

Licca Liber – der freie Lech

Robert Klar, Universität Innsbruck

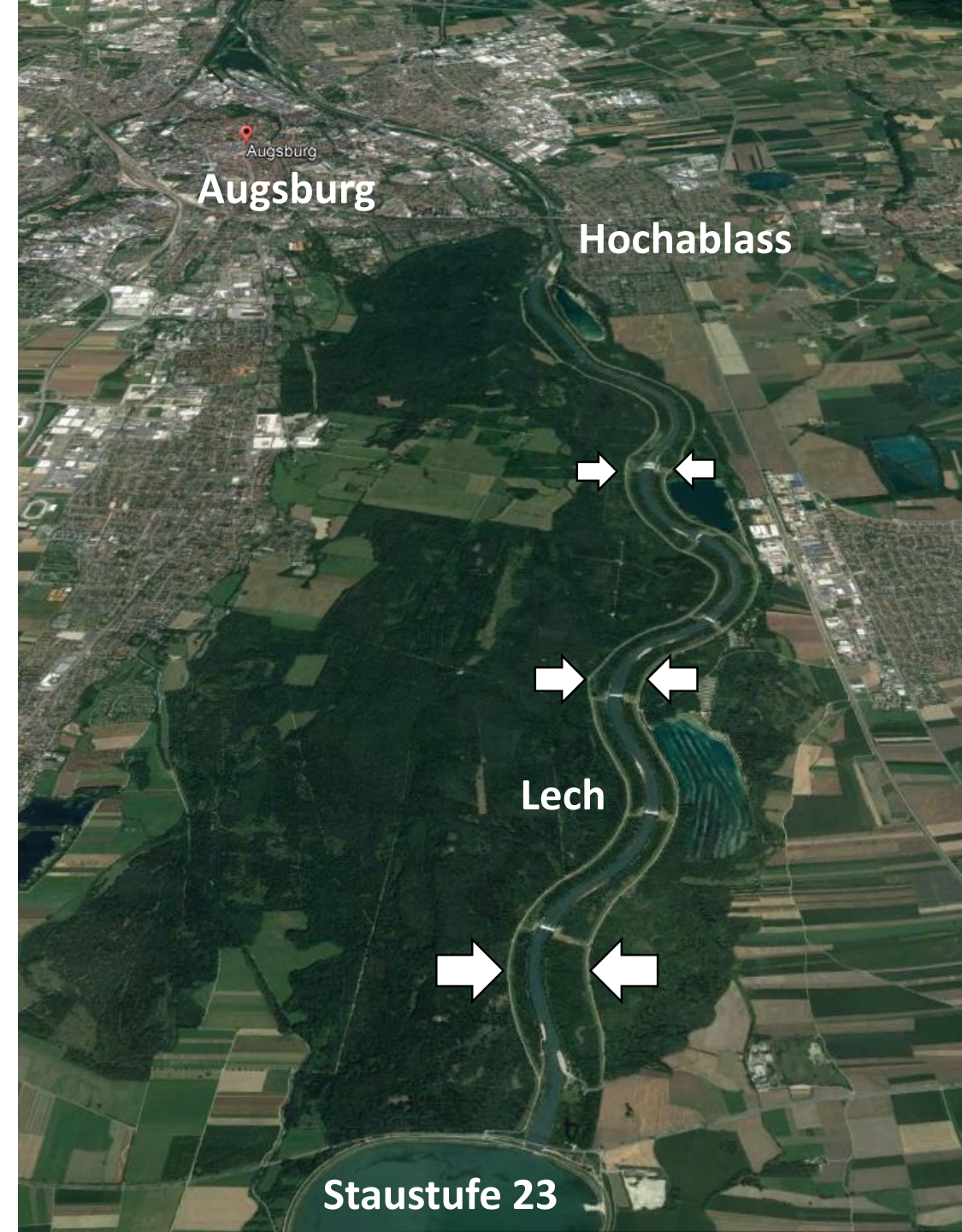
VERANSTALTER

 **Hydrotec**
Ingenieurgesellschaft für
Wasser und Umwelt mbH



HYDRO_AS-2D Anwendertreffen

Dienstag, 13. Nov. 2018 | Technologiezentrum am Europaplatz
Auditorium 1 + 2 | Dennewartstraße 25 - 27 | 52068 Aachen



Licca Liber – der freie Lech

Das Projekt *Licca liber – Der freie Lech* wird derzeit in enger Abstimmung durch die ARGE „SKI – IG KUP – UIBK“, bestehend aus SKI GmbH + Co.KG, Ingenieurgesellschaft Prof. Kobus und Partner GmbH, Universität Innsbruck - AB Wasserbau, REVITAL Integrative Naturraumplanung GmbH sowie TB Zauner GmbH bearbeitet.



Das Projekt umfasst als vorläufigen Planungsabschnitt den Lech auf der Höhe der Stadt Augsburg von Fl.km 56+795 bis 37+000. Anlass des Projektes sind aus der historischen Lechkorrektur resultierende Defizite hinsichtlich Geschiebetransport bzw. Sohlstabilität und Gewässerstruktur, die Standsicherheitsrisiken für Bauwerke und Beeinträchtigungen der Naturvielfalt nach sich ziehen.

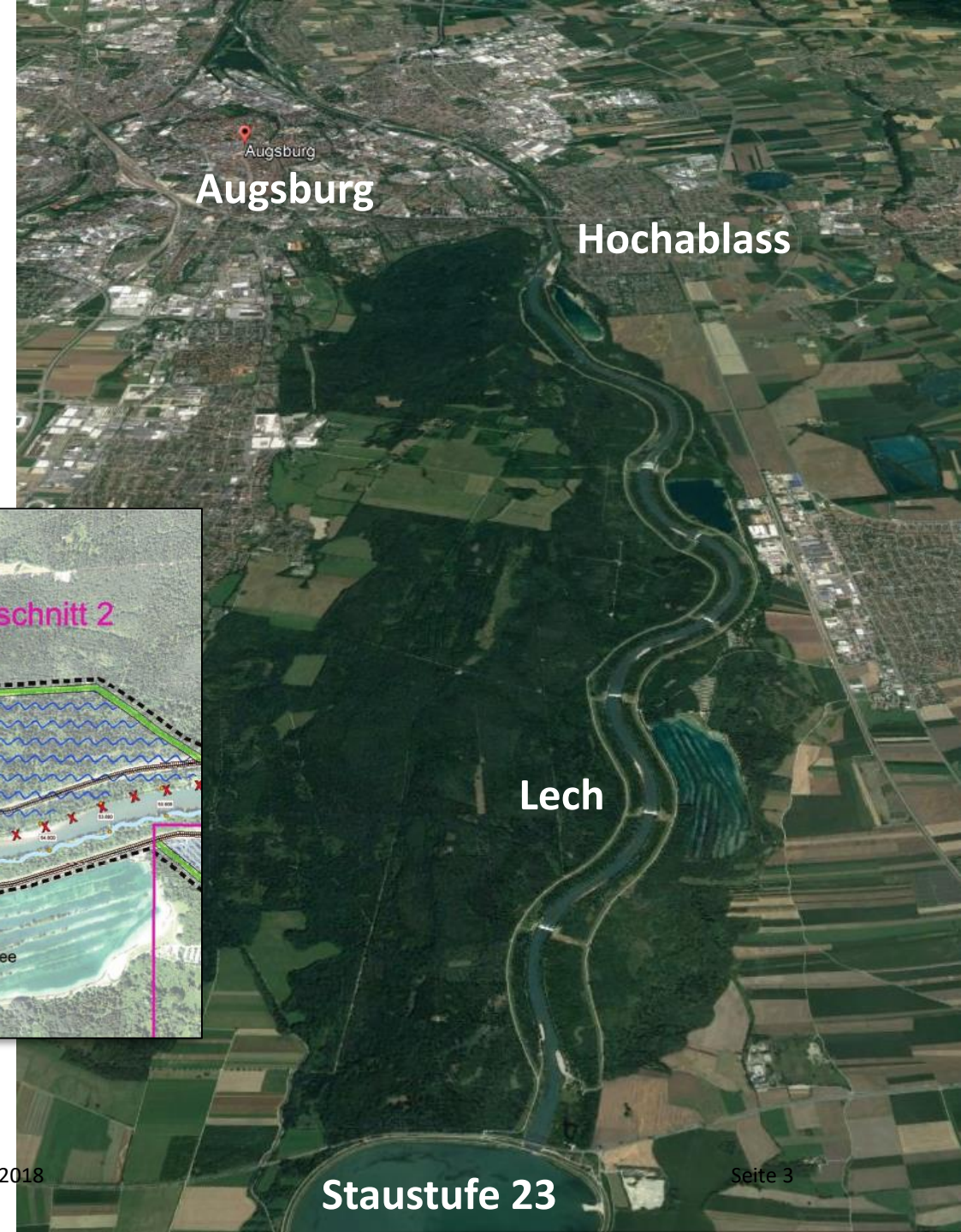
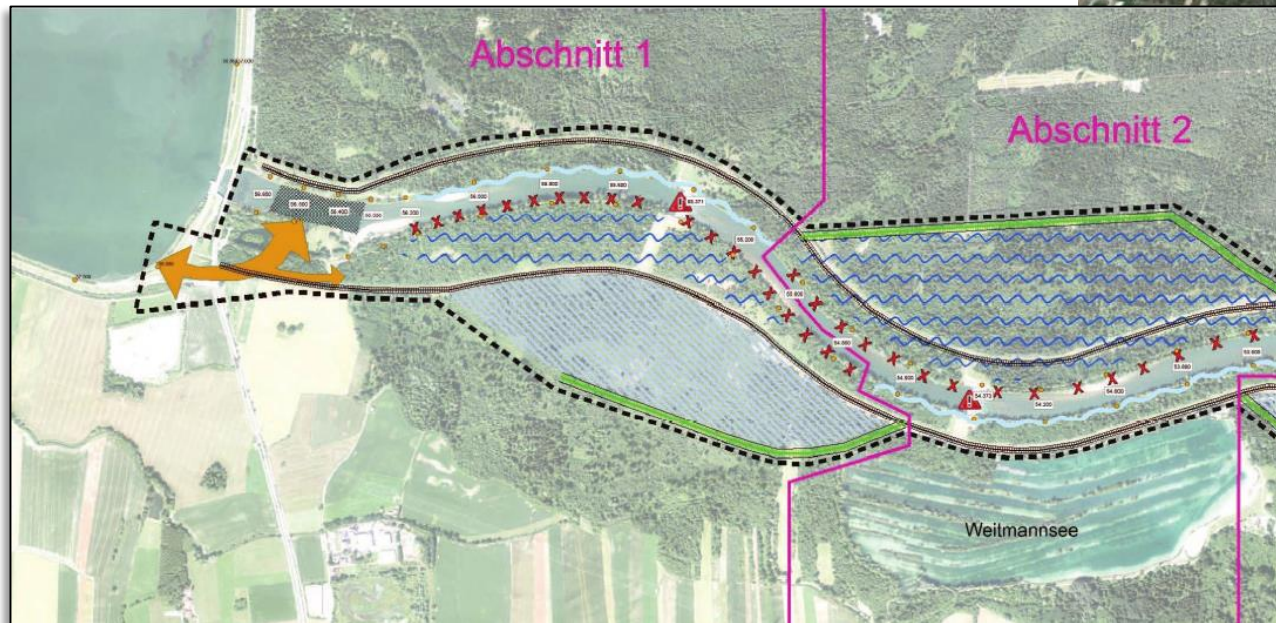
Abschnittsweise hat die fortschreitende Sohleintiefung bereits die tertiäre Bodenschicht erreicht – ein zukünftiger Sohdurchschlag kann dort nicht ausgeschlossen werden. Die Sohlstabilisierung soll durch flussbauliche, möglichst naturnahe Maßnahmen wie z. B. raue Rampen, Sohlbelegungen (offene Deckwerke), weiche Ufer oder auch Aufweitungen des Flussbettes erzielt werden. Innerhalb von Flächen, die zur Verfügung gestellt werden können, soll sich der Fluss wieder möglichst frei entwickeln.

Motivation

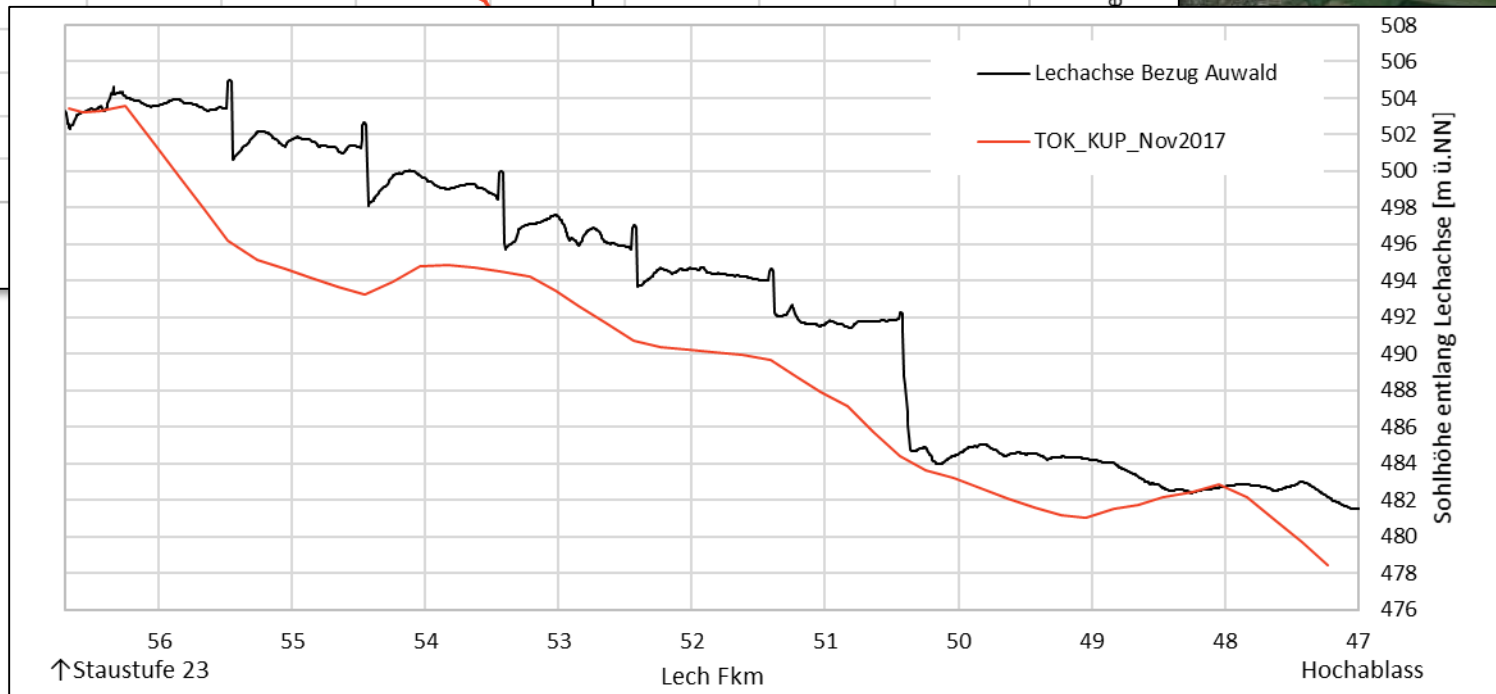
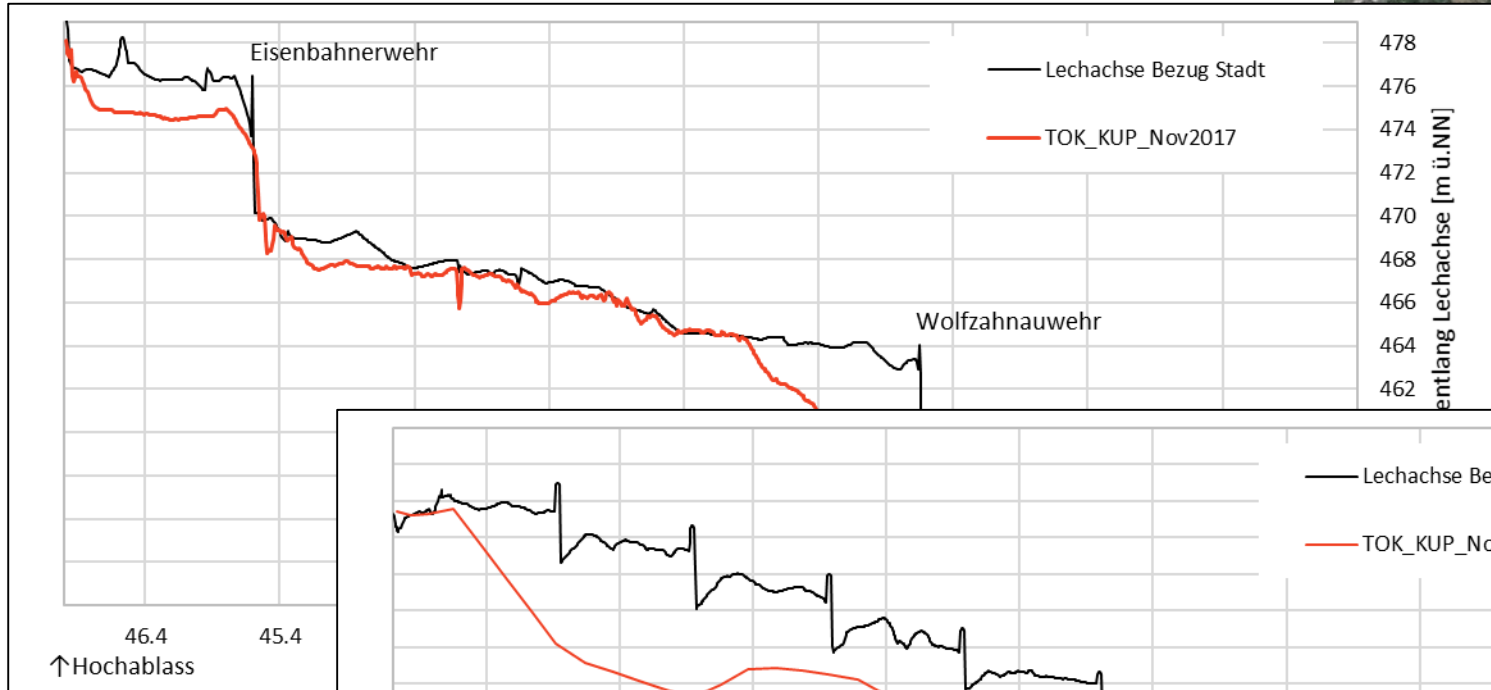
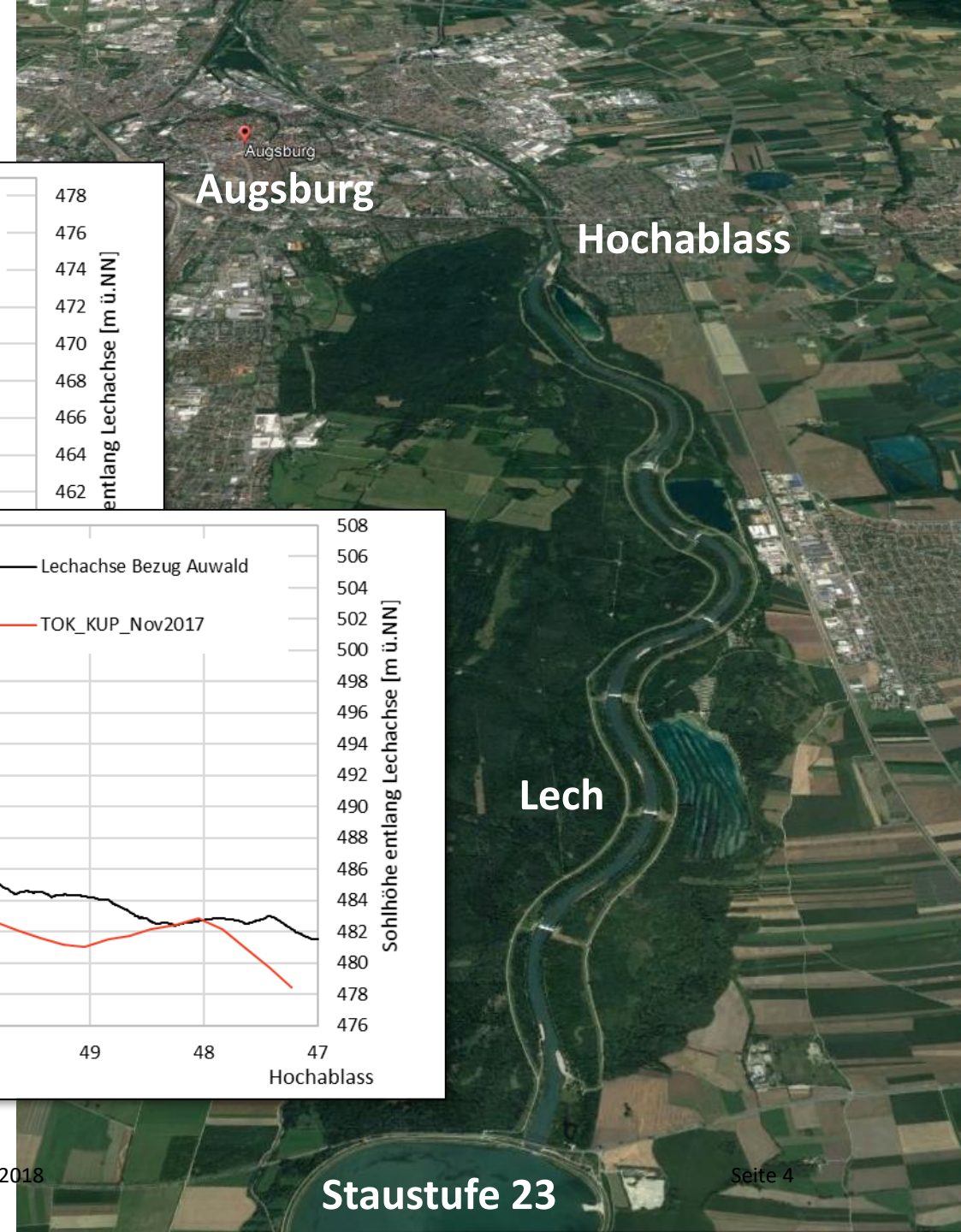
Licca Liber – der freie Lech

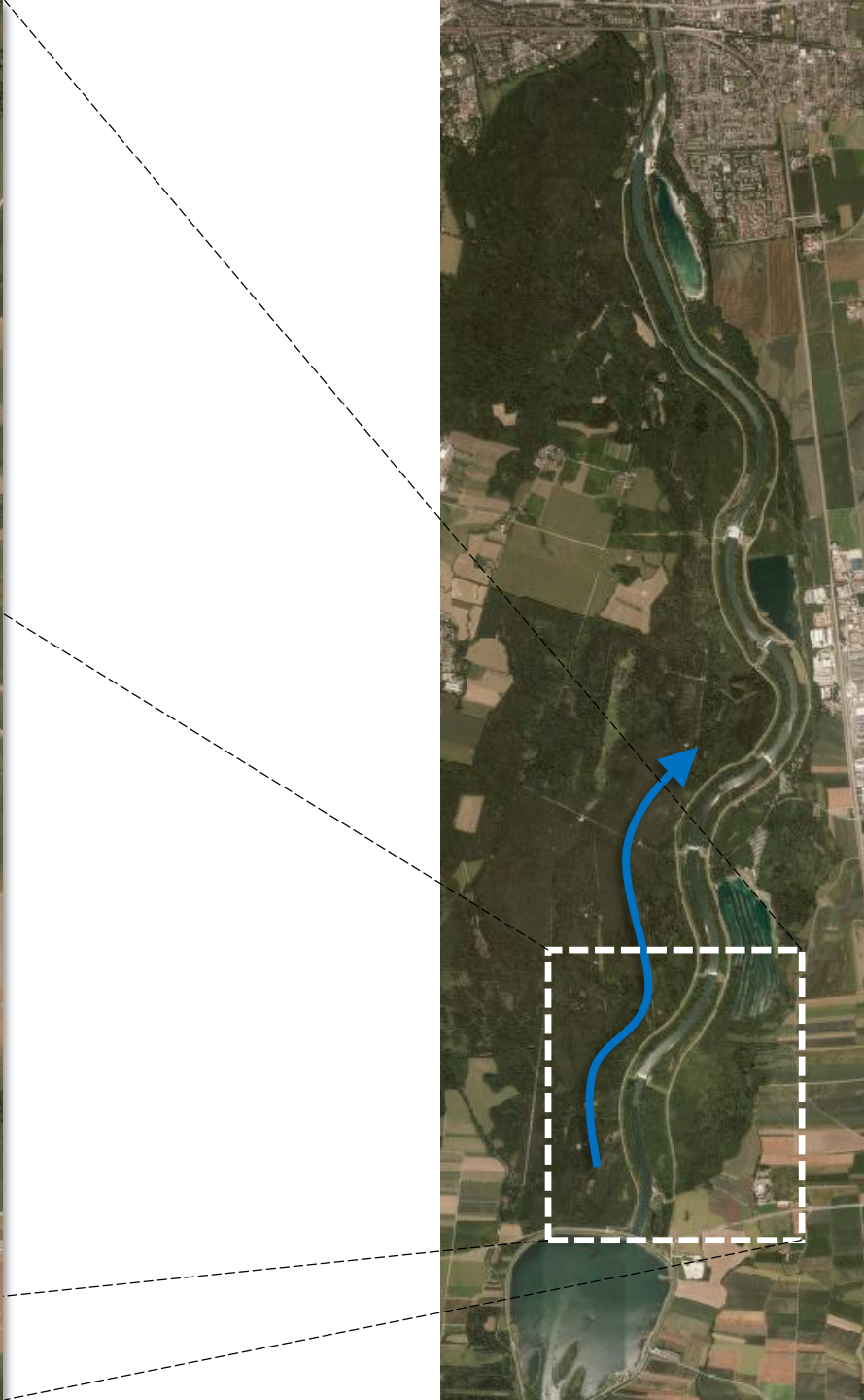


Umsetzungskonzept



Licca Liber – der freie Lech







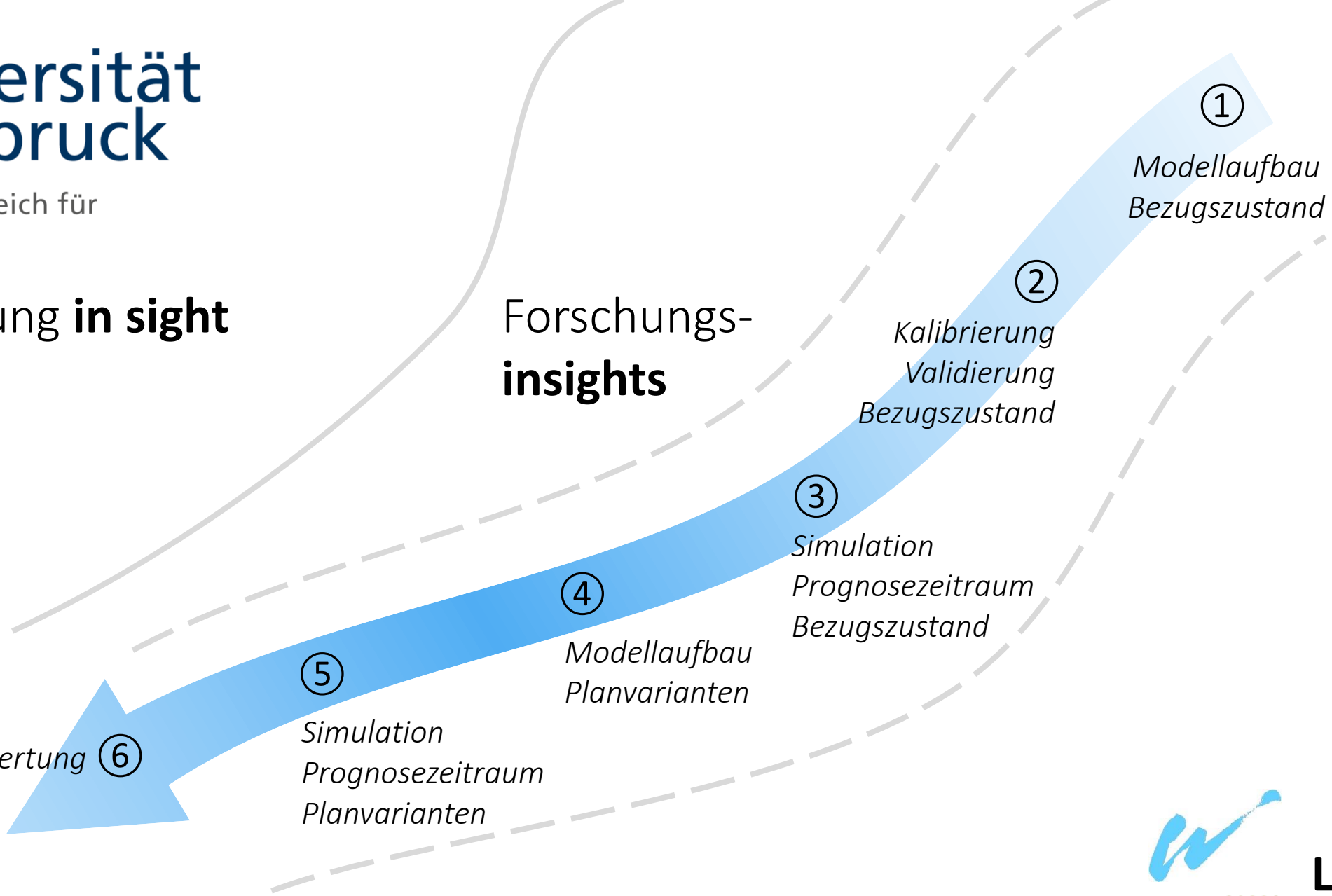
Aachen | Robert Klar | 13. November 2018



Forschungs-
insights

Variantenbewertung ⑥

Umsetzungs-
variante



Forschungs-
insights

Variantenbewertung ⑥

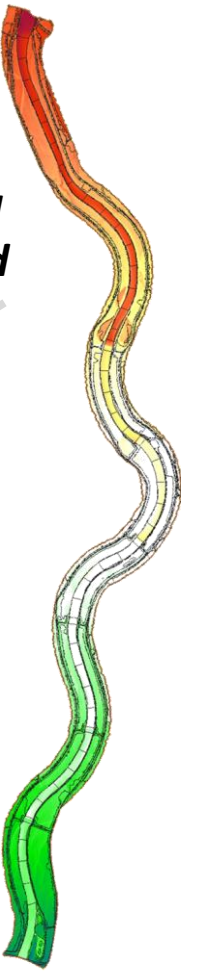
⑤
Simulation
Prognosezeitraum
Planvarianten

④
Modellaufbau
Planvarianten

③
Simulation
Prognosezeitraum
Bezugszustand

②
Kalibrierung
Validierung
Bezugszustand

①
Modellaufbau
Bezugszustand



Umsetzungs-
variante

Modellaufbau_Bezugszustand

Obere Randbedingung:
 Pegel „Haunstetten“ (ab Jahr 1975)
 MQ = 80.7 m³/s | Q_{max} = 1150 m³/s

Basisnetz:
 kalibriertes 2d-Modell der
 Oberflächenwasserhydraulik

Fkm 39,00

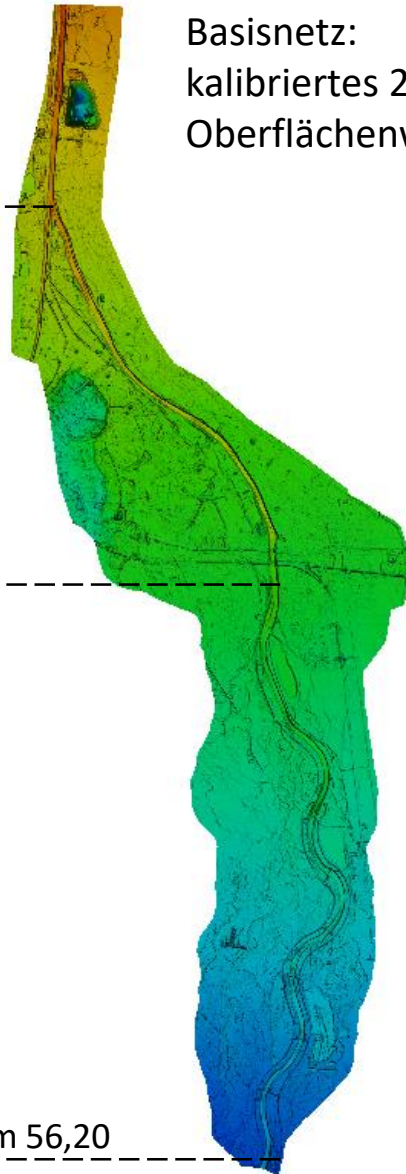
Planungsbereich II
 „Stadt Augsburg“

Fkm 47,20

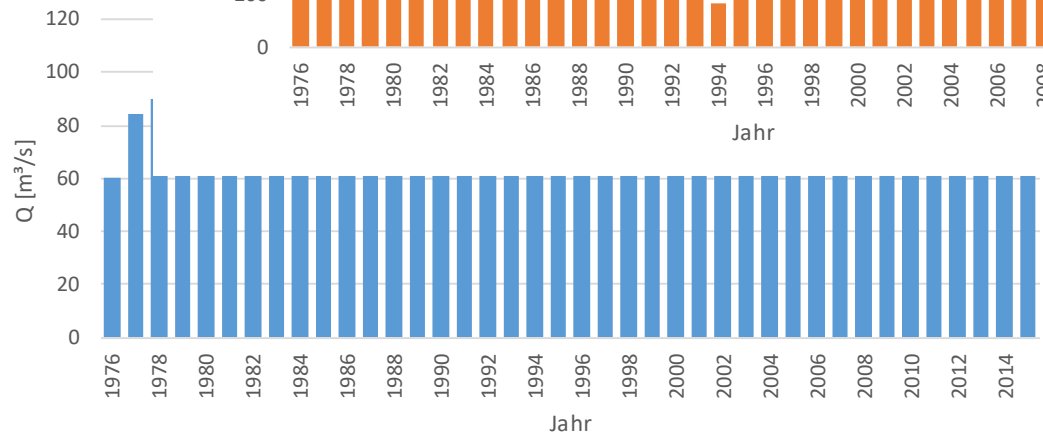
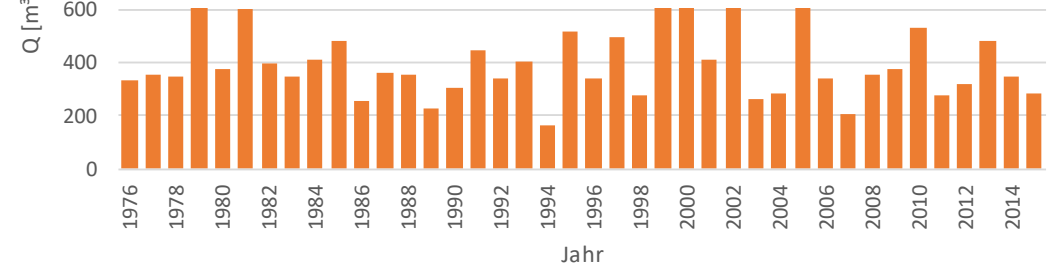
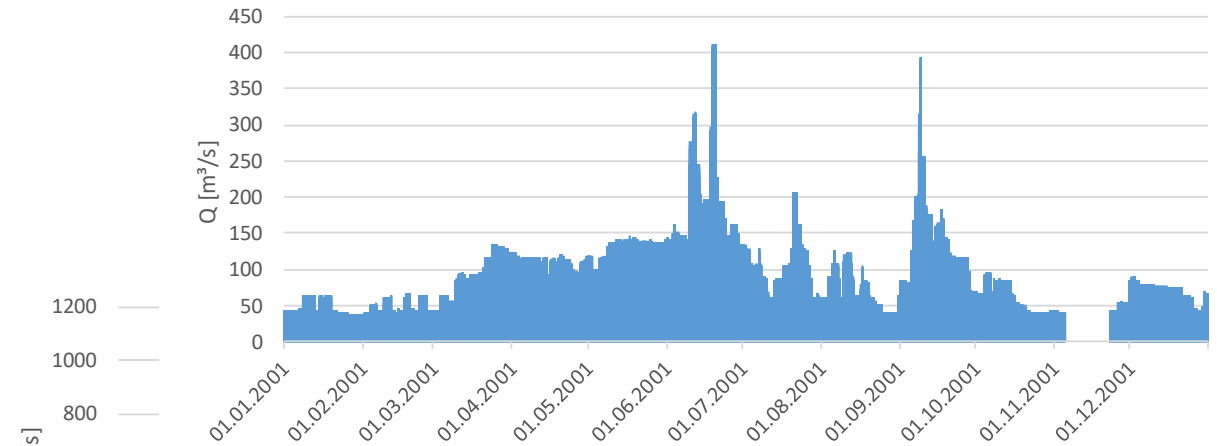
Hochablass

