5G – Technologie & Anwendungsfelder

Impulsvortrag Fachausschuss Regionale Entwicklung, Wirtschaft und ÖPNV

Lüchow, 3. September 2019

Kai Seim

© 2019 seim & partner

Inhaltsverzeichnis

1. Motivation für die Mobilfunkgeneration 5G
2. Digitalisierung und 5G
3. Netzarchitekturen
4. Relevanter Use Case und Szenarien: digitale Landwirtschaft
5. Ausbreitungsmodellierung

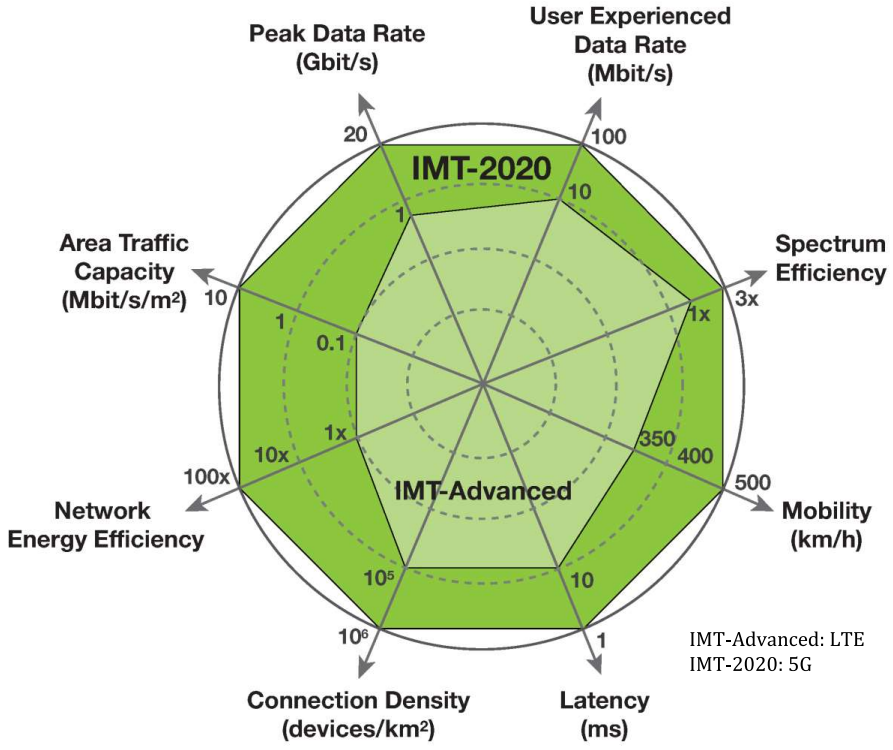
Warum? Motivation

- Anfragen von Kunden
  - Gebietskörperschaften:
    - Fehlende Abdeckung
    - Befürchtung, etwas zu verpassen
  - Regio-Betreiber
    - Druck der Gesellschafter – u.a. wg. fehlender Abdeckung
    - Ideen für neue Geschäftsmodelle
    - Konkurrenzdruck (z.B. durch „new entrants“)

- Eigenmotivation
  - Neue Technologie interessiert uns immer
  - Idee, eigenes Portfolio zu verbreitern
  - Nachfrage aus Auslandsmärkten

© 2019 seim & partner

Motivation für 5G: Fortentwicklung 4G



IMT-Advanced: LTE
IMT-2020: 5G

- **Enhanced Mobile Broadband:** hohe Nutzerdichte, hohe Verkehrsdichte
- **Ultra-reliable and low-latency communications:** hoher Durchsatz, geringstmögliche Latenz und hohe Verfügbarkeit
- **Massive machine type communications:** hohe Gerätedichte bei gleichzeitig geringem Datenvolumen je Endpunkt und geringem Stromverbrauch

© 2019 seim & partner
Quelle: https://www.itu.int/rec/R-REC-M.2083-0-201509-P/en

Kernziele der 5G-Entwicklung

Spitzen-Datenrate	1 – 20 Gbp/s	**Erreichbare Datenrate**	10 - 100 Mbit/s
Mobilität	350 – 500 km/h	**Dichte Endgeräte**	10 - 1.000.000 Endgeräte pro qkm
Latenz	1 – 10 ms over air	**Energie-effizienz**	Verbesserung Faktor 10 (90 % effizienter)
Datenverkehr pro Fläche	0,1 – 10 Mbit/s/qm annähernd Festnetz	**Spektrale Effizienz**	Verbesserung um Faktor 3 auf 15 – 30 bit/s/Hz

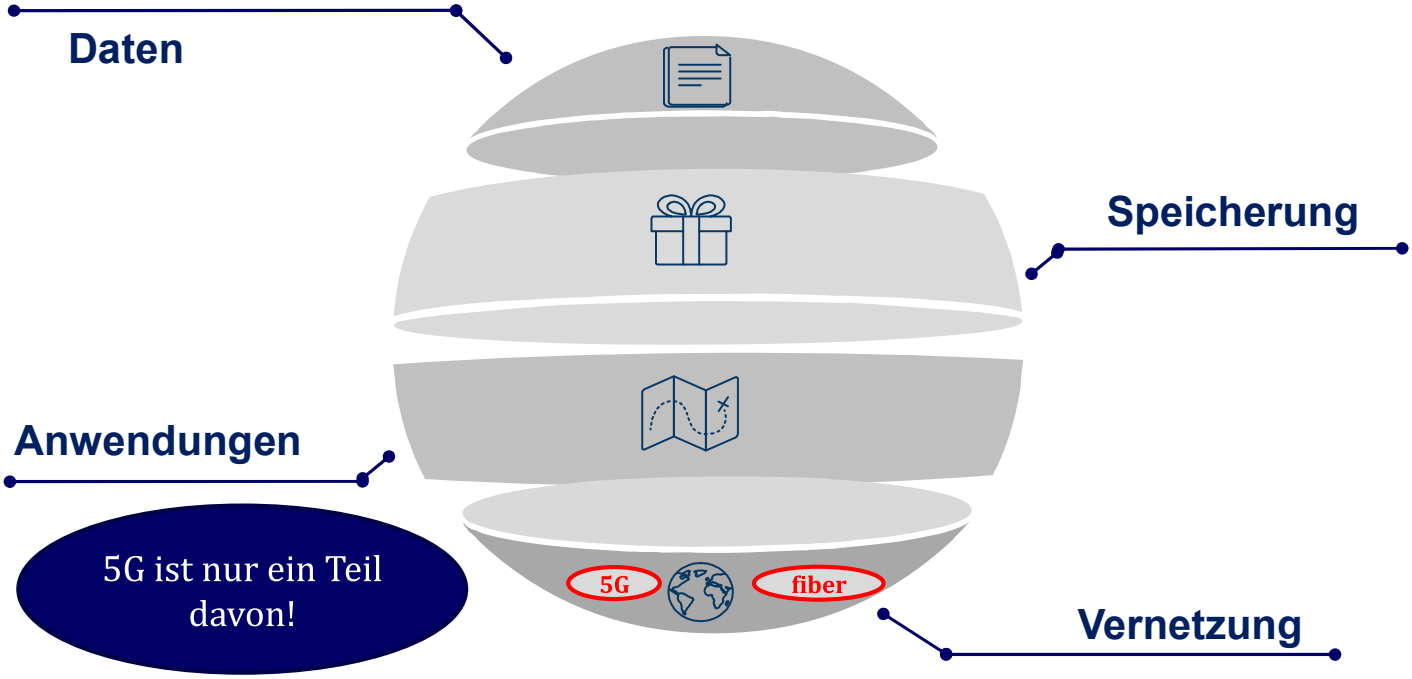
© 2019 seim & partner

Alternativen zu 5G

- Bestehende Mobilfunksysteme von 2G bis 4G
- WLAN (WiFi, IEEE 802.11): Funktechnologie für lokale Netze
- Sigfox, LoRaWAN, NB-IoT, LTE-M: zellgestützte Funktechnologien im IoT Umfeld
- ZigBee, Z-Wave: Endpunkte kommunizieren mit lokalen Routern
- RFID, passiv und durch Hochfrequenz während des Abfragens gespeist.
- BOS: Netz für **B**ehörden und **O**rganisationen mit **S**icherheitsaufgaben, Basis Tetra-Standard.
- Sonderfunknetze: Flugfunk (analoge Amplitudenmodulation) oder 450 MHz (zellgestützt)
- Satellit
- Richtfunk
- Ethernet (IEEE 802.3): drahtgebundene (lokale) Netze
- Powerline Kommunikation
- Festnetz: DSL (Kupfer), DOCSIS (Kabel), FTTH und FTTB (Glasfaser)

