

Bewertung und Planung von Stromnetzen

Wissenschaftsdialog 2014 | Bonn | 25.09.2014

Mike Dokter, TU Dortmund, Fachgebiet Ver- und Entsorgungssysteme

Jakob Kopec, TU Dortmund, Fachgebiet Raumbezogene Informationsverarbeitung und Modellbildung

Konsortium



Amprion GmbH

Dipl.-Ing. Dipl.-Wirt.-Ing. Jochen Meyering



Technische Universität Dortmund

- Informatik, LS für Algorithm Engineering
Prof. Dr. P. Mutzel, Dr. C. Gutwenger
- Informatik, LS für Graphische Systeme
Prof. Dr. H. Müller, Dr. F. Weichert
- Mathematik, LS für Diskrete Optimierung
Prof. Dr. C. Buchheim
- Raumplanung, FG Ver- und Entsorgungssysteme
Prof. Dr.-Ing. H.-P. Tietz, Dipl.-Ing. Mike Dokter
- Raumplanung, FG Raumbezogene Informationsverarbeitung und Modellbildung
Prof. Dr. N. X. Thinh, M.Sc. Jakob Kopec



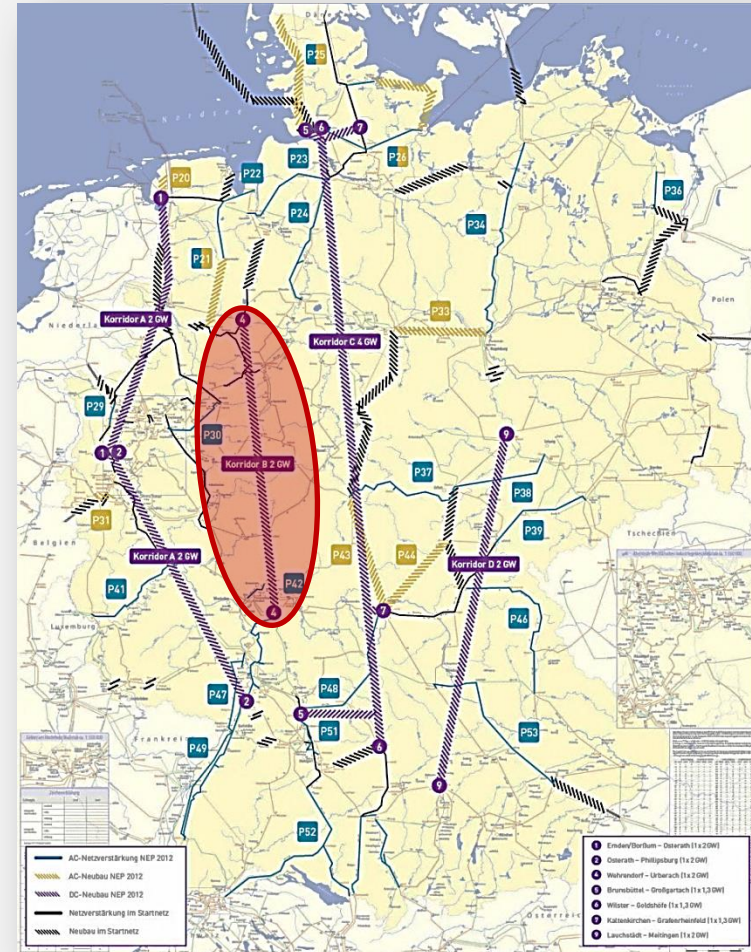
Spiekermann & Wegener, Stadt- und Regionalforschung

Dipl.-Ing. Björn Schwarze

Motivation und Zielsetzung des Projektes

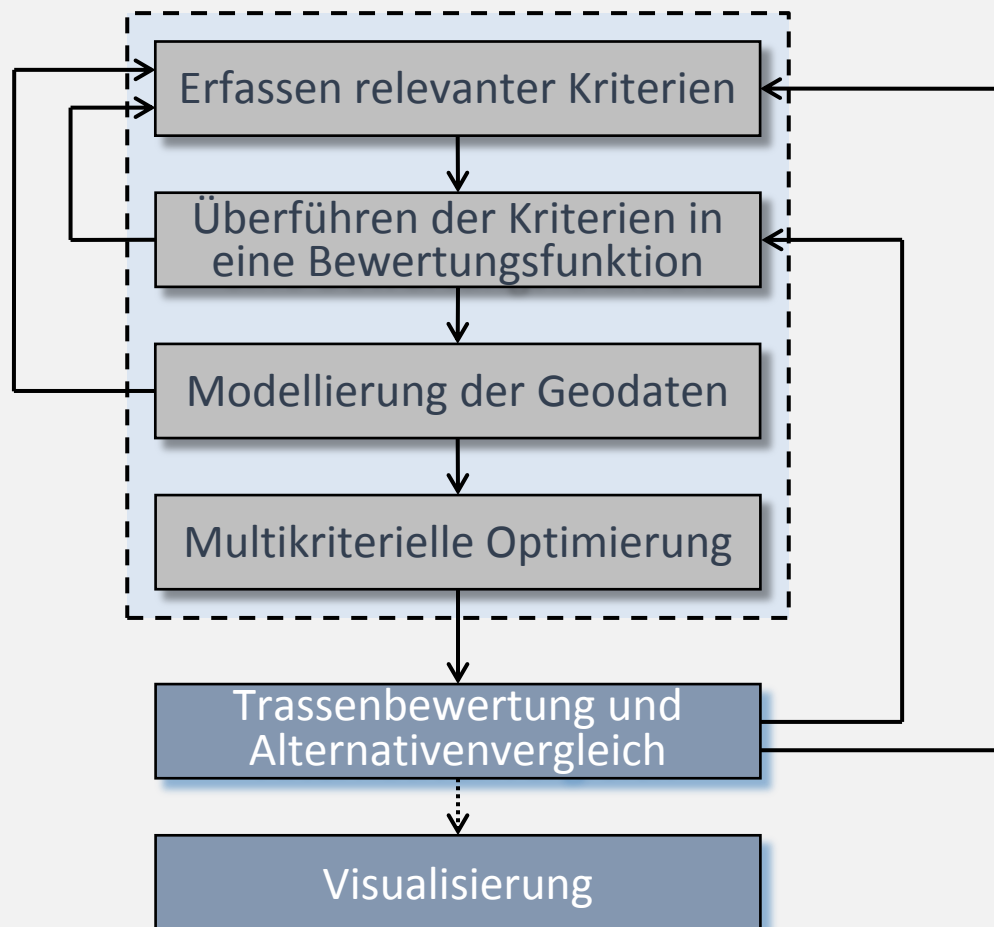
- **Softwaresystem zur Identifikation von „optimalen“ Trassenverläufen**
 - Objektive multikriterielle Ermittlung und Bewertung von Trassenverläufen
 - Beachtung topologischer, raumplanerischer, technischer, wirtschaftlicher, ökologischer und sozioökonomischer Anforderungen
 - Bundesweite Übertragbarkeit möglich

- **Nutzen aus planerischer Perspektive**
 - Unterstützung von Planungsprozessen
 - Darstellung von Trassenalternativen hinsichtlich veränderter Rahmenbedingungen („Bürgerdialoge“)
 - Partizipation durch Web-Gis-Anwendungen

