



## 3D Decision Support System zur Unterstützung der Leitungsplanung

08.11.2017

ETG-Fachtagung: Leitungsbau – «Spannung im Netzbau»

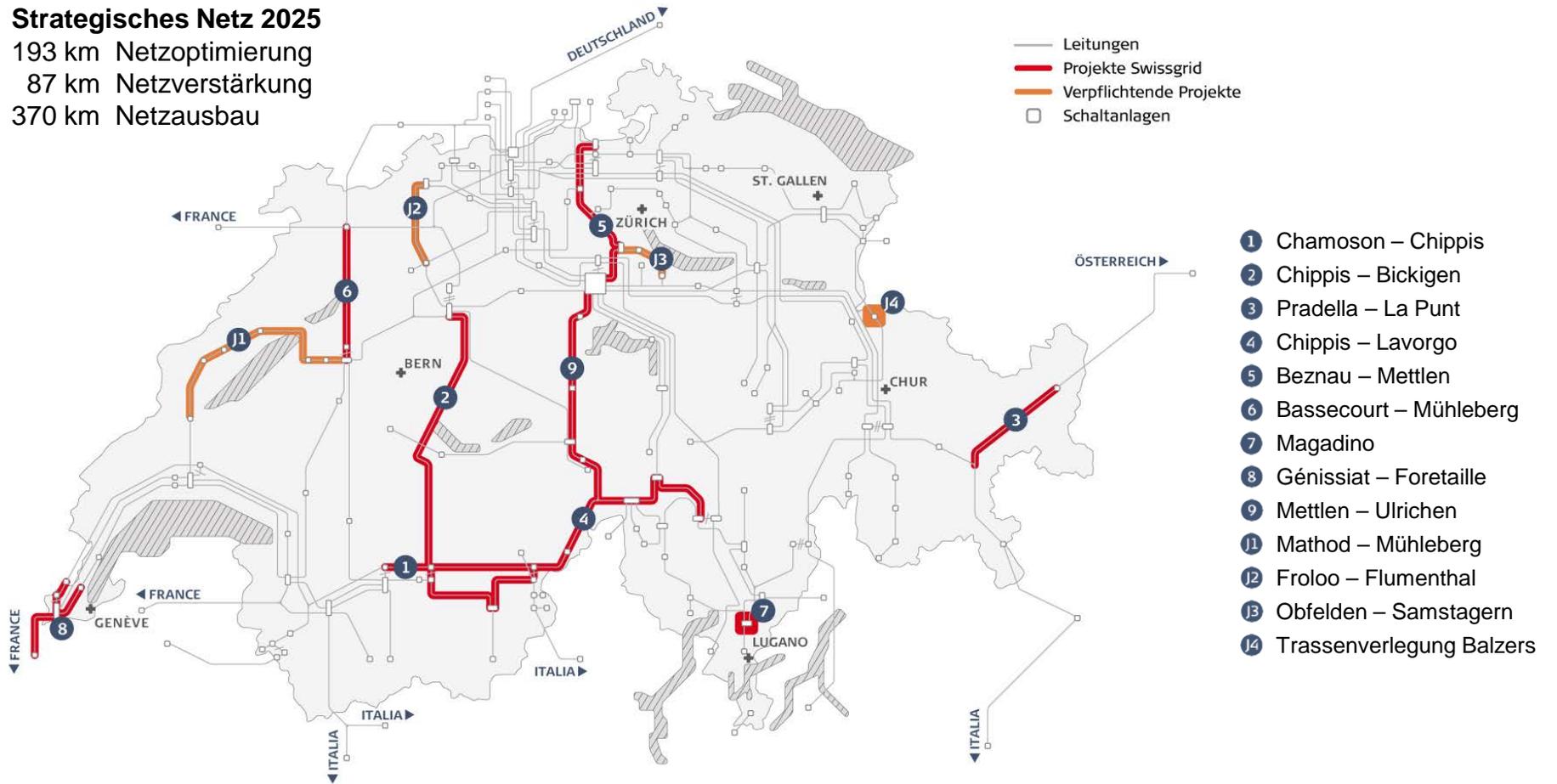
Joram Schito, ETH Zürich

Dr. Jonas Mühlethaler, Swissgrid

# Das Netz muss modernisiert und ausgebaut werden

## Strategisches Netz 2025

193 km Netzoptimierung  
87 km Netzverstärkung  
370 km Netzausbau



# Geringe Akzeptanz neuer Leitungen führt zu Projektverzögerungen

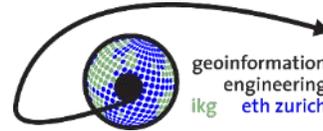


# Richtziele des Projekts



- Die Lösung finden, welche die **höchste Akzeptanz** zwischen allen Entscheidungsträgern hat
- **Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA)** erlaubt es, die Interessen aller Entscheidungsträger zu berücksichtigen
- Die Akzeptanz einer Leitung durch 3D-Visualisierung steigern

# Projektgruppe



## Förderung und fachliche Unterstützung



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Bundesamt für Energie BFE  
Swiss Federal Office of Energy SFOE



## Fachliche Unterstützung

In cooperation with the CTI



**Energy funding programme**  
Swiss Competence Centers for Energy Research



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Swiss Confederation

Commission for Technology and Innovation CTI





## Eine kurze Einführung zum Vorgehen

# Objekte strahlen einen Raumwiderstand gemäss ihrer Schutzwürdigkeit aus

- Monetäre Kosten
- Politischer Widerstand
- Einsprüche → Verzögerung
- Geschützte Gebiete
- Sicherheitsabstände
- Sichtbarkeit der Masten



