



Ein 3D Decision Support System zur realistischen Planung von Hochspannungsleitungen

12.02.2020

Symposium Energieinnovation 2020

Joram Schito







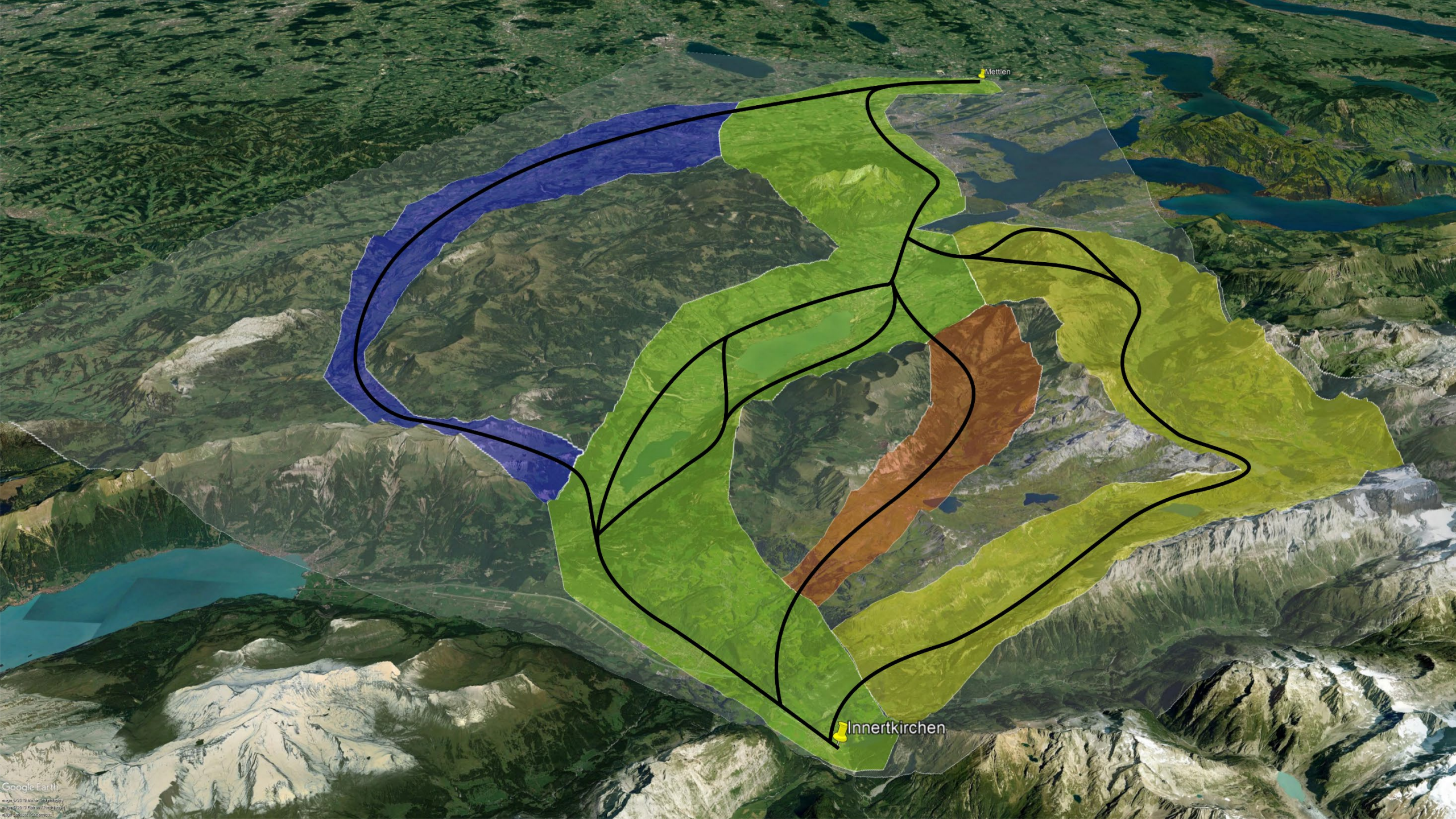
Mettlen

Innertkirchen



Metten

Innertkirchen



Mettlen

Innertkirchen



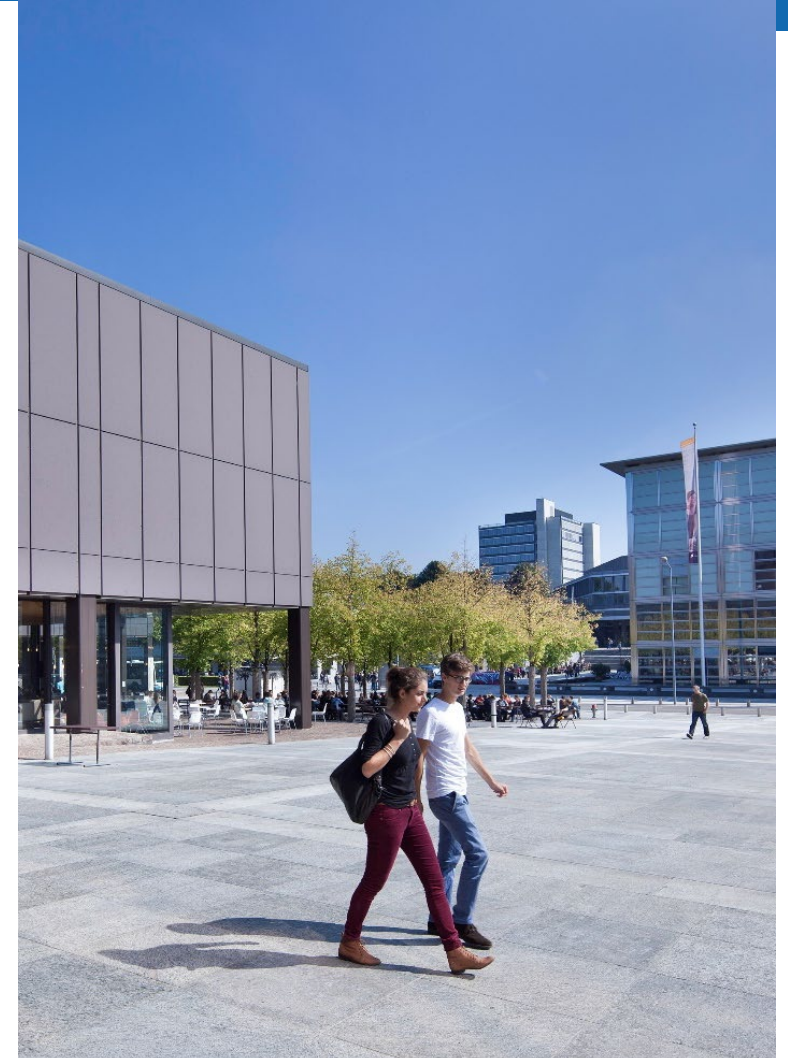




**Technische
Umsetzbarkeit**



**Umwelt- und
Landschaftsschutz**

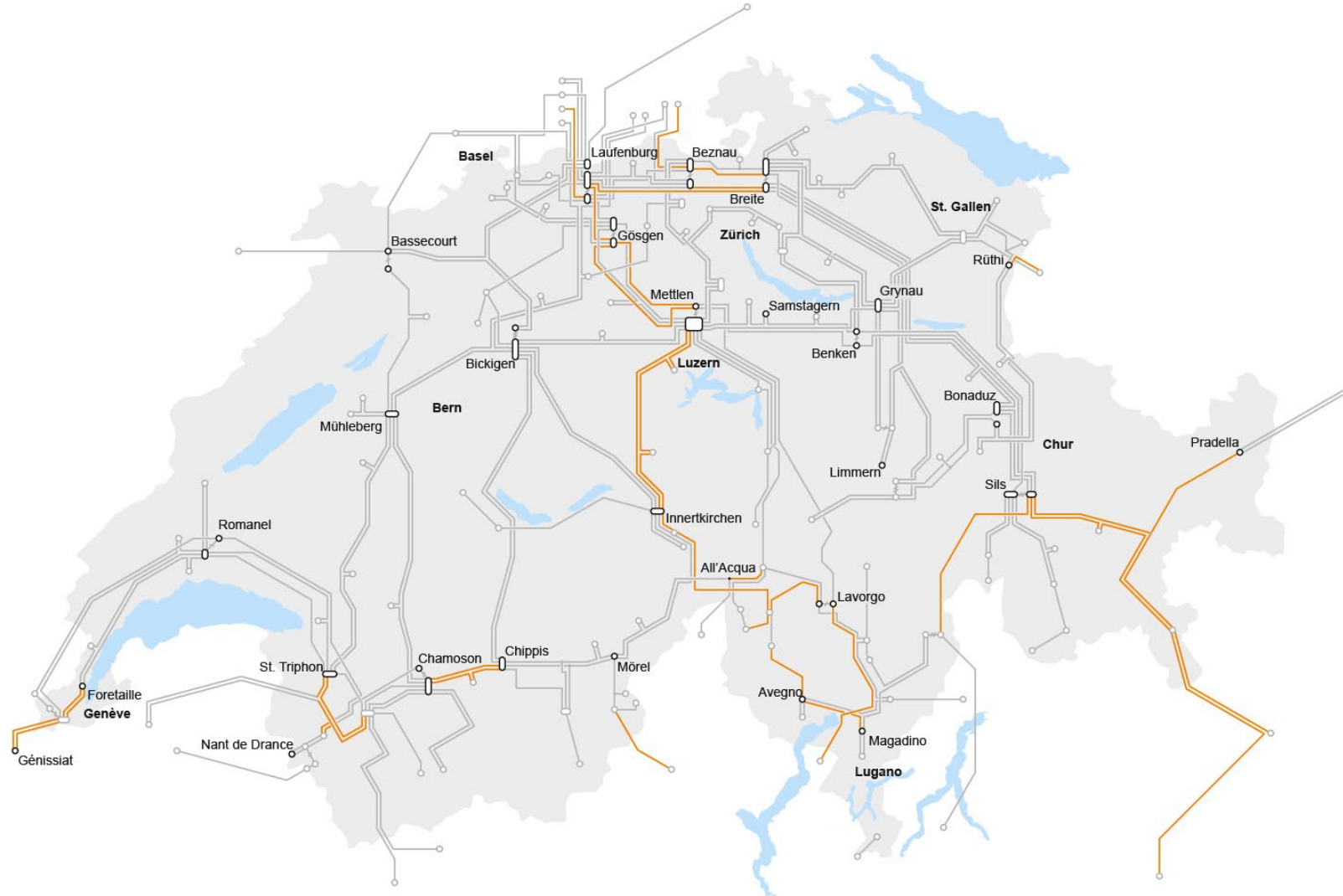


**Raumplanung und
menschlicher Lebensraum**

MCD A =

MULTI-CRITERIA
DECISION ANALYSIS

Engpässe im Übertragungsnetz



Gründe für den Netzausbau

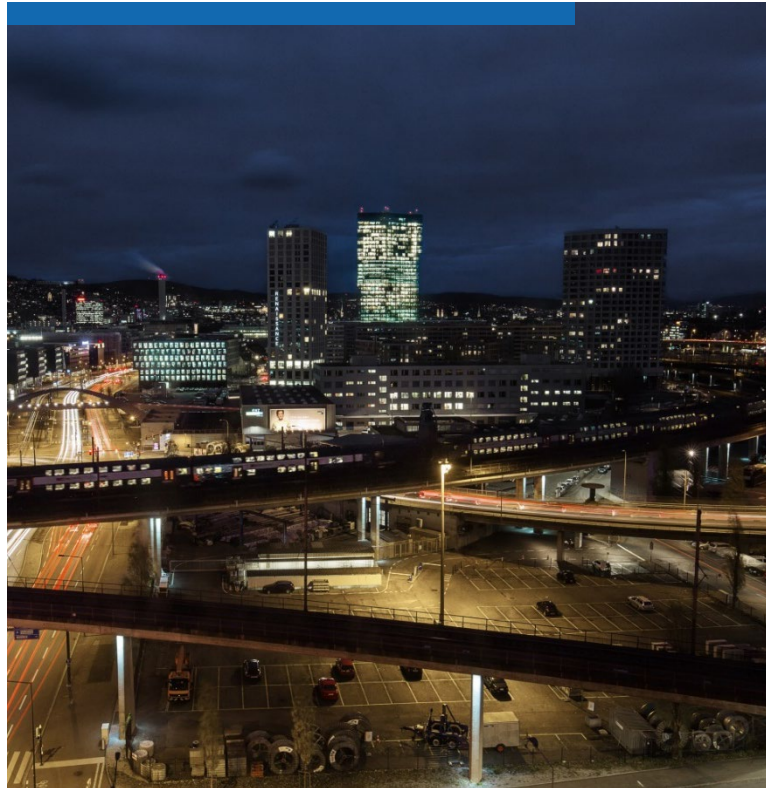
Neue Grosskraftwerke

z. B. Bau eines neuen
Pumpspeicherkraftwerkes



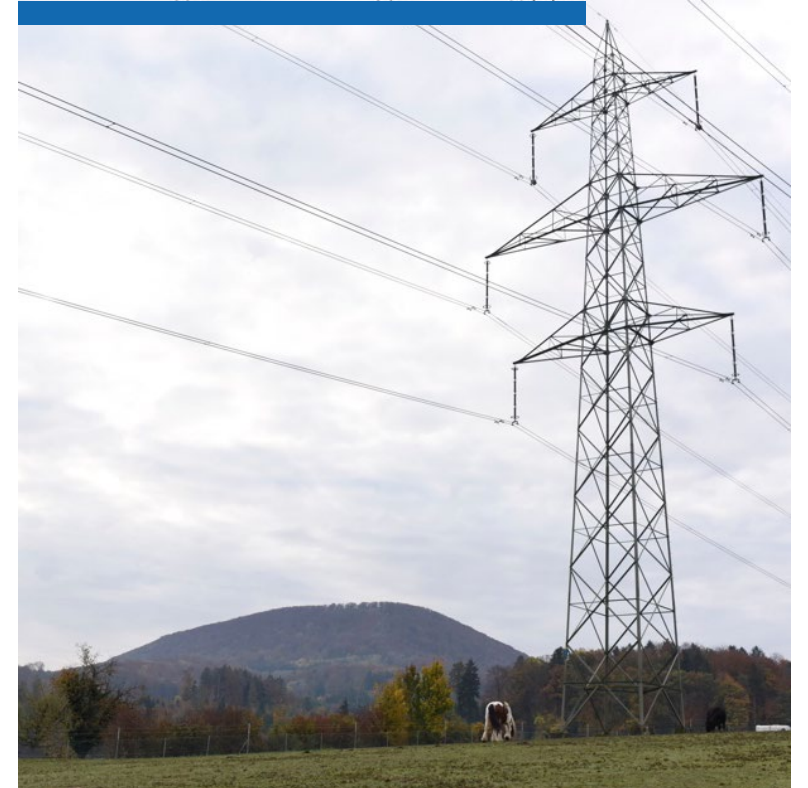
Internationaler Verbund

Bei steigendem Energieaustausch mit
dem Ausland kann es zu einer Überlastung
des Netzes kommen.



Versorgung nachgelagerter Netze

Neue Anschlussbegehren können
zu Engpässen führen.





Verzögerungen in Netzbau- projekten

Warum?

Ziele des 3D DSS-Projekts



- Alternativen finden, welche die **höchste Akzeptanz** zwischen allen Entscheidungsträgern haben und realistisch sind
- Berücksichtigen und Abwägen verschiedenere Interessen durch **Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA)**
- Die Akzeptanz einer Leitung durch 3D-Visualisierung steigern

Projektpartner



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Energie BFE
Swiss Federal Office of Energy SFOE



2018–2020:



2014–2017:



Hauptfragen

HAUPTFRAGE

Wie können
Hochspannungsleitungen so
realistisch als möglich
modelliert werden?

HAUPTFRAGE

Wie kann ein Programm
Freileitungs- und
Erdkabelabschnitte
miteinander kombinieren?

