	Darstellung der Fließtiefen und Geschwindigkeiten	Einsatz des Data- Calculators	Umwandlung in weitere Datenformate
Postprocessing z.B. <b>ArcGIS</b>	Zum Beispiel: Ergebnisse der maximalen Fließtiefen kombiniert mit Orthofotos		

Abbildung 38: Schema der Arbeitsschritte für die Simulation Quelle: Tschärner 2013

## 5.2 Zweidimensionales Strömungsmodell Hydro\_AS-2D

Für die hydraulische Berechnung wurde das zweidimensionale Berechnungsprogramm Hydro\_AS-2D gewählt. Das Programm ist im deutschsprachigen Raum weit verbreitet (rund 300 Anwender) und die theoretischen Grundlagen und Lösungsmethoden entsprechen dem Stand der Technik.

Hydro\_AS-2D wurde von Dr. Marinko Nujic ursprünglich zur Simulation von Dammbruch- und Flutwellenausbreitung entwickelt, findet jedoch heute gerade im Bereich der Strömungs- und Abflusssimulation Anwendung. Der Forsttechnische Dienst für Wildbach und Lawinenverbauung verfügt über eine Programmlizenz und somit können erarbeitete Dateien auch in Zukunft verwendet werden. Die Ergebnisse der Si-



mulation zeigen das Abflussverhalten im Flussschlauch sowie in den Vorländern anhand von Fließtiefen, der maximalen Wasserspiegellage, Überschwemmungsgrenzen und Strömungsgeschwindigkeiten. Das Modell bietet aufgrund eines unstrukturierten Netzes, bestehend aus unterschiedlichen Elementformen, eine hohe geometrische Flexibilität und Anpassungsfähigkeit an die vorhandene Topographie. Außerdem können Querschnittseinengungen, Strömung unter Druckabfluss, steile Geländeneigungen (Wildbäche), Wirbelbildung, Impulsaustausch zwischen Flussschlauch und Vorland, Wechselsprünge und örtliche Verluste sehr genau modelliert werden (NUJIC, 2003). Weitere Vorteile sind die Berücksichtigung von strömendem sowie schießendem Abfluss, die Option der instationären Berechnungsweise und das Zeitschrittverfahren. Brücken und Durchlässe können berücksichtigt und eingebaut werden. Weiters ist es möglich mehrere Zuläufe zu setzen und somit im Überflutungsgebiet Wechselwirkungen und Überschneidungen zu beobachten.

Als mathematische Grundlage für das Modell werden die Flachwassergleichungen, auch bekannt als 2D-tiefengemittelte Strömungsgleichungen, herangezogen. Diese Gleichung basiert auf der Annahme der hydrostatischen Druckverteilung über die Fließtiefe und auf diversen weiteren Vereinfachungen (BEFFA, 2008). Grundlage ist einerseits die Flachwasserannahme, definiert durch eine größere Wellenlänge als Wellenhöhe, und andererseits die Vernachlässigung der Geschwindigkeitsverteilung in vertikaler Richtung (HABERSACK et al., 2003). Daher wird eine gemittelte Fließgeschwindigkeit über die Wassertiefe angenommen, womit diese in jedem Knoten konstant ist (NUJIC et al., 2000). Das Gleichungssystem besitzt drei Unbekannte, dies sind die Wassertiefe sowie die jeweilige Fließgeschwindigkeit in x- und y-Richtung.

In kompakter Vektorform lauten die 2D-Strömungsgleichungen nach TAN (1992) und NUJIC (2003):

$$\frac{\partial w}{\partial t} + \frac{\partial f}{\partial x} + \frac{\partial g}{\partial y} + s = 0$$

mit



$$\mathbf{w} = \begin{bmatrix} H \\ uh \\ vh \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{s} = \begin{bmatrix} 0 \\ gh(I_{Rx} - I_{Sx}) \\ gh(I_{Ry} - I_{Sy}) \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{f} = \begin{bmatrix} uh \\ u^2h + 0.5gh^2 - v h \frac{\partial u}{\partial x} \\ uvh - v h \frac{\partial v}{\partial x} \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{g} = \begin{bmatrix} vh \\ uvh - v h \frac{\partial u}{\partial y} \\ v^2h + 0.5gh^2 - v h \frac{\partial v}{\partial y} \end{bmatrix}$$

Wobei  $H$  den Wasserspiegel über dem Bezugsniveau bezeichnet und  $u$  und  $v$  die Geschwindigkeitskomponenten in  $x$ - und  $y$ - Richtung sind. Der Quellterm  $s$  beinhaltet jeweils in  $x$ - und  $y$ -Richtung das Reibungsgefälle  $I_R$  und die Sohlneigung  $I_S$ .

Das Reibungsgefälle  $I_R$  wird nach der DARCY-WEISBACH-Formel berechnet. Für die Bestimmung des Widerstandsbeiwert  $\lambda$  wurde in diesem Projekt die Formel nach STRICKLER verwendet. Zur numerischen Lösung wird das Simulationsgebiet in diskrete Elemente aufgeteilt. Die räumliche Diskretisierung geschieht nach der Finite Volumen Methode (FVM) unter Verwendung der Flachwassergleichung. Ein großer Vorteil gegenüber der Finite Differenzen Methode besteht in der verwendeten Integralform und somit in der unbedingten Erhaltung von Masse, Impuls und Energie (HABERSACK et al., 2003). Das Berechnungsnetz setzt sich aus Drei- und Viereckselementen zusammen, was eine genauere Wiedergabe der Topographie ermöglicht. Der Flussschlauch wird mittels Viereckselementen erstellt, wodurch die Böschungskanten eindeutig definierbar sind. Die Berechnungen wurden mit instationären Ansätzen und mit Reinwasserabflüssen durchgeführt.

### 5.3 Untersuchungsgebiete für die zweidimensionale Simulation

Das zu betrachtende Gesamtgebiet der acht Haupteinzugsgebiete wurden in vier Simulationsnetze eingeteilt. Die untenstehende Abbildung zeigt die Netze A, B, C, D im Stadtgebiet von Linz. Die Überlappungen wurden bewusst gewählt um etwaige Interaktionen des Abflussgeschehens abbilden zu können. Es wurden Punkte festgelegt in denen die in Kapitel 3.11 berechneten Ganglinien an Zulaufnodestrings in das Simulationsnetz eingebracht werden konnten. Für das gewählte Simulationsgebiet standen Airborne Laserscans mit einem halben Meter Genauigkeit zur Verfügung.

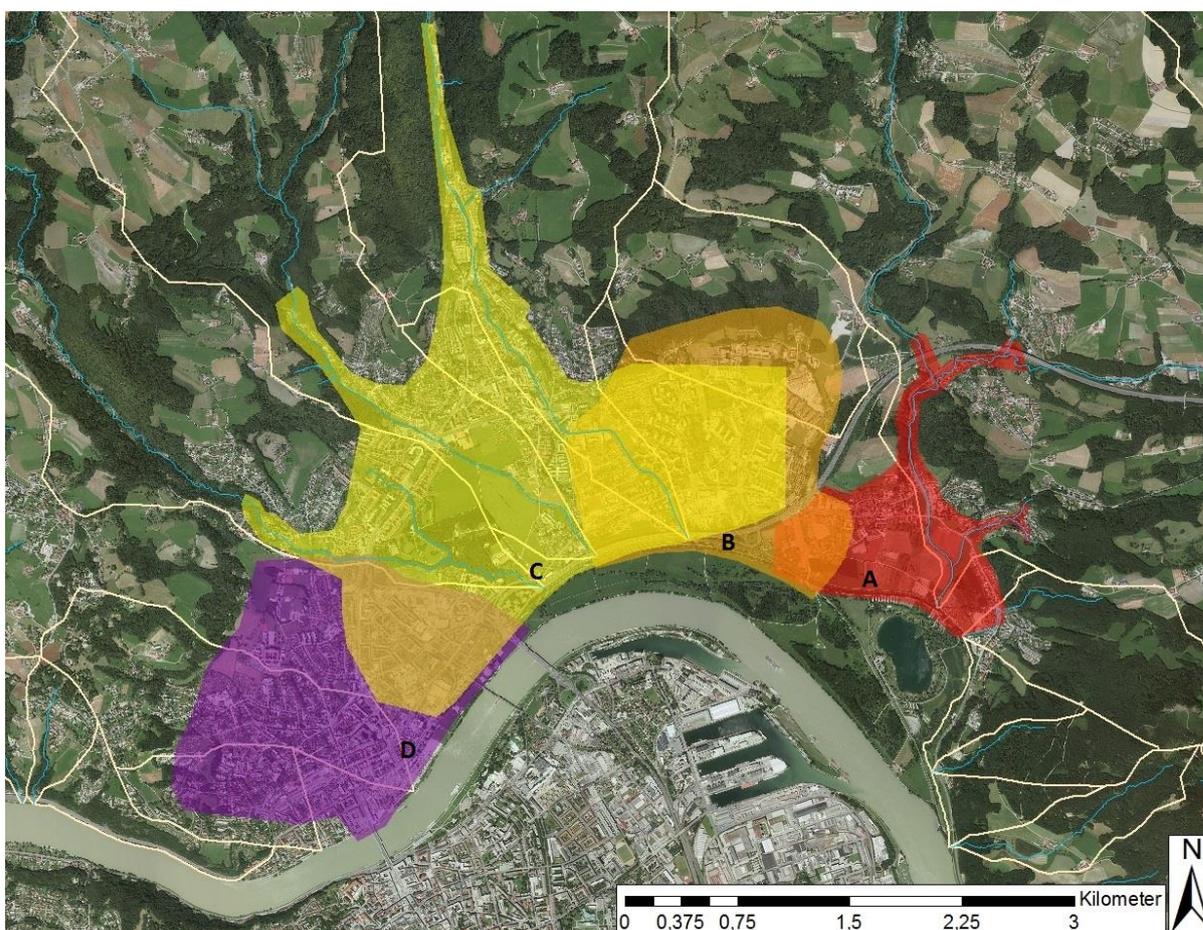


Abbildung 39: Übersicht Simulationsgebiet

Nach Mandelburg (2009) sind die wesentlichen Vorteile von ALS die flächendeckende Datenerfassung, eine bislang unerreichte Messpunktdichte und eine Höhengenaugkeit von ca. 10 cm. Dadurch ist es möglich Detailstrukturen präzise zu erfassen. Der Vorteil des Laserlichts besteht darin, dass es durch kleine Öffnungen bis zum Boden dringen kann. Typische ALS Daten haben eine Höhengenaugkeit von ca. 0,10 m und eine Lagegenauigkeit zwischen 0,10 und 1,00 m.

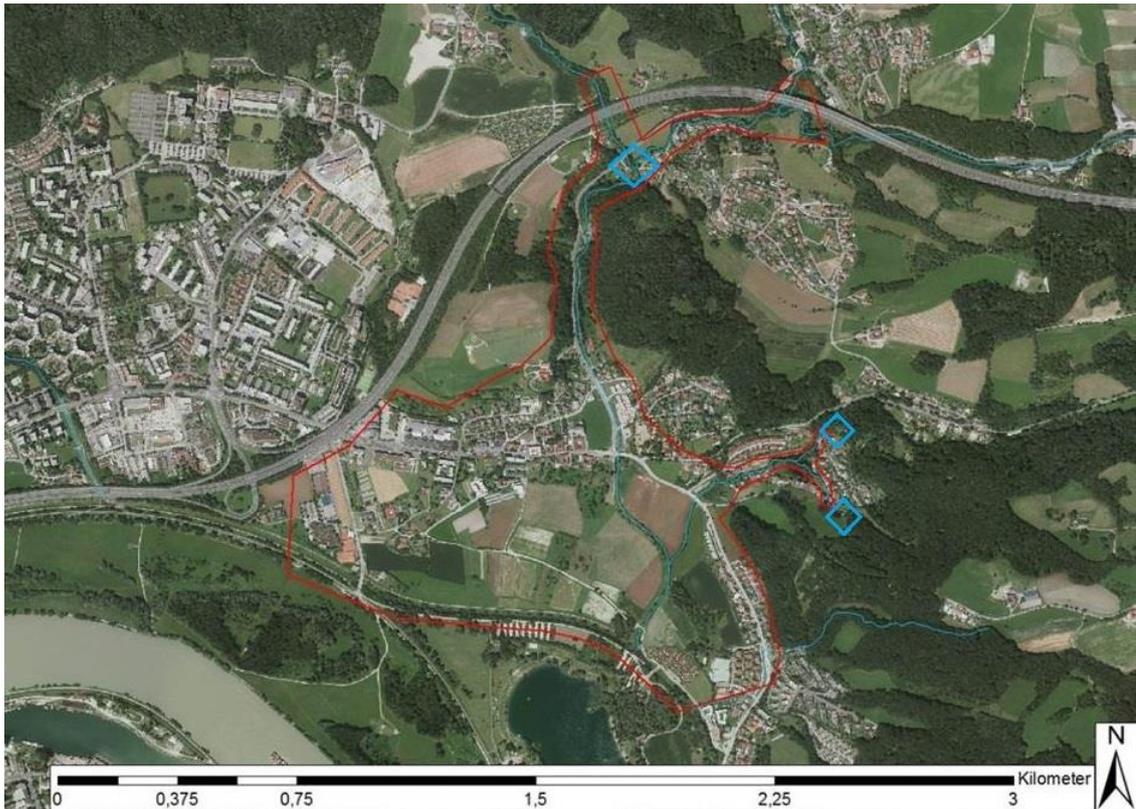


Abbildung 40: Simulationsgebiet Katzbach, Esternbach

Das Simulationsnetz **A** beinhaltet den Unterlauf des Katzbachs und seinen Zubringer den Esternbach. Dieses Netz umfasst eine Fläche von rund 1,2 km<sup>2</sup> und das Gerinne wird von hm 0,0 bis 18,0 betrachtet. Das Modell im „2dm-Dateiformat“ besteht aus 91598 Elementen und 51718 Knotenpunkten. Rund 8 % der Elemente sind quadratisch und liegen somit im Flussschlauch.

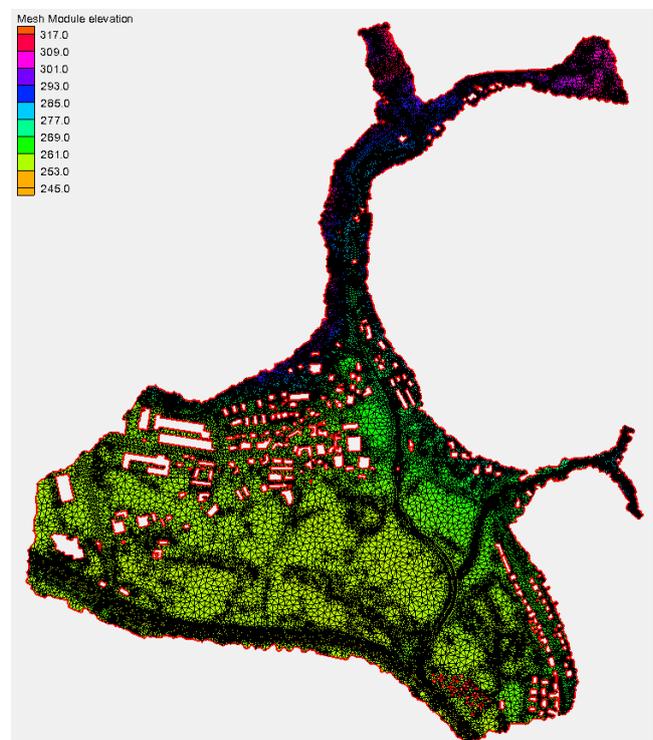


Abbildung 41: Katzbach Simulationsnetz

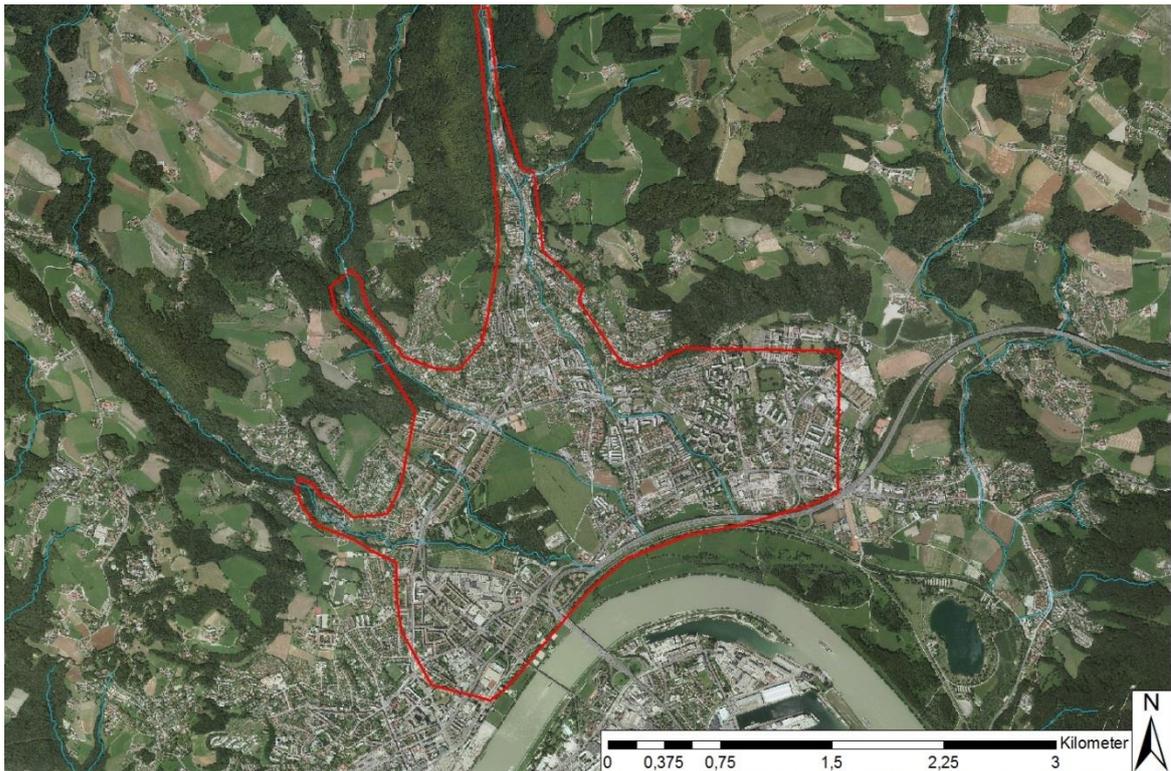


Abbildung 42: Simulationsnetz Diesenleitenbach, Höllmühlbach, Haselgraben

Der Diesenleitenbach, der Höllmühlbach und der Haselgraben werden im größten Simulationsnetz **C** untersucht. Die Fläche des Netzes beträgt rund 5,6 km<sup>2</sup> und besteht aus 544581 Elementen und 302305 Knotenpunkten. Der Diesenleitenbach wird von hm 0,0 bis 23,0, der Höllmühlbach von hm 0,0 bis 29,0 und der Haselgraben von hm 0,0 bis 37,0 betrachtet. Eine Vielzahl an Gebäuden liegt im Simulationsbereich.

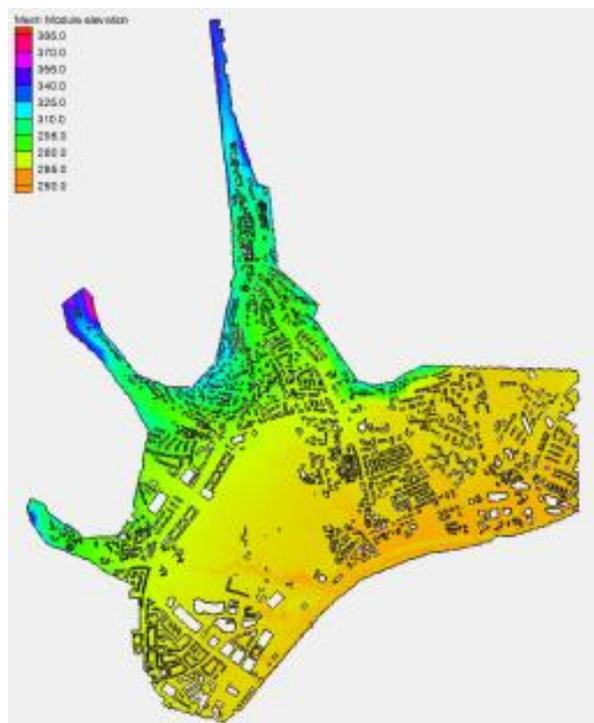


Abbildung 43: Simulationsnetz C mit entfernten Gebäuden



Abbildung 44: Simulationsgebiet Bahngraben, Pflasterbach, Namenloses EZG

Das Simulationsnetz **D** umfasst das Gebiet des Pflasterbachs, des Bahngrabens und eines unbenannten EZG (nicht WLV Zuständigkeit). Da die genannten Gerinne sehr klein sind, beziehungsweise an einem frühen Punkt in Verrohrungen und in der Kanalisation enden, wurden hier keine Flussschläuche eigens generiert. Die Topographie des ALS 0,5 m wurde für die Netzerstellung verwendet und der oberflächige Abfluss untersucht. Da es sich um ein stark bebautes und versiegeltes Gebiet handelt wurde ein 2,9 km<sup>2</sup> großes Netz gewählt. Auf der Abbildung 44 sind blaue Punktsymbole dargestellt, hier wurden die Zulaufträger angesetzt. Das Berechnungsnetz besteht aus 253557 Elementen und 138729 Knoten. Der maximale Z-Wert liegt bei 332,99 müA und der minimale bei 251,34 müA.