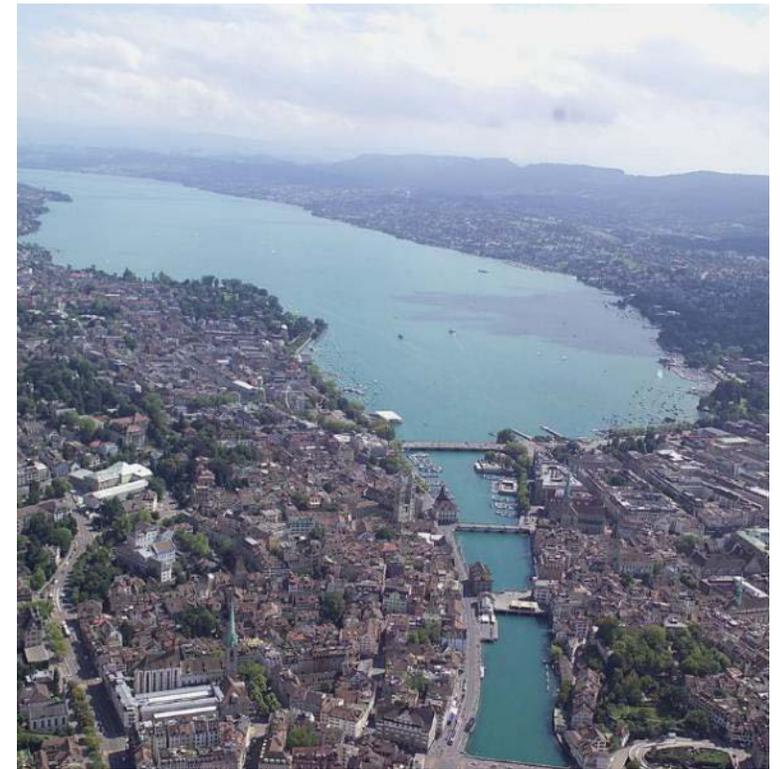
# Das Entscheidungsmodell berücksichtigt folgende drei Dimensionen



Technische Umsetzbarkeit



Umwelt- und  
Landschaftsschutz



Raumplanung

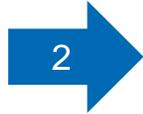
# Wie das optimale Planungsgebiet berechnet wird



Geodaten

Widerstand und Gewicht

Kategorie	Widerstand	Gewicht
A	5	1
B	4	2
C	4	3



MCDA-Algorithmus

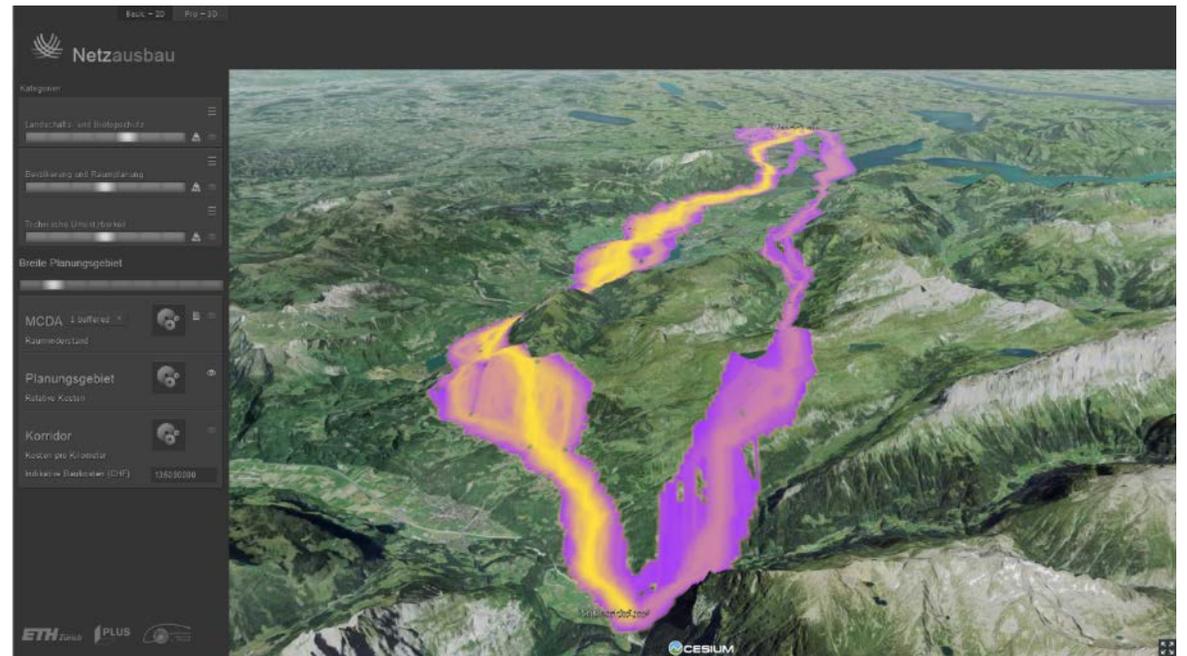
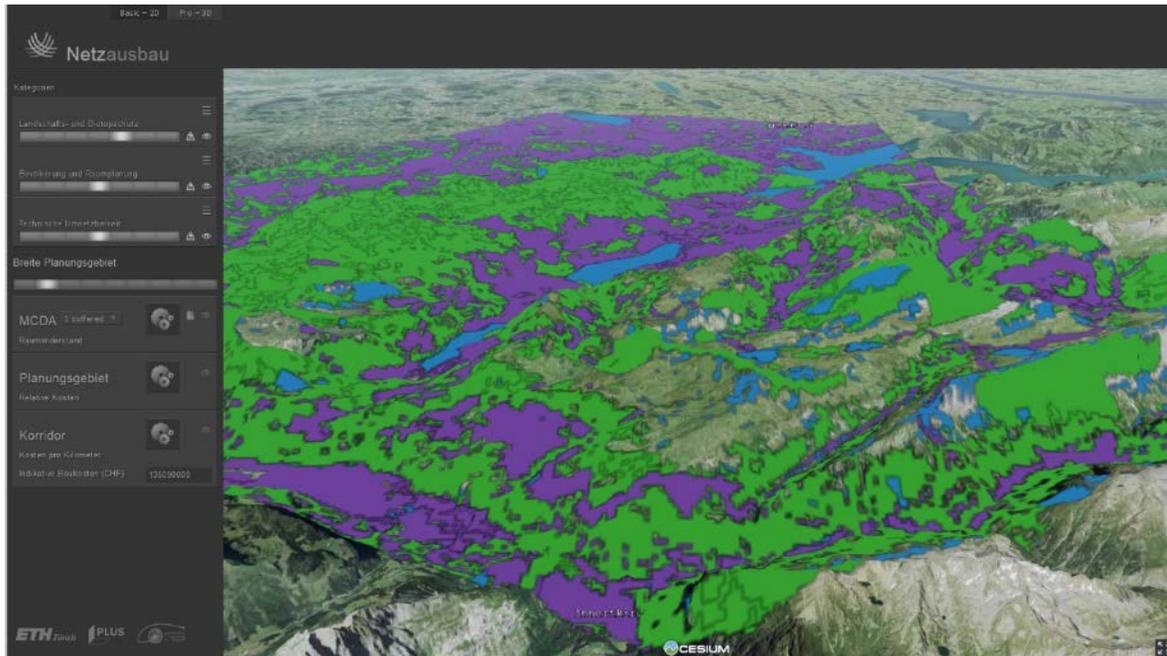
$$t_x = \sum_{i=1}^n g_i \cdot w_{ix}$$