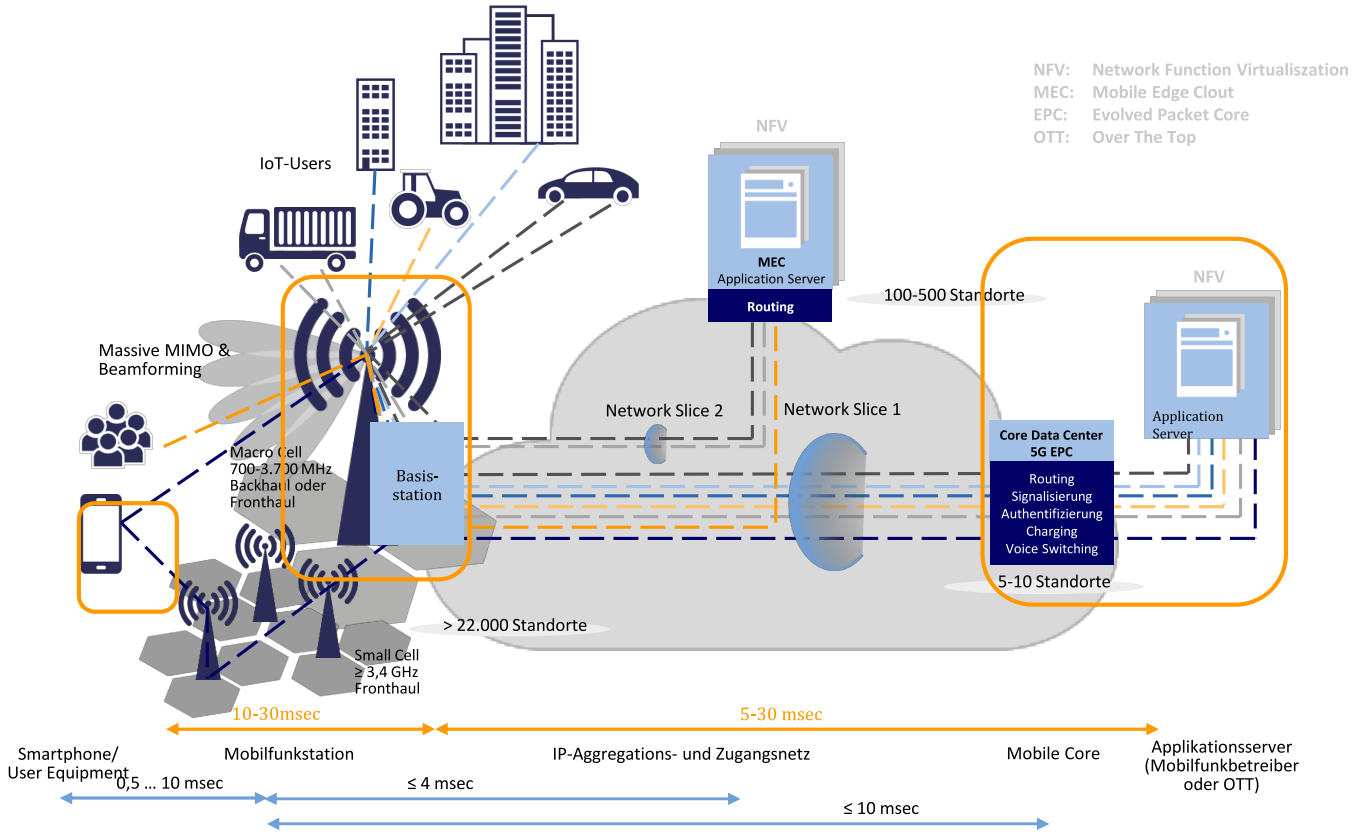
© 2019 seim & partner

Digitalisierung – das funktionale Muster

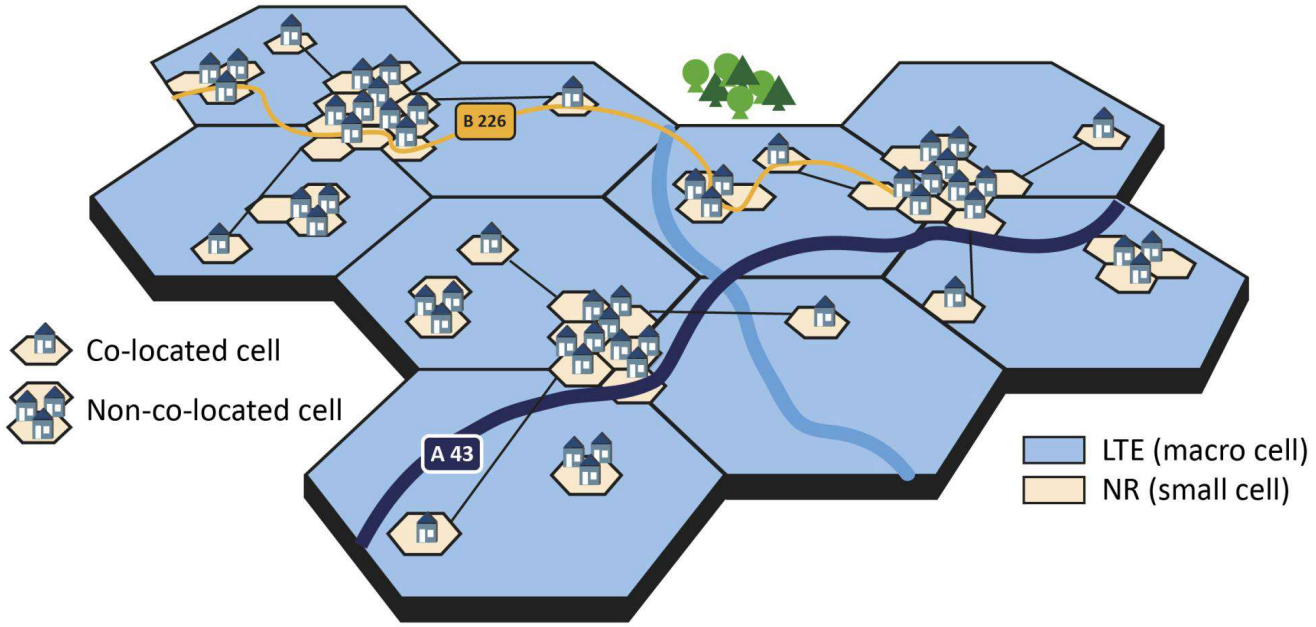


Die 4 Basiselemente des funktionalen digitalen Musters.

5G Netzarchitektur (4G)



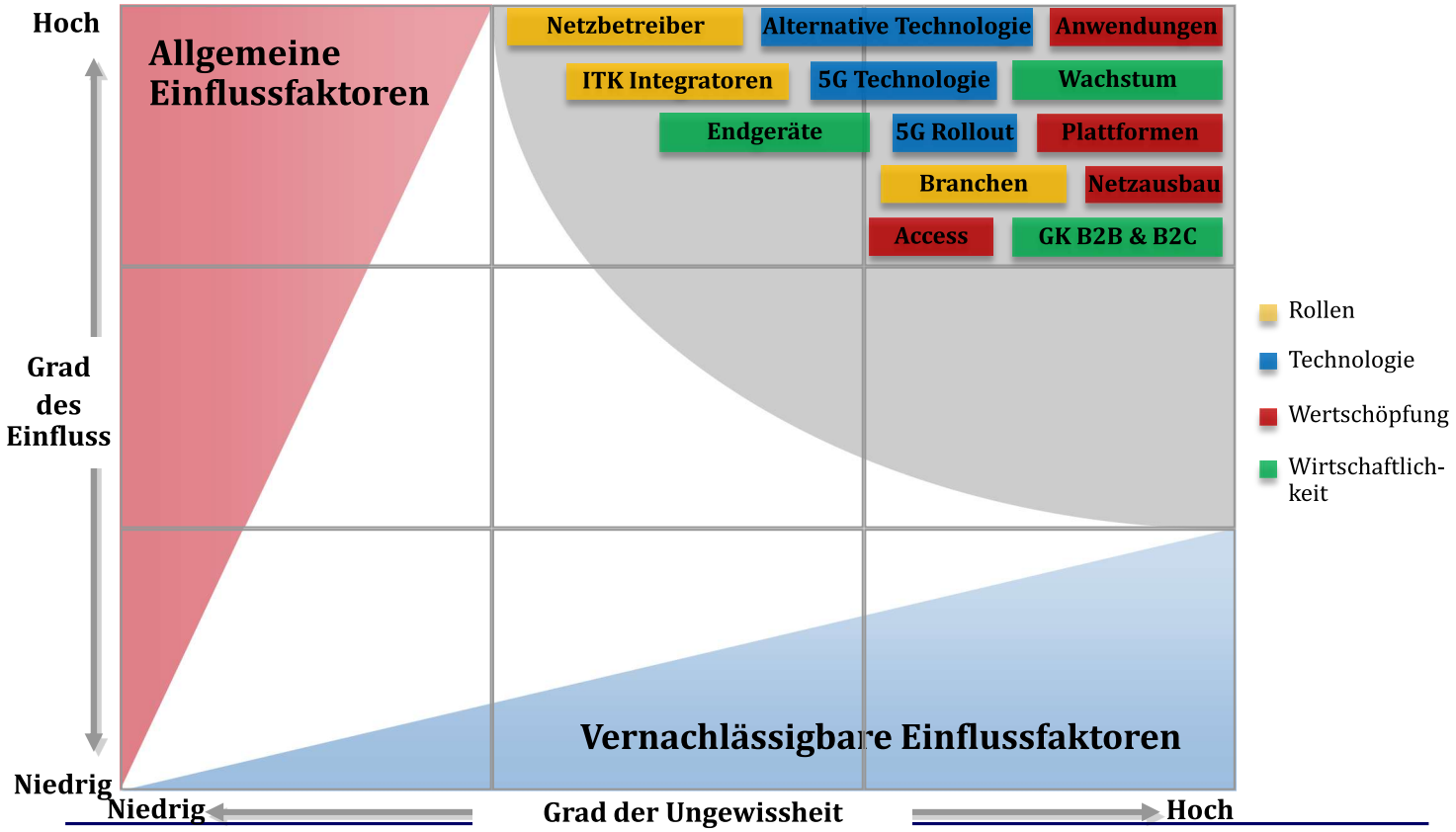
Neue Frequenzen und 5G: Netzverdichtung



Die Vergabe der neuen Frequenzen und die 5G-Technologie erlaubt die Verdichtung der Mobilfunknetze

© 2019 seim & partner

Einfluss und Ungewissheit



© 2019 seim & partner

4 Einflusskategorien für 5G Use Cases

1. **Rollen**— *Zwischen innovativ/kreativ und konservativ/verhalten.* - Netzbetreiber, IT Startups, Lieferanten, Branchen & Industrien, New Kids.