Abbildung 45: Simulationsnetz D

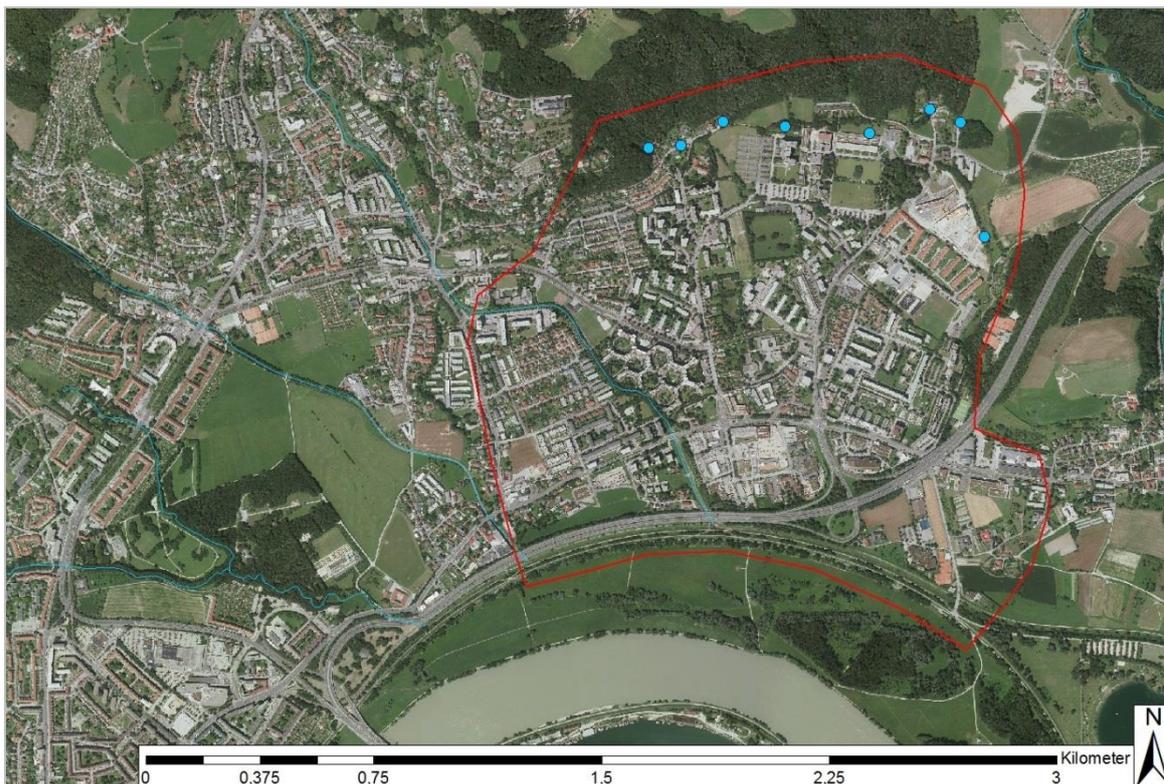


Abbildung 46: Simulationsgebiet Elbergraben

Für die Elbergraben wurde das Simulationsnetz **B** auf Basis der ALS Daten erstellt. Die Netzfläche beträgt 2,7 km<sup>2</sup> und beinhaltet ebenso den Unterlauf des Haselgrabens. Im Zuge der Netzgenerierung wurde das westliche Vorland noch etwas verkleinert. Das Netz besteht aus 223201 Elementen und 117350 Knoten. Die blauen Symbole zeigen den punkt für den die Ganglinien generiert wurden. Für die Berechnung wurden die Zuläufe ca. 100 Meter nördlich angesetzt.

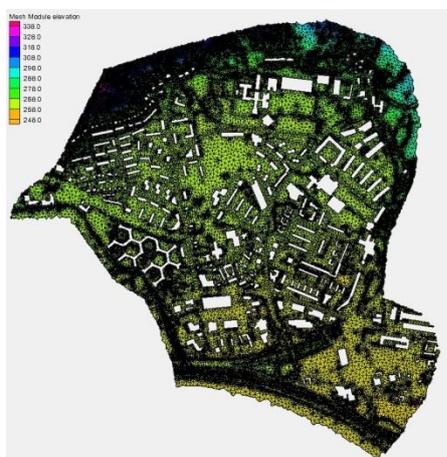


Abbildung 47: Simulationsnetz B



## 5.4 Eingangsdaten für die Modellnetzerstellung und Simulation

Die Qualität und Vorbereitung der Eingangsdaten ist ausschlaggebend für die Simulationsergebnisse. Die Topographie des Flusslaufs und der Überschwemmungsgebiete sowie die Fließwiderstände sind die wesentlichen Grundlagen für die Modellerstellung.

### 5.4.1 Eingangsdaten

- Digitales Geländemodell – Airborne Laserscan 0,5 m
- Terrestrische Vermessung des Bachs
- Strukturkanten als Polygonzüge
- Orthofotos, Lagepläne (ÖK)
- Digitale Katastralmappe (DKM)
- Bauwerks- und Brückenpläne
- Landnutzungen
- Daten von Begehung und Fotodokumentationen
- Zuflussganglinien

### 5.4.2 Bruchkanten

Die Einarbeitung von Umrissdaten ist während der Netzausdünnung im Programm LASER\_AS möglich. Dazu können Shapefiles der Gebäude und Straßen im ArcGIS vorbereitet werden. Grundlage sind die Gebäudeumrisse der DKM, die überarbeitet wurden, da es bei Überschneidungen der Polygone zu Problemen in der Berechnung kommt. Zusätzlich fand ein Abgleich mit aktuellen Orthofotos statt. Die Straßenläufe wurden im ArcGIS generiert und im SMS-Preprozessing verwendet, um dem Modellnetz gezielt Materialeigenschaften zuweisen zu können. Da es sich im vorliegenden Projektgebiet um stark bebaute Bereiche handelt, war eine zeitintensive Vorbereitung der Bruchkanten notwendig.

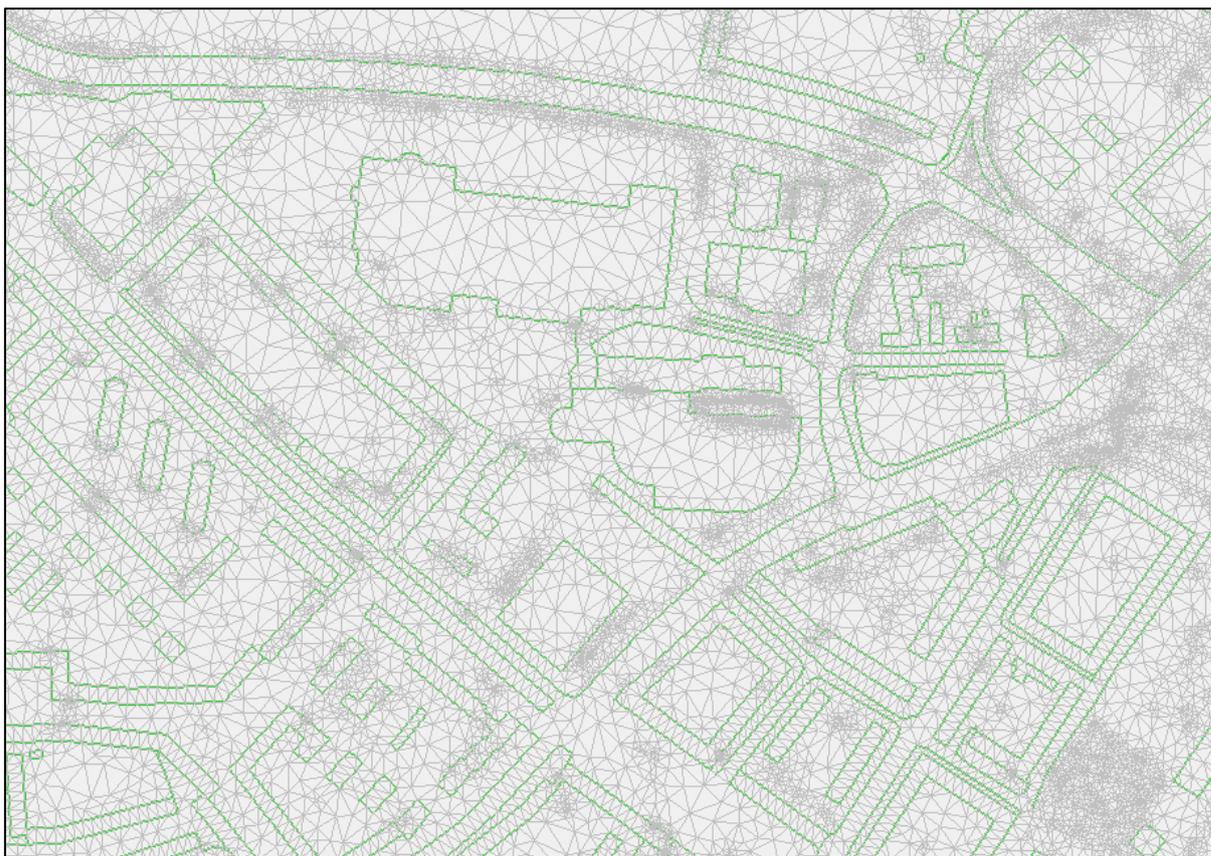


Abbildung 48: Beispiel Bruchkanten

Zusätzlich ließen sich in diesem Schritt die Umringe der manuell generierten Flussschläuche in das Vorlandnetz einfügen. Mittels „Schablonen“ konnten die Gebäude aus dem Gesamtnetz ausgeschnitten werden und wurden bei der Berechnung als NO-FLOW-Areas berücksichtigt. Das Entfernen der Bachbereiche ermöglichte das Einhängen der generierten Flussnetze.



### 5.4.3 Beispiele der Flussschlauchgenerierung

Für den Diesenleitenbach, den Schießstättenbach, den Höllmühlbach, den Katzbach und den Esternbach wurden die Gerinne als Flussschlauchnetze „manuell“ im Netzgenerator erstellt. Verwendet wurden die Flussprofile der Vermessung, die Laserscandaten sowie Bauwerks- und Brückenpläne. Die aufwendige und zeitintensive Erstellung der einzelnen Netze ermöglicht eine gute Abbildung der Gerinnegeometrien, vor allem da es sich im Projektgebiet um hart verbaute Bachläufe handelt. Die Netzelemente sind rechteckig und in Fließrichtung orientiert. Die folgende Abbildung 49 zeigt ein Bauwerk im Unterlauf des Katzbachs welches nachkonstruiert wurde. Bei den Vermessungsarbeiten wurde eine „Insel“ Anlandung von Material im Bereich der Sperre aufgenommen und diese konnte ebenfalls im Netz berücksichtigt werden.

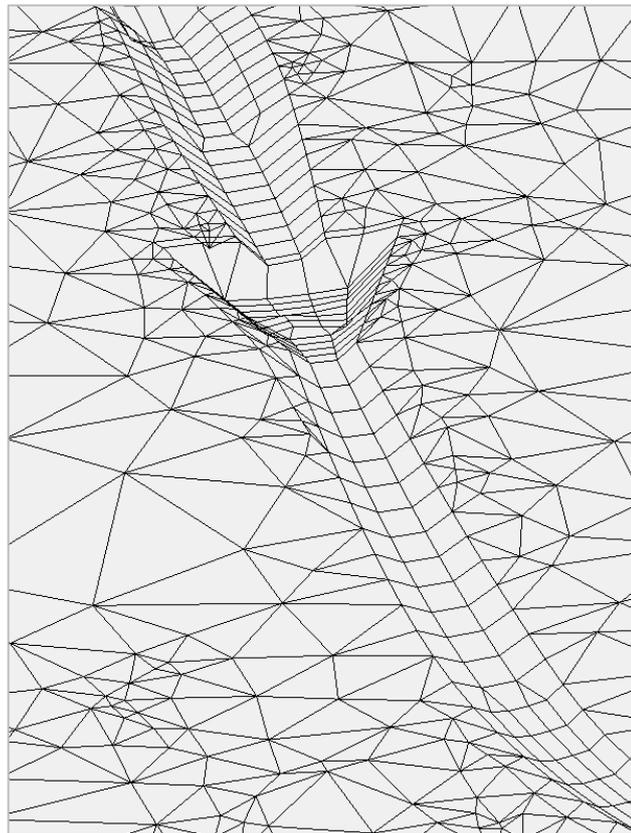


Abbildung 49: Bauwerk Katzbach

Die Flussschlauchnetze wurden unter der Voraussetzung identer Randknoten in das Vorlandnetz integriert.

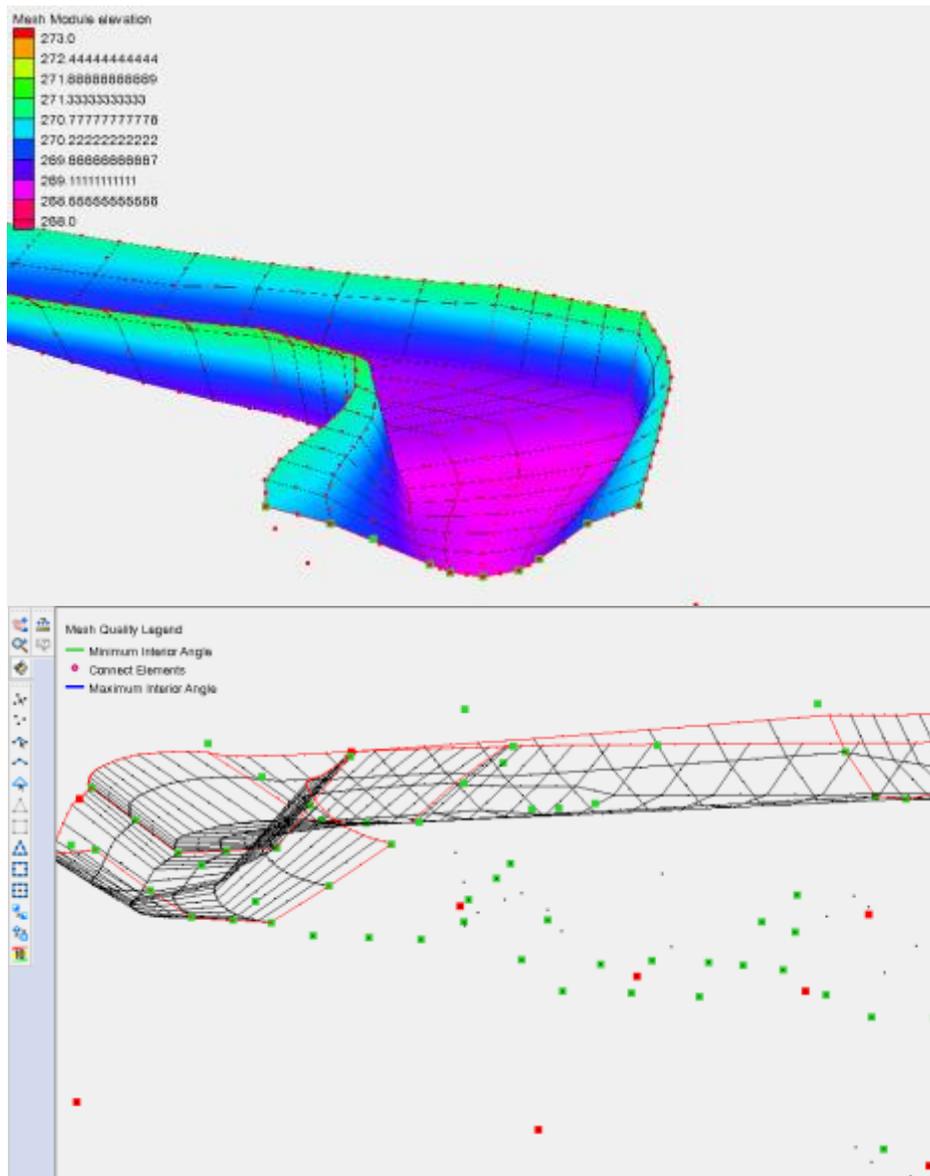


Abbildung 50: Screenshots der Flussschlauchnetz Erstellung

#### 5.4.4 Brücken und Verklausungsszenarien

Brücken wurden im Zuge der Profil-Geometrien in den Flussschlauch implementiert und anhand der Randbedingungen für eine konstruktive Unterkante (KUK) und die Wehrüberfall Bedingung vervollständigt. Verklausungsszenarien können durch das Herabsetzen der konstruktiven Unterkante simuliert werden. So wurde die freie Durchflussfläche zum Beispiel um die Hälfte verringert.



Aus den Vermessungsdaten, digitalen und analogen Plänen sowie den Laserscan Daten wurden die Geometrien abgeleitet und folgende Brücken in das Modellnetz eingebaut:

Tabelle 25: Brücken

Haselgraben Brücke	hm
Freistädterstraße	3,2
Dornachstraße 1	13,0
Dornachstraße 2	13,9
Kirchmühlstraße	16,0
Haselgrabenweg	21,1
Kelsenstraße	24,6
Leonfeldnerstraße	27,0
Leonfeldnerstraße	29,3

Diesenleitenbach Brücke	hm
Freistädterstraße	1,6
Leonfeldnerstraße	14,0
Hauserstraße	14,5
Johann-Baptist- Reiter-Straße	16,8
Bachlbergweg	20,3
Kokoweg	21,7
<b>Schießstättenbach</b>	
Leonfeldnerstraße	

Hölmühlbach	hm
Freistädterstraße	2
Linzerstraße	5,7
Leonfeldnerstraße	14,0
Leonfeldnerstraße	15,0
Grünbergstraße	27,2

Katzbach	hm
Furtherstraße	0,6
Freistädterstraße	7,0
Burgstallweg	7,9
Überdeckung	ab 8,8
Brücke	14,4
Koglergraben	17,8
<b>Esternbach</b>	
Freistädterstraße	
Esternbachweg	

Im Netz C wurden die Brücken des Haselgrabens im Szenario 3 um die Hälfte der Gesamtöffnung und im Szenario 4 um zweidrittel herabgesetzt. Tabelle 26 zeigt die mit der WLV festgelegten Szenarien.



### 5.4.5 Berechnete und ausgewertete Szenarien

Für jedes Modell wurde ein häufiges, ein mittleres und ein extremes Ereignis berechnet. Weiters wurden die in Tabelle 26 beschriebenen Szenarien simuliert. Bemessungsfall 1 entspricht etwa einem HQ<sub>30</sub>, Bemessungsfall 2 etwa einem HQ<sub>100</sub> und Bemessungsfall 3 etwa einem HQ<sub>300</sub>.

Tabelle 26: Szenarien für die 2D-Simulation

EZG	Szenarien
Pflasterbach	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rohre und Kanalisation zu/verklaust – reiner OA</li> </ul>
Bahngaben	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rohre und Kanalisation zu/ verklaust – reiner OA</li> </ul>
Elmberggräben	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kein einzig wirksamer Durchlass Rohre und Kanalisation zu/ verklaust – reiner OA</li> </ul>
Diesenleitenbach	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Keine Verklausungen werden angenommen</li> </ul>
Hölmühlbach	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Keine Verklausungen werden angenommen, Sperre als voll/ verklaust angenommen</li> </ul>
Haselgraben	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Keine Verklausungen werden angenommen: <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Szenario 1 +2</li> </ul> </li> <li>• Verklausungen an folgenden neuralgischen Punkten: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Brücke Wäscherei Eder / Gewölbebrücke</li> <li>2. Landesstraße</li> <li>3. Leonfeldnerstraße</li> <li>4. Sperre als voll angenommen</li> </ol> </li> <li>➤ Szenario 3: Halbe Öffnung offen</li> <li>➤ Szenario 4: 1/3 der Öffnung offen</li> </ul>



Katzbach	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Keine Verklausungen werden angenommen:             <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Szenario 1</li> </ul> </li> <li>• Verklausungen:             <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Szenario 2                 <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Querschnitt vor Eindeckung</li> <li>2. Esternbach Verklausung des Durchlass LF-Straße</li> </ol> </li> </ul> </li> </ul>
----------	--

#### 5.4.6 Verwendete Modellrandbedingungen für die hydraulische Berechnung

Im Vorfeld wurden Sensitivitätsanalysen durchgeführt und iterativ die Rauigkeitsbeiwerte solange angepasst und überprüft bis sich realistische Fließgeschwindigkeiten ergaben. Als Obergrenze der Fließgeschwindigkeiten wurden 5-6 m/s gewählt. Besonders im Bereich des Flussschlauchs wurden die Strickler Werte reduziert. Bereits vorangegangene Projekte und Berechnungen haben gezeigt, dass Sohlrauigkeiten zwischen  $k_{st}$ -Wert 20 – 28 zu realistischen Ergebnissen führen. Durch die Reduktion der  $k_{st}$ -Werte (rau) im Sohlbereich können Anlandungen nachsimuliert werden. Weiters kann die Wirkung von Sohlschwellen, die in den generierten Flussnetzen nicht genau abgebildet wurden, so nachmodelliert werden. Weitere gesetzte Randbedingungen sind die Zulauf- und Auslaufränder.

##### 5.4.6.1 Angenommene Rauigkeiten und Materialien

Die Materialien und Rauigkeiten des Vorlands wurden nach den Landnutzungskategorien und dem Orthofoto vergeben. Die Fließwiderstände des Bachbetts wurden bei Begehungen dokumentiert.

