



Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie

# Szenarien und Kosten für eine kosteneffiziente flächendeckende Versorgung der bislang noch nicht mit mindestens 50 Mbit/s versorgten Regionen

Zusammenfassung

Das BMWi beauftragte zur Durchführung dieser Studie



**TÜV Rheinland Consulting GmbH**

Telco Solutions

Alboinstraße 56

12103 Berlin

Ansprechpartner

Projektleiter Dirk Andritzki

in Zusammenarbeit mit

**atesio**

**atesio GmbH**



**Technische Universität Dresden Fakultät Verkehrswissenschaften  
„Friedrich List“**

**Technische Universität Dresden Fakultät Elektrotechnik und Informa-  
tionstechnik**

## Hintergrund und Ziele

Die Bundesregierung setzt sich für den flächendeckenden Ausbau leistungsfähiger Breitbandnetze in Deutschland ein. Zur Unterstützung des wirtschaftlichen Wachstums in Deutschland strebt der Bund im Rahmen der Breitbandstrategie **bis 2018** eine flächendeckende Verfügbarkeit von **mindestens 50 Mbit/s** an.

Bis **Ende 2012** konnten bereits **55 % aller Haushalte** mit **mindestens 50 Mbit/s** versorgt werden. Diese Versorgung erfolgt überwiegend in den urban geprägten Gebieten, getrieben durch die Umrüstung von Kabel-TV-Netzen<sup>1</sup> (CATV) und den VDSL<sup>2</sup>-Ausbau. Zu den Kosten, die für einen flächendeckenden Ausbau eines Hochgeschwindigkeitsnetzes anfallen, unter Einbeziehung aller Technologien und Berücksichtigung der bereits vorhandenen Versorgung, liegen jedoch keine belastbaren Zahlen vor.

Vor diesem Hintergrund hat das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) den TÜV Rheinland beauftragt, die Kosten für einen effizienten, flächendeckenden Ausbau mit mindestens 50 Mbit/s durch den Ausbau existierender und den Aufbau neuer Infrastruktur zu ermitteln. Dabei sollten sowohl existierende, als auch 2018 voraussichtlich verfügbare Technologien (wie LTE-Advanced<sup>3</sup>, VDSL-Vectoring<sup>4</sup> und DOCSIS 3.1<sup>1</sup>) berücksichtigt werden.

Im Rahmen der Studie wurden **zwei verschiedene Szenarien** berechnet:

A: **Hauptzenario**: Breitbandausbau unter Berücksichtigung bestehender Versorgung mit mind. 50 Mbit/s

- Wie hoch sind die Investitionskosten für den kosteneffizienten und flächendeckenden Ausbau der bislang noch nicht mit mindestens 50 Mbit/s versorgten Regionen?
- Wie hoch sind diese Kosten für den Teilausbau von 75 bzw. 95 % aller Haushalte?
- Welchen Beitrag leisten zentrale Technologien zum Erreichen der Ausbauziele?

---

<sup>1</sup> CATV: bezeichnet Breitbanddatenübertragung über das Koax-Fernsehkabel (Download rd. 100 Mbit/s)

<sup>2</sup> VDSL: bezeichnet Breitbanddatenübertragung über das Kupfer-Telefonkabel, dazu wird die Glasfaser bis zum Straßenverteiler (Kabelverzweigerstandort; KVz) geführt (Download 50 Mbit/s bis zu 300m vom KVz)

<sup>3</sup> LTE-Advanced: bezeichnet die weiterentwickelte zukünftige Funktechnologie für mobile Breitbanddatenübertragung (Download ca. 50 Mbit/s) mit deutlich erhöhter Leistungsfähigkeit in den Funkzellen unter Einsatz eines weiteren Frequenzspektrums (unterhalb 1 GHz)

<sup>4</sup> VDSL-Vectoring: bezeichnet Breitbanddatenübertragung über das Telefonkabel (wie VDSL) mit dem Vorteil, dass durch neue Übertragungsverfahren die max. Bandbreite verdoppelt wird (Download 100 Mbit/s bis zu 300m vom KVz oder 50 Mbit/s bis zu 600m vom KVz)

B: **Alternativszenario**: Flächendeckender Ausbau mit FTTH<sup>5</sup> (unter Vernachlässigung der < 3 % bestehenden FTTH/B<sup>6</sup>-Anschlüsse)

- Welche Kosten sind für einen flächendeckenden FTTH-Ausbau aufzuwenden?

