



Die Frequenzsituation in Deutschland vor der anstehenden Frequenzvergabe 2024/25

White Paper

6. November 2023

Inhaltsverzeichnis

0. Executive Summary	3
1. Einleitung.....	9
2. Eine Betrachtung der zur Verfügung stehenden Frequenzen.....	11
3. Die deutschen Frequenzportfolios im europäischen Vergleich.....	16
4. Die momentane Frequenznutzung in Deutschland.....	20
5. Die deutsche Netzperformance im europäischen Vergleich.....	30
6. Ein Vergleich der Netzkapazitäten in Deutschland und Europa.....	35
7. Analyse der Aussagen der MNOs.....	42
8. Die Implikationen der Analyse auf die anstehende Vergabe.....	50
9. Eine Auktion mit verbindlichem Low-Band Tausch als Lösung.....	52
Annex A Ermittlung der relativen Netzkapazitäten in Europa.....	54

0. Executive Summary

Die Bundesnetzagentur hat in den vergangenen Jahrzehnten durch die Bereitstellung verschiedener Frequenzbänder einen Vergabezyklus entwickelt, in dem in regelmäßigen Abständen Frequenzen dem Markt (wieder) zugeführt werden.

Insgesamt sind in Deutschland zurzeit 990MHz für den Mobilfunk verfügbar, die im Zuge von drei Vergabeverfahren vergeben werden, wie in Abbildung 1 dargestellt. Diese regelmäßige Frequenzverfügbarkeit bietet Mobilfunknetzbetreibern (MNOs) die Möglichkeit, ihre bestehenden Portfolios so anzupassen, dass sie stets eine der Marktsituation angepasste Frequenzmenge für den Netzbetrieb verfügbar haben.

Abbildung 1: Frequenzvergabezyklus in Deutschland [Bundesnetzagentur, 2023]



Bei der letzten Vergabe, der Auktion 2019, wurden insgesamt 420MHz vergeben, die 2040 wieder dem Markt zugeführt werden. 1&1 nutzte diese Auktion zum Markteinstieg und ersteigerte für über EUR 1 Milliarde insgesamt 70MHz in zwei Bändern (20MHz in 2100MHz und 50MHz in 3600MHz). In der anstehenden Vergabe 2025 stehen nun weitere 300MHz zur Verfügung. Die verfügbaren Frequenzen sind ein wichtiger Baustein zur Bereitstellung von Mobilfunkdiensten – die Low-Bands im 800MHz-Bereich sind essenziell für die Netzabdeckung und die Mid-Bands im 1800MHz- und 2600MHz-Band spielen eine wichtige Rolle in der Bereitstellung weiterer Netzkapazitäten.

Die Vergabe ist also sowohl für die etablierten MNOs, deren Frequenznutzungsrechte ablaufen, als auch für 1&1 als Neueinsteiger von gesteigerter Bedeutung. Gerade für einen Neueinsteiger ist die schrittweise Ergänzung des Frequenzportfolios wichtig. Die Möglichkeit, in der Vergabe 2025 weitere Frequenzen zu ersteigern – vor allem die essenziellen Low-Bands zur Netzabdeckung – hat bei der Vorbereitung und Planung des Markteinstiegs 2019 eine wichtige Rolle gespielt.

Die Bundesnetzagentur (BNetzA) ist sich der gesteigerten Bedeutung der anstehenden Vergabe bewusst und hat in den letzten Jahren regelmäßig den Austausch mit der Industrie gesucht, um ein Vergabeverfahren zu wählen, welches die Balance zwischen den divergierenden Interessen der verschiedenen Marktparteien wahrt. In diesen Konsultationen versuchte die BNetzA stets mit einem offenen Ansatz und teils kreativen Ideen – wie dem angeregten Frequenztausch im „Positionspapier 2022“ – die Bedürfnisse aller Parteien zu berücksichtigen.

Umso mehr überrascht die nun in den „Rahmenbedingungen 2023“ vorgeschlagene Herangehensweise einer potenziellen Verlängerung aller bestehenden Nutzungsrechte für die etablierten MNOs. Diese Entscheidung lässt in der aktuell erwogenen Ausgestaltung die bisher gesuchte Balance vermissen, da sie 1&1 von der Frequenzvergabe ausschließt und den Zugang zu

dringend benötigten und zum Teil heute bereits im eigenen Netz von 1&1 genutzten Frequenzen verbaut. Von der Presse wurde der Vorschlag der BNetzA bereits als „Milliardengeschenk“ für die etablierten MNOs bezeichnet¹.

Es kann für Verlängerungen von Frequenznutzungsrechten gute Gründe geben – vor allem dann, wenn diese essenziell für die Aufrechterhaltung der Mobilversorgung sind, effizient genutzt werden und es keinen Nachfrageüberschuss gibt – zum Beispiel in einer Situation ohne Neueinsteiger. Die Ergebnisse unserer Analyse zeigen allerdings, dass eine einfache Verlängerung der Frequenzrechte in Anbetracht der momentanen Situation in Deutschland schwer zu rechtfertigen ist. Dafür gibt es mehrere Gründe:

Die etablierten MNOs verfügen über überdurchschnittlich große Frequenz-Portfolios

Deutschland ist in der Entwicklung zu einem 4-Player Markt. Daher sollten die etablierten MNOs in Deutschland zumindest so viele Frequenzen haben, wie vergleichbare „Top-3“ Player in anderen 4-Player-Märkten in Europa.

Ein Vergleich der Frequenzportfolios der etablierten deutschen MNOs zeigt allerdings, dass sie nicht nur Zugang zu einem ausreichenden Portfolio haben, sondern stattdessen deutlich mehr Frequenzen als ihre durchschnittlichen „Top-3“ Peers in Europa halten. Wie in Abbildung 2 gezeigt, haben die MNOs Zugriff auf 38MHz mehr in den Low-Bands und auf fast 120MHz mehr in allen Frequenzbereichen. Diese „zusätzlichen“ Frequenzen werden in anderen Märkten typischerweise von den jeweils vierten MNOs gehalten, die also im Schnitt über ein Frequenzportfolio verfügen, das fast doppelt so groß wie das heutige Portfolio von 1&1 (70MHz, in der Auktion 2019 ersteigert) ist.

Abbildung 2: Vergleich der Frequenzportfolios zwischen den etablierten MNOs in Deutschland und MNOs in Europa in verschiedenen Marktstrukturen



Somit verfügen die etablierten MNOs über eine breite Auswahl an Frequenzen in ihren Portfolios und können potenzielle Verluste in einem Band durch die Nutzung anderer Frequenzbänder ausgleichen.

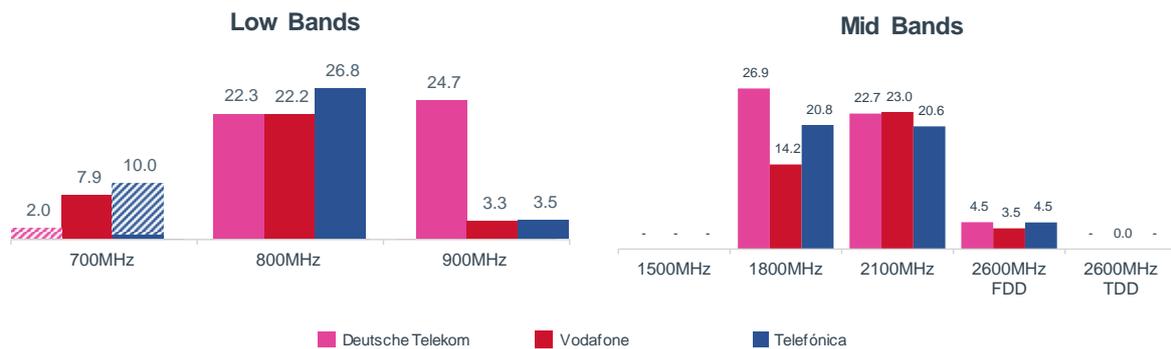
Die etablierten MNOs nutzen ihre großen Frequenzportfolios nicht vollumfänglich

Basierend auf Messdaten von Ookla², einem renommierten und weltweit anerkannten Unternehmen im Bereich der unabhängigen Netzwerkanalysen, haben wir die Frequenznutzung in Deutschland für 4G und 5G analysiert und in Abbildung 3 zusammengefasst.

¹ Welt (22. September 2023), „Der Staat macht Telekom, Vodafone und Telefónica ein Milliarden-Geschenk“. Aufrufbar unter: <https://www.welt.de/wirtschaft/article247455910/Telekom-Vodafone-Telefonica-Das-Milliarden-Geschenk-des-Staats.html>

² Sämtliche Analysen in dieser Studie basieren auf Zugang zu Ooklas „QoE Portal“ und „Ookla Speedtest Background Scan Daten“ für den Zeitraum April 2023 bis September 2023

Abbildung 3: 4G & 5G Installationen per MNO in Tausend [Ookla / Aetha, 2023]

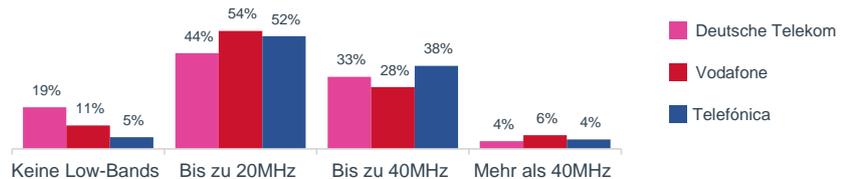


Während das 800MHz-Band, und die 1800MHz- und 2100MHz-Frequenzen weitflächig genutzt werden, gibt es in 700MHz, 900MHz, 1500MHz und 2600MHz bei den etablierten MNOs noch viele Standorte, die diese Frequenzen nicht nutzen.

In den Mid-Bands könnte also ein Verlust von Teilen der Frequenzen durch eine intensivere Nutzung ungenutzter Frequenzen kompensiert werden.

In den Low-Bands verfügen die etablierten MNOs jeweils über 60-70MHz. Während alle etablierten MNOs die 800MHz-Frequenzen intensiv nutzen, zeigen sich beim 700MHz- und 900MHz-Band unterschiedliche Strategien. Allerdings ist festzustellen, dass diese beiden Low-Bands mit Ausnahme des 900MHz-Bandes bei der Deutschen Telekom und der zunehmenden Nutzung des 700MHz-Bandes bei Vodafone und Telefónica nicht ansatzweise deutschlandweit für 4G/5G eingesetzt werden. Die Nutzung von 2G findet ausschließlich auf 900MHz statt und ist für die Vergabeperiode der Frequenzen (ab 2026) aufgrund der weiter sinkenden Nachfrage nach diesen Diensten nicht mehr relevant, da die etablierten MNOs die Frequenznutzung minimieren können oder eventuell 2G-Dienste völlig abstellen können, wie dies in anderen Ländern wie der Schweiz, schon erfolgt ist.³

**Abbildung 4:
Genutzte Low-Band
MHz für 4G und 5G per
Standort
[Ookla / Aetha, 2023]**



Wie aus Abbildung 4 ersichtlich, werden von den etablierten MNOs nur an knapp 5% der Standorte mehr als 40MHz in den Low-Bands genutzt. In anderen Worten könnte jeder der MNOs 20MHz (2x10MHz) in den Low-Band Frequenzen entweder im 700MHz- oder 900MHz-Band abgeben, ohne dass dies den Netzausbau belasten würde oder zu Problemen mit der Mobilfunkversorgung führen würde

³ Während in Deutschland die 3G-Netze zuerst abgeschaltet wurden, wurden in der Schweiz zunächst die 2G-Netze abgeschaltet. Allerdings bestehen dort bei den meisten MNOs auch konkrete Pläne, die 3G-Netze in den nächsten Jahren abzuschalten. Diese 3G-Abschaltung wäre dann äquivalent zu einer Abschaltung der 2G-Netze in Deutschland. Siehe: <https://www.comcom.admin.ch/comcom/de/home/dokumentation/zahlen-und-fakten/mobilfunkmarkt/mobilfunkabdeckung.html>

Auch hier verfestigt sich der Eindruck, dass die etablierten MNOs den Verlust von Frequenzen in der anstehenden Vergabe durch eine intensivere Nutzung anderer Frequenzbänder ausgleichen können.

Die etablierten MNOs in Deutschland haben viel höhere Kapazitäten als 1&1

Eine ausreichende Netzkapazität ist essenziell, um Kundenwachstum zu ermöglichen und zur steigenden Digitalisierung in Deutschland beizutragen. Ein Vergleich der Netzkapazitäten zwischen den etablierten MNOs und 1&1 zeigt allerdings auf, dass 1&1 bereits heute im Nachteil gegenüber den etablierten MNOs ist. Trotz einer geringeren Kundenzahl ist das Portfolio von 1&1 überproportional kleiner, so dass die Kapazität von 1&1 Stand heute nur 69% der Kapazität des Marktdurchschnitts beträgt, wie auch aus Abbildung 5 ersichtlich wird.

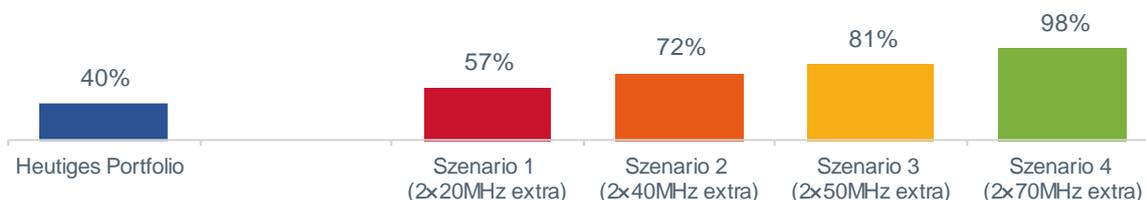
Abbildung 5: Vergleich der relativen MNO-Kapazitäten



Somit ist ein weiteres Wachstum der Kundenbasis ohne zusätzliche Frequenzen für 1&1 sehr schwer, denn die relative Kapazität von 1&1 sinkt von 69% (wie oben dargestellt) auf 40% der MNOs, wenn man bei 1&1 ein Wachstum auf 20% Marktanteil unterstellt (eine nicht unrealistische Ambition für einen Neueinsteiger, der langfristig im Markt wettbewerbsfähig sein möchte).

Mit 40% relativer Kapazität im Vergleich zur Konkurrenz ist eine solche Ambition aber nicht umsetzbar. Wir haben daher durch mehrere Szenarien simuliert, wie sich die relative Netzkapazität bei einer Vergabe von Frequenzen an 1&1 verschieben würde, wenn 1&1 langfristig eine Ambition von 20% Marktanteil hat. Hier zeigt sich, dass selbst mit 140MHz (also 2x70MHz) extra die relative Kapazität von 1&1 nur dem Marktdurchschnitt entsprechen würde.

Abbildung 6: Relative Netzkapazität 1&1 in verschiedenen Szenarien bei Marktanteil von 20%



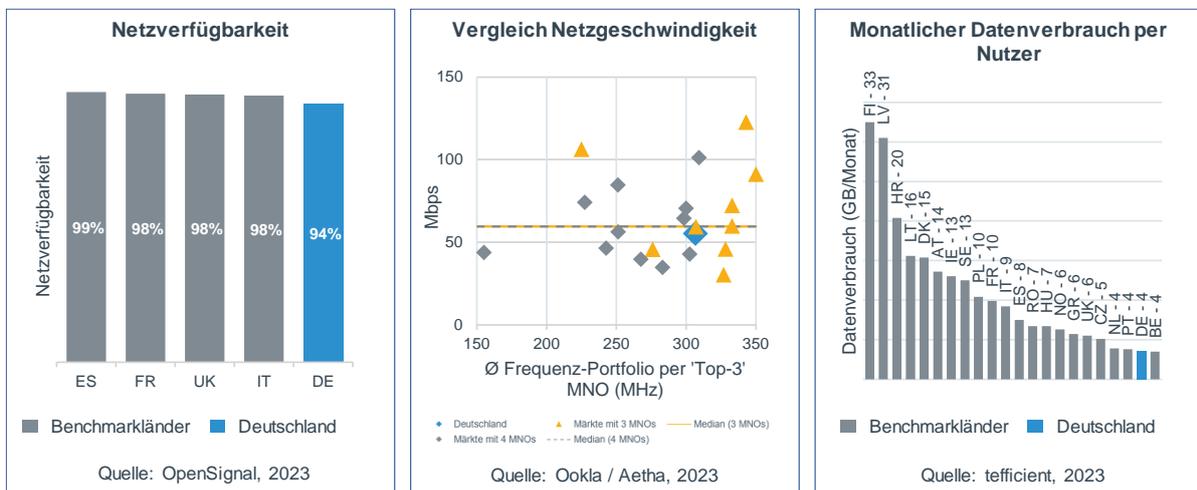
Dies macht durchaus Sinn, wenn man bedenkt, dass die etablierten MNOs ca. 120MHz mehr Frequenzen als die durchschnittlichen „Top-3“ MNOs in europäischen 4-Player-Märkten haben (siehe Abbildung 2), denn diese Frequenzen werden typischerweise vom vierten MNO gehalten. Es ist für 1&1 also essenziell, im Zuge der anstehenden Vergabe weitere Frequenzen zu erhalten, um wettbewerbsfähig zu werden.

Die großen Portfolios der etablierten MNOs führen nicht zu einer hohen Netzqualität

Ein Vergleich der Netzqualität in Deutschland mit anderen europäischen Märkten zeigt in Abbildung 7, dass Deutschland in Bezug auf wichtige Parameter Stand heute allenfalls im europäischen Mittelmaß anzusiedeln ist:

- In Bezug auf die Netzverfügbarkeit stellt ein Benchmark des Unternehmens OpenSignal fest, dass Deutschland schlechtere Verfügbarkeit als alle anderen flächenmäßig großen Länder Europas hat.
- In Bezug auf die Datengeschwindigkeiten befindet sich Deutschland im europäischen Mittelfeld, wie Benchmarks von Ookla und OpenSignal zeigen. Viele Länder erreichen ähnliche oder höhere Geschwindigkeiten, häufig mit (deutlich) kleineren Frequenzportfolios.
- Der Datenverbrauch ist in Deutschland sehr niedrig im Vergleich zu anderen europäischen Ländern – in den führenden Ländern wird teilweise bis zu 8-mal mehr GB per Nutzer im Monat verbraucht – bei ähnlich großen Frequenzportfolios.

Abbildung 7: Benchmark zu wichtigen Parametern der Netzqualität in Europa



Zusammenfassend ist also folgendes festzustellen:

- Sowohl 1&1 als auch die bestehenden MNOs haben Interesse an der anstehenden Vergabe. Es besteht daher Frequenzknappheit. Bei Frequenzknappheit sollte ein Vergabeverfahren gewählt werden, dass es allen Parteien auf offene und diskriminierungsfreie Art ermöglicht, Zugang zu den verfügbaren Frequenzen zu bekommen.
- Die MNOs verfügen über überdurchschnittlich große Frequenzportfolios und nutzen diese heute nicht vollumfänglich. Ein Verlust einiger Frequenzen kann durch die intensivere Nutzung anderer Frequenzen aufgefangen werden – es besteht kein Kontinuitätsrisiko, das eine Verlängerung rechtfertigen würde. Gleichzeitig würden die Frequenzen durch vier MNOs effizienter genutzt.
- Zudem sind genügend Frequenzen im Markt, um die Bedürfnisse von vier MNOs zu berücksichtigen, wie aus einem Vergleich mit anderen Ländern ersichtlich wird. Es besteht keine Gefahr, dass die Netzqualität in Deutschland sinken wird, denn MNOs in anderen 4-Player Märkten erreichen auch mit weniger Frequenzen gleiche / höhere Performance.

Auch in Hinsicht auf das Frequenzportfolio von 1&1 erscheint eine Verlängerung der Nutzungsrechte nur für die etablierten MNOs nicht gerechtfertigt:

- 1&1 hat zurzeit keinen Zugriff auf Low-Bands und bräuchte diese dringend, um auf kosteneffiziente Weise eine bessere Netzabdeckung herzustellen.
- Zudem hat 1&1 trotz kleinerer Kundenzahl bereits heute Kapazitätsnachteile gegenüber den etablierten MNOs, dies erschwert ein weiteres Kundenwachstum.

Daher lässt sich feststellen, dass eine **Verlängerung der bisherigen Nutzungsrechte die momentanen Ineffizienzen in der Frequenznutzung zementieren und die Wettbewerbsfähigkeit von 1&1 empfindlich einschränken würde**. Eine Alternative zur von der BNetzA vorgeschlagenen Verlängerung scheint daher unumgänglich. Allerdings sollte diese Alternative auch die nicht von der Hand zu weisende Komplexität im 800MHz-Band berücksichtigen, denn dieses Band wird effizient von den etablierten MNOs genutzt und spielt bei der Versorgung mit 4G-Diensten eine wichtige Rolle.

