

- Bauingenieurwesen
- Umwelttechnik

INGENIEURBÜRO  
DIPL.-ING. UNIV. STEFAN KUMMER

## Erläuterungsbericht zur hydrologischen und hydrodynamischen Analyse

### Errichtung einer PV-Freiflächenanlage im Einzugsgebiet des Krebsbach (in 94264 Langdorf, OT Brandten)

**25.11.2024**

**Auftraggeber:** Brandten Energie GbR  
Herr Andreas Koller  
Brandten 5  
94264 Langdorf

**Auftragnehmer:** Ingenieurbüro  
Dipl.-Ing. Univ. Stefan Kummer  
Rathausstraße 11  
93474 Arrach

## Inhaltsverzeichnis

0 Projektdaten.....	3
1 Veranlassung.....	3
2 Bestehende Verhältnisse.....	3
3 Hydrologie und Niederschlag-Abfluss-Modell.....	6
3.1 Niederschlagshöhen.....	6
3.2 Hochwasserscheitelabfluss Krebsbach.....	7
4 Hydraulisches 2D-Berechnungsmodell.....	15
4.1 2D-Strömungsmodell.....	15
4.2 Datengrundlage.....	15
5 Berechnungsergebnisse.....	16
5.1 Istzustand.....	16
5.2 Szenario „Verklausung“.....	19
6 Zusammenfassung.....	21
7 Verwendete Unterlagen und Software.....	21
Anlagenverzeichnis.....	23
A.1 Hydrologische Analyse.....	23
A.1.1 Abflussganglinien HQ100.....	23
A 1.2 Gebiets_und_Ereignisparameter_T100_D180.....	23
A 1.3 Einzugsgebiet mit Hauptvorfluter [* .dxf].....	23
A.2 Hydrodynamische Analyse.....	23
A.2.1 Lageplan "Wassertiefen Istzustand".....	23
A 2.2 Lageplan "Wasserspiegel Istzustand".....	23
A 2.3 Lageplan " Strömungsgeschwindigkeiten Istzustand".....	23
A 2.4 Lageplan "Rauheitsbeiwerte Istzustand".....	23
A 2.5 Lageplan "Geländehöhen Istzustand".....	23
A 2.6 Lageplan "Rauheitsbeiwerte Szenario Verklausung".....	23
A 2.7 Lageplan " Wassertiefen Szenario Verklausung".....	23
A 2.8 Lageplan " Wasserspiegeldifferenz Szenario Verklausung".....	23

## 0 Projektdaten

Gewässer : Krebsbach  
Standort : 94264 Langdorf (OT Brandten), (32U 803545, 5438848)  
Auftraggeber : Brandten Energie GbR, Brandten 5 94264 Langdorf

## 1 Veranlassung

Die Brandten Energie GbR beabsichtigt, im Ortsteil Brandten der Gemeinde Langdorf im Einzugsgebiet des Krebsbach eine Photovoltaik-Freiflächenanlage zu errichten.

Der Verfasser wurde beauftragt, mittels einer hydrodynamischen Analyse die hydraulischen Verhältnisse am Krebsbach im Bereich der geplanten Anlage für ein hundertjähriges Hochwasserereignis (HQ100) zu ermitteln und darzustellen.

Insbesondere ist zu prüfen, ob durch die geplante PV-Anlage der Hochwasserabfluss am Krebsbach beeinflusst wird.

## 2 Bestehende Verhältnisse

Das Untersuchungsgebiet liegt im Bereich der Gemeinde Langdorf, südöstlich vom Ortskern Brandten und erstreckt sich am östlichen Krebsbach von Bachkilometer 0 (Mündung Rothbach) bis circa km 1,0.

Für den Krebsbach als Gewässer dritter Ordnung liegen keine Informationen über das Überschwemmungsgebiet vor.

Die nachfolgende Abbildung gibt das Ausmaß des Berechnungsgebietes und der Geländehöhen wieder.

Die Lage der geplanten Photovoltaik-Freiflächenanlage ist aus Abbildung 2 ersichtlich. Die Module werden auf einer Tragkonstruktion mit einer Bodenfreiheit von 80 cm montiert.

