

Goldbeck, Moritz; Lindlacher, Valentin; Schwarz, Svenja

**Article**

## Funkloch Deutschland? Der Ausbau der mobilen Datennetze in den letzten zehn Jahren

ifo Schnelldienst

**Provided in Cooperation with:**

Ifo Institute – Leibniz Institute for Economic Research at the University of Munich

*Suggested Citation:* Goldbeck, Moritz; Lindlacher, Valentin; Schwarz, Svenja (2021) : Funkloch Deutschland? Der Ausbau der mobilen Datennetze in den letzten zehn Jahren, ifo Schnelldienst, ISSN 0018-974X, ifo Institut - Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung an der Universität München, München, Vol. 74, Iss. 11, pp. 33-37

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/250831>

**Standard-Nutzungsbedingungen:**

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

**Terms of use:**

*Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.*

*You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.*

*If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.*

Moritz Goldbeck, Valentin Lindlacher und Svenja Schwarz\*

# Funkloch Deutschland? Der Ausbau der mobilen Datennetze in den letzten zehn Jahren

Digitale Infrastruktur ist die Grundvoraussetzung für wichtige Zukunftstechnologien – etwa in den Bereichen Autonomes Fahren, Industrie 4.0 und dem Internet der Dinge. Neben leitungsgebundenen Technologien ist auch die Verfügbarkeit von breitbandigem Internet über das Mobilfunknetz mittlerweile ein wesentlicher Wettbewerbs- und Standortfaktor. Die mobile Datennutzung ermöglicht den Zugriff auf digitale Inhalte und Produkte sowohl von unterwegs als auch an Orten ohne anderweitigen Internetzugang.

In der öffentlichen Debatte werden oft große Unterschiede in der Versorgung von Regionen thematisiert. Dabei werden typischerweise Städte und Ballungsräume als gut versorgt, ländliche Regionen jedoch als unzureichend abgedeckt wahrgenommen. Währenddessen strebt die Bundesregierung in ihrer Mobilfunkstrategie eine »internationale Spitzenposition auf Basis einer flächendeckenden LTE-Versorgung« an. Es gelte, die im Grundgesetz verankerten gleichwertigen Lebensverhältnisse auch in diesem Bereich herzustellen, und das Versprechen ist: »Funklöcher sollen bald der Vergangenheit angehören«. (Mobilfunkstrategie 2019)

Doch wie kommt der Mobilfunkausbau in Deutschland voran, und was hat sich in den letzten zehn Jahren getan? Und wie hat sich die Nutzung mobiler Daten entwickelt? Dieser Artikel ist eine Bestandsaufnahme zu diesen Fragen und beleuchtet die Entwicklungen der letzten zehn Jahre.

## DATEN

Für die angebotsseitige Analyse greifen wir auf Standortbescheinigungen der Bundesnetzagentur (BNetzA) zurück.<sup>1</sup> Vor Inbetriebnahme einer ortsfesten Sendeanlage mit Strahlungsleistung von über 10 Watt muss eine solche Standortbescheinigung ausgestellt werden, in der Sicherheitsabstände zum Gesundheitsschutz festgelegt sind. Die Datenbank enthält daher alle Funksysteme der deutschen Mobilfunknetze mit Angaben zum genauen Standort (Koordinaten),

\* Die Autoren danken dem Bayerischen Forschungsinstitut für Digitale Transformation (bidt) für Unterstützung.

<sup>1</sup> Die Autoren danken der Bundesnetzagentur für die Bereitstellung einer Kopie der EMF-Datenbank. Die BNetzA macht die Daten auch im Internet öffentlich zugänglich: <https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Vportal/TK/Funktechnik/EMF/start.html>.