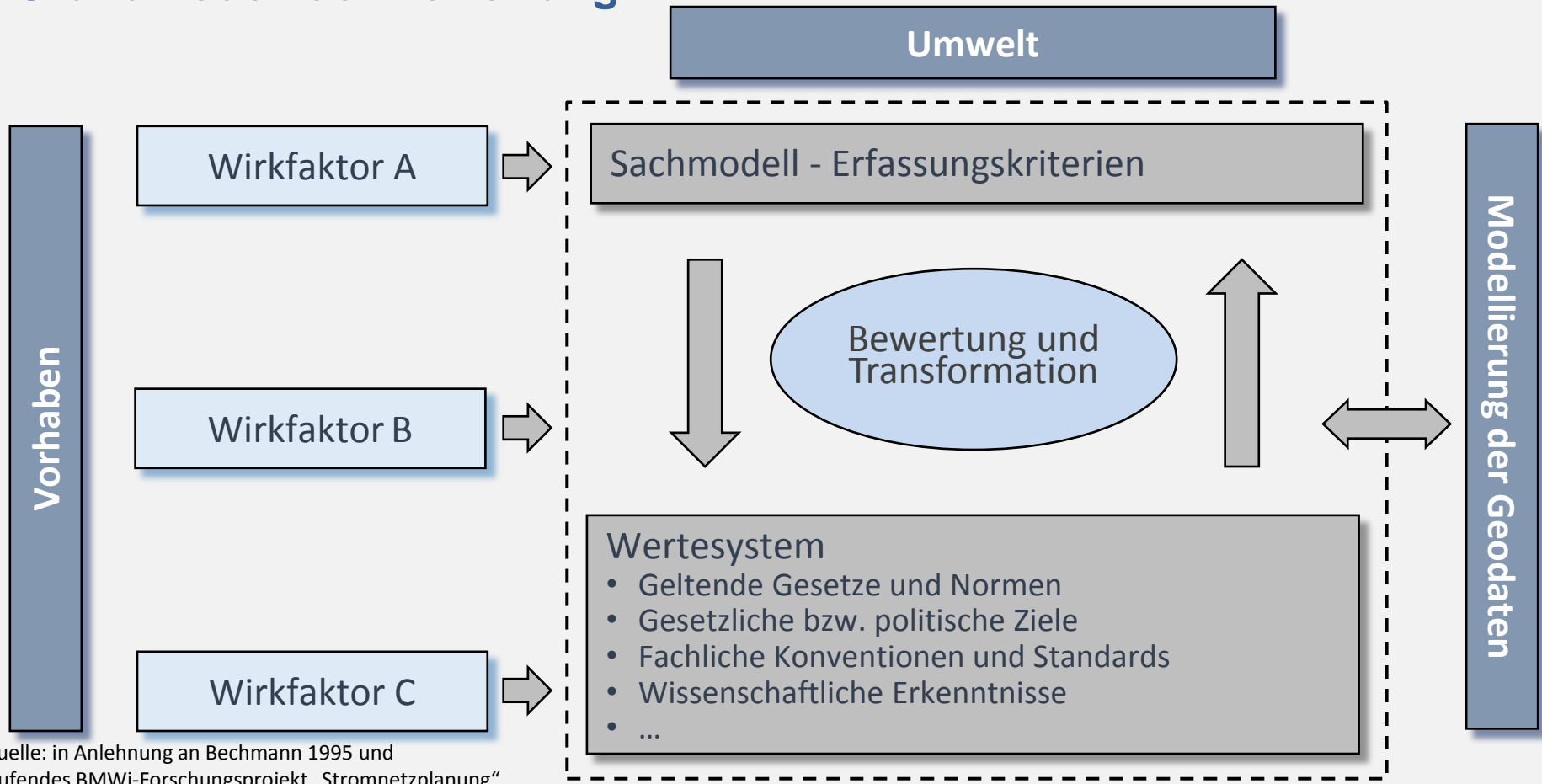


Quelle: VDE Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e. V./Übertragungsnetzbetreiber

Prozesspipeline

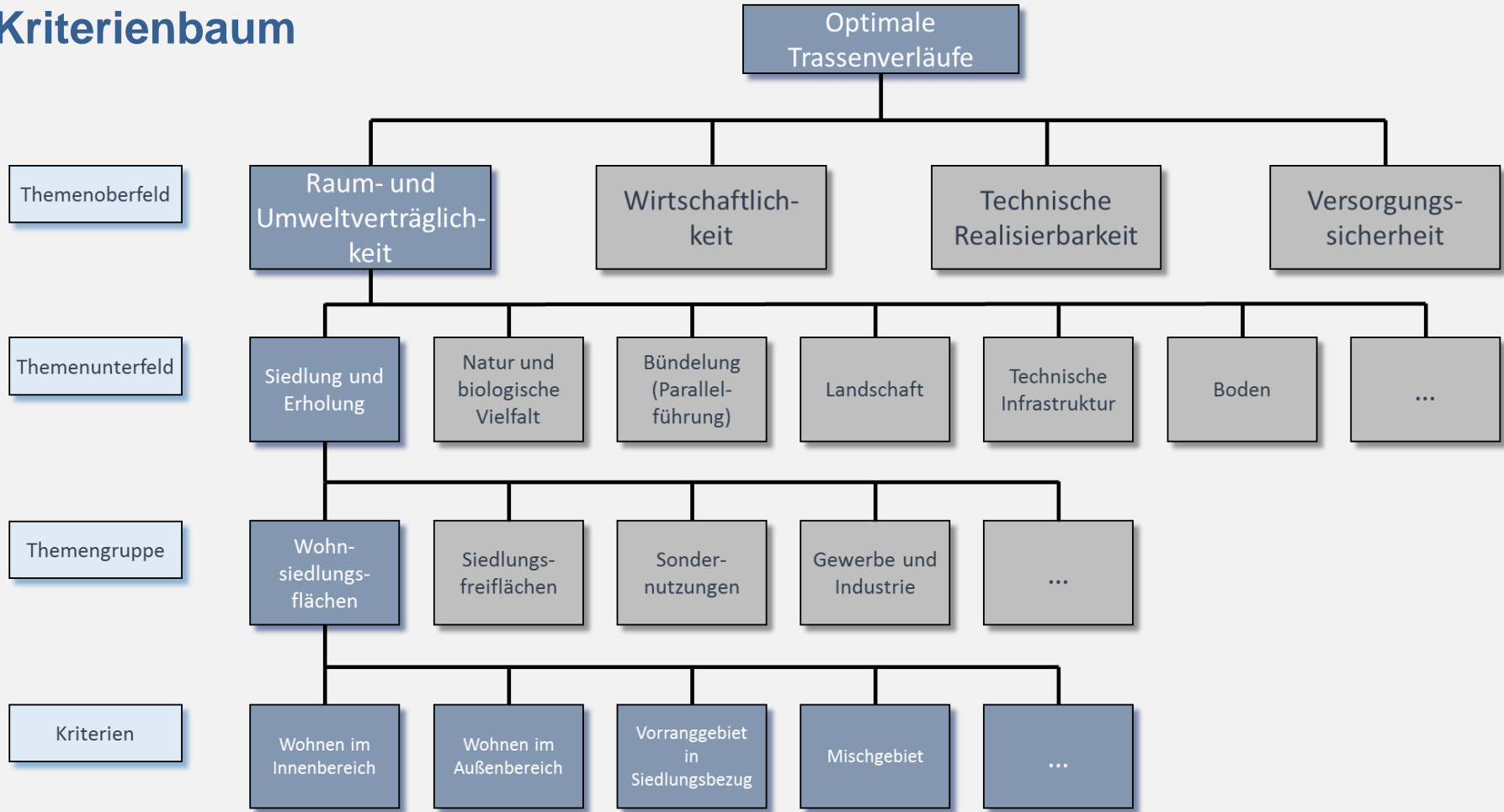


Grundmodell der Bewertung

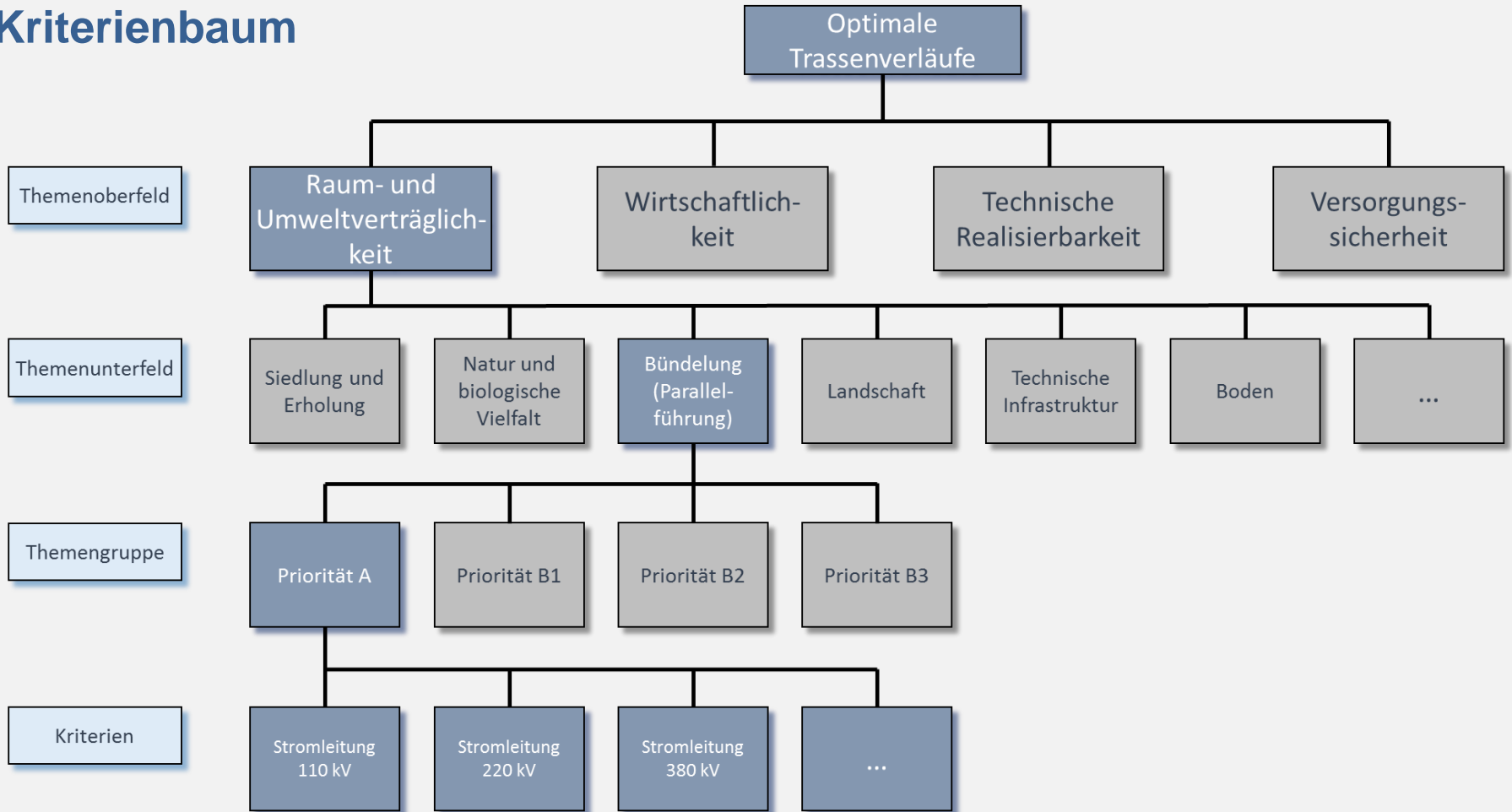


Quelle: in Anlehnung an Bechmann 1995 und laufendes BMWi-Forschungsprojekt „Stromnetzplanung“

Kriterienbaum



Kriterienbaum



Geodaten

- **Anforderungen**
 - Flächendeckend verfügbar
 - Aktuell und aktualisierbar
 - Gemeinsames Bezugssystem: DHDN3
- **Datenverarbeitung**
 - Post-GIS Serverlösung
 - SQL-Abfrage und -Zugriff auf parametrisierbare Datenbank
 - Abstandfunktion als Raster-Output