Planungsbereich II
 „Auwald“

Fkm 56,20



Abfluss Haunstetten



Modellaufbau_Bezugszustand

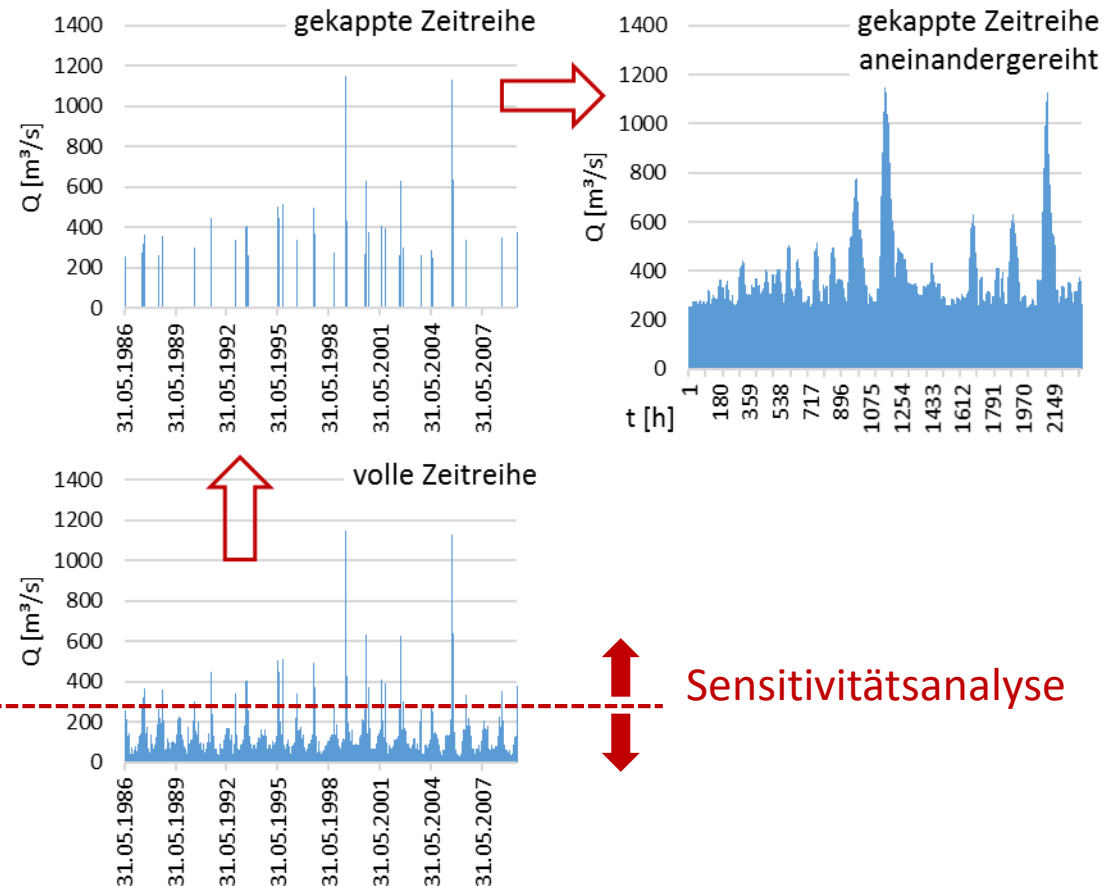
Maßnahme zur Verringerung der Rechenzeit: *Beschränkung auf geschieberelevante Zeiträume*

TU München:

„Die aktuell vorhandene Sohle in ihrer vorliegenden Erscheinungsform und -gestalt ist ungefähr bis zu einem Abfluss von $200 \text{ m}^3/\text{s}$ stabil.“

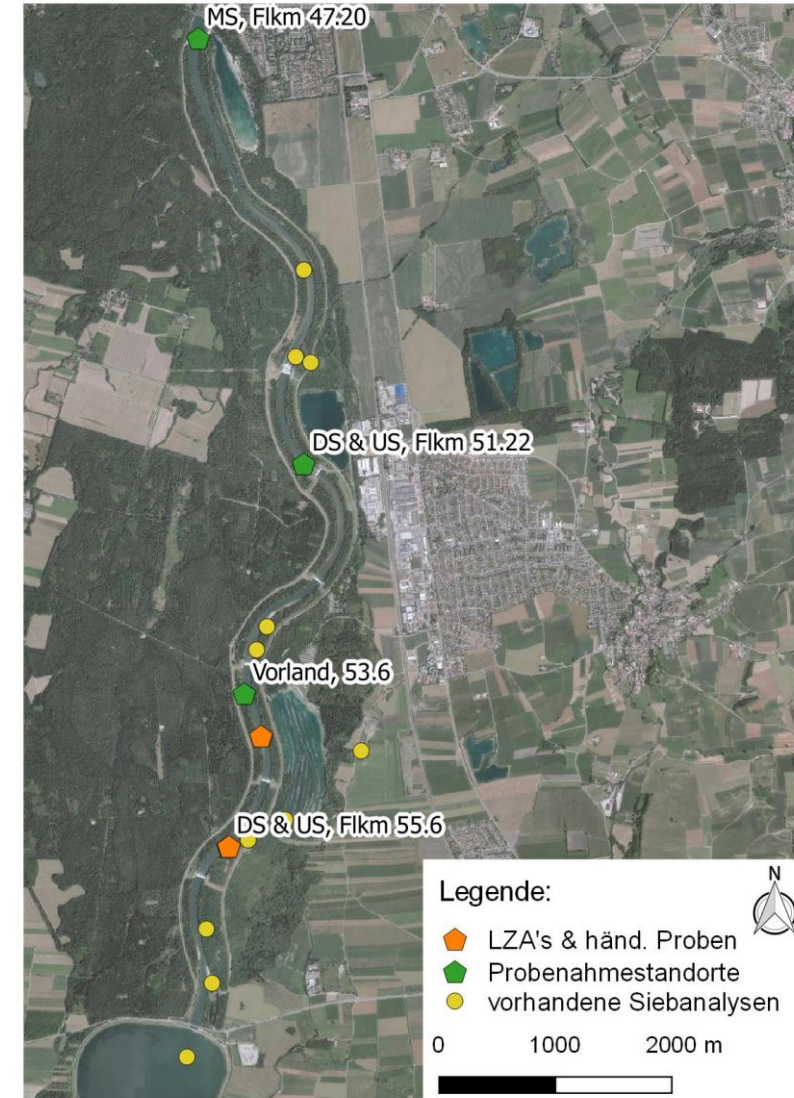
→ Geschiebetransport erst ab einer Überschreitung der kritischen Sohlschubspannung bzw. des kritischen Abflusses Q_c

$Q_c = 220 \text{ m}^3/\text{s} ?$



Modellaufbau_Bezugszustand

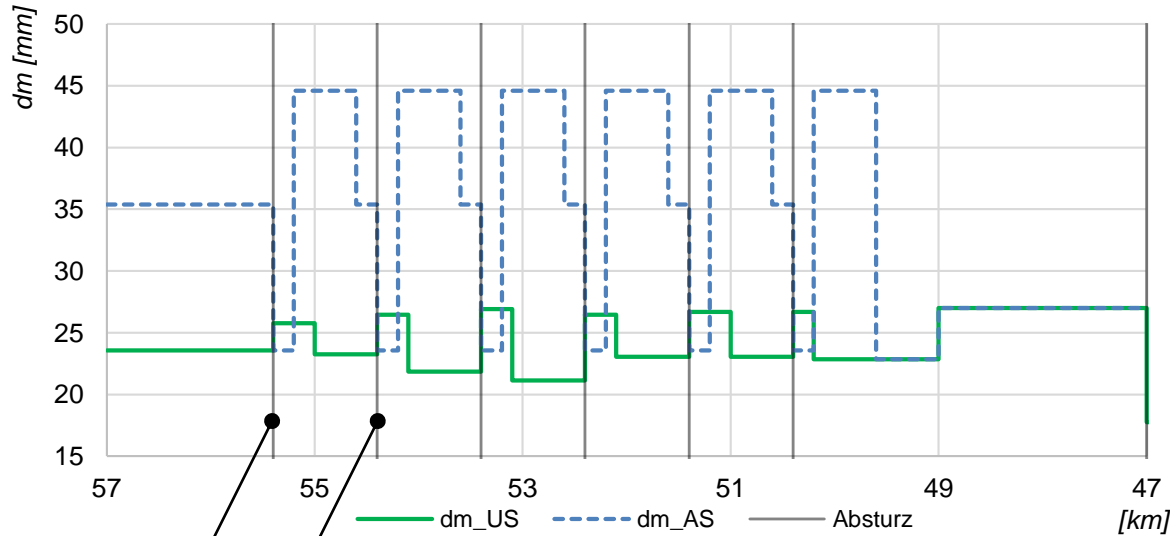
Kornzusammensetzung des
Sohlmaterials



Modellaufbau_Bezugszustand

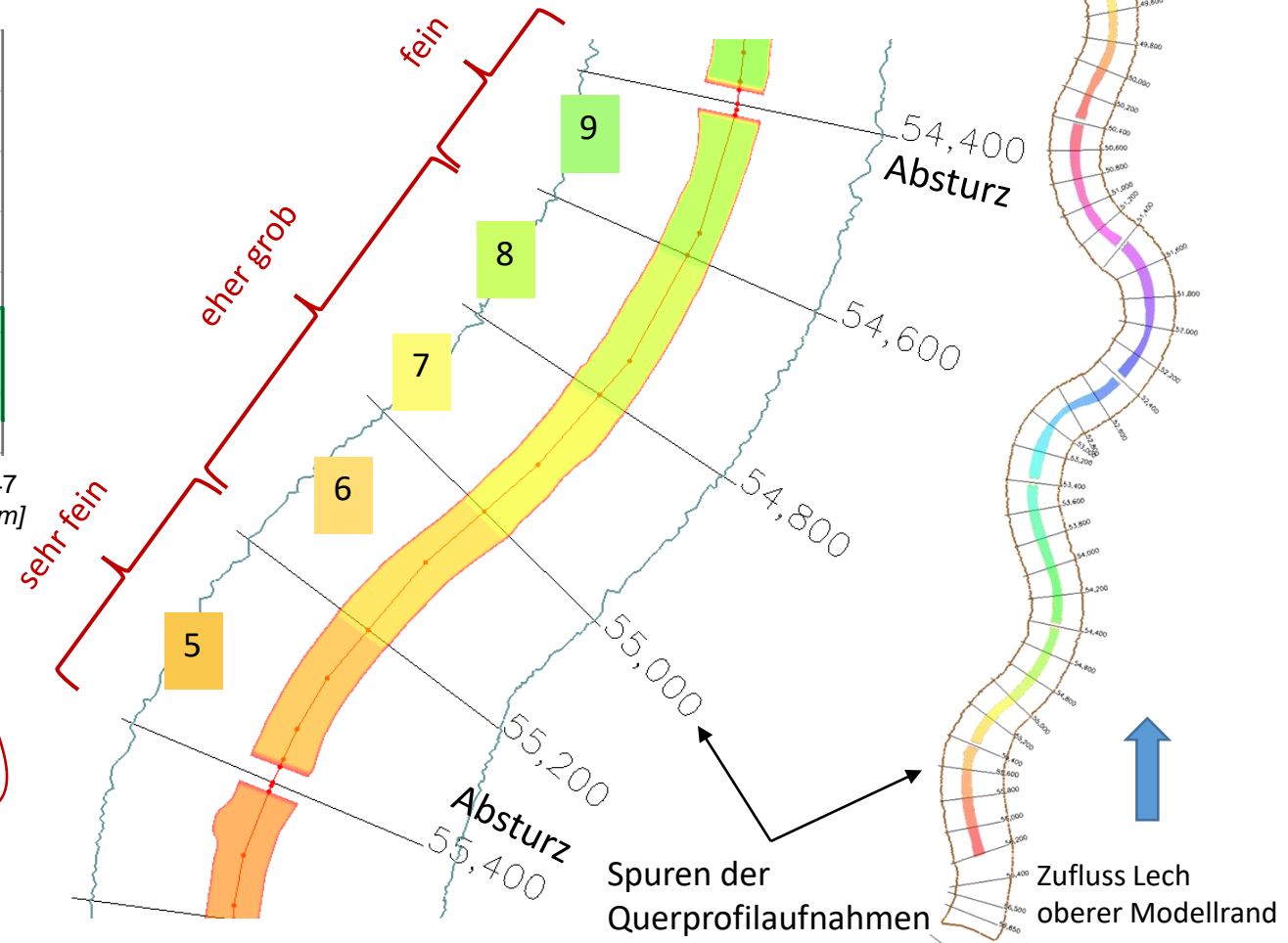
Unterteilung in Homogenabschnitten

mit ähnlichen geomorphologischen Gegebenheiten, Längsgefällen und Sohlenbreiten

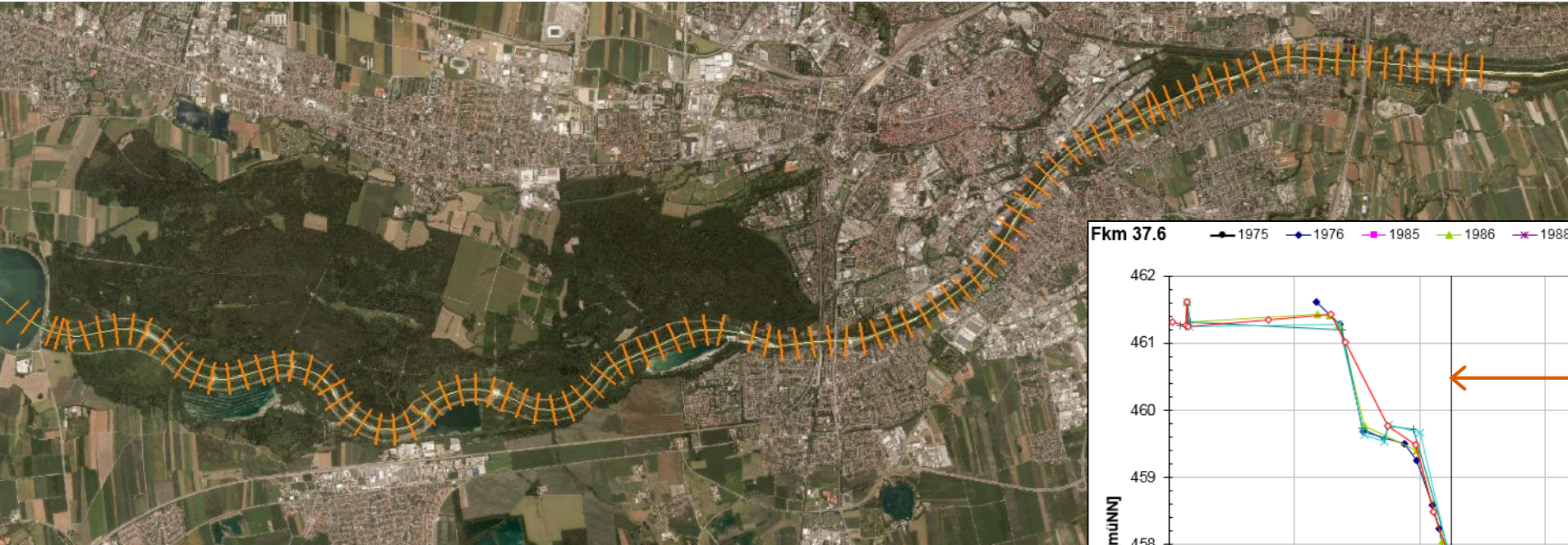


Abstürze

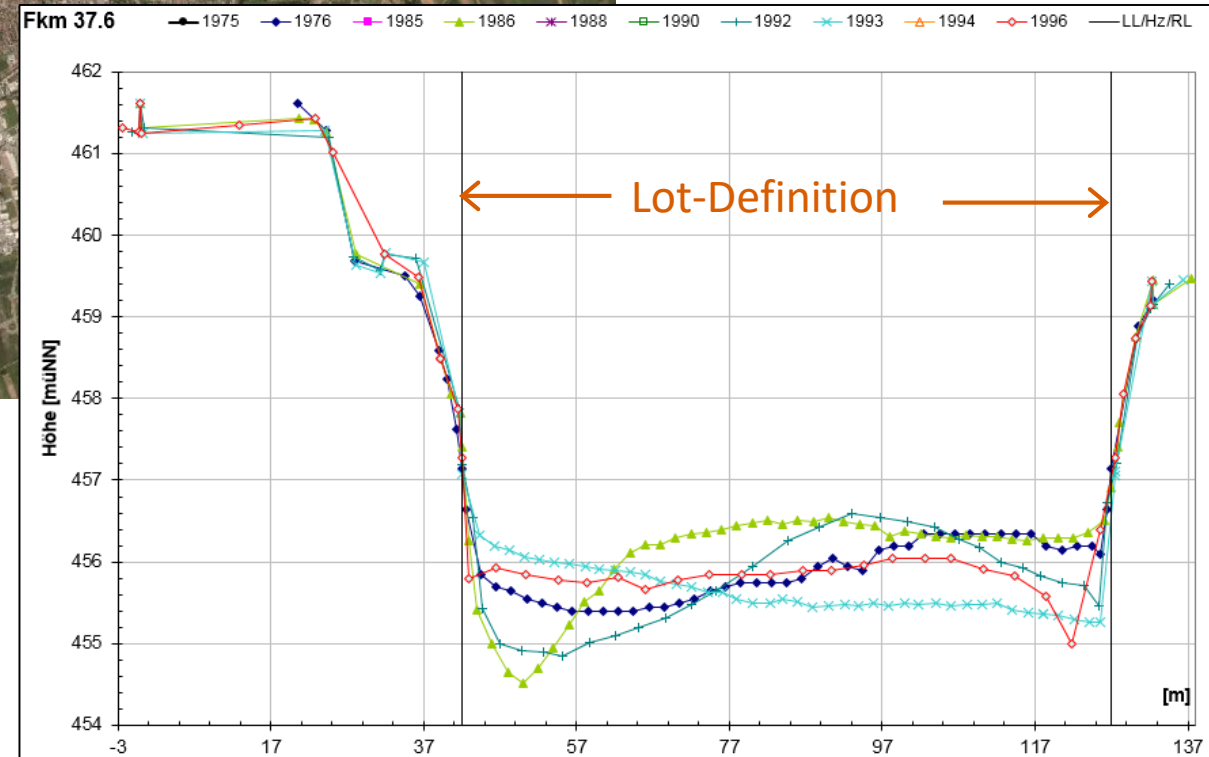
Kornzusammensetzung aus Einschwemmrechenlauf und Mittelung je Homogenabschnitt



Modellaufbau_Bezugszustand

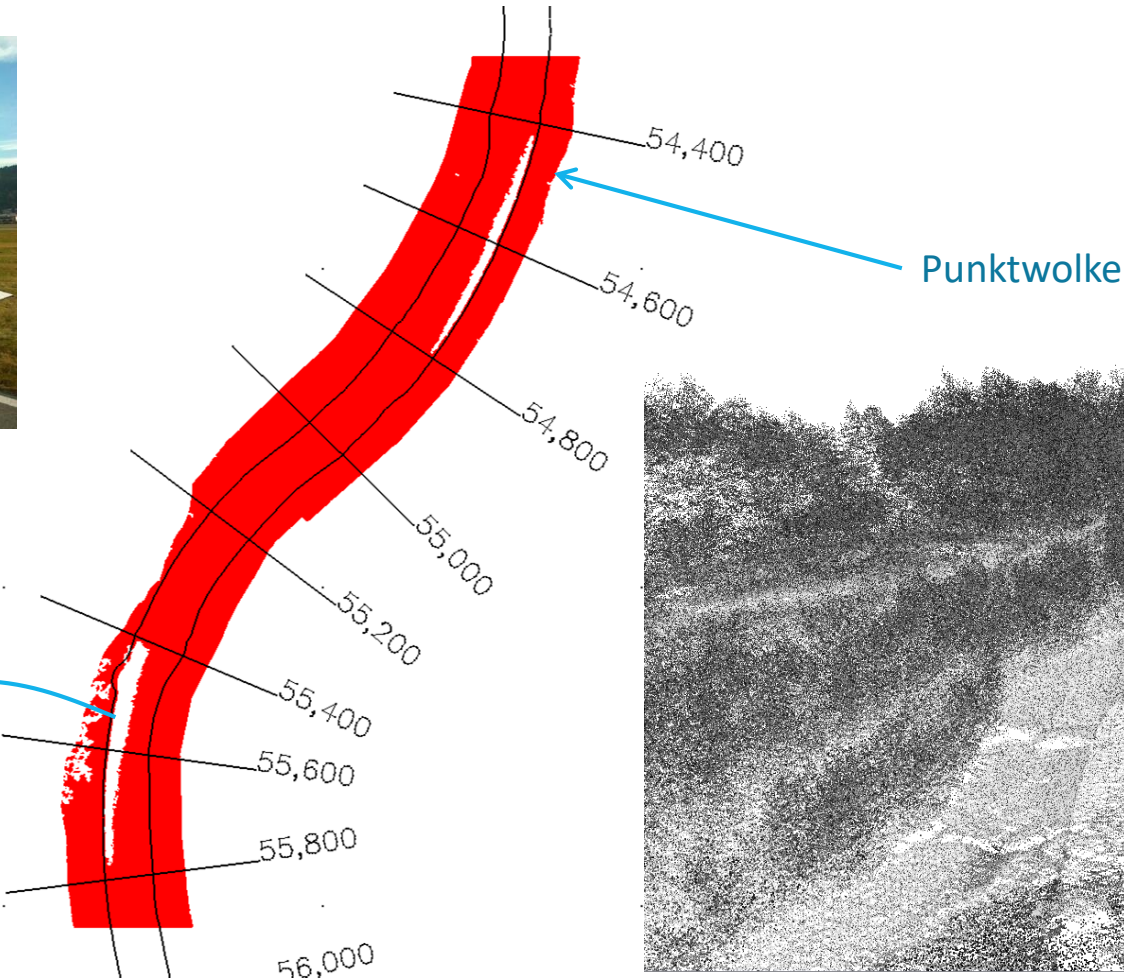


Querprofilaufnahmen der Jahre 1975 bis 2013
137 Querprofile: nicht alle Profile wurden in jedem Jahr vermessen



Modellaufbau_Bezugszustand

Airborne LiDAR Bathymetrie (ALB) Vermessung im Jahr 2013



*Big Data
Klassifizierung
Netzerstellung*

*Datengrundlage
Airborne LiDAR Bathymetrie*

Forschungs-
insights

1
**Modellaufbau
Bezugszustand**

2
*Kalibrierung
Validierung
Bezugszustand*

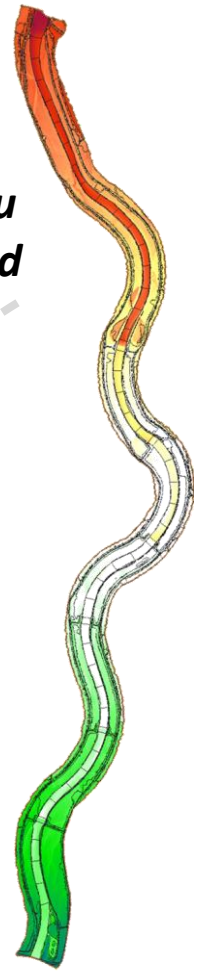
3
*Simulation
Prognosezeitraum
Bezugszustand*

4
*Modellaufbau
Planvarianten*

5
*Simulation
Prognosezeitraum
Planvarianten*

6
Variantenbewertung

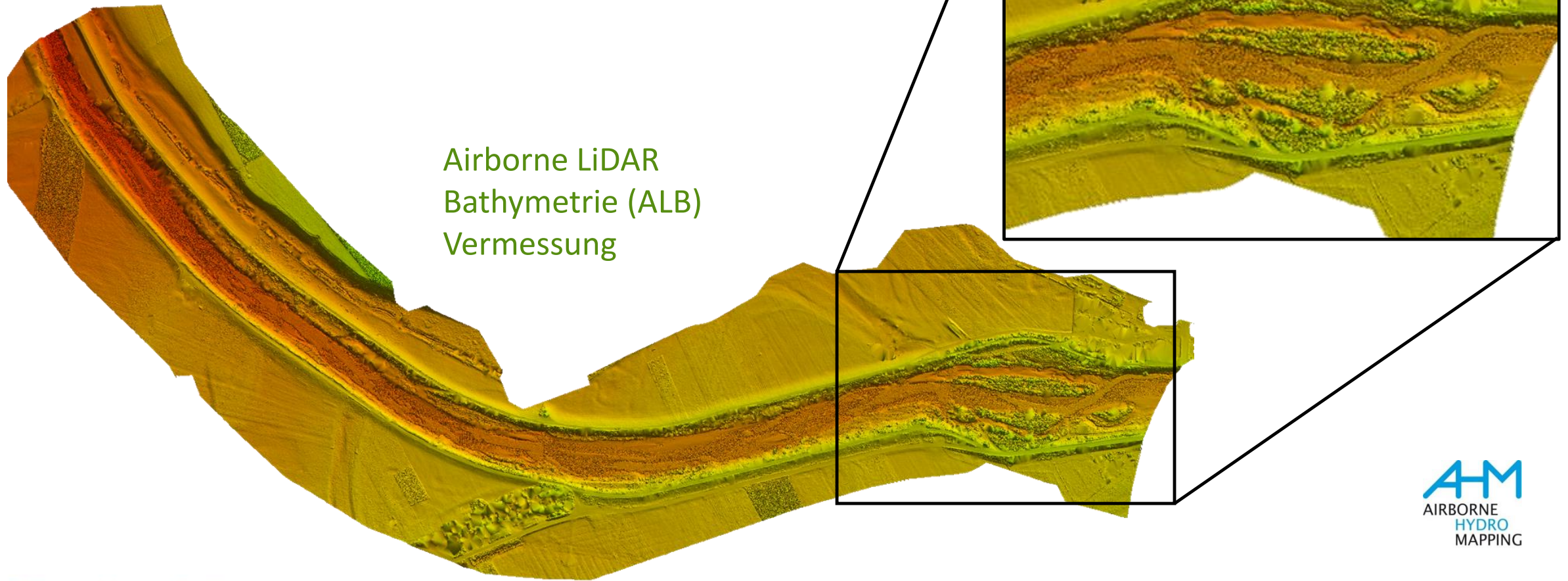
Umsetzungs-
variante



Modellaufbau_Bezugszustand

hochauflösendes DTM

Forschungsinsights

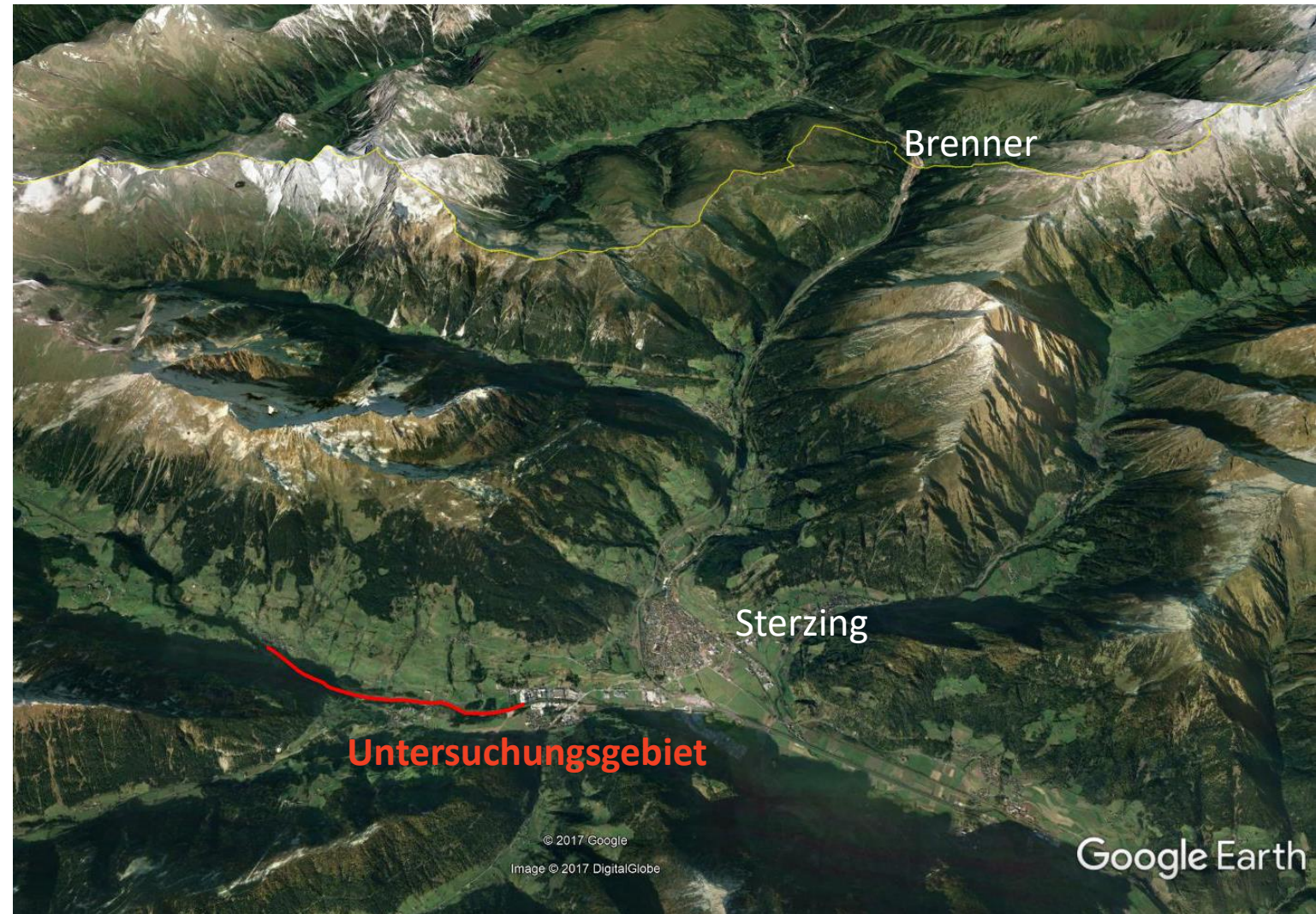


FHARMOR

*FISH HABITAT IN ALPINE RIVERS:
INTEGRATING MONITORING, MODELLING AND REMOTE
SENSING*

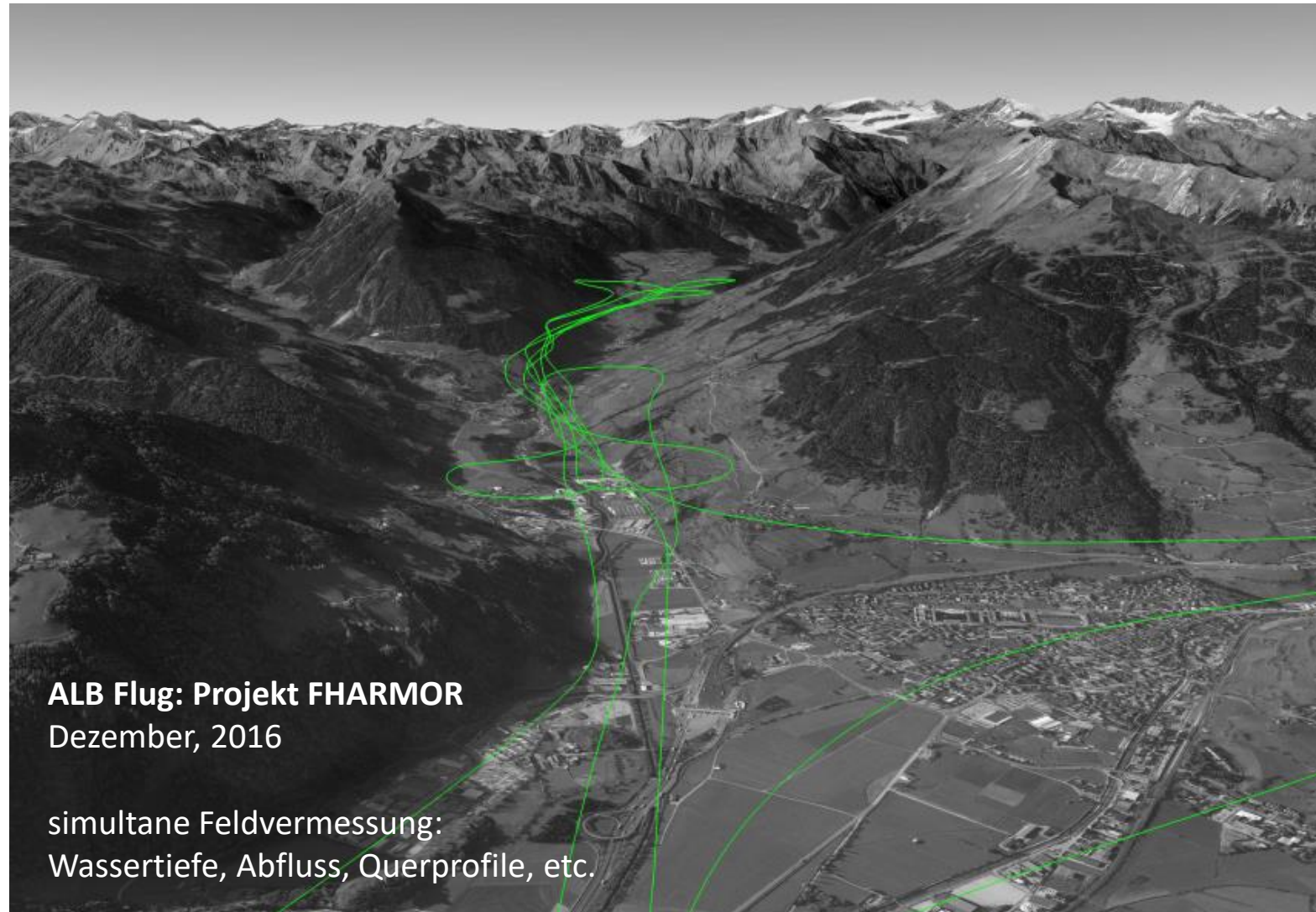
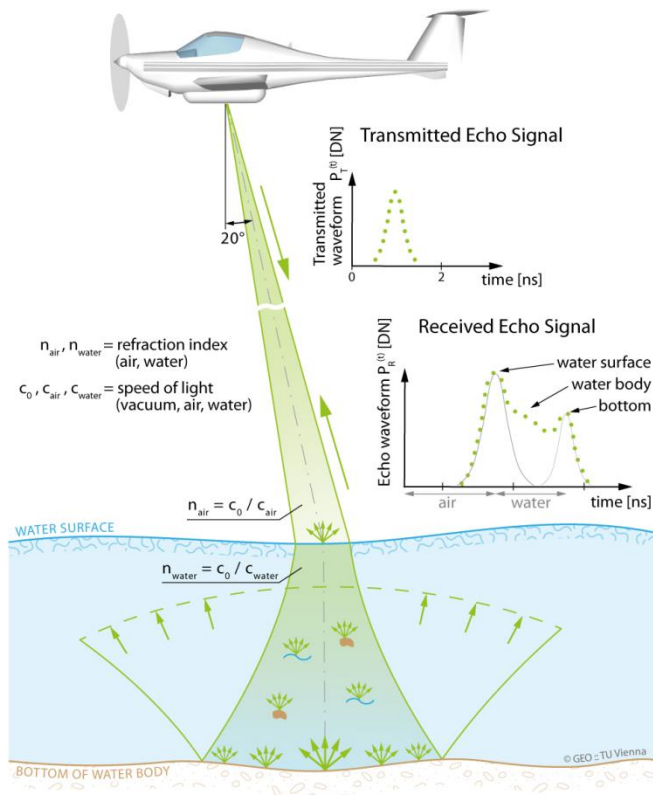