Die **vermeintlich einfachste Lösung für die BNetzA wäre die Durchführung einer Auktion**, im Einklang mit der gängigen Praxis in Deutschland und in Europa. Vor allem in den Mid-Bands sehen wir keine objektiven Argumente, die für eine Verlängerung allein zu Gunsten der etablierten MNOs sprächen. In den Low-Bands **wäre dieser Weg allerdings unweigerlich mit einem starken Bieterwettstreit im 800MHz-Band verbunden**. Zudem **bestünde stets die Gefahr, dass die bestehenden MNOs vor allem auf die Low-Bands strategisch bieten** würden, um zu verhindern, dass 1&1 Zugang zu diesen wichtigen Frequenzen erhält. Diese Situation wirkt vermeidbar, vor allem wenn man einen Blick auf die anderen Low-Bands in Deutschland wirft, die heute nicht vollumfänglich von den etablierten MNOs genutzt werden.

Der Vorschlag eines **Frequenztausches bietet daher weiterhin eine kreative Möglichkeit**, den Bieterwettstreit im 800MHz-Band zu umgehen. Dies würde eine offene und diskriminierungsfreie Vergabe ermöglichen. Sowohl im 700MHz- als auch im 900MHz-Band gibt es heute Frequenzen, die in den Tausch eingebunden werden könnten. Allerdings würde die Wahl eines bestimmten Frequenzbandes immer dazu führen, dass die BNetzA einen bestimmten MNO gezielt benachteiligt. Beim 900MHz-Band hat die Deutsche Telekom (bei größerem bestehenden Frequenzportfolio) bereits deutschlandweit Standorte erschlossen, während Vodafone und Telefónica stärker auf das 700MHz-Band als Alternative zum 800MHz-Band setzen.

Als Alternative, die die Vorzüge einer Auktion mit der Idee des Frequenztausches verbindet, bietet sich daher die Durchführung einer **Auktion auf generische Nutzungsrechte für 60MHz in den Low-Bands bis 31.12.2033** an. Das Prinzip dieser Auktion wäre, dass die BNetzA die 800MHz-Frequenzen in gleicher Aufteilung wie 2010 versteigert, also in 6 Blöcken à 10MHz (2x5MHz). Allerdings würde den etablierten MNOs die Option eines verbindlichen Tausches mit anderen Low-Bands ermöglicht, sollten sie in der Auktion ein kleineres Frequenzportfolio ersteigern, als sie dies heute in 800MHz halten. So könnte ein etablierter MNO, der in der Auktion nur 2x5MHz in 800MHz ersteigert, die „verlorenen“ 2x5MHz gegen bestehende Nutzungsrechte im (weniger genutzten) 700MHz- oder 900MHz-Band eintauschen. So wird allen etablierten MNOs garantiert, dass sie die 800MHz-Frequenzen weiter nutzen können, einem Neueinsteiger wird in einem offenen Verfahren diskriminierungsfreier Zugang zu Low-Bands ermöglicht und die Bundesnetzagentur kann durch die Angleichung der Laufzeiten der Nutzungsrechte eine zeitgleiche Vergabe aller Low-Bands für den Zeitraum ab 2034 planen, wie in den „Rahmenbedingungen 2023“ angedacht. Und auch ein Bieterwettstreit erscheint unwahrscheinlicher, da die etablierten MNOs nur auf den Erhalt weniger genutzter Low-Band Frequenzen bieten anstatt auf die intensiv genutzten 800MHz.

Somit bietet sich eine Win-Win-Win Situation, die die in dieser Studie aufgezeigten Marktbedingungen berücksichtigt und für alle Parteien einen lösungsorientierten Ausweg zeigt, der die Möglichkeit gibt, Frequenzen in Deutschland effizienter zu nutzen und die Finanzmittel vor allem in den Netzausbau zu investieren und damit die Digitalisierung in Deutschland und den Wettbewerb im Mobilfunkmarkt zu fördern.

1. Einleitung

In Deutschland laufen Ende des Jahres 2025 Nutzungsrechte für Frequenzen in den Bereichen 800MHz, 1800MHz und 2600MHz aus, die im Zuge der Frequenzauktion 2010 an die etablierten Mobilfunknetzbetreiber (MNOs) vergeben wurden. Insgesamt stehen 300MHz zur Verfügung – 2x30MHz im 800MHz-Band, 2x25MHz im 1800MHz-Band und insgesamt 190MHz im 2600MHz-Band (gepaartes und ungepaartes Spektrum).

Die Vergabe dieser Frequenzen ist von großer Bedeutung für alle MNOs in Deutschland – zum einen werden gerade die 800MHz-Frequenzen für die deutschlandweite 4G-Mobilfunkversorgung von den etablierten MNOs genutzt. Gleichzeitig ist diese Vergabe ein essenzieller nächster Schritt für Neueinsteiger 1&1, um das in der Auktion 2019 für über EUR 1 Milliarde ersteigerte Frequenzportfolio um weitere wichtige Frequenzen zu erweitern, um damit in den kommenden Jahren ein konkurrenzfähiges Mobilfunknetz aufzubauen und mit den etablierten MNOs in den Wettbewerb zu treten.

Die Bundesnetzagentur (BNetzA) ist sich der gesteigerten Bedeutung der Vergabe bewusst und hat im Laufe der letzten Jahre regelmäßig den Austausch mit der Industrie gesucht, um ein Vergabeverfahren zu wählen, welches die Balance zwischen den divergierenden Interessen der verschiedenen Marktparteien wahrt. Im Zuge des „Frequenzkompass 2020“ wurde die Möglichkeit geboten, erste Ideen für ein geeignetes Vergabeverfahren und die dazugehörigen Rahmenbedingungen zu äußern. Im „Szenarienpapier 2021“ stellte die BNetzA mehrere mögliche Vergabeverfahren zur Auswahl, die von den Parteien zu bewerten waren. Im Zuge von „Orientierungspunkten und Bedarfsabfrage 2022“ wurde den MNOs die Möglichkeit gegeben, ihren Bedarf dezidiert darzustellen und im Zuge des „Positionspapiers 2022“ schlug die BNetzA die kreative Option eines Frequenztausches vor.

Im Zuge der oben genannten Konsultationen versuchte die BNetzA stets, eine balancierte Herangehensweise zu wählen und machte, vor allem im „Szenarienpapier 2021“ und im „Positionspapier 2022“, teils innovative Vorschläge, um einen teuren Bieterwettbewerb im 800MHz-Band zu vermeiden und gleichzeitig ein offenes und diskriminierungsfreies Vergabeverfahren zu wählen, um auch einem Neueinsteiger die Möglichkeit zu geben, weitere Frequenzen zu ersteigern. Umso mehr überrascht die nun in den „Rahmenbedingungen 2023“ vorgeschlagene Herangehensweise einer potenziellen Verlängerung aller bestehenden Frequenzen, inklusive der zu vergebenden Mid-Bands, bei denen angesichts der tatsächlichen Nutzung in den Mobilfunknetzen ein Bieterwettbewerb nicht offensichtlich erscheint und die heute teilweise von 1&1 genutzt werden. Diese Entscheidung lässt in der aktuell erwogenen Ausgestaltung die bisher gesuchte Balance vermissen, da sie 1&1 von der Frequenzvergabe ausschließt und den Zugang zu dringend benötigten und zum Teil heute bereits im eigenen Netz genutzten Frequenzen verbaut. Von der Presse wurde der Vorschlag der BNetzA bereits als „Milliardengeschenk“ für die etablierten MNOs bezeichnet⁴.

Sicherlich kann es für Verlängerungen von Frequenzrechten gute Gründe geben – vor allem dann, wenn diese essenziell für die Aufrechterhaltung der Mobilversorgung sind, effizient genutzt werden und es vor allem keinen Nachfrageüberschuss gibt. Um diesen Sachverhalt genauer zu analysieren, wurde Aetha Consulting Limited (Aetha) von der 1&1 Mobilfunk GmbH (1&1) beauftragt, eine objektive Analyse der momentanen Frequenzsituation in Deutschland vorzunehmen.

In unserer Analyse, die in diesem White Paper zusammengefasst wird, untersuchen wir – unter anderem unter Zuhilfenahme detaillierter Datensets von renommierten Netzwerkanalysten wie Ookla – wie effizient die Mobilfunkfrequenzen zurzeit in Deutschland genutzt werden, wie sich die Portfolios der etablierten MNOs im internationalen Vergleich darstellen und ob ein möglicher Verlust eines Teils der

⁴ Welt (22. September 2023), „Der Staat macht Telekom, Vodafone und Telefónica ein Milliarden-Geschenk“. Aufrufbar unter: <https://www.welt.de/wirtschaft/article247455910/Telekom-Vodafone-Telefonica-Das-Milliarden-Geschenk-des-Staats.html>

zur Verfügung stehenden Frequenzen potenziell negative Konsequenzen für die Netzversorgung der etablierten MNOs hätte. Zugleich vergleichen wir die Frequenzportfolios der etablierten MNOs mit dem Portfolio von 1&1 und analysieren, ob eine Verlängerung der Frequenzen wettbewerbliche Nachteile zur Folge hätte, da die Konsequenz der aktuell von der BNetzA erwogenen Entscheidung wäre, dass 1&1 das eigene Frequenzportfolio frühestens ab Ende 2030 (also in mehr als 7 Jahren) und potenziell erst Anfang 2034 (also in mehr als 10 Jahren) erweitern könnte. Durch unsere Analyse möchten wir also herausarbeiten, ob es gute Gründe für eine Verlängerung der Frequenzen ausschließlich zu Gunsten der etablierten MNOs gibt oder ob eine Verlängerung schwerlich begründet werden kann.

Um durch diese Analyse zu führen, ist dieses White Paper wie folgt gegliedert:

- Kapitel 2 beleuchtet die Relevanz der verfügbaren Frequenzen für die Mobilfunknetze der MNOs.
- Kapitel 3 führt einen Vergleich der Frequenzausstattungen in Europa durch.
- Kapitel 4 stellt die Ergebnisse einer Untersuchung zur Frequenznutzung in Deutschland vor.
- Kapitel 5 untersucht Unterschiede in der Netzperformance in Europa und analysiert, ob diese auf Frequenzüberschüsse / Defizite zurückzuführen sind.
- Kapitel 6 vergleicht die Kapazitäten der etablierten MNOs in Deutschland mit ihren europäischen Peers und auch mit 1&1 als Neueinsteiger.
- Kapitel 7 geht auf verschiedene Statements der etablierten MNOs ein, die im Zuge der Konsultationen der letzten Jahre veröffentlicht wurden.
- Kapitel 8 zieht ein Fazit der Ergebnisse unserer Analyse und schaut auf die Implikationen für die anstehenden Frequenzvergabe.
- Kapitel 9 schlägt einen offenen und diskriminierungsfreien Prozess für die anstehende Vergabe vor, der die Interessen aller Parteien berücksichtigen kann.

Weitere Details zu der von uns durchgeführten Kapazitäts-Analyse in Kapitel 6 sind in Annex A zu diesem White Paper zusammengefasst.

2. Eine Betrachtung der zur Verfügung stehenden Frequenzen

In der anstehenden Frequenzvergabe werden insgesamt 300MHz in drei verschiedenen Frequenzbändern vergeben – 800MHz, 1800MHz und 2600MHz (siehe Kapitel 2.1). Diese Bänder können, wenn sie effizient eingesetzt werden, wichtige Funktionen in Mobilfunknetzen erfüllen, wie wir im Folgenden erklären (Kapitel 2.2).

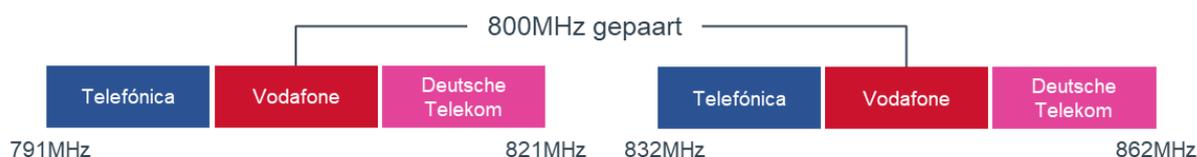
2.1 Die verfügbaren Frequenzen – 800MHz, 1800MHz & 2600MHz

In der anstehenden Vergabe geht es um drei verschiedene Frequenzbänder, deren Nutzungsrechte am 31.12.2025 auslaufen, nachdem die Frequenzen in der Mobilfunkauktion 2010 an die etablierten MNOs vergeben wurden.

2.1.1 800MHz

Im 800MHz-Band sind insgesamt 60MHz als gepaarte Frequenzen (also 2x30MHz) verfügbar, die zurzeit zwischen den drei etablierten MNOs gleichverteilt sind – jeder MNO hat Zugang zu 20MHz (2x10MHz), wie in Abbildung 8 dargestellt.

Abbildung 8: 800MHz-Band – Übersicht über die momentane Zuteilung



Die 800MHz-Frequenzen wurden in der Auktion 2010 für einen Preis von ca. EUR 0,6 Milliarden per 10MHz (2x5MHz) für 15 Jahre versteigert. Der Wert der Frequenzen war auf der Nutzung für 4G begründet – das 800MHz-Band war zur damaligen Zeit das einzige Band, das eine kosteneffiziente 4G-Netzabdeckung ermöglichte. Heutzutage hat das Band dieses Alleinstellungsmerkmal verloren. Auch das 700MHz- und 900MHz-Band werden sowohl von Netzequipment als auch von den Endgeräten der Nutzer für die 4G/5G Nutzung unterstützt – es gibt hier also drei äquivalente Frequenzbänder. Von diesen steht aber nur eines in der anstehenden Vergabe zur Verfügung (vorbehaltlich einer Einbeziehung der anderen beiden Bänder, wie die BNetzA sie etwa mit dem Frequenztausch erwogen hat oder wie wir es in Kapitel 9 im Zuge einer angepassten Auktion mit Tauschrecht vorschlagen).

2.1.2 1800MHz

In der anstehenden Vergabe wird nur ein Teil des 1800MHz-Bandes vergeben. Insgesamt sind in diesem Band 150MHz als gepaarte Frequenzen (2x75MHz) verfügbar, aber nur die Frequenznutzungsrechte eines Drittels dieser Frequenzen (50MHz) laufen Ende 2025 ab.

Wie in Abbildung 9 aufgezeigt, ist das Frequenzband bei Betrachtung beider Zuteilungszeiträume ziemlich gleichmäßig zwischen den etablierten MNOs aufgeteilt – die Deutsche Telekom hält 60MHz (2x30MHz, von denen 2x15MHz in der anstehenden Vergabe zur Verfügung stehen), Vodafone hält 50MHz (2x25MHz, alle Frequenzen laufen bis Ende 2033) und Telefónica hält 40MHz (2x20MHz, von denen 2x10MHz in der anstehenden Vergabe zur Verfügung stehen). Bezogen auf den aktuellen Zuteilungszeitraum würden also nur Deutsche Telekom und Telefónica von einer Verlängerung profitieren.

Abbildung 9: 1800MHz-Band – Übersicht über die momentane Zuteilung



In der Auktion 2010 betrug der durchschnittliche Preis per 10MHz (2x5MHz) EUR 20 Millionen, in der Auktion 2015 stieg der Preis aufgrund eines Bieterwettstreits um die letzten 10MHz (2x5MHz) zwischen allen MNOs auf EUR 240 Millionen per 10MHz (2x5MHz). Dieses Frequenzband spielte sowohl damals als auch heute eine wichtige Rolle als Kapazitätsfrequenz für Datendienste, wie in Kapitel 2.2.2 erklärt.

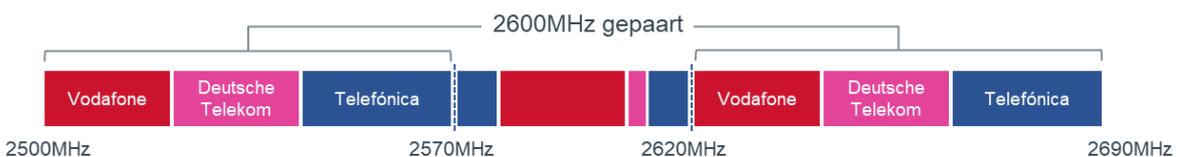
Es ist wichtig festzuhalten, dass alle etablierten MNOs selbst nach einem vollständigen Verlust der 2025 auslaufenden Frequenzzuteilungen weiterhin zwischen 20MHz bis 50MHz in diesem Frequenzband halten würden. Es besteht hier also – unabhängig von der Vergabeentscheidung in vergleichbaren Frequenzbändern – keinerlei Kontinuitätsrisiko, das eine eventuelle Verlängerung rechtfertigen würde. Die Investitionen der etablierten MNOs in die 1800MHz-Netzinfrastruktur würden, auch bei einem Verlust eines Teils der Frequenzen, nicht entwertet.

2.1.3 2600MHz

Das gesamte 2600MHz-Band ist Teil der anstehenden Frequenzvergabe. Insgesamt sind in diesem Frequenzband 190MHz verfügbar – 140MHz (2x70MHz) als gepaarte Frequenzen und 50MHz als ungepaarte Frequenzen in der Mitte des Bandes.

Vodafone und Deutsche Telekom halten jeweils 40MHz (2x20MHz) der gepaarten Frequenzen, während Telefónica aufgrund des Zusammenschlusses mit E-Plus 60MHz (2x30MHz) hält, von denen aber 20MHz (2x10MHz) zurzeit an 1&1 vermietet werden. Von den ungepaarten Frequenzen hält Vodafone den Löwenanteil mit 25MHz, die Telekom hält 5MHz und Telefónica hält zwei getrennte Blöcke à jeweils 10MHz.

Abbildung 10: 2600MHz-Band – Übersicht über die momentane Zuteilung



In der Auktion 2010 betrug der durchschnittliche Preis für die gepaarten Frequenzen EUR 18 Millionen per 10MHz (2x5MHz) und EUR 9 Millionen für 5MHz im ungepaarten Frequenzbereich. Das Band wurde in der Auktion 2010 als wichtiges ergänzendes Kapazitätsband für 4G gesehen und erzielte einen ähnlichen Preis per MHz wie das 1800MHz-Band. In Kapitel 4 werfen wir einen Blick auf den momentanen Ausbau dieses Frequenzbandes in den Netzen der etablierten MNOs.

Eine Verlängerung dieses Bandes allein zu Gunsten der etablierten MNOs ergibt bereits auf den ersten Blick aus zwei Gründen keinen Sinn:

- **Frequenznutzung durch 1&1:** Durch die Frequenzmiete bei Telefónica nutzt 1&1 dieses Frequenzband bereits heute. Die Daten Ooklas zeigen auf, dass 1&1 dieses Band auf allen bisher ertüchtigten Sites nutzt. Bei Weiterführung dieses Trends auf den über 12.000 in den nächsten

Jahren geplanten Standorten⁵ ergäbe sich somit potenziell die größte Nutzungseffizienz der Frequenzen in diesem Band bei 1&1, da die etablierten MNOs dieses Band auf deutlich weniger Standorten nutzen (siehe Kapitel 4.2.2). Durch eine Verlängerung bekämen die etablierten MNOs also exklusiven Zugriff auf das Band bei potenziell geringerer Nutzung – dies ist widersprüchlich.

- **Verteilung der ungepaarten Frequenzen:** Die heutige Aufteilung der ungepaarten Frequenzen ist höchst ineffizient – nur Vodafone hält mehr als 10MHz an angrenzenden Frequenzen, Telefónica Holdings sind zerstückelt und die Frequenzmenge der Deutschen Telekom effektiv unbrauchbar. Dies spiegelt sich in der heutigen Nicht-Nutzung des Bandes wider, und würde durch eine Verlängerung fortgeschrieben (siehe Kapitel 4). Eine Verlängerung würde also in aller Wahrscheinlichkeit dafür sorgen, dass das Frequenzband auch weiterhin nicht in Deutschland genutzt wird.

