

Alternative: 5	
start	UW Waldeg
end	UW Sihfeld
length	3982
intersec_7	307
obj_protect	110
obj_increa	3588
obj_ensure	26
obj_decrea	306
available_	22397
smallest_w	1.01

# Ein 3D Decision Support System zur Unterstützung der Leitungsplanung

GeoSummit, FHNW Olten, 01.06.2022

Dr. Joram Schito



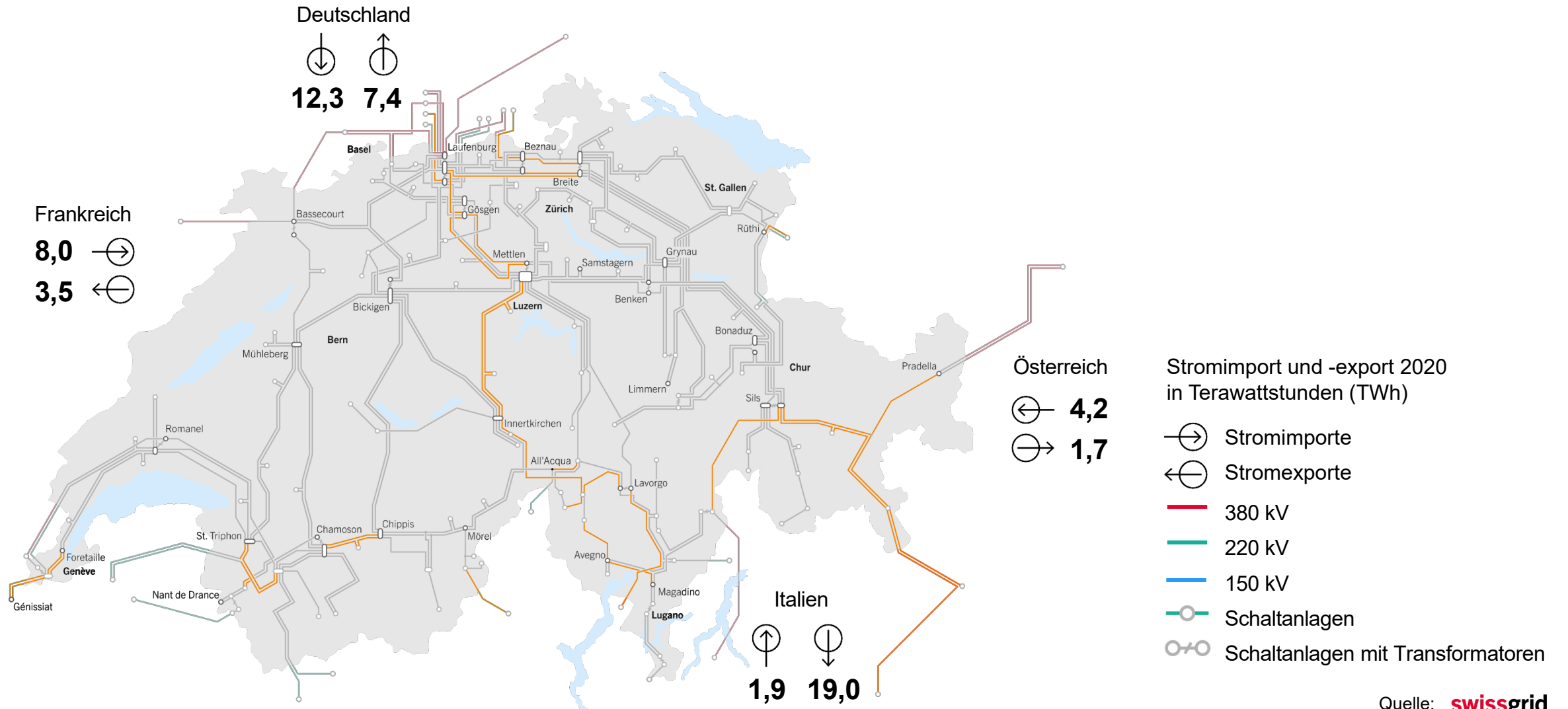
# Agenda



1. Motivation und Ziele des Projekts
2. Beschreibung des 3D DSS
3. Beispiele, wie das 3D DSS eine nachhaltige Landschaftsentwicklung begünstigen kann
4. Wichtigste Errungenschaften
5. Schlussfolgerungen

# Motivation und Ziele des Projekts

# Engpässe im Übertragungsnetz



Quelle: **swissgrid**



# Verzögerungen in Netzbau- projekten

Warum?

# Zielkonflikt zwischen landschaftlicher Akzeptanz und Akzeptanz der Direktbetroffenen



Bildquelle: **swissgrid**

# Zielkonflikte zwischen unterschiedlichen Interessen – transparente Kommunikation ist notwendig

Bevölkerung und Raumplanung



Landschafts- und Biotopschutz



Technische Umsetzbarkeit



Bildquelle: **swissgrid**

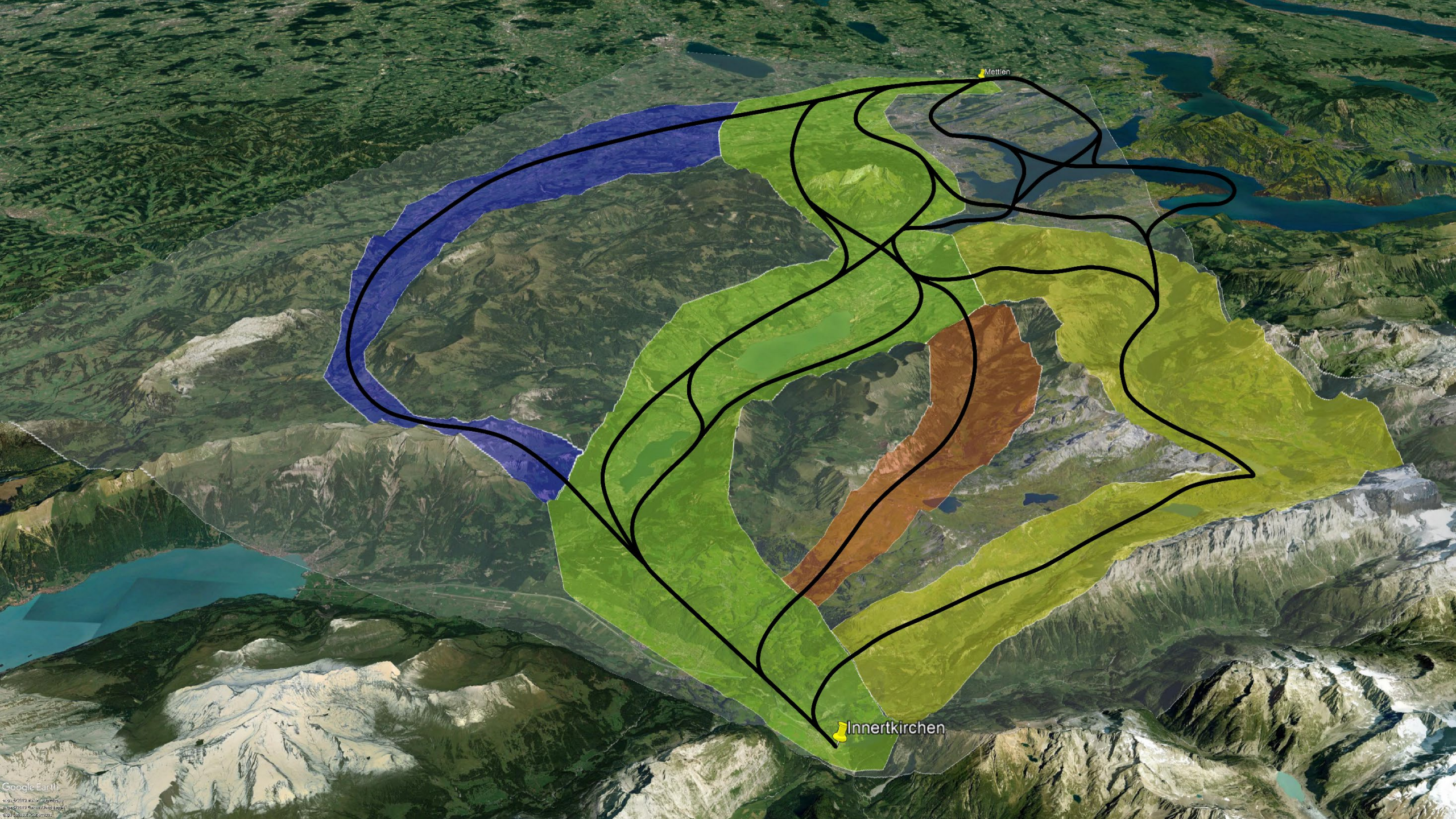
Es geht darum, Entscheidungen zu vereinfachen...





