



3D-Funknetzplanung von Roadside Units für C2X-Kommunikation entlang der Straßeninfrastruktur

02.04.2019, VII. Verkehrswissenschaftliches Kolloquium Wildau
Christian Setzefand (MRK Management Consultants GmbH)

1 BERUFLICHER WERDEGANG.

2 WER WIR SIND.

3 CAR2X- KOMMUNIKATION.

4 PHYSIKALISCHE GRUNDLAGEN.

5 PROJEKTERGEBNISSE DER MRK.

Beruflicher Werdegang

Zwischenschritte

2008 - 2011



Ausbildung mit Abschluss
„Kaufmann für Spedition
und Logistikdienstleistungen“

2011 - 2017



Studium
Verkehrswissenschaften
Vertiefungsrichtung
Verkehrstelematik

seit 10/2015



Praktikant (bis 12/2015)
Werkstudent (bis 02/2017)
Teamleiter (seit 03/2017)

- Management- und Innovationsberatung
- Werkstudenten / Praktikanten

Das Profil

Wer wir sind

Wir sind eine unabhängige, international tätige und seit 48 Jahren eigentümergeführte Firmengruppe im Dienstleistungssektor.

Firmengründung

1971

Zentrale

DE München

Offices (15)

DE München
DE Bamberg
DE Braunschweig
DE Bremen
DE Dresden
DE Köln
DE Leipzig/Torgau
DE Mannheim
DE Nürnberg
DE Stuttgart
DE Würzburg
LUX Luxemburg
CZ Prag
ITA Rovereto
ALB Tirana

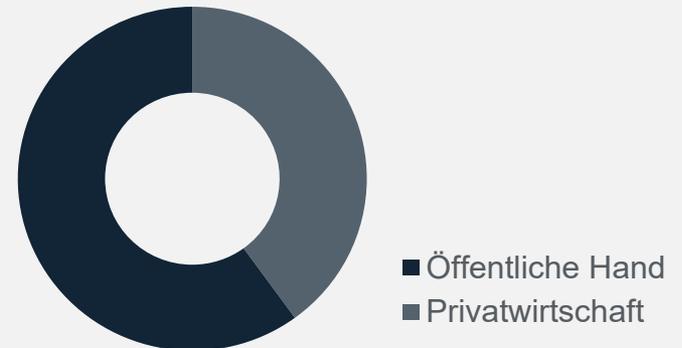
Beirat und Aufsichtsrat

Dipl.-Ing. Peter Hartmann
MDirig a.D. Dieter Wellner
Prof. Hans-Dieter Ruf
Dr. Stephan Germann
Dipl.-Ing. Klaus Schelske
Dipl.-Ing. Dirk Leichs
Dipl.-Ing. Hans Kraft
Heinz-Peter Schierenbeck
Prof. Dr.-Ing. Oliver Michler

Unsere Mitarbeiter

Dipl. Betriebswirte
Dipl. Ingenieure
Dipl. Informatiker
Dipl. Volkswirte
Dipl. Mathematiker
Dipl. Geographen
Juristen
Verwaltungsfachwirte
Consultants
Projektmanager
Experten
Projektleiter

Klientenstruktur



Zertifizierung

Die MRK Gruppe ist nach DIN EN ISO 9001:2015 zertifiziert.

Unsere Geschäftsbereiche

Competence Center



Verkehr



Telekommunikation & Netze



Infrastruktur



Energie



Automotive



Non-Profit

Ressourcenmanagement



Consulting – Projektmanagement - Projektfinanzierung - Qualitätsmanagement

Funktionale Tätigkeiten



Initialisierung



Konzeption



Feinplanung



Realisierung



Betrieb

MRK Gruppe



Mobilitätsberatung, Digitalisierung und Transformation

- Verkehrliche Studien und Anwendungen | IVS-Referenzarchitektur | ITS- und Verkehrsverbände
- Digitalisierung | Smart Data | Big Data | Verkehrssteuerung | Mobilitätsplattformen
- Quartiersentwicklung | Elektromobilitätskonzepte | Geschäftsmodellentwicklung
- Projektsteuerung und Projektleitung | Fördermittelbeantragung
- ...



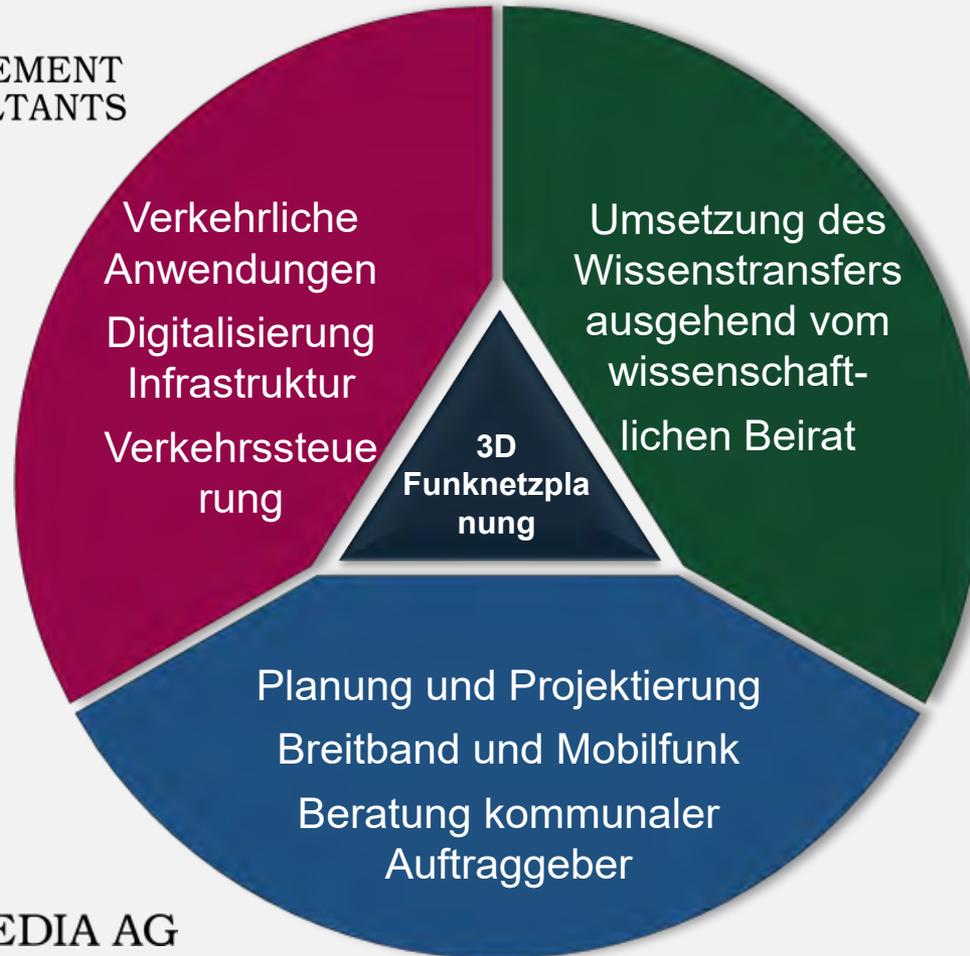
- Planung von Glasfaser- und Kupfer-basierten Breitbandanschlüssen (FTTC, FTTB, FTTH) für Privathaushalte i. A.
 - von Kommunen und Landkreisen
 - von Telekommunikationsnetzbetreibern
- Breitband- und Mobilfunkstudien (Planung- und Projektierung sowie Untersuchung Abdeckung)
- 3D-Funknetzplanung



- Umsetzung des Wissenstransfers ausgehend vom wissenschaftlichen Beirat
- Technologieentwicklung, z. T. mit Patentierungsprozess
 - leitungsggebundene Übertragungsmedien
 - Alternative Mobilfunk-Versorgungskonzepte
- Innovations-Consulting



MRK MANAGEMENT
CONSULTANTS

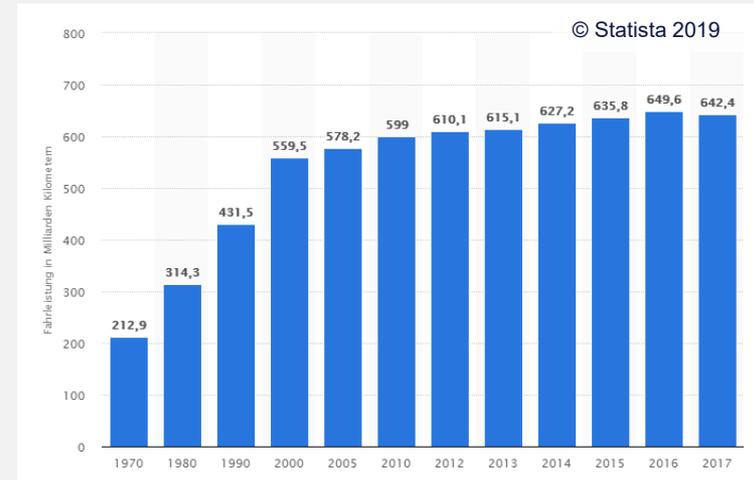


ISCons

MRK MEDIA AG

Warum Car2X-Kommunikation?