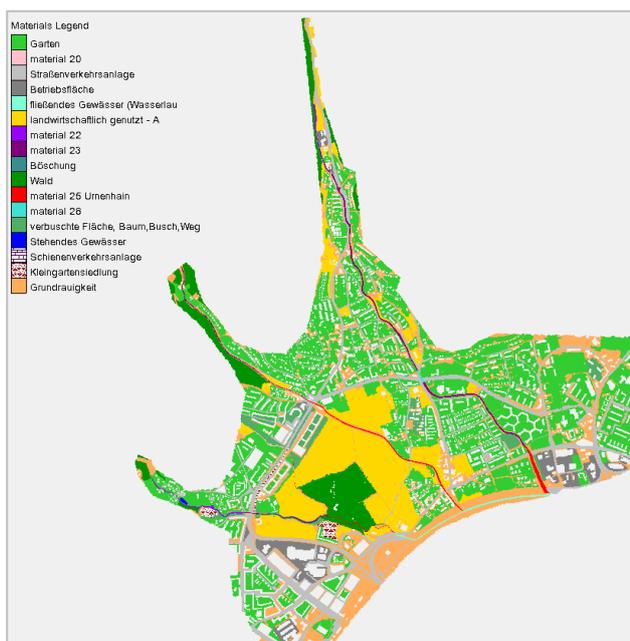


Abbildung 51: Materialien Netz C



Die angenommenen Rauigkeitswerte wurden einerseits aus der Literatur entnommen und andererseits mit Erfahrungswerten und Projektstudien abgeglichen. Es ist eine Vielzahl an Tabellen mit unterschiedlichen  $k_{St}$ -Werten vorhanden. So wurden sowohl die Flächennutzungskategorien des Hydro\_AS-2D- Grundkurshandbuchs (NUJIC, 2003), die Werkstoffkategorisierung der Universität Karlsruhe (EISENHAUER, s.a.), die „Zusammenstellung einiger k-Werte“ von TRÜMPLER,ZELLER (1984) und die Tabelle von HABERSACK (1995) für Querschnittsbereiche herangezogen, um eine eigene Einteilung festzulegen. Die nachfolgenden Tabelle 25 zeigt die verwendeten Werte.

Tabelle 27: Materialtypen und Rauigkeitsbeiwerte

Kategorie	Materialtyp	Wert
Vorland	Garten, Wiese	18
	Landwirtschaftlich genutzt	19
	Baum, Strauch	15
	Gebüsch dicht – vereinzelt Bäume	12
	Freizeitflächen	22
	Versiegelte Flächen	40
	Betriebsfläche und Nebenfläche versiegelt	33
	Schienenverkehrsanlagen	12
	Kleingartensiedlung	16
	Wald	10
	Bachufer	18 – 20
	Grundrauigkeit	22
Flussschlauch	je nach Abschnitt	20 – 28



### 5.4.6.2 Rechenparameter

Gewählte Rechenparameter:

Dynamic:	instationäre Berechnung
Time step:	300 Einlese-Zeitschritt Zuflussganglinie
Total time:	Berechnungszeit den Ganglinien angepasst 6 – 8 Stunden
Zeitintervall:	300 Zeitintervall für graphische Ergebnisausgabe
Hmin [m]:	0.01 min. Wassertiefe
VELMAX:	15.0 max. erlaubte Geschwindigkeit
Amin:	0.2 min. erlaubte Elementgröße
CUMVISC:	0.6 Koeffizient $c_{\mu}$ in der Formel für Viskosität
SCF:	1.0 Koeffizient für zusätzliche Beschleunigung

Rechenzeiten pro Simulationslauf:

- Netz A: ca. 4 Stunden
- Netz B: ca. 2 Stunden
- Netz C: ca. 11 Stunden
- Netz D: ca. 3 Stunden



## 5.5 Berechnungsergebnisse

Die Überflutungsflächen wurden mit dem zweidimensionalen Strömungsmodell Hydro\_AS-2D berechnet und die Resultate mittels Abbildungen, Planbeilagen, digitale Dateien und Videos übergeben. In den folgenden Kapiteln werden die Ergebnisse (Wassertiefen, Fließgeschwindigkeiten und Energiehöhen) je Berechnungsnetz an einigen Beispielen beschrieben und diskutiert. Allerdings ist aufgrund der großen Bereiche der Simulationsnetze die Betrachtung der digitalen Dateien sinnvoller.

### 5.5.1 Allgemeines zu den Simulationsergebnissen

Die untenstehende Tabelle zeigt einen Überblick der durchgeführten Simulationen. Bemessungsfall 1 entspricht etwa einem HQ<sub>30</sub>, Bemessungsfall 2 etwa einem HQ<sub>100</sub> und Bemessungsfall 3 etwa einem HQ<sub>300</sub>.

Tabelle 28: Durchgeführte Simulationen im Überblick

Netz	Ergebnisse	Anzahl Simulationen
	Überflutungsflächen Fließtiefen Fließgeschwindigkeiten Energiehöhen	
Netz A	Bemessungsfall 1, 2, 3	3
Netz B	Bemessungsfall 2, 3  Simulation 3, 4  Simulation 5, 6 (inkl. Korridoren Science Park Bauteil 3)	4
Netz C	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Szenario 2 Brücken offen: Bemessungsfall 1, 2, 3</li> <li>• Szenario 3 Verklausung: Bemessungsfall 1, 2</li> <li>• Szenario 4 Verklausung: Bemessungsfall 1, 2, 3</li> <li>• Szenario Schienen: Bemessungsfall 2</li> </ul>	9
Netz D	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Szenario 1 Brücken offen: Bemessungsfall 1, 2, 3</li> <li>• Szenario 2 Verklausung: Bemessungsfall 1, 2, 3</li> </ul>	6
	Probedurchläufe und Sensitivitätsanalysen	16



Die Ergebnisdateien der Berechnung wurden im Programm SMS visualisiert und überprüft. Dateien, wie die Fließtiefe und Fließgeschwindigkeit, enthalten für jeden Knoten und Zeitschritt den entsprechenden Wert. Die Betrachtung der einzelnen Zeitschritte und somit der zeitlichen Abflussausbreitung ist im Programm SMS am besten möglich. Zur Datenübergabe an Nutzer ohne diesem Programm oder zur Visualisierung gemeinsam mit Orthofotos, der DKM u.ä. müssen die einzelnen Dateien klassifiziert und in Shapefiles umgewandelt werden. Diese Ergebnisse, in Form von Shapefiles, zeigen die maximalen Werte je Bereich an und zur Klassifizierung im ArcGIS (Esri) ist das Wertefeld ELEV\_MAX auszuwählen.

Eine weitere Möglichkeit zur Visualisierung der Simulationsergebnisse ist mittels dem Geoinformationssystem QGIS (GNU General Public License) und dem Python Plugin Crayfish (Lutra Consulting) (siehe Screenshot Abbildung 52). Derzeit ist es möglich das Simulationsnetzes (.2dm) und die Ergebnisdateien (einzelne Zeitschritte) zu laden und somit den zeitlichen Ablauf des Hochwassergeschehens nachzuvollziehen. Die Dateien der berechneten Maximalwerte sind aktuell noch nicht verwertbar, allerdings dürfte hier in nächster Zeit eine Aktualisierung vorgenommen werden.

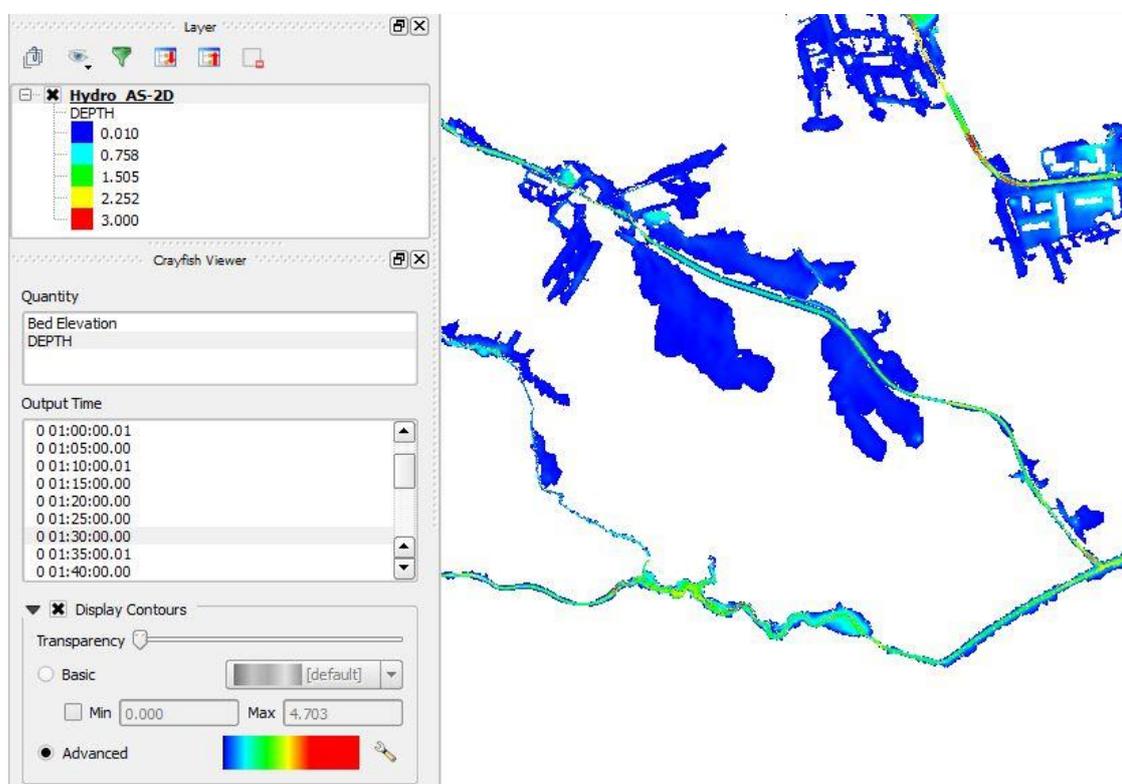


Abbildung 52: Darstellung der Ergebnisse im Geoinformationssystem QGIS



Abbildung 53 zeigt exemplarisch eine Zeitreihe der Resultate Szenario 2 Bemessungsfall 2. Der zeitliche Ablauf des Hochwassergeschehens kann auch im Programm SMS verfolgt werden.

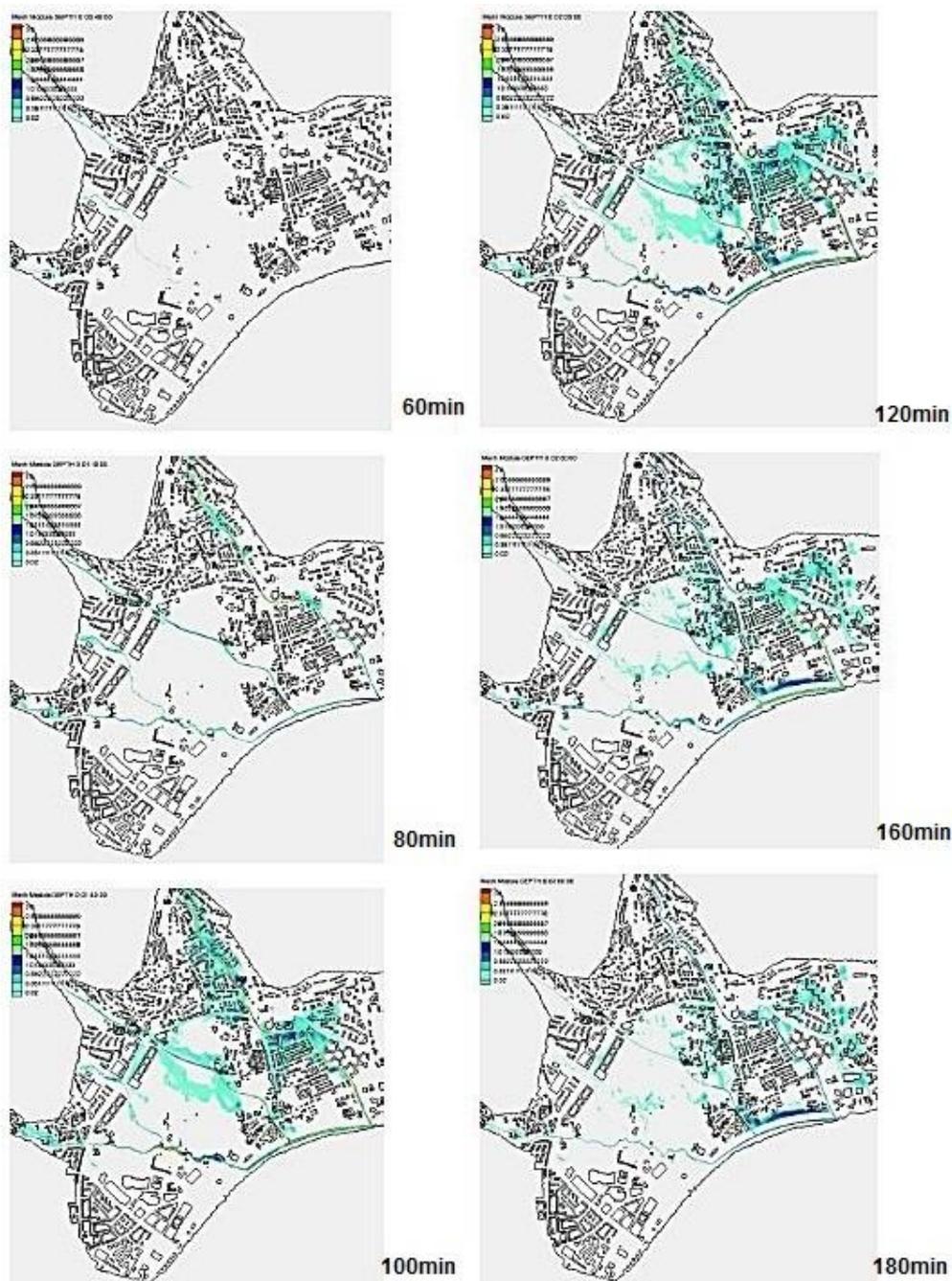


Abbildung 53: Beispiel der Ausbreitung des Wasserspiegels Netz C

Das Hilfsprogramm SMS\_MAX wurde verwendet, um die Maximalwerte jedes Skalars (z.B. Wassertiefe oder Fließgeschwindigkeit) über alle Zeitschritte herauszufiltern. Dateien mit den jeweiligen maximalen Werten je Knotenpunkt wurden erzeugt. Die sich ergebende Fläche veranschaulicht keinen realistischen Zeitschritt, jedoch sind die Maximalwerte zur Analyse der gefährdeten Bereiche eine sinnvolle Darstellung.



lung. Die Energiehöhe, für alle Szenarien und Bemessungsfälle, wurde im Postprocessing berechnet.

Die Geschwindigkeiten können im SMS auch als Strömungsvektoren angezeigt werden (Abbildung 54). Als Beispiel ein Ausschnitt der Bereiche nahe des Gebäudes der Gebietsbauleitung ÖO Nord, es wird die Geschwindigkeit an jedem Netzknoten dargestellt.



Abbildung 54: Ausschnitt der Fließgeschwindigkeiten zu Zeitschritt 1:50 h im Nahbereich der Gebietsbauleitung – Simulationsnetz Pflasterbach Bahngraben



## 5.5.2 Ergebnisse Netz A Katzbach

### 5.5.2.1 Maximale Fließtiefen Netz A Katzbach Bemessungsfall 2

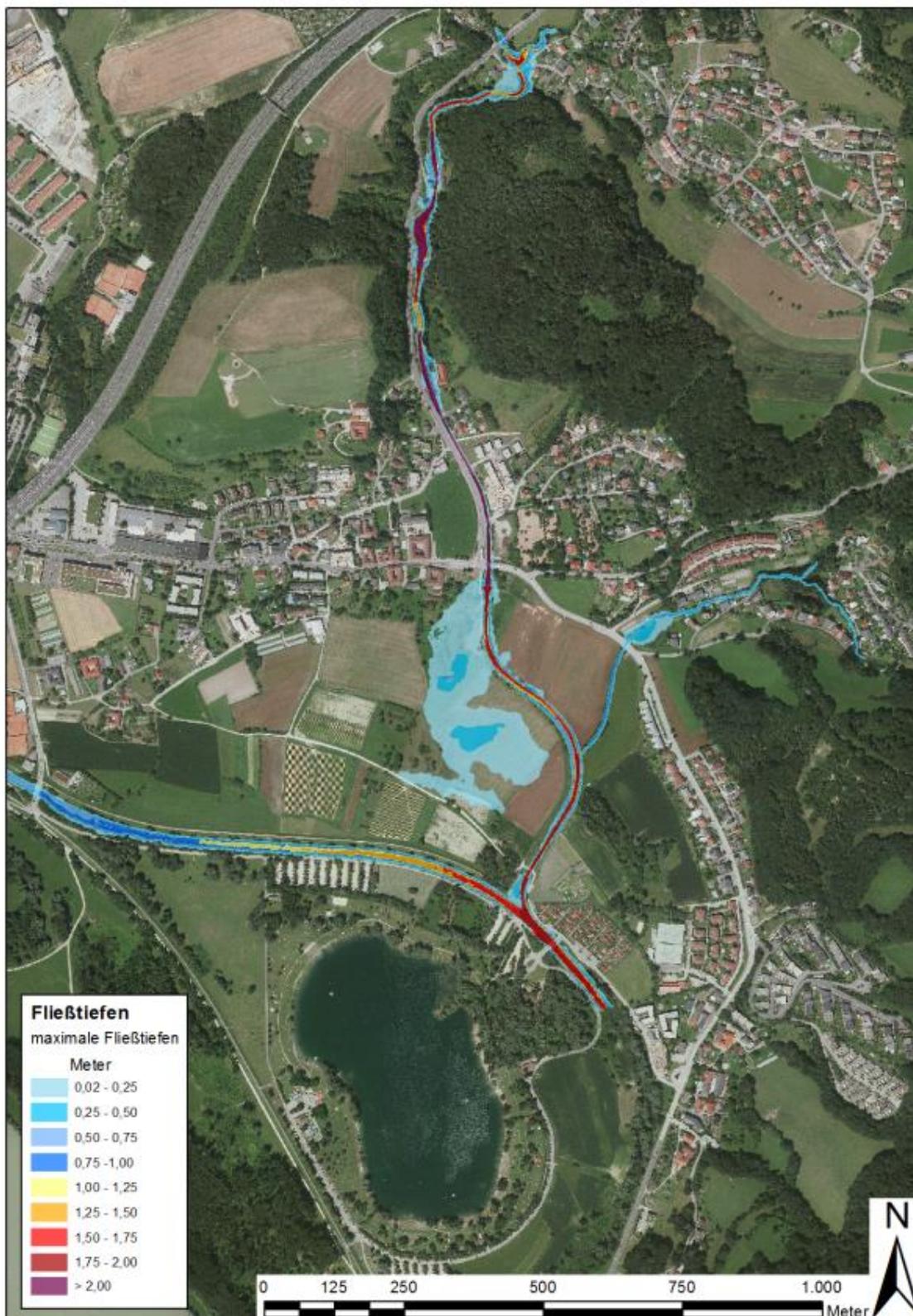


Abbildung 55: Maximale Fließtiefen Katzbach Szenario Bemessungsfall 2



### 5.5.2.2 Maximale Fließgeschwindigkeiten Netz A Katzbach Bemessungsfall 2

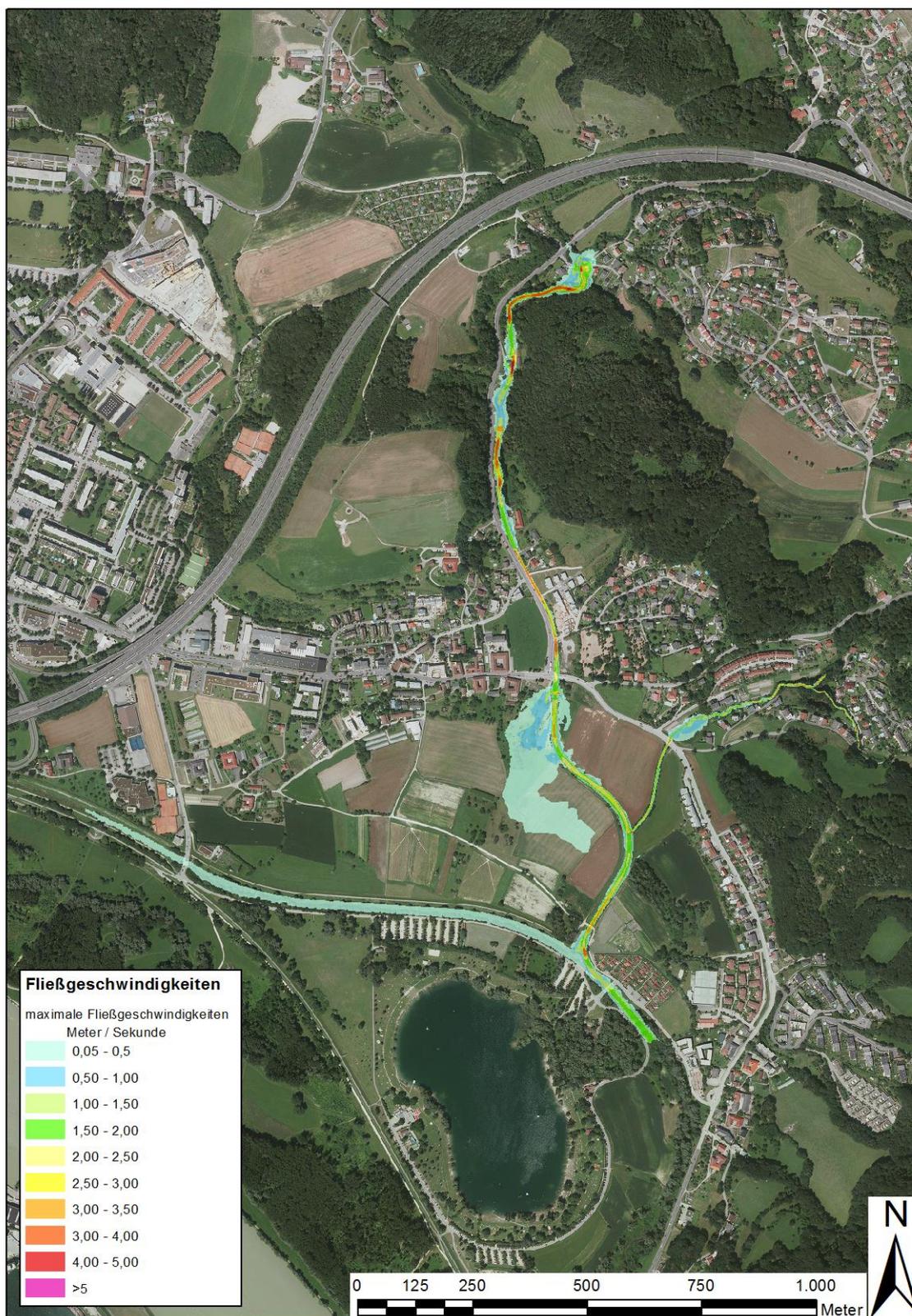


Abbildung 56: maximale Fließgeschwindigkeiten Szenario 1 Bemessungsfall 2



### 5.5.2.3 Energiehöhen Netz A Bemessungsfall 2



Abbildung 57: Berechnete Energiehöhen Katzbach



### 5.5.2.4 Diskussion der Überflutungsflächen am Katzbach

Die nachstehende Grafik vergleicht die Ausbreitung der maximalen Wassertiefen je Bemessungsereignis (HQ30,100,300) am Katzbach.