# Es geht darum, Entscheidungen zu vereinfachen

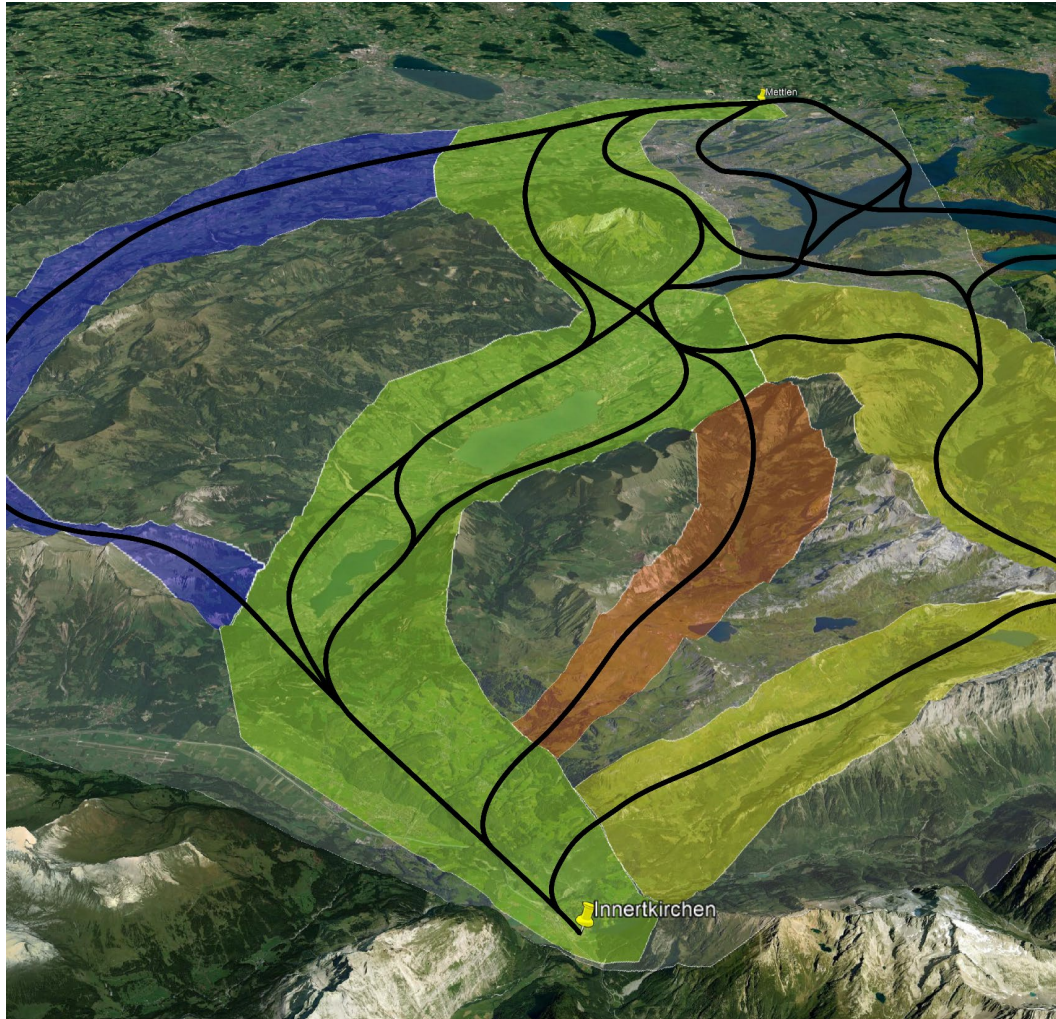




Mettlen

Innertkirchen

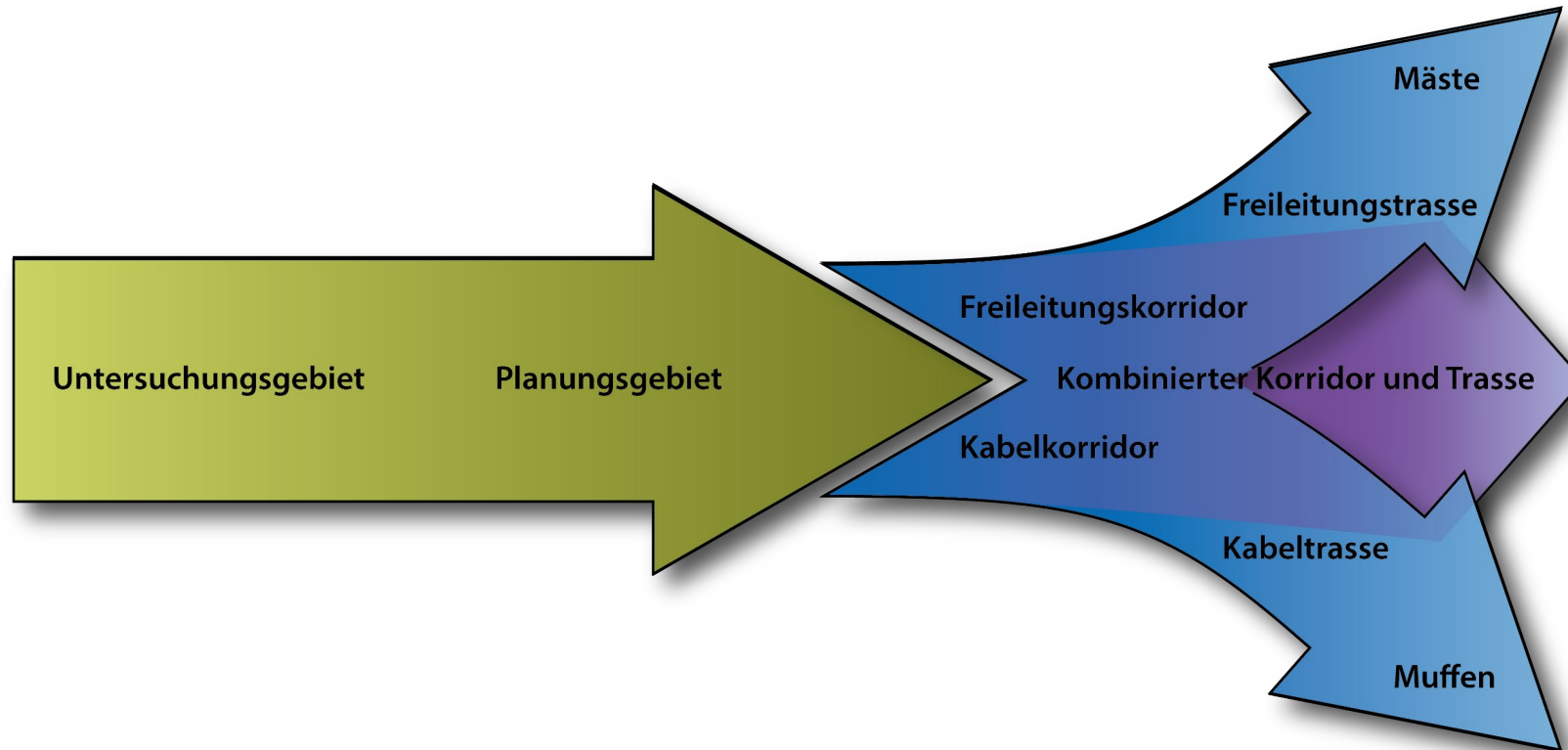
# Ziele des 3D DSS-Projekts



**Einen Mechanismus zu erarbeiten, der verschiedene Routen für Freileitungen und Erdkabel identifiziert, der die höchste Akzeptanz zwischen allen Entscheidungsträgern aufweist und realistische Varianten berechnet.**

- Berücksichtigen und Abwägen verschiedener Interessen durch **Multi-Criteria Decision Analysis**.
- Die Akzeptanz einer Leitung durch **3D-Visualisierung** steigern.
- **Kombinieren** von Freileitungs- und Erdkabelsegmenten.

# Das stufenweise Vorgehen vom Untersuchungsgebiet bis zu den exakten Mastpositionen

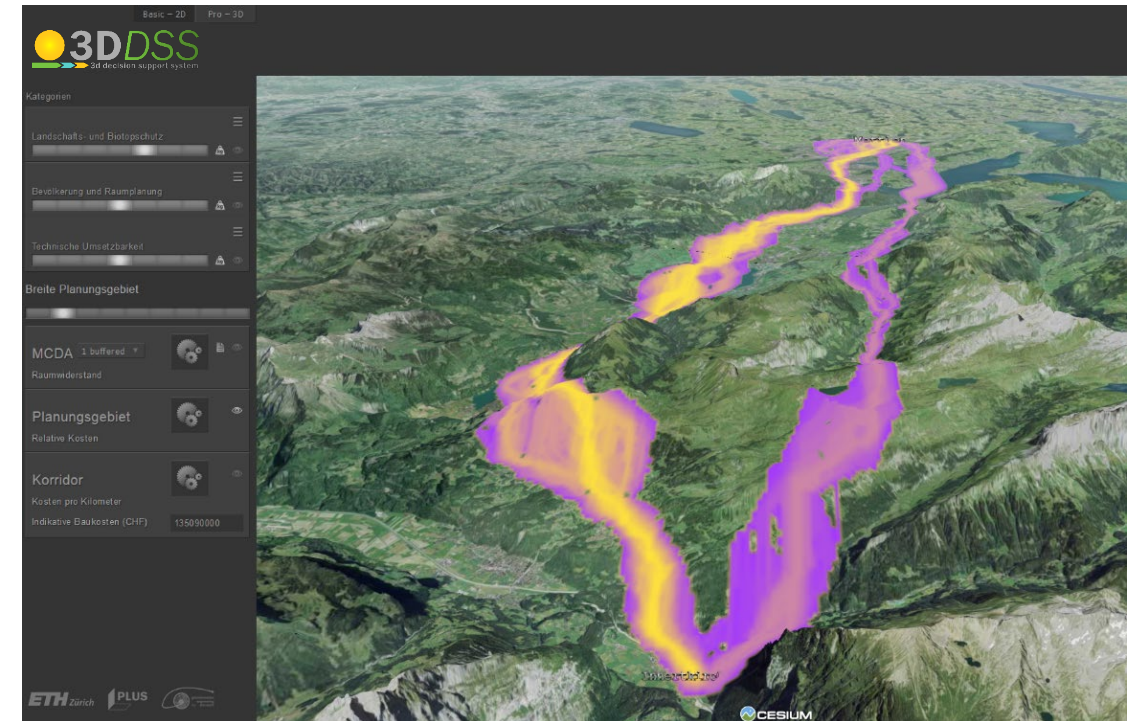
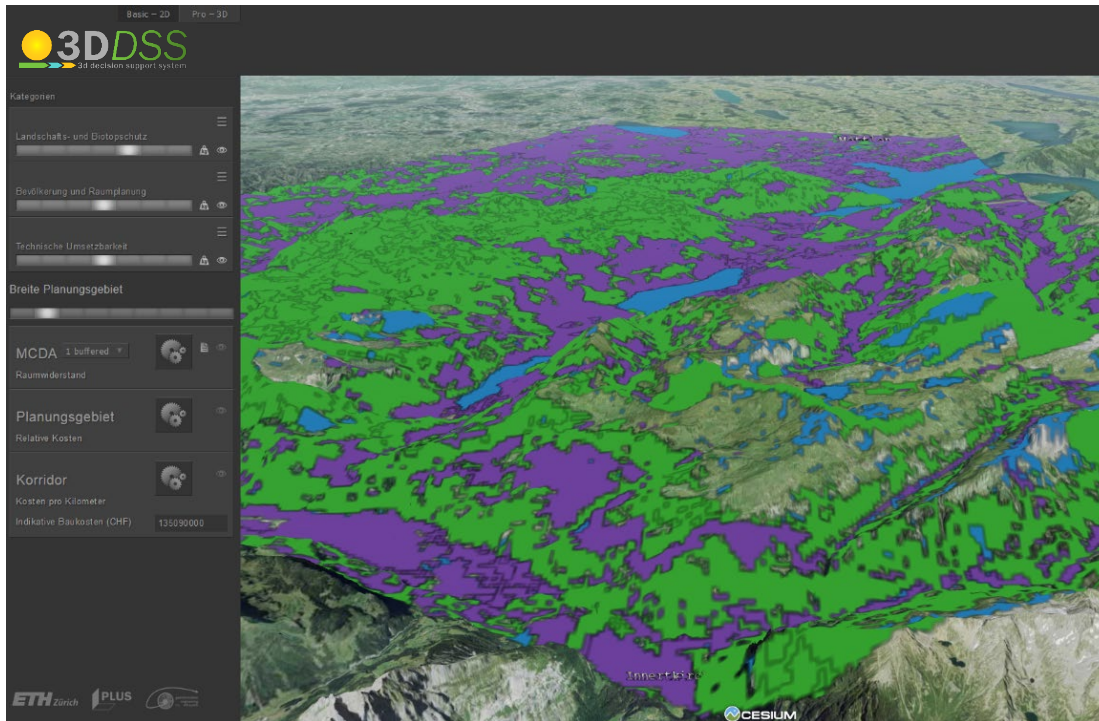


