



Hochspannungsleitungen planen und deren Akzeptanz erhöhen – mit dem 3D Decision Support System der ETH Zürich

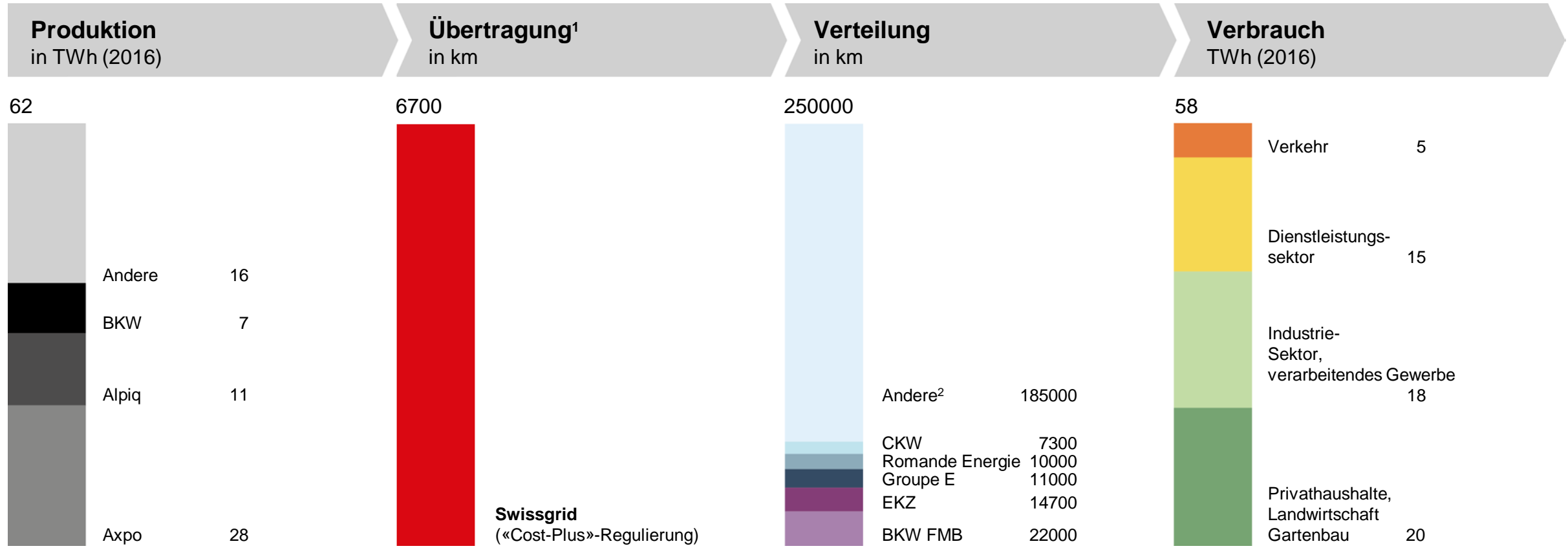
06.06.2018

GEOSummit 2018, Bern

Joram Schito, Dr. Ulrike Wissen Hayek, Prof. Dr. Martin Raubal und Prof. Dr. Adrienne Grêt-Regamey (ETH Zürich)

In Zusammenarbeit mit Dr. Jonas Mühlethaler und Joshu Jullier (Swissgrid)

Schweizer Strommarkt im Überblick

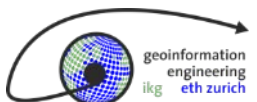


¹ 380 kV: 1,780 km und 220 kV: 4,920 km

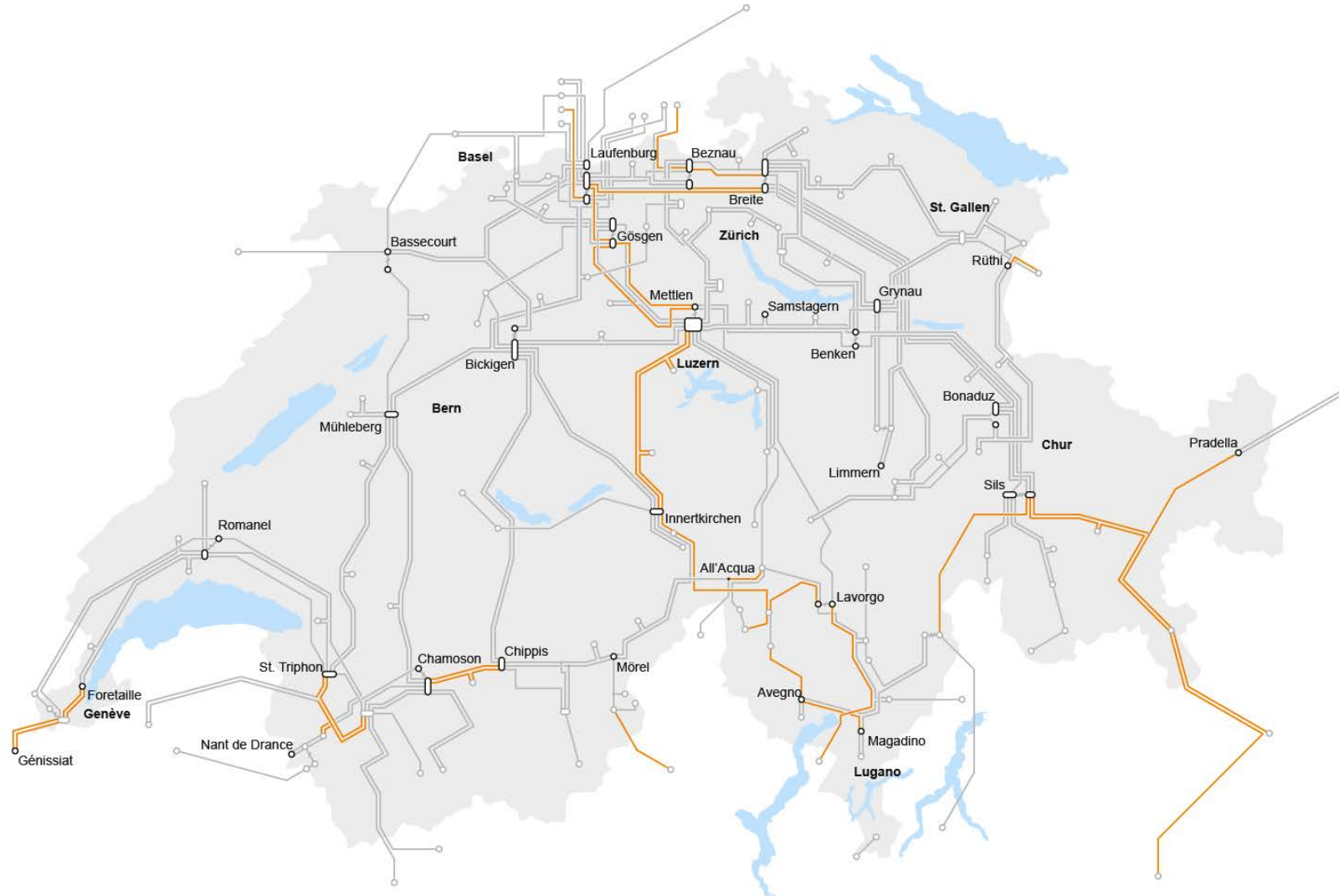
² Rund 650 Verteilnetzbetreiber in Switzerland

Alle Angaben gerundet,

Quellen: Webseiten und Geschäftsberichte CWK, EKZ, BKW, Alpiq, Axpo, Romande Energie, Groupe E, Schweizerische Elektrizitätsstatistik 2016



