



GEOTEST AG / Hunziker, Zarn & Partner AG / Universität Zürich

Gefahren- und Risikoanalyse entlang der Aare unter einem sich verändernden Klima

Leitfragen:

- Wo und wie stark können die Überflutungsgebiete entlang der Aare durch den Klimawandel zu den Zeitpunkten 2040 und 2100 zunehmen?
- Wo und wie stark wächst im gleichen Zeitraum das Schadenpotenzial an?
- Kann für den betrachteten Zeitraum ein klarer Risikotreiber (Klimawandel vs. Siedlungsentwicklung) definiert werden?

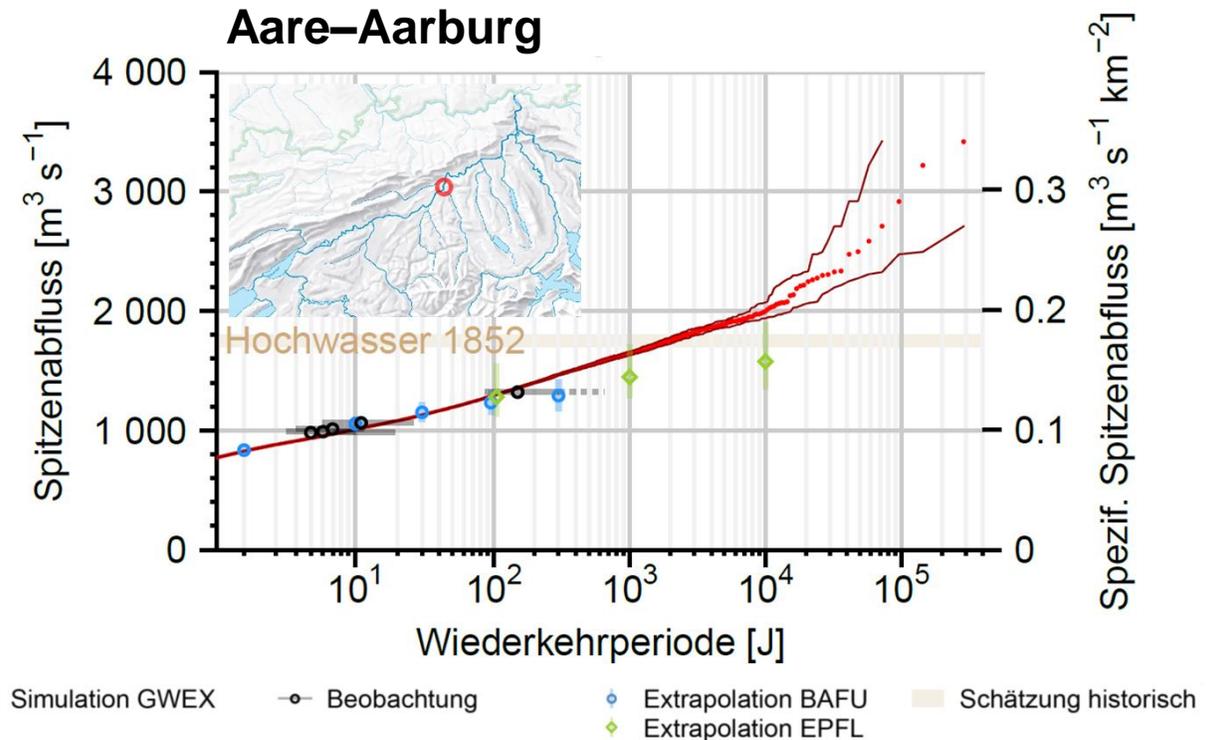
Inhalt

- 1. Grundlagen Hydrologie und Klima**
- 2. Hydrodynamische Modellierung**
- 3. Ermittlung des Schadenpotenzials (heute und in Zukunft)**
- 4. Resultate Schadenpotenzial**
- 5. Entwicklung des Schadenausmasses (ohne und mit Klimawandel)**
- 6. Schlussfolgerungen und Ausblick**

1. Grundlagen Hydrologie und Klima

Abflussstatistik

- Grundlage EXAR: Ermittlung einer homogenen Extremwertstatistik im EZG der Aare.
- Knapp 300'000 Jahre N-A-Modellierung in stündlicher Auflösung.
- Auswertung an Transferpunkten entlang der Aare.
- Angaben bis zur Grössenordnung HQ100'000 möglich.
- EXAR-Hydrologie grösstenteils höher als bekannte Dimensionierungsgrössen (Gefahrenkarte, BAFU-Messstationen)
→ **Freibord wird bereits beansprucht!**

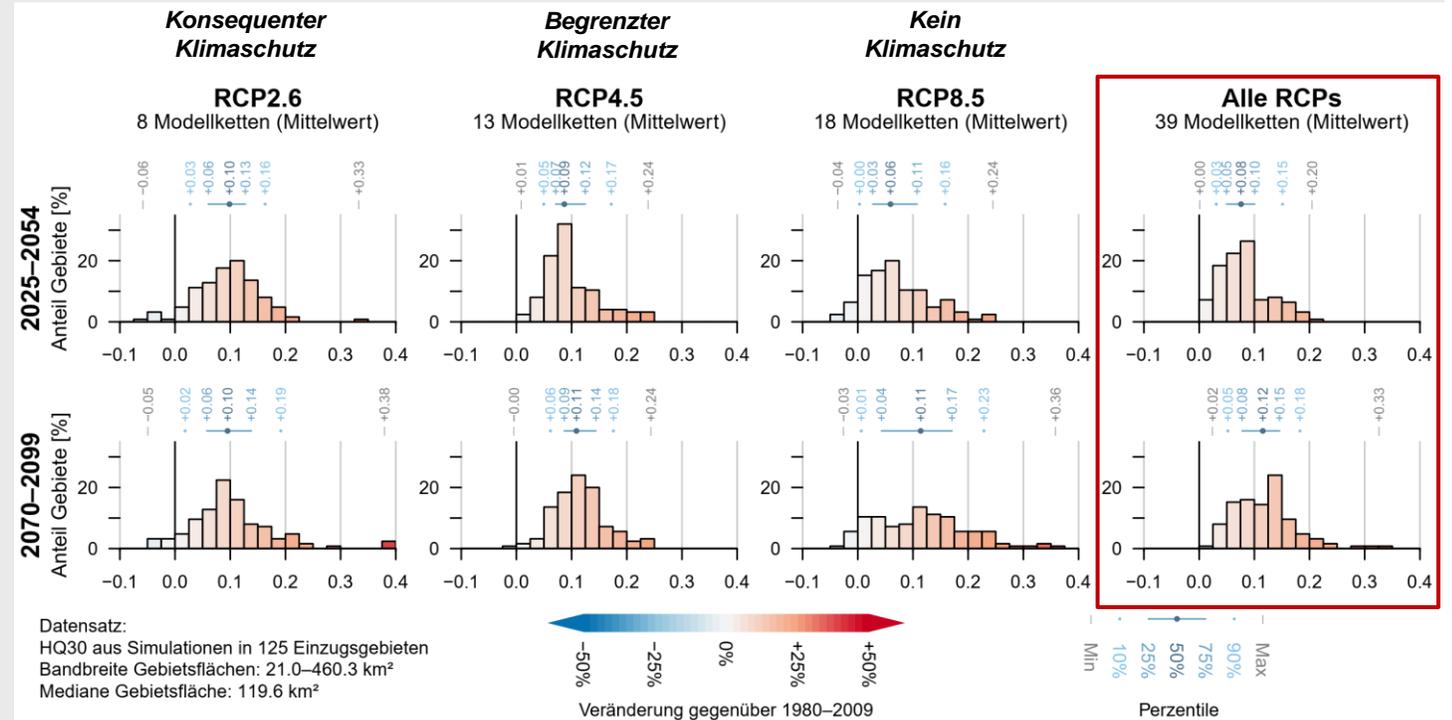


Quelle: Andres N. et al., 2020: Grundlagen Extremhochwasser Aare. Hauptbericht Projekt EXAR. WSL