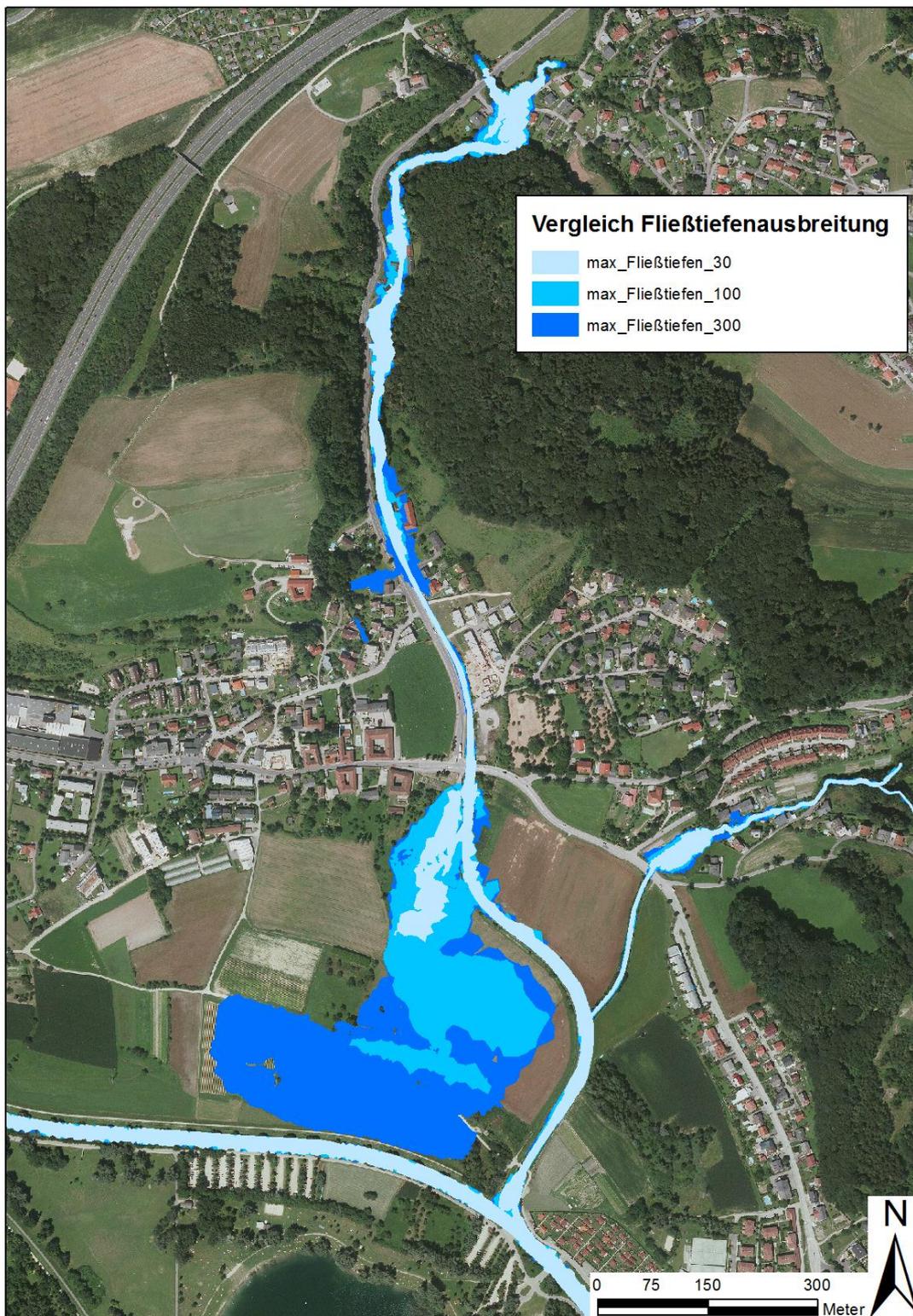


Abbildung 58: Vergleich der maximalen Fließtiefenausbreitung Katzbach



In Abbildung 61 werden die Simulationsergebnisse des Katzbachs (Szenario 1, Ganglinie 100 jährliches Ereignis) mit dem aktuellen Gefahrenzonenplan verglichen. In der Diplomarbeit Werfring (2010) wurden Ausuferungen und überflutete Flächen im Bereich Eibenweg, Ahornweg, Katzbachweg für ein 150 jährliches Ereignis festgestellt. In diesem Projekt konnte bei gewählten Ganglinien und Frachten, aus der hydrologischen Untersuchung, keine rechtsufrige Ausbreitung bestimmt werden. Nur beim Szenario mit einer  $HQ_{300}$ -Ganglinie kam es rechtsufrig zu einer kleinen Überflutungsfläche bis zu dem Gebäude Freistädter Straße Nr. 453. Ein Probedurchlauf mit dreimal so großer Fracht und Berechnungszeit ergab eine Überflutung der angesprochenen Wege. Die Gebäude am linken Ufer, Freistädter Straße Nr. 496 (hm 11) und Nr. 524 (hm 14) liegen in der gelben Zone und werden von den Simulationsergebnissen betroffen (Abbildung 59).



Abbildung 59: Bereich Katzbach hm 14 Freistädterstraße Haus Nr. 524



Abbildung 60: Esternbach Querung Mauthausenstraße

Am Zubringer Esternbach, Höhe Mauthausnerstraße (L559), kommt es rechts- und linksufrig zu einem Gerinneausbruch auf die danebenliegende Wiese. Abbildung 60 zeigt den Ausschnitt dieses Bereichs mit Überflutungsfläche und GZP. Die modellierten Überflutungsbereich gefährden die nach Osten fortlaufende Straße nicht (liegt in der gelben Gefahrenzone).

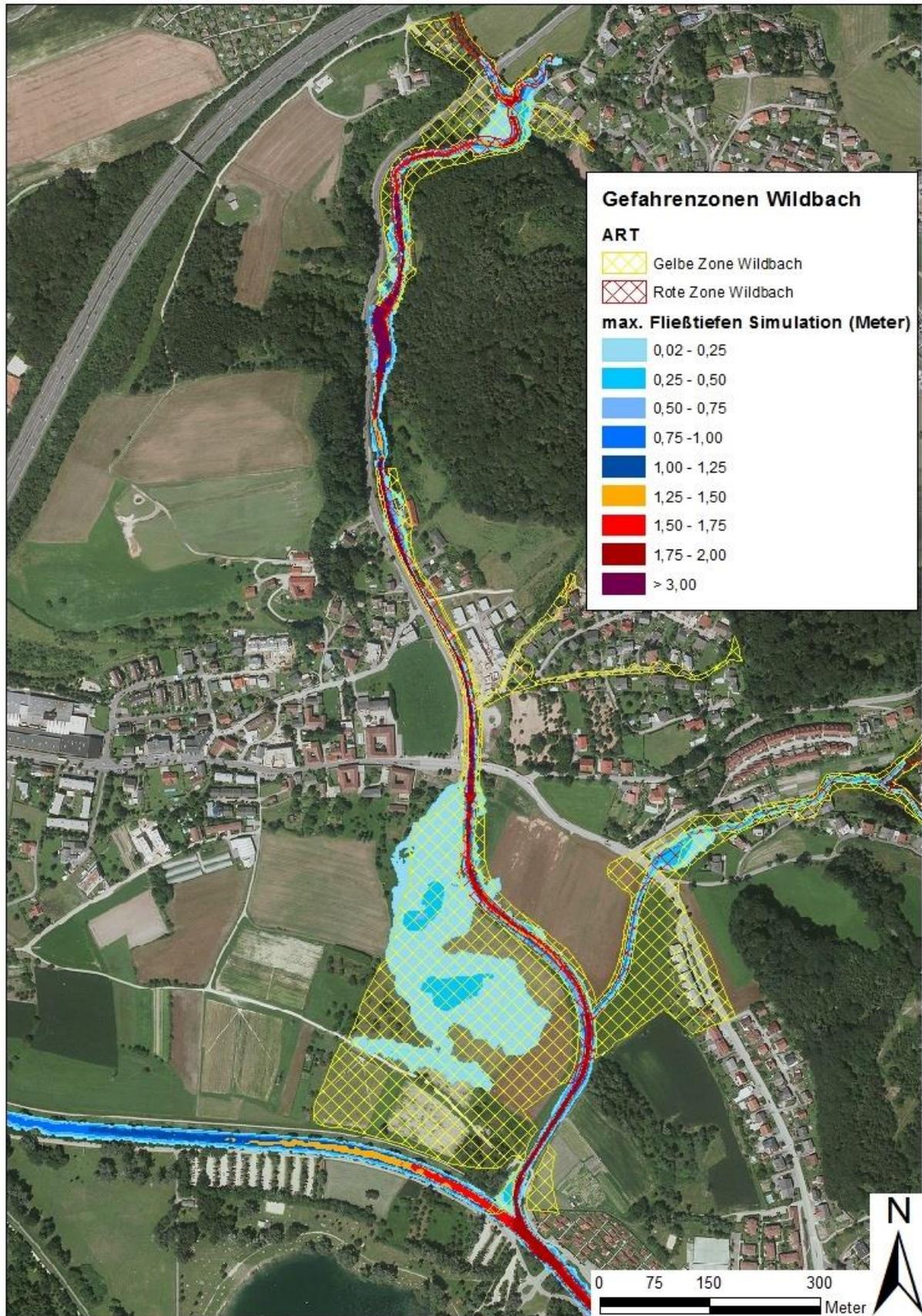


Abbildung 59: Simulationsnetz Katzbach Vergleich maximale Fließtiefen und Gefahrenzonen



### 5.5.3 Ergebnisse Netz B Elmberggräben

Für die Elmberggräben wurden mehrere Simulationen durchgeführt, um in jedem Schritt weitere Anpassungen vorzunehmen. In Simulation 4 wurden Korridore im Bauteil 1 und 2 des Science Parks mitberücksichtigt. Dies ergab eine wesentliche Änderung des Abflussgeschehens gegenüber Simulation 1 – 3. Exemplarisch werden in Abbildung 62 und 63 die Ergebnisse der Simulationen 3 und 4 dargestellt.

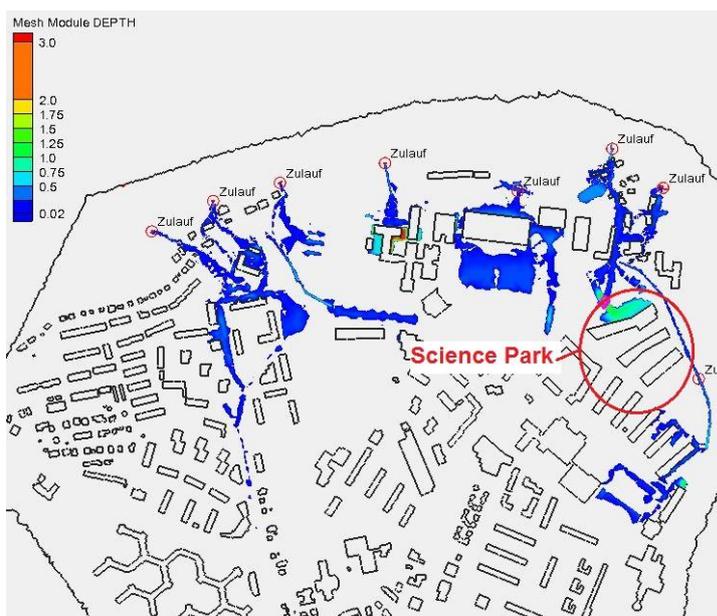


Abbildung 60: Simulation 3 der Elmberggräben ohne Korridore durch die Gebäude des Science Parks

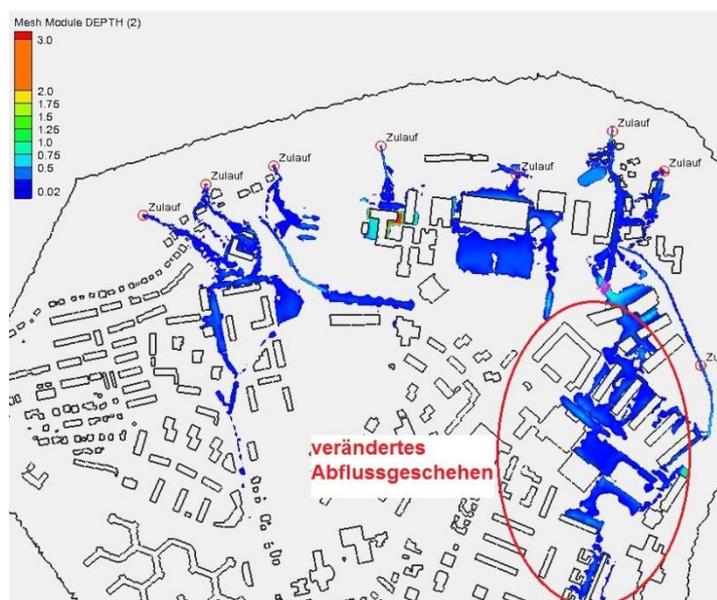


Abbildung 61: Simulation 4 der Elmberggräben mit Korridoren durch die Bauteile 1 und 2

Mit der zuständigen Bauleitung wurden die Ergebnisse diskutiert und erforderliche Anpassungen festgelegt. In den endgültigen Simulationen (5 und 6) wurde ein Korridor durch Bauteil 3 gezogen, in der Abflussganglinie von Elmberggraben 8 wurde das Rückhaltebecken berücksichtigt und der Teich in Bereich von Graben 6 wurde als stehendes Gewässer neu definiert. Die Fließtiefen (Abbildung 64) und Geschwin-

digkeitsdarstellungen werden für die Elmberggräben ab 0,01 m angezeigt und aufgrund der Ganglinien mit relativ geringen Frachten werden die Simulationen für Bemessungsfall 2 und 3 berechnet. Aus den Ergebnissen ist im Wesentlichen die Richtung die der Abfluss nimmt zu erkennen und zur Gefahrenabschätzung weiter zu verwenden.

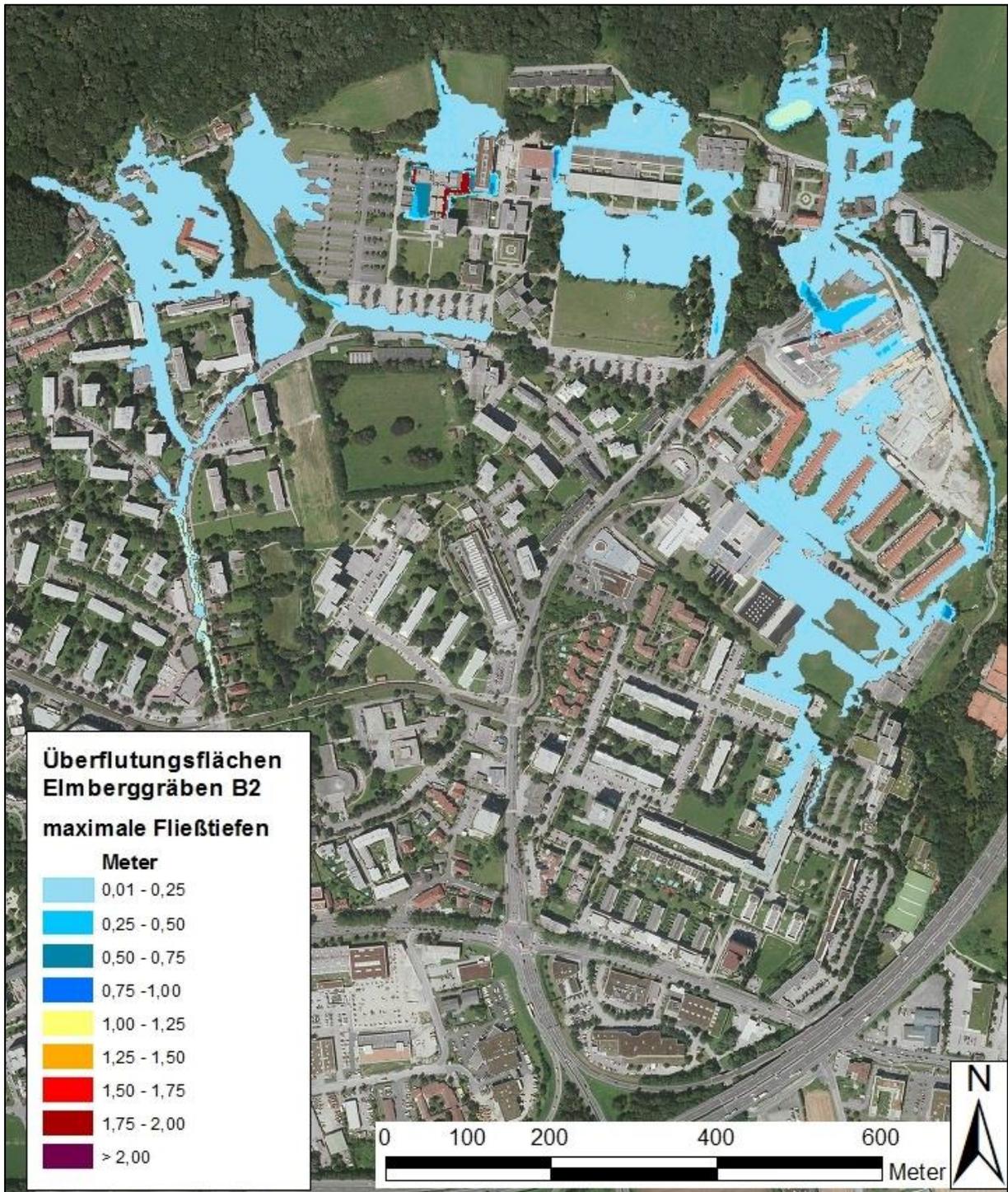


Abbildung 62: Darstellung der maximale Fließtiefen der Simulation Elmberggräben 5



### 5.5.4 Ergebnisse Netz C Diesenleitenbach, Höllmühlbach, Haselgraben

#### 5.5.4.1 Maximale Fließtiefen Netz C

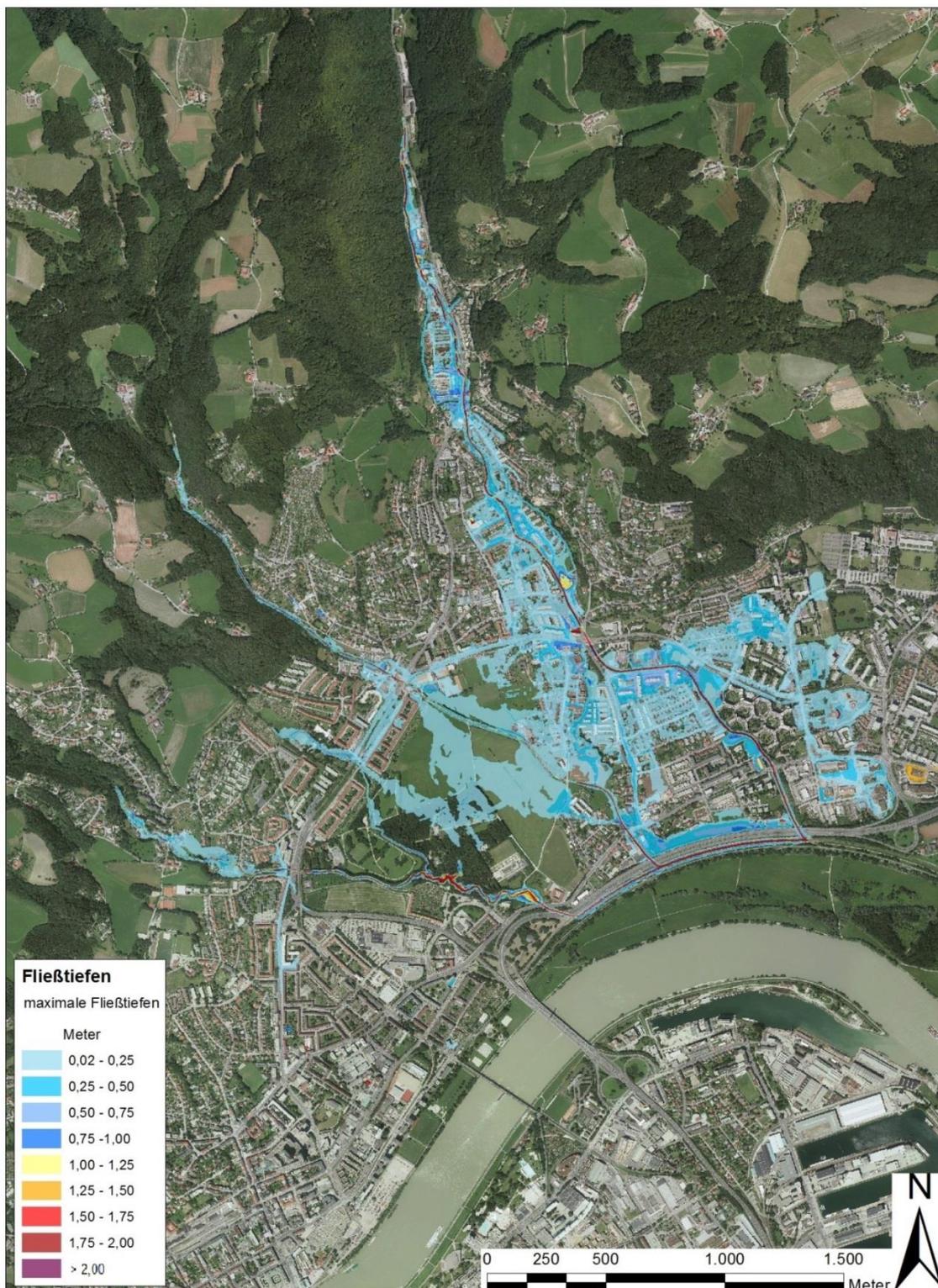


Abbildung 63: maximale Fließtiefen Szenario 2 Bemessungsfall 2



### 5.5.4.2 Maximale Fließgeschwindigkeiten Netz C

Fließgeschwindigkeiten über 4 m/s werden nur im Flussschlauch, vor allem im Bereich von Brücken und Engstellen, und nicht im Vorland erreicht.