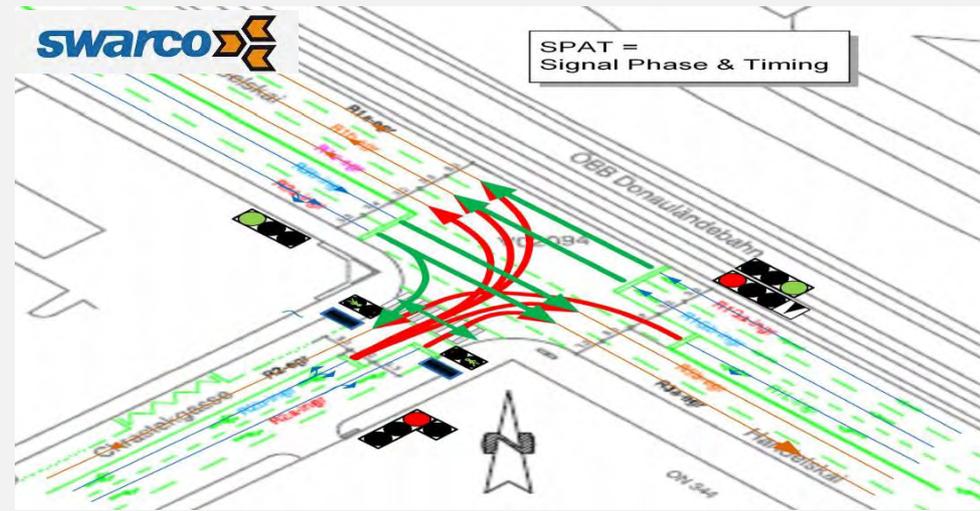
- PKW-Gesamtfahrleistung in letzten Jahren leicht rückläufig, jedoch doppelt so hoch wie bspw. im Jahr 1980
- Straßeninfrastruktur begrenzter Faktor – vor allem im urbanen Raum; Bundesverkehrswegeplan 2030: „Erhalt vor Neubau“
 - Neubaumaßnahmen nur bei „wesentlich kapazitätssteigernde[r] bzw. qualitätsverbessernde[r] Wirkung“
- Aus Sicht der EU und Infrastrukturbetreiber:
 - Einführung von Cooperative Intelligent Transport Systems (C-ITS) → Fahrzeugführer unterstützen und Verkehr sicherer (Vision Zero), sauberer und effizienter gestalten
 - Erfahrungen sammeln



Motivation

Was beinhaltet Car2X-Kommunikation?

- Austausch standardisierter Nachrichten, jedoch verschiedene Organisationen: SAE (USA), CEN, CENELEC, ETSI (EU), ARIB (JP), ISO, IEC und ITU (Int.)
- Standardisierte C2I-Nachrichten in EU:
 - SPaT (Signal Phase and Timing)
 - MAP (Map Data Message)
 - PDM (Probe Data Management Message)
 - SRM (Signal Request Message)
 - IVI (In Vehicle Information)



Quelle: <https://www.collaborative-team.eu/downloads/get/SWARCO%20standardisation%20activities%20in%20cooperative%20systems.pdf>

SPaT und MAP (Bsp.-Visualisierung):

RSU versendet auf Basis der Fahrzeugseitigen CAM Nachricht

- MAP (liefert Informationen zur Kreuzungstopologie)
- SPaT (liefert Zustands- und Prognoseinformationen (Signalstatus und Restzeiten))

Car2X-Kommunikation

Roadside Units

- RSUs können je nach Hersteller mit verschiedenen Antennen betrieben werden
 - Omni-Antenne
 - Richtantenne
- Wahl des Antennentyps mitunter entscheidend für Signalreichweite und -abdeckung



RSU-Installation am Fritz-Löffler-Platz in Dresden.

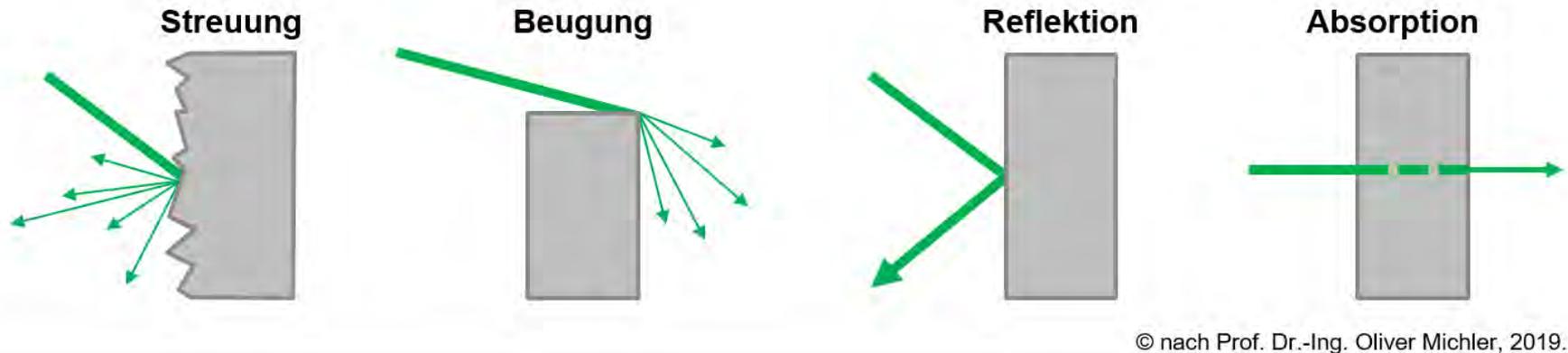


Nachrichtenaustausch



Bsp. OBU für Fahrzeug.

Unterliegt (störenden) Einflüssen

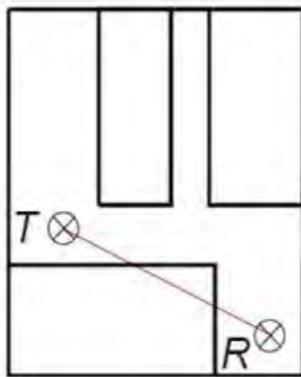


- Ausbreitung elektromagnetischer Wellen unterliegt Effekten und Einflussfaktoren
 - Streuung, Beugung, Reflektion und Absorption
 - Materialeigenschaften der Umgebung
 - Verwendete Frequenz
- Bsp.: Metallflächen können kaum durchlässig für Funkwellen sein, diese jedoch stark reflektieren, beugen oder streuen
- Bsp.: 800 MHz Frequenz (Wellenlänge ca. 37,4 cm) | 5.900 MHz Frequenz (Wellenlänge ca. 5 cm) → höhere Frequenzen sind i. d. R. leichter zu dämpfen und haben geringere Reichweite