1. Grundlagen Hydrologie und Klima

Schätzung der Klimasensitivität

- Zukünftige Veränderung des Hochwassergeschehens unterliegt grossen Unsicherheiten.
- Berücksichtigung der Klimasensitivität im Sinne von «Was wäre wenn»-Szenarien
- Analyse der Änderung eines HQ30-Spitzenabflusses in mesoskaligen Einzugsgebieten -> Übertragung auf seltenere Wiederkehrperioden



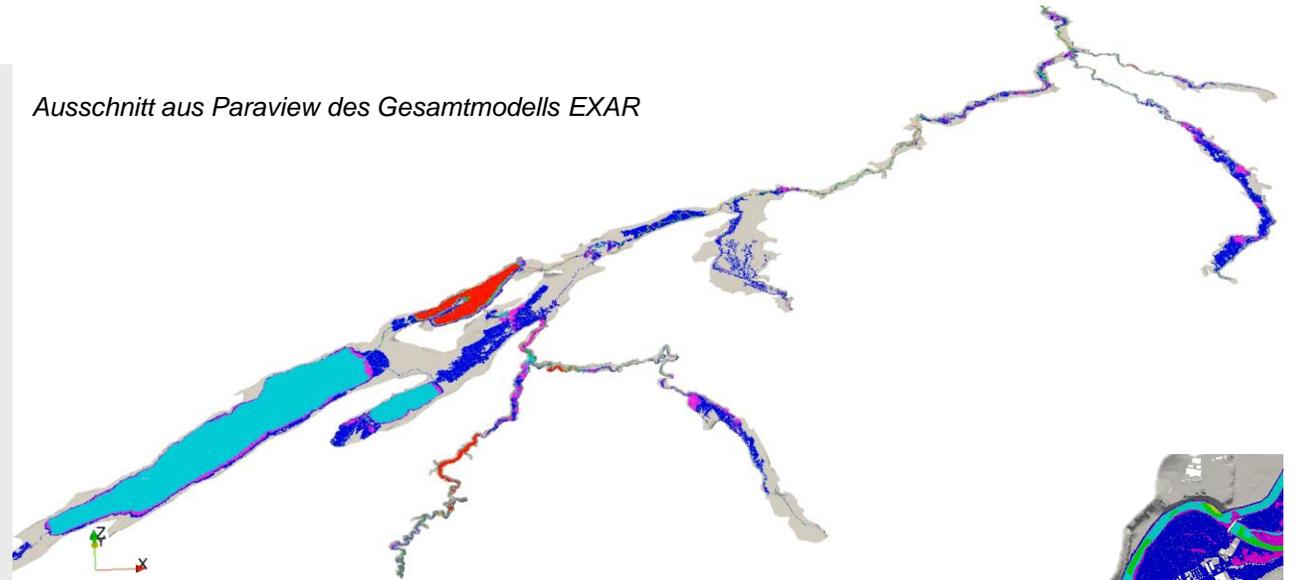
Quelle: Zappa M, Brunner M, 2019. Simulated future discharge and climatological variables for medium-sized catchments in Switzerland.

2. Hydrodynamische Modellierung

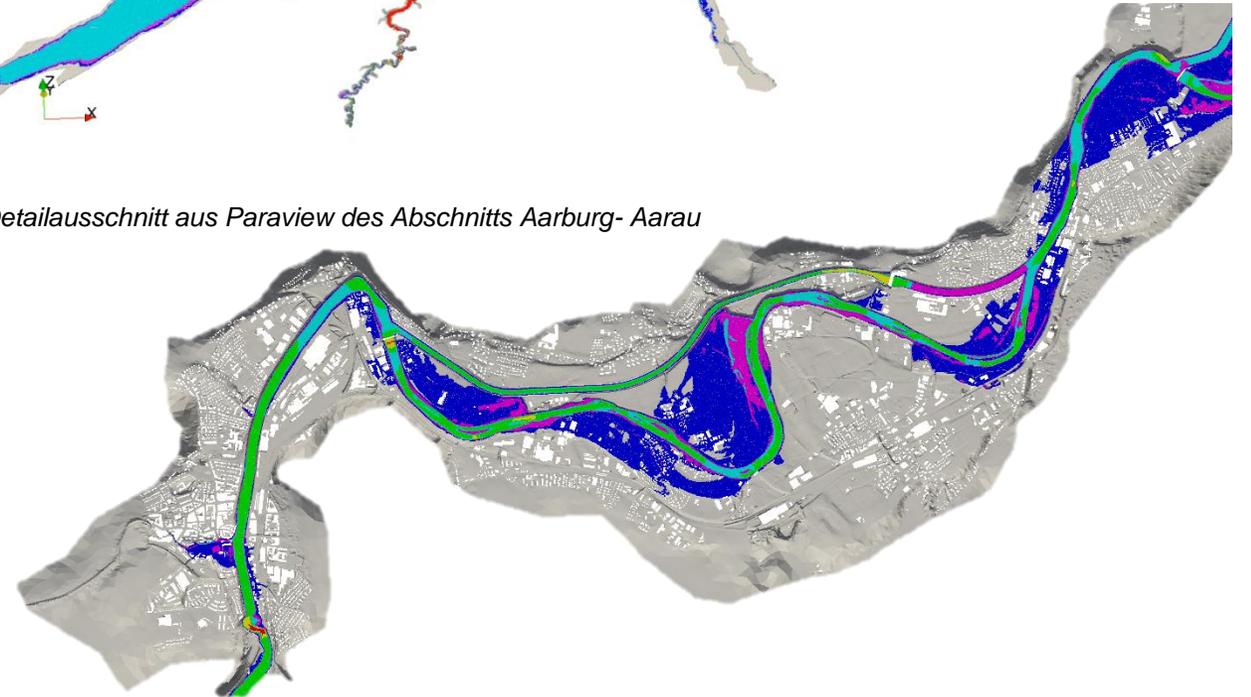
Grundlagen

- Verwendung des 2D-Modells aus EXAR
- Software: BASEMENT v3.0.2
- Stauwehre, Talsperren und Kraftwerke mittels Pegel-Abfluss Beziehungen berücksichtigt.
- Kalibrierung und Validierung anhand der HW-Ereignisse 2005 und 2007 (Ganglinien und HW-Spuren)