## IN KÜRZE

**Mobiles Internet hat in den letzten Jahren immer weiter an Bedeutung gewonnen. Bei mobiler Datennutzung ist die flächendeckende Versorgung mit schnellem Internet besonders relevant, um auch Nutzern unterwegs eine verlässliche Verbindung zu gewährleisten. In den letzten zehn Jahren wurden in Deutschland über 33 000 neue Mobilfunkstandorte erschlossen, die eine insgesamt gute flächendeckende Versorgung herstellen. Dazu hat auch beigetragen, dass über die Jahre hinweg ein konstanter Anteil zwischen 30 und 34% der neuen Standorte in ländlichen Gebieten errichtet wurde. Es zeigt sich jedoch, dass die Erschließung neuer Standorte für Mobilfunkbasisstationen zunehmend schwieriger wird. Herausforderungen wie aufwändige und langwierige Genehmigungsverfahren und die NIMBY-Problematik noch stärker in den Blick zu nehmen, wird in Zukunft eine wesentliche Rolle spielen, insbesondere auch für die Versorgung mit 5G.**

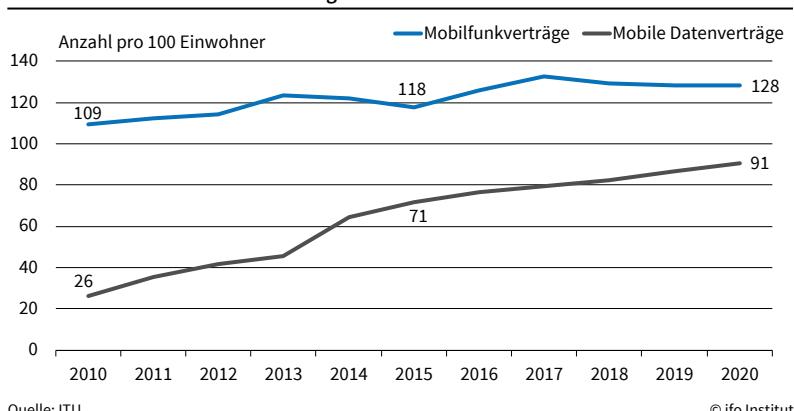
Betriebsfrequenz (in MHz) und Datum der Inbetriebnahme bzw. Betriebsstatusänderung. Zum Stichtag 26. Juli 2021 waren über eine Million Funksysteme an über 70 000 Standorten erfasst. Für eine regionale Analyse werden die Daten mit Bevölkerungs- und Flächendaten der Kreise aus der Regionalstatistik-Datenbank der Statistischen Ämter des Bundes und der Länder kombiniert. Für die nachfrageseitige Analyse der Entwicklung in Deutschland greifen wir auf Zeitreihendaten der International Telecommunication Union (ITU) und der Bundesnetzagentur zurück.

## NACHFRAGE: DIE NUTZUNG MOBILER DATEN NIMMT ZU

Die in Abbildung 1 dargestellten Daten der ITU zur Nutzung von Mobilfunk zeigen einen leichten Anstieg von Mobilfunkverträgen in Deutschland seit 2010 von einem hohen Ausgangsniveau mit 109 Mobilfunkverträgen pro 100 Einwohnern. Seit 2017 stagniert diese Zahl bei ca. 130. Betrachtet man aber die Anzahl an Mobilfunkverträgen, die eine mobile Datennutzung

Abb. 1

## Mobilfunk- und mobile Datenverträge



Quelle: ITU.

© ifo Institut

beinhalten, so hat sich diese von 26 Verträgen pro 100 Einwohnern im Jahr 2010 auf 91 im Jahr 2020 mehr als verdreifacht. Die größte Steigerung mit 41% fand dabei von 2013 auf 2014 statt. Die Daten zeigen, dass die große Mehrheit der Bevölkerung in Deutschland mittlerweile aktiv die individuelle Voraussetzung dafür geschaffen hat, mobiles Internet über das Mobilfunknetz nutzen zu können. Allerdings ist auch ersichtlich, dass mindestens 9% der Bevölkerung dies noch nicht getan haben und etwa 29% der Verträge keine mobile Datennutzung beinhalten.<sup>2</sup> Beim Internet über das Mobilfunknetz spielt insbesondere die Nutzung von unterwegs eine große Rolle; nur etwa 5% der Internetnutzer in Deutschland nutzen das Internet ausschließlich über das Mobilfunknetz (EU-Kommission 2021).