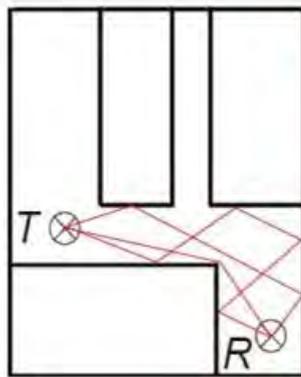
Physikalische Grundlagen

Ausbreitungsmodell

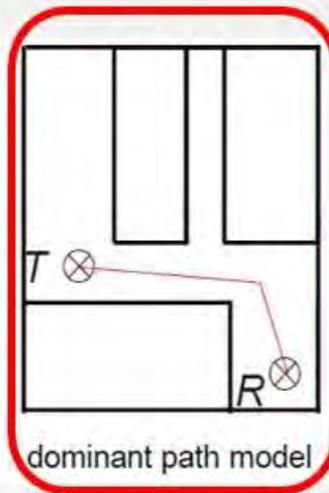
- Ausbreitungsmodelle
 - Je höher benötigte Genauigkeit, desto größer Modellierungsaufwand und Rechenzeit
 - Auflösung 1x1-Meter deutlich größerer Rechenaufwand als 5x5 Meter [Bsp.-Korridor: 5 Stunden vs. 10-15 Minuten]
- Verschiedene Ansätze
 - Empirisches Modell
 - Strahlenoptisches Modell
 - Dominant Path Modell



empirical model

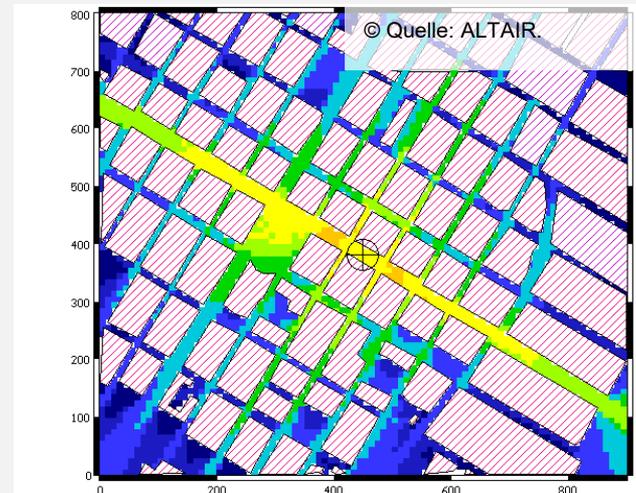
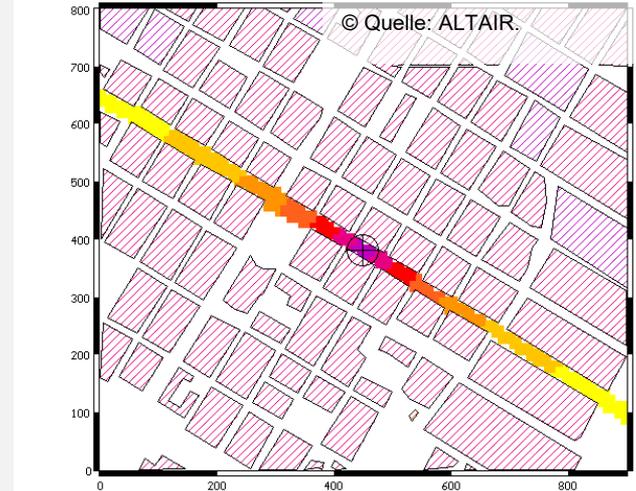


ray-optical model



dominant path model

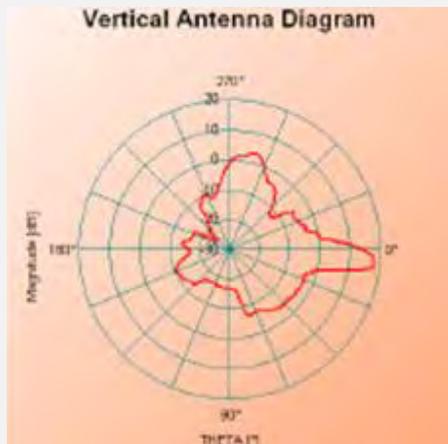
© Altair 2018.



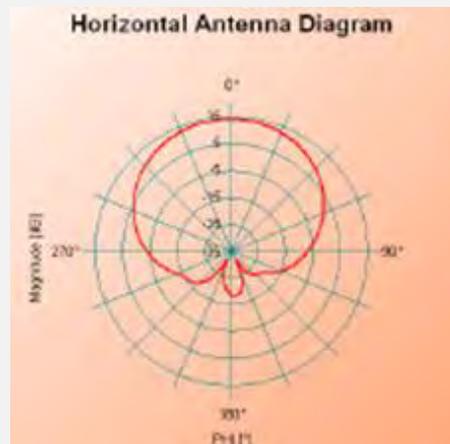
Physikalische Grundlagen

Warum 3D-Modellierung?

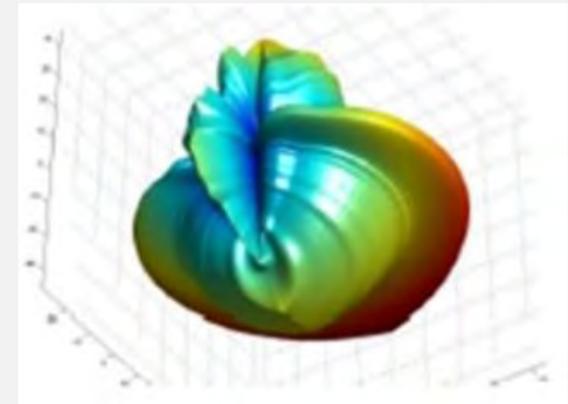
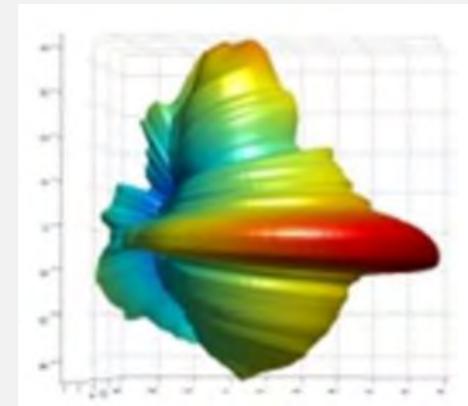
- Vertikales und horizontales Antennendiagramm überführt in dreidimensionale Darstellung der Strahlencharakteristik



+



=



Bildquellen: ITVS TUD.

- 3D-Funknetzplanung bezieht neben Material- und Ausbreitungseigenschaften auch Höhendaten der Objekte und Umgebung ein
 - Genauigkeit und Belastbarkeit des Modells nehmen zu
 - Defizite können bereits in Planungsphase sehr sicher erkannt werden
 - Optimale Standortplanung für Sender

Schritte der Funkplanung:

- 1) Nach Beauftragung: Absprachen mit Auftraggeber zu Inhalten und Details
 - Standortbegehung inkl. Dokumentation, dabei Klärung offener Fragen (Standorte Steuergeräte, Standorte RSUs, Strom- und Datenversorgungsmöglichkeiten, Besonderheiten vor Ort, ggf. Prioritäten ...)
 - Hilfreich: Befahrung des Korridors und Videoaufnahme
- 2) Einholen von Planungsunterlagen und -grundlagen
 - Trassierungs- und Lagepläne der Infrastruktur und vegetativen Begleitplanung
 - Nützlich: Digitales Geländemodell mit 1x1 Meter Auflösung
- 3) Modellierung des Umfelds
 - Modellierung des Korridors und fehlender Elemente in CAD-Programm
 - Verschiedene LOS der Verkehrsinfrastruktur modellierbar (statisch)

Schritte der Funkplanung:

- 4) Importieren der CAD-Ergebnisse in Planungssoftware und Parametrisierung der Objekte und Antennen
 - Übertragung der funktechnisch relevanten Parameter auf die Objekte, um eine realistische Umgebungsbedingungen zu schaffen, bspw.
 - Materialeigenschaften aller Objekte
 - Antennencharakteristik sowie vorgesehene Funkfrequenz
- 5) Simulation der Funkausbreitung
 - Festlegung des Ausbreitungsmodells
 - Festlegung der Sendestandorte
- 6) Auswertung der Ergebnisse und ggf. Optimierung