### Methodik

Als Basisdaten der Berechnung wurden u.a. Straßen, Wege, Bahn- und Stromtrassen sowie adressgenaue Gebäudeinformationen deutschlandweit ermittelt und aufbereitet. Auf Basis eines rechnerisch komplexen Modells wurden durch eine Vielzahl sehr detaillierter Einzelberechnungen die notwendigen Investitionen zur Ertüchtigung bzw. Erweiterung der bestehenden Netze und Infrastrukturen berechnet. Erstmals wurden somit die Kosten für einen flächendeckenden Netzausbau durch die Kombination detaillierter Inputdaten mit einer gebäudegenauen Berechnung der jeweils günstigsten Technologie ermittelt. Dieser Ansatz grenzt die vorliegende Studie deutlich von bestehenden Ansätzen zur Kostenermittlung für einen flächendeckenden Breitbandausbau ab.

Für die Berechnung des flächendeckenden FTTH-Ausbaus wurden ebenfalls die vorhandenen detaillierten Inputdaten verwendet. Anders als beim Hauptszenario basiert hier die Kostenermittlung jedoch auf der Hochrechnung mehrerer exemplarischer Detailberechnungen.

### Einbindung der Marktakteure

Für die Belastbarkeit der Ergebnisse war es notwendig, über möglichst aktuelle Informationen zur Technik, Ausbauvarianten, marktüblichen Preisen etc. zu verfügen und breite Akzeptanz für den gewählten Ansatz zu erhalten. Hierzu wurde ein breiter Dialog mit den involvierten Behörden (Bundes- und Landesebene), Verbänden und Unternehmen gepflegt.

Zu den einbezogenen **Behörden und Verbänden** gehören z.B. Bundesnetzagentur, ANGA, BITKOM, BREKO, BUGLAS, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Rohrleitungsverband, VATM und VKU. Die **großen Netzbetreiber** haben die Studie mit Fachinformationen unterstützt. Kostenparameter für den **Tiefbau** wurden von Tief- und Leitungsbauunternehmen nach Bauklassen und Regionen geliefert. Informationen zur notwendigen **Technik** und den damit verbundenen Kosten wurden u.a. von verschiedenen

---

<sup>5</sup> FTTH: bezeichnet Breitbanddatenübertragung über neu zu installierende Glasfaseranschlüsse bis in die Wohnung (FTTH) (Download bis zu 1 Gbit/s)

<sup>6</sup> FTTB: bezeichnet Breitbanddatenübertragung über neu zu installierende Glasfaseranschlüsse bis in den Hauskeller (FTTB) (Download bis zu 300 Mbit/s)

TK-Ausrüstungsunternehmen bereitgestellt.

## Flächendeckende Geobasis- und Infrastrukturdaten

Auf Grundlage dieser Informationen sowie den Daten aus dem Breitbandatlas des BMWi wurde eine genaue IST-Analyse der TK-Infrastrukturen durchgeführt. Hierfür wurden die Basisdaten georeferenziert sowie straßengenau und flächendeckend für Deutschland aufbereitet.