Ausschnitt aus Paraview des Gesamtmodells EXAR



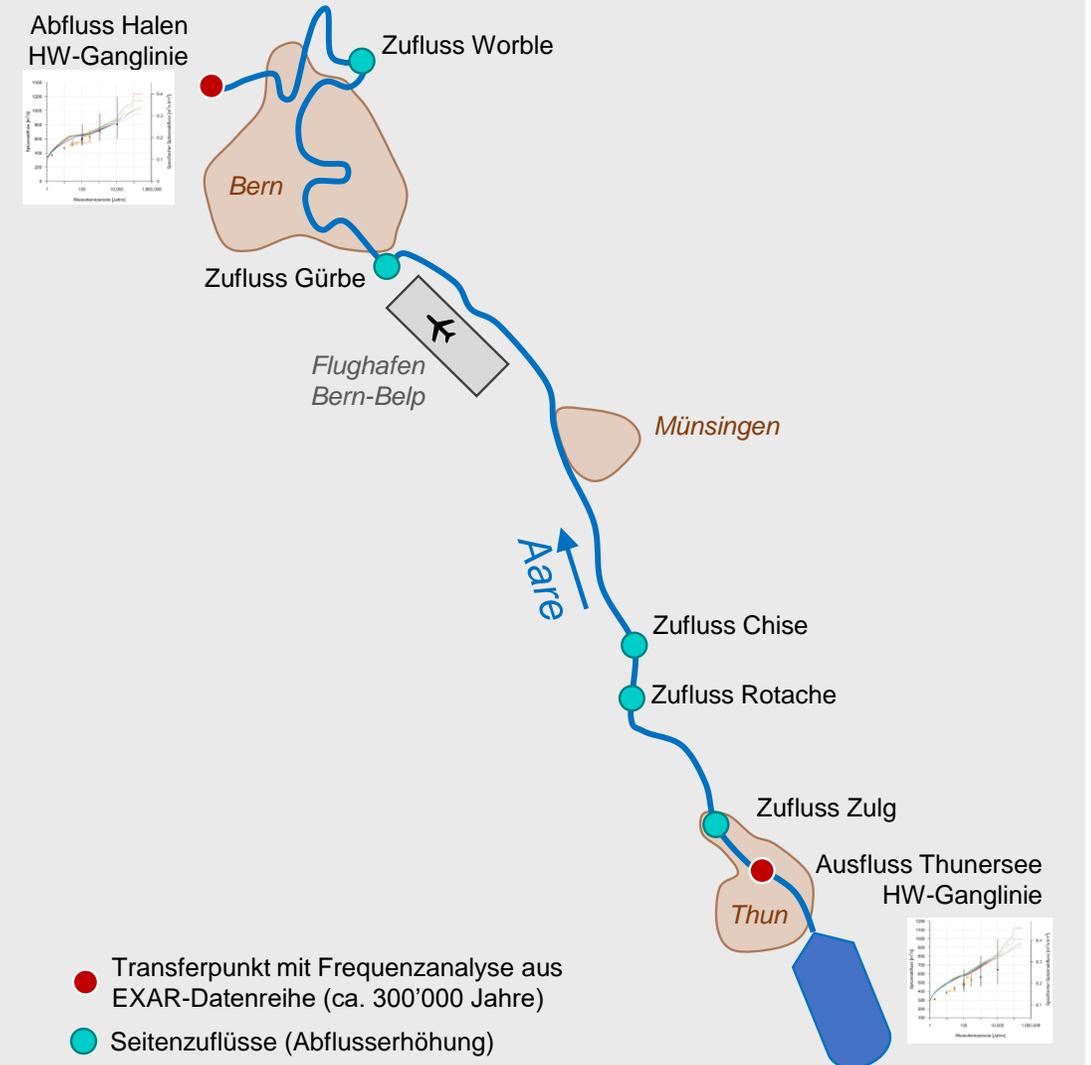
Detallausschnitt aus Paraview des Abschnitts Aarburg- Aarau



2. Hydrodynamische Modellierung

Szenarien

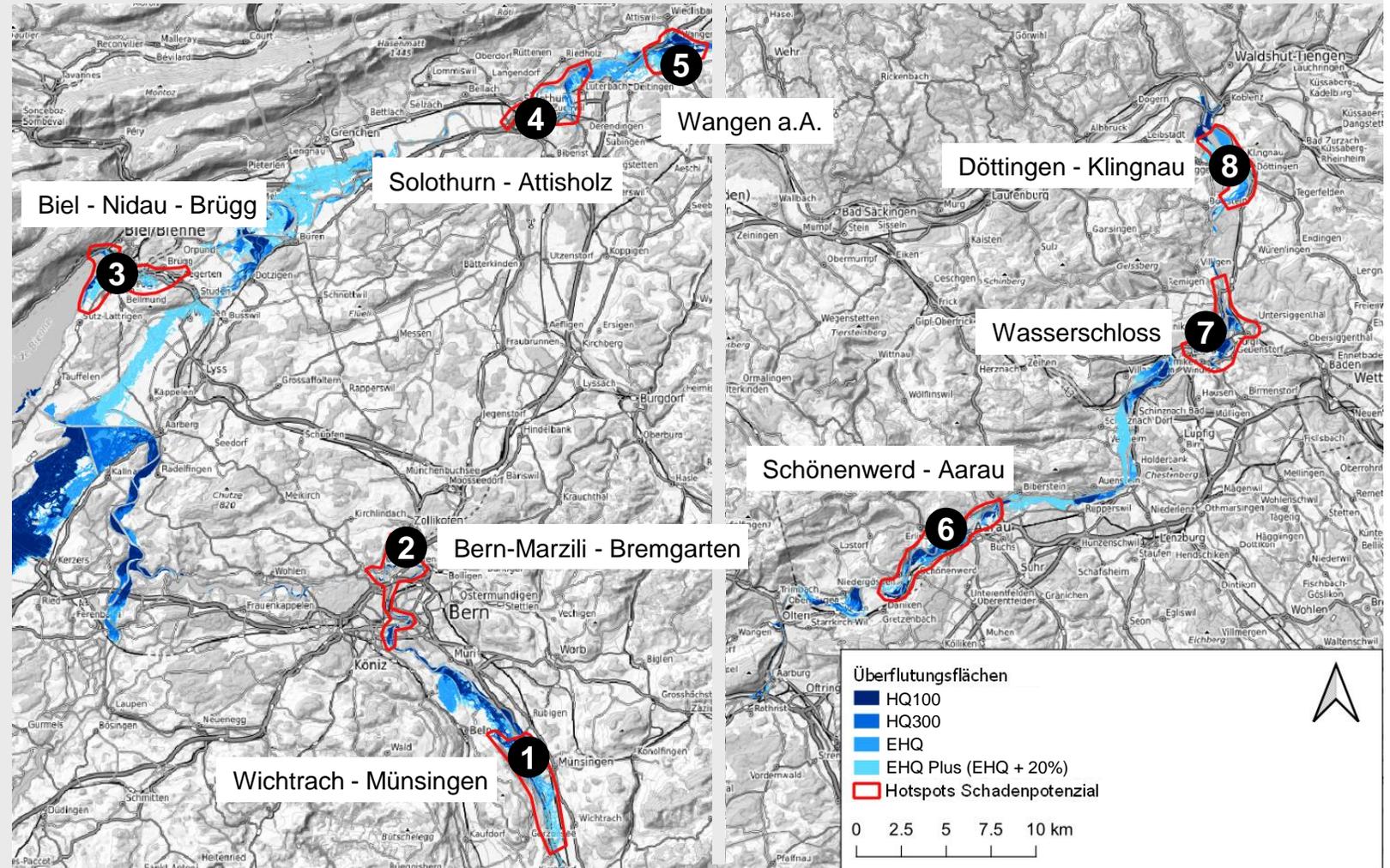
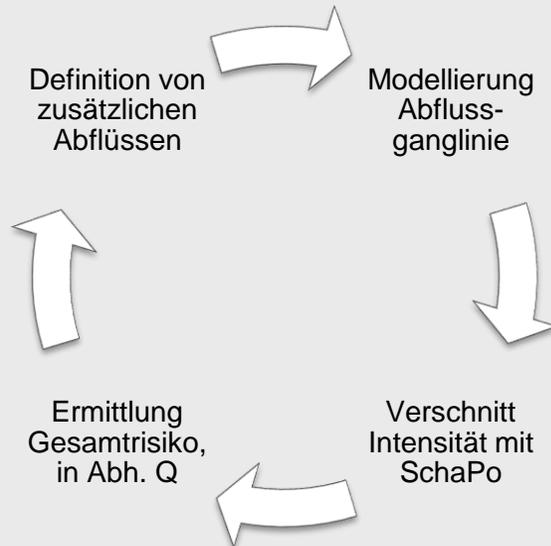
- Ziel: Überflutungsflächen von bestimmten Jährlichkeiten entlang der Aare zwischen Thun und der Mündung.
- Konsistente Spitzenabflüsse entlang der Aare durch Berücksichtigung der Seitzenzubringer.
- Anwendung von vereinfachten Ganglinien im Bereich HQ100 bis EHQ-Plus (EHQ +20%)



2. Hydrodynamische Modellierung

Bestimmung von Hotspots

- Ermittlung von Flächen mit erhöhtem Schadenpotenzial
- Innerhalb der Hotspots: Iterative Berechnung von weiteren Abflüssen.



Ermittlung des Schadenpotenzials

Was befindet sich im **Überschwemmungsgebiet**?