UNIVERSITY
OF TRENTO - Italy



Airborne LiDAR Bathymetry (ALB)

- Wellenlänge ($\lambda = 532$ nm, grün)
- Punktdichte bis zu 50 Punkte/m²
- Messtiefe bis 1.5 Secchi Tiefe

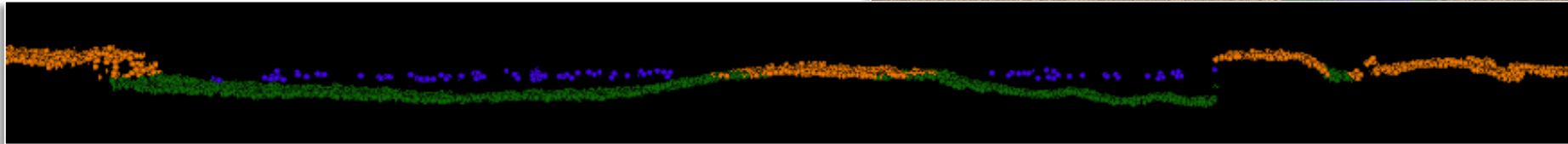
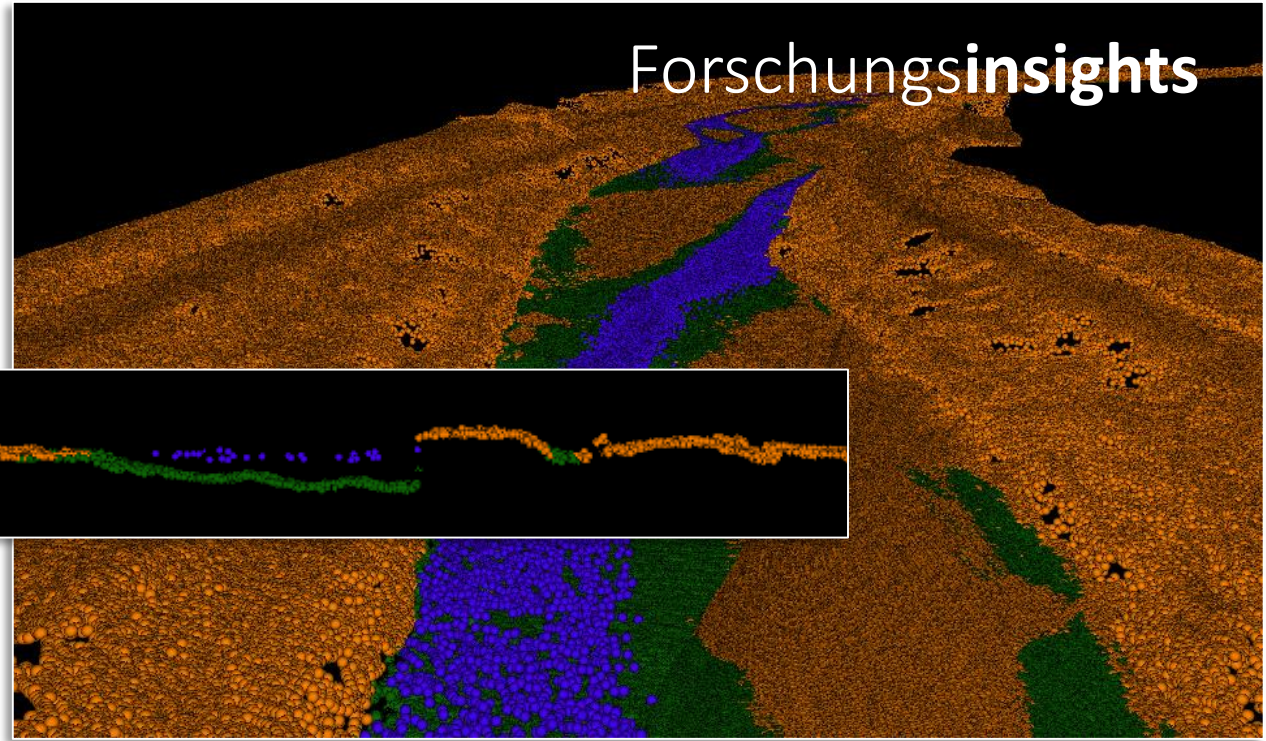


ALB Flug: Projekt FHARMOR
Dezember, 2016

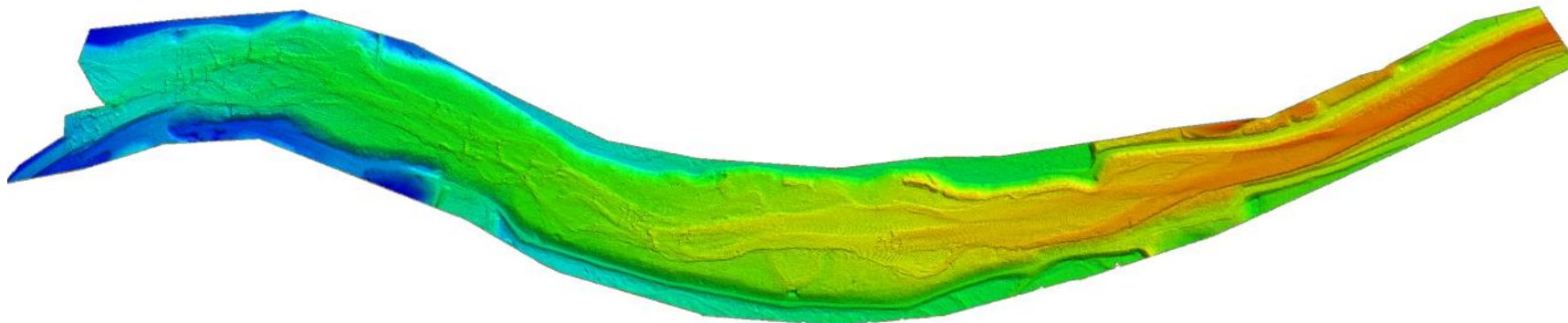
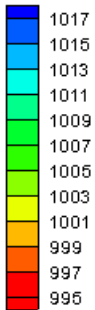
simultane Feldvermessung:
Wassertiefe, Abfluss, Querprofile, etc.

Modellaufbau_Bezugszustand

Airborne LiDAR Bathymetrie (ALB)



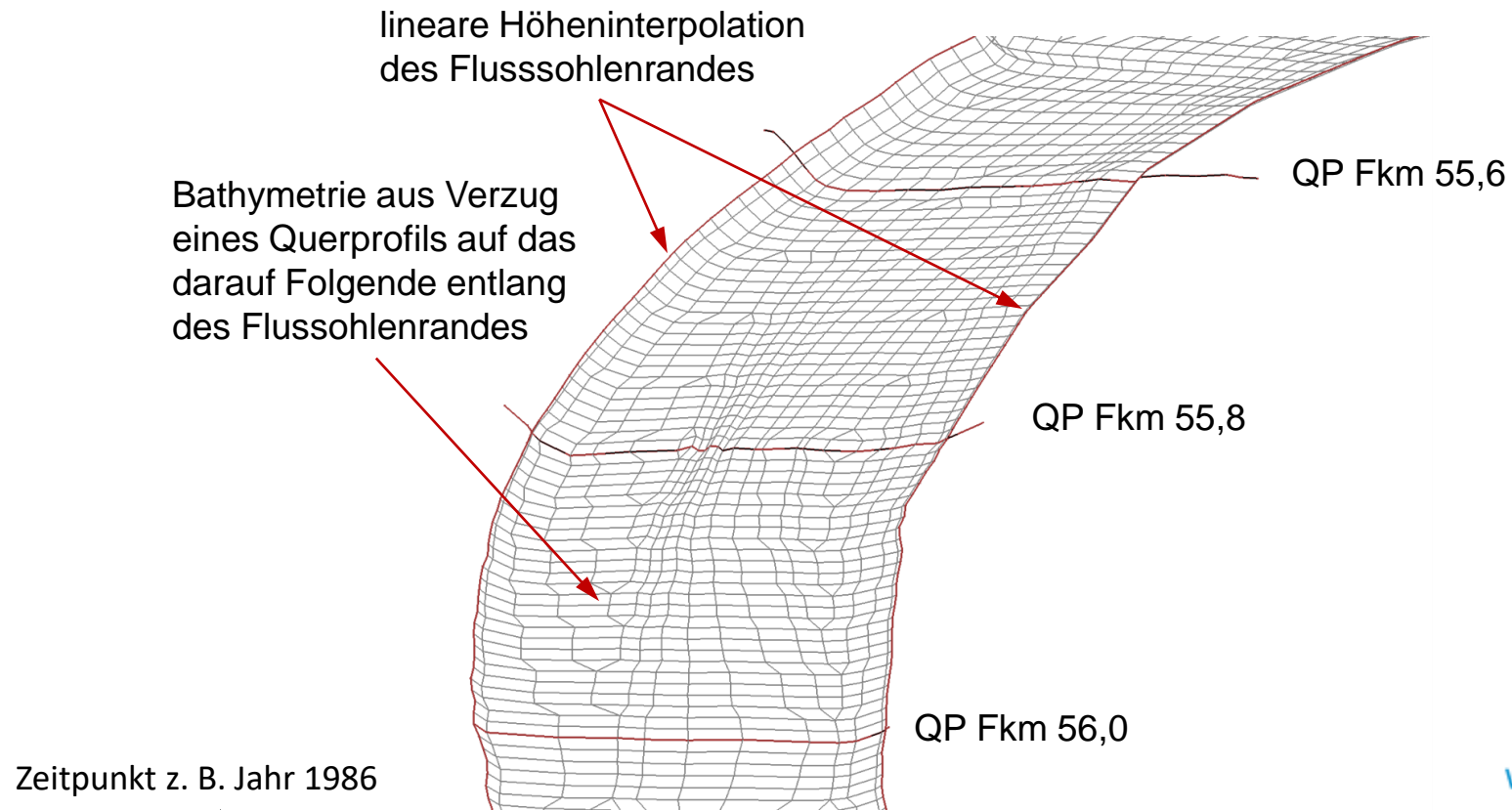
Höhe [m a.s.l.]



Projekt FHARMOR – Fluss Mareit in Südtirol

Modellaufbau_Bezugszustand

„Rekonstruktion“ der Bathymetrie einzelner Jahre als „Verzugsoberfläche“ zwischen Querprofilaufnahmen



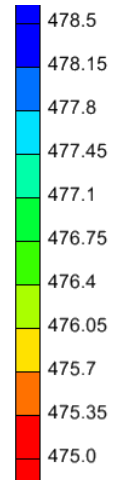
...zurück zu:



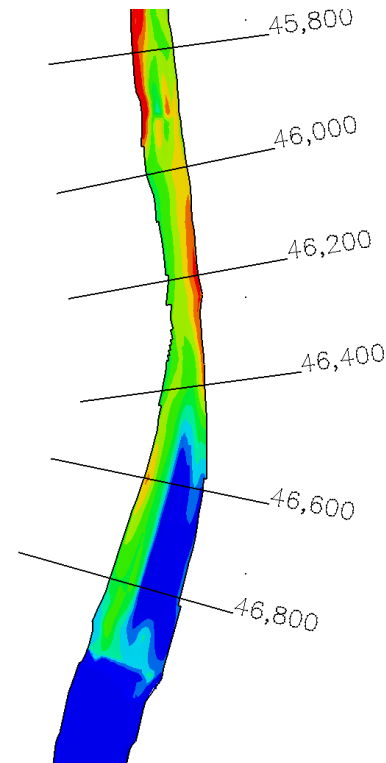
**LICCA
LIBER**

Modellaufbau_Bezugszustand

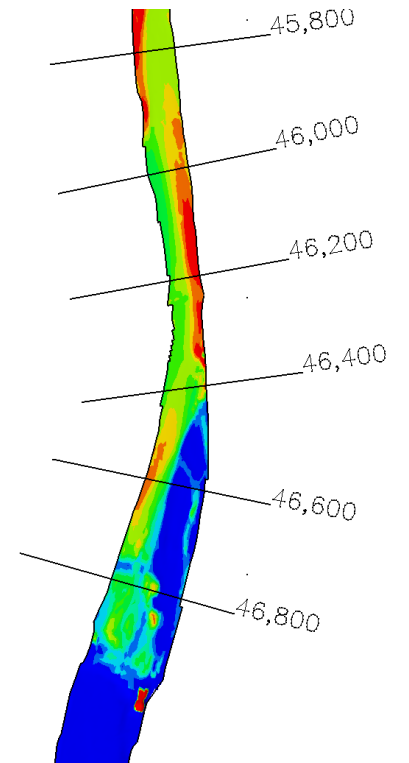
Datenvergleich:
Flussabschnitt von Fkm 46,4 bis Fkm 46,6



Sohle aus QP-Daten
Verzugs oberfläche



Sohle aus flächigen Daten
ALB Befliegung 2013



Big Data
Klassifizierung
Netzerstellung

Datengrundlage
Airborne LiDAR Bathymetrie

①
Modellaufbau
Bezugszustand

Forschungs-
insights

②
**Kalibrierung
Validierung
Bezugszustand**

Morpho-
dynamische
Kalibrierung

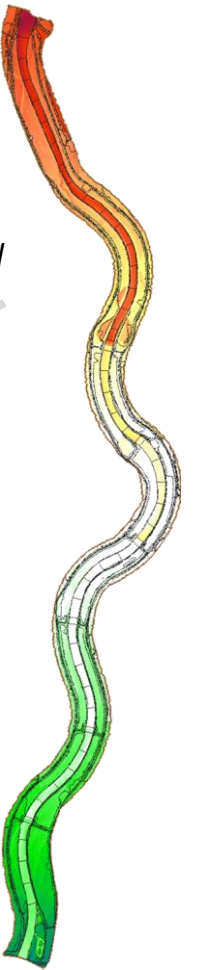
③
Simulation
Prognosezeitraum
Bezugszustand

④
Modellaufbau
Planvarianten

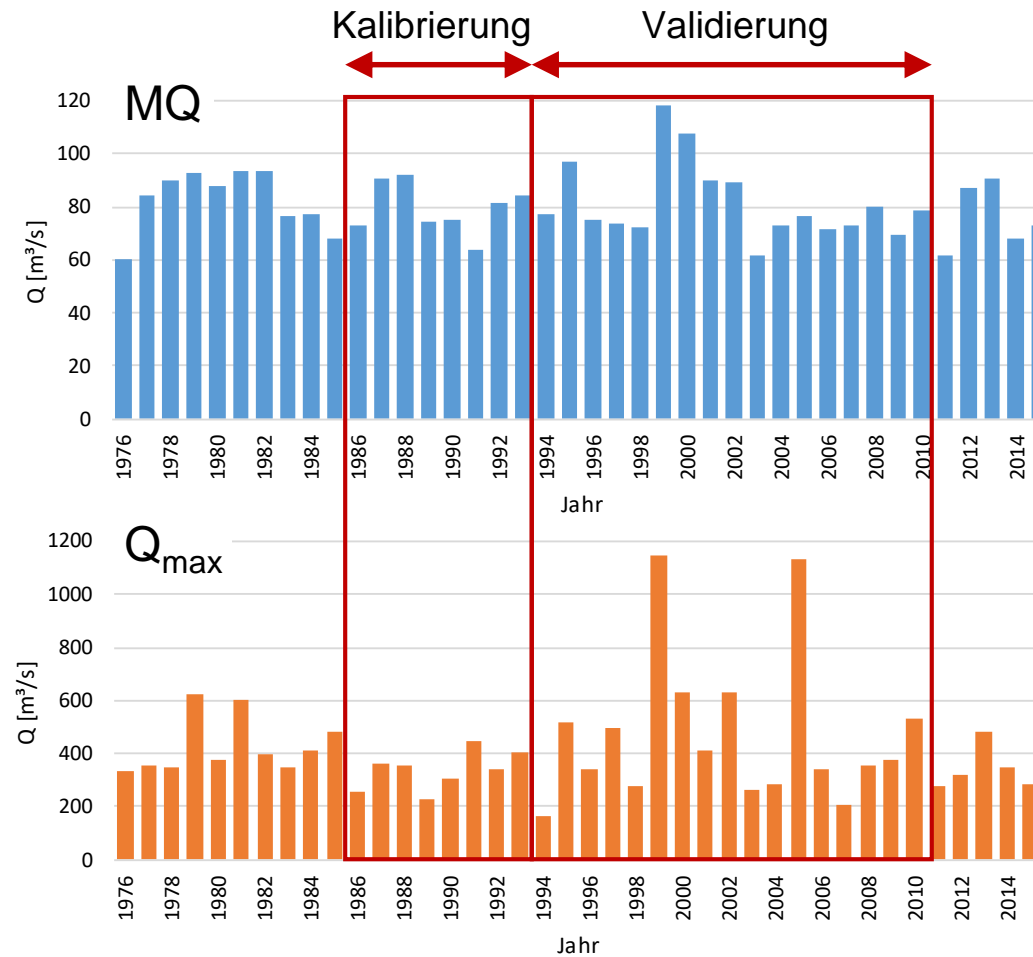
⑤
Simulation
Prognosezeitraum
Planvarianten

Variantenbewertung ⑥

Umsetzungs-
variante



Kalibrierung_Validierung_Bezugszustand

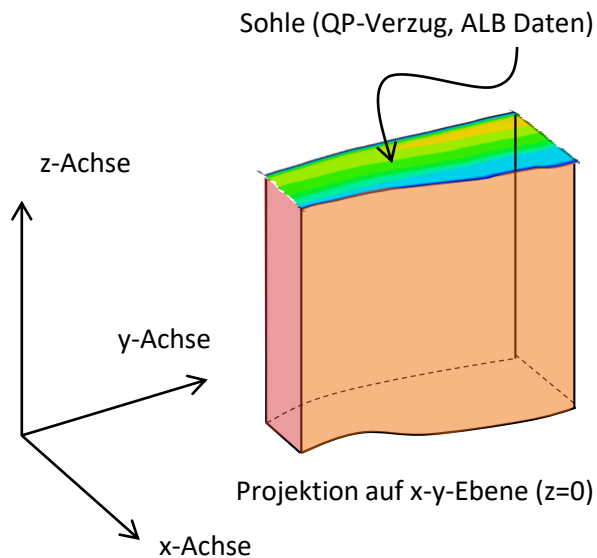


Kalibrierung_Validierung_Bezugszustand

Abschätzung historischer Erosions- bzw. Auflandungsvolumina

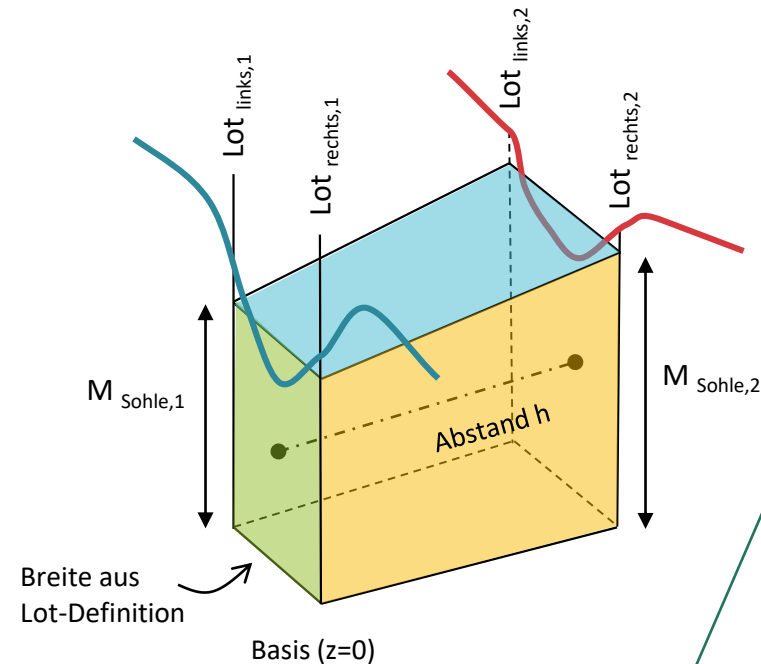
Volumenberechnung der Bathymetriedifferenz verschiedener Zeitabschnitte

Volumenkörper aus Bathymetrie



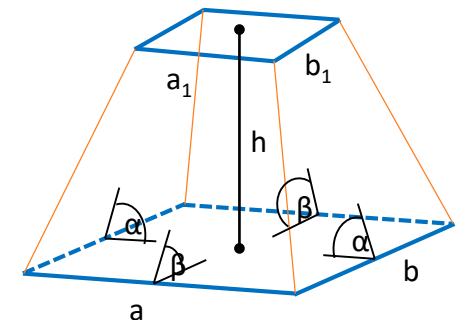
Zeitpunkt z. B. Jahr 1986

Volumenkörper aus Querprofilauswertung



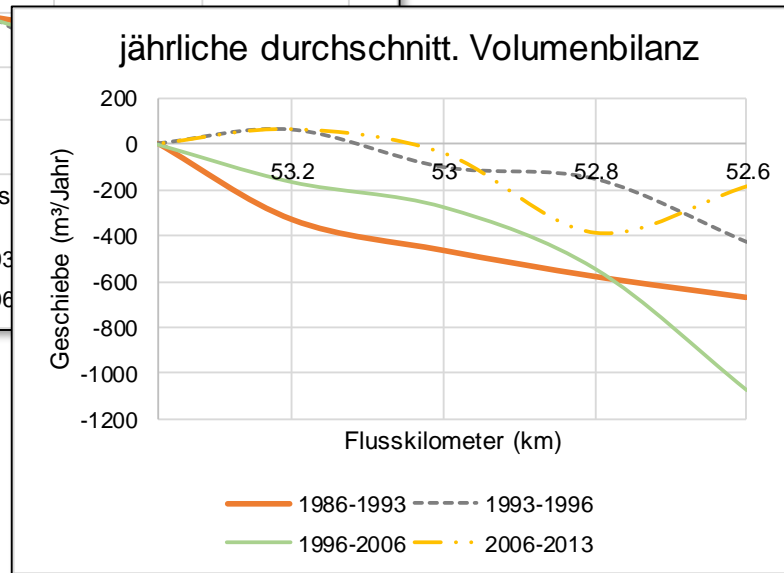
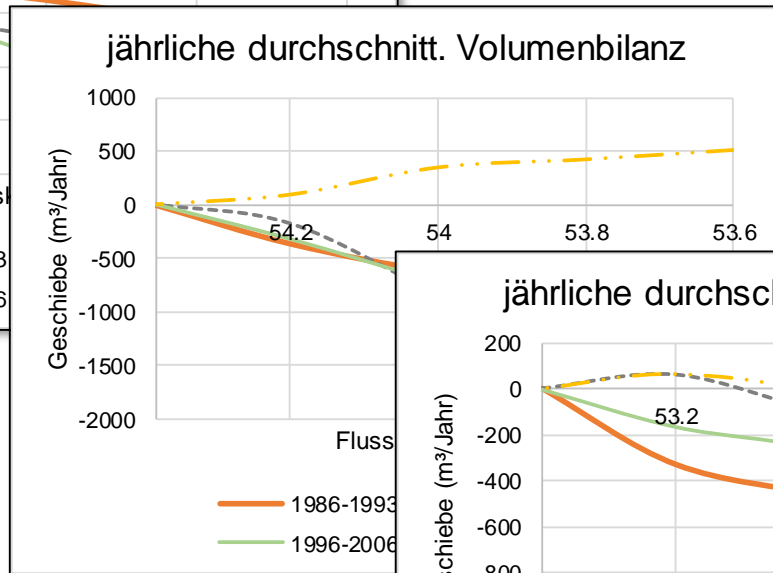
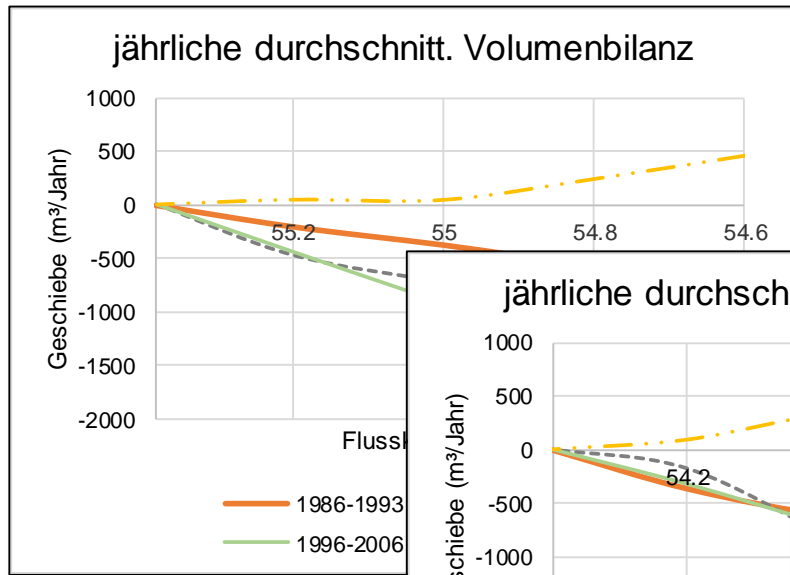
Zeitpunkt z. B. Jahr 1986

Volumenberechnung mittels Obelisk-Formel

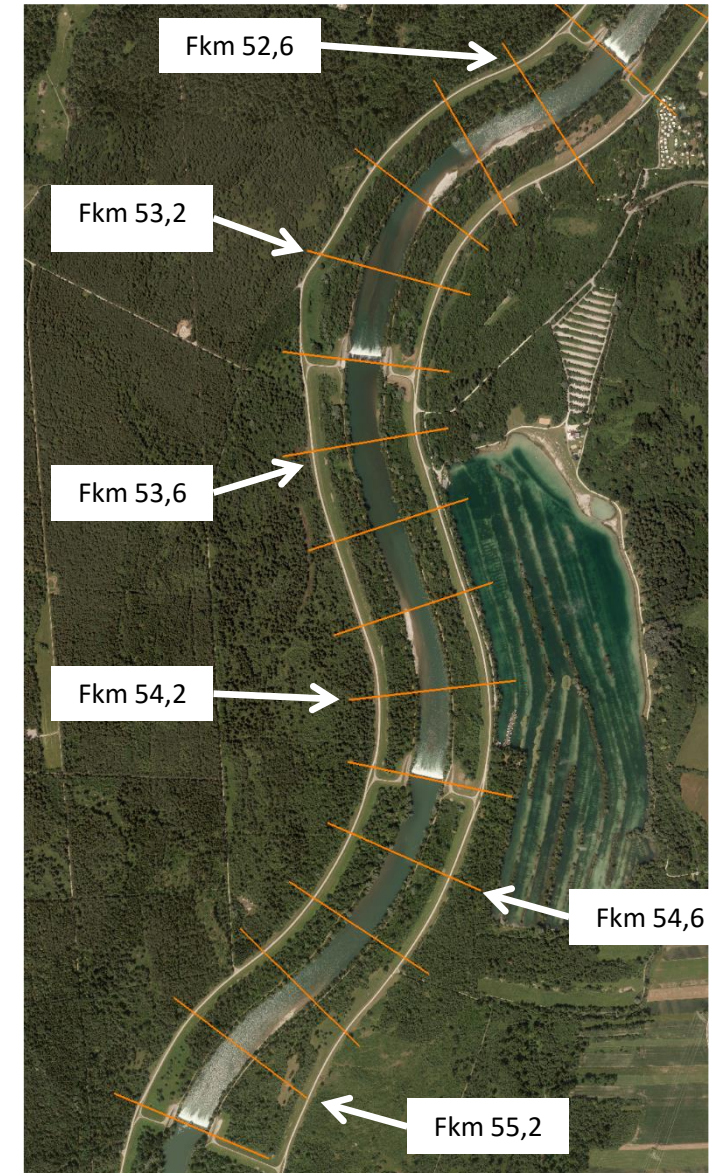


$$V = \frac{h}{6} [ab + (a + a_1)(b + b_1) + a_1b_1]$$

Kalibrierung_Validierung_Bezugszustand



Ergebnis z.B. jährliche durchschnittliche Volumenbilanzen



Kalibrierung_Validierung_Bezugszustand

Grobkalibrierung

Ziele:

- Anpassung der Simulationsgrößen im Gesamtmodell
- Tolerierung lokaler Abweichungen

Parameter:

k_F (Korrektur des Vorfaktors der Transp.-formel MPM/Hunziker),
 θ_{cr} (dimensionslose kritische Sohlschubspannung nach Shields),
 pal und pul (Parameter zur Steuerung der Austausch- und Unterschichtdicken)

Feinkalibrierung

Ziele:

- Anpassung der Simulationsgrößen bei lokalen Abweichungen
- Kein Einfluss auf Grobkalibrierung

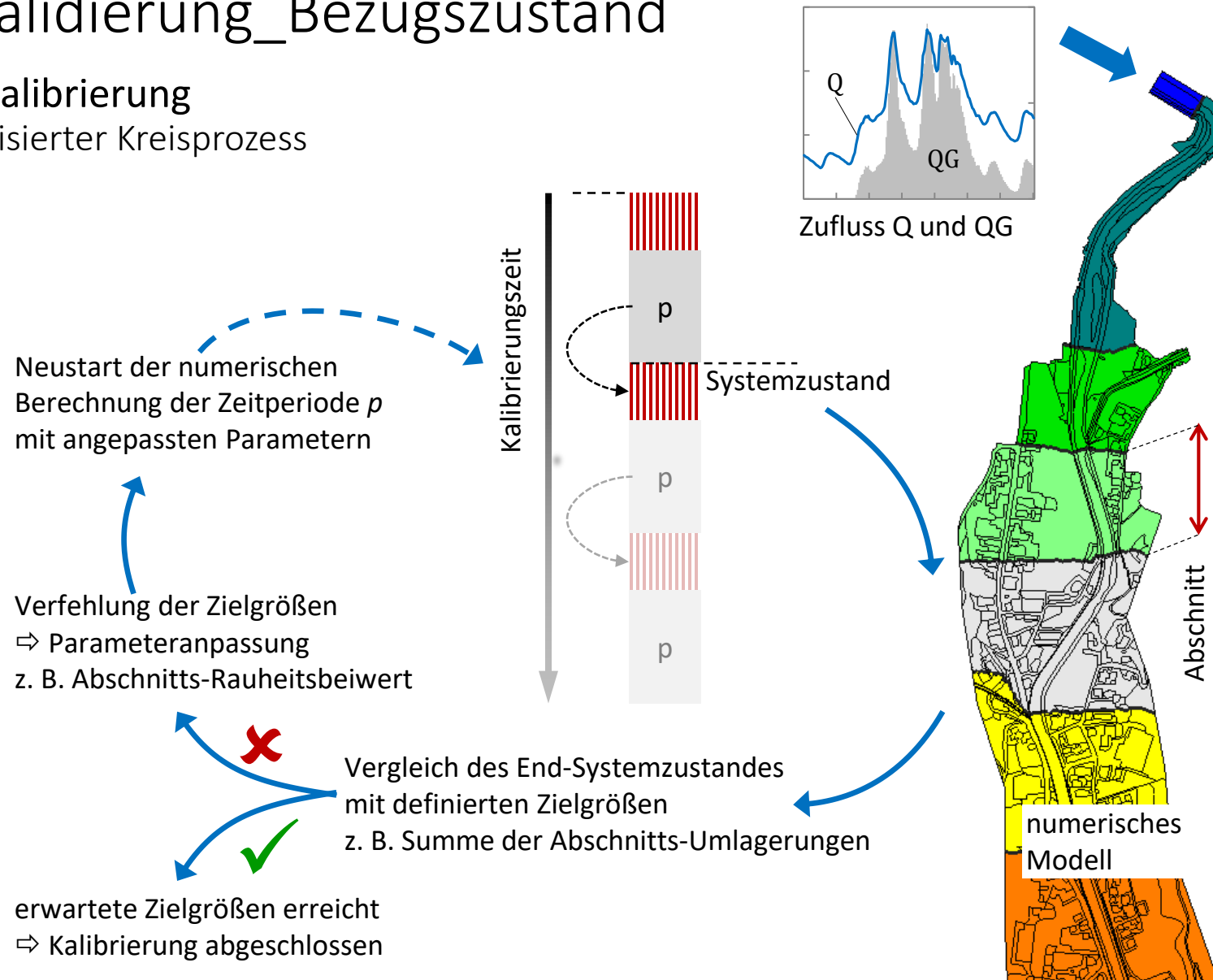
Parameter:

- k_{St} Gesamtrauheit nach Strickler
- $k_{St,r}$ Kornrauheit nach Strickler
- $\mu = \left(\frac{k_{St}}{k_{St,r}}\right)^{3/2}$ Riffel-Faktor

Kalibrierung_Validierung_Bezugszustand

Morphodynamische Kalibrierung

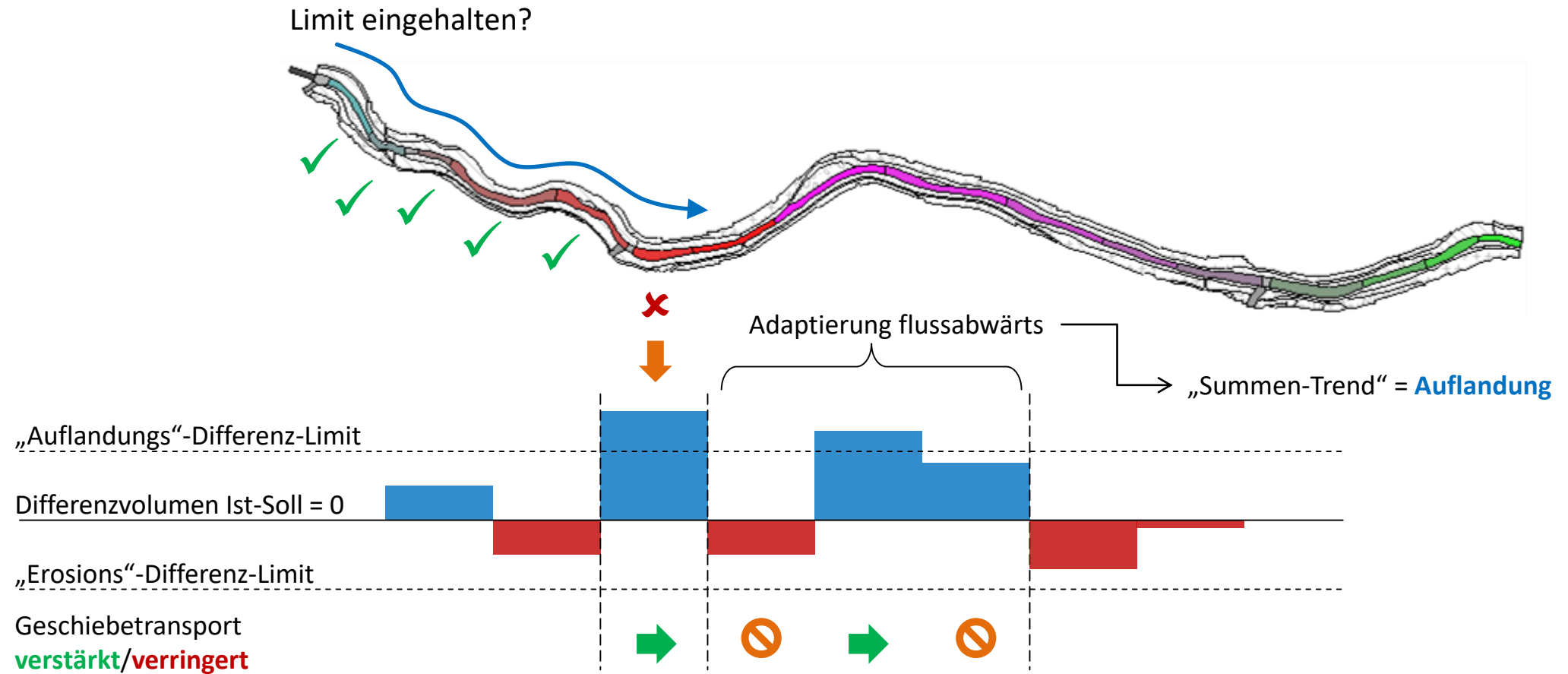
Kalibrierung als automatisierter Kreisprozess



Kalibrierung_Validierung_Bezugszustand

Morphodynamische Kalibrierung

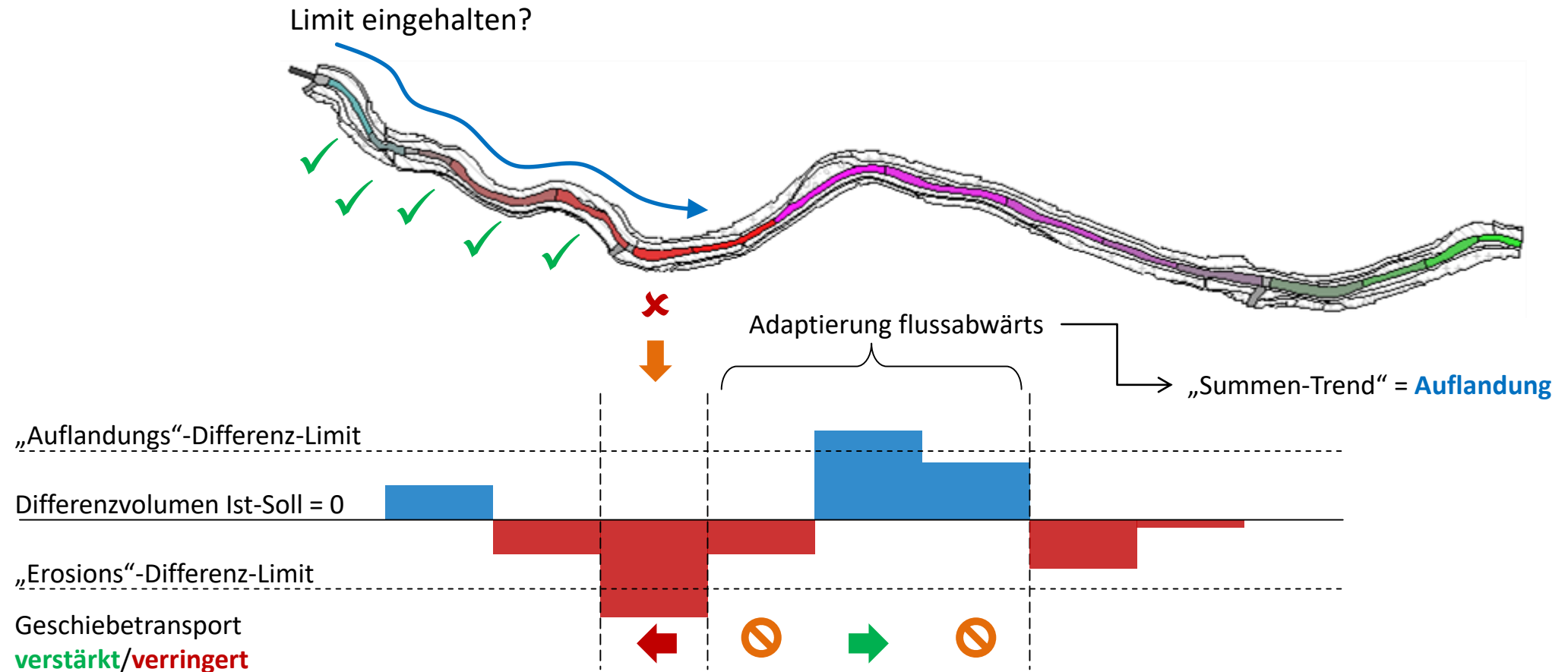
Kalibrierung als automatisierter Kreisprozess



Kalibrierung_Validierung_Bezugszustand

Morphodynamische Kalibrierung

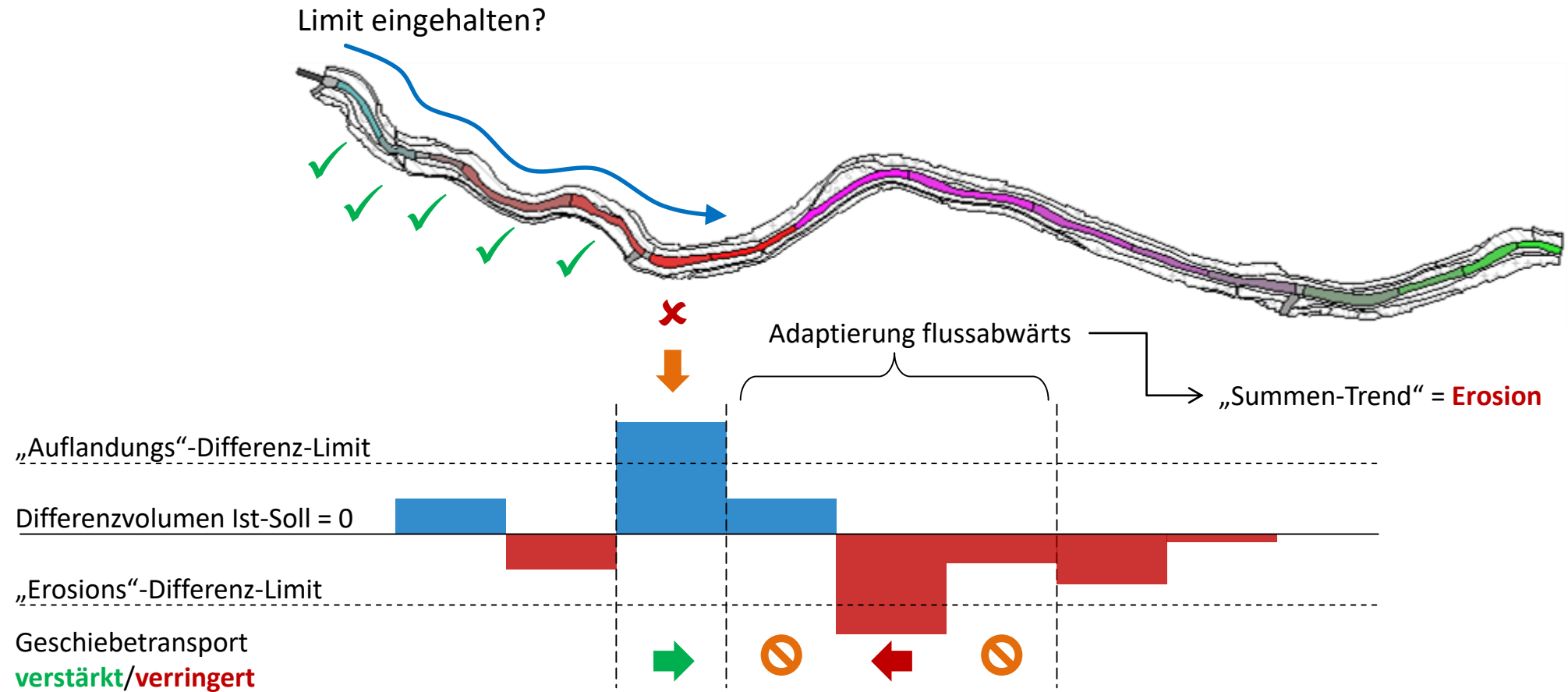
Kalibrierung als automatisierter Kreisprozess



Kalibrierung_Validierung_Bezugszustand

Morphodynamische Kalibrierung

Kalibrierung als automatisierter Kreisprozess



Kalibrierung_Validierung_Bezugszustand

Morphodynamische Kalibrierung


Kalibrierung als automatisierter Kreisprozess

einwirkende dimensionslose Schubspannung

$$\phi_{dms,i} = F_i \cdot k_F \cdot 8 \cdot \left(\varphi_{A,i} (\mu \cdot \theta_{dms} - \theta_{cm}) \right)^{3/2}$$

$$\mu = \left(\frac{k_{St}}{k_{St,r}} \right)^{1,5}$$

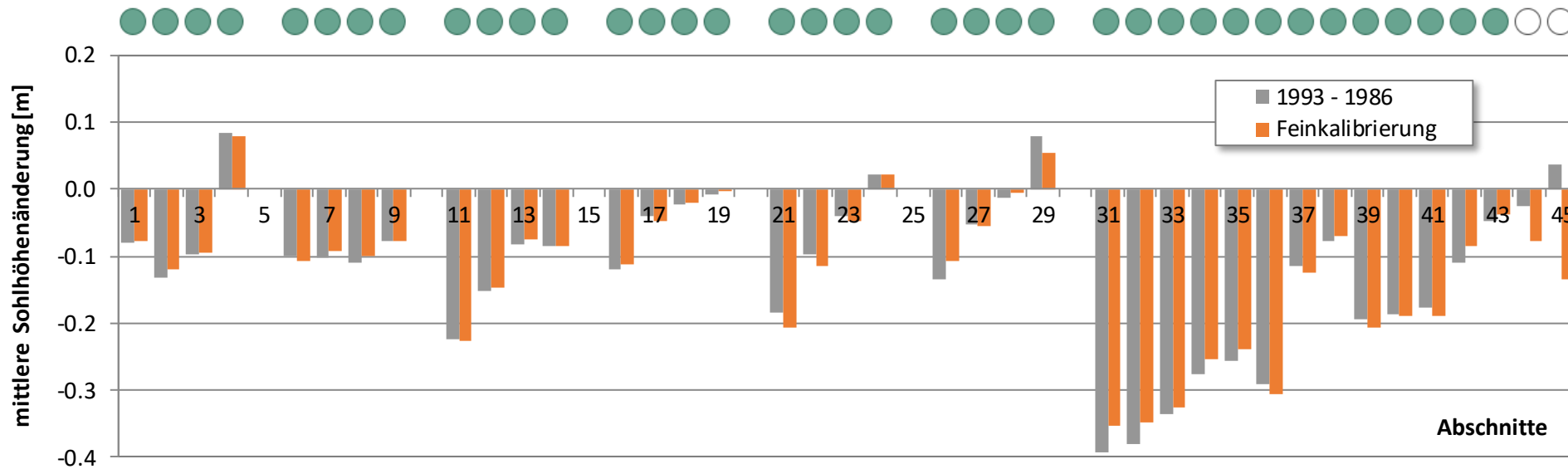
$$\begin{array}{ll} \mu < 1,0 & \text{und Auflandung} \Rightarrow \mu^{i+1} = \mu^i + \Delta\mu \leq 1,0 \quad \text{👍} \\ \mu > \mu_{min} & \text{und Erosion} \Rightarrow \mu^{i+1} = \mu^i - \Delta\mu \geq \mu_{min} \quad \text{👎} \end{array}$$


$$k_{St,r}^{i+1} = \frac{k_{St}^{i+1}}{\mu^{i+1}{}^{2/3}} \quad \text{mit} \quad k_{St}^{i+1} = k_{St}^i$$

Kalibrierung_Validierung_Bezugszustand

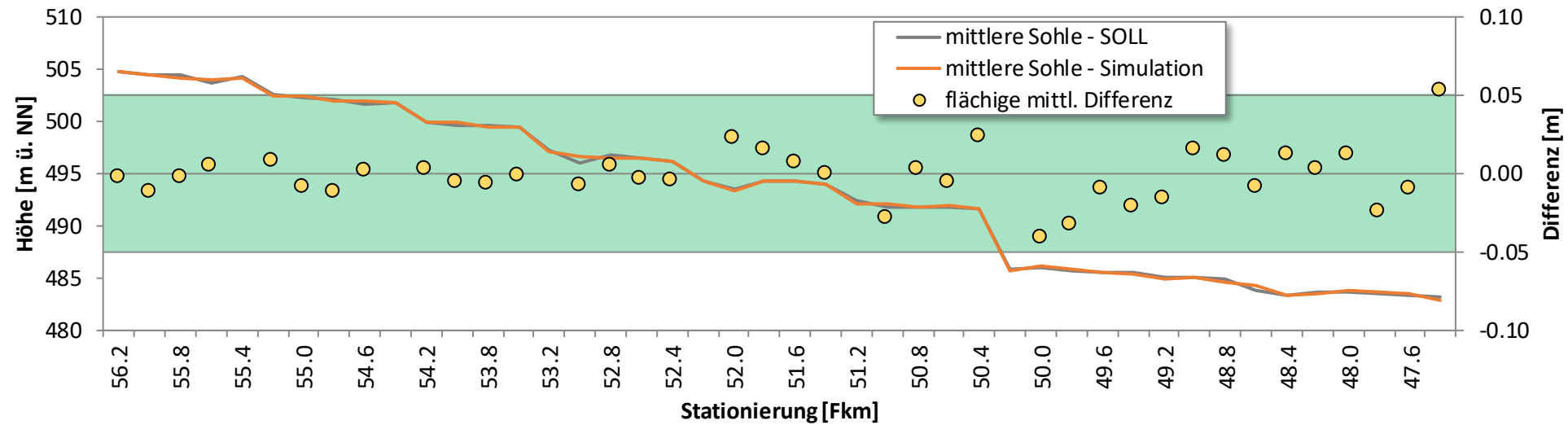
Morphodynamische Kalibrierung Ergebnis

grüne Kugeln → mittlere Sohlhöhendifferenz gemessen minus berechnet < Toleranzlimit = 5 cm



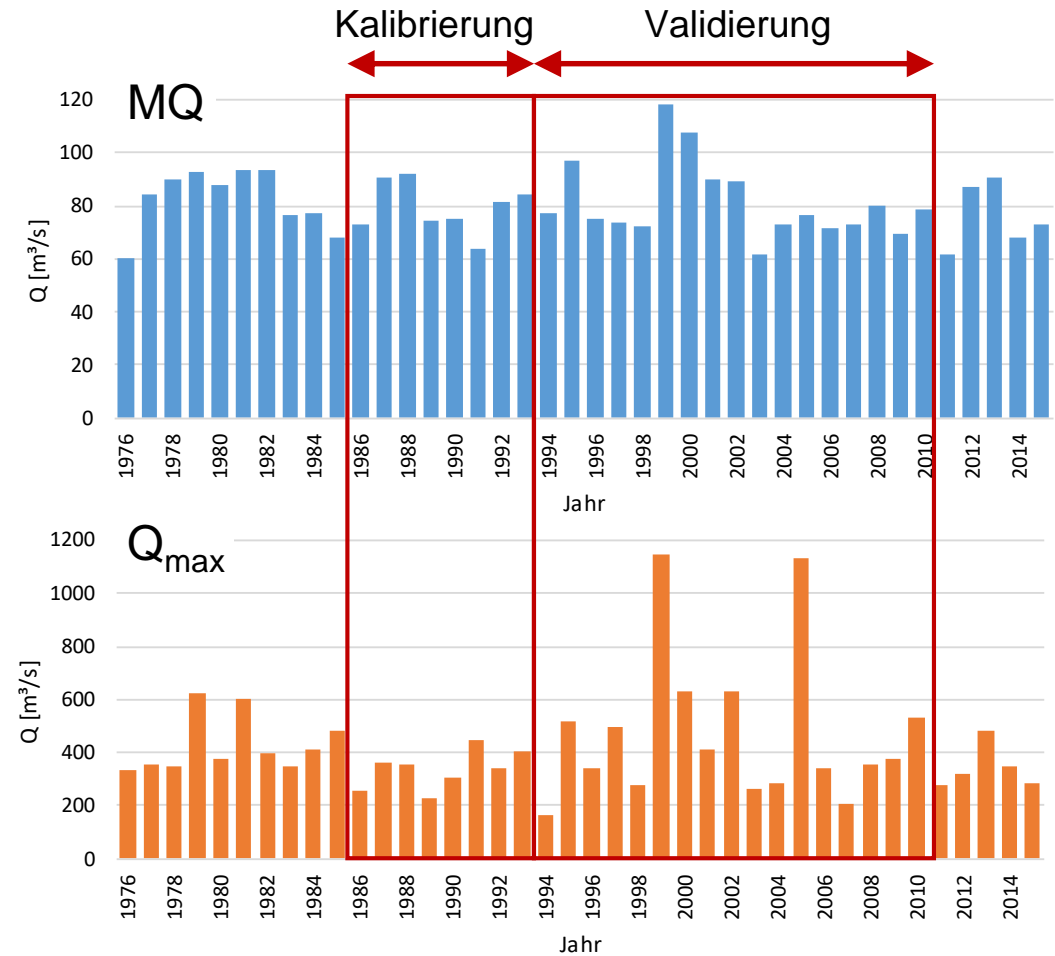
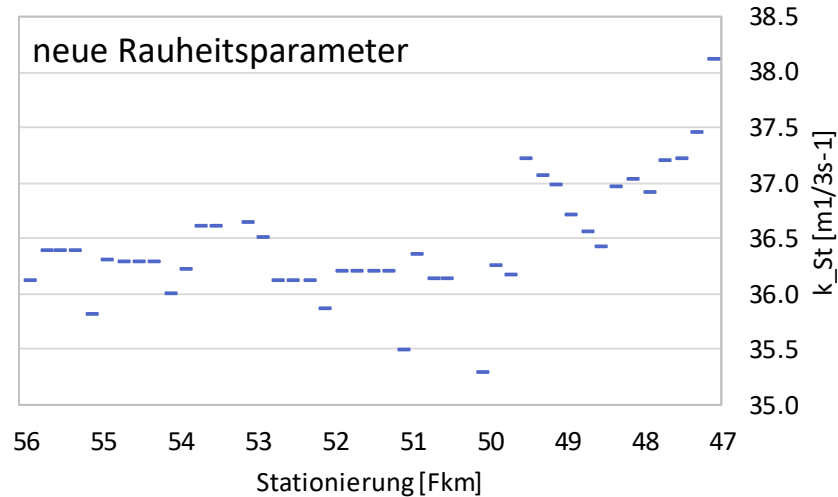
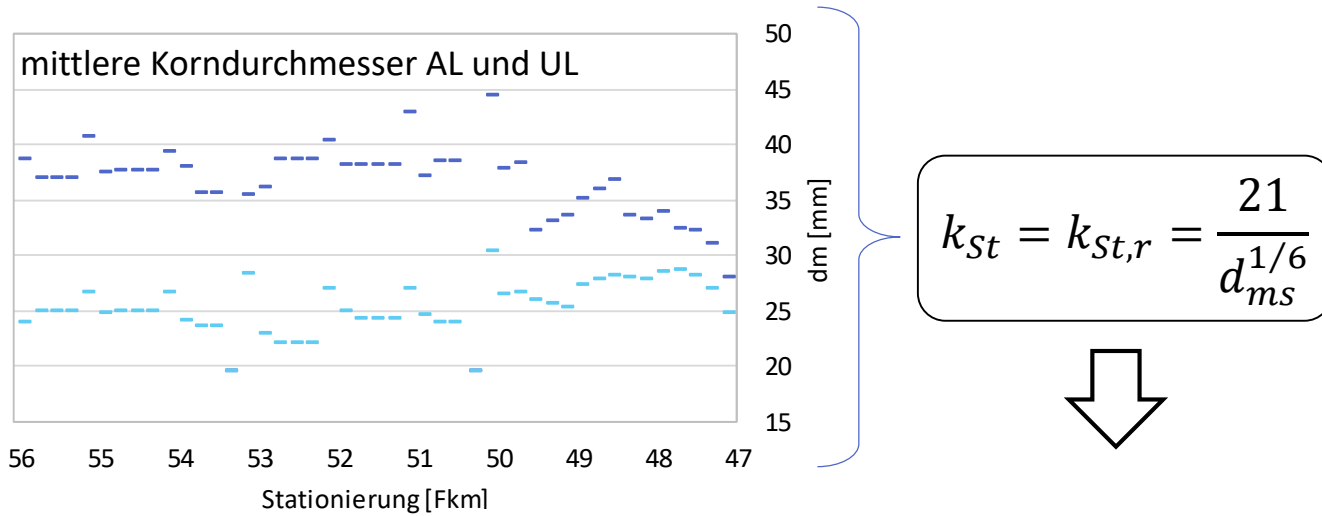
Kalibrierung_Validierung_Bezugszustand

Morphodynamische Kalibrierung Ergebnis



Kalibrierung_Validierung_Bezugszustand

Validierung: Anpassung der Rauheit je Sohlabchnitt notwendig



Big Data
Klassifizierung
Netzerstellung

Datengrundlage
Airborne LiDAR Bathymetrie

①
Modellaufbau
Bezugszustand

②
Kalibrierung
Validierung
Bezugszustand

③
Simulation
Prognosezeitraum
Bezugszustand

④
Modellaufbau
Planvarianten

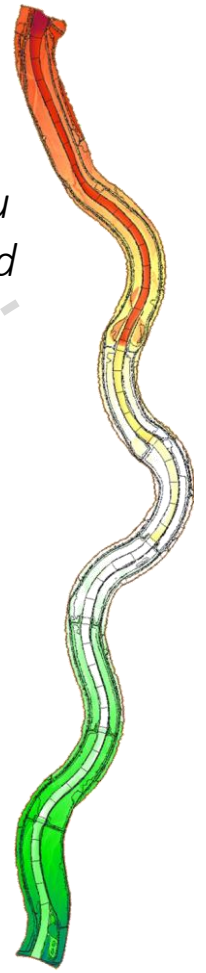
⑤
Simulation
Prognosezeitraum
Planvarianten

Variantenbewertung ⑥

Umsetzungs-
variante

Forschungs-
insights

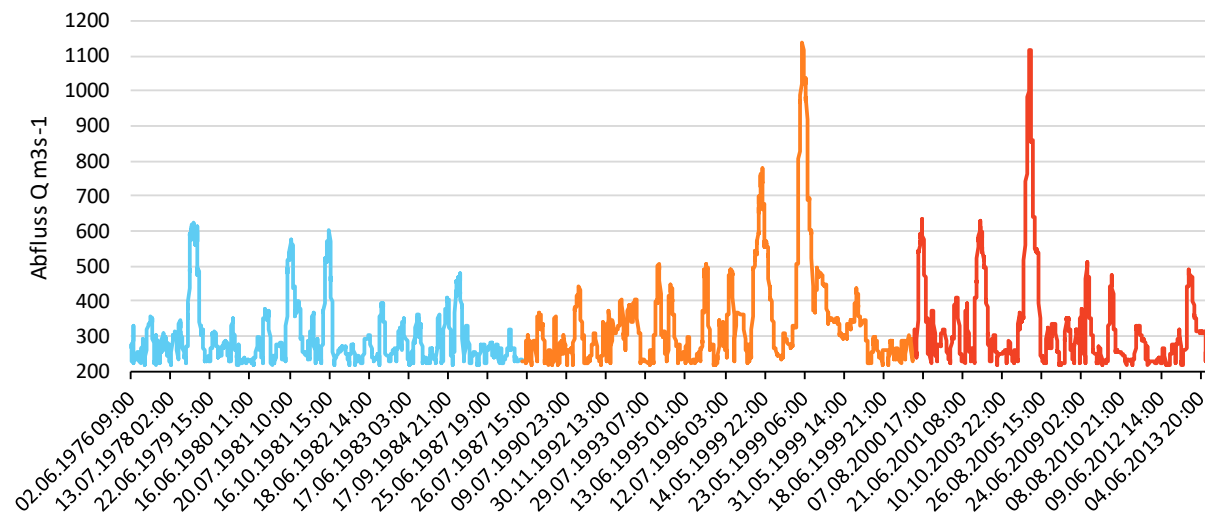
Morpho-
dynamische
Kalibrierung



Simulation_Prognosezeitraum_Bezugszustand

Prognosezeitraum = 2 x 38 Jahre; Modellzufluss an der Staustufe 23

- ✓ stündliche Abflusswerte Messstelle Haunstetten vom 1. Jänner 1976 bis 1. Jänner 2014
- ✓ Kappen der Ganglinie für Abflussgrenze $Q_c = 220 \text{ m}^3/\text{s}$ ergibt ~ 5.500 Zeitschritte
- ✓ Aufteilung in drei Teilzeiträume, die 2 x hintereinander gerechnet werden



Teilzeitraum 1
ca. 1976 - 1987

Teilzeitraum 2
ca. 1987 - 2000

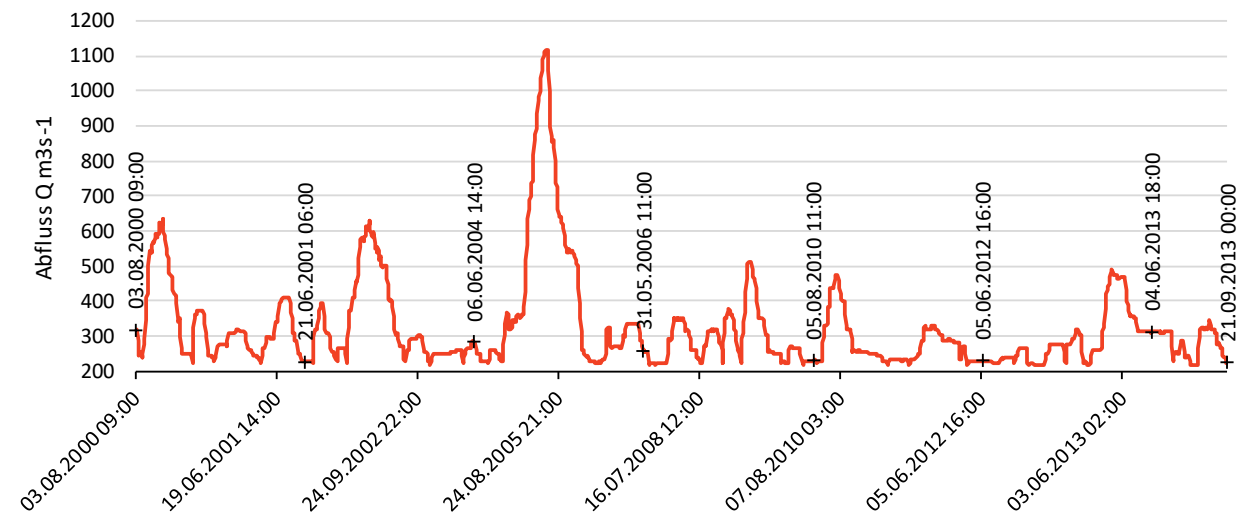
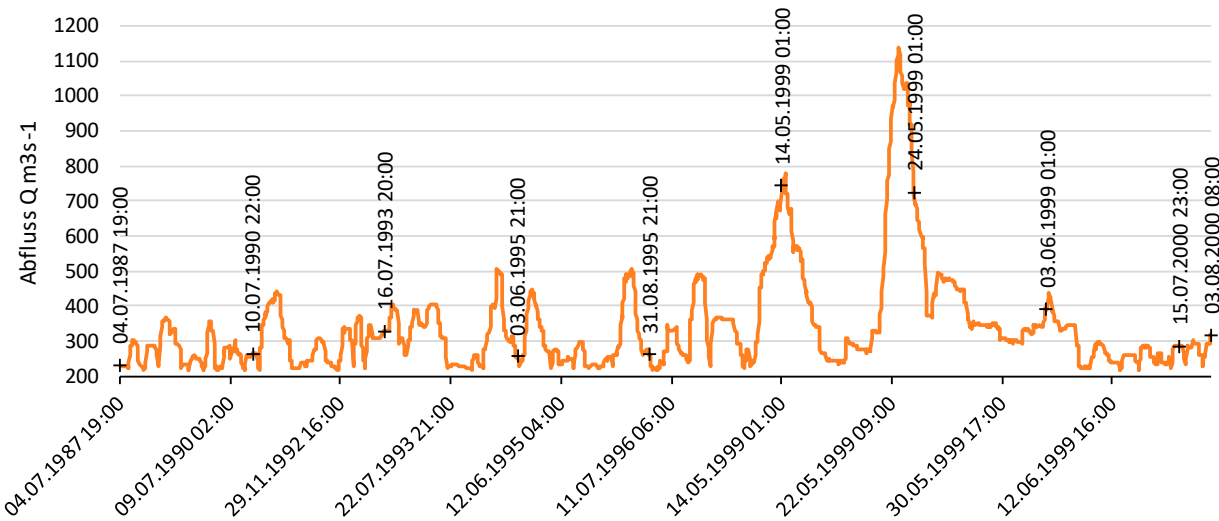
Teilzeitraum 3
ca. 2000 - 2013

Hydro_FT-2D Berechnung	Teilzeitraum
R01	Teilzeitraum 1 - ca. 1976 bis 1987
R02	Teilzeitraum 2 - ca. 1987 bis 2000
R03	Teilzeitraum 3 - ca. 2000 bis 2013
R04	Teilzeitraum 1 - ca. 1976 bis 1987
R05	Teilzeitraum 2 - ca. 1987 bis 2000
R06	Teilzeitraum 3 - ca. 2000 bis 2013

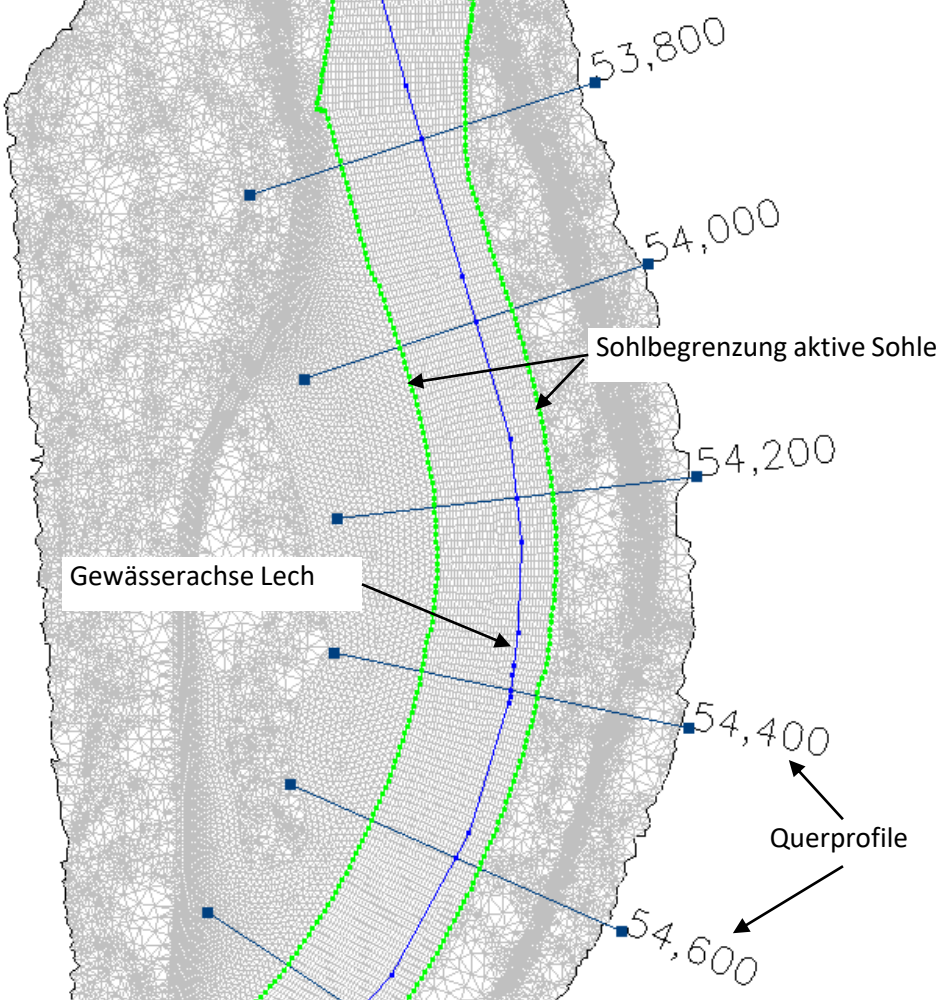
Simulation_Prognosezeitraum_Bezugszustand