Während die Daten in Abbildung 1 zeigen, wie viele Menschen in Deutschland mobiles Internet nutzen, stellt Abbildung 2 dar, wie intensiv mobiles Internet genutzt wird. Dies wird von der Bundesnetzagentur mit dem Datenvolumen, das über das Mobilfunknetz übertragen wurde, gemessen. Sowohl beim absoluten Datenvolumen als auch beim Datenvolu-

men pro Anschluss ist in den letzten zehn Jahren ein exponentieller Anstieg zu verzeichnen. Lag das Datenvolumen 2015 noch bei rund 0,4 Gigabyte pro Anschluss, so stieg es binnen fünf Jahren auf 3 Gigabyte pro Anschluss im Jahr 2020. Es nutzen also nicht nur immer mehr Menschen in Deutschland mobiles Internet. Gleichzeitig verbrauchen diejenigen, die mobile Daten nutzen, heute sehr viel mehr Datenvolumen als noch vor einigen Jahren.

Dies ist nicht nur dadurch zu erklären, dass mobiles Internet öfter genutzt wird, sondern auch durch die Änderung der genutzten Dienste. Von Video-Streaming über Audio-Übertragung zu komplexen grafischen Benutzeroberflächen, viele Applikationen sind datenintensiver geworden. Beispielsweise haben sich die abgehenden Sprachverbindungsminuten über Internettelefonie-Anwendungen (sog. »Over-the-top« (OTT)-Applikationen wie z.B. WhatsApp) von 48 Mio. Minuten pro Tag im Jahr 2011 auf 213 Mio. Minuten pro Tag im Jahr 2020 gesteigert (VATM 2020). Diese Dienste setzen eine entsprechend schnelle Internetverbindung voraus. Der Anteil der LTE-fähigen SIM-Karten hat sich dementsprechend seit 2014 von 17 auf 63,6 Millionen (2020) erhöht. Auch die Reduktion der Preise für mobiles Datenvolumen in Deutschland um 62% im Zeitraum 2012 bis 2019 haben die Nutzung attraktiver gemacht (ITU).<sup>3</sup>

## ANGEBOT: ERSCHLIESSUNG NEUER STANDORTE ZUNEHMEND SCHWIERIG

Mit dem oben beschriebenen Anstieg in der Nutzung ging ein Ausbau der digitalen Infrastruktur einher. Zwei Faktoren spielen beim Ausbau der Netzinfrastruktur eine wichtige Rolle: die Erschließung neuer Sendestandorte und die Aufrüstung von Standorten mit neuen Funktechnologien.

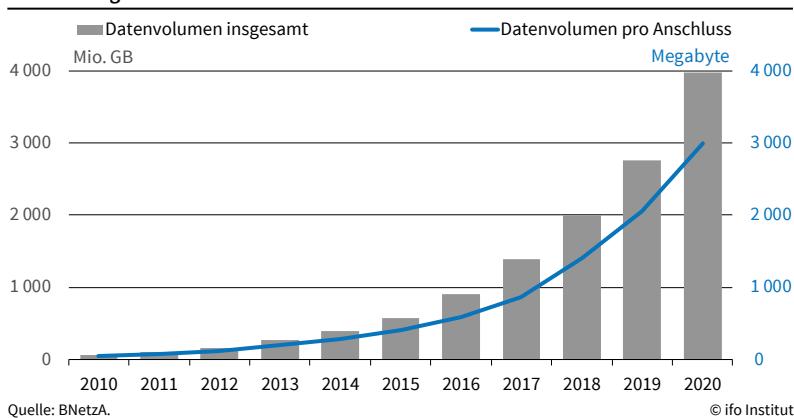
Laut Bundesnetzagentur sind noch 3,8% der Fläche Deutschlands sogenannte weiße Flecken, in denen maximal 2G-Empfang möglich ist. Weitere 7,2% der Fläche sind sog. graue Flecken, in denen lediglich einer der Netzbetreiber den Mobilfunkstandard 4G anbietet. Nach Schätzungen der neuesten Versorgungs- und Kostenstudie des BMVI werden auch 2024 voraussichtlich noch ca. 4 400 weiße Flecken verbleiben (Umlaut Communication/WIK Consult 2020).