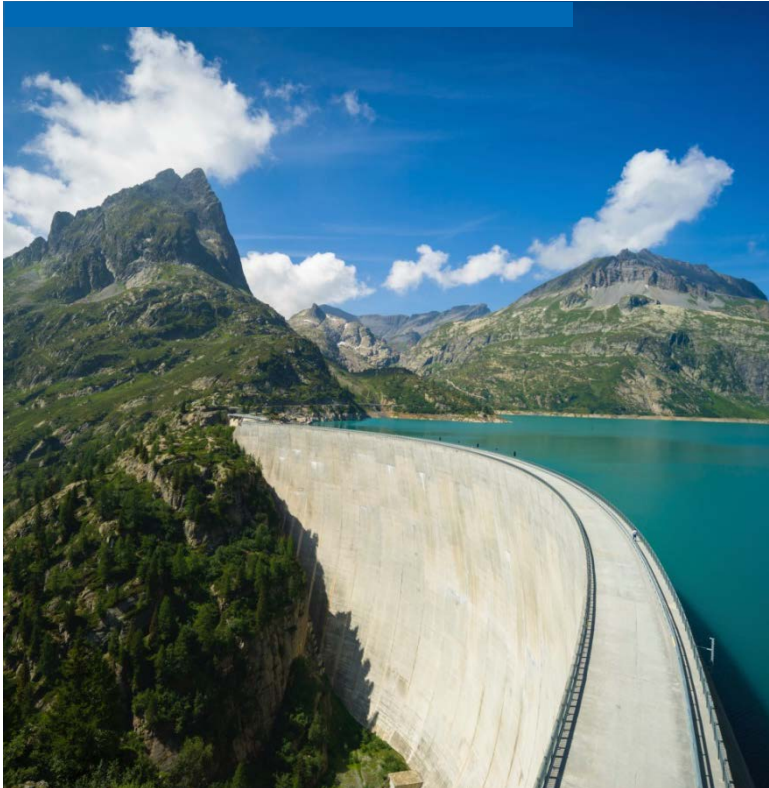
Engpässe im Übertragungsnetz



Gründe für den Netzausbau

Neue Grosskraftwerke

z. B. Bau eines neuen
Pumpspeicherkraftwerkes



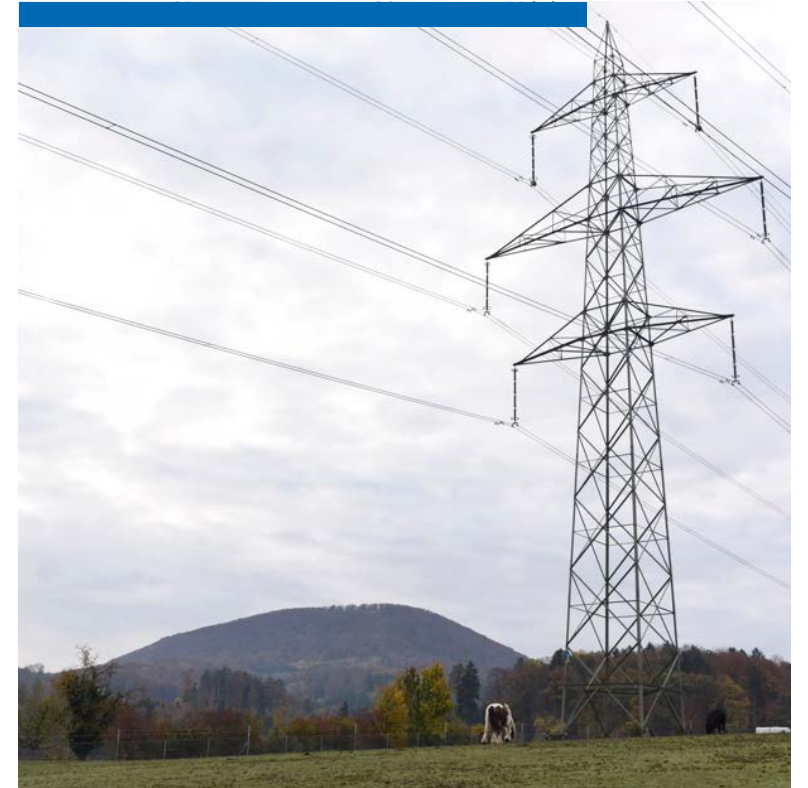
Internationaler Verbund

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

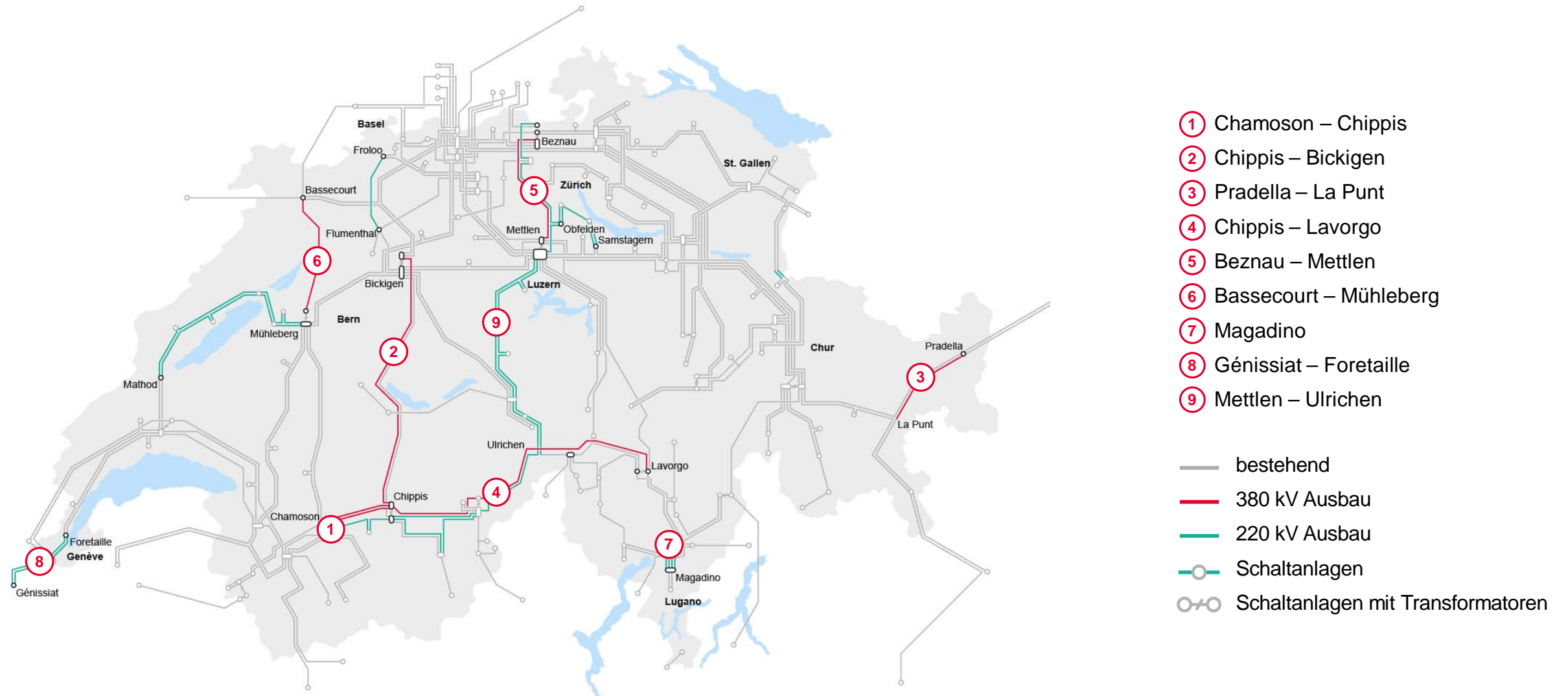


Versorgung nachgelagerter Netze

Neue Anschlussbegehren können
zu Engpässen führen.