EU	
EEA	NATURA 2000 (FFH + VSG)
National	
BKG	Basis-DLM, DGM10
BFN	NSG, LSG, NLP, NP, RAMSAR, SPA, UZVR, IBA, Biosphärenreservate, Biotopverbund, Landschaftsbewertung
BGR	BÜK200, BÜK1000
Länder	
Landes- umweltämter	Biotopkataster
Regionen	
Regional- verbände	<i>Regionalpläne</i>
Kommunen	
Denkmalschutz- behörden	UNESCO Welterbestätten

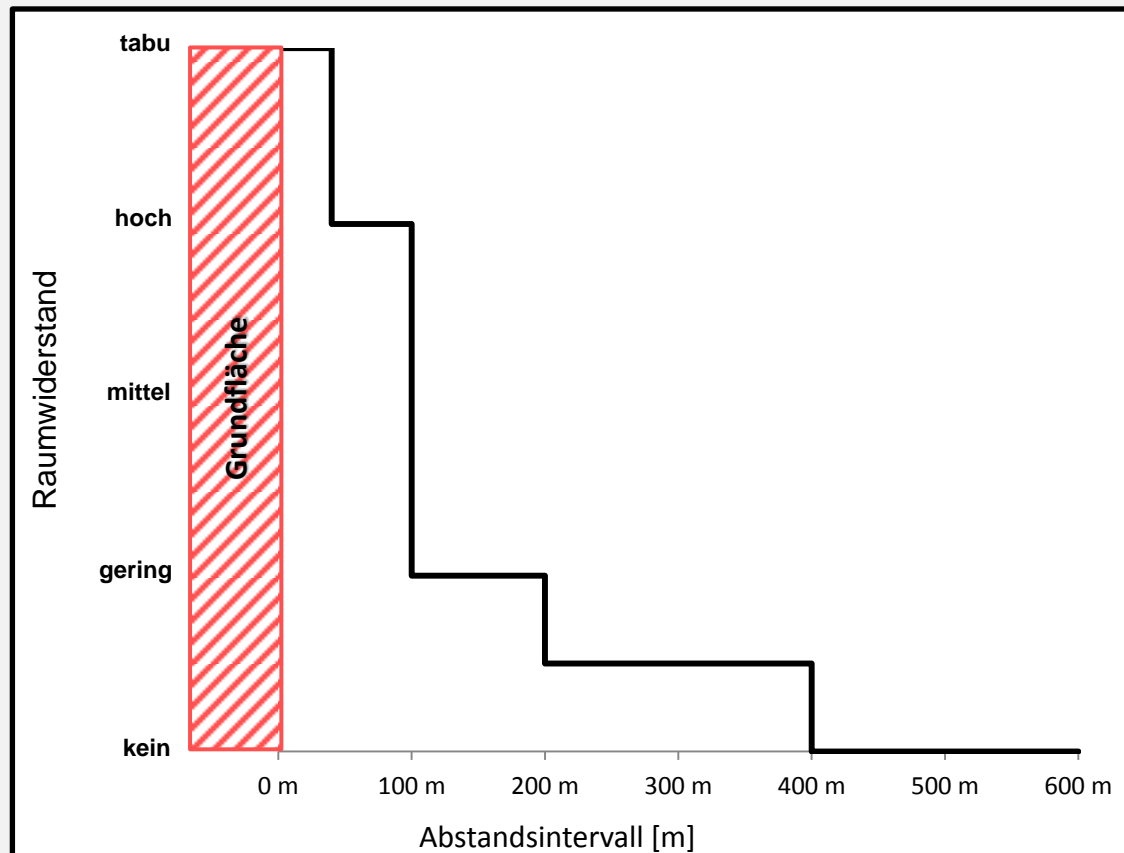
Operationalisierung und Bewerten der Kriterien

- **Probleme der Bewertung:**
 - Fehlen von Umweltstandards
 - Allgemeine und abstrakte Rechtsgrundlagen (z.B. „unbestimmte Rechtsbegriffe“)
 - Bewertung im Einzelfall nicht möglich
 - **Ermessens- oder Interpretationsspielräume auszufüllen und abstrakte Lösungen finden**
- **Beispiel „Wohnen im Innenbereich“:**
 - Überspannungsverbot von „Gebäude oder Gebäudeteilen [...], die zum **dauerhaften Aufenthalt** von Menschen bestimmt sind“. (§ 4 Abs. 3 26. BImSchV)
 - Einhaltung der Grenzwerte des Anhang 1a der 26. BImSchV (elktr. Feldstärke 5 kV/m; magn. Flussdichte 100 μ T). (§ 4 Abs. 1 26. BImSchV)

Modellierung der Widerstands- und Bündelungsfunktionen – Beispiel

Abstand zu Wohngebäuden im Innenbereich

Abstandsintervall [m]	Raumwiderstand
Grundfläche	tabu
0 - 40	tabu
40 - 100	hoch
100 - 200	gering
200 - 400	sehr gering
> 400	kein

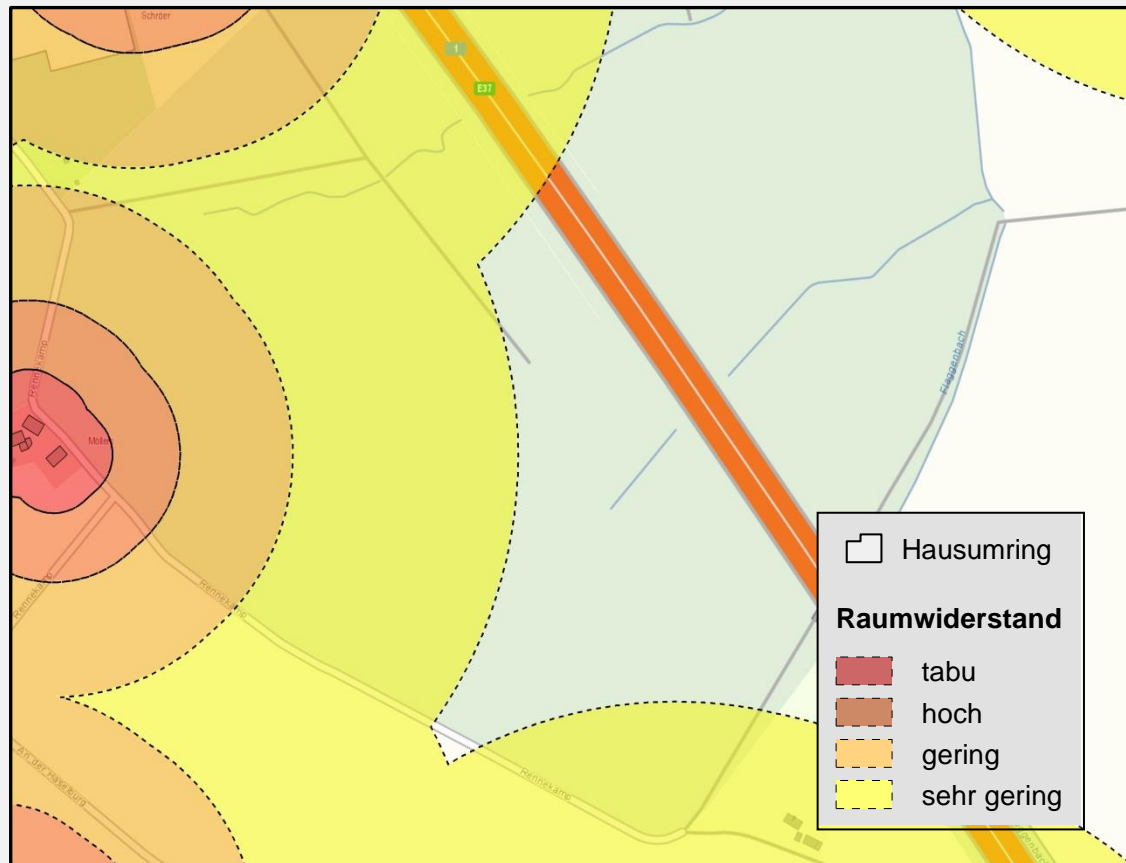


Datengrundlage: Basis-DLM, Webatlas des Bundesamtes für Kartographie und Geodäsie

Modellierung der Widerstands- und Bündelungsfunktionen – Beispiel

Abstand zu Wohngebäuden im Innenbereich

Abstandsintervall [m]	Raumwiderstand
Grundfläche	tabu
0 - 40	tabu
40 - 100	hoch
100 - 200	gering
200 - 400	sehr gering
> 400	kein

