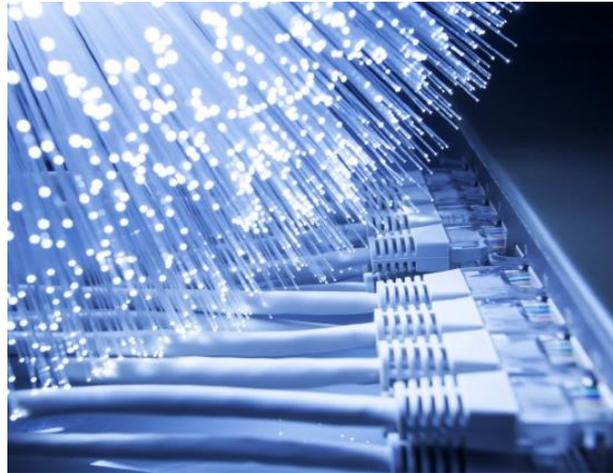


Ausbau ultraschneller Breitbandnetze

Potentiale von Ausbaustrategien in unterschiedlichen Siedlungsräumen für eine Versorgung mit 100 Mbit/s



Fragestellung der Studie: Korrelation zwischen Siedlungsstrukturen und Ausbaustrategie

Der Breitbandausbau mit Glasfaser ist eine der Hauptausbaustrategien in Deutschland. Über die Netzvarianten FTTC (Fiber to the Curb, Kabellegung bis zum Kabelverzweiger am Bürgersteig) und FTTB (Fiber to the Building, Kabel bis ins Gebäude) sollen insbesondere ländliche Gebiete mit Hochgeschwindigkeitsbreitband versorgt werden.

Welche Netzinfrastruktur zum Einsatz kommt und wie hoch die Investitionskosten angesetzt werden müssen, hängt maßgeblich u.a. von den strukturellen Voraussetzungen in den Erschließungsgebieten ab, insbesondere jenseits der Städte. Die Ausbaucuster in den Kommunen unterscheiden sich in ihren Siedlungsformen, die durch unterschiedliche Straßen- und Bebauungsstrukturen charakterisiert sind.

Die Siedlungsstruktur bedingt Umfang und Verfügbarkeit vorhandener Infrastrukturen wie Kabelverzweiger (KVz) und Leerrohre. Dadurch wird die Anzahl neu zu bauender Netzteile festgelegt. Jegliche Ausbaustrategie muss deshalb anhand der regionalen Gegebenheiten exakt geplant werden.

Neben diesen strukturellen Faktoren entscheiden über die beste Ausbaustrategie auch der geforderte Versorgungsgrad mit schnellem Internet (flächendeckendes oder bedarfsorientiertes Angebot) und die technisch oder politisch avisierte Höhe der verfügbaren Bandbreiten von z.B. 100 Mbit/s, über die digitale Dienste wie Streaming in HD-Qualität, Cloud Computing oder telemedizinischer Service genutzt werden können.

TÜV Rheinland hat den Einfluss der drei Faktoren Siedlungsstruktur, Versorgungsgrad und Bandbreite und ihre Wechselwirkungen geprüft und in der Studie „Ultraschnelle Breitbandnetze in der Fläche“ zusammengefasst.

Betrachtet wurden drei Ausbaustrategien für eine 100 %-ige Versorgung mit 100 Mbit/s: ein FTTB-Vollausbau sowie ein FTTC-Vectoring-Ausbau mit und ohne Neubau von Kabelverzweigern.

Die Versorgungsperspektiven und Investitionskosten wurden in drei theoretischen Fallbeispielen für die Siedlungsformen radial (ähnlich einem Haufendorf), linear (ähnlich einem Straßendorf) und hybrid (Mischform) auf Basis festgelegter Kennzahlen ermittelt.

Mit Hilfe eines GIS-basierten Netzplanungsprogramms (GIS steht für Geoinformationssystem) können adressgenau erreichbare Versorgungsraten für die geforderten Bandbreiten und die mit dem Ausbau verbundenen Kosten ausgewiesen werden.

Ergebnisse der Studie: Strategien im Breitbandausbau werden bestimmt durch den geforderten Grad der Flächendeckung und Höhe der Bandbreite

Die Simulation zeigt, dass nicht mit allen Netzvarianten eine 100 %-ige Abdeckung des Ausbaubereiches mit 100 Mbit/s erreicht werden kann.