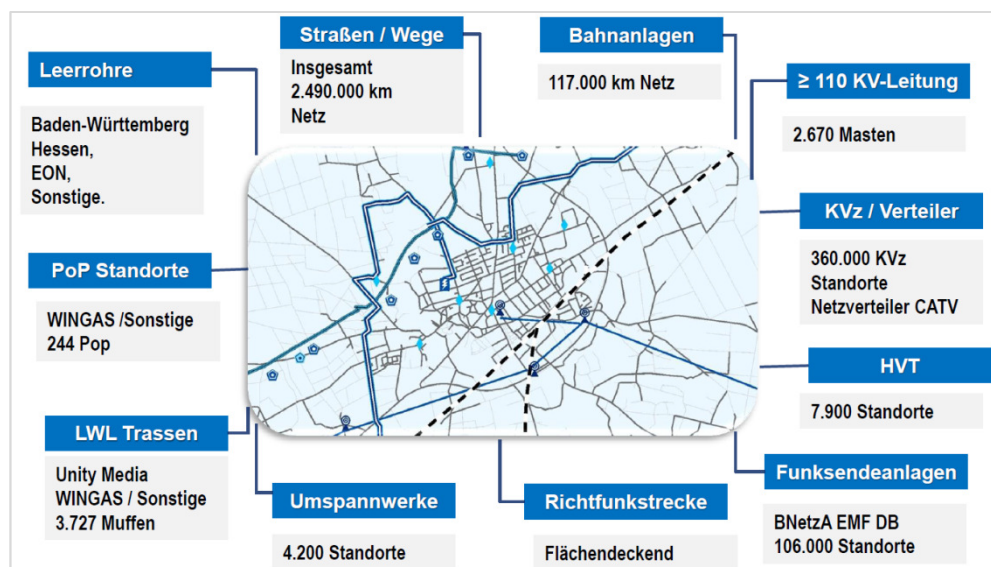
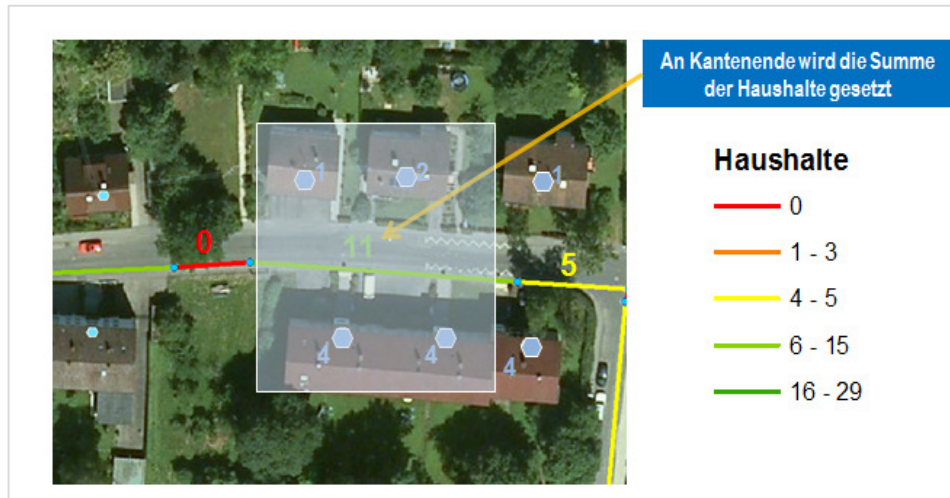


Abbildung 1: Auszug Basis-Daten der Studie

Dies umfasste die Gebäude mit der zugehörigen Anzahl von Haushalten und Gewerbe, Hauptverteiler- und Kabelverzweigerstandorte, Umspannwerke und Verteilerstandorte, Leerrohre, Funksendeanlagen etc. Die Daten aller Gebäude wurden mit den hausgenauen Anschlusslängen, Gebäudetypen und Haushaltszahlen sowie der aktuellen Breitbandversorgung dem detaillierten Straßen- und Wegenetz mit einer Abschnittslänge von < 50 Metern zugewiesen (siehe Abb. 2).