2. **Technologie**—*Wie ist die standardisierte 5G Technik zu bewerten?* Wann verfügbar? Wie die ihr entsprechenden alternativen digitale Technologien? Verfügbarkeit von Spektren.

3. **Wertschöpfung**—*Wo liegt das 5G Wertschöpfungsgewicht?* Von Access, Anwendungen, Plattformen oder Betrieb, Produktionsoptimierung, etc.. Zu beachten: Wertschöpfung muss nicht zu einer kurz-mittelfristigen Cash-Veränderung führen? E.g. manche technische Transformation oder Produkterweiterung.

4. **Wirtschaftlichkeit**—*Wirtschaftliche Relevanz dieses Use Cases?* Kategorien Umsatz & Wachstum, Cash-Veränderung? Rolle der Nachfrager? Stärke des Wettbewerbs? Pusch durch global ökonomische Strömungen?

© 2019 seim & partner

Rollen

Erläuterung zu den Eigenschaften; stets zu interpretieren in der Analyse relativ zu dem infrage stehenden Use Case.

1	**OTTs & IT Startups**	Inwieweit sehen IT Startups 5G als eine technische Plattform, um innovative Dienste und kommerzielle Plattformen (OTT) lukrativ zu implementieren?
2	**Netzbetreiber**	Welche Wertschöpfungstiefe wird strategisch vom NB angestrebt? Wie kann der NB dominieren?
3	**Service Provider**	Welche Wertschöpfungstiefe wird strategisch vom SP angestrebt? Welche ist durchsetzbar? Gibt 5G dem SP neuartige Freiheitsgrade für Dienste?
4	**New Kids/ Branchen**	TK-fremde Branchen sehen in 5G einen Paradigmenwechsel & 5G Dienste als Beitrag zur Wettbewerbsfähigkeit. Übernahme einer TK Rolle?
5	**ITK-Integratoren/Systemhaus**	5G Use Cases sind neuartig. Die Anwender aus Behörden und Unternehmungen haben nicht das Implementierungs-Know How. Neues Geschäftsfeld?
6	**TK Lieferanten**	Die großen TK Lieferanten wollen einen 5G Wettbewerb gewinnen aus einer eigenen Lieferantenperspektive.

für die Antragstellung relevant

© 2019 seim & partner

5G Technologie & technologische Alternativen

Erläuterung zu den Eigenschaften; stets zu interpretieren in der Analyse relativ zu dem infrage stehenden Use Case.

1	**5G Technologie -Radio**	Sind spez. 5G Eigenschaften wie MIMO, Bandbreite, Beamforming, etc relevant für diesen Use Case?
2	**5G Technologie - Core**	Sind spez. 5G Architektureigenschaften relevant wie e.g. Slices, Edge Computing, ...?
3	**Alternative Technologien**	Gibt es Non-5G Technologien, aktuell oder in der Entwicklung, die effizienter oder kostengünstiger, lieferantengestützt & schon im Markt sind, kurzum Vorteile haben gegenüber dem 5G Konkurrenten?
4	**5G Spektrum-Verfügbarkeit**	Ist das für diesen Use Case und diese 5G Technologie ideale Spektrum verfügbar? Zeitkritisch?
5	**Digitalisierung & Netzausbau D**	Verfügbarkeit von digitalen Technologien oder einem Netz mit 5G Technologien in Deutschland.
6	**Digitalisierung & Netzausbau EU** (Finnland, Spanien, Schweiz)	Verfügbarkeit von digitalen Technologien oder dem Netz mit 5G Technologien in ausgew.EU Ländern.
7	**Digitalisierung & Netzausbau Global** (S-Ko	Verfügbarkeit von digitalen Technologien oder dem ew. Ländern.

für die Antragstellung relevant

© 2019 seim & partner

Wertschöpfung aufgrund von 5G

Erläuterung zu den Eigenschaften; stets zu interpretieren in der Analyse relativ zu dem infrage stehenden Use Case.

1	**Access**	Inwiefern spielt bei dem infrage stehenden Use Case der 5G Access & dessen 5G Eigenschaften die entscheidende funktionale Rolle?
2	**Netzwerk**	Inwiefern spielt bei dem infrage stehenden Use Case das 5G Netz & dessen 5G Eigenschaften die entscheidende funktionale Rolle?
3	**Anwendung**	Wie dominant im Gewicht und der Wahrnehmung sind die mit dem Use Case in Verbindung gebrachten Anwendungen? Sind 5G Access & Netzwerk unsichtbar oder transparent?
4	**Kommerzielle Plattform (OTTs & StartUp)**	Sehen StartUps (OTTs) die Chance, über eine digitale(kommerzielle) Plattform ökonomisch zu profitieren, ohne den Netzbetreiber/Service Provider beteiligen zu müssen?
5	**Betrieb**	Läßt sich das Angebot des Betreibens des Use Cases oder von Teilen des Use Cases kommerziell darstellen? Neues Geschäftsfeld?
6	**Aufbau & Innovationsmgmt**	Der Aufbau des 5G Netzes, des 5G Access & der ...artige Features läßt sich ...schäftsfeld?

für die Antragstellung relevant

© 2019 seim & partner

Wirtschaftlichkeit

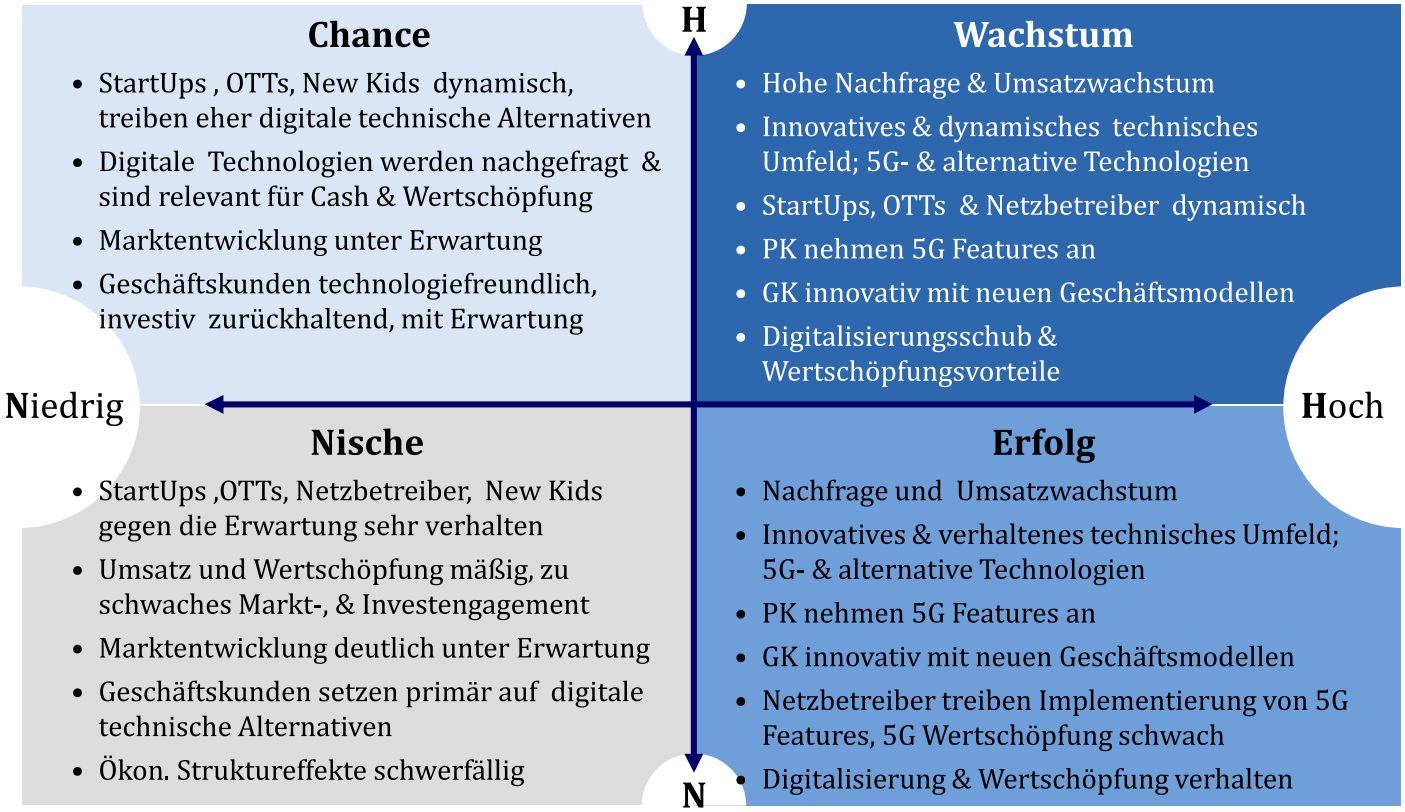
Erläuterung zu den Eigenschaften; stets zu interpretieren in der Analyse relativ zu dem infrage stehenden Use Case.