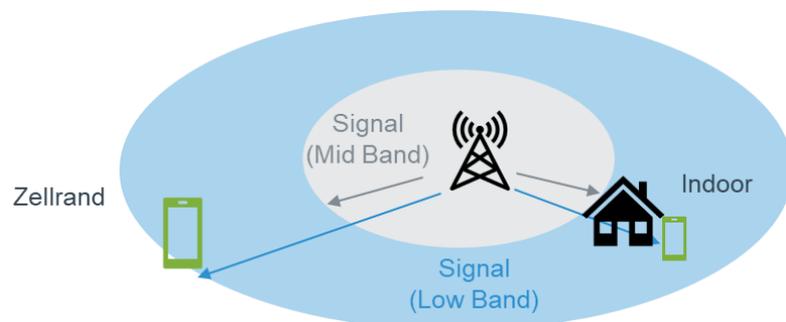
2.2 Die Rolle der verfügbaren Frequenzen in Mobilfunknetzen

Die Rollen, die Frequenzbänder in den Netzen erfüllen, unterscheiden sich je nach Frequenzbereich, dem ein Band aufgrund seiner Ausbreitungseigenschaften zugeordnet wird. In der Telekommunikationsbranche hat sich die Unterscheidung zwischen Frequenzbändern in drei verschiedenen Bereichen etabliert – Low-Bands, Mid-Bands und High-Bands. Als **Low-Bands** werden alle Frequenzen unterhalb 1GHz bezeichnet, die für die Netzabdeckung unerlässlich sind, wie wir in Kapitel 2.2.1 ausführen. Das 800MHz-Band fällt – neben 700MHz und 900MHz – in diesen Frequenzbereich. **Mid-Bands** sind alle Frequenzbänder bis 3,5GHz und sind für die Bereitstellung ausreichender Datengeschwindigkeiten und Netzkapazitäten essenziell, wie wir in Kapitel 2.2.2 darstellen. Sowohl das 1800MHz- als auch das 2600MHz-Band fallen – neben 1500MHz und 2100MHz – in diesen Bereich. **High-Bands** sind in der aktuellen Vergabe nicht verfügbar, daher werden wir uns mit ihnen nicht explizit befassen. Es ist aber anzumerken, dass sie ebenfalls eine wichtige Rolle als Ergänzung zu einem ausreichend großen Mid-Band Portfolio in der Bereitstellung von Netzkapazitäten in städtischen Gebieten und Hot Spots spielen können.

2.2.1 Low-Bands sind für die Netzabdeckung essenziell

Damit ein Netzwerk eine gute Netzabdeckung (Coverage) erreicht, müssen User auch an schwierigen Standorten, wie zum Beispiel am Zellrand oder innerhalb von Gebäuden (Indoor), über eine ausreichende Signalqualität verfügen, um Mobilfunkdienste nutzen zu können. Dies ist in Abbildung 11 exemplarisch dargestellt.

Abbildung 11:
Unterschiede in den Ausbreitungseigenschaften von Frequenzbändern



Um eine solche Netzabdeckung zu erreichen, ist die Nutzung von Low-Bands unabdingbar. Dank ihrer guten Ausbreitungseigenschaften erreichen nur Low Bands die User verlässlich, die sich am Zellrand

⁵ 1&1 (5. August 2021), „H1 2021 and Outlook“. Abrufbar unter: <https://www.1und1.ag/investor-relations-en/#e-tabs-id-presentationswebcasts>

oder Indoor befinden. Mid-Bands hingegen decken nur einen Teil der Zelle ab und reichen oft nicht tief in Häuser. Ein Mobilfunknetz braucht also Zugang zu Low-Bands und kann sich nicht allein auf Mid-Bands (und/oder High-Bands, die noch schlechtere Ausbreitungseigenschaften haben) verlassen.

Ein MNO ohne Low Bands kann also keine umfassende Coverage bieten – weder in städtischen Gebieten, wo vor allem Indoor-Traffic nicht ausreichend abgedeckt werden kann und auch nicht in ländlichen Gebieten, wo sich Versorgungslücken sowohl in der Fläche als auch Indoor ergeben. Die etablierten MNOs verfügen bereits heute über Low-Bands in drei verschiedenen Frequenzbändern. Neueinsteiger 1&1 hat noch keinen Zugang zu Low-Bands.

Ein (theoretischer) Ersatz für fehlende Low-Bands kann die Verdichtung des Mobilfunknetzes sein. Durch die Errichtung weiterer Funkmasten verringert sich die Distanz zwischen Funkzellen und auch Bänder mit schlechteren Ausbreitungseigenschaften können mehr Traffic am Zellrand oder auch Indoor besser (aber noch stets nicht so ausreichend tief in Gebäuden wie Low-Bands) abdecken. Allerdings ist eine Zellverdichtung äußerst kostspielig – wenn sie überhaupt möglich ist. In einer vorherigen Studie für das „Szenarienpapier 2021“ haben wir die Zusatzkosten einer Zellverdichtung zum Ersatz von Low-Bands auf jährliche Kosten von EUR 0,6 – 1 Milliarde beziffert⁶. Für einen Neueinsteiger, der langfristig wettbewerbsfähig sein möchte, wären solche Kosten prohibitiv hoch und es wäre somit unmöglich, mit den etablierten MNOs zu konkurrieren, die garantierten Zugriff auf Low-Bands haben und somit diese Kosten sparen. Erschwerend kommt hinzu, dass 1&1 im Zuge der Auktion 2019 davon ausgehen konnte, dass Low-Bands (und auch Mid-Bands) in der anstehenden Vergabe in einem offenen und diskriminierungsfreien Verfahren zur Verfügung gestellt würden und die Akquise solcher Low-Bands (und Mid-Bands) ein wichtiger Bestandteil der Planungen und Kostenkalkulationen beim Netzeinstieg war.

Diese Berechnung betrachtet des Weiteren auch nicht, dass die Akquise geeigneter Standorte zur Netzverdichtung, vor allem innerstädtisch gar nicht im notwendigen Maß möglich ist. Von daher werden ohne Low-Band Frequenzen trotz potenziell hoher Investitionen immer Lücken in der Netzabdeckung bestehen bleiben.

Um eine gute Netzabdeckung zu erreichen, geht es vor allem um die tatsächliche Signalstärke, die ausreichend hoch sein muss, um Verbindungsabbrüche zu vermeiden. Die Signalstärke ist von der tatsächlich genutzten Frequenz, aber nicht von der eingesetzten Frequenzmenge abhängig. Das bedeutet, dass die Frequenzmenge bei der Sicherstellung der Coverage eine untergeordnete Rolle spielt. Ein Netzbetreiber könnte also schon mit einem kleinen Portfolio an Low-Band Frequenzen eine kosteneffiziente Netzabdeckung erreichen. Wie in Kapitel 3.1 aufgezeigt, sind die Low-Bands derzeit ausschließlich in den Händen der etablierten MNOs. Es ist für einen Neueinsteiger in der anstehenden Frequenzvergabe also eminent wichtig, diesen Grundstock sicherzustellen, um eine wettbewerbsfähige Netzabdeckung entwickeln zu können, vor allem da der Neueinsteiger bei der Auktion 2019 davon ausgehen konnte, dass die Low-Bands wie geplant vergeben werden.

Zusammenfassend lässt sich daher in Bezug auf die Netzabdeckung feststellen:

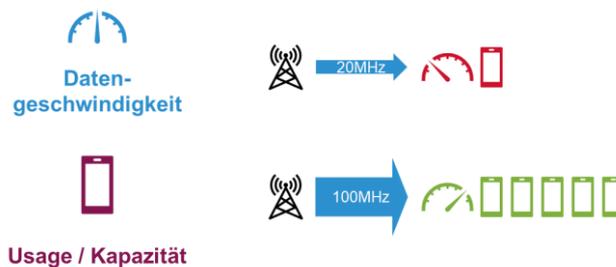
- **Low-Bands (unter 1GHz) sind essenziell für die Coverage / Netzabdeckung**
- **Es zählen die Ausbreitungseigenschaften der Frequenzen, nicht die Frequenzmenge!**

⁶ Aetha (23. August 2021), „Regulatorische Maßnahmen in Frequenzvergabeverfahren zur Förderung des Markteintritts eines Neueinsteigers“, Seite 7ff

2.2.2 Mid-Bands spielen bei der Datengeschwindigkeit und Kapazität eine große Rolle

Neben einer verlässlichen Netzabdeckung müssen MNOs ihren Nutzern heutzutage auch gute Datengeschwindigkeiten und ausreichende Netzkapazität bieten, um die Mobilfunknetze für Sprach- und Datendienste zu nutzen. Hier kommt der vorhandenen Frequenzmenge im Gegensatz zur Netzabdeckung eine sehr wichtige Rolle zu. Wie in Abbildung 12 exemplarisch dargestellt, hängen sowohl die Datengeschwindigkeit als auch die Netzkapazität proportional von der vorhandenen Frequenzmenge ab.

Abbildung 12:
Zusammenhang zwischen verfügbarer Frequenzmenge und Datengeschwindigkeit und Netzkapazität



Der direkte Link zwischen dieser Proportionalität liegt bei 4G im Konzept der genutzten „Resource Blocks“⁷ per Nutzer – je mehr MHz in einem Frequenzband genutzt werden, desto mehr Resource Blocks können einem Nutzer zugeordnet werden und entsprechend steigt die Datengeschwindigkeit und vorhandene Kapazität. Bei einer Erhöhung der verfügbaren Bandbreite erhöhen sich also sowohl die Datengeschwindigkeiten als auch die maximale Nutzeranzahl, die bedient werden kann.

Mid-Bands spielen hier eine wichtige Rolle, da sie **eine gehobene Frequenzmenge** und **ausreichende Ausbreitungseigenschaften** verbinden. In den Low-Bands sind in Deutschland insgesamt 190MHz in drei Frequenzbändern vergeben – jeweils 60MHz in 700MHz und 800MHz und 70MHz in 900MHz. In den Mid-Bands hingegen sind insgesamt 500MHz vergeben, also mehr als die 2,5-fache Frequenzmenge im Vergleich zu den Low-Bands: 40MHz in 1500MHz, 150MHz in 1800MHz, 120MHz in 2100MHz und 190MHz in 2600MHz. Dadurch sind die genutzten Bandbreiten per MNO in den Mid-Bands deutlich höher und es können höhere Datengeschwindigkeiten und Kapazitäten erzielt werden. Und im Vergleich zu den High Bands, wo ähnlich viele Frequenzen verfügbar sind, haben die Mid-Bands bessere Ausbreitungscharakteristiken, können also effizienter für die Versorgung, vor allem Outdoor und in städtischen Gebieten genutzt werden.

Um gute Datengeschwindigkeiten und Netzkapazitäten zu erreichen, zählt daher vor allem die Frequenzmenge. Ein MNO benötigt für einen nachhaltigen Netzbetrieb eine für seine Nutzerzahl angemessene Frequenzmenge (einen sogenannten „Fair Share“) in allen Frequenzbereichen, um mit seinen Konkurrenten in den Wettbewerb treten zu können. Die momentane Frequenzaufteilung, die stark asymmetrisch zwischen den etablierten MNOs und 1&1 als Neueinsteiger ist, und die daraus resultierenden Wettbewerbsbedenken analysieren wir in den Kapiteln 3.1 und 6.1.

Zusammenfassend lässt sich daher feststellen:

- **Mid-Bands spielen eine wichtige Rolle für Datengeschwindigkeiten und Netzkapazität!**
- **MNOs benötigen einen Fair Share an Frequenzen, um konkurrenzfähig zu sein!**

⁷ Ein „Resource Block“ ist die kleinstmögliche Frequenzressource, die einem Nutzer zugeordnet werden kann. Sie ist 180 kHz weit und umfasst einen LTE Timeslot.

3. Die deutschen Frequenzportfolios im europäischen Vergleich

Eine Verlängerung der Frequenzen wäre potenziell zu rechtfertigen, wenn die etablierten MNOs ein unzureichendes Frequenzportfolio hätten. Dann bestünde eine starke Abhängigkeit von den zur Vergabe stehenden Frequenzen und bei einem Verlust der Frequenzen könnte es zu Risiken bezüglich der Geschäftskontinuität kommen.

In diesem Kapitel werfen wir daher einen Blick auf die Gesamtportfolios, die den MNOs in Deutschland zur Verfügung stehen und vergleichen diese mit dem Portfolio von 1&1 sowie mit den Portfolios von anderen etablierten MNOs in Europa.

3.1 Momentane Frequenzverteilung in Deutschland

Im Zuge der Auktionen 2010, 2015 und 2019 sind insgesamt 990MHz an die MNOs in Deutschland vergeben worden. Ziemlich genau 30% dieser Frequenzen laufen Ende 2025 ab – nämlich die Frequenzen in 800MHz und 2600MHz und ein Teil der 1800MHz-Frequenzen. In der Auktion 2019 wurden insgesamt 420MHz bis Ende 2040 an die MNOs vergeben. Die übrigen Frequenznutzungsrechte, insgesamt 270MHz, laufen Ende 2033 ab.

Durch diese regelmäßigen Frequenzvergaben, wie auch in Abbildung 13 unten dargestellt, hat die BNetzA einen Zyklus entwickelt, der es den MNOs ermöglicht, in regelmäßigen Abständen ihre Frequenzportfolios an den aktuellen Bedarf anzupassen, d.h. zu erweitern und/oder verkleinern. In der Vergabe 2025 stehen insgesamt 300MHz zur Verfügung, davon die meisten in den Mid-Bands. In der Vergabe 2033 steht ein großer Teil der Low-Bands zur Verfügung während in der Vergabe 2040 vor allem High-Bands vergeben werden.

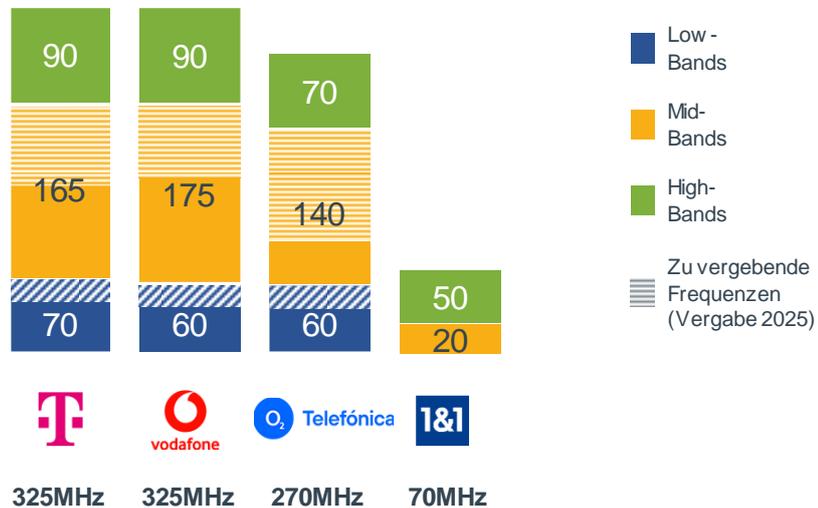
Abbildung 13: Frequenzvergabezyklus in Deutschland und auslaufende Frequenzen per MNO [Bundesnetzagentur / Aetha, 2023]



Es ist momentan unklar, ob und wann weitere Frequenzen diesem Zyklus hinzugefügt werden. Die konkretesten internationalen Diskussionen drehen sich um ein potenzielles weiteres Low-Band – das 600MHz-Band – und ein High-Band – das 6GHz-Band. Während die World Radio Conference der ITU Ende 2023 eine erste Richtung für die künftige Nutzung dieser Frequenzen durch Rundfunk, öffentlichen Mobilfunk und/oder andere Dienste vorgeben sollte, wird es in jedem Fall erfahrungsgemäß noch lange dauern, bis diese Frequenzbänder in Deutschland zur Verfügung stehen würden.

Die heute vergebenen 990MHz sind also bis auf Weiteres die einzigen für den Mobilfunk nutzbaren Frequenzen. Die Verteilung dieser Frequenzen zwischen den vier MNOs in Deutschland ist in Abbildung 14 unten zusammengefasst.

Abbildung 14:
Momentane Verteilung
der Mobilfunk-
Frequenzen in
Deutschland
[Bundesnetzagentur /
Aetha, 2023]⁸



Die Verteilung zeigt einen deutlichen Unterschied zwischen den etablierten MNOs und 1&1:

- Die Unterschiede zwischen den etablierten MNOs sind gering. Alle drei MNOs haben Zugang zu einem ausgewogenen Portfolio in allen Frequenzbereichen.
- Auch nach der anstehenden Vergabe werden die etablierten MNOs in jedem Szenario noch über ein ausgewogenes Portfolio mit Frequenzen in allen Bereichen verfügen.
- Die etablierten MNOs verfügen jeweils über mindestens 2x30MHz (60MHz) in den Low-Bands. 1&1 hat hingegen keinen Zugang zu Low-Bands.
- Die etablierten MNOs verfügen über überproportional große Mid-Band Portfolios – im Vergleich zu 1&1 steht jedem MNO mindestens das 7-fache an Mid-Bands zur Verfügung.

Es bestehen also vor allem in den Low-Bands und Mid-Bands starke Ungleichgewichte zwischen 1&1 und den etablierten MNOs. Daher überrascht der Vorschlag der BNetzA, die verfügbaren Frequenzen in diesen Bereichen allein zu Gunsten der etablierten MNOs zu verlängern, anstatt – im Sinne des nicht zuletzt in der 5G-Auktion unterstrichenen Frequenzvergabezyklus mit weiteren Schritten einer Vergabe 2025 und Vergabe 2033 – im Zuge eines offenen und diskriminierungsfreien Verfahrens, auch dem Neueinsteiger 1&1 eine marktgerechte Anpassung der Frequenzportfolios zu ermöglichen.

⁸ Verteilung der Frequenzen Stand heute (November 2023). In den Mid-Bands verfügt 1&1 zurzeit über 2x10MHz im 2600MHz-Band, die von Telefónica bis 31.12.2025 gemietet werden. Ab 1.1.2026 stehen 1&1 dann 2x10MHz im 2100MHz-Band zur Verfügung, die wiederum heute von Telefónica genutzt werden. Daher hält 1&1 derzeit garantierte 2x10MHz in den Mid-Bands, in wechselnden Frequenzbändern. Die 2100MHz-Frequenzen sind heute noch Telefónica zugewiesen und dementsprechend in der Graphik auch Telefónica zugeordnet (im Gegensatz zu den 2600MHz-Frequenzen, die 1&1 zugeordnet sind).

3.2 Vergleich der Frequenzportfolios in Deutschland und Europa

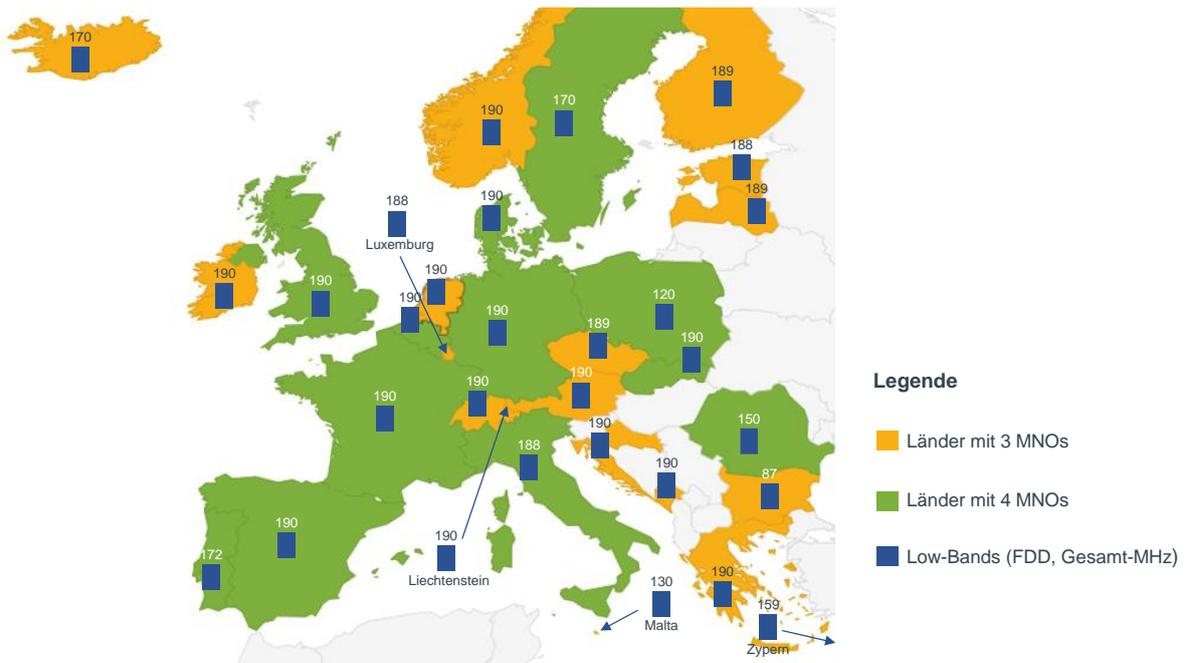
Mit Blick auf die Situation in Deutschland erscheinen die Frequenzportfolios der etablierten MNOs also ausreichend großzügig bemessen und auch ausreichend variabel, um den potenziellen Verlust von Frequenzen in einem Band mit der intensiveren Nutzung in anderen Bändern auszugleichen.