Fotos: **swissgrid**

# Beschreibung des 3D DSS

3d decision support system

# Wie ein Korridor berechnet wird

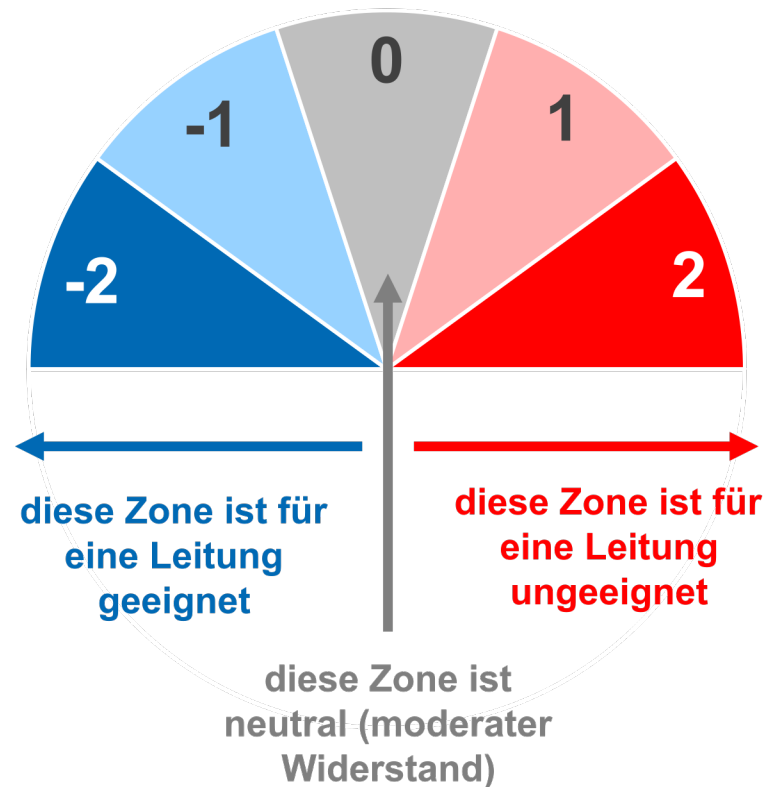


1. Kriterien analysieren und gewichten. Jeder Layer repräsentiert ein Kriterium.
2. Kostenoberfläche durch gewichtete Summe berechnen.

3. Durch Dijkstra's Algorithmus die akkumulierte Kostenoberfläche berechnen.
4. Korridor eingrenzen, indem oberes Kostenlimit gesetzt wird.

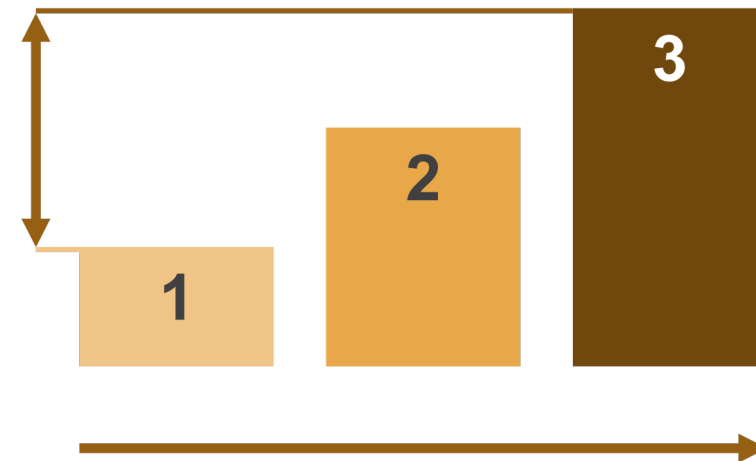
Die Kriterien haben ein Gewicht, das auf Gesetzen und Vorgaben beruht. Nutzer können diese innerhalb eines bestimmten Rahmens anpassen.

## Widerstände



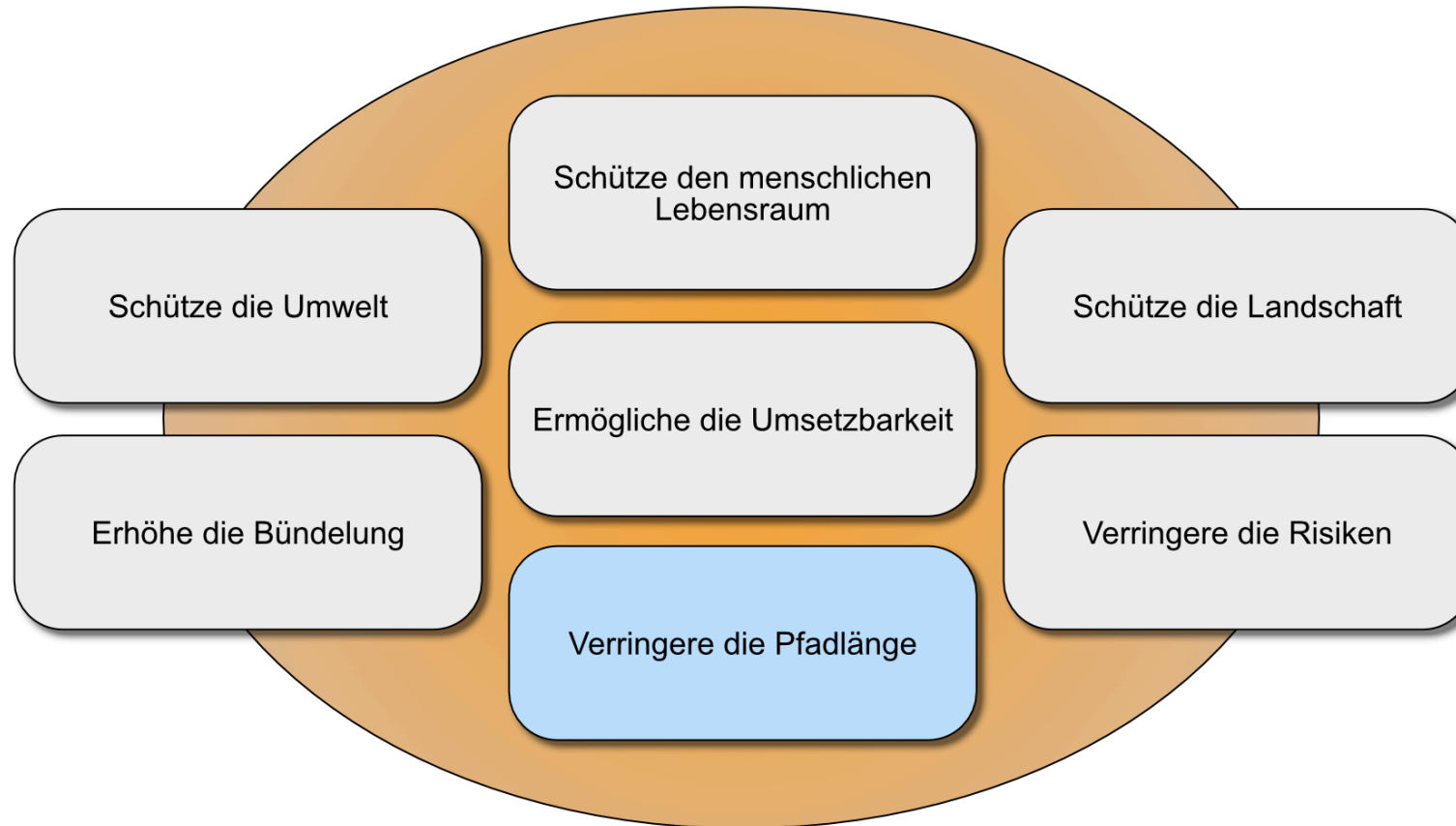
## Gewichtungen

je höher das Gewicht, desto höher ist der Einfluss des Faktors innerhalb einer Kategorie



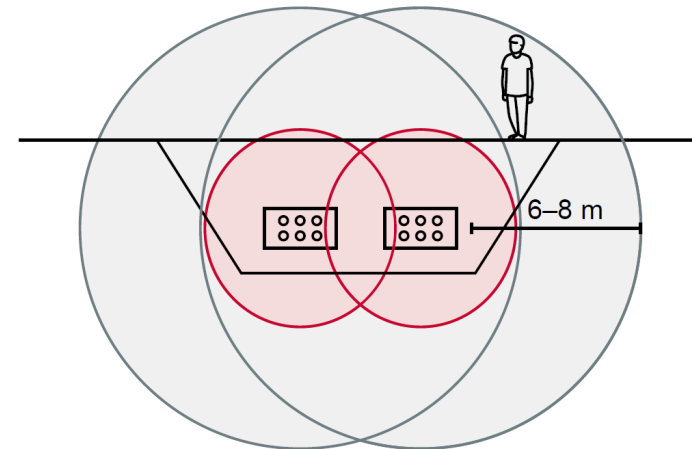
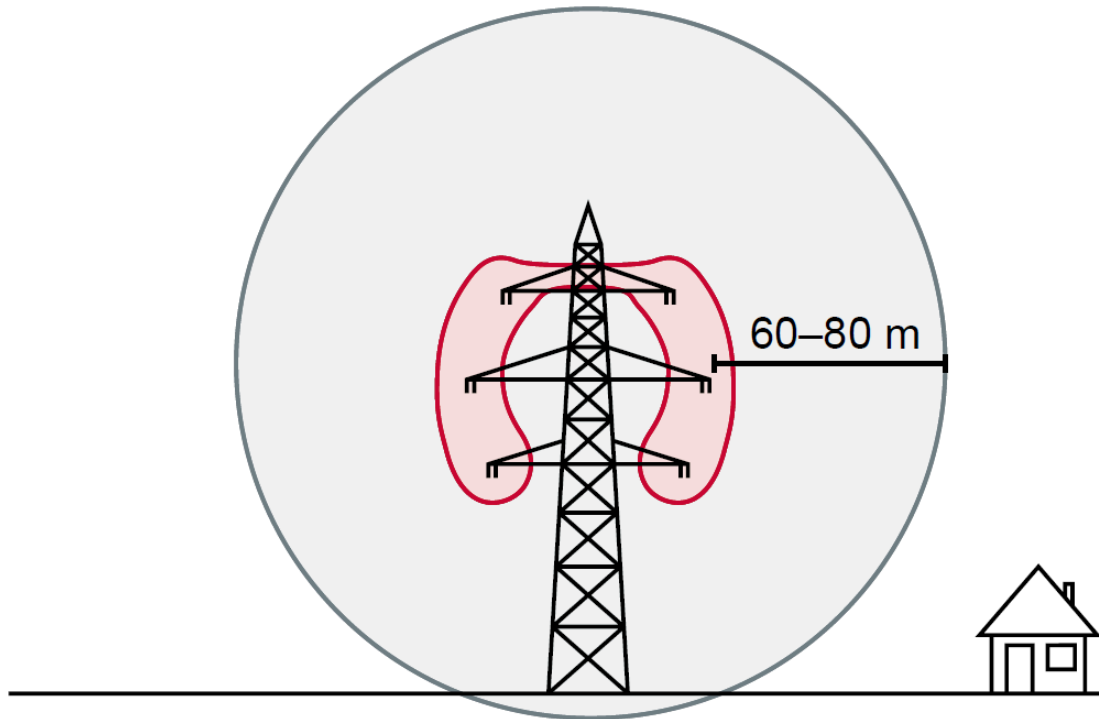
je höher das Gewicht, desto höher ist der Einfluss des Widerstandes