1	**Umsatz PK**	Von welcher Art ist die 5G Umsatzerwartung aus dem PK-Segment? Stabil, wachsend, rückläufig?
2	**Umsatz GK (B2B & B2C)**	Von welcher Art ist die 5G Umsatzerwartung aus dem GK-Segment? Stabil, wachsend, rückläufig?
3	**Umsatz Behörden**	Von welcher Art ist die 5G Umsatzerwartung aus dem Public-Segment, den Behörden? Stabil, wachsend, rückläufig?
4	**Nachfrage (PK, GK, Behörden)**	Kommt aus den Segmenten aktive & treibend nachhaltige Nachfrage nach 5G Services und neuartigen Geschäfts- oder Effizienzmodellen
5	**Wettbewerb D**	Wie ausgeprägt ist der Wettbewerb bezgl diese Use Cases? E.g. durch zu 5G alternative Technologien?
6	**Wettbewerb EU**	Wie ausgeprägt ist der Wettbewerb bezgl diese Use Cases? E.g.durch zu 5G alternative Technologien?
7	**Ökon. Struktureffekte (Förderung, etc.)**	Gibt es Struktureffekte den Use Case mentieren?

für die Antragstellung relevant

© 2019 seim & partner

5G Use Case Szenario – Graphik der Cluster



© 2019 seim & partner

Betrachtete Use Cases

Abdeckung
Breitband Verfügbarkeit

Abdeckung
Fixed Mobile Access/ Mobiler Festnetzersatz

Abdeckung
Hohe Anwenderdichte

Abdeckung
Spezielle Ereignisse

Smart Building
Infrastruktur/Kommunikation

Fahrzeug
Fahrzeug und Infrastruktur-Kommunikation

Fahrzeug
Fahrzeug zu Fahrzeug-Kommunikation

Fahrzeug
Fahrzeug und Fußgänger-Kommunikation

IoT
Smart Building

IoT
Smart City

IoT
Industrie 4.0

IoT
Intelligente Logistik

Digitale Energiewirtschaft

Digitale Landwirtschaft

Collaboration

3D Verfügbarkeit

Digitale Spieleplattform

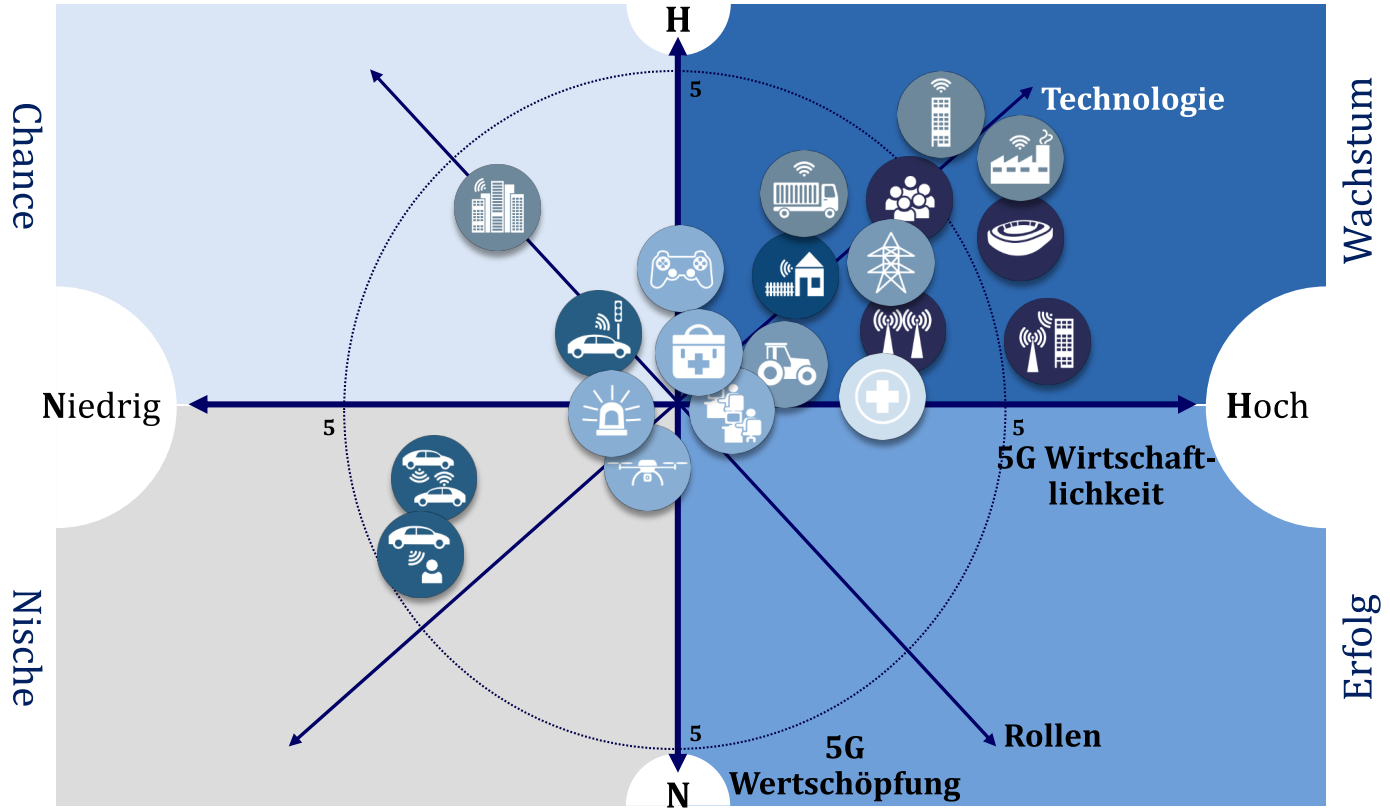
Digitale Nothilfe

Öffentliche Sicherheit

eHealth

© 2019 seim & partner

5G Use Case Szenario – All in One



© 2019 seim & partner

Digitale Landwirtschaft

© 2019 seim & partner

Anwendung
Erwartete Effizienzsteigerung durch automatisierte Produktion, intelligente Logistik, planbare Bestellung und dosierter Einsatz von Chemie und Maschinen und vieles mehr.
Interne Kommunikation:
Einsatz von Sensoren :
Feste Sensoren zur Messung von Bodeneigenschaften zur Erntevorbereitung oder Flurmanagement
Feste Sensoren zur Beobachtung von Landschäden und Abweichungen
Einsatz von Automatisierung
Automatisierung im Stall: Melken, ...
Automatisierung bei der Bodenbearbeitung: Säen, ernten, ...
Darüber hinaus sind eine Reihe von IT Anwendungen und reguläre Internet-basierte Kommunikation notwendig, die mit den gesammelten Daten arbeiten:
Monitoring, Berichtswesen, Vorratshaltung, Beschaffung, Logistik, Maschinenparkmanagement, Organisation co-investierter Maschinenparks
Anforderung
Ausgewählte und ausgedehnte Flächenbestückung mit Sensoren, die stetig Informationen über stabil verfügbare Netzzugänge an Management- und Informationssysteme weiterleiten.
Datenkommunikation nach außen zur Maschinenparklogistik

© 2019 seim & partner

Anwendungsbeispiele digitale Landwirtschaft

Anwendung	Einfluss auf Landwirtschaft	Kritische Anforderungen	Kenngrößen
Präzisions-Landwirtschaft: Sensorik für Pflanzenwachstum, Boden-/Luft-Feuchtigkeit, PH etc.	Profitabilitätssteigerung, Nachhaltigkeit, Umweltschutz	# Sensoren / Fläche	> 100 Stk. / km^2
Smarte Bewässerung: Messung von Bodenfeuchte, -temperatur etc. um Bewässerung präzise zu berechnen	Höhere Effizienz von Bewässerungssystemen	# Sensoren / Fläche Batterie-Laufzeit	> 100 Stk. / km^2 > 1 Jahr (<8 Jahre)
Landwirtschaftliche Drohnen: meist bildgebende Verfahren, sonstige Sensorik	Verbesserter Pflanzenschutz, effiz. Überwachung	Zuverlässigkeit, Latenz	99,999% < 5 ms
Überwachung von Bodenwerten und Pflanzen: Schädlingsbefall, Insektenpopulationen, Feuchtigkeit etc.	Erosionsminimierung, verbesserte Datenbasis für Entscheidungen hinsichtlich Pestizid-/Herbizid-Einsatz	# Sensoren / Fläche Batterie-Laufzeit	> 100 Stk. / km^2 > 1 Jahr (<8 Jahre)
Präzisionsüberwachung von Nutztieren: Realzeit-Überwachung Vitalwerte / Tiergesundheit	Wachstumsbeschleunigung, verbesserte Entscheidungen Medikamenteneinsatz etc.	# Sensoren / Fläche Batterie-Laufzeit	> 100 Stk. / km^2 > 1 Jahr (<8 Jahre)