Wir haben ergänzend einen Vergleich mit den Portfolios in anderen europäischen Märkten angestrebt, denn sollten in Deutschland unverhältnismäßig wenige Frequenzen vergeben worden sein und die MNOs somit über relativ kleine Portfolios im internationalen Vergleich verfügen, so könnte eine Verlängerung der auslaufenden Nutzungsrechte eventuell gerechtfertigt werden.

Für unsere Analyse haben wir auch die Marktstruktur in den Ländern in Betracht gezogen und zwischen 3-Player Märkten (also Märkten mit 3 MNOs) und 4-Player Märkten (also Ländern mit 4 MNOs) unterschieden. Rein mathematisch sollte es logisch sein, dass MNOs in 4-Player Märkten im Schnitt weniger Frequenzen per MNO zur Verfügung haben. Da diese Frequenzen aber häufig ungleich verteilt sind (wenn auch nicht so ungleich wie in Deutschland), haben wir uns in 4-Player Märkten auf die Frequenzen konzentriert, die den „Top-3“ MNOs (also den drei MNOs mit den größten Frequenzportfolios) zugeteilt worden sind. Dies ermöglicht die Erstellung eines fairen Referenzwertes im Vergleich zu den Frequenzen, die den etablierten MNOs in Deutschland zurzeit zur Verfügung stehen.

Abbildung 15 unten illustriert die Marktstruktur und die zur Verfügung stehenden Low-Bands in Europa. Es fällt auf, dass es in allen flächenmäßig großen Ländern in Europa 4 MNOs gibt (Frankreich, Großbritannien, Spanien, Italien, Polen). Gleichzeitig gibt es aber zwischen 3-Player und 4-Player Märkten keine signifikanten Unterschiede in der vergebenen Low-Band Frequenzmenge (und wenn doch, dann sind diese mit historischen Vergabeentscheidungen und nicht in der Marktstruktur begründet). Die Frequenzen im 700MHz-, 800MHz- und 900MHz-Band wurden in den meisten Ländern vergeben, und somit stehen zumeist knapp 190MHz (2x95MHz) zur Verfügung.

Abbildung 15: Marktstruktur und Low-Band Verfügbarkeit in Europa [Aetha, 2023]



Beim Blick auf die durchschnittlichen Low-Bands, die den „Top-3“ MNOs zur Verfügung stehen (siehe Abbildung 16 unten) wird unsere Einschätzung aus Kapitel 3.1 bestätigt, nämlich dass die etablierten

MNOs in Deutschland über ein überdurchschnittlich großes Frequenzportfolio verfügen. Im Schnitt halten sie gemeinsam 38MHz (2x19MHz) mehr als die „Top-3“ MNOs in 4-Player Märkten.

Abbildung 16:
Vergleich der Low-Bands in Deutschland und Europa [Aetha, 2023]



Auch bei der Gesamtfrequenzmenge ergibt sich ein ähnliches Bild. In Deutschland sind ähnlich viele Frequenzen wie in den meisten anderen Ländern vergeben, auch dank der Harmonisierungs-Bemühungen der Europäischen Union. Wie in Abbildung 17 unten aufgezeigt, haben die etablierten MNOs in Bezug auf das Gesamtfrequenzportfolio im Durchschnitt daher Zugang zu ca. 120MHz mehr als ihre europäischen Peers in 4-Player-Märkten. Dies verfestigt den bereits in Kapitel 3.1 gewonnenen Eindruck, dass die etablierten MNOs über ausreichend große Portfolios verfügen.

Abbildung 17:
Vergleich der Gesamtfrequenzmenge in Deutschland und Europa [Aetha, 2023]



Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die Frequenzverteilung in Deutschland weiterhin faktisch die eines Marktes mit nur drei Netzbetreibern ist, obwohl die BNetzA in der Frequenzauktion 2019 bewusst den Weg für ein +viertes Mobilfunknetz bereitet hat und 1&1 als Neueinsteiger angetreten ist, um mit den etablierten MNOs zu konkurrieren. Im Vergleich zu Märkten mit 4-Playern in Europa halten die deutschen MNOs:

- Gemeinsam 38MHz (2x19MHz) mehr in den Low-Bands
- Gemeinsam 120MHz mehr in allen Frequenzbereichen
- Diese „zusätzlichen“ Frequenzen werden in anderen Märkten typischerweise vom 4.MNO gehalten, die also im Schnitt über ein Frequenzportfolio verfügen, das fast doppelt so groß wie das heutige Portfolio von 1&1 ist.

In diesem Zusammenhang ist eine Verlängerung der Frequenzen allein zu Gunsten der etablierten MNOs der falsche Weg. 1&1 sollte die Möglichkeit bekommen, im Zuge eines offenen und diskriminierungsfreien Verfahrens ebenfalls Zugang zu weiteren Frequenzen zu erhalten.

4. Die momentane Frequenznutzung in Deutschland

Wie im vorherigen Kapitel aufgezeigt, verfügen die etablierten MNOs in Deutschland über sehr große Frequenzportfolios. Bei großen Frequenzportfolios bietet sich die Möglichkeit, Frequenzen zu substituieren, d.h. wenn in einer Vergabe gewisse Nutzungsrechte nicht erneuert werden, können die „verlorenen“ Frequenzen durch vergleichbare, zurzeit ungenutzte oder für andere (veraltete) Technologien genutzte, Frequenzen ersetzt werden. Dies kann zwar weitere Investitionen erfordern, welche aber durch die eingesparten Frequenzkosten ausgeglichen werden können.

Substituierbare Frequenzen sind im gleichen Frequenzbereich angesiedelt (Low-, Mid-, High-Band) und können die gleichen Technologien bedienen. Beim 800MHz-Band sind dies das 700MHz- und 900MHz-Band, bei 1800MHz sind es entweder weitere Frequenzen im 1800MHz-Bereich (da die etablierten MNOs noch stets über Frequenzen in diesem Bereich nach der Vergabe verfügen werden), oder im 2100MHz-/2600MHz-Band. Bei 2600MHz liegen die gleichen Optionen für eine Substituierung vor wie beim 1800MHz-Band.

Um zu verstehen, wie intensiv die zur Vergabe stehenden Low-Band und Mid-Band Frequenzen in Deutschland genutzt werden, haben wir eine Analyse der Frequenznutzung der etablierten MNOs in Deutschland durchgeführt. Die Netze der etablierten MNOs nutzen zurzeit drei verschiedene Technologien in den Low-Bands und Mid-Bands:

- **2G:** Um die Versorgung von Sprachdiensten und M2M-Diensten sicherzustellen, betreiben alle etablierten MNOs in Deutschland heute noch 2G-Netze. Allerdings ist die Nachfrage nach 2G-Diensten stark rückläufig und somit auch die Frequenznutzung, die sich auf ein Band fokussiert – wie in Kapitel 4.3 erläutert.
- **4G:** Der Großteil aller Mobilfunkdienste läuft in Deutschland über 4G – die Daten im Jahresbericht der Bundesnetzagentur zeigen, dass fast drei Viertel aller Mobilfunkkunden diese Technologie nutzen.⁹ Die Hauptlast des Netzes und der Frequenznutzung findet also in den 4G-Netzen der etablierten MNOs statt. Um dies zu analysieren haben wir Daten von Ookla herangezogen, wie im Weiteren detailliert erklärt wird (siehe Kapitel 4.2).
- **5G:** Die 5G-Netze der etablierten MNOs befinden sich noch im Aufbau. Die Bevölkerungsabdeckung steigt und der 5G-Standard steht schon länger im Vermarktungsfokus, aber die Netze werden noch nicht weitläufig genutzt, da die meisten Endgeräte und Tarife der Kunden noch nicht mit 5G kompatibel sind. Wir haben uns hier zum Teil auf die Daten Ooklas und auch auf öffentlich verfügbare Informationen verlassen, um die in Kapitel 4.2 detailliert erarbeitete 4G-Frequenznutzung in eine 4G/5G-Nutzung zusammenzuführen.

Die Analyse in diesem Kapitel stützt sich vor allem auf Daten von Ookla. Ookla ist weltweit anerkannt als eines der führenden Unternehmen in Bereich der unabhängigen Netzwerkanalysen – ihr Produkt „Speedtest by Ookla“ ist sowohl im Festnetz- als auch im Mobilfunkbereich führend. Ookla verfügt über einen Stamm von mehreren (Hundert-)Tausend Nutzern in Deutschland, deren Mobilfunkgeräte die deutschen Netzwerke regelmäßig scannen und so mehrere Millionen Datenpunkte pro Jahr liefern, mit deren Hilfe die Netzqualität und der Ausbau der Mobilfunknetze in Deutschland geprüft werden kann.

Mit Hilfe der Daten von Ookla konnten wir die Anzahl der Standorte und die per Standort genutzten Frequenzbänder erfassen, vor allem für 4G. Somit können wir Aussagen darüber treffen, welche Frequenzbänder in Deutschland umfassend genutzt werden und welche Frequenzbänder „im Regal verstauben“. Es bestehen selbstverständlich noch stets Margen für Fehler, da unsere Analyse auf Messungen der Frequenzen basiert und nicht auf tatsächlichen Ausbaudaten der etablierten MNOs und da die Daten Ooklas vor allem das 4G-Netz abdecken. Aufgrund der im Folgenden beschriebenen

⁹ Bundesnetzagentur (Juni 2023), „Jahresbericht Telekommunikation 2022“. Auf der Tabelle auf Seite 21 werden 74,5 Millionen der 104,4 Millionen Mobilfunkkunden als LTE-Teilnehmer ausgewiesen.

Datengrundlage gehen wir allerdings davon aus, dass unsere Ergebnisse den Ausbau der 4G/5G-Netze in Deutschland gut wiedergeben.

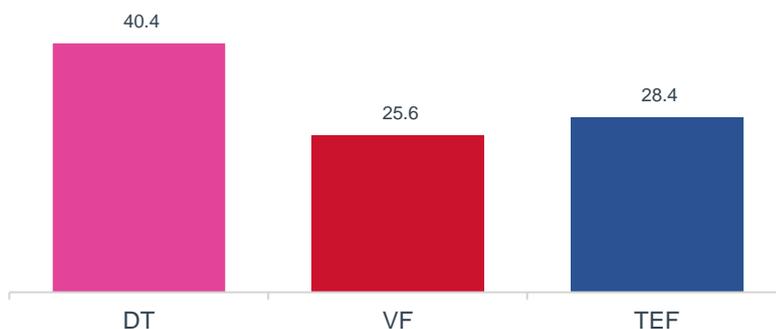
4.1 Die Netzwerke der etablierten MNOs in Deutschland

Die Daten von Ookla liefern Informationen über die Zellen und Standorte, mit denen ein Nutzer verbunden ist. Jedes Messergebnis lässt sich einem bestimmten Standort zuordnen und, bei ausreichender Datentiefe, lassen sich somit alle Standorte erfassen.

Wir haben für unsere Analyse die verfügbaren Messdaten im Zeitraum April 2023 – September 2023¹⁰ herangezogen. In diesen sechs Monaten konnte Ookla über 33 Millionen Messergebnisse sammeln, die sich über ganz Deutschland verteilen.

Wie in Abbildung 18 ersichtlich, haben die Messergebnisse von Ookla insgesamt 94 400 Standorte der etablierten MNOs erfasst, für die Deutsche Telekom circa 40 400, für Vodafone knapp 25 600 und für Telefónica knapp 28 400 Standorte. Dies deckt sich nach unserem Marktverständnis mit dem Großteil der ertüchtigten Standorte der etablierten MNOs^{11,12,13}. Da die Daten Ooklas also so gut wie alle Standorte erfassen, sollte eine Analyse der Daten auch robuste Aussagen über die Frequenznutzung in Deutschland treffen können.

Abbildung 18:
Standorte per
etabliertem MNO
– in Tausend
[Ookla¹⁰, 2023]



Die Daten Ooklas lassen aufgrund der Messmethodik vor allem Rückschlüsse auf die 4G/5G-Nutzung zu. Daher beschäftigen wir uns im folgenden Kapitel mit der Frequenznutzung für 4G und 5G (Kapitel 4.2) und analysieren danach auch noch die Nutzung für 2G (Kapitel 4.3).

4.2 Nutzung für 4G und 5G

Die Daten von Ookla sind sehr auf die 4G-Nutzung fokussiert, denn die Mehrzahl der Nutzer in Deutschland sind, wie oben beschrieben, 4G (LTE) Nutzer. Zudem nutzen die etablierten MNOs in

¹⁰ Sämtliche Analysen in diesem Kapitel basieren auf Zugang zu Ooklas „QoE Portal“ und „Ookla Speedtest Background Scan Daten“ für den Zeitraum April 2023 bis September 2023.

¹¹ In einem im August 2023 veröffentlichten Bericht spricht die Telekom von „mehr als 36.000“ Standorten. Wir gehen hier davon aus, dass einige Sites, die sich z.B. auf größere Gebäudedächern verteilen, von Ookla als separate Standorte identifiziert werden und erwähnen dies im Verlauf des Kapitels – diese Divergenz beeinflusst die Resultate unserer Analyse nicht. Siehe: <https://www.telekom.com/en/media/media-information/archive/fiber-connectivity-for-better-5g-1048094>

¹² Zum Beispiel berichtet RCR Wireless in einem Bericht vom 6. Oktober 2023 darüber, dass Vodafone zurzeit auf knapp 26.000 Mobilfunkstandorte zurückgreift. Abrufbar unter: <https://www.rcrwireless.com/20231006/5g/vodafone-germany-5g-network-reaches-90-population>

¹³ Basierend auf der Webseite der O2 Telefónica verfügt das Netzwerk heute über ungefähr 28.000 Standorte. Abrufbar unter: <https://www.telefonica.de/network/mobile-network.html>

Deutschland vor allem den sogenannten „Non-Standalone“ (NSA) Modus für 5G bei dem 5G-Verbindungen in einem 4G-Band verankert werden.

Dies schwächt allerdings die Aussagekraft unserer Analyse nicht, denn mit einer Analyse der 4G-Frequenznutzung können wir auch sehr gute Erkenntnisse über die 5G-Nutzung gewinnen. Das liegt daran, dass die etablierten MNOs gerade in den Low-Bands und Mid-Bands häufig die gleichen Frequenzen für die Bereitstellung von 4G- und 5G-Diensten nutzen. Vodafone setzt das sogenannte „Dynamic Spectrum Sharing“ (DSS) im 700MHz-Band¹⁴ ein, um die vorhandenen Kapazitäten zwischen 4G & 5G Nutzern bedarfsgerecht zu verteilen. Das heißt, dass die gleichen Standorte 4G & 5G in diesem Band nutzen. Bei einer Erfassung eines 4G-Standortes für 700MHz wird also auch gleich der entsprechende 5G-Standort erfasst. Ähnliches gilt auch für manche Mid-Bands, zum Beispiel nutzt die Deutsche Telekom das 2100MHz-Band für DSS¹⁵ und Telefónica das 1800MHz-Band¹⁶.

Anders gelagert ist die Situation im Falle einer Nutzung von 5G „Standalone“ (SA) Diensten. Telefónica meldete im Oktober 2023 den Start dieses Dienstes, der vor allem auf Frequenzen im 700MHz-, 1800MHz- und 3600MHz-Band setzt.¹⁶ Diese Frequenznutzung wurde von Ooklas Messdaten nicht registriert, da der Dienst erst nach unserer Datenerfassung gelauncht wurde. In Bezug auf die Nutzung des 700MHz-Bandes mussten wir also eine Annahme treffen, um die Frequenznutzung von Telefónica nicht zu unterschätzen. Telefónica gibt an, bei Netzstart bereits 90% der Bevölkerung mit 5G Standalone abzudecken¹⁶. Ein Teil dieser Abdeckung wird über das 1800MHz-Band geleistet werden und der Rest über das 700MHz-Band. In Anbetracht der hohen Investitionen, die MNOs in ihre Netze tätigen müssen, würde die Errichtung eines bundesweiten 700MHz-Grids ohne sofortige Kunden gegenüber Investoren schwer zu rechtfertigen sein. Daher haben wir angenommen, dass nur ein Teil der Standorte mit 700MHz-Frequenzen ausgerüstet wurde, nämlich knapp 10.000 Standorte. Dies ist eine Einschätzung, aber es ist eher wahrscheinlich, dass der tatsächliche Ausbau Telefónicas eher niedriger als höher ist. Somit laufen wir wenig Gefahr, die Nutzung im 700MHz-Band zu unterschätzen.

Gleichzeitig gibt die Entscheidung Telefónicas auch Einblicke in die momentane Netzauslastung des Betreibers – wenn Low-Band Kapazität knapp wäre, wäre eine Aufrüstung des 700MHz-Bandes mit 4G oder 5G-NSA sinnvoller – denn hier könnten die Frequenzen umgehend von Kunden genutzt werden und es gäbe eine merkliche Verbesserung der Netz-KPIs. Da diese Entscheidung nicht getroffen wurde, scheint ein Kapazitätsengpass bei Telefónica in den Low-Bands unwahrscheinlich. Dies deckt sich mit den Erkenntnissen aus Kapitel 6, welches die relativen Kapazitäten der etablierten MNOs genauer beleuchtet.

Auch bei der Deutschen Telekom scheint der Ausbau von 5G-Standorten im 700MHz-Band zurzeit relativ gering zu sein – letztes Jahr meldete sie einen Ausbau an knapp 1100 Standorten¹⁷ – wir haben angenommen, dass dieser Ausbau in diesem Jahr um knapp 1000 weitere Standorte gestiegen ist, um die Nutzung nicht zu unterschätzen.

¹⁴ Capacity Media (April 2020), „Vodafone Germany launches 700MHz dynamic spectrum sharing“. Abrufbar unter: <https://www.capacitymedia.com/article/290tc4cbu6due4nz922v4/news/vodafone-germany-launches-700mhz-dynamic-spectrum-sharing>

¹⁵ Deutsche Telekom (März 2021) „Telekom uses these 5G frequencies in Germany“. Abrufbar unter: <https://www.telekom.com/en/company/details/5g-frequencies-everything-you-need-to-know-622934>

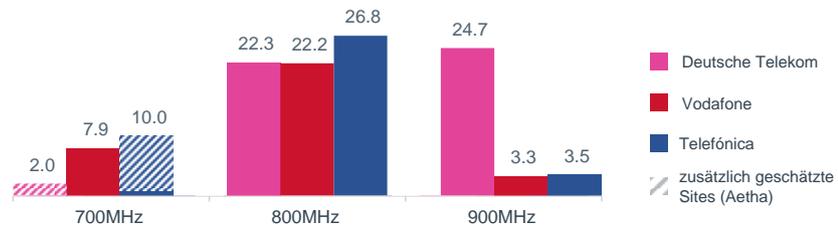
¹⁶ Teltarif (Oktober 2023), „5G Plus: 5G-Standalone bei o2 für 12 Monate kostenlos“. Abrufbar unter: <https://www.teltarif.de/o2-telefonica-5g-standalone-5g-vonr/news/93236.html?page=all>

¹⁷ Deutsche Telekom (Juni 2022), „Telekom setzt erstmals 700 MHz-Frequenz für 5G ein“. Abrufbar unter: <https://www.telekom.com/de/medien/medieninformationen/detail/telekom-5g-funkt-auf-700-mhz-1008590>

4.2.1 Nutzung der Low-Bands in Deutschland

Abbildung 19 fasst zusammen, auf wie vielen Standorten eines jeden MNOs die drei Low-Bands für 4G- und 5G-Dienste installiert sind. Die Analyse zeigt, dass das 800MHz-Band von allen drei MNOs weitflächig genutzt wird. Aufgrund der vergleichbar hohen Zahlen zwischen allen MNOs ist davon auszugehen, dass ca. 21.000 bis 22.000 Sites für die bundesweite Versorgung mit Mobilfunkdiensten einer bestimmten Technologie benötigt werden.

Abbildung 19:
4G & 5G Low-Band
Installationen per
etabliertem MNO in
Tausend
[Ookla / Aetha, 2023]

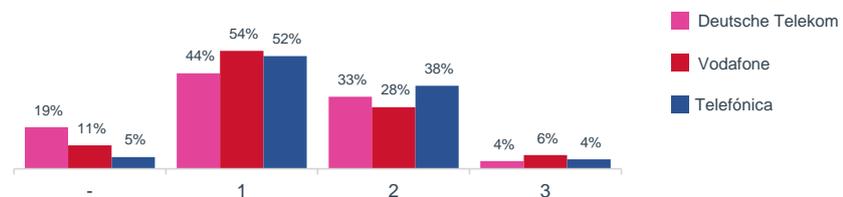


Bei den anderen Frequenzbändern ergeben sich aber deutliche Unterschiede zwischen den MNOs. Während die Deutsche Telekom auch die 900MHz-Frequenzen effektiv deutschlandweit für 4G nutzt, ist dies bei Vodafone und Telefónica nicht der Fall. Beide nutzen die Frequenzen auf knapp 3500 Sites, dies entspricht ca. 13% der jeweiligen Standorte.