Nur ein Ausbau über FTTB oder FTTC-Vectoring mit Bau neuer KVz ermöglicht eine 100 %-ige Abdeckung mit 100 Mbit/s in allen drei Fallbeispielen.

Nicht alle Technologien sind gleichermaßen geeignet, die notwendigen Übertragungsraten für hohe Bandbreiten jenseits von 100 Mbit/s bei gleichzeitiger flächendeckender Versorgung zu gewährleisten.

Erfolgt nur ein Rückgriff auf bestehende KVz-Schnittstellen, kann keine Flächendeckung erreicht werden – dies ist mit dieser Netzvariante technisch nicht realisierbar.

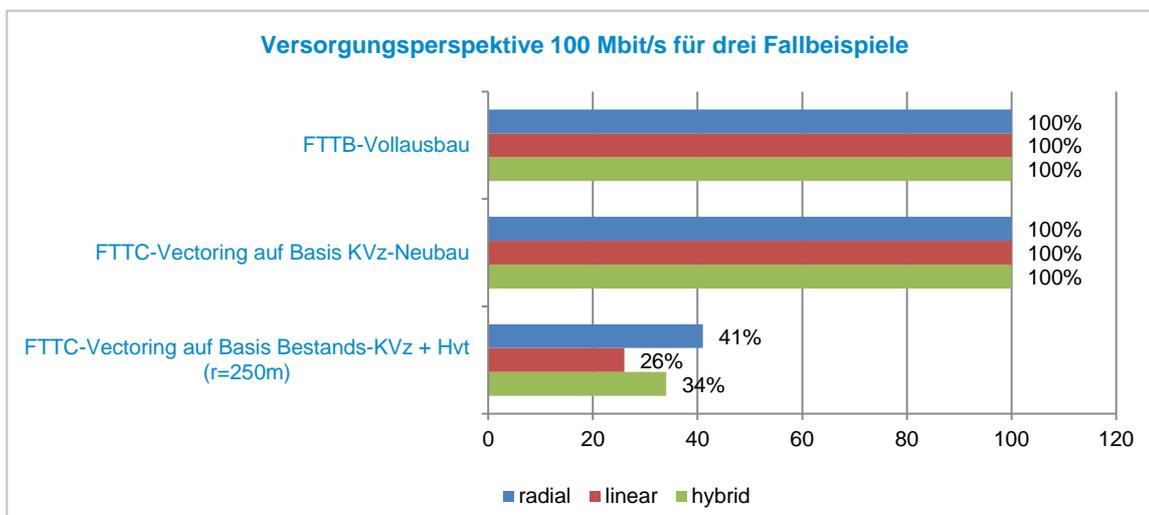


Abbildung 1: Versorgungsperspektive 100 Mbit/s

Radiale Siedlungsstrukturen werden über die Ausbauvariante FTTC-Vectoring mit Neubau von Kabelverzweigern deutlich besser mit 100 Mbit/s abgedeckt als lineare (41 % im Vergleich zu 26 %).

In allen Fallbeispielen erhalten alle Adresspunkte eine Breitbandgrundversorgung. Diejenigen Haushalte, die von einem FTTC-Ausbau nicht mit 100 Mbit/s erreicht werden, erhalten bis zur Erreichung der maximalen Signaldämpfung entsprechende Bandbreiten von unter 100 Mbit/s.