© 2019 seim & partner

5G Use Case - Digitale Landwirtschaft

Funktionale Anforderungen

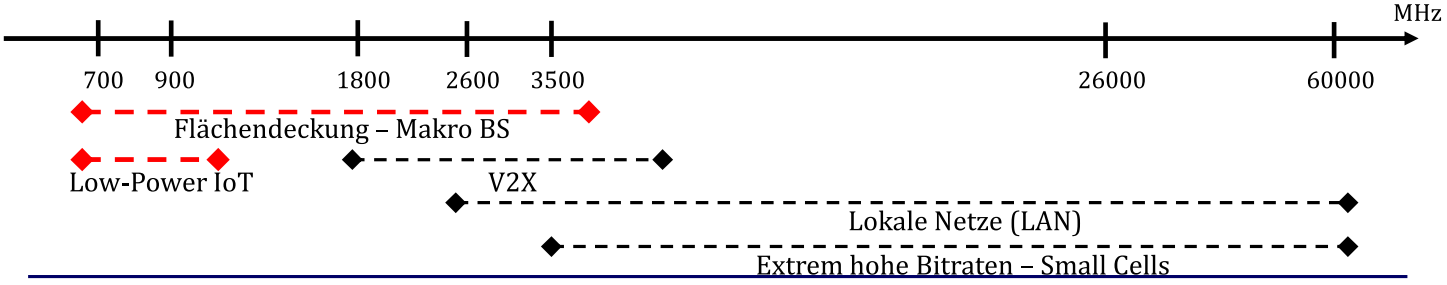
Flächen-deckung	Hohe Bitraten / spektrale Effizienz	Symmetrie von Upstream und Down-stream	Hohe Reich-weiten	Inhouse Abdeckung Makro-zellen	Inhouse Abdeckung Small Cells	Hohe Skalier-barkeit (Endpunkte/ Fläche)	Direkte Kommuni-kation	Geringe Latenz-zeiten	Geschützte Kapazi-täten	Besonders hohe Vertraulich-keit	Hohe Batterie-lebensd.	LAN Ersatz	Besondere Authenti-sierung
X			X	X	X	X					X		X

Spezielle 5G Architekturkomponenten

Spektrale Effizienz (Massive MIMO, Strahlformung, verbesserte Kanalcodierung)	Hohe Frequenz-bereiche	Hohe Skalierbar-keit	Latenzzeit-Reduktion (Mini Slots)	Direkte Funkver-bindung	Edge Computing	Slicing	Neue Sicherheits-architektur (5G Ensure)	Geringer Stromver-brauch (5G LPWA)
		X						X

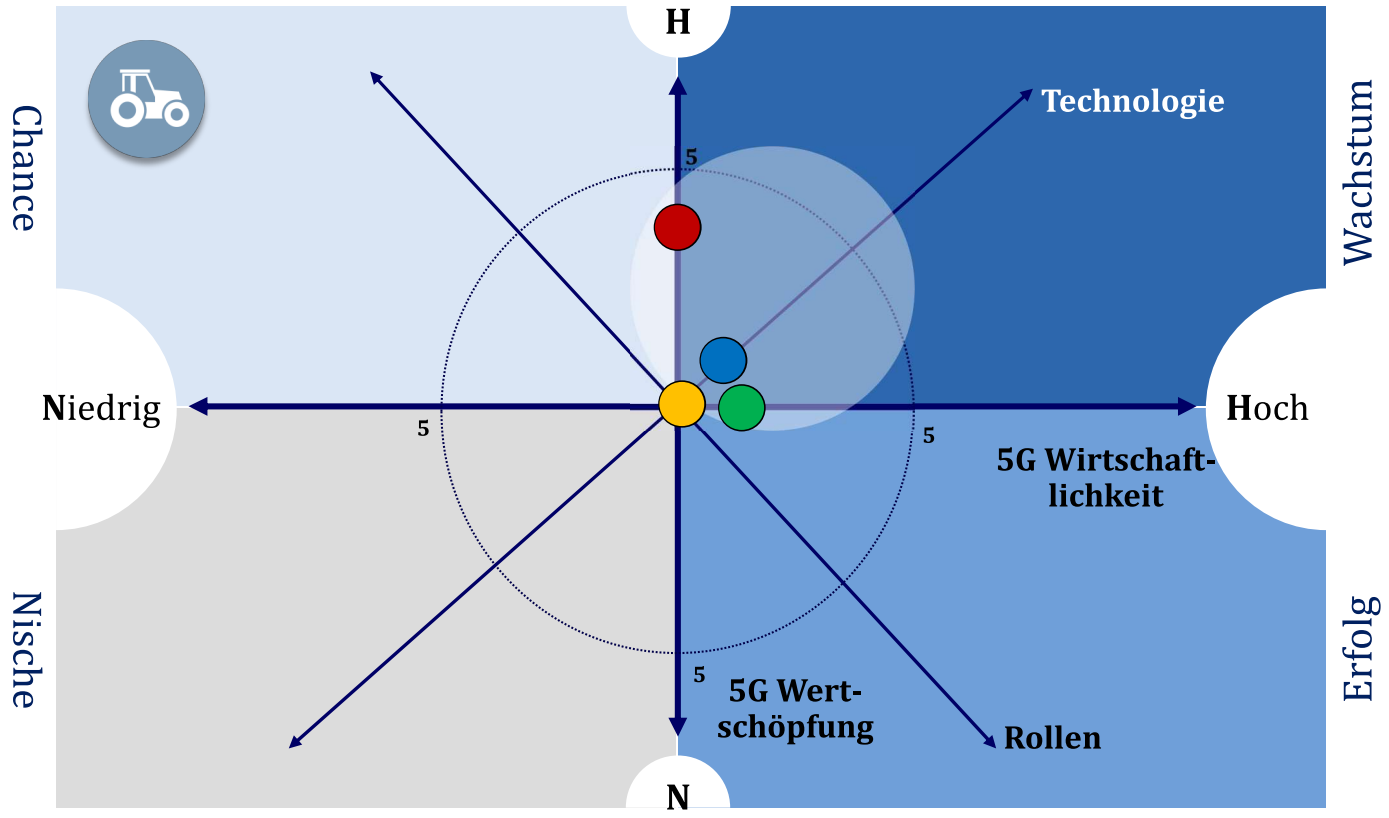
Alternative Technologien

Beste-hende Mobilfunk-systeme	WLAN (IEEE 802.11)	Sigfox, LoRaWAN, NB-IoT, LTE-M	ZigBee / Z-Wave	RFID	BOS-Funk	Neue Non-5G Funk-systeme	Sonder-funknetze	Satellit	Richtfunk	Ethernet	Powerline Communi-cation	Dediziert e Glasfaser	DSL, Cable, FTTH, FTTB
X	X	X						X					X



© 2019 seim & partner

5G Use Case- Bewertung
Kategorien & Eigenschaften



© 2019 seim & partner

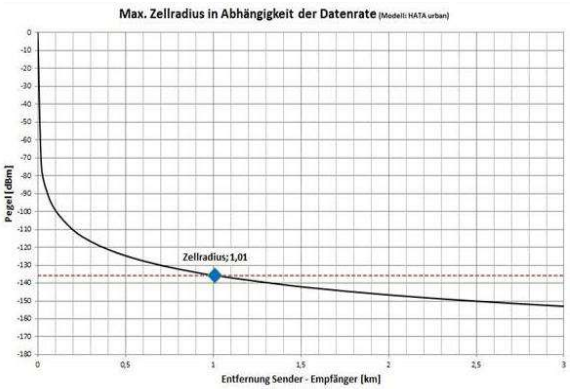
Ausbreitungsmodellierung

- Zur Vorplanung wurde eine Softwarelösung zur Berechnung von Ausbreitungsmodellen entwickelt
  - Basis: Hata-Okumura
  - Berücksichtigt bis zu 13 verschiedene Landnutzungsklassen (Morpho-Klassen)
- Anwendungsbeispiele:
  - Berechne den Bedarf an Funkstandorten für eine gegebene Fläche bei gegebener Frequenz
  - Berechne die mögliche Abdeckung für vorhandene Standorte bei gegebener Frequenz
- Basis ist u.a. die Kartierung von Funklücken anhand frei zugänglicher und / oder eigener Messwerte
  - OpenSignal
  - Cellmapper
  - eigene Befahrungen