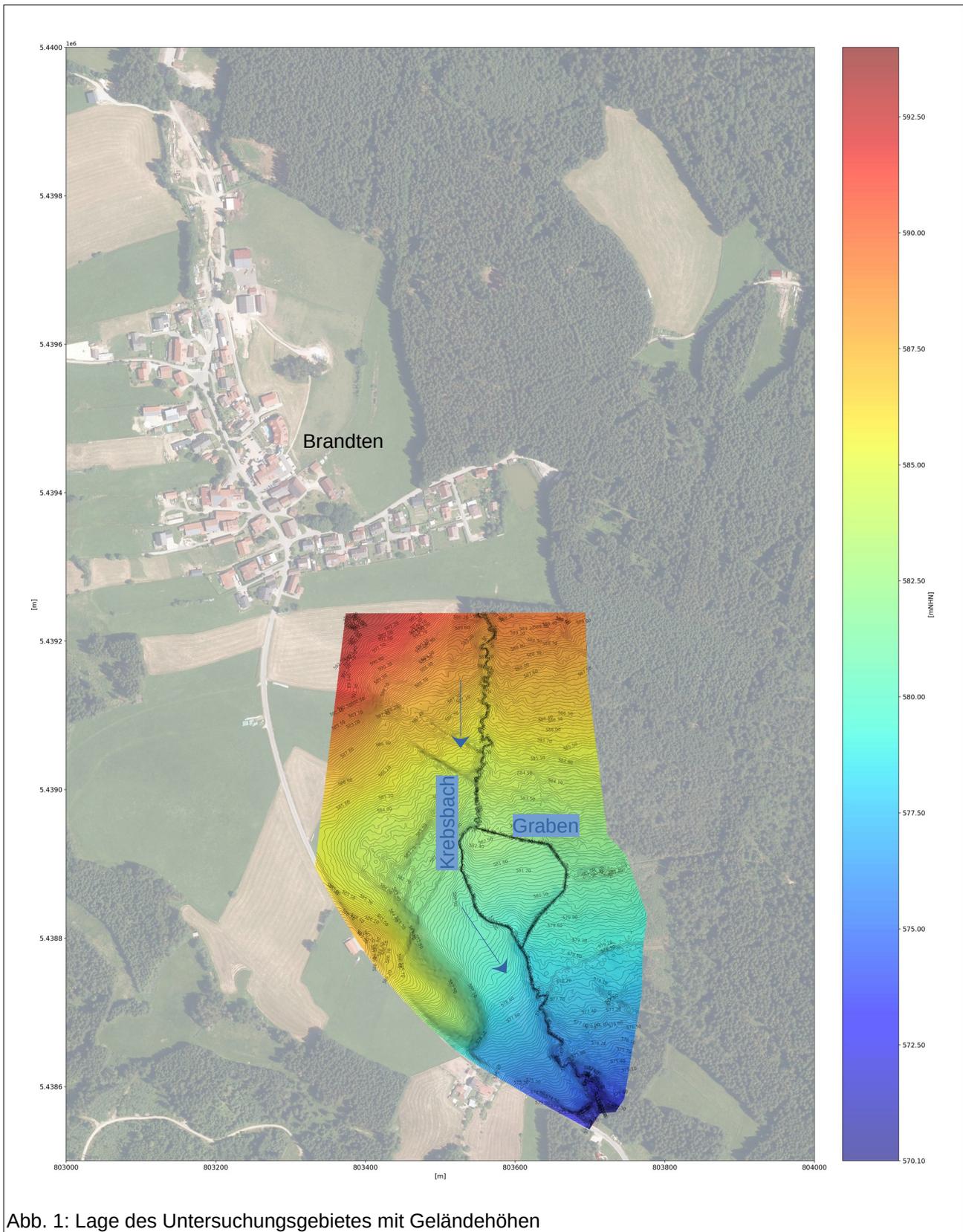


Abb. 1: Lage des Untersuchungsgebietes mit Geländehöhen

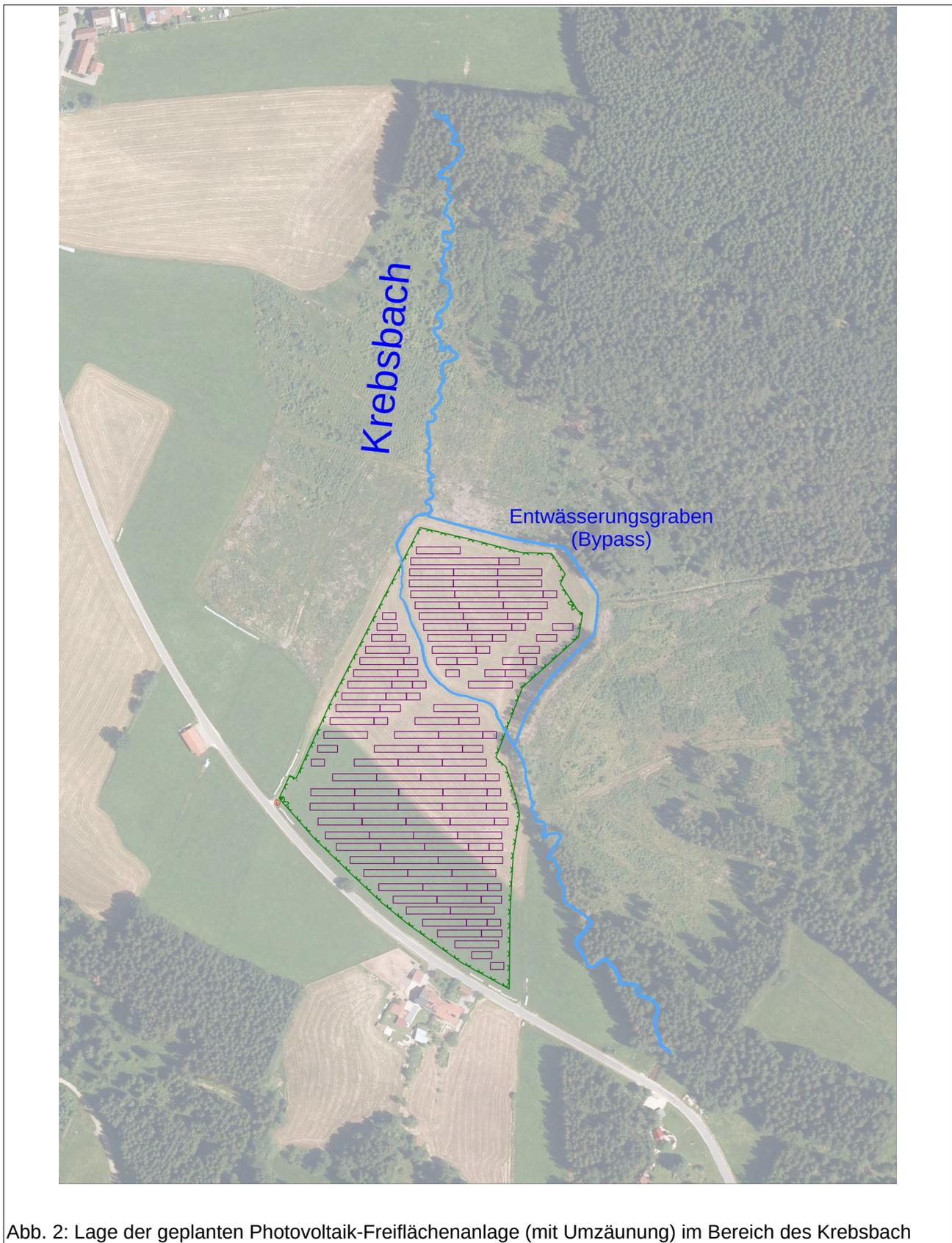


Abb. 2: Lage der geplanten Photovoltaik-Freiflächenanlage (mit Umzäunung) im Bereich des Krebsbach

### 3 Hydrologie und Niederschlag-Abfluss-Modell

Die hydrologische Analyse lässt sich in zwei Schritte unterteilen:

- Generierung von Modellregen unterschiedlicher Wiederkehrzeit und Dauer auf Basis von Daten des Deutschen Wetterdienstes (KOSTRA-DWD 2020)
- Ermittlung der maßgebenden Hochwasserabflüsse für den Krebsbach mit Hilfe eines Niederschlag-Abfluss-Modells

Für die Untersuchung wurde folgende Software herangezogen:

- Niederschlag-Abfluss-Modell : [S1]
- Geographisches-Informationssystem (GIS) : [S3]
- CAD-Software : [S4]
- Pre- und Postprocessing/Ergebnisdarstellung : [S5]

#### 3.1 Niederschlagshöhen

Die Niederschlagshöhen  $h_N$  in [mm] werden dem KOSTRA-Atlas des DWD entnommen [1].

Die nachfolgende Tabelle gibt die Niederschlagssummen bis zu einer Wiederkehrzeit von  $T=100$  Jahre für den Bereich des Einzugsgebietes des Krebsbach wieder.

Standort: Rechtswert=13.15302 | Hochwert=49.03372

Rasterindex: 183190

Wiederkehrzeit [a]	T=1	T=2	T=3	T=5	T=10	T=20	T=30	T=50	T=100
Regendauer [min]	hN [mm]								
5	7.1	8.7	9.7	11.0	12.8	14.7	16.0	17.6	20.0
10	9.5	11.6	12.9	14.6	17.1	19.6	21.3	23.5	26.6
15	11.1	13.5	15.0	17.0	19.9	22.8	24.8	27.3	30.9
20	12.2	14.9	16.6	18.8	22.0	25.3	27.4	30.2	34.2
30	14.0	17.1	19.0	21.6	25.2	29.0	31.4	34.6	39.2
45	16.0	19.5	21.7	24.6	28.8	33.0	35.8	39.5	44.8
60	17.5	21.4	23.8	27.0	31.5	36.2	39.3	43.3	49.1
90	19.9	24.3	27.1	30.6	35.8	41.1	44.6	49.2	55.7
120	21.8	26.6	29.6	33.5	39.1	45.0	48.8	53.8	60.9
180	24.7	30.1	33.5	37.9	44.3	50.9	55.2	60.9	69.0
240	26.9	32.9	36.6	41.4	48.4	55.6	60.3	66.5	75.4
360	30.5	37.2	41.4	46.9	54.8	62.9	68.2	75.2	85.2
540	34.5	42.1	46.8	53.0	61.9	71.1	77.2	85.1	96.4
720	37.6	45.9	51.1	57.8	67.6	77.6	84.2	92.8	105.2
1080	42.5	51.9	57.7	65.3	76.4	87.7	95.2	104.9	118.9
1440	46.3	56.6	62.9	71.3	83.3	95.7	103.8	114.4	129.6
2880	57.1	69.7	77.6	87.8	102.6	117.9	127.9	141.0	159.8
4320	64.5	78.8	87.6	99.2	116.0	133.2	144.5	159.3	180.5
5760	70.4	85.9	95.6	108.2	126.5	145.3	157.6	173.7	196.9
7200	75.3	91.9	102.2	115.8	135.3	155.4	168.5	185.8	210.5
8640	79.5	97.1	108.0	122.3	142.9	164.1	178.1	196.3	222.4
10080	83.3	101.7	113.1	128.1	149.7	171.9	186.5	205.6	233.0

Tabelle 1: Niederschlagshöhen Langdorf, OT Brandten (KOSTRA-DWD 2020)

### 3.2 Hochwasserscheitelabfluss Krebsbach

Beim Krebsbach handelt es sich aus hydrologischer Sicht um ein unbeobachtetes ländliches Einzugsgebiet, da keine Abflussbeobachtungen vorliegen.

