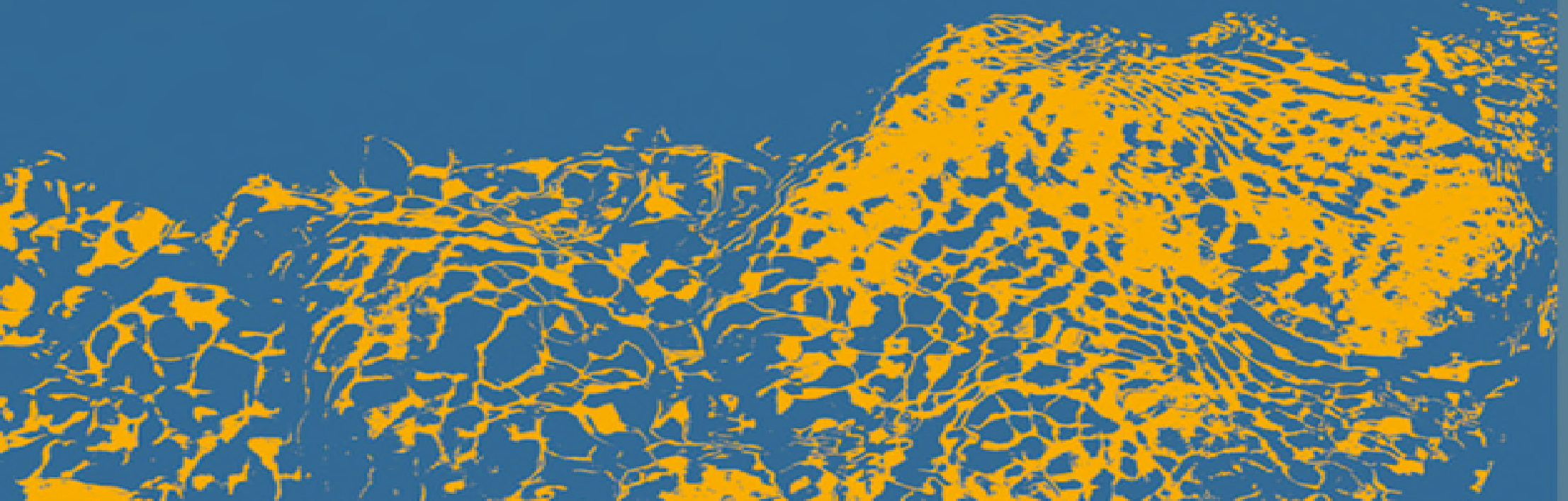
Bayerisches Landesamt für Umwelt

# Vorstellung der Innstudie

## Informationsveranstaltung

## Neuburg am Inn, 10. April 2025



# Vorstellung der Innstudie, Programm

- Begrüßung (StMUV)
- Einführung in die Innstudie (LfU)

---

- Hochwasserszenarien für die Untersuchungen (LfU)
- Potenzielle Rückhalteräume (LfU)

---

- Potenziale einer Stauraumbewirtschaftung (LfU)
- Mögliche Auswirkungen einer Vorabsenkung (LfU)

---

- Ausblick (StMUV)

Innstudie abrufbar unter:
www.lfu.bayern.de/wasser/studien_wasserrueckhalt/innstudie

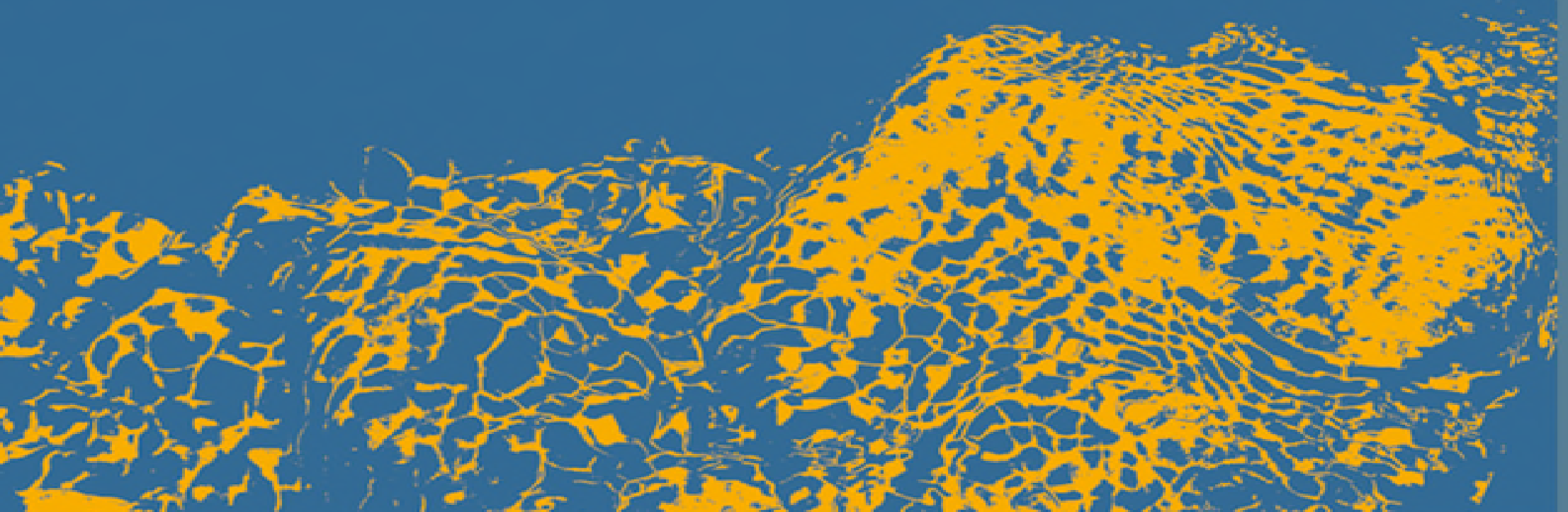
Infoportal rund um das Thema Hochwasser:
www.hochwasserinfo.bayern.de



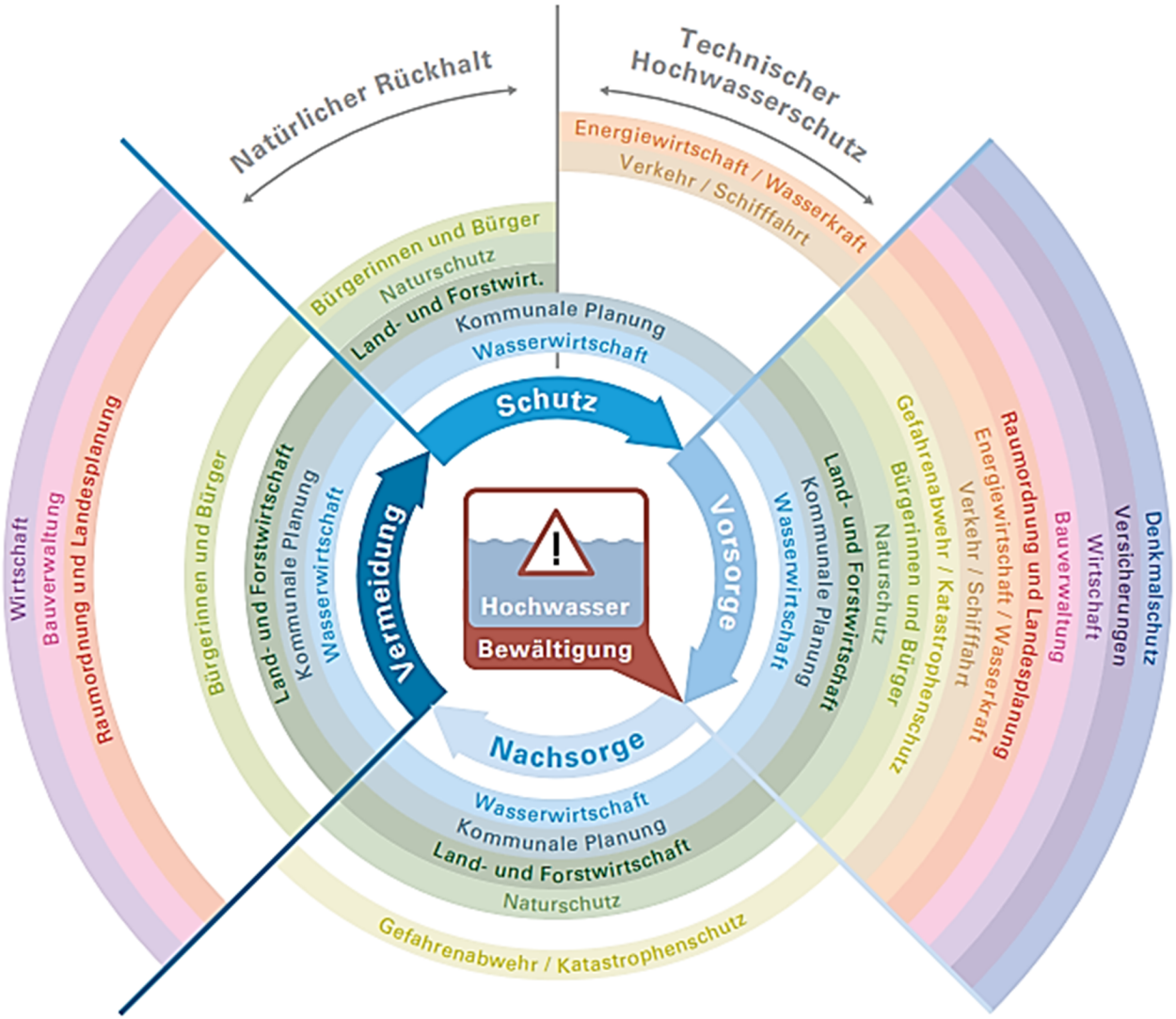
© LfU / Referat 61 / 10.04.2025

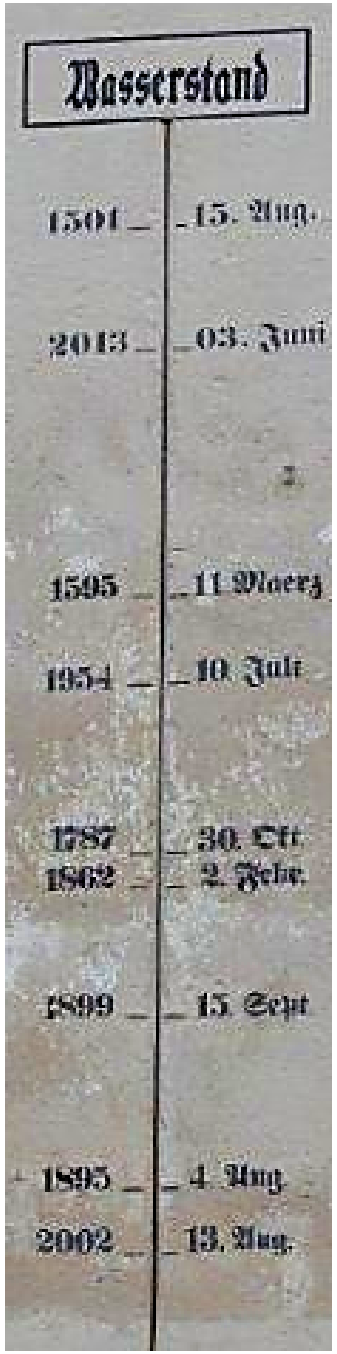
Bayerisches Landesamt für
Umwelt

# Einführung in die Innstudie



# Anlass der Studie: Hochwasser 2013



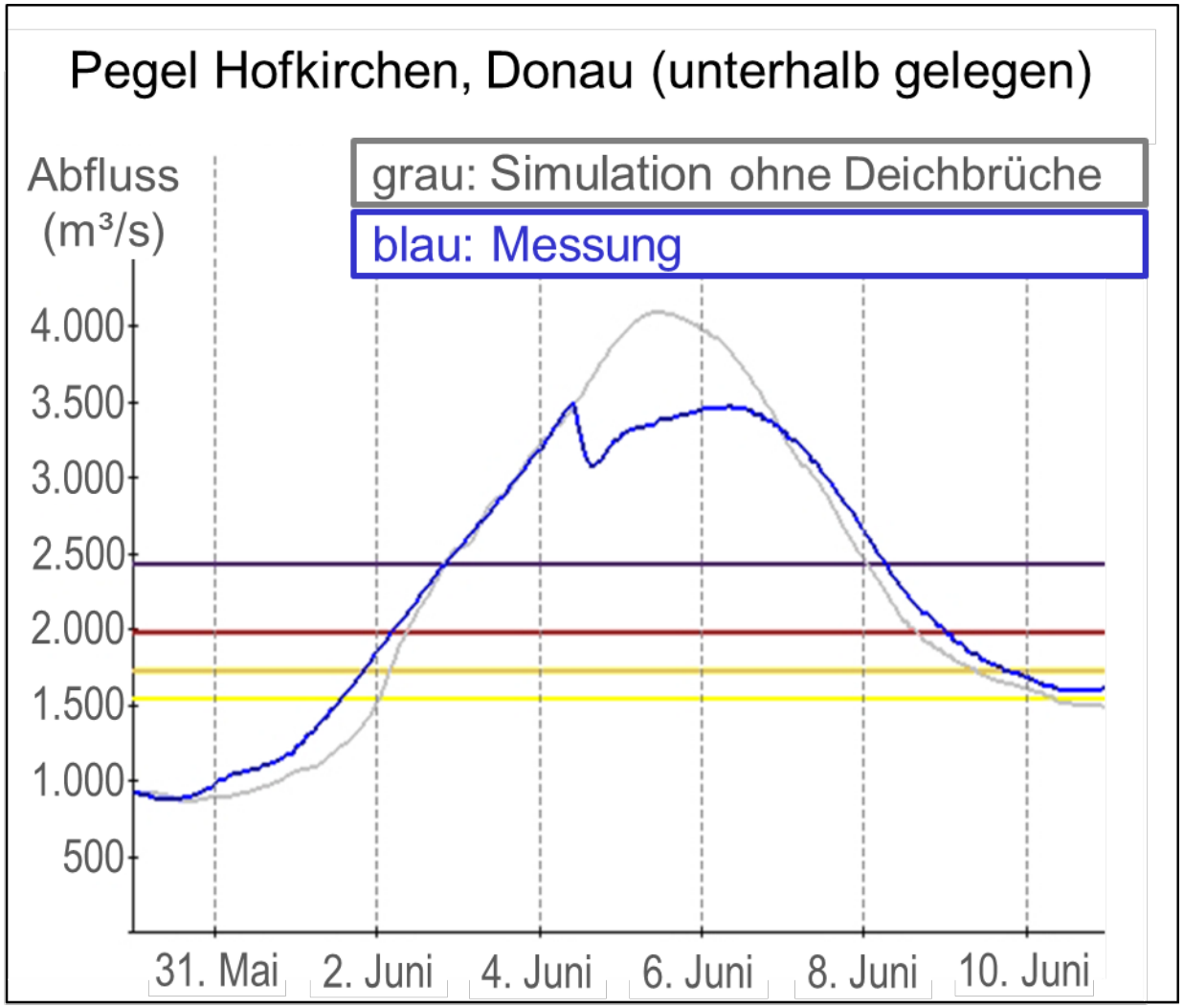


# Hochwasser 2013 – Deichbrüche: Wirkung an der Donau

Deggendorf - Fischerdorf

Deichbrüche bei Fischerdorf und Auterwörth:

- Isardeich bei Schwaigisar
- Donaudeich beim Schöpfwerk Auterwörth

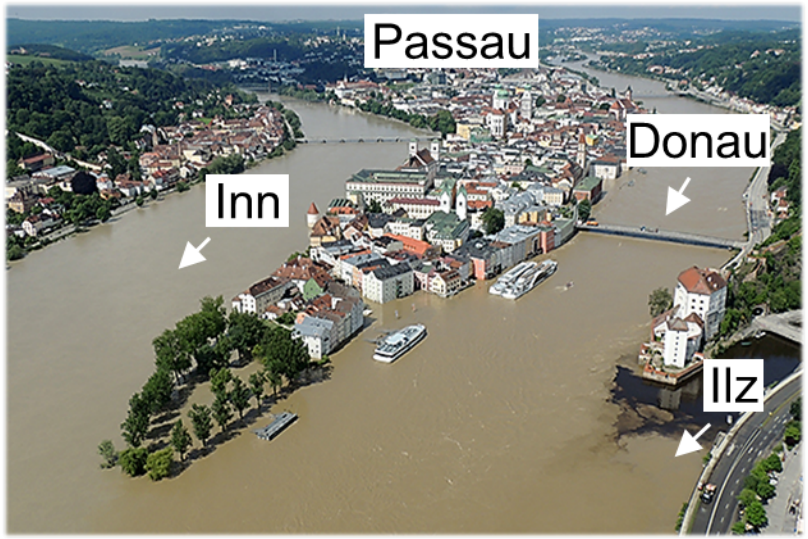


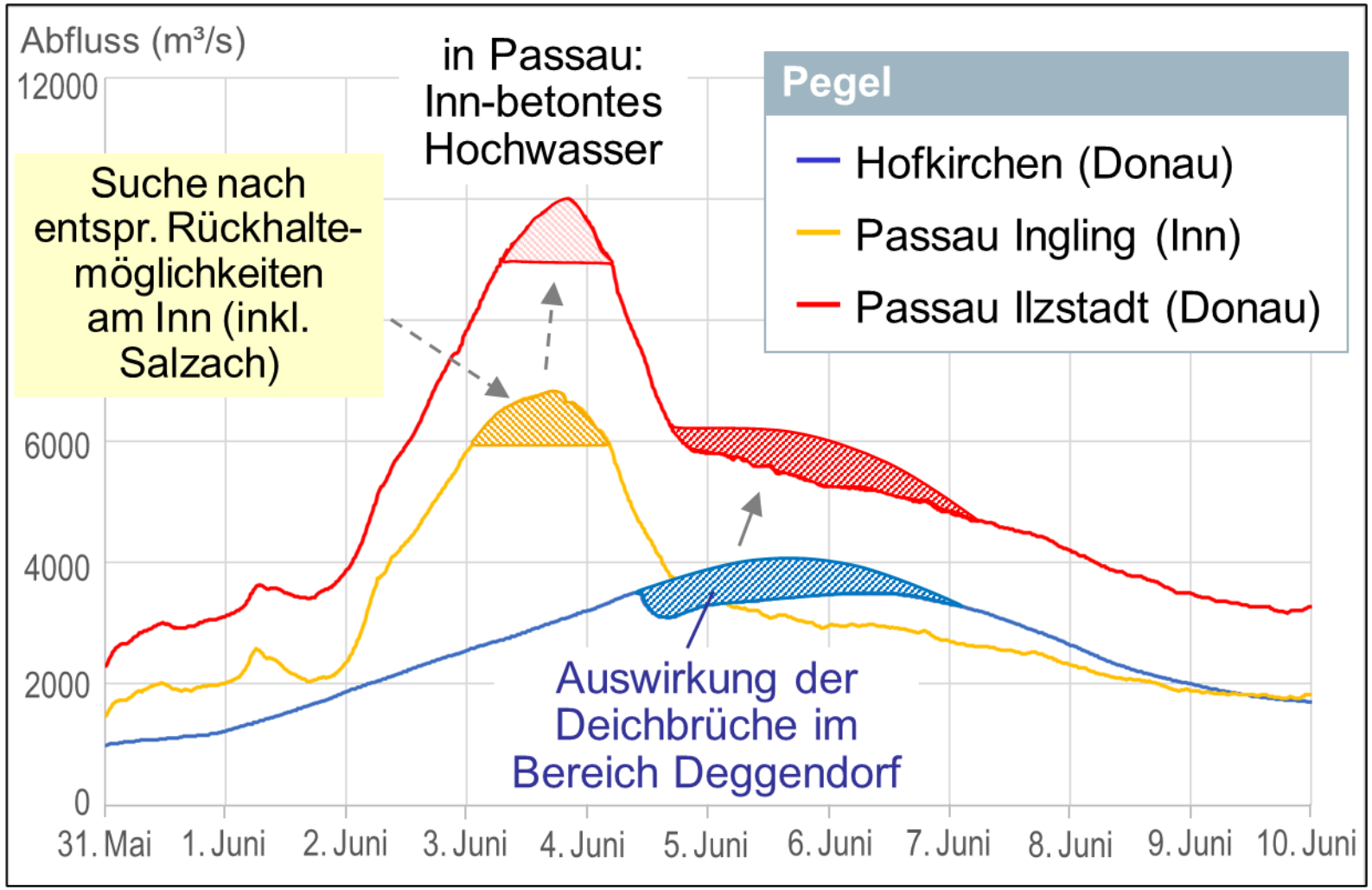



© LfU / Referat 61 / 10.04.2025

# Zusammenspiel von Donau und Inn: Am Beispiel Hochwasser 2013

Sehr große Hochwasser sind in Passau vom i. d. R. **vorlaufenden Inn** dominiert. Auswirkung der Deichbrüche wie auch eine Wirkung der an der Donau geplanten Flutpolder zeigt sich bei Inn-betonten Hochwasserereignissen in der ablaufenden Welle



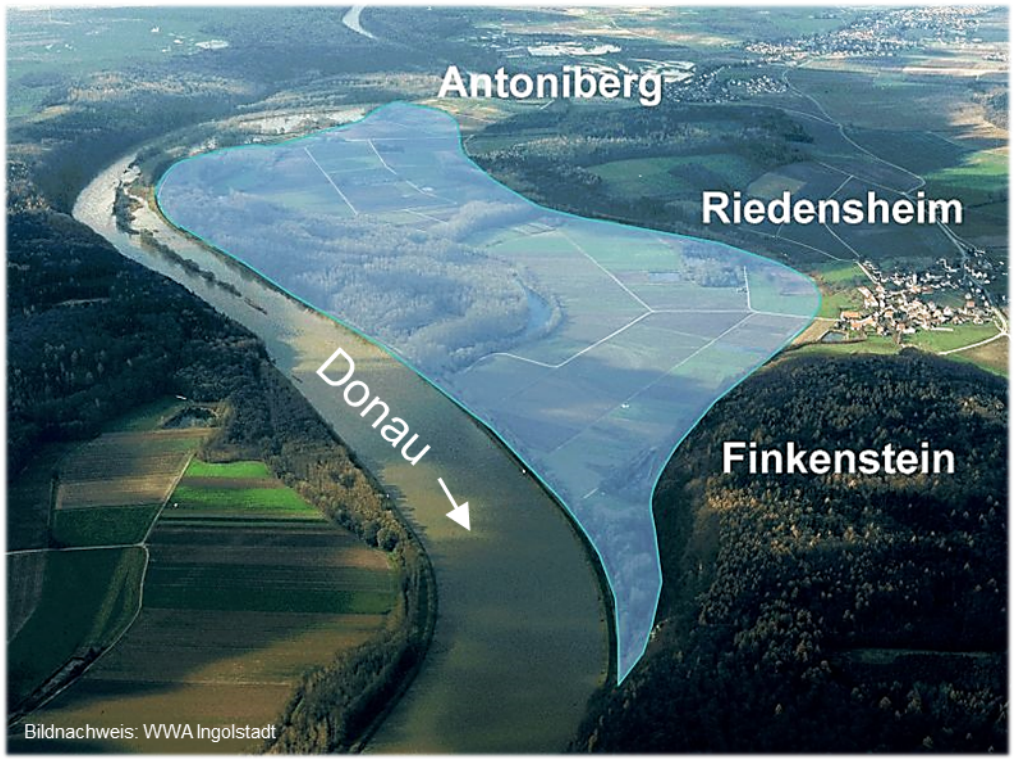



© LfU / Referat 61 / 10.04.2025

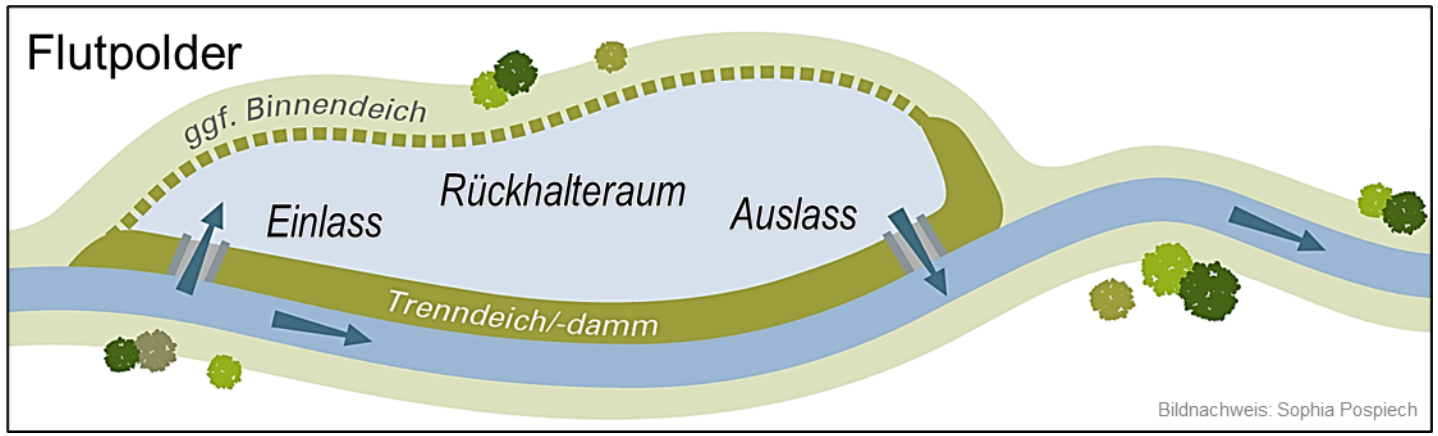
# Rückhaltemöglichkeiten bei großen Hochwasserereignissen

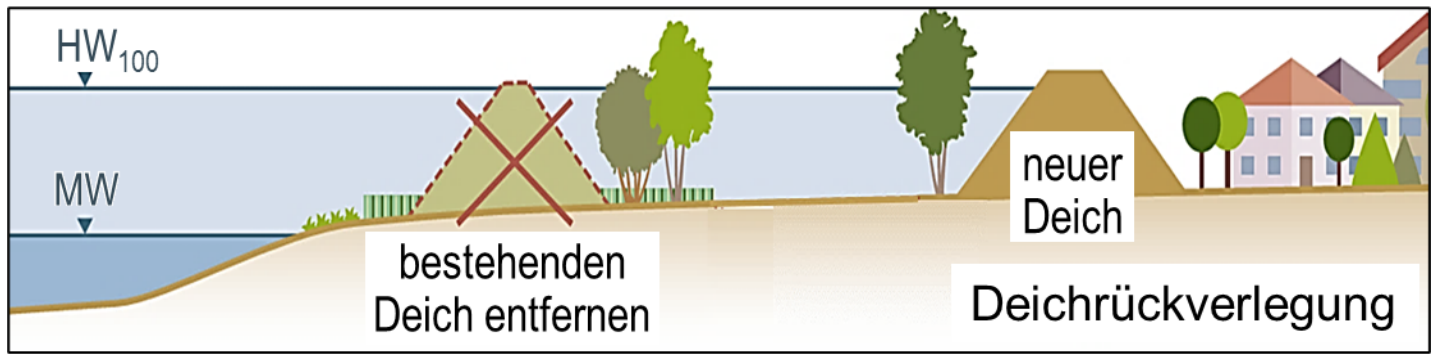
Bayerisches Landesamt für Umwelt

- Staustufenbewirtschaftung
- Flutpolder
- Deichrückverlegung




Beispiel: Flutpolder Riedensheim (Donau)



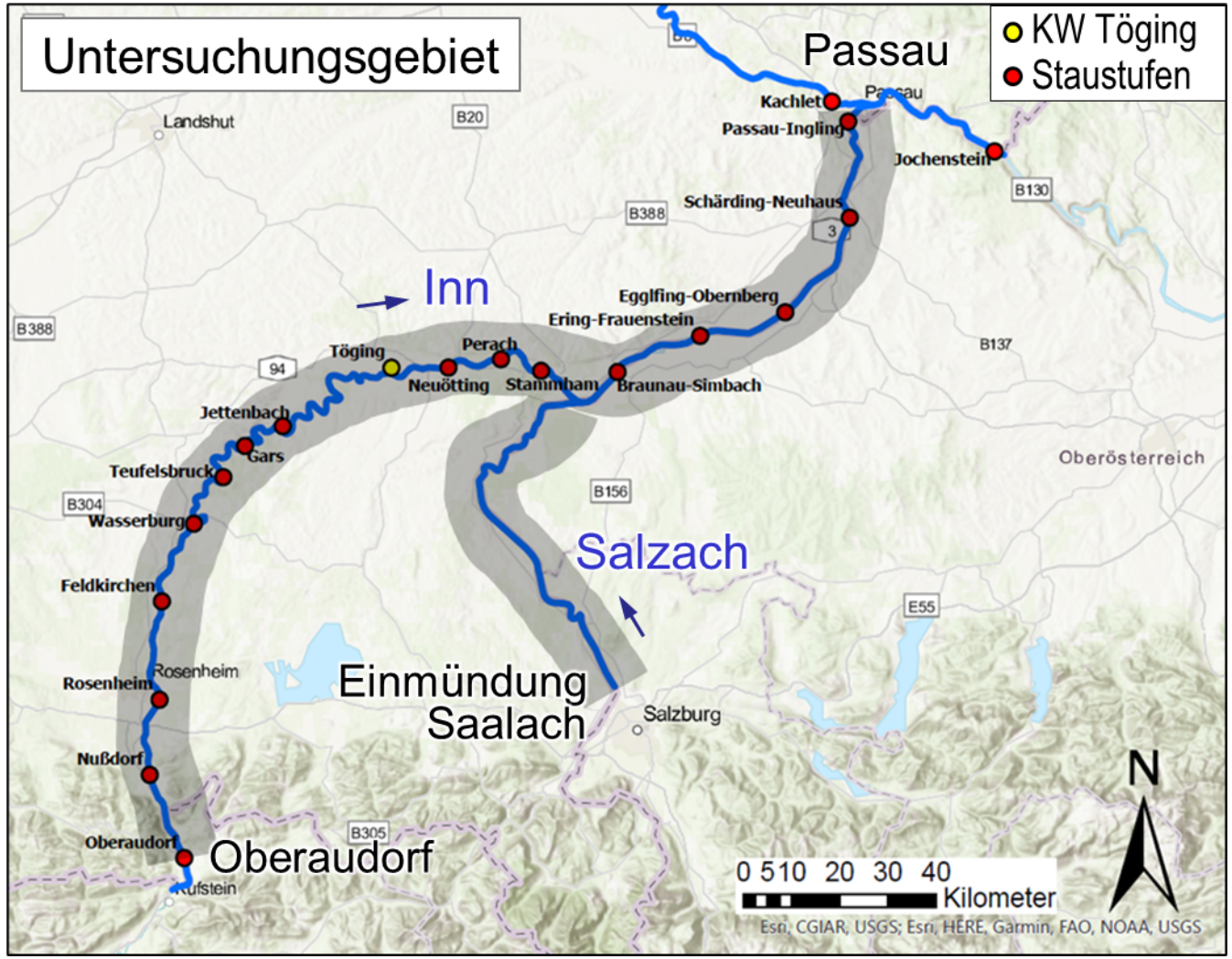



# Retentionspotentialstudie am Inn (Innstudie)

## Zentrale Fragestellungen

- Gibt es größere potenzielle Rückhalteräume an Inn und Salzach (Flutpolder, Deichrückverlegungen)?
- Wie wirken diese bei unterschiedlichen Hochwasserereignissen?
- Kann durch eine Bewirtschaftung der Staustufen am Inn ein Hochwasser günstig beeinflusst werden?

Studie stellt erste Potenzialuntersuchung dar; sie ist keine Planung!






© LfU / Referat 61 / 10.04.2025

# Durchführung der Innstudie

- Vergabe Ende 2015 an die TU München unter Einbindung der Universität Kassel und der TU Wien über Forschungskooperation; enge Abstimmung der Untersuchungen mit Österreich
- 6 Teilprojekte (TP)
  - TP A: Stochastische Niederschlag-Abflussmodellierung (TU Wien)
  - TP B: Wellenstatistik mittels Copula-Verfahren (TU München)
  - TP C: Potenzialermittlung Staustufenmanagement (Univ. Kassel)
  - TP D: Potenzialermittlung Rückhalteräume (TU München)
  - TP E: Feststoffe am Inn und der Salzach (TU München)
  - TP F: Transportvorgänge in Stauräumen (TU München)
- Schlussbericht Innstudie vom Januar 2022, ergänzender LfU-Zusatzbericht zu möglichen Auswirkungen einer Vorabsenkung von Staustufen vom Oktober 2022
- Veröffentlichung im Mai 2023 | Infoveranstaltungen im Dez. 2023 / Feb. 2024 / Apr. 2025
  www.lfu.bayern.de/wasser/studien_wasserrueckhalt/innstudie

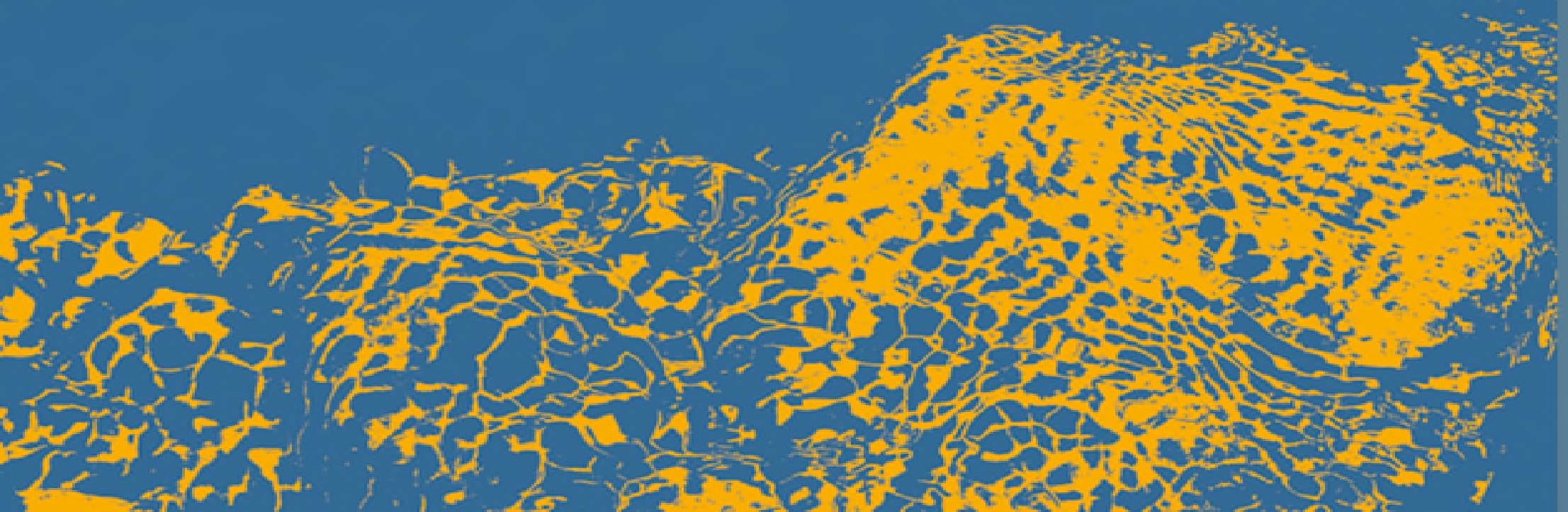


© LfU / Referat 61 / 10.04.2025

Bayerisches Landesamt für Umwelt

# Innstudie, Teilprojekt A und B

## Generierung synthetischer Hochwasserereignisse

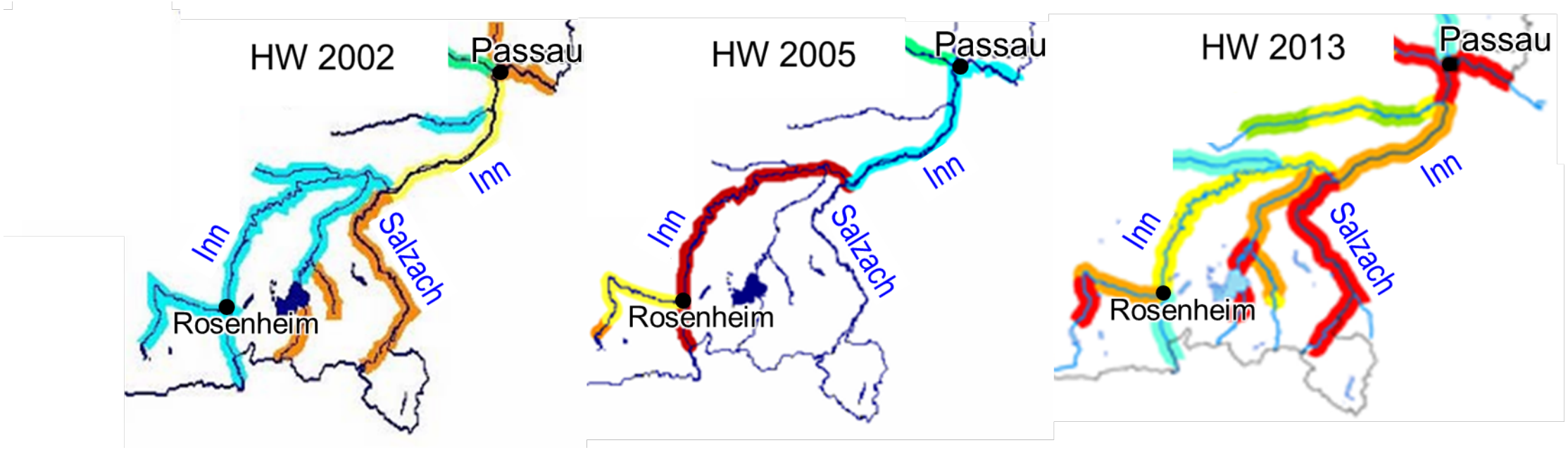


# Hochwasser ist nicht gleich Hochwasser

- Abgelaufene Hochwasserereignisse (HW):
  - HW 2002 (> $HQ_{50}$ an der Salzach, $HQ_{20-50}$ in Passau)
  - HW 2005 (> $HQ_{100}$ am Inn oberhalb der Salzachmündung)
  - HW 2013 (> $HQ_{100}$ an der Salzach, $HQ_{100}$ in Passau)

Unter einem $HQ_{100}$ wird ein Hochwasserabfluss verstanden, der im statistischen Mittel einmal in 100 Jahren vorkommt.