Optimierung



Planungsgebiet



*i* = Faktor  
*n* = Anzahl an Faktoren  
*t<sub>x</sub>* = Totaler Widerstand an Stelle *x*  
*g<sub>i</sub>* = Gewicht des Faktors *i*  
*w<sub>ix</sub>* = Widerstand von *i* an Stelle *x*



## Kategorien

Landschafts- und Biotopschutz



Bevölkerung und Raumplanung



Technische Umsetzbarkeit



## Breite Planungsgebiet

MCDA 1 ▾



Raumwiderstand

Planungsgebiet



Relative Kosten

Korridor

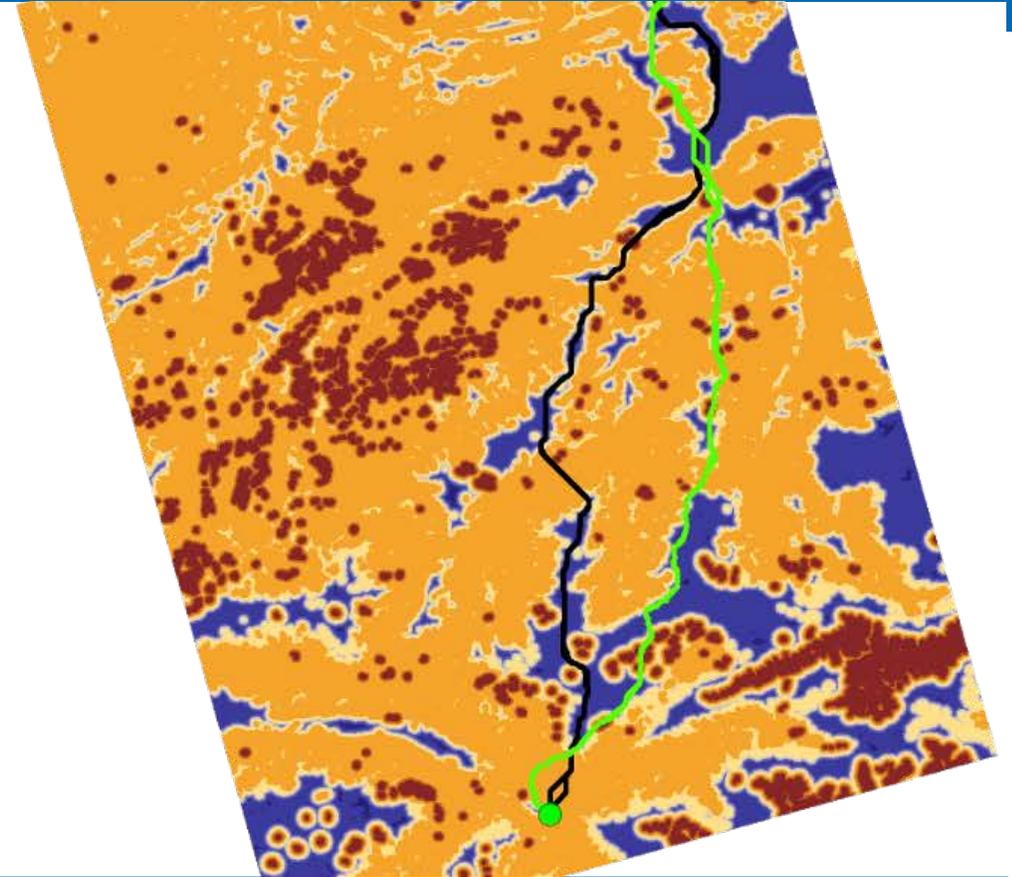
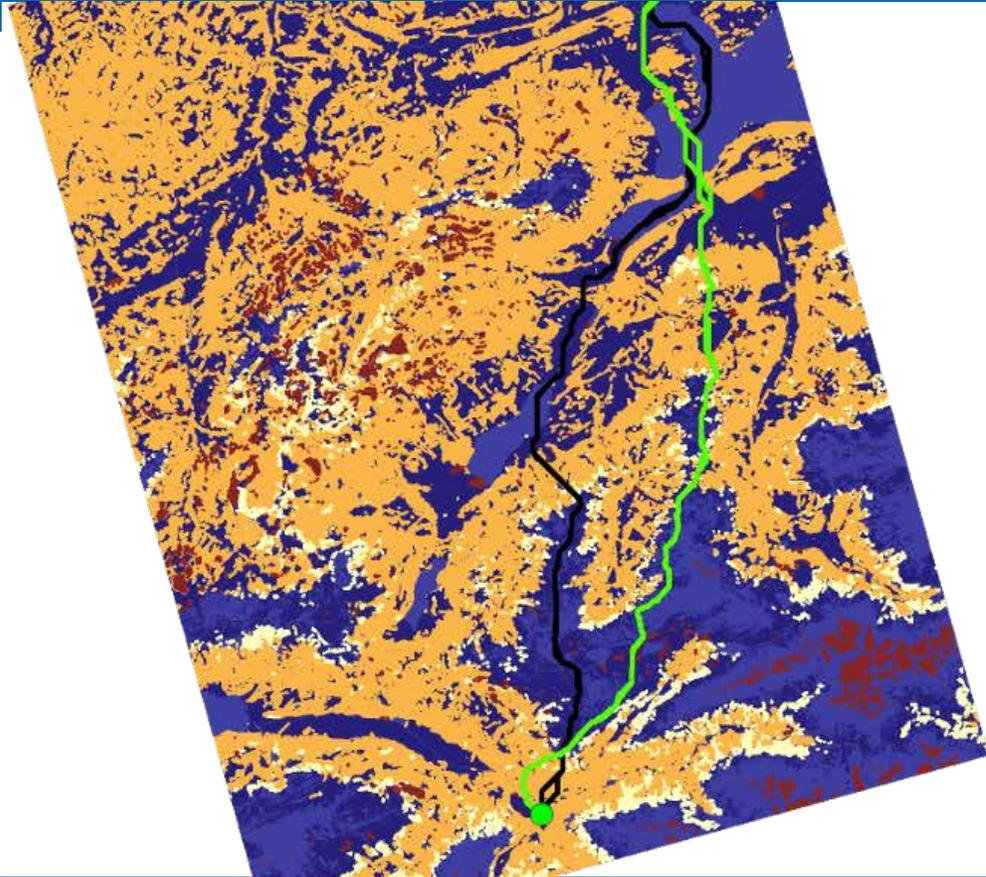


Kosten pro Kilometer

Indikative Baukosten (CHF)