Das Netz muss modernisiert und ausgebaut werden

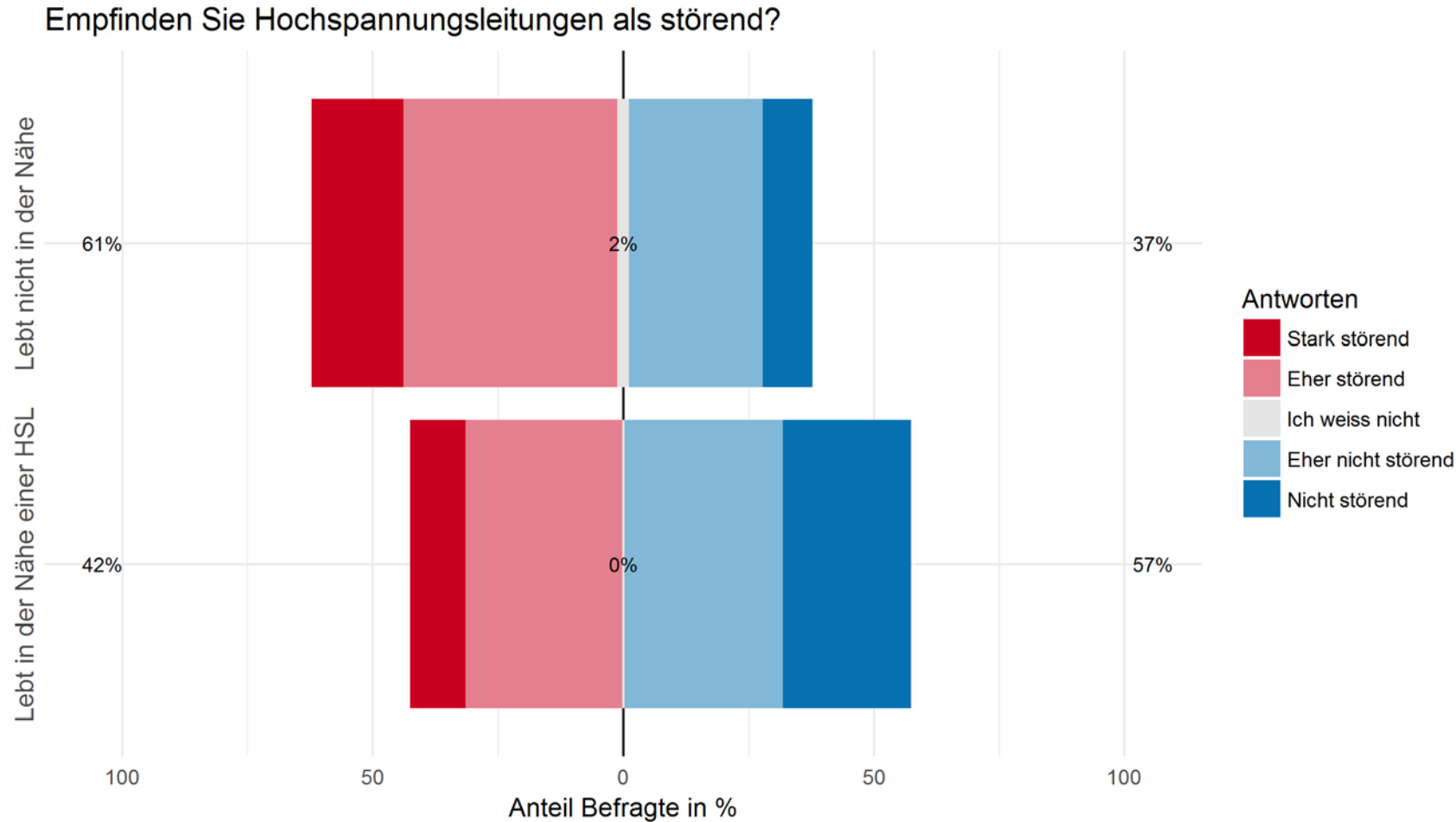




Verzögerungen in Netzbau- projekten

Warum?

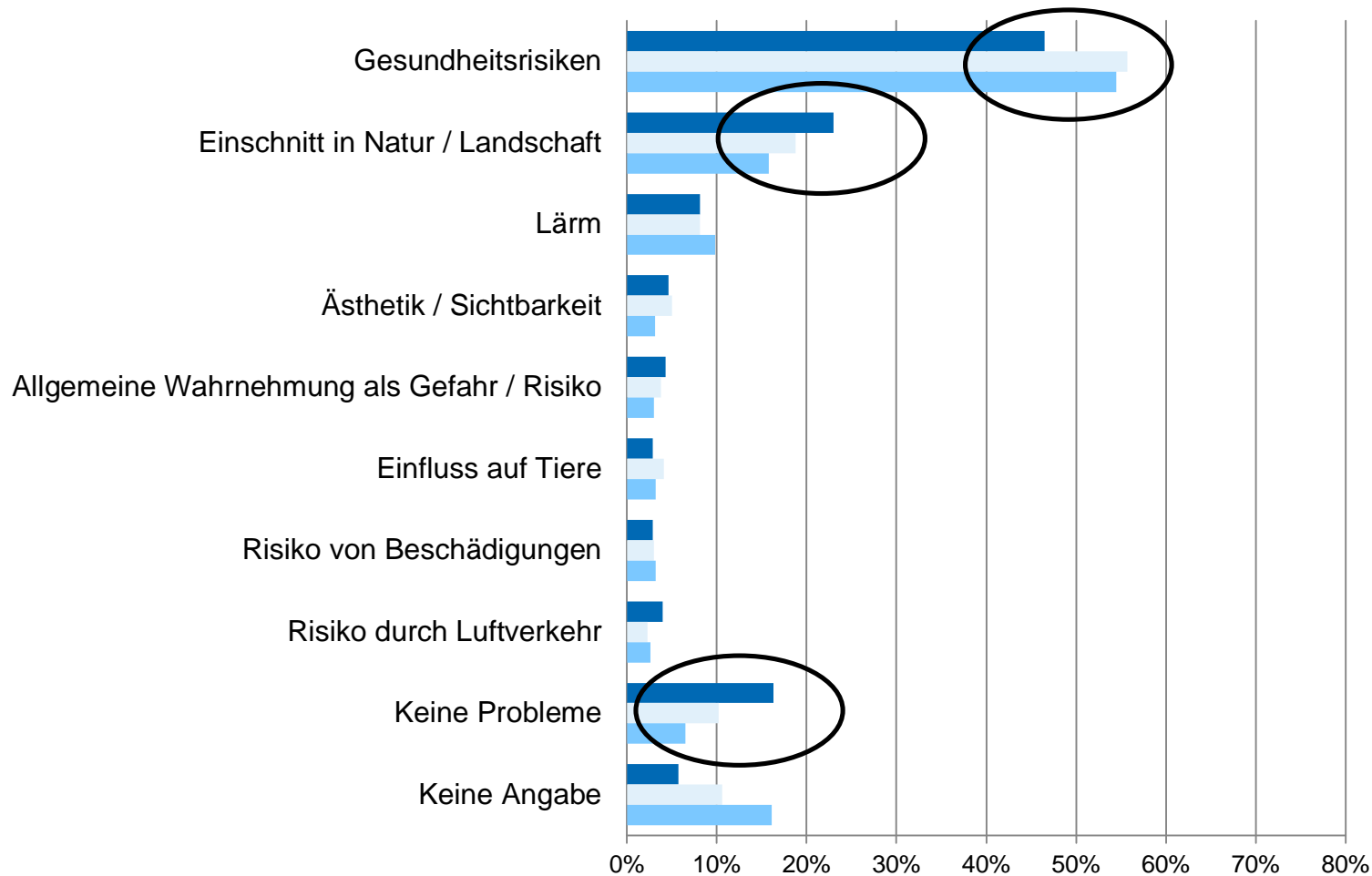
Fehlende Akzeptanz ist eine der Hauptursachen für Verzögerungen



- Freileitungen werden mehrheitlich als **störend** wahrgenommen
- Personen, die in der Nähe einer Freileitung wohnen, haben viel weniger negative Gefühle zu Freileitungen als Personen weiter weg von Leitungen

Grafik: Hedtke et al. (2018), submitted to Cigré Session 2018.

Hauptprobleme von Höchstspannungsleitungen



- **Gesundheitsrisiken** werden deutlich als grösstes Problem wahrgenommen
- Ablehnung gegen Höchstspannungsleitungen basiert hauptsächlich auf **diffusen Ängsten**

■ HSL in Sicht
 ■ HSL vorhanden
 ■ keine HSL vorhanden

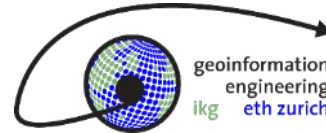
«Und was ist aus Ihrer Sicht das Hauptproblem?»