- Hochwasser werden mit Hilfe der statistischen Jährlichkeit eingeordnet (Größe des Ereignisses)



# Notwendigkeit synthetischer Hochwasserereignisse (Teilprojekt A und B)

- Abgelaufene Hochwasserereignisse (HW):
  - HW 2002 (> $HQ_{50}$ an der Salzach, $HQ_{20-50}$ in Passau)
  - HW 2005 (> $HQ_{100}$ am Inn oberhalb der Salzachmündung)
  - HW 2013 (> $HQ_{100}$ an der Salzach, $HQ_{100}$ in Passau)

- Wirkungsanalysen in Teilprojekt C (Potenzialuntersuchung Staustufenmanagement) und Teilprojekt D (Potenzialuntersuchung Rückhalteräume) sollen auch größere mehrhundert- bis tausendjährliche Hochwasserereignisse (sehr große Ereignisse) mit berücksichtigen.

- Gewähltes Vorgehen:
  - Erzeugung einer 10.000 Jahre umfassenden Niederschlags- und Abfluss-Simulation
  - Auswahl von 12 zusätzlichen synthetischen Hochwasserereignissen
  - Dadurch Bandbreite an repräsentativen Szenarien unterschiedlicher Größenordnung



© LfU / Referat 61 / 10.04.2025

# Vorgehen zur Generierung synthetischer (künstlicher) Hochwasserereignisse

TP A: Niederschlags-Abfluss-Simulationen (10.000 Jahre)

TP B: Überprüfung mit statistischen Methoden anhand Pegeldaten

Auswahl 12 Ereignisse

**TP A (TU Wien): Erzeugung möglicher Hochwasserereignisse**

- Modellkette aus einem stochastisches Niederschlagsmodell und Niederschlags-Abfluss-Modell.
- ist in der Lage, Niederschlagsereignisse in ihrer möglichen Bandbreite plausibel abzubilden und auch die Pegelstatistik (Hochwasser) in guter Übereinstimmung wiederzugeben.
- Abflusssimulation für soz. künstliche 10.000 Jahre
- Erzeugung repräsentativer (synthetischer) Hochwasserereignisse

**TP B (TU München): Verifizierung der Ergebnisse aus TP A**

- anhand von Pegeldaten statistisch abgeleiteter möglicher Hochwasserereignisse (Modellierung mittels Copulas)

**Auswahl 12 repräsentativer Ereignisse,**

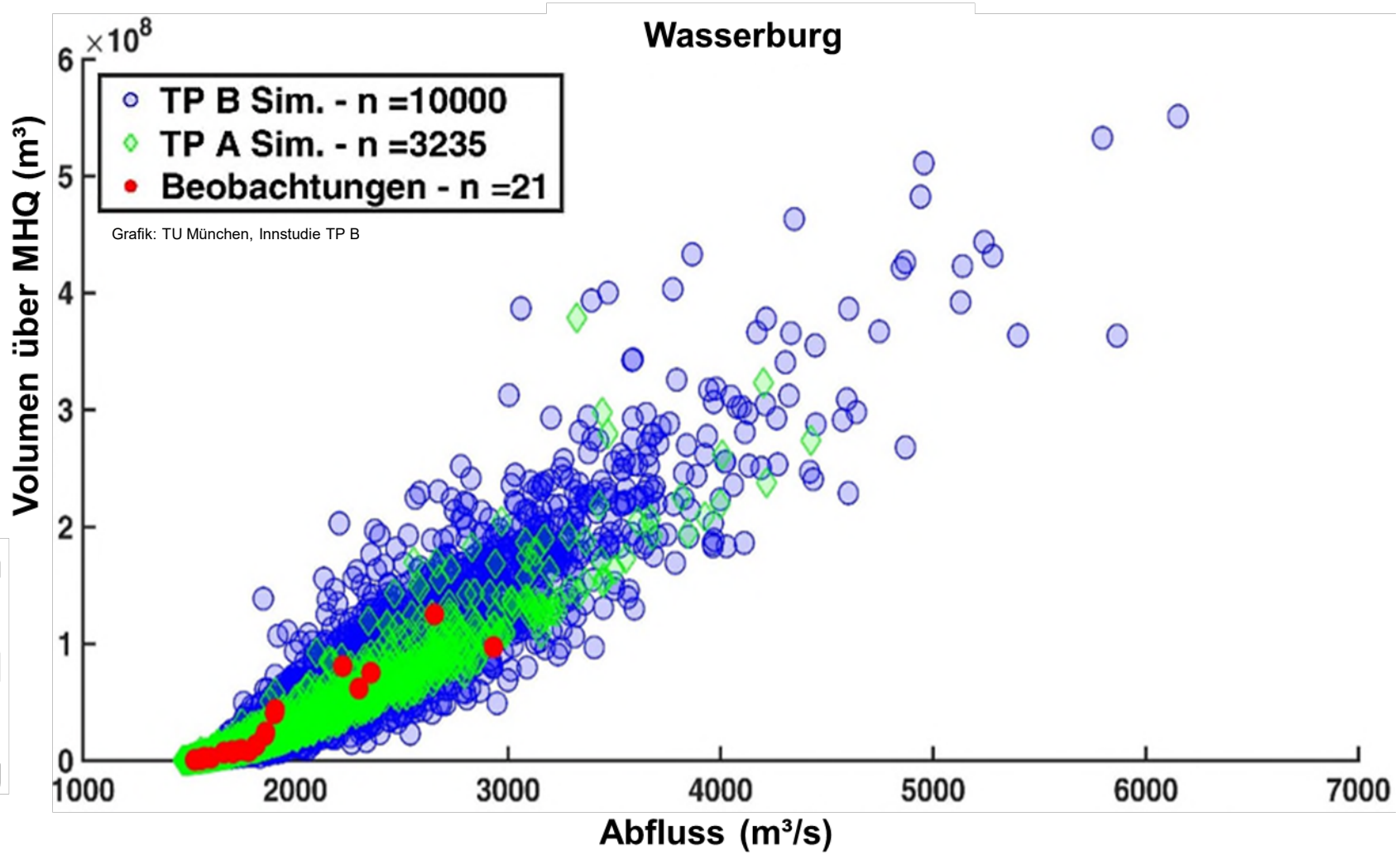
- die eine großer Bandbreite abdecken und
- als Betrachtungsszenarien für die weiteren Untersuchungen dienen



© LfU / Referat 61 / 10.04.2025

# Synthetisch generierte Hochwasserereignisse: Vergleich Teilprojekt A und B

- Plausible Werte
- Gute Übereinstimmung
- Ergebnisse aus Teilprojekt B weisen eine größere Variabilität auf




Vergleich zwischen Simulationen von Teilprojekt A (grüne Rauten), Teilprojekt B (blaue Kreise) und den beobachteten Werten (rot); hier für den Pegel Wasserburg

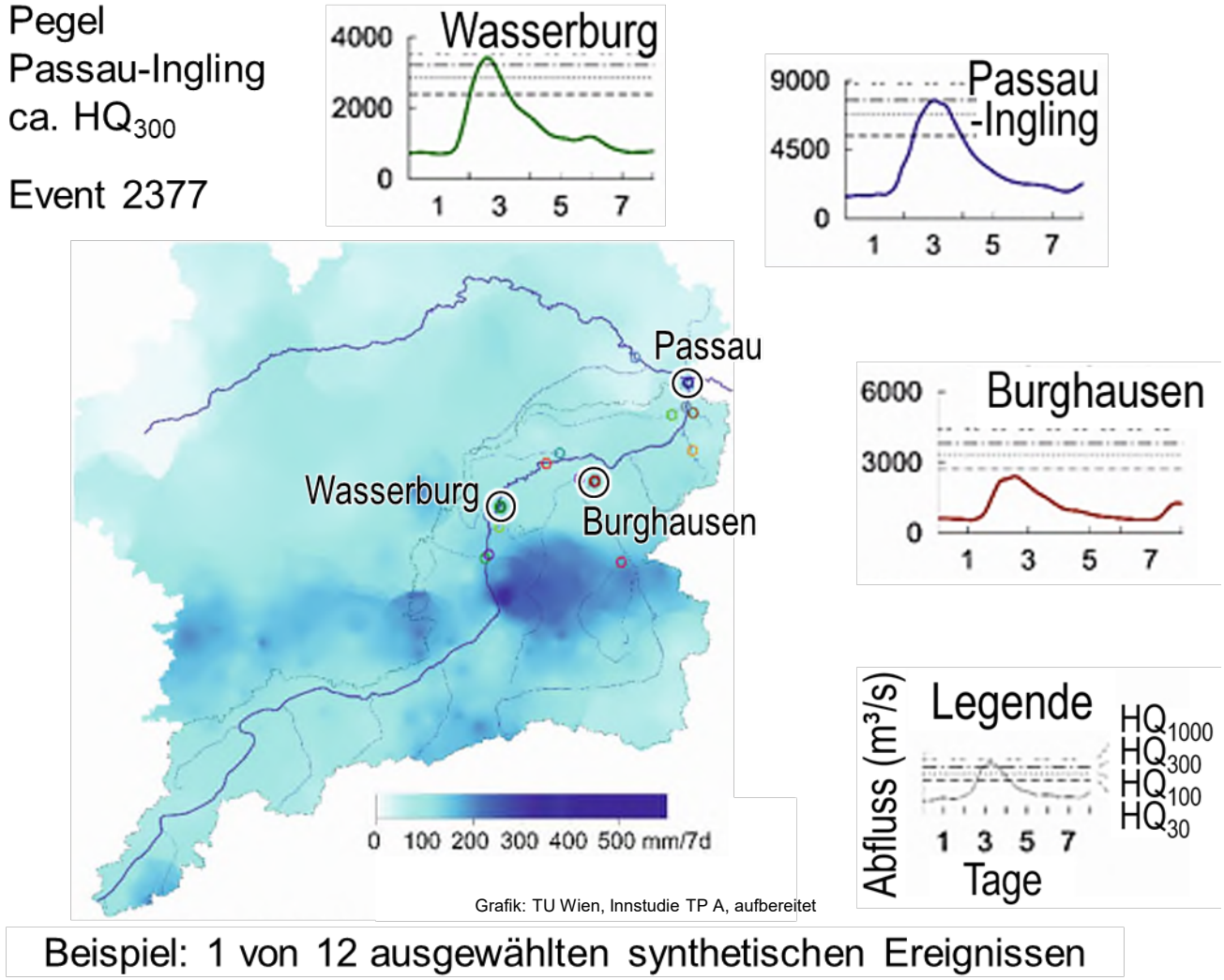


© LfU / Referat 61 / 10.04.2025

# Auswahl der Hochwasserereignisse für die Potenzial-Untersuchungen

- Auswahl von 4 synthetischen Hochwasserereignissen, die am Pegel Wasserburg (Inn) eine Größenordnung von $HQ_{30}$, $HQ_{100}$, $HQ_{300}$ und $HQ_{1000}$ haben
- Entsprechende Auswahl jeweils 4 weiterer Ereignisse für die Pegel Burghausen (Salzach) und Passau-Ingling (Inn)

➢ <u>Szenarien für die Wirkungsanalysen</u>
in den Teilprojekten C bzw. D:
  – 3 beobachtete Hochwasserereignisse (HW 2002, 2005 und 2013)
  – 12 synthetisch generierte Ereignisse unterschiedlicher Jährlichkeiten



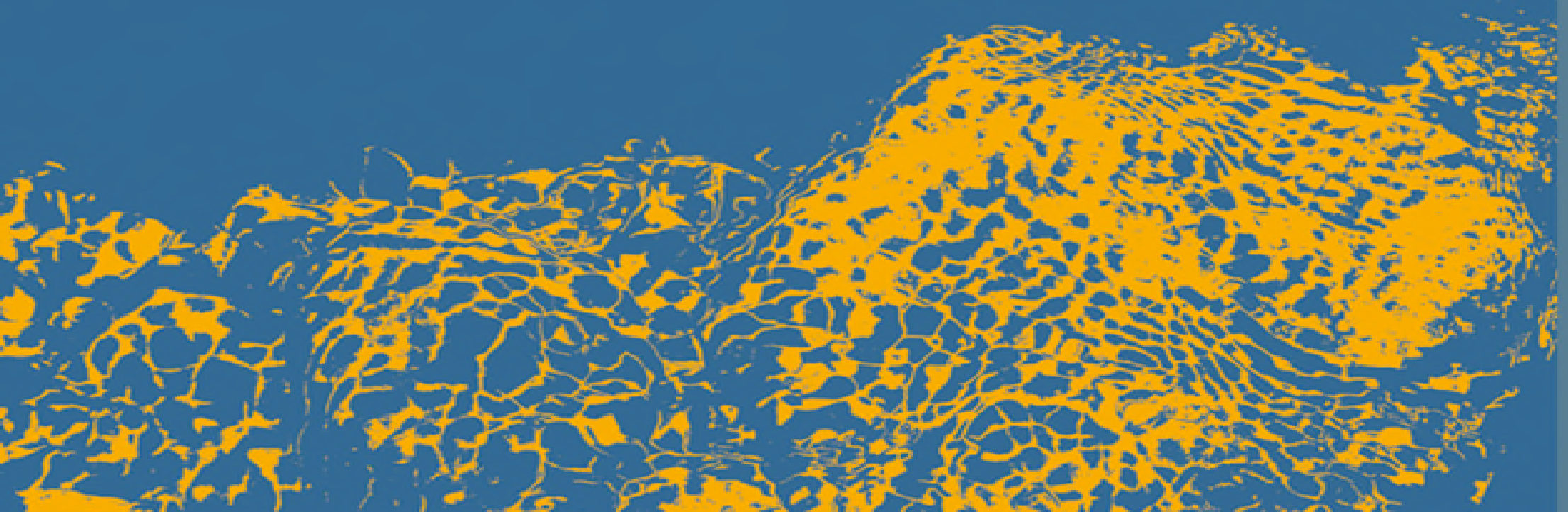

Grafik: TU Wien, Innstudie TP A, aufbereitet

Beispiel: 1 von 12 ausgewählten synthetischen Ereignissen

Bayerisches Landesamt für Umwelt

# Innstudie, Teilprojekt D

## Potenzialuntersuchung Rückhalteräume

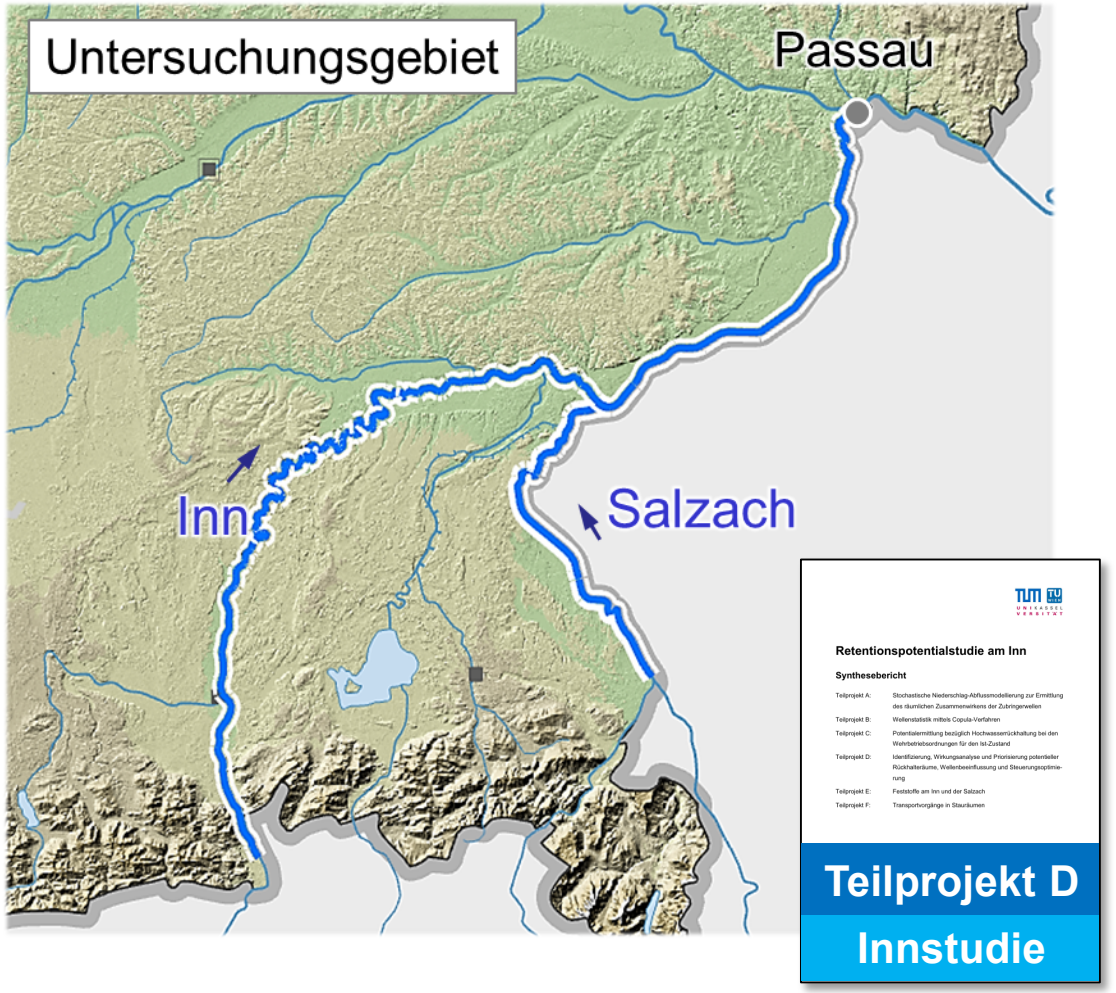


# Potenzialuntersuchung Rückhalteräume (Teilprojekt D, TU München)

## Zentrale Fragestellungen

- Gibt es potenzielle Standorte für größere Rückhalteräume an Inn und Salzach (Flutpolder, Deichrückverlegungen)?
- Wie würden diese bei unterschiedlichen Hochwasserereignissen wirken?
- Untersuchung des theoretischen Potenzials

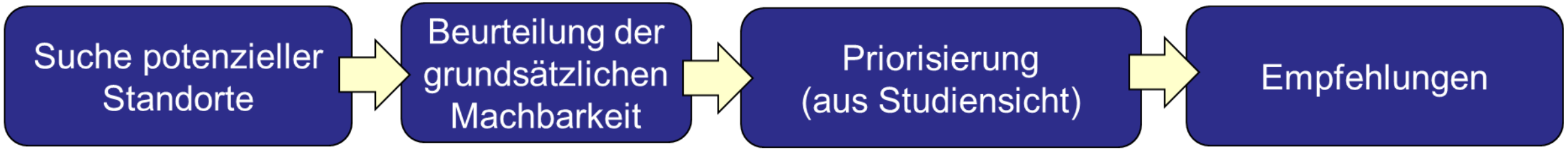
Flutpolder Riedensheim an der Donau, Einlaufbauwerk






© LfU / Referat 61 / 10.04.2025

# Vorgehen




- Untersuchung historischer Hochwasserflächen zur Identifizierung potenzieller Rückhalteräume (Vergleich Überschwemmungsflächen früher (um 1800) und heute)
- Vergleich Wasserspiegellage

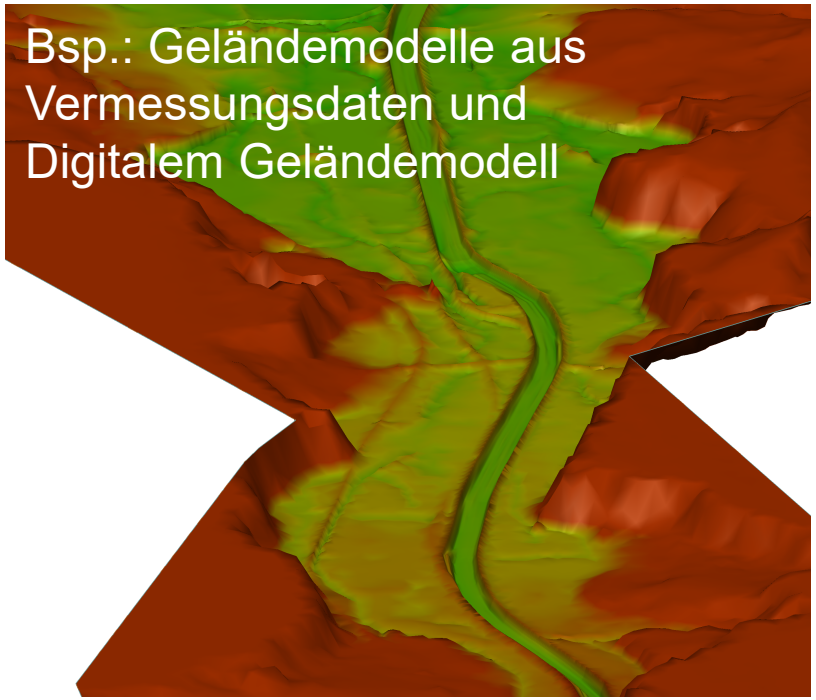
*Verwendete Grundlagen / Arbeitsmittel (Auszug):*
- *Geodaten der Vermessungsverwaltungen (z. B. Digitales Geländemodell, Landnutzungsdaten)*
- *Daten der Wasserwirtschaftsverwaltungen (z. B. Messdaten der Wasserstand- und Abflusspegelstationen, Ergebnisse vorangegangener Untersuchungen)*
- *Geoinformationssysteme, Software zur 2D-hydraulischen Modellierung (Hochwassersimulation)*

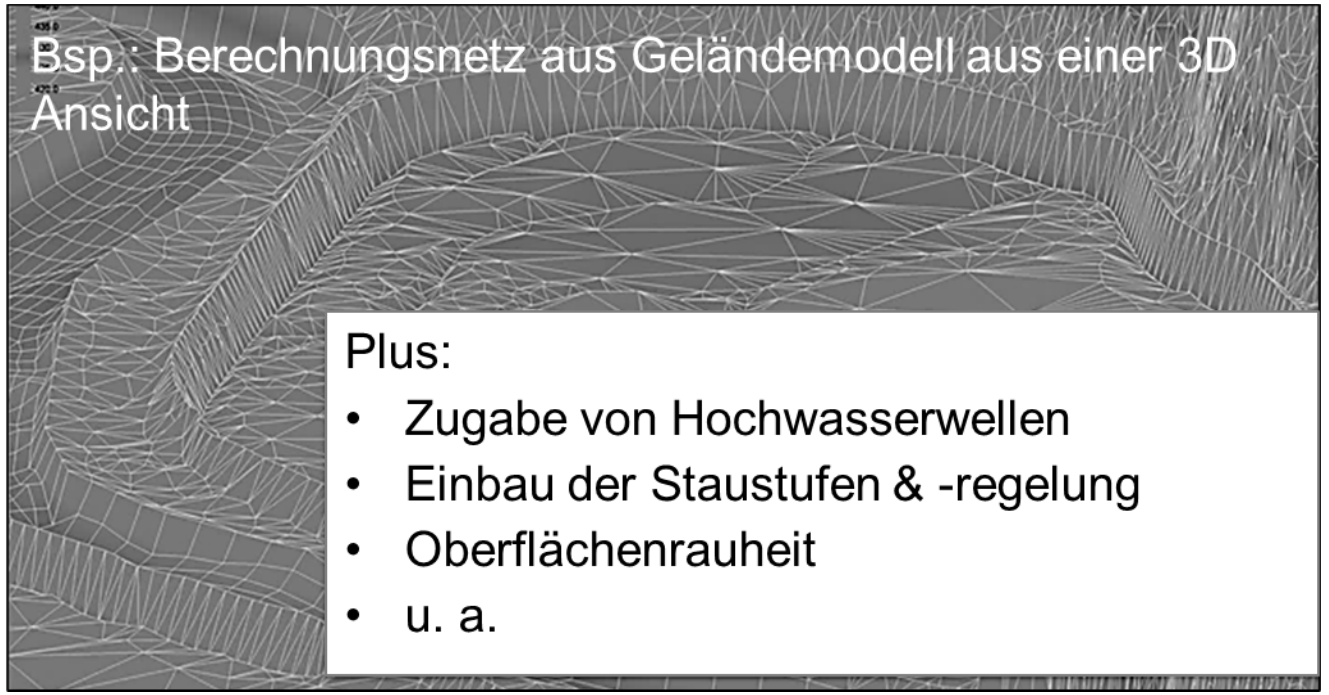
Beurteilung anhand:
- Herausforderungen
  - Bautechnik
  - Siedlung / Infrastruktur / Mensch
  - Ökologie
- Wirkungsanalyse
- Reduktion potenzieller Schaden

- aus Wirkungsanalyse
- aus Priorisierung

# Modellierung des Untersuchungsgebiets (Hochwasser-Simulationsmodell)

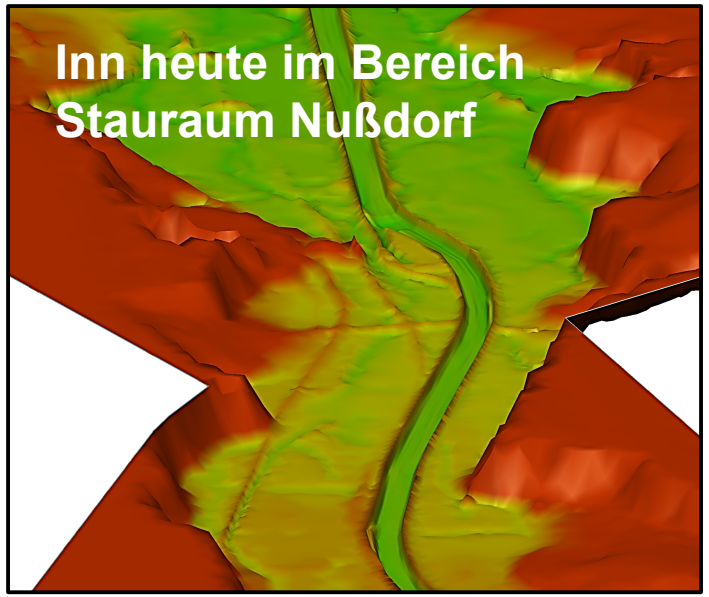
| Modell-Teilbereiche | Fließstrecke Hauptgewässer | Größe des Modells |
|---|---|---|
| Inn, Oberaudorf bis Wasserburg | 52 km | ~ 147 km$^2$ |
| Inn, Wasserburg bis Stammham | 83 km | ~ 166 km$^2$ |
| Inn, Stammham bis Passau (u. Donau bis Jochenstein) | 70 km | ~ 277 km$^2$ |
| Abschnitt Salzach | 59 km | ~ 88 km$^2$ |



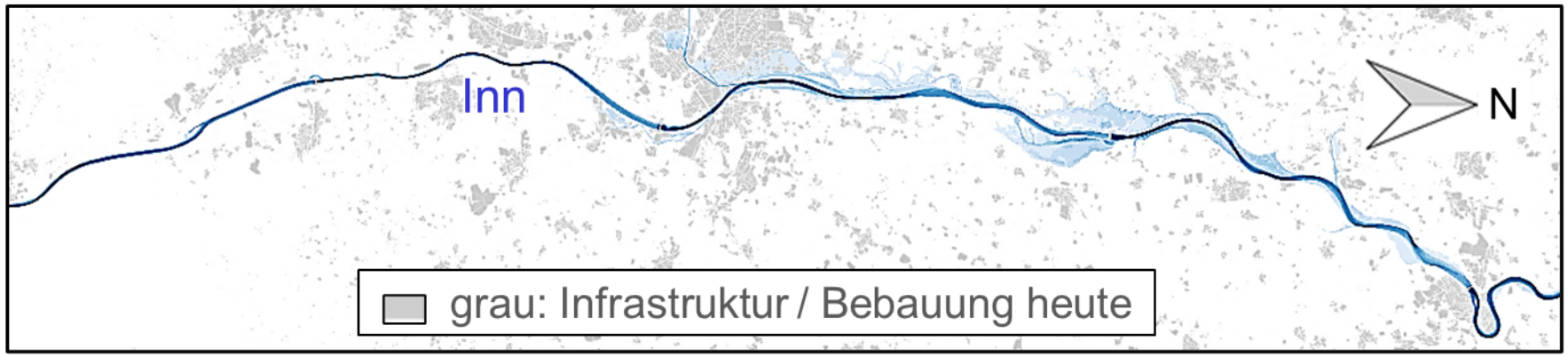

Abbildungen: TU München, Innstudie Teilprojekt D

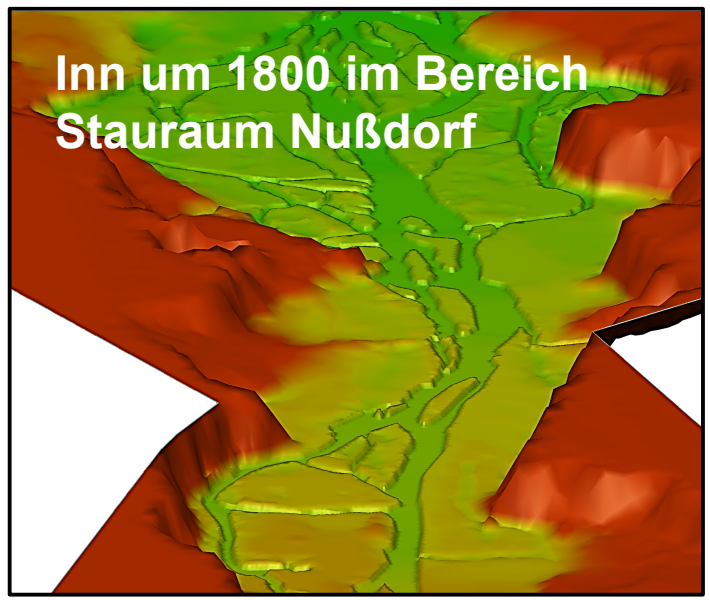
# Standortsuche: Untersuchung historischer Hochwasser-Flächen




## Inn heute | Ausschnitt im Bereich Oberaudorf – Wasserburg

Simulation mit einer Hochwasserwelle




## Inn um ca. 1800 | Ausschnitt im Bereich Oberaudorf – Wasserburg

Simulation mit identischer Hochwasserwelle

Abbildungen: TU München, Innstudie Teilprojekt D

# Standortsuche: initial ermittelte potenzielle Flächen (Zwischenergebnis)

… aus Vergleich Überflutungsflächen heute / früher und Wasserspiegellagen im Inn mit dem Gelände hinter der Dämme / Deich

initial (über 100) gefundene potenzielle Fläche

Grobbewertung: Reduktion auf
32 potenzielle Flutpolderstandorte u.
3 für größere Deichrückverlegungen

- Mindestvolumen 1 Mio. m³ (Flutpolder)
- Mindestfläche 10 ha (Deichrückverlegung)
- grds. (techn.) Machbarkeit