# Das 3D DSS setzt die Ziele und Interessen der Stakeholder in den Vordergrund





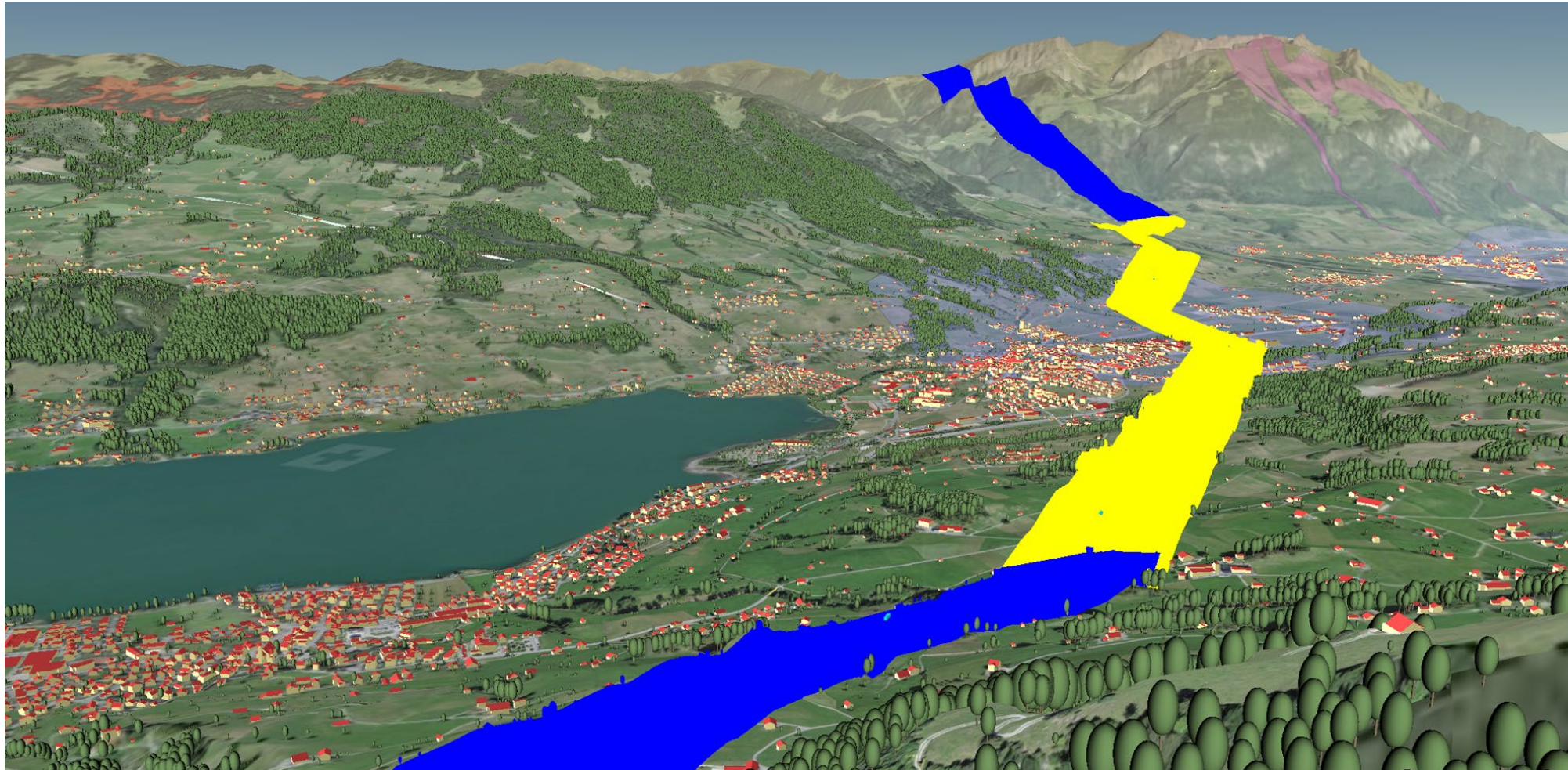
# Verschiedene Übertragungstechnologien erfordern unterschiedliche Entscheidungsregeln



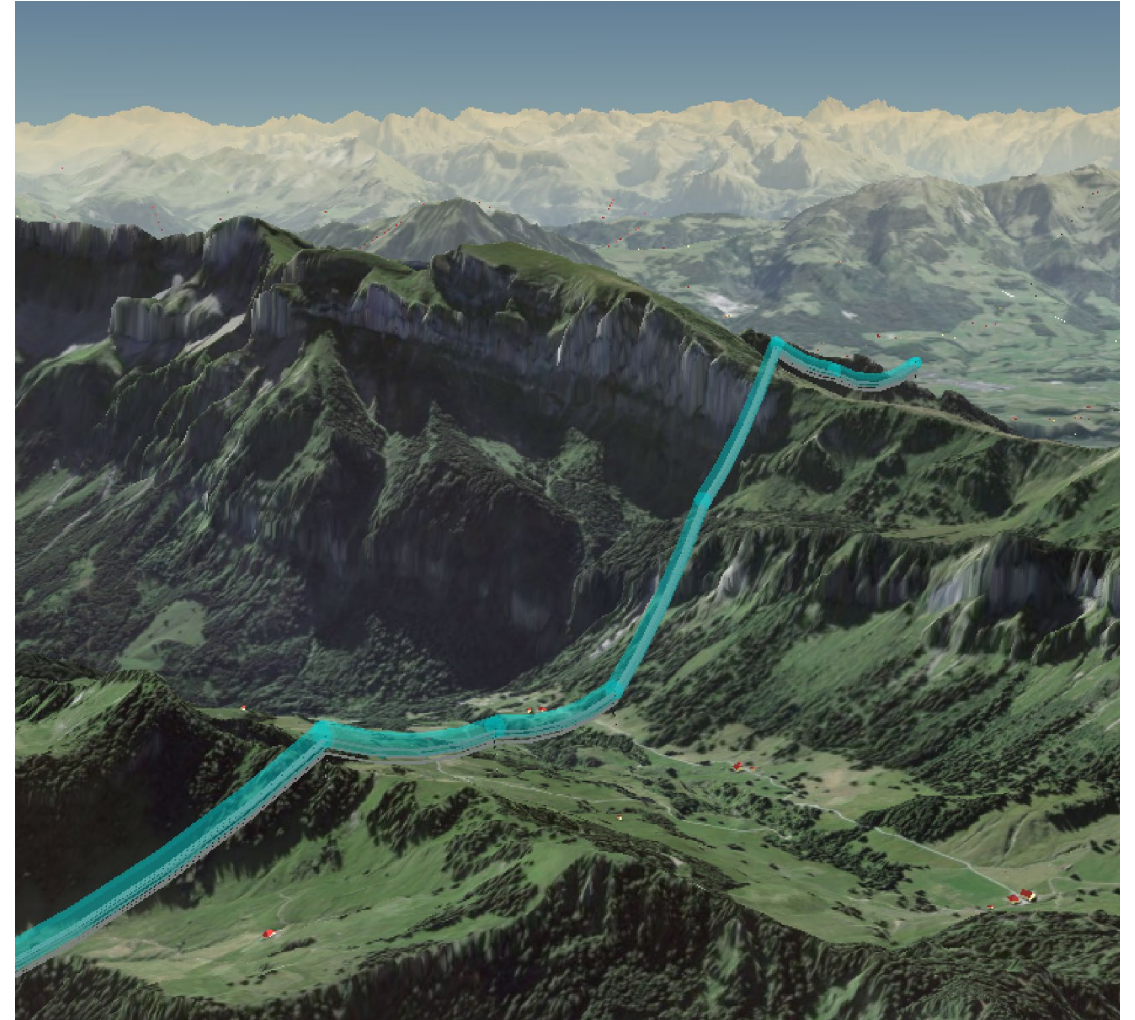
Bildquelle: **swissgrid**

# Beispiele, wie das 3D DSS eine nachhaltige Landschaftsentwicklung begünstigen kann

Täler sind häufig urban überprägt und der Raum ist knapp. Stellen Erdkabel eine Lösung für Talquerungen dar?



# Östlich oder westlich um den Pilatus?



# Westlich oder östlich um den Sarnersee? Eine bestehende Hochspannungsleitung verläuft im Westen, ein Tunnel im Osten



Streusiedlungen sind für ländliche Gebiete typisch. Gilt ihre Nutzung als empfindlich? Können Erdkabel Abhilfe schaffen?