# Live Demo

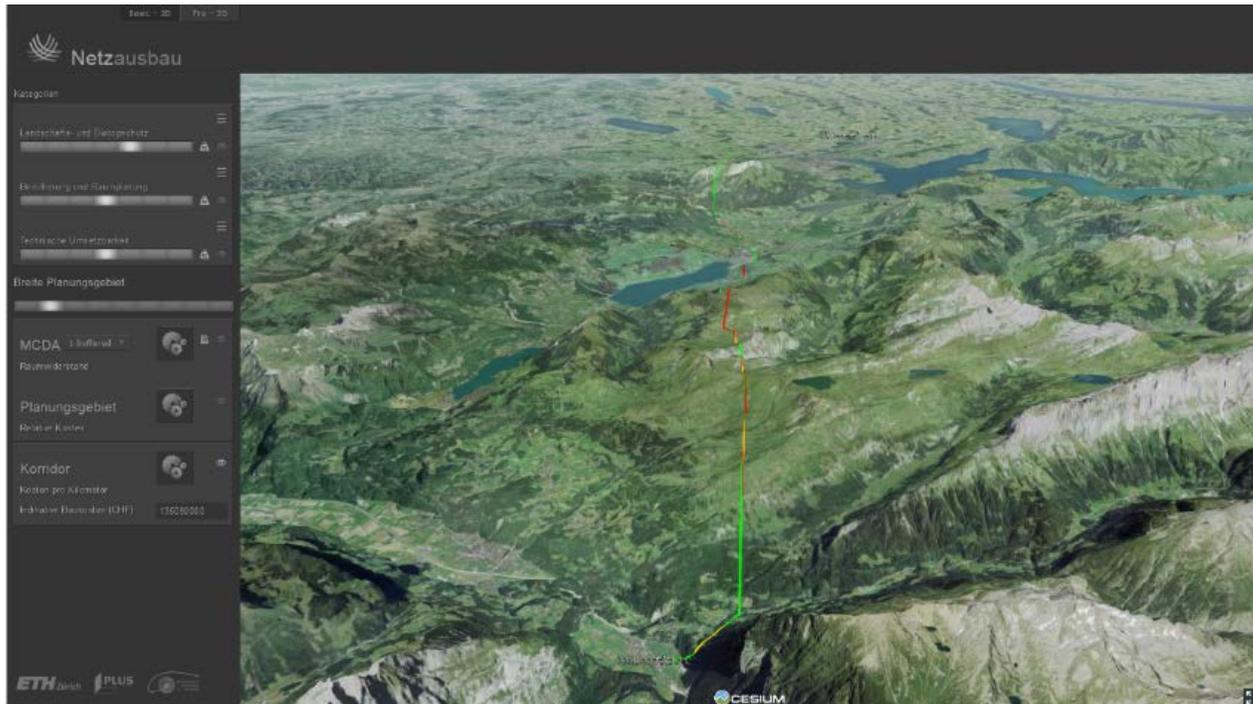




## Resultate

2014–2017

# Berechnete Resultate



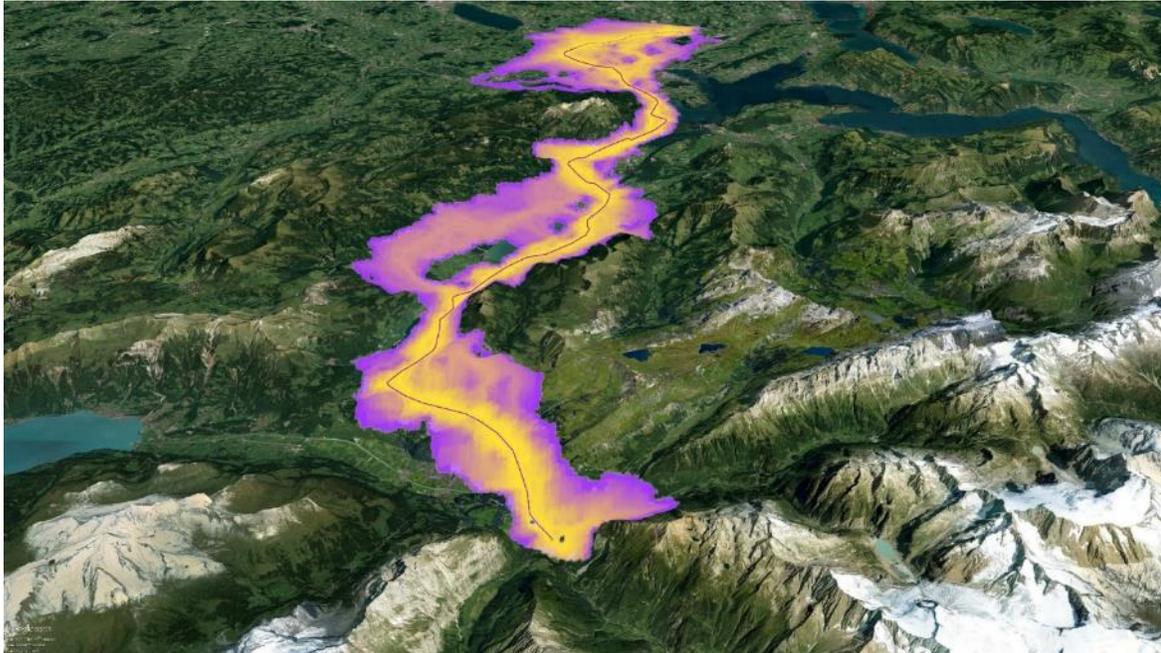
- Optimales Planungsgebiet
- Optimaler Korridor
- Optimale Trasse
  
- Indikative Baukosten
- Totaler Raumwiderstand
- Länge der durchquerten Schutzgebiete