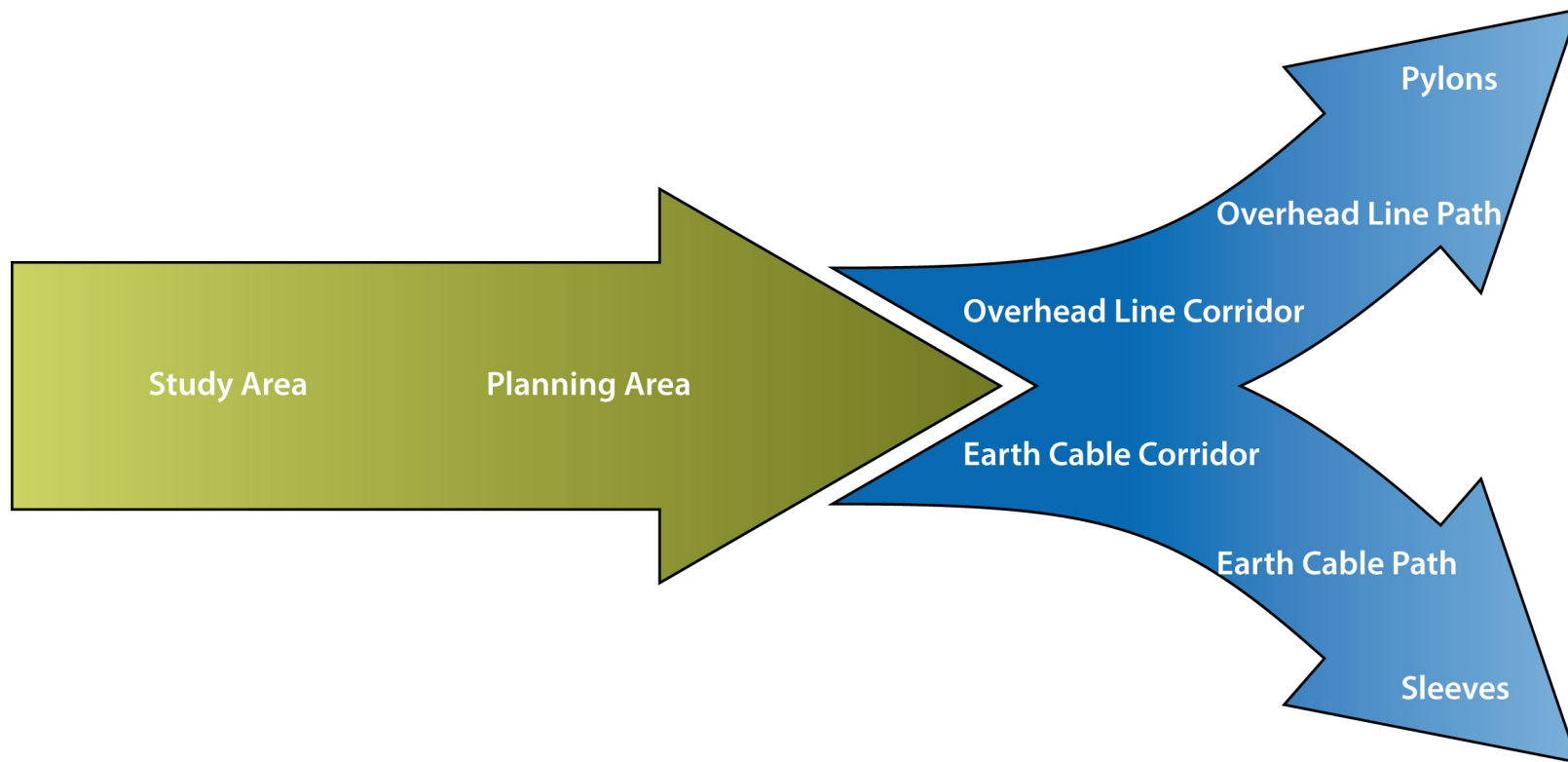
Das 3D DSS-Projekt

DSS =



DECISION SUPPORT
SYSTEM

Kaskadische Vorgehensweise



MCD A + LCP

Multi-Criteria
Decision Analysis

Least Cost
Path

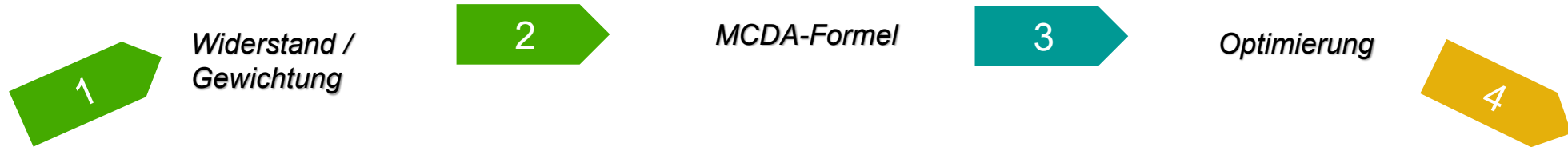
SCHLÜSSELKONZEPT

Kosten =
Durchqueren von
schützenswerten Gebieten

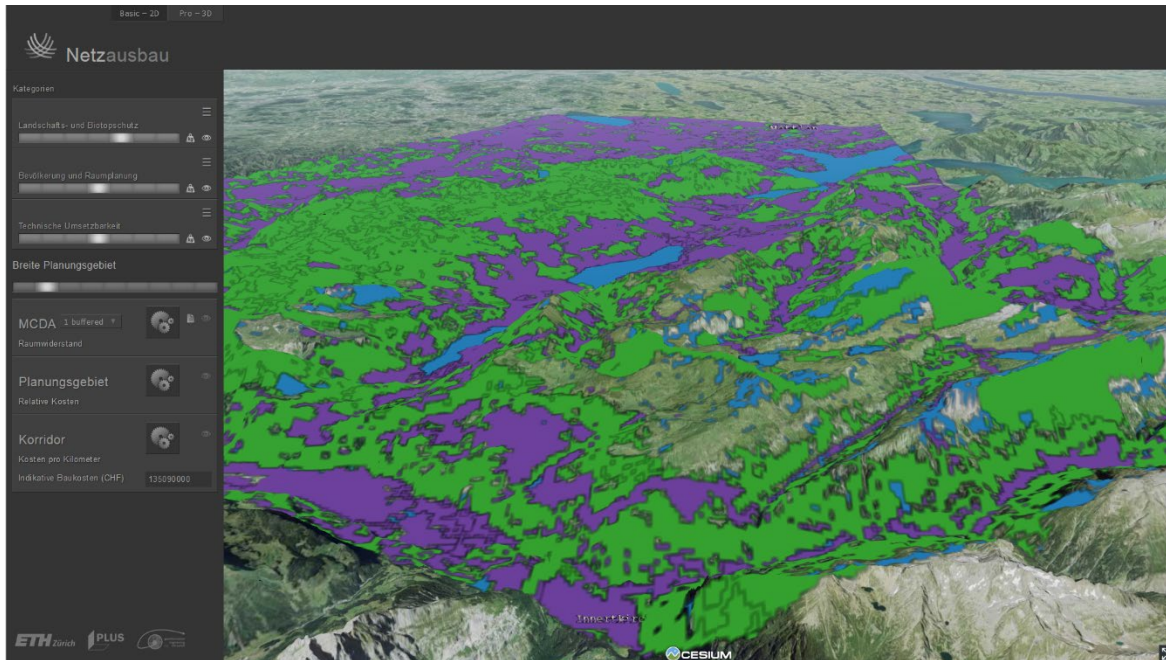
SCHLÜSSELKONZEPT

geringe Kosten =
gut für Bau von Leitung
geeignet

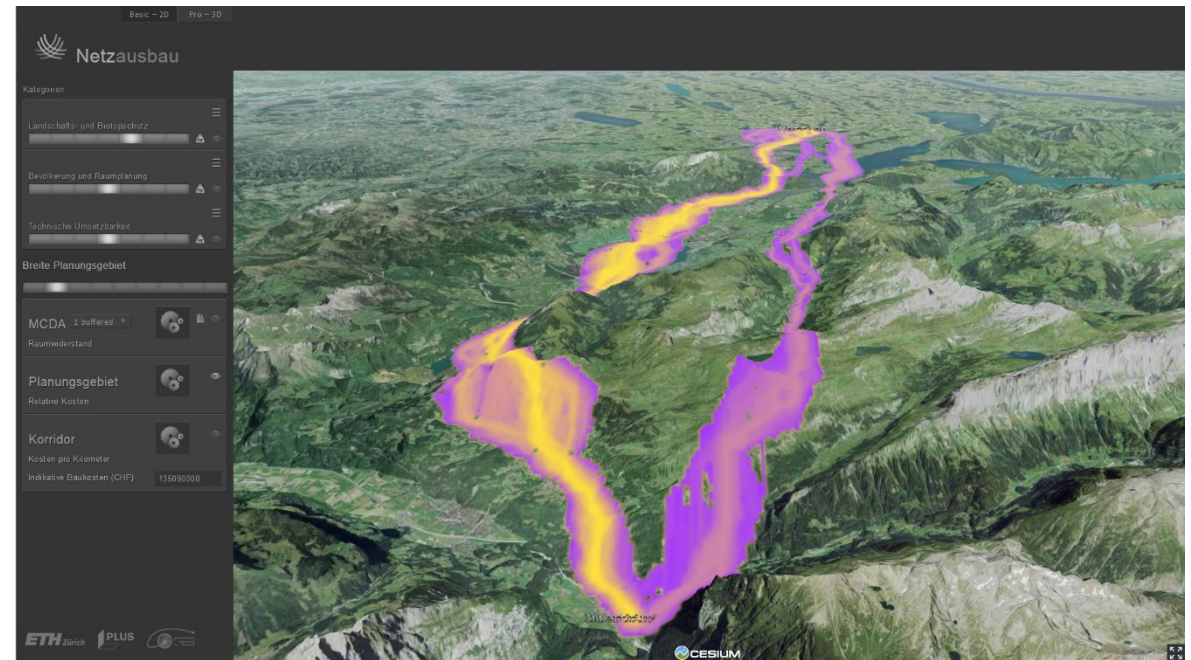
Wie der optimale Korridor berechnet wird



Geodaten



Korridor



Bisherige Erkenntnisse

ENTSCHEIDUNGSMODELL



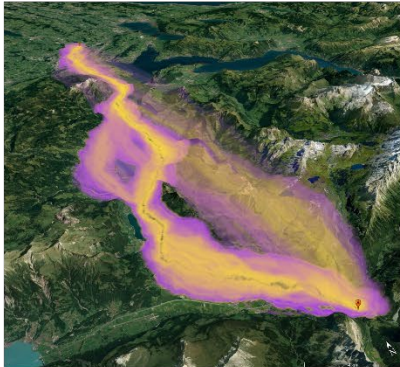
Entscheidungsträger wollen zwischen wenigen Alternativen entscheiden – nicht zwischen tausenden



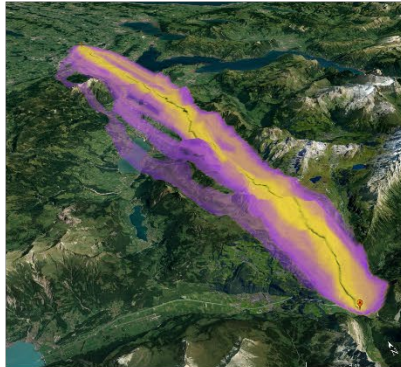
Untersuchung zweier Studienggebiete: Ausschlaggebende Faktoren

study area: Innertkirchen - Mettlen

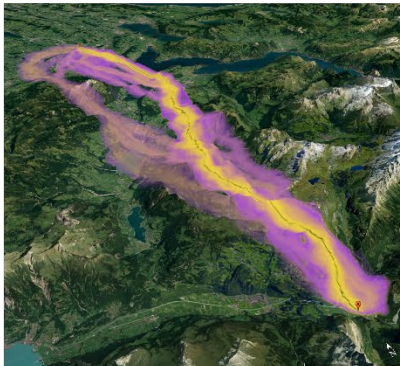
Cluster 1