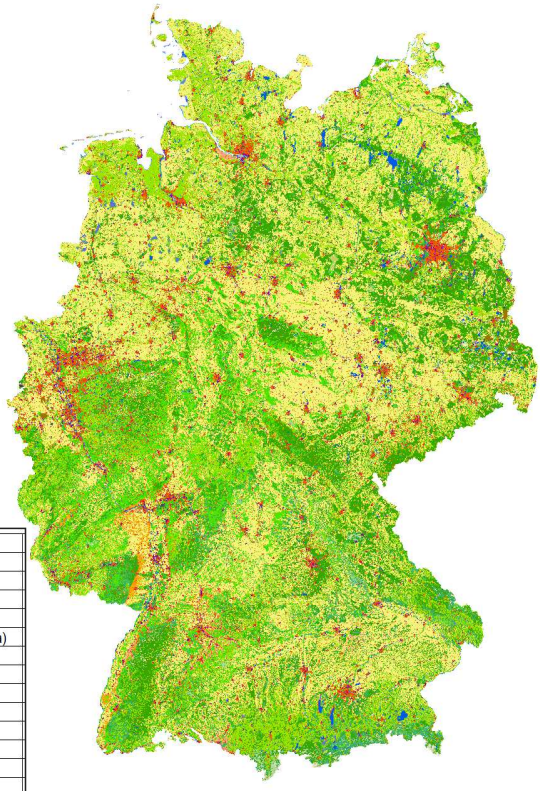
© 2019 seim & partner

Modellierung der Flächendeckung

- Berechnung der Ausbreitungsradien je Klasse anhand eines erweiterten Hata-Okumura-Modells
- Berechnungen bis 3,6 GHz möglich
- Berechnung der benötigten Standorte für vollflächige Versorgung



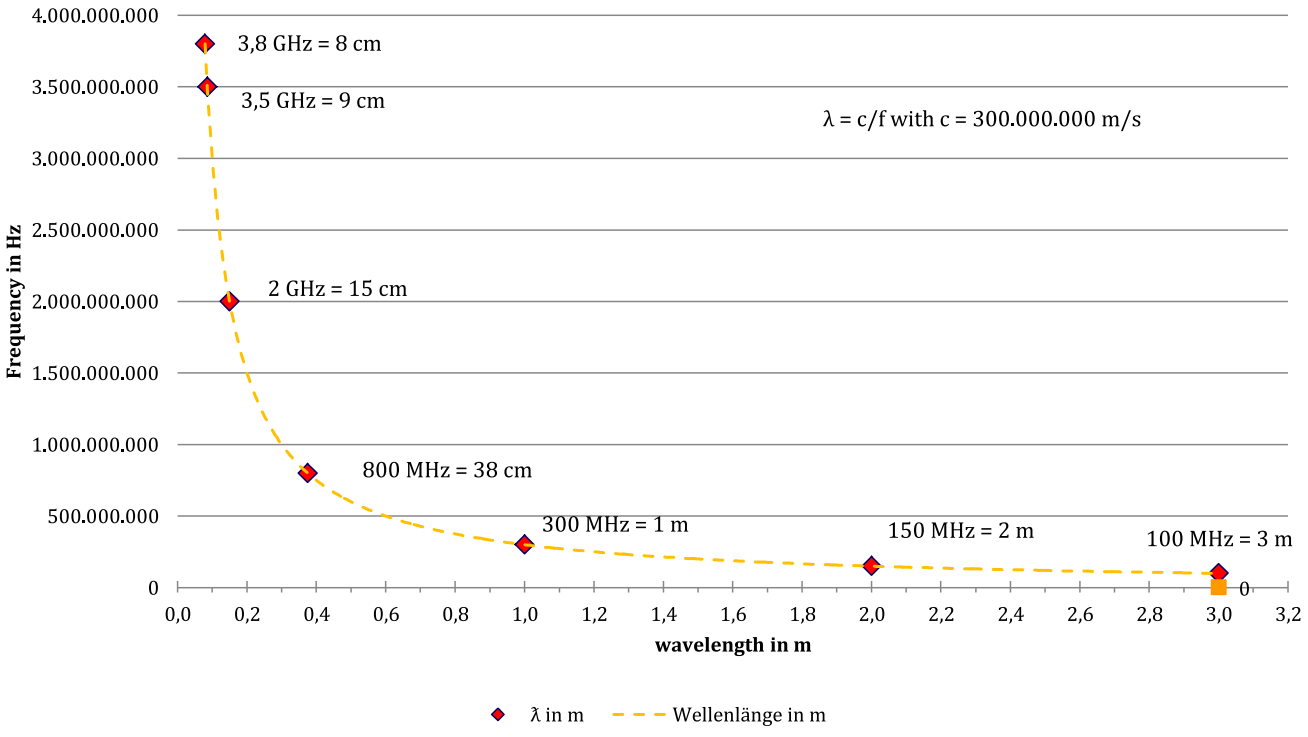
Nr.	Morpho-Klasse
1	skyscrapers
2	dense urban (high density urban)
3	medium urban (low density urban)
4	low density urban (high density suburban)
5	residential (low density suburban, rural area)
6	industrial zone A (heavy industry)
7	industrial zone B (standard industry)
8	forrest A (not season dependent)
9	forrest B (season dependent foliage)
10	low tree density (park, urban green zones)
11	agriculture / farm land
12	open area
13	water (lakes, rivers, coastal area)
14	hot spot area
15	not classified



Quelle: CORINE Land Cover Data (UBA)

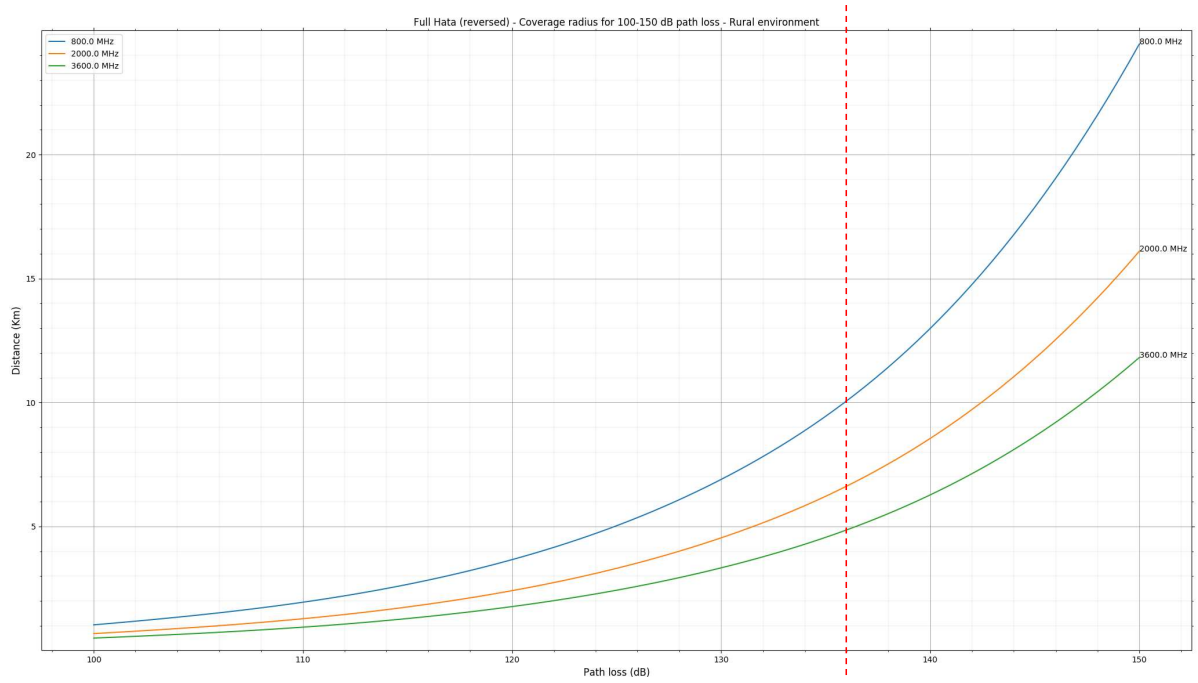
© 2019 seim & partner

Wellenlänge und Frequenz



© 2019 seim & partner

Ausbreitung ländlicher Raum



Schwellwert für Empfang

Ausbreitungsmodellierung

$$L(r)[dB] = A + B * \lg(r[km]) + C + D + E$$

A beschreibt den Leistungsverlust in 1 km Entfernung (Einheitsverlust). Für unterschiedliche Frequenzbereiche gelten hierbei unterschiedliche Definitionen, wie folgt:

Frequenz f	Pfadverlust $A[dB]$
$30MHz < f \leq 150MHz$	$A = 69{,}6 + 26{,}2 * \lg(150) - 20 * \lg\left(\frac{150}{f}\right) - 13{,}82 * \lg(\max(30; h_{BS})) - a - b$
$150MHz < f \leq 1500MHz$	$A = 69{,}6 + 26{,}2 * \lg(f) - 13{,}82 * \lg(\max(30; h_{BS})) - a - b$
$1500MHz < f \leq 2000MHz$	$A = 46{,}3 + 33{,}9 * \lg(f) - 13{,}82 * \lg(\max(30; h_{BS})) - a - b$
$2000MHz < f \leq 3000MHz$	$A = 46{,}3 + 33{,}9 * \lg(f) + 10 * \lg\left(\frac{f}{2000}\right) - 13{,}82 * \lg(\max(30; h_{BS})) - a - b$