- Anzahl der Masten

# 3 Workshops mit Swissgrid, APG und diversen Bundesämtern durchgeführt

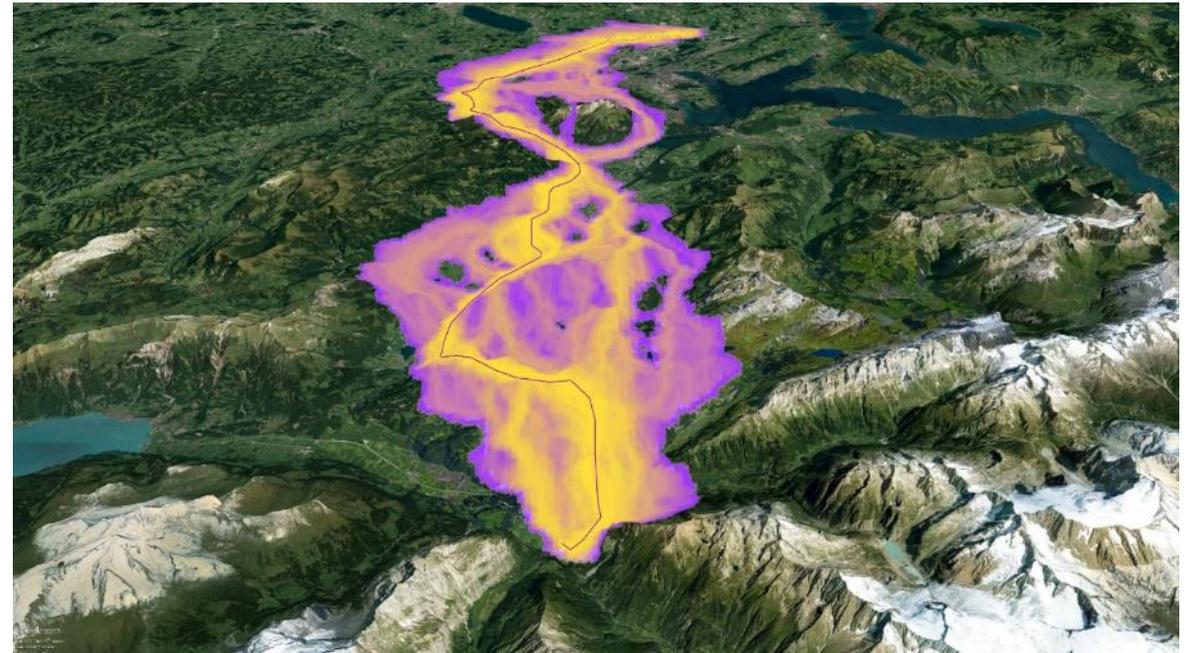
- Verschiedene MCDA-Modelle inkl. Gewichtungen besprochen
- 3 durch Experten definierte Szenarien evaluiert
- Experten massen dem 3D DSS ein hohes Potential in der praktischen Anwendung bei