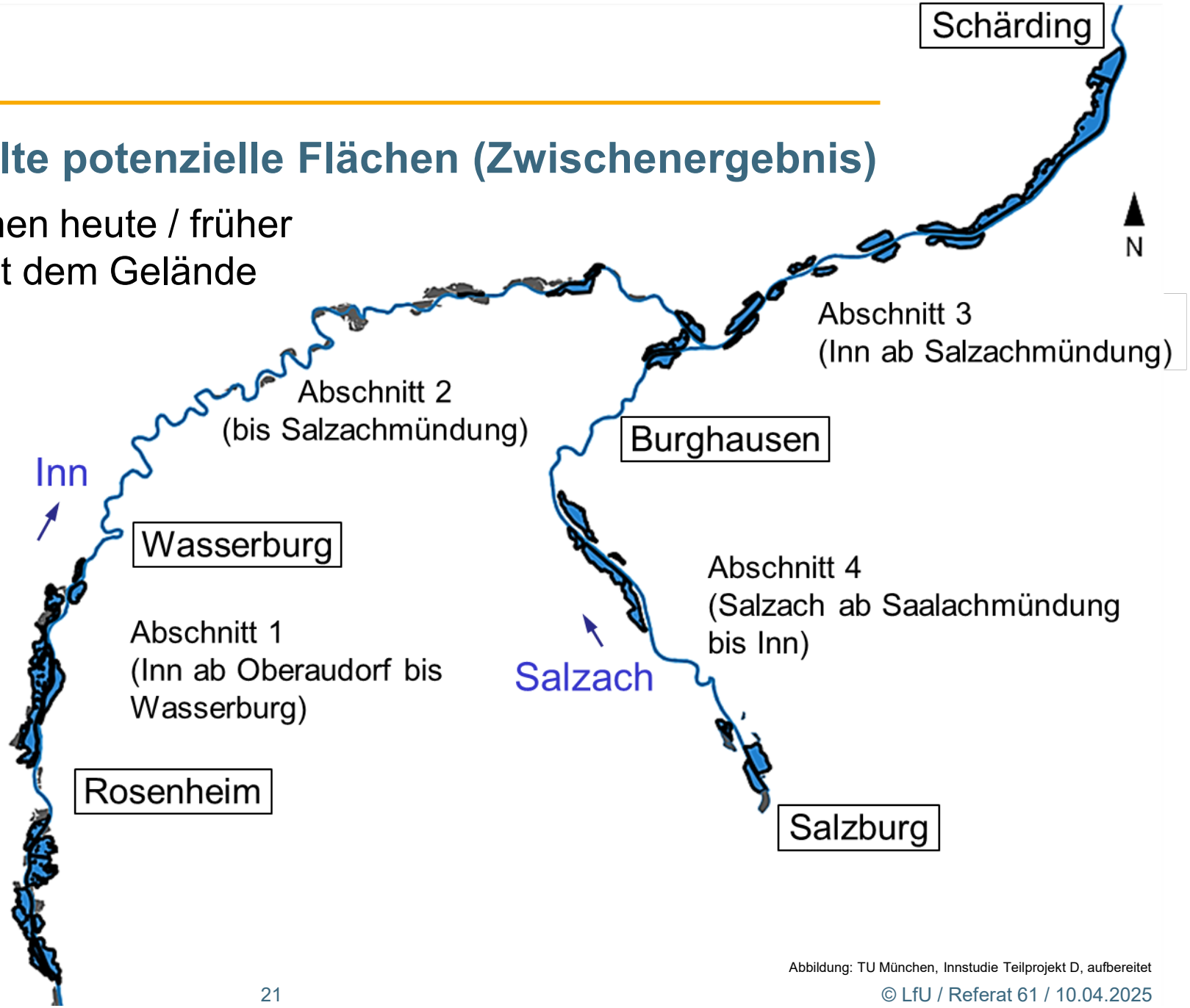


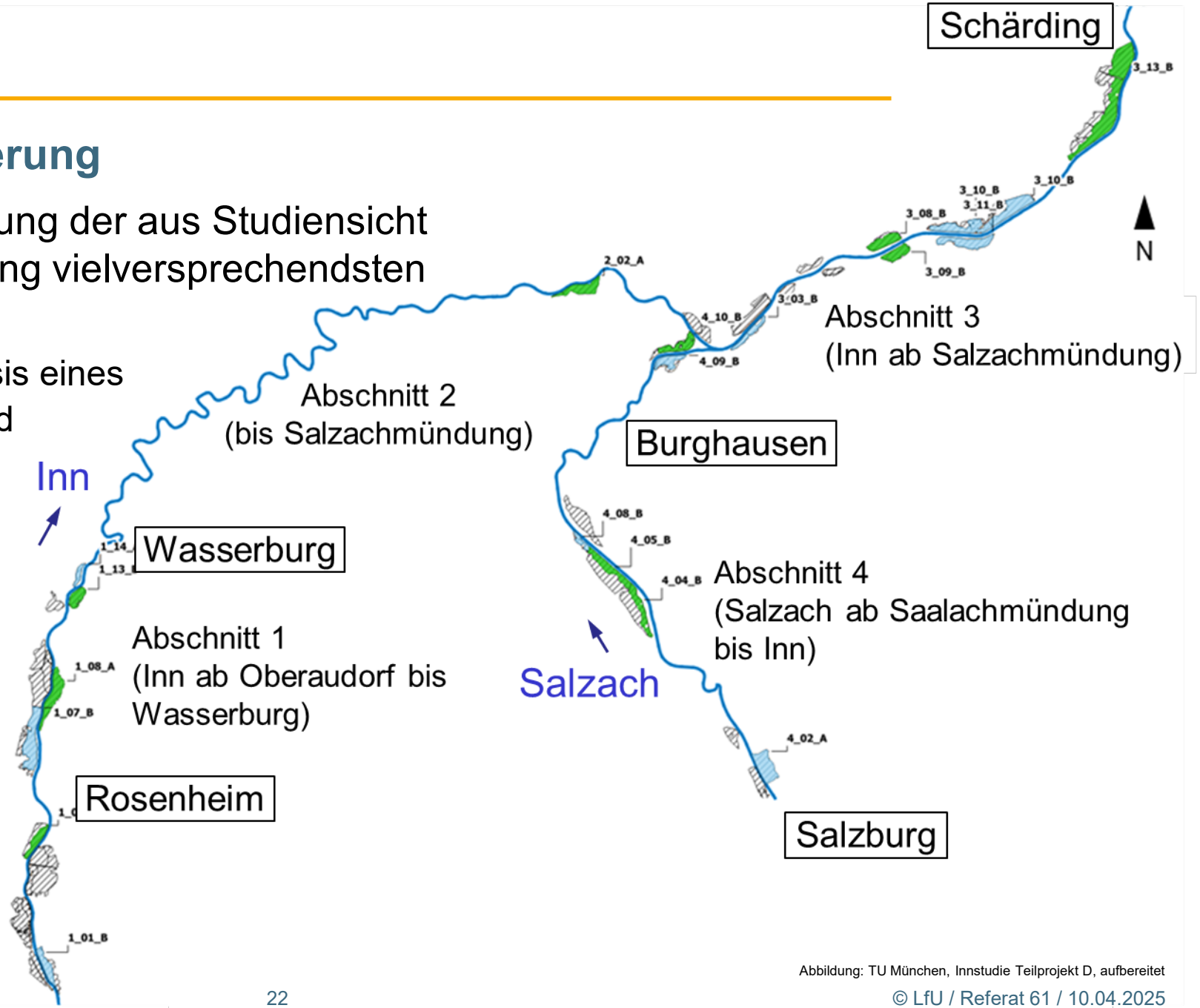

Abbildung: TU München, Innstudie Teilprojekt D, aufbereitet



© LfU / Referat 61 / 10.04.2025

# Standortsuche: Erst-Priorisierung

- Erst-Priorisierung zur Identifizierung der aus Studiensicht vor allem hinsichtlich ihrer Wirkung vielversprechendsten potenziellen Standorte
  - Anhand Wirkungsanalyse auf Basis eines $HQ_{100}$ Hochwasserereignisses und Beurteilung (qualitativ/quantitativ) von Planungsherausforderungen (u. a. Bautechnik, Siedlung / Infrastruktur / Mensch)




grün: Top 10 der potenziellen Flutpolderstandorte aus der Erst-Priorisierung

blau: nachgeordnete Standorte (9 Stück)

schraffiert: weitere Standorte aus Grobbewertung

Abbildung: TU München, Innstudie Teilprojekt D, aufbereitet



© LfU / Referat 61 / 10.04.2025

# Überblick über die aus Studiensicht 10 am besten bewerteten Standorte

| ID (Kürzel) | Potenzieller Standort | Potenzielles Volumen [Mio. m³] | Lage (ca.) [Fkm] | Nah-Pegel |
|---|---|---|---|---|
| a_06_B | **Erlenau-Happing** | 8,2 | 190,8 | Wasserburg |
| a_08_A | **Feldkir.-Vogtareuth** | 17,4 | 176,0 | Wasserburg |
| a_13_B | **Altenhohenau** | 4,6 | 166,4 | Wasserburg |
| b_02_A | **Perach rechts** | 5,2 | 85,0 | Stammham |
| c_08_B | **Ering** | 13,5 | 51,0 | Passau |
| c_09_B | **Mining** | 10,7 | 50,0 | Passau |
| c_13_B | **Inzing** | 62,8 | 29/ 27,2 | Passau |
| d_04_B | **Fridolfing 1** | 5,9 | 37,8 | Burghausen |
| d_05_B | **Fridolfing 2** | 8,7 | 33,0 | Burghausen |
| d_10_B | **Haiming** | 6,4 | 5,0 | Braunau |

(a: im Abschnitt 1 | b: 2 | c: 3 | d: 4 | Fkm: Fluss-Kilometer)

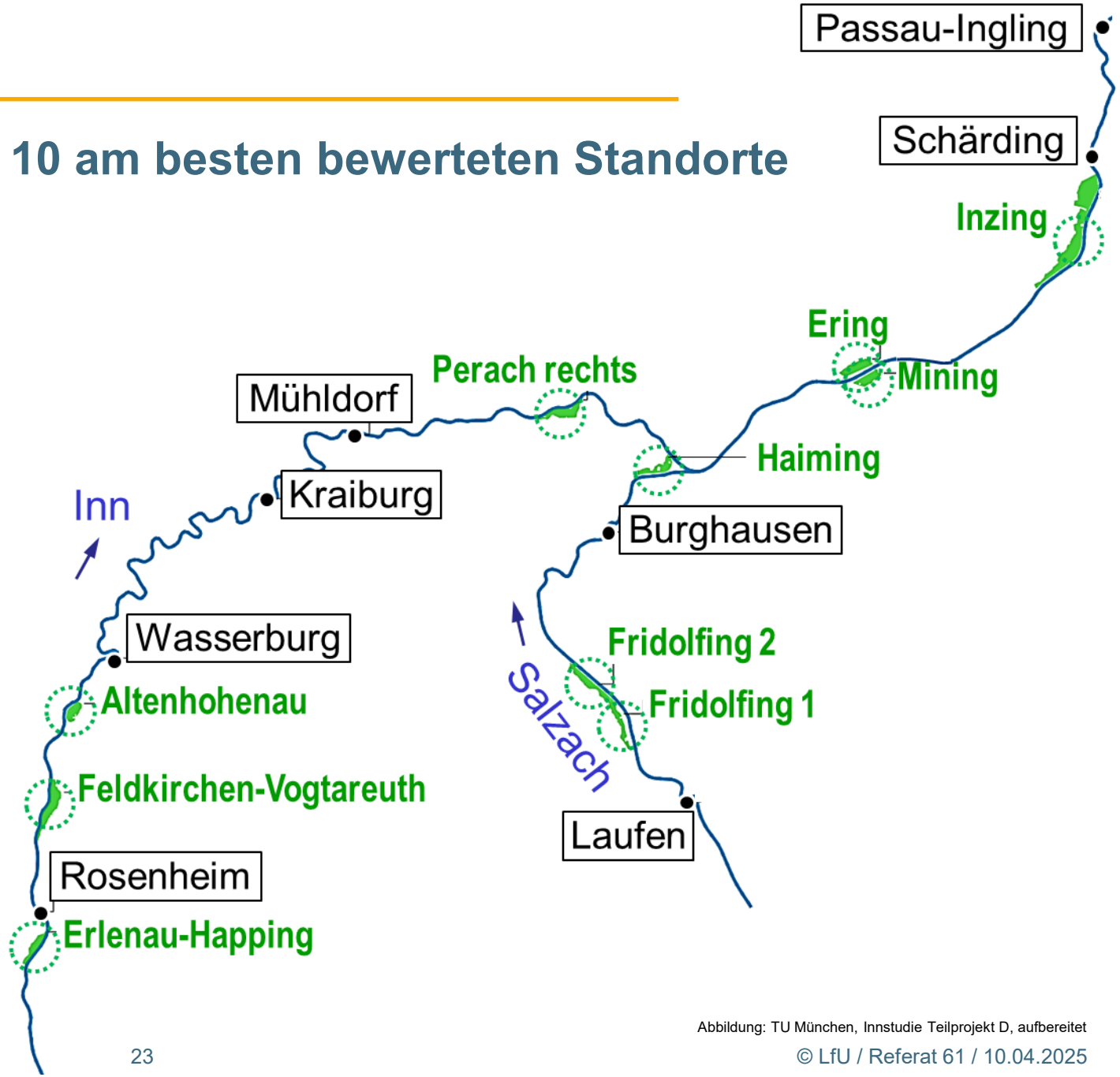



Abbildung: TU München, Innstudie Teilprojekt D, aufbereitet



© LfU / Referat 61 / 10.04.2025

# Redaktioneller Hinweis

- Im Rahmen der Informationsveranstaltungsreihe wurden bei der jeweiligen Präsentation die im gleichen Untersuchungsabschnitt gelegenen potenziellen Standorte mit Steckbriefen vorgestellt. Nachfolgend sind alle gesammelt zu finden.
  - **Abschnitt 1**:
    a_06_B Erlenau-Happing, a_08_A Feldkirchen-Vogtareuth, a_13_B Altenhohenau
  - **Abschnitt 2**:
    b_02_A Perach
  - **Abschnitt 3**:
    c_08_B Ering, c_09_B Mining, c_13_B Inzing
  - **Abschnitt 4**:
    d_04_B Fridolfing 1, d_05_B Fridolfing 2, d_10_B Haiming

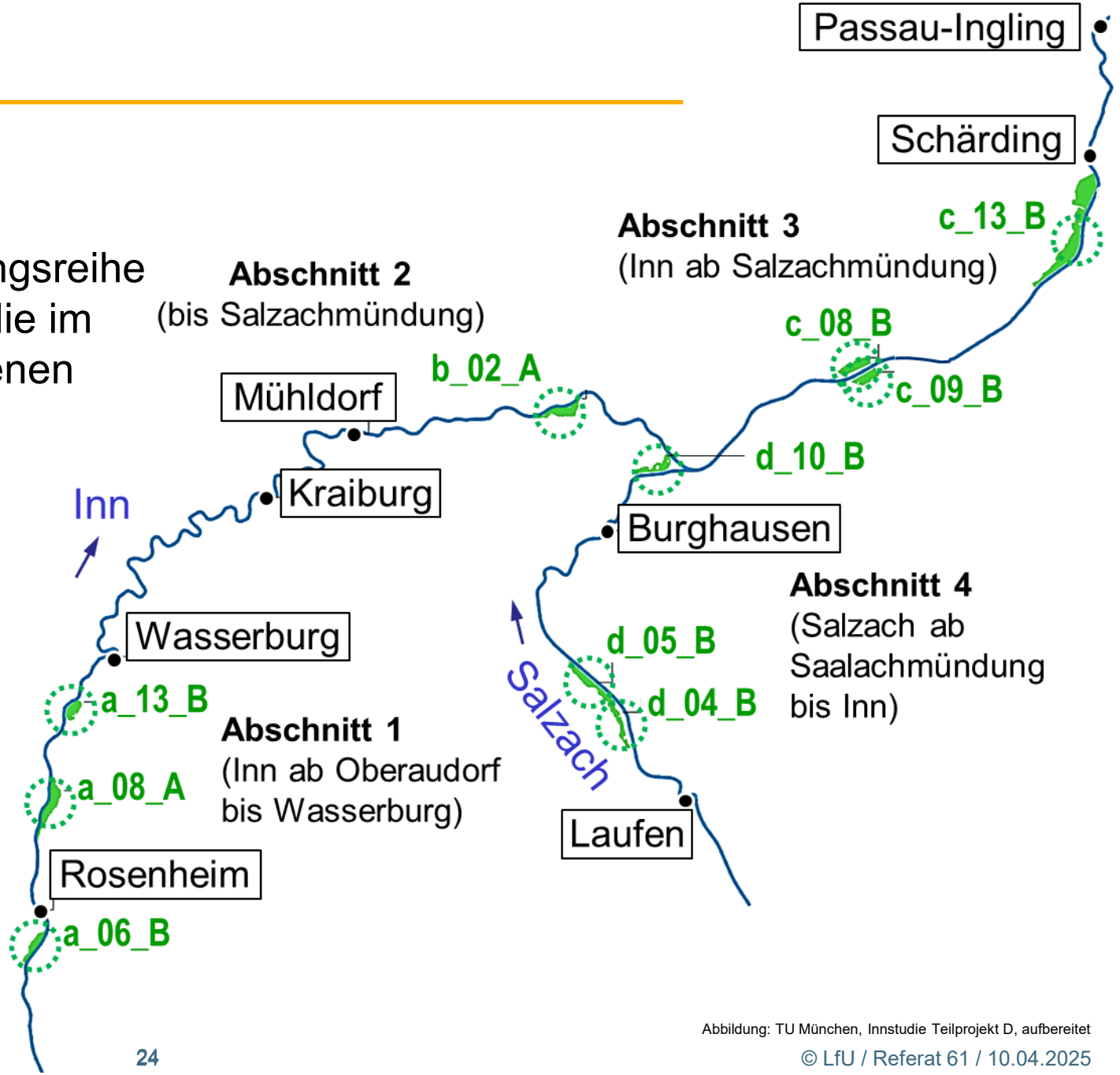


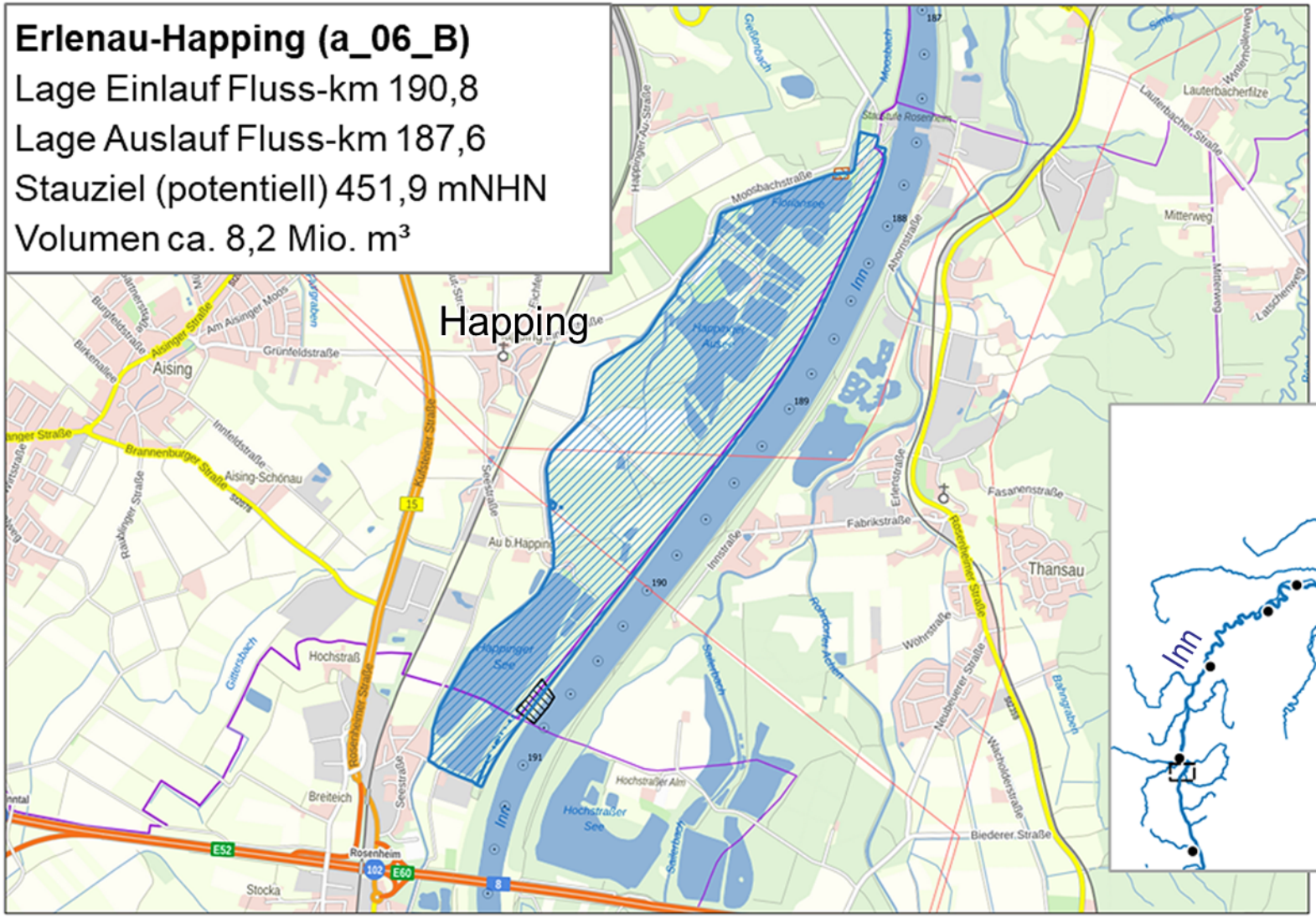

Abbildung: TU München, Innstudie Teilprojekt D, aufbereitet



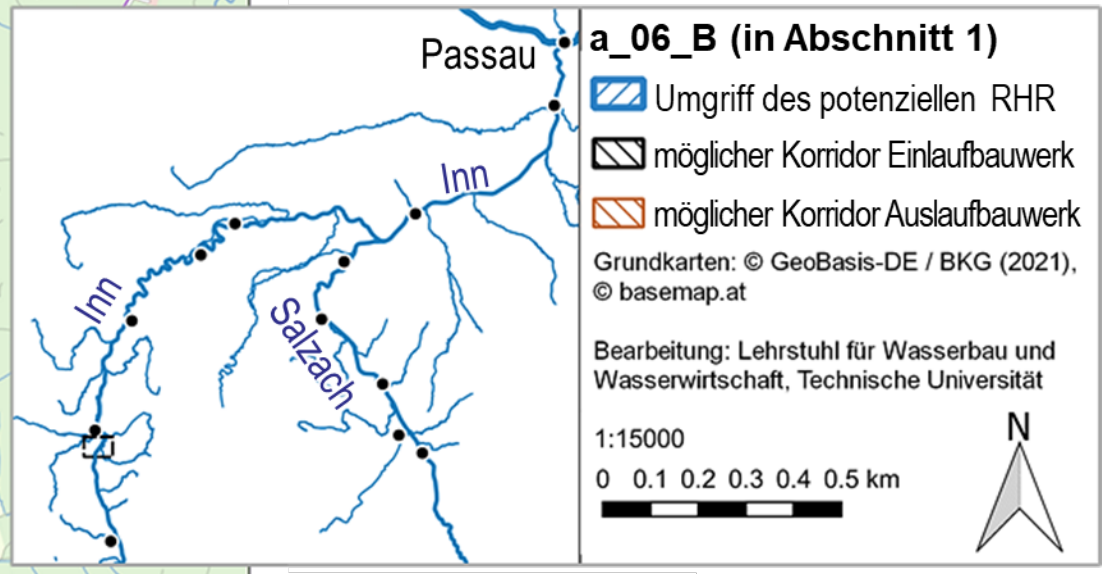
© LfU / Referat 61 / 10.04.2025

# Innstudie, potenzieller Standort Erlenau-Happing (a_06_B)

**Erlenau-Happing (a_06_B)**
Lage Einlauf Fluss-km 190,8
Lage Auslauf Fluss-km 187,6
Stauziel (potentiell) 451,9 mNHN
Volumen ca. 8,2 Mio. m³



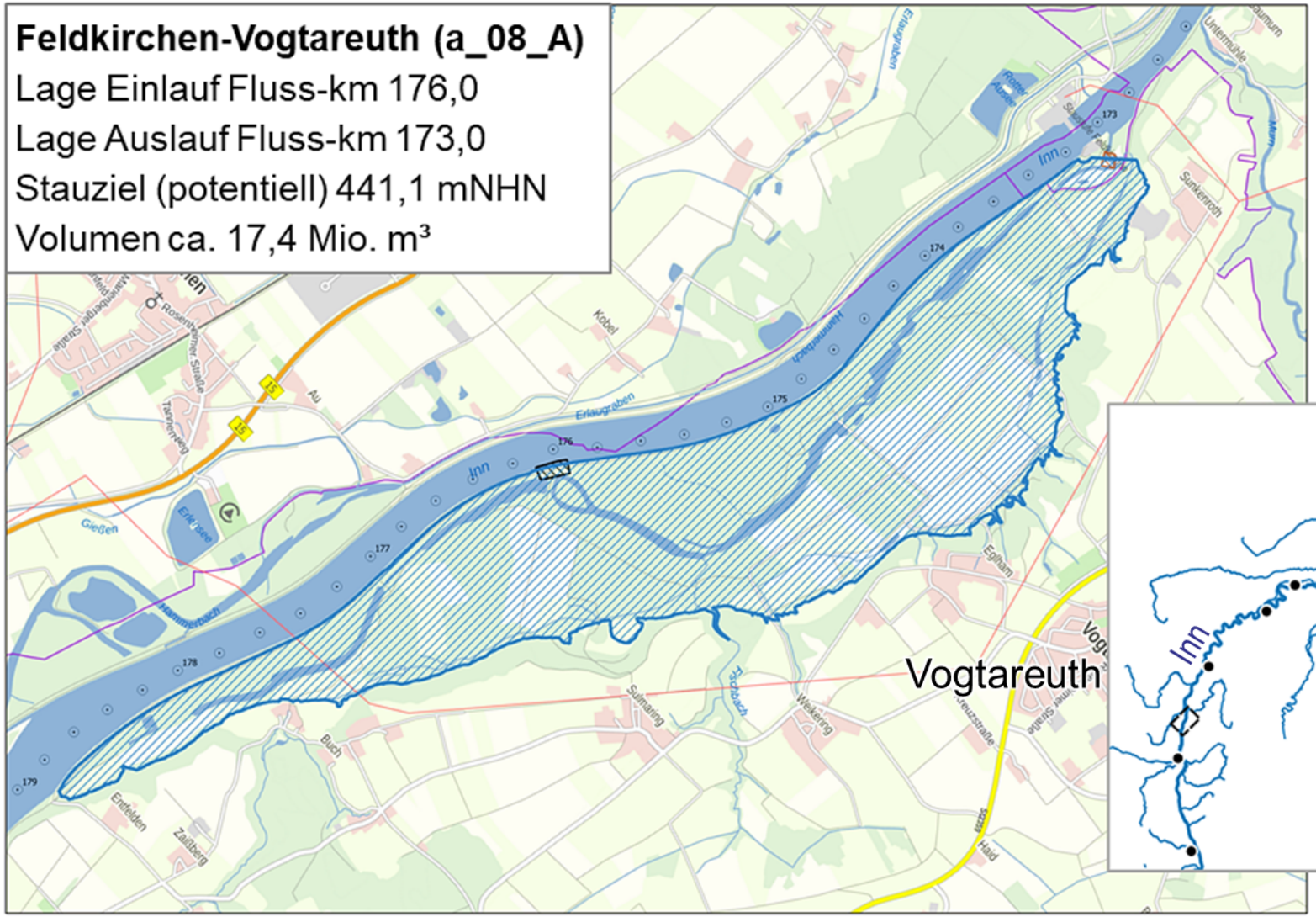

im Rahmen der Studie ermittelte ungefähre Eckdaten und Lage des potenziellen Standorts



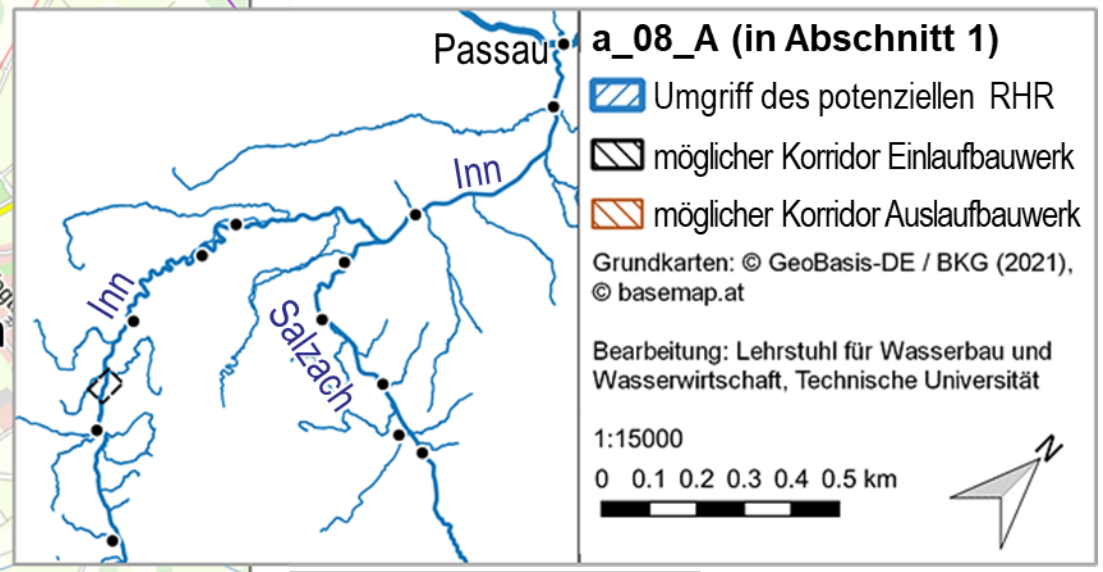

RHR: Rückhalteraum

# Innstudie, potenzieller Standort Feldkirchen-Vogtareuth (a_08_A)

**Feldkirchen-Vogtareuth (a_08_A)**
Lage Einlauf Fluss-km 176,0
Lage Auslauf Fluss-km 173,0
Stauziel (potentiell) 441,1 mNHN
Volumen ca. 17,4 Mio. m³



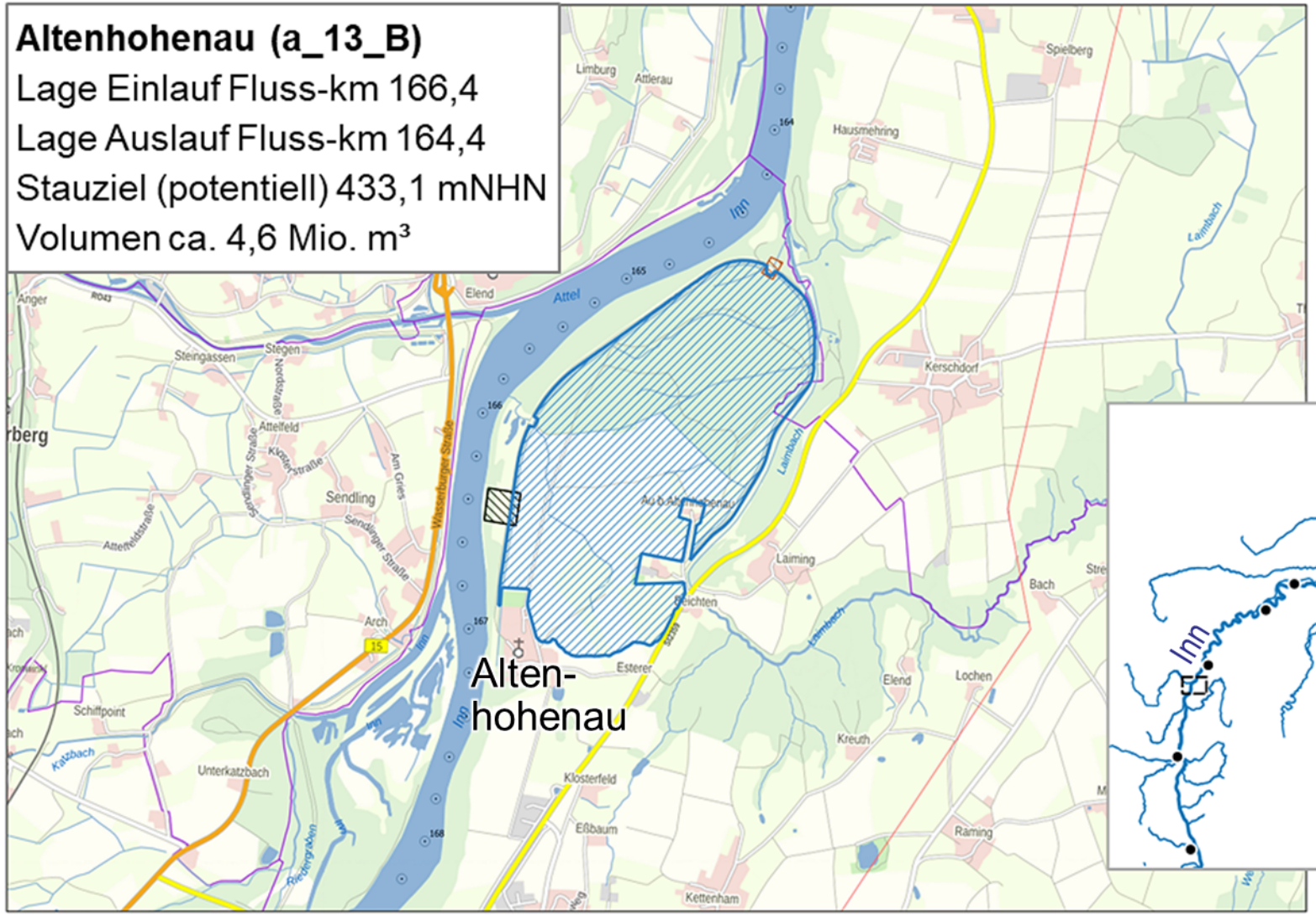

im Rahmen der Studie ermittelte ungefähre Eckdaten und Lage des potenziellen Standorts



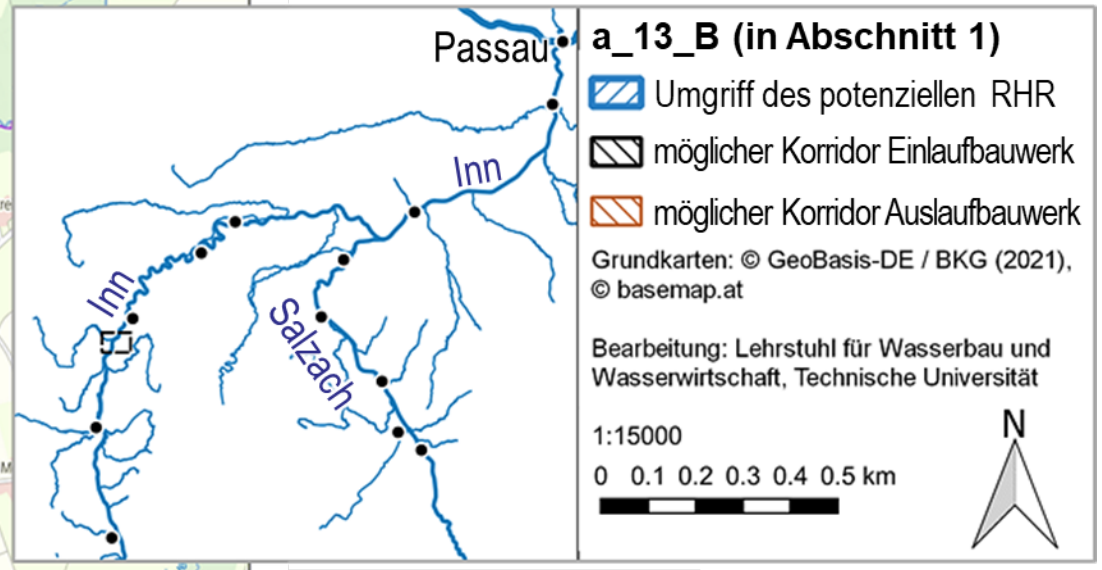

RHR: Rückhalteraum

# Innstudie, potenzieller Standort Altenhohenau (a_13_B)

**Altenhohenau (a_13_B)**
Lage Einlauf Fluss-km 166,4
Lage Auslauf Fluss-km 164,4
Stauziel (potentiell) 433,1 mNHN
Volumen ca. 4,6 Mio. m³



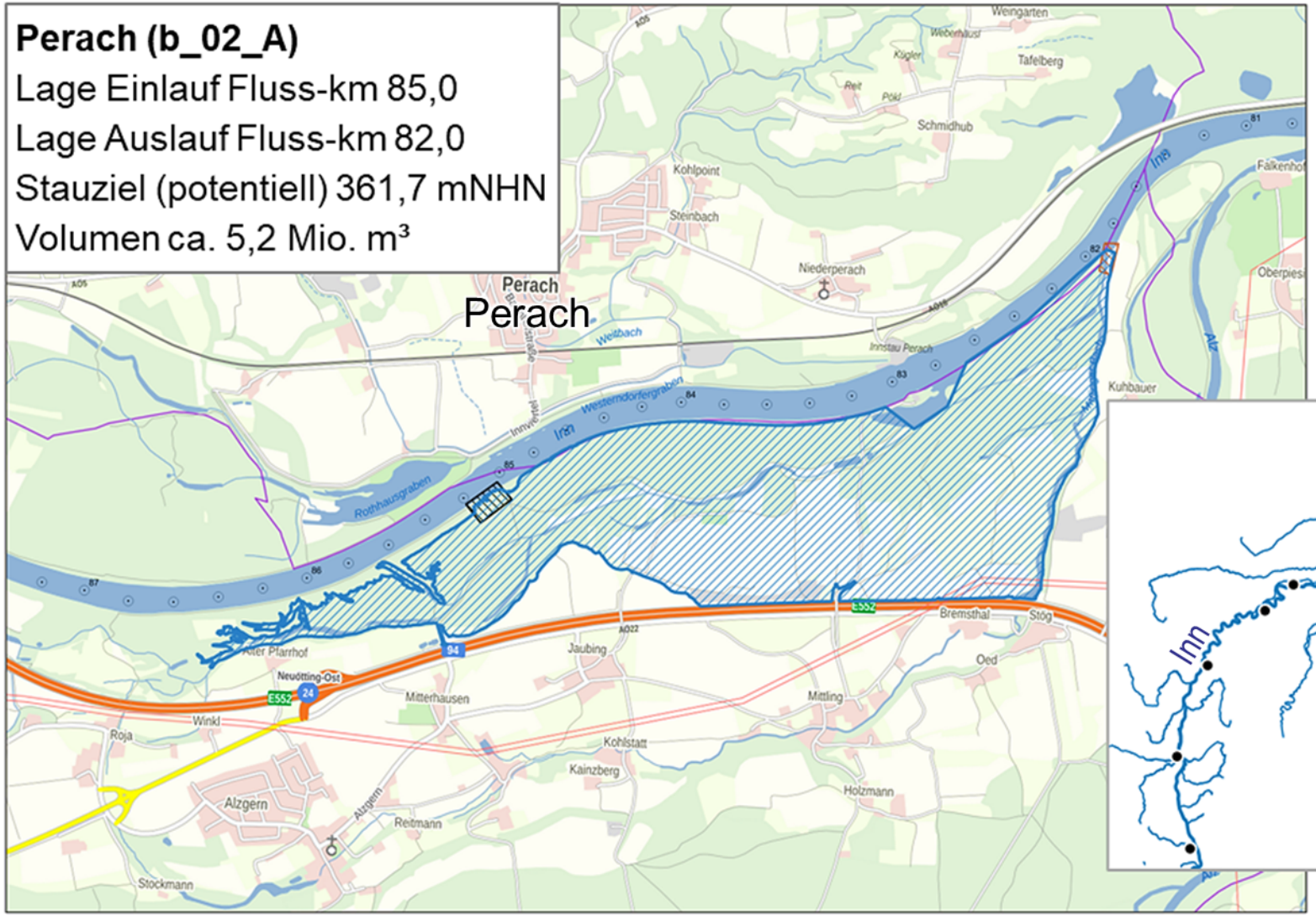

im Rahmen der Studie ermittelte ungefähre Eckdaten und Lage des potenziellen Standorts