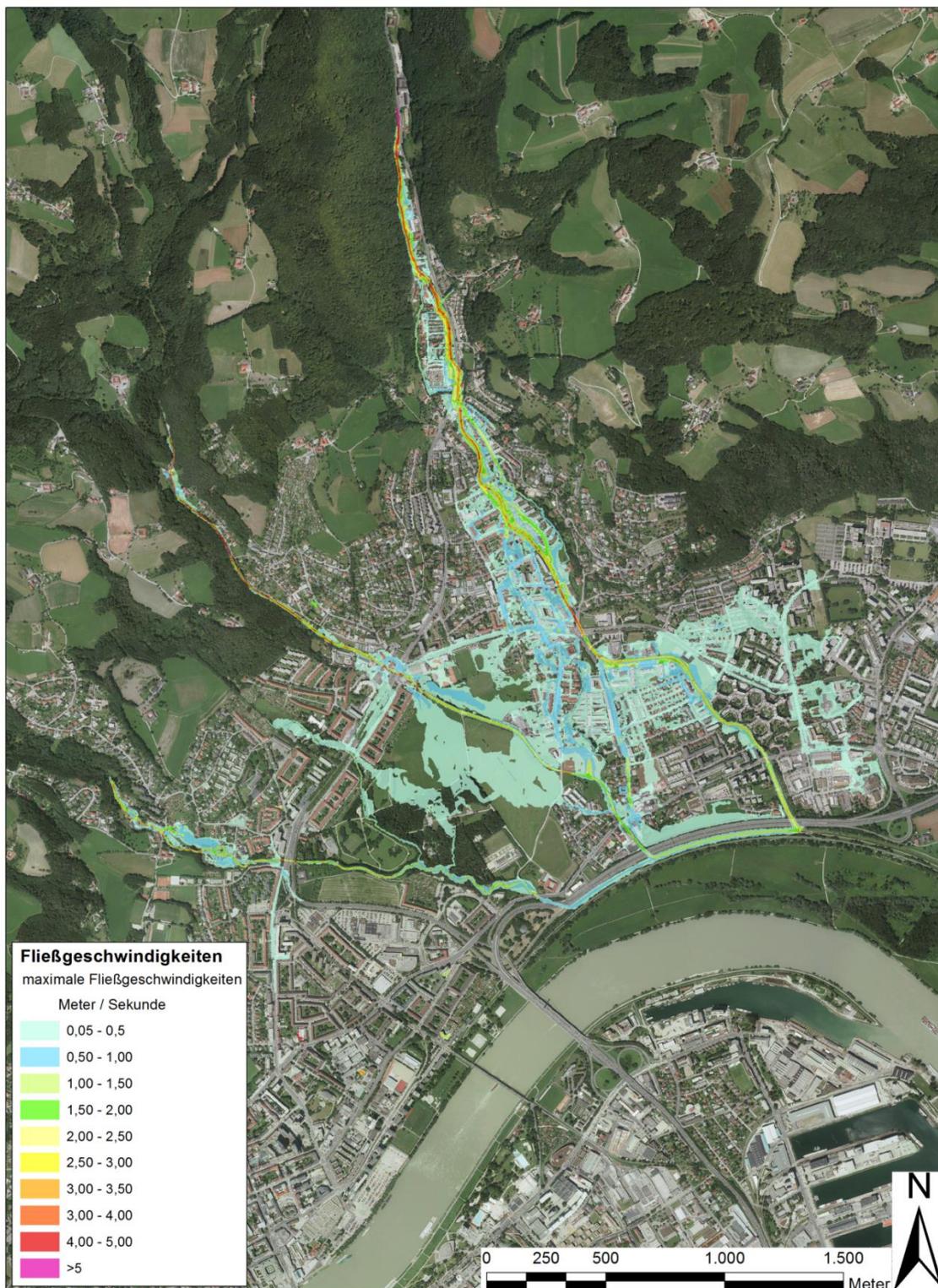


Abbildung 64: maximale Fließgeschwindigkeiten Szenario 2 Bemessungsfall 2



### 5.5.4.3 Energiehöhen Netz C Bemessungsfall 2

Anhand der Wassertiefen und Geschwindigkeiten wurde die Energiehöhe berechnet und in drei Bereichen, 0,02-0,20 m und 0,20-1,50 m sowie über 1,50 m dargestellt.

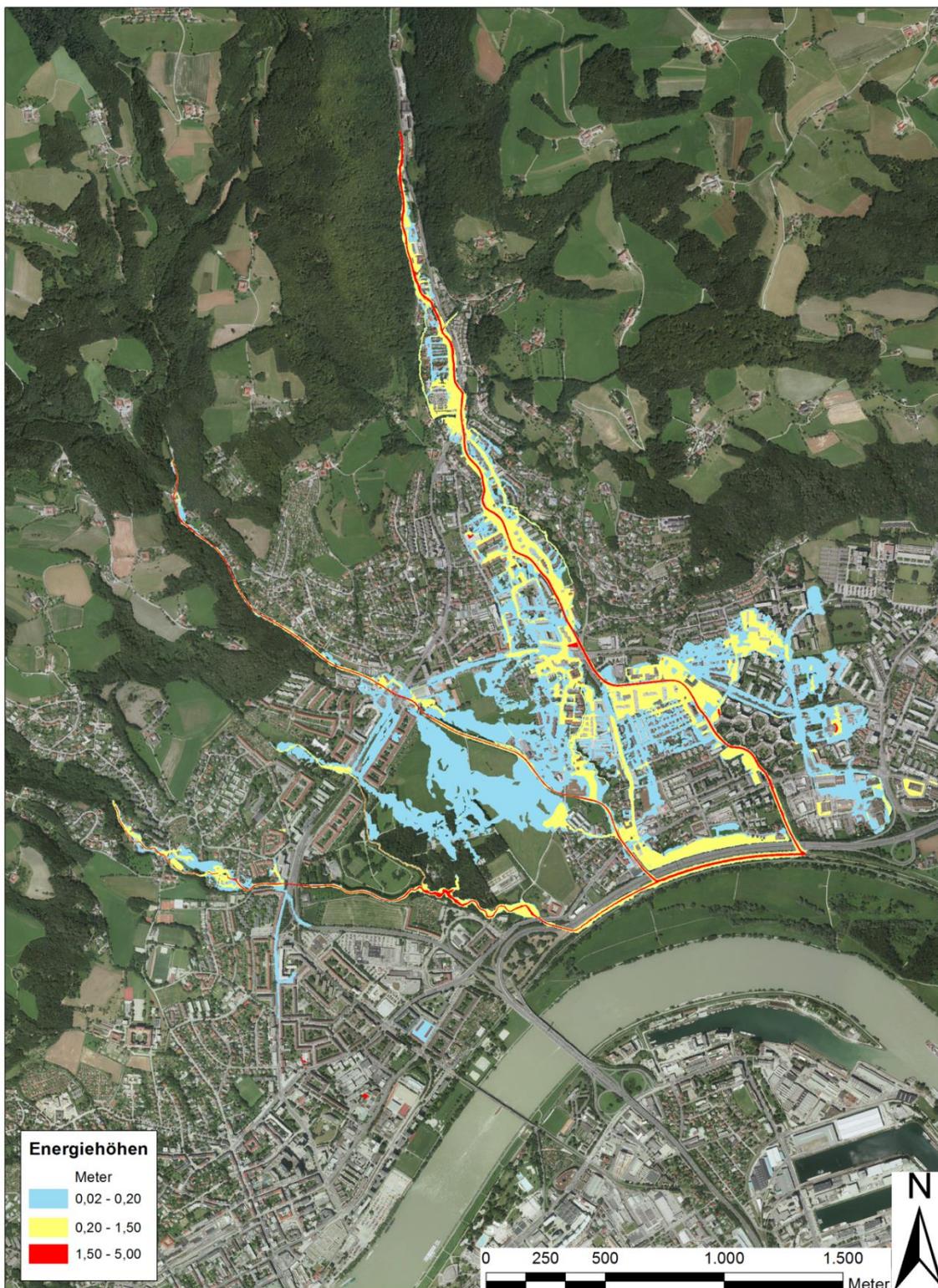


Abbildung 65: Berechnete Energiehöhen Diesenleitenbach, Höllmühlbach, Haselgraben



### 5.5.4.4 Vergleiche

Folgende Abbildung zeigt die Überflutungsflächen der Energiehöhen für die unterschiedlichen Bemessungsereignisse (HQ30,100,300) für das Netz C.

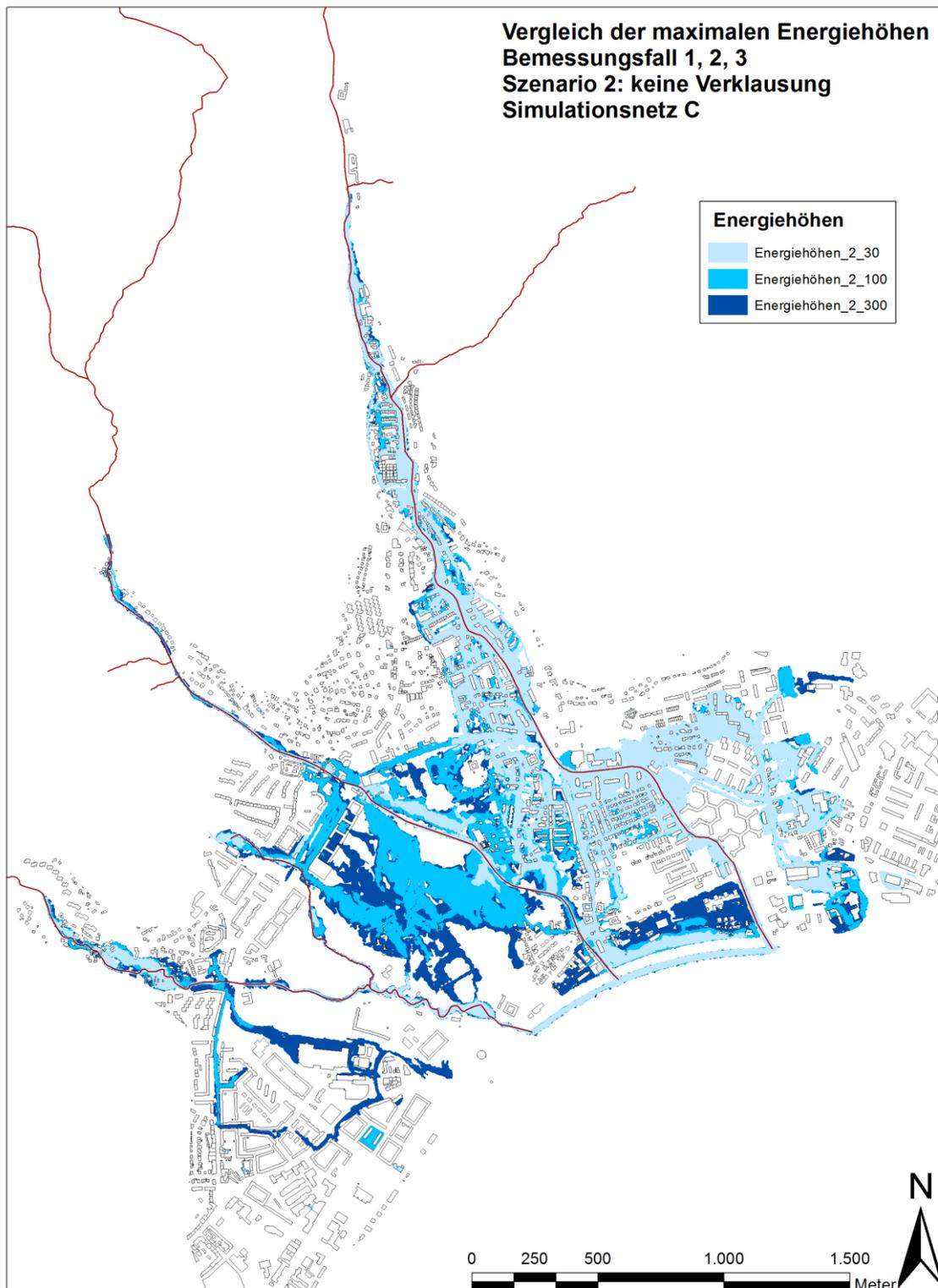


Abbildung 66: Vergleich der maximalen Energiehöhen Netz C Szenario 2

### 5.5.5 Vergleich der Simulationsergebnisse mit aktuellen Gefahrenzonen

Abbildung 68 zeigt den Vergleich der Simulationsergebnisse Netz C (ca.100 jährliches Ereignis) mit den aktuell ausgewiesenen Gefahrenzonen.

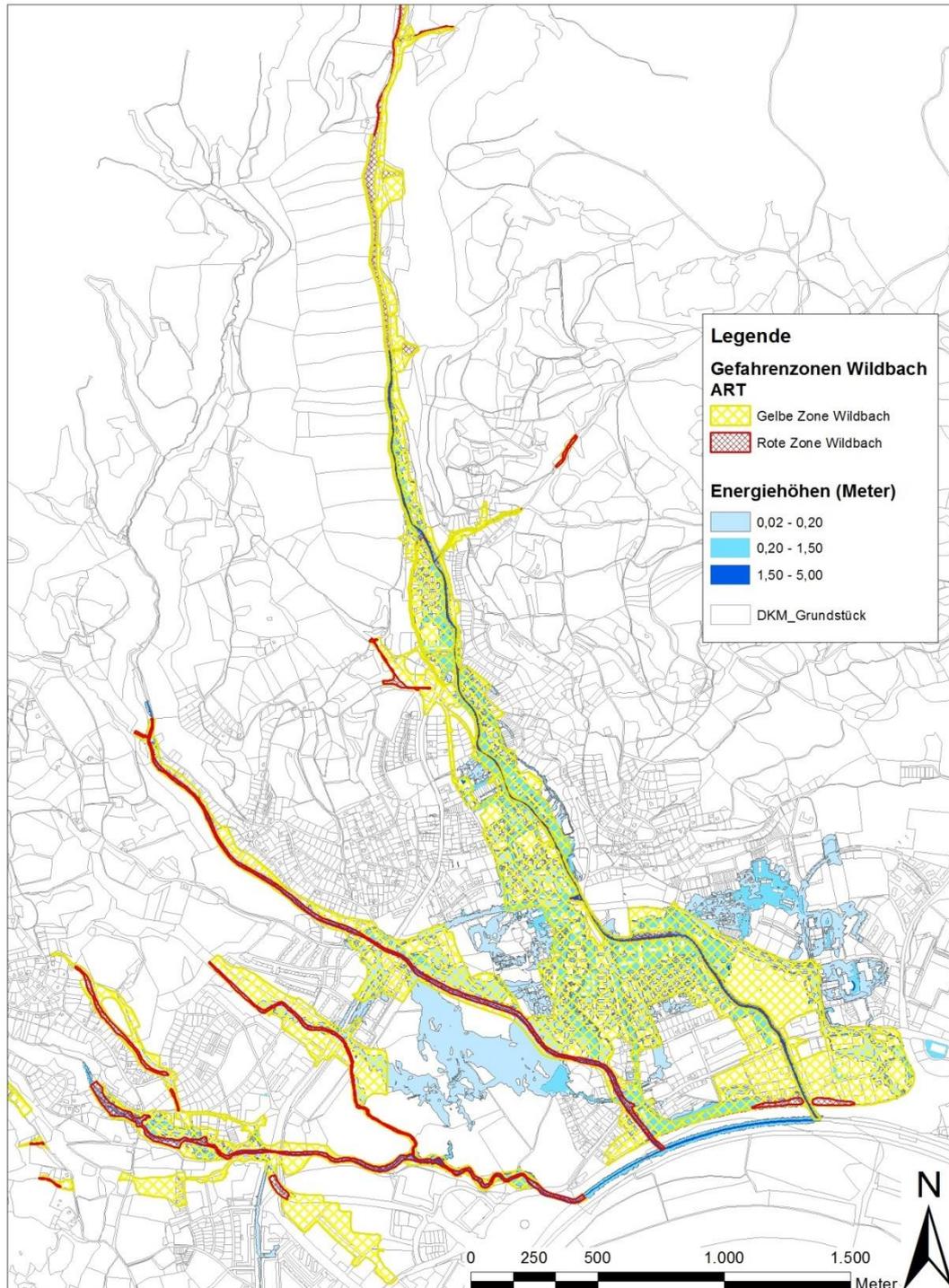


Abbildung 67: Ergebnisse Simulationsnetz C und Vergleich mit Gefahrenzonen

Im Bereich des Diesenleitenbachs ist zu erkennen, dass die überfluteten Flächen, bei einem Bemessungsereignis mittlerer Größe (HQ<sub>100</sub>) ohne Verklausungen, im Wesentlichen von den Gefahrenzonen überlagert werden. Zusätzlich kommt es linksufrig



des Schießstättenbachs auf der Höhe Leonfeldnerstraße zu einer Ausbreitung der Überflutungsfläche. Dadurch sind die Verkehrsfläche und die Straßenbahnschienen betroffen. Auf der nicht bebauten Grünfläche zwischen Diesenleitenbach und Höllmühlbach ist mit Wassertiefen um die 0,2 m zu rechnen, allerdings können gerade geringe Fließtiefen stark beeinflusst sein durch Ungenauigkeiten im Laserscan (Kapitel 5.7). Weiter südlich, im Bereich Linzerstraße – Sonnbergstraße, können im Hochwasserfall Gebäude betroffen sein. Es entsteht ein Abflussast bis zu hm 2,5 des Höllmühlbachs. Die Simulationsergebnisse zeigen eine Interaktion der Überflutungsflächen zwischen Höllmühlbach und Haselgraben nahe der Ferdinand-Markl-Straße. Die maximale Fläche der berechneten Energiehöhen zeigen für den Haselgraben im Bereich Glaserstraße - Mannheimstraße zusätzliche Überflutungsflächen, die nicht im aktuellen Gefahrenzonenplan liegen. Die Verlängerung der Ferdinand-Markl-Straße, die Dornbacherstraße ist unterteilt durch ca. 20 cm hohe Straßenbahngleisanlagen. Die Bauleitung ist bisher nicht von einem Überflutungsflächen nördlich der Straße ausgegangen und daher wurde der Bereich unter besonderer Berücksichtigung der Gleisanlage nochmalig modelliert (Szenario Schienen). Die Rauigkeitsbeiwerte wurden bewusst im Schienenbereich stark extrem erhöht und einige Knotenpunkte um 20 cm höher gesetzt. Das Ergebnis zeigte eine etwas kleinere Überflutungsfläche im Norden, allerdings konnte die grundsätzliche Fließrichtung der Hauptergebnisse bestätigt werden.



Abbildung 68: Vergleich des Szenarios mit erhöhten Gleisanlagen und Rauigkeiten (links) und den Simulationsergebnissen mit den Standard Rauigkeiten und dem digitalen Geländemodell ohne Bearbeitung (rechts)

Obenstehende Abbildung zeigt auf dem linken Ausschnitt - in blau - die Fließtiefen für das Szenario mit erhöhten Schienenpunkten, hinterlegt ist - in gelb - die Überflu-

tungsfläche der Simulationsergebnisse ohne spezielle Berücksichtigung. Diese wird nochmals im rechten Ausschnitt separat dargestellt.