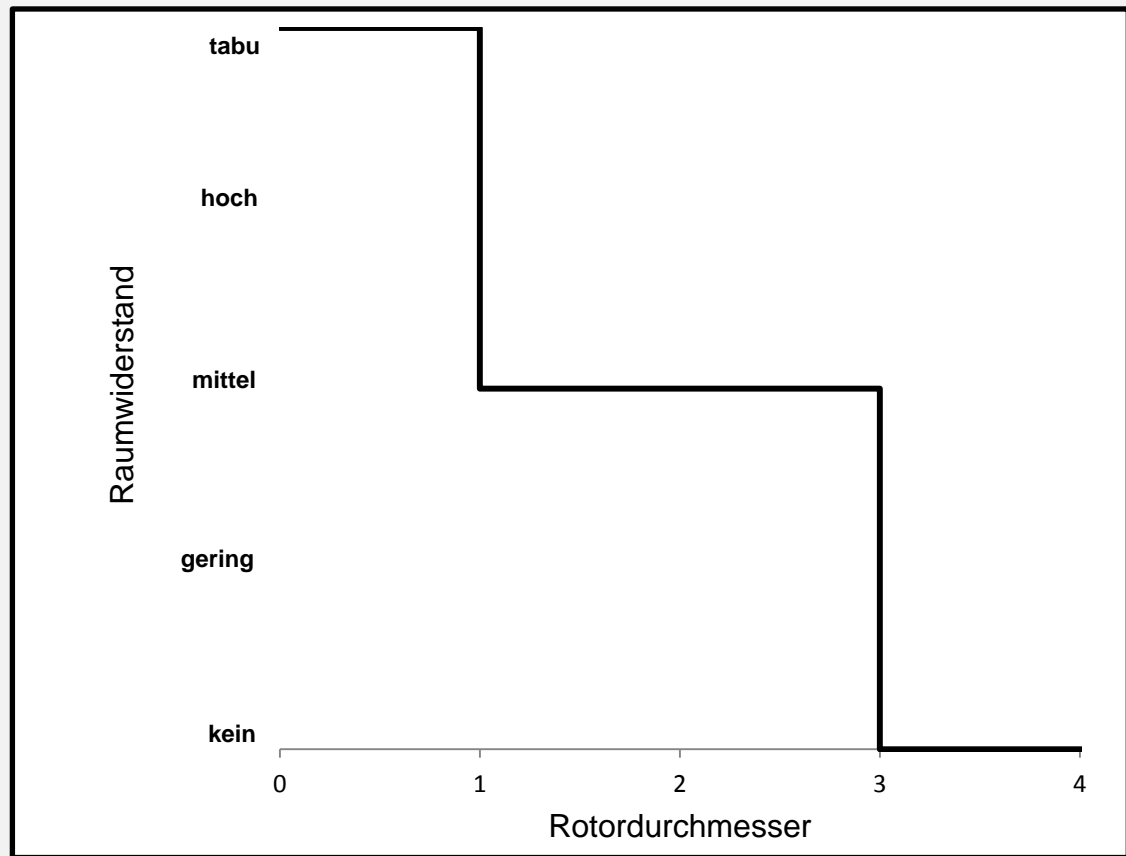
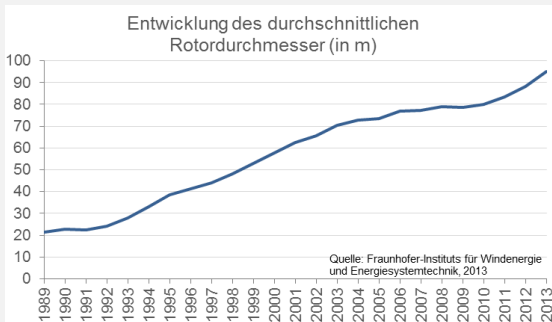


Modellierung der Widerstands- und Bündelungsfunktionen – Beispiel

Abstand zu Windenergieanlagen

Rotor-durchmesser *	Raum-widerstand
≤ 1x	tabu
> 1x bis < 3x	mittel
≥ 3x	kein

*RD = 95m



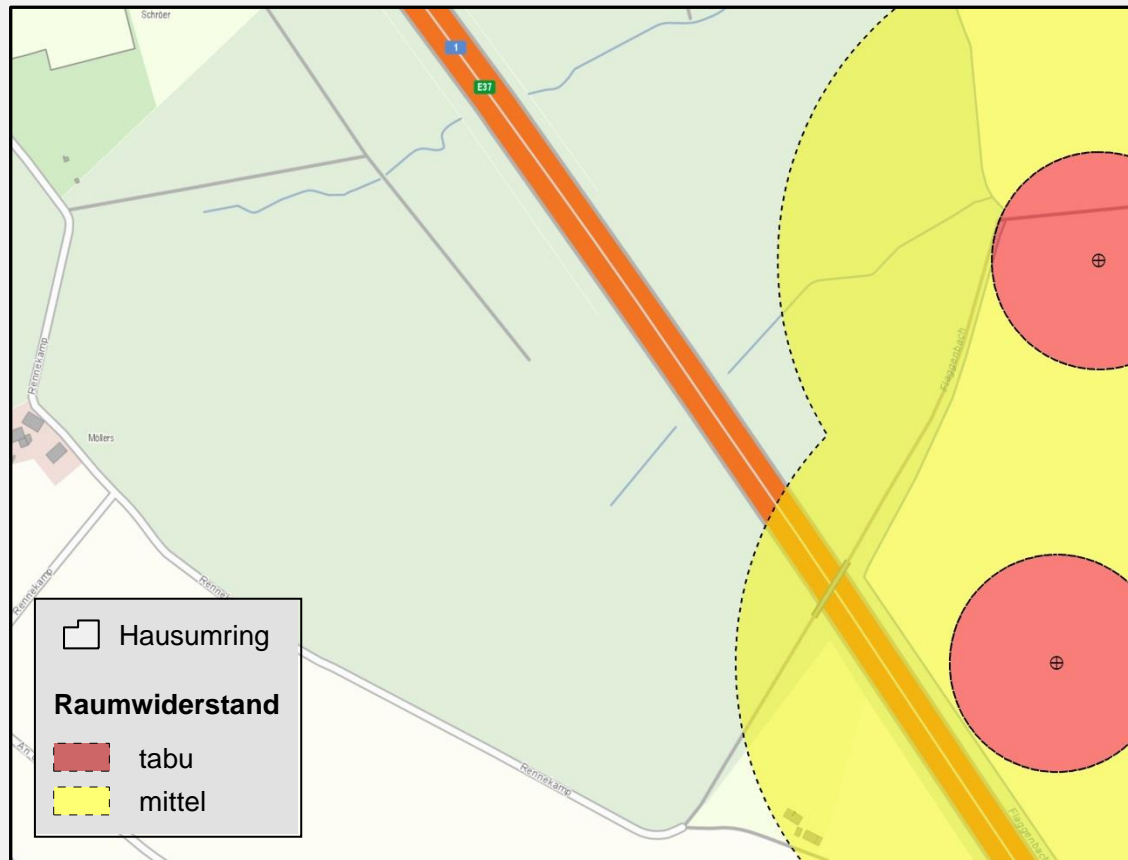
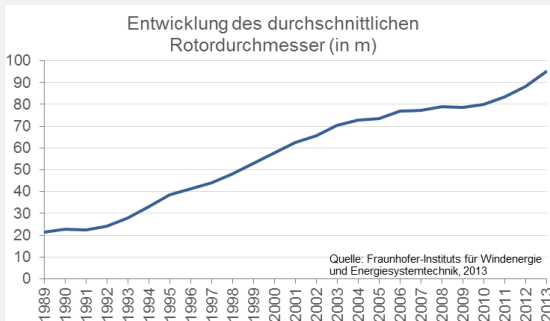
Datengrundlage: Basis-DLM, Webatlas des Bundesamtes für Kartographie und Geodäsie

Modellierung der Widerstands- und Bündelungsfunktionen – Beispiel

Abstand zu Windenergieanlagen

Rotor-durchmesser *	Raum-widerstand
≤ 1x	tabu
> 1x bis < 3x	mittel
≥ 3x	kein

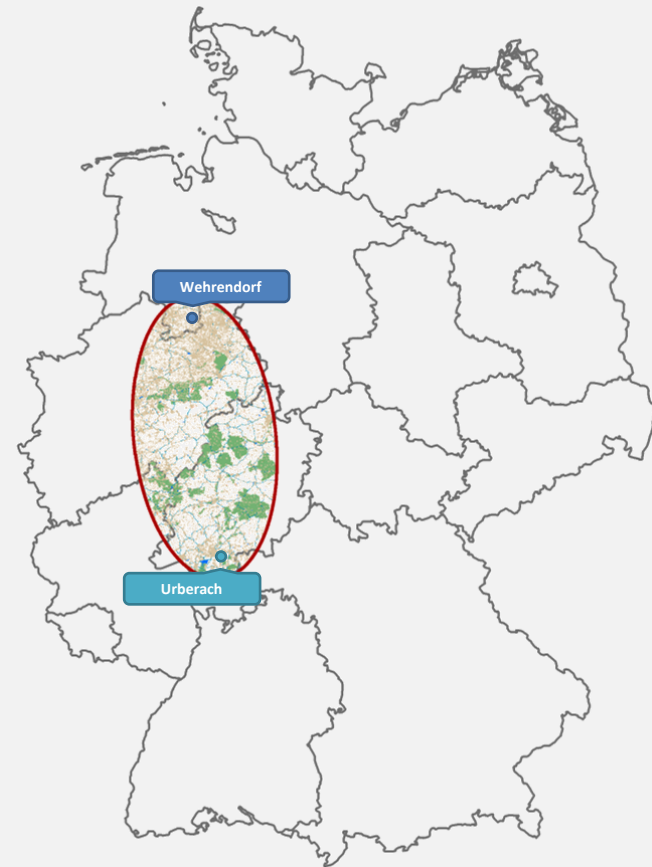
*RD = 95m



Datengrundlage: Basis-DLM, Webatlas des Bundesamtes für Kartographie und Geodäsie