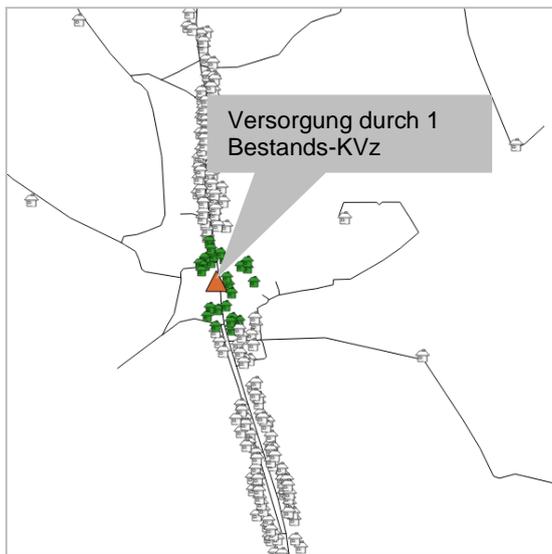


Abbildung 2: Lineare Siedlung – Ausbau Bestands-KVz Vectoring

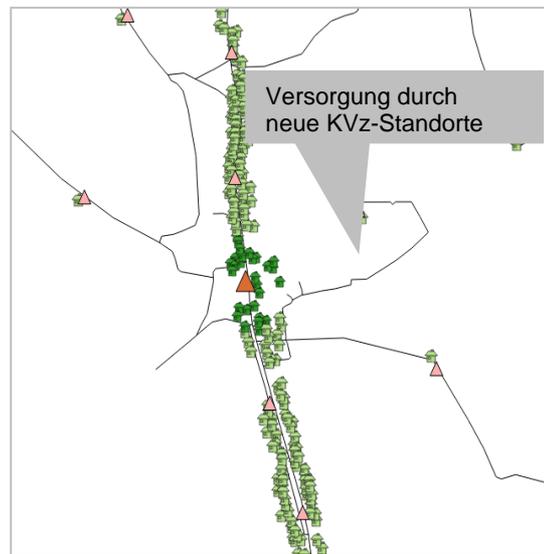


Abbildung 3: Lineare Siedlung – Neubau KVz mit Vectoring

Ein Neubau von Kabelverzweigern ermöglicht den Anschluss aller Haushalte. Das Fallbeispiel lineare Siedlungsstruktur verdeutlicht den Aufwand, der für eine 100 %-ige Versorgung aller Haushalte notwendig ist.

Neben den Unterschieden in der Versorgungsleistung führen die drei Ausbaustrategien zu abweichenden Investitionskosten, die in den strukturellen Voraussetzungen (Reichweite der Kabelverzweiger zur Versorgung der Anschlüsse) und vorhandenen Infrastrukturen in den Modellsiedlungen begründet sind.

Ausbaukosten unterschiedlicher NGA-Strategien je Haushalt*				
		Siedlungsstrukturen		
		radial	linear	hybrid
Kostengesamt	FTTB-Vollausbau	2.377 €	2.179 €	1.523 €
	FTTC – Vectoring auf Basis von Bestands-KVz + HVt 100 Mbit/s (r=250m)	79 €	266 €	57 €
	FTTC – Vectoring auf Basis von KVz-Neubau	1.167 €	1.625 €	195 €

*Kosten basieren auf drei Vergleichsrechnungen der Studie, u.a. 240 Haushalte bei radialen und linearen Siedlungen sowie 5.760 Haushalte bei hybriden Siedlungsstrukturen

Tabelle 1: Ausbaukosten NGA-Strategien

FTTB stellt zwar die kostenintensivste Ausbauvariante im Vergleich zu FTTC (Vectoring) dar, allerdings fällt der Abstand zu FTTC je nach Siedlungsstruktur im Verhältnis überwindbar aus. Schlussendlich bewegt sich ein FTTC-Vectoring-Ausbau mit dem Bau neuer KVz z.B. in linearen Siedlungsstrukturen in einem ähnlich hohen Kostenrahmen wie der Ausbau eines FTTB-Netzes – letzterer erfordert höhere Investitionen je Haushalt von rund 500 €.

Grundsätzlich ist ein FTTB-Ausbau in Stadtlagen deutlich günstiger als in dörflichen (radialen und linearen) Siedlungsformen. Dort entfallen je Haushalt 1.523 € im Vergleich zu über 2.000 € außerhalb der Städte.

Eine Entscheidung über die richtige Ausbastrategie in den Kommunen darf sich nicht nur an dem reinen Kostenfaktor orientieren. Mit Blick auf die politisch gewünschte 100 %-ige Versorgungsrate und zukünftige Verfügbarkeit von Bandbreiten jenseits von 50 Mbit/s muss deshalb entschieden werden, ob der in den Fallbeispielen ermittelte Kostenunterschied zwischen FTTC und FTTB nicht überbrückt werden kann. Investitionen in nachhaltige, zukunftsfähige Technologien sollten Vorrang vor einer „kleinen

Lösung“ erhalten. Unsere Berechnung zeigt, dass ein FTTB-Ausbau nicht von vornherein als teuerste Netzinfrastruktur ausgeschlossen werden sollte.

Aufgrund der Siedlungsform lässt sich keine eindeutige Zuordnung zur Ausbastrategie vornehmen. Vielmehr ergeben sich Strategieansätze, die entweder in Richtung FTTC-Ausbau oder FTTC/B-Ausbau tendieren. Je linearer die zu versorgenden Siedlungsstrukturen angelegt sind, desto effizienter wirkt eine FTTB-Lösung (eine Haupttrasse versorgt die Hausanschlüsse).