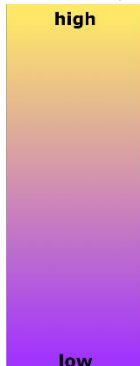
Cluster 2



Cluster 3

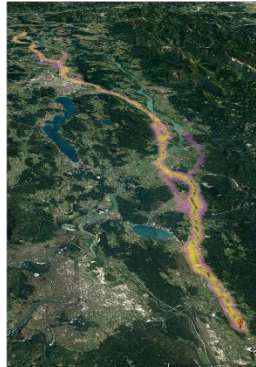


Suitability

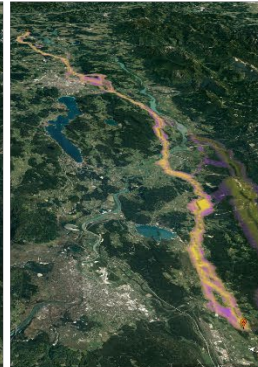


study area: Kärnten

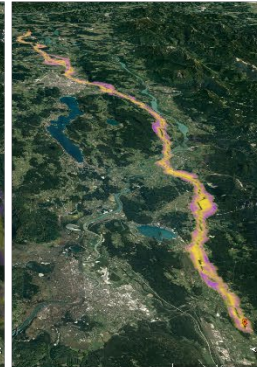
Cluster 1



Cluster 2



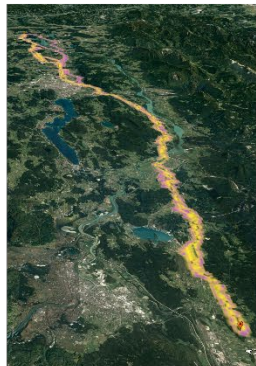
Cluster 3



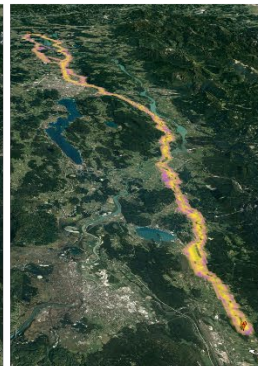
Cluster 4



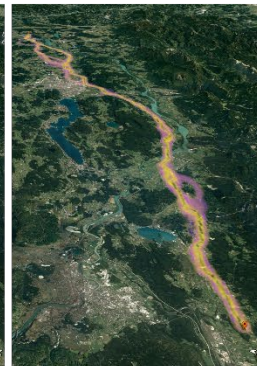
Cluster 5



Cluster 6



Cluster 7



Cluster 8



Welche Parameter führen zu klar unterscheidbaren Alternativen?

Sorgen der Bevölkerung!!!

Begrenzungsmodell	★	★	★	★
MCDA-Methode	★	★	★	
Gewichtungsmodell	★	★		
Nutzenfunktion	★			

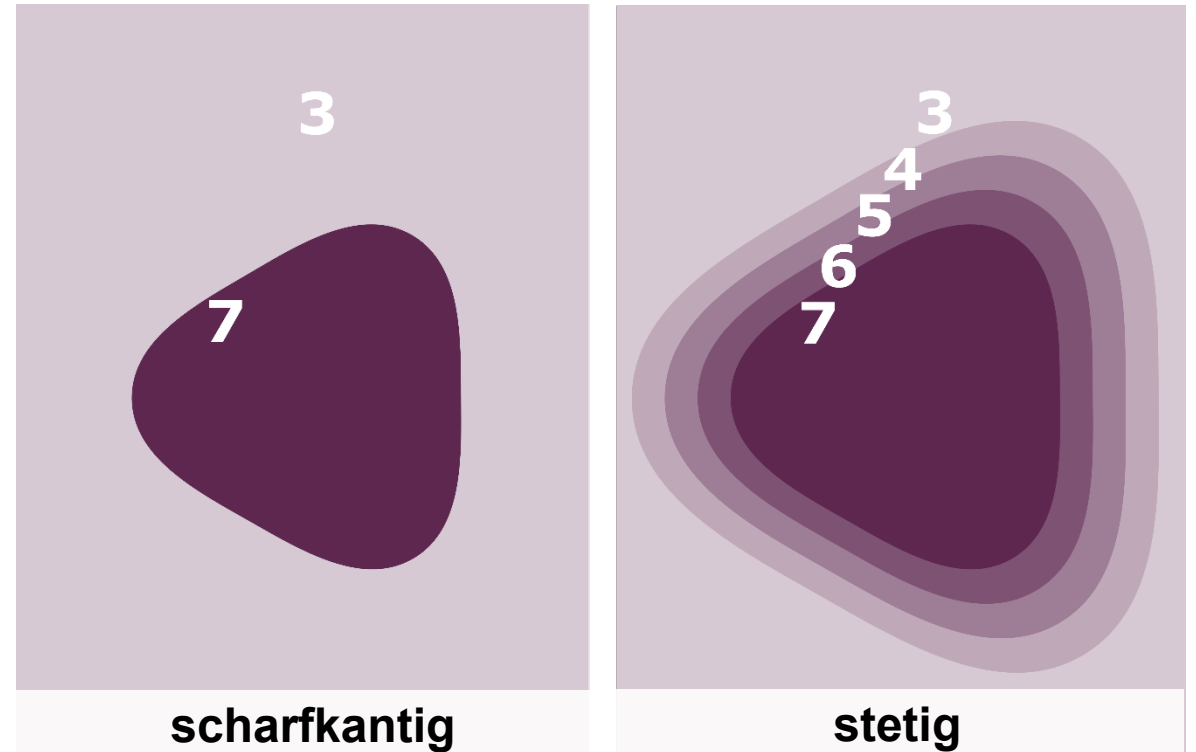


SCHLÜSSELRESULTAT

MENSCHLICHE
WAHRNEHMUNG IST
STETIGER NATUR

Erkenntnisse, die das Entscheidungsmodell verbessern

- Das kontinuierliche Begrenzungsmodell erzielte die besten Resultate und wurde als realitätsnächsten Modell gekürt.