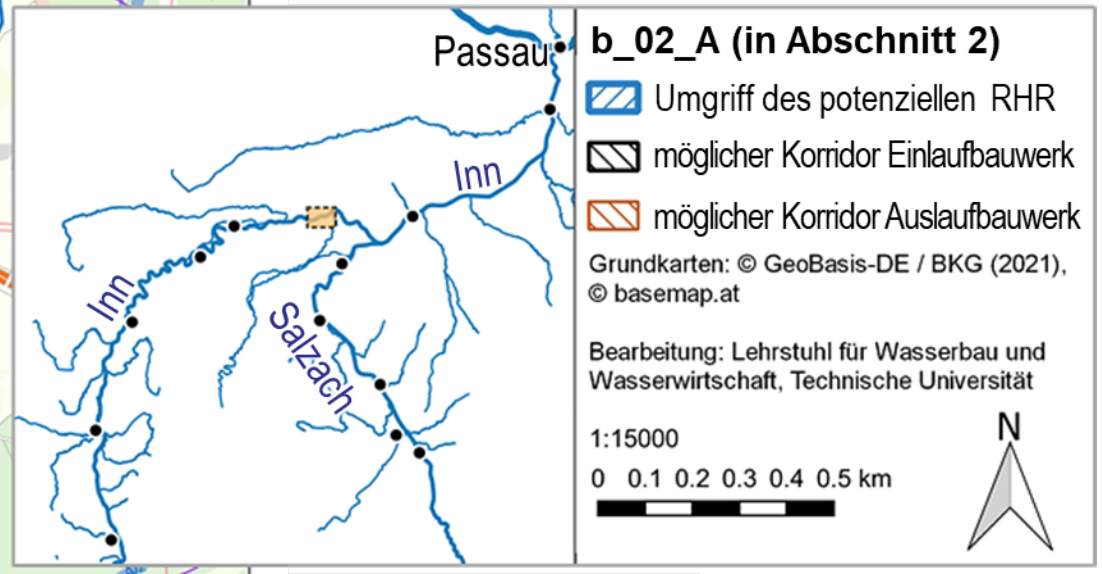

RHR: Rückhalteraum

# Innstudie, potenzieller Standort Perach (b_02_A)

**Perach (b_02_A)**
Lage Einlauf Fluss-km 85,0
Lage Auslauf Fluss-km 82,0
Stauziel (potentiell) 361,7 mNHN
Volumen ca. 5,2 Mio. m³



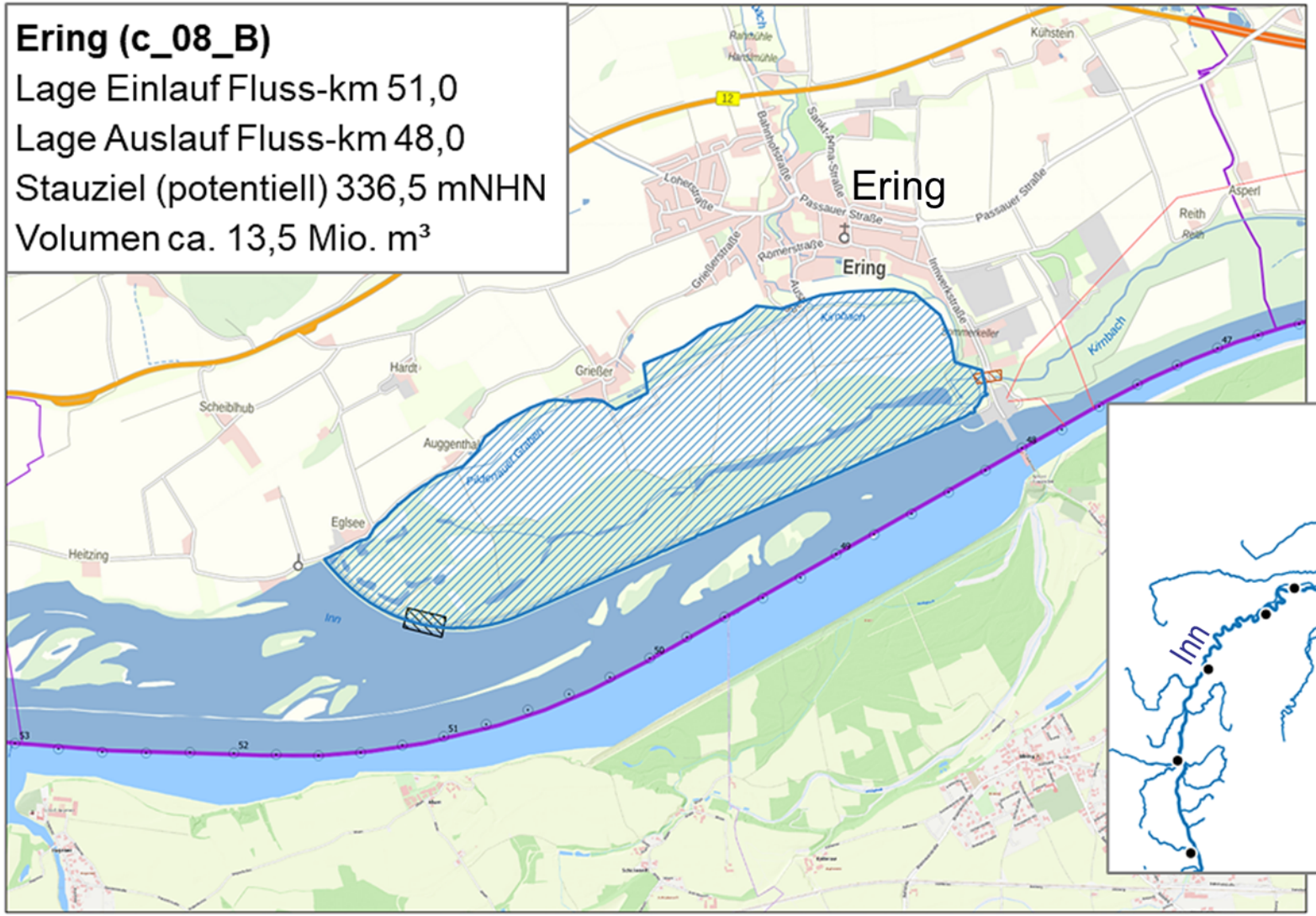

im Rahmen der Studie ermittelte <u>ungefähre</u> Eckdaten und Lage des potenziellen Standorts



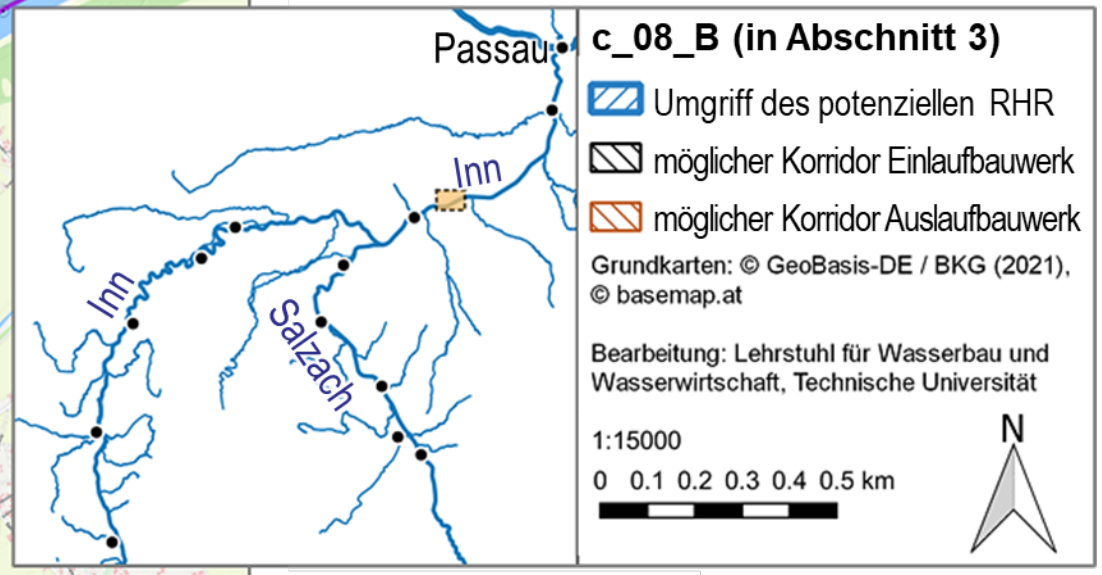

RHR: Rückhalteraum

# Innstudie, potenzieller Standort Ering (c_08_B)

**Ering (c_08_B)**
Lage Einlauf Fluss-km 51,0
Lage Auslauf Fluss-km 48,0
Stauziel (potentiell) 336,5 mNHN
Volumen ca. 13,5 Mio. m³



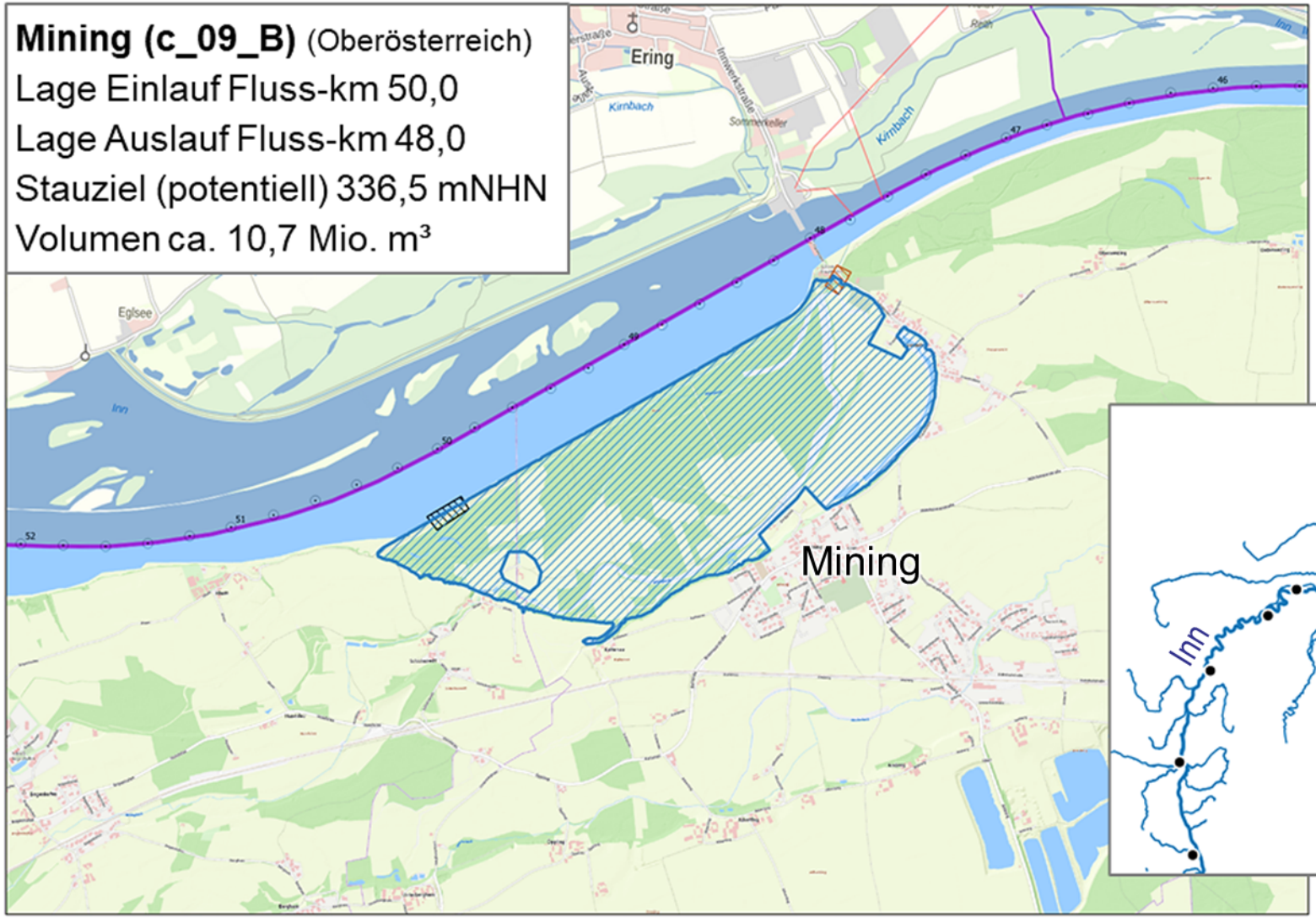

im Rahmen der Studie ermittelte ungefähre Eckdaten und Lage des potenziellen Standorts



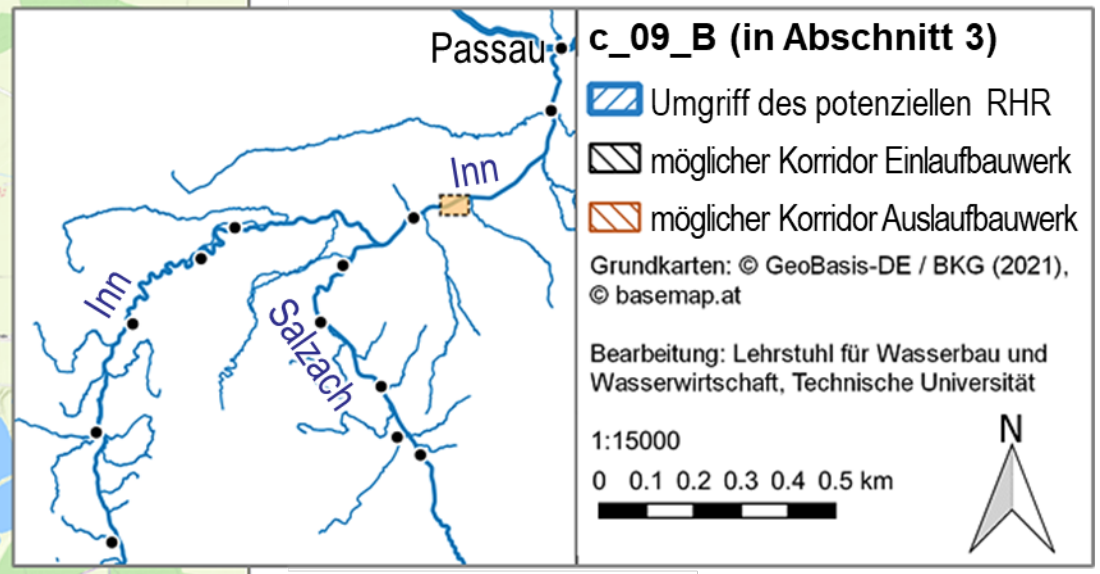

RHR: Rückhalteraum

# Innstudie, potenzieller Standort Mining (c_09_B)

**Mining (c_09_B)** (Oberösterreich)
Lage Einlauf Fluss-km 50,0
Lage Auslauf Fluss-km 48,0
Stauziel (potentiell) 336,5 mNHN
Volumen ca. 10,7 Mio. m³



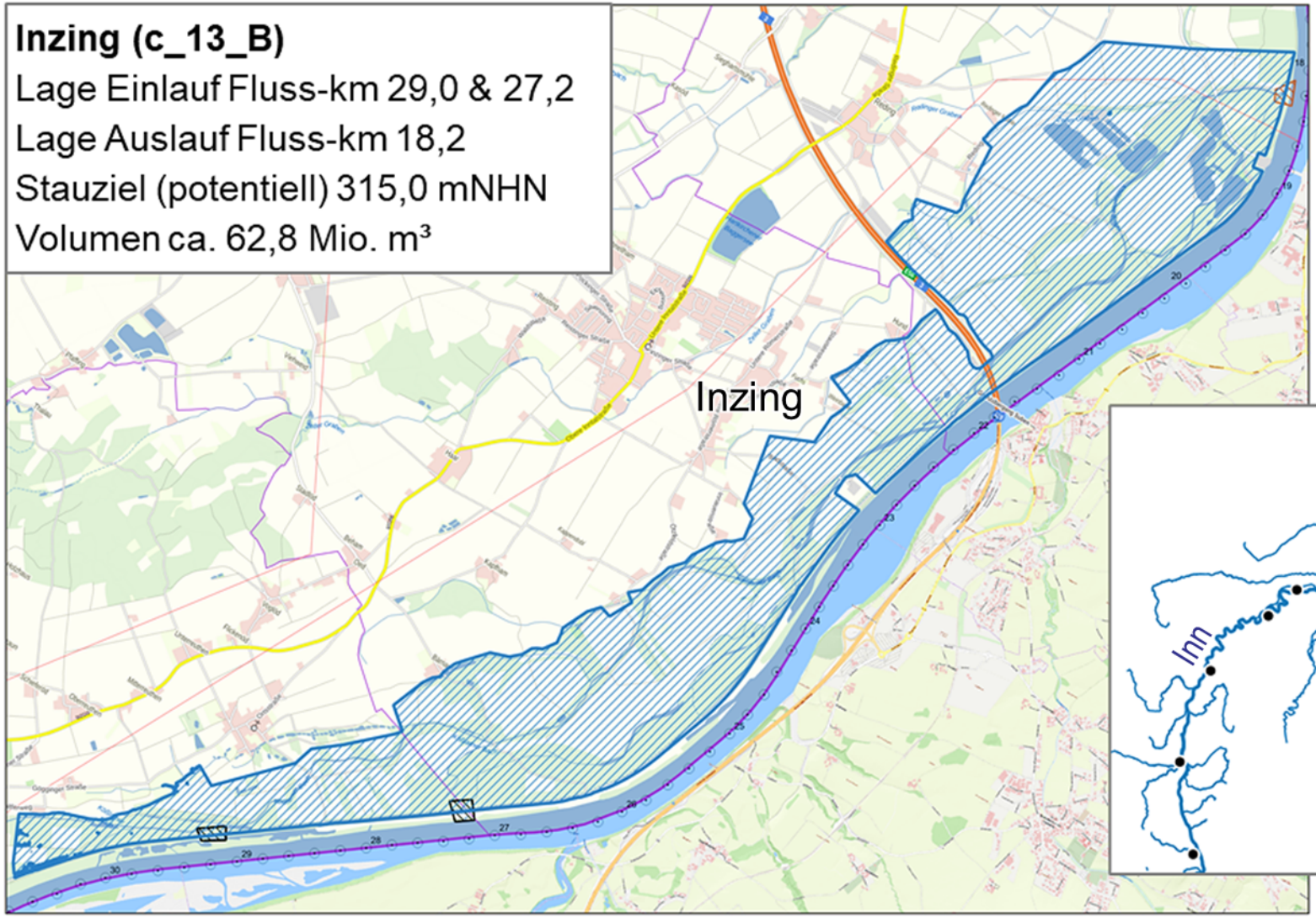

im Rahmen der Studie ermittelte ungefähre Eckdaten und Lage des potenziellen Standorts



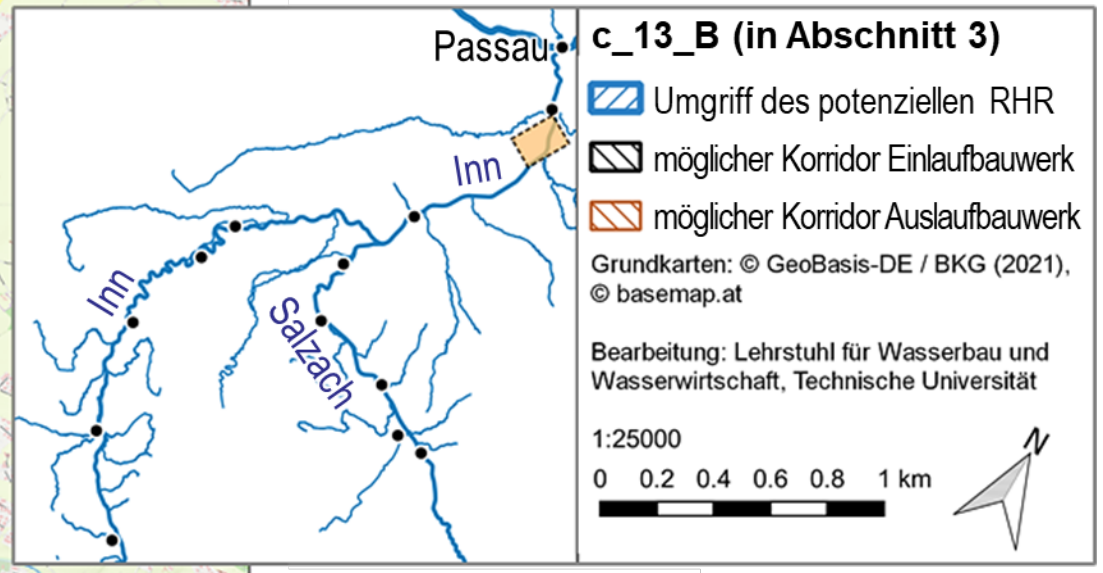

RHR: Rückhalteraum

# Innstudie, potenzieller Standort Inzing (c_13_B)

**Inzing (c_13_B)**
Lage Einlauf Fluss-km 29,0 & 27,2
Lage Auslauf Fluss-km 18,2
Stauziel (potentiell) 315,0 mNHN
Volumen ca. 62,8 Mio. m³



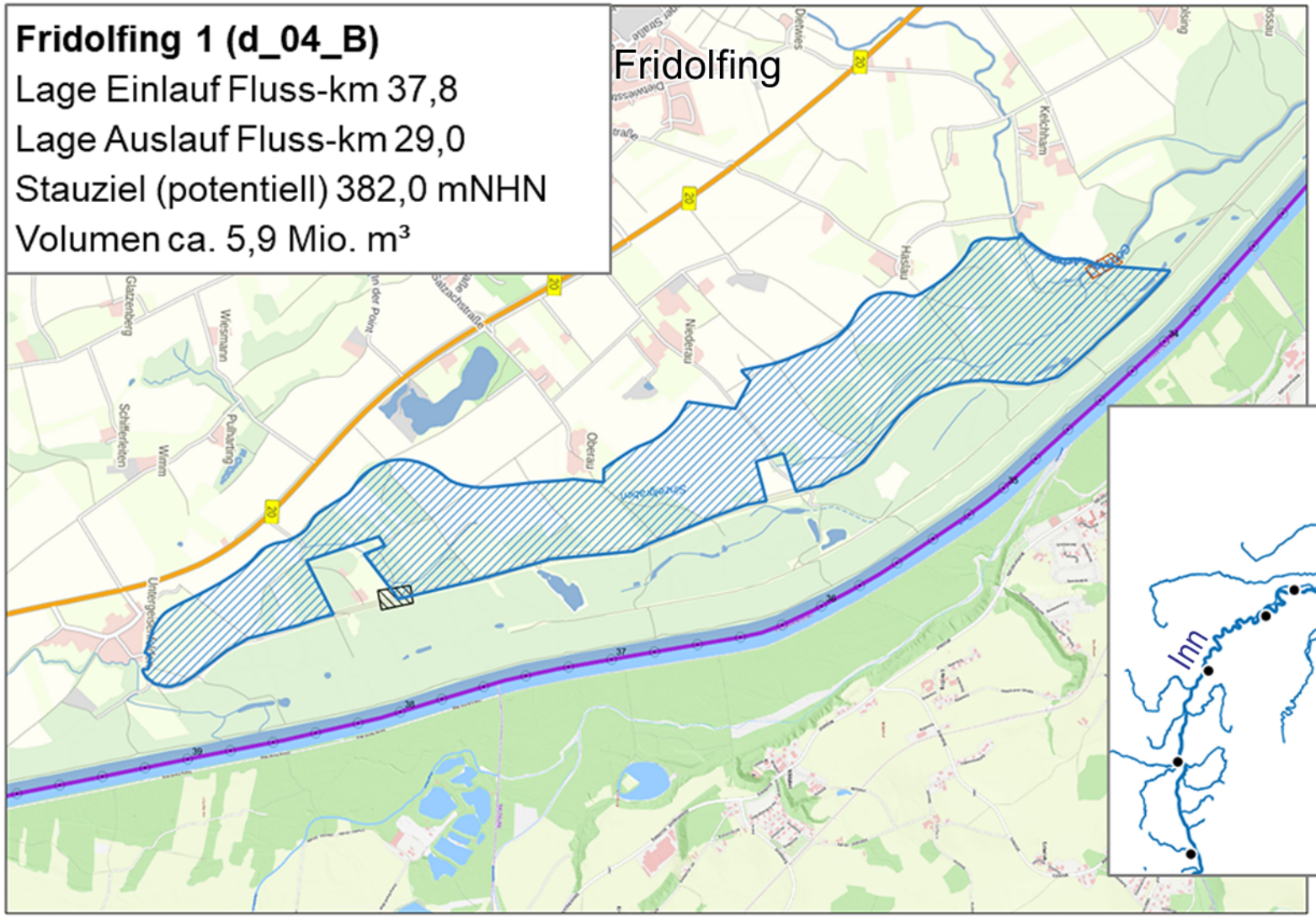

im Rahmen der Studie ermittelte ungefähre Eckdaten und Lage des potenziellen Standorts



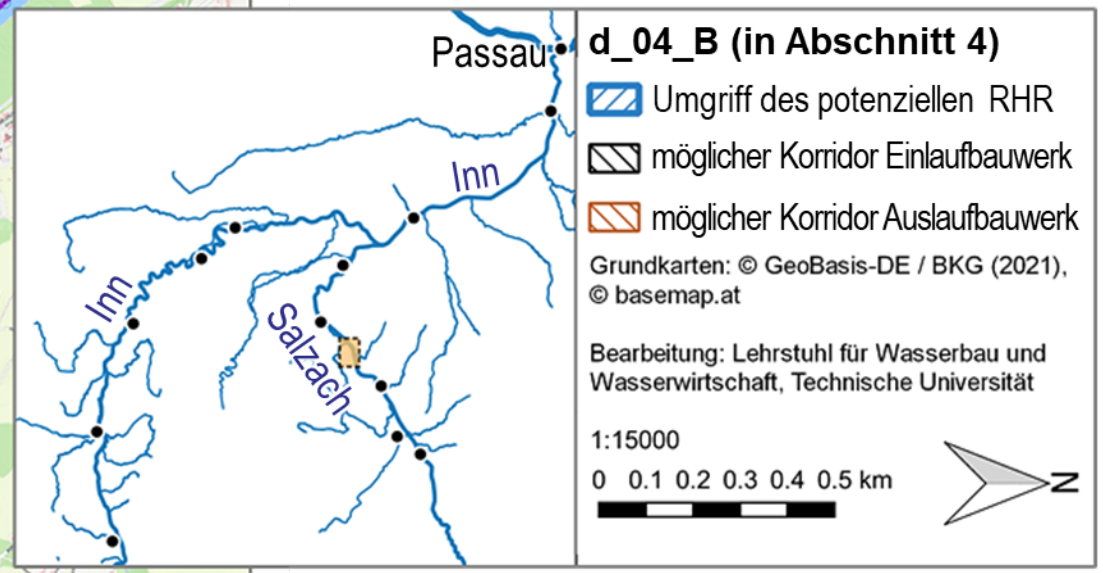

RHR: Rückhalteraum

# Innstudie, potenzieller Standort Fridolfing 1 (d_04_B)

**Fridolfing 1 (d_04_B)**
Lage Einlauf Fluss-km 37,8
Lage Auslauf Fluss-km 29,0
Stauziel (potentiell) 382,0 mNHN
Volumen ca. 5,9 Mio. m³



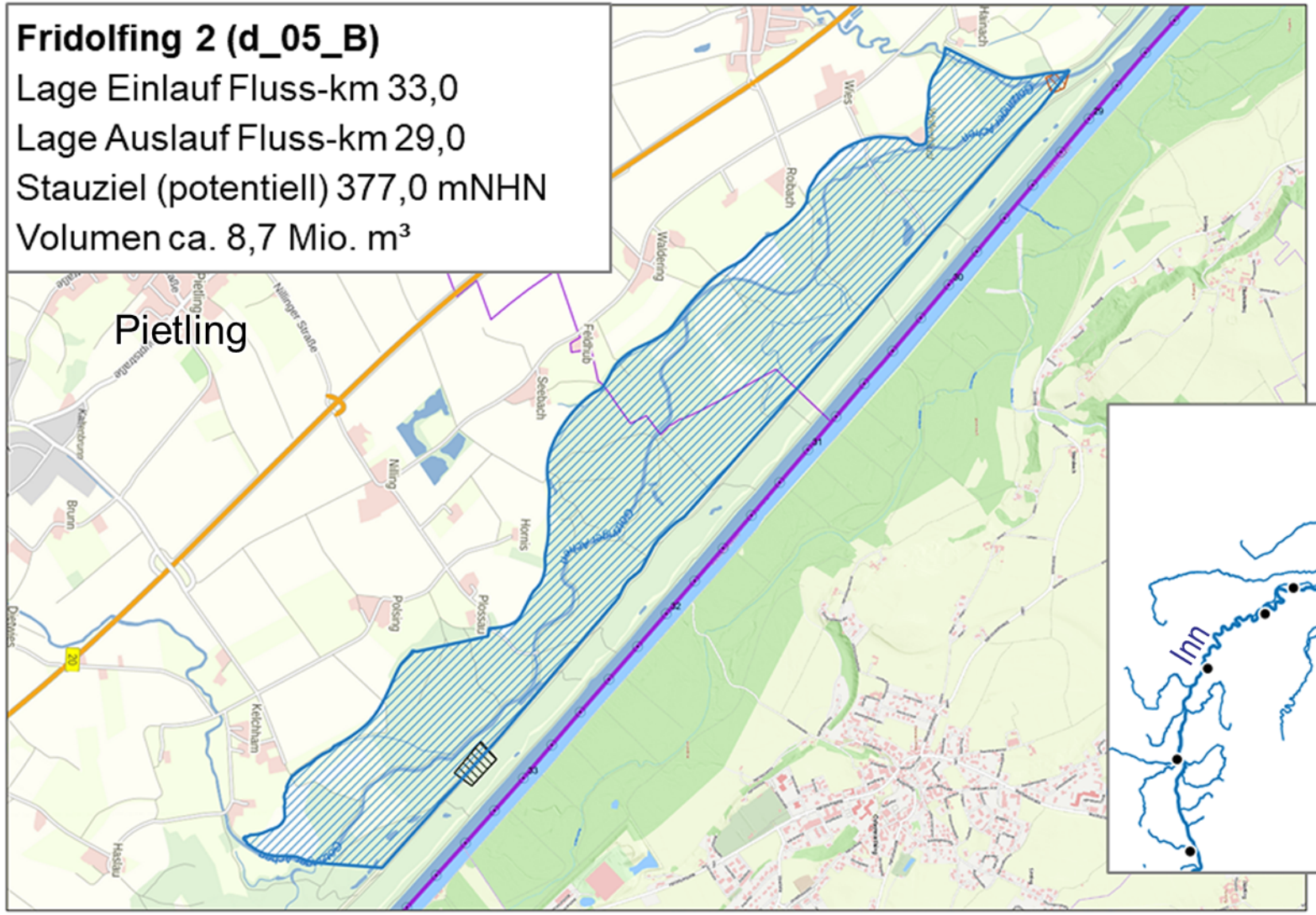

im Rahmen der Studie ermittelte ungefähre Eckdaten und Lage des potenziellen Standorts

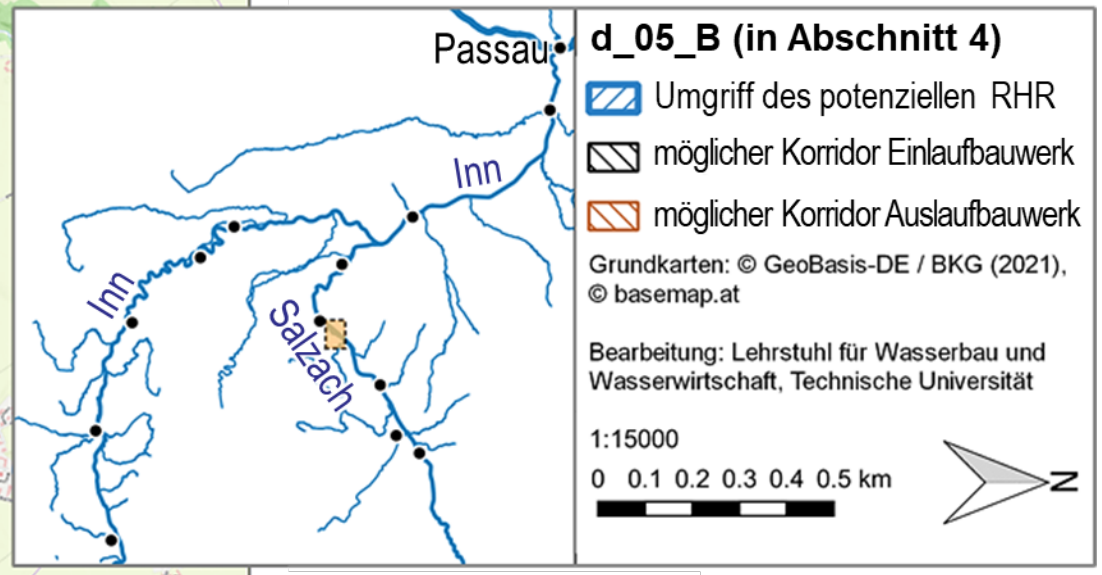



RHR: Rückhalteraum

# Innstudie, potenzieller Standort Fridolfing 2 (d_05_B)

**Fridolfing 2 (d_05_B)**
Lage Einlauf Fluss-km 33,0
Lage Auslauf Fluss-km 29,0
Stauziel (potentiell) 377,0 mNHN
Volumen ca. 8,7 Mio. m³



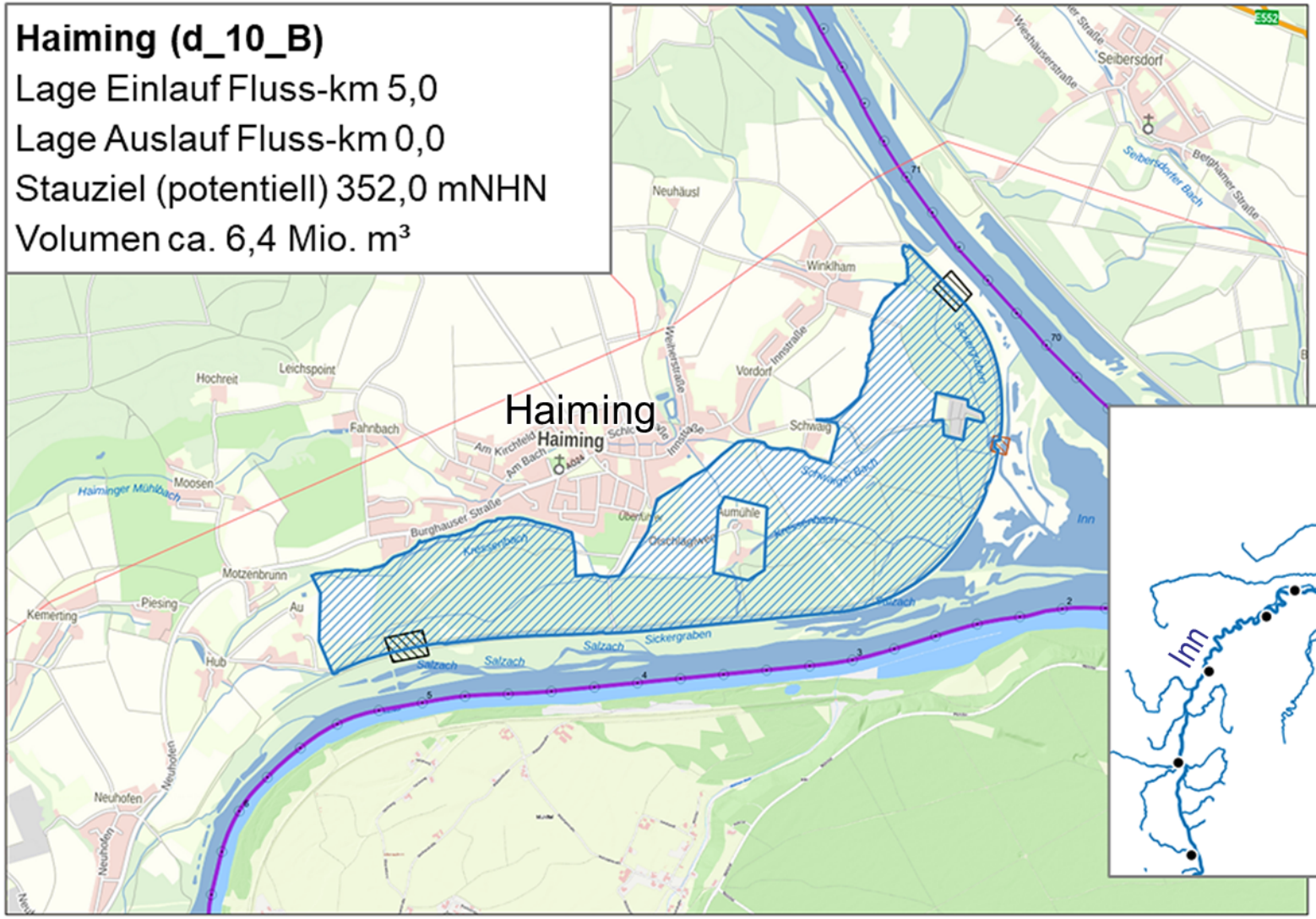




im Rahmen der Studie ermittelte ungefähre Eckdaten und Lage des potenziellen Standorts