Kategorien	Widerstand	Eignung der Zone für Leitungen	Gewicht
<b>Landschafts-/Biotopschutz</b>			
Auen/Amphibiengeb. v. nat. Bed.	1	weitgehend ungeeignet	2
Biosphärenreservate	1	weitgehend ungeeignet	2
BLN	1	weitgehend ungeeignet	2
Geotope	0	neutral	2
Moorbiotope v. nat. Bed.	2	ungeeignet	3
Moorlandschaften v. nat. Bed.	1	weitgehend ungeeignet	3
Naturschutzgebiete	1	weitgehend ungeeignet	2
Pärke v. nat. Bed.	0	neutral	2
Schutzwürdige Feuchtgebiete,...	1	weitgehend ungeeignet	2
Schutzgebiete nach Jagdgesetz	0	neutral	2
TWW v. nat. Bed.	1	weitgehend ungeeignet	2
Vogelschutzzonen	1	weitgehend ungeeignet	2
Wald	0	neutral	2
<b>Bevölkerung/Raumplanung</b>			
Kulturgüterschutzobjekte (KGS)	-1	weitgehend geeignet	2
ISOS-Objekte	1	weitgehend ungeeignet	2
IVS-Objekte	0	neutral	2
Historische Areale	0	neutral	1
Gebäude	0	neutral	2
Öffentliche Zonen	0	neutral	2
Wohn-, Arbeits- und Mischzonen	1	weitgehend ungeeignet	2
Freizeitorte	0	neutral	2
Tourismuszonen	0	neutral	2
Infrastrukturanlagen	1	weitgehend ungeeignet	2
Landwirtschaftszonen	-1	weitgehend geeignet	1
Bündelung m. exist. Leitungen	-1	weitgehend geeignet	2
Bündelung m. exist. Verkehrsinfra.	0	neutral	2
<b>Techn. Umsetzbarkeit</b>			
Naturgefahrenzonen	1	weitgehend ungeeignet	2
Oberflächengewässer	0	neutral	2
S1-Grundwasserzone	2	ungeeignet	3
S2-Grundwasserzone	1	weitgehend ungeeignet	2
ungeeignetes Relief	0	neutral	2