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 3D-GIS



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

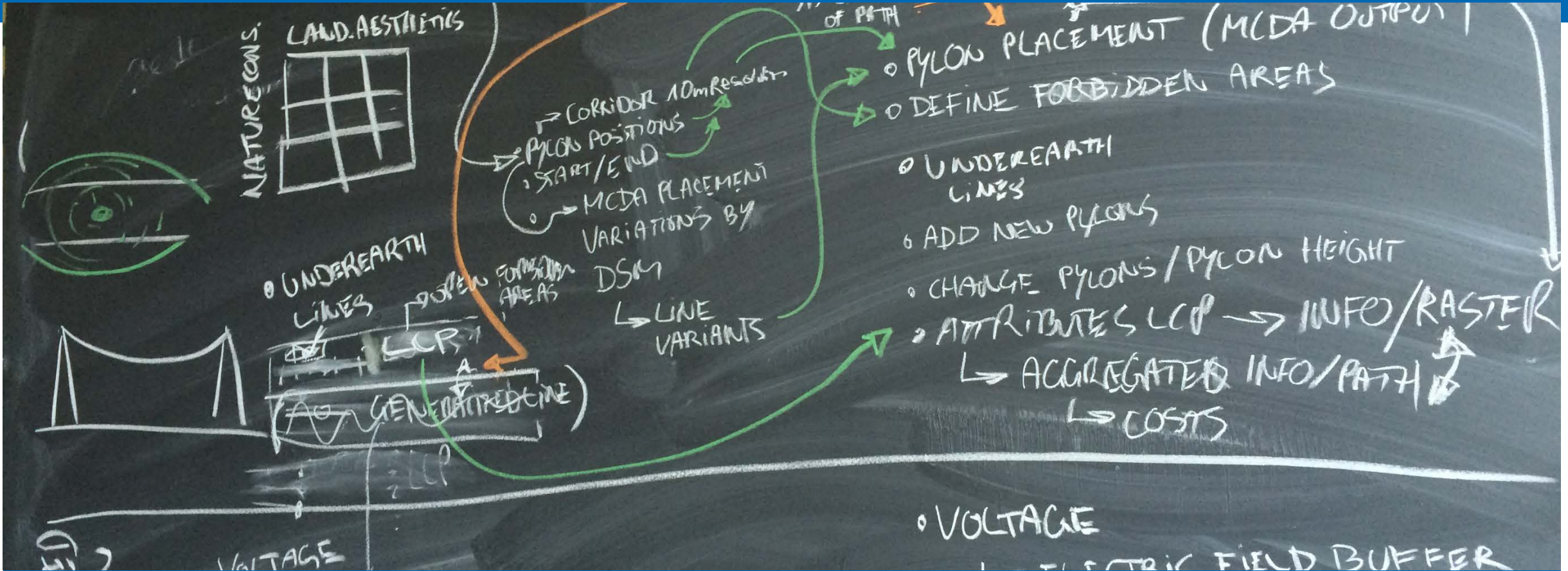


Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Swiss Confederation

Commission for Technology and Innovation CTI





Ansatz

Objekte strahlen einen Raumwiderstand gemäss ihrer Schutzwürdigkeit aus

- Sichtbarkeit der Masten
- Politischer Widerstand betroffener Bürger
- Einsprüche → Verzögerungen
- Geschützte Gebiete
- Sicherheitsabstände / Gesetze
- Monetäre Kosten