Projektergebnisse der MRK

Digitales Geländemodell - DGM



3D-Visualisierung

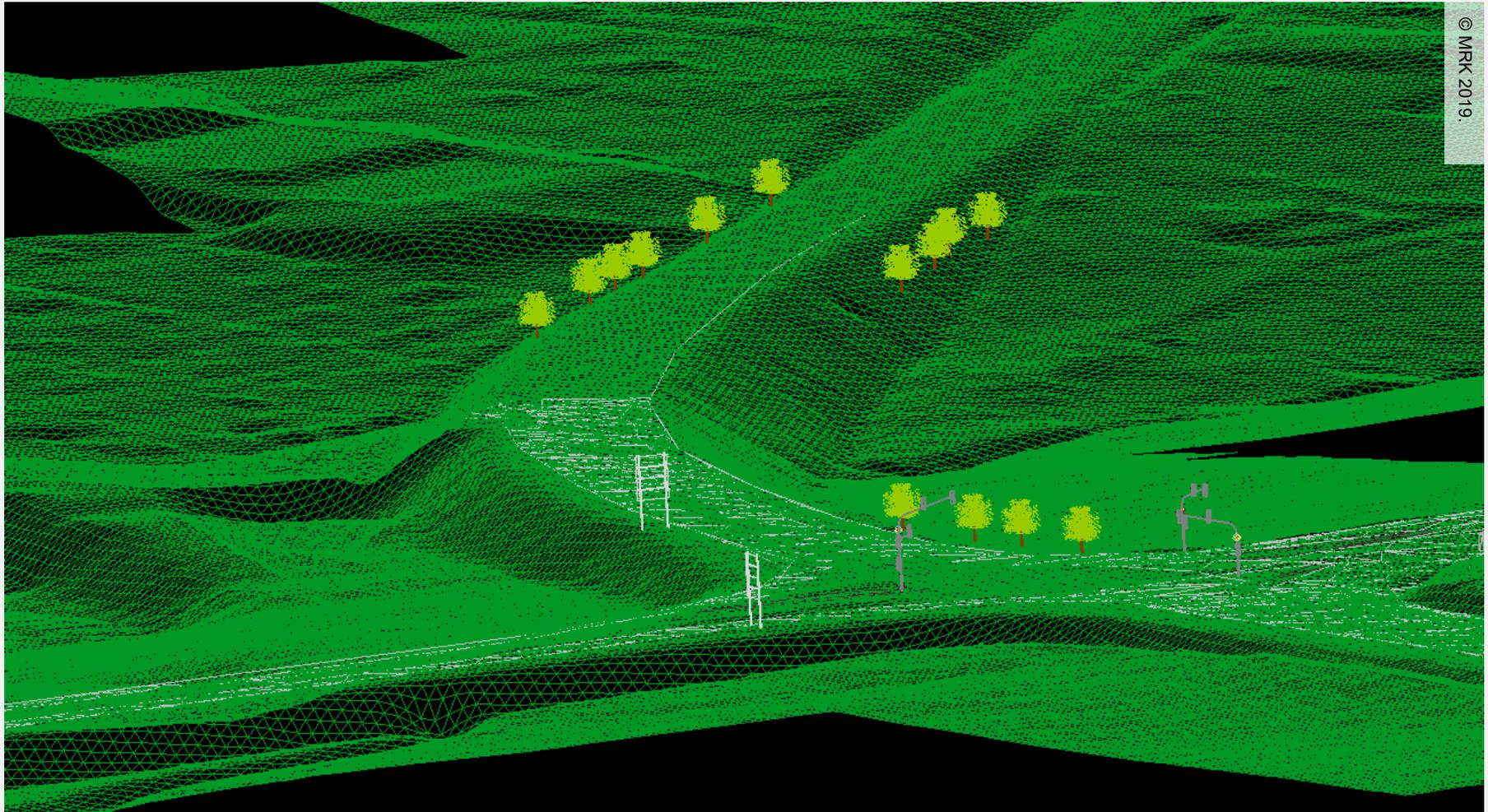


© Geobasis-Information und Vermessung Sachsen (GeoSN) 2018.

1	410991.00	5655297.00	115.66
2	410991.00	5655296.00	115.71
3	410992.00	5655298.00	115.57
4	410992.00	5655297.00	115.65
5	410992.00	5655296.00	115.69

- Punktkoordinaten (x,y,z) mit einer Auflösung von bis zu 1x1-Meter
- Gebiet wird bspw. mit Flugzeug befliegen und dabei mittels Laser vermessen
- DGMs können von Landesämtern in unterschiedlicher Auflösung bereitgestellt werden

Digitales Geländemodell - DGM



© MRK 2019.



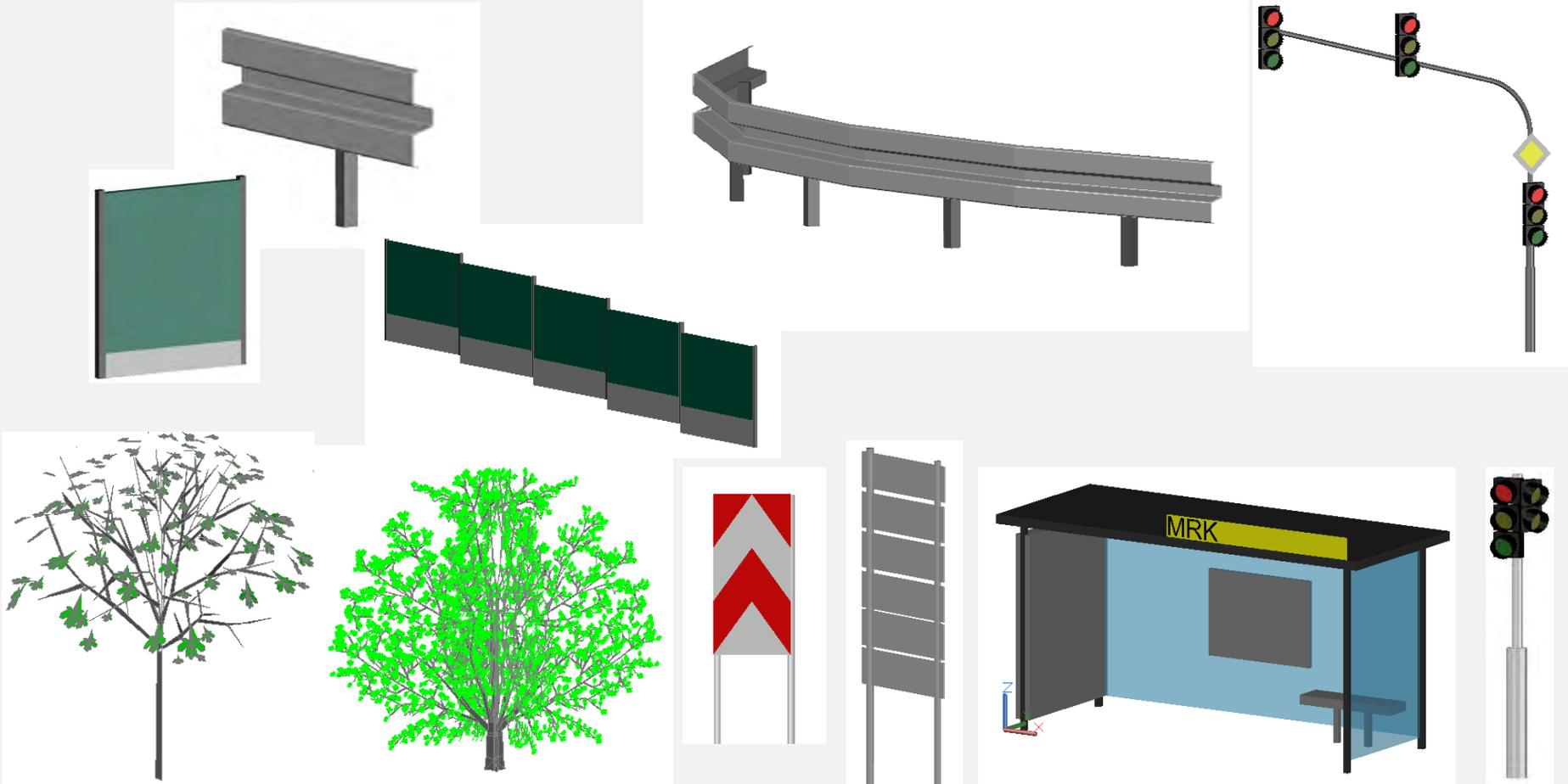
- Befahrung mit Fahrzeug, um relevante Elemente im Projektgebiet dokumentieren zu können

Oberflächen-Modelle der gesamten Umgebung:

- Gebäude
- Straßen
- Vegetation
- Fahrzeuge
- Infrastruktur (Ampeln, Schilder...)