Es gibt jedoch einige Gründe, warum ein möglichst flächendeckender Ausbau mit schnellem mobilem Internet sinnvoll erscheint. Erstens kommt es gerade bei mobilem Internet besonders darauf an, unterwegs eine durchgehend stabile Verbindung zu haben. Verbindungsunterbrechungen oder niedrige Übertragungsgeschwindigkeiten unterbinden die Nutzung digitaler Dienste unterwegs, auch wenn sie nicht auf der ganzen Strecke auftreten. Dies führt dazu, dass Nutzer nicht mit durchgehender Verfügbarkeit planen können und es an der nötigen Verlässlichkeit

<sup>2</sup> Die Angabe von 9% stellt eine Untergrenze dar, denn manche Personen haben mehrere Verträge zur mobilen Datennutzung abgeschlossen und/oder erhalten einen zusätzlichen Mobilfunkanschluss mit Datennutzung über ihren Arbeitgeber.

Abb. 2

## Entwicklung des mobilen Datenvolumens



Quelle: BNetzA.

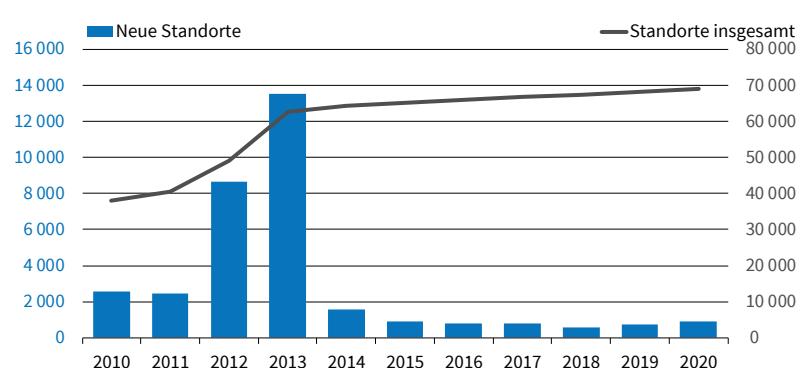
© ifo Institut

<sup>3</sup> Berechnung auf Basis von standardisierten USD-Preisen für 1 GB und 1,5 GB mobiles Datenvolumen.