**Abbildung 2:** Gebäudegenaue Berücksichtigung der Haushalte

Zur genaueren Ermittlung aller Leitungslängen wurde für die heutigen ca. 8.000 Hauptverteiler und 360.000 Kabelverzweiger-Standorte ein flächendeckendes Kupfernetz (Teilnehmeranschlussnetz) berechnet.

### **Einsatz modernster mathematischer Optimierung**

Mittels der aufbereiteten Daten wurde in einem weiteren Schritt durch den Einsatz modernster Methoden der diskreten Mathematik ein kostenoptimiertes Netz zur Versorgung mit mindestens 50 Mbit/s für Deutschland für 75, 95 bzw. 100 % der Haushalte berechnet.

Vermarktungserlöse bzw. Einnahmen wurden im Rahmen der Studie nicht berücksichtigt, mithin auch keine sog. Wirtschaftlichkeitslücke ermittelt.

## Ergebnisse der Studie

### Investitionsbedarf im Hauptszenario

In das Hauptszenario wurden alle bis 2018 voraussichtlich verfügbaren Technologien (LTE-Advanced, CATV und VDSL-Vectoring) einbezogen, um so eine größtmögliche Kosteneffizienz zu erreichen. Folgende Ergebnisse konnten im Hauptszenario für den Investitionsbedarf ermittelt werden:

- Die Kosten für eine Versorgung von 75 % der Haushalte mit mindestens 50 Mbit/s liegen bei ca. 5 Mrd. €.
- Bei einer Erschließung von 95 % der Haushalte mit mindestens 50 Mbit/s liegen die Kosten bei ca. 12 Mrd. €.
- Die Kosten für einen Ausbau von 100 % der Haushalte mit mindestens 50 Mbit/s liegen bei ca. **20 Mrd. €**. Die Erschließung der letzten 5 % der Haushalte kostet also knapp 8 Mrd. € und bringt somit Mehrkosten von 65 % mit sich.

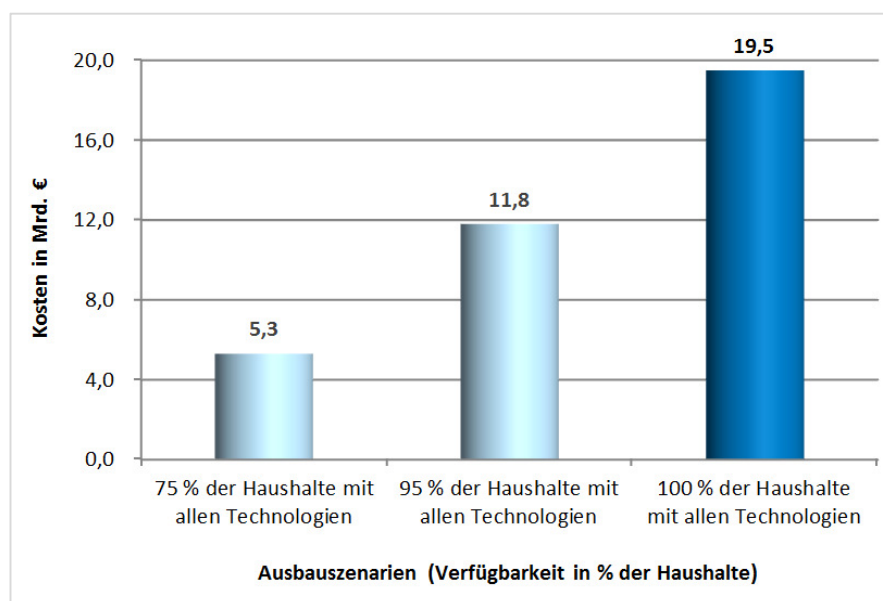
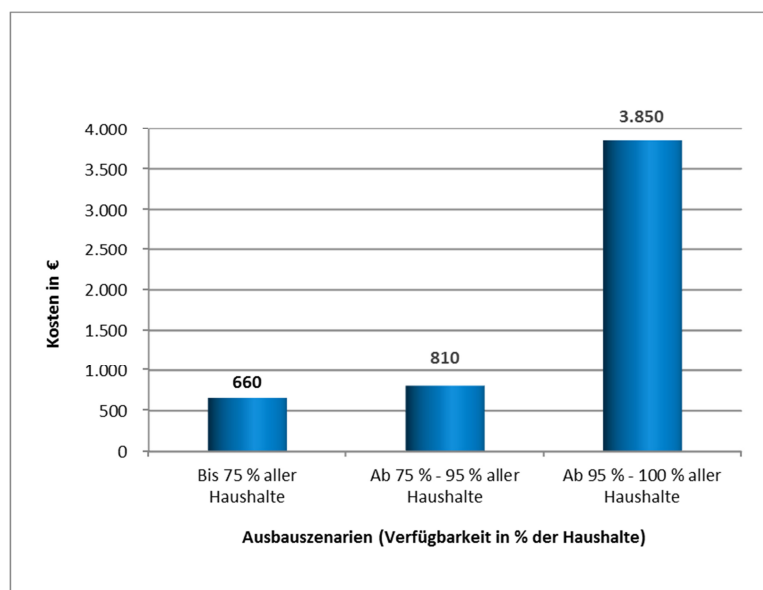