Je radialer die zu versorgenden Haushalte und Gewerbe verteilt sind, desto effizienter wirkt ein FTTC-Ausbau aufgrund der Versorgungsreichweite um einen KVz-Standort (bei Einsatz von Vectoring werden nur geringe KVz-Ausbauaufwendungen notwendig). Für Siedlungen, die beide Morphologien miteinander verbinden, bietet sich eine FTTC/B-Migration an.

Im Folgenden sind die Auswirkungen der Faktoren Siedlungsform, Versorgungsgrad und Bandbreitenhöhe in den drei Fallbeispielen radial, linear und hybrid vorgestellt.

Fallbeispiele I: Radiale Siedlungsform

Radiale Siedlungsformen charakterisieren sich durch eine flächige Bebauungsstruktur, die einen gleichmäßigen Abstand zum Dorf/Stadtkern aufweist.

Diese haufenartige Grundstruktur deckt sich im Idealfall mit dem Verlauf eines sternförmig ausgebauten Kabelnetzes um den zentralen KVz (Kabelverzweiger). Laufen in diesem alle Anschlüsse der Gemeinde zusammen, können mit einem entsprechenden Ausbau der bestehenden Kabelverzweiger bis zu 100 % der Siedlungsfläche an Hochgeschwindigkeitsbreitbandnetze angeschlossen werden.



Geobasisdaten © GeoBasis-DE / LVermGeo LSA, 2013 / A18-42609-09

In diesem Fallbeispiel werden 41 % der modellhaft festgelegten 240 Haushalte durch eine Er-tüchtigung der Bestands-KVz über FTTC mit 100 Mbit/s erschlossen. Haushalte in Randlagen erreichen geringere Bandbreiten aufgrund der begrenzten Funktionsreichweite der Kabelver-zweiger.

Um diese Anschlüsse ebenfalls zu versorgen und eine Flächendeckung zu erreichen, ist entweder

der Einsatz von FTTC-Vectoring und der Bau von zwei neuen KVz oder ein FTTB-Vollausbau notwendig.

Grundsätzlich bietet die radiale Siedlungsstruktur den Vorteil, dass bei der Errichtung neuer KVz-Standorte durch effiziente Planung mit ge-ringem zusätzlichem Aufwand eine Begrenzung der Investitionskosten möglich ist.

RADIALE SIEDLUNGSFORM	Kosten	Kosten je HH	Versorgung ≥ 100 Mbit/s
FTTB-Vollausbau	570.500 €	2.377 €	100 %
FTTC – Vectoring auf Basis von Bestands-KVz + HVt, 100 Mbit/s (r=250m)	19.058 €	79 €	41 %
FTTC – Vectoring auf Basis von KVz-Neubau	280.095 €	1.167 €	100 %

Tabelle 2: Kostenstruktur Netzausbau radialer Siedlungsformen

Ein FTTB-Vollausbau erschließt 100 % der Haushalte/Gewerbe über Investitionskosten von 570.500 € bzw. 2.377 € je Haushalt. Der Be-stands-KVz-Ausbau über FTTC kostet 19.058 € (79 € je Haushalt) und erreicht 41 % der Haus-halte. Um eine flächendeckende Versorgung mit ≥ 100 Mbit/s über ein FTTC-Netz zu realisieren, müssen 280.095 € in den Bau neuer Kabelver-

zweiger investiert werden (1.167 € je Haushalt). Die Mehrkosten eines FTTB-Ausbaus gegenüber einem FTTC-KVz-Neubau belaufen sich zwar auf ca. 290.000 €, jedoch ist die Bereitstellung die-ser Investitionssumme unter Umständen über unterschiedlichste Finanzierungs- und Förderin-strumente möglich.

Fallbeispiel II: Lineare Siedlungsform

Lineare Siedlungsformen zeichnen sich durch die geradlinige, meist doppelzeilige Aufreihung von Gebäudestrukturen entlang einer Haupt-straße aus. Charakteristisch ist die dichte An-ordnung der Einzelhäuser mit dem Giebel zur Straße. Vereinzelt vorhandene Abzweigungen sind häufig Sackgassen.

In diesem Fallbeispiel ist die flächendeckende 100 Mbit/s-Versorgung über Kabelverzweiger wesentlich aufwendiger im Vergleich zu radialen Siedlungsformen.