Für die Ermittlung von Bemessungsabflussganglinien im Einzugsgebiet wird deshalb als Niederschlag-Abfluss-Modell das Regionalisierungsverfahren nach Lutz angewendet.

Modelleingangsgrößen sind dabei die Bemessungsniederschläge sowie gebiets- und ereignisabhängige Modellparameter. Eine detaillierte Beschreibung des Verfahrens kann [5] entnommen werden.

Bei der Modellanwendung werden folgende Annahmen zugrunde gelegt:

- Der Niederschlag ist über das Einzugsgebiet gleichmäßig verteilt.
- Ein Niederschlagsereignis einer bestimmten Jährlichkeit führt zu einem Hochwasserereignis der gleichen Jährlichkeit.

- Der Verlauf der Regenereignisse wird nach [5] als endbetonte Verteilung angesetzt.

Mit Hilfe der GIS-Software [S1] wurden auf Basis eines digitalen Geländemodells (DGM) mit einer Rasterweite von 1 m für das Einzugsgebiet die Gebietsumrandung und die gebietsabhängigen Parameter ermittelt.

Die Bodentyp-Zuordnung wurde anhand der Karte der Bodenarten in Oberböden vorgenommen [WMS-Service: <https://services.bgr.de/wms/boden/boart1000ob/>], entsprechend die Landnutzung im Einzugsgebiet anhand der Bodenbedeckungsklassifikation CORINE Land Cover – 5ha (CLC5 2018) [WMS-Service: [https://sgx.geodatenzentrum.de/wms\\_clc5\\_2018/](https://sgx.geodatenzentrum.de/wms_clc5_2018/)].

Für das Einzugsgebiet des Krebsbach ergeben sich, bezogen auf die Mündung in den Rothbach, folgende auf der GIS-Analyse basierende Gebietsparameter:

```

*****
                          Gebietsparameter
*****

```

- Fläche Einzugsgebiet	:	0.890	[ km2 ]
- Fläche Bebauung	:	0.036	[ km2 ]
- Bebauungsanteil	:	4.03	[ % ]
- Fläche Wald	:	0.616	[ km2 ]
- Waldanteil	:	69.15	[ % ]
- Länge Vorfluter gesamt	:	3424	[ m ]
- Länge Vorfluter bis Schwerpunkt EZG	:	1769	[ m ]
- Gewogenes Gefälle	:	2.49	[ % ]
- Gebietsfaktor	:	0.300	[ - ]

Das gewogene Gefälle ist aus der nachfolgenden Abbildung ersichtlich.

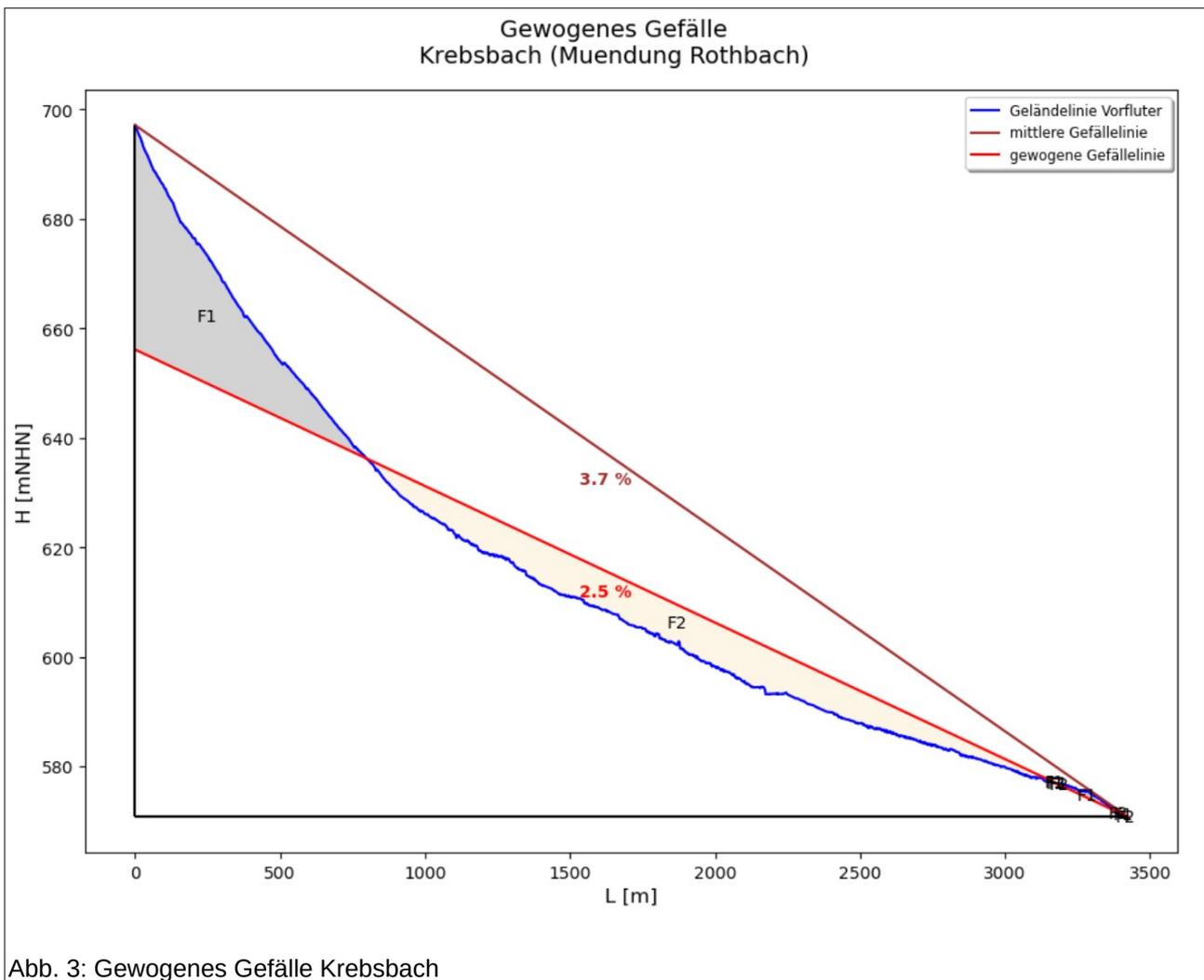


Abbildung 4 gibt das Einzugsgebiet des Krebsbach (östlicher Teil) mit dem bis zur Wasserscheide verlängerten Hauptvorfluter wieder.