Die 700MHz-Frequenzen werden hingegen von Vodafone und Telefónica genutzt. Vodafone hat dieses Band auf fast 8000 Sites installiert (etwa 30% der Standorte), bei Telefónica haben wir eine weitflächigere Nutzung basierend auf den Presseankündigungen zu 5G Standalone angenommen, wie oben erklärt, während die Deutsche Telekom dieses Frequenzband auf nur wenigen Standorten installiert hat (siehe Erklärung in der Einführung zu diesem Kapitel).

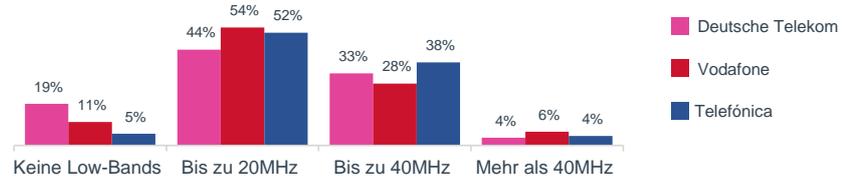
Daraus ergibt sich auch, dass auf einem Großteil der Standorte in Deutschland zurzeit maximal ein oder zwei der drei verfügbaren Low-Bands für Datendienste genutzt werden, wie auch in Abbildung 20 zu sehen ist. Bei der Deutschen Telekom wird die Aufteilung zwischen Sites mit 1 oder 2 installierten Low-Bands etwas verzerrt dargestellt, da die 800/900MHz-Frequenzen von Ookla zum Teil auf verschiedenen Standorten erfasst werden, die sich aber in enger Nachbarschaft zueinander befinden. Aufgrund des limitierten Ausbaus des 700MHz-Bandes beeinflusst dies aber die entscheidende Kategorie kaum, nämlich die Anzahl der Sites mit 3 Low-Bands, die wir basierend auf den Daten von Ookla auf weniger als 5% aller Sites einschätzen.

Abbildung 20:
Installierte Low-Bands
für 4G & 5G per
Standort
[Ookla / Aetha, 2023]



Insgesamt fällt die Nutzung der Low-Bands in Deutschland Stand heute moderat aus. Alle MNOs nutzen das 800MHz-Band intensiv, aber in der Gesamtschau werden in den Low-Bands auf weit mehr als 90% der Standorte maximal 40MHz der verfügbaren 60 – 70MHz per MNO für 4G/5G genutzt, wie auch aus Abbildung 21 ersichtlich.

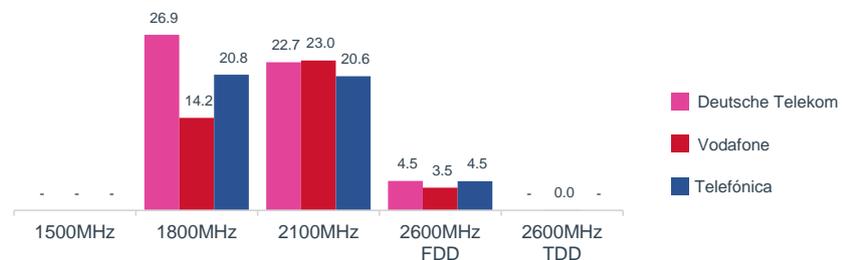
Abbildung 21:
Genutzte Low-Band
MHz für 4G und 5G per
Standort
[Ookla / Aetha, 2023]



4.2.2 Nutzung der Mid-Bands in Deutschland

Bei der Nutzung der Mid-Bands zeigt sich eine ähnliche Konzentration der Frequenznutzung auf einen Teil der verfügbaren Frequenzen. Abbildung 22 zeigt, wie die Mid-Bands heute in den Netzen der etablierten MNOs genutzt werden.

Abbildung 22:
Standorte mit Mid-
Band, in Tausend
[Ookla / Aetha, 2023]

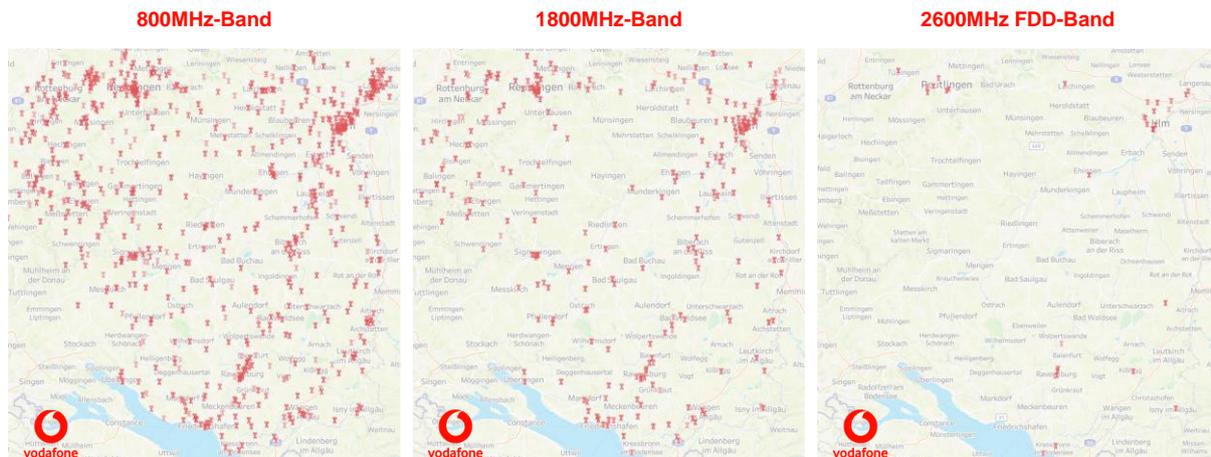


Alle etablierten MNOs nutzen das 1800MHz- und auch das 2100MHz-Band: Bei der Telekom werden sowohl das 1800MHz als auch das 2100MHz Band auf einem Großteil der Sites genutzt. Vodafone nutzt das 2100MHz-Band auf fast allen Sites und das 1800MHz-Band auf knapp mehr als der Hälfte der Sites. Telefónica nutzt beide Frequenzbänder auf knapp 70% der Standorte.

Bei den anderen Frequenzbändern ist die Nutzung allerdings deutlich niedriger – die Anzahl der Standorte, die das gepaarte 2600MHz-Band nutzen, liegt bei ca. 3500 – 4500 Sites pro MNO, also bei maximal knapp 15% der Standorte. Das 1500MHz-Band und auch die ungepaarten 2600MHz-Frequenzen wurden von den Daten Ooklas nicht erfasst und werden nach unserem Verständnis in Deutschland zurzeit effektiv nicht genutzt.

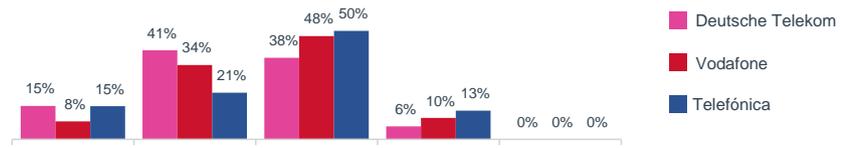
Diese unterschiedliche Nutzung der Frequenzbänder zeigt sich auch deutlich in Abbildung 23. Hier wurde beispielhaft auf die Frequenznutzung Vodafones im Bereich Tübingen geschaut – es zeigt sich eine intensive Nutzung der 800MHz- und 1800MHz-Frequenzen im gesamten Bereich, während die 2600MHz-Frequenzen nur auf einem kleinen Teil der Standorte genutzt werden. In diesem Frequenzband wird 1&1 bei erfolgreicher Umsetzung der Ausbaupläne schon 2025 der MNO mit der intensivsten Nutzung der 2600MHz-Frequenzen sein. Eine Verlängerung der Nutzungsrechte allein für die etablierten MNOs erscheint daher äußerst ineffizient und gegensätzlich zu den Regulierungszielen der BNetzA.

Abbildung 23: Beispiel der Frequenznutzung Vodafones im Bereich Tübingen [Ookla, 2023]



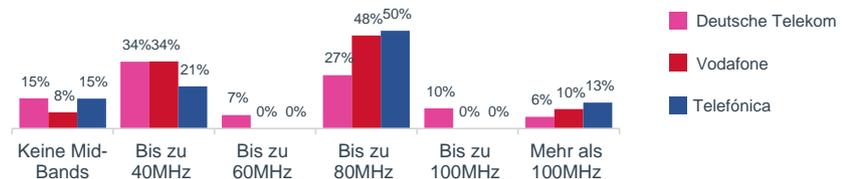
Die moderate Nutzung der Mid-Bands spiegelt sich auch in der Anzahl der installierten Mid-Bands per Standort wider, wie in Abbildung 24 dargestellt.

**Abbildung 24:
Installierte Mid-Bands
per Standort
[Ookla / Aetha, 2023]**



Ungefähr 15% der Standorte von Deutsche Telekom und Telefónica nutzen keine Mid-Bands – dies sind vor allem Sites in ländlichen Gebieten. Der Großteil der Sites nutzt ein oder zwei Mid-Bands. Da alle MNOs mindestens 4 Mid-Bands (1800MHz, 2100MHz, 2600MHz gepaart, 2600MHz ungepaart) oder 5 Mid-Bands (Deutsche Telekom und Vodafone haben auch Zugriff zum 1500MHz-Band) verfügbar haben, liegen hier also noch einige Frequenzen brach. Dies ermöglicht es den etablierten MNOs, einen potenziellen Verlust von Frequenzen durch eine intensivere Nutzung alternativer Frequenzen zu kompensieren.

**Abbildung 25:
Genutzte Mid-Band
MHz per Standort
[Ookla / Aetha, 2023]**



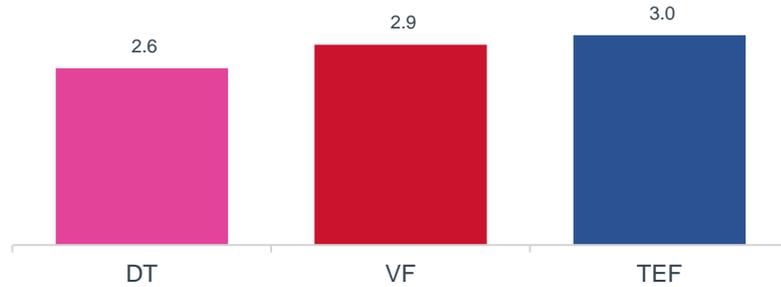
Auch in der in Abbildung 25 oben gezeigten Frequenznutzung spiegelt sich dieser Sachverhalt wider. Die meisten Standorte der etablierten MNOs nutzen entweder 40MHz oder 80MHz (also 1 oder 2 Carrier à 20MHz). Auf den meisten Standorten wird also nur ein Teil der 140 – 175MHz genutzt, die den MNOs Stand heute in den Mid-Bands zur Verfügung stehen (siehe Abbildung 14).

4.2.3 Gesamte Nutzung der Low- und Mid-Bands für 4G & 5G

Wir haben auch auf die Gesamtnutzung der Low-Bands und Mid-Bands in Deutschland für 4G & 5G geschaut, um ein vollständiges Bild der Rollouts der etablierten MNOs für Datendienste zu erhalten.

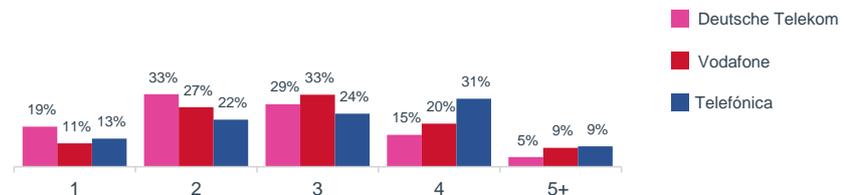
Insgesamt zeigen die Daten Ooklas eine moderate Frequenznutzung auf – im Schnitt nutzen die etablierten MNOs ungefähr drei Frequenzbänder per Standort (siehe Abbildung 26 unten).

Abbildung 26:
Frequenznutzung –
Durchschnittlich
genutzte Bänder
[Ookla / Aetha, 2023]



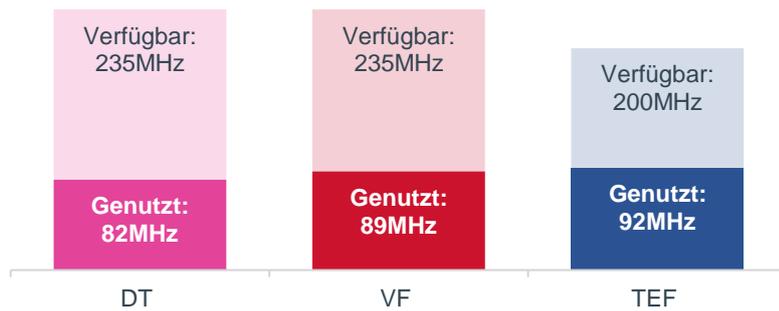
Um zu sehen, wie repräsentativ diese Durchschnittswerte sind, zeigt Abbildung 27 die Anzahl der installierten Frequenzbänder per Standort. Hier zeigt sich, dass die etablierten MNOs zumeist 2 – 4 Frequenzbänder nutzen und nur in Ausnahmefällen auf mehr Frequenzen zurückgreifen. Auf der absoluten Mehrheit der Standorte haben die etablierten MNOs also noch mehrere alternative Frequenzbänder verfügbar, auf die sie bei Verlust eines Teiles der bisherigen Frequenzen zurückgreifen können.

Abbildung 27:
Frequenznutzung –
Frequenzbänder per
Standort [Ookla /
Aetha, 2023]



Auch bei einer Analyse der durchschnittlich genutzten Frequenzen per Standort, wird die limitierte Frequenznutzung der etablierten MNOs sichtbar. Bei Low- und Mid-Band Portfolios von 200 – 235MHz für die etablierten MNOs (siehe Abbildung 14), nutzen die etablierten MNOs heute knapp 80-90MHz per Standort, also rund 35-45% der verfügbaren Low- und Mid-Band Frequenzen.

Abbildung 28:
Frequenznutzung in den Low-Bands und Mid-Bands – Durchschnittlich genutzte MHz per Site [Ookla / Aetha, 2023]



Die deutschen Mobilfunknetze nutzen zurzeit also nur einen Teil der verfügbaren Frequenzen – selbstverständlich muss ein gewisser Puffer bestehen, um ein weiteres Wachsen der Usage in Deutschland zu ermöglichen und auch um den Peak in urbanen Gebieten zu bedienen. Aber dank der signifikanten ungenutzten Potenziale würde dieser Puffer auch bei einem Verlust eines (kleinen) Teiles der verfügbaren Frequenzen sicherlich weiter bestehen.

4.3 Nutzung für 2G

Da Ookla seine Messungen auf aktuell marktgängige Endgeräte für Endkunden stützt, bieten die verfügbaren Daten keine signifikanten Einsichten in die Nutzung der Frequenzen für 2G-Dienste. Daher beziehen wir uns in diesem Kapitel auf etablierte Informationen aus dem Markt.

Die einzigen für 2G nutzbaren Frequenzen sind das 900MHz- und 1800MHz-Band. Das 1800MHz-Band wurde historisch für zusätzliche GSM-Kapazitäten genutzt. Seit die Anzahl an 2G-Endgeräten aber stetig sinkt und mittlerweile nur noch einen Bruchteil der Endgeräte im Markt ausmacht, wurden diese Frequenzen auf die Nutzung für 4G umgestellt, wie auch aus Abbildung 22 ersichtlich.

Somit verbleibt allein das 900MHz-Band für die 2G-Nutzung. Wie auch schon aus Abbildung 19 ersichtlich, werden mehr als 20.000 Standorte für die bundesweite Abdeckung mit Low-Bands benötigt. Basierend auf unserer Arbeit mit MNOs in ganz Europa würden wir erwarten, dass der Bedarf per MNO mit der Bereitstellung von 1,2 – 2,4 MHz pro Standort (dies entspricht 6 – 12 GSM-Kanälen je 200 kHz Bandbreite) deutschlandweit abgedeckt werden kann und in den kommenden Jahren weiter sinkt.

Dies wird durch die Teilnehmer-Entwicklungsprognosen des Ericsson Mobility Reports bestätigt, der einen seit Jahren stark sinkenden 2G-Verkehr aufzeigt, der bis zur 2026 anstehenden Frequenzvergabe faktisch gegen Null geht, wie Abbildung 29 aufzeigt.¹⁸

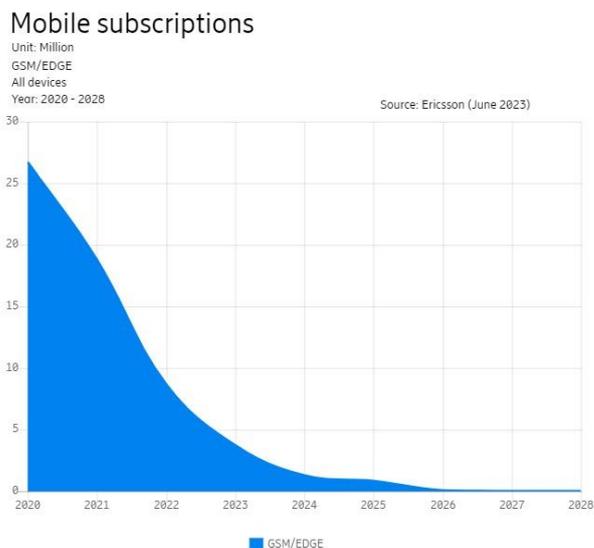
In manchen Ländern führte dieser Trend bereits zur Abschaltung von 2G-Netzen. Während in Deutschland die 3G-Netze im Jahr 2021 zuerst abgeschaltet wurden, wurden zum Beispiel in der Schweiz zunächst die 2G-Netze abgeschaltet.¹⁹ Allerdings bestehen bei den meisten MNOs in der

¹⁸ Ericsson Mobility Visualiser (2023). Abrufbar unter: <https://www.ericsson.com/en/reports-and-papers/mobility-report/mobility-visualizer?f=1&ft=2&r=5&t=4&s=4&u=1&y=2025,2028&c=3>

¹⁹ Eidgenössische Kommunikationskommission (Mai 2023), „Mobilfunkabdeckung“. Abrufbar unter: <https://www.comcom.admin.ch/comcom/de/home/dokumentation/zahlen-und-fakten/mobilfunkmarkt/mobilfunkabdeckung.html>

Schweiz auch konkrete Pläne, die 3G-Netze im Jahr 2025^{20,21} abzuschalten. Diese 3G-Abschaltung wäre dann äquivalent zu einer Abschaltung der 2G-Netze in Deutschland.

Abbildung 29:
Entwicklung der 2G-
Teilnehmer in
Westeuropa
[Ericsson, 2023]



Wie bereits in Kapitel 4.2 aufgezeigt, nutzen die MNOs Stand heute effektiv nur 40MHz der verfügbaren 60 – 70MHz in den Low-Bands. Selbst bei einer (äußerst großzügig aufgerundeten) Nutzung von 10MHz (also 2x5MHz) für GSM²² verblieben also per MNO noch mindestens 10 – 20 MHz (2x5 – 2x10 MHz) an ungenutzten Low-Band Frequenzen.

Die Effizienz der Frequenznutzung für 2G könnte noch weiter durch die Errichtung eines gemeinsam genutzten 2G-Netzes aller Betreiber gesteigert werden – hier wären dann potenziell nur noch 2x5MHz insgesamt anstatt 2x5MHz per MNO von Nöten. Somit würden weitere Low-Bands verfügbar und der Engpass in 800MHz könnte über eine alternative Lösung, die die ungenutzten Low-Bands einbezieht (und somit die Risiken für die etablierten MNOs senkt) überbrückt werden.

4.4 Fazit

Bei der Frequenznutzung in Deutschland zeichnet sich ein klares Bild ab:

- Die 4G-Netze der etablierten MNOs basieren vor allem auf drei Frequenzbändern – den 800MHz-, 1800MHz- und 2100MHz-Bändern.
- Beim 700MHz- und 900MHz-Band zeigen sich unterschiedliche Strategien innerhalb der etablierten MNOs. Allerdings ist festzustellen, dass diese beiden Low-Bands mit Ausnahme der Nutzung von 900MHz durch die Deutsche Telekom und der zunehmenden Nutzung von 700MHz durch Vodafone und Telefónica nicht ansatzweise deutschlandweit für 4G/5G genutzt werden.
- Das 2600MHz-Band wird bei allen drei etablierten MNOs nur in Teilen Deutschlands genutzt, typischerweise in innerstädtischen Bereichen.
- Effektiv nicht genutzt werden das 1500MHz-Band und der ungepaarte Teil des 2600MHz-Bandes.