SCHLÜSSELRESULTAT

KEEP IT SHORT
AND SIMPLE!

Erkenntnisse, die das Entscheidungsmodell verbessern

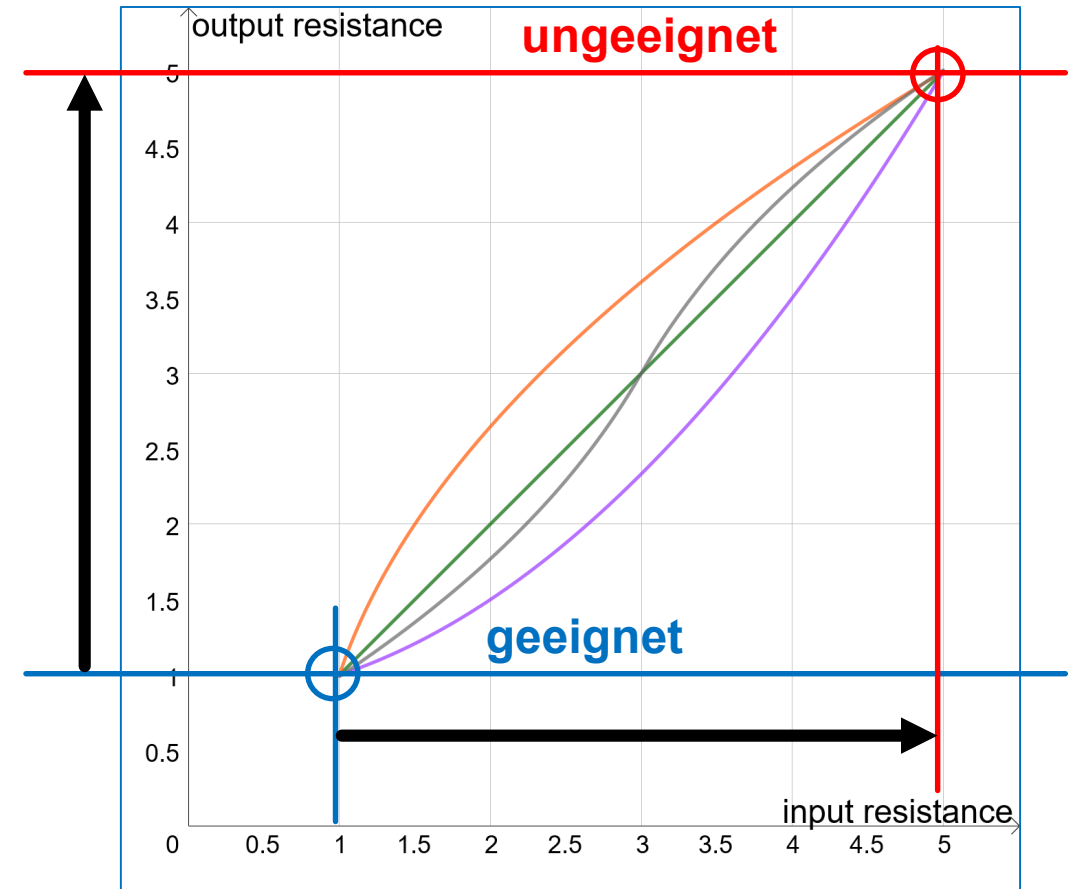
- Das kontinuierliche Begrenzungsmodell erzielte die besten Resultate und wurde als realitätsnächsten Modell gekürt.
- Simple Additive Weighting erzielte die besten Resultate und ist einfach verständlich.



Simple Additive Weighting

Erkenntnisse, die das Entscheidungsmodell verbessern

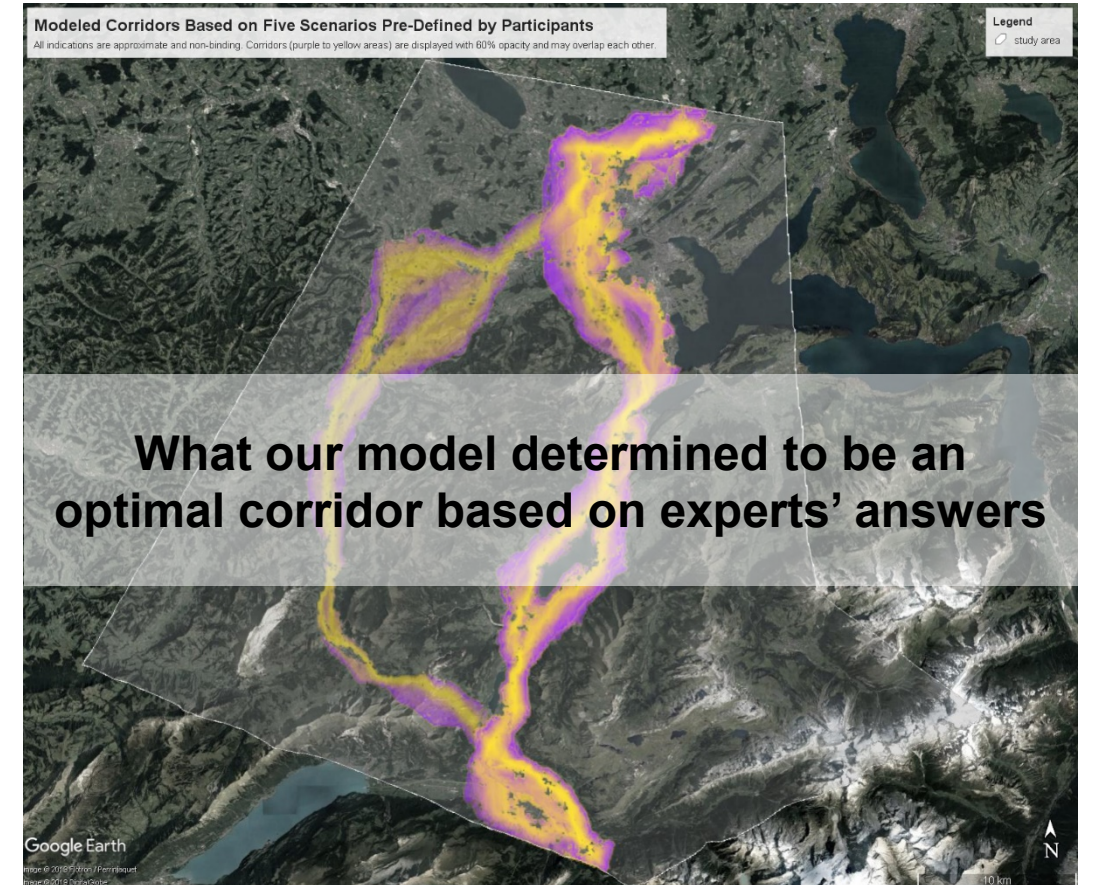
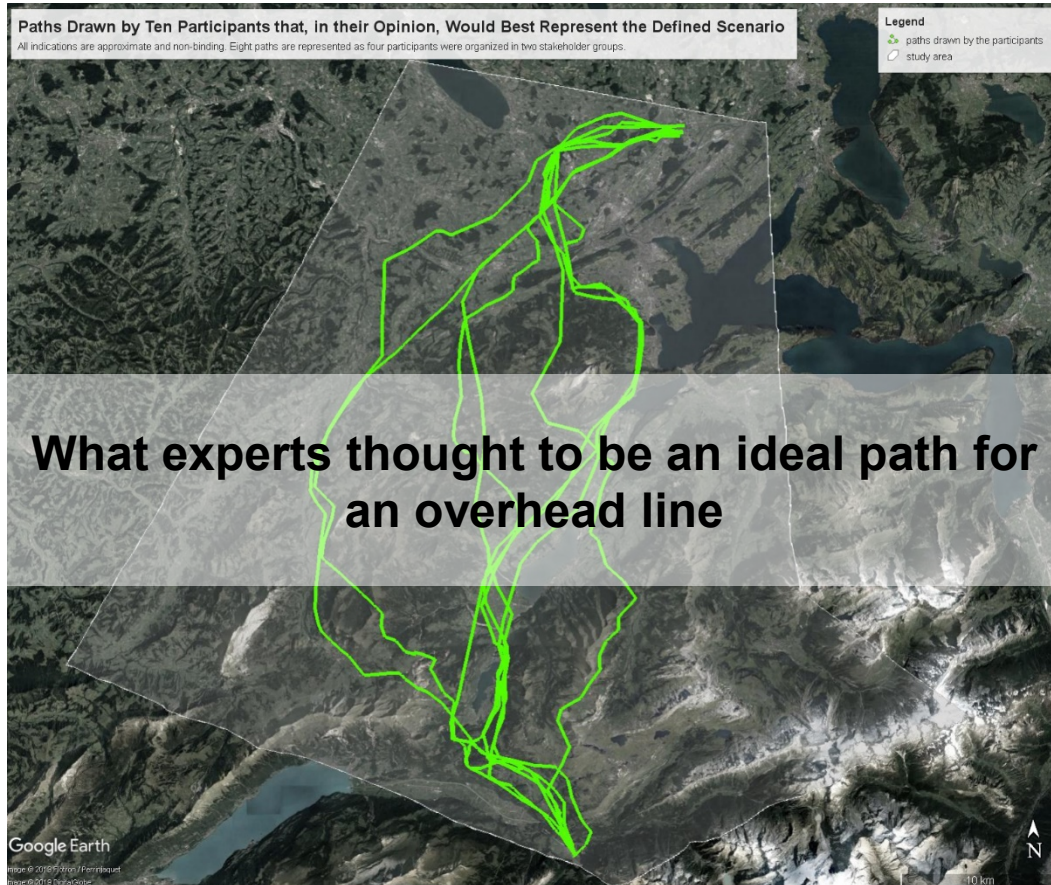
- Das kontinuierliche Begrenzungsmodell erzielte die besten Resultate und wurde als realitätsnächsten Modell gekürt.
- Simple Additive Weighting erzielte die besten Resultate und ist einfach verständlich.
- Die Nutzenfunktion mit linearem Anstieg erzielte die besten Resultate.