Das Entscheidungsmodell berücksichtigt folgende drei Dimensionen



Technische Umsetzbarkeit

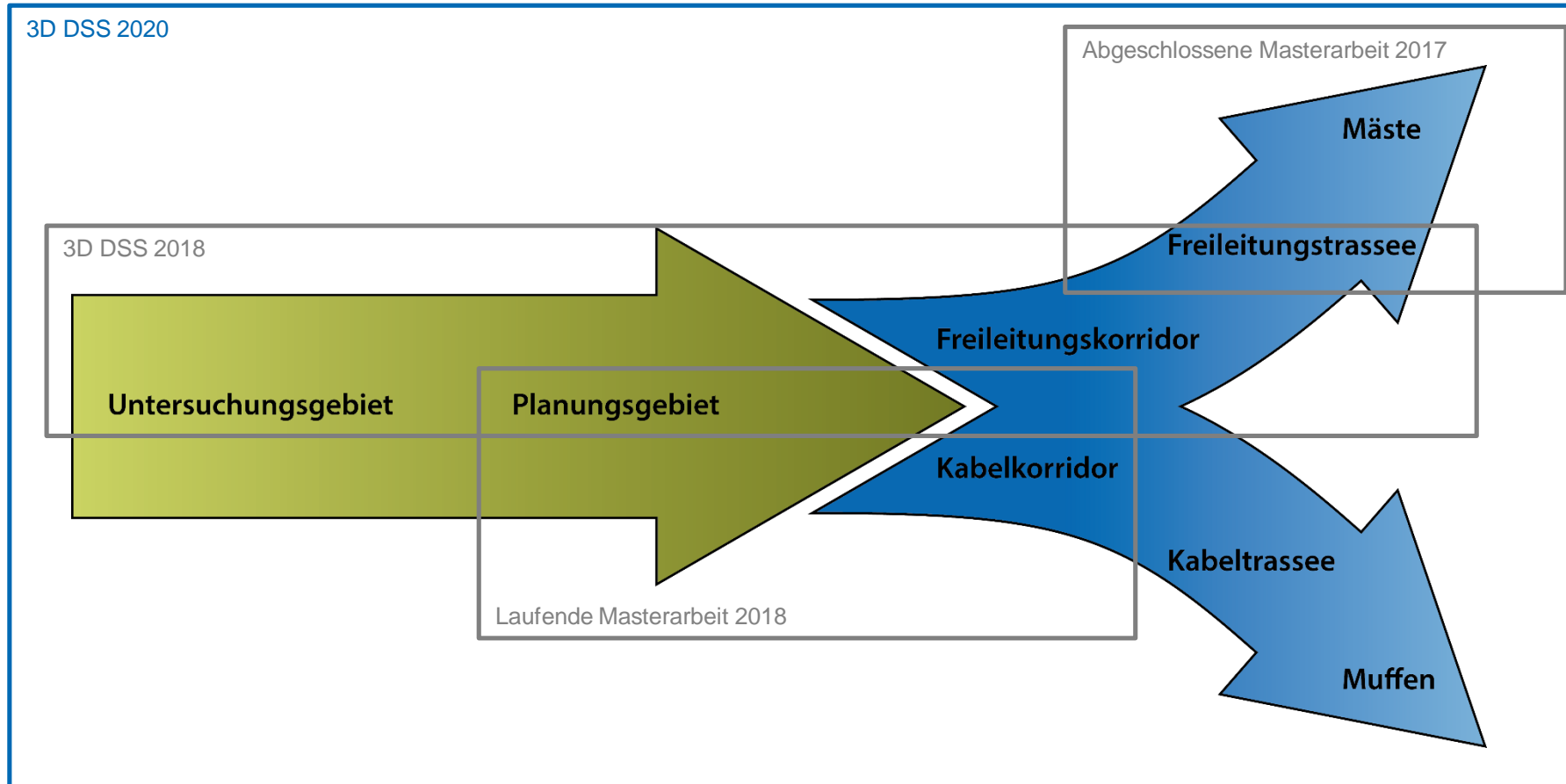


Umwelt- und
Landschaftsschutz

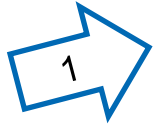


Raumplanung

Kaskadische Vorgehensweise

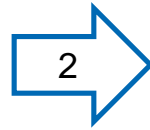


Wie das optimale Planungsgebiet berechnet wird



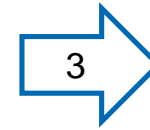
Widerstand & Gewicht

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

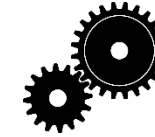


MCDA-Formel

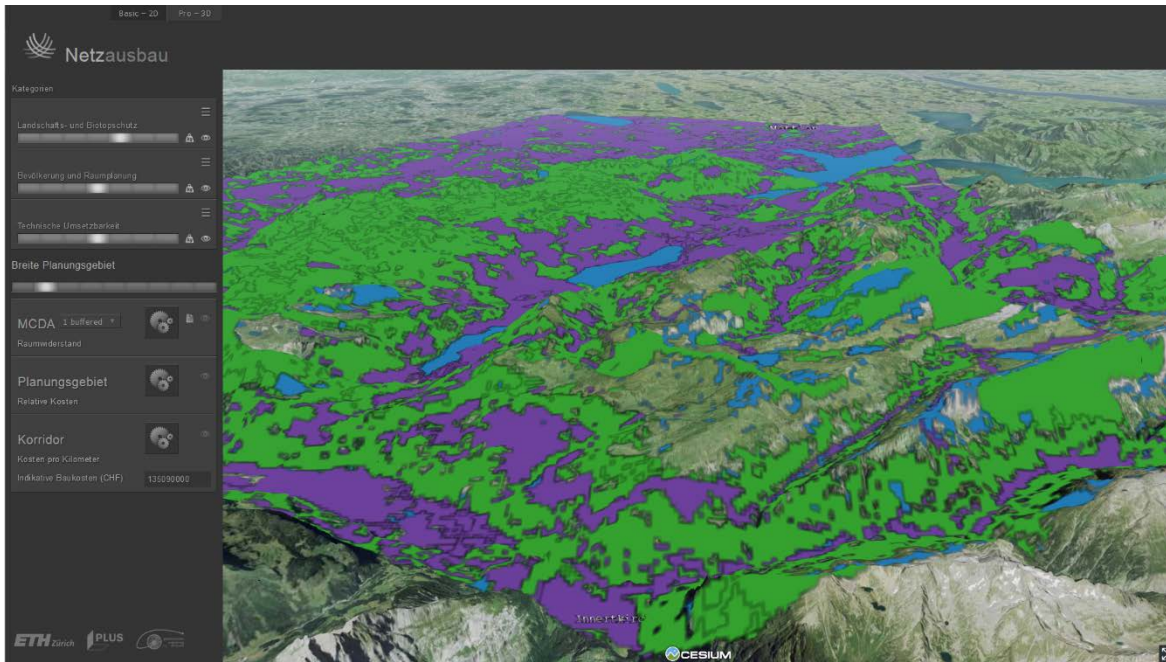
$$t_x = \sum_{i=1}^n g_i \cdot w_{ix}$$



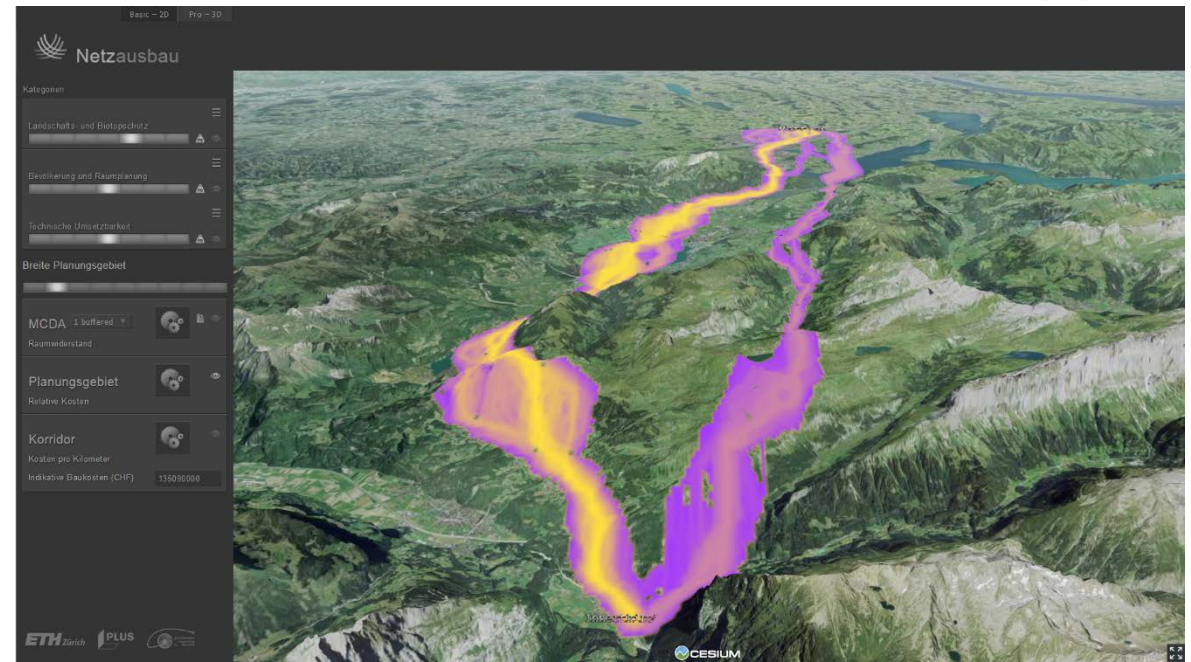
Optimierung



Geodaten



Planungsgebiet



i = factor
 n = number of factors
 t_x = total resistance at point x
 g_i = weight of factor i
 w_{ix} = resistance of factor i at point x



Kategorien

Landschafts- und Biotopschutz

Bevölkerung und Raumplanung

Technische Umsetzbarkeit

Breite Planungsgebiet

Breite Planungsgebiet slider

MCDA 1 simple

Raumwiderstand

Planungsgebiet

Relative Kosten

Korridor

Kosten pro Kilometer

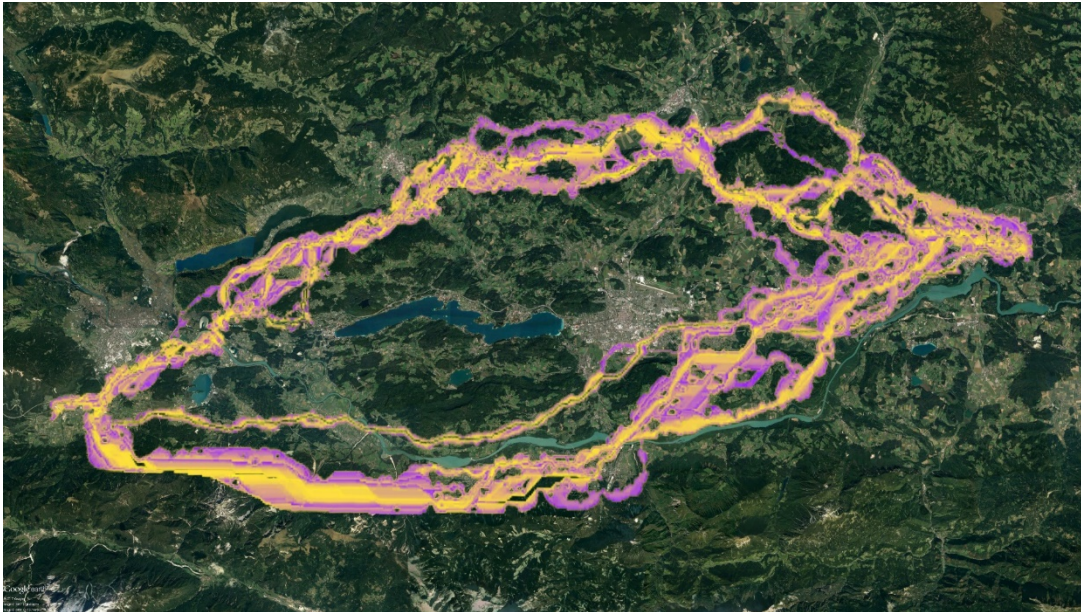
Indikative Baukosten (CHF) 140350000





Aktuellste Resultate: Wir wissen, wie sich das Modell verhält.