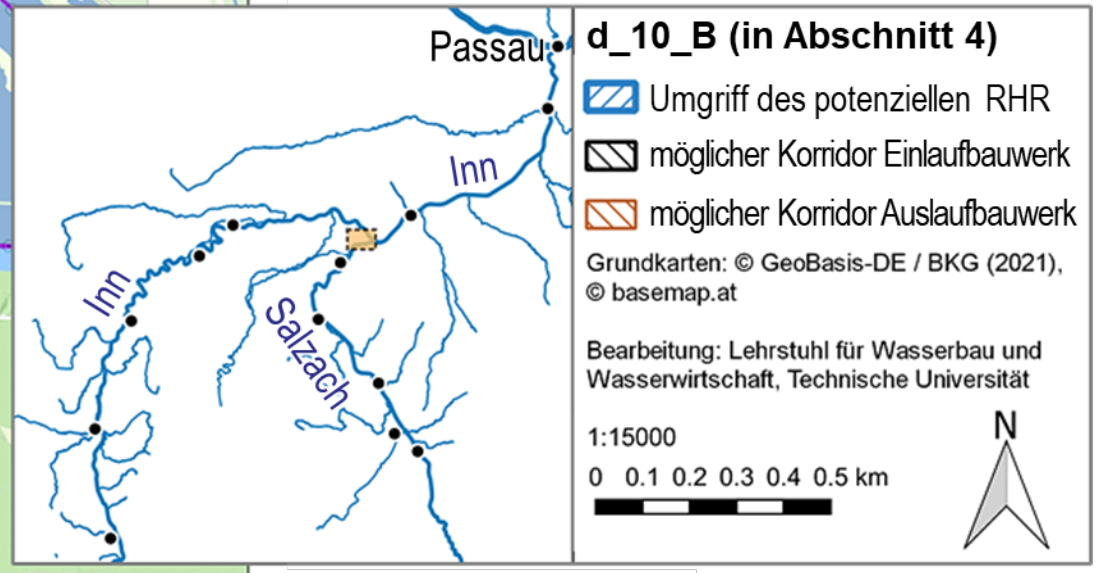
RHR: Rückhalteraum

# Innstudie, potenzieller Standort Haiming (d_10_B)

**Haiming (d_10_B)**
Lage Einlauf Fluss-km 5,0
Lage Auslauf Fluss-km 0,0
Stauziel (potentiell) 352,0 mNHN
Volumen ca. 6,4 Mio. m³




im Rahmen der Studie ermittelte <u>ungefähre</u> Eckdaten und Lage des potenziellen Standorts




RHR: Rückhalteraum

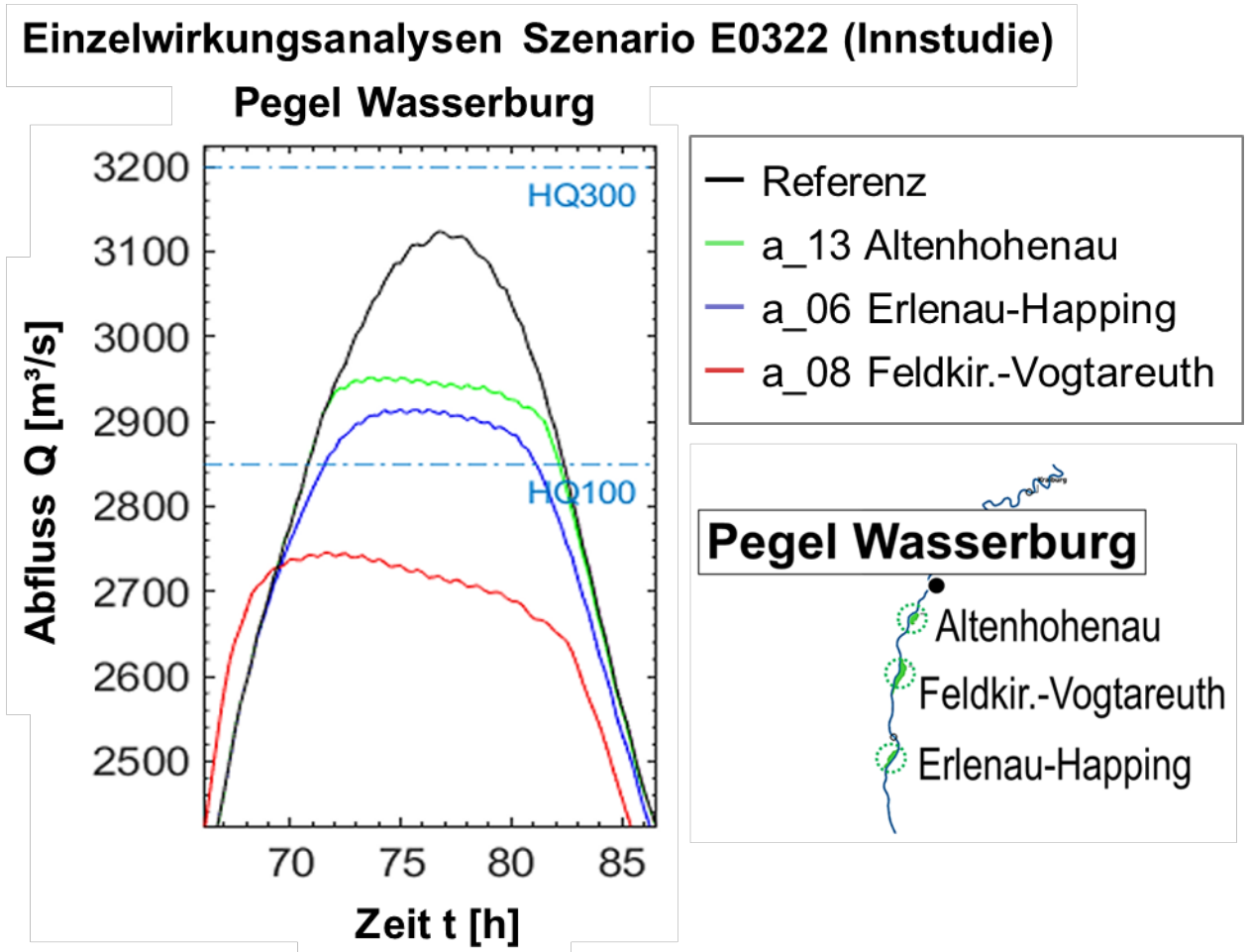
# Einzelwirkungsanalysen zu den potenziellen Standorten

- Durchführung umfangreicher Einzelwirkungsanalysen an den Pegeln Wasserburg, Burghausen und Passau-Ingling
- anhand der Hochwasserereignisse aus TP A

**Beispiel: Hochwasser E0322 (synthetisch)**

Pegel Wasserburg

- Hochwasserereignis Größenordnung: nahe $HQ_{300}$ am Pegel Wasserburg
- Reduktion auf fast $HQ_{100}$ bzw. darunter




Abbildungen: TU München, Innstudie Teilprojekt D, aufbereitet

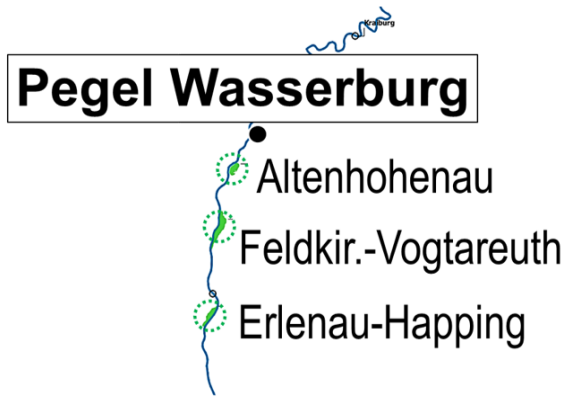


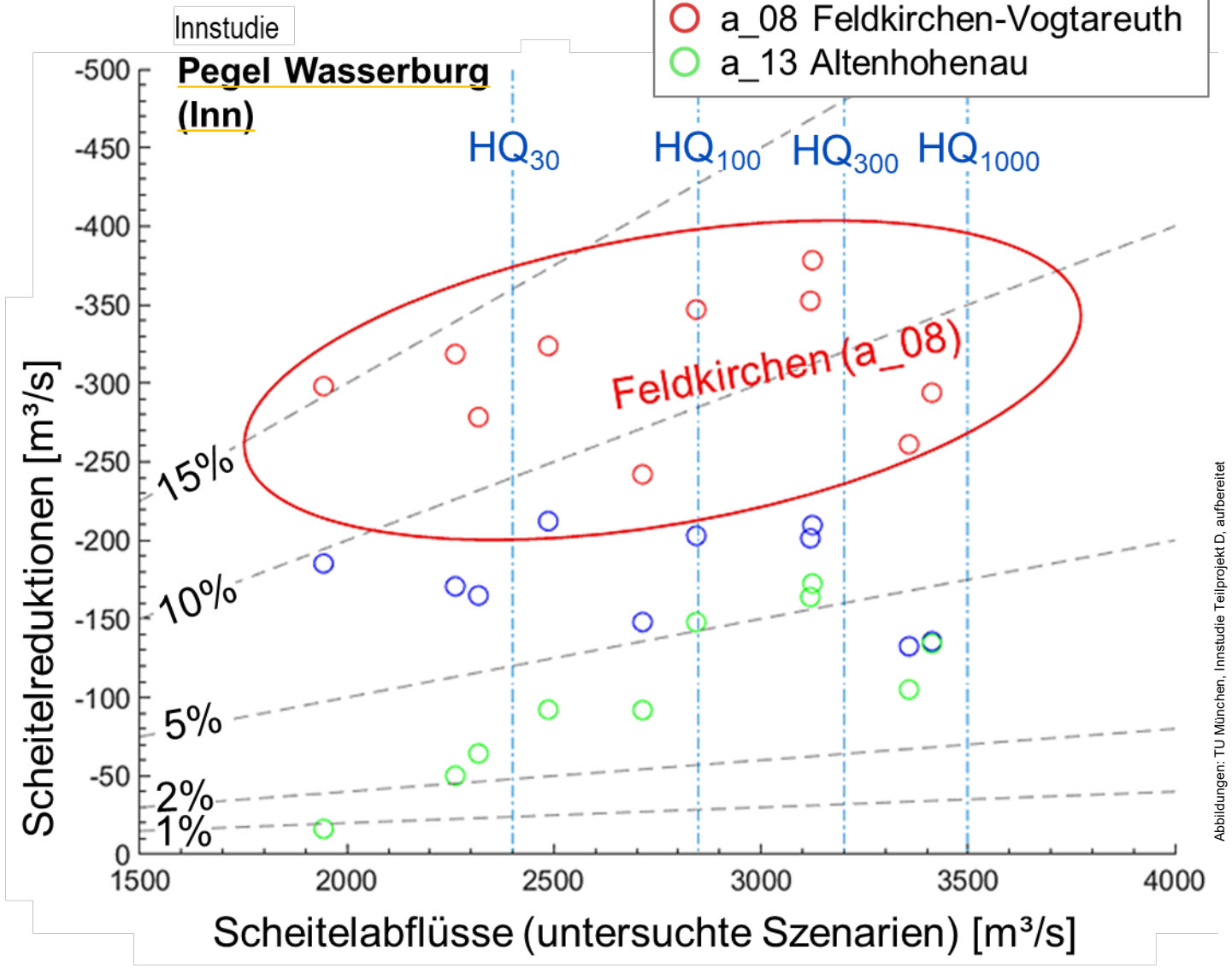
© LfU / Referat 61 / 10.04.2025

# Einzelwirkungsanalysen zu den potenziellen Standorten

## Wirkungen am Pegel Wasserburg

- Hochwasserereignisse ~ $HQ_{100}$: Scheitelreduktion von ca. 5 bis 12 %
- Hochwasserereignisse ~ $HQ_{300}$ u. mehr: Scheitelreduktion von ca. 3 bis 8 %
- Wirksamster Rückhalteraum: Feldkirchen



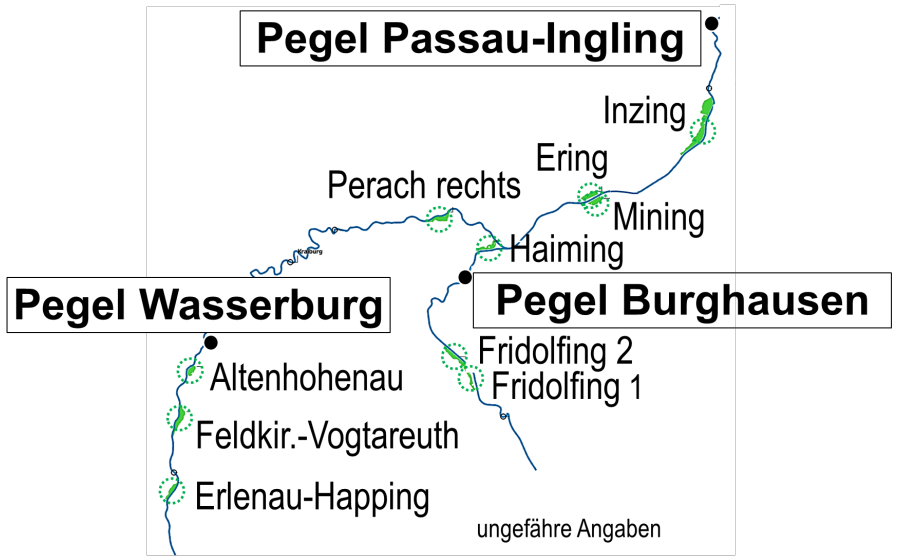



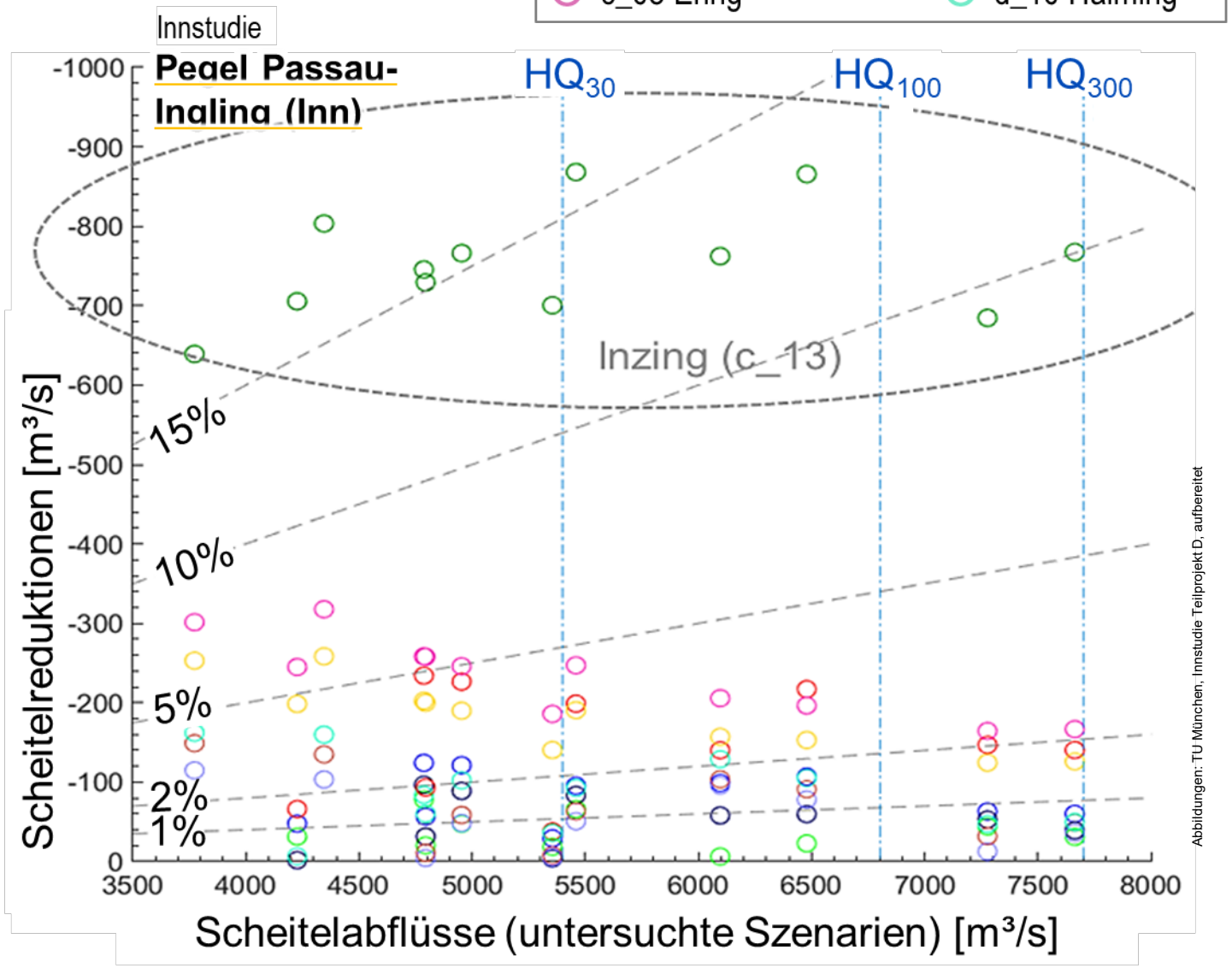

Abbildungen: TU München, Innstudie Teilprojekt D, aufbereitet

# Einzelwirkungsanalysen zu den potenziellen Standorten

## Wirkungen am Passau Ingling

- Wirksamster Rückhalteraum: Inzing
  Scheitelreduktion ca. 10 bis über 15 %



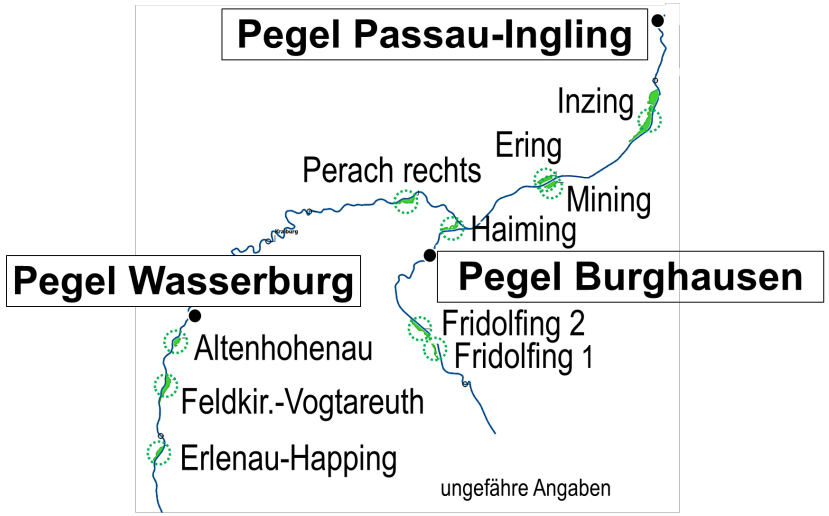

Abbildungen: TU München, Innstudie Teilprojekt D, aufbereitet

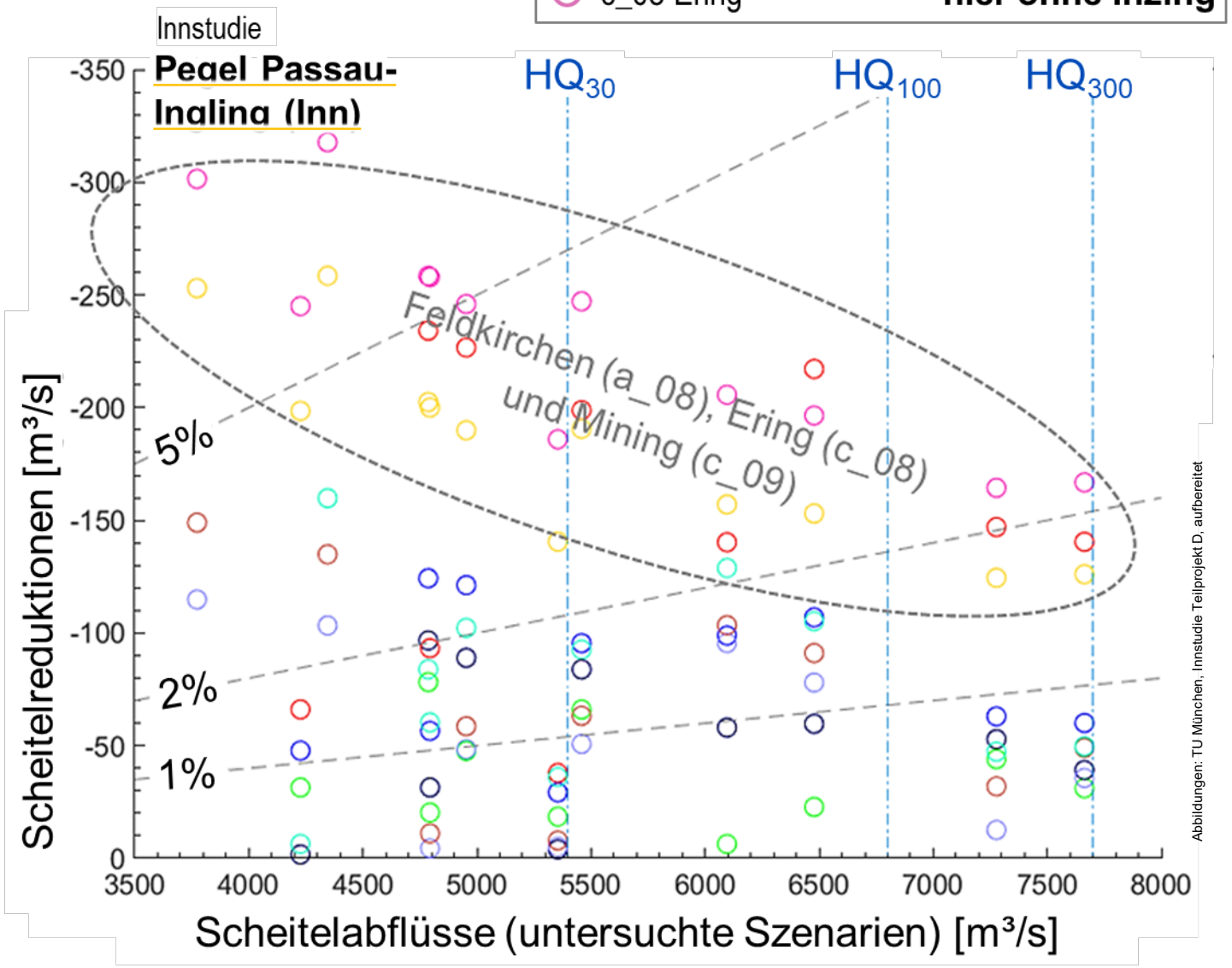
# Einzelwirkungsanalysen zu den potenziellen Standorten

## Wirkungen am Passau Ingling

Weitere wirksame Standorte (neben Inzing):

- Feldkirchen-Vogtareuth (trotz Überlagerung mit Salzach), Ering und Mining
- Je nach Aufbau des Hochwassers haben auch Rückhalteräume an der Salzach noch Wirkung in Passau



# Innstudie: Erweitertes Schema der Priorisierung der potenziellen Rückhalteräume

| Hydraulische Wirkung | Herausforderungen | Schaden |
|---|---|---|
| **A: relative Wirkung**<br>A1: relative Scheitelreduktion lokal<br>A2: relative Scheitelreduktion am Nah-Pegel<br>A3: relative Scheitelreduktion am Fern-Pegel<br>**B: spezifische & jährlichkeitsbezogene Wirkung**<br>B1: spez. Scheitelreduktion lokal<br>B2: spez. Scheitelreduktion am Nah-Pegel<br>B3: spez. Scheitelreduktion am Fern-Pegel<br>B4: jährl.-bez. Scheitelreduktion auf $HQ_{30}$ am Nah-Pegel<br>B5: jährl.-bez. Scheitelreduktion auf $HQ_{100}$ am Nah-Pegel<br>B6: jährl.-bez. Scheitelreduktion auf $HQ_{30}$ am Fern-Pegel<br>B7: jährl.-bez. Scheitelreduktion auf $HQ_{100}$ am Fern-Pegel | **C: Bautechnik**<br>C1: Deichneubau bzw. -anpassung<br>C2: Befüllung<br>C3: Entleerung<br>C4: Seitengewässer<br>**D: Siedlung–Infrastruktur–Mensch**<br>D1: Bebauung im Rückhalteraum<br>D2: Infrastruktur im Rückhalteraum<br>**E: Ökologie**<br>E1: Risikopotenzial aus naturschutzfachl. Sicht (siehe hierzu auch nachfolgende Folie) | **F: Reduktion des potenziellen Schadens**<br>F1: bei $HQ_{30}$ am Nah-Pegel<br>F1: bei $HQ_{100}$ am Nah-Pegel<br>F1: bei $HQ_{300}$ am Fern-Pegel<br>F1: bei $HQ_{100}$ am Fern-Pegel |
| Bewertung: 1.0 (gut) bis 3.0 (schlecht) | Bewertung: 1 (gut), 2 (mittel), 3 (schlecht) | Bewertung: 1.0 (gut) bis 3.0 (schlecht) |
| Gewichtung: \| A1-A2-A3 \| B1-B2-B3 \| B4-B5-B6-B7 \| | Gewichtung \| C1-C2-C3-C4 \| D1-D2 \| | Gewichtung \| F1-F2-F3-F4 \| |
| **Bewertung A und B** | **Bewertung C und D** | **Bewertung F** |

Gewichtung: | A und B (3/7) | C und D (2/7) | E (1/7) | F (1/7) |

**Gesamtbewertung: Reihung der potenziellen Rückhalteräume**



© LfU / Referat 61 / 10.04.2025

# Erweitertes Schema der Priorisierung – Kriterium E Ökologie

| Potenzieller Standort | Natura 2000 | Schutz-gebiete | geschützte Biotope / B.-gruppen | geschützte u. gefährdete Arten | Land-schaftsbild / Erhohlung | GESAMT ohne Kompensations-Maßnahmen | Reihung | GESAMT mit Kompensations-Maßnahmen |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Feldkir.-Vogtar. | hoch | gering | gering | mäßig | gering | **gering** | **1** | **positiv** |
| Altenhohenau | mäßig | gering | mäßig | mäßig | mäßig | **mäßig** | **2** | **gering** |
| Erl.-Happing | kein / nicht relevant | hoch | mäßig | mäßig | mäßig | **mäßig** | **3** | **mäßig** |
| Mining | hoch | kein / nicht relevant | hoch | hoch | mäßig | **hoch** | **4** | **mäßig** |
| Ering | hoch | kein / nicht relevant | mäßig | hoch | hoch | **hoch** | **5** | **mäßig** |
| Perach rechts | sehr hoch | kein / nicht relevant | hoch | hoch | gering | **hoch** | **6** | **mäßig** |
| Inzing | hoch | kein / nicht relevant | hoch | hoch | hoch | **hoch** | **7** | **mäßig** |
| Haiming | hoch | hoch | mäßig | hoch | hoch | **hoch** | **8** | **mäßig** |
| Fridolfing 1 | sehr hoch | kein / nicht relevant | hoch | hoch | hoch | **sehr hoch** | **9** | **hoch** |
| Fridolfing 2 | sehr hoch | kein / nicht relevant | hoch | hoch | hoch | **sehr hoch** | **10** | **hoch** |

Einordnung der potenziellen Standorte nach deren Risikopotenzial aus naturschutzfachlicher Sicht (Auszug, REVITAL 2020)



© LfU / Referat 61 / 10.04.2025

# TP D - Gesamtergebnis der Innstudie, Teilprojekt D

| Abschnitt | ID (Kürzel) | Potenzieller Standort | potenzielles Volumen [Mio. m³] | Lage (ca.) [Fkm] | Bewertung | Rang innerhalb Abschnitt |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | a_06_B | Erlenau-Happing | 8,2 | 190,8 | 1,90 | 2 |
| 1 | a_08_A | Feldkir.-Vogtar. | 17,4 | 176,0 | 1,44 | 1 |
| 1 | a_13_B | Altenhohenau | 4,6 | 166,4 | 2,01 | 3 |
| 2 | b_02_A | Perach rechts | 5,2 | 85,0 | 2,24 | 1 |
| 3 | c_08_B | Ering | 13,5 | 51,0 | 1,97 | 2 |
| 3 | c_09_B | Mining | 10,7 | 50,0 | 1,98 | 3 |
| 3 | c_13_B | Inzing | 62,8 | 29/27,2 | 1,81 | 1 |
| 4 | d_04_B | Fridolfing 1 | 5,9 | 37,8 | 2,17 | 2 |
| 4 | d_05_B | Fridolfing 2 | 8,7 | 33,0 | 2,10 | 1 |
| 4 | d_10_B | Haiming | 6,4 | 5,0 | 2,23 | 3 |

Differenzen zwischen Standorten oft sehr gering (vgl. Bewertung)

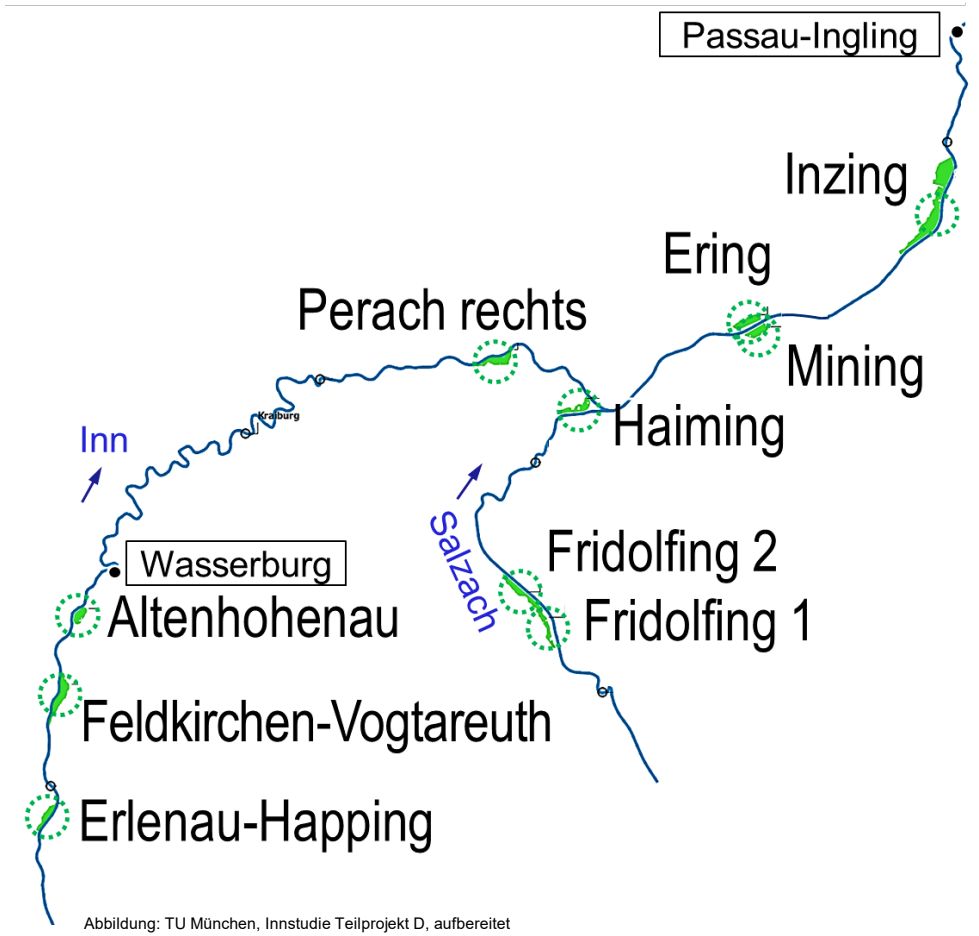



Abbildung: TU München, Innstudie Teilprojekt D, aufbereitet

Innstudie, Untersuchungsgebiet
Abschnitt 1: Inn ab Oberaudorf bis Wasserburg
Abschnitt 2: Inn ab Wasserburg bis Salzachmündung
Abschnitt 3: Inn ab Salzachmündung bis Passau
Abschnitt 4: Salzach ab Saalachmündung bis Inn

# Zusammenfassung und Fazit aus Sicht des Teilprojekts D der Innstudie

**Identifikation potenzieller Standorte für größere Rückhalteräume und Untersuchung deren theoretischen Potenzials zur Verringerung des Hochwasserscheitelabflusses**

Identifikation potenzieller Standorte

- Suche **potenzieller** Standorte für Flutpolder und für größere Deichrückverlegungen an Inn und Salzach
- Vergleich der Überschwemmungsflächen / Abflussverhältnisse im historischen (um 1800) und Ist-Zustand
  → Aufzeigen möglicher reaktivierbarer Standorte
- Grobbewertung der initial über 100 identifizierten möglichen Standorte (techn. Machbarkeit, Mindestgröße)
  → Reduktion auf 32 potenzielle Flutpolderstandorte und 3 Standorte für Deichrückverlegungen
- Weitere Priorisierung und detaillierte Untersuchung der aus Studiensicht vielversprechendsten Standorte
  → Detaillierte Einzelwirkungsanalysen für die bestbewerteten potenziellen Standorte (insgesamt 10)



© LfU / Referat 61 / 10.04.2025

# Zusammenfassung und Fazit aus Sicht des Teilprojekts D der Innstudie

## Modell-Ergebnisse (Untersuchung des theoretischen Potenzials)

- Einzelwirkungsanalysen der potenziellen Scheitelminderungen für die 12 Hochwasserereignisse aus TP A
  - am Pegel Wasserburg bis max. ca. 300 m³/s bzw. 15 %  (Standort Feldkirchen-Vogtareuth)
  - am Pegel Passau-Ingling bis max. ca. zu 800 m³/s bzw. 18 %  (Standort Inzing)
- Hochwasserereignisse können Inn- oder Salzach-betont sein

  → Standorte am Oberen und Unteren Inn werden empfohlen
- Untersuchte Deichrückverlegungen zeigen meist geringe Auswirkungen auf Hochwasserscheitelabflüsse

  → Vorteile in der lokalen Wasserspiegelabsenkung und ökologischer Hinsicht

## Charakter der Innstudie:

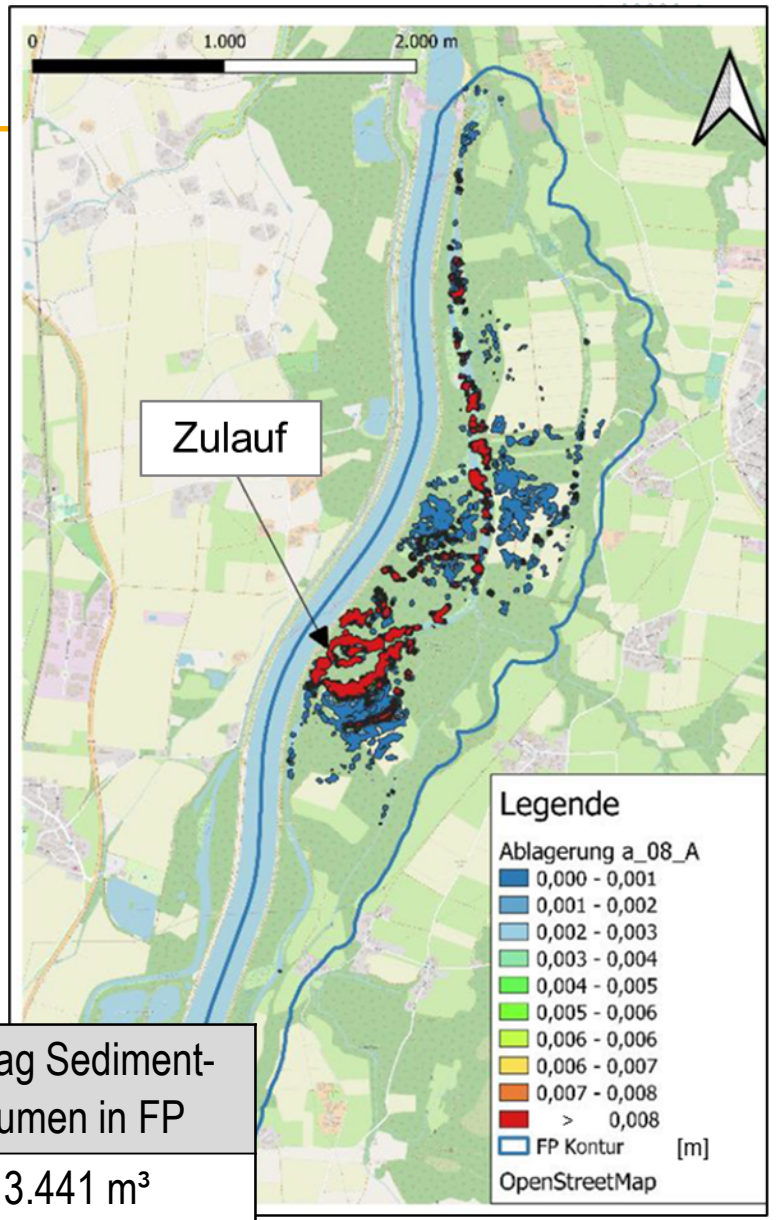
- Studie stellt wissenschaftliche Potenzialuntersuchung dar; sie ist keine Planung!