keit fehlt. Zweitens bedeutet die ortsungebundene Nutzung mobiler Daten, dass die Bereitstellung des Mobilfunknetzes nicht nur für die vor Ort lebende Bevölkerung von Bedeutung ist, sondern auch für pendelnde oder reisende Personen, die sich durch das entsprechende Gebiet bewegen. Drittens ist eine flächendeckende Versorgung in Deutschland auch wegen der dezentralen Wirtschaftsstruktur wichtig. Um etwaige Produktivitätseffekte dieser Technologie für einen Großteil der Wirtschaftsakteure zu realisieren, reicht es nicht aus, nur die großen Wirtschaftszentren und die Verbindungen zwischen diesen zu versorgen. Viertens ist eine flächendeckende Versorgung für die Digitalwirtschaft vorteilhaft. Denn digitale Geschäftsmodelle sind oft fixkostenintensiv, zeichnen sich aber durch eine hohe Skalierbarkeit aufgrund relativ geringer variabler Kosten aus. Ob digitale Produkte angeboten werden, hängt daher stark von der Marktgröße ab, die es ermöglicht, die hohen Fixkosten zu tragen. Ist die Anzahl potenzieller Nutzer aufgrund nicht ausreichender Internetversorgung zu gering, besteht die Gefahr, dass gesellschaftlich nützliche Digitalprodukte nicht entwickelt und angeboten werden und Innovationen verloren gehen. Und fünftens trägt eine hohe Diskrepanz in der Versorgungslage zwischen Stadt und Land bei der digitalen Infrastruktur zu regionaler Ungleichheit bei und könnte die Abwanderung aus ländlichen Regionen verstärken. Mobiles Internet flächendeckend bereitzustellen, ist also auch zur Herstellung gleichwertiger Lebensverhältnisse wünschenswert.

Abbildung 3 zeigt die Entwicklung der Mobilfunkstandorte über die letzten zehn Jahre. Insgesamt wurden seit 2010 ca. 33 800 neue Standorte errichtet, was etwas weniger als der Hälfte der heute in Betrieb befindlichen Standorte entspricht. Der mit Abstand größte Zuwachs an Standorten fand in den Jahren 2012 und 2013 mit 8 669 und 13 539 neuen Standor-

Abb. 3  
Erschließung neuer Standorte



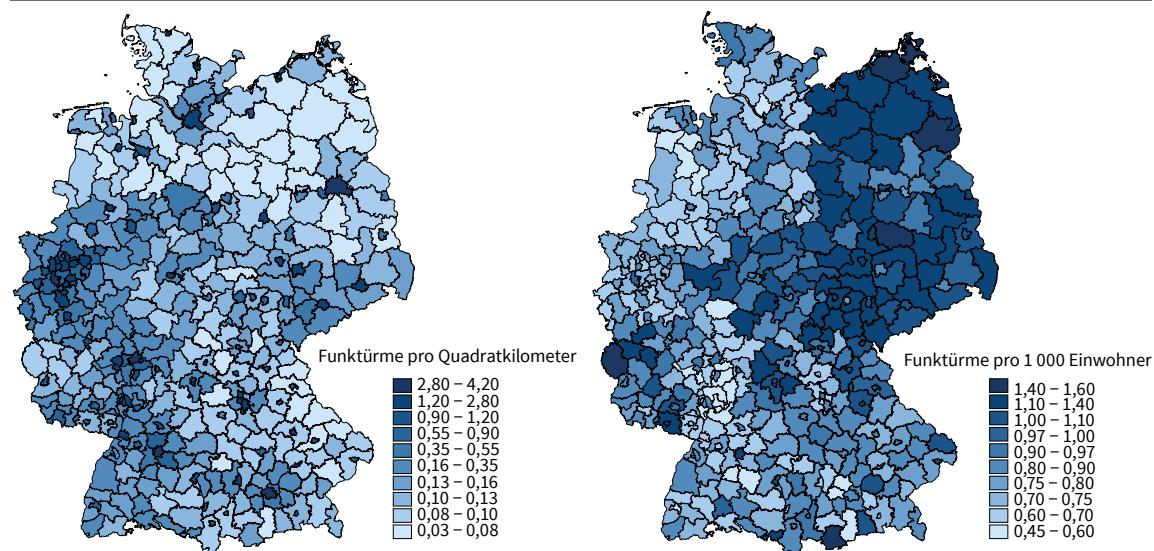
Quelle: EMF-Datenbank; Berechnungen des ifo Instituts.