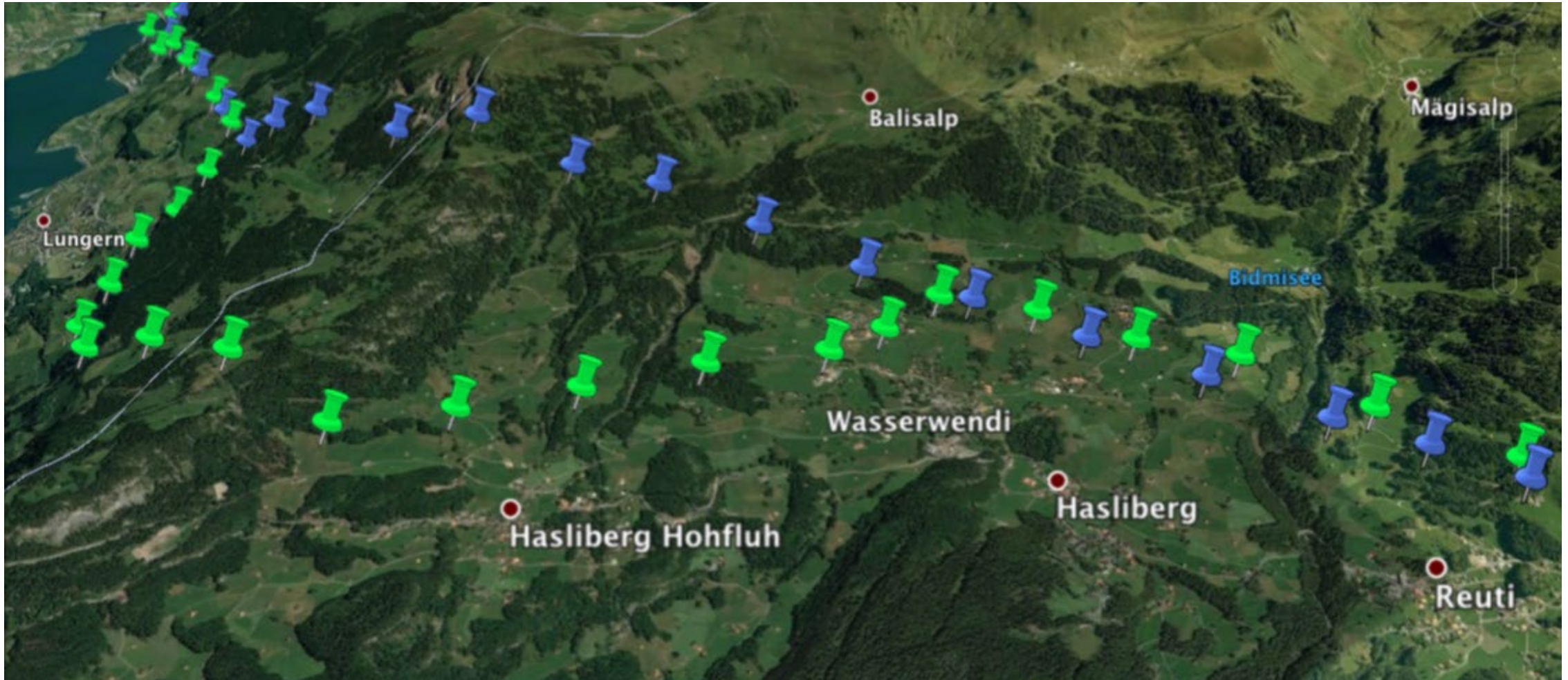
# Seekabel oder nicht? Wenn ja, wo wird das Übergangsbauwerk platziert?



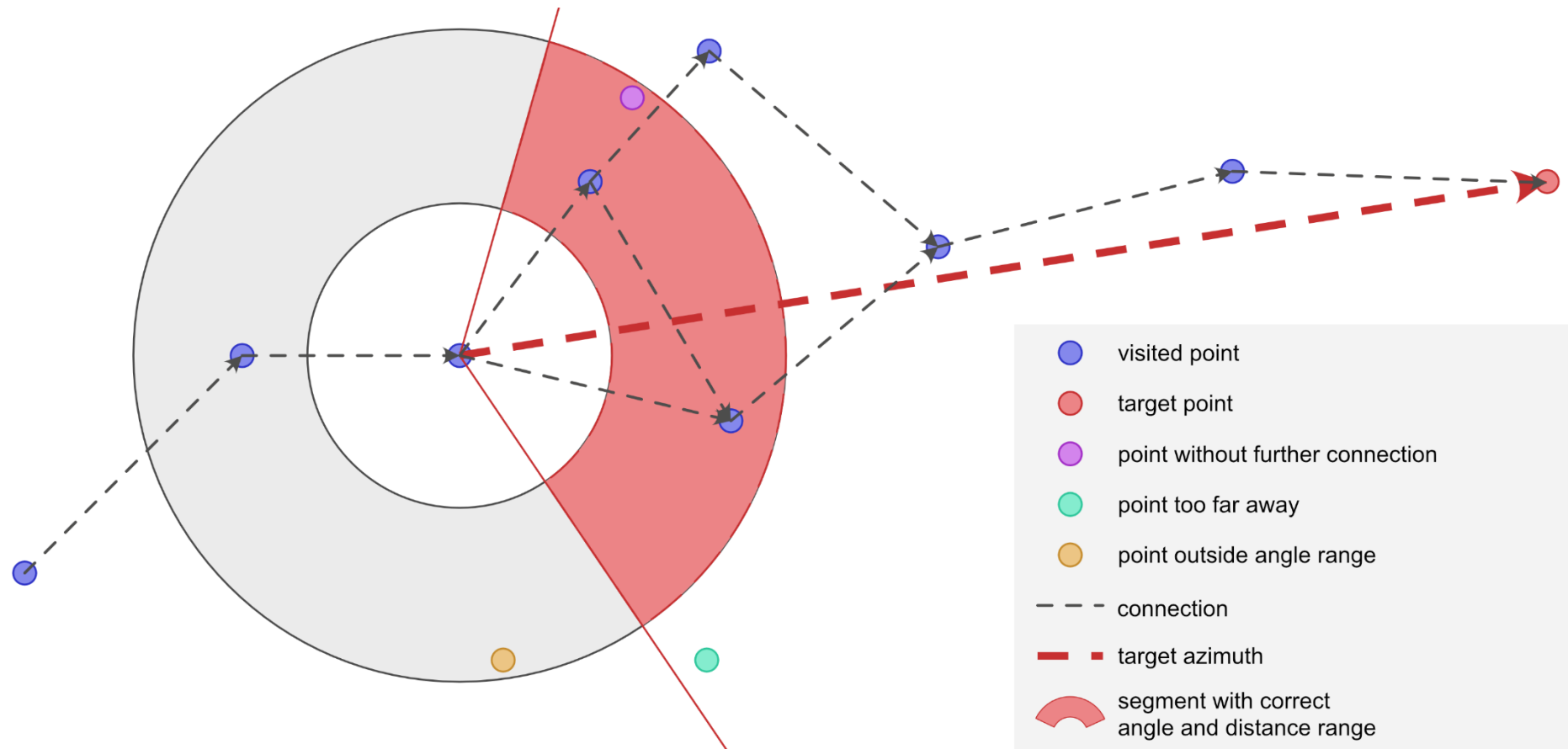
# Wichtigste Errungenschaften unserer Forschungsarbeiten



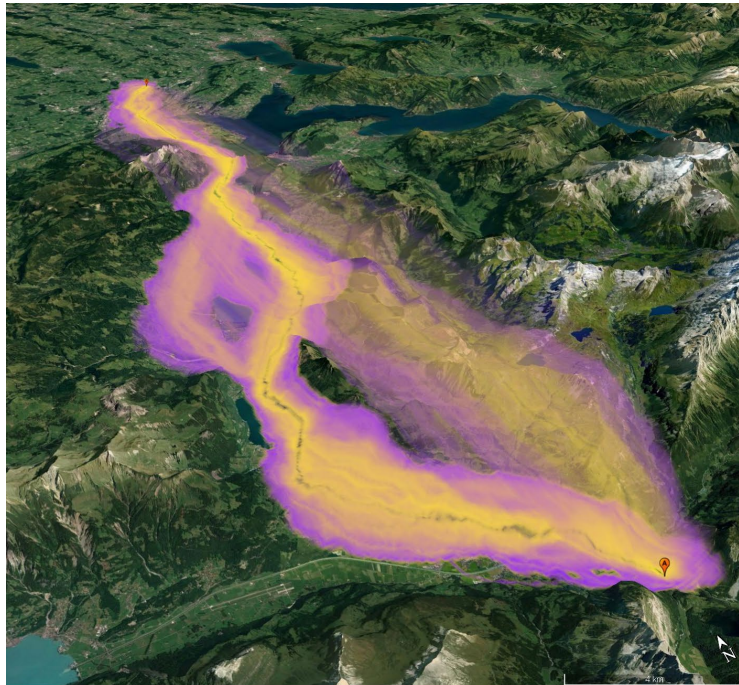
A) Ein Ansatz zur schrittweisen Berechnung der idealen Mastposition ermittelt die heutigen Mastpositionen sehr genau.



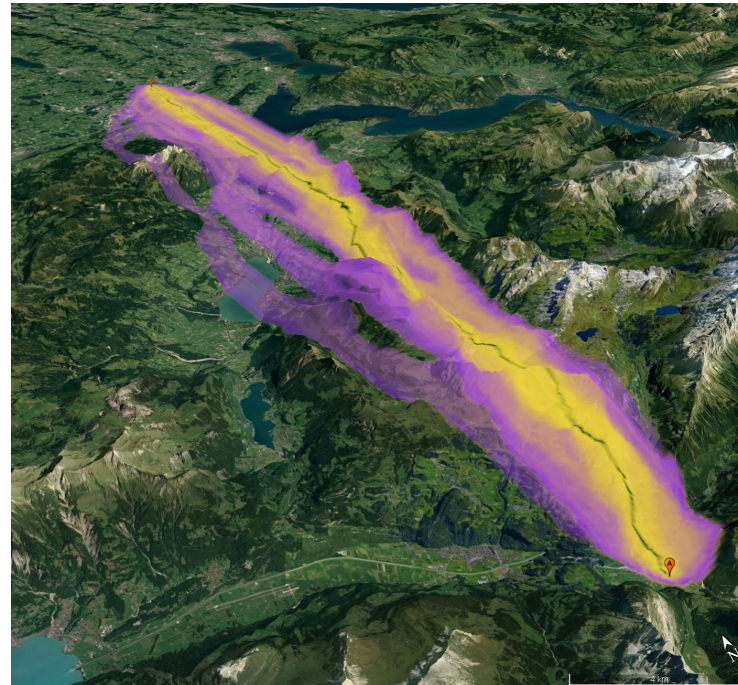
A) Ein Ansatz zur schrittweisen Berechnung der idealen Mastposition ermittelt die heutigen Mastpositionen sehr genau.



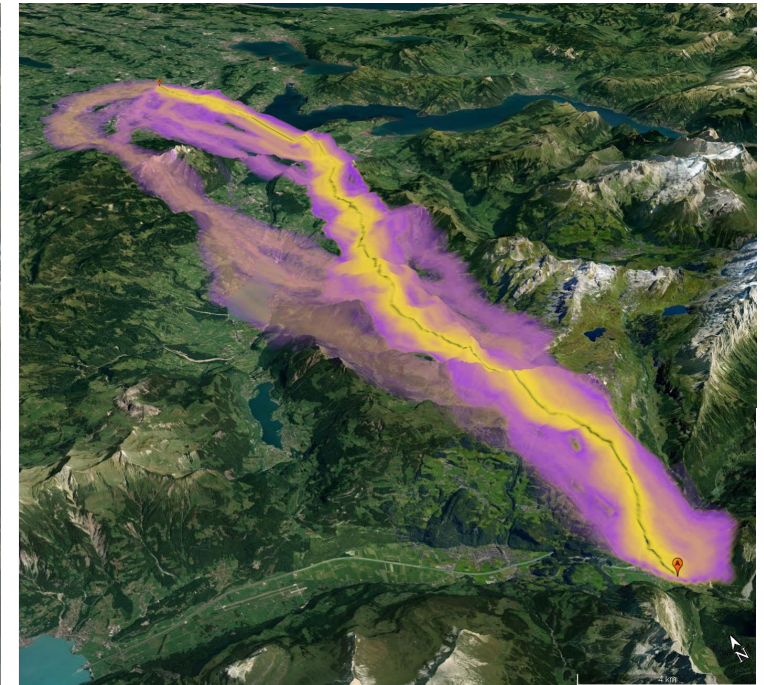
B) Wir wissen, welche Variablen die räumliche Variabilität der Korridore beeinflussen. Das Begrenzungsmodell ist dabei am wichtigsten.