SCHLÜSSELRESULTAT

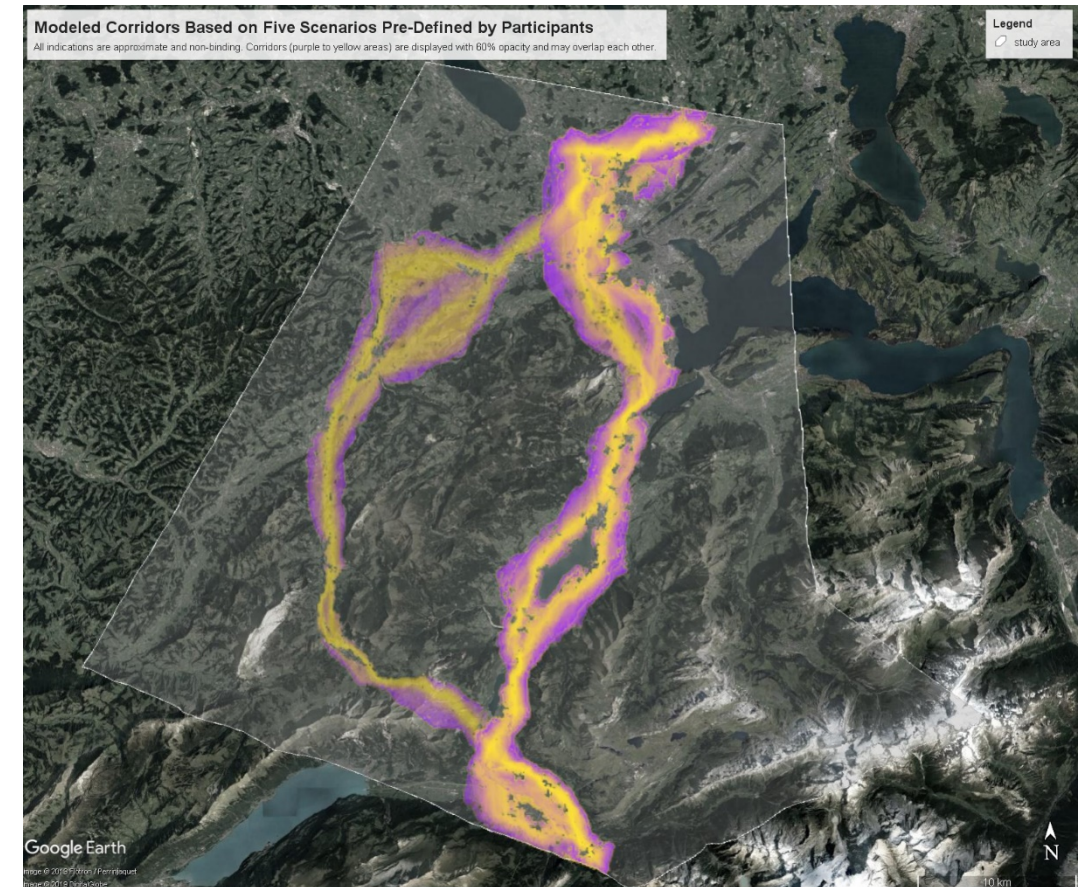
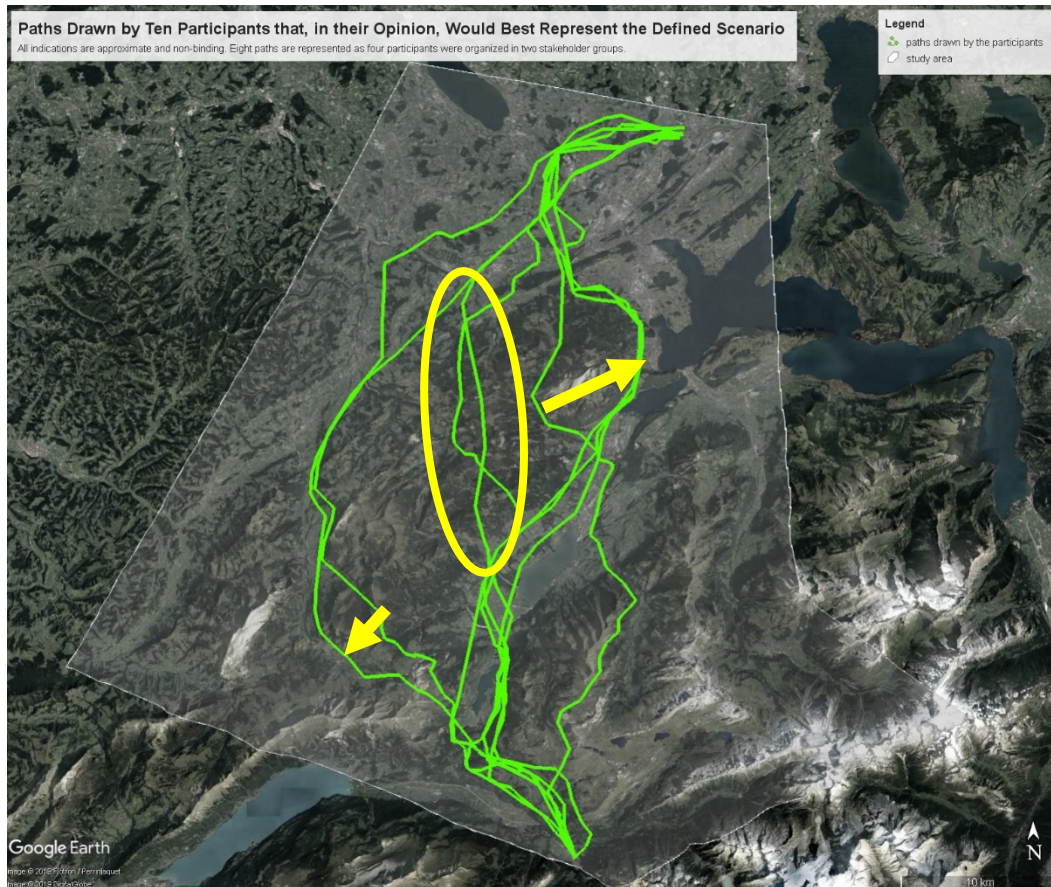
VISUALISIERUNGEN HELFEN
BEI DER ANALYSE UND BEI
DER REFLEXION

Studie mit 10 Planungsexperten durchgeführt (2019)



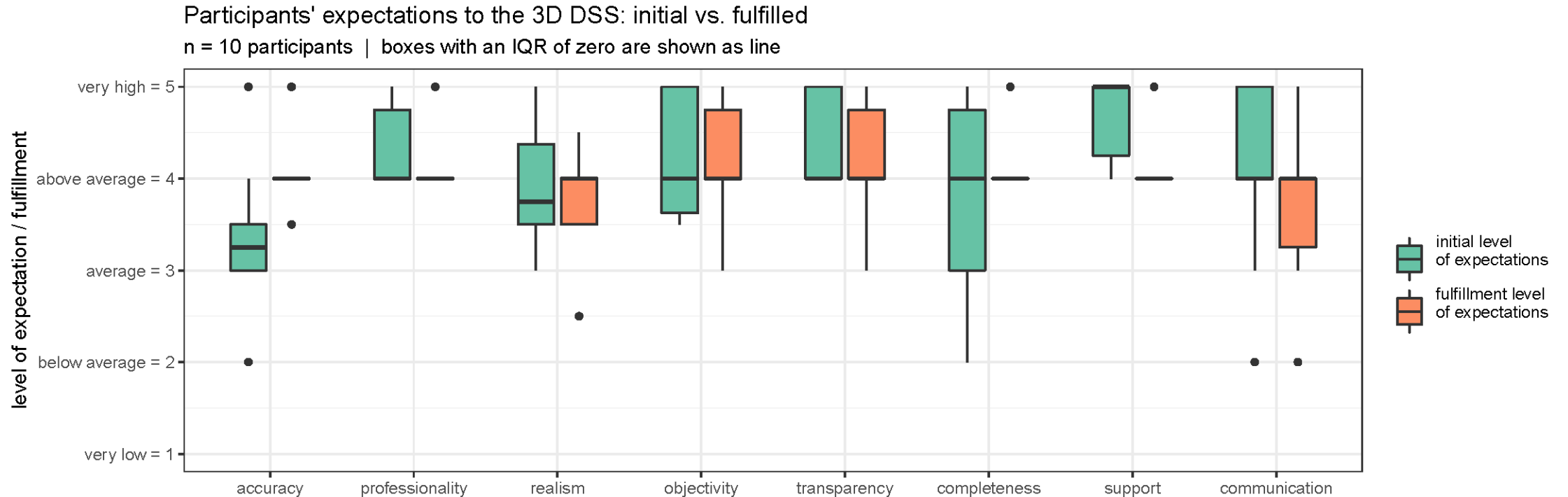
Studie mit 10 Planungsexperten durchgeführt (2019)

Die Analysetools brachten die Experten dazu, den eigenen Vorschlag zu überdenken



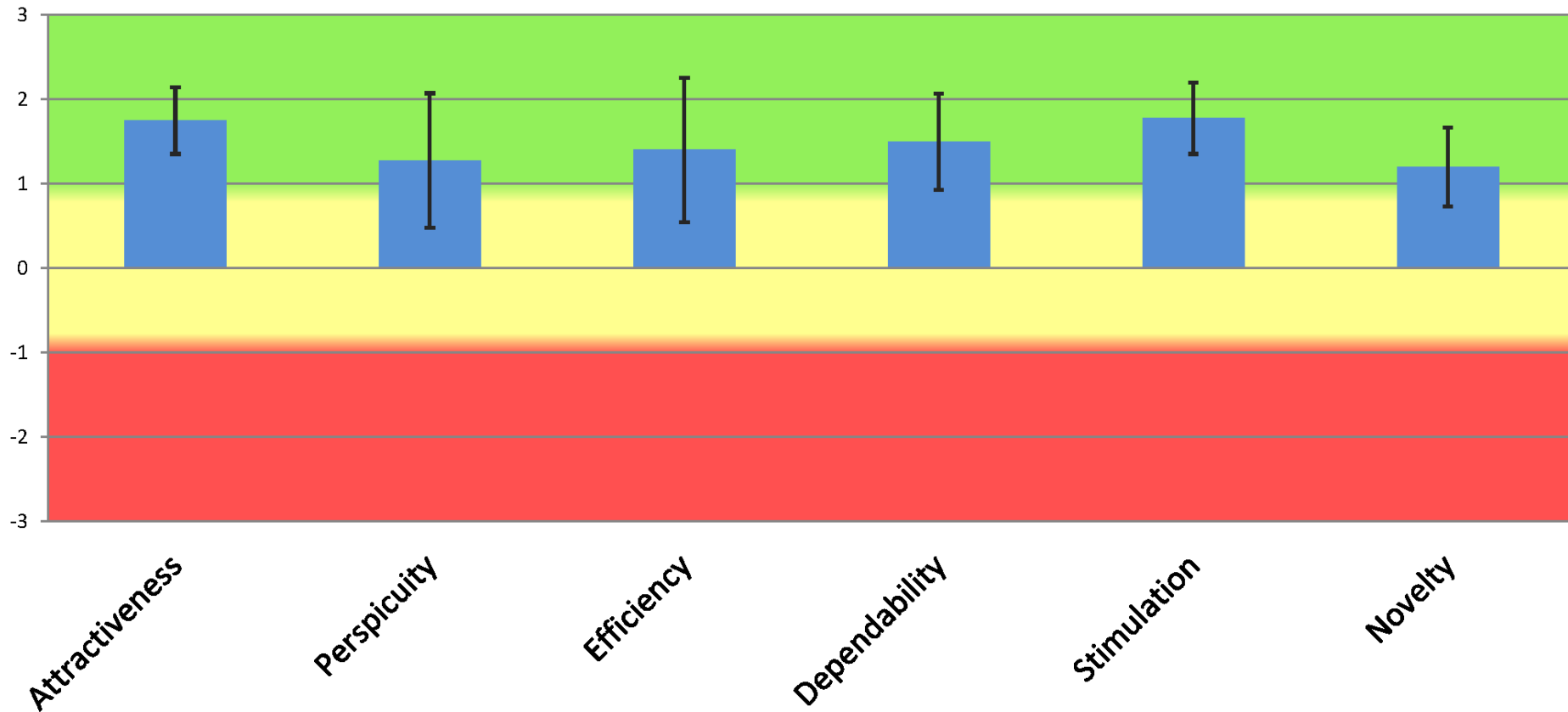
Studie mit 10 Planungsexperten durchgeführt (2019)