© LfU / Referat 61 / 10.04.2025

# Ergänzung aus TP E: „Feststoffe“ (TUM, Auszug)

- Eine erste Einschätzung zum Sedimentverhalten auf Studienebene
- Untersuchung für 3 ausgewählte potenzielle Flutpolderstandorte (FP)
- Exemplarisch durchgeführte Modellsimulationen (s. u.) zeigen:
  - Insb. im Zulauf-ferneren Bereich relativ wenig Ablagerungen
  - im Nahfeldbereich des Zulaufs (im angesetzten worst-case-Szenario) Sedimentablagerungshöhen im niedrigen Dezimeterbereich möglich
  - In den Fallbeispielen, jew. gemittelt über alle Ablagerungsbereiche ca. 1 bzw. 2 cm
- Modell-Aussagekraft aber begrenzt (Studienebene, z. B. vereinfachte Ansätze bzw. unbekannte Einlaufbauwerk-Geometrien)
- Öffnung von gesteuerten Flutpoldern erfolgt erst im Bereich des Hochwasserscheitels über ein Einlaufbauwerk




Beispiel Feldkirchen-Vogtareuth

| Kürzel | Potenzieller Standort | Stauraum | Spitzenabfluss am Kontrollquerschnitt | Spitzenabfluss in Richtung FP | Eintrag Sediment-volumen in FP |
|---|---|---|---|---|---|
| a_08_A | Feldkirchen-Vogtareuth | Feldkirchen | 2.127 m³/s | 398 m³/s | 13.441 m³ |
| a_13_B | Altenhohenau | Wasserburg | 2.787 m³/s | 173 m³/s | 5.144 m³ |
| c_09_B | Mining | Ering-Frauenstein | 6.049 m³/s | 347 m³/s | 12.158 m³ |

# Innstudie, Teilprojekt D

Flutpolder Riedensheim an der Donau, Rückhalteraum (rechts: Einlaufbauwerk)

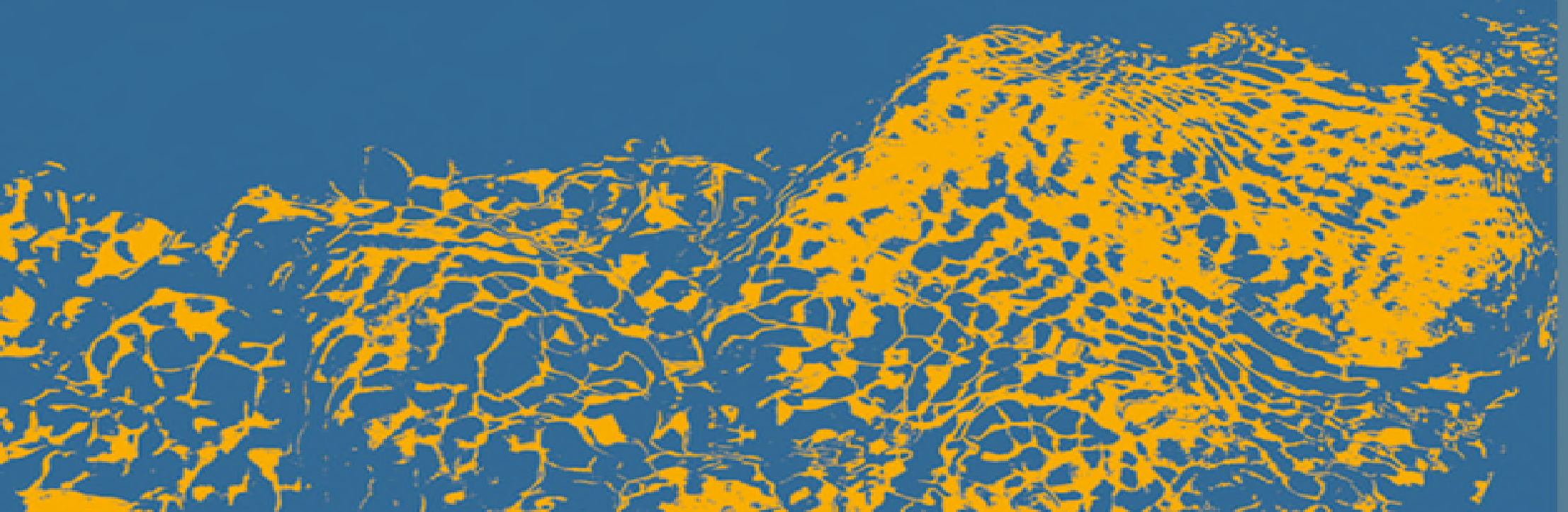


© LfU / Referat 61 / 10.04.2025

Bayerisches Landesamt für Umwelt

# Innstudie, Teilprojekt C

## Potenzialuntersuchung Staustufenbewirtschaftung

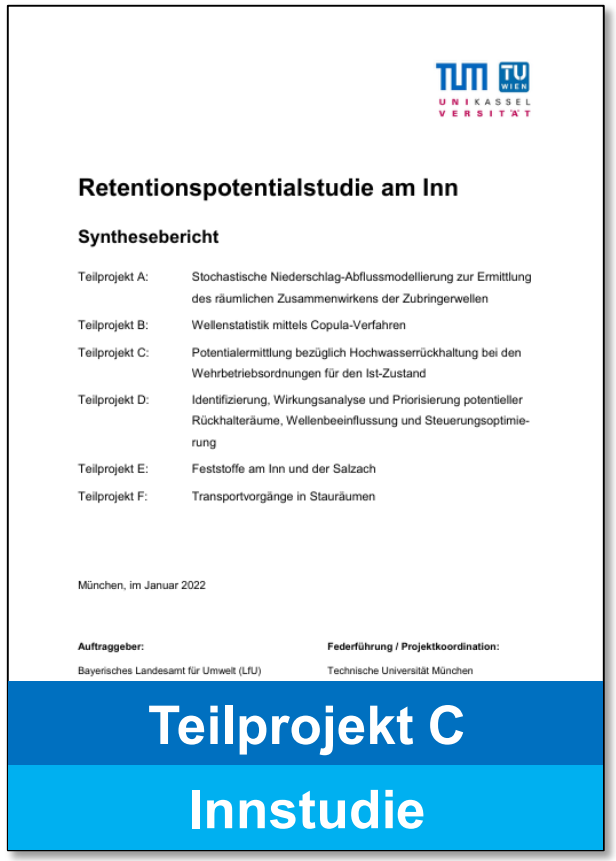


# Potenzialuntersuchung Staustufenbewirtschaftung (Teilprojekt C, Univ. Kassel)

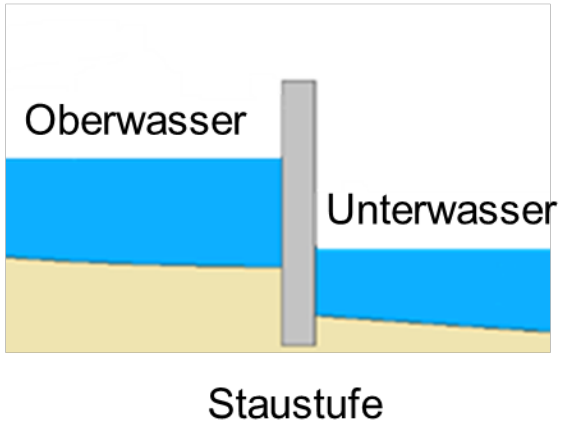
## Zentrale Fragestellung

- Kann durch eine gezielte Bewirtschaftung der Staustufen am Inn ein Hochwasser günstig beeinflusst werden?
- Untersuchung des theoretischen Potenzials

Staustufe Perach am Inn



# Grundprinzip einer gezielten Staustufenbewirtschaftung im Hochwasserfall mittels Vorabsenkung und Wiederaufstau

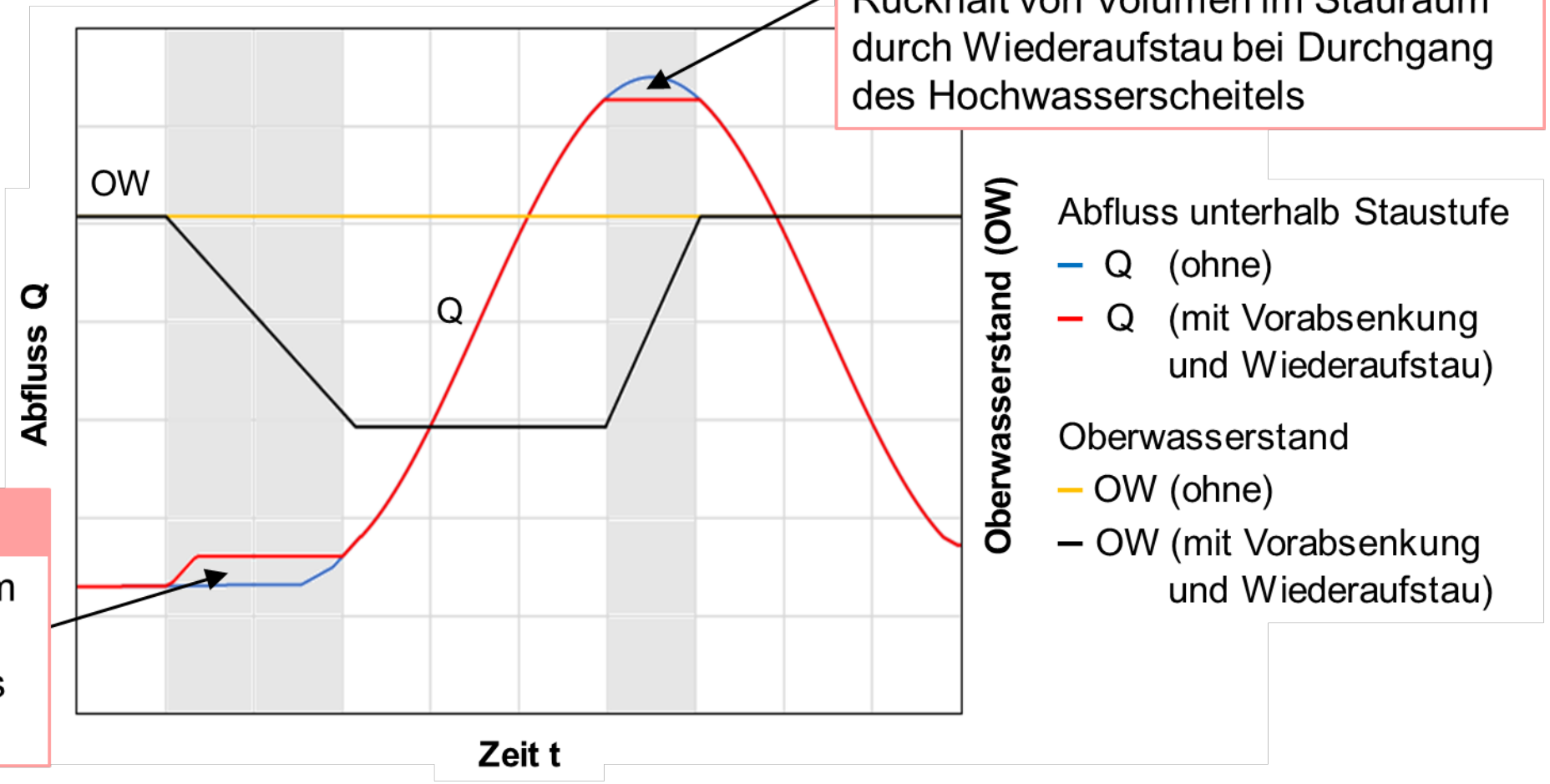



**Wiederaufstau**

Rückhalt von Volumen im Stauraum durch Wiederaufstau bei Durchgang des Hochwasserscheitels

**Vorabsenkung**

Schaffung von Volumen im Stauraum durch frühzeitiges Absenken des Oberwasserstandes



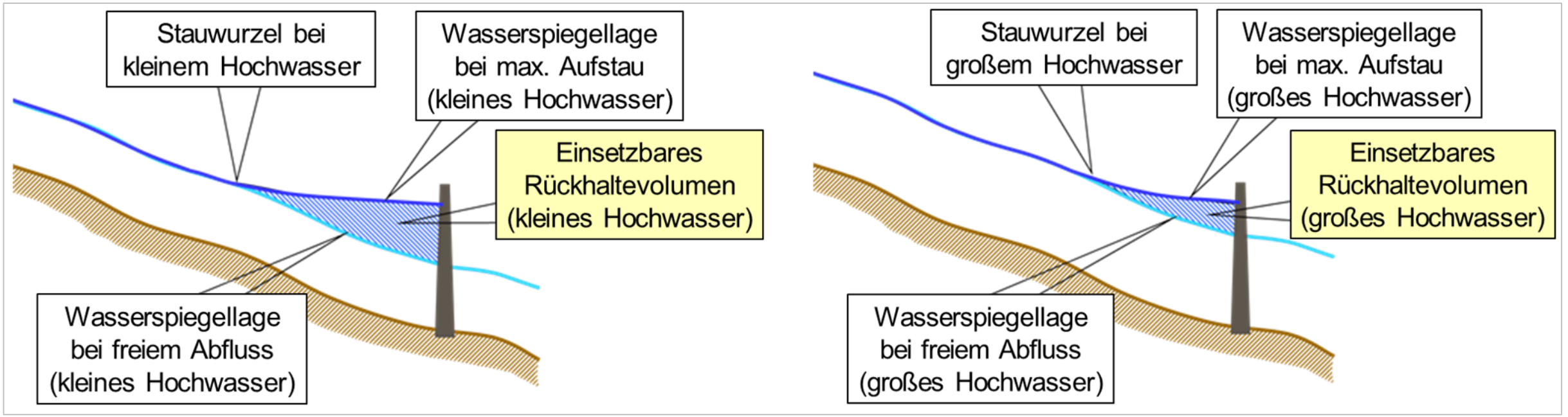



© LfU / Referat 61 / 10.04.2025

# Nutzbarer Rückhalteraum

**Limitierende Faktoren (u. a.)**

- Größe Stauraum (z. B. Breite, Sohlgefälle, Fallhöhe)
- Anlagensicherheit, bestehende Betriebsvorschriften
- Größe des Ereignisses und Aufzehrung des Rückhalteraums mit anlaufender Hochwasserwelle



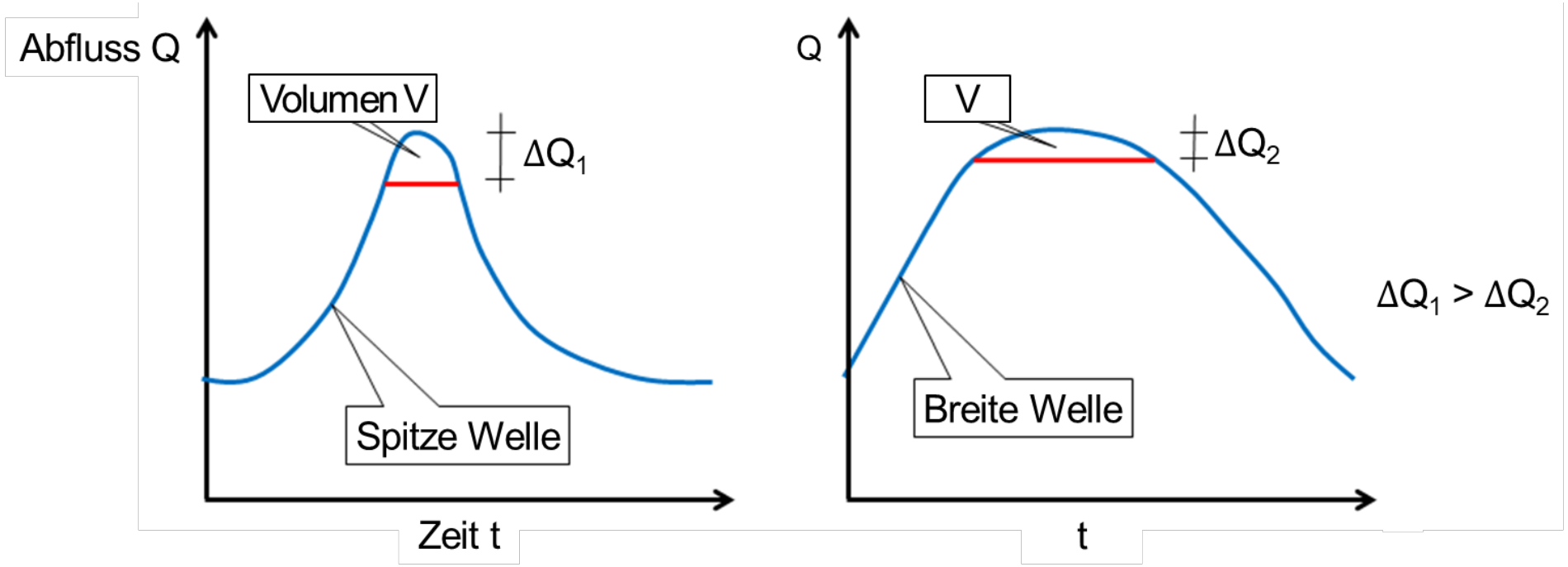



© LfU / Referat 61 / 10.04.2025

# Realisierbare Scheitelkappung

**Limitierende Faktoren (u. a.)**

- Form der Hochwasserwelle
- Vorhandenes Rückhaltevolumen
- mögliche Steuerung auf Scheitel im Vorfluter



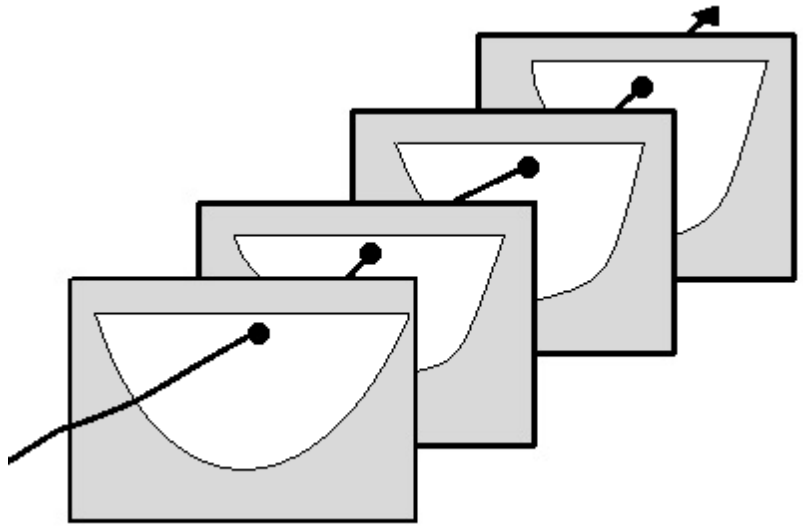



© LfU / Referat 61 / 10.04.2025

# Methodik

- Abbildung des Fließgewässersystems und Staustufenbetriebes mittels 1D-HN-Modellierung
- Implementierung von Steuerungsvorgaben
- Kalibrierung und Validierung anhand vergangener Hochwasserereignisse (HW 2002, 2005, 2013)
- Sensitivitätsanalysen (z. B. Sohlhöhen)
- Analyse und Einbindung von operationell verfügbaren Daten (Messwerte & Vorhersagen)
- Simulation von 3 historischen (HW 2002, 2005, 2013) und 12 synthetischen HW-Ereignissen (aus TP A)

→ Entwicklung und Evaluierung von Steuerungsvorgaben



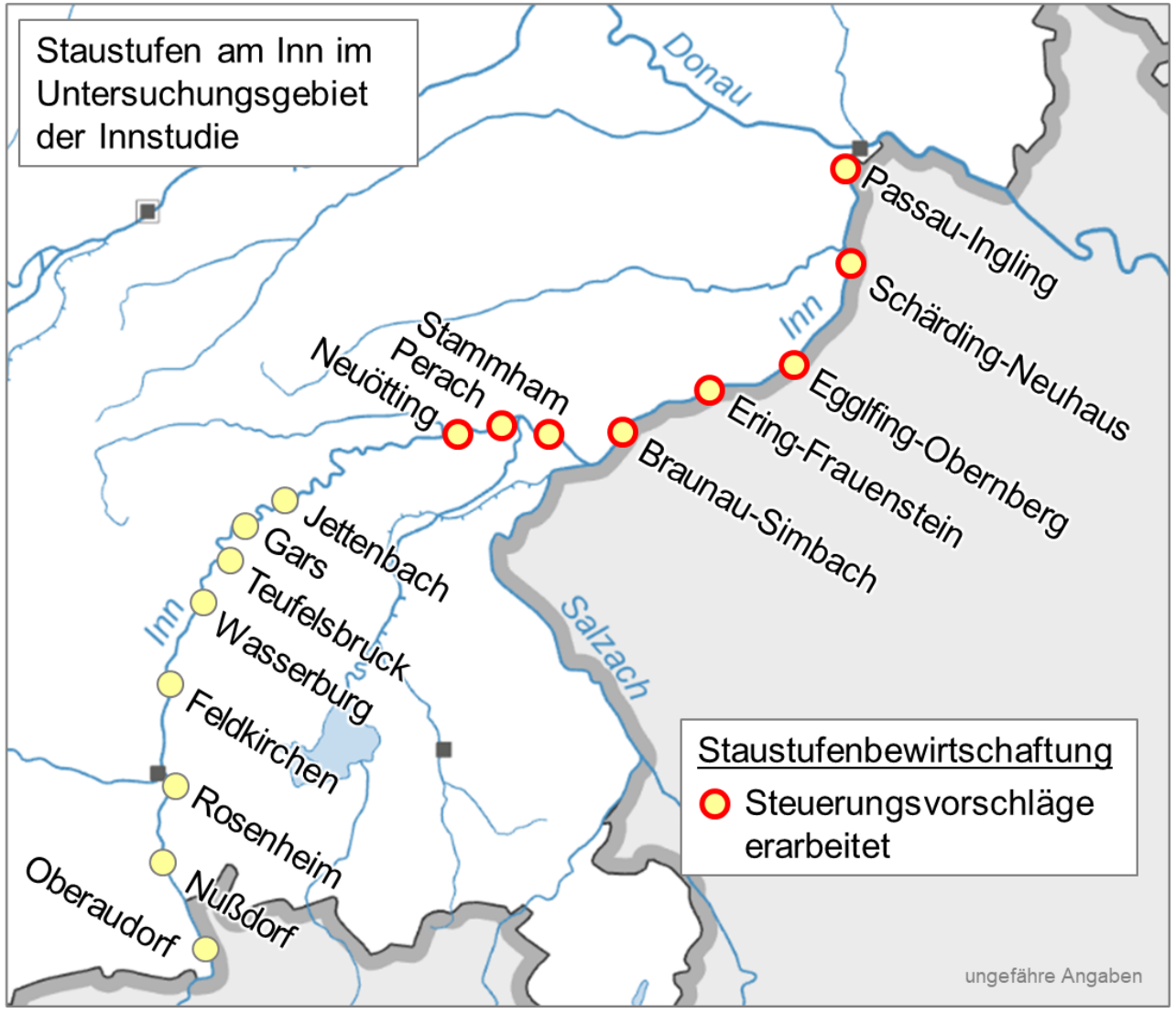


© LfU / Referat 61 / 10.04.2025

# Modellgebiet

Keine Steuerungsvorschläge für Anlagen mit erschwerter Umsetzbarkeit:

- morphologische Prozesse
- Rutschhänge
- kurze Laufzeiten



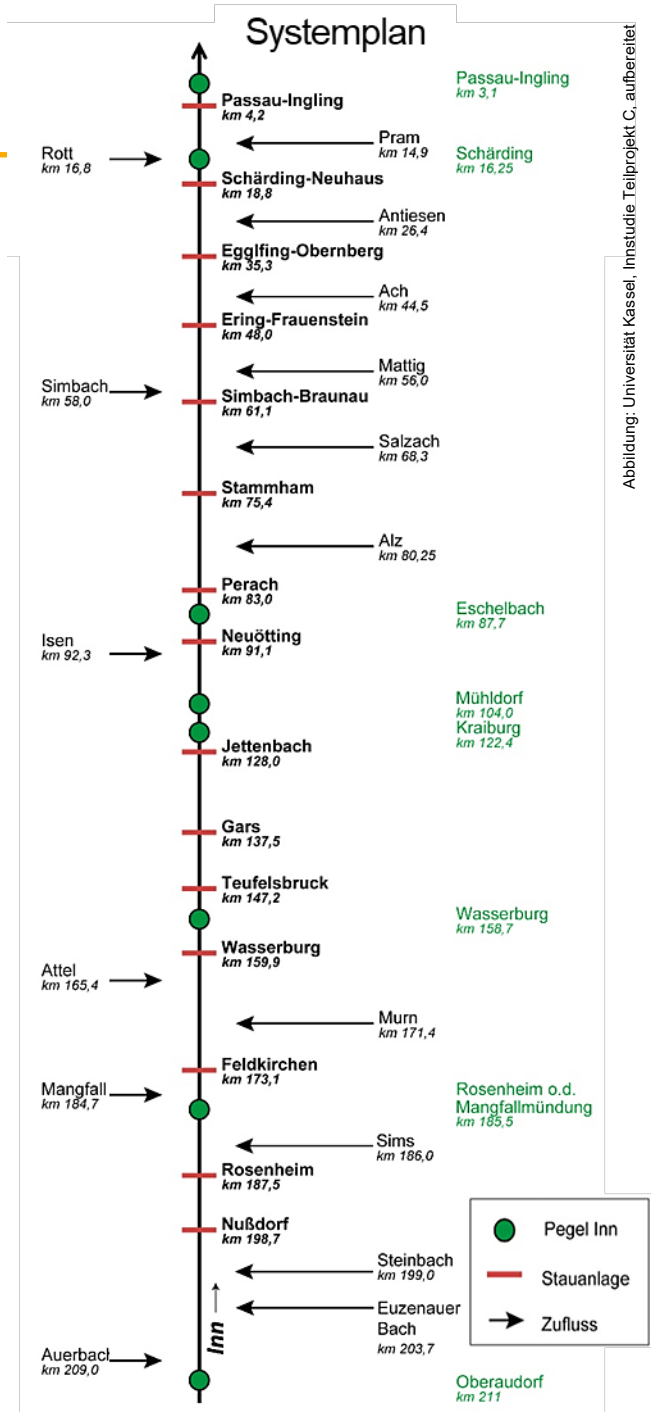




Abbildung: Universität Kassel, Innstudie Teilprojekt C, aufbereitet

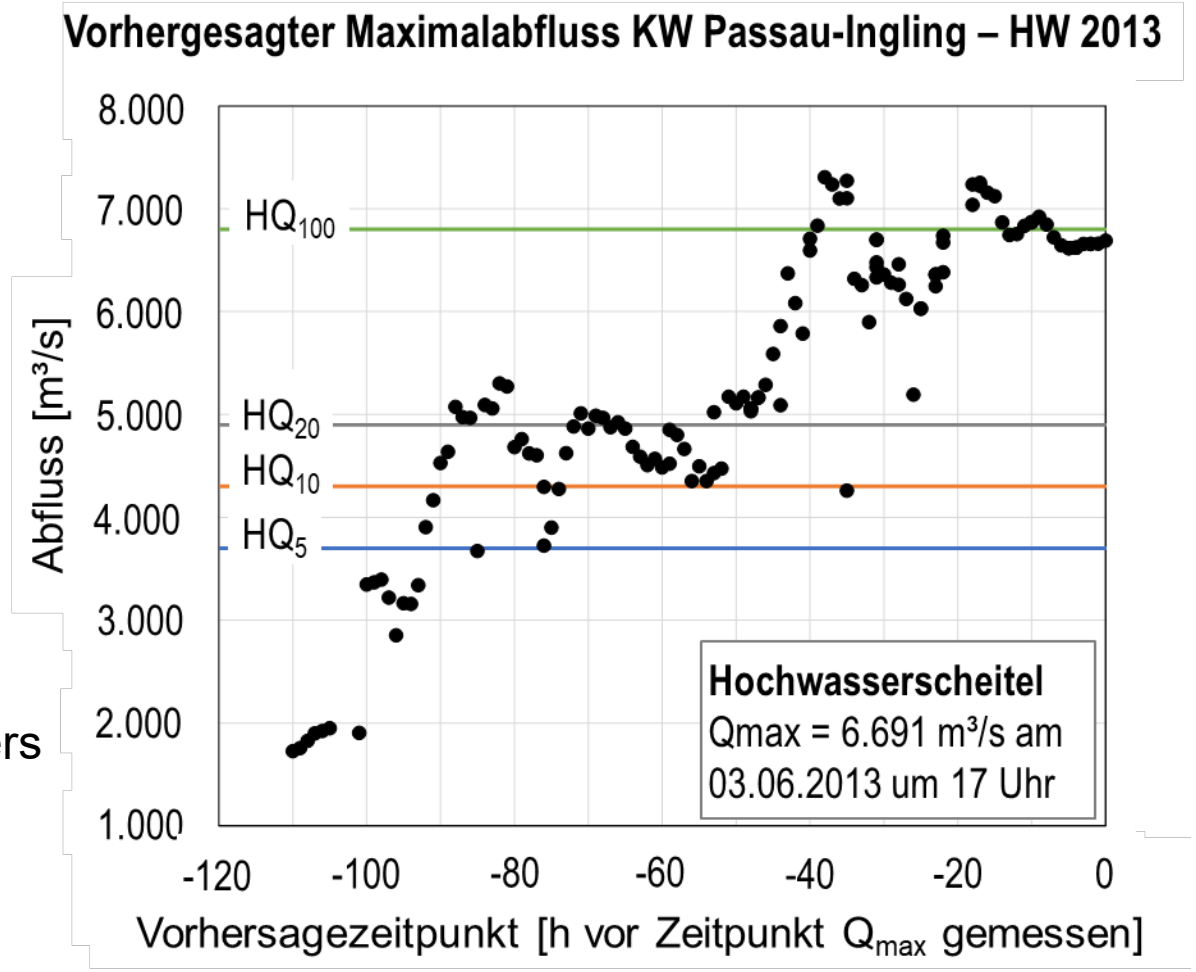
# Operationelle Daten

## Messwerte

- Wasserstände auch bei hohen Abflüssen vergleichsweise genau messbar
- Laufzeit Pegel – Stauanlange entscheidend für Einsetzbarkeit

## Vorhersagen

- Lange Zeitdauer bis zum Eintritt des Ereignisses
- Unsicherheiten müssen berücksichtigt werden
  - ausreichend genau zur Vorhersage eines Hochwassers
  - zu ungenau für eine frühzeitige Vorhersage des korrekten Scheitels






© LfU / Referat 61 / 10.04.2025

# Steuerungsvorgaben – Abstau

- Für den Abstauprozess einer gezielten Staustufenbewirtschaftung
  - ist entscheidend, dass ein Hochwasser stattfinden wird (Überschreiten eines definierten Schwellenwertes, hier: $HQ_5$)
  - nicht entscheidend ist der Eintrittszeitpunkt oder der exakte Spitzenabfluss
- Schwellenwerte berücksichtigen Vorhersagen und Messwerte:

<u>vorhergesagter Abfluss</u>
am Pegel Passau-Ingling > 3.700 m³/s ($HQ_5$)

**UND**

<u>gemessener Abfluss</u>
am KW Nußdorf oder Pegel Laufen > 600 m²/s

→ **Beginn Abstau**

Staustufe Perach (2004), Bildnachweis: Herbert Stolz



© LfU / Referat 61 / 10.04.2025

# Steuerungsvorgaben – Aufstau

**Einleiten Aufstauprozess**

Bei Abklingen des Hochwassers an den Referenzpegel

- Rosenheim (Inn)
- Laufen (Salzach)

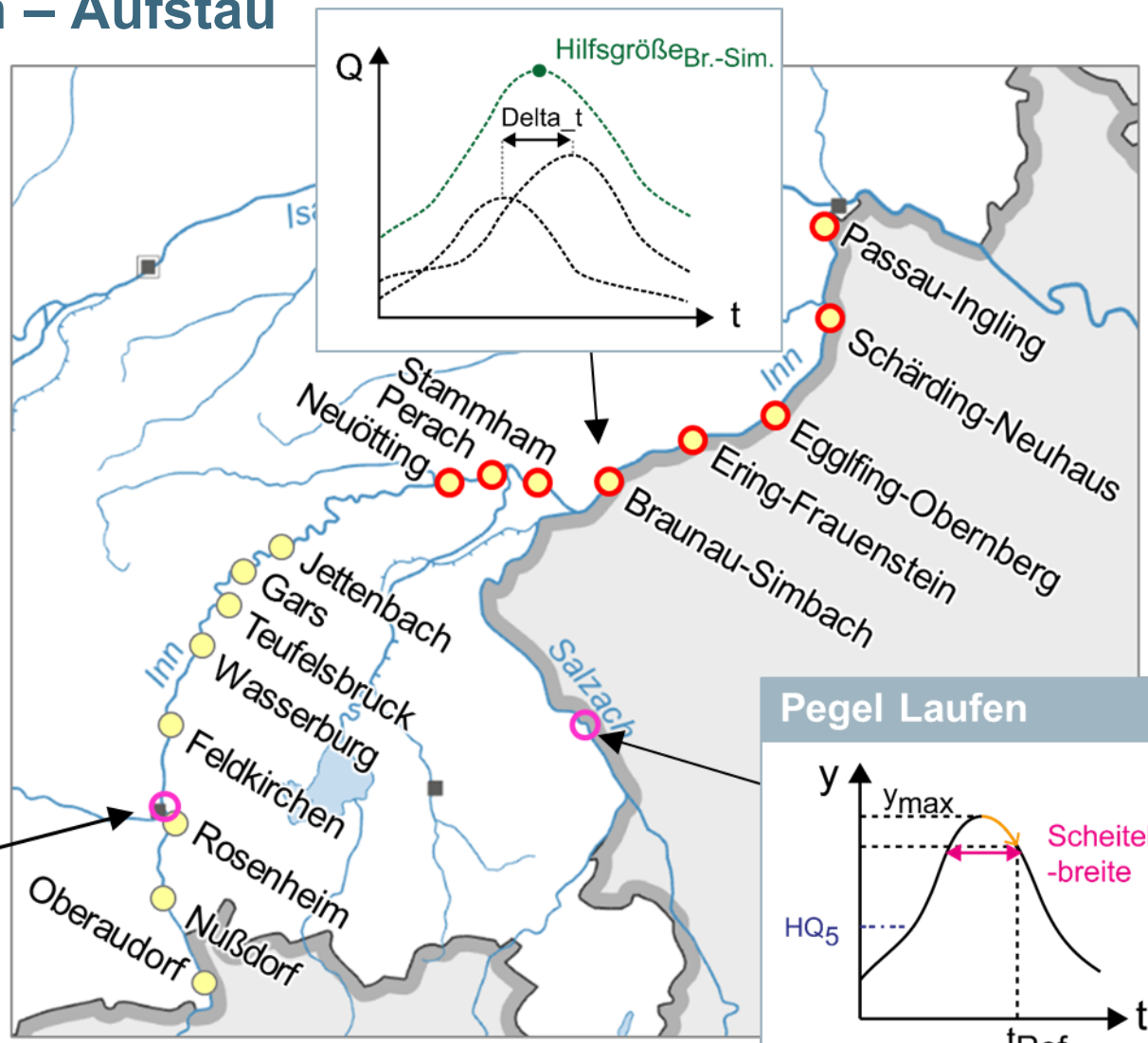
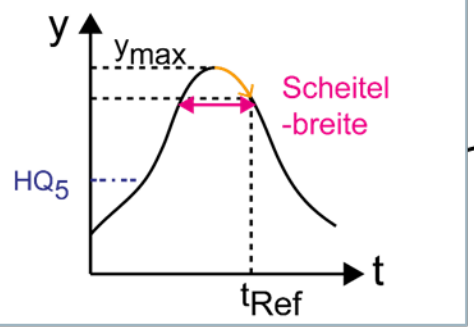
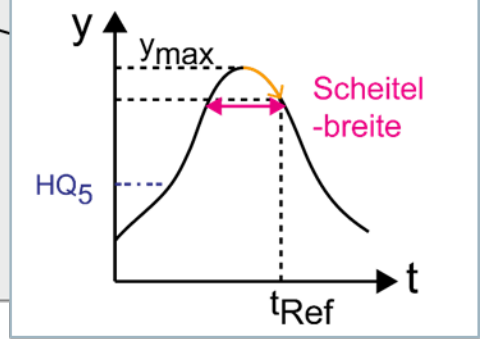