© ifo Institut

ten statt, was zwei Drittel aller in den letzten zehn Jahren neu erschlossenen Standorte darstellt. Bemerkenswert ist, dass kurz danach (von 2013 auf 2014) die größte Steigerung bei den mobilen Datenverträgen zu verzeichnen ist. Schon in den beiden Jahren 2010 und 2011 fand mit ca. 2 500 neuen Standorten pro Jahr bereits ein beträchtlicher Zuwachs statt. Ab 2014 ist jedoch nur noch ein vergleichsweise geringer Zubau festzustellen, der von ca. 1 500 neuen Standorten 2014 bis 2018 auf einen Tiefpunkt von 565 zurückgeht. Seitdem steigt der Zubau wieder leicht an, auf 904 neu erschlossene Standorte im Jahr 2020.

Die Anforderungen an die Infrastruktur der Mobilfunknetze ist regional sehr unterschiedlich. In dichter besiedelten Gebieten ist die Nachfrage höher, und die Infrastruktur muss eine entsprechend hohe Kapazität bereitstellen, was durch eine höhere Dichte an Mobilfunkstandorten und der stärkeren Nutzung von höheren Sendefrequenzen bewerkstelligt wird. In dünner besiedelten Gebieten ist dagegen die Sicherstellung der flächendeckenden Versorgung die größte

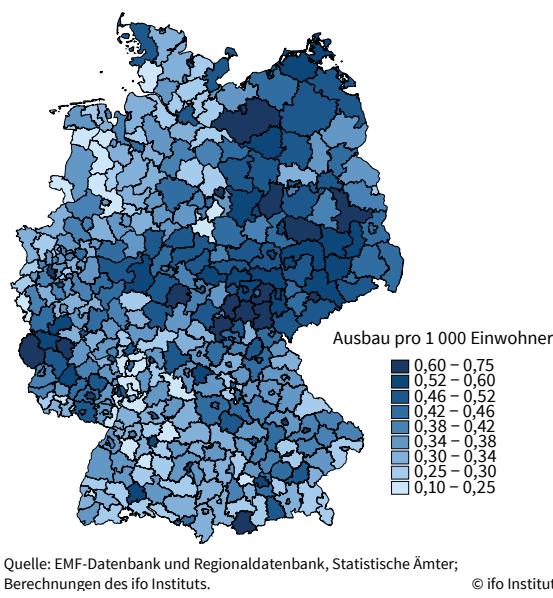
Abb. 4  
Anzahl der Basisstationen pro Quadratkilometer und pro Einwohner



Quelle: EMF-Datenbank und Regionaldatenbank, Statistische Ämter; Berechnungen des ifo Instituts.

© ifo Institut

Abb. 5  
Ausbau der Basisstationen pro Einwohner



Herausforderung, die hauptsächlich durch weitere Basisstationen mit stärkerer Nutzung niedriger Frequenzbänder erreicht werden kann.

In Abbildung 4 ist die Anzahl der Standorte auf Ebene der Kreise dargestellt. Dabei zeigt die Karte links die Anzahl der Basisstationen pro Quadratkilometer und die Karte rechts die Anzahl der Standorte pro Einwohner. Es ist zu erkennen, dass in den Ballungsbereichen eine viel höhere Anzahl an Basisstationen pro Quadratkilometer vorhanden ist, während in dünn besiedelten Regionen eine hohe Anzahl an Standorten pro Einwohner nötig ist. Vor allem in den neuen Bundesländern, Teilen Mitteldeutschlands und im Norden Bayerns – Gebiete mit relativ dünner Besiedlung – ist die Versorgung für die Netzbetreiber entsprechend kostenintensiv.