Das 3D DSS erfüllte die Erwartungen der Experten



Studie mit 10 Planungsexperten durchgeführt (2019)

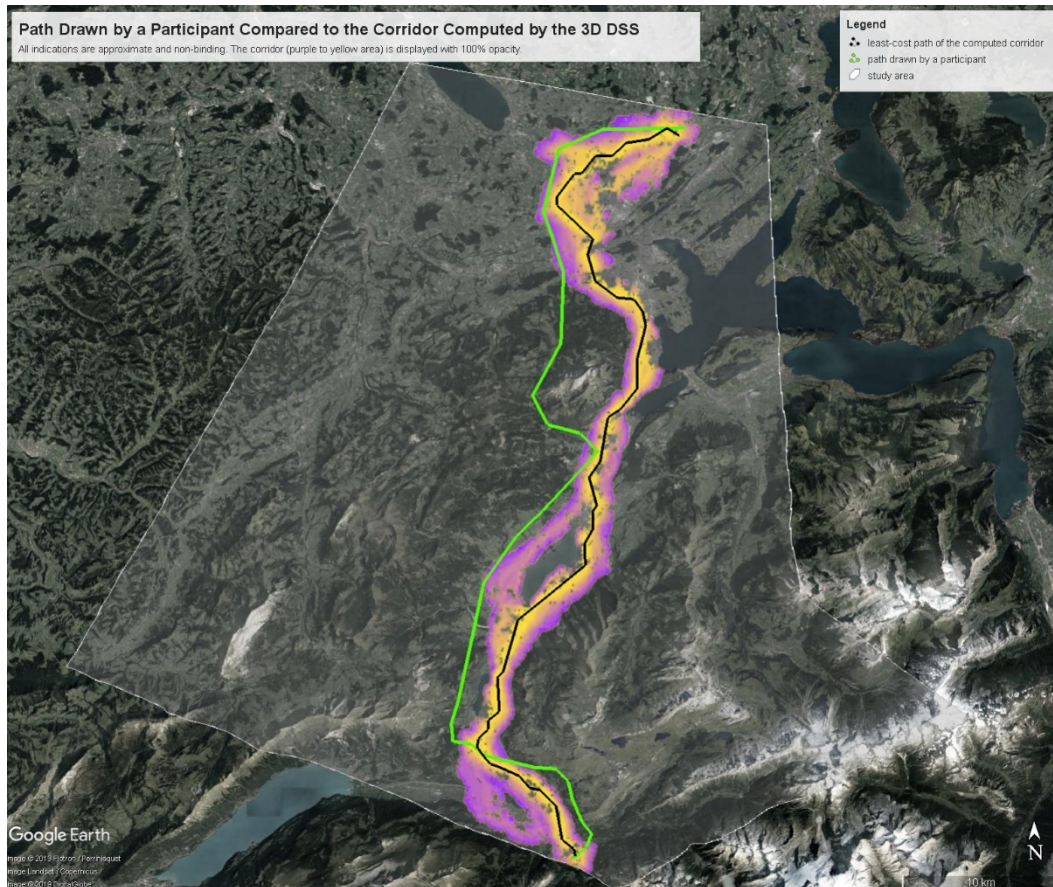
Das 3D DSS erfüllte die Erwartungen der Experten



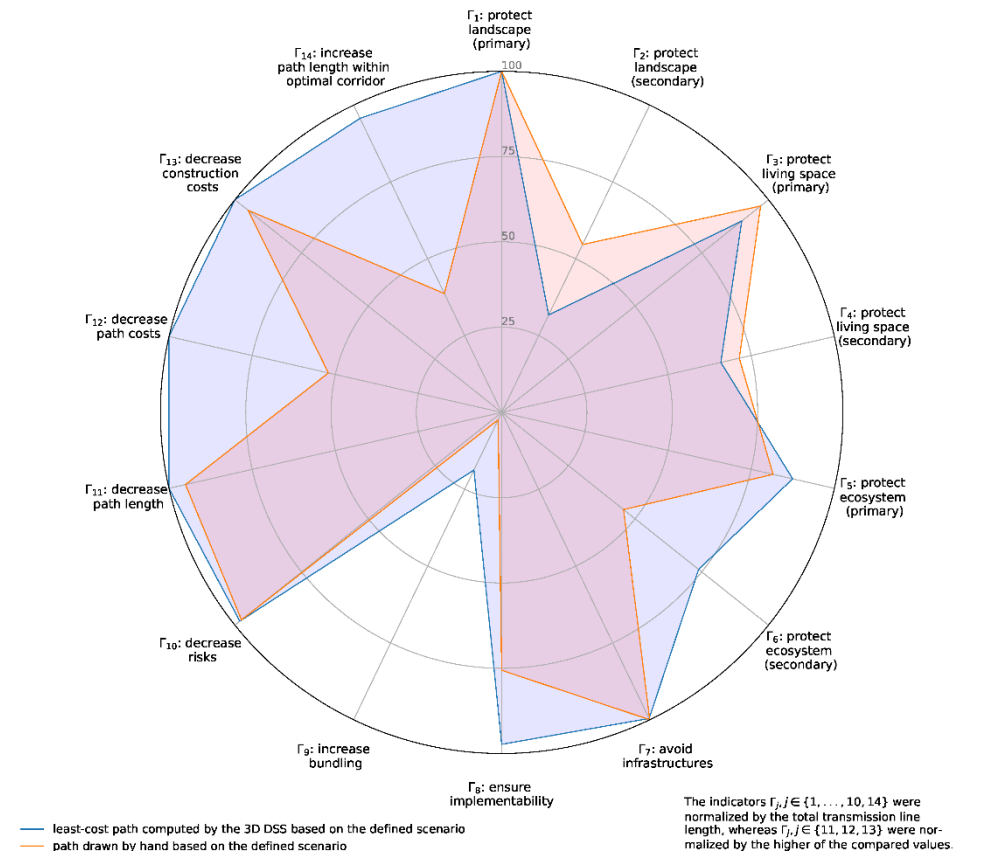
User Experience Questionnaire

Studie mit 10 Planungsexperten durchgeführt (2019)

Grafische Outputs unterstützten die Experten beim Treffen eines Entscheids



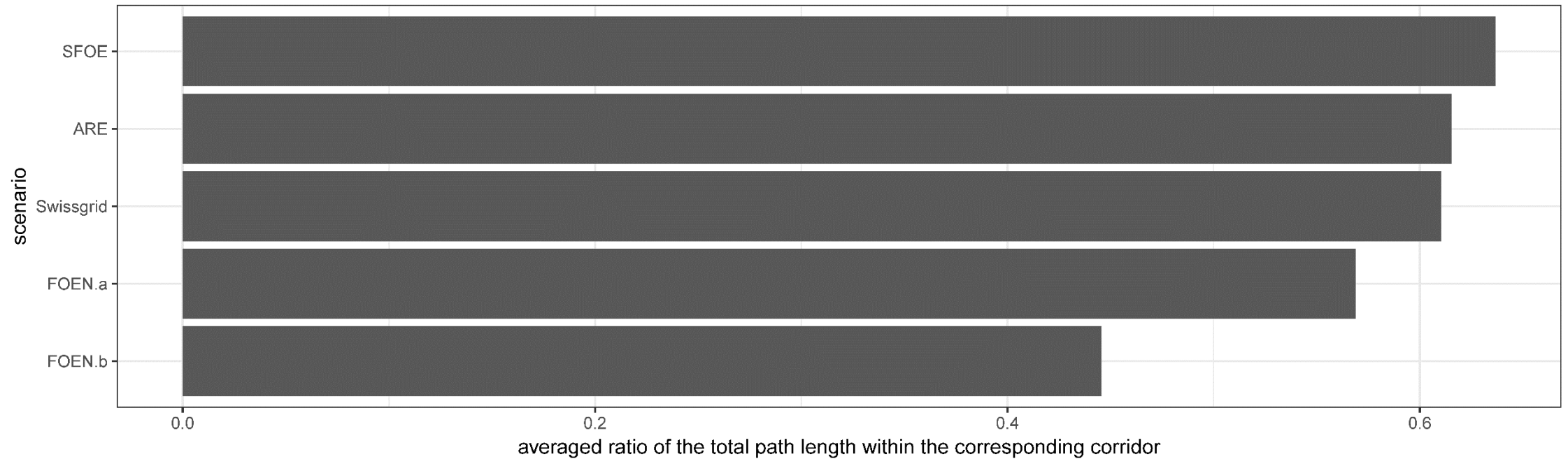
Indicators Γ_j compared between participant A and the 3D DSS solution based on the scenario *Swissgrid*



Studie mit 10 Planungsexperten durchgeführt (2019)

Grafische Outputs helfen Stakeholdern, sich besser zu verständigen

Average length over which the drawn paths comply to the modeled corridors based on the defined scenarios
n = 10 participants



ATTRIBUTE



VS.