Abbildung 3: Investitionsbedarf für das Hauptszenario

Die genannten Kosten fallen für eine Anbindung der Haushalte an, die bis Ende 2012 laut Breitbandatlas noch nicht mit mindestens 50 Mbit/s versorgt waren.

Mit der Studie konnten folgende detaillierten Ergebnisse gewonnen werden:

- Für die Versorgung von 75 % der Haushalte mit mindestens 50 Mbit/s ist der Einsatz von LTE-Advanced zu vernachlässigen. Der kostenoptimierte Ausbau lässt sich vollständig mit kabelgebundenen Technologien erreichen. Bis zu 59 % können dabei durch die CATV-Betreiber beigetragen werden.
- Für die Versorgung von 95 % der Haushalte mit mindestens 50 Mbit/s kommt LTE-Advanced nur in geringem Umfang zum Einsatz - und zwar vornehmlich in Gebieten mit hohen Investitionskosten je Haushalt, bei denen eine hohe Entfernung zur Vermittlungsstelle zu überwinden ist.
- Ein kosteneffizienter, flächendeckender Ausbau bedingt hingegen den Einsatz von LTE-Advanced, da so die Haushalte in Randlagen am kostengünstigsten erreicht werden können. Dabei ist für das Erreichen von mindestens 50 Mbit/s per LTE-Advanced sicherzustellen, dass die entsprechend notwendigen Zellkapazitäten (Leistungsfähigkeit der einzelnen Funkzellen) vorhanden sind.
- Ausgehend von einer Versorgung von heute ca. 55 % der Haushalte mit mindestens 50 Mbit/s, ergibt sich ein mittlerer (durchschnittlicher) Investitionsbedarf von ca. 660 € je zusätzlich versorgten Haushalt bis zu 75 % der Haushalte, danach von ca. 810 € bis zum Erreichen von 95 % der Haushalte und schließlich ca. 3.850 € bis zum Erreichen von 100 % der Haushalte. Der sprunghafte Anstieg der Kosten für die Versorgung der letzten 5 % der Haushalte ergibt sich aus - trotz Einsatz von LTE-Advanced - unverhältnismäßig hohen Kosten für die wenigen Haushalte in Randlagen.