# Zusätzliche Sicherheitsabstände führen zu realitätsnäheren Lösungen

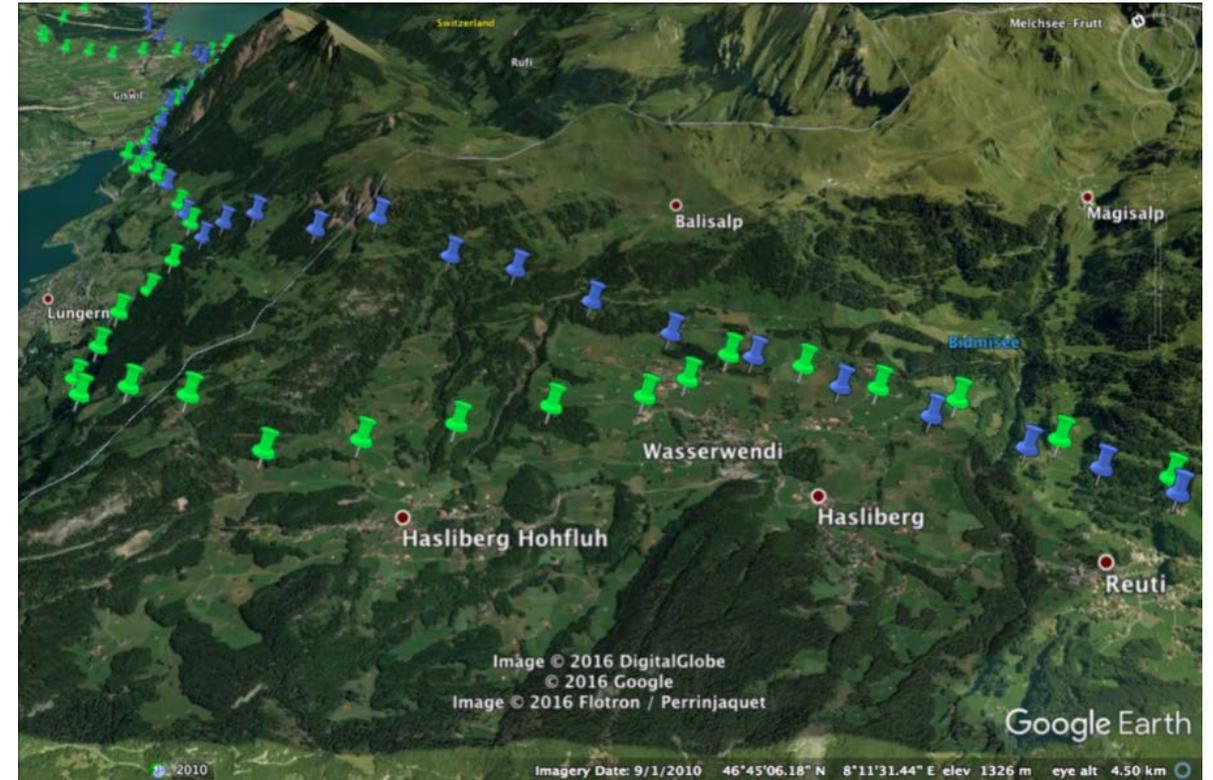
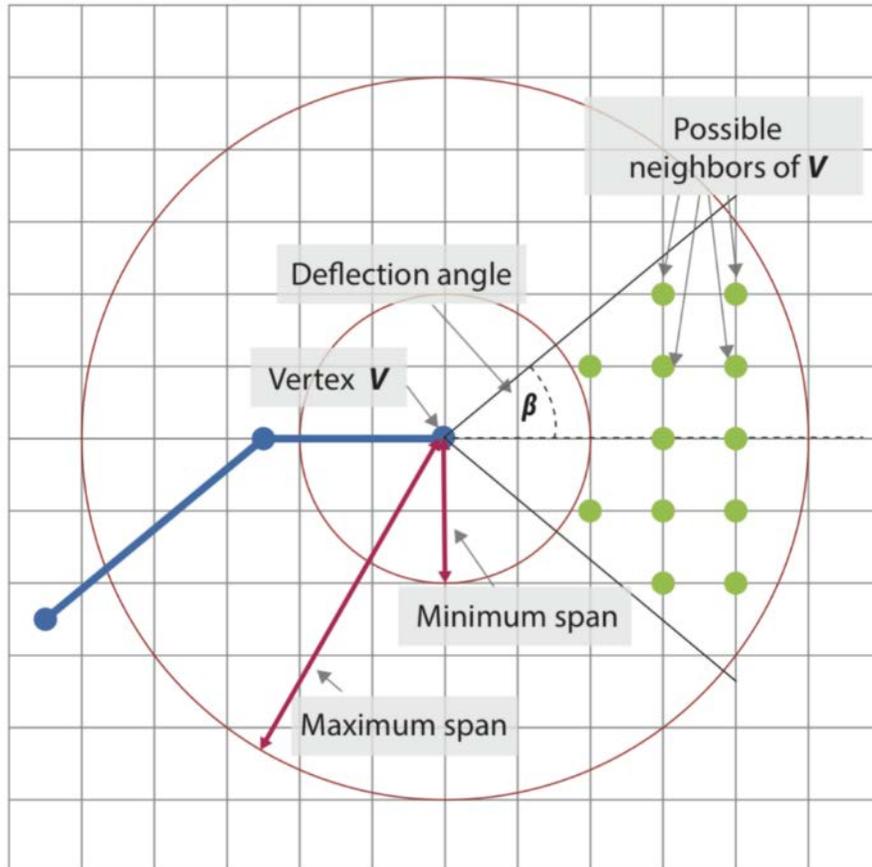