ZIELE



Unser Datenmodell besteht aus ortsbezogenen Daten (=Kriterien)

Kategorie	Kriterium	Ziel
Environmental protection	Protection areas according to game laws	Preserve ecosystems: secondary
Environmental protection	National parks	Preserve landscape: primary
Environmental protection	UNESCO World Heritage Site	Preserve landscape: primary
Environmental protection	Geotope	Preserve landscape: secondary
Construction and maintenance	Natural hazard areas	Meet strict legal requirements and minimize risks
Construction and maintenance	Groundwater areas S1 and watercourse corridors	Meet strict legal requirements and minimize risks
Construction and maintenance	Groundwater areas S2	Construct power line despite difficult circumstances and high costs
Construction and maintenance	South facing areas	Construct power line despite difficult circumstances and high costs
Construction and maintenance	Inappropriate relief	Construct power line despite difficult circumstances and high costs
Construction and maintenance	Inappropriate underground material	Construct power line despite difficult circumstances and high costs
Construction and maintenance	Water bodies	Construct power line despite difficult circumstances and high costs
Construction and maintenance	Proximity to wide streets	Construct power line despite difficult circumstances and high costs
Construction and maintenance	Proximity to existing lines	Increase bundling
Construction and maintenance	Proximity to railways	Increase bundling
Urban planning	Infrastructure facilities	Avoid infrastructure facilities
Urban planning	Airports	Avoid infrastructure facilities
Urban planning	Arable land	Preserve landscape: secondary
Urban planning	Areas within noise threshold of 40 dBA	Preserve living space: primary

- 58 Kriterien, in 3 Kategorien eingeteilt
- Zwei spezielle Zusatzkriterien werden aktuell untersucht
- Planungsexperten betrachteten jedoch nur 5–10 Kriterien
- Nichtsdestotrotz sollen die Nutzer alle Kriterien berücksichtigen können
- Einige Kriterien müssen von Gesetzes wegen berücksichtigt werden

Unser Datenmodell besteht aus ortsbezogenen Daten (=Kriterien)

Neuer Ansatz

Kategorie	Kriterium	Ziel
Environmental protection	Protection areas according to game laws	Preserve ecosystems: secondary
Environmental protection	National parks	Preserve landscape: primary
Environmental protection	UNESCO World Heritage Site	Preserve landscape: primary
Environmental protection	Geotope	Preserve landscape: secondary
Construction and maintenance	Natural hazard areas	Meet strict legal requirements and minimize risks
Construction and maintenance	Groundwater areas S1 and watercourse corridors	Meet strict legal requirements and minimize risks
Construction and maintenance	Groundwater areas S2	Construct power line despite difficult circumstances and high costs
Construction and maintenance	South facing areas	Construct power line despite difficult circumstances and high costs
Construction and maintenance	Inappropriate relief	Construct power line despite difficult circumstances and high costs
Construction and maintenance	Inappropriate underground material	Construct power line despite difficult circumstances and high costs
Construction and maintenance	Water bodies	Construct power line despite difficult circumstances and high costs
Construction and maintenance	Proximity to wide streets	Construct power line despite difficult circumstances and high costs
Construction and maintenance	Proximity to existing lines	Increase bundling
Construction and maintenance	Proximity to railways	Increase bundling
Urban planning	Infrastructure facilities	Avoid infrastructure facilities
Urban planning	Airports	Avoid infrastructure facilities
Urban planning	Arable land	Preserve landscape: secondary
Urban planning	Areas within noise threshold of 40 dBA	Preserve living space: primary



- Zielorientiert: Jedes Kriterium wird einem Ziel zugeordnet.
- Je mehr einem Ziel zugehörige Flächen vermieden werden, desto eher wird das entsprechende Ziel erreicht.
- Erreichung der Ziele dient als Indikator, um Alternativen zu vergleichen.
- **Dieser Ansatz macht es möglich, durch lineare Optimierung die mathematisch optimale Lösung zu bestimmen.**

AKTUELLE ARBEITEN

Freileitungen mit Erdkabeln
kombinieren

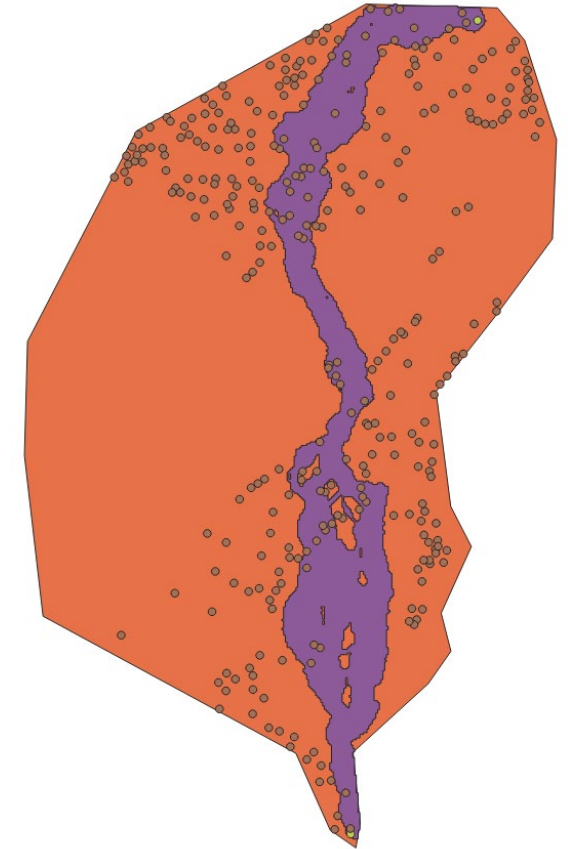
Welche Zonen eignen sich für ein Erdkabel besonders gut?



Firmendb.de



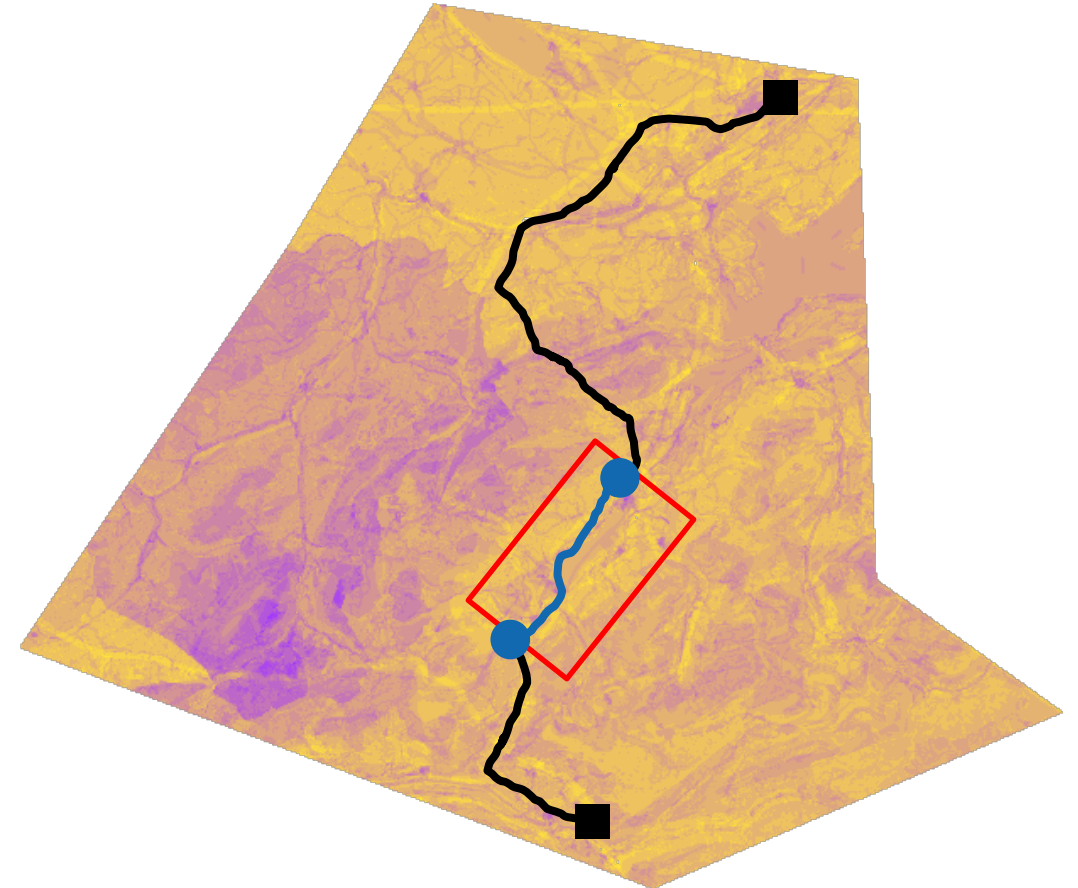
Wo sollen Übergangsbauwerke gebaut werden?



Kombinierten Korridor berechnen (Freileitung + Erdkabel)

Neuer Ansatz

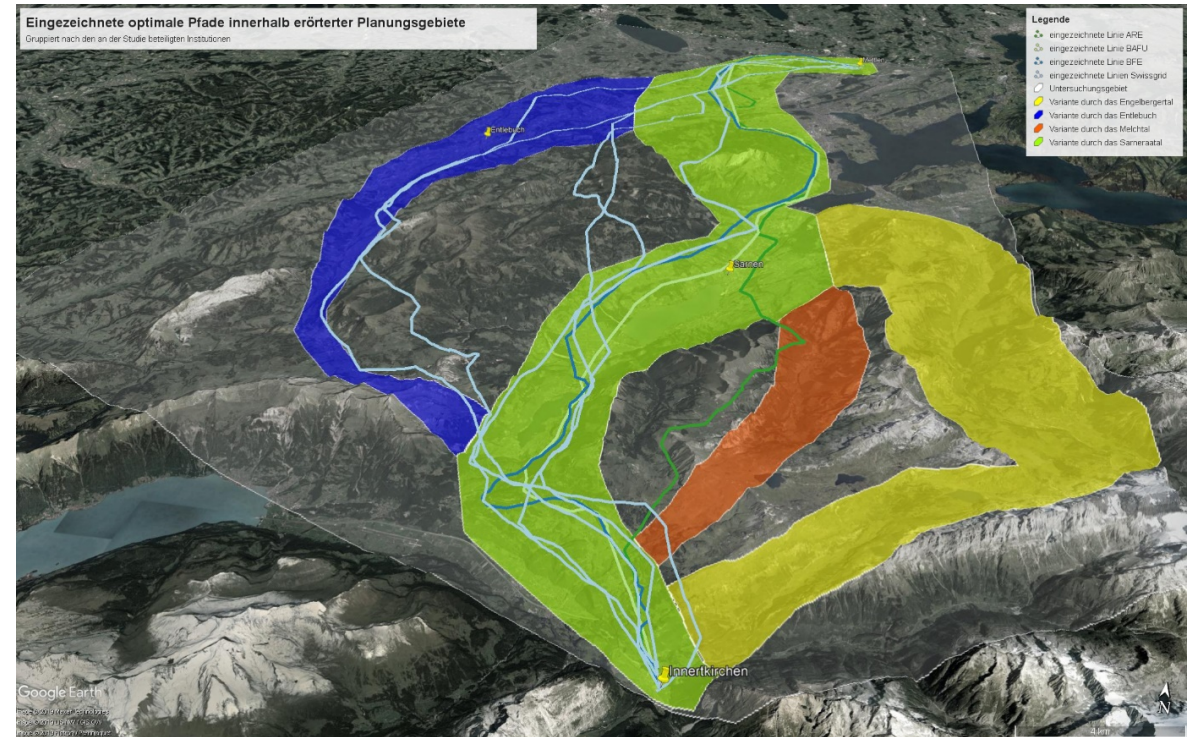
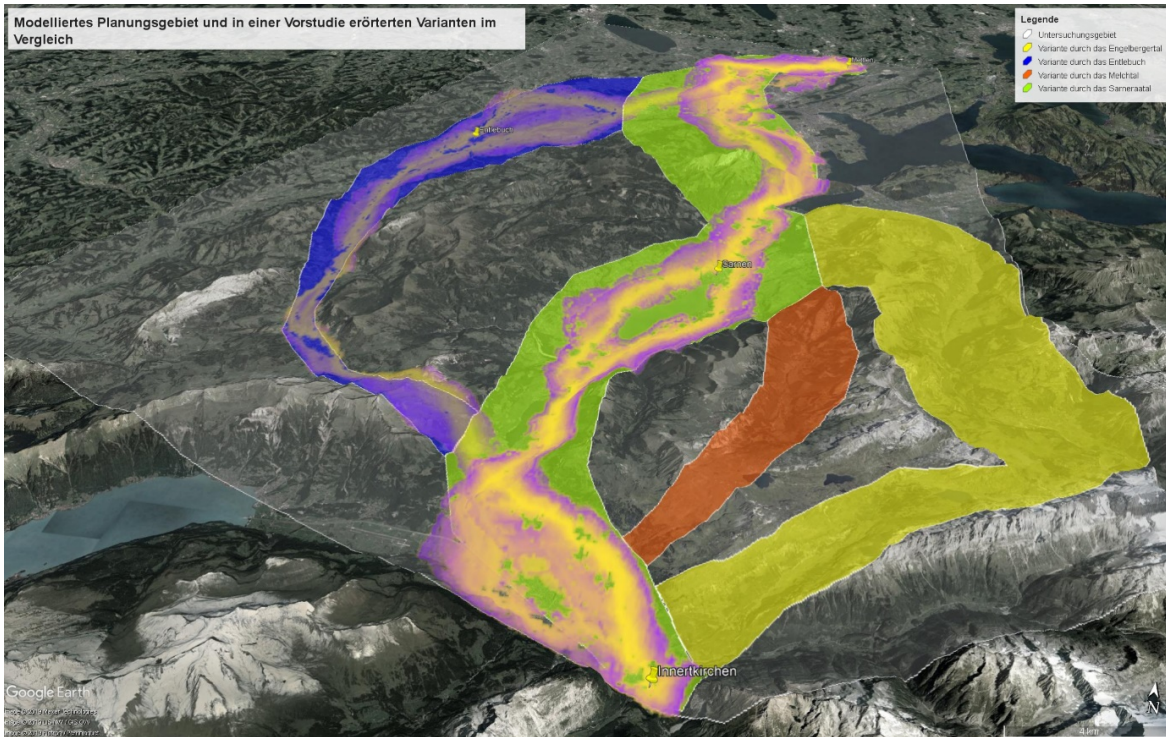
1. Ermittle Zonen hohen Stresses, in denen sich der Bau eines Erdkabels lohnen würde.
2. Suche an den Rändern dieser Zone (ausserhalb von Siedlungsgebieten) nach Standorten für Übergangsbauwerke.
3. Wähle zwei entfernte Punkte, die möglichst weit voneinander entfernt liegen und der Tallinie folgen.
4. Plane zwischen diesen Punkten eine Erdkabeltrasse.
5. Plane zwischen diesen Punkten und dem Start- und Endpunkt je eine Freileitung.