Projektergebnisse der MRK

Auszug aus MRK-CAD-Modellkatalog

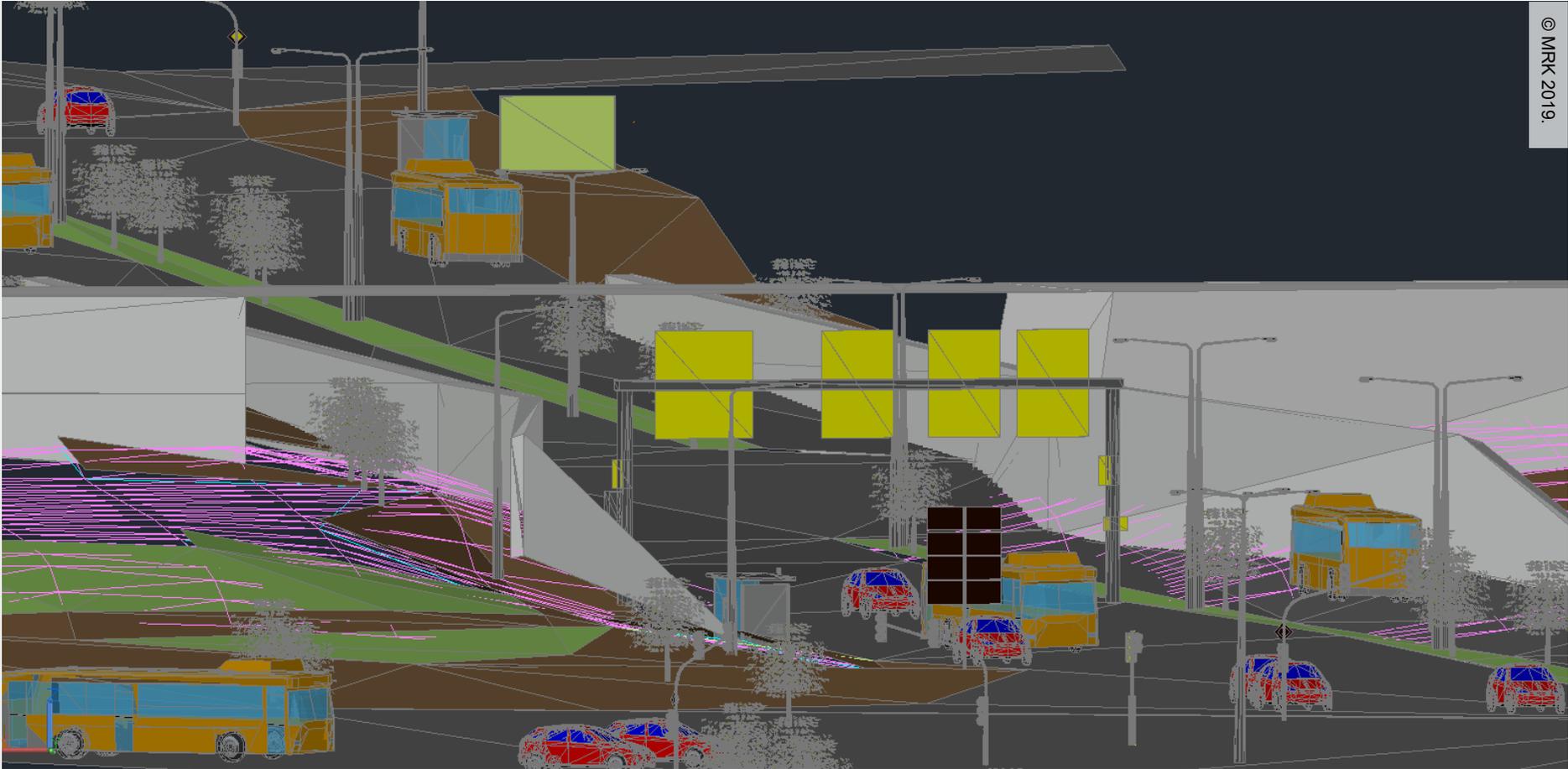


2.300 Flächen
Rechenzeit: 2 Sek.

230.000 Flächen
Rechenzeit: ca. 1 Tag, 3 Stunden

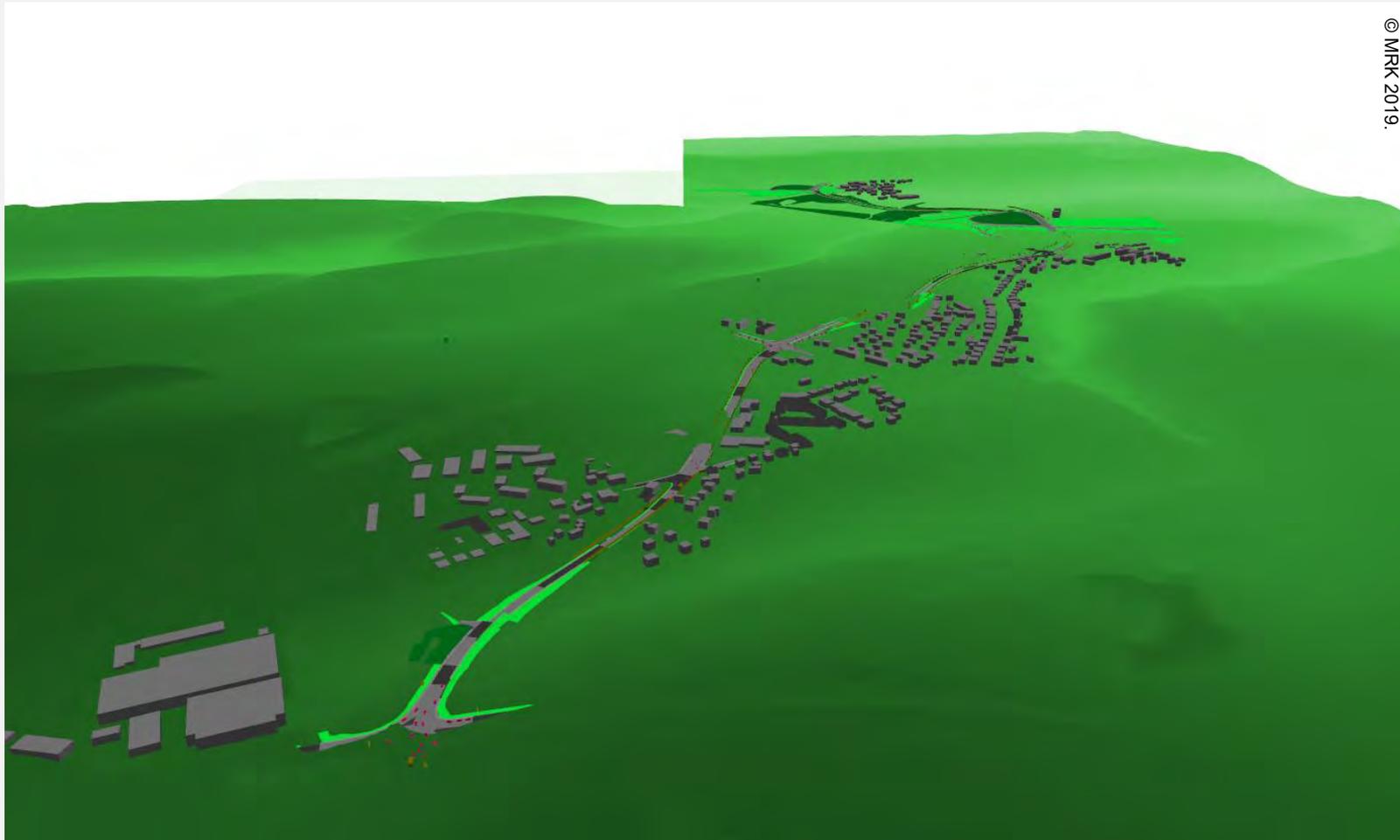
Projektergebnisse der MRK

3D-Modellierung



Projektergebnisse der MRK