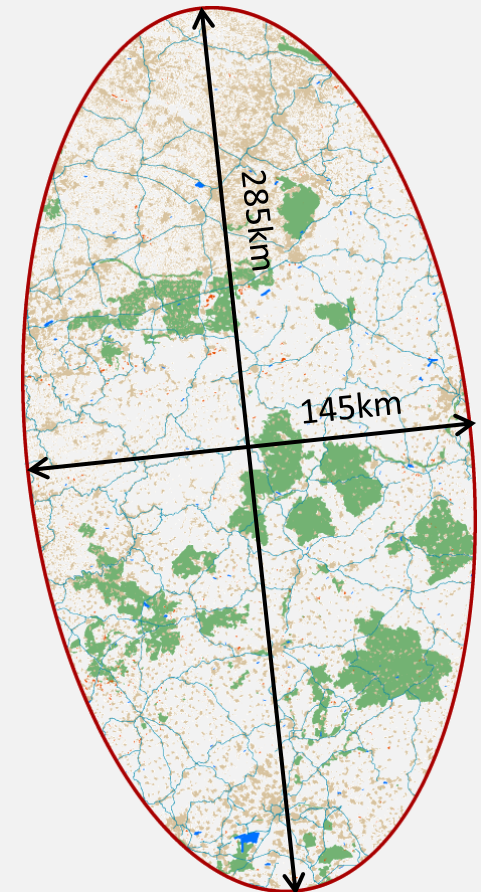
Multikriterielle Modellierung

- Raumplanerische Bewertung eines Teilgebiets



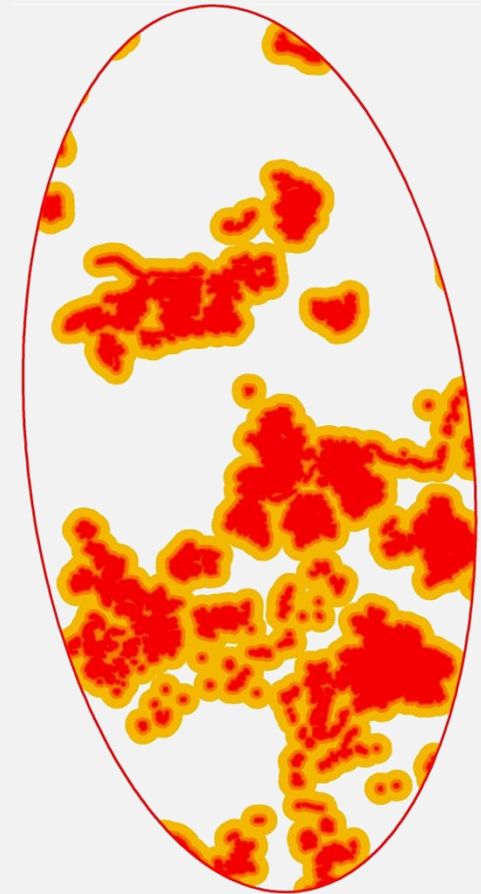
Multikriterielle Modellierung

- Raumplanerische Bewertung eines Teilgebiets



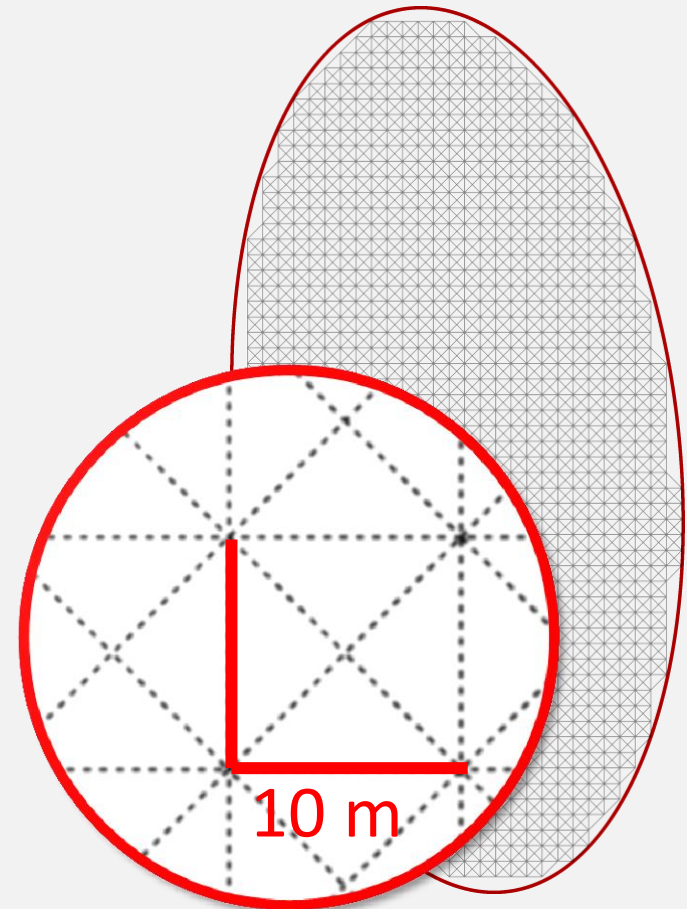
Multikriterielle Modellierung

- Raumplanerische Bewertung eines Teilgebiets
 - Modellierung räumlich relevanter Kriterien



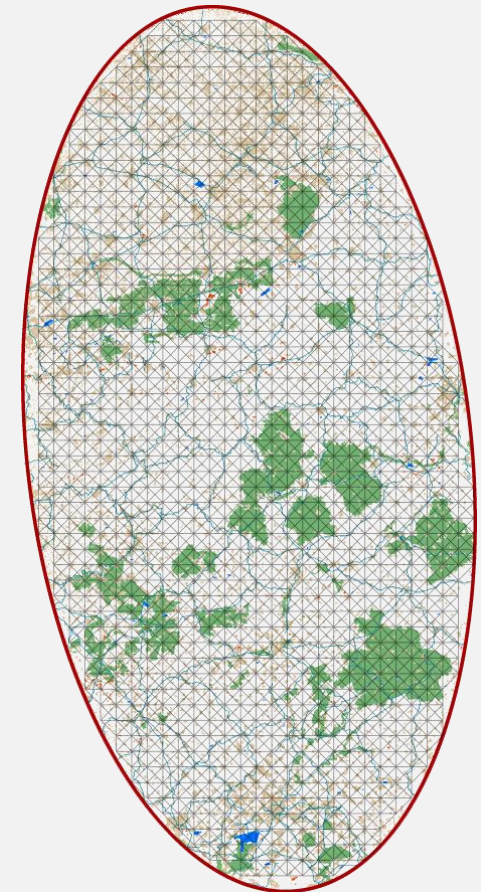
Multikriterielle Modellierung

- Raumplanerische Bewertung eines Teilgebiets
 - Modellierung räumlich relevanter Kriterien
- Zerlegung des Raumes durch Konstruktion eines Rastergraphen



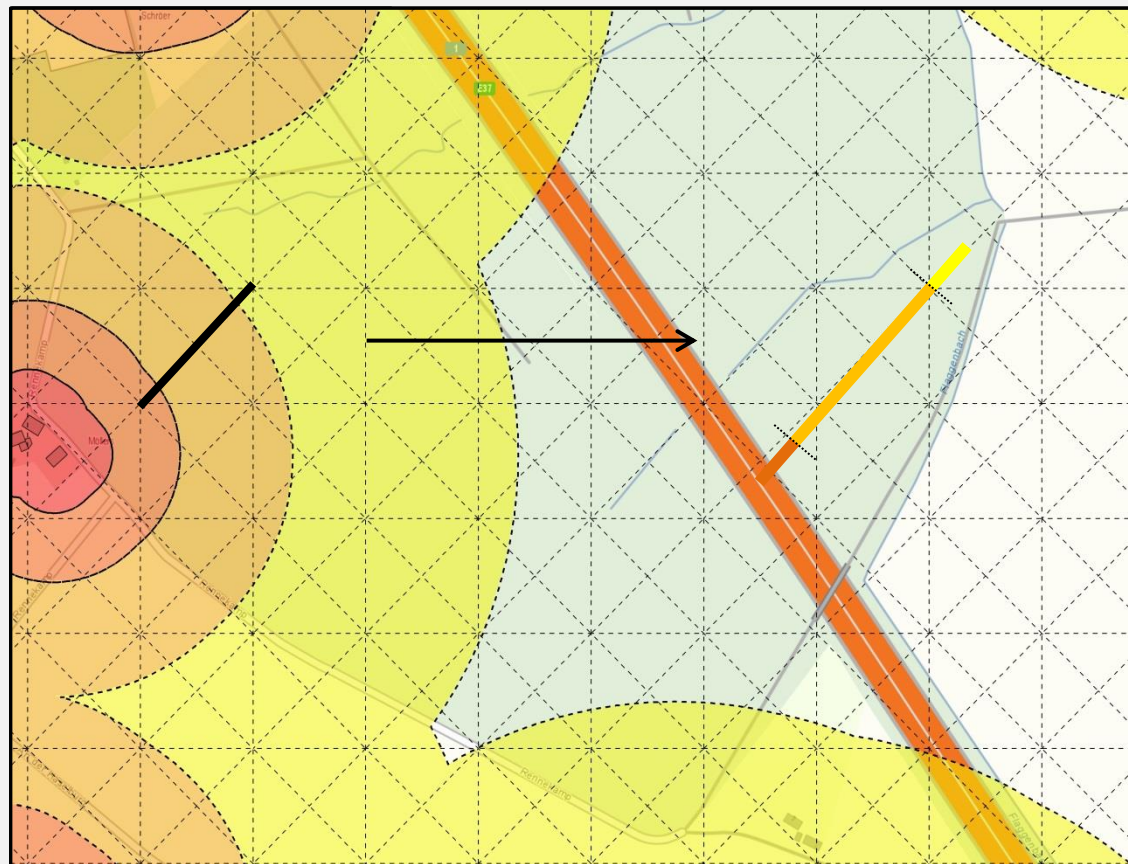
Multikriterielle Modellierung

- Raumplanerische Bewertung eines Teilgebiets
 - Modellierung räumlich relevanter Kriterien
- Zerlegung des Raumes durch Konstruktion eines Rastergraphen
- Gewichtung der Kante des Rastergraphen als Grundlage der multikriteriellen Optimierung