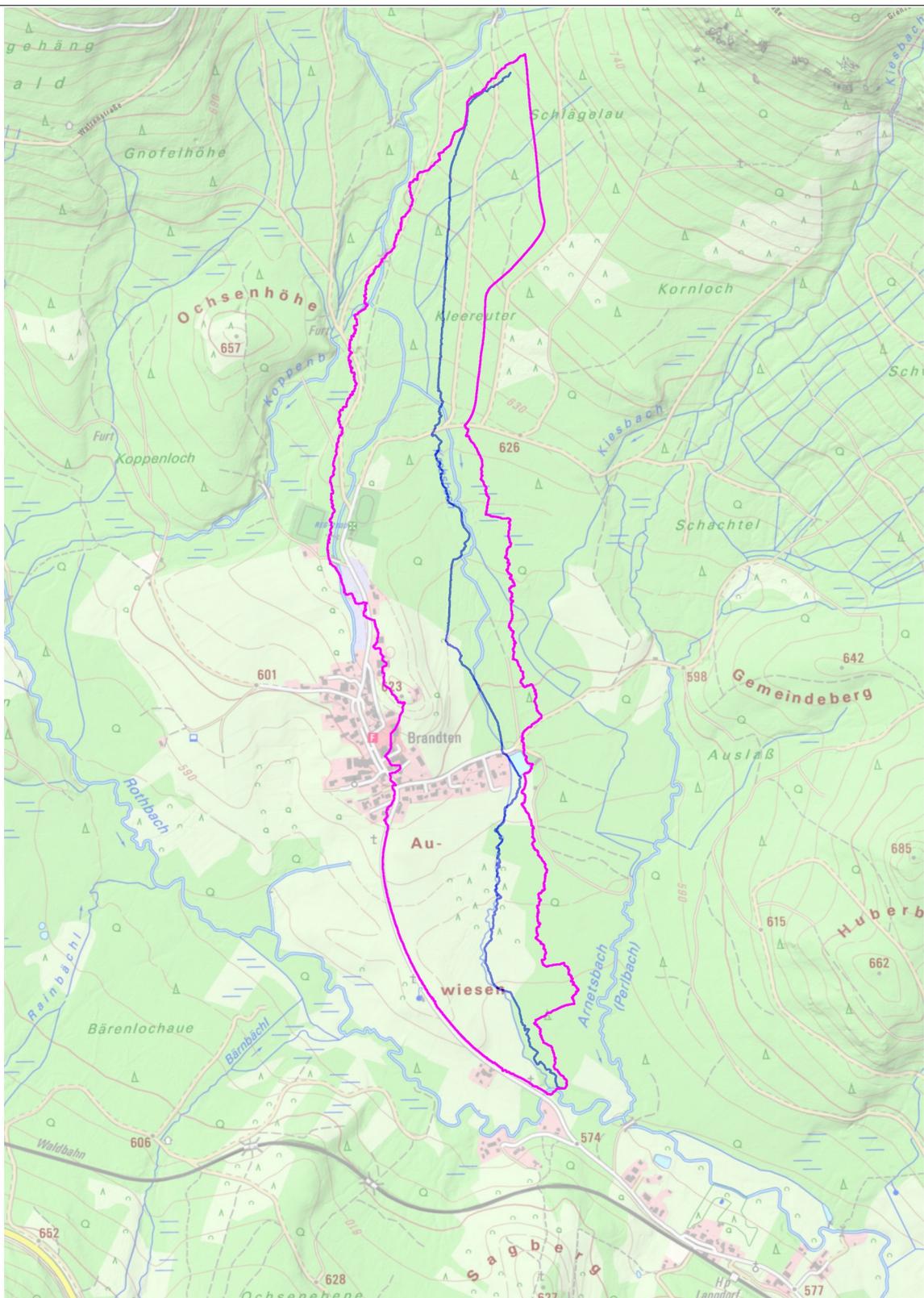


Abb. 4: Einzugsgebiet Krebsbach (magenta) mit Hauptvorfluter bis zur Mündung in den Rothbach

### **Abflusswirksamer Niederschlag**

Die Ermittlung des Niederschlagsanteils, welcher zum Oberflächenabfluss führt, wird für unversiegelte (durchlässige) und versiegelte (undurchlässige) Teilflächen unter Berücksichtigung der Landnutzung und des Bodentyps getrennt durchgeführt und zum Gesamteffektivniederschlag addiert.

Die Ermittlung der einzelnen Flächenanteile sowie die flächengewogene Berechnung des Endabflussbeiwerts und des Anfangsverlustes in Abhängigkeit vom Bodentyp und der Landnutzung erfolgt dabei auf Basis der Rasterzellengröße (DGM 1; Gitterweite 1 m).

Der effektive Niederschlag wird wie folgt berechnet [12]:

$$R = N - N_{\text{eff}} = N - (N_{\text{eff,u}} + N_{\text{eff,s}})$$

$$N_{\text{eff,u}} = \left[ (N - A_V) \cdot c - \frac{c}{a} \cdot (1 - e^{-a(N - A_V)}) \right] \cdot \frac{A_E - A_{E,s}}{A_E}$$

$$N_{\text{eff,s}} = (N - A'_V) \cdot \psi_s \cdot \frac{A_{E,s}}{A_E}$$

$$a = C_1 \cdot e^{-C_2/WZ} \cdot e^{-C_3/q_B} \cdot e^{-C_4 \cdot T_D}$$

R	:	Gebietsrückhalt [mm]
N	:	Gebietsniederschlag [mm]
N <sub>eff</sub>	:	abflusswirksamer Niederschlag [mm]
N <sub>eff,u</sub>	:	N <sub>eff</sub> der unversiegelten Teilflächen [mm]
N <sub>eff,s</sub>	:	N <sub>eff</sub> der versiegelten Teilflächen [mm]
A <sub>V</sub>	:	Anfangsverlust für die unversiegelten Teilflächen [mm]
A' <sub>V</sub>	:	Anfangsverlust für die versiegelten Teilflächen [mm]
c	:	maximaler Abflussbeiwert (Endabflussbeiwert) [-]
A <sub>E</sub>	:	Einzugsgebietsfläche [km <sup>2</sup> ]
A <sub>E,s</sub>	:	versiegelte Einzugsgebietsfläche [km <sup>2</sup> ]
ψ <sub>s</sub>	:	Abflussbeiwert versiegelte Flächen [-] (1,0)
a	:	Ereignisfaktor [1/mm]
WZ	:	Wochenzahl [-]
q <sub>B</sub>	:	Basisabfluss [l/(s*km <sup>2</sup> )]
T <sub>D</sub>	:	Niederschlagsdauer [h]
C <sub>1</sub> bis C <sub>4</sub>	:	gebietsabhängige Parameter [-]

Als Basisabfluss wird ein vor Ort geschätzter Abfluss (MQ) von ca. 27 l/s angenommen. Dies entspricht einer Abflussspende von ca. 30 l/(s\*km<sup>2</sup>) [= 27 l/s : 0.890 km<sup>2</sup>].

Die gebietsabhängigen Ereignisparameter wurden wie folgt gewählt:

```

*****
Ereignisparameter (gebietsabhängig)
*****
- C1 : 0.05 [-]
- C2 : 2.73 [-]
- C3 : 2.00 [-]
- C4 : 0.00 [-]
    
```

Als Vorgabe für C<sub>1</sub> wird nach Lutz [5] der Wert 0,02 empfohlen. Nach [3] sollte in Bayern im Mittel von C<sub>1</sub> = 0,05 ausgegangen werden.