In den Jahren 2010 bis 2020 lag der Anteil der neu erschlossenen Mobilfunkstandorte in ländlichen Kreisen<sup>4</sup> stabil zwischen 30 und 34% aller neu er-

<sup>4</sup> Stand: 2019, wobei ländliche Landkreise als Landgemeinde und kleine Kleinstädte definiert sind. Etwa 25% der Bevölkerung leben dort.

schlossenen Standorte, was leicht über deren Bevölkerungsanteil von etwa 25% liegt. Das zeigt, dass über die Jahre hinweg ein stabiler Anteil in ländlichen Gebieten erschlossen wurde und insofern der Ausbau in Ballungsräumen nicht zunächst priorisiert wurde, sondern auch eine stetige Verbesserung der Infrastruktur auf dem Land stattfand. Abbildung 5 zeigt, wo im Zeitraum 2010 bis 2020 im Verhältnis zur Bevölkerungszahl besonders viele neue Basisstationen in Betrieb genommen wurden, was besonders in den neuen Bundesländern und Mitteldeutschland der Fall gewesen ist. Dies bedeutet, dass in dünn besiedelten Gebieten im Verhältnis zur dort lebenden Bevölkerung leicht überproportional viele neue Mobilfunkstandorte erschlossen wurden. Das Gros der neuen Standorte entstand dennoch in den Ballungsräumen, unter anderem weil dort aufgrund der genutzten höheren Frequenzen und zur Deckung der benötigten Kapazität ein dichteres Standortnetz benötigt wird.

Neben der Erschließung neuer Standorte wird die Netzinfrastruktur kontinuierlich aufgerüstet, indem die Basisstationen mit neuer Funktechnologie ausgestattet werden. Dies ist in den Daten durch sog. Betriebsstatusänderungen der Funksysteme erfasst. Abbildung 6 stellt gegenüber, wie viele Basisstationen in den letzten zehn Jahren aufgerüstet (dunkelblau) und wie viele Standorte im jeweiligen Jahr neu erschlossen wurden (hellblau). Im Zuge der LTE-Markteinführung sind ab 2012 insgesamt deutlich höhere Ausbauanstrengungen zu verzeichnen als in den Jahren zuvor. Dabei handelte es sich in den Jahren 2010 bis 2013 noch hauptsächlich um neue Standorte (87%). Ab 2014 sind es vor allem Aufrüstungen bereits bestehender Basisstationen (93%). Mit rund 15 400 Basisstationen wurden hier im Betrachtungszeitraum die meisten Standorte mit neuen Funksystemen ausgestattet. Diese Zahl sank bis 2016 auf etwa 10 000 und stieg wieder auf ca. 13 000 Standorte im Jahr 2020.

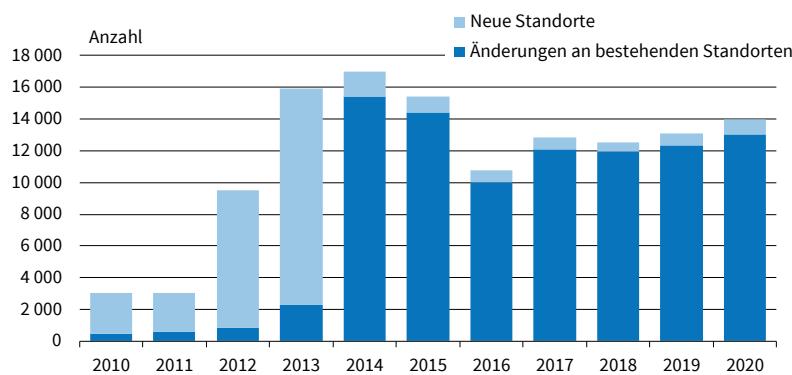
Unterscheidet man ländliche und städtische Kreise, so zeigt sich, dass der Anteil von Standorten, die aufgerüstet wurden, in den ländlichen Landkreisen im Zeitverlauf auch hier recht stabil zwischen 28 und 33% aller aufgerüsteten Standorte lag. Dies ist im Verhältnis zur dort lebenden Bevölkerung leicht überproportional und lässt nicht erkennen, dass Verbesserungen zunächst nur in Ballungsräumen stattfanden.