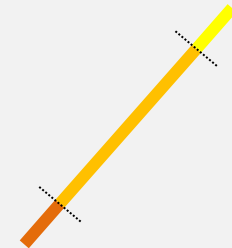
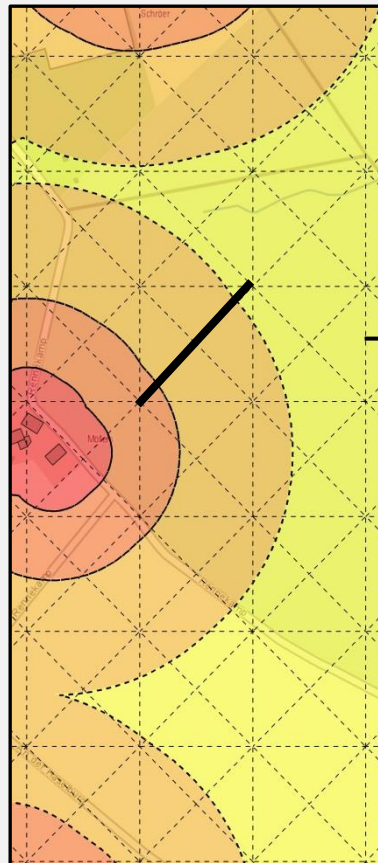
Ermittlung von Kantengewichten

- Bewertung jeder Kante des Rastergraphen durch räumliches Verschneiden mit Raumwiderständen



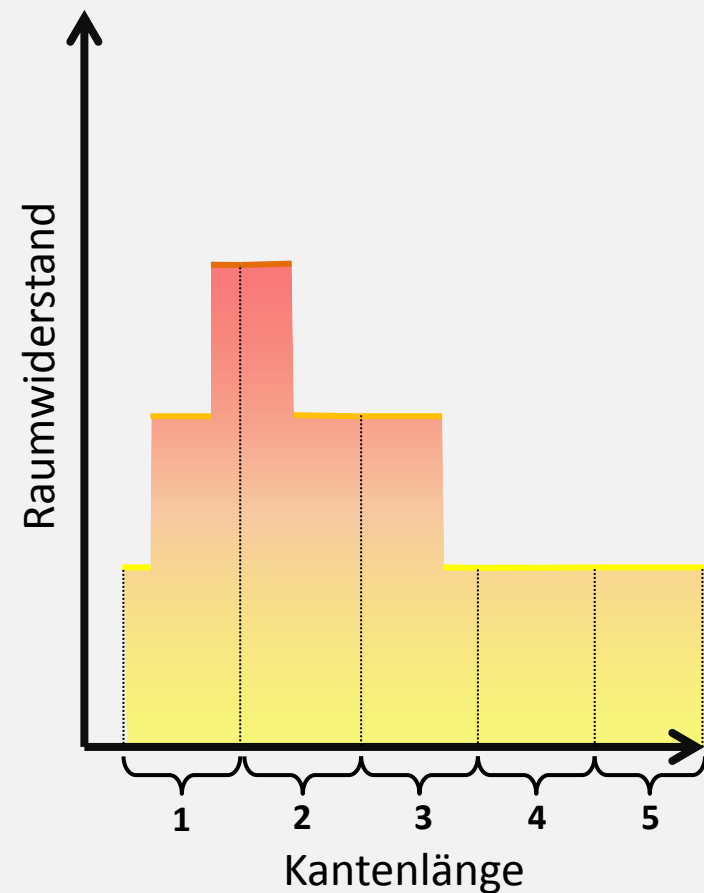
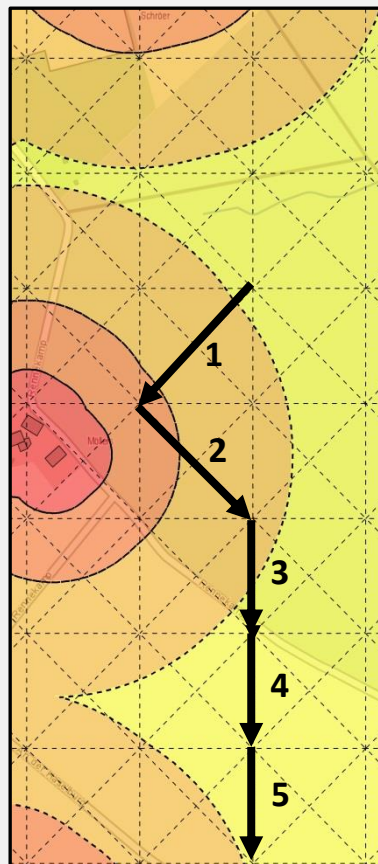
Ermittlung von Kantengewichten

- Bewertung jeder Kante des Rastergraphen durch räumliches Verschneiden mit Raumwiderständen



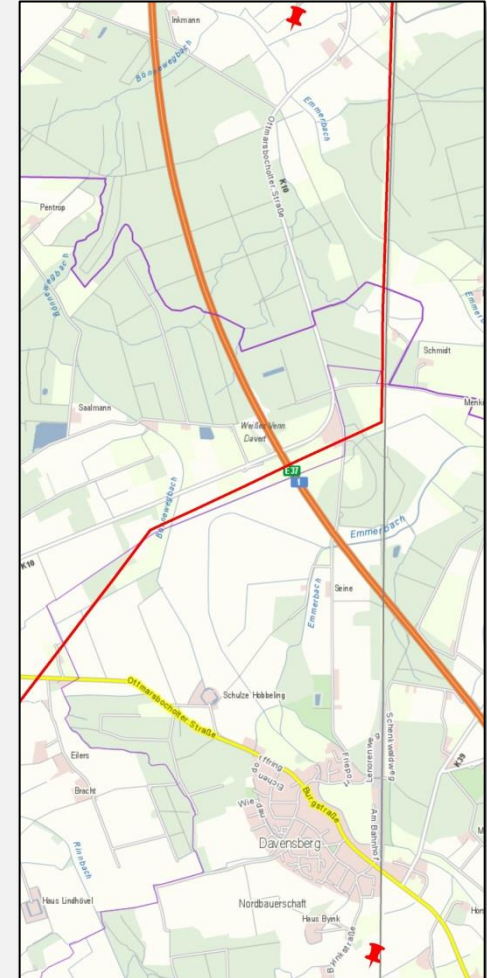
Ermittlung von Kantengewichten

- Bewertung jeder Kante des Rastergraphen durch räumliches Verschneiden mit Raumwiderständen
- Summenbildung der Querungslängen je Raumwiderstand und Kriterium entlang der Kante



Multikriterielle Optimierung - Beispiele

- Testgebiet:
 - Distanz zwischen Punkten: 6000m
- Betrachtete Kriterien:
 - Querung von Landschaftsschutzgebieten
 - Querung von Vogelschutzgebieten
 - Entfernung zu Wohnnutzungen
 - Bündelung mit linearer Infrastruktur
 - Gesamtlänge (Umwegfaktor $\leq 1,4$)



Multikriterielle Optimierung - Beispiele

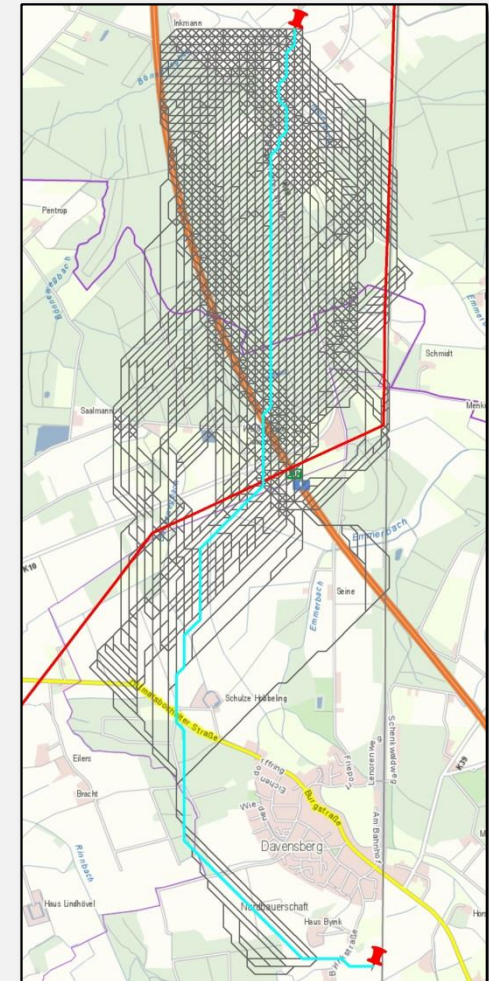
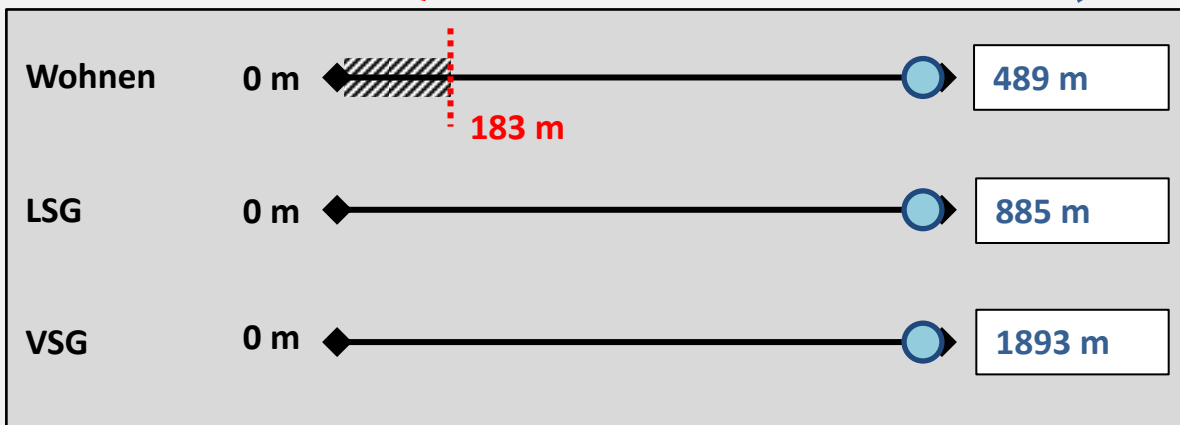
- Insgesamt **20.872** pareto-optimale Lösungen / Trassenvarianten