²⁰ Swisscom (März 2022), „Swisscom betreibt 3G-Mobilfunktechnologie noch bis Ende 2025“. Abrufbar unter: <https://www.swisscom.ch/de/about/news/2022/03/22-3g-bis-ende-2025.html>

²¹ Swiss IT Magazine (Juni 2023), „Sunrise zieht 3G 2025 den Stecker“. Abrufbar unter: https://www.itmagazine.ch/artikel/79955/Sunrise_zieht_3G_2025_den_Stecker.html

²² Dies deckt sich auch mit der Bewertung der Bundesnetzagentur, die im „Positionspapier 2022“ auf Seite 18 von einem Maximalbedarf von 2x5MHz per MNO ausgeht.

- Zudem nutzen die MNOs noch das 900MHz-Band für die Bereitstellung von 2G-Diensten. Aber auch hier gibt es Potenziale für eine effektivere Nutzung, denn bei jedem MNO kann von einem Maximalbedarf von aktuell 2x5MHz ausgegangen werden mit weiter sinkendem Frequenzbedarf für stark zurückgehende 2G-Verkehre.

Alle etablierten MNOs haben also noch signifikante freie Frequenz-Ressourcen an effektiv allen Standorten in Deutschland und es erscheint unwahrscheinlich, dass ein Verlust eines Teils der Frequenzen nicht durch die zurzeit weniger genutzten Frequenzen kompensiert werden kann. Dies gilt zunächst für die Mid-Bands, wo allen etablierten MNOs alternative Frequenzen zur Verfügung stehen.

Auch bei den Low-Bands erscheint ein Ersetzen des 800MHz-Bandes möglich, allerdings wird dies deutschlandweit von allen etablierten MNOs genutzt. Hier würde sich zum Beispiel der von der BNetzA angeregte Frequenztausch oder eine anderweitige Einbeziehung von 700MHz und insbesondere 900MHz anbieten, um weniger genutzte Low-Bands in die Vergabe einzubeziehen, denn von den 60-70MHz per MNO werden nur maximal 40MHz für 4G-5G genutzt und maximal 10MHz für 2G benötigt. Damit bestehen noch freie Kapazitäten bei allen MNOs in den Low-Bands, die eine Lösung in den Low-Bands auch ohne Einbeziehung des 800MHz-Bandes ermöglichen.

5. Die deutsche Netzperformance im europäischen Vergleich

Die vorherigen Kapitel zeichnen ein klares Bild der Frequenznutzung in Deutschland – trotz großer Portfolios nutzen die etablierten MNOs nur einen Teil der ihnen zur Verfügung stehenden Frequenzen. In diesem Kapitel analysieren wir die Auswirkungen dieses Trends auf die Netzqualität in Deutschland und vergleichen sie mit anderen europäischen Märkten.

Die Analyse der Netzqualität in diesem Kapitel konzentriert sich auf die wichtigsten Netzparameter, die auch schon in Kapitel 2.2 diskutiert wurden – die Netzabdeckung, die erreichten Datengeschwindigkeiten und die verfügbare Kapazität.

5.1 Netzverfügbarkeit

Eine gute Netzabdeckung ermöglicht es Kunden, die Mobilfunknetze immer dann zu nutzen, wenn sie benötigt werden. In den meisten europäischen Ländern sind im Zuge von Frequenzvergaben generelle Versorgungsverpflichtungen eingeführt worden, die eine Abdeckung von 98-99% der Bevölkerung für etablierte MNOs vorschreiben.

In Bezug auf die gemessene Bevölkerungsabdeckung gibt es also zwingend nur geringe Unterschiede zwischen europäischen Ländern – ein Benchmark der „Headline“-Zahlen in Bezug auf die Bevölkerungsabdeckung ist also für die tatsächlich erlebte Netzabdeckung der Mobilfunkkunden in einem Land nur von sekundärer Bedeutung, da die Messungen in allen Ländern ähnliche Abdeckungen suggerieren würde.

Aussagekräftiger ist es daher, die tatsächlich erlebte Netz-Verfügbarkeit zu messen und diese Messwerte zu vergleichen, um aufzuzeigen, wie effizient die Low-Bands zur Coverage eingesetzt werden. Eine solche Verfügbarkeitszahl wird von OpenSignal berechnet und im Zuge von Länderstudien regelmäßig publiziert. OpenSignal ist, genau wie Ookla, als unabhängige Expertin in Bezug auf das Durchführen von Netztests international anerkannt.

Ihre Kennzahl „Netzverfügbarkeit“ misst „wie viel Zeit Menschen an den Orten, die sie am häufigsten aufsuchen, über eine Netzwerkverbindung verfügen. Die Verfügbarkeit zeigt den Anteil der Zeit, in der alle OpenSignal-Nutzer*innen im Netzwerk eines Betreibers entweder eine 3G-, 4G- oder 5G-Verbindung hatten“²³. Die Messdaten beziehen sich auf Anfang 2023 (mit nur kleineren Unterschieden zwischen den Benchmark-Ländern). Die Resultate haben wir in Abbildung 30 zusammengefasst – während Ookla die Resultate pro Netzwerk wiedergibt, haben wir ein simples arithmetisches Mittel über alle Netzwerke berechnet, um den Durchschnittswert pro Land zu bestimmen.

Abbildung 30:
Benchmark –
Netzverfügbarkeit²⁴
[OpenSignal, Q2 2023]

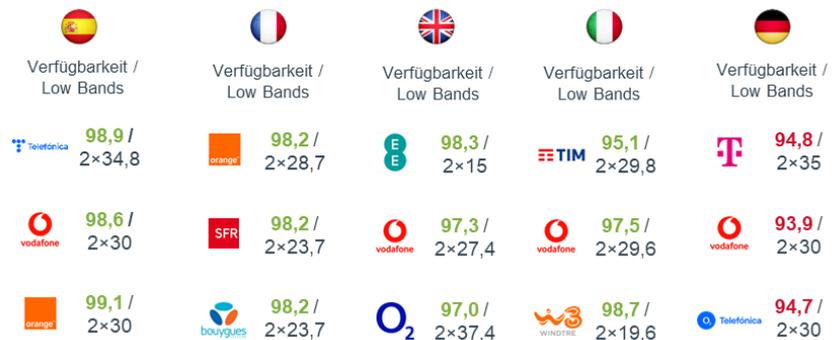


²³ OpenSignal (Mai 2023), „Deutschland – Erlebnisbericht zum Mobilfunknetz“. Abrufbar unter: <https://www.opensignal.com/de/reports/2023/05/germany/mobile-network-experience>

²⁴ Netzverfügbarkeit (Definition OpenSignal): Unsere Verfügbarkeitsmetriken messen, wie viel Zeit Menschen an den Orten, die sie am häufigsten aufsuchen, über eine Netzwerkverbindung verfügen.

Die Resultate des Benchmarks sind eindeutig. Im Vergleich mit anderen großflächigen europäischen Ländern hat Deutschland die mit Abstand schlechteste Verfügbarkeit laut OpenSignal. Somit drängt sich die Frage auf, ob es einen Zusammenhang zwischen den verfügbaren Low-Bands und der daraus resultierenden Netzverfügbarkeit gibt – die Resultate dieses Vergleichs zeigen wir in Abbildung 31 auf, die für die „Top-3“ MNOs in den fünf Benchmark-Ländern jeweils den OpenSignal-Score zur Netzabdeckung sowie die Low-Band Portfolios pro MNO auflistet.

Abbildung 31:
Netzverfügbarkeit der „Top-3“ MNOs (OpenSignal, Q2 2023)



Es ist festzustellen, dass die „Top-3“ MNOs in den anderen Ländern konsequent höhere Scores als die etablierten deutschen MNOs erzielen, teilweise auch mit deutlich niedrigeren Low-Band Portfolios. Dies bestätigt unsere Aussage in Kapitel 2.2.1, dass es bei der Netzabdeckung nicht auf die Frequenzmenge ankommt.

Die etablierten MNOs in Deutschland liefern also in Bezug auf die Netzverfügbarkeit trotz großzügiger Low-Band Portfolios keine gute Netzqualität. Interessanterweise liefern andere Business Units von Vodafone und Telefónica eine (deutlich) bessere Performance trotz ähnlicher Low-Band Ausstattung.

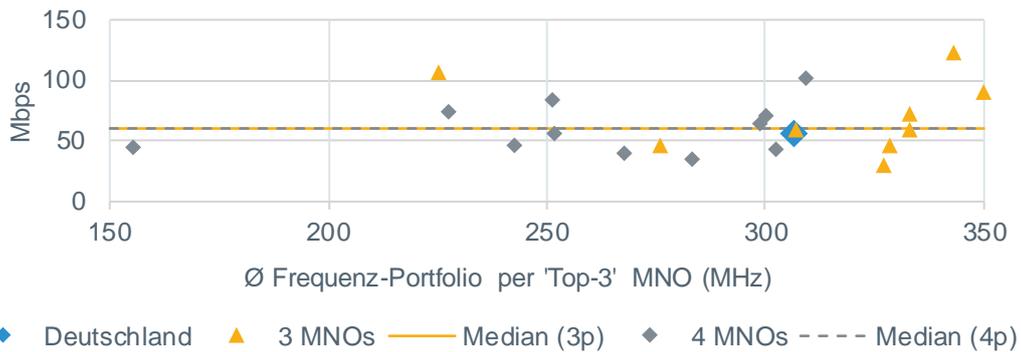
5.2 Datengeschwindigkeit

Bei Einsatz aller Frequenzen sollte ein größeres Frequenzportfolio zu höheren Datengeschwindigkeiten pro Nutzer führen. Um dies zu testen, haben wir einen Benchmark der durchschnittlich erreichten Datengeschwindigkeiten in Europa durchgeführt und diese mit den in den Ländern verfügbaren Frequenzen verglichen. Für die Herleitung der Datengeschwindigkeiten haben wir auf öffentlich verfügbare Daten von Ookla und OpenSignal zurückgegriffen.

Ookla weist die durchschnittliche Geschwindigkeit pro Land in ihrem Speedtest Global Index²⁵ auf. Im Juli 2023 wies der deutsche Markt einen Durchschnittswert von 55,3 Mbps auf und belegte damit Rang 40 im globalen Vergleich. Im europäischen Vergleich bedeutet dies einen Platz im unteren Mittelfeld. Dies ist in Abbildung 32 dargestellt, die sowohl für 3-Player-Märkte als auch für 4-Player Märkte den entsprechenden landesweiten Durchschnittswert der Datengeschwindigkeiten und zudem das durchschnittliche Gesamtfrequenzportfolio per „Top-3“ MNO darstellt.

²⁵ Ookla (2023), Speedtest Global Index, Verfügbar auf: <https://www.speedtest.net/global-index>

Abbildung 32: Vergleich Netzgeschwindigkeit: 3-Player vs 4-Player Märkte [Ookla, Juli 2023]



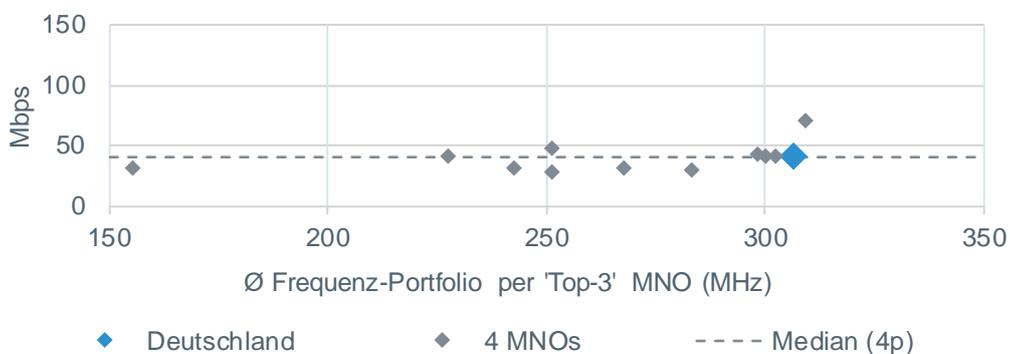
Bei Betrachtung des Benchmarks ergibt sich ein zweigeteiltes Feld in Bezug auf die Geschwindigkeiten – während viele Länder einen ähnlichen Wert wie Deutschland, (ca. 50 Mbps) vorweisen, gibt es einige Länder an der Spitze (Dänemark, Niederlande, Österreich, Norwegen, Schweden), bei denen die Durchschnittsgeschwindigkeit fast doppelt so hoch ist. Innerhalb des europäischen Benchmarks belegte Deutschland im Juli 2023 Rang 13 der 21 Länder, die im Benchmark vertreten sind.

Gleichzeitig verfügen die etablierten MNOs in Deutschland, wie bereits in Kapitel 3 aufgezeigt, über ein überdurchschnittlich großes Frequenzportfolio, vor allem für Märkte mit vier MNOs. Dieses Portfolio scheint allerdings keinen positiven Einfluss auf die angebotenen Datengeschwindigkeiten zu haben, denn in vielen Ländern mit kleineren Portfolios per MNO werden vergleichbare oder sogar höhere Datengeschwindigkeiten als in Deutschland erreicht.

Der Benchmark zeigt zudem, dass es keine messbaren Unterschiede zwischen 3-Player- und 4-Player-Märkten bei den Netzgeschwindigkeiten gibt, obwohl in den 3-Player-Märkten mehr Frequenzen je MNO zur Verfügung stehen

Ein effektiv identisches Bild zeigt sich bei einer Analyse der 4-Player Märkte durch OpenSignal. OpenSignal wählt zwar eine andere Messmethodik (Durchschnittsgeschwindigkeit statt Medianwert), was zu leicht abgeänderten Werten führt, und berichtet nur Werte für individuelle MNOs. Um einen landesweiten Wert zu ermitteln, haben wir daher die Ergebnisse per MNO gemittelt. Die Kernaussage bleibt trotz allem identisch – Deutschland liegt im Mittelfeld der 4-Player Märkte, trotz ausgezeichnetem Frequenzportfolio, wie Abbildung 33 zeigt.

Abbildung 33: Vergleich der Netzgeschwindigkeit in 4-Player Märkten [OpenSignal, 2023]



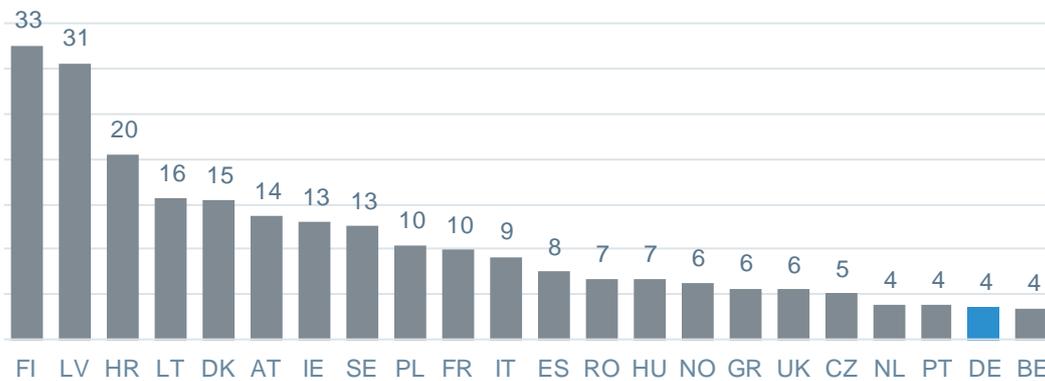
5.3 Datennutzung & Kapazität

Neben Netzabdeckung und Datengeschwindigkeiten ist auch die Bereitstellung ausreichender Kapazitäten ein wichtiger Aspekt der Netzperformance. Die Kapazität eines Netzwerks definiert sich über die verfügbare Frequenzmenge und die Anzahl der Standorte relativ zur Nachfrage der Kunden eines MNOs. Um die Nachfrage der deutschen Kunden besser zu verstehen, haben wir einen Benchmark zur monatlichen Datennutzung in Europa durchgeführt.

Dieser Benchmark basiert auf Daten, die von Tefficient veröffentlicht wurden. Tefficient ist eine bekannte Beratungs- und Forschungsfirma, die regelmäßig öffentlich verfügbare Benchmarks zur Datennutzung veröffentlicht, die sie größtenteils auf die Berichte von Regulierungsbehörden stützt.²⁶

Der Benchmark zeigt deutlich, dass deutsche Kunden eine sehr geringe Datennutzung im europäischen Vergleich haben und die MNOs in andere Länder mit ihren Netzen eine deutlich höhere Nachfrage pro Kunde (bis zu einem Faktor von ~8x) bedienen müssen.

Abbildung 34: Benchmark – Monatlicher Datenverbrauch per Nutzer [GB/Monat, Tefficient, Juli 2023]



Ein ähnliches Bild ergibt sich bei der Betrachtung der Nutzung innerhalb der verschiedenen Business Units der Mobilfunkbetreiber in Deutschland. Vodafone veröffentlicht als Teil der Quartalsberichterstattung regelmäßig Informationen zum Gesamtnetzverkehr und der Kundenzahl pro Land, woraus sich ein durchschnittlicher Verbrauch pro Kunde errechnen lässt – diesen haben wir in Abbildung 35 für die Monate April – Juni 2023 zusammengefasst. Von den acht Werten, die sich aus den Zahlen Vodafones berechnen lassen, zeigt keine andere Business Unit einen niedrigeren Datenkonsum als die deutschen Vodafone-Nutzer.

²⁶ Siehe Tefficient (25. Juli 2023), " Industry analysis #1 2023", Seite 2.

Abbildung 35: Vergleich des Datenverbrauchs in Vodafone Business Units [GB/Monat, Vodafone Investor Relations, Juli 2023²⁷]



Der Datenverbrauch der Vodafone-Kunden bestätigt die Resultate des Benchmarks von Tefficient und weist Deutschland als Land aus, in dem Nutzer nur wenige Daten nutzen.

Die etablierten MNOs verfügen also bei relativ geringer Nachfrage über große Frequenzportfolios (wie bereits aufgezeigt). Daraus folgt, dass die Netze der etablierten MNOs über vergleichbar viele freie Kapazitäten verfügen sollten – dies analysieren wir im folgenden Kapitel ausführlich.

²⁷ Analyse der Zahlen des Geschäftsberichts für das Geschäftsquartal Q1 2023 der Vodafone, das den Zeitraum April – Juni 2023 umfasst. Vodafone gibt sowohl den Netzwerk-Traffic pro Land als auch die Anzahl der Mobilfunknutzer an. Basierend auf diesen Daten haben wir eine monatliche Usage für jedes Netzwerk berechnet.

6. Ein Vergleich der Netzkapazitäten in Deutschland und Europa

Eine Zuweisung / Verlängerung von Nutzungsrechten kann gerechtfertigt sein, wenn ohne die von diesen Nutzungsrechten abhängigen Kapazitäten klare Engpässe in der Mobilfunkversorgung drohen. Solche Kapazitätsengpässe entstehen, wenn der Bedarf der Mobilfunknutzer die verfügbaren Frequenz-Ressourcen an einem Mobilfunkstandort übersteigt.

Um das Risiko der Entstehung solcher Engpässe nach der anstehenden Frequenzvergabe in Deutschland besser zu verstehen, haben wir sowohl die relativen Netzkapazitäten zwischen den deutschen MNOs als auch die Kapazitäten der etablierten MNOs in Deutschland mit den „Top-3“ MNOs in anderen 4-Player-Märkten in Europa verglichen.

6.1 Vergleich der etablierten deutschen MNOs mit 1&1

Die Kapazität eines Netzwerks hängt von der verfügbaren Frequenzmenge und der Anzahl der ertüchtigten Standorte ab. MNOs können entweder durch weitere Standorte oder durch die Akquise weiterer Frequenzen ihre absolute Netzkapazität erhöhen.

Die relative Kapazität eines Netzbetreibers bestimmt sich über das Verhältnis zwischen der verfügbaren Netzkapazität und dem erwarteten Traffic-Level eines MNOs, das wiederum von der Kundenanzahl und der durchschnittlichen Usage pro Kunde abhängt. Um die gleiche relative Netzkapazität zu erreichen, benötigt ein Betreiber mit einem geringeren Traffic-Level also eine geringere Netzkapazität als ein Betreiber mit hohem Traffic-Level.