C<sub>2</sub> wird flächengewogen in Abhängigkeit von der Landnutzung berechnet.

C<sub>3</sub> und C<sub>4</sub> sind Vorgabewerte nach Lutz.

Wiederkehrzeit: 100 Jahre											
D	A'v	Av	c	a	WZ	qB	N	Neff,s	Neff,u	Neff	φgesamt
[h]	[mm]	[mm]	[-]	[1/mm]	[-]	[l/(s*km <sup>2</sup> )]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[-]
0,5	1,00	4,72	0,514	0,027	5	30,0	39,20	0,46	6,12	6,58	0,168
1,0	1,00	4,72	0,514	0,027	5	30,0	49,10	0,58	9,41	9,99	0,203
1,5	1,00	4,72	0,514	0,027	5	30,0	55,70	0,66	11,84	12,50	0,224
2,0	1,00	4,72	0,514	0,033	8	30,0	60,90	0,72	15,60	16,32	0,268
3,0	1,00	4,72	0,514	0,033	8	30,0	69,00	0,82	19,15	19,97	0,289
4,0	1,00	4,72	0,514	0,036	11	30,0	75,40	0,90	23,01	23,91	0,317
6,0	1,00	4,72	0,514	0,036	11	30,0	85,20	1,02	27,66	28,68	0,337
9,0	1,00	4,72	0,514	0,039	15	30,0	96,40	1,15	33,86	35,01	0,363
12,0	1,00	4,72	0,514	0,039	15	30,0	105,20	1,26	38,22	39,48	0,375

Tabelle 2: Abflusswirksamer Niederschlag (T=100 Jahre)

### Abflussganglinien

Die Berechnung der Abflussganglinien des Krebsbach an der Mündung in den Rothbach wurde mit dem Softwarepaket des IWG [S1] durchgeführt.

Dabei wird der effektive Niederschlag auf das Einzugsgebiet über ein mathematisches Modell (Einheitsganglinie; diskrete Faltung) in den Direktabfluss transformiert.

Während für die Festlegung der maßgebenden Einheitsganglinien (Anstiegszeit, maximaler Scheitelwert) das Regionalisierungsmodell nach Lutz [5] Anwendung findet, wird für die Form der Einheitsganglinien die lineare Speicherkaskade verwendet.

Wesentlicher Parameter bei der Ermittlung der Abflussganglinien nach dem Regionalisie-

rungsmodell ist der Gebietsfaktor P1, der maßgebend die Anstiegszeit der Einheitsganglinie beeinflusst.

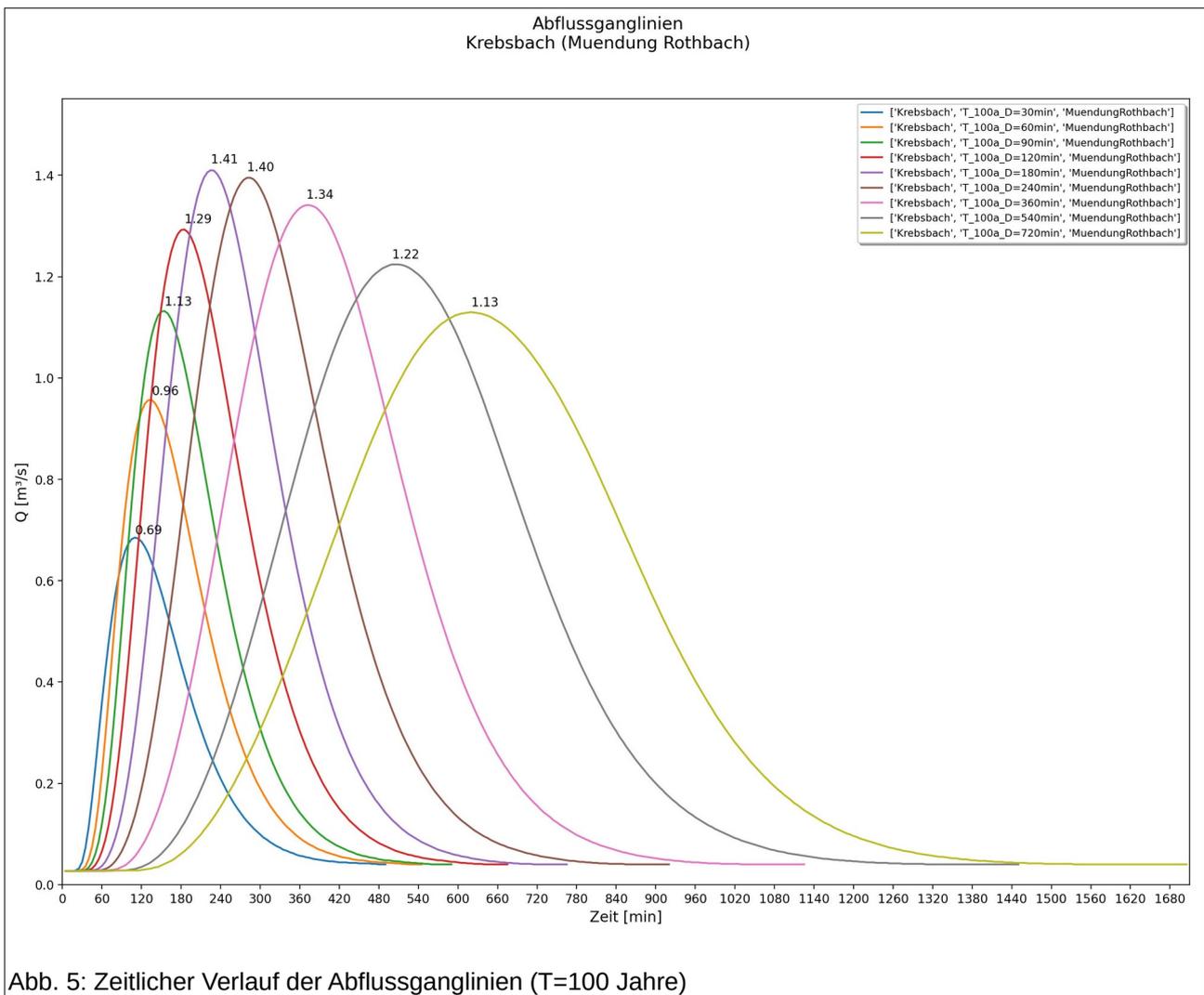
Da der Gebietsfaktor nicht aus benachbarten oder hydrologisch ähnlichen Einzugsgebieten ermittelt werden kann, erfolgt eine Abschätzung anhand des Rauheitsbeiwertes des Hauptvorfluters im Einzugsgebiet (Rauheitsbeiwert nach Strickler: 15 [ $\text{m}^{1/3}/\text{s}$ ]). P1 wird deshalb mit 0,300 festgelegt.

Die nachfolgende Tabelle gibt die Scheitelwerte der Abflussganglinien des Krebsbach für verschiedene Niederschlagsdauern wieder.

Der zeitliche Verlauf der Abflussganglinien ist aus Abbildung 5 ersichtlich (Anlage A 1.1).

<b>D [h]</b>	<b>Q<sub>max</sub> [m<sup>3</sup>/s]</b>
0,5	0,69
1,0	0,96
1,5	1,13
2,0	1,29
3,0	1,41
4,0	1,40
6,0	1,34
9,0	1,22
12,0	1,13

Tabelle 3: Scheitelwerte der Abflussganglinien (T=100 Jahre)



## 4 Hydraulisches 2D-Berechnungsmodell

### 4.1 2D-Strömungsmodell

Die hydrodynamische Abflussanalyse wurde mittels eines Softwareprogramms auf Basis der Finiten-Volumen-Methode, mit der die sogenannten tiefengemittelten Flachwassergleichungen numerisch gelöst werden, durchgeführt [S2].