mögliche min. Querung

Bedingung: max. erlaubte Querung

Variante₀

$n = 20.827$

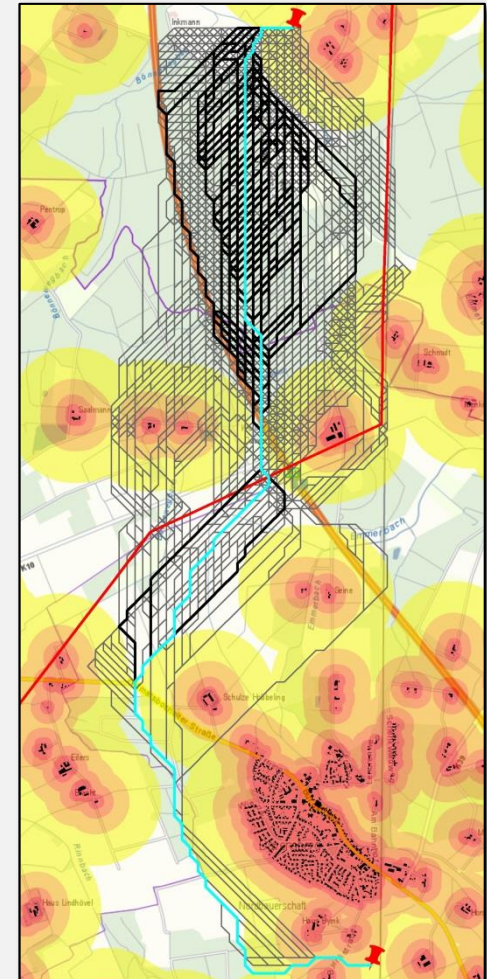
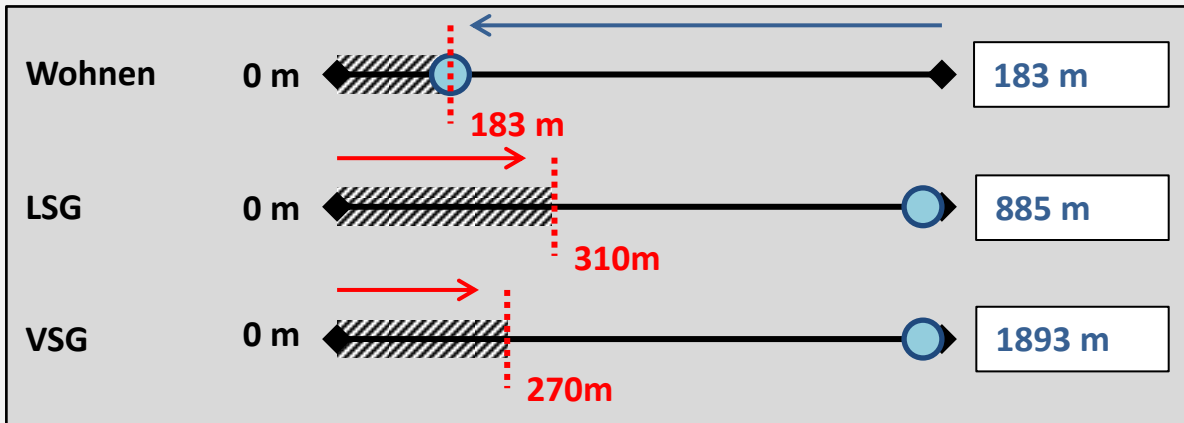


Multikriterielle Optimierung - Beispiele

- Bezüglich der Entfernung zu **Wohnnutzungen** insgesamt **190 Lösungen** mit einer **minimalen Querung** von **183m**
- Unter den **190 Lösungen** ist die kürzeste Alternative **7473m** lang

Variante _{Wohnen}

$n = 190$

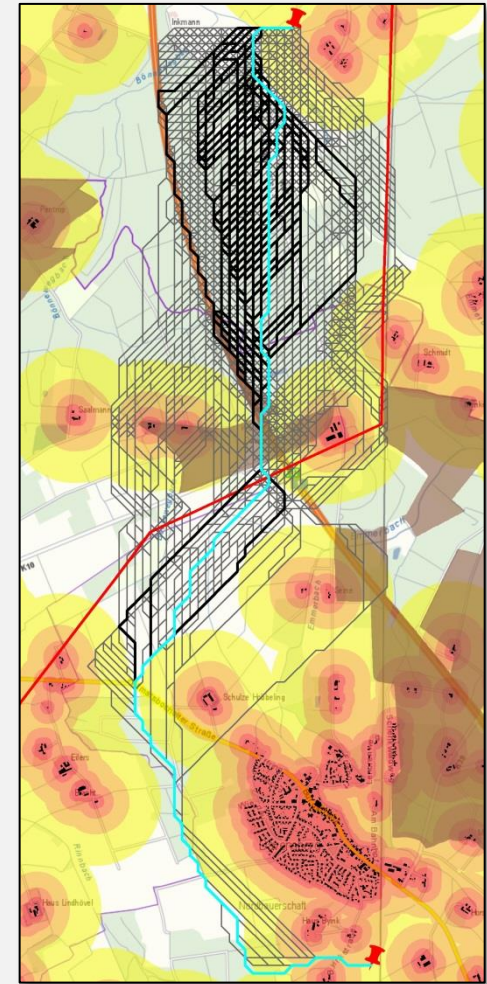
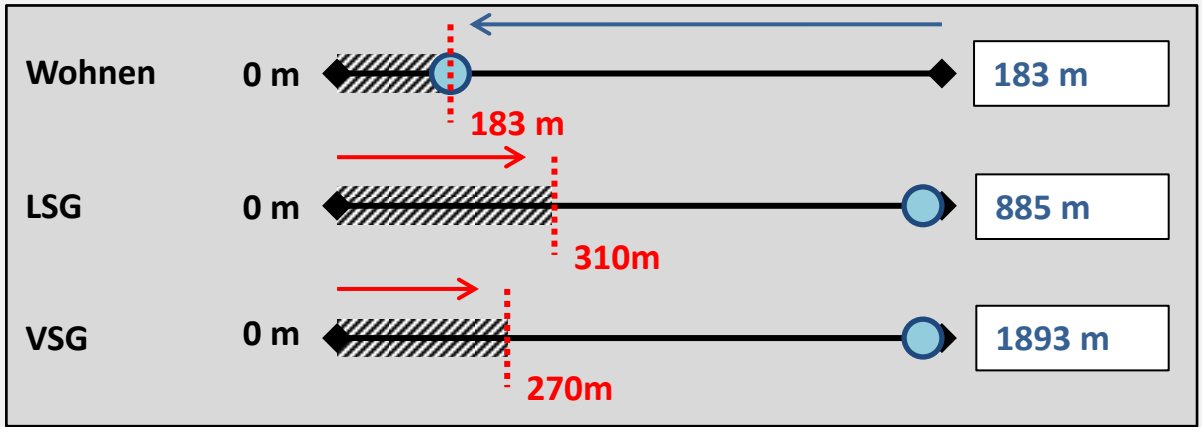


Multikriterielle Optimierung - Beispiele

- Unter den **190 Lösungen** beträgt die kürzeste Querung von **LSG 310m**

Variante _{Wohnen}

$n = 190$

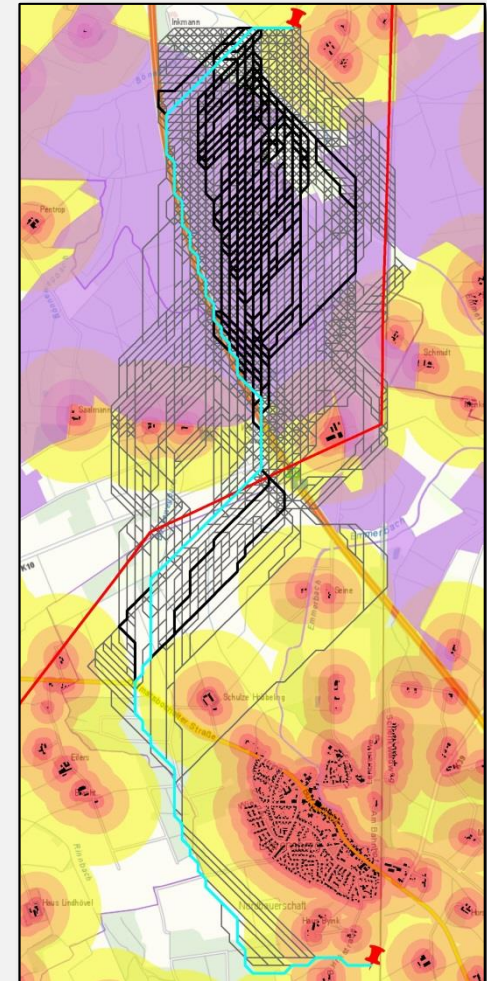
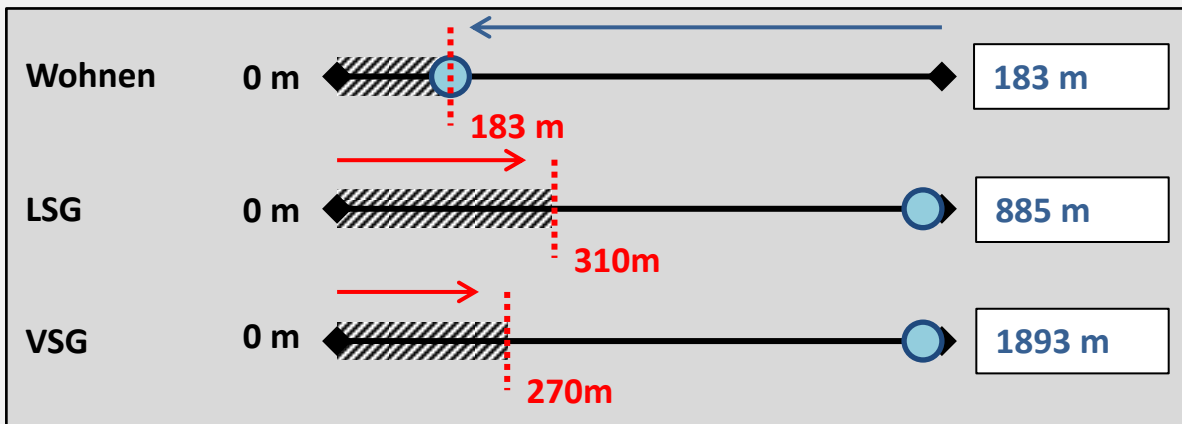