Um die relativen Netzkapazitäten in Deutschland zu vergleichen, beziehen wir uns allerdings auf eine vereinfachte Kennzahl, nämlich die Beziehung zwischen den verfügbaren Frequenzen (als Annäherung an die verfügbare Netzkapazität) und der Kundenzahl (als Annäherung an die erwarteten Traffic-Level). Da 1&1 in den nächsten Jahren nur einen Teil Deutschlands mit einem eigenen Netz abdecken wird (um die mit dem Erwerb der 2019 erworbenen Frequenzen verbundenen Versorgungsverpflichtungen zu erreichen) würde es ein verzerrtes Bild der Netzkapazitäten liefern, wenn wir auf die Gesamtzahl an Sites schauen würden. Da 1&1 über weniger Sites verfügt, könnte ein solcher Vergleich fälschlicherweise einen Kapazitätsengpass für 1&1 suggerieren. Bei unserem Vergleich konzentrieren wir uns also auf Bereiche des Netzwerks, in denen die etablierten MNOs eine ähnliche Anzahl an Sites haben. Dies ist vor allem in innerstädtischen Bereichen der Fall, wo alle Netzbetreiber über ähnlich dichte Netzwerke verfügen (und wo auch 1&1 begonnen hat, ein engmaschiges Netz aufzubauen). Gleichzeitig sind dies auch die Bereiche, in denen die Verkehrslast am größten ist und wo die Wahrscheinlichkeit eines Auftretens von Kapazitätsengpässen am höchsten ist. Ein solch vereinfachter Vergleich wird also sehr hilfreiche Aufschlüsse über die relativen Kapazitäten der MNOs an Hot Spots, basierend auf den heutigen Frequenzportfolios, geben.

Auch in Bezug auf die Traffic-Last nutzen wir durch den alleinigen Blick auf die Kundenzahlen eine vereinfachte Methodik. Uns liegen keine öffentlich zugänglichen Zahlen über Unterschiede in der Usage zwischen den MNOs in Deutschland vor – es ist bei den niedrigen Datenverbräuchen in Deutschland (siehe auch Kapitel 5.3) nicht davon auszugehen, dass es signifikante Unterschiede zwischen den Usage-Leveln der MNOs gibt.

Die Frequenzportfolios der MNOs haben wir bereits in Kapitel 3.1 besprochen – insgesamt haben die Deutsche Telekom und Vodafone jeweils Zugang zu 325MHz, Telefónica hat Zugang zu 270MHz und 1&1 Zugang zu 70MHz. Allerdings sind dies die Gesamtportfolios der Netzbetreiber – für die Betrachtung der Kapazitäten ist ein Vergleich der zur Verfügung stehenden Downlink-Kapazitäten instruktiver. Um diese zu berechnen, haben wir gepaarte FDD-Frequenzen nur zu 50% gewertet, ungepaarte SDL-Frequenzen wie das 1500MHz-Band zu 100% und ungepaarte TDD-Frequenzen zu 75% (da in den üblichen TDD Frame Structures ca. $\frac{3}{4}$ der verfügbaren Slots für Downlink genutzt

werden). Daraus ergibt sich für die Deutsche Telekom ein Downlink-Portfolio von ca. 196MHz, für Vodafone 201MHz, für Telefónica 158MHz und für 1&1 48MHz.

Die Bundesnetzagentur vermerkt in ihrem Jahresbericht, dass es insgesamt 104,4 Millionen Mobilfunkkunden im Jahr 2022 gab.²⁸ In dieser Zahl sind, laut der am Kapitalmarkt veröffentlichten Informationen, rund 12 Millionen Kunden von 1&1 enthalten²⁹. Telefónica veröffentlichte für 2022 einen Kundenbestand von insgesamt 44 Millionen Kunden³⁰. Unter der vereinfachten Annahme, dass alle Wholesale-Kunden von 1&1 auf dem Netz der Telefónica sind³¹ und der zusätzlichen Subtraktion von 1,7 Millionen M2M-Kunden, die in der Telefónica Gesamtzahl ebenfalls enthalten sind, verbleiben bei Telefónica ca. 31 Millionen Mobilfunkkunden. Wir gehen zudem davon aus, dass in diesen Zahlen zudem inaktive Prepaid-Kunden enthalten sind, die im Bericht der Bundesnetzagentur nicht gezählt werden. Unter der Annahme, dass der Anteil an solchen Kunden ca. 10% der Gesamtkundenzahl ist, verbleiben knapp 28 Millionen Kunden für Telefónica. Die verbliebenen ca. 64 Millionen Kunden entfallen auf die Deutsche Telekom und Vodafone. Vodafone meldet knapp 32 Millionen Kunden in ihrem Jahresbericht für Dezember 2022³², womit die verbleibenden 32 Millionen Kunden auf die Deutsche Telekom entfallen würden. Daraus resultiert ein Marktbild, in dem die etablierten MNOs sehr ähnliche Kundenzahlen haben – dies deckt sich mit unserem Verständnis der aktuellen Marktdynamik in Deutschland.

Basierend auf diesen Annahmen haben wir einen Kapazitätskoeffizienten (MHz per Millionen Kunden) für jeden MNO berechnet und diesen relativ zum Marktdurchschnitt gesetzt – diese Berechnungen sind in Abbildung 36 unten zusammengefasst.

Abbildung 36:
Berechnung
der relativen
Netz-
Kapazitäten
per MNO

MNO	Kunden (Millionen)	Downlink Frequenzen (MHz)	Kapazität (DL MHz / Mio Kunden)	Koeffizient (MNO / Durchschnitt)
Deutsche Telekom	~32	196	6,1	105%
Vodafone	~32	201	6,3	109%
Telefónica	~28	158	5,6	97%
1&1	~12	48	4,0	69%
Gesamt	~104	603	5,8	100%

Der von uns berechnete Koeffizient illustriert, auf hohem Level, die relativen Kapazitäten per MNO. Bei einem Vergleich dieser Koeffizienten (siehe Abbildung 37) fällt auf, dass die etablierten MNOs eine deutlich bessere Position als 1&1 haben. Bei knapp 12% Marktanteil hält 1&1 weit weniger als 10% der Downlink-Frequenzen. Es leitet sich bei einem MNO durch Marktanteil kein Anspruch auf Frequenzen ab (denn ein Neueinsteiger braucht mehr als einen minimalen Anteil der Frequenzen auch ohne

²⁸ Bundesnetzagentur (2. Juni 2023), „Jahresbericht Telekommunikation 2022“

²⁹ 1&1 829. März 2023), „Bericht über die Lage der Gesellschaft und des Konzerns Jahresabschluss“. Abrufbar unter: <https://www.1und1.ag/investor-relations>

³⁰ Telefónica O2 Germany (16. Februar 2023), „Telefónica Deutschland Holding AG“. Abrufbar unter: <https://www.telefonica.de/investor-relations-en/annual-report.html>

³¹ Vereinfachte Annahme. Der Großteil der Kunden von 1&1 nutzt heute das Netz von Telefónica, wie auch in den Nachrichten zum Wechsel des National Roaming Partners von 1&1 berichtet, siehe: <https://www.handelsblatt.com/technik/it-internet/telefonica-deutschland-o2-steht-nach-1und1-deal-mit-vodafone-unter-schock-/29334812.html>

³² Vodafone Group (16. Mai 2023), „Additional Information FY 2023“. Abrufbar unter: <https://investors.vodafone.com/reports-information/latest-annual-results>

Kunden), aber die Kapazität von 1&1 beträgt bereits heute weniger als 70% der Kapazität der etablierten MNOs. Beim Markteintritt ist 1&1 also in einer deutlich schwächeren Situation als die etablierten MNOs.

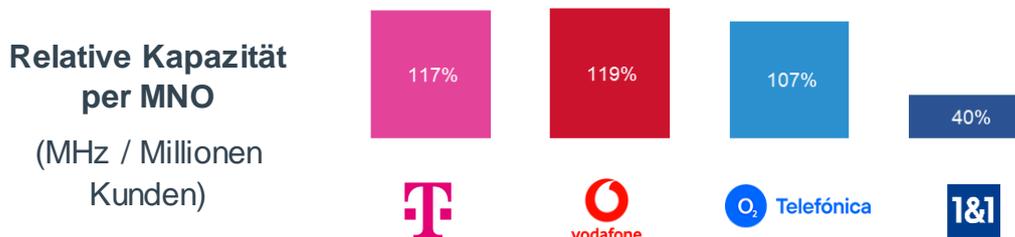
Abbildung 37: Vergleich der relativen MNO-Kapazitäten



Dies ist eine einmalige Situation in Europa, denn typischerweise zeichnen sich Neueinsteiger durch sehr hohe relative Kapazitäten aus, die sie nutzen können, um erfolgreich in den Wettbewerb mit den etablierten MNOs einzutreten. Ohne die Option weitere Frequenzen zu ersteigern, wird 1&1 diese Möglichkeit bereits beim Markteintritt genommen.

Noch bedenklicher wirkt die Lage, wenn man eine zukünftige Marktsituation simuliert, in der 1&1 versucht, den Marktanteil zu erhöhen und einen Marktanteil von beispielsweise 20% anstrebt. In einer solchen Situation ist festzustellen, dass 1&1 im Vergleich zu den etablierten MNOs über nur rund 40% der Kapazität verfügen würde (siehe Abbildung 38). Es ist daher für 1&1 essenziell, weitere Frequenzen zu erhalten, wenn man kurzfristig wettbewerbs- und wachstumsfähig sein möchte und in den nächsten Jahren den Wettbewerb im deutschen Markt beleben soll.

Abbildung 38: Langfristige MNO-Kapazitäten, wenn 1&1 einen Marktanteil von 20% anstrebt



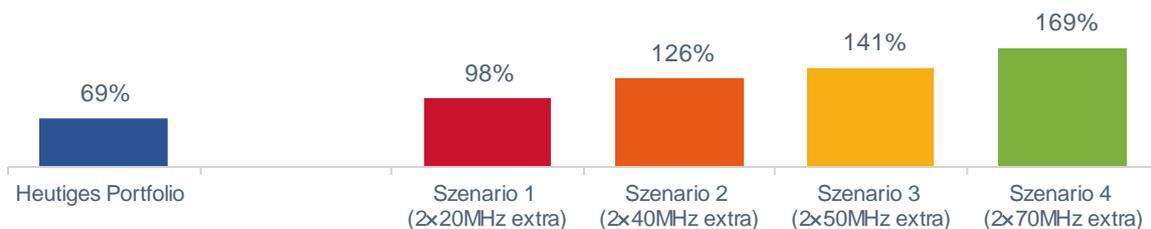
Basierend auf dieser Analyse lässt sich schnell feststellen, dass 1&1 mit dem aktuellen Frequenzportfolio nicht nachhaltig wettbewerbsfähig ist und die Möglichkeit, weitere Frequenznutzungsrechte zu erwerben, absolut essenziell für 1&1 ist. Es kann davon ausgegangen werden, dass die anstehende Vergabe von ab 1.1.2026 nutzbaren Frequenzen von vorneherein in den Planungen von 1&1 eine wichtige Rolle gespielt hat, um das eigene Frequenzportfolio weiter zu ergänzen. Mit einer Verlängerung der Frequenzen für die etablierten MNOs um 5 Jahre ab 01.01.2026, wird 1&1 in den nächsten 7 Jahren die Möglichkeit genommen effektiv zu konkurrieren.

Um die Auswirkungen einer alternativen Entscheidung der BNetzA zur Frequenzverlängerung aufzuzeigen, haben wir verschiedene Szenarien simuliert, bei denen 1&1 im Zuge einer offenen und diskriminierungsfreien Vergabe weitere Frequenzen ab 2026 zugewiesen bekommt (zum Beispiel über die erfolgreiche Teilnahme in einer Auktion), um über ein wettbewerbsfähigeres Frequenzportfolio zu verfügen. Insgesamt haben wir vier Szenarien simuliert:

- **Szenario 1:** 1&1 erhält Zugriff auf **zusätzliche 2x20MHz** in den Low- und Mid-Bands. Dies entspräche knapp 13% der verfügbaren Frequenzen in der anstehenden Vergabe. 1&1 würde dann über 11% der Gesamtfrequenzen in Deutschland verfügen.
- **Szenario 2:** 1&1 erhält Zugriff auf **zusätzliche 2x40MHz** in den Low- und Mid-Bands. Dies entspräche knapp einem Viertel der verfügbaren Frequenzen in der anstehenden Vergabe. 1&1 würde dann über 15% der Gesamtfrequenzen in Deutschland verfügen.
- **Szenario 3:** 1&1 erhält Zugriff auf **zusätzliche 2x50MHz** in den Low- und Mid-Bands. Dies entspräche einem Drittel der verfügbaren Frequenzen in der anstehenden Vergabe. 1&1 würde dann über 17% der Gesamtfrequenzen in Deutschland verfügen.
- **Szenario 4:** 1&1 erhält Zugriff auf **zusätzliche 2x70MHz** in den Low- und Mid-Bands. Dies entspräche fast der Hälfte der verfügbaren Frequenzen in der anstehenden Vergabe. 1&1 würde dann über 21% der Gesamtfrequenzen in Deutschland verfügen.

Wie Abbildung 39 zeigt, ist Szenario 1 ein Szenario, dass es 1&1 erlaubt, zumindest dem aktuellen Kundenstamm eine vergleichbare Netzkapazität im Vergleich zu den bestehenden MNOs anbieten zu können. Damit 1&1 aber ausreichende Kapazitäten hat, um den Kundenstamm in den nächsten Jahren zu erweitern, sind zusätzliche Frequenzen, wie in den Szenarien 2 - 4 beschrieben, nötig.

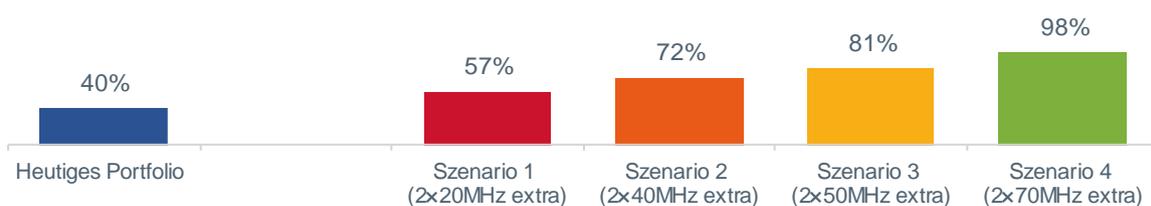
Abbildung 39: Relative Netzkapazität 1&1 in verschiedenen Szenarien bei Marktanteil von 20%



Szenario 4 kann auf den ersten Blick sicherlich als ein extremes Szenario empfunden werden – dass einem Neueinsteiger fast die Hälfte der verfügbaren Frequenzen zugewiesen werden, wäre ein Novum in europäischen Frequenzauktionen dieser Größenordnung. Gleichzeitig hielte 1&1 selbst in diesem Szenario nur knapp ein Fünftel der Gesamtfrequenzen in Deutschland – dieses Szenario verdeutlicht daher, wie klein das momentane Portfolio von 1&1 im Vergleich zu den etablierten MNOs ist und wie viele Frequenzen 1&1 in den anstehenden Vergaben erwerben muss, um wettbewerbsfähig zu werden.

Dies wird auch bei einem Blick auf Abbildung 40 deutlich, die die Kapazitätsentwicklung von 1&1 unter den verschiedenen Frequenzszenarien aufzeigt, wenn 1&1 langfristig einen Marktanteil von zumindest 20% anstrebt. Nur in Szenario 4 würde 1&1 dann eine dem Marktdurchschnitt ähnelnde relative Netzkapazität zur Verfügung stehen. In allen weiteren Szenarien wäre 1&1 weiterhin gegenüber den etablierten MNOs deutlich im Nachteil.

Abbildung 40: Relative Netzkapazität 1&1 in verschiedenen Szenarien bei Marktanteil von 20%



In dieser Analyse hat sich deutlich gezeigt, dass eine Frequenzverlängerung einen signifikanten Einfluss auf die Dynamiken im deutschen Mobilfunkmarkt haben könnte. 1&1 ist bereits heute deutlich gegenüber den etablierten MNO in einem Kapazitätsnachteil. Ohne weitere Frequenzen wird es für 1&1 nicht nur äußerst schwierig, weitere Kunden zu versorgen, es besteht – im Gegensatz zu den etablierten MNOs – sogar ein Kontinuitätsrisiko und die reelle Möglichkeit, bestehende Kunden an die etablierten MNOs zu verlieren. Dies verdeutlicht die Risiken einer Verlängerung der Frequenznutzungsrechte für den deutschen Mobilfunkmarkt.

6.2 Die etablierten Netzbetreiber im europäischen Vergleich

Neben einem Vergleich der relativen Kapazitäten zwischen den MNOs in Deutschland haben wir auch einen Vergleich der „Top-3“ MNOs in Deutschland mit ihren Peers in Europa angestrebt. Auch wenn wir die Risiken einer Frequenzverlängerung und der daraus resultierenden Kapazitätsengpässe für 1&1 im vorherigen Kapitel aufgezeigt haben, könnte es bei einer niedrigen Kapazität im internationalen Vergleich Gründe dafür geben, zumindest Teile der Frequenzen zu verlängern, um ein weiteres Usage-Wachstum und die damit einhergehende steigende Digitalisierung der Bevölkerung durch entsprechende Frequenzregulierung besser unterstützen zu können.

Im innerdeutschen Vergleich haben wir uns auf eine vereinfachte Kennzahl beschränkt, unter der Annahme einer vergleichbaren Site-Dichte zwischen den deutschen MNOs und einer ähnlichen Usage je Kunde. Bei einem europäischen Vergleich halten diese Annahmen nicht mehr – vor allem in Bezug auf die Usage je Kunde gibt es enorme Unterschiede zwischen den Ländern, die sich dann wiederum auf die relativen Netzkapazitäten auswirken.

Wir haben daher Daten bezüglich der Frequenzportfolios, Standorte, Kundenzahlen und Usage-Leveln für die europäischen Ländern recherchiert. In Annex A stellen wir weitere Information über unsere Herangehensweise, die gesammelten Informationen und unsere Datenquellen zur Verfügung.

Vor allem in Bezug auf die Kundenzahlen ist es schwierig, vergleichbare Informationen zwischen den Ländern zu erhalten (z.B. in Bezug auf die Methodik, die bei der Erfassung von Prepaid-Kunden angewendet wird). Gleichzeitig zeichnen sich alle Länder in Europa durch eine hohe Penetration von Mobilfunkdiensten mit durchschnittlich über einem Vertrag je Einwohner aus. Daher haben wir vereinfacht auf die Bevölkerung als Vergleichswert für die Kundenzahl geschaut.

Zudem entspricht es einer Best-Practice Herangehensweise, bei Vergleichen zwischen Ländern auf normierte Kennzahlen zu schauen. Ein Land mit hoher Bevölkerung, wird typischerweise mehr Traffic, aber auch mehr Sites haben als ein kleineres Land. Um die einzelnen Faktoren unserer Berechnungen auf aussagekräftige Weise vergleichen zu können, haben wir also drei normierte Kennzahlen erstellt:

- Die **Frequenzmenge – in Downlink (DL) MHz, wie in Kapitel 6.1 beschrieben** – als erster Faktor, der die Netz-Kapazität bestimmt
- Die **relative Site-Dichte (in Sites / Millionen Einwohner)**, als zweiter Faktor, der die Netz-Kapazität bestimmen.
- Die **Usage pro Kunde**, als Haupttreiber der Nachfrage auf den Netzen der MNOs.

Wie bereits in den Kapiteln 3.2 und 5 haben wir auch in dieser Analyse auf den Durchschnittswert für die „Top-3“ MNOs in 4-Player-Märkten in Europa geschaut, um einen vergleichbaren Wert zu den Kennzahlen der etablierten MNOs in Deutschland zu entwickeln. Ein Land, in dem die MNOs über eine hohe Frequenzmenge und/oder eine hohe Site-Dichte verfügen, hat also eine hohe absolute Netzkapazität. Wie hoch die relative Netzkapazität ist, hängt dann vom Verhältnis dieser absoluten Netzkapazität und der Usage pro Kunde ab.

Die wichtigsten Kennzahlen für unsere Analyse haben wir in Abbildung 41 zusammengefasst. Wie bereits aus den obigen Kapiteln ersichtlich, verfügen die etablierten MNOs in Deutschland über eine

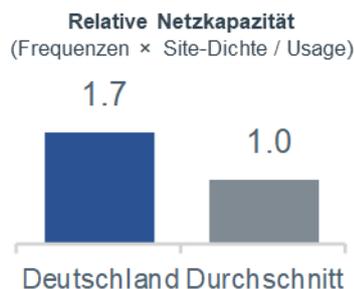
höhere Frequenzausstattung als der durchschnittliche „Top-3“ MNO in Europa – insgesamt knapp 20MHz für den Downlink per MNO. Die Netzdichte in Deutschland ist etwas unter dem europäischen Durchschnitt – diese beiden Faktoren gleichen sich also aus und sorgen für einen durchschnittlichen Kapazitätswert.