### 5.5.6 Ergebnisse Netz D Pflasterbach und Bahngraben



Abbildung 69: maximale Fließtiefen Netz D Bemessungsfall 2

Für die Einzugsgebiete Bahngraben und Pflastergraben gibt es keine ausgewiesenen Gefahrenzonen. Von Interesse ist, in welche Richtung der Abfluss, bei verklausurten Rohren fließt. Durch Gebäude kann der Abfluss aufgestaut oder umgelenkt wer-



den und Straßen wirken als Gerinne. Die Abbildungen 71 und 72 zeigen die maximalen Fließtiefen bei einem 100 jährlichen Ereignis. Festzustellen war, dass für das namenlose Einzugsgebiet im Norden nahe dem Diesenleitenbach eine Ausweisung der Gelben Zone existiert.

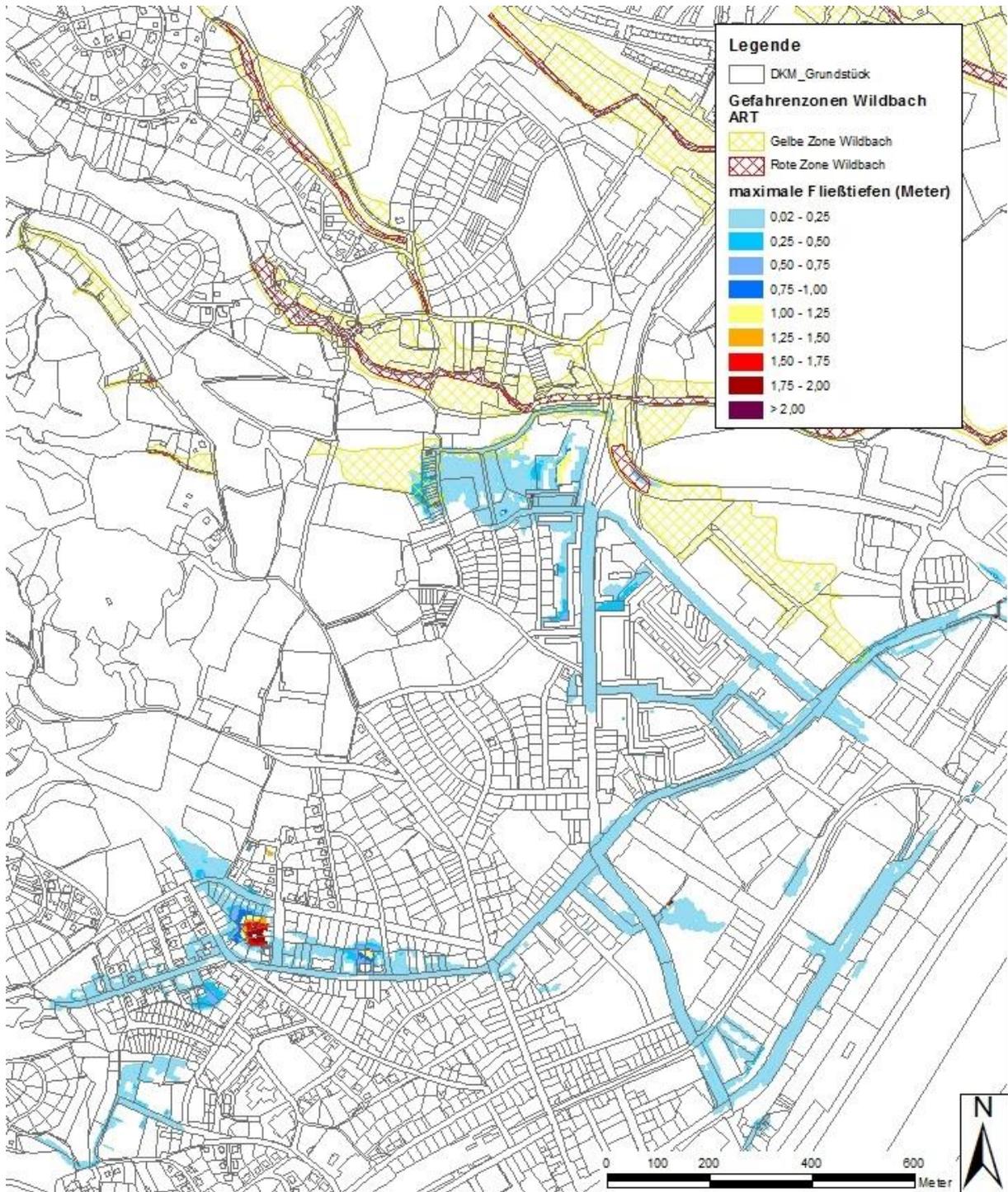


Abbildung 70: Bereich Pflastergraben und Bahngraben



## 5.6 Nachbearbeitung und Kontrolle von Simulationsergebnissen anhand des Beispiel Elmberggräben

Die ersten Simulationsergebnisse der Elmberggräben zeigten große Fließtiefen im Bereich des JKU Science Parks. Auf Abbildung 73 ist ein Ausschnitt der Fließtiefen dargestellt und innerhalb der gelben Markierung liegt der angesprochene Bereich. Da auf dem Orthofoto die Baustelle dieser Gebäude zu sehen war, erschien eine Kontrolle der Laserdaten und der direkten Umgebung nördlich des Bauteil 1 angebracht.

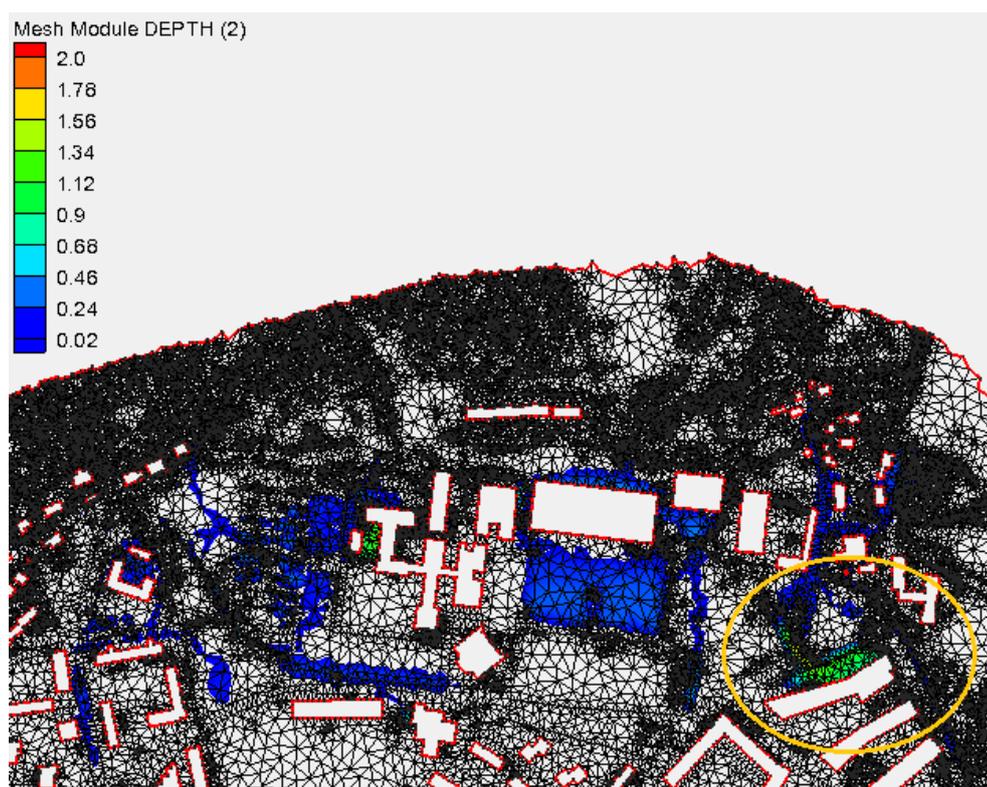


Abbildung 71: Simulationsergebnisse der Fließtiefen Elmberggräben / Science Park

Die dreidimensionale Betrachtung des Netzausschnitts in Abbildung 74 zeigt den Niveau Unterschied.

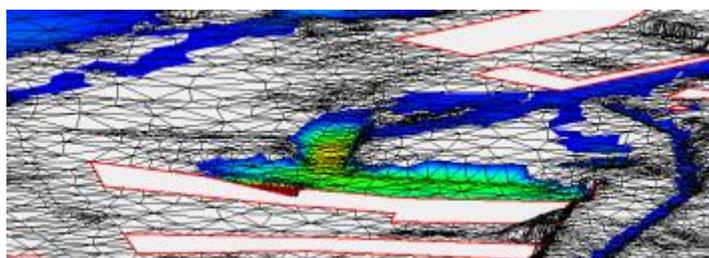


Abbildung 72: Science Park Bauteil 1

Durch den Vergleich mit Fotos und Google Earth wurde festgestellt, dass auch in der Realität ein beträchtlicher Höhenunterschied des Gelände gegeben ist und es dem-



nach bei einer Simulation ohne Einbeziehung örtlicher Kanalisationssysteme und dem Korridor durch das Gebäude zu höheren Fließtiefen kommt. Folgende Abbildungen zeigen den untersuchten Bereich.



Abbildung 73: Fläche nördlich des Bauteil 1 JKU Science Park Quelle: www.jku.at

Die Zufahrt des Science Parks ist auf dem Laserscan ersichtlich, die Straße darüber wurde allerdings gefiltert und musste somit nachträglich in das Modellnetz durch Randbedingungen eingebaut werden.

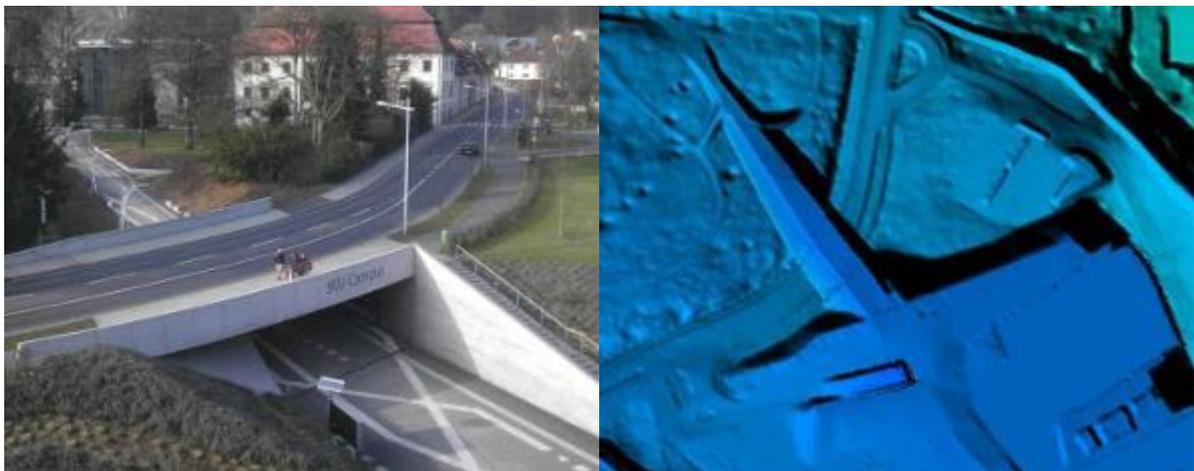


Abbildung 74: Zufahrt JKU Science Park Foto und Airborne Laserscan 0,5 m

Empfohlen wird, dass alle Simulationsergebnisse und im Besonderen neuralgische Punkte vor Ort und unter Berücksichtigung zusätzlicher Ableitsysteme vom Gutachter überprüft werden.



Als weiteres Kontrollbeispiel wird die Umrissform eines Gebäudes im Simulationsnetz Elmberggräben herangezogen. Abbildung 77 zeigt das u-förmige grüne Gebäudepolygon nach der DKM.

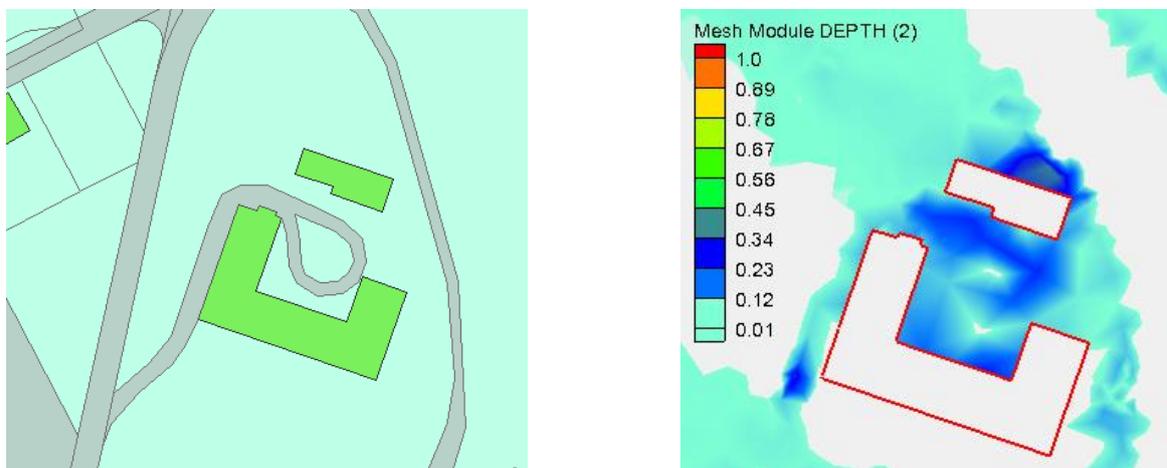


Abbildung 75: Kontrollbeispiel DKM Gebäudepolygon und Simulation 1

Durch den Vergleich mit dem Orthofoto wurde festgestellt, dass der Grundriss des Hauses eine andere Form besitzt. Dies wurde im Modellnetz angepasst und die Simulation 2 gestartet (Abbildung 78).



Abbildung 76: Angepasste Gebäudeform im Netz und Simulation 2

Das Abflussgeschehen kann durch solche Netzerstellungsfehler / Datenungenauigkeiten maßgeblich verändert werden. Dieses Kapitel soll verdeutlichen, dass Simulationen als Hilfsmittel gesehen werden sollen und eine Begutachtung und Diskussion der Ergebnisse sowie eine Kontrolle vor Ort empfohlen wird.



## 5.7 GZP Gebäude Tool

Als Ergebnisse von hydrodynamischen Simulationen werden Fließtiefen oder Energiehöhen meist farblich abgestuft gemeinsam mit Orthofotos abgebildet. Gebäude werden in den Simulationsergebnissen entfernt als Lücken dargestellt. Die Überlegung dem Gebäudepolygon stattdessen, je nach maximal angrenzender, auftretenden Energiehöhe, eine Farbe zuzuweisen, entstand im Zuge dieses Projektes. Diese Idee wird infolge zur Diskussion vorgestellt.

Von Interesse ist, ob das betroffene Gebäude nach den Abgrenzungskriterien der Richtlinie für die Gefahrenzonenplanung in die Gelbe Zone oder in die Rote Zone fällt. Für das Bemessungsereignis von fließendem Wasser gilt hierbei die Gelbe Zone bei einer Energiehöhe kleiner 1,5 m und die Ausweisung der Roten Zone bei einer Höhe der Energielinie größer gleich 1,5 m.

Es wurde eine Abfolge an ArcGIS Funktionen entwickelt, die ein Gebäude GZP Tool ergeben soll. Die wichtigsten Eingangsdaten sind das berechnete Energiehöhen-Shapefile aus der Simulation und ein Shapefile der Gebäudepolygone. Untenstehende Abbildung 79 zeigt ein Schema des Arbeitsablaufs:

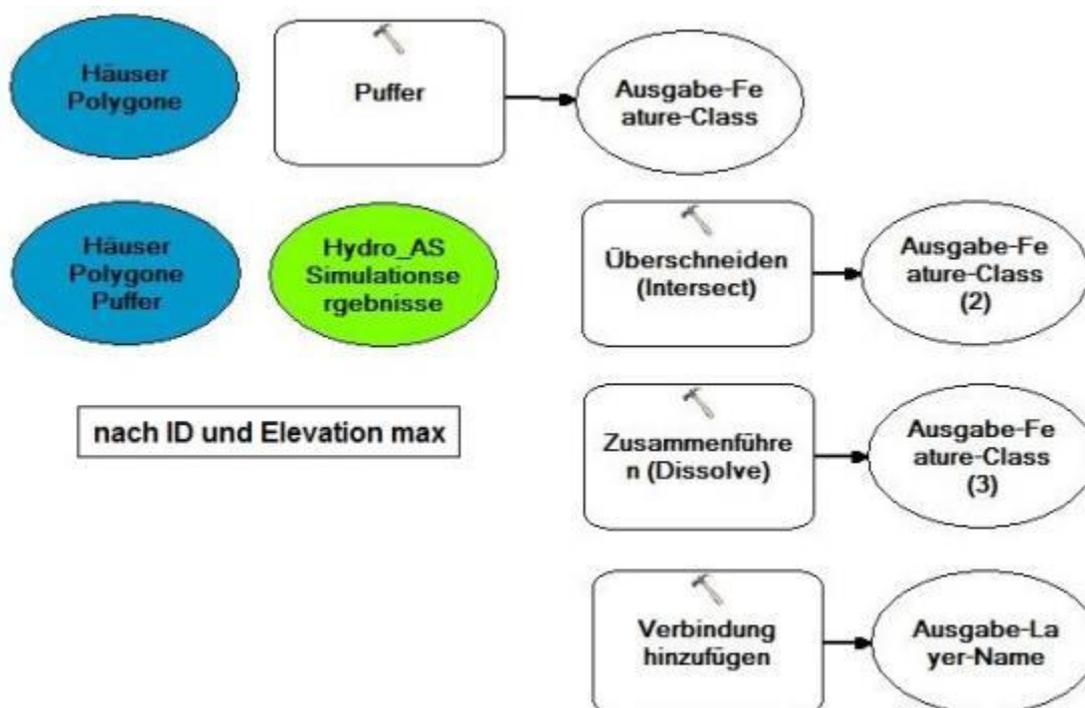


Abbildung 77: Schema Arbeitsablauf ArcGIS Gebäudepolygone



Ziel ist es, jedem Gebäudepolygon die maximale Energiehöhe zuzuweisen. Dafür wird der Bereich 1 Meter um das Polygon mit einem Buffer belegt und die dort auftretenden Energiehöhen nach dem Höchstwert abgefragt. Die maximale Energiehöhen an Gebäudekanten werden jedem Polygon zugewiesen. Gebäude mit einer maximalen Fließtiefe von 0,2 m werden gelb- schwarz strichliert, mit einer Fließtiefe 0,2-1,49 m gelb, jene mit 0,2 -1,5 m gelb mit roter Umrandung und jene ab 1,5 m rot eingefärbt.

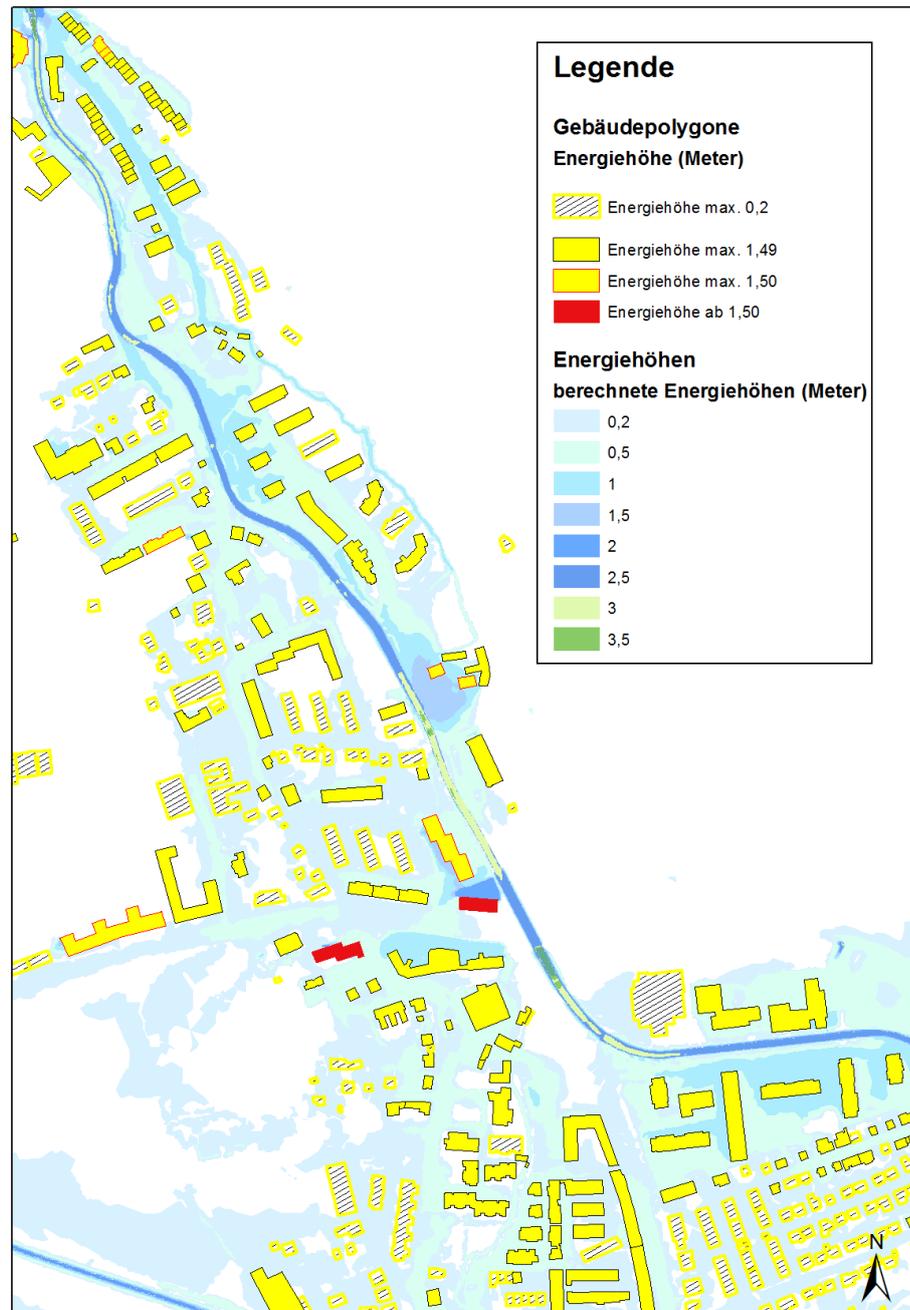


Abbildung 78: Gebäudepolygone Energiehöhen



Abbildung 81 zeigt ein Ergebnis dieses Tools. Es soll dem Gutachter eine Unterstützung zur Zonenausweisung bieten. Fließtiefen bis 0,2 m wurden separat als Hinweisbereich (schwarz strichliert) ausgewiesen. Grund dafür ist, dass die Ergebnisse eine gewisse „Unsicherheit“ haben können. Bereits Gehsteigkanten oder dergleichen, die im Modell nicht erfasst sind, haben auf geringen Wassertiefen einen großen Einfluss. Somit sind diese Ergebnisse mit Vorsicht zu betrachten. So soll die separate Ausweisung nur unterstützend wirken und signalisiert, dass die Lage dieser Gebäude genauer untersucht werden muss.