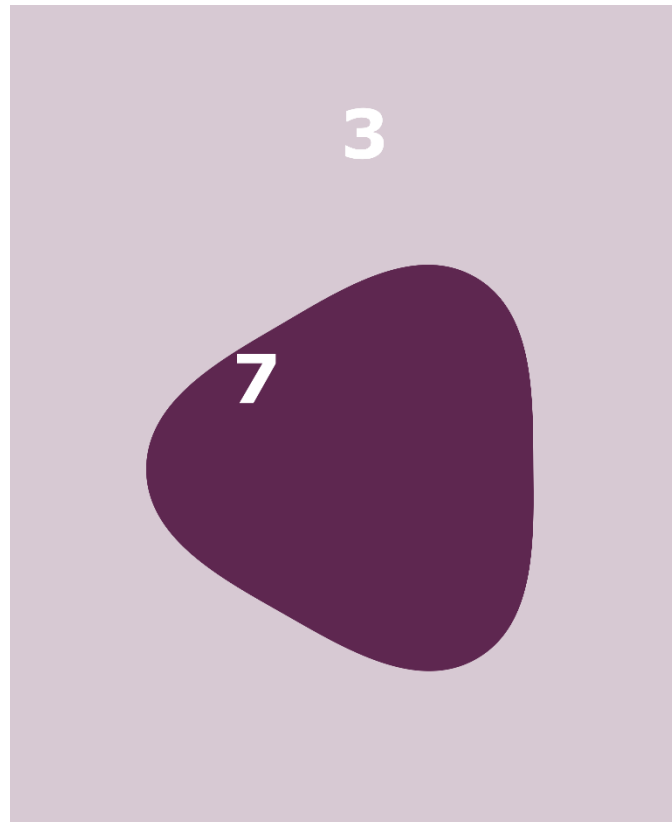
Berechnete Resultate der Sensitivitätsanalyse: 4 Millionen Runs



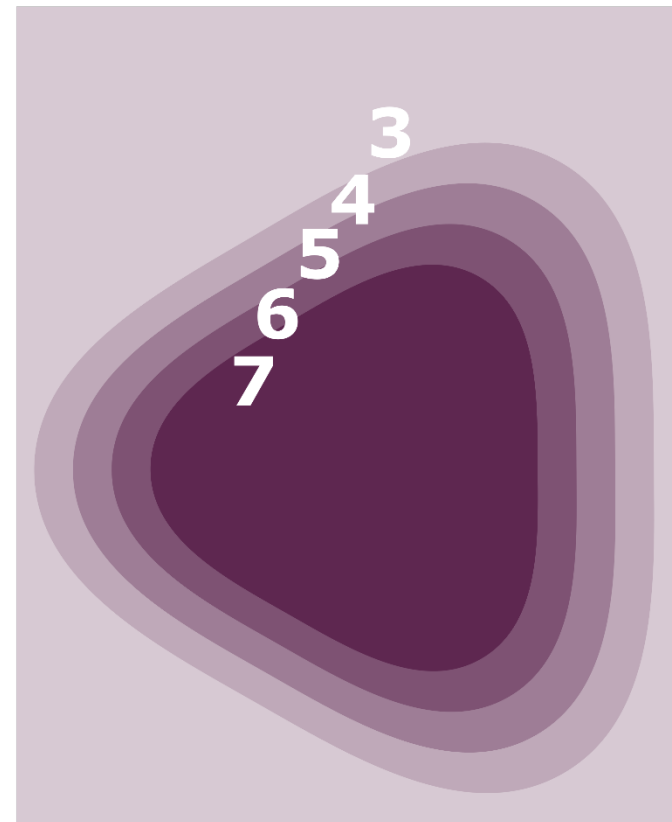
- Optimales Planungsgebiet
- Optimaler Korridor
- Optimales Trasse

- Indikative Baukosten
- Totaler Raumwiderstand
- Länge der durchquerten Schutzgebiete
- Technischer Umsetzbarkeitsindex
- Anzahl der Masten

Mehrfach bestätigt: Das Begrenzungsmodell ist die wichtigste Komponente



scharfkantig



kontinuierlich

Einfluss der MCDA-Methode und des Begrenzungsmodells

$$t_1(g, w) = \sum_{i=1}^n h_{a,i}(g, w) u_{b,i,x}(w)$$



Modell 1, scharfkantig

$$t_2(g, w) = \frac{\sum_{i=1}^n h_{a,i}(g, w) \cdot u_{b,i,x}(w)}{\ln c_x + 1} \quad \forall c_x \geq 1$$



Modell 2, scharfkantig

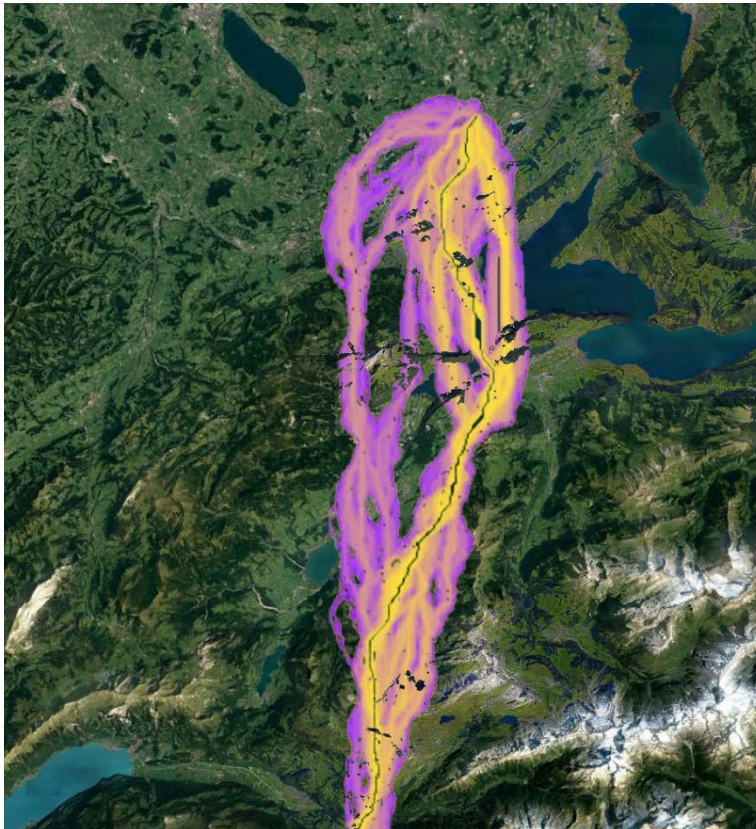
$$t_3(g, w) = \max_{i \in \{1, \dots, n\}} (h_{a,i}(g, w) \cdot u_{b,i,x}(w))$$



Modell 3, scharfkantig

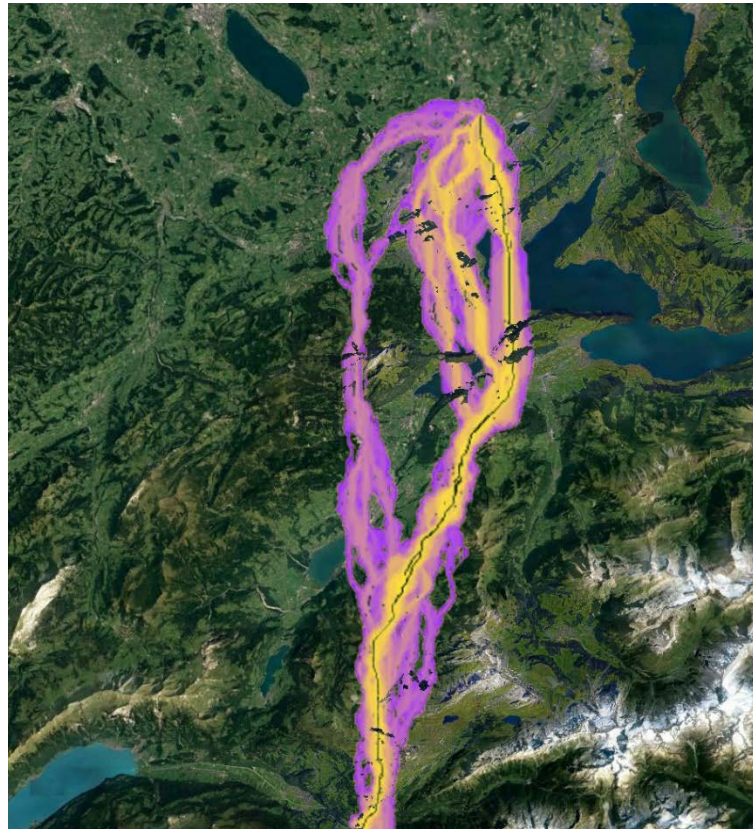
Einfluss der MCDA-Methode und des Begrenzungsmodells