Cluster 1



Cluster 2



Cluster 3



B) Wir wissen, welche Variablen die räumliche Variabilität der Korridore beeinflussen. Das Begrenzungsmodell ist dabei am wichtigsten.

**Sorgen der Bevölkerung!!!**

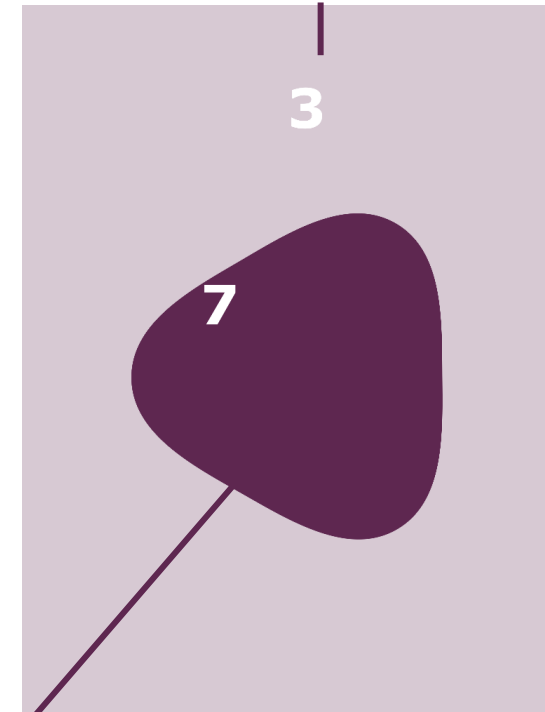
Begrenzungsmodell	★ ★ ★ ★
MCDA-Methode	★ ★ ★
Gewichtungsmodell	★ ★
Nutzenfunktion	★

Gewichtungsmodell ★ ★

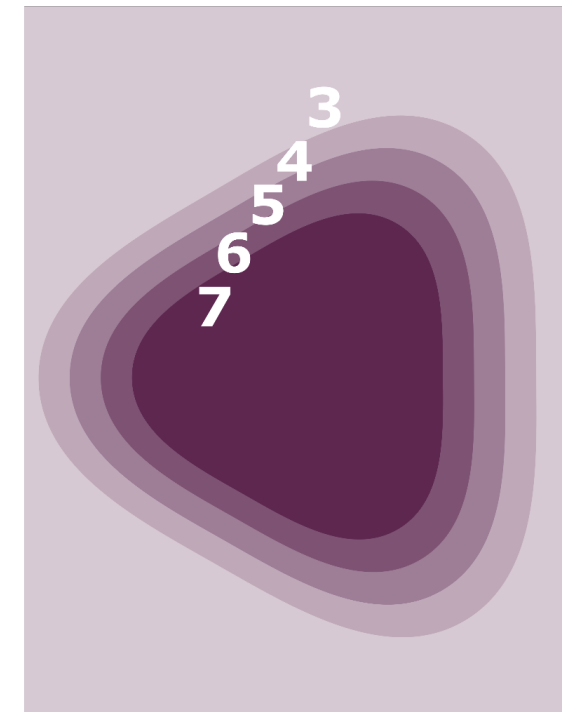
Nutzenfunktion ★

**Fläche mit  
Widerstand 7**

**Fläche mit  
Widerstand 3**



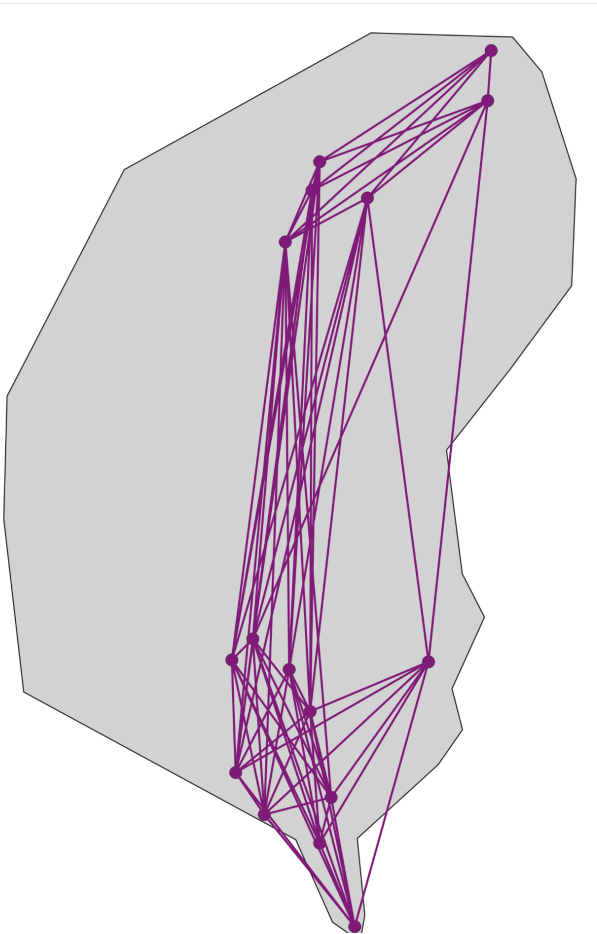
**scharfkantig**



**stetig**

C) Ein Optimierungsansatz findet Pareto-optimale Pfade, die zwischen lokalen Minima verlaufen. Zudem wurde eine Stichleitung identifiziert.

all abstract paths



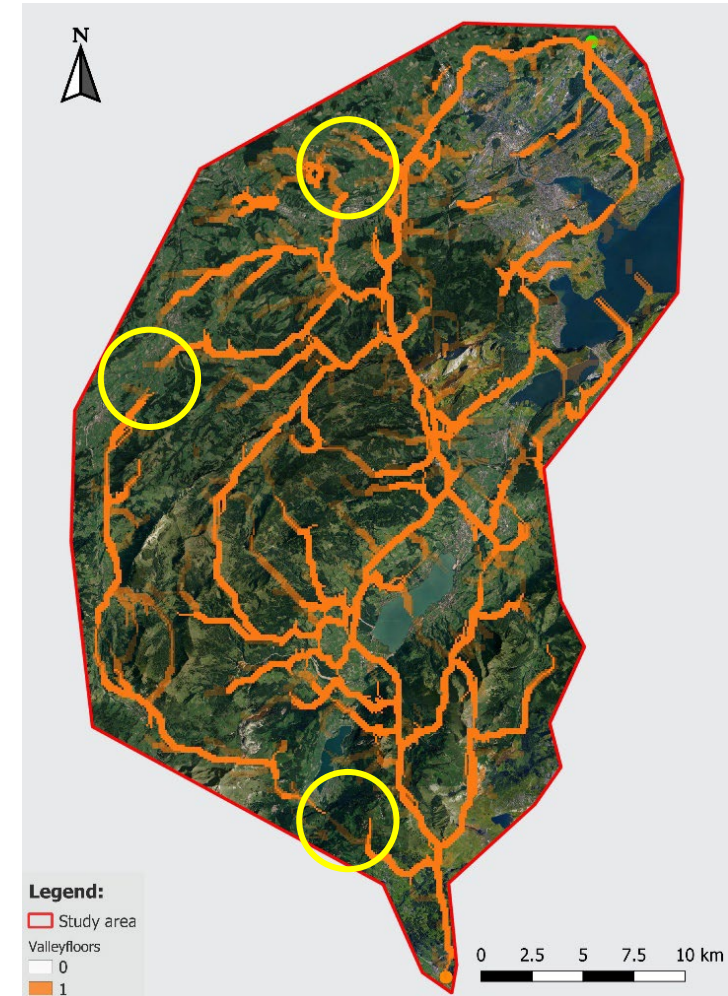
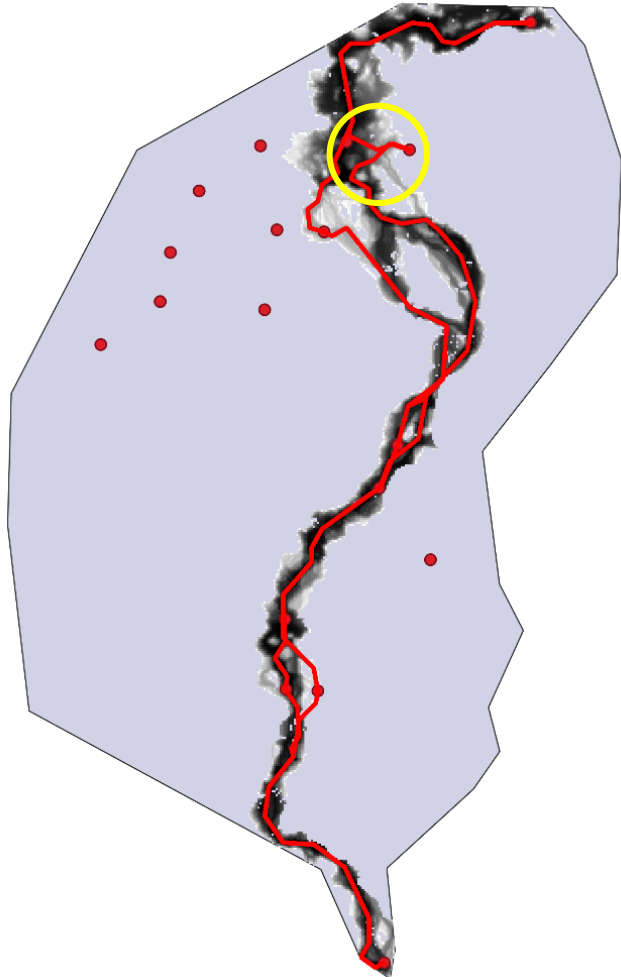
dominant abstract paths