**Abbildung 4:** Ausbaukosten je zusätzlich erreichtem Haushalt bei 75 %, 95 % und 100 %



- Die CATV-Netze spielen für die Versorgung der Haushalte in Deutschland mit mindestens 50 Mbit/s eine wichtige Rolle. So bietet die Aufrüstung der DOCSIS 2.0-Netze (ca. 7 % der Haushalte) auf DOCSIS 3.x, womit Bandbreiten von mindestens 50 Mbit/s ermöglicht werden, ein Einsparpotenzial gegenüber der Versorgung mit einer anderen Technologie.
- Der Einsatz von Richtfunk wurde ebenfalls bewertet. Es ergab sich im Mittel ein Einsparpotenzial von weniger als 5 %. Die Markterkundung zeigte jedoch nennenswerte Zurückhaltung bzgl. einer großflächigen Nutzung dieser Technologie. Deshalb weisen die Ergebnisse der Berechnungen dies ohne Einsatz dieser Technologie aus.
- Der Einsatz bestehender Leerrohrinfrastrukturen wurde ebenfalls bewertet. Im Falle von Best-Case-Annahmen konnten in Einzelfällen Kostenreduzierungen von weniger als 10 % ermittelt werden. Mangels bundesweit flächendeckender Informationen zu verfügbaren Leerrohren wurden mögliche Einspareffekte nicht in der Berechnung berücksichtigt.

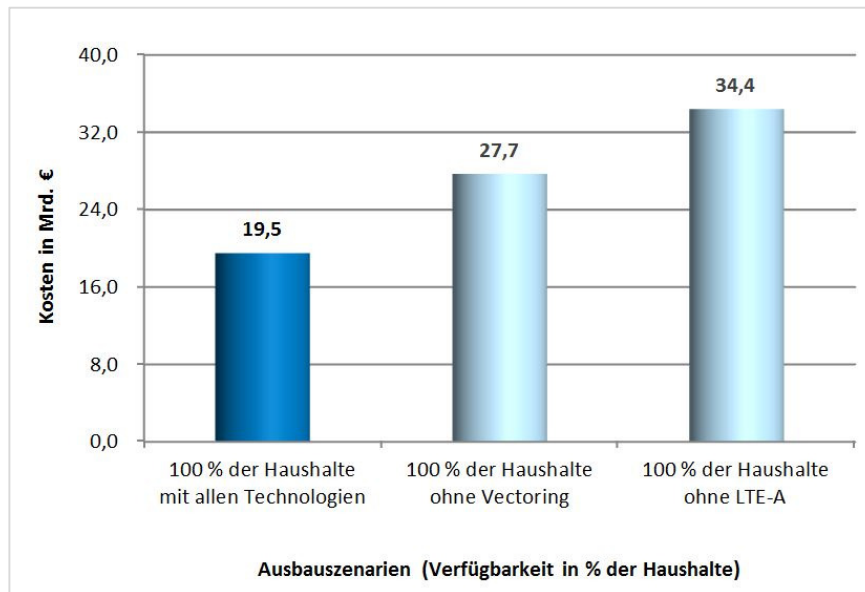
Durch zusätzliche Untersuchungen wurde ermittelt, zu welchen zusätzlichen Kosten das Weglassen einer Technologie führt. Dabei waren insbesondere zwei Fragen relevant:

- Welchen Einfluss hat der Einsatz von LTE-Advanced?
- Welchen Einfluss hat der Einsatz von VDSL-Vectoring?

Bei diesen Szenarien wurde berechnet, inwieweit die Kosten eines flächendeckenden Ausbaus steigen, wenn entweder auf VDSL-Vectoring oder auf LTE-Advanced verzichtet wird.

Im Ergebnis zeigt sich, dass die Einbeziehung von LTE-Advanced den höchsten Einspareffekt hat.

- Werden CATV, VDSL und LTE-Advanced, aber kein VDSL-Vectoring eingesetzt, so steigt der Investitionsbedarf um ca. 40 %. Die Kosten liegen dann bei ca. **28 Mrd. €**.
- Wird CATV, VDSL-Vectoring, aber kein LTE-Advanced eingesetzt, so steigt der Investitionsbedarf um ca. 75 %. Die Kosten liegen dann bei ca. **34 Mrd. €**.