Als Berechnungsnetz dient dabei ein unstrukturiertes Gitter aus Dreieckselementen.

Auf Basis eines digitalen Geländemodells (DGM) werden anhand vorgegebener Randbedingungen am Zu- und Abflussrand sowie unter der Vorgabe von Rauheitsparametern und einer zeitlich veränderlichen Niederschlagsbelastung für das gesamte Berechnungsgebiet die Wasserspiegelhöhe [m NHN], die Wassertiefe [m] und die Strömungsgeschwindigkeit [m/s] ermittelt.

Die Lage und die Ausdehnung des Berechnungsgebietes für die hydrotechnische Analyse ist aus Abbildung 1 ersichtlich (Bereich mit Geländehöhen).

Das Modellgebiet umfasst eine Fläche von circa 0,224 km<sup>2</sup>.

Die für das Strömungsmodell verwendeten Rauheitsbeiwerte (nach Strickler) sind in der Anlage A 2.4 wiedergegeben.

Da eine Modellkalibrierung anhand von Pegelaufzeichnungen oder vergangener Hochwasserereignisse nicht möglich ist, wurden die Rauheitsbeiwerte auf der Grundlage von Literaturwerten und der Begehung vor Ort gewählt.

### 4.2 Datengrundlage

Als Grundlage für die Erstellung des digitalen Geländemodells (DGM) wurden die vom Landesamt für Digitalisierung, Breitband und Vermessung (LDBV) Bayern angebotenen Laserscandaten verwendet.

Die Daten sind auf Plausibilität geprüft worden und stellen eine hinreichend genaue Grundlage für das hydraulische Modell dar.

Ergänzend wurde für den Sohl- und Uferbereich des Krebsbach eine zusätzliche terrestrische Vermessung (Koordinatenreferenzsystem ETRS89/UTM32 [EPSG: 25832] und DHHN2016 [EPSG: 7837]) (Querprofilaufnahmen) durchgeführt.

Der Zufluss zum Krebsbach wird entsprechend der hydrologischen Untersuchung mit 1,4 m<sup>3</sup>/s stationär angesetzt.

Der Wert liegt für die Ermittlung des Überschwemmungsgebiets auf der sicheren Seite, da der aus der hydrologischen Analyse ermittelte Abflusswert für den Krebsbach am oberen Modellrand bei circa 1,1 m<sup>3</sup>/s liegt (hier nicht dargestellt).

## 5 Berechnungsergebnisse

In der Anlage sind die Berechnungsergebnisse in Form von Lageplänen wiedergegeben. Für jeden Zustand erfolgt dabei die Darstellung der Wassertiefe (Fließtiefe), des Wasserspiegels, der Strömungsgeschwindigkeit, der verwendeten Rauheitsbeiwerte sowie der zugrunde liegenden Geländehöhen.

### 5.1 Istzustand

Abbildung 6 gibt das Überschwemmungsgebiet des Krebsbach (Wassertiefen ab 5 cm) innerhalb des Modellgebietes für einen HQ100-Abfluss von 1,4 m<sup>3</sup>/s wieder (Anhang A 2.1).

Abbildung 7 enthält eine Darstellung im Bereich der geplanten PV-Anlage.

Dargestellt sind jeweils die Wassertiefe ab 5 cm, da geringere Fließtiefen im vorhandenen Gelände (Wiese mit Grasbewuchs  $\geq 5$  cm) nicht strömungsrelevant sind.

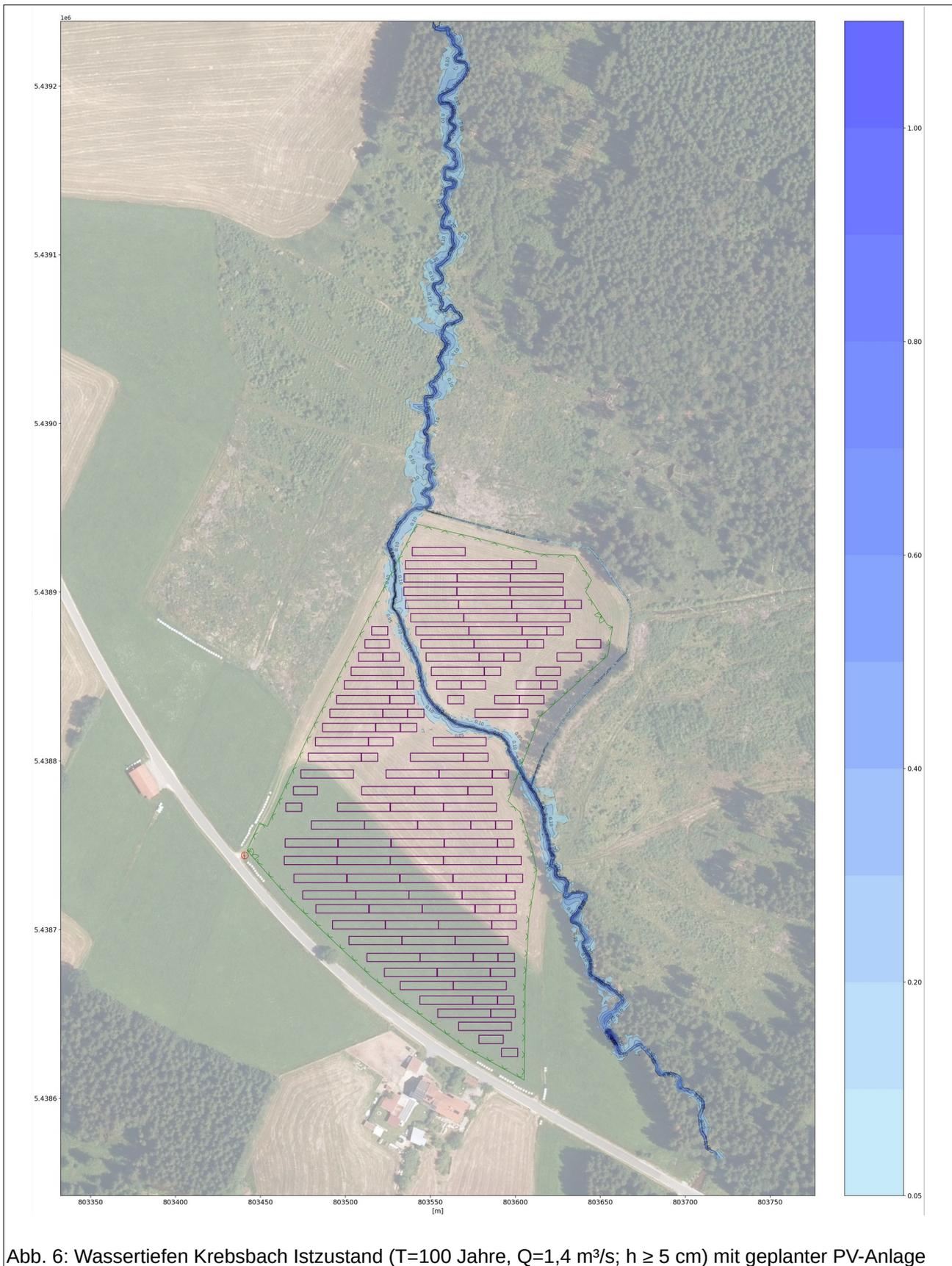


Abb. 6: Wassertiefen Krebsbach Istzustand ( $T=100$  Jahre,  $Q=1,4 \text{ m}^3/\text{s}$ ;  $h \geq 5 \text{ cm}$ ) mit geplanter PV-Anlage