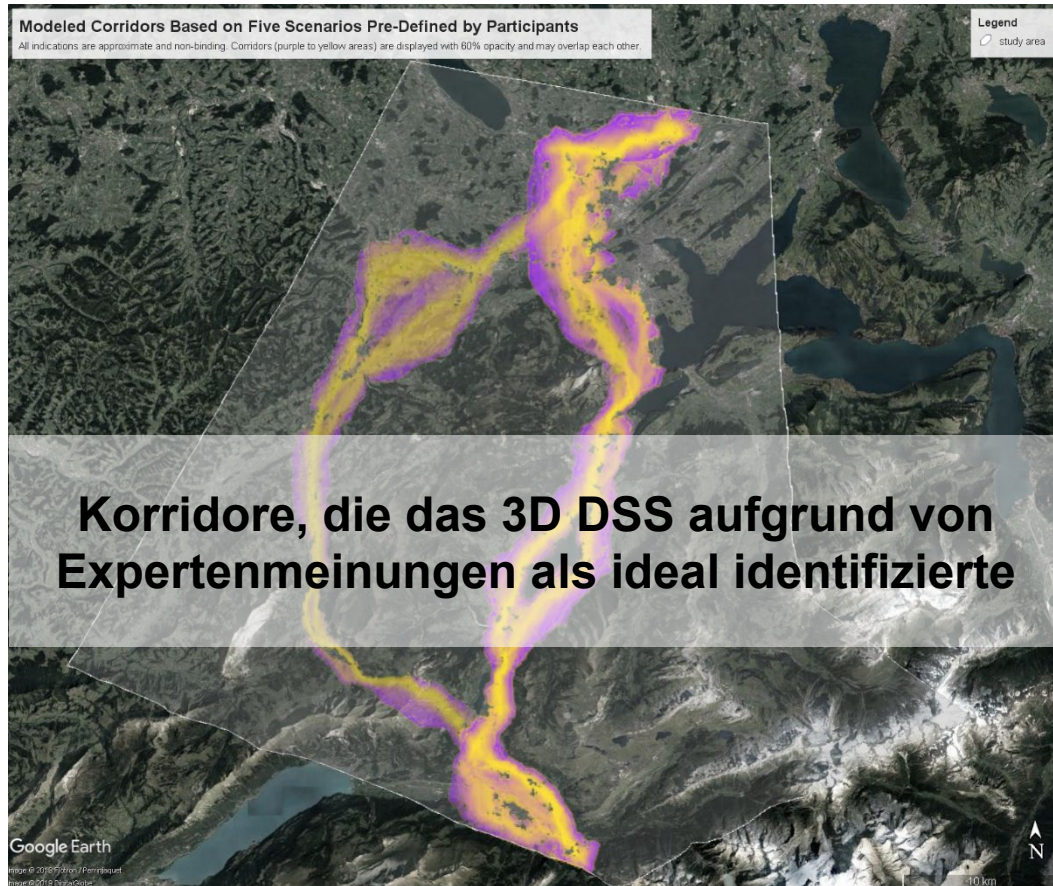
dominant geographic paths



C) Ein Optimierungsansatz findet Pareto-optimale Pfade, die zwischen lokalen Minima verlaufen. Zudem wurde eine Stichleitung identifiziert.

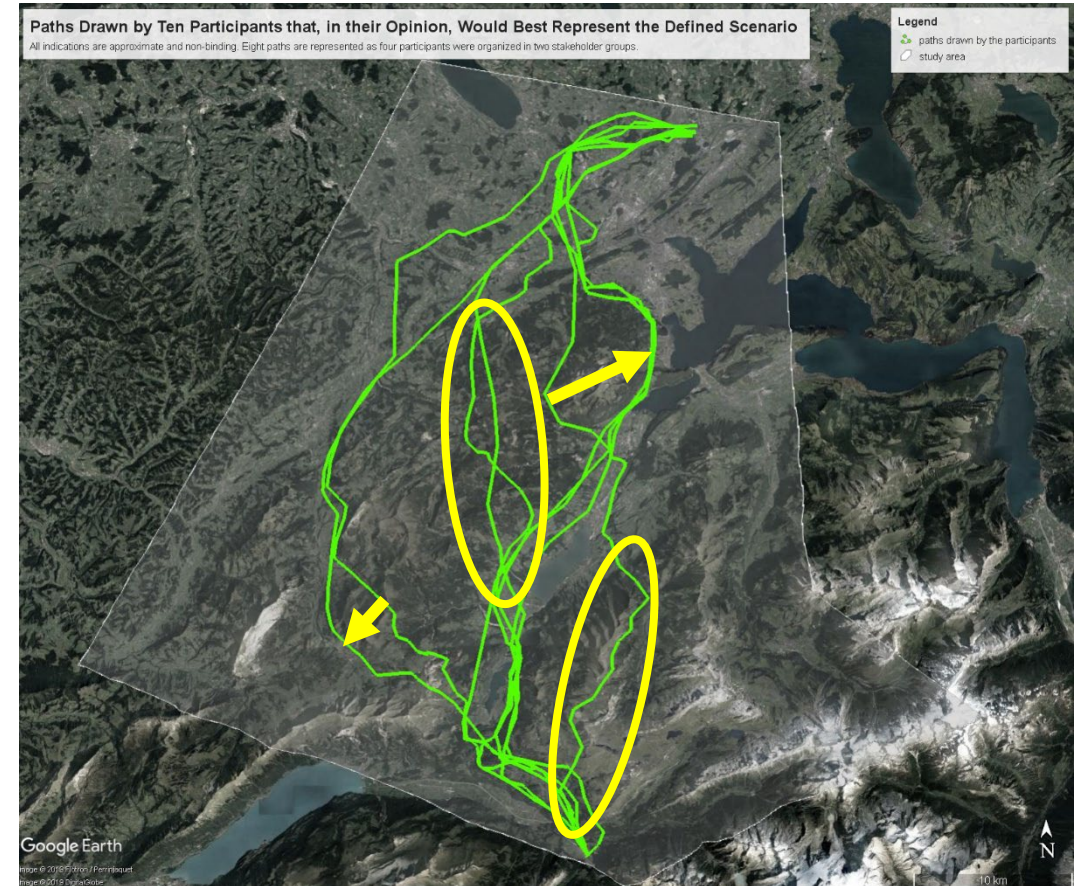
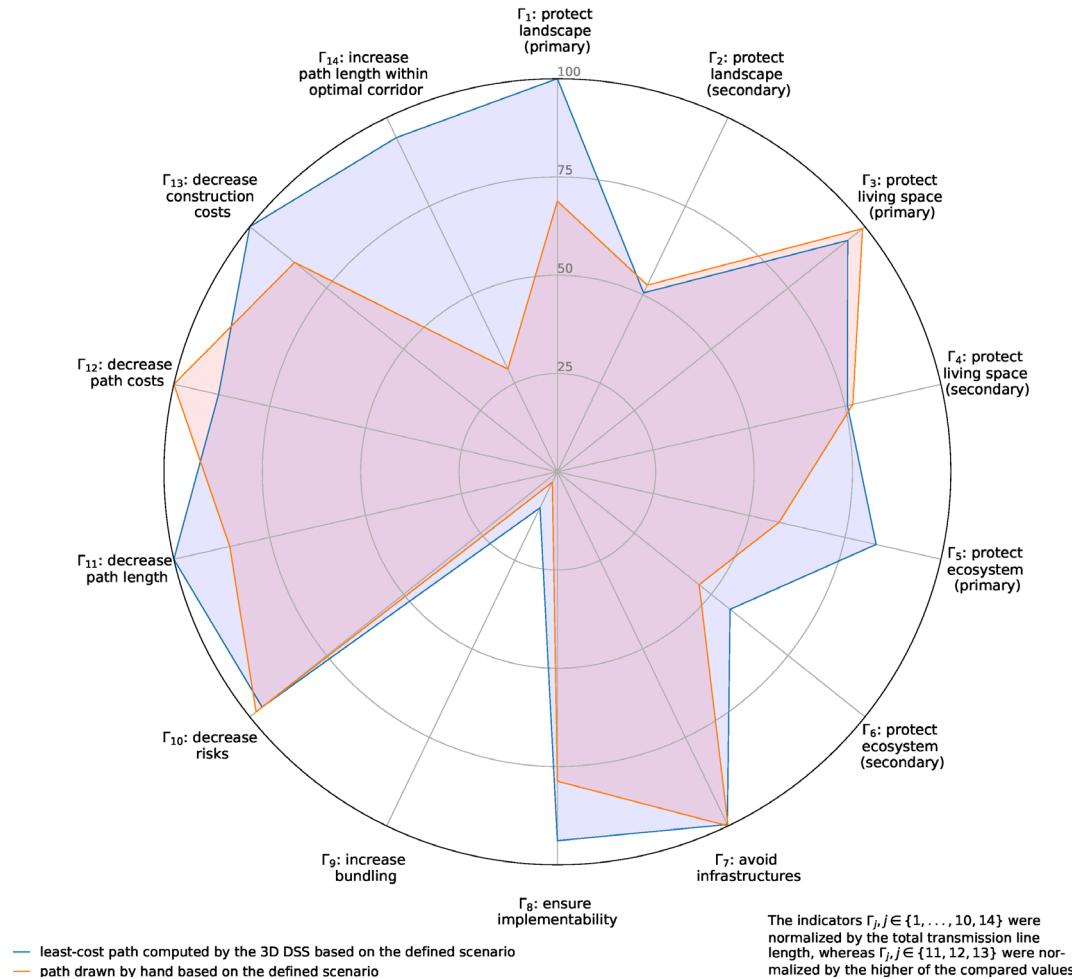