Modellzufluss an der Staustufe 23

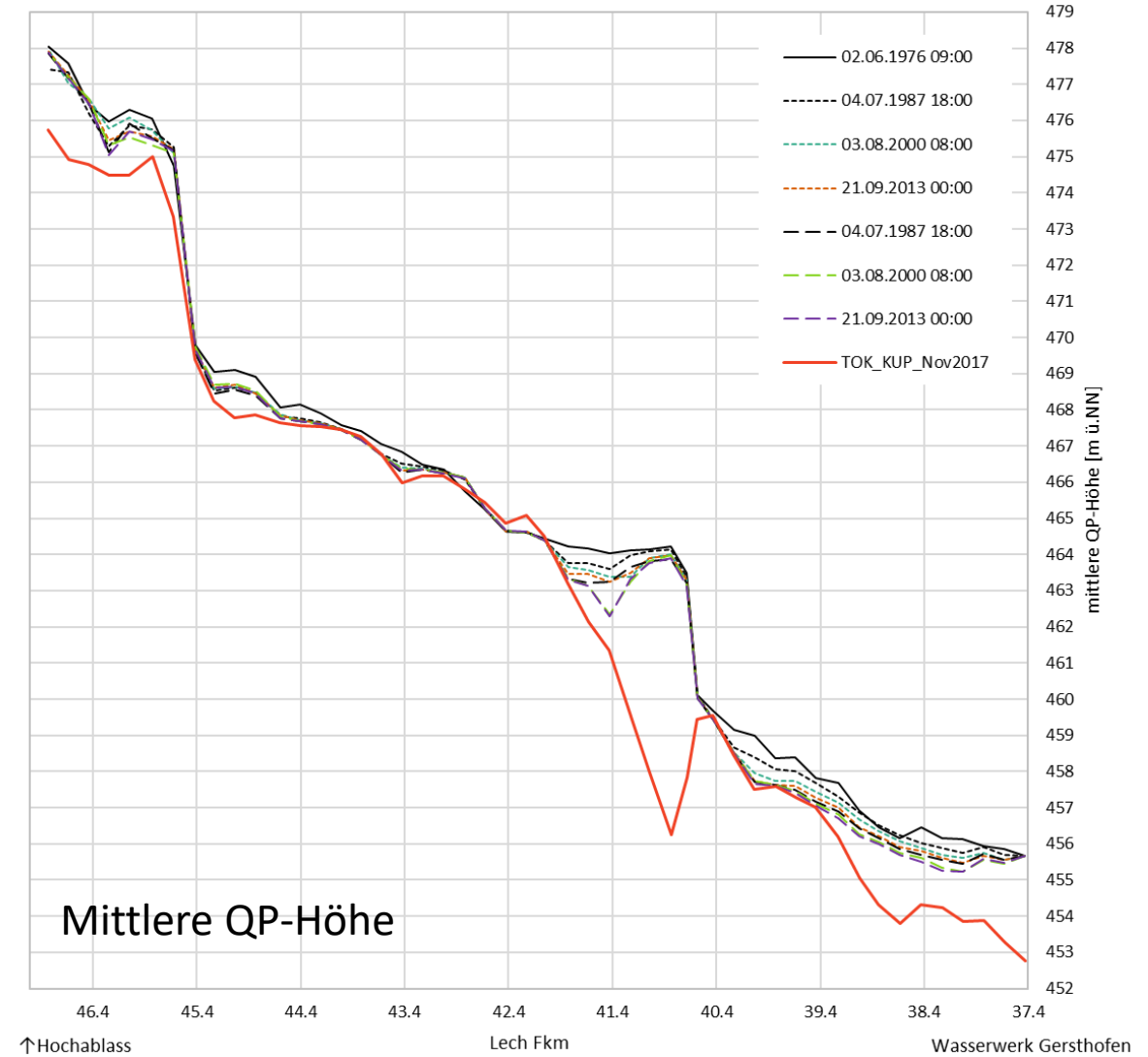
- ✓ Teilzeitraum 2 - ca. 1987 bis 2000
- ✓ Teilzeitraum 3 - ca. 2000 bis 2013

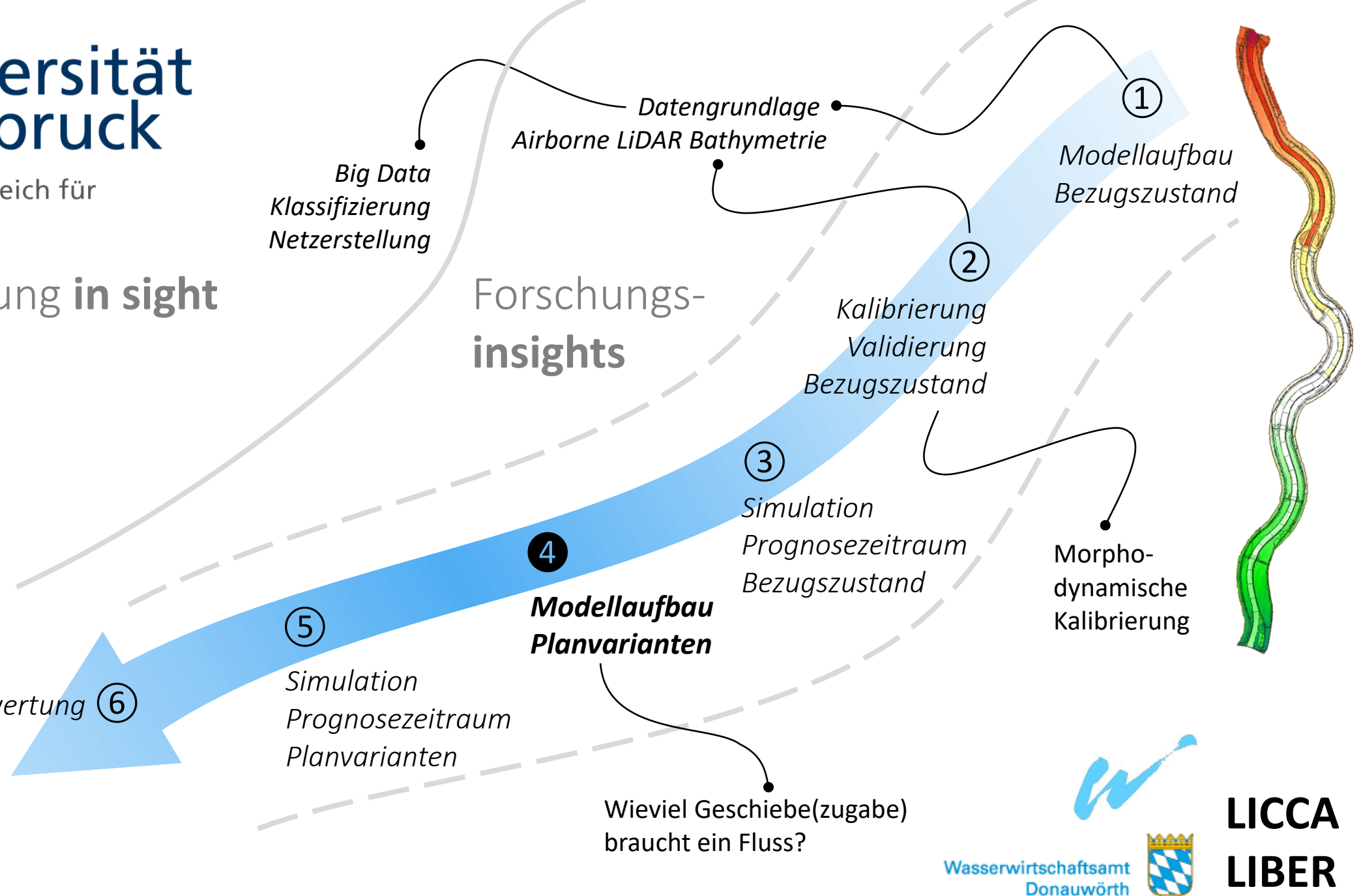


Simulation_Prognosezeitraum_Bezugszustand



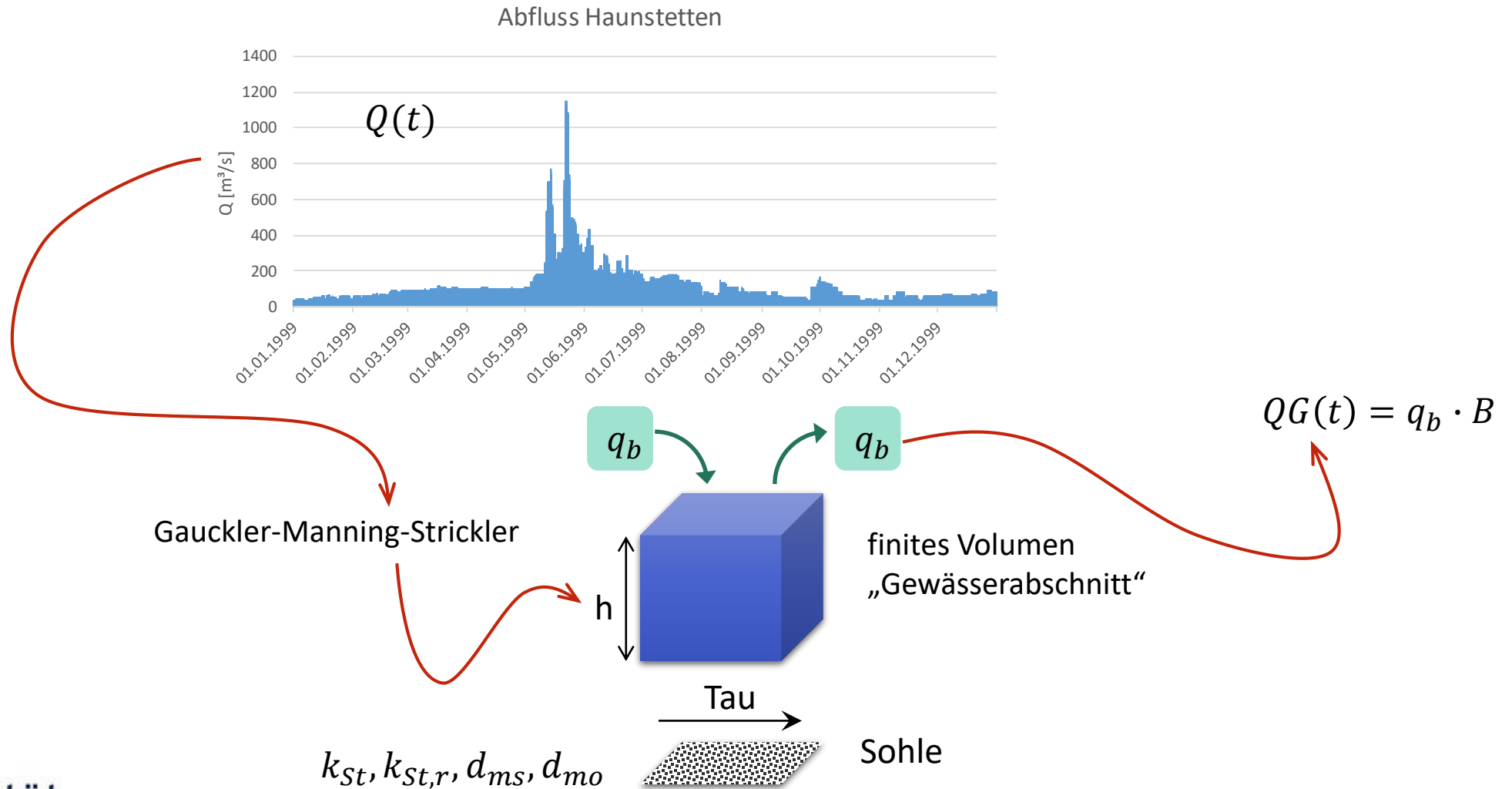
Simulation_Prognosezeitraum_Bezugszustand





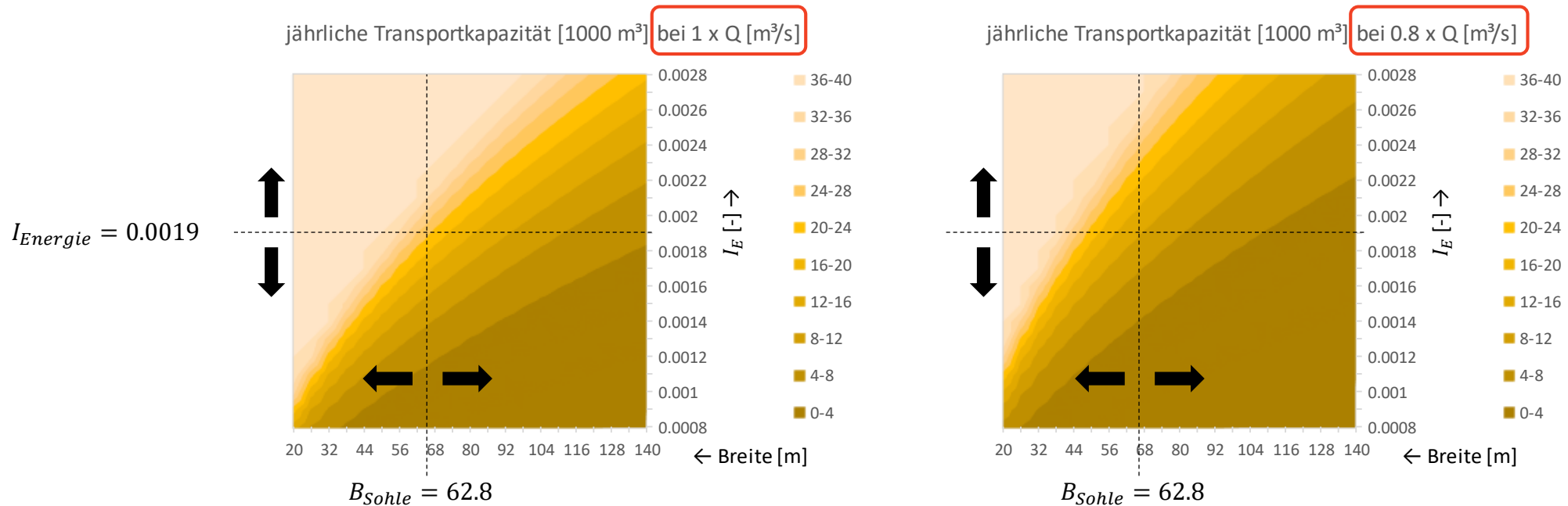
Modellaufbau_Planvarianten

Konzeptionelles Modell als vereinfachte Nachbildung des Transportmodells der Software *HYDRO_FT-2D*



Modellaufbau_Planvarianten

Konzeptionelles Modell als vereinfachte Nachbildung des Transportmodells der Software *HYDRO_FT-2D*
Abschätzung der künstlichen Geschiebezugabe

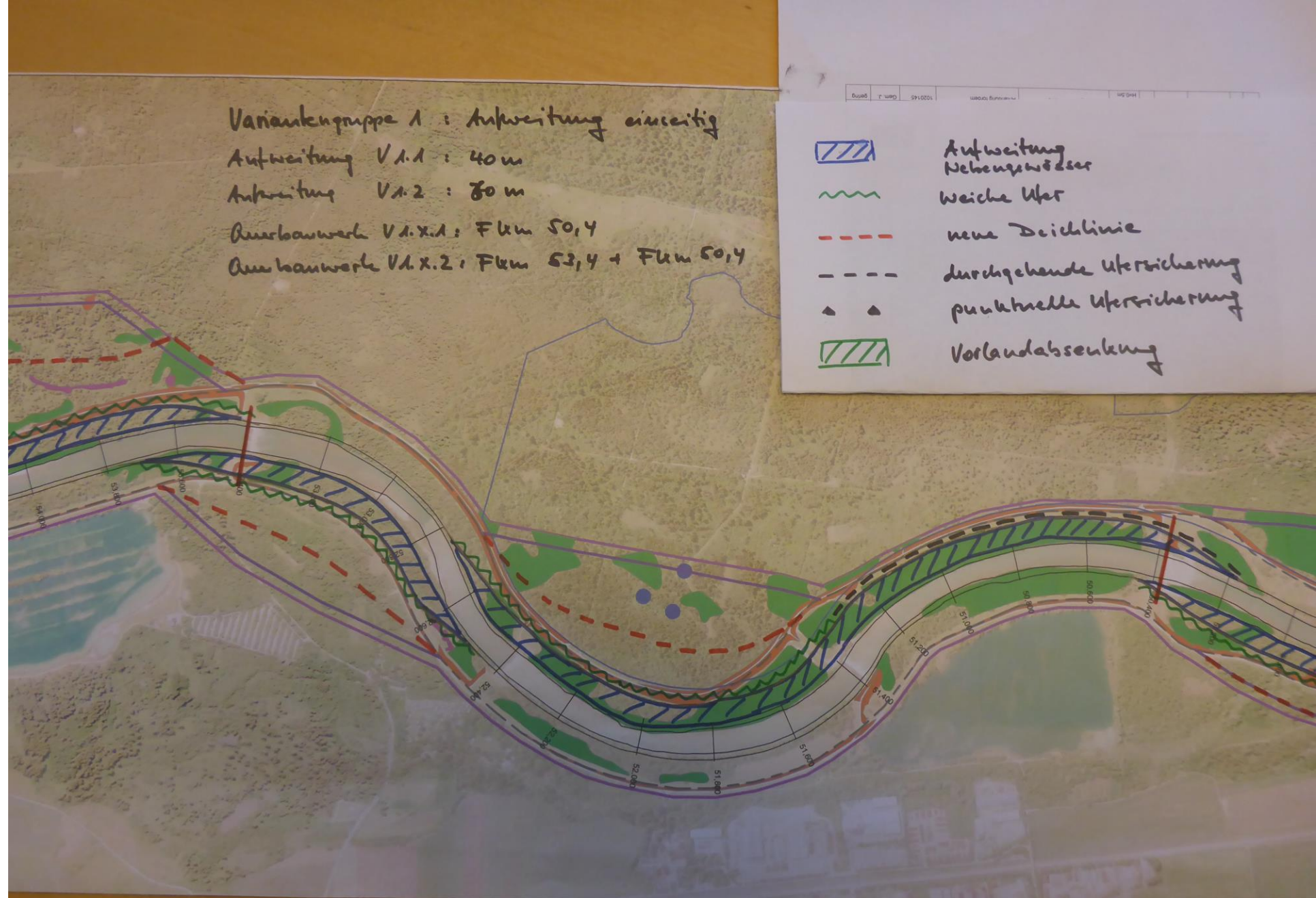


Was wäre wenn Analyse als schnelle Entscheidungsgrundlage
für die Ableitung von Lösungsansätzen und zur Maßnahmenkonzeption

Modellaufbau Planvarianten

Variantengruppen

Aufweitung
einseitig



Modellaufbau Planvarianten

Variantengruppen

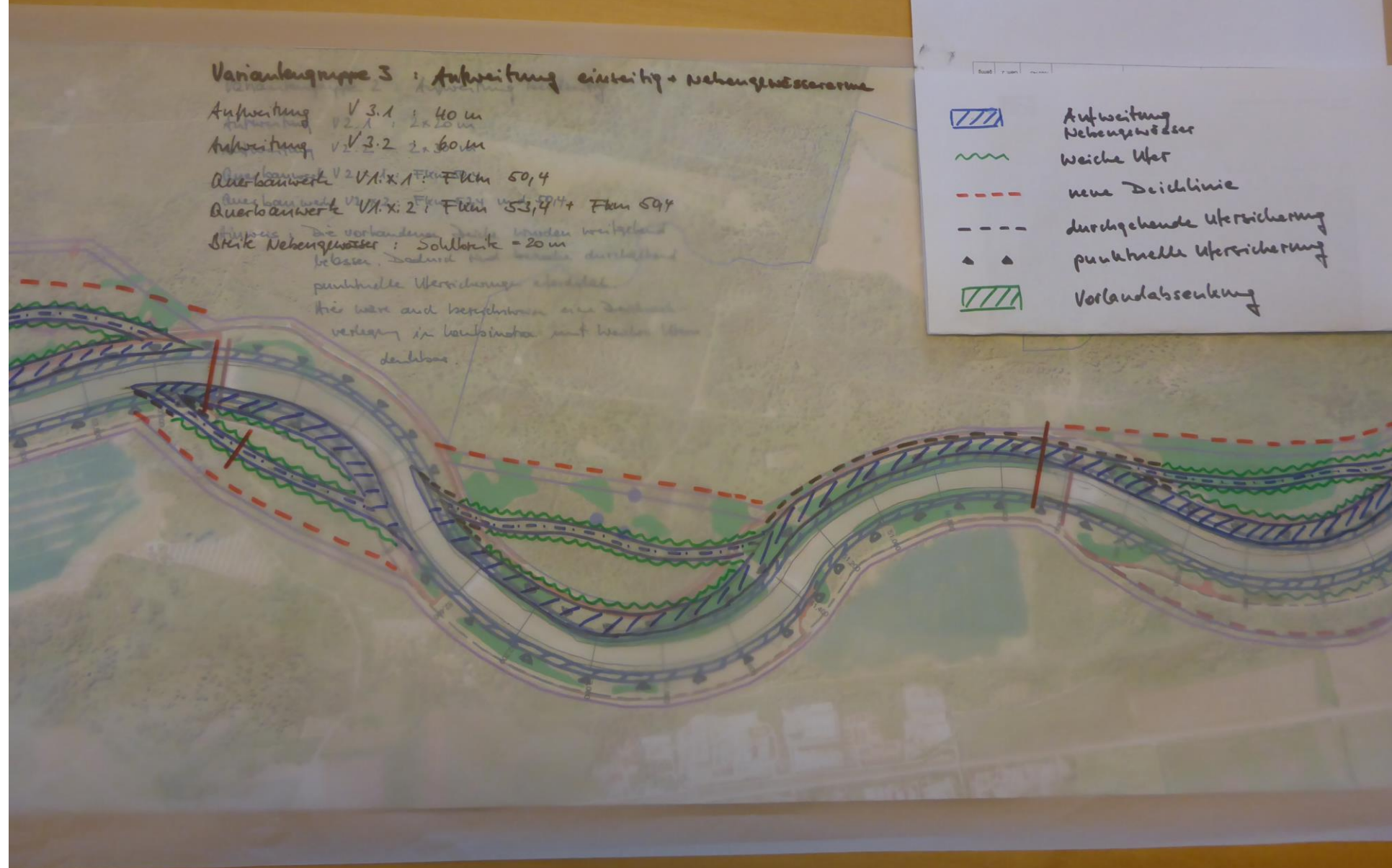
Aufweitung beidseitig



Modellaufbau Planvarianten

Variantengruppen

Aufweitung
einseitig
+
Nebengewässer



Modellaufbau Planvarianten

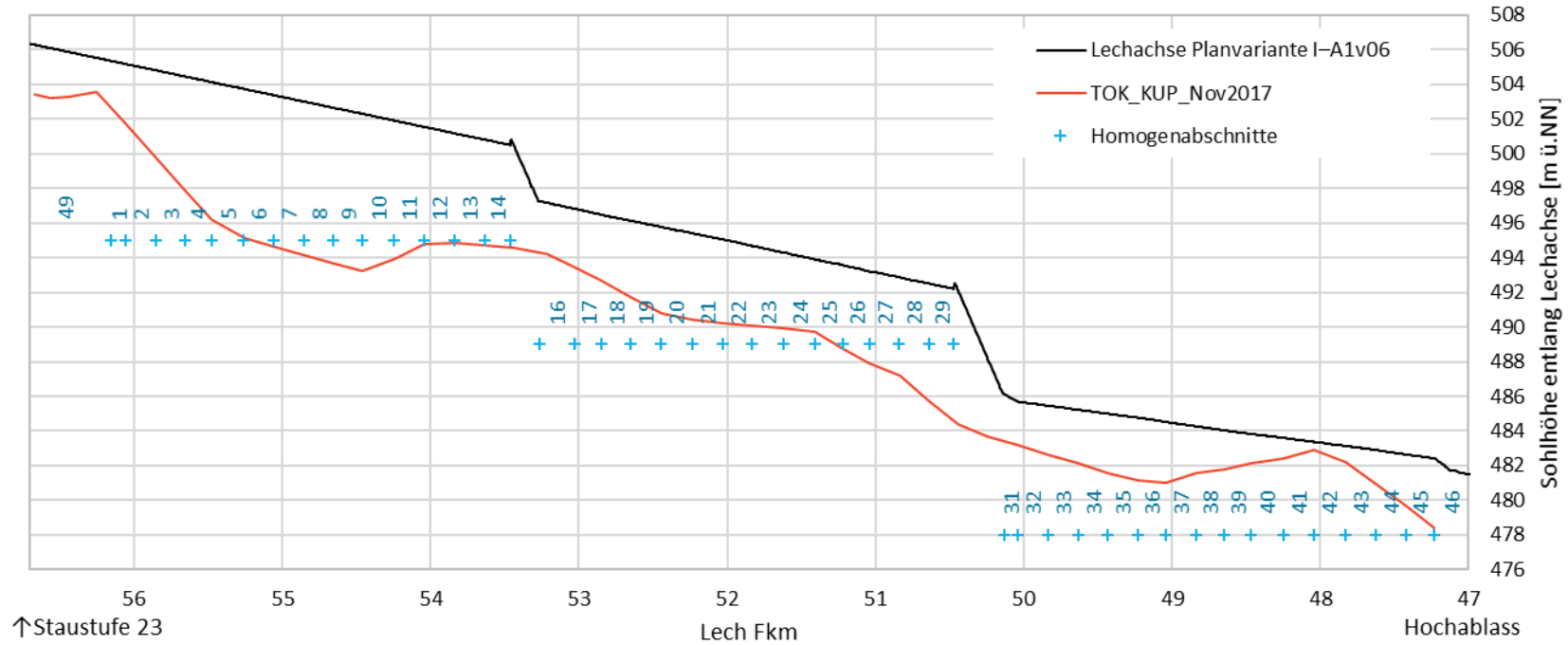
Variantengruppen

Aufweitung
einseitig
+
großflächige
Vorlandabsenkung



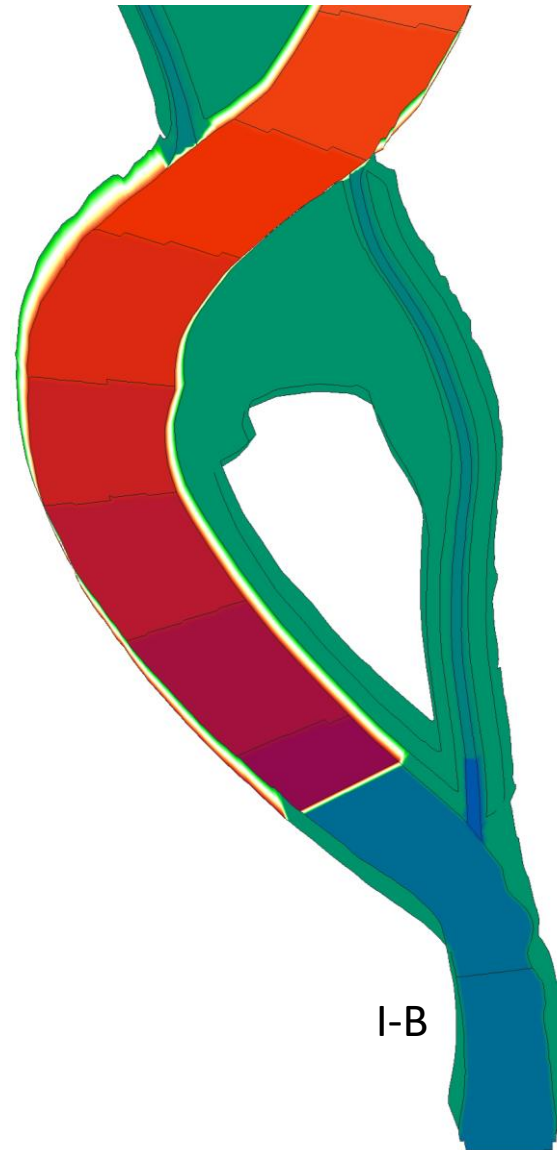
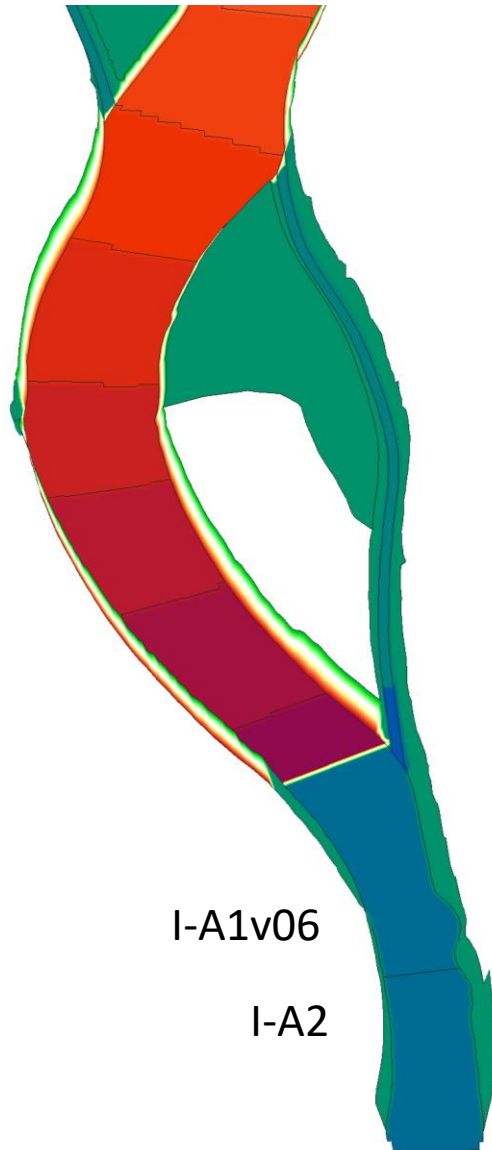
Modellaufbau_Planvarianten

Längsprofil



Modellaufbau_Planvarianten

Berechnungsnetze

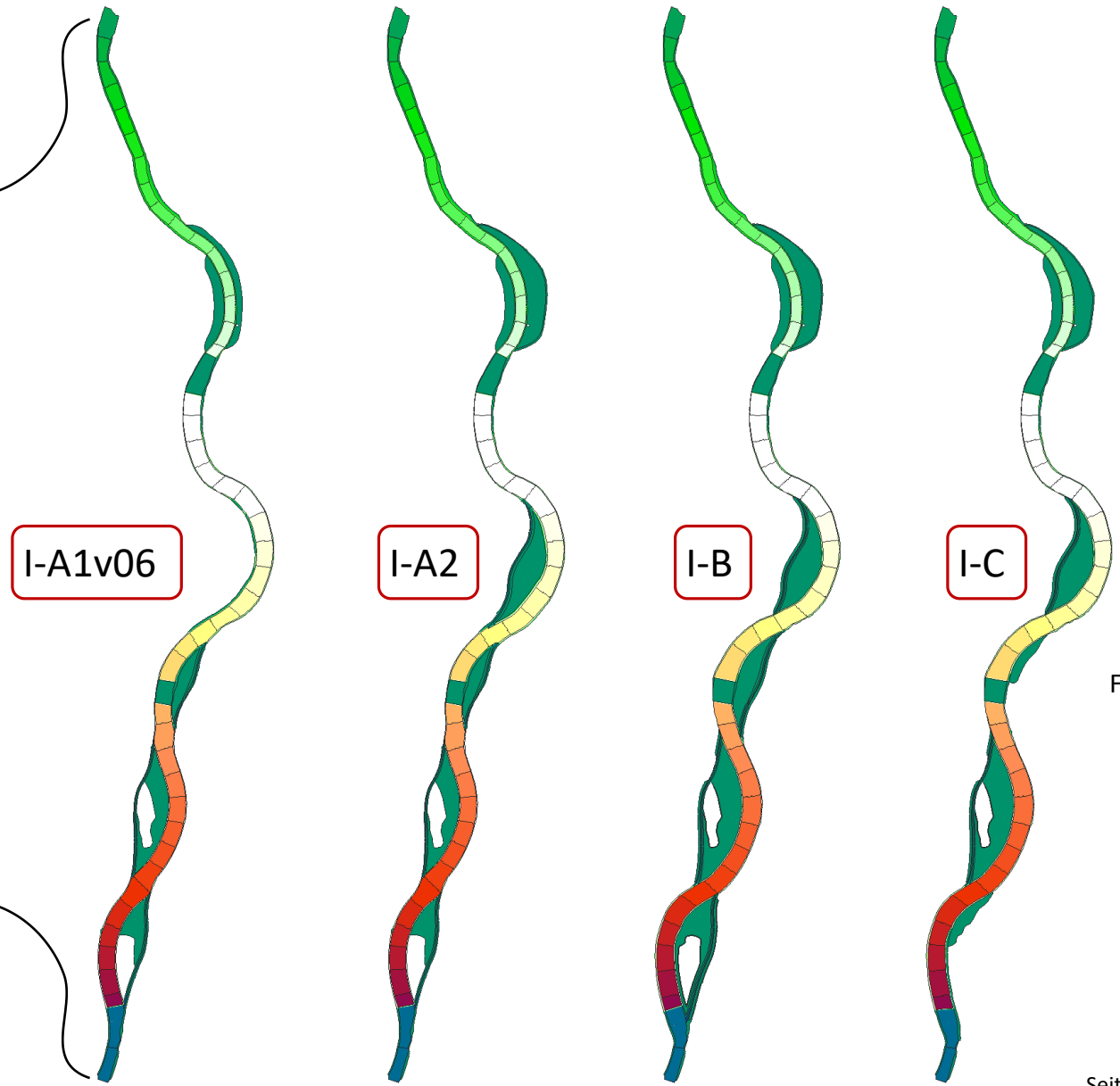
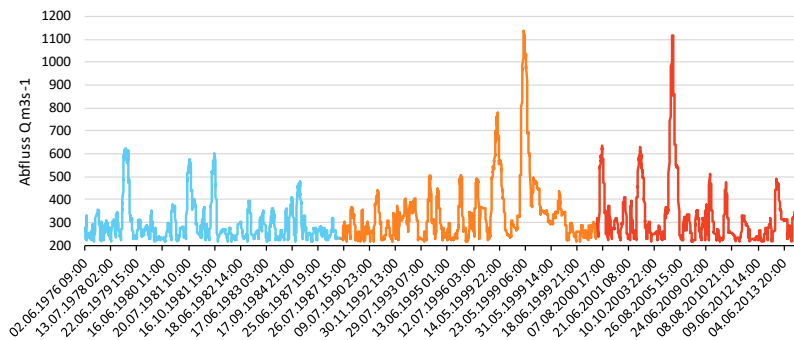