Als Fehlerquelle wurden kleinste Elemente der Überflutungsflächen identifiziert. Die Polygone der Häuser entstanden vor der Netzgenerierung. Durch die Netzkontrolle können die Gebäude im Modell eine leicht abweichende Form haben und somit bleiben beim Ausschneiden der Polygone in manchen Fällen winzige Elemente zurück. Dadurch wird manchen Gebäudepolygonen eine Farbe zugewiesen, obwohl sie nicht in der Überflutungsfläche stehen. Diese Gebäude fallen aber bei der visuellen Begutachtung schnell ins Auge und können somit vernachlässigt werden.

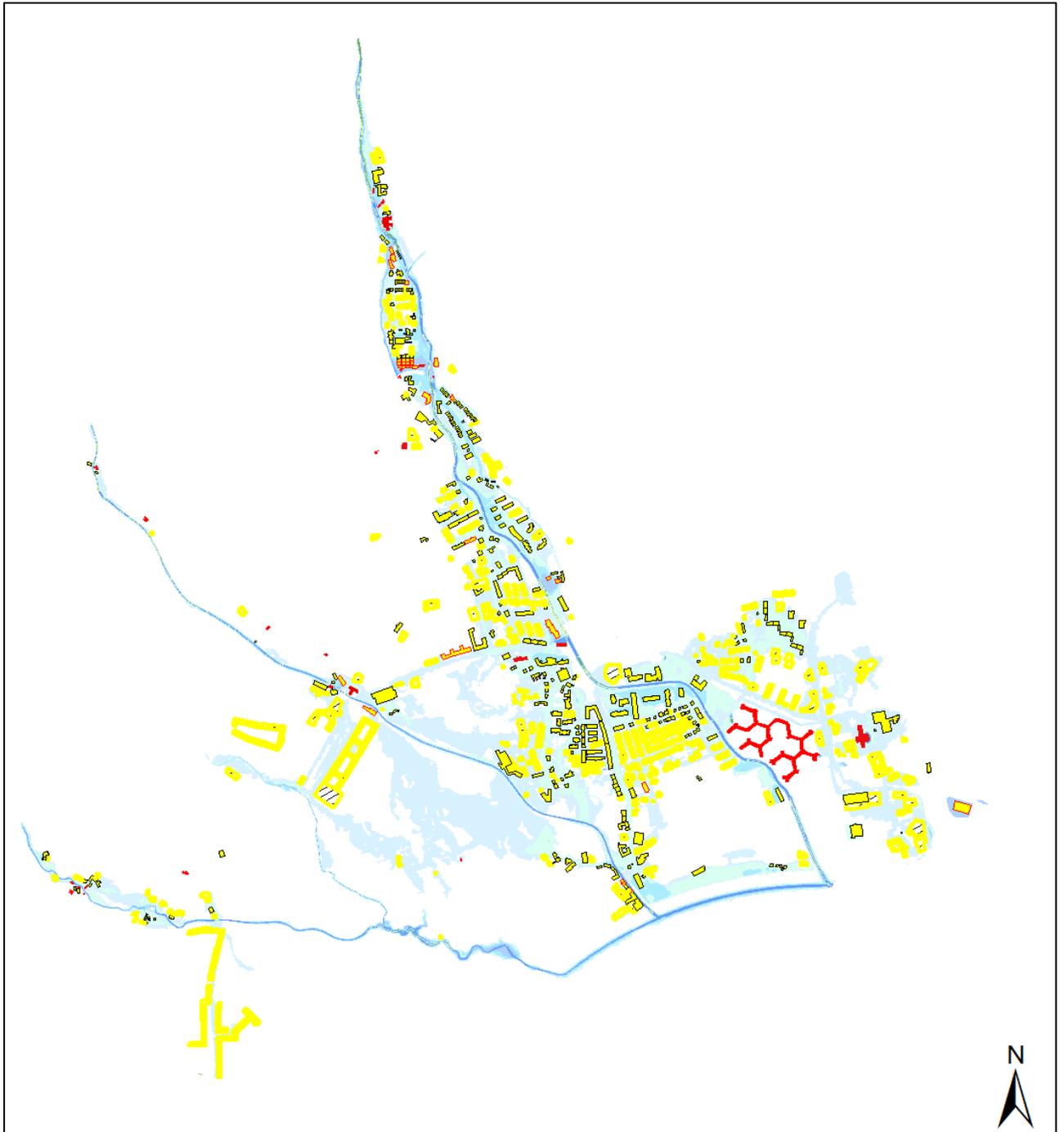


Abbildung 79: Auswertung mit Gebäudepolygone Tool



## 6 Grundlagen für die Gefahrenzonenabgrenzung

Grundlage für die Ausweisung von Gefahrenzonen ist die Richtlinie für die Gefahrenzonenplanung (BMLFUW, Fassung 2011) und der Leitfaden zur Festlegung und Harmonisierung von Bemessungsereignissen (BMLFUW, 2010).

Der Gefahrenzonenplan (GZP) ist ein flächenhaftes Gutachten über die Gefährdung durch Wildbäche, Lawinen und allenfalls Massenbewegungen. Es wird vom forsttechnischen Dienst für Wildbach und Lawinenverbauung (WLV) erstellt. Die Revision der Pläne hat im Falle der Änderung von Grundlagen und deren Bewertung, möglichst aber nach 15 Jahren zu erfolgen. Änderungen der Grundlagen können als Beispiel neue Ergebnisse durch Simulationen und Messungen sein.

Definition Einzugsgebiet eines Wildbachs nach der Gefahrenzonenplanrichtlinie:

*„Das Einzugsgebiet eines Wildbaches ist die Fläche des von diesem und seinen Zuflüssen entwässerten Niederschlagsgebiets sowie der Ablagerungsbereich des Wildbaches.“*

Abbildung 82 zeigt die Abgrenzungskriterien für die Wildbach Gefahrenzonen.

Kriterien	Zonierung	Bemessungsereignis	Häufiges Ereignis
1) Stehendes Wasser	WR	Wassertiefe $\geq 1,5\text{m}$	Wassertiefe $\geq 0,5\text{m}$
	WG	Wassertiefe $< 1,5\text{m}$	Wassertiefe $< 0,5\text{m}$
2) Fließendes Wasser	WR	Höhe der Energielinie $\geq 1,5\text{m}$	Höhe der Energielinie $\geq 0,5\text{m}$
	WG	Höhe der Energielinie $< 1,5\text{m}$	Höhe der Energielinie $< 0,5\text{m}$
3) Erosionsrinnen	WR	Tiefe $\geq 1,5\text{m}$	Erosionsrinnen möglich
	WG	Tiefe $< 1,5\text{m}$	Abfluss ohne Erosionsrinnen, daher Kriterium 2)
4) Geschiebeablagerungen	WR	Ablagerungshöhe $\geq 0,7\text{m}$	Geschiebeablagerung möglich
	WG	Ablagerungshöhe $< 0,7\text{m}$	keine Geschiebeablagerung, daher Kriterium 2)
5) Nachböschung infolge Tiefen-/Seitenerosion	WR	Oberkante der Nachböschungsbereiche	-
	WG	Sicherheitsstreifen	
6) Mur- und Erdströme	WR	Rand der ausgeprägten Murablagerungen	-
7) Rückschreitende Erosion	WR	mögliches Ausmaß	keine Beurteilung
	WG	Kriterien 3) und 5) beachten	
Anmerkungen: zu Kriterium 1): Tümpel, Weiher, Brunnen, kleine Mulden werden nicht dargestellt zu Kriterium 5): Begründung für die Breite des Sicherheitsstreifens im Einzelfall WR = Rote Gefahrenzone Wildbach, WG = Gelbe Gefahrenzone Wildbach			

Abbildung 80: Abgrenzung von Hochwasser- und Murereignissen Quelle: BMLFUW



## 6.1 Bemessungsereignis

Nach dem Leitfaden zur Festlegung und Harmonisierung von Bemessungsereignissen (BMLFUW, 2010) ist als Ausgangspunkt aller Betrachtungen von wasserbezogenen Naturgefahren der 100-jährliche Hochwasserabfluss heranzuziehen. Allerdings sind zusätzliche Gefahrenmomente in Form von Szenarien als Zuschläge zum Basiswert zu berücksichtigen. Die Festlegung des Bemessungsereignisses sollte grundsätzlich in zwei getrennten Schritten erfolgen. Die folgende Grafik in Abbildung 83 beschreibt vereinfacht diesen Prozess.

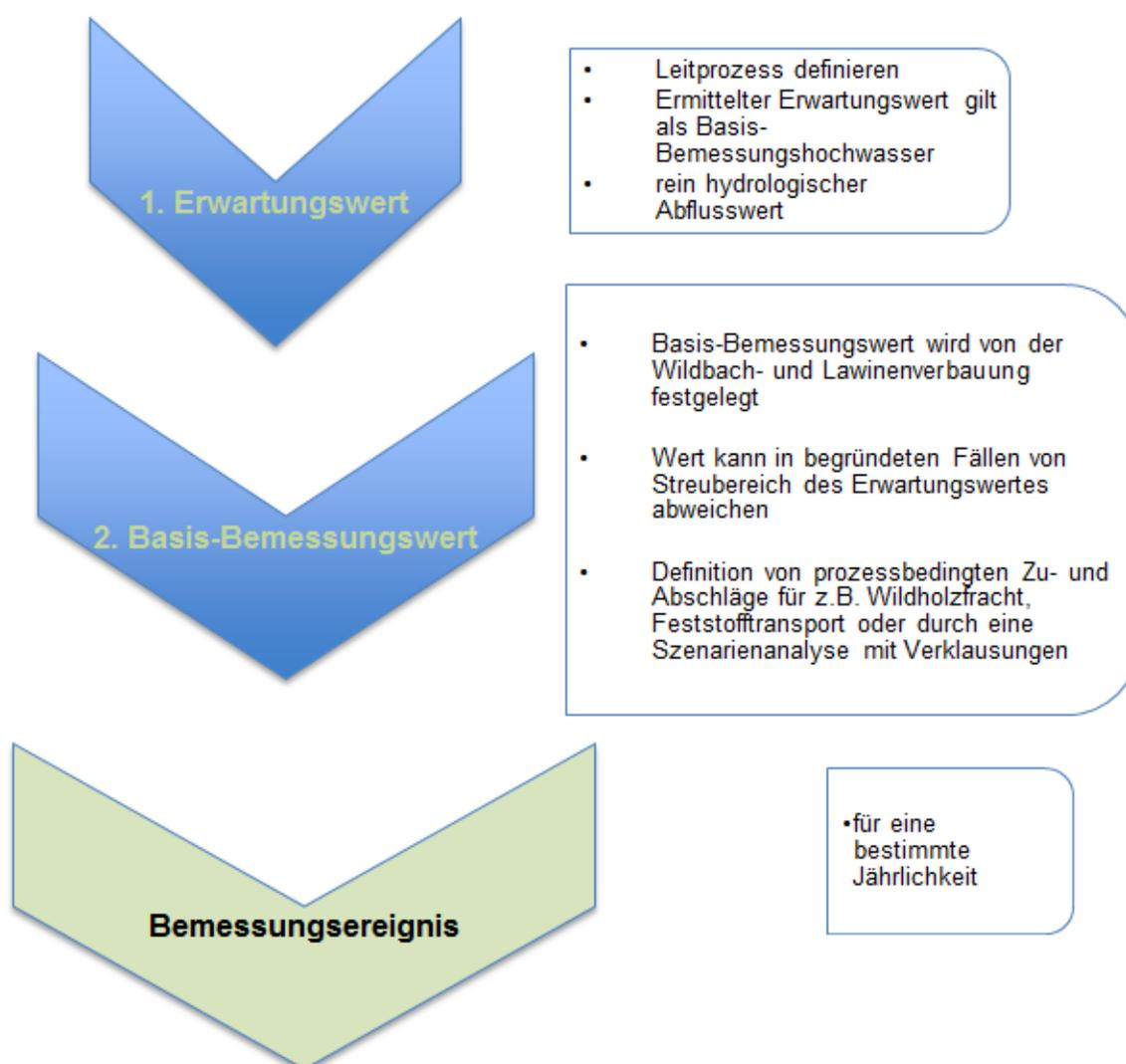


Abbildung 81: Schema Bemessungsereignis



„Das Bemessungsereignis für eine bestimmte Jährlichkeit wird aufbauend auf den Basiswert ermittelt und berücksichtigt prozessbedingte Zuschläge“ (BMLFUW, 2010). In den Einzugsgebieten des vorliegenden Projektes wurde der Leitprozess Hochwasser - Reinwasser festgelegt. Entsprechend dem „Leitfaden zur Festlegung und Harmonisierung von Bemessungsereignissen“ wurden Bemessungswerte für ein häufiges (HQ<sub>30</sub>), ein mittleres (HQ<sub>100</sub>) und ein Extremereignis (HQ<sub>300</sub>) ermittelt. Abbildung 84 zeigt für den Leitprozess die prozessabhängige Festlegung der maßgeblichen Wiederkehrwahrscheinlichkeit des Bemessungsereignisses. Dies entspricht den Vorgaben der EU-Hochwasserrichtlinie, der Gefahrenzonenplanung und der Planung von Schutzmaßnahmen.

[Jährlichkeit]	Basis-Bemessungswert	Bemessungsereignis / Bemessungstransport				
		Abflussuntersuchungen, Gefahrenkarten gem. HW-Richtlinie			Gefahrenzonen	Planung von Schutzmaßnahmen
LEITPROZESS (maßgebliche Gefahrenart)		häufiges Ereignis	mittleres Ereignis	seltenes oder Extremereignis	mittleres Ereignis	
Hochwasser <sup>1)</sup>		30 <sup>2)</sup>	100 <sup>2)</sup>	300 <sup>2)</sup>	100 <sup>2)</sup>	
Schwacher fluvialer Geschiebetransport	30/100/300	30 <sup>2) 3)</sup>	100 <sup>2) 3)</sup>	300 <sup>2) 3)</sup>	100 <sup>2) 3)</sup>	

Abbildung 82: Bemessungsereignis Quelle: BMLFUW, 2010



## 7 Zusammenfassung und Empfehlungen

Die Projektregion umfasst 14 Einzugsgebiete zwischen 0,07 km<sup>2</sup> und 32,7 km<sup>2</sup> die im Stadtgebiet von Linz-Urfahr in ein Sammelgerinne oder die Kanalisation münden. Für diese Gebiete wurde eine hydrologische Untersuchung dem stand der Technik entsprechend und eine Darstellung der Überflutungsflächen erarbeitet. Die erneute Abgrenzung der Einzugsgebiete auf Grundlage der aktuellen Geodaten lieferte neue Ergebnisse, die auch im WLK Verwendung finden. Durch Begehungen der Bachläufe, eine Fotodokumentation, Vermessungsarbeiten und Einarbeitung in bestehende Materialien und Studien wurde sich ein Gesamtüberblick geschaffen. Mittels unterschiedlicher Abfluss–Niederschlagmodelle (ZEMOKOST, HEC-HMS) wurde das Abflussverhalten der Einzugsgebiete für bestimmte Niederschlagsszenarien simuliert. Die Betrachtung mehrerer nebeneinanderliegender Einzugsgebiete liefert neue Ganglinien und Abflussspitzen als Basis-Bemessungswerte für den Leitprozess Hochwasser-Reinwasser. Mittels zwei beobachteter Ereignisse konnten Hochwasserspitzen rückgerechnet werden. Diese Ergebnisse und die Vorgehensweise der Berechnung wurde mit dem hydrographischen Dienst OÖ besprochen.

Als wichtige Eingangsdaten wurden Airborne Laserscans (ALS) der OÖ Landesregierung benutzt. Das neue Geländemodell aus dem Jahr 2013 war mit einer Auflösung von 0,5 m für das Gebiet der Gemeinde Linz und den raumrelevanten Bereich verfügbar. Im restlichen Gebiet kam ein DHM mit einer 1 m Auflösung zum Einsatz. Die hohe Genauigkeit von einem halben Meter steigerte die Qualität der hydrodynamischen Strömungsmodelle enorm. Die terrestrische Vermessung der Bachläufe stellte eine gute Grundlage zur Anpassung der Flussschlauchbereiche dar. Als Ergebnisse der Simulationen können neben den Überflutungsflächen und den Abflusstiefen auch die Fließgeschwindigkeiten und die Energiehöhen dargestellt werden. Da es nicht für alle Einzugsgebiete Daten aus vergangenen Ereignissen gab, war keine Modellkalibrierung im Sinne von nachgerechneten Ereignissen, möglich. Hier zeigt sich, dass die genaue Ereignisdokumentation in Zukunft äußerst relevant ist. Dadurch könnten die aufgezeichnete Szenarien und Anschlaglinien mit Simulationen nachgerechnet werden.



Infolge werden einige Empfehlungen zur Grundlagenergebung, Simulation und Abgrenzung von Gefahrenzonen aufgelistet:

- Die Einzugsgebiete im städtischen Bereich sollten revidiert werden.
- Überlagerungen und Interaktionen von Überflutungsbereichen verschiedener Bäche sind in die Erhebung miteinzubeziehen.
- Unterschiedliche Szenarien wie zum Beispiel die Verklausung von Brücken sind zu untersuchen.
- In 2D-Simulationen sollten Rauigkeitsbeiwerte durch eine Sensitivitätsanalyse der Kontrolle u.a. mittels plausiblen Fließgeschwindigkeiten unterzogen werden. Sohlschwellen und Anlandungen können in Simulationen durch rauere Werte berücksichtigt werden.
- Vor dem Beginn der Modellnetzerstellung sind die Überflutungsbereiche und die Lage des Gebietsauslasses festzulegen.
- Eine kritische Betrachtung der Simulationsergebnisse ist relevant. Neuralgische Punkte sind vor Ort zu kontrollieren und plausibilisieren.
- Die Vermessung von Querprofilen ist bei der Generierung eines Modellnetzes zumindest für die Kontrolle des Flussschlauchs sinnvoll.
- Es wird eine Ungenauigkeit herkömmlicher Laserscans von 0,1 bis 0,2 m angenommen. Darauf basierend wurde der Bereich der Simulationsergebnisse bis 0,2 m farblich separat ausgewiesen, um die Zone der Unsicherheiten darzustellen.