**Ohne Sicherheitsabstand:  
Mehr direkte Verbindungen**



**Mit Sicherheitsabstand:  
Umgehung von dicht besiedelten Gebieten**

# Schrittweise Berechnung der idealen Mastposition von Mast zu Mast

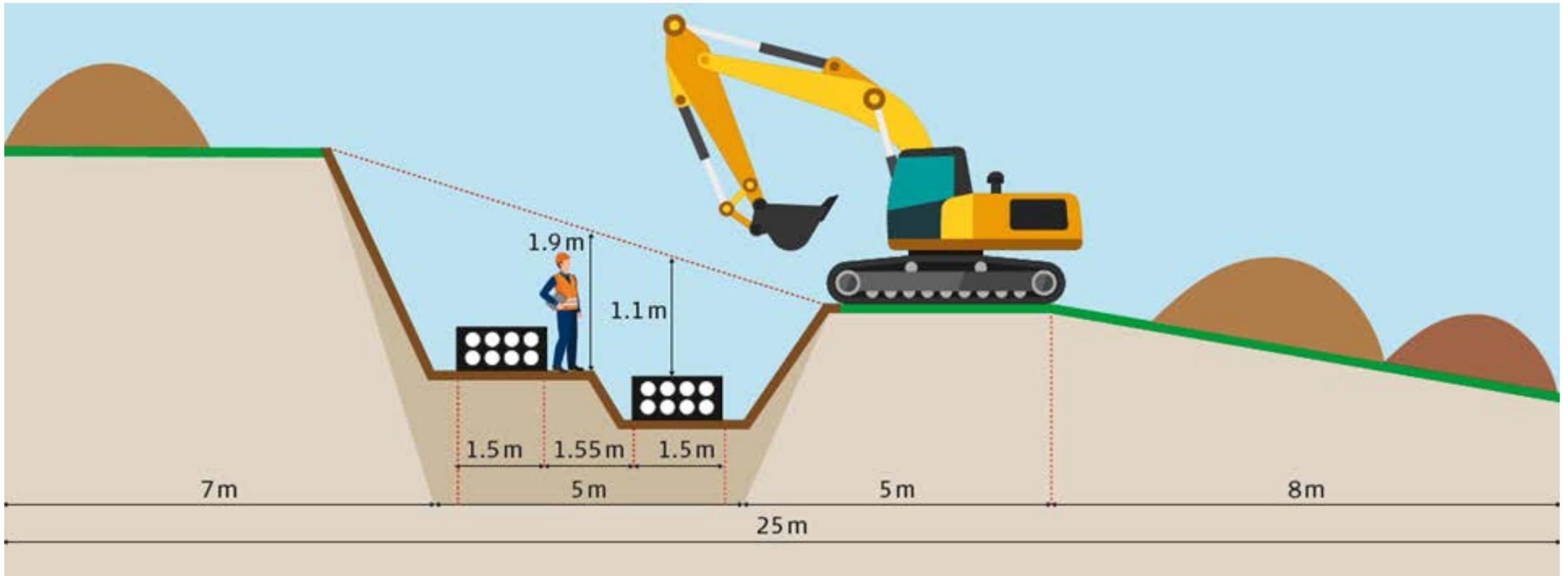


Piveteau (2017)



## Ausblick

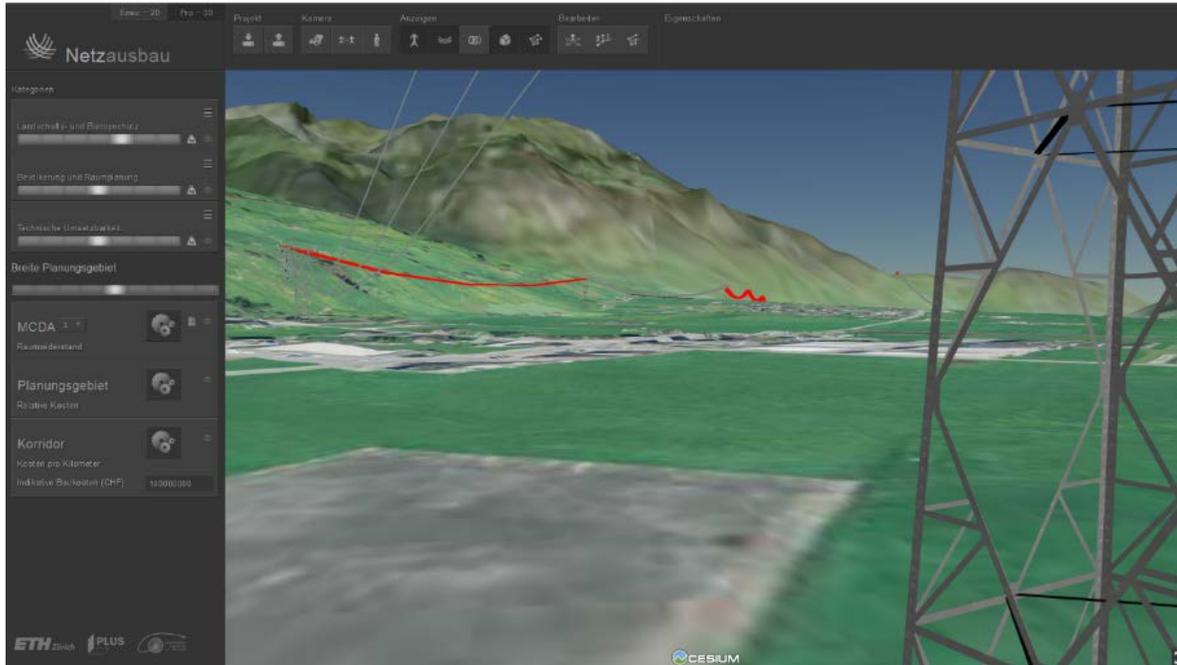
# Nächste Schritte: Lösung zur Planung von Erdkabeln in 3D DSS integrieren



# Nächste Schritte: Visualisierung von LiDAR-Daten



# Ausblick: Können die Masten noch realitätsnäher dargestellt werden?



# Einsatz in realen Netzausbauprojekten



- Verwendung zur übergeordneten Planung
- Wirkt entscheidungsunterstützend
- Verwendung als Kommunikationsmittel an Informationsveranstaltungen
- Visualisierung des finale Trassees aus der Perspektive betroffener Bürger

# Wie wir eine höhere Akzeptanz erreichen wollen



- Höhere Glaubwürdigkeit aufgrund realistischer Visualisierung
- Offenheit gegenüber unterschiedlichen Technologien und Lösungen
- Interessen aller Stakeholder werden durch MCDA berücksichtigt
- Höhere Transparenz im Entscheidungsprozess

# Links



-  <https://netzausbau.ethz.ch/ch/>
-  [https://www.youtube.com/watch?v=PDWy\\_unkKy8](https://www.youtube.com/watch?v=PDWy_unkKy8)
-  <http://www.esc.ethz.ch/news/archive/2017/05/3d-gis-for-planning-electric-power-systems.html>



## Diskussion

Haben Sie Fragen zum 3D DSS oder zur Methodik?

**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit.**