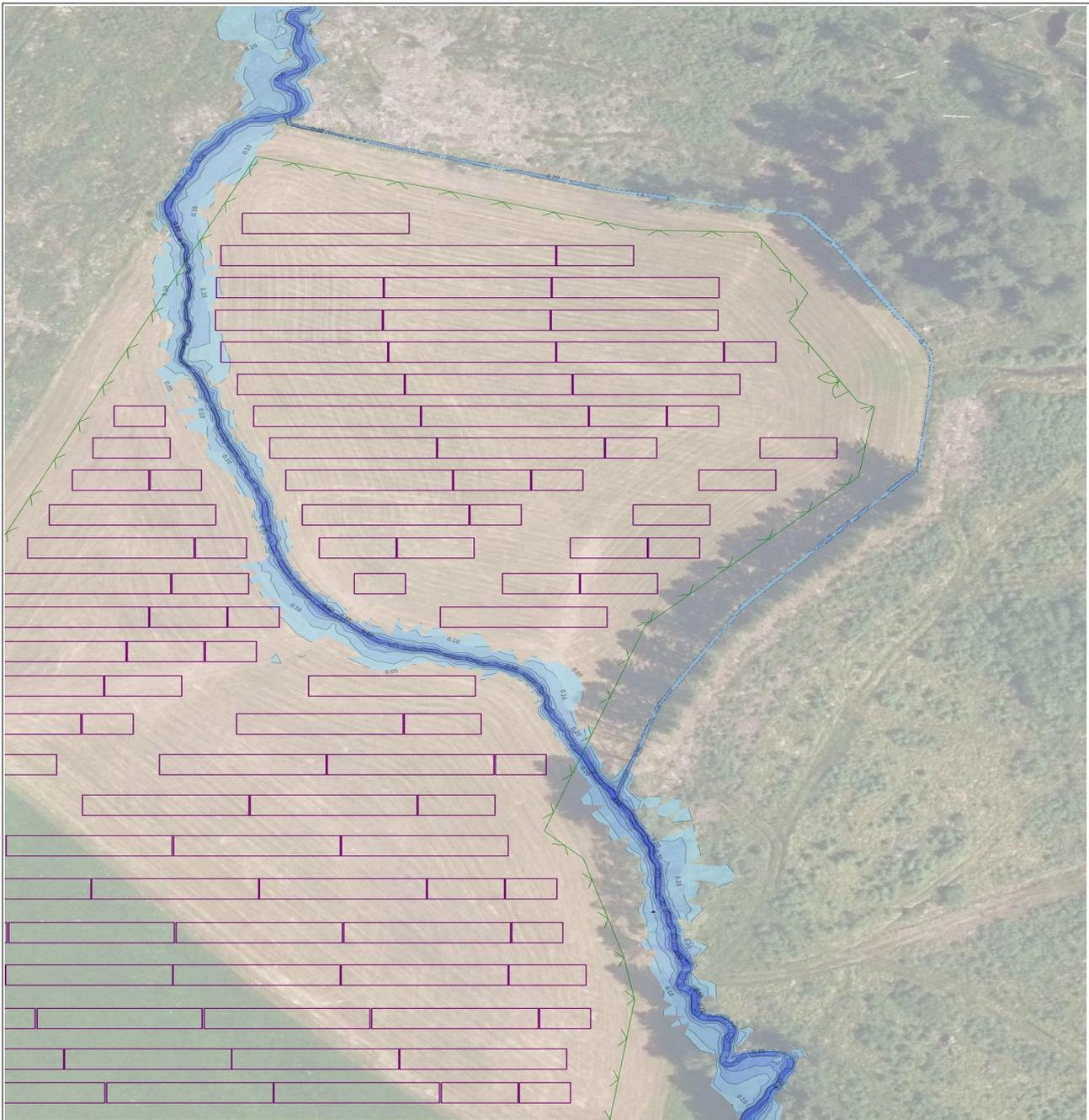


Abb. 7: Wassertiefen Istzustand ( $T=100$  Jahre,  $Q=1,4 \text{ m}^3/\text{s}$ ;  $h \geq 5 \text{ cm}$ ) im Bereich der geplanten PV-Anlage

Der Krebsbach tritt beim Abfluss eines HQ100 erwartungsgemäß über die Ufer.

Dabei stellen sich im Ausuferungsbereich Wassertiefen von etwa 10 bis 30 cm ein.

Im Bereich der Photovoltaik-Freiflächenanlage wird der Hochwasserabfluss nicht beeinträchtigt.

Bei der praktischen Ausführung der Anlage ist darauf zu achten, dass sich die Tragkonstruktion (Aufständering) der Anlage außerhalb der ermittelten HQ100-Überschwemmungsfläche befindet.

Insgesamt sind keine Schäden an der Anlage (lichter Bodenabstand: 80 cm) und keine Abflussbehinderungen zu erwarten.

Durch die Errichtung der Anlage wird der Rückhalteraum des Krebsbach nicht beeinflusst.

## 5.2 Szenario „Verklauserung“

Aus Versicherungsgründen ist um die PV-Freiflächenanlage eine Umzäunung zu errichten.

Im Falle eines Hochwasserabflusses besteht dabei die Gefahr, dass Treib- und Schwemmgut sich am Zaun ansammeln und dadurch zu einer Abflussbehinderung führen (Verklauserung).

Aus diesem Grund wurde zusätzlich der Fall einer starken Verklauserung am oberstrom gelegenen Zaunbereich untersucht.

Hierzu wurde auf einer Breite bis zu 7 m die Rauheit am Krebsbach mit einem Wert von  $0,2 \text{ m}^{(1/3)}/\text{s}$  (Strickler-Beiwert) angesetzt, so dass die Wirkung einer starken Abflussbehinderung simuliert wird (Anlage A 2.6).

Abbildung 8 gibt die Wasserspiegeldifferenz zwischen Verklauserungsszenario und Istzustand (Szenario minus Ist) wieder (Anlage A 2.8). Die zugehörigen Wassertiefen sind aus Anlage 2.7 ersichtlich.

Dabei stellt sich vor dem Zaun ein Rückstau ein, welcher zu einem Wasserspiegelanstieg von 10 bis 30 cm führt.

Der Wasserspiegelanstieg bleibt auf das Flurstück Nummer 101 beschränkt.