Modellaufbau_Planvarianten

Berechnungsnetze | Randbedingungen

Auslauf W-Q / Strickler

Abfluss [m ³ s ⁻¹]	Wasserstand [mNN]
0.00	482.16
245.00	484.69
490.00	484.71
811.86	484.74
980.00	485.10
1225.00	485.57
1470.00	486.00
1715.00	486.41
1960.00	486.80
2205.00	487.16

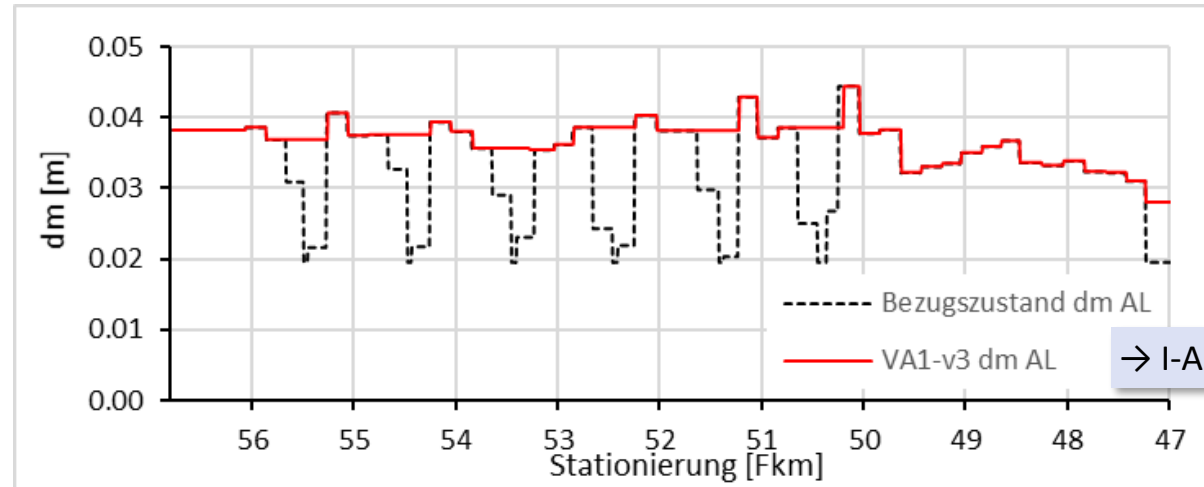


Fließrichtung ↑

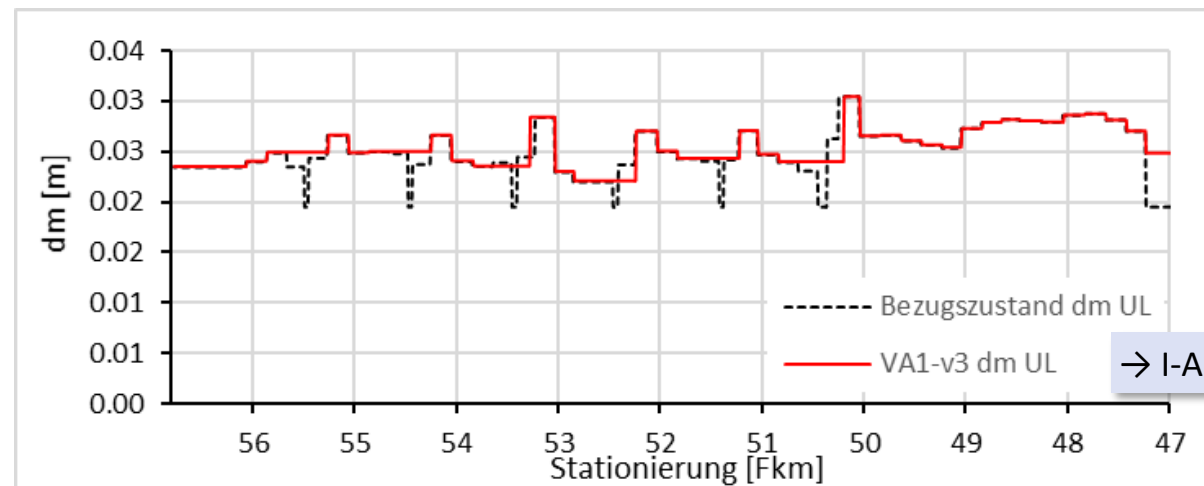
Staustufe 23

Modellaufbau_Planvarianten

Kornzusammensetzung der Sohle bei Berechnungsstart



Anfangsfractionierung aus
Endzustand Kalibrierung
→ Mittelung pro
Sohlabschnitt

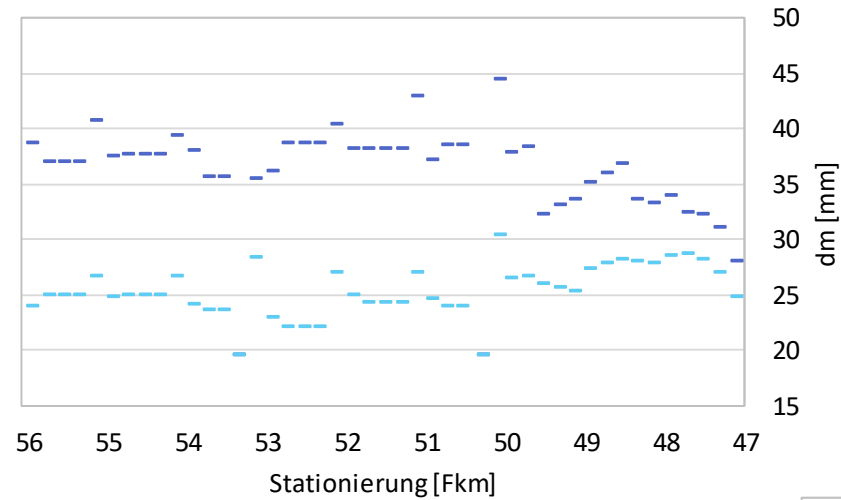


Planmodell

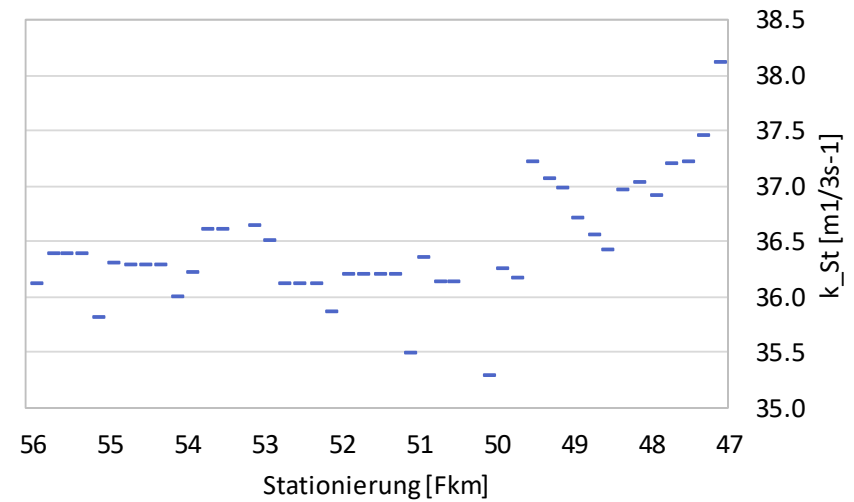
Extrapolation aufgrund
größerer Gewässerbreite

Modellaufbau_Planvarianten

Rauheiten gemäß Strickler bei Berechnungsstart → analog Validierung



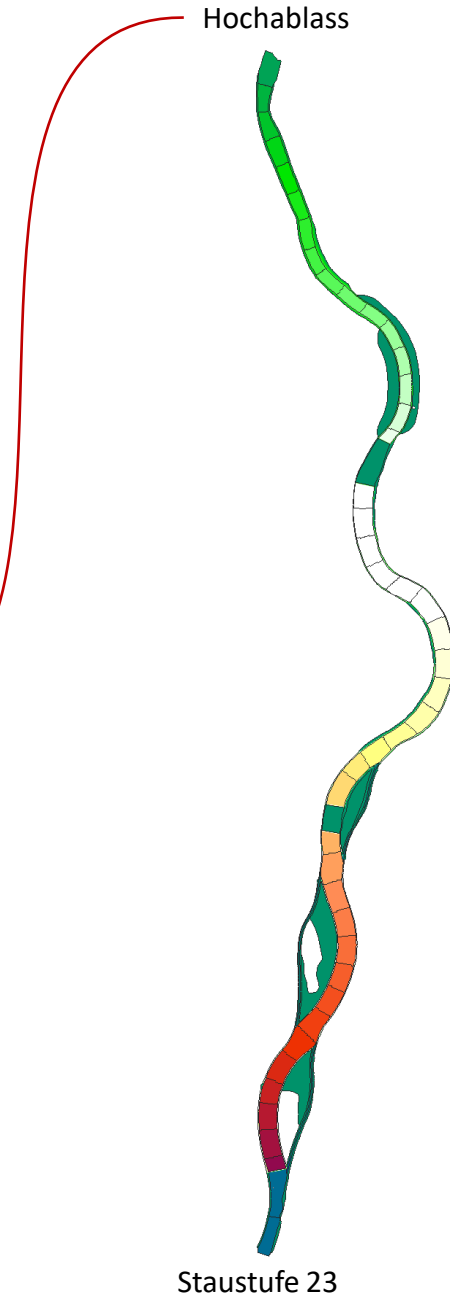
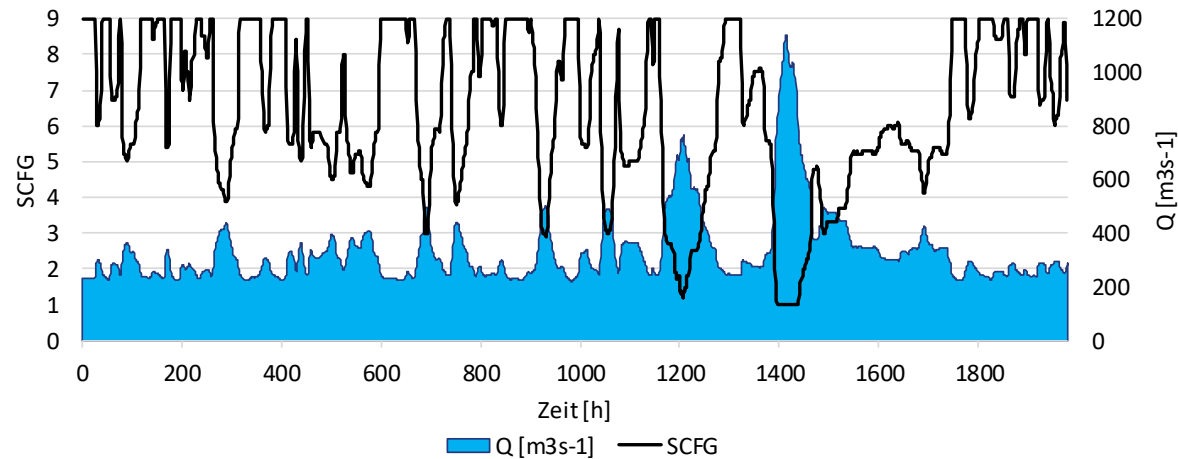
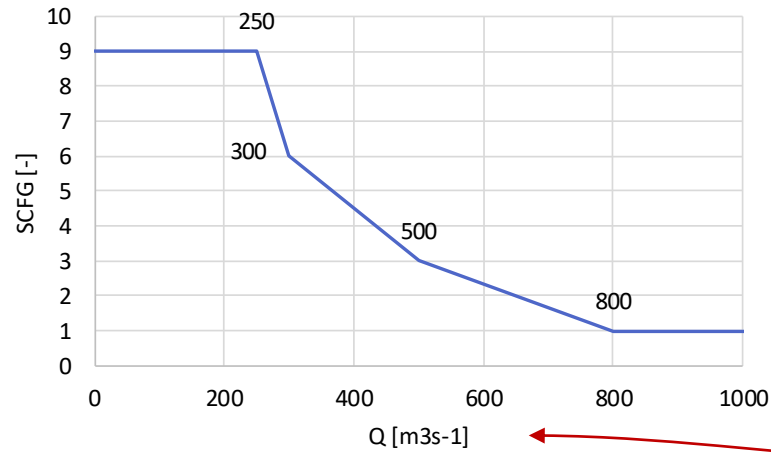
$$k_{St} = k_{St,r} = \frac{21}{d_m^{1/6}}$$



Modellaufbau_Planvarianten

Beschleunigung der Rechenläufe

...abflussabhängiger SCFG-Faktor



Modellaufbau_Planvarianten

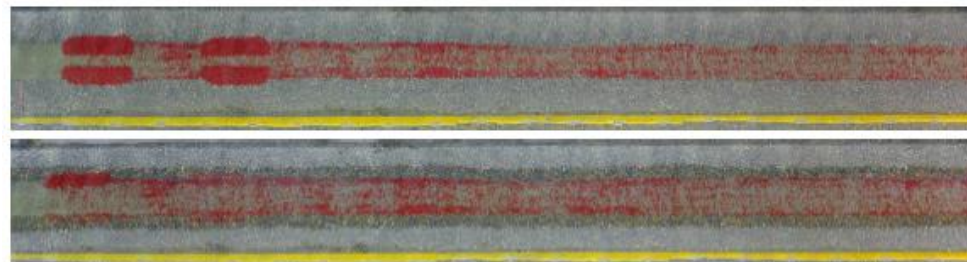
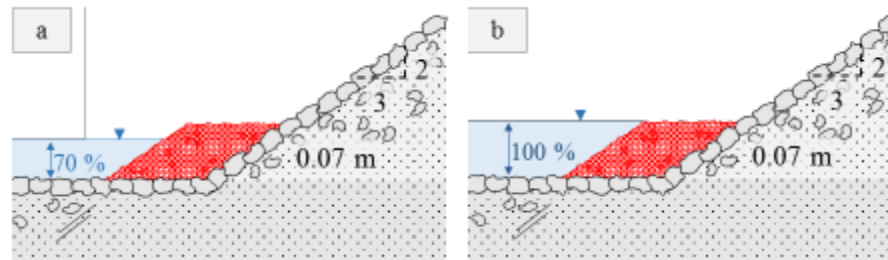
Geschiebezugabe
in der Numerik ?

*Geschiebezugabe
als physikalischer
Modellversuch*

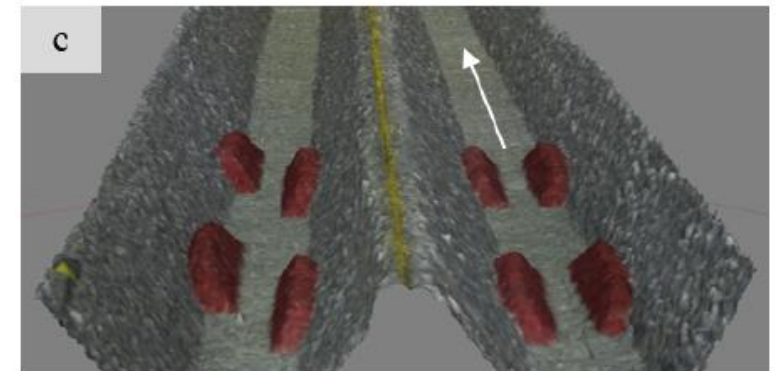
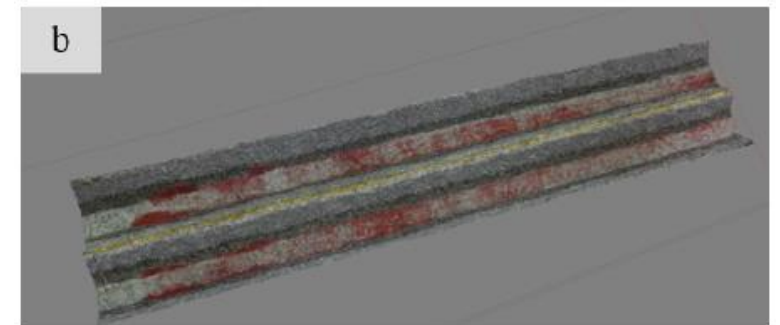
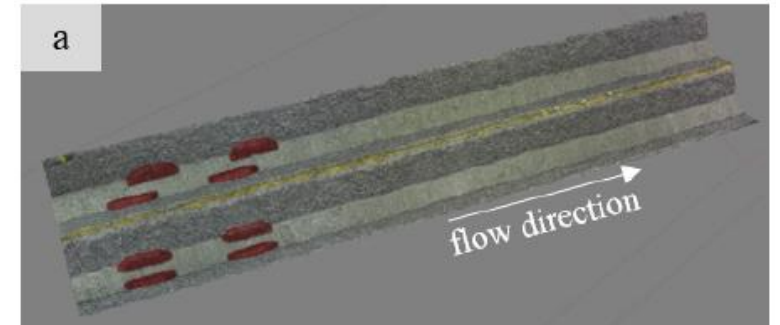
LCH Laboratoire de Constructions Hydrauliques
Laboratory of Hydraulic Constructions

**Replenishment of sediment
downstream of dams:
Erosion and transport processes**

Elena Battisacco



(Top) Initial state, (Bottom) final state after 3 hours testing.
Flow direction from left to right



Modellaufbau_Planvarianten

Geschiebezugabe
in der Numerik ?

*Geschiebezugabe
im Naturversuch*

LCH Laboratoire de Constructions Hydrauliques
Laboratory of Hydraulic Constructions

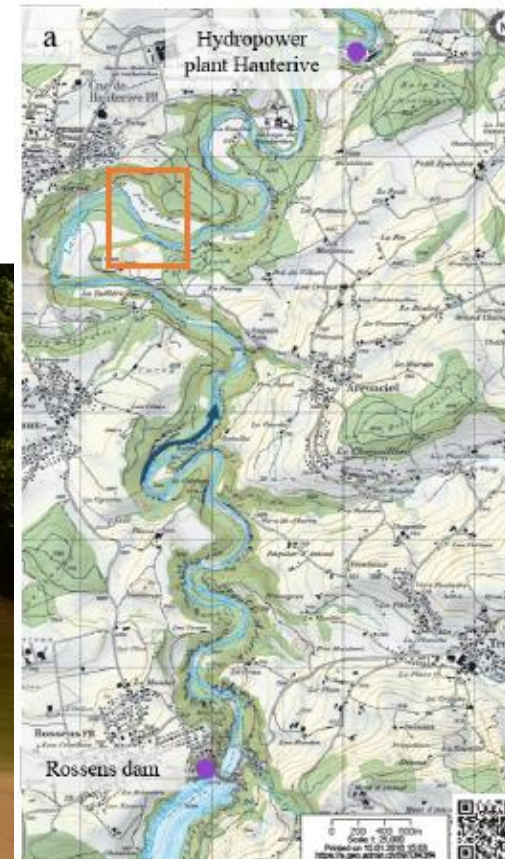
EPFL
ÉCOLE POLYTECHNIQUE
FÉDÉRALE DE LAUSANNE

**Replenishment of sediment
downstream of dams:
Erosion and transport processes**

Elena Battisacco

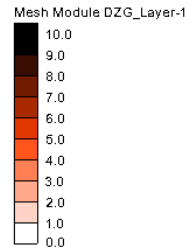
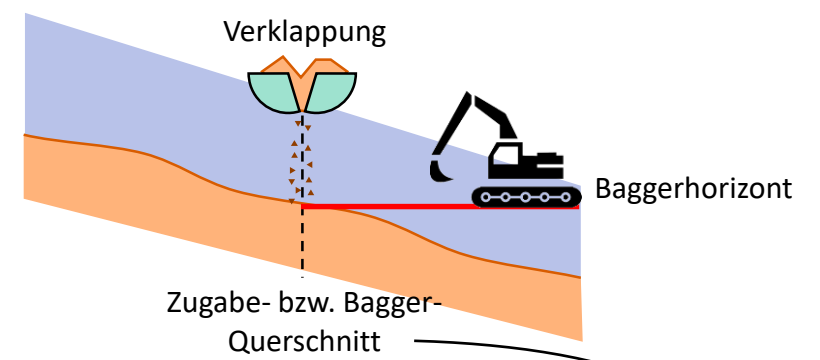
Design of sediment replenishment
for field application

- Sarine river (Fribourg, Switzerland)



Planvarianten Geschiebezugabe ...aber wann wieviel?

Idee: Gleichzeitiges Verklappen und Baggern



Fkm 55,800

Fließrichtung

Fkm 56,000

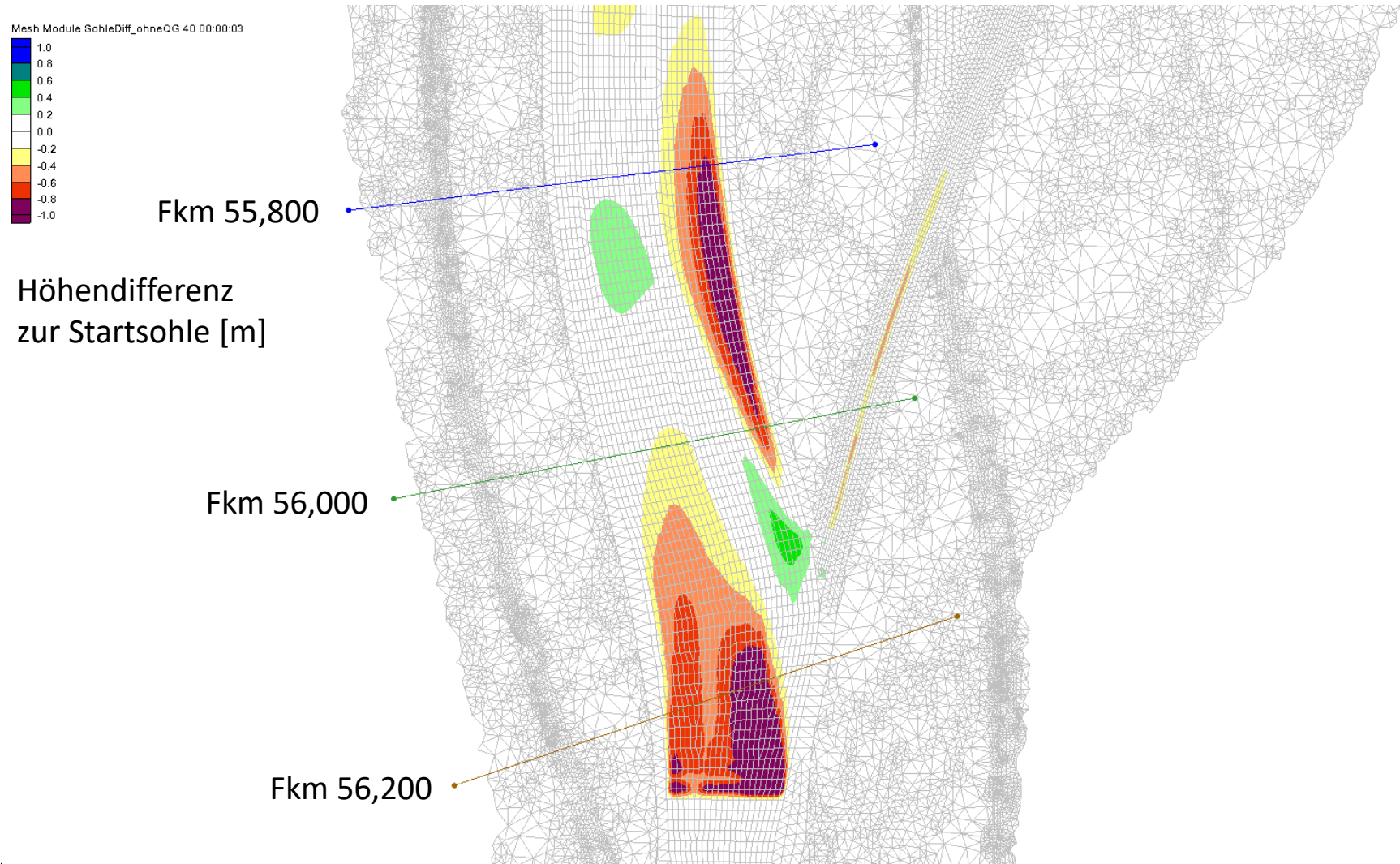
Fkm 56,200

Geschiebezugabe
Verklapp&Baggerung

offenes Deckwerk

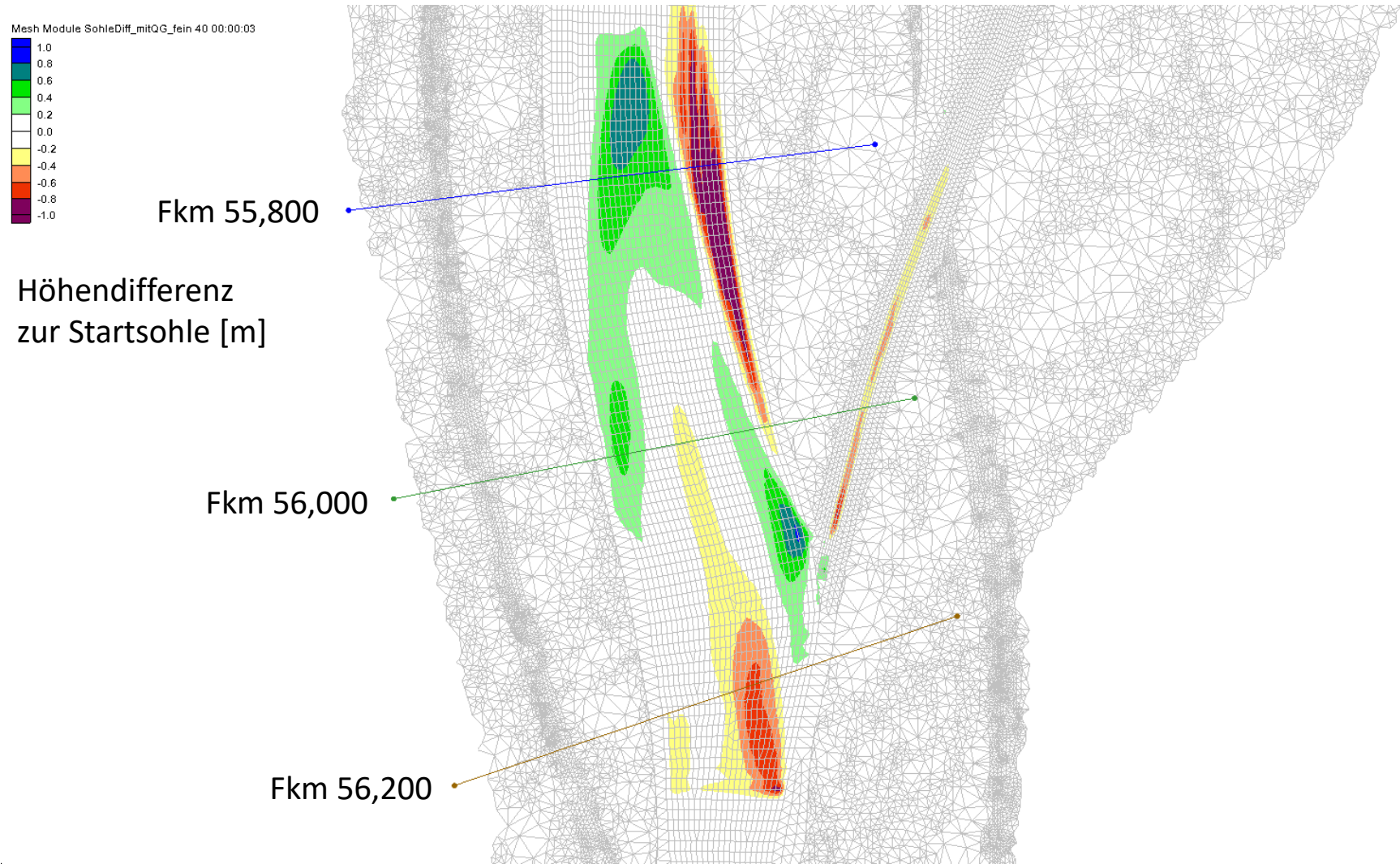
Planvarianten Geschiebezugabe ...aber wann wieviel?

40 Tage Simulationszeit ohne Geschiebezugabe

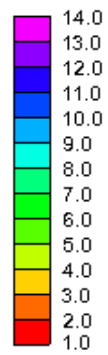


Planvarianten Geschiebebezugabe ...aber wann wieviel?

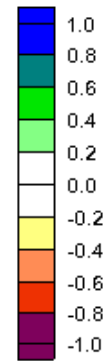
40 Tage Simulationszeit mit Geschiebebezugabe



Homogen-
abschnitt



Sohldifferenz
[m]



Diff_R41 82 10:00:02

Diff_R51 82 10:00:02

Diff_R61 82 10:00:02

Berechnungs-
bezeichnung

R01

R41

R51

R61

Kurz-
beschreibung

keine Geschiebezugabe,
kein Loading Law,
„raues“ Deckwerk,
RB Hochablass

Verklapp&Baggerung „fein“,
Loading Law,
„raues“ Deckwerk,
RB Hochablass + Kiesschleuse

Verklapp&Baggerung „fein“,
kein Loading Law,
„glattes“ Deckwerk,
RB Hochablass + Kiesschleuse

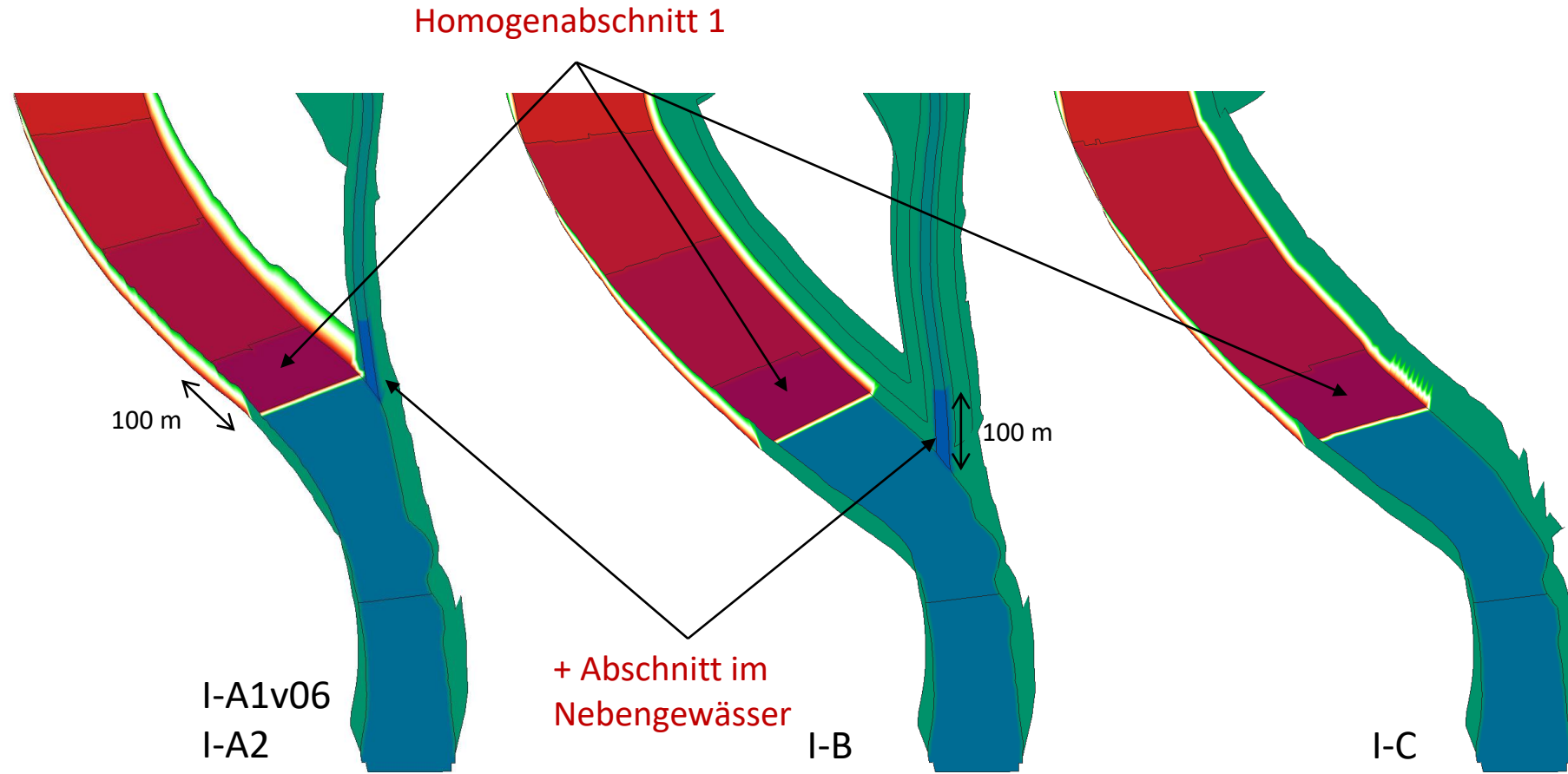
erodierbare Schicht,
kein Loading Law,
„glattes“ Deckwerk,
RB Hochablass + Kiesschleuse