Abbildung: vgl. Universität Kassel, Innstudie Teilprojekt C, aufbereitet

**Pegel Rosenheim**




**Pegel Laufen**




## Aufstauzeitpunkt

- Inn- oder Salzach-betontes Hochwasser
- Laufzeiten und Überlagerungen

## Aufstaugradient

- Breite und Höhe der Hochwasserwelle
- Wellenüberlagerung



© LfU / Referat 61 / 10.04.2025

# Ergebnisse – angepasste Staustufenbewirtschaftung

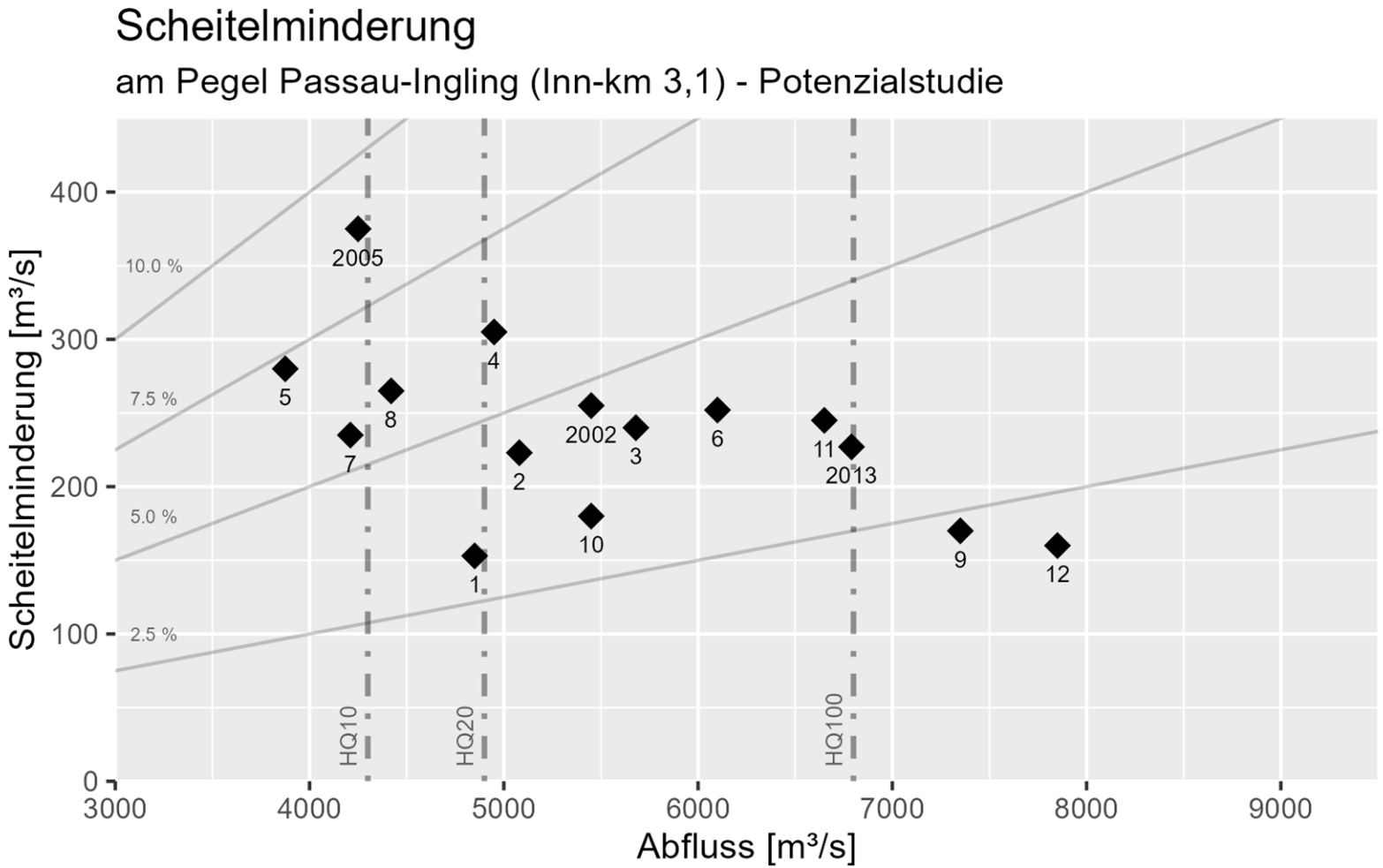



Abbildung: vgl. Universität Kassel, Innstudie Teilprojekt C, aufbereitet

Scheitelminderung abhängig von Maximalabfluss und Ganglinienform



© LfU / Referat 61 / 10.04.2025

# Ergebnisse – angepasste Staustufenbewirtschaftung

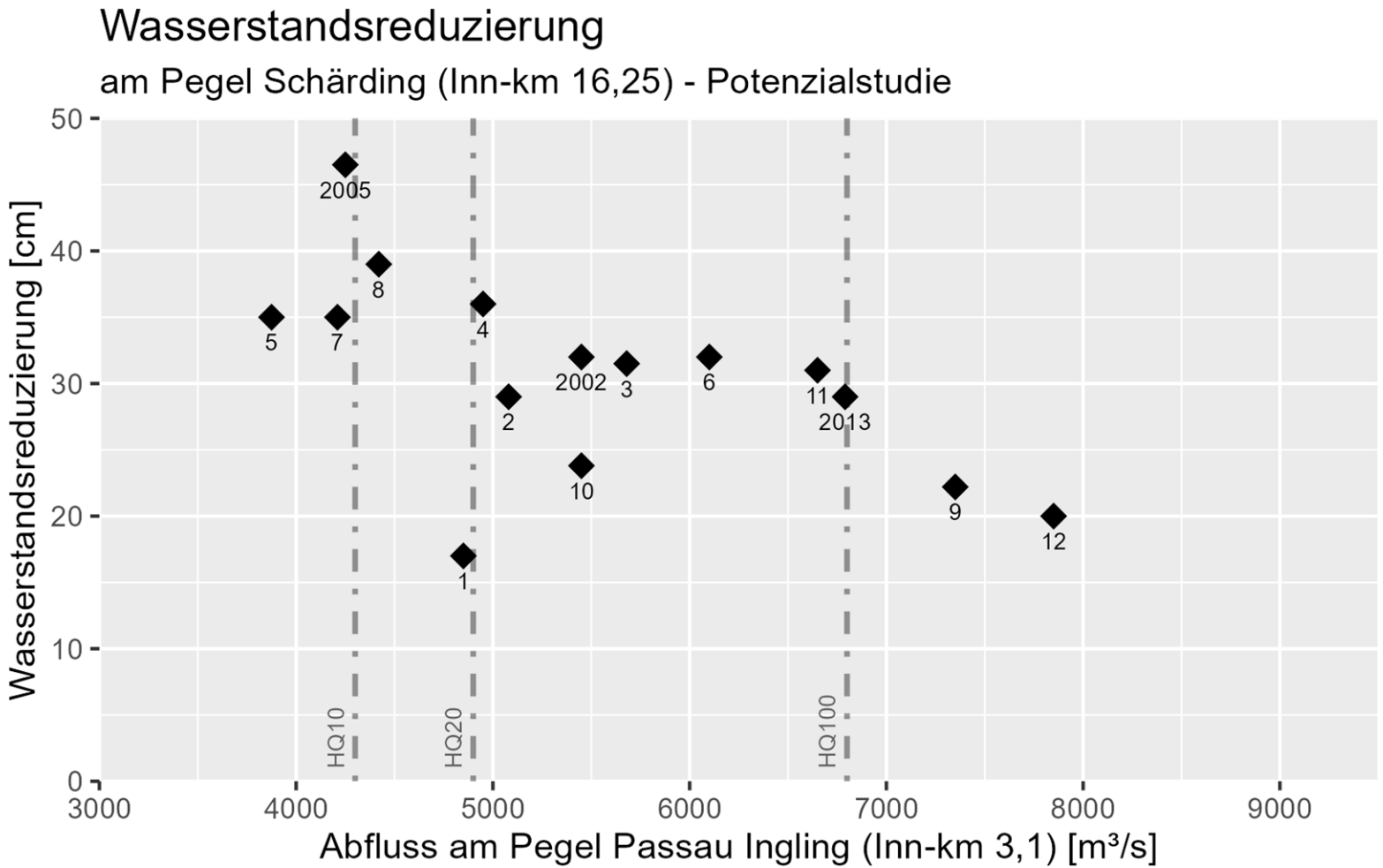



Abbildung: vgl. Universität Kassel, Innstudie Teilprojekt C, aufbereitet

Wasserstandsreduzierung abhängig von Maximalabfluss und Ganglinienform



© LfU / Referat 61 / 10.04.2025

# Ergebnisse – angepasste Staustufenbewirtschaftung

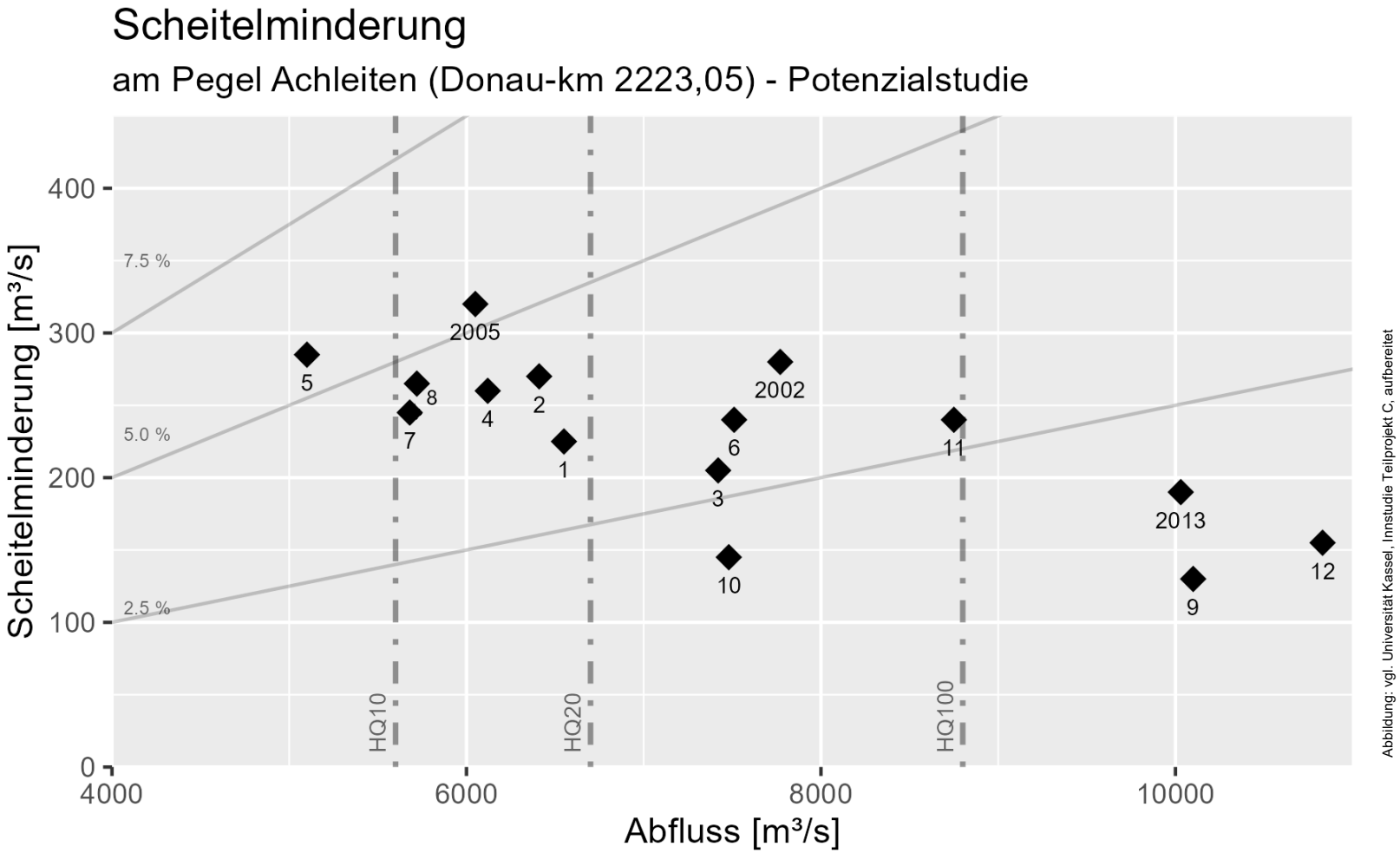



Abbildung: vgl. Universität Kassel, Innstudie Teilprojekt C, aufbereitet

Scheitelminderung abhängig von Maximalabfluss und Ganglinienform

# Ergebnisse – angepasste Staustufenbewirtschaftung

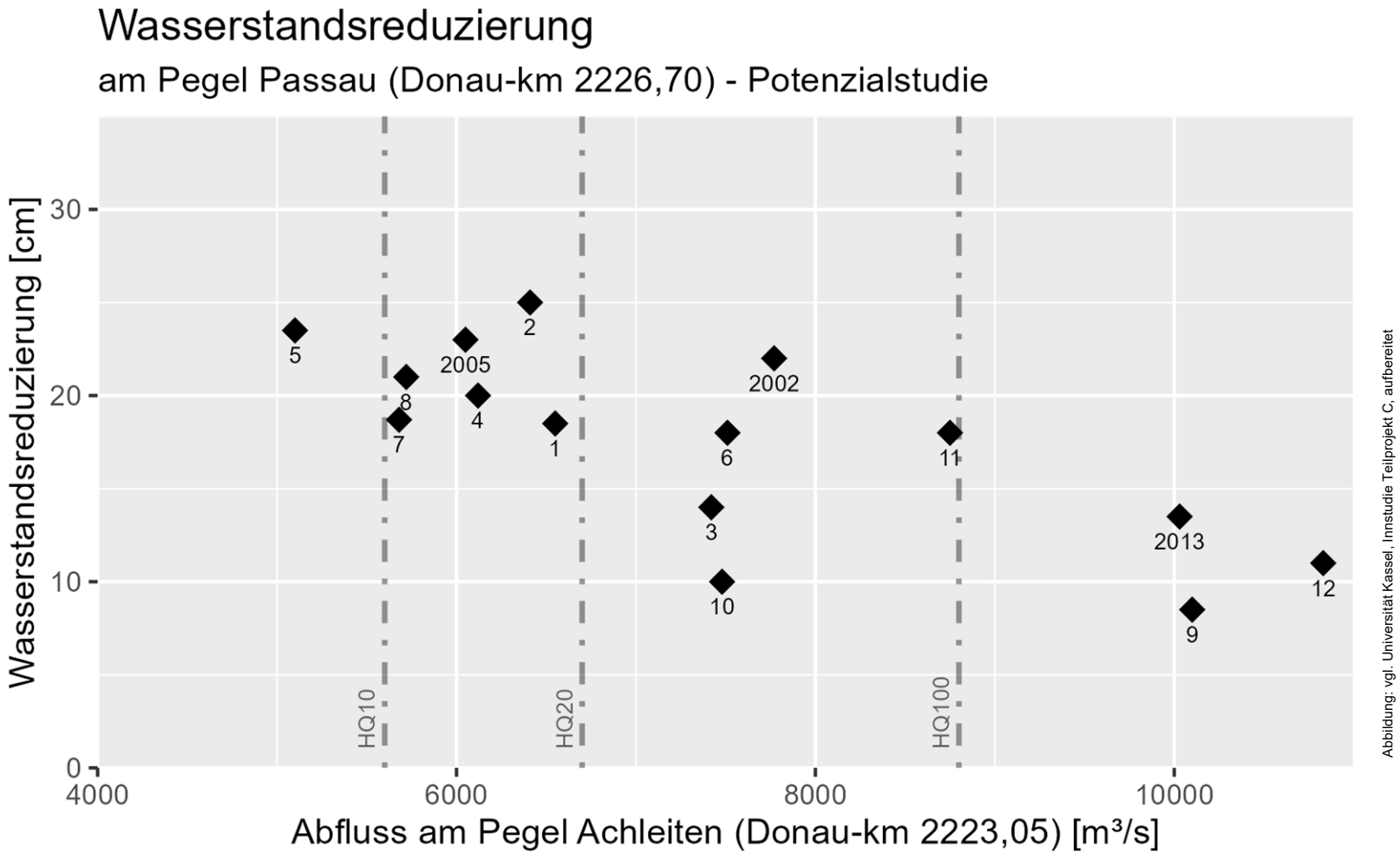
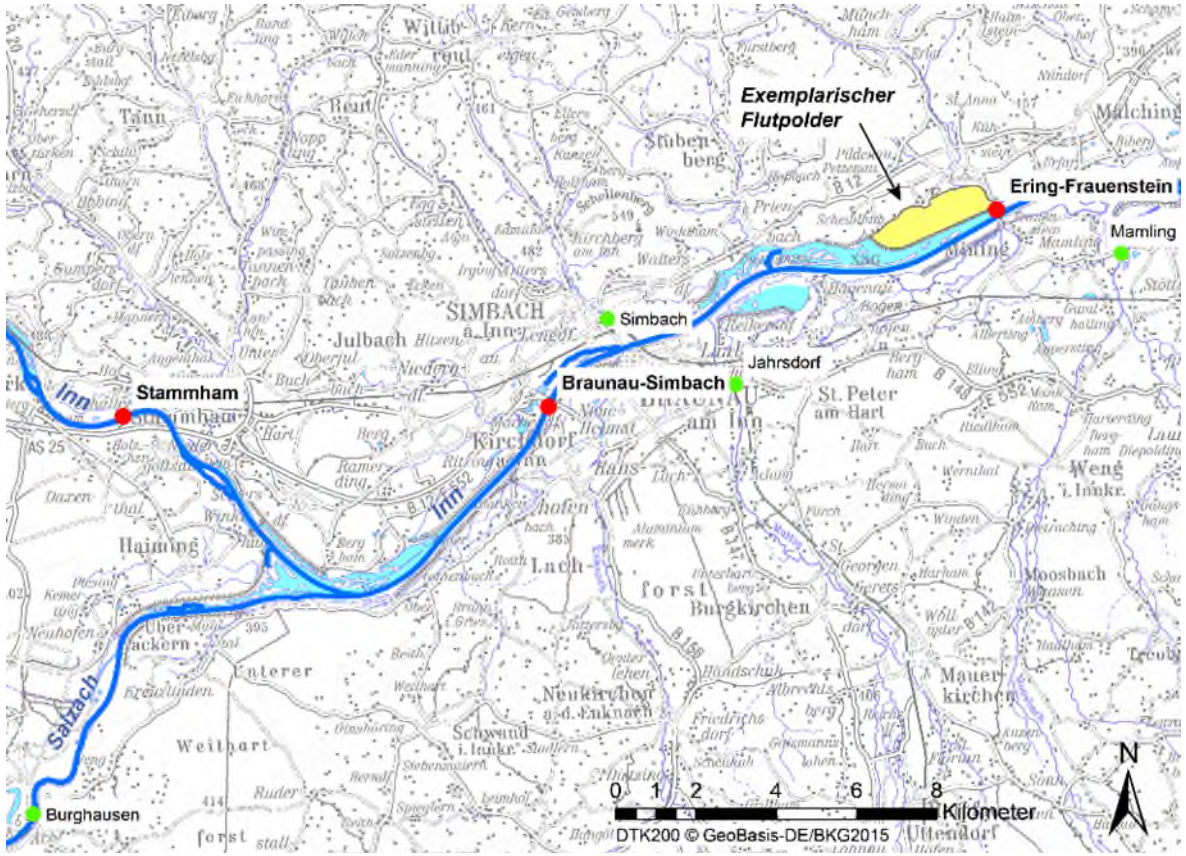



Abbildung: vgl. Universität Kassel, Innstudie Teilprojekt C, aufbereitet

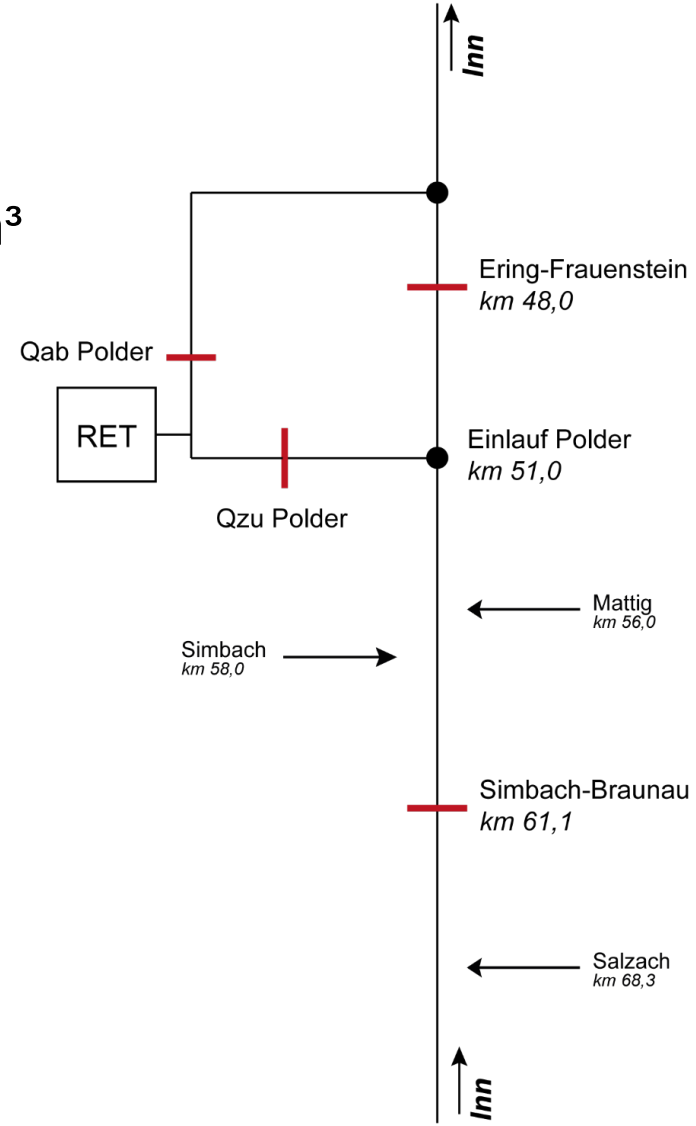
Wasserstandsreduzierung abhängig von Maximalabfluss und Ganglinienform

# Kombinierter Betrieb mit Flutpolder

Einbau eines exemplarischen Flutpolders beim Stauraum Ering-Frauenstein mit einem Gesamtvolumen von ca. 13,4 Mio. m³




Abbildungen: Universität Kassel, Innstudie Teilprojekt C





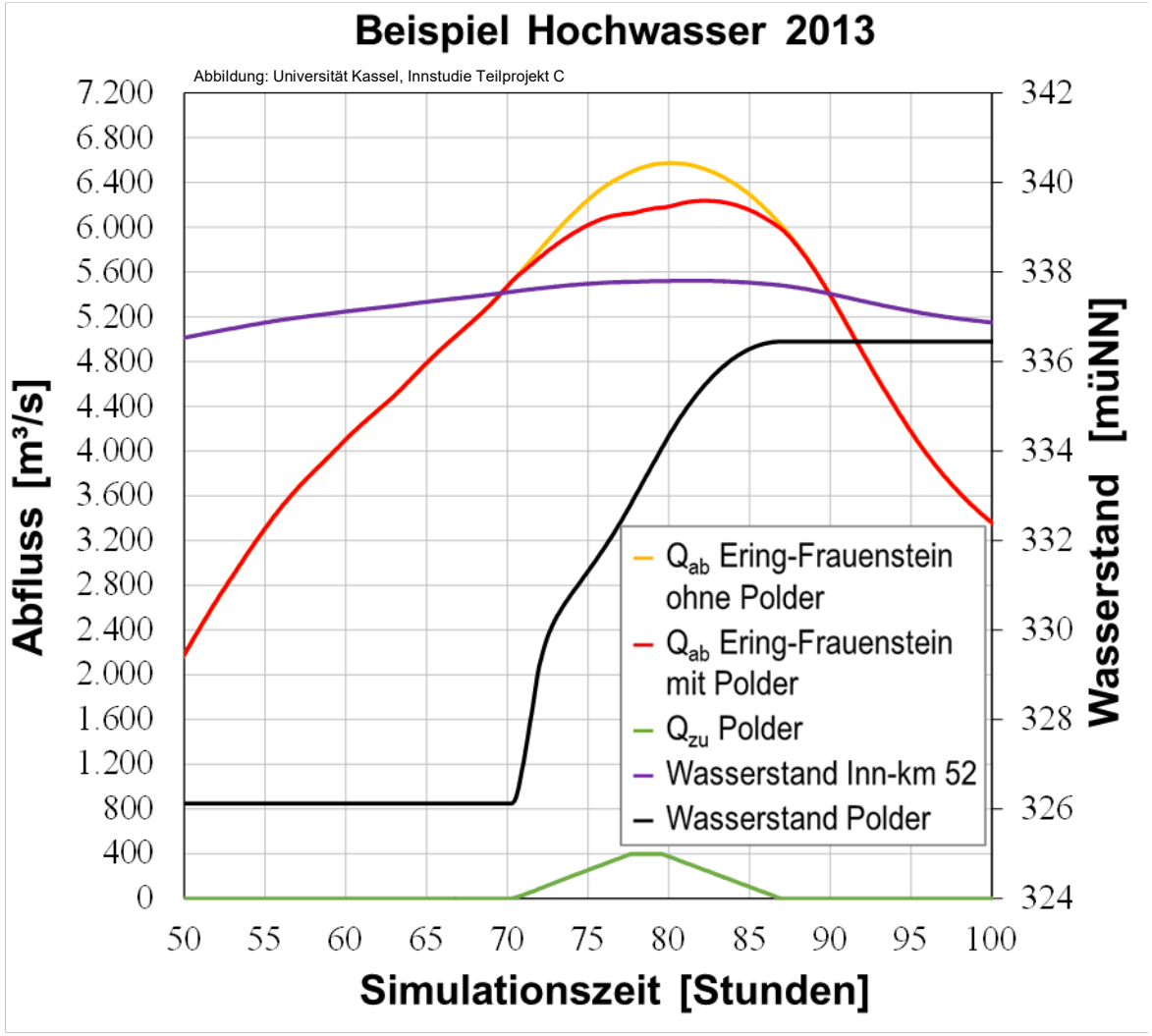

© LfU / Referat 61 / 10.04.2025

# Kombinierter Betrieb mit Flutpolder

## Entwicklung von Steuerungsvorgaben

- Zuflussbedingungen
  - Linearer Anstieg und
  - Halten eines Zuflusses (hier: Q = 400 m³/s)

- Beaufschlagung
  - Dauer bis Vollfüllung (hier: 16,7 h)
  - Beginn rein messwertbasiert (Wasserstand an Referenzpegel + Zeitverschiebung)






© LfU / Referat 61 / 10.04.2025

# Ergebnisse – Kombinierter Betrieb mit Flutpolder

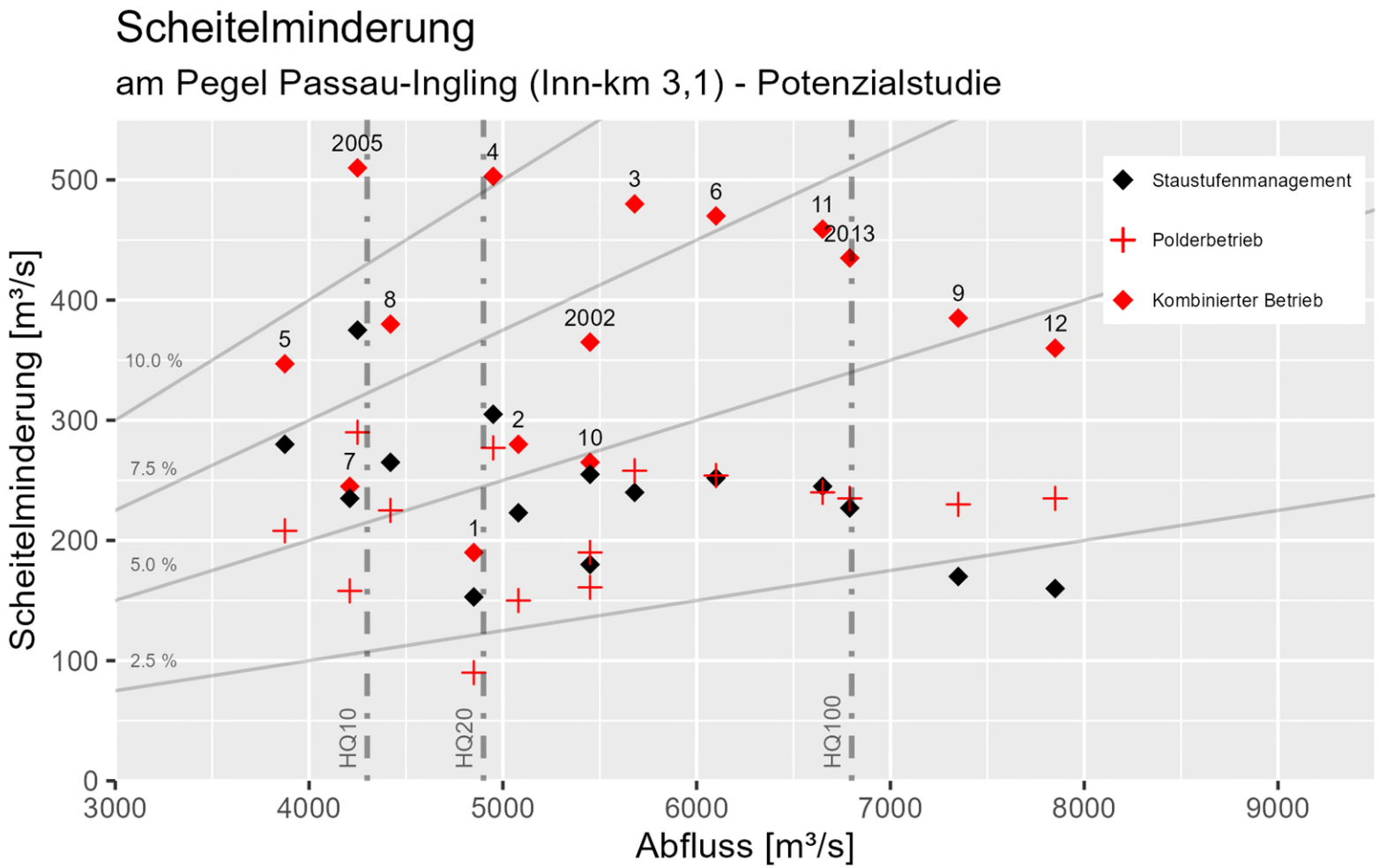



Abbildung: vgl. Universität Kassel, Innstudie Teilprojekt C, aufbereitet

**Polderbetrieb (verglichen mit Staustufenmanagement):**

- Abminderung bei kleinen Hochwassern geringer
- Abminderung bei größeren Hochwassern höher

# Ergebnisse – Kombinierter Betrieb mit Flutpolder

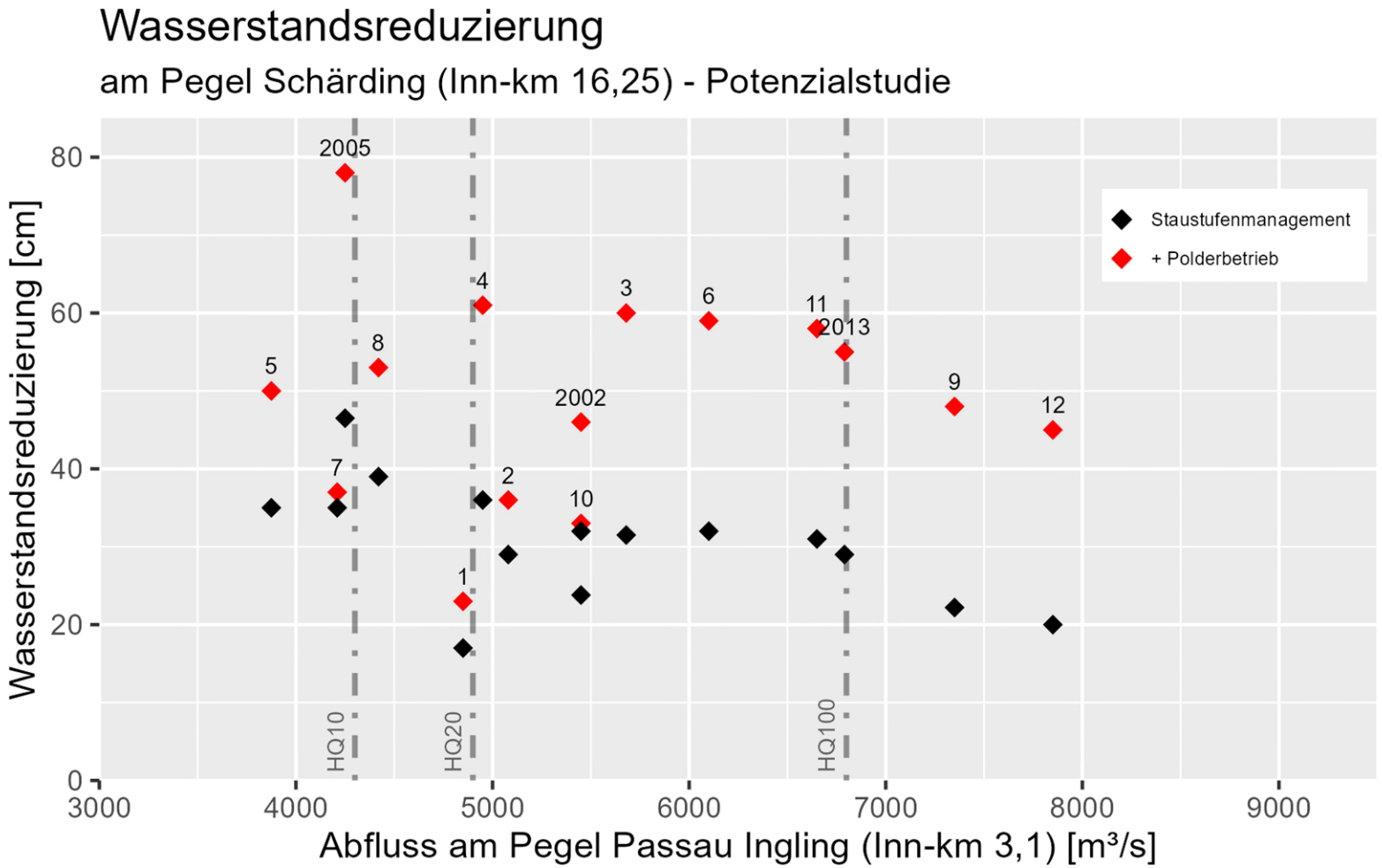



Abbildung: vgl. Universität Kassel, Innstudie Teilprojekt C, aufbereitet

Bereiche Passaus, Schärdings und Neuhaus sind bereits von kleinen Hochwassern betroffen.