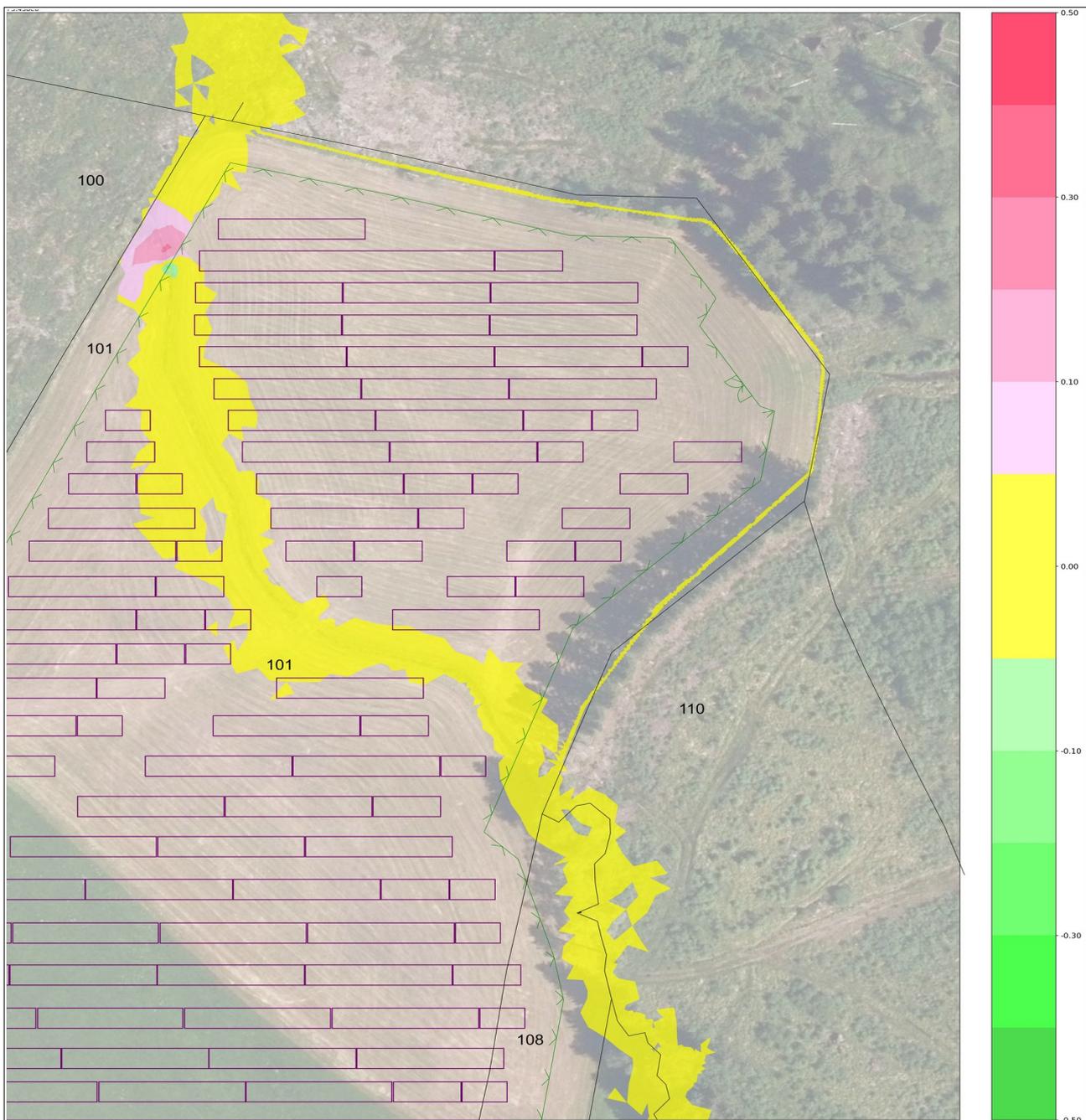


Abb. 8: Wasserspiegeldifferenz Verkläusung minus Istzustand (T=100 Jahre, Q=1,4 m<sup>3</sup>/s)

## 6 Zusammenfassung

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung wurde die Auswirkung des geplanten Neubaus einer Photovoltaik-Freiflächenanlage im Bereich des Überschwemmungsgebietes des Krebsbach auf den Abfluss eines hundertjährigen Hochwasserereignisses analysiert.

- *Durch die Errichtung der Anlage wird der Hochwasserabfluss sowie der Rückhalteraum des Krebsbach nicht nachteilig beeinflusst.*
- *Aufgrund der geplanten Lage und der baulichen Konstruktion der Anlage (Bodenabstand: circa 0,8 m) sind keine Schäden an der Anlage bei einem hundertjährigen Hochwasserereignis zu erwarten.*
- *Die Ermittlung der Wasserspiegeldifferenz zwischen Verkläusungsszenario und Istzustand zeigt, dass keine nachteiligen Auswirkungen sowohl auf Ober- und Unterlieger als auch auf die Anlage zu erwarten sind.*

## 7 Verwendete Unterlagen und Software

### Unterlagen, Normen/Richtlinien und Fachliteratur

- [1] DEUTSCHER WETTERDIENST (DWD) (Hrsg.): KOSTRA-DWD-2020: Starkniederschlagshöhen für Deutschland (1951 – 2020), Offenbach am Main, 2022
- [2] DEUTSCHER VERBAND FÜR WASSERWIRTSCHAFT UND KULTURBAU (DVWK) (Hrsg.): DVWK-Schriften (Heft 124) – Hochwasserabflüsse, 1999
- [3] Hydrologische Planungsgrundlagen, Loseblattsammlung, Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU) – Version 4.0 (09/2019)
- [4] Anwenderhandbuch zum Softwarepaket „Hochwasseranalyse und -berechnung“ Version 7.0, Institut für Wasser und Gewässerentwicklung (IWG), Universität Karlsruhe, Juni 2012

- [5] Lutz W. (1984): Berechnung von Hochwasserabflüssen unter Anwendung von Gebietskenngrößen, Institut für Hydrologie und Wasserwirtschaft, Universität Karlsruhe (TH), Heft 24

### Software

- [S1]  
Softwarepaket „Hochwasseranalyse und -berechnung“  
Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Institut für Wasser und Gewässerentwicklung (IWG); Version 7.0/8.0
  
- [S2]  
ANUGA Hydro  
Geoscience Australia and the Australian National University  
- [https://en.wikipedia.org/wiki/ANUGA\\_Hydro](https://en.wikipedia.org/wiki/ANUGA_Hydro)  
- [https://github.com/GeoscienceAustralia/anuga\\_core](https://github.com/GeoscienceAustralia/anuga_core)  
Softwareprogramm zur 2D-Strömungsanalyse auf Basis der Finiten-Volumen-Methode und einem unstrukturierten Berechnungsnetz.  
Erweiterung um ein Infiltrationsmodul (explizites Green-Ampt-Modell) durch IB Kummer
  
- [S3]  
QGIS  
- <https://www.qgis.org>
  
- [S4]  
QCAD-Pro  
- <https://www.qcad.org>
  
- [S5]  
Pre- und Postprocessing/Ergebnisdarstellung  
Software-Tools: Entwurf und Erstellung durch IB Kummer (Programmiersprache Python)

## Anlagenverzeichnis

### A.1 Hydrologische Analyse

- A.1.1 Abflussganglinien HQ100
- A 1.2 Gebiets\_und\_Ereignisparameter\_T100\_D180
- A 1.3 Einzugsgebiet mit Hauptvorfluter [\*.dxf]

### A.2 Hydrodynamische Analyse

- A.2.1 Lageplan "Wassertiefen Istzustand"
- A 2.2 Lageplan "Wasserspiegel Istzustand"
- A 2.3 Lageplan " Strömungsgeschwindigkeiten Istzustand"
- A 2.4 Lageplan "Rauheitsbeiwerte Istzustand"
- A 2.5 Lageplan "Geländehöhen Istzustand"
- A 2.6 Lageplan "Rauheitsbeiwerte Szenario Verklausung"
- A 2.7 Lageplan " Wassertiefen Szenario Verklausung"
- A 2.8 Lageplan " Wasserspiegeldifferenz Szenario Verklausung"