## SCHLUSSBEMERKUNGEN

Alles in allem befindet sich die digitale Infrastruktur für mobiles Breitbandinternet in Deutschland momentan in einer guten Verfassung, um zukünftige Herausforderungen zu meistern. Dies bestätigt auch der diesjährige »Digital-Economy-and-Society«-Index (DESI) der EU-Kommission (EU-Kommission 2021), bei dem Deutschland im Bereich »mobiles Breitband« auf Platz 2 sogar ganz vorne mitspielt. Die hier analysierten Daten zeigen, dass die größte Steigerung in der

Abb. 6

Neue und Aufrüstung bestehender Standorte



Nutzung mobiler Datenverträge (2013 auf 2014) kurz nach den größten Ausbauenstrengungen bei den Mobilfunkstandorten (2012 und 2013) erfolgte. Dies deutet auf die hohe Bedeutung der Netzinfrastruktur für die Attraktivität der Nutzung mobiler Daten hin.

Ziel muss es nun sein, diese gute Ausgangsposition nicht zu verspielen. Insbesondere die zügige und flächendeckende Versorgung mit neuen Mobilfunkstandorten mit besonderem Augenmerk auf der Abdeckung der Verkehrsinfrastruktur wird hier eine entscheidende Rolle spielen. Verbesserungen, insbesondere in ländlichen Regionen, könnten unter anderem durch stärkere Kooperation beim Netzausbau herbeigeführt werden. Es wurden bereits Vereinbarung zur gemeinsamen Nutzung und Ausbau geschlossen und auch von der Bundesregierung gefördert. Neben sog. passivem Infrastruktur-Sharing, bei dem Mobilfunkmasten gemeinsam genutzt werden, sind auch andere kostensenkende Maßnahmen denkbar, z.B. aktives Infrastruktur-Sharing oder nationales Roaming. Da solche Vereinbarungen die Differenzierungsmöglichkeiten über das Netz einschränken, sind dabei aber die wettbewerblichen Auswirkungen im Auge zu behalten, so dass keine negativen Effekte auf Innovation und Wettbewerb entstehen.

Eine zentrale Herausforderung scheint zu sein, dass es zunehmend schwieriger wird, neue Mobil-

funkstandorte zu erschließen. Dabei wird die Erschließung neuer Standorte in Zukunft noch an Bedeutung gewinnen, denn sie ist nicht nur für die Schließung verbleibender weißer und grauer Flecken wichtig, sondern auch bei der Versorgung mit dem 5G-Standort, für den eine deutliche Verdichtung des Mobilfunknetzes nötig sein wird. Insbesondere mangelnde Bereitschaft von Grundstückseigentümern, Flächen bereitzustellen (NIMBY-Problematik), und langwierige Genehmigungsverfahren von durchschnittlich zwei Jahren werden oft als Probleme thematisiert. Die frühzeitige Einbindung der lokalen Bevölkerung in die Standortsuche sowie eine weitgehende Digitalisierung und Vereinfachung der Genehmigungsverfahren könnten hier geeignete Lösungsansätze sein.

## LITERATUR

Bundesregierung (2019), »Mobilfunkstrategie der Bundesregierung«, verfügbar unter: [https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/DG/Digitales/Mobilfunkstrategie.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/DG/Digitales/Mobilfunkstrategie.pdf?__blob=publicationFile).

EU-Kommission (2021), *Digital Economy and Society Index 2020 Report*, verfügbar unter: <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/desi>.

Umlaut Communications/WIK Consult (2019), *Abschlussbericht zur Versorgungs- und Kostenstudie für das Bundesministerium für Verkehr und Infrastruktur*.

VATM/Dialog Consult (2020), 22. *TK-Marktanalyse Deutschland 2020*, verfügbar unter: [https://www.vatm.de/wp-content/uploads/2020/10/VATM\\_TK-Marktstudie-2020\\_1020\\_a.pdf](https://www.vatm.de/wp-content/uploads/2020/10/VATM_TK-Marktstudie-2020_1020_a.pdf).