Schadenpotenzial gemäss PLANAT =

der Schaden der

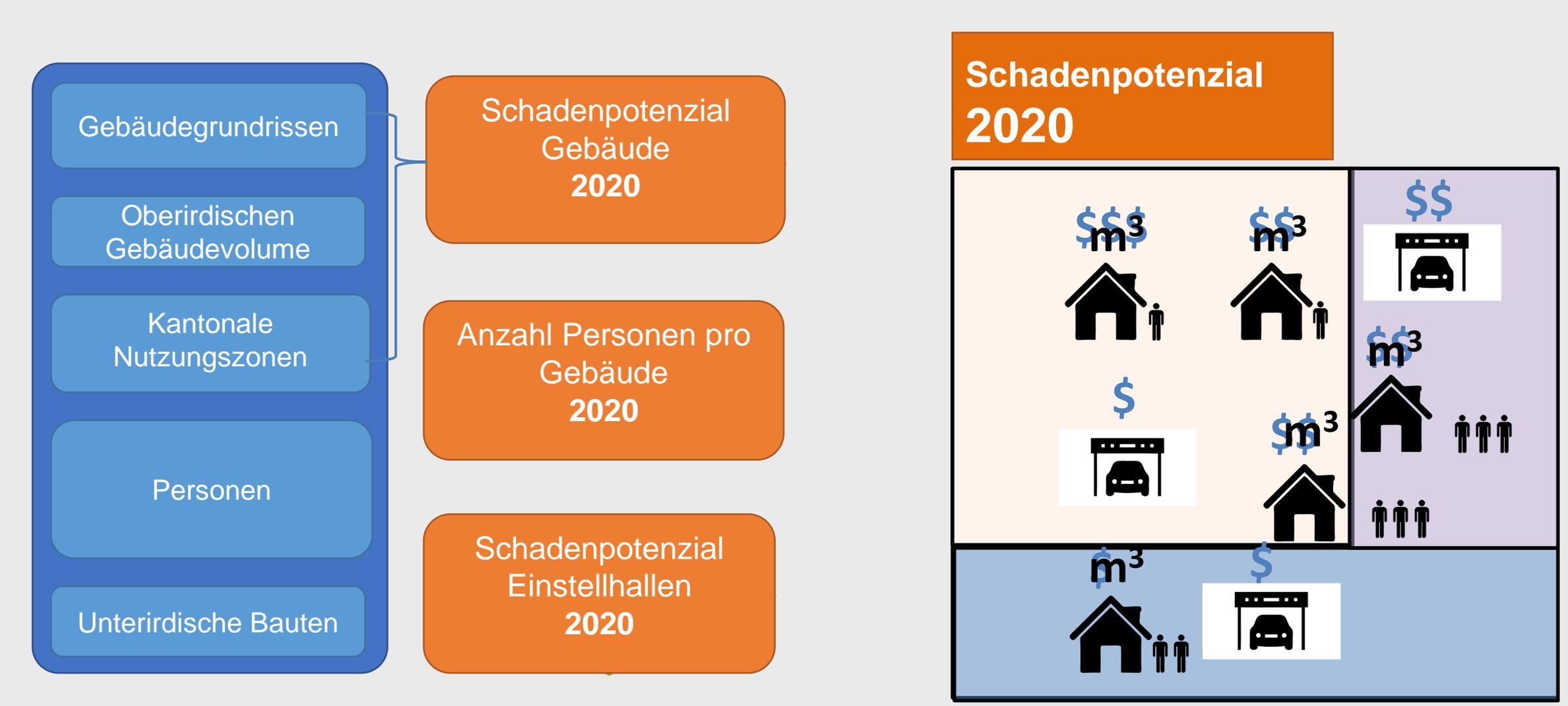
an **Sachwerten**,

an **Personen** und

an der Landschaft

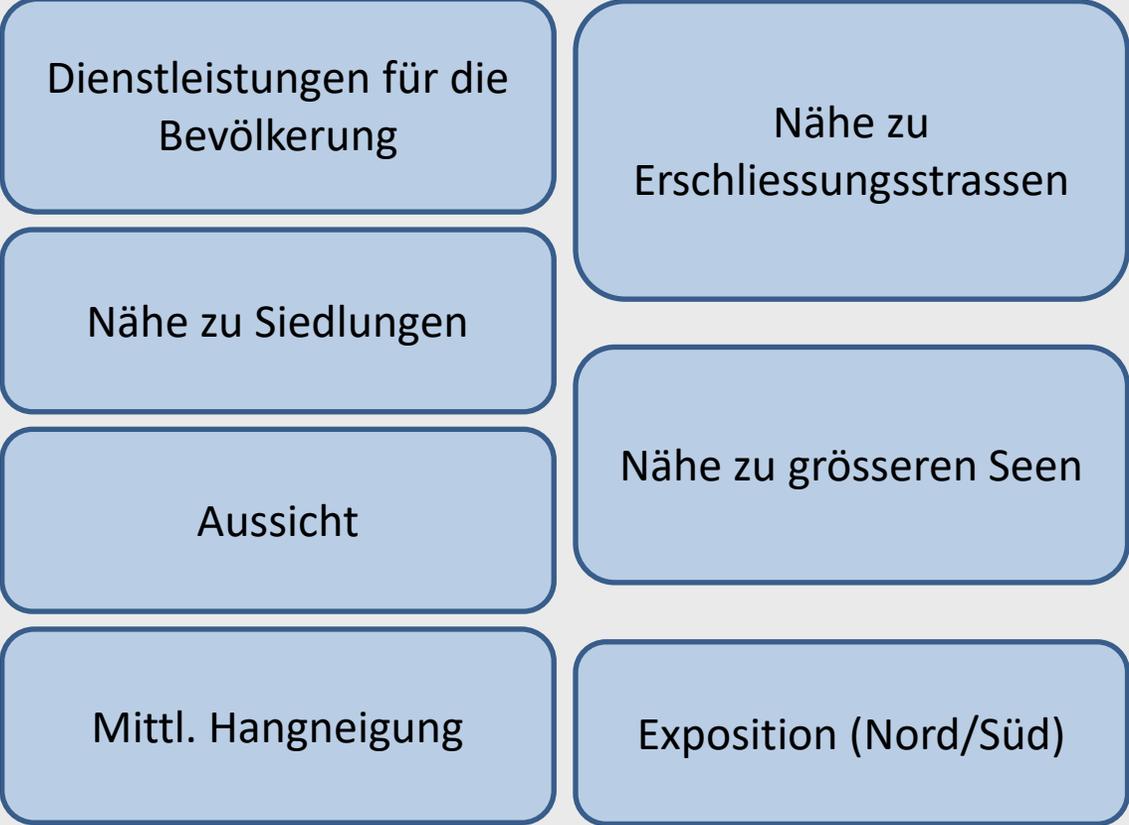
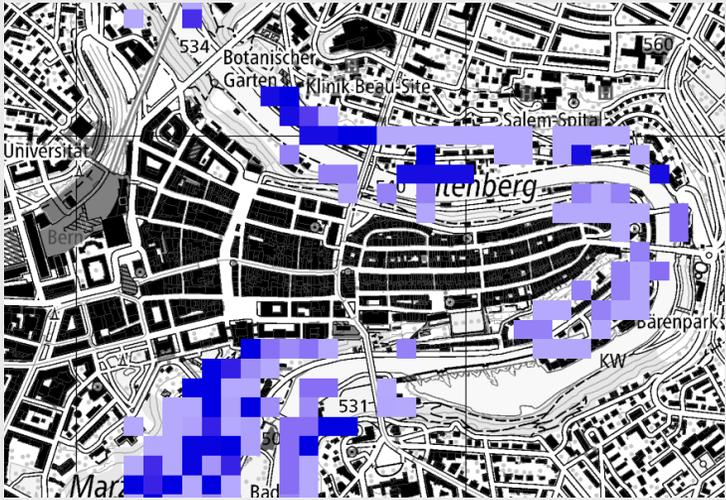
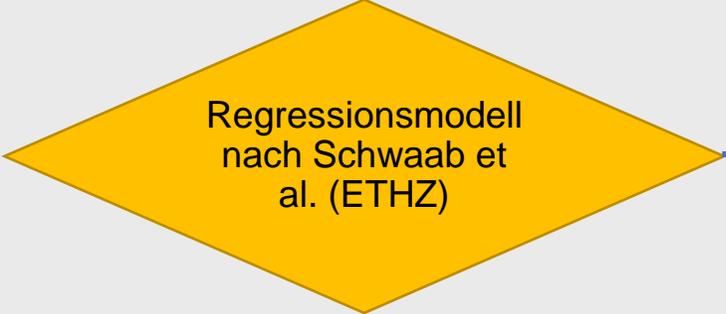
entstehen könnte

Ermittlung des Schadenpotenzials 2020



Ermittlung des Schadenpotenzials 2040

Wo **wollen** die Menschen im Jahr 2040 leben?