→ jede Wasserstands-reduzierung ist wesentlich

# Ergebnisse – Kombinierter Betrieb mit Flutpolder

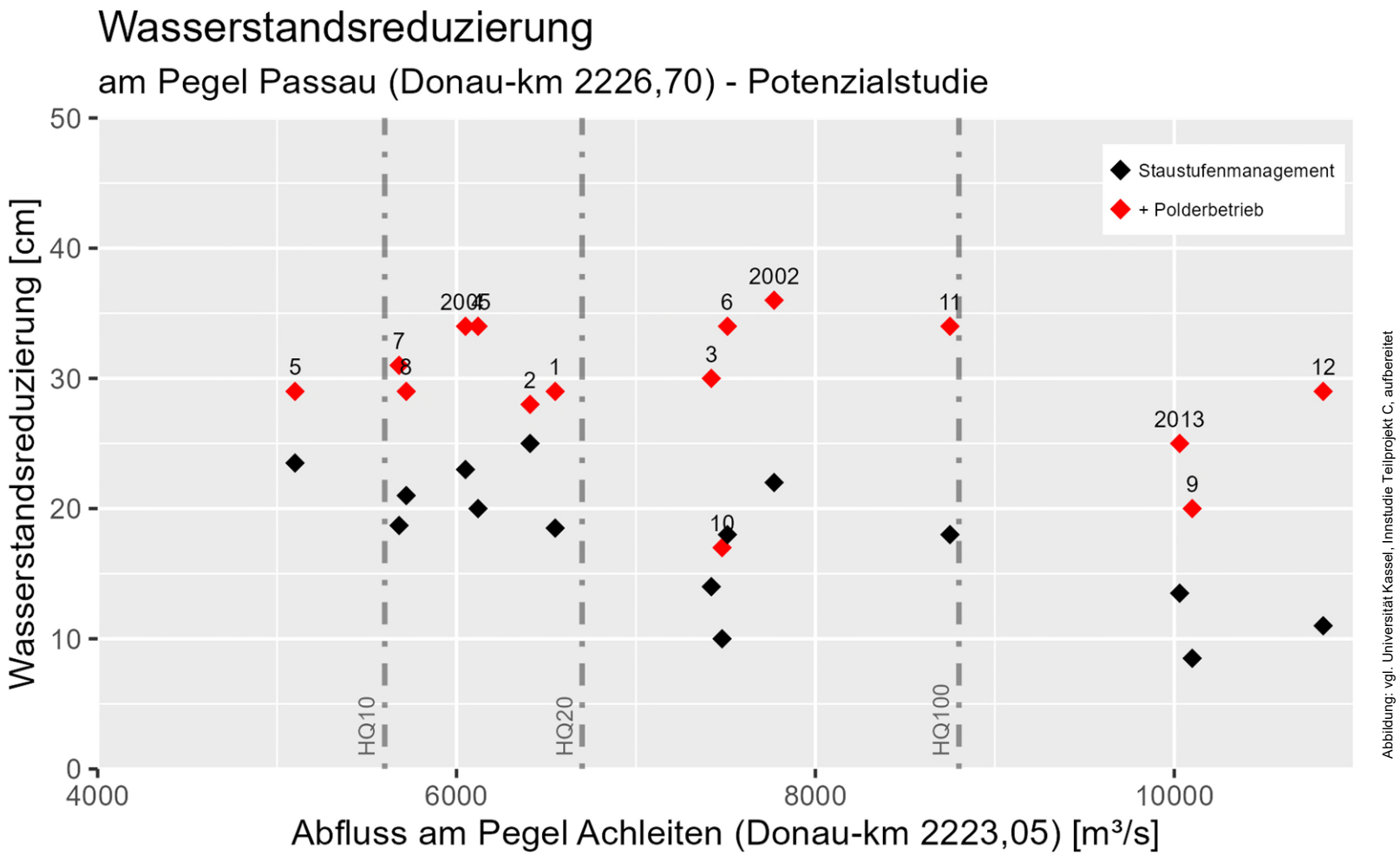



Abbildung: vgl. Universität Kassel, Innstudie Teilprojekt C, aufbereitet



© LfU / Referat 61 / 10.04.2025

# Zusammenfassung

**Untersuchung des theoretischen Potenzials zur Verringerung des Hochwasserscheitelabflusses**

Angepasste Betriebsweise an den Staustufen (Vorabsenkung und Wiederaufstau)

- Entwicklung praxisnaher Steuerungsvorgaben
  (operationell verfügbare Daten, realistische Abstautiefen u. Gradienten)
- Umsetzung an 8 Staustufen (3 oberer Inn, 5 unterer Inn)

Modell-Ergebnisse (Potenzialstudie):

- Potenzielle Abflussminderungen von ca. 1 – 9 % am Pegel Passau Ingling (Inn)
- Potenzielle Wasserstandsreduzierungen von ca. 15 – 50 cm am Pegel Schärding (Inn)
- Potenzial zur Scheitelminderung bei häufigeren Hochwassern ($HQ_{10}$ bis $HQ_{30}$) deutlich größer
- nahezu additive Überlagerung der Wirkung mit exemplarischem Flutpolderbetrieb



© LfU / Referat 61 / 10.04.2025

# Fazit aus Sicht der Studie (Teilprojekt C)

## Angepasste Staustufenbewirtschaftung

- Günstige Standortbedingungen am Inn
  (große Fallhöhen, keine Schifffahrt, Steuerbarkeit bei großen Wassermengen)
- Wechselwirkung mit Flutpolderbetrieb zeigt positive Überlagerungseffekte
- Staustufen bereits vorhanden (Gewährleistung der Anlangen- und Hochwassersicherheit sowie Abstimmung mit Betreiber natürlich essentiell)

Eine angepasste Staustufenbewirtschaftung kann potenziell zur Hochwasserminderung am Inn beitragen.

## Weiterer Untersuchungsbedarf

- Ökologische Folgen durch das abschnittsweise Trockenfallen des Stauraums bei Vorabsenkung
- Feststoffmobilisierung
- Standsicherheitsuntersuchungen (z. B. an Stauhaltungsdämmen)
- Integration in Prognosemodelle und ggf. Anpassung von Katastrophenschutzpläne
- Tatsächlich realisierbares Potenzial (mögliche Einschränkungen im praktischen Betrieb)

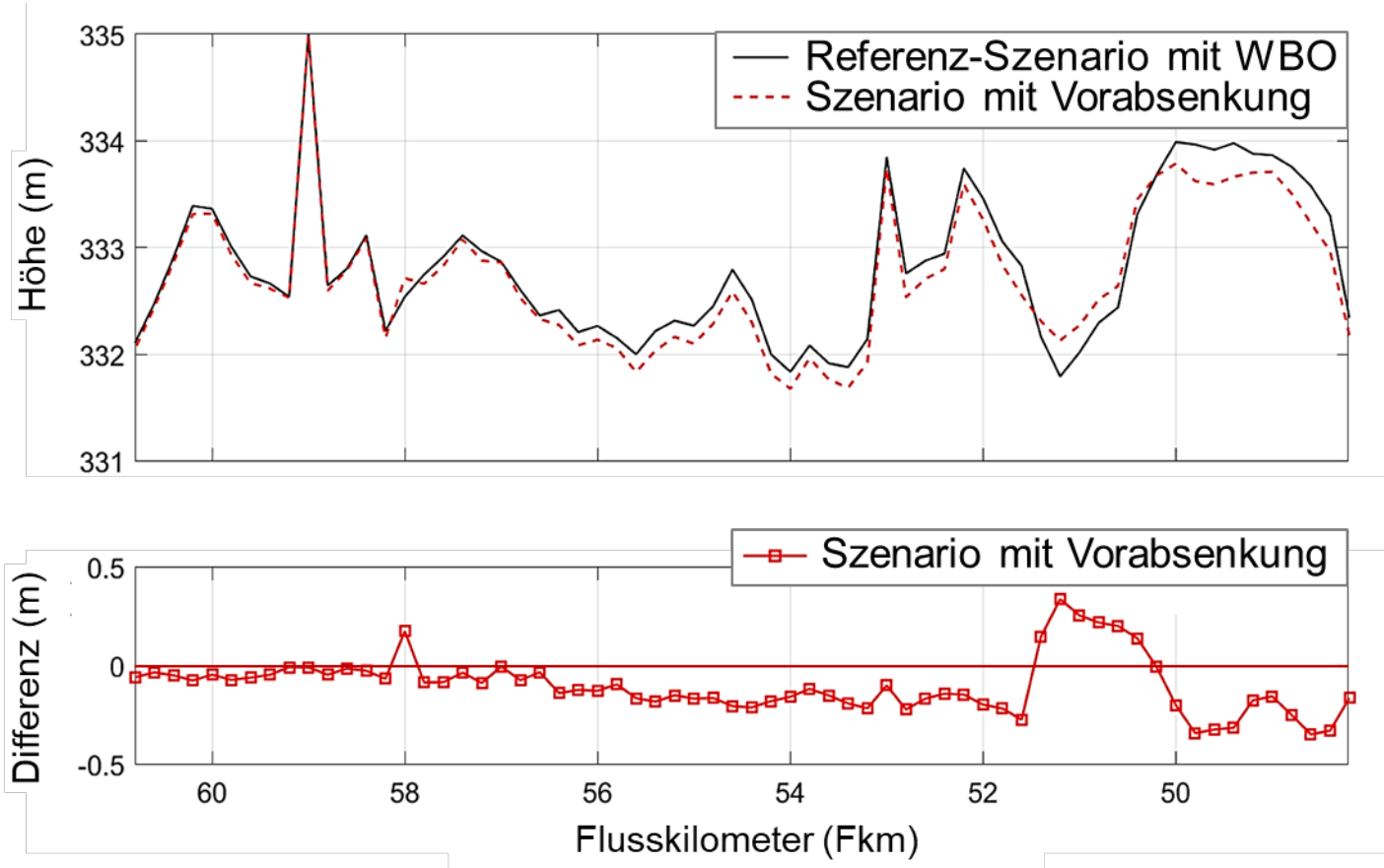


© LfU / Referat 61 / 10.04.2025

# Ergänzung aus TP E: „Feststoffe“ (TUM, Auszug)

## Sedimentverhalten bei einer Vorabsenkung

- Exemplarische Untersuchung der Hochwasser 2005 und 2013 für den Stauraum Ering-Frauenstein
- Die Modellberechnungen zeigen:
  - Sedimentmobilisierung durch die Vorabsenkung wirkt hauptsächlich auf das Hauptgerinne des Flusses aus
  - seitlichen Auen / Überflutungsbereiche erfahren keine großen Veränderung




Vergleich des mittleren Sohlhöhenprofils im Stauraum Ering-Frauenstein unter verschiedenen Betriebsweisen für das Ereignis 2005 (Innstudie)



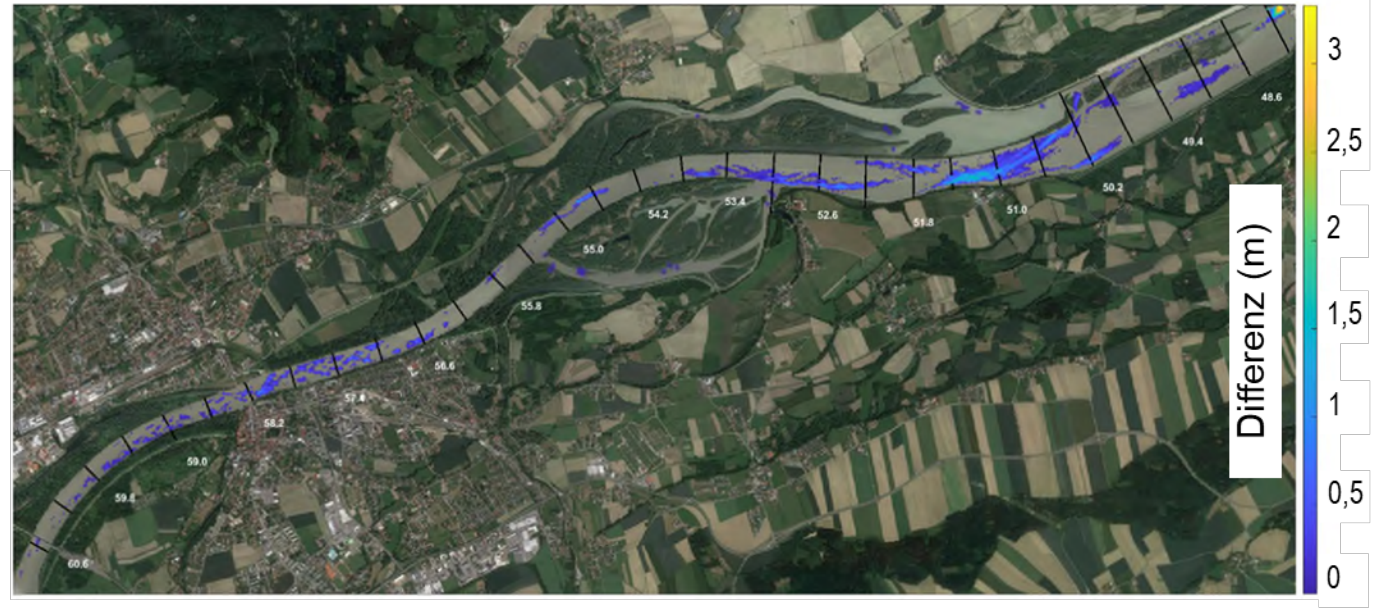
© LfU / Referat 61 / 10.04.2025

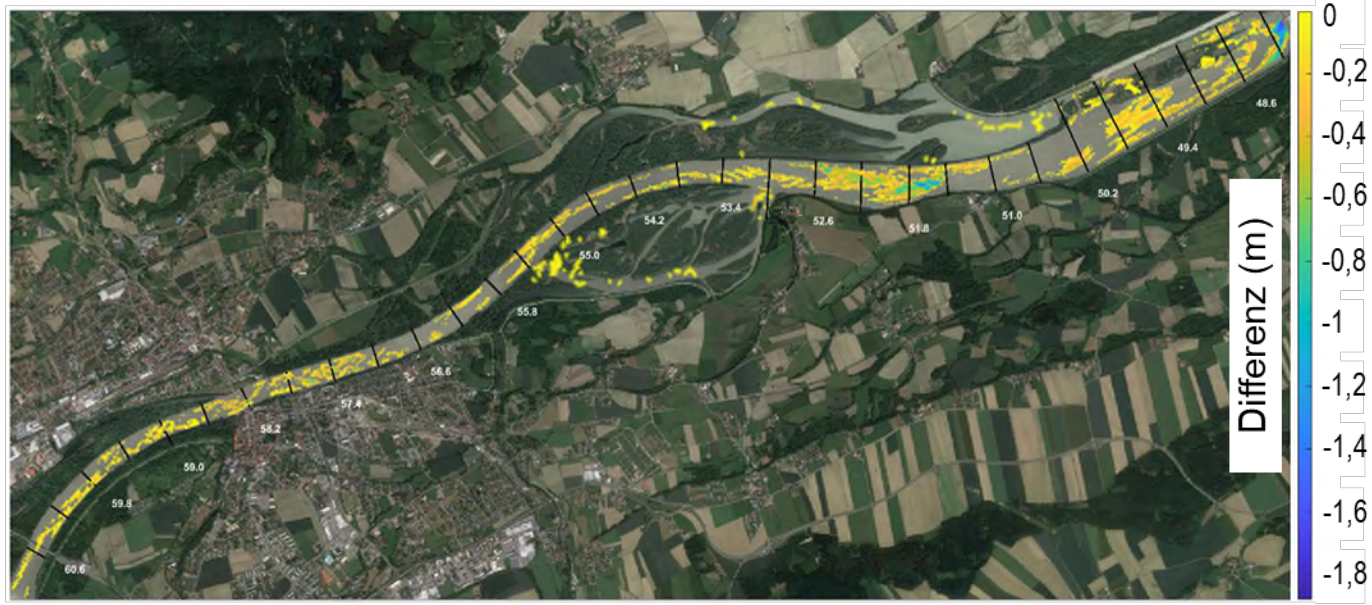
# Ergänzung aus TP E: „Feststoffe“ (TUM, Auszug)

## Sedimentverhalten bei einer Vorabsenkung

- Exemplarische Untersuchung der Hochwasser 2005 und 2013 für den Stauraum Ering-Frauenstein
- Die Modellberechnungen zeigen:
  - Sedimentmobilisierung durch die Vorabsenkung wirkt hauptsächlich auf das Hauptgerinne des Flusses aus
  - seitlichen Auen / Überflutungsbereiche erfahren keine großen Veränderung

Bsp.: Bereiche, die im Szenario mit Vorabsenkung mehr Ablagerungen (oben) und höherer Erosion (unten) aufweisen, Hochwasserereignis 2005 (Innstudie)



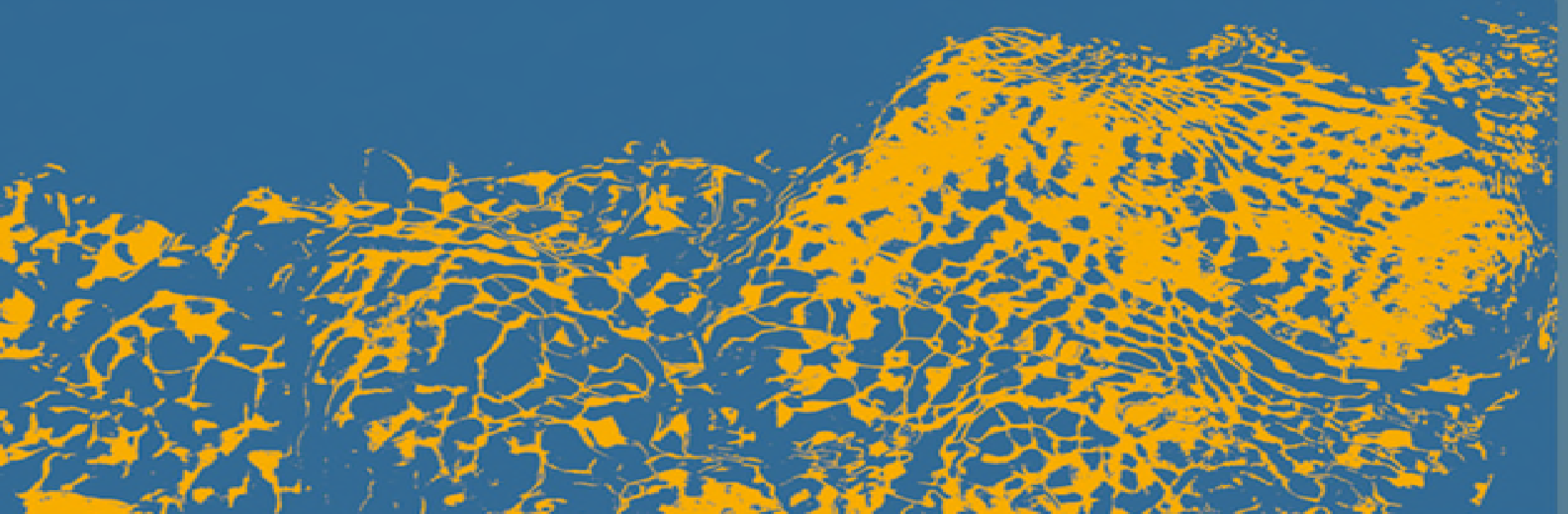



© LfU / Referat 61 / 10.04.2025

Bayerisches Landesamt für
Umwelt

# Zusatzbericht zur Innstudie

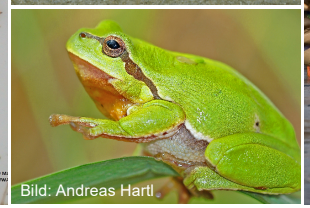
## Mögliche Auswirkungen einer Vorabsenkung von Staustufen

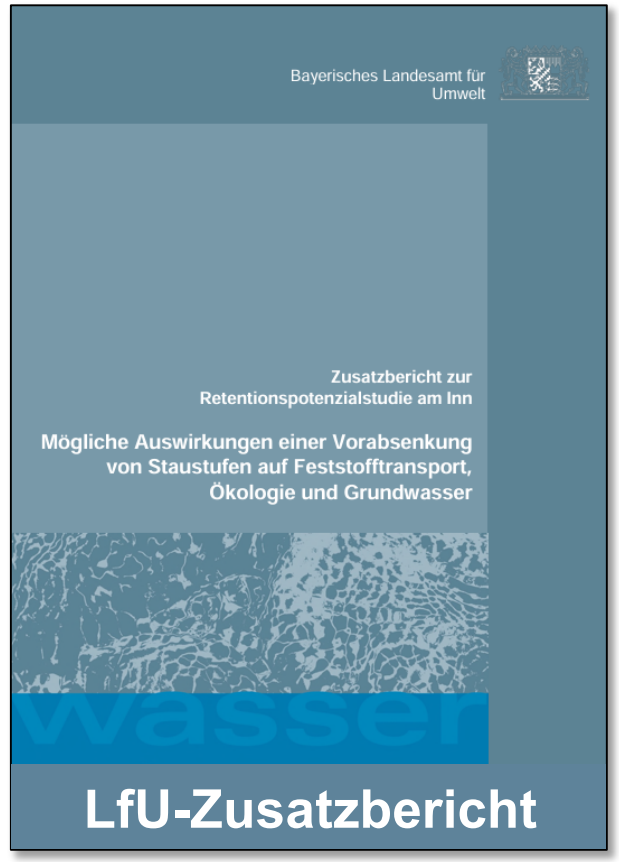


# Mögliche Auswirkungen einer Vorabsenkung von Staustufen (LfU-Zusatzbericht)

## Zentrale Fragestellung in Ergänzung zur Innstudie

- Welche Auswirkungen kann eine Vorabsenkung auf andere Bereiche (Feststofftransport, Ökologie oder Grundwasser) haben?








© LfU / Referat 61 / 10.04.2025

# Zielsetzung, Vorgehensweise

- Erkenntnisse aus Teilprojekt C:
  - Theoretisches Potenzial einer gezielten Staustufenbewirtschaftung im Hochwasserfall gegeben
  - Vor Durchgang der Hochwasserwelle Vorabsenkungen erforderlich, um ein bewirtschaftbares Rückhaltevolumen in den Stauräumen zu schaffen
- Welche Auswirkungen kann dies auf andere Bereiche (Feststofftransport, Ökologie oder Grundwasser) haben?

➢ Derzeitigen Kenntnisstand aufzeigen unter Auswertung vorhandener Unterlagen

➢ Einbindung des ökologischen Fachwissens der örtlich zuständigen bayerischen Regierungen und Wasserwirtschaftsämter, der oberösterreichischen Stellen, des VERBUND und des LfU

© LfU / Referat 61 / 10.04.2025

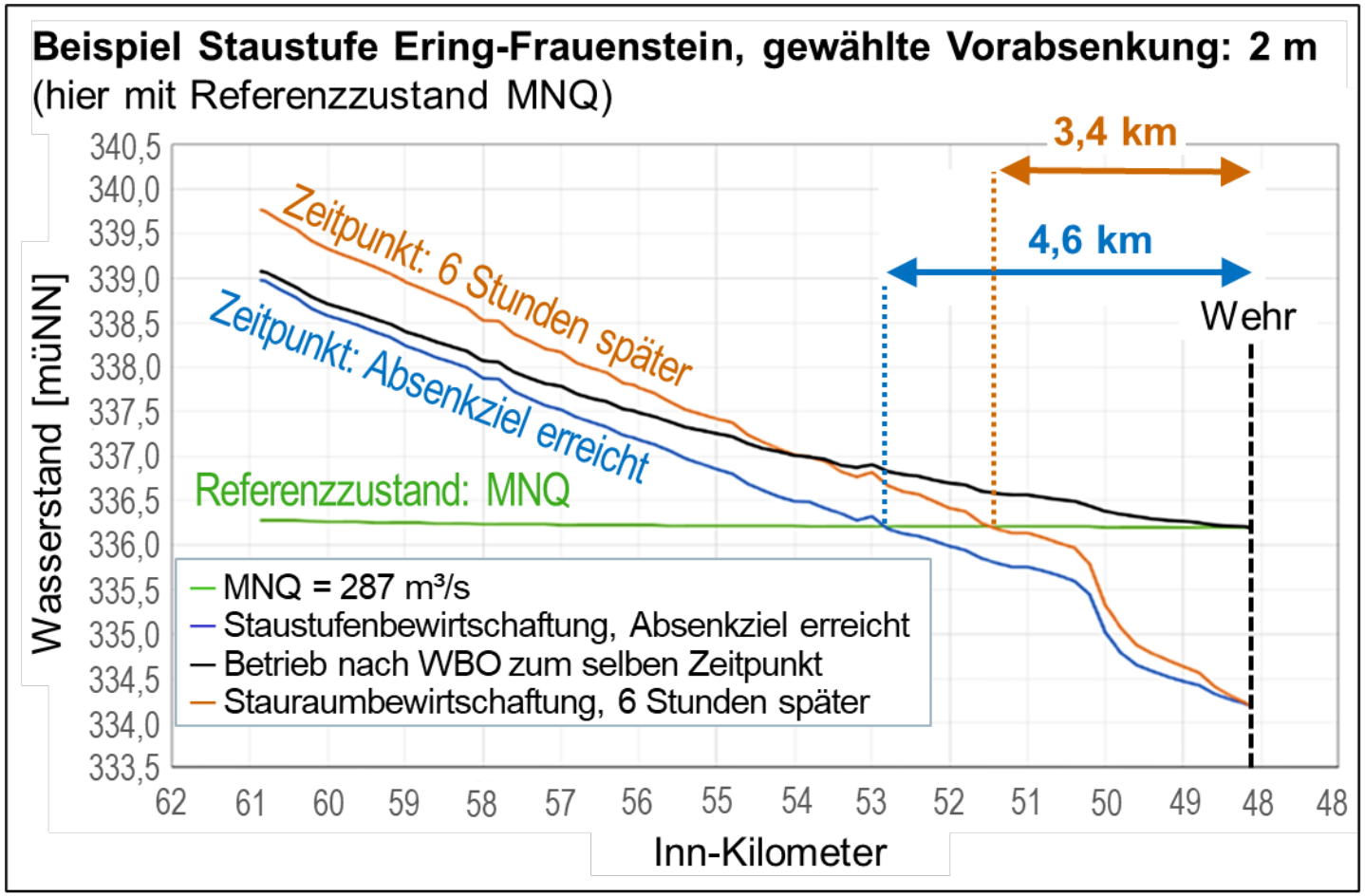
# Auswirkungen auf Wasserspiegellagen (aus 1D-Modellierung Teilprojekt C)

- Welche Bereiche im Stauraum wären von einer Wasserspiegelabsenkung betroffen?

- Auswertung der Wasserspiegel-lagen aus den Simulationen des Teilprojekts C

- Referenzzustand: Maßgebend für Bereich, in dem ökologisch relevante Auswirkungen auftreten können
  → MNQ: mittlerer jährlicher Niedrigwasserabfluss

- Bereich abhängig von der Höhe der Vorabsenkung und vom Zeitpunkt der Durchführung der Vorabsenkung (bzw. dem Abfluss der bereits anlaufenden Hochwasserwelle)

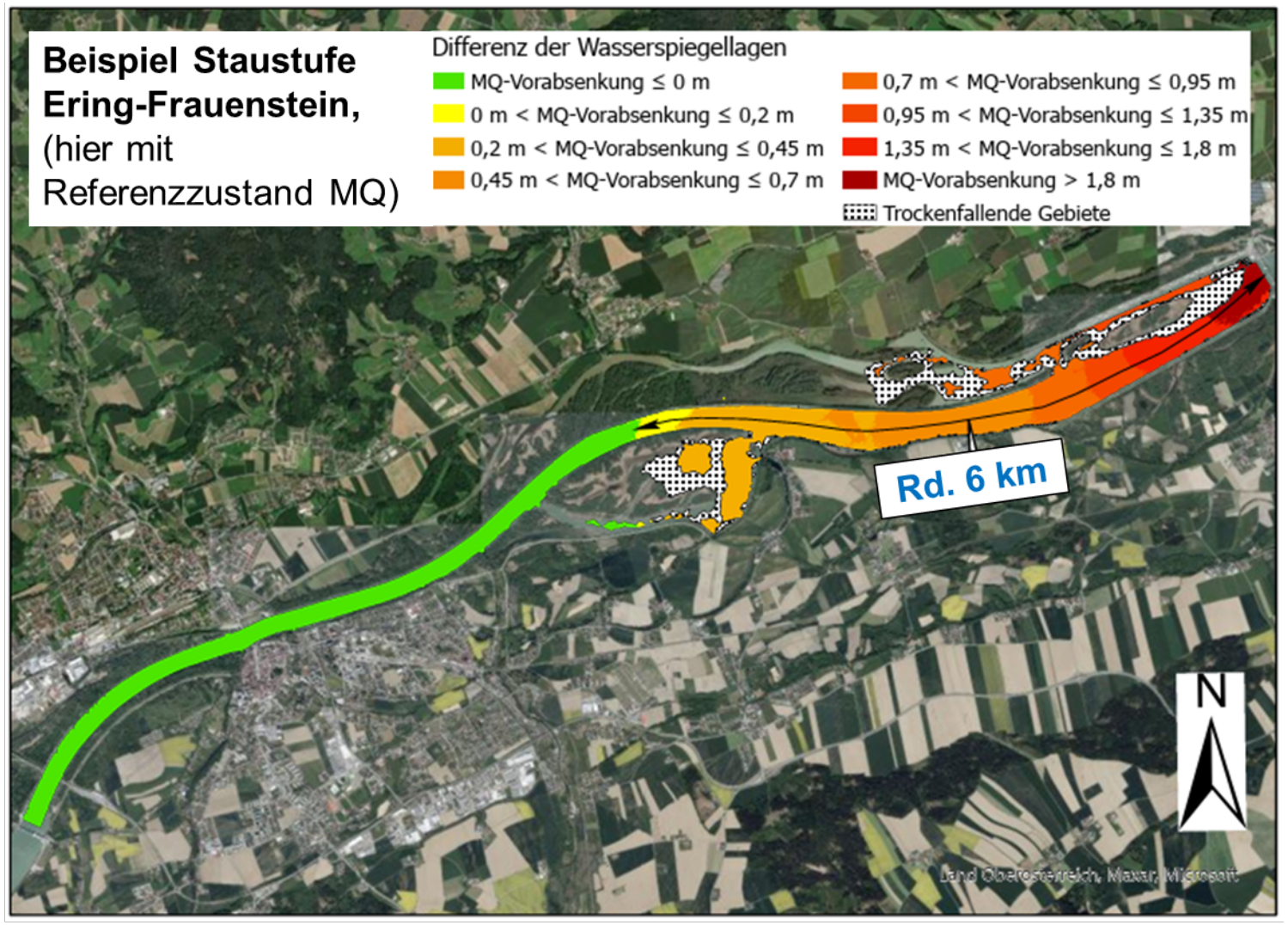



© LfU / Referat 61 / 10.04.2025

# Auswirkungen auf Wasserspiegellagen (aus 2D-Modellierung Teilprojekt E)

- Zusätzliche Auswertung der Wasserspiegellagen aus den Simulationen des Teilprojekts E
- Referenzzustand hier: mittlerer jährliche Abfluss MQ

  → Vergrößerung des Bereichs mit Wasserspiegelreduzierung im Vergleich zum Referenz-zustand auf rd. 6 km




Beispiel: Ausdehnung einer Vorabsenkung von 2 m im Stauraum Ering-Frauenstein für das HW 2005 auf Basis der Simulationen mit dem 2-D-Modell (TP E) der TU München



© LfU / Referat 61 / Schmid / 13./14.12.2023 und 08./09.02.2024

# Mögliche Auswirkungen einer Vorabsenkung auf Feststofftransport

- Zusätzliche Sedimentmobilisierung und erhöhter Feststofftransport
- Ort und Zeitpunkt der Ablagerung schwer vorhersehbar
- Generelles Ziel am Inn:
  Vergleichmäßigung des Feststofftransports unter Berücksichtigung der Belange des Hochwasserschutzes
- Können Vorabsenkungen den gestörten Feststoff-transport am Inn positiv beeinflussen?

→ Notwendigkeit die Auswirkungen auf den Feststofftransport modelltechnisch genauer zu Untersuchen

© LfU / Referat 61 / 10.04.2025

# Mögliche Auswirkungen einer Vorabsenkung auf Grundwassersituation

- Vorabsenkung erfolgt in einem staugeregelten Bereich des Inn
- Enge zeitliche Begrenzung der Maßnahmen (wenige Stunden)
- seltenes Auftreten im Vorfeld eines Hochwasserereignisses
- Durch Stauhaltungsdämme bzw. Dichtwände nur sehr begrenzte und deutlich verzögerte Interaktion zwischen Oberflächengewässer und Grundwasser

→ Es sind keine nennenswerten Auswirkungen auf die Grundwasserverhältnisse zu erwarten

Inn, Staustufe Perach (2004), Bildnachweis: Herbert Stolz



© LfU / Referat 61 / 10.04.2025

# Mögliche Auswirkungen einer Vorabsenkung auf Ökologie

| | |
|---|---|
| **Auen** | • Betroffenheit innerhalb der Stauhaltungsdämme<br>• Ökosystemleistung: Insgesamt überwiegend keine / unerhebliche Auswirkungen erwartet (seltenes Auftreten, beschränkte Dauer) |
| **Fische** | • Temporäres Trockenfallen von Lebensräumen („Fischfallen“)<br>• Überlagerung von Laich- und Jungfischhabitaten durch mobilisiertes Feinsediment |
| **Groß-muscheln** | • Erhöhte Mortalität durch das Trockenfallen von Habitaten<br>• Negative Auswirkung durch Feinsediment auf Jungmuscheln<br>• Auswirkungen zeitlich begrenzt → Muscheln können sich eingraben |
| **Makrozoo-benthos** | • Stauzielabsenkung kann zu Austrocknungsphasen führen<br>• Auswirkungen zeitlich begrenzt → Mobile Arten können sich in geschützte Bereiche zurückziehen |
| **Amphibien** | • Trockenfallen für Laich und Larven problematisch<br>• Auswirkungen zeitlich begrenzt → adulte Arten können sich in geschützte Bereiche zurückziehen |
| **Vögel** | • Temporär freiwerdende Rastplätze für Zugvogelarten<br>• Aufgabe von Nester → Nester aber unter Umständen ohnehin durchs Hochwasser zerstört |

Bild: Werner Rehklau

Bild: Andreas Hartl

Bild: Martin Mertl, WWA Rosenheim

Bild: Andreas Hartl

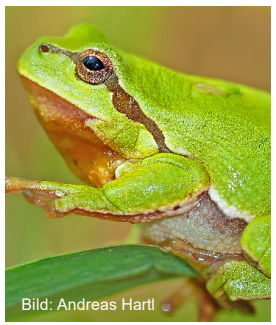


Bild: Andreas Hartl

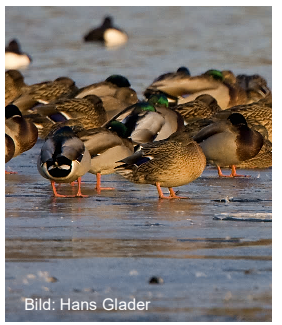


Bild: Hans Glader

# Fazit

- Staustufenbewirtschaftung ist im Hochwasser-Fall theoretisch wirksam
- Voraussichtlich kein bzw. lediglich geringfügiger baulicher Eingriff ins Gesamtsystem notwendig
- Vorabsenkungen erfolgen lediglich in Zeiträumen von Jahrzehnten
- Auswirkungen des Hochwasserereignis können Auswirkungen der Vorabsenkung übertreffen

**Weiterer Untersuchungsbedarf**

- Auswirkungen auf Feststofftransport und Ökologie (v. a. auf Fische)
- Staustufenbezogene Kartierungen und Modellierung der Wasserstandsänderungen
  - Identifikation der trockenfallenden Bereiche
  - Identifikation Bereiche möglicher Sedimentmobilisierung und Ablagerung



© LfU / Referat 61 / 10.04.2025

# Innstudie, LfU-Zusatzbericht

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Salzachmündung (2010), Bildnachweis: Nürnberg Luftbild, Hajo Dietz



© LfU / Referat 61 / 10.04.2025