Multikriterielle Optimierung - Beispiele

- Unter den **190 Lösungen** beträgt die kürzeste Querung von **LSG 310m**
- Unter den **190 Lösungen** beträgt die kürzeste Querung von **VSG 270m**

Variante _{Wohnen}

$n = 190$

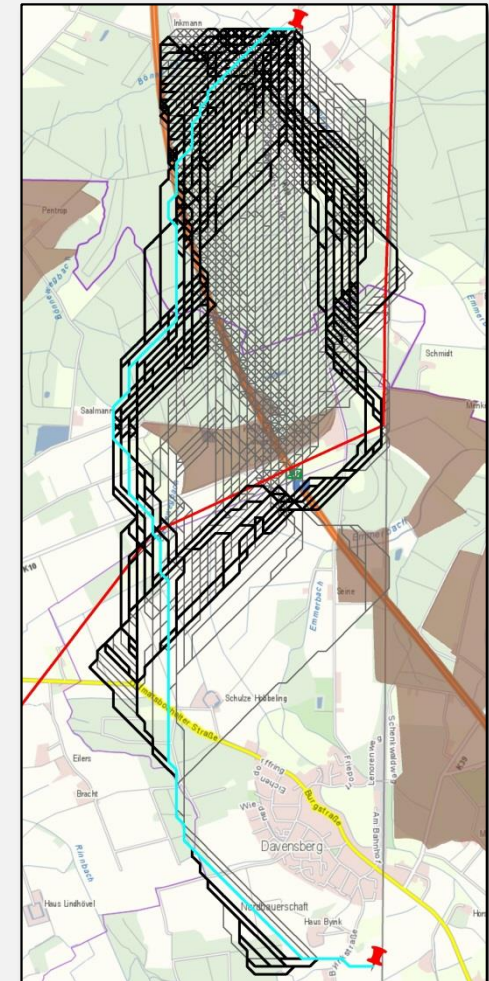
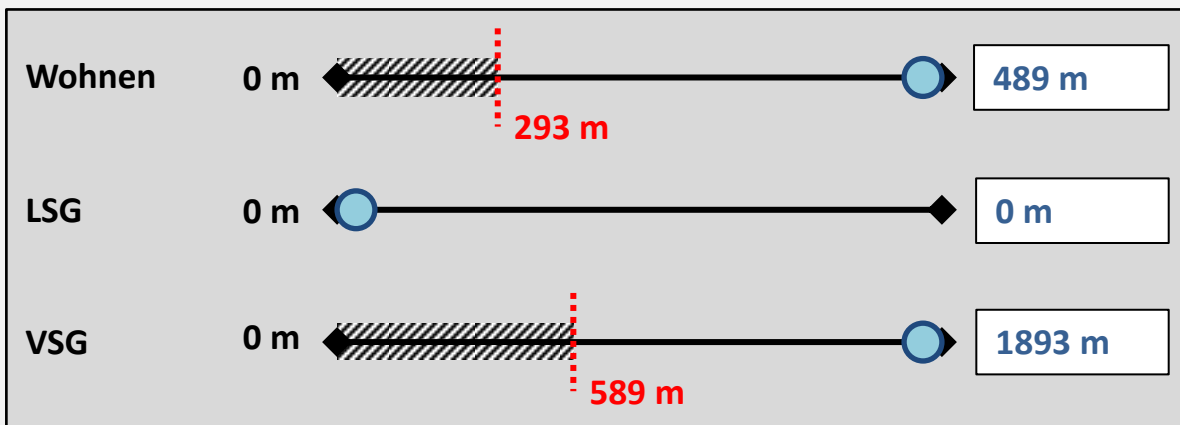


Multikriterielle Optimierung - Beispiele

- Bezüglich der Querung von **LSG** insgesamt **207 Lösungen** mit einer **minimalen Querung von 0m**
- Unter den **207 Lösungen** ist die kürzeste Alternative **7778m** lang

Variante_{LSG}

$n = 207$

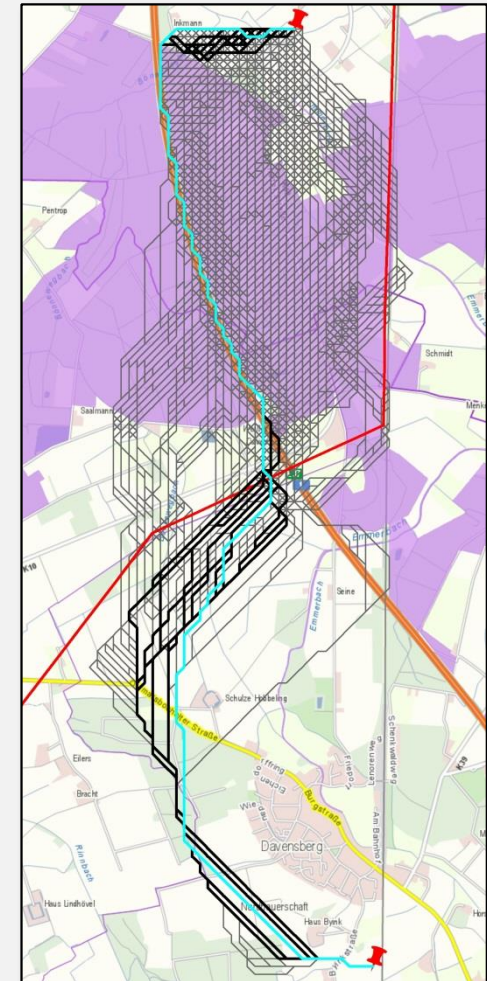
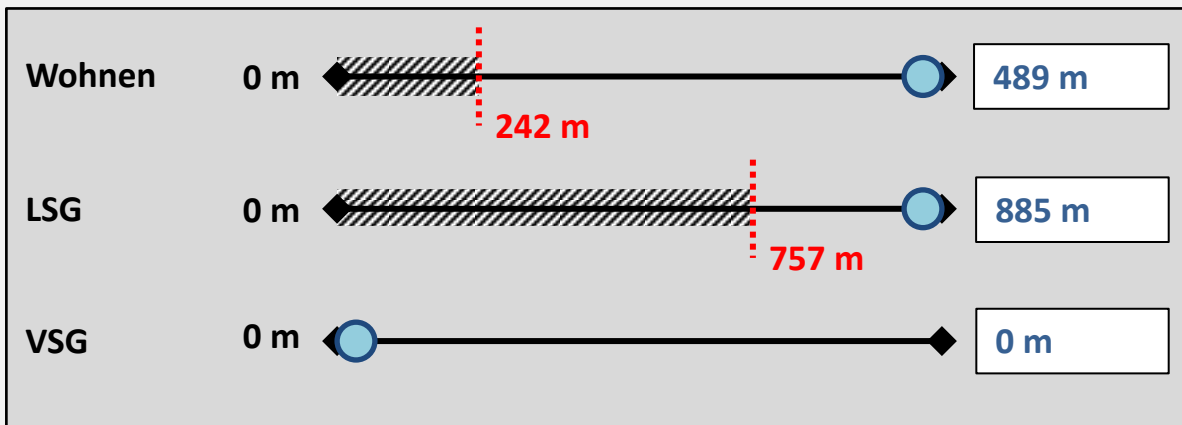


Multikriterielle Optimierung - Beispiele

- Bezüglich der Querung von **VSG** insgesamt **17 Lösungen** mit einer **minimalen Querung von 0m**
- Unter den **17 Lösungen** ist die kürzeste Alternative **8073m** lang

Variante_{VSG}

$n = 17$



Fazit, Herausforderungen und Ausblick

- **Fazit**
 - Die „perfekte“ Trasse gibt es nicht!
- **Herausforderungen**
 - Sind alle Kriterien abbildbar/operationalisierbar?
 - Objektive Bewertung möglich?
 - Methoden zur Reduktion und Bewertung der Alternativen
 - Räumliche Aggregation von Kriterien
 - Trassenalternativen nicht auf „Knopfdruck“
- **Ausblick**
 - Softwaretool kann Planungsprozesse unterstützen
 - Trassenverläufe anhand veränderter Eingangsparameter
 - Bereitstellung eines interaktiven Anwendungs- und Visualisierungstools



Quelle: Gina Sanders – Fotolia.de