Ermittlung des Schadenpotenzials 2040

Wo können die Menschen im Jahr 2040 leben?

Regressionsmodell
nach Schwaab et
al. (ETH)

Modell Bauzonen-
reserve (MobiLab)



Strassenabstand

Bahlinienabstand

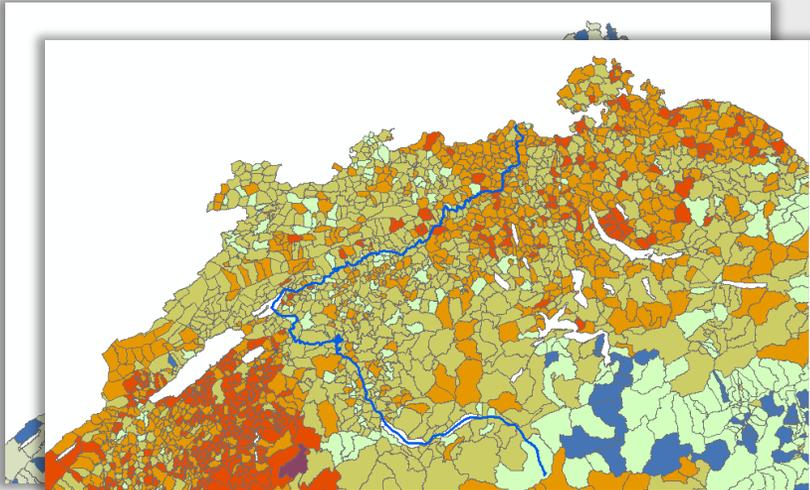
Gewässerabstand

Waldabstand

Gebäudeabstand

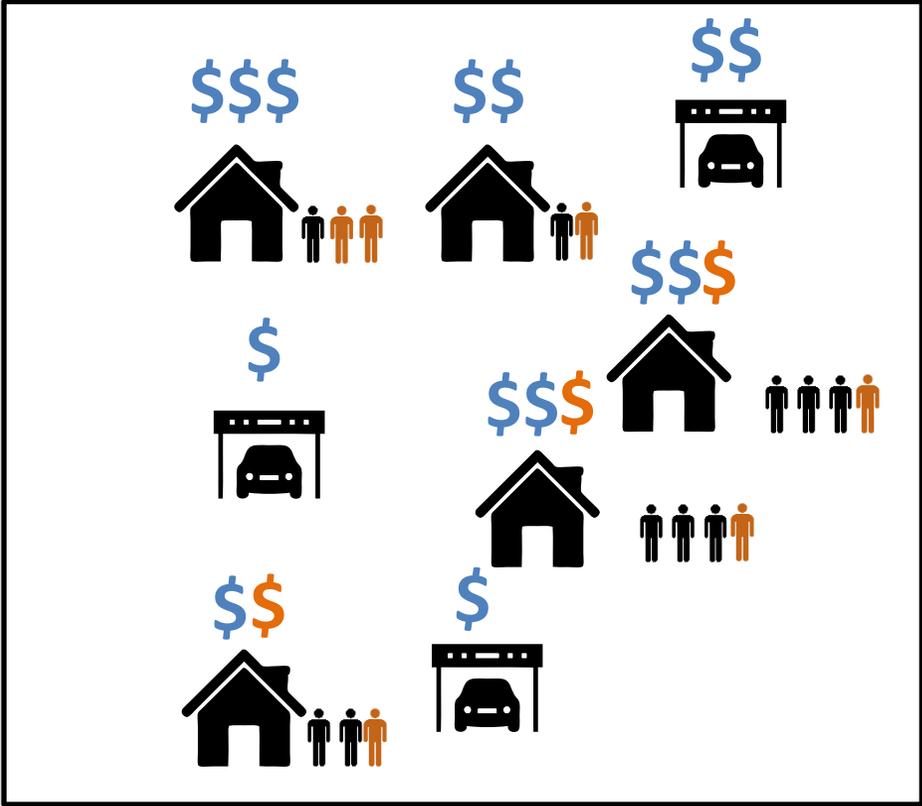
Bauzonen

Ermittlung des Schadenpotenzials 2040



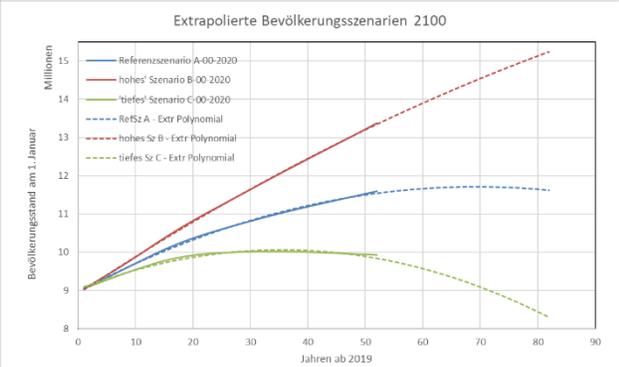
Attraktivitätsraster
2040

Schadenpotenzial 2040



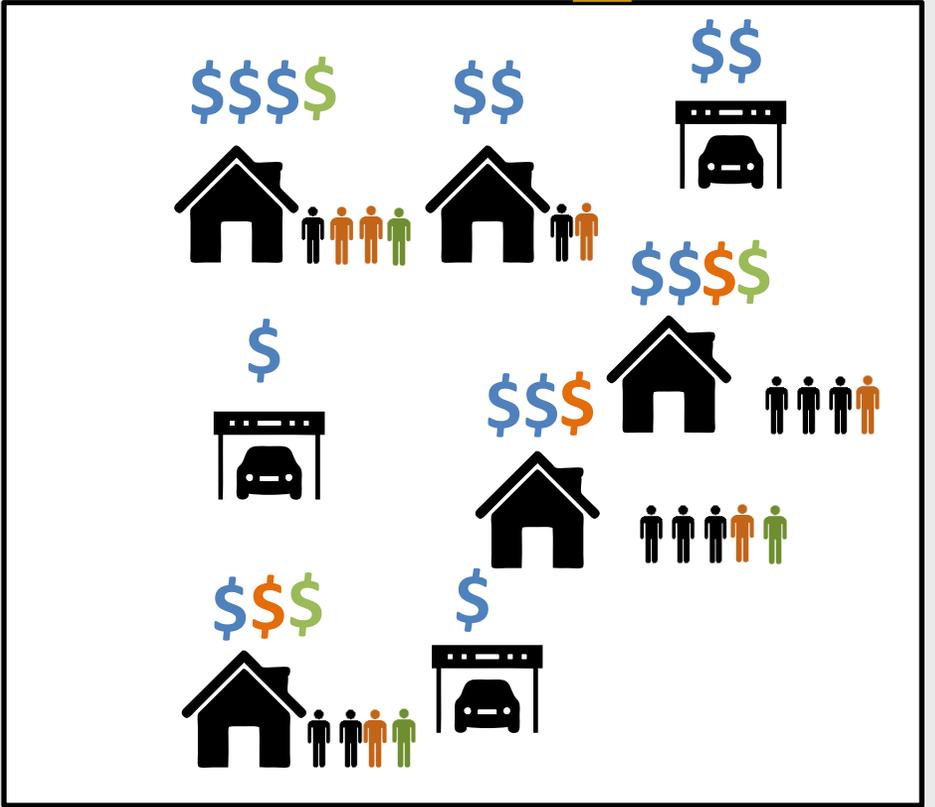
Ermittlung des Schadenpotenzials 2100

Entwicklungsszenarien
2100
A B C



Schadenpotenzial
2100

A
B
C



Resultate Schadenpotenzial 2020 - 2040

- Schadenpotenzial 2020 → 34.8 Mia. CHF
- Bis 2040 wird eine **Zunahme** von **+14%** (4.9 Mia. CHF) erwartet
- Schadenpotenzial nimmt in jedem Hotspot bis 2040 zu (+5% bis +27.5%)