3D-Modellierung – Plausibilitätsprüfung DGM

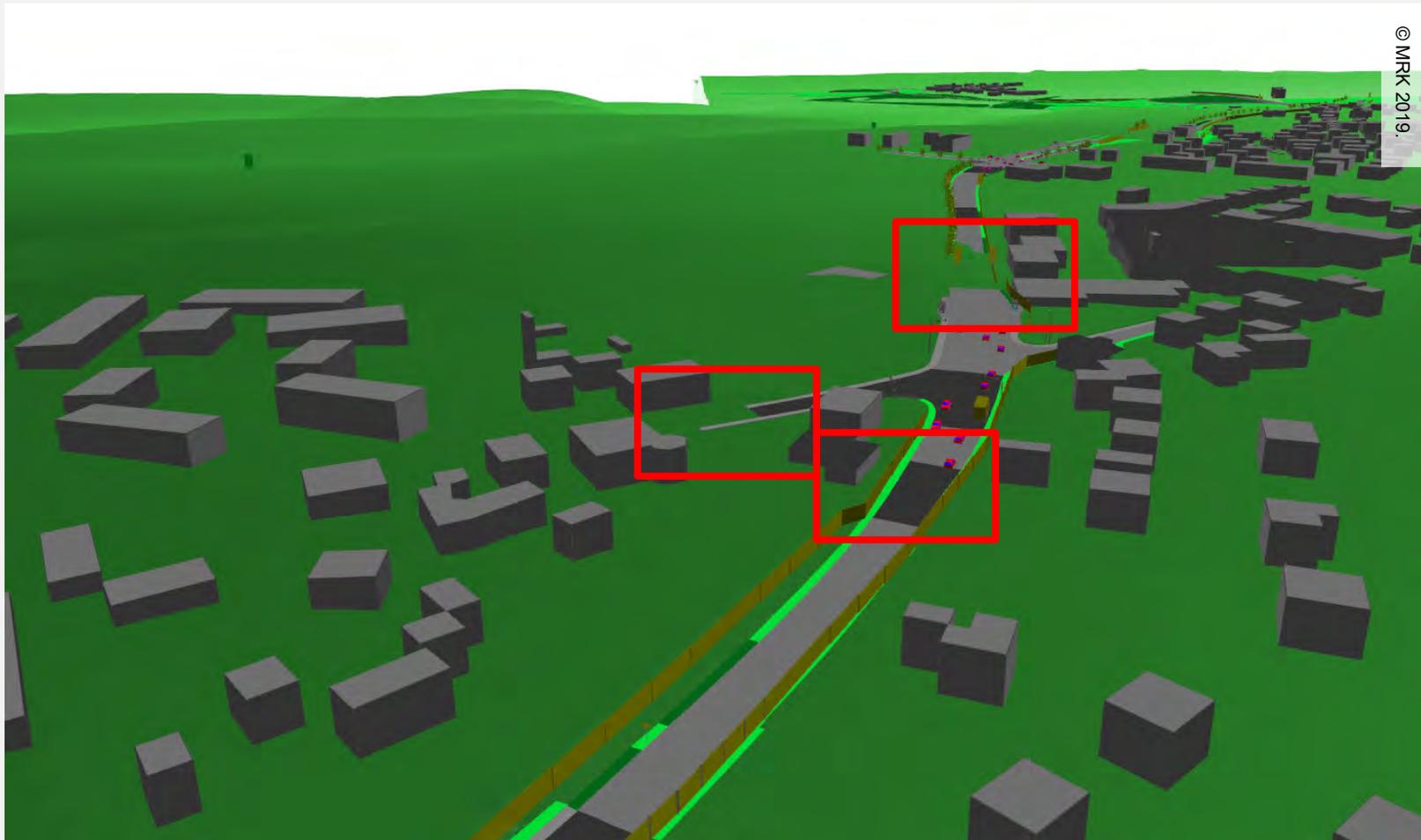


© MRK 2019.

Optische und inhaltliche Plausibilitätsprüfungen: Kann Ergebnis stimmen?

Projektergebnisse der MRK

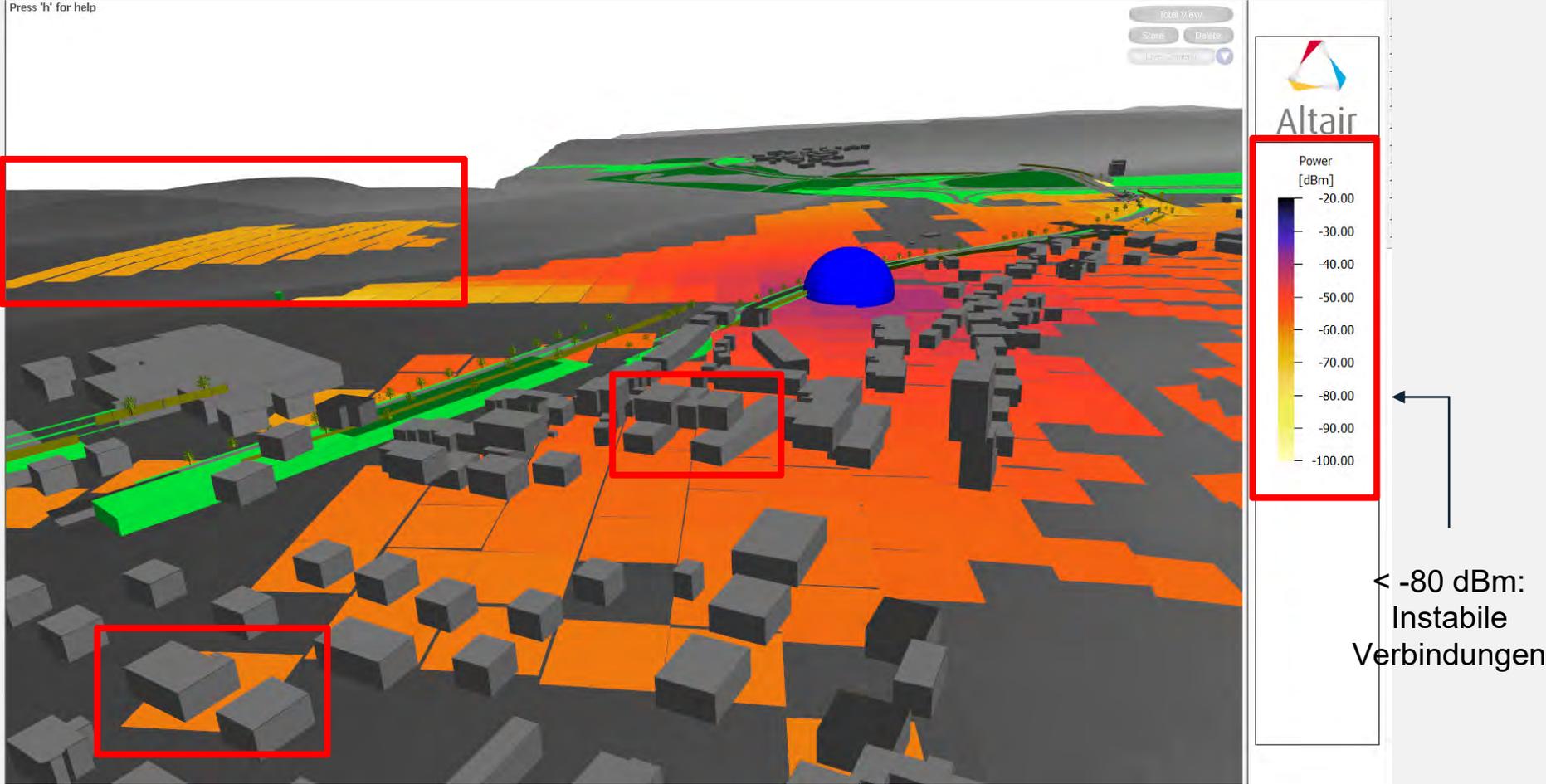
3D-Modellierung – Plausibilitätsprüfung DGM