Geobasisdaten © GeoBasis-DE / LVermGeo LSA, 2013 / A18-42609-09

Die langgezogene Gemeindestruktur (Alleincharakter) deckt sich nicht mit der radialen Umkreisstruktur eines KVz-Versorgungsbereiches. Oft werden nur bis zu 20 % der möglichen Umkreisfläche eines KVz nutzbar. Die sich daraus ergebenden geringeren Funktionsreichweiten der KVz erfassen nur einen kleinen Teil der bisher versorgten Teilnehmeranschlüsse.

Der Bestands-Kabelverzweiger deckt im Beispiel nur etwa 26 % der im Beispiel festgelegten 240 Haushalte mit 100 Mbit/s nach einem Ausbau ab. Für eine Flächendeckung ist die Errichtung von doppelt so vielen neuen KVz-Standorten im Vergleich zu radialen Siedlungsstruktur notwendig. Dies führt zu entsprechend höheren Investitionskosten.

LINEARE SIEDLUNGSFORM	Kosten	Kosten je HH	Versorgung ≥ 100 Mbit/s
FTTB-Vollausbau	523.000 €	2.179 €	100 %
FTTC – Vectoring auf Basis von Bestands-KVz + HVt, 100 Mbit/s (r=250m)	63.735 €	266 €	26 %
FTTC – Vectoring auf Basis von KVz-Neubau	390.080 €	1.625 €	100 %

Tabelle 3: Kostenstruktur Netzausbau linearer Siedlungsformen

Ein FTTB-Vollausbau erschließt 100 % der Haushalte über Investitionen von 523.000 €. Für jeden Haushalt belaufen sich die Kosten auf 2.179 €. Der FTTC-Ausbau über Bestands-Kabelverzweiger führt zwar nur zu Investitionen in Höhe von 63.735 € (266 € je Haushalt). Allerdings werden fast 75 % der Haushalte hierdurch nicht versorgt.

Um eine 100 %-ige Abdeckung mit ≥ 100 Mbit/s über FTTC zu erreichen, werden vier neue KVz notwendig. Die entsprechenden Kosten liegen bei 390.080 € (1.625 € je Haushalt).

Fallbeispiel III: Hybride Siedlungsform

Stadtlagen stellen eine hybride Siedlungsform dar und weisen eine heterogene Bebauungsstruktur auf. Im Regelfall ist ein dicht bebauter Stadtkern umgeben von linearen Siedlungsstrukturen der zulaufenden Verkehrsinfrastrukturen. Somit bringen die einzelnen Stadtteile höchst unterschiedliche Voraussetzungen für den Ausbau von Infrastrukturnetzen mit sich.

Die höheren Investitionskosten eines FTTB-Ausbaus im Vergleich zu einem FTTC-Neubau von KVz sind mit ca. 130.000 € für Kommunen verhältnismäßig gering. In Hinblick auf zukünftige Bandbreiten jenseits von 100 Mbit/s kommt auch Vectoring perspektivisch an seine technologischen Grenzen. Direkte Investitionen in ein zukunftsfähiges FTTB-Netz oder ein Stufen-/Migrationskonzept sollten in Betracht gezogen werden.



Geobasisdaten © GeoBasis-DE / LVermGeo LSA, 2013 / A18-42609-09

Im Fallbeispiel wird auf zwei bestehende Kabelverzweiger zurückgegriffen. Über deren Ausbau per FTTC und die Ausstattung des Hauptkabelverteilerbereichs mit geeigneter Technik können

34 % der Haushalte mit 100 Mbit/s versorgt werden. Um die Lücke zu einer 100 %-igen Versorgung zu schließen, müssen 28 neue Kabelverzweiger gebaut werden.

HYBRIDE SIEDLUNGSFORM	Kosten	Kosten je HH	Versorgung ≥ 100 Mbit/s
FTTB-Vollausbau	8.770.000 €	1.523 €	100 %
FTTC – Vectoring auf Basis von Bestands-KVz + HVt, 100 Mbit/s (r=250m)	329.700 €	57 €	34 %
FTTC – Vectoring auf Basis von KVz-Neubau	1.122.500 €	195 €	100 %

Tabelle 4: Kostenstruktur Netzausbau hybrider Siedlungsformen

Die Simulation weist für das hybride Fallbeispiel deutlich höhere Gesamtkosten aus, da anstelle von 240 Haushalten, wie in den Fallbeispielen radial und linear, nun mit 5.760 Haushalten gerechnet wird.