$$t_1(g, w) = \sum_{i=1}^n h_{a,i}(g, w) u_{b,i,x}(w)$$



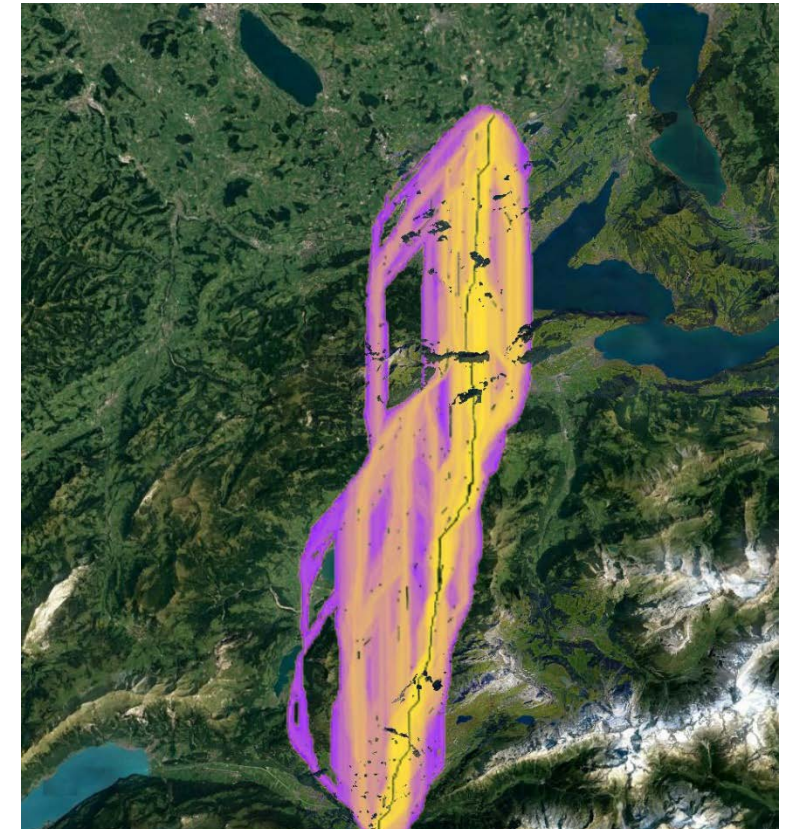
Modell 1, kontinuierlich

$$t_2(g, w) = \frac{\sum_{i=1}^n h_{a,i}(g, w) \cdot u_{b,i,x}(w)}{\ln c_x + 1} \quad \forall c_x \geq 1$$



Modell 2, kontinuierlich

$$t_3(g, w) = \max_{i \in \{1, \dots, n\}} (h_{a,i}(g, w) \cdot u_{b,i,x}(w))$$



Modell 3, kontinuierlich

Einfluss der MCDA-Methode und des Begrenzungsmodells

**berücksichtigt zusätzliche
Schutzdistanzen**

**höherer Schutz von
bedeutenden Landschaften
und Siedlungsgebieten**

einfache Berechnung

**wird den Erwartungen der
Experten am gerechtesten**

Modell 1, kontinuierlich

**kein relevanter Unterschied
zum Modell 1, trotz
Berücksichtigung von
Überlappungen**

Modell 2, kontinuierlich

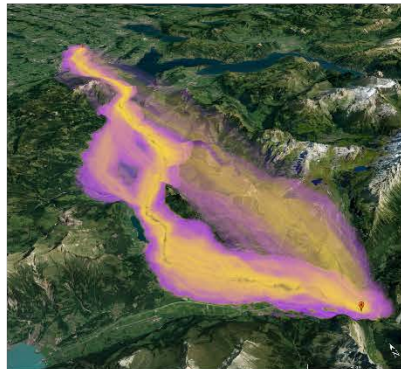
**unrealistische
Korridorvorschläge durch
Nichtberücksichtigung von
sich überlappenden
Schutzgebieten**

Modell 3, kontinuierlich

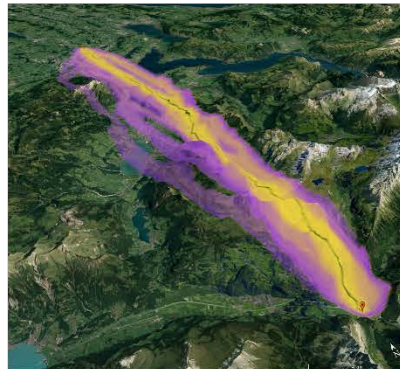
Untersuchung zweier Modellregionen: Ausschlaggebende Parameter

Modellregion 1

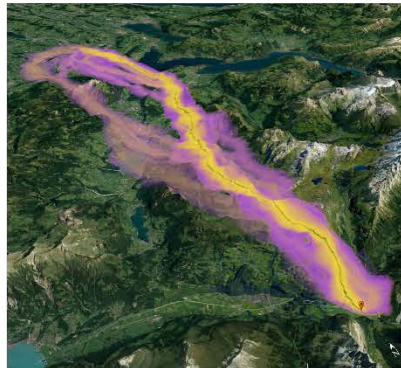
Cluster 1



Cluster 2



Cluster 3



Suitability



Modellregion 2

Cluster 1



Cluster 2



Cluster 3



Cluster 4



Cluster 5



Cluster 6



Cluster 7



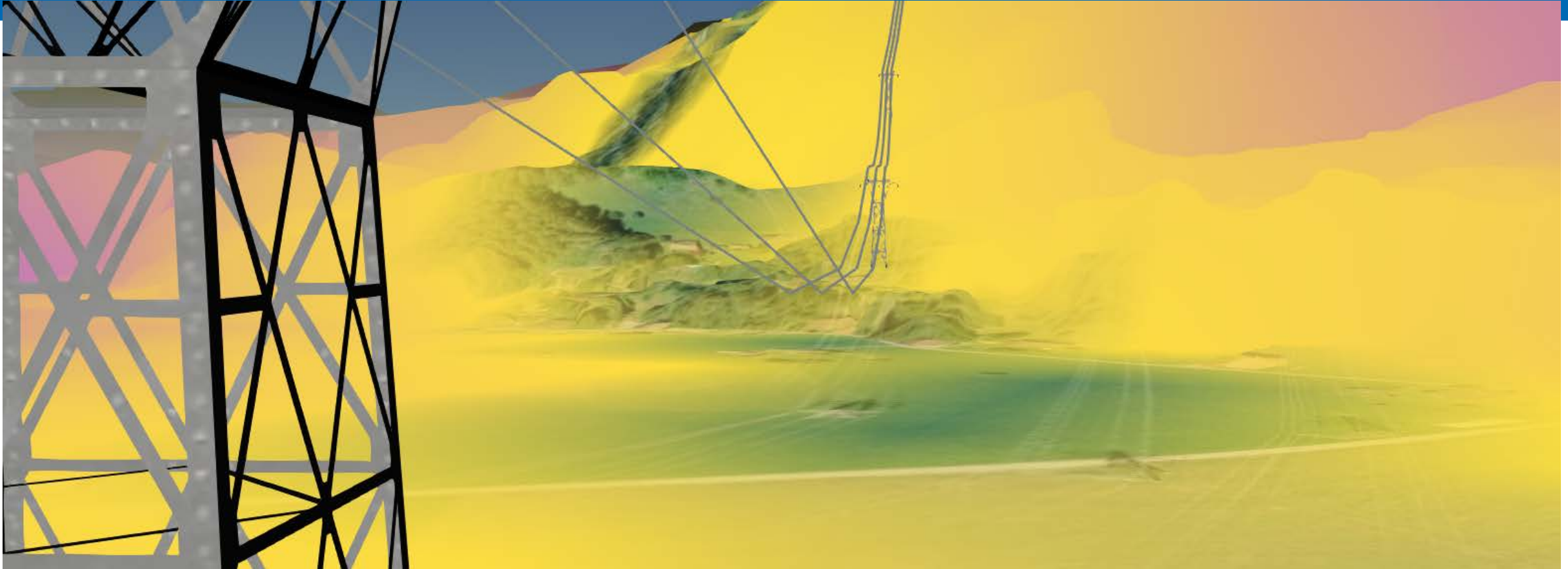
Cluster 8



Wie eine statistische Datenanalyse die Argumentation unterstützen kann

- Angewandte statistische Methode findet die dominanten Parameter des Modells.
 - Wir wissen, welcher Parameter wie viel zum Resultat beiträgt.
 - Ansatz zur Entzerrung des Modells vorgeschlagen, aber noch nicht getestet.
- ☞ Volle Kenntnis über das Modell kann als wichtiges Argument für eine bestimmte Trasseeführung eingesetzt werden.