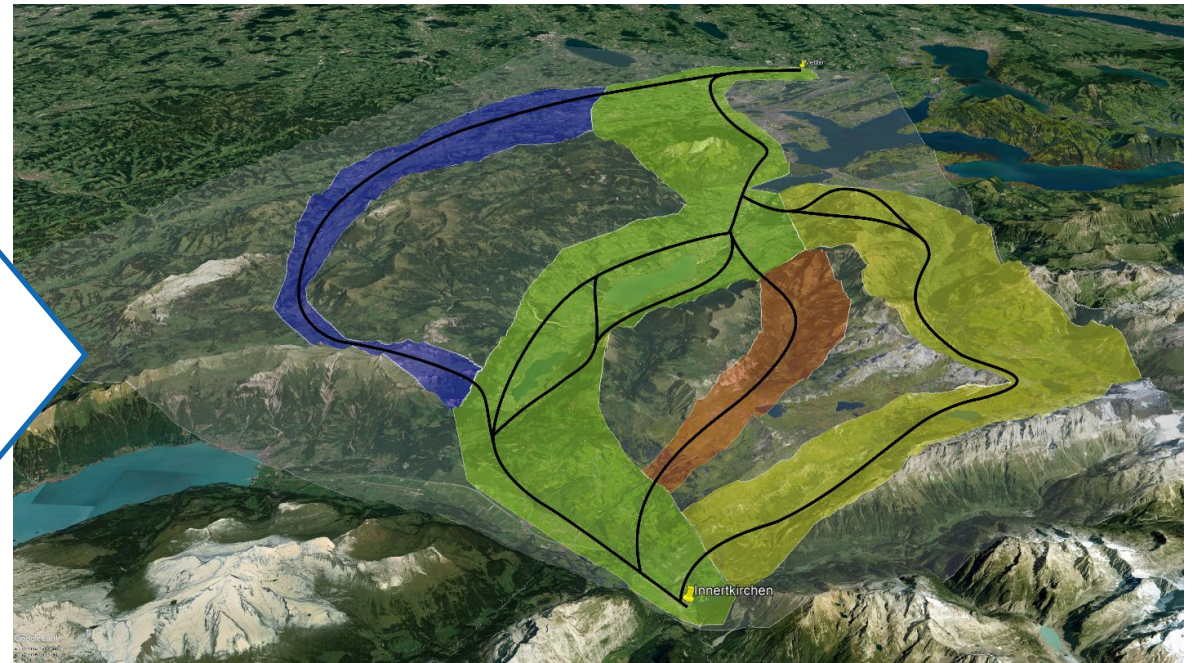
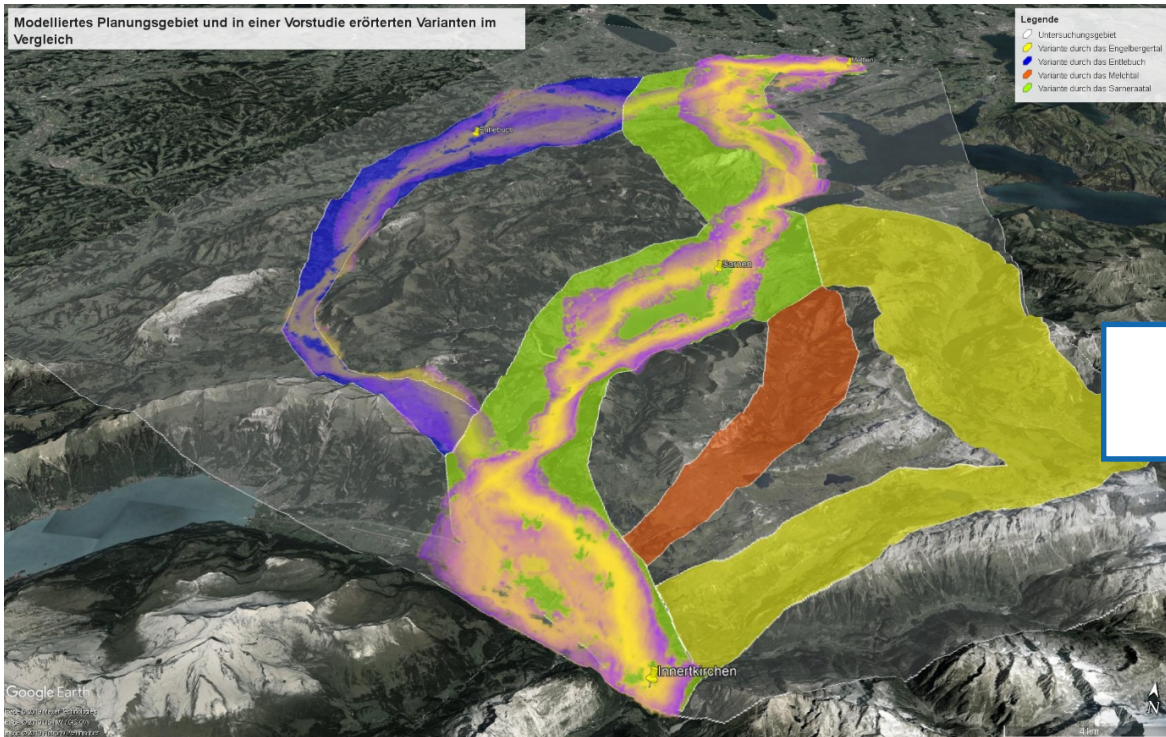
AKTUELLE ARBEITEN

Können Algorithmen, die Täler
identifizieren, die Korridore
realistischer modellieren?

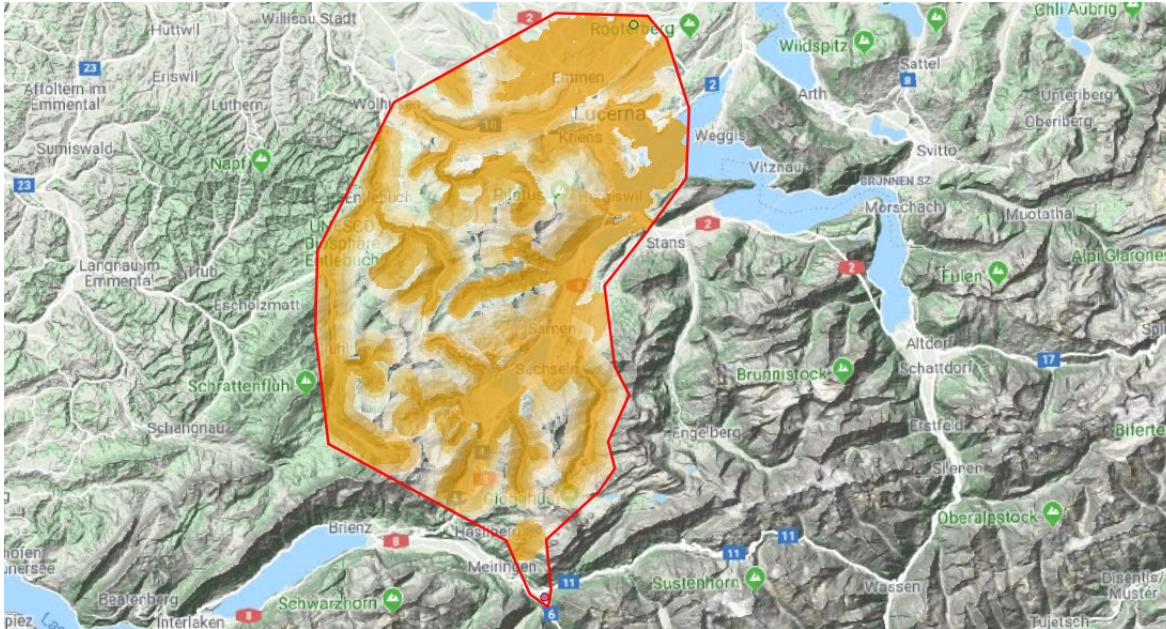
Unser Ansatz folgt bereits weitgehend der Topografie



Kann die Ermittlung von Tälern dazu genutzt werden, alternative Pfade zu bestimmen – allenfalls in einem Netzwerk?



Aktuelle Resultate der Masterarbeit «What is a valley?»



- Täler können durch zwei Ansätze identifiziert werden.
- Der Ansatz verbessert bis zu einem gewissen Grad den Korridorverlauf.
- Auf Kostenoberflächen angewandt, sind weitere Anpassungen nötig, um Korridorvarianten zu indentifizieren.
- **Online-Studie in den nächsten Wochen geplant – wir brauchen noch Proband*innen!**

Impressum

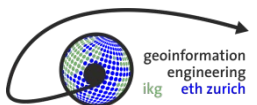
ETH Zürich

Institut für Kartografie und Geoinformation
Stefano-Franscini-Platz 5
8093 Zürich
Schweiz

www.ethz.ch

Lehrstuhl für Geoinformations-Engineering
Leitung: Prof. Dr. Martin Raubal

© ETH Zürich, Februar 2020





3ddss.ethz.ch

 @3ddss_eth