Ein FTTB-Vollausbau erfordert eine Investitionssumme von 8.770.000 €, auf jeden Haushalt entfallen 1.523 €. FTTB bleibt im Fallbeispiel hybride Siedlungsform die mit Abstand teuerste Ausbaustrategie. Die zusätzlichen Millioneninvestitionen können teilweise nicht aufgebracht werden.

Der FTTC-Ausbau nur über Bestands-Kabelverzweiger bringt im Vergleich lediglich 329.700 € Kosten mit sich (57 € je Haushalt), aber auch nur eine Versorgungsrate von 34 % der Haushalte. Im Gegensatz dazu kostet der für eine flächendeckende Versorgung mit Bandbreiten von ≥ 100 Mbit/s notwendige Bau von 28 neuen KVz 1.122.500 € (195 € je Haushalt).

Eine Kombination der Netzvarianten FTTC und FTTB stellt eine Alternative dar.

Methodik und Annahmen

Die strategische Netzplanung erfolgte adressgenau in einem GIS-basierten FTTC-Netzplanungstool, das alle erforderlichen Bestandteile eines Telekommunikationsnetzes in mathematischen Modellen berücksichtigt. Die Planung ergibt effiziente Kosten- und Streckengerüste für die hier betrachteten typischen Siedlungsformen Deutschlands: linear (straßendorfartig), radial (haufendorfartig) und hybrid (Stadtlagenform).

Berechnet werden optimale FTTC- und FTTB-Lösungen, wobei eine Auswertung der Versorgungsreichweiten und des finanziellen Aufwands für Mustersiedlungen mit jeweils 240 Haushalten (192 Adressen) für die Dorflagen und 5.760 Haushalten (1.920 Adressen) in der Stadtlage durchgeführt wird. Die Ausbauskosten spiegeln nur die Trassenführung ab Ortseingangsschild wieder und bestehen aus den passiven Kosten eines Netzausbaus. Die erforderlichen interkommunalen Landverbindungen oder Backbone-Netze wurden in der vereinfachten Siedlungsflächen-Ausbauanalyse nicht beachtet. Alle Preise sind für konkrete Adresspunkte berechnet, Straßenlängen variieren je nach Siedlungstyp. Die Kostenübersichten zu den Fallbeispielen sollen Größenordnungen vermitteln.

		radial	linear	hybrid
Basiszahlen	Adresspunkte	192	192	1.920
	Haushalte	240	240	5.760
	HH je Adresspunkt	1,25	1,25	3
	Bestands-KVz	1	1	2
	Bestands-HVt	0	0	1
	Anzahl KVz-Neubau zur Flächendeckung 100 Mbit/s mit Einsatz von Vectoring (r= 250m)	2	9	28
Kosten/Längen	Leitungslänge in m (Ausbau Bestands-KVz ab Ortseingang)	330	740	4200
	Leitungslänge in m (Ausbau Zusatz-KVz ab Ortseingang)	4.829	6.156	13.450
	KVz Kosten groß in €	10.000 €	10.000 €	10.000 €
	KVz Kosten klein in €	4.500 €	4.500 €	4.500 €
	Leitungskosten innerorts in €	55 €	55 €	70 €

Kosten und Versorgungsperspektiven basieren auf den drei Vergleichsplanungen und -rechnungen der Studie.

Ihr Ansprechpartner:

TÜV Rheinland Consulting GmbH

Andreas Windolph, Teilbereichsleiter Breitband & Intelligente Netze

Mobil: +49 172 3562193

Tel.: +49 30 756874-404

Mail: andreas.windolph@de.tuv.com

Standort Berlin – Uhlandstraße 88-90 – 10717 Berlin

Autoren der Studie: Jakob Hafner, Christiane Lehmann, Andreas Windolph

Stand August 2015

DISCLAIMER

Diese Studie ist geistiges Eigentum der TÜV Rheinland Consulting GmbH. Bei Verwendung von Zahlen und Darstellungen ist der Copyrightvermerk © TÜV Rheinland in räumlicher Nähe zu den verwendeten Informationen bzw. den sich daraus abgeleiteten eigenen Darstellungen anzugeben.

Bildrechte: Alle Luftbildaufnahmen stammen vom Landesvermessungsamt Sachsen-Anhalt.

Geobasisdaten © GeoBasis-DE / LVermGeo LSA, 2013 / A18-42609-09