→ Auffälligkeiten nach optischer Prüfung der Ergebnisse

Projektergebnisse der MRK

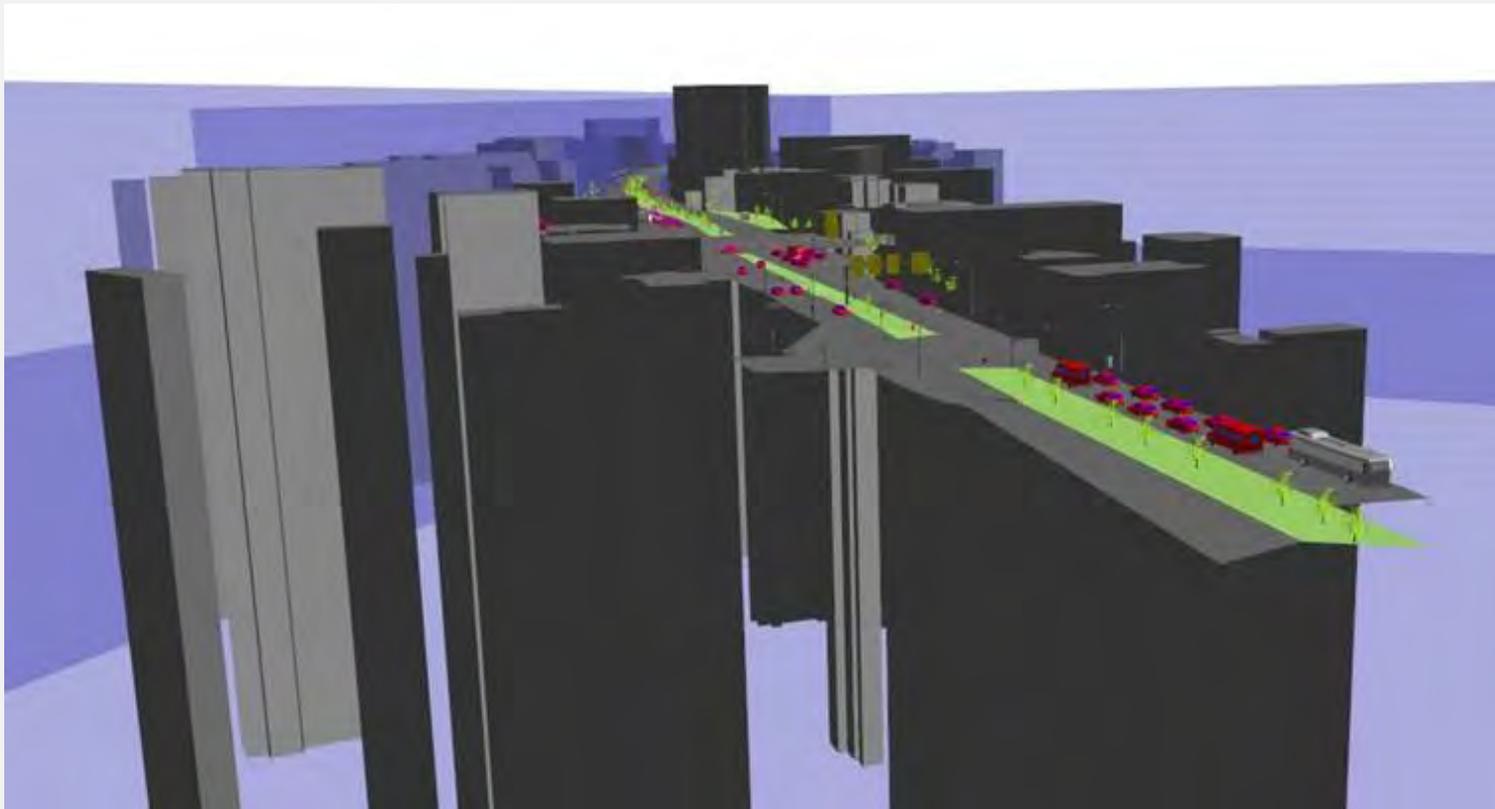
3D-Modellierung – Plausibilitätsprüfung DGM



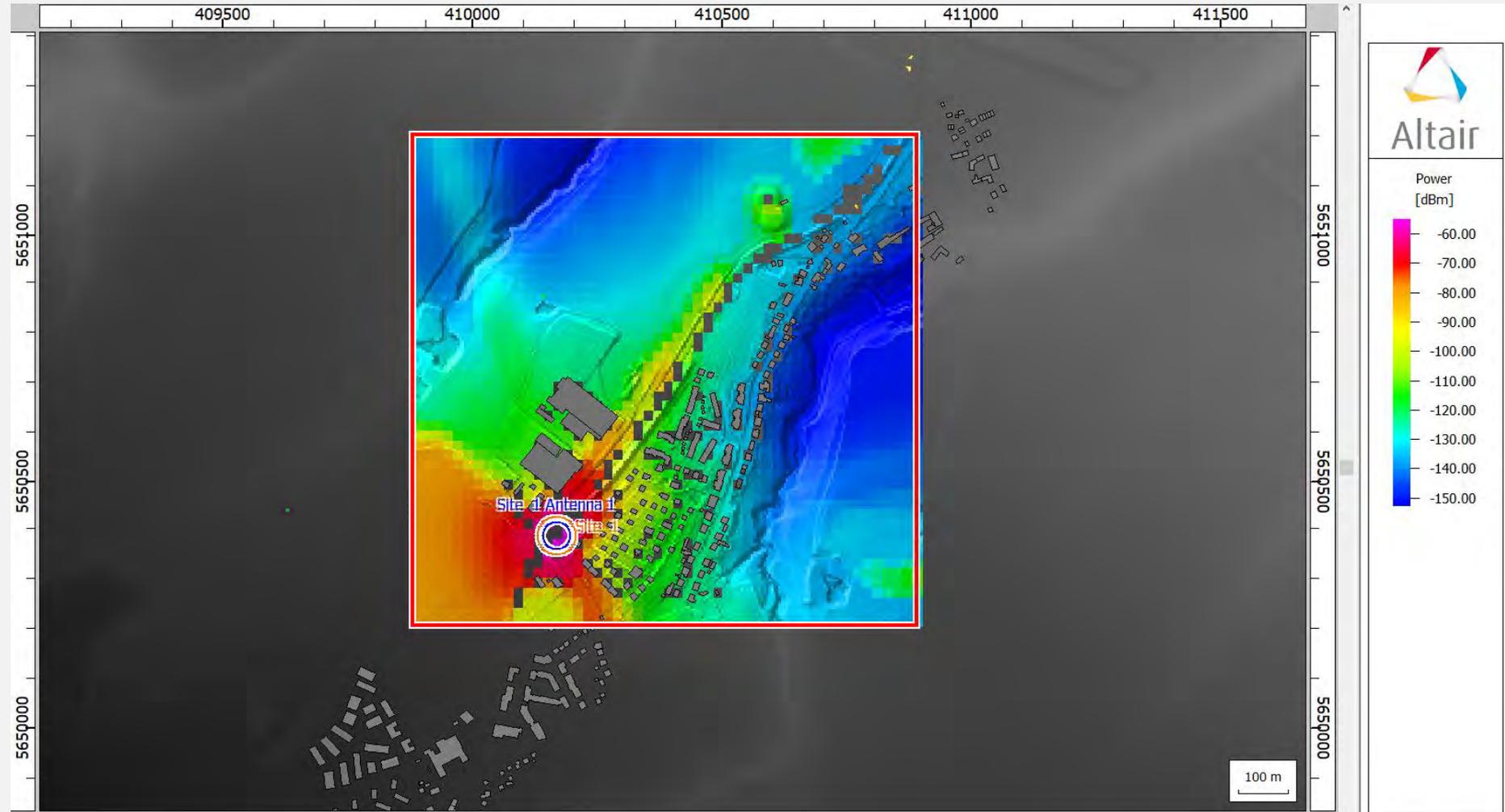
→ Auffälligkeiten nach optischer und inhaltlicher Prüfung der Ergebnisse