Sohldifferenz

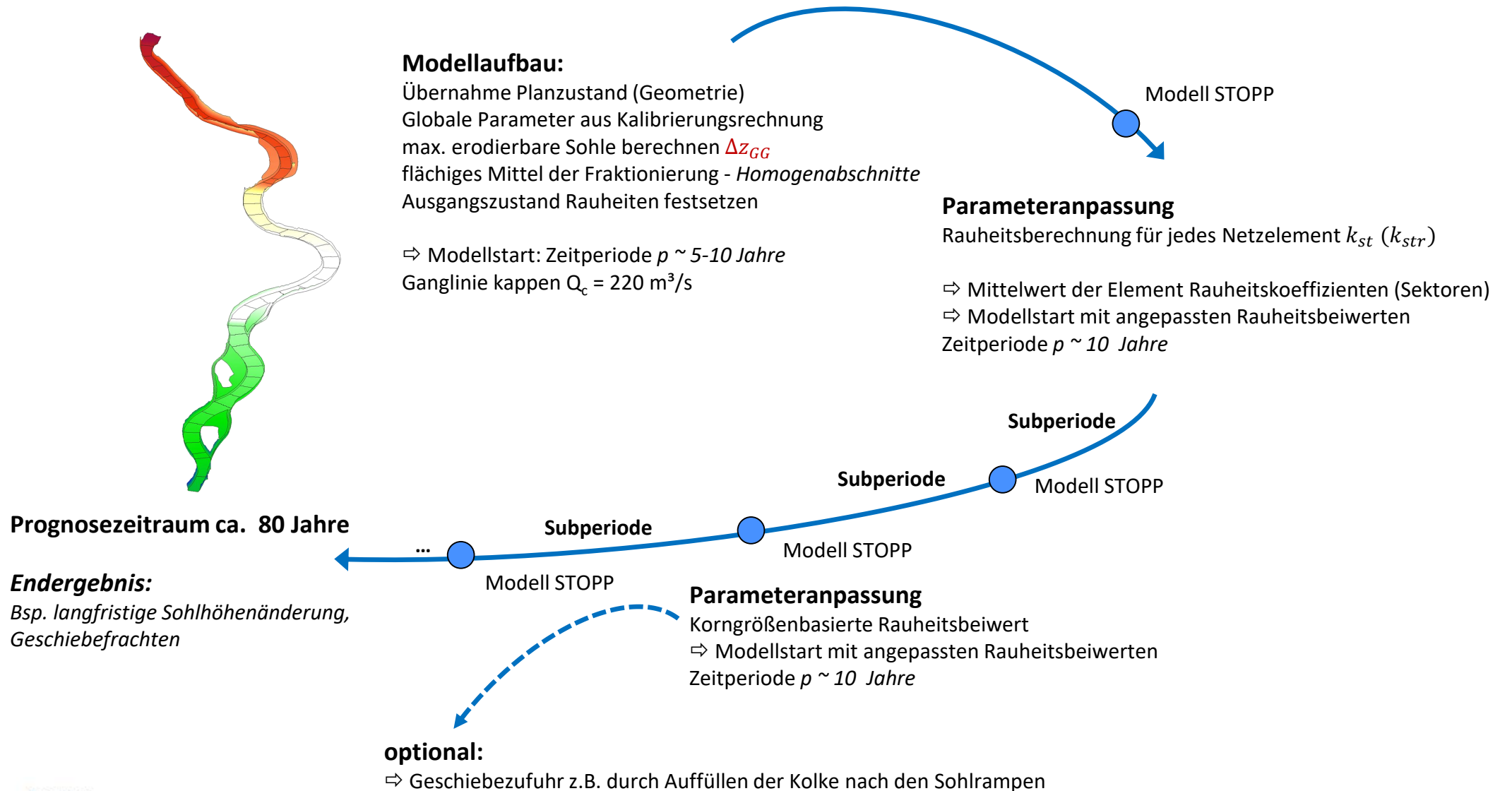
Modellaufbau_Planvarianten

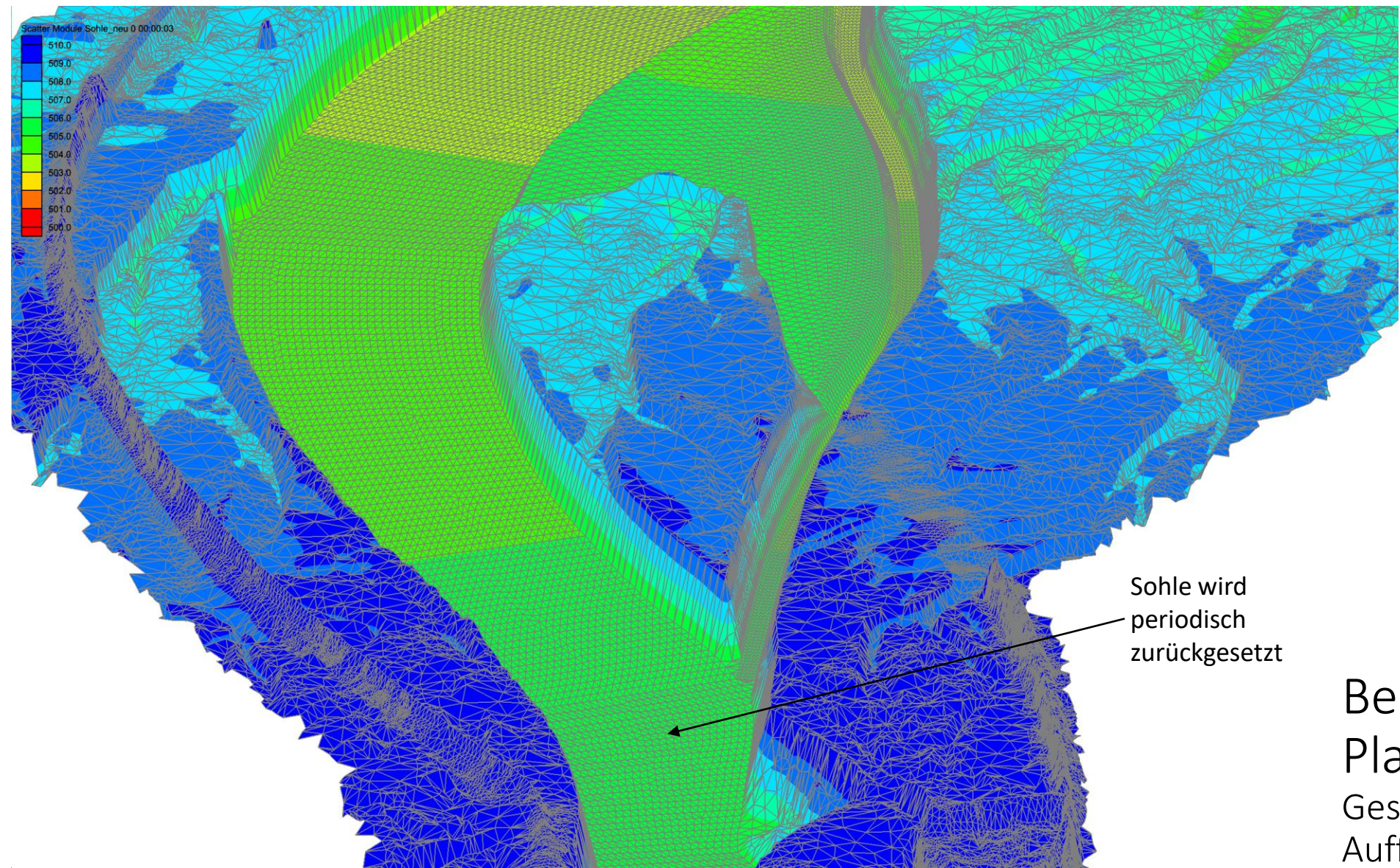
Geschiebebezugabe

...über Zurücksetzen der Sohle in ausgewählten Bereichen

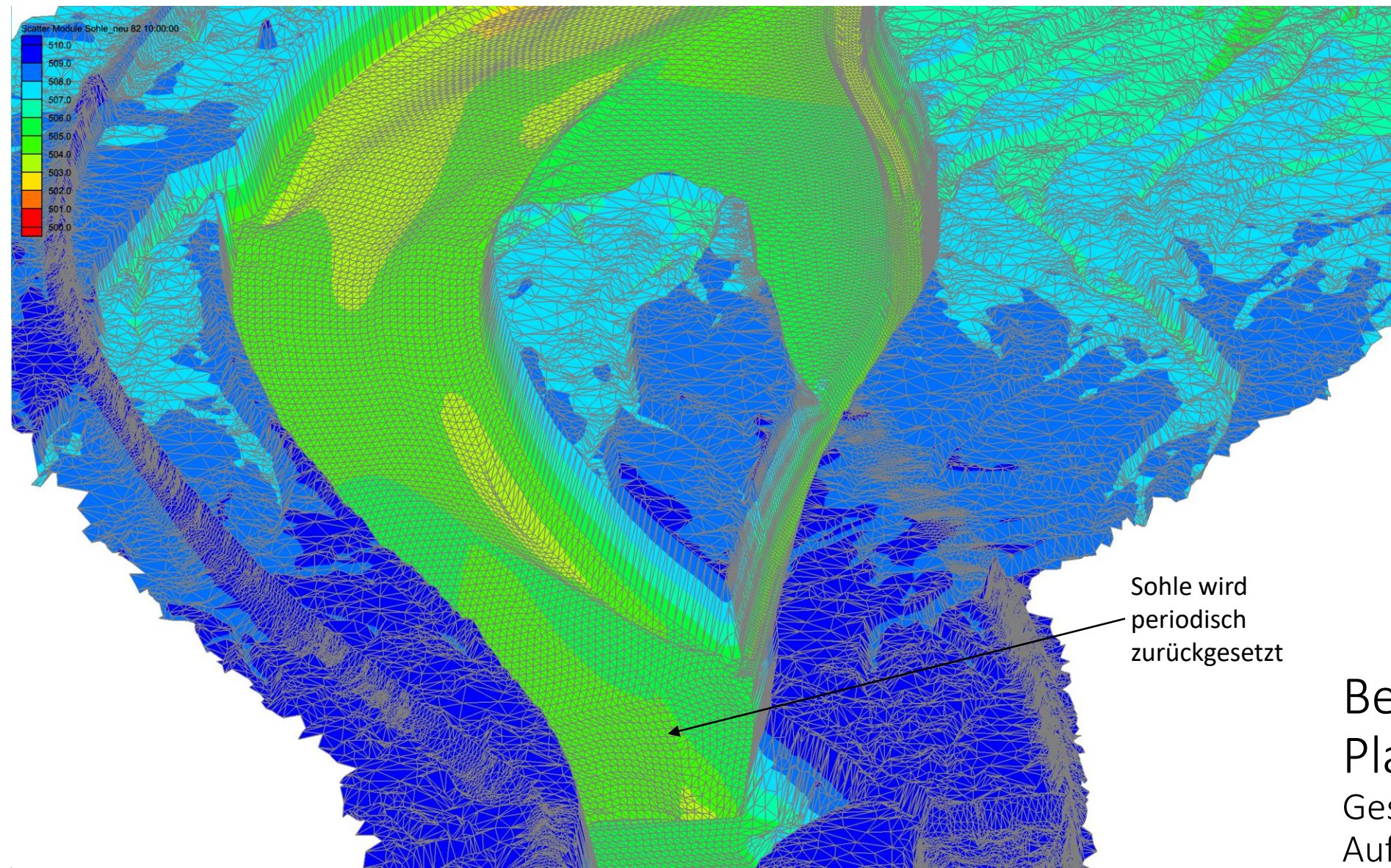


Modellaufbau_Planvarianten_Modellkonzept

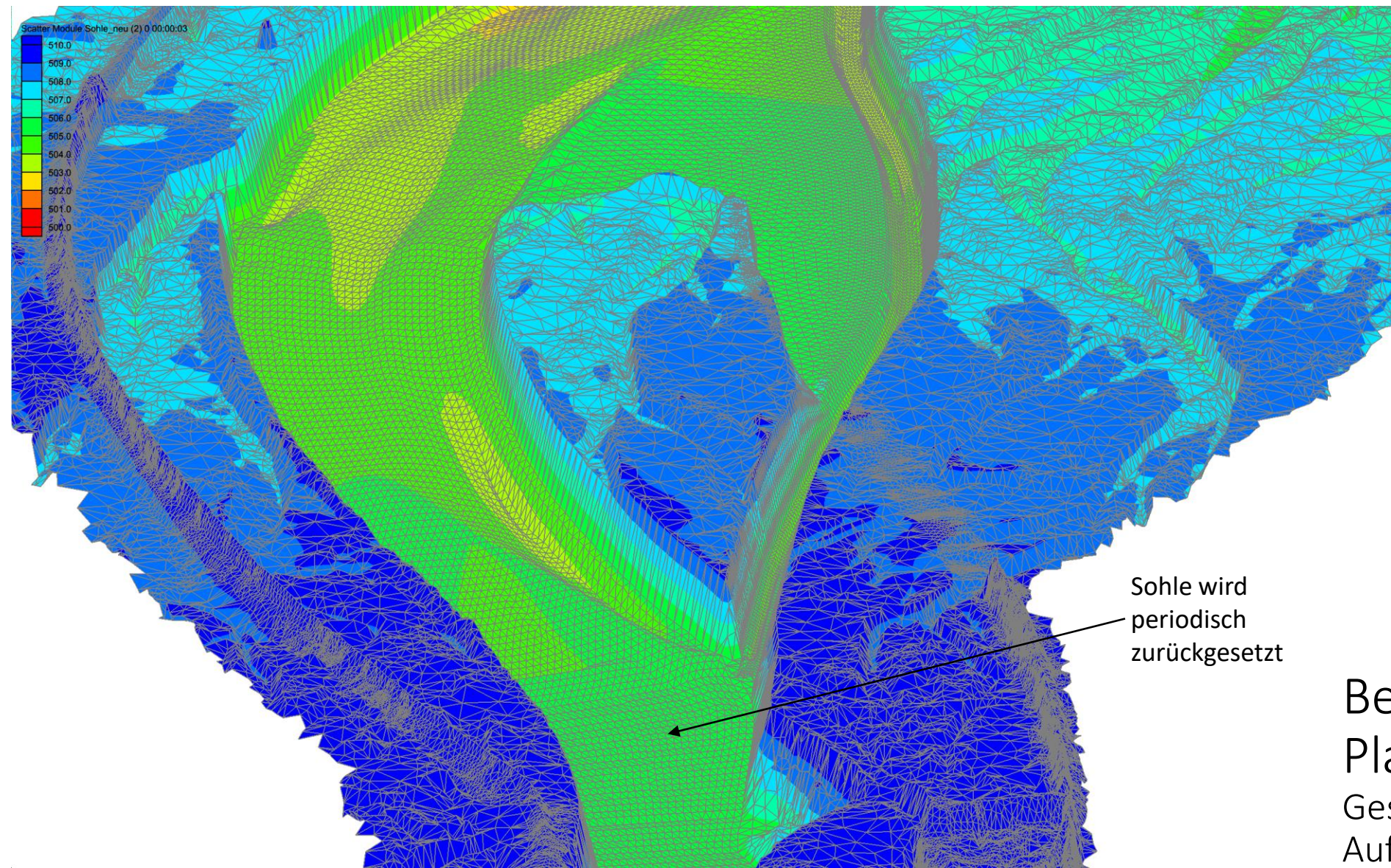




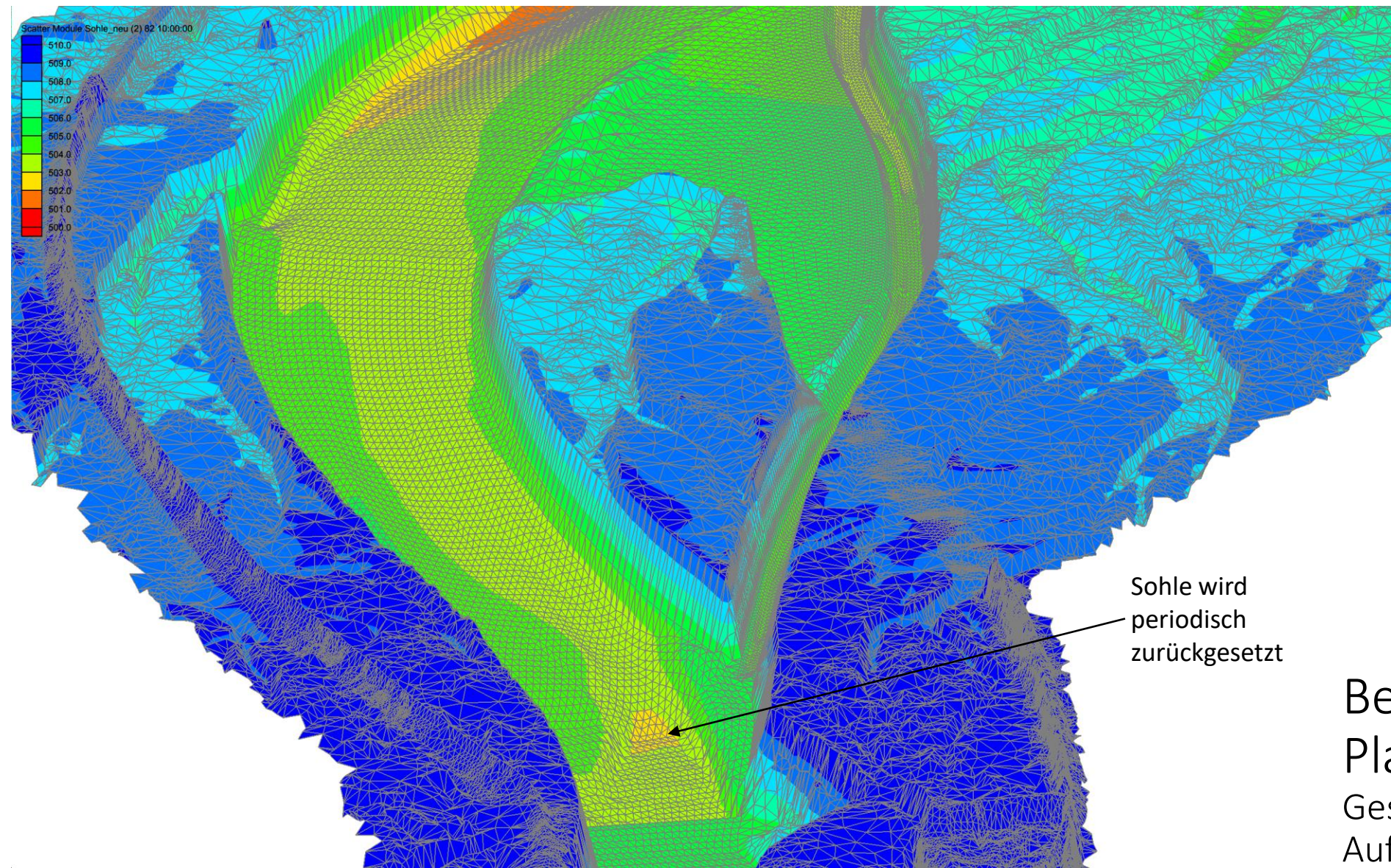
Berechnungsergebnisse
Planvariante (Test)
Geschiebezugabe durch
Auffüllen eines Kolkes



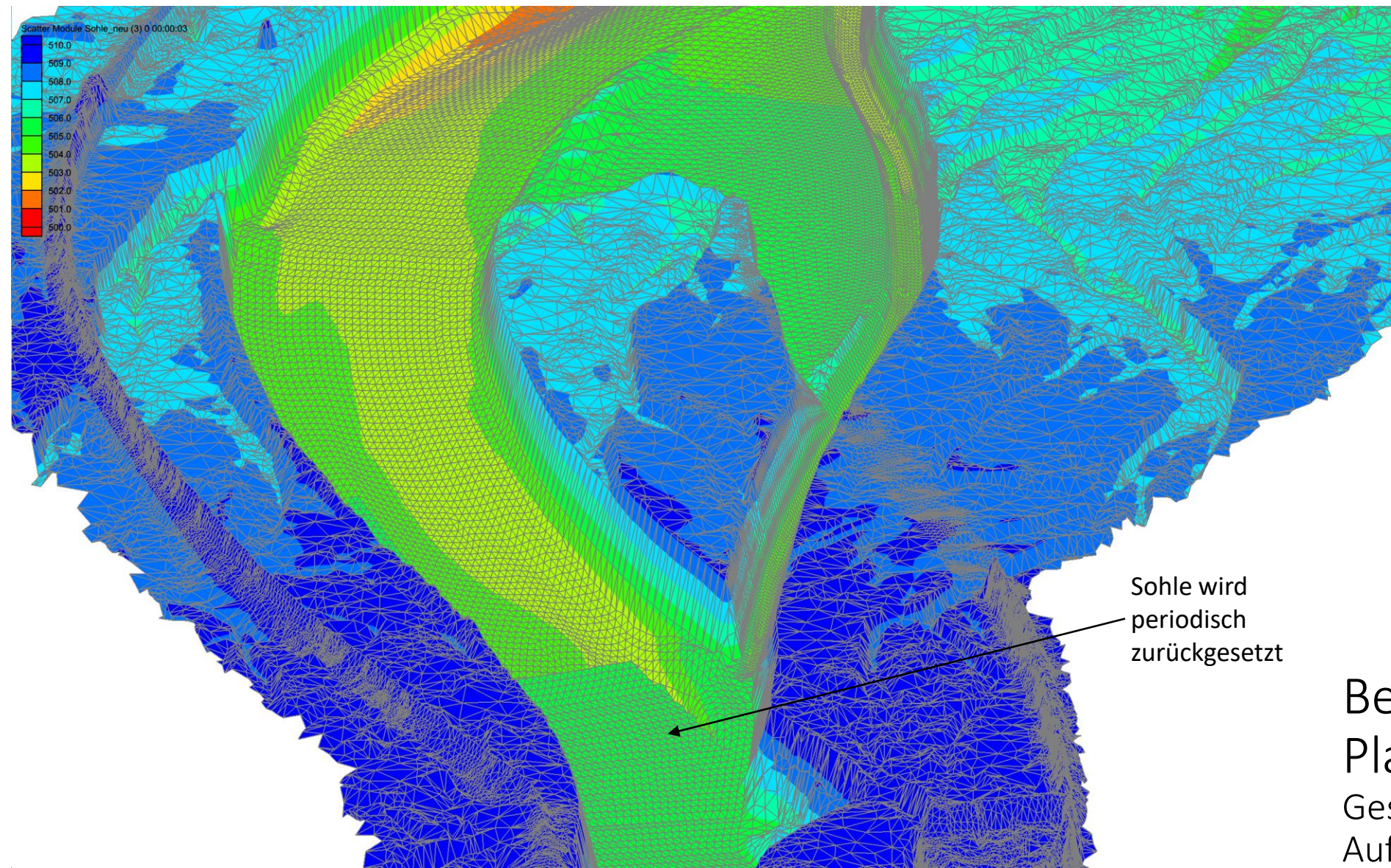
Berechnungsergebnisse
Planvariante (Test)
Geschiebezugabe durch
Auffüllen eines Kolkes



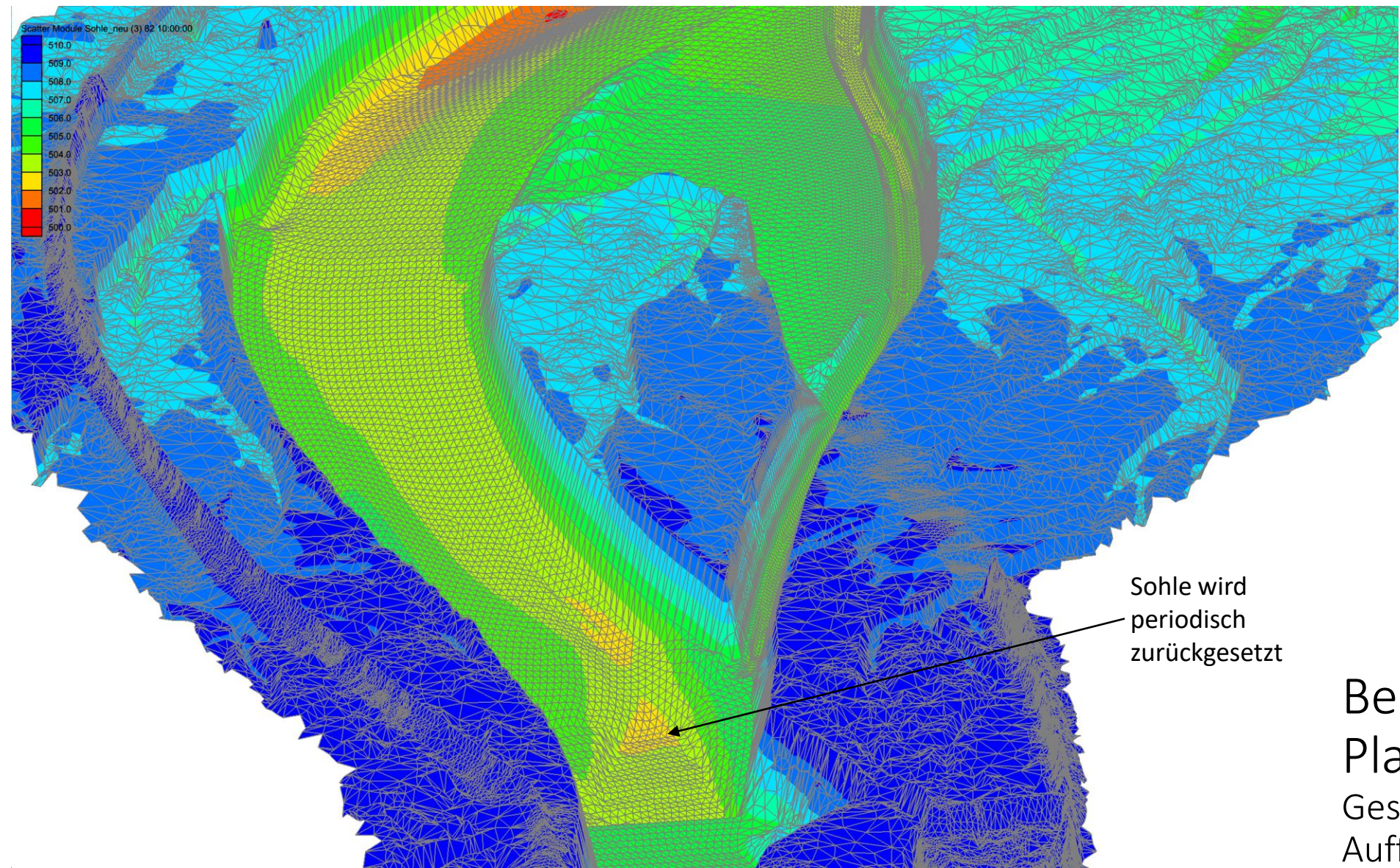
Berechnungsergebnisse
Planvariante (Test)
Geschiebezugabe durch
Auffüllen eines Kolkes



Berechnungsergebnisse
Planvariante (Test)
Geschiebezugabe durch
Auffüllen eines Kolkes

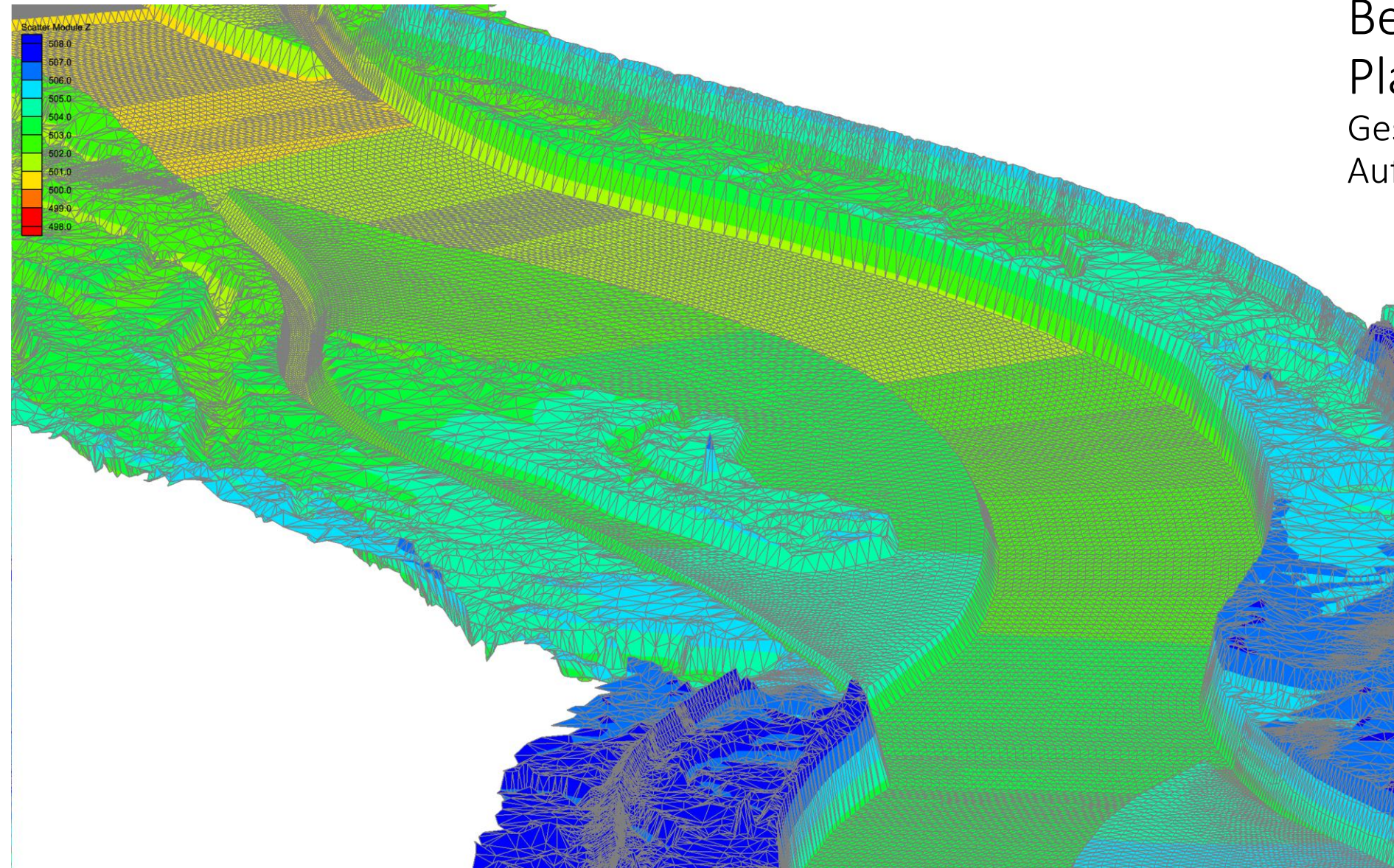


Berechnungsergebnisse
Planvariante (Test)
Geschiebezugabe durch
Auffüllen eines Kolkes

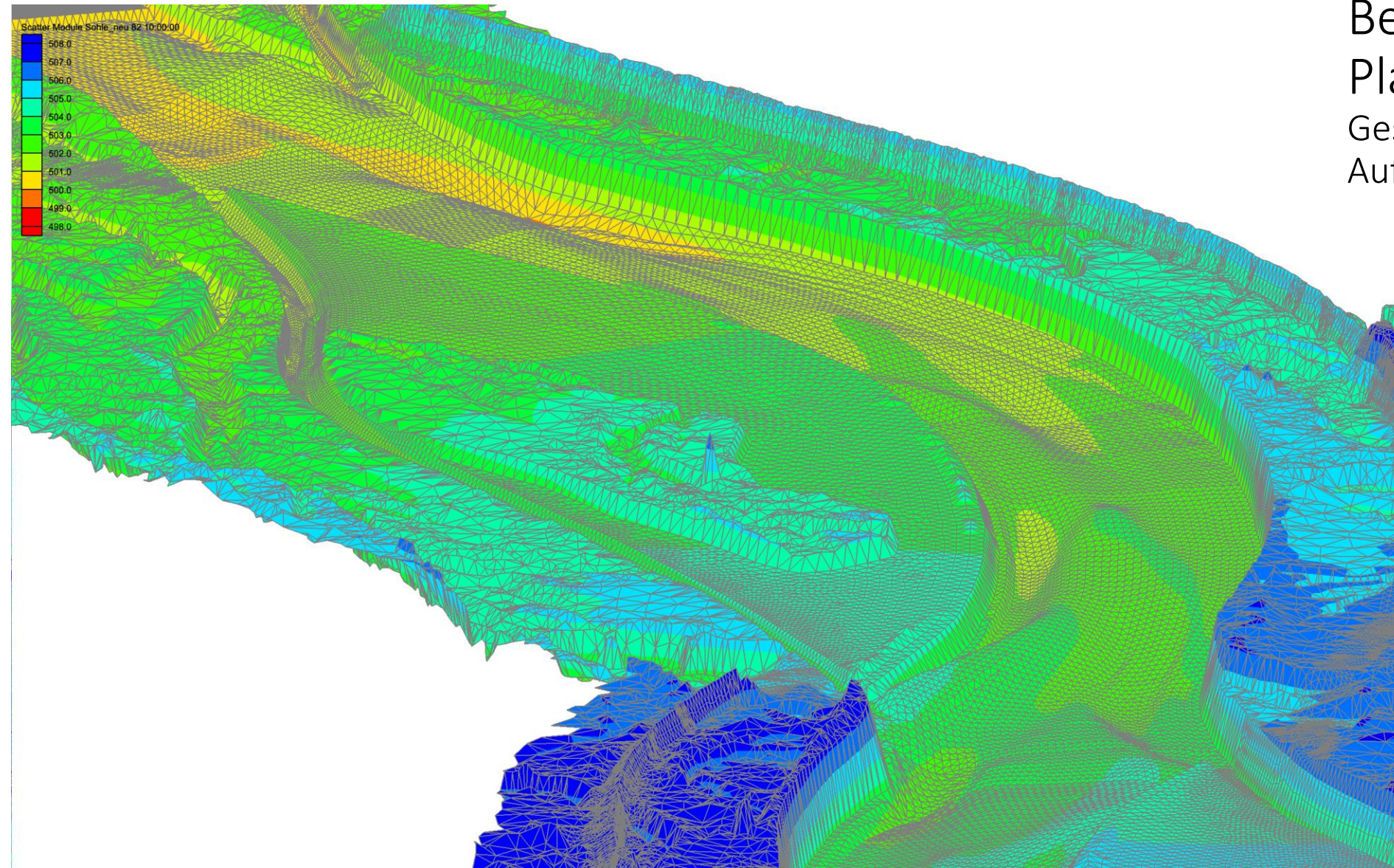


Berechnungsergebnisse
Planvariante (Test)
Geschiebezugabe durch
Auffüllen eines Kolkes

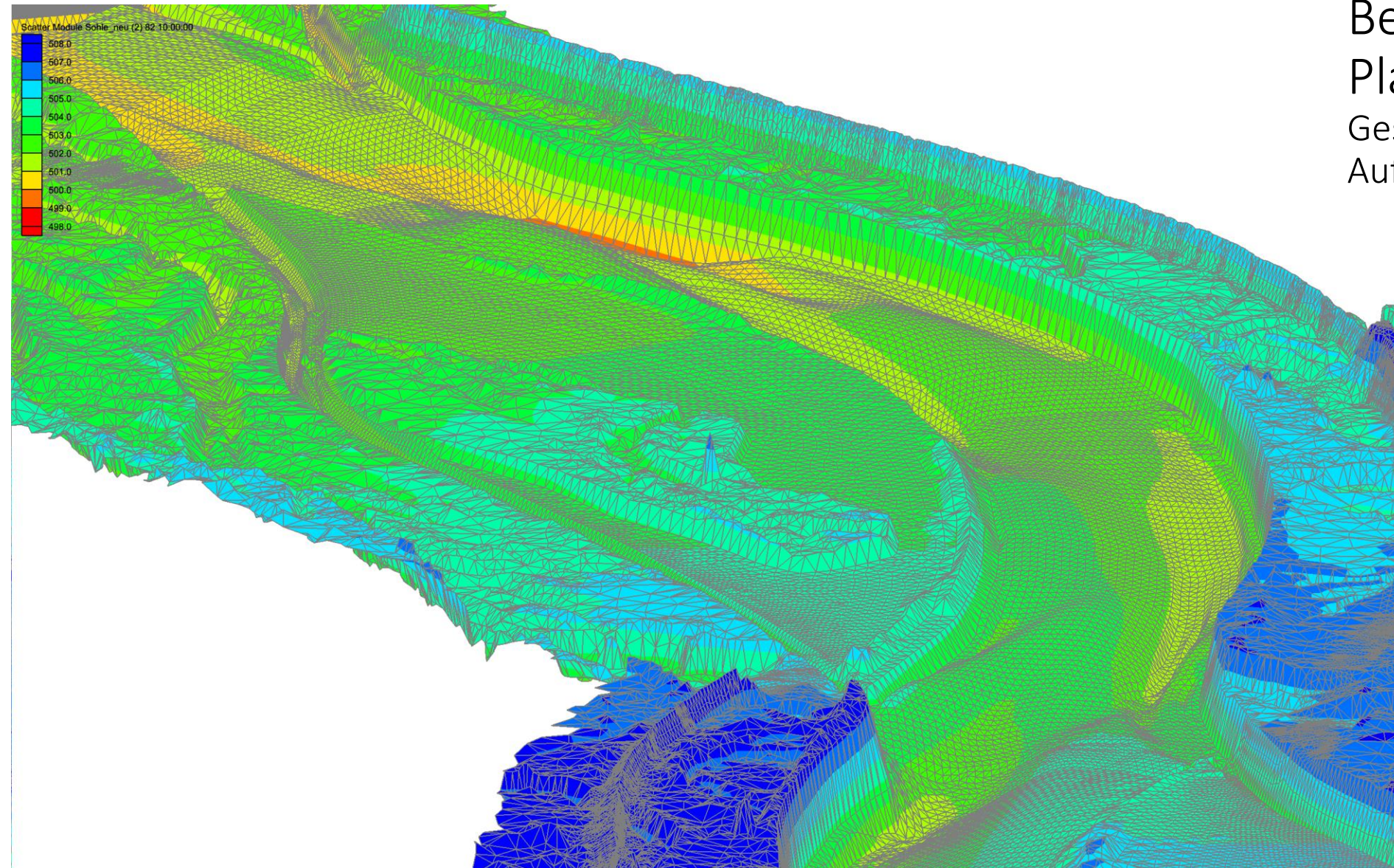
Berechnungsergebnisse Planvariante (Test) Geschiebezugabe durch Auffüllen eines Kolkes