Resultate Schadenpotenzial 2020 - 2100

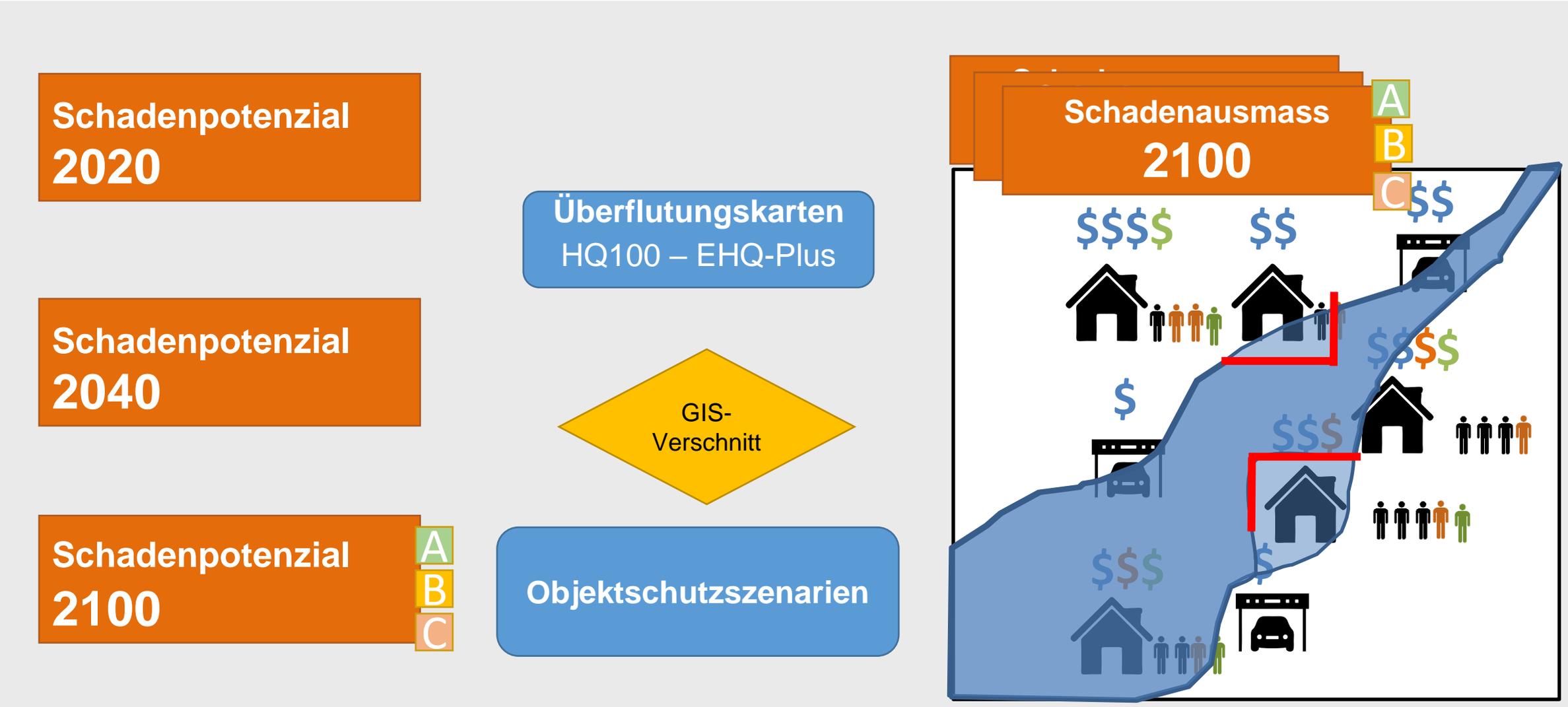
- Anstieg des Schadenpotenzials 2040 - 2100 \lt Anstieg 2020 – 2040.
- Das **Szenario Tief-C** zeigt: Schadenpotenzial 2100 \gt 2020

Ermittlung des Schadenausmasses

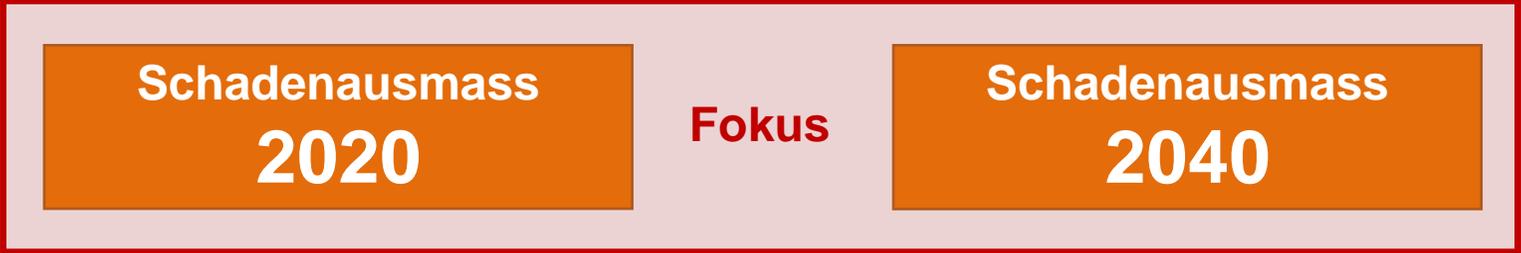
Schadenausmass gemäss PLANAT =

wird bestimmt durch die Anzahl Personen, die Sachwerte und die Lebensgrundlagen, die einem **gefährlichen Ereignis** zum Zeitpunkt seines tatsächlichen Eintrittes **ausgesetzt sind** und durch die **Verletzlichkeit** der betroffenen Personen und Werte.