**Abbildung 5:** Übersicht zu den Kosten je Szenario

Zur besseren Einordnung dieser Aussagen sind folgende Informationen wichtig:

- Die erhöhten Kosten von ca. 15 Mrd. € im Szenario, das auf den Einsatz von LTE-Advanced verzichtet, stellen keine Abschätzung des Marktwertes des in den kommenden Jahren zu vergebenden Frequenzspektrums (unter 1 GHz) dar.
- Die Sensitivität der Kostensteigerung für diese Szenarien bezieht sich lediglich auf eine Versorgung von 100 % aller Haushalte. Vergleichende Zahlen für die Versorgung von 75 oder 95 % aller Haushalte lassen sich daraus nicht ableiten.

### **Investitionsbedarf im Alternativszenario für den FTTH-Ausbau**

Im Rahmen der vorliegenden Studie wurde ebenfalls ein Alternativszenario für den flächendeckenden Breitbandausbau mit FTTH (Glasfaser bis in die Wohnung) untersucht. Dabei wurde im Gegensatz zum Hauptszenario die aktuell existierende Versorgung nicht berücksichtigt, da derzeit < 3% der Haushalte mit FTTH/B versorgbar sind.

Es wurden **Kosten für einen flächendeckenden Ausbau** mit FTTH von 85,5 - 93,8 Mrd. € (abhängig von der Leitungsführung, der Technologie sowie dem Eigenanteil bei der Grundstückszuführung) ermittelt.

Die **Ausbaukosten für Homes Passed** (enthalten nicht die Gebäudezuführung und die Kosten für die hausinterne Verkabelung) liegen in Abhängigkeit von den beschriebenen Parametern im Bereich von ca. 68,8 - 77,1 Mrd. €.

## Kernaussagen

- Die Investitionen für einen flächendeckenden Breitbandausbau unter optimaler Nutzung aller Technologien betragen ca. 20 Mrd. €. Diese Kosten ergeben sich für einen Ausbau im Technologiemix, bei dem Technologien wie CATV, VDSL-Vectoring und LTE-Advanced berücksichtigt werden.
- Um für alle Haushalte einen möglichst kosteneffizienten Ausbau mit mindestens 50 Mbit/s zu erreichen, ist dieser Technologiemix zwingend notwendig.
- Allein für die Versorgung der letzten 5 % der Haushalte sind Kosten in Höhe von 8 Mrd. € aufzuwenden. Die Kosten für den Ausbau von 95 % der Haushalte liegt bei ca. 12 Mrd. €. Somit entfallen bei einer Vollversorgung ca. 40 % der notwendigen Investitionskosten auf lediglich 5 % der Haushalte.
- LTE-Advanced kann einen bedeutenden Beitrag zur Kosteneinsparung leisten. Hierfür ist es aber erforderlich, dass die notwendigen Zellkapazitäten gegeben sind, also ausreichend Frequenzspektrum zur Gewährleistung der Zellkapazität zur Verfügung steht. Kann dies sichergestellt werden, können ca. 15 Mrd. € beim flächendeckenden Ausbau eingespart werden.
- Eine starke Erhöhung der Erschließungskosten ist bei einem flächendeckenden FTTH-Ausbau, bei dem die bereits bestehende 50 Mbit/s-Versorgung nicht berücksichtigt wurde, zu verzeichnen. So liegen die Kosten zwischen 85,5 - 93,8 Mrd. € (abhängig von der Leitungsführung, der Technologie sowie dem Eigenanteil bei der Grundstückszuführung).

Die vollständige Studie wird im Herbst 2013 veröffentlicht.

Der vorliegende Bericht wurde vom TÜV Rheinland für das BMWi erstellt.

Bei Verwendung von Zahlen und Darstellungen ist der Copyrightvermerk © TÜV Rheinland / BMWi 2013 in räumlicher Nähe zu den verwendeten Zahlen / Darstellungen bzw. daraus abgeleiteten eigenen Darstellungen und nicht nur im Verzeichnis / Anhang anzugeben.