Projektergebnisse der MRK

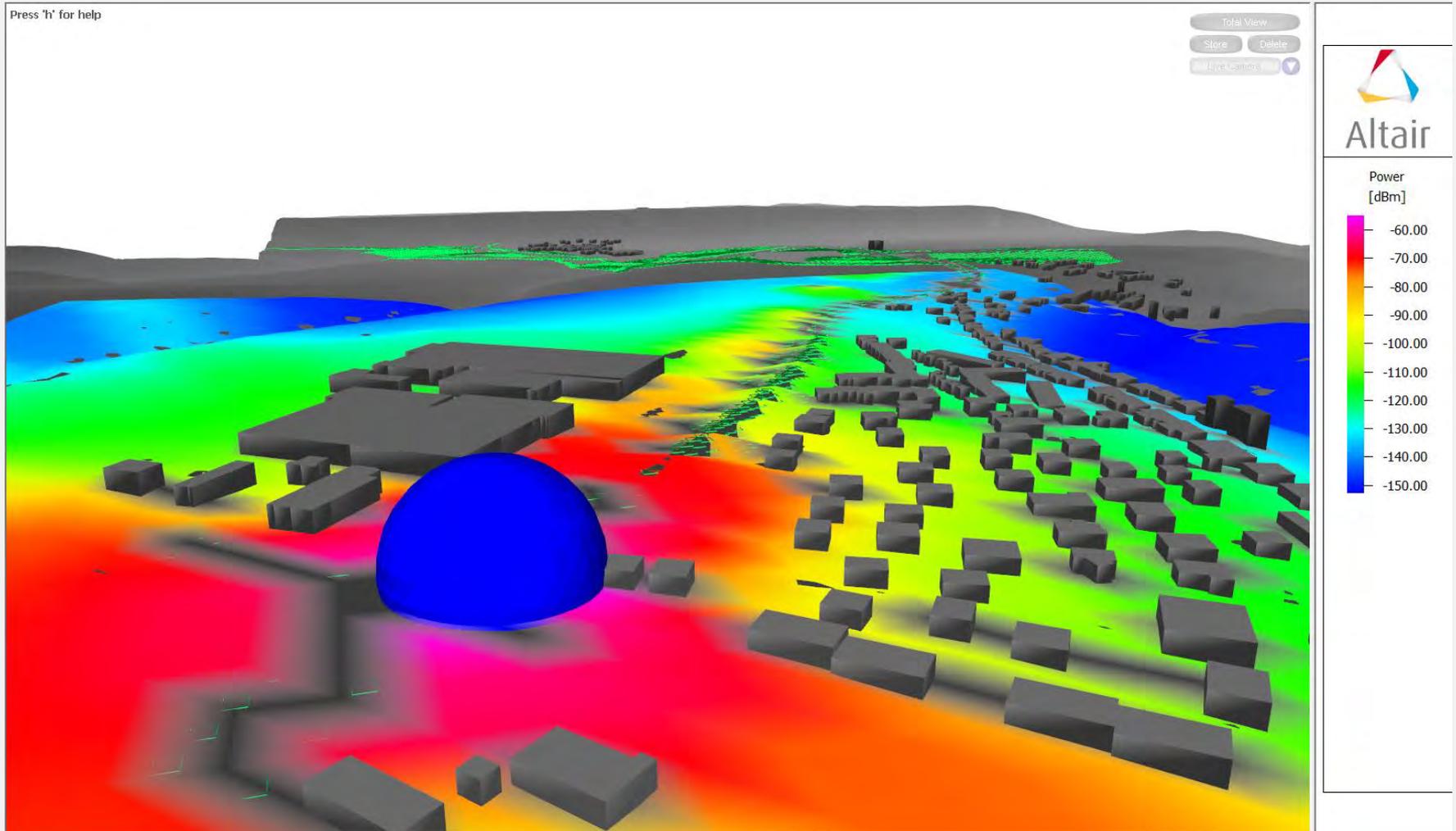
3D-Modellierung – Plausibilitätsprüfung DGM

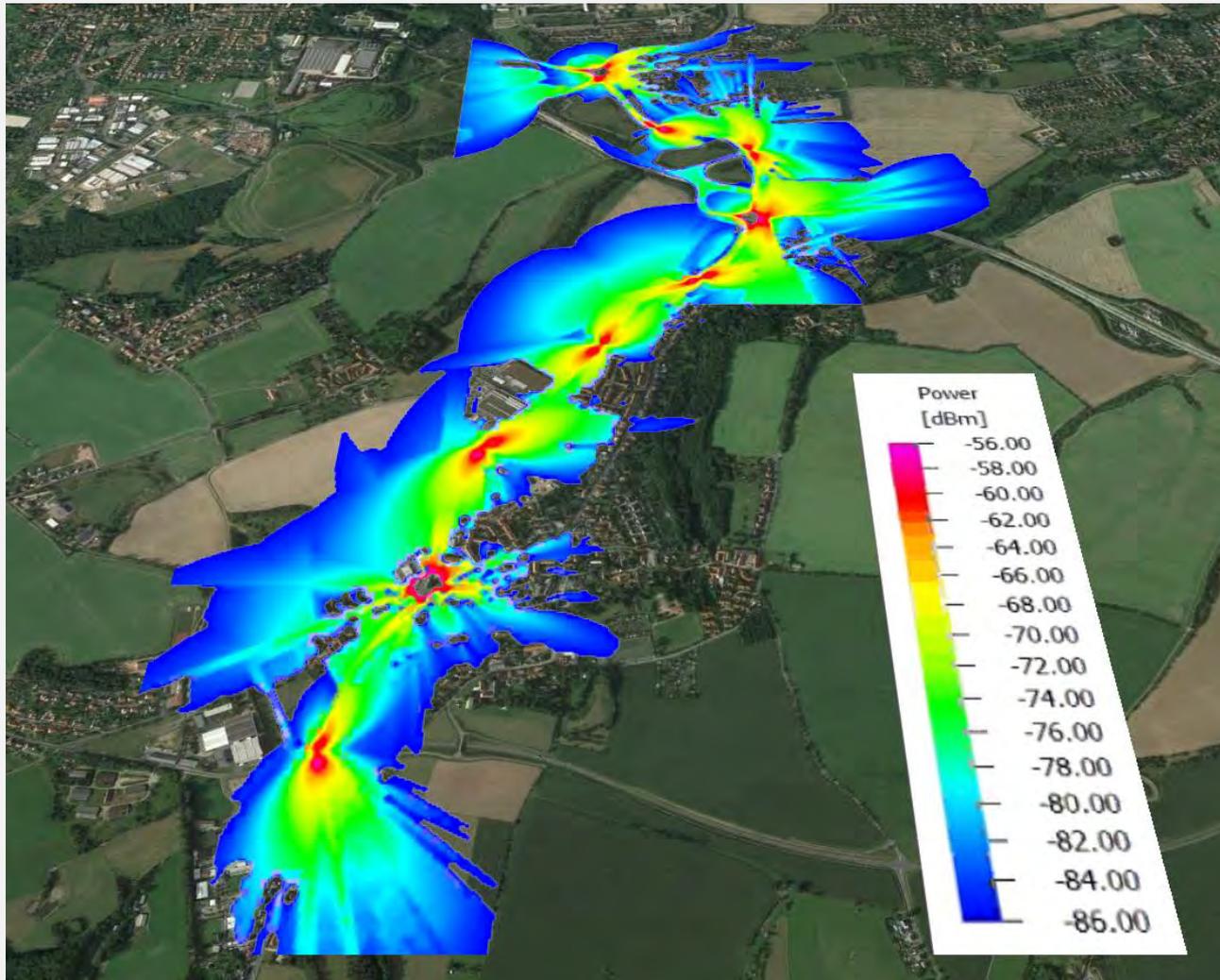


3D-Modellierung – Plausibilitätsprüfung DGM



3D-Modellierung – Plausibilitätsprüfung DGM





Werde Teil des Teams!



PLANER

GIS-EXPERTEN

STATIKER

VERMESSER

BAUÜBERWACHER

BERATER

INFORMATIKER

VERKEHRSSINGENIEURE

VERKEHRSWIRTSCHAFTLER

JURISTEN

MRK MANAGEMENT
CONSULTANTS

MRK MEDIA AG

ISCons





Christian Setzefand

E-Mail: christian.setzefand@mrk.de

Telefon: 0351 / 501 955 12

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!