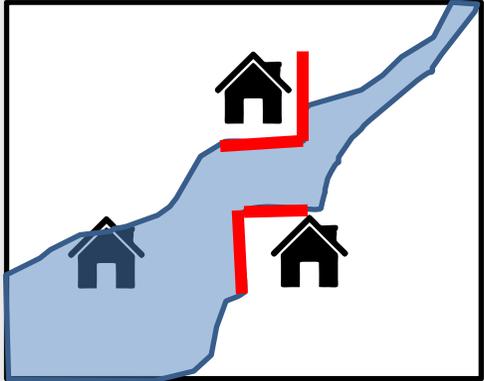
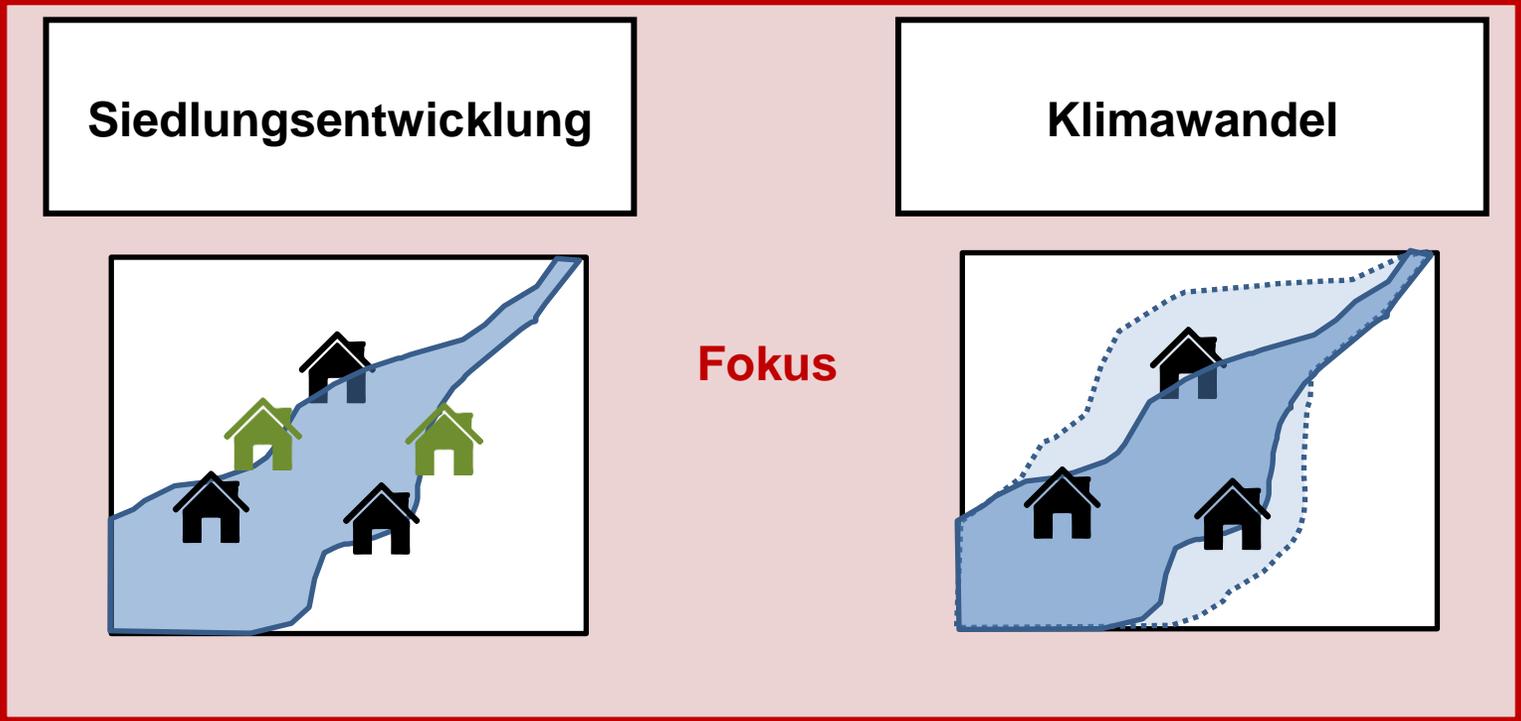
Ermittlung des Schadenausmasses



Schadenausmass



Einflussfaktoren



5. Schadenausmasses (ohne Klimawandel)

Fall 1:

Siedlungsentwicklung

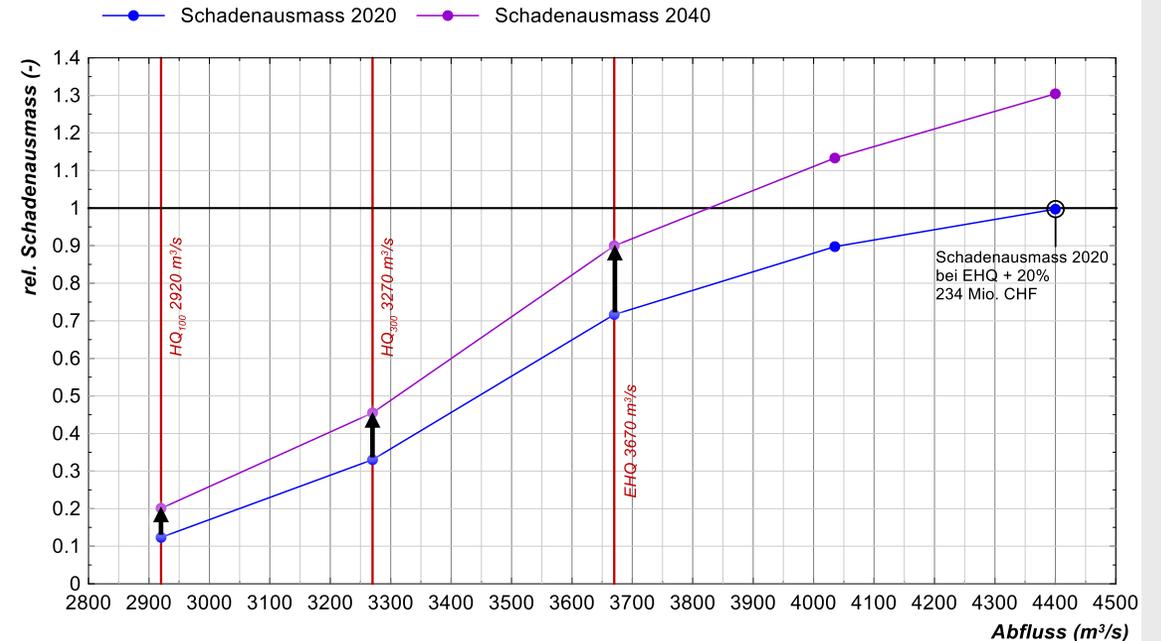


Anstieg Schadenausmass
(für alle Hotspots)

2020 – 2040:

- HQ100 → +10 %
- HQ300 → +12 %
- EHQ → +15 %

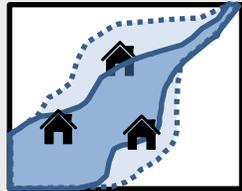
Hotspot Wasserschloss



5. Schadenausmasses (Klimawandel, 2020)

Fall 2:

Klimawandel

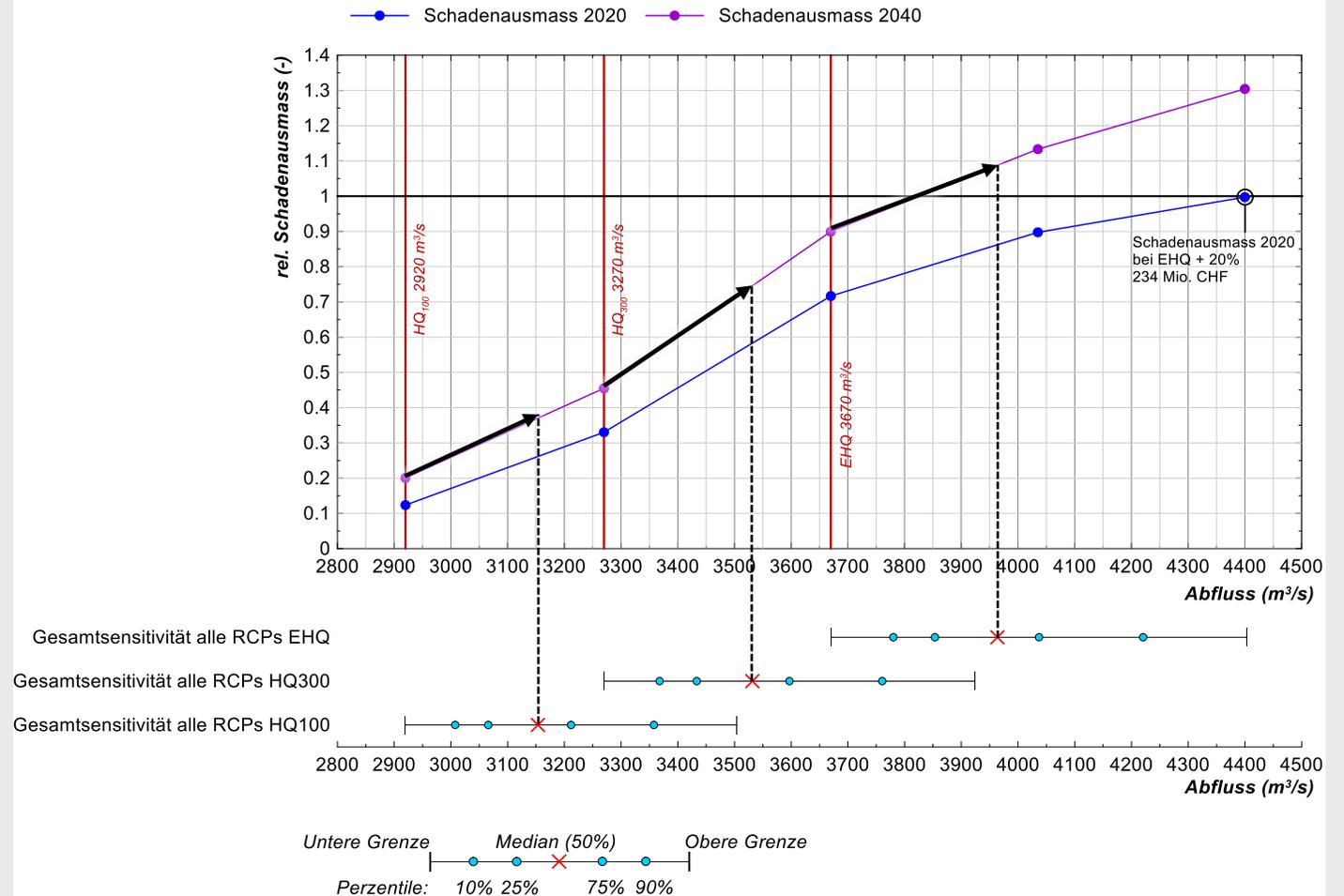


Anstieg Schadenausmass
(für alle Hotspots)

2040 ohne → 2040 mit Klimawandel:

- HQ100 → Median: +120%
- HQ300 → Median +80%
- EHQ → Median: +50%

Hotspot Wasserschloss



5. Schadenausmasses (Klimawandel, 2020 - 2040)

Fall 3:

**Klimawandel
+
Siedlungsentwicklung**

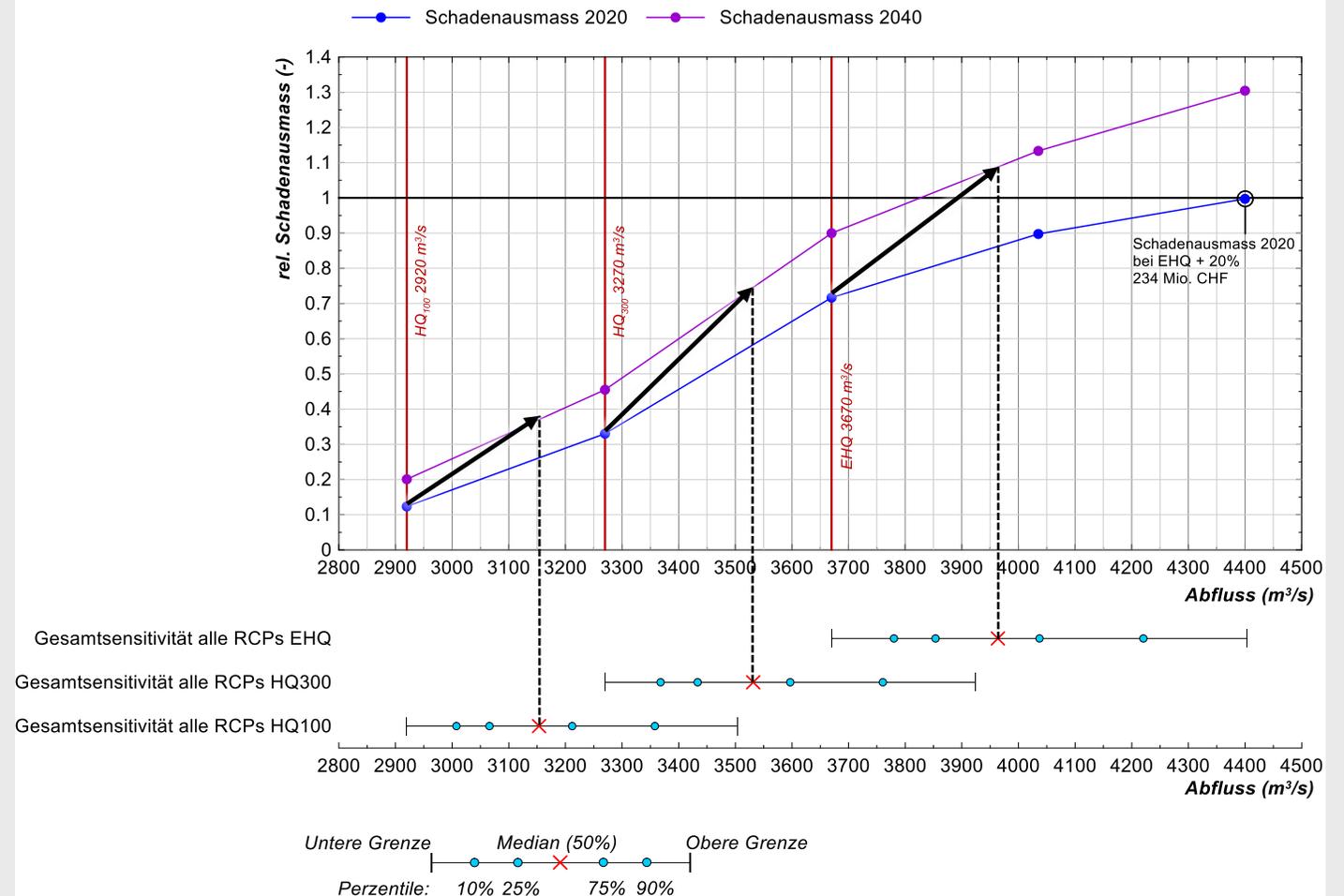


Anstieg Schadenausmass
(für alle Hotspots)

2020 ohne → 2040 mit Klimawandel:

- HQ100 → Median: +150%
- HQ300 → Median: +100%
- EHQ → Median: +70%

Hotspot Wasserschloss



5. Zusammenfassung Schadenausmass

- Trotz Risikostrategie Zunahme des Schadenausmasses durch Siedlungsentwicklung (Fall 1)
- Erhöhung des Schadenausmass durch den Klimawandel deutlich höher als die im Mittel zu erwartende Abflusszunahme ($\Delta Q = +8\%$, vgl. Fall 2).
- Zunahme des Schadenausmasses mit Klimawandel deutlich grösser als Zunahme durch die Siedlungsentwicklung (Fall 3 vs. Fall 1).

HQ100:

Nur Siedlungsentwicklung (Fall 1): ca. 10%

Siedlungsentwicklung + Klimawandel (Fall 3): ca. 150%

) x15

EHQ:

Nur Siedlungsentwicklung (Fall 1): ca. 15%

Siedlungsentwicklung + Klimawandel (Fall 3): ca. 70%

) x5

HQ300:

Nur Siedlungsentwicklung (Fall 1): ca. 12%

Siedlungsentwicklung + Klimawandel (Fall 3): ca. 100%

) x8

6. Schlussfolgerungen und Ausblick

- Zunahme der Hochwasserspitzen durch den Klimawandel kann zu neuen Risiken führen.
- Zunahme des Schadenausmasses durch den Klimawandel ist ein Vielfaches bedeutender als die Zunahme durch das Schadenpotenzial.
- Handlungsempfehlungen:
 - Objektspezifische risikobasierte Gefahrenbeurteilung
 - Gefahrengrundlagen aktuell halten und ggf. höhere Schutzziele anstreben
 - Anpassung der Dimensionierungsgrundlagen, Erweiterung des Freibords um einen Faktor «Klimasensitivität»

Vielen Dank!