# D) Das 3D DSS fand alle möglichen Korridore. Analysetools unterstützen die Evaluation und fördern die Reflexion.



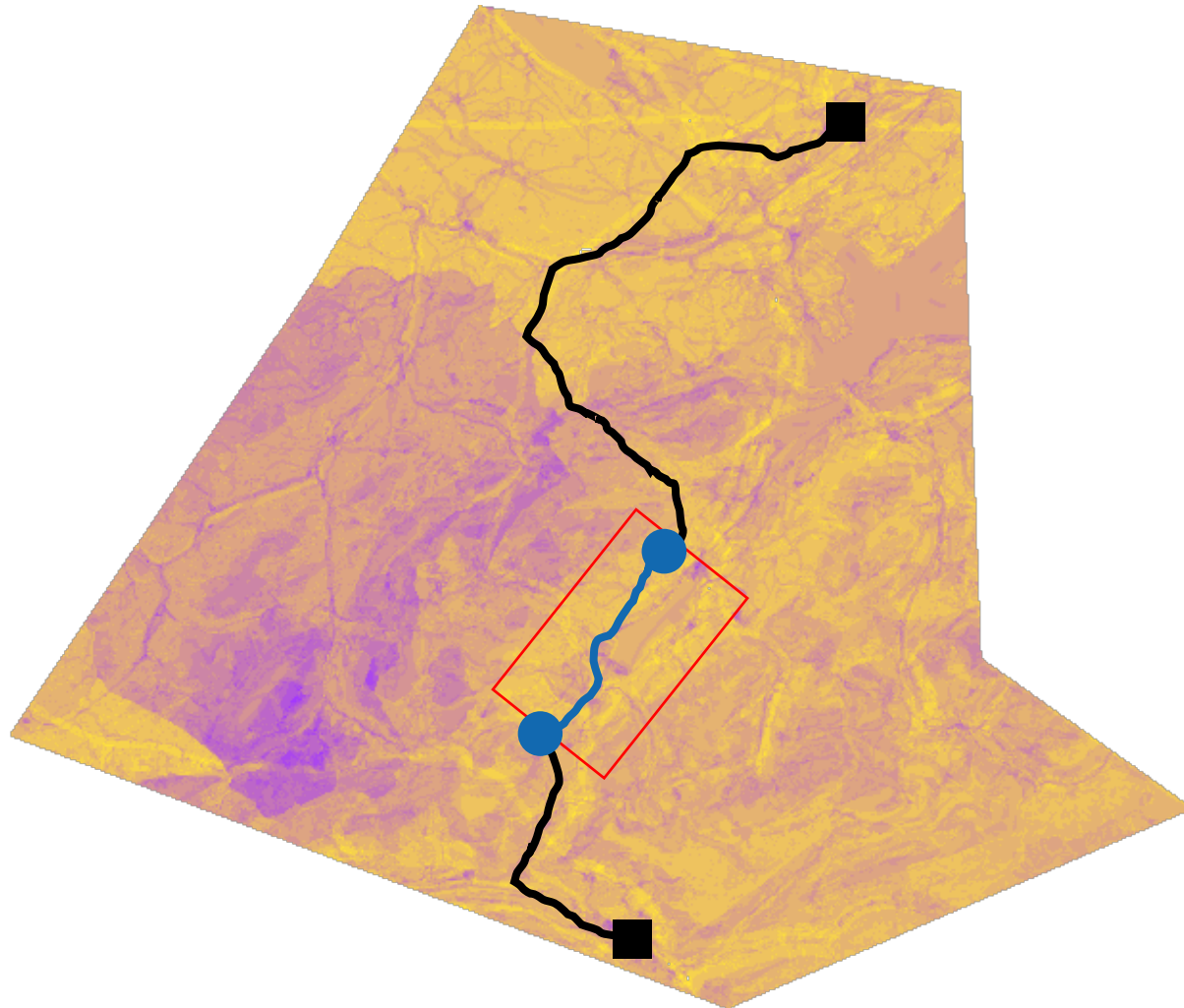
# D) Das 3D DSS fand alle möglichen Korridore. Analysetools unterstützen die Evaluation und fördern die Reflexion.

Indicators  $\Gamma_j$  compared between participant B and the 3D DSS solution based on the scenario *BAFU*.



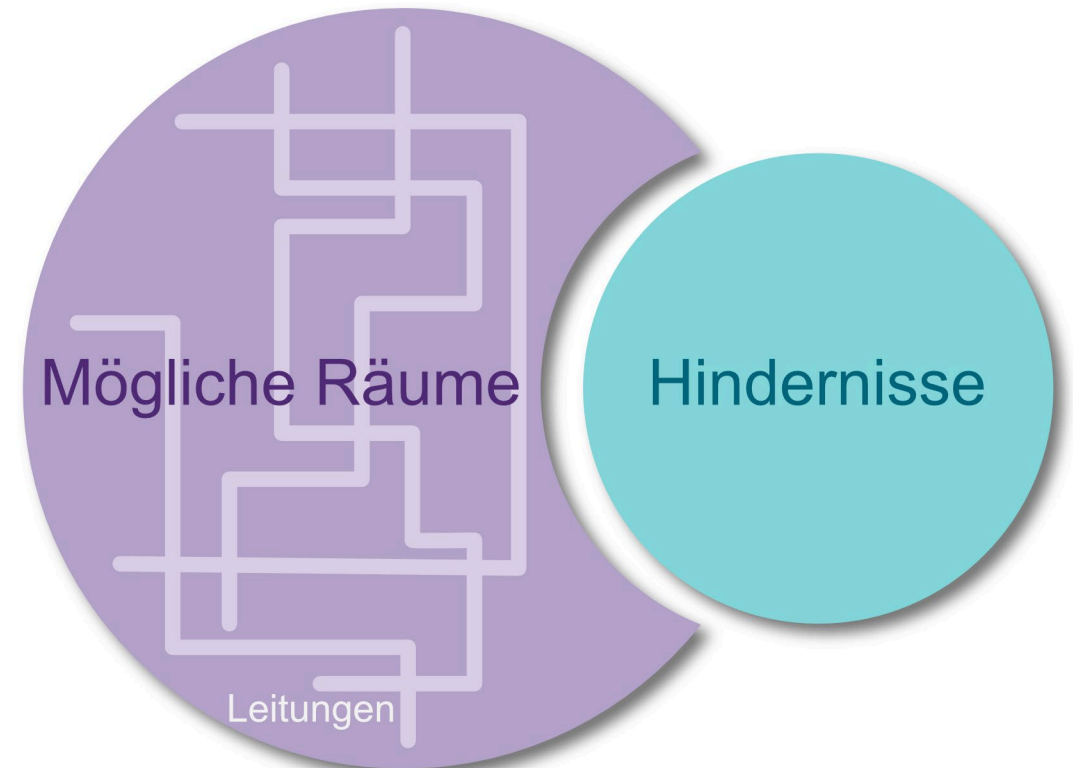
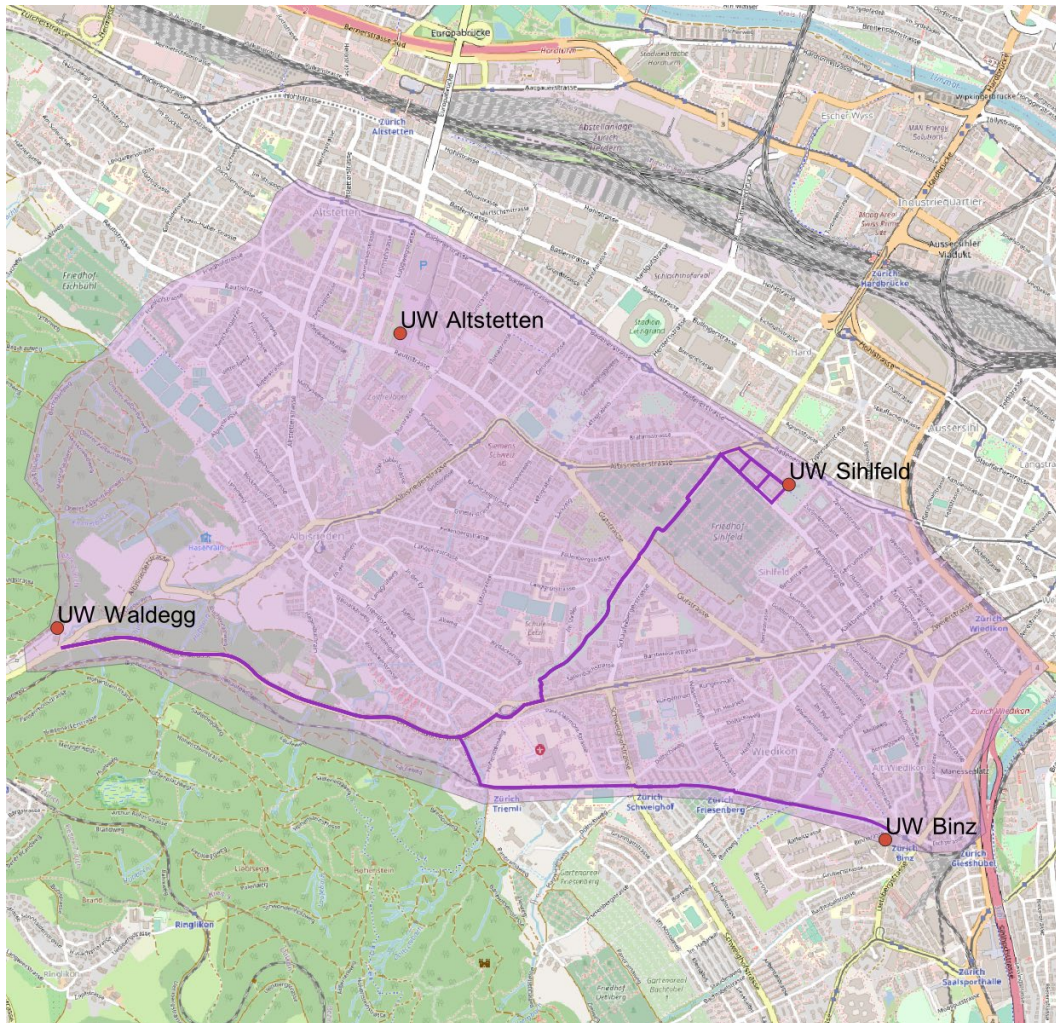


E) Wir haben den weltweit ersten Ansatz zur Findung kombinierter Leitungen entwickelt. Und er funktioniert zuverlässig.



1. Flächen bestimmen, in denen ein Erdkabel zu einer geringeren Gesamtbelastung führt als eine Freileitung
2. Suche an den Rändern dieser Zone nach Standorten für Übergangsbauwerke
3. Optimalen Erdkabelkorridor zwischen den Übergangsbauwerken modellieren
4. Übergangsbauwerke mit einer Freileitung mit den Unterwerken verbinden

# F) Algorithmus zur Findung der optimalen Route für eine 150 kV-Leitung in urbanem Gebiet entwickelt.



# Schlussfolgerungen

# Wie kann das 3D DSS die Leitungsplanung unterstützen?

Hohes Potenzial für die Praxis

Verlässlich, da mathematisch erprobt und anpassbar

Zeit und Kosten werden eingespart



# Schlussfolgerungen



- Das 3D DSS-Projekt untersuchte unterschiedliche Ansätze, wie die Leitungsplanung automatisiert werden kann.
- Das 3D DSS unterstützt die Planung und die Analyse neuer Leitungen und die Kommunikation von Leitungsprojekten.
- Planer, Stakeholder und Entscheidungsträger können vom analytischen Ansatz profitieren und mehr Akteure in den Prozess integrieren, was zu einer höheren Akzeptanz führt.

# Vision



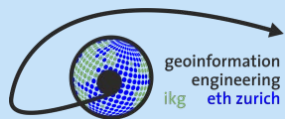
# Projektpartner

 [3ddss.ethz.ch](https://3ddss.ethz.ch)  
 [@3ddss\\_eth](https://twitter.com/3ddss_eth)



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

**Bundesamt für Energie BFE**  
**Swiss Federal Office of Energy SFOE**



[www.gis.ethz.ch](http://www.gis.ethz.ch)



[www.plus.ethz.ch](http://www.plus.ethz.ch)

## Projekt 2018–2020 (Erdkabel)



## Projekt 2014–2017 (Freileitungen)



Dr. Joram Schito  
Dozent  
[jschito@ethz.ch](mailto:jschito@ethz.ch)

ETH Zürich  
Institut für Kartografie und Geoinformation  
HIL G 23.1  
Stefano-Franscini-Platz 5  
8093 Zürich, Schweiz

[www.gis.ethz.ch](http://www.gis.ethz.ch)  
[3ddss.ethz.ch](http://3ddss.ethz.ch)