Die Terme a und b gelten für alle Frequenzbereiche gleichermaßen:

$$a = (1{,}1 * \lg(f) - 0{,}7) * \min(10; h_{MS}) - (1{,}56 * \lg(f) - 0{,}8) + \max\left(0; 20 * \lg\left(\frac{h_{MS}}{10}\right)\right)$$

$$b = \min\left(0; 20 * \lg\left(\frac{h_{BS}}{30}\right)\right)$$

B ist der Verlust je weiterer Dekade der Entfernung, also bei einer Verzehnfachung des Abstandes:

$$B = 44{,}9 - 6{,}55 * \lg(\max(30; h_{BS}))$$

C berücksichtigt Beugungsdämpfung aufgrund topographischer Hindernisse. Wenn keine Beugung auftritt oder berücksichtigt wird, gilt hier:

$$C = 0$$

D entspricht einer Korrekturdämpfung in Abhängigkeit der Frequenz. Für diese Analyse soll die Korrektur über den Koeffizienten E in Abhängigkeit der Umgebung vorgenommen werden. Deshalb gilt hier:

$$D = 0$$

Ausbreitungsmodellierung

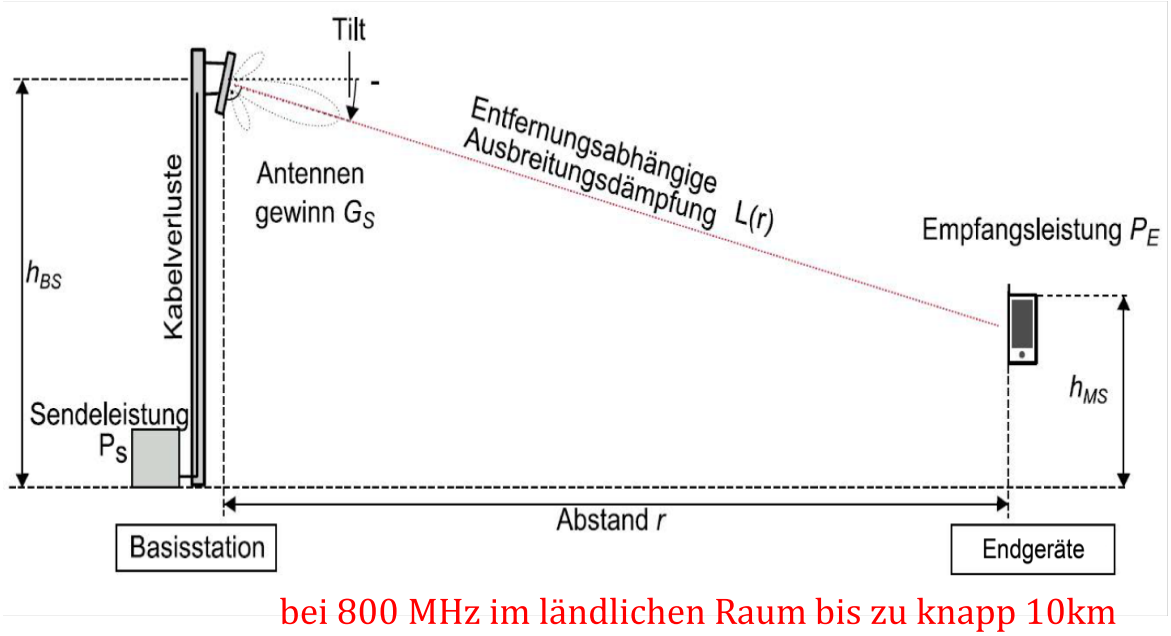
$$L(r)[dB] = A + B * \lg(r[km]) + C + D + E$$

Der Wert für den Koeffizienten E ist abhängig der Umgebung, also der unter beschriebenen Morpho- bzw. Landnutzungsklasse. Es ergeben sich die folgenden Werte:

Nr.	Morpho-Klasse (Umgebung)	Koeffizient E [dB]
1	Skyscrapers	0
2	dense urban (high density urban)	3
3	medium urban (low density urban)	5
4	low density urban (high density suburban)	6
5	residential (low density suburban, rural area)	8
6	industrial zone A (heavy industry)	2
7	industrial zone B (stand. industry)	5
8	forest A (not season dependent)	10
9	forest B (season dependent foliage)	12
10	low tree density (park, urban green zones)	14
11	agriculture / farm land	18
12	open area	25
13	water (lakes, rivers, coastal area)	28
14	hot spot area	2
15	not classified	16

© 2019 seim & partner

Parameter eine Funksystems



15m – 25m, selten mehr

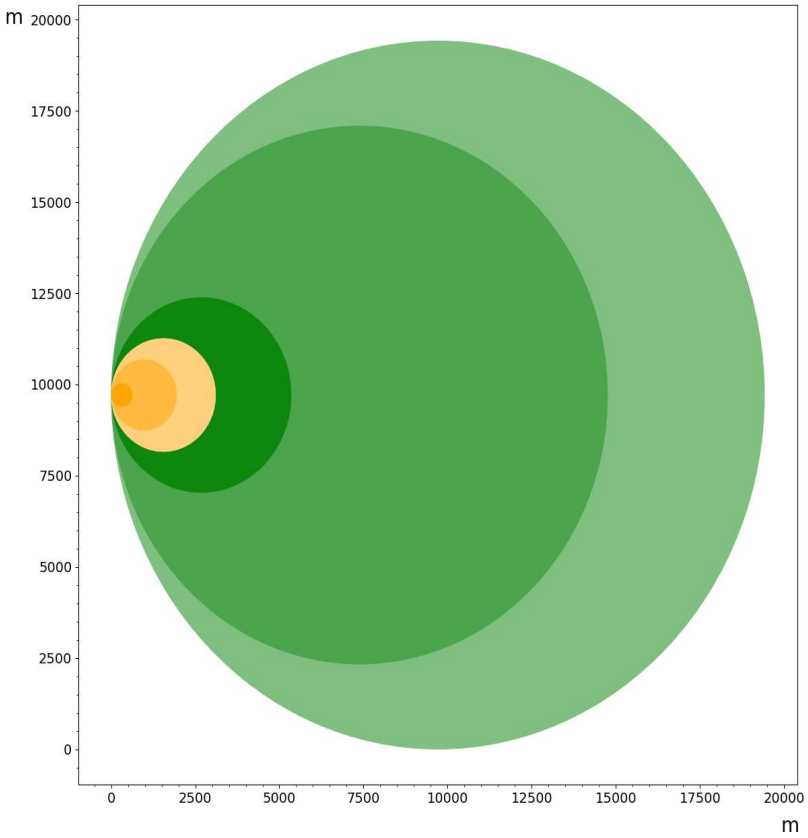
1,5m und weniger

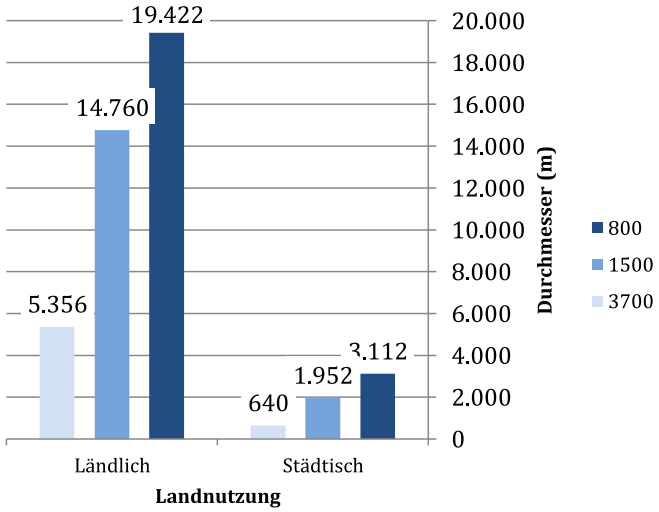
bei 800 MHz im ländlichen Raum bis zu knapp 10km
Bei 3.700 MHz Innerstädtisch nur ca. 300m

(Rose, 2014)

© 2019 seim & partner

Frequenz? Ausbreitung?