Nächste Schritte

Visualisierung von Point Clouds



Visualisierung ohne (links) oder mit (rechts) Point Clouds

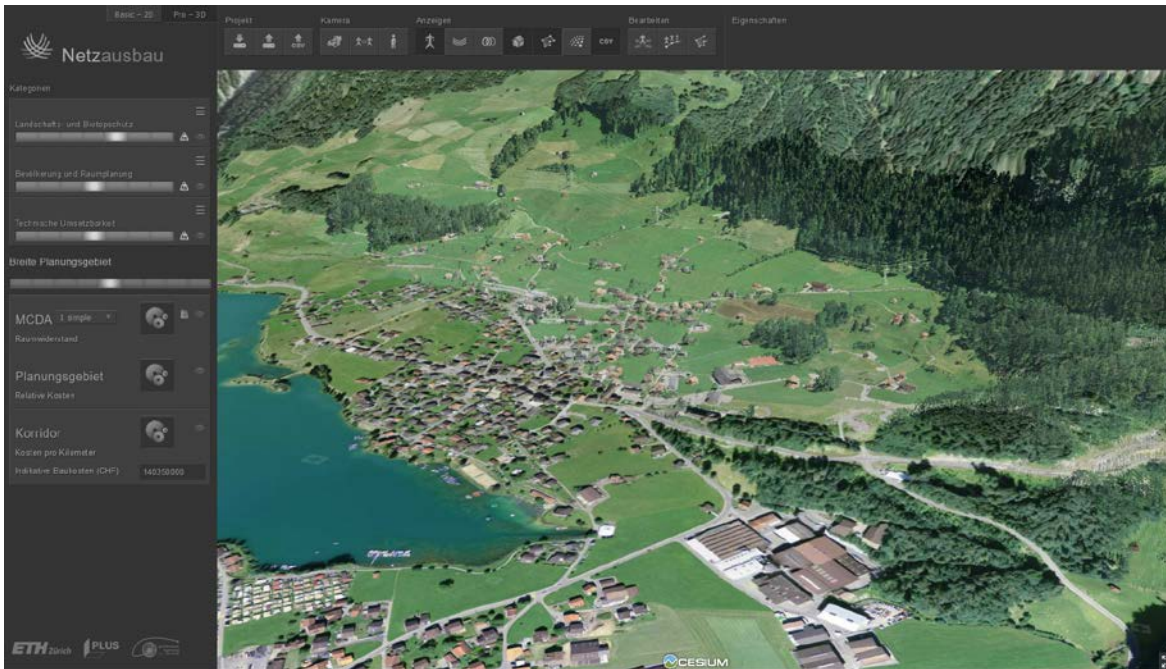


Visualisierung ohne (links) oder mit (rechts) Point Clouds

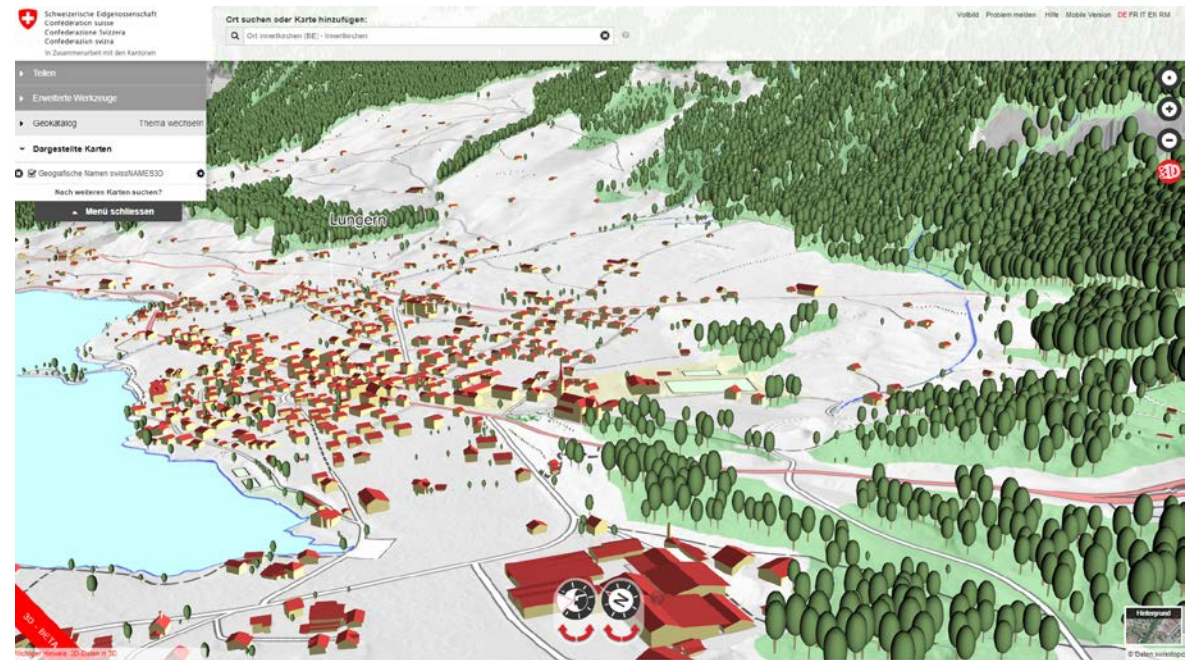


Mögliche Erweiterung: TLM 3D-Daten einbinden

Visualisierung mit LiDAR-Daten

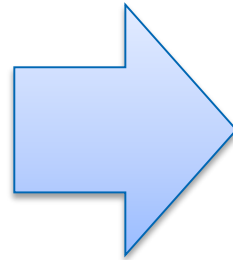


Beispiel: Swisstopo-Visualisierung mit TLM 3D-Daten



<https://www.geo.admin.ch/de/home.detail.news.html/geo-internet/news2017/news20171025.html.html>

Neues Projekt: «Erweiterung des 3D DSS: Integration von Erdkabeln»



Augmented und Virtual Reality



- Lösung für mobile Geräte soll Zusatzinformationen anzeigen.
- Nutzer können Alternativen vor Ort bewerten und kommentieren.
- Verbesserte Kommunikation.
- Vereinfachte Entscheidungsfindung.

Ideen für weitere Publikationen

- Wie sicher sind Voraussagen eines Korridors, wenn man die modellierten Trassees analysiert?
- Inwiefern eignet sich eine andere Abfragemethode für eine realistische Modellierung? (laufende Masterarbeit)
- Lässt sich die Akzeptanz erhöhen, wenn man zur Visualisierung Virtual, Mixed oder Augmented Reality einsetzt?



Einsatz in realen Netzausbauprojekten



- Verwendung zur übergeordneten **Planung**
- Wirkt **entscheidungsunterstützend**
- Verwendung als **Kommunikationsmittel** an Informationsveranstaltungen
- **Visualisierung** des finalen 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
-  <http://www.esc.ethz.ch/news/archive/2017/05/3d-gis-for-planning-electric-power-systems.html>

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit.