## 8 Anhang

Der Anhang wird in einer separaten Beilage gedruckt und als PDF übergeben

### Übersicht der Inhalte des Anhangs

- kritische Dauerstufen nach Pilgrim für jedes EZG und Vergleich zur kritischen Dauerstufen aus dem ZEMOKOST
- Geodatenmanagement Preprocessing - Geodaten und Projektionen
- Gefahrenkarte mit Symbole und Fotodokumentation der wichtigsten Gefahrenstellen
- Querprofil Katzbach

ausführliche weitere Abbildungen mit Simulationsergebnissen:

- Katzbach Bemessungsfall 1 häufig (etwa HQ<sub>30</sub>): Fließgeschwindigkeiten
- Katzbach Bemessungsfall 3 extrem (etwa HQ<sub>300</sub>): Fließgeschwindigkeiten
- Katzbach Bemessungsfall 2 mittel (etwa HQ<sub>100</sub>) Szenario Veklausung: Fließgeschwindigkeiten
- Netz C HHD Bemessungsfall 1 häufig (etwa HQ<sub>30</sub>) Szenario 2: Fließgeschwindigkeiten
- Netz C HHD Bemessungsfall 1 häufig (etwa HQ<sub>30</sub>) Szenario 4: Fließgeschwindigkeiten
- Netz C HHD Bemessungsfall 2 mittel (etwa HQ<sub>100</sub>) Szenario 4: Fließgeschwindigkeiten
- Netz C HHD Bemessungsfall 1 häufig (etwa HQ<sub>30</sub>) Szenario 2: Fließtiefen
- Netz C HHD Bemessungsfall 3 extrem (etwa HQ<sub>300</sub>) Szenario 2: Fließtiefen
- Netz C HHD Bemessungsfall 2 mittel (etwa HQ<sub>100</sub>) Szenario 4: Fließtiefen
- Netz C HHD Bemessungsfall 1 häufig (etwa HQ<sub>30</sub>) Szenario 4: Energiehöhen
- Netz C HHD Bemessungsfall 2 mittel (etwa HQ<sub>100</sub>) Szenario 4: Energiehöhen



## **Planbeilage**

1.1 Netz A Katzbach Fließgeschwindigkeit

1.2 Netz A Katzbach Fließtiefen

1.3 Netz A Katzbach Energiehöhen

2.1 Netz B Elmberggräben Fließgeschwindigkeit

2.2 Netz B Elmberggräben Fließtiefen

2.3 Netz B Elmberggräben Energiehöhen

3.1 Netz C1 HHD Fließgeschwindigkeit

3.2 Netz C1 HHD Fließtiefen

3.3 Netz C1 HHD Energiehöhen

3.4 Netz C2 HHD Fließgeschwindigkeit

3.5 Netz C2 HHD Fließtiefen

3.6 Netz C2 HHD Energiehöhen

3.7 Netz C3 HHD Fließgeschwindigkeit

3.8 Netz C3 HHD Fließtiefen

3.9 Netz C3 HHD Energiehöhen

4.1 Netz D Pflasterbach, Bahngraben Fließgeschwindigkeit

4.2 Netz D Pflasterbach, Bahngraben Fließtiefen

4.3 Netz D Pflasterbach, Bahngraben Energiehöhen

5. Gefahrenkarte



## 9 Literatur

**BEFFA, C.** (2008): 2D-Flachwassergleichungen; Grundlagen-Lösungen-Einsatz. Schwyz: fluvial.ch, Hydraulik II ETH Zürich Lehrunterlagen. Verfügbar in: [http://www.ifu.ethz.ch/GWH/education/graduate/Hydraulik\\_II/Vorlesungen/k8.pdf](http://www.ifu.ethz.ch/GWH/education/graduate/Hydraulik_II/Vorlesungen/k8.pdf), abgerufen am 15.4.2013.

**BLÖSCHL, G.** (2009): Skriptum Ingenieurhydrologie (VO 223.027), [www.hydro.tuwien.ac.at/lehre/LVA/downloads.html](http://www.hydro.tuwien.ac.at/lehre/LVA/downloads.html)

**BMLFUW**, (2010): Leitfaden zur Festlegung und Harmonisierung von Bemessungsereignissen. Wien: BMLFUW, Abteilung Schutzwasserwirtschaft und Abteilung Wildbach- und Lawinenverbauung.

**BMLFUW**, (2012): Leitfaden - Verfahren zur Abschätzung von Hochwasserkennwerten. Wien: BMLFUW, Abteilung VII3 - Wasserhaushalt.

**DVWK**, (1991): Beitrag zur Bestimmung des effektiven Niederschlags für Bemessungshochwasser aus Gebietskenngrößen, Ergebnis einer vergleichenden Untersuchung durch den DVWK-Fachausschuss „Niederschlag-Abfluss-Modelle“, DVWK Materialien 2/1991

**DVWK**, (1984): Arbeitsanleitung zur Anwendung von Niederschlag-Abfluss-Modellen in kleinen Einzugsgebieten, Teil II: Synthese, DVWK Regeln zur Wasserwirtschaft, Heft 113, Paul Parey Verlag, Hamburg und Berlin

**FÜRST, J.** (2004): GIS in Hydrologie und Wasserwirtschaft. Herbert Wichmann Verlag, Heidelberg; ISBN 3-87907-413-5.



**HABERSACK, H., HENGL, M., KNOBLAUCH, H., & TRITTHART, M. (2003):** Fließgewässermodellierung - Arbeitsbehelf Hydrodynamik; Grundlagen, Anwendungen und Modelle für die Praxis. Wien: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft; Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband (ÖWAV).

**Hagen K., Ganahl E., Hübl J. (2007):** Hagen Analyse und Evaluierung von gebräuchlichen empirischen Ansätzen zur Hochwasserabschätzung in Wildbächen = Analysis and Evaluation of Commonly Used Empirical Approaches for Flood Assessment in Torrents. BFW-Berichte, Wien, (137): 112 S.

**HEC-GeoHMS, (2013):** Geospatial Hydrologic Modeling Extension, Version 10.1 User's Manual.

**HELLWEGER, F.L. (1997):** AGREE - DEM Surface Reconditioning System, <http://www.ce.utexas.edu/prof/maidment/gishydro/ferdi/research/agree/agree.html> as of July 1999.

**Hübl J. (2009):** Grundlagenerhebung für die Gefahrenzonenplanerstellung am Kleinkirchheimerbach im Bezirk Spittal an der Drau, IAN Report 136, Institut für Alpine Naturgefahren, Universität für Bodenkultur – Wien

**Hydrologic Modeling System HEC –HMS, (2013):** Version 4.0, User's Manual.

**LORENZ, P. SKODA G. (2001):** Bemessungsniederschläge auf der Fläche für kurze Dauerstufen ( $D \leq 12$  Stunden) mit inadäquaten Daten, Wiener Mitteilungen, Band 164, S. 179-200



**MANDELBURG, G.**, HÖFLE, B., BRIESE, C., RESSL, C., OTEPKA, J., HOLLAU, M., PFEIFER, N. (2009): Topographische Daten aus Laserscanning als Grundlage für Hydrologie und Wasserwirtschaft. TU Wien, Springer Verlag.

**MARKART G.**, Kohl B., Sotier B., Schauer T., Bunza G., Stern R. (2004): Provisorische Geländeanleitung zur Abschätzung des Oberflächenabflussbeiwertes auf alpinen Boden-/ Vegetationseinheiten bei konvektiven Starkregen (Version 1.0). BFW-Dokumentation. Wien.

**NUJIC, M. SCHWALLER, G.** (2000): Wasserwirtschaftliche Rahmenuntersuchung Salzach, 2d-Abfluss-Simulation. München: Ständige Gewässerkommission nach dem Regensburger Vertrag.

**NUJIC, M.** (2003): HYDRO\_AS-2D, Ein zweidimensionales Strömungsmodell für die wasserwirtschaftliche Praxis, Handbuch. Rosenheim: pdf Dokument Hydrotec.

**USDA NRCS** (Natural Resources Conservation Service). National Engineering Handbook. Part 630, Hydrology. Washington, DC: USDA NRCS. <http://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detailfull/national/water/manage/hydrology/?cid=stelprdb1043063>



## 10 Abbildungsverzeichnis

ABBILDUNG 1:	STADTGEBIET LINZ-URFAHR NÖRDLICH DER DONAU UND .....	5
ABBILDUNG 2:	EINZUGSGEBIETE UND MÜNDUNGSKNOTEN DER ELMBERGGRÄBEN .....	7
ABBILDUNG 3:	DIE WICHTIGSTEN NUTZUNGSARTEN DER DIGITALEN KATASTRALMAPPE ..	11
ABBILDUNG 4:	GEODATEN IN ROHFORM: GRAU HINTERLEGT DER BEREICH DES 0,5 M GELÄNDEMOMODELLS, ROT UMRANDET DIE EINZELNEN EINZUGSGEBIETE .....	14
ABBILDUNG 5:	AUSZUG AUS DER DIGITALEN BODENKARTE (EBOD) .....	15
ABBILDUNG 6:	KORREKTUR DES VERLAUFES DES KATZBACHS AN DER A7 MITTELS BURNING-IN .....	16
ABBILDUNG 7:	ABGELEITETE TIEFENLINIEN, ZU ERKENNEN SIND SCHWACHSTELLEN ENTLANG DER DONAU UND IM DICHT BEBAUTEN STADTTEIL LINZ-URFAHR. ....	17
ABBILDUNG 8:	NEU ABGEGRENZTE HAUPT-EZG UND IHRE BEZUGSKNOTEN (ROT) SOWIE FLÄCHIG BUNT DARGESTELLT DIE ACHT ABGEGRENZTEN ELMBERGGRÄBEN. BLAUE SYMBOLE ZEIGEN DIE NÄCHSTGELEGENEN eHYD-GITTERPUNKTE.....	18
ABBILDUNG 9:	MÜNDUNG EZG BAHNGRABEN .....	20
ABBILDUNG 10:	MÜNDUNG PFLASTERBACH NORD .....	20
ABBILDUNG 11:	MÜNDUNG PFLASTERBACH SÜD .....	20
ABBILDUNG 12:	MÜNDUNG ELMBERGRABEN NUM. 6 .....	20
ABBILDUNG 13:	RÄUMLICHE NIEDERSCHLAGS-VERTEILUNG AM BAHNGRABEN – PFLASTERBACH – ZWISCHEN EZG .....	21
ABBILDUNG 14:	RÄUMLICHE NIEDERSCHLAGS-VERTEILUNG HASELGRABEN – HÖLLMÜHLBACH –DIESENLEITENBACH .....	22
ABBILDUNG 15:	RÄUMLICHE NIEDERSCHLAGS-VERTEILUNG KATZBACH & ELMBERGGRÄBEN .....	23
ABBILDUNG 16:	BLOCKFÖRMIGER VERLAUF DER NIEDERSCHLAGSINTENSITÄTEN (QUELLE: IAN REPORT 136).....	24
ABBILDUNG 17:	DVWK EMPFEHLUNG (MITTENBETONT) DES VERLAUFES DER NIEDERSCHLAGSINTENSITÄTEN (QUELLE: IAN REPORT 136).....	25



ABBILDUNG 18:	eHYD THIESSEN POLYGONE ZEIGEN DEN THEORETISCHEN EINFLUSS VON JEDEM eHYD GITTERPUNKT AUF DIE EINZUGSGEBIETE.....	26
ABBILDUNG 19:	ABFLUSSKLASSEN EZG HÖLLMÜHLBACH NACH MARKART ET AL. (2004) .....	31
ABBILDUNG 20:	RAUIGKEITSKLASSEN EZG HÖLLMÜHLBACH NACH MARKART ET AL. (2004) .....	32
ABBILDUNG 21:	BERECHNUNG DER FLIEßLÄNGE FLUSSAUF UND DER MITTLEREN HANGLÄNGE EINES TEZG .....	33
ABBILDUNG 22:	DURCHLÄSSIGKEIT IN LINZ – URFAHR.....	37
ABBILDUNG 23:	LANDNUTZUNG AM HÖLLMÜHLBACH GEMÄß DKM.....	39
ABBILDUNG 24:	CN WERTE AUS DEN LANDNUTZUNGEN .....	40
ABBILDUNG 25:	PEGEL ASBERG.....	44
ABBILDUNG 26:	PEGEL ASBERG.....	44
ABBILDUNG 27:	VERGLEICH ABFLUSSSPENDEN HEC-HMS, ZEMOKOST UND WUNDT. ....	47
ABBILDUNG 28:	VERGLEICH ABFLUSS DVWK VERTEILUNG (HQ100) MIT WUNDT.....	48
ABBILDUNG 29:	GANGLINIE BEMESSUNGSEREIGNIS KNOTEN HASSELGRABEN SÜD .....	49
ABBILDUNG 30:	GANGLINIE BEMESSUNGSEREIGNIS HASSELGRABEN ZUBRINGER TEZG03 .....	50
ABBILDUNG 31:	GANGLINIE BEMESSUNGSEREIGNIS KNOTEN HÖLLMÜHLBACH .....	51
ABBILDUNG 32:	GANGLINIE BEMESSUNGSEREIGNIS KNOTEN SCHIEßSTÄTTENBACH .....	52
ABBILDUNG 33:	GANGLINIE BEMESSUNGSEREIGNIS KNOTEN DIESENLEITENBACH .....	53
ABBILDUNG 34:	GANGLINIE BEMESSUNGSEREIGNIS KNOTEN KATZBACH – A7.....	54
ABBILDUNG 35:	GANGLINIE BEMESSUNGSEREIGNIS KNOTEN ESTERNBACH OBERLAUF.	55
ABBILDUNG 36:	ÜBERSICHT DER VERMESSENEN QUERPROFILE (GELBE SYMBOLE) .....	57
ABBILDUNG 37:	VERMESSUNGSARBEITEN AM DIESENLEITENBACH VOR DER QUERUNG MIT DER LEONFELDNERSTRAÙE .....	59



ABBILDUNG 38:	SCHEMA DER ARBEITSSCHRITTE FÜR DIE SIMULATION QUELLE: TSCHARNER 2013 .....	61
ABBILDUNG 39:	ÜBERSICHT SIMULATIONSGBIET .....	64
ABBILDUNG 40:	SIMULATIONSGBIET KATZBACH, ESTERNBACH.....	65
ABBILDUNG 41:	KATZBACH SIMULATIONSNETZ .....	65
ABBILDUNG 42:	SIMULATIONSNETZ DIESENLEITENBACH, HÖLLMÜHLBACH, HASELGRABEN .....	66
ABBILDUNG 43:	SIMULATIONSNETZ C MIT ENTFERNTEN GEBÄUDEN .....	66
ABBILDUNG 44:	SIMULATIONSGBIET BAHNGRABEN, PFLASTERBACH, NAMENLOSES EZG .....	67
ABBILDUNG 45:	SIMULATIONSNETZ D .....	67
ABBILDUNG 46:	SIMULATIONSGEBIET ELMBERGRÄBEN .....	68
ABBILDUNG 47:	SIMULATIONSNETZ B .....	68
ABBILDUNG 48:	BEISPIEL BRUCHKANTEN.....	70
ABBILDUNG 49:	BAUWERK KATZBACH .....	71
ABBILDUNG 50:	SCREENSHOTS DER FLUSSSCHLAUCHNETZ ERSTELLUNG .....	72
ABBILDUNG 51:	MATERIALIEN NETZ C .....	75
ABBILDUNG 52:	DARSTELLUNG DER ERGEBNISSE IM GEOINFORMATIONSSYSTEM QGIS ... .....	79
ABBILDUNG 53:	BEISPIEL DER AUSBREITUNG DES WASSERSPIEGELS NETZ C.....	80
ABBILDUNG 54:	AUSSCHNITT DER FLIEßGESCHWINDIGKEITEN ZU ZEITSCHRITT 1:50 H IM NAHBEREICH DER GEBIETSBAULEITUNG – SIMULATIONSNETZ PFLASTERBACH BAHNGRABEN .....	81
ABBILDUNG 55:	MAXIMALE FLIEßTIEFEN KATZBACH SZENARIO BEMESSUNGSFALL 2.....	82
ABBILDUNG 56:	MAXIMALE FLIEßGESCHWINDIGKEITEN SZENARIO 1 BEMESSUNGSFALL 2 ...	83
ABBILDUNG 57:	BERECHNETE ENERGIEHÖHEN KATZBACH .....	84
ABBILDUNG 58:	VERGLEICH DER MAXIMALEN FLIEßTIEFENAUSBREITUNG KATZBACH.....	85



ABBILDUNG 61: SIMULATIONSNETZ KATZBACH VERGLEICH MAXIMALE FLIEßTIEFEN UND GEFAHRENZONEN .....	87
ABBILDUNG 62: SIMULATION 3 DER ELMBERGGRÄBEN OHNE KORRIDORE DURCH DIE GEBÄUDE DES SCIENCE PARKS .....	88
ABBILDUNG 63: SIMULATION 4 DER ELMBERGGRÄBEN MIT KORRIDOREN DURCH DIE BAUTEILE 1 UND 2 .....	88
ABBILDUNG 64: DARSTELLUNG DER MAXIMALE FLIEßTIEFEN DER SIMULATION ELMBERGGRÄBEN 5.....	89
ABBILDUNG 65: MAXIMALE FLIEßTIEFEN SZENARIO 2 BEMESSUNGSFALL 2.....	90
ABBILDUNG 66: MAXIMALE FLIEßGESCHWINDIGKEITEN SZENARIO 2 BEMESSUNGSFALL 2 .. .....	91
ABBILDUNG 67: BERECHNETE ENERGIEHÖHEN DIESENLEITENBACH, HÖLLMÜHLBACH, HASSELGRABEN .....	92
ABBILDUNG 68: VERGLEICH DER MAXIMALEN ENERGIEHÖHEN NETZ C SZENARIO 2.....	93
ABBILDUNG 69: ERGEBNISSE SIMULATIONSNETZ C UND VERGLEICH MIT GEFAHRENZONEN	94
ABBILDUNG 70: VERGLEICH DES SZENARIOS MIT ERHÖHTEN GLEISANLAGEN UND RAUIGKEITEN (LINKS) UND DEN SIMULATIONSERGEBNISSEN MIT DEN STANDARD RAUIGKEITEN UND DEM DIGITALEN GELÄNDEMOMODELL OHNE BEARBEITUNG (RECHTS) .. .....	95
ABBILDUNG 71: MAXIMALE FLIEßTIEFEN NETZ D BEMESSUNGSFALL 2 .....	96
ABBILDUNG 72: BEREICH PFLASTERGRABEN UND BAHNGRABEN .....	97
ABBILDUNG 73: SIMULATIONSERGEBNISSE DER FLIEßTIEFEN ELMBERGGRÄBEN / SCIENCE PARK.....	98
ABBILDUNG 74: SCIENCE PARK BAUTEIL 1 .....	98
ABBILDUNG 75: FLÄCHE NÖRDLICH DES BAUTEIL 1 JKU SCIENCE PARK QUELLE: WWW.JKU.AT.....	99
ABBILDUNG 76: ZUFAHRT JKU SCIENCE PARK FOTO UND AIRBORNE LASERSCAN 0,5 M .. .....	99
ABBILDUNG 77: KONTROLLBEISPIEL DKM GEBÄUDEPOLYGON UND SIMULATION 1 .....	100



---

ABBILDUNG 78: ANGEPASSTE GEBÄUDEFORM IM NETZ UND SIMULATION 2.....	100
ABBILDUNG 79: SCHEMA ARBEITSABLAUF ARCGIS GEBÄUDEPOLYGONE .....	101
ABBILDUNG 80: GEBÄUDEPOLYGONE ENERGIEHÖHEN .....	102
ABBILDUNG 81: AUSWERTUNG MIT GEBÄUDEPOLYGONE TOOL .....	104
ABBILDUNG 82: ABGRENZUNG VON HOCHWASSER- UND MUREREIGNISSEN QUELLE:BMLFUW .....	105
ABBILDUNG 83: SCHEMA BEMESSUNGSEREIGNIS .....	106
ABBILDUNG 84: BEMESSUNGSEREIGNIS QUELLE:BMLFUW,2010 .....	107



## 11 Tabellenverzeichnis

TABELLE 1:	MITTLERE GEFÄLLE DER ACHT ELMBERGGRÄBEN .....	7
TABELLE 2:	eHYD BEMESSUNGSNIEDERSCHLAG GITTERPUNKT 2525 .....	27
TABELLE 3:	BEMESSUNGSNIEDERSCHLAG AM DIESENLEITENBACH GEWICHTET UND GEMITTELT MITTELS THIESSEN POLYGONEN .....	27
TABELLE 4:	BEMESSUNGSNIEDERSCHLAG AM HÖLLMÜHLBACH GEWICHTET UND GEMITTELT MITTELS THIESSEN POLYGONEN .....	28
TABELLE 5:	BEMESSUNGSNIEDERSCHLAG AM HASELGRABEN GEWICHTET UND GEMITTELT MITTELS THIESSEN POLYGONEN .....	28
TABELLE 6:	BEMESSUNGSNIEDERSCHLAG AM KATZBACH GEWICHTET UND GEMITTELT MITTELS THIESSEN POLYGONEN .....	29
TABELLE 7:	BODENTYPEN (DVWK,1984) .....	34
TABELLE 8:	BODENFEUCHTEKLASSEN .....	35
TABELLE 9:	BODENNUTZUNG (DVWK).....	35
TABELLE 10:	eBOD DURCHLÄSSIGKEITEN UND BODENTYPEN.....	36
TABELLE 11:	NUTZUNGSARTEN LAUT DKM UND IHRE ZUSAMMENGEFASSTE CN WERTE .. .....	38
TABELLE 12:	ERGEBNISSE DER KATZBACH SIMULATION .....	45
TABELLE 13:	ERGEBNISSE DER HASELGRABEN SIMULATION .....	45
TABELLE 14:	ERGEBNISSE DER HÖLLMÜHLBACH SIMULATION .....	46
TABELLE 15:	ERGEBNISSE DER DIESENLEITENBACH SIMULATION .....	46
TABELLE 16:	ABFLUSSPENDEN.....	47
TABELLE 17:	BEMESSUNGSEREIGNIS KNOTEN HASELGRABEN SÜD .....	49
TABELLE 18:	BEMESSUNGSEREIGNIS HASELGRABEN ZUBRINGER TEZG03 .....	50
TABELLE 19:	BEMESSUNGSEREIGNIS KNOTEN HÖLLMÜHLBACH .....	51
TABELLE 20:	BEMESSUNGSEREIGNIS KNOTEN SCHIEßSTÄTTENBACH .....	52
TABELLE 21:	BEMESSUNGSEREIGNIS KNOTEN DIESENLEITENBACH .....	53
TABELLE 22:	BEMESSUNGSEREIGNIS KNOTEN KATZBACH - A7 .....	54



TABELLE 23:	BEMESSUNGSEREIGNIS KNOTEN ESTERNBACH OBERLAUF.....	55
TABELLE 24:	BEMESSUNGSEREIGNIS HQ100 KLEINERER EZG.....	55
TABELLE 25:	BRÜCKEN.....	73
TABELLE 26:	SZENARIEN FÜR DIE 2D-SIMULATION.....	74
TABELLE 27:	MATERIALTYPEN UND RAUGKEITSBEIWERTE .....	76
TABELLE 28:	DURCHGEFÜHRTE SIMULATIONEN IM ÜBERBLICK.....	78