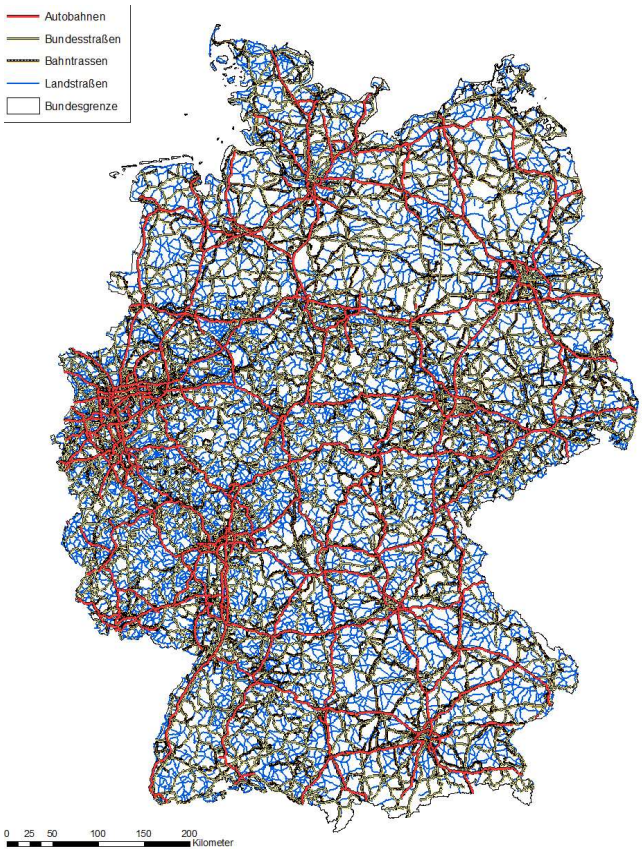


Städtisch:
= 800 MHz
= 1.500 MHz
= 3.700 MHz

Ländlich:
= 800 MHz
= 1.500 MHz
= 3.700 MHz

© 2019 seim & partner

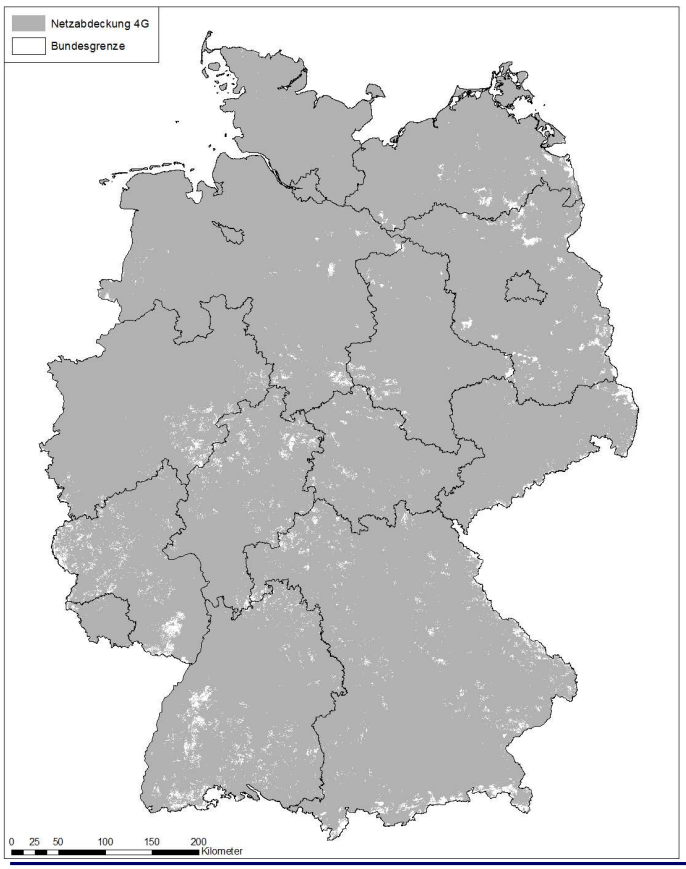
Hauptverkehrsnetz Deutschlands zur Verdeutlichung der Überlappungen

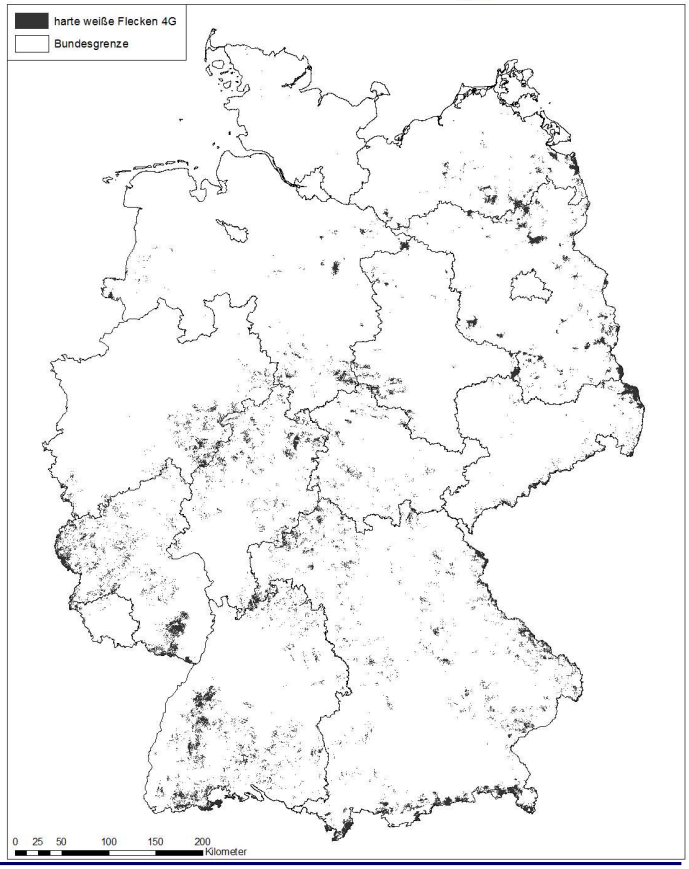


- Berechnung mit 800 MHz
- ~ 6.400 Standorte
- Ergeben eine Flächendeckung von 98%

© 2019 seim & partner

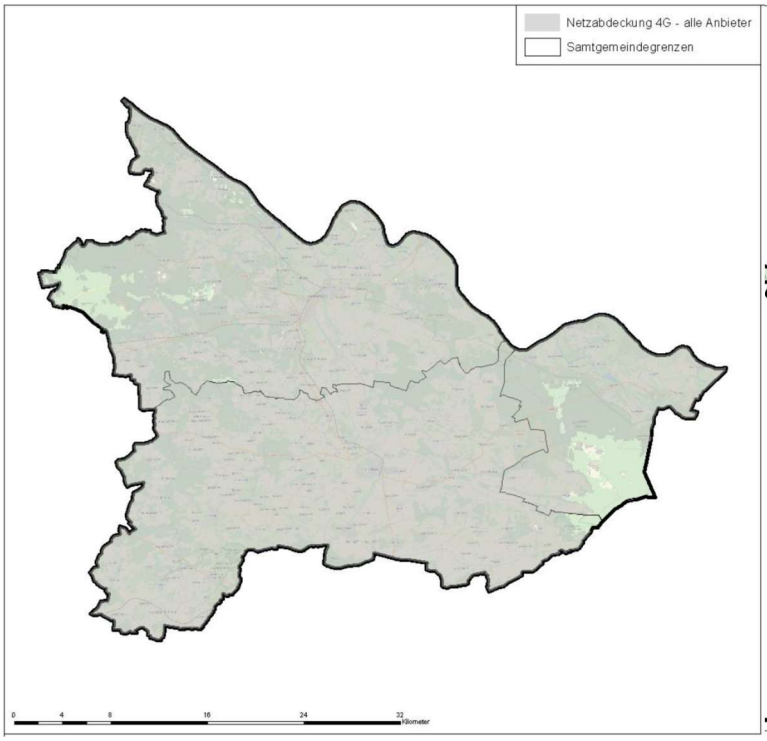
Netzabdeckung und weiße Flecken 4G alle TKU

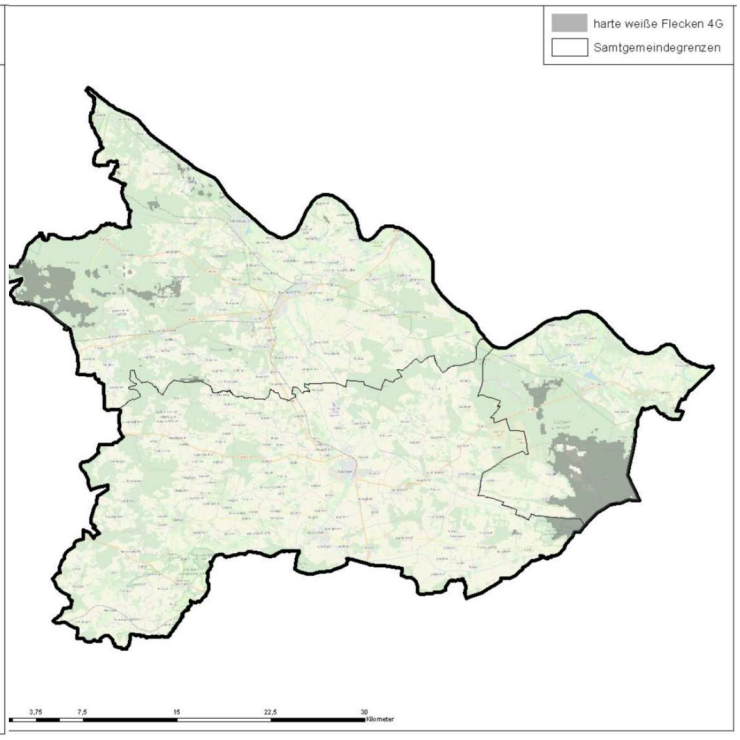




© 2019 seim & partner

Netzabdeckung und weiße Flecken 4G alle TKU





© 2019 seim & partner

Vielen Dank für Ihr Interesse!

© 2019 seim & partner