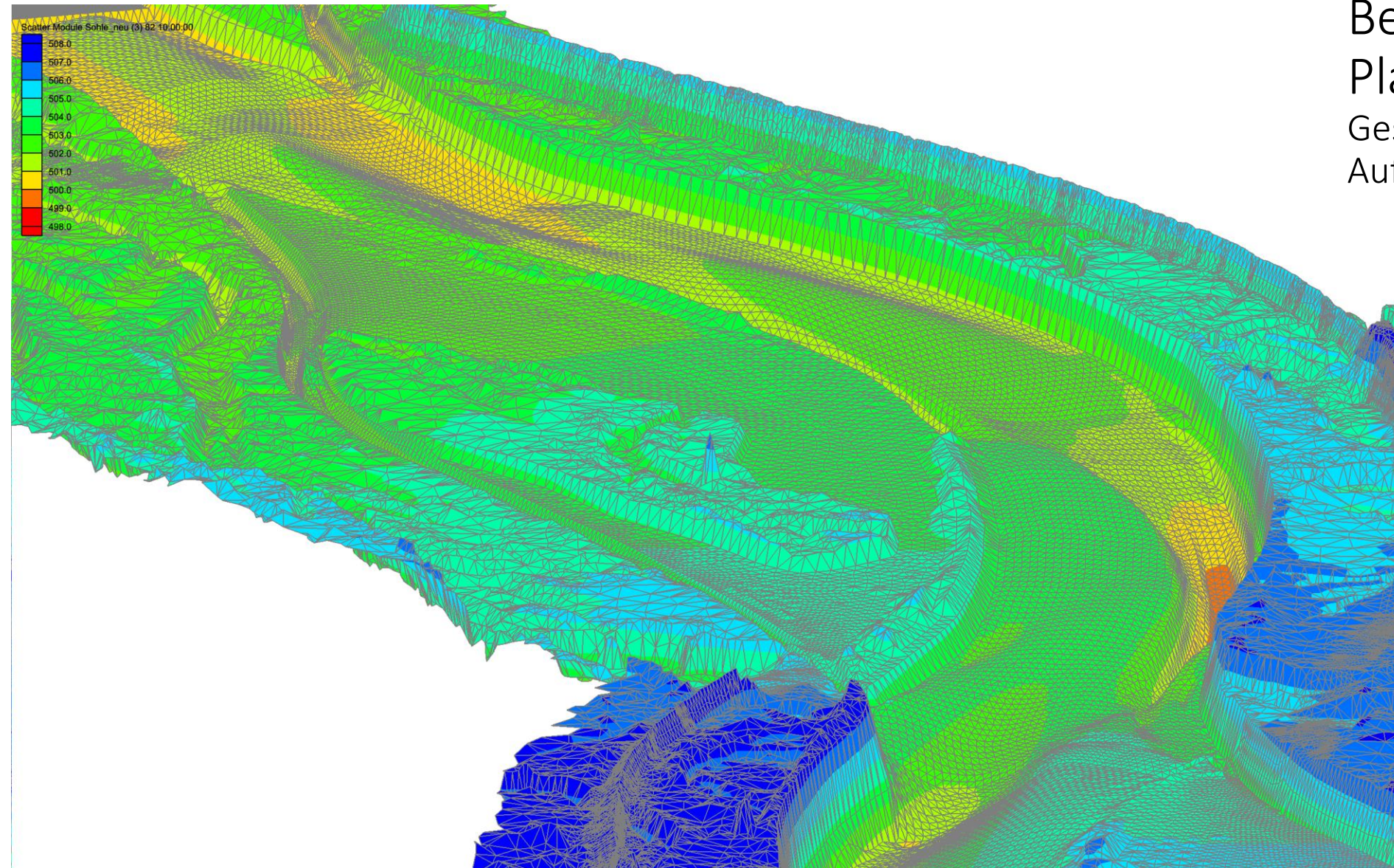
Berechnungsergebnisse Planvariante (Test) Geschiebezugabe durch Auffüllen eines Kolkes

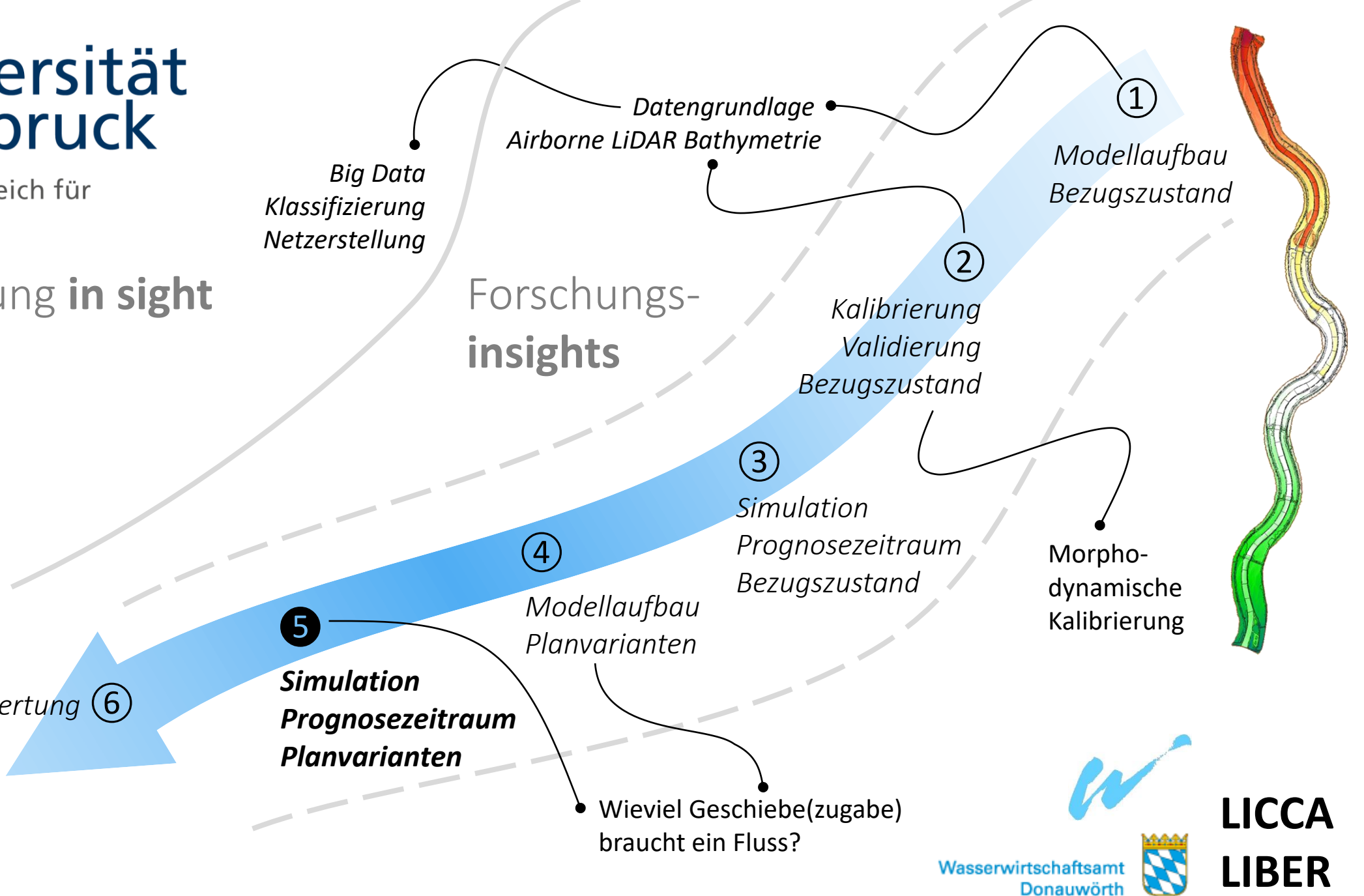


Berechnungsergebnisse Planvariante (Test) Geschiebezugabe durch Auffüllen eines Kolkes



Berechnungsergebnisse Planvariante (Test) Geschiebezugabe durch Auffüllen eines Kolkes

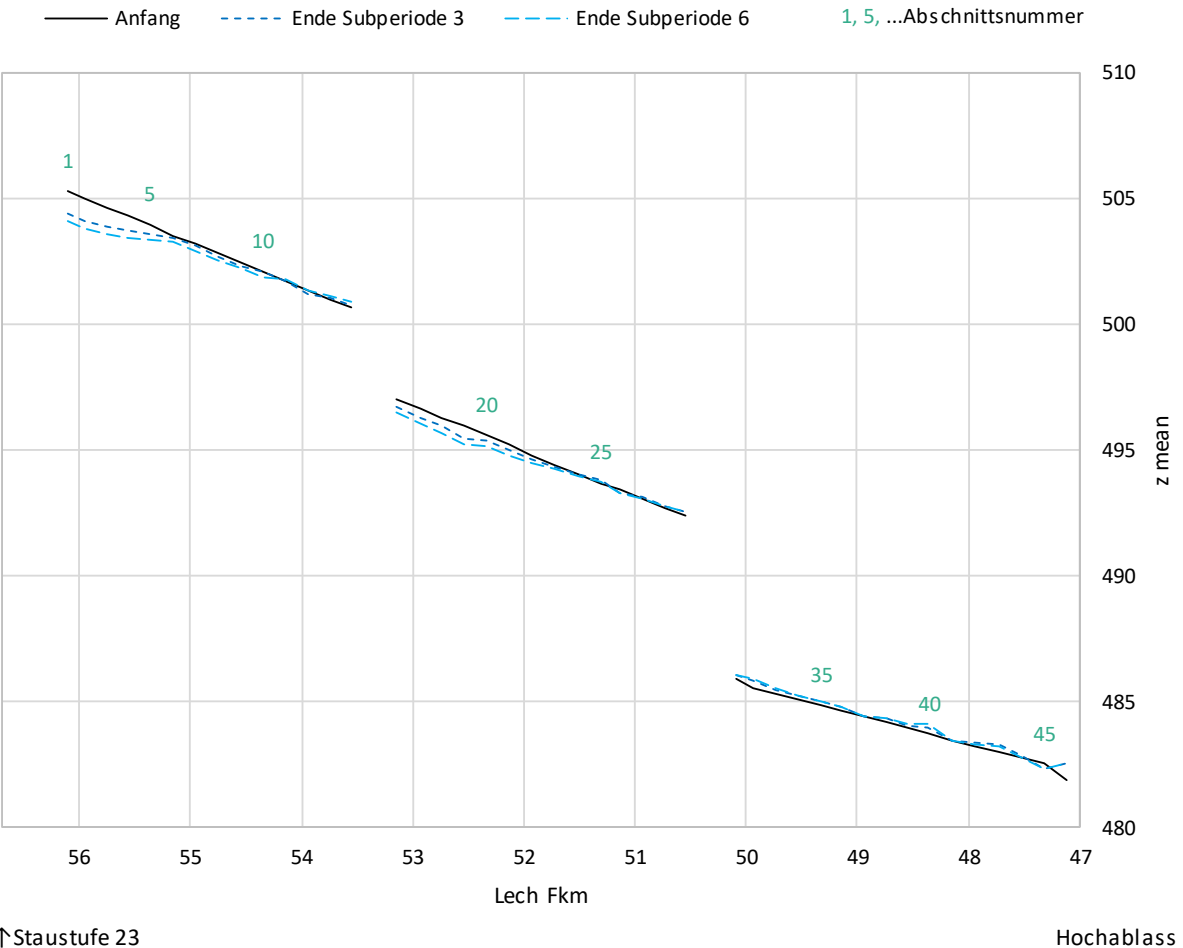




Simulation_Prognosezeitraum_Planvarianten

Mittlere Sohlhöhen im Prognosezeitraum

I-A1v06

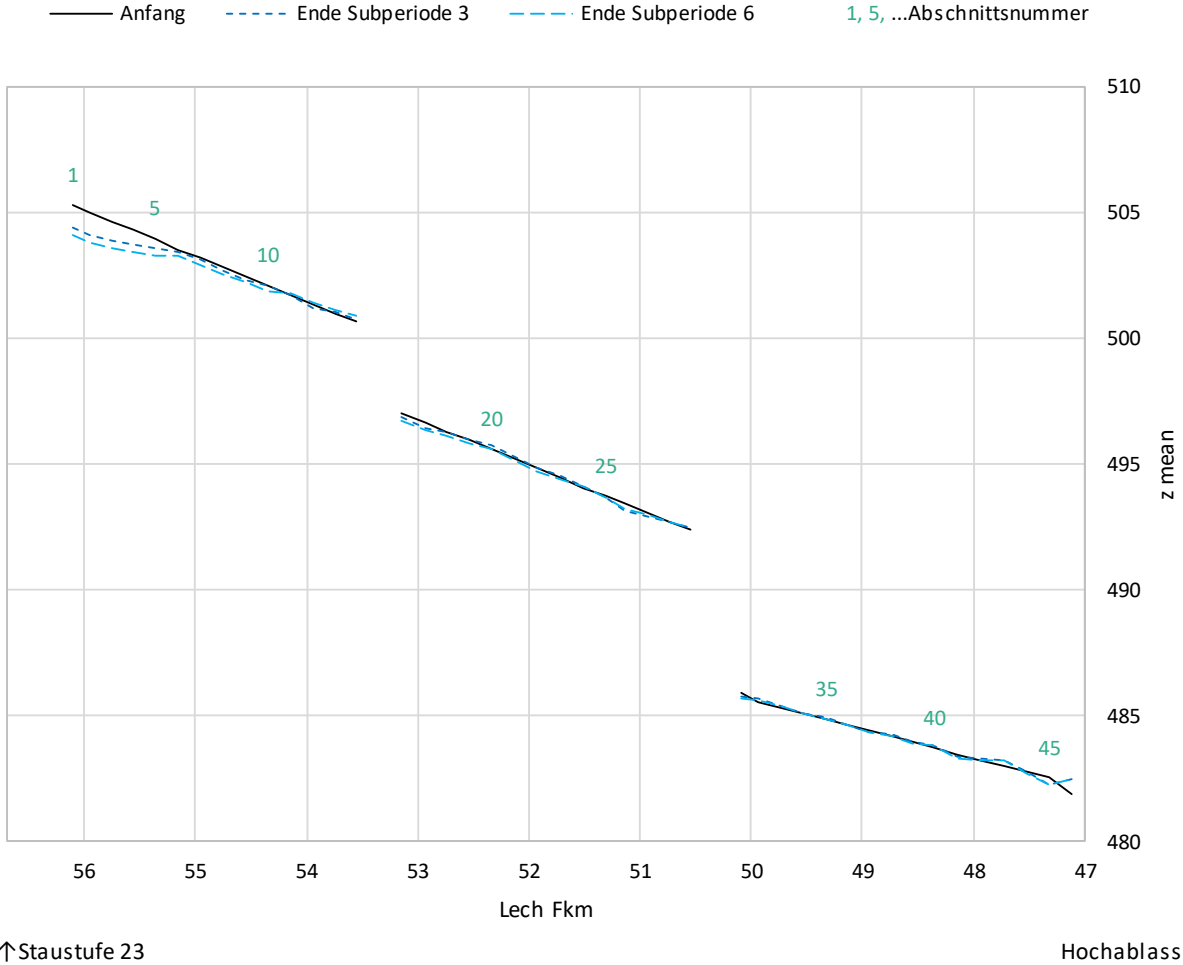


vorläufige Ergebnisse

Simulation_Prognosezeitraum_Planvarianten

Mittlere Sohlhöhen im Prognosezeitraum

I-A2

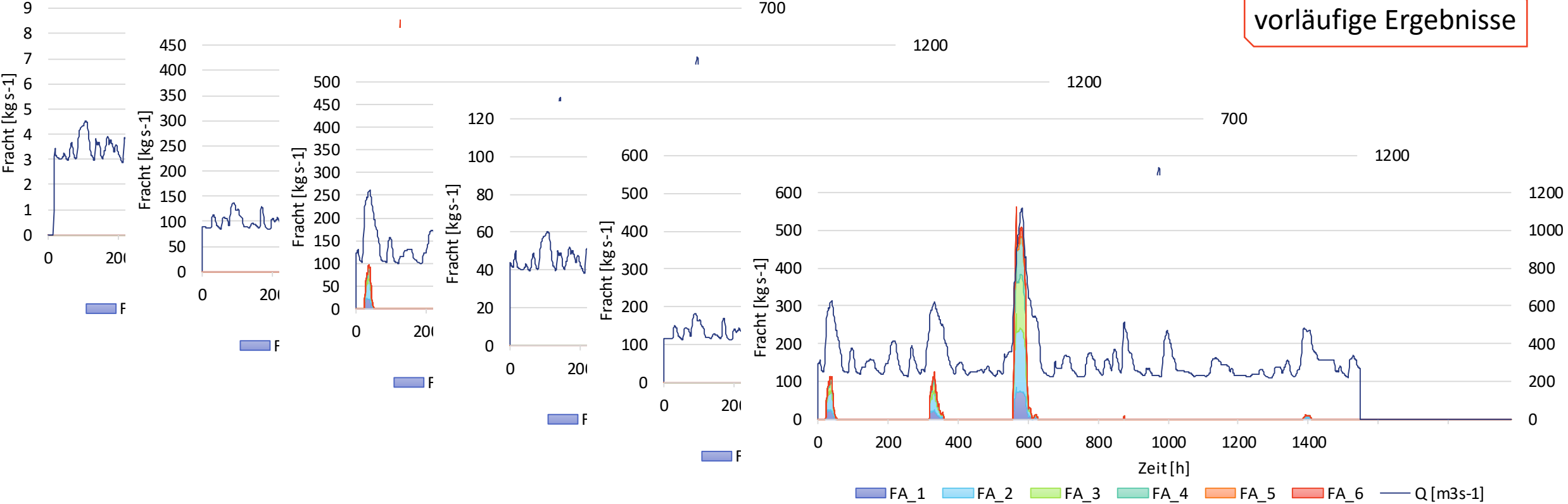


vorläufige Ergebnisse

Simulation_Prognosezeitraum_Planvarianten

Auslauf Modell I-A1v06

vorläufige Ergebnisse



Simulation_Prognosezeitraum_Planvarianten

Verklapptes Lockervolumen vs. Modellauslauf

vorläufige Ergebnisse

Bezeichnung Planvariante
I-A1v06
I-A2
I-B
I-C

I-A1v06\R01
I-A1v06\R02
I-A1v06\R03
I-A1v06\R04
I-A1v06\R05
I-A1v06\R06

Lockervolumen Verklapp-Material [m ³]	Masse Verklapp-Material [to = 1000 kg]
1 600	2 700
11 100	18 500
12 900	21 600
10 600	17 700
15 600	26 000
16 300	27 300

I-C\R01
I-C\R02
I-C\R03
I-C\R04
I-C\R05
I-C\R06

Lockervolumen Verklapp-Material [m ³]	Masse Verklapp-Material [to = 1000 kg]
2 300	3 800
12 400	20 700
14 000	23 400
10 300	17 100
17 300	28 800
17 800	29 700

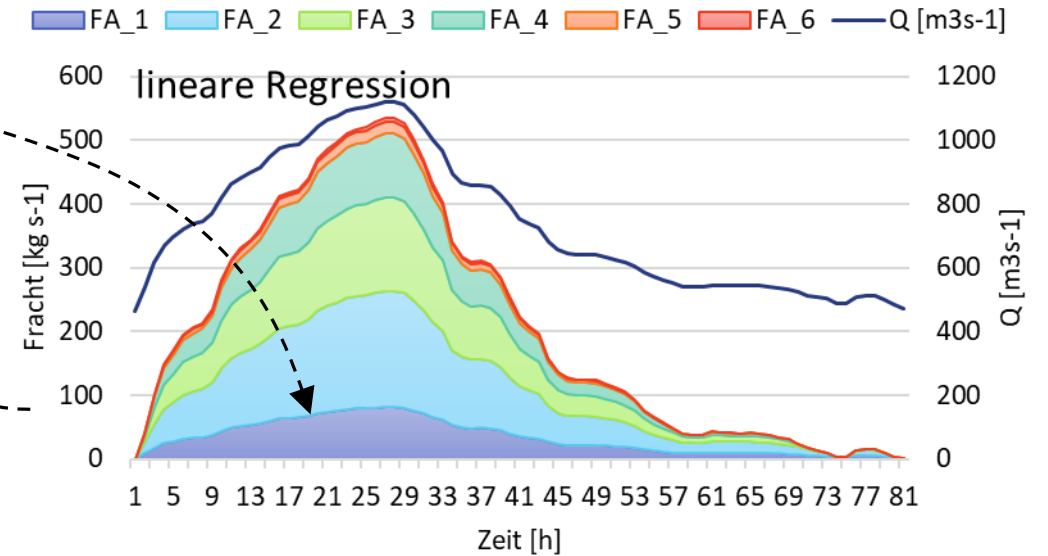
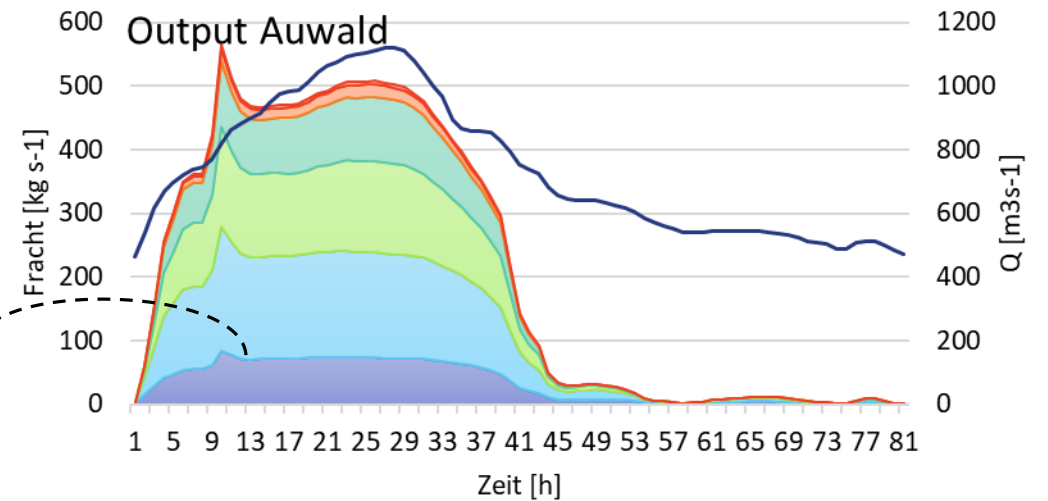
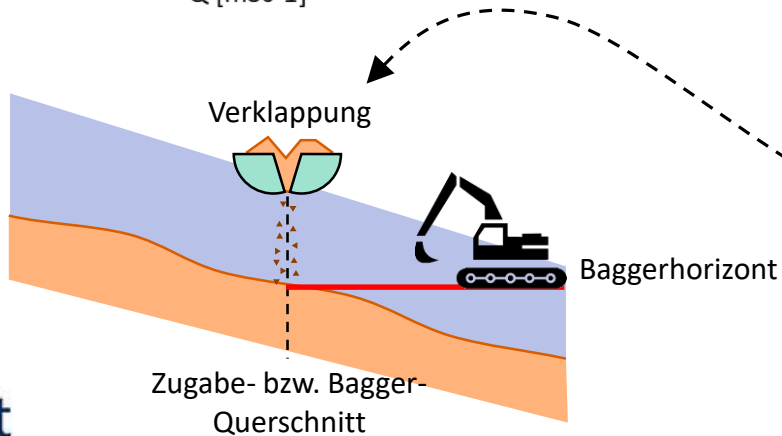
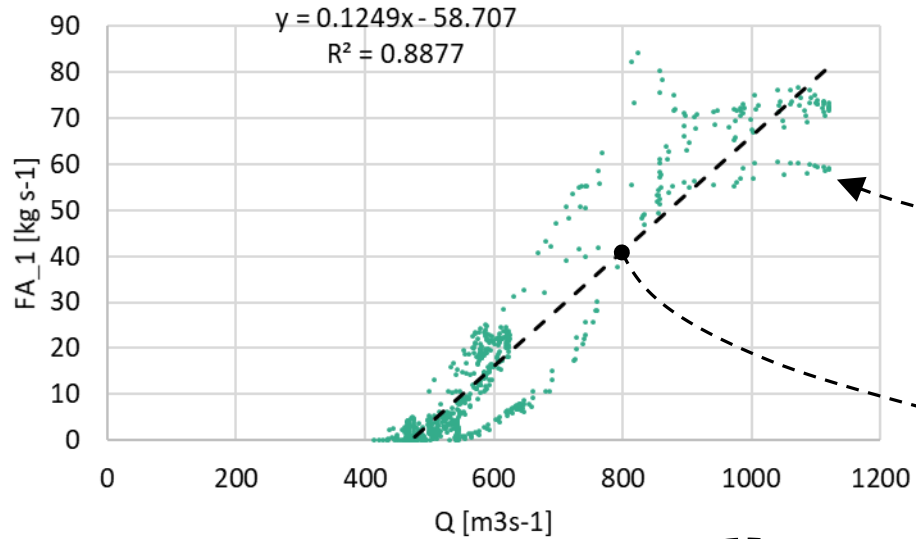
Verklapp-Menge

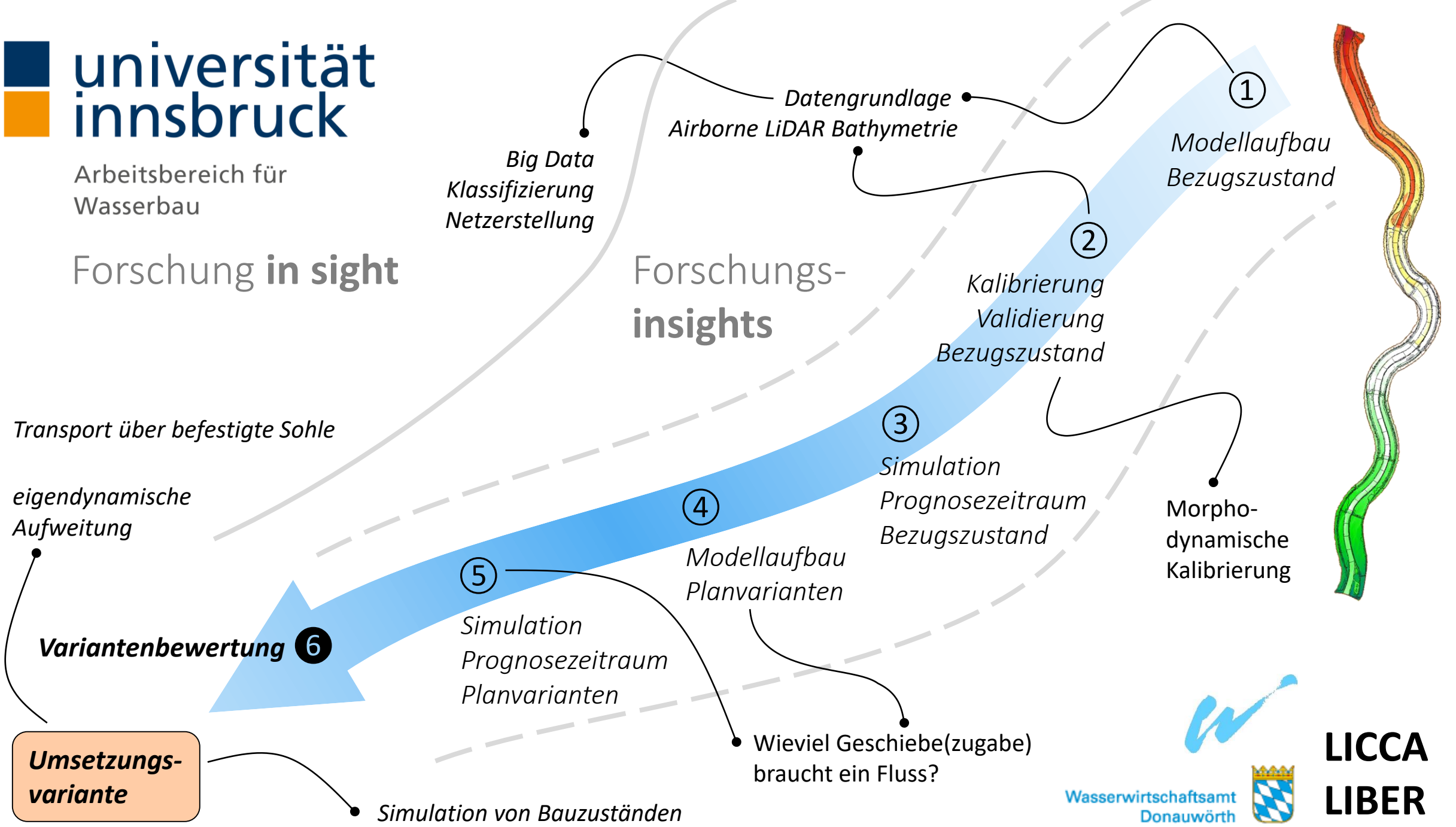
Lockervolumen Modellauslauf

Berechnung	Teilzeitraum	I-A1v06	I-C
R01	Teilzeitraum 1 - ca. 1976 bis 1987	141 m3	96 m3
R02	Teilzeitraum 2 - ca. 1987 bis 2000	46 442 m3	39 794 m3
R03	Teilzeitraum 3 - ca. 2000 bis 2013	39 956 m3	36 004 m3
R04	Teilzeitraum 1 - ca. 1976 bis 1987	11 140 m3	8 873 m3
R05	Teilzeitraum 2 - ca. 1987 bis 2000	78 821 m3	73 380 m3
R06	Teilzeitraum 3 - ca. 2000 bis 2013	46 672 m3	45 149 m3

Simulation_Prognosezeitraum_Planvarianten

Generische Geschiebegangline als Modellinput
am oberen Modellrand abgeleitet aus Modelloutput





Weiterentwicklung Schichtenmodell

Transport über befestigte Sohle

eigendynamische
Aufweitung

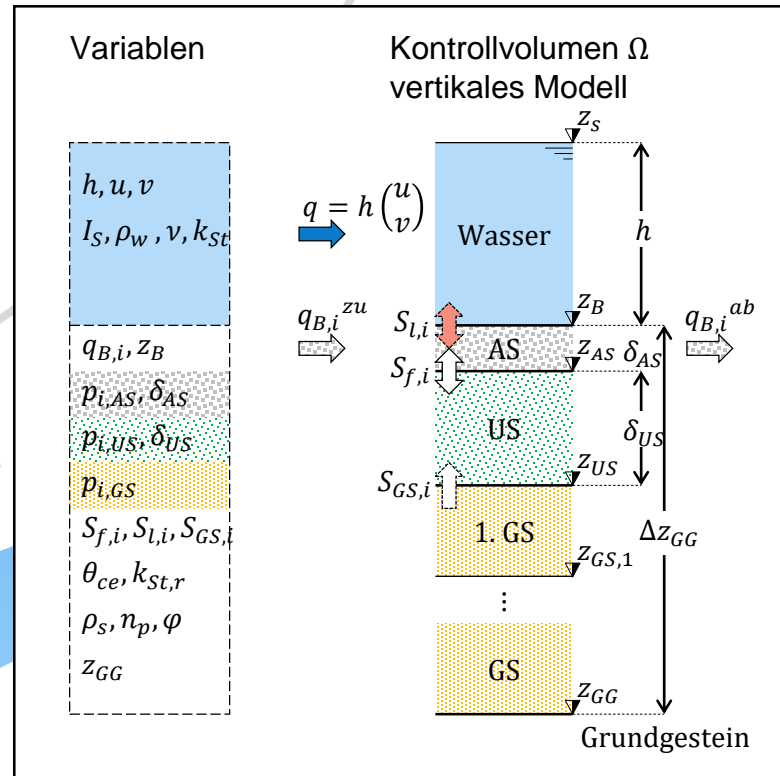
Variantenbewertung 6

**Umsetzungs-
variante**

Simulation von Bauzuständen

Big Data
Klassifizierung
Netzerstellung

Datengrundlage
Airborne LiDAR Bathymetrie



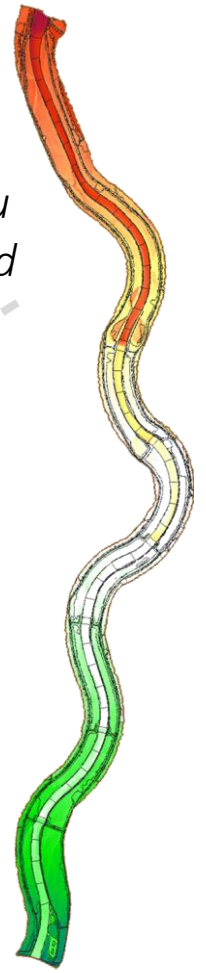
3
Simulation
Prognosezeitraum
Bezugszustand

Kalibrierung
Validierung
Bezugszustand

1
Modellaufbau
Bezugszustand

Morpho-
dynamische
Kalibrierung

Wieviel Geschiebe(zugabe)
braucht ein Fluss?



Licca Liber – der freie Lech

Robert Klar, Universität Innsbruck, Arbeitsbereich für Wasserbau



Forschung **in sight**

www.uibk.ac.at