Abbildung 41:
Relative Netzkapazität
– Vergleich der
Kennzahlen



Gleichzeitig ist aber die Nachfrage in Deutschland weitaus geringer als im europäischen Durchschnitt, wie wir auch schon in Kapitel 5.3 besprochen haben. Daraus folgt, dass die etablierten MNOs in Deutschland über eine überdurchschnittlich hohe relative Netz-Kapazität verfügen, die, wie in Abbildung 42 dargestellt, ca. 70% höher als die durchschnittliche Kapazität der „Top-3“ MNOs in europäischen 4-Player-Märkten ist.

Abbildung 42:
Relative Netzkapazität
der etablierten MNOs
in Deutschland im
Vergleich zu Peers in
europäischen 4-
Player-Märkten

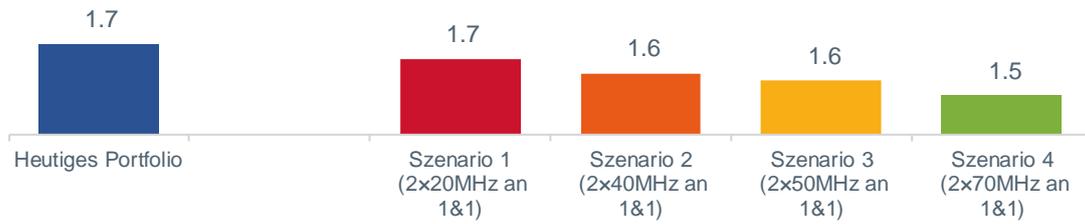


Wie auch in Kapitel 6.1 haben wir die Entwicklung der relativen Netzkapazität in vier verschiedenen Szenarien betrachtet, die verschiedene Situationen nach der anstehenden Frequenzvergabe simulieren sollen:

- **Szenario 1:** 1&1 erhält Zugriff auf **zusätzliche 2×20MHz** in den Low- und Mid-Bands. Dies entspräche knapp 13% der verfügbaren Frequenzen in der anstehenden Vergabe. 1&1 würde dann über 11% der Gesamtfrequenzen in Deutschland verfügen.
- **Szenario 2:** 1&1 erhält Zugriff auf **zusätzliche 2×40MHz** in den Low- und Mid-Bands. Dies entspräche knapp einem Viertel der verfügbaren Frequenzen in der anstehenden Vergabe. 1&1 würde dann über 15% der Gesamtfrequenzen in Deutschland verfügen.
- **Szenario 3:** 1&1 erhält Zugriff auf **zusätzliche 2×50MHz** in den Low- und Mid-Bands. Dies entspräche einem Drittel der verfügbaren Frequenzen in der anstehenden Vergabe. 1&1 würde dann über 17% der Gesamtfrequenzen in Deutschland verfügen.
- **Szenario 4:** 1&1 erhält Zugriff auf **zusätzliche 2×70MHz** in den Low- und Mid-Bands. Dies entspräche fast der Hälfte der verfügbaren Frequenzen in der anstehenden Vergabe. 1&1 würde dann über 21% der Gesamtfrequenzen in Deutschland verfügen.

Die Ergebnisse dieser Analyse sind in der folgenden Abbildung 43 zusammengefasst.

Abbildung 43: Szenarien-Analyse – Entwicklung der relativen Netzkapazität der etablierten MNOs in Deutschland im Vergleich mit europäischen Peers



Die Analyse bestätigt die Feststellungen, die wir bereits in den vorherigen Kapiteln getroffen haben – selbst bei einer Abgabe von bis zu 2x70MHz an 1&1 verfügen die MNOs in Deutschland noch stets über ausreichende Frequenzen, um auch im internationalen Vergleich nicht ins Hintertreffen zu geraten, denn selbst in Szenario 4 ist die Netzkapazität der etablierten MNOs noch ca. 50% höher als die durchschnittliche Kapazität der europäischen Benchmark-MNOs.

7. Analyse der Aussagen der MNOs

In den verschiedenen Konsultationen und öffentlicher Berichterstattung der letzten Jahre wurden von den etablierten MNOs wiederholt bestimmte Aussagen zu Kernprinzipien gemacht, die angeblich für die anstehende Frequenzvergabe gelten sollen:

- Vodafone (2021)³³: „Die momentan verfügbaren Flächenfrequenzen reichen nur, um drei Netze zu bauen.“
- Deutsche Telekom (2022)³⁴: „Eine Zuteilung von Bestandsfrequenzen an den neuen Betreiber wird daher die Qualität der deutschen Netze verschlechtern.“
- Telefónica (2022)³⁵: „Auch mit Blick auf die sozio-ökonomische Effizienz würde eine Neuallokation zu Verschlechterungen führen...“
- Telefónica (2021)³⁶: „Ein Verlust der bestehenden Frequenznutzungsrechte seitens eines bundesweiten Mobilfunknetzbetreibers würde zwangsläufig eine Verfehlung der Auflagen [...] bewirken.“
- Telefónica (2021)³⁷: „Sollte der Wiedererwerb der 800MHz-Frequenzen nicht vollständig gelingen, so würde die LTE-Mobilfunkversorgung teilweise sogar komplett wegfallen“

Eine Analyse dieser Statements ist im Zusammenhang mit dem momentanen Vorschlag der BNetzA essenziell – denn wenn diese Statements im Kern korrekt sind, dann folgt daraus, dass eine Verlängerung der Frequenzrechte sinnvoll sein könnte. Wenn diese Statements hingegen nicht zutreffen, dann spricht dies für die Weiterführung der bisherigen Praxis der diskriminierungsfreien und wettbewerbsoffenen Frequenzvergaben.

7.1 Die Low-Band-Frequenzen reichen für vier Mobilfunknetze

In einem Interview mit dem Redaktionsnetzwerk Deutschland am 9. August 2021 tätigte der damalige CEO der Vodafone Deutschland, Hannes Ametsreiter, folgende Aussage³³:

„Das Problem: Die momentan verfügbaren Flächenfrequenzen reichen nur, um drei Netze zu bauen. Es gäbe aber vier Unternehmen, die bieten.“

Zurecht wird hier darauf hingewiesen, dass es bei einer 800MHz-Auktion zu einem teuren Bieterwettstreit kommen könnte, so wie es in der Auktion 2010 der Fall war. Die 800MHz-Frequenzen werden von den etablierten MNOs weitflächig genutzt und gleichzeitig benötigt 1&1 als Neueinsteiger dringend Zugang zu Low-Bands, um ein wettbewerbsfähiges und kosteneffizientes Mobilfunknetz aufzubauen. Da aber nur 2x30MHz verfügbar sind und gegebenenfalls alle vier Bieter mindestens 2x10MHz ersteigern wollen, entsteht Frequenzknappheit, die mit großer Wahrscheinlichkeit zu hohen Preisen für die Frequenzen führt.

Gleichzeitig ist aber festzuhalten, dass diese Aussage durchaus missverständlich ist, denn die zurzeit in Deutschland verfügbaren Flächenfrequenzen sind mehr als ausreichend, um vier Mobilfunknetze zu

³³ Hannes Ametsreiter (damals CEO Vodafone Deutschland) in rnd am 10.08.2021

³⁴ Stellungnahme der Deutschen Telekom zum „Positionspapier 2022“, Seite 5.

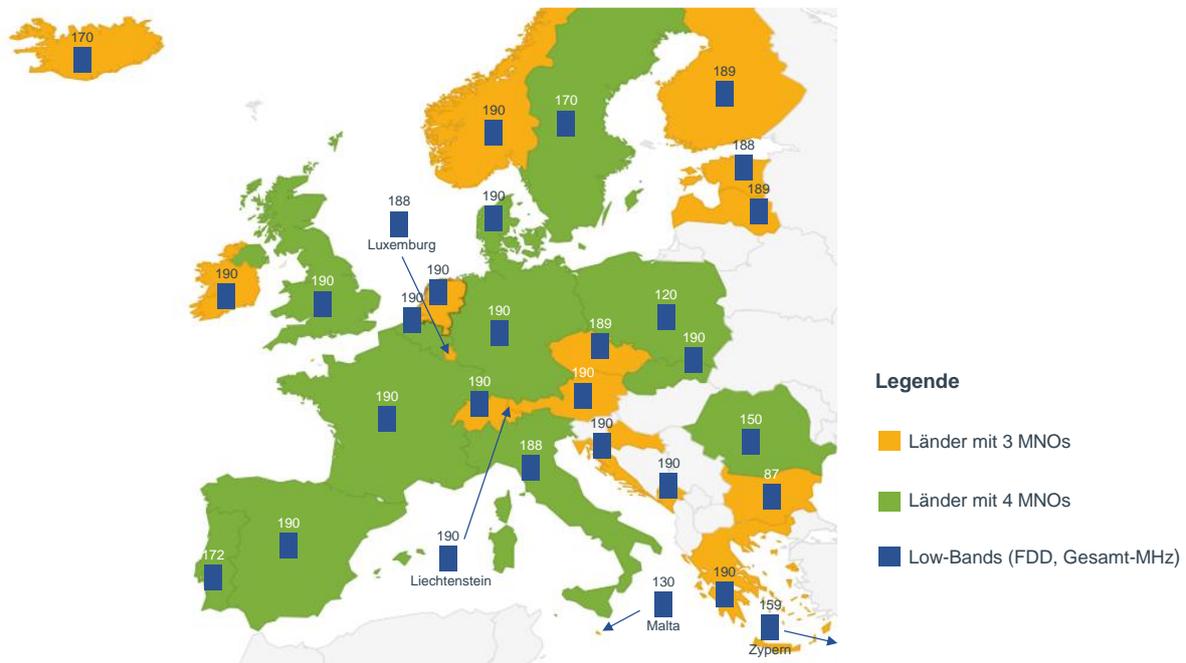
³⁵ Stellungnahme der Telefónica zum „Positionspapier 2022“, Seite 4

³⁶ Stellungnahme der Telefónica zum „Szenarienpapier 2021“, Seite 6

³⁷ Stellungnahme der Telefónica zum „Szenarienpapier 2021“, Seite 17

bauen. Wie bereits in Kapitel 3 aufgezeigt wurde und in Abbildung 44 unten noch einmal wiederholt wird, sind sowohl in Deutschland als auch in den meisten europäischen Ländern mit 4 MNOs heute knapp 190MHz (2x95MHz) in den Low-Bands vergeben (700, 800 und 900 MHz).

Abbildung 44: Marktstruktur und Low-Band Verfügbarkeit in Europa [Aetha, 2023]



In Deutschland sind alle Low-Bands exklusiv an die etablierten MNOs vergeben, in anderen 4-Player Märkten ist die Verteilung ausgeglichener. Daher verfügen die etablierten MNOs in Deutschland über 38MHz (2x19MHz) mehr in den Low-Bands als die „Top-3“ MNOs in anderen 4-Player Märkten, wie in Kapitel 3.2 hergeleitet. Somit könnten die etablierten MNOs in Deutschland auch nach Abgabe von insgesamt 20 – 40MHz (also 2x10 – 2x20MHz) in den Low-Bands noch stets auf eine vergleichbare Ausstattung wie ihre europäischen Peers zurückgreifen.

Zudem werden viele der Frequenzen im Bereich 700MHz und 900MHz Stand heute von den etablierten MNOs nicht genutzt, wie in Kapitel 4 aufgezeigt. Wenn es tatsächlich nicht ausreichend Low-Bands gäbe, dann müssten die MNOs ja alle Low-Band Frequenzen auf einem Großteil ihrer Standorte nutzen. Da dies nicht der Fall ist, wären die Kosten einer Umverteilung der Low-Bands in diesen zwei Frequenzbändern deutlich geringer als im 800MHz-Band.

In Bezug auf die Verfügbarkeit von Low-Bands in Deutschland lässt sich also Folgendes feststellen:

- In den Low-Bands gibt es in Deutschland ausreichend Frequenzen für 4 MNOs.
- Eine effiziente Lösung des Engpasses im 800MHz-Band ist bei Berücksichtigung der 700MHz- und 900MHz-Bänder in der Vergabeentscheidung möglich.

7.2 Eine Zuteilung an den Neueinsteiger verschlechtert die Netzqualität nicht

Im Zuge der Stellungnahme zum „Positionspapier 2022“ machte die Deutsche Telekom³⁴ folgende Aussage:

„Es ist davon auszugehen, dass die Netzabdeckung des neuen Netzbetreibers gemessen an

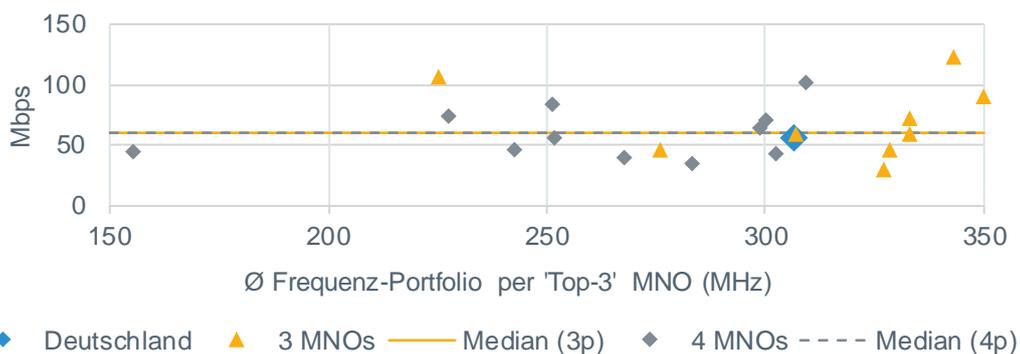
der Anzahl an Mobilfunkstandorten in 2026 deutlich unterhalb der Abdeckung der etablierten Betreiber liegen wird. Eine Zuteilung von Bestandsfrequenzen an den neuen Betreiber wird daher die Qualität der deutschen Netze verschlechtern und, insbesondere in ländlichen Gebieten, die Kundenerfahrung deutlich mindern...“

Diese Aussagen sind nicht belegbar.

Zum einen hat unsere Analyse in Kapitel 4, basierend auf Netzmessdaten von Ookla, gezeigt, dass es einige Frequenzbänder gibt, die in Deutschland nur sehr begrenzt genutzt werden. Dies beinhaltet unter anderem das 2600MHz-Band, das Teil der anstehenden Vergabe ist. Da 1&1 diese Frequenzen zurzeit ausbaut (basierend auf der Frequenzleihe mit Telefónica), würde eine Vergabe an 1&1 die Nutzung nicht mindern. Im Gegenteil, es ist davon auszugehen, dass eine Vergabe heute ungenutzter Frequenzen an 1&1 die Frequenznutzung in Deutschland sogar deutlich erhöhen würde. Das Gleiche dürfte auch für die heute wenig genutzten Teile des 700MHz- und 900MHz-Bereiches gelten, die bei einer Vergabe an 1&1 intensiver genutzt werden könnten.

Zum anderen hat unser Benchmark der europäischen Netzqualität gezeigt, dass andere MNOs auch mit deutlich kleineren Frequenzportfolios eine vergleichbare Netzqualität erreichen, wie auch in Abbildung 45 unten noch einmal dargestellt.

Abbildung 45: Benchmark – Mediane Downlink-Geschwindigkeit [Ookla, 2023]



Ein Benchmark der Netzqualität in Europa zeigt keine signifikanten Unterschiede zwischen 3-Player-Märkten und 4-Player Märkten und auch keinen direkten Zusammenhang zwischen Performance und verfügbarer Frequenzmenge. MNOs mit deutlich weniger Frequenzen erreichen die gleiche oder zum Teil auch (deutlich) bessere Performance als die deutschen MNOs. Es ist also nicht belegbar, dass eine Vergabe an den Neueinsteiger zu einer Verschlechterung der Netzqualität in Deutschland führen würde.

Zusammenfassend lässt sich feststellen:

- Eine diskriminierungsfreie Vergabe des 2600MHz-Bandes könnte die Effizienz der Frequenznutzung in Deutschland erhöhen. Gleiches gilt auch für Teile des 700MHz-/900MHz-Bandes.
- Europäische MNOs mit deutlich weniger Frequenzen erreichen die gleiche oder bessere Netzqualität als die etablierten MNOs in Deutschland. Eine Vergabe von Frequenzen an 1&1 führt also erwartbar nicht zu einer Verschlechterung der Netzqualität.

7.3 Eine Zuteilung an 1&1 verschlechtert die Effizienz der Nutzung nicht

In ihrer Stellungnahme zum „Positionspapier 2022“ stellte Telefónica³⁵ folgendes fest:

„Auch mit Blick auf die sozio-ökonomische Effizienz würde eine Neuallokation zu Verschlechterungen führen, da 1&1 über deutlich weniger Kundinnen verfügt als die bundesweiten Mobilfunknetzbetreiberinnen.“

Diese Aussage ist falsch.

Wie bereits in Kapitel 6.1 erläutert, hat 1&1 bereits heute weniger relative Netzkapazität als die bestehenden MNOs. Auch wenn 1&1 über weniger Kunden als die etablierten MNOs verfügt, so ist das Frequenzportfolio von 1&1 überproportional kleiner als die Kundenzahl, so dass effektiv ein Kapazitätsengpass für 1&1 entsteht. Das heißt, dass 1&1 weitere Frequenzen benötigt, um beim bestehenden Kundenstamm wenigstens auf Augenhöhe mit den etablierten MNOs operieren zu können. Ohne weitere Frequenzen wird es 1&1 hingegen nicht möglich sein, mit den bestehenden MNOs in den Wettbewerb zu treten. Dies zeigt sich auch in Abbildung 46, die den in Kapitel 6.1 hergeleiteten Kapazitätsvergleich zwischen den etablierten MNOs und 1&1 zusammenfasst und zeigt, dass 1&1 bereits heute nur 69% der durchschnittlichen Kapazität eines in Deutschland etablierten MNOs hat.

Abbildung 46: Vergleich der relativen MNO-Kapazitäten



Zudem wurde in Kapitel 4 festgestellt, dass die etablierten MNOs Teile ihrer Frequenzen heute nicht nutzen – im Gegensatz dazu nutzt 1&1 die von Telefónica bis Ende 2025 gemieteten Frequenzen im 2600MHz-Band (2100MHz ab 2026) sowie die eigenen Frequenzen im 3500MHz-Band auf nahezu allen Mobilfunkstandorten. Ähnliche Rollouts wären bei 1&1 auch in den Low-Bands zu erwarten, d.h. eine Vergabe weiterer Frequenzen an 1&1 könnte die Effizienz der Frequenznutzung sowohl in den Mid-Bands als auch in den Low-Bands langfristig erhöhen.

Die sozio-ökonomische Effizienz der Frequenznutzung in Deutschland ist durch die Vergabe von Frequenzen an 1&1 also nicht gefährdet:

- **1&1 befindet sich bereits heute, trotz geringerer Kundenzahl, im Kapazitäts-Nachteil gegenüber den etablierten MNOs.**
- **Eine Vergabe heute wenig genutzter / ungenutzter Frequenzen an 1&1 würde die Effizienz der Frequenznutzung in Deutschland daher sogar potenziell signifikant erhöhen.**

7.4 Die etablierten MNOs können Auflagen auch mit weniger Frequenzen erfüllen

Zum Thema der Versorgungsaufgabe äußerte sich Telefónica im Zuge der Stellungnahme zum „Szenarienpapier 2021“³⁶:

„Ein Verlust der bestehenden Frequenznutzungsrechte seitens eines bundesweiten Mobilfunknetzbetreibers würde zwangsläufig eine Verfehlung der Auflagen ... bewirken.“

Basierend auf unserem Verständnis der Versorgungsaufgaben ist dies äußerst unwahrscheinlich.

Die Versorgungsaufgaben der Bundesnetzagentur verfügen, dass Mobilfunkbetreiber bis zu 100 Mbps per Antennensektor auf Standorten bereitstellen müssen, die zur Erfüllung der Versorgungsaufgaben herangezogen werden.

Wie bereits in Kapitel 3.1 analysiert, verfügen die etablierten MNOs in Deutschland jeweils über mindestens 60MHz (2x30MHz) in den Low-Bands, wovon 20MHz (2x10MHz) im 800MHz-Band sind. Selbst bei vollständigem Verlust der 800MHz-Frequenzen stünden jedem der etablierten MNOs noch mindestens 40MHz (2x20MHz) in den Low-Bands zur Verfügung.

Nach unseren Berechnungen sind 40MHz in den Low-Bands ausreichend, um die Versorgungsaufgaben zu erfüllen – dies deckt sich mit den Resultaten aus Kapitel 4, die zeigen, dass die etablierten MNOs maximal 40MHz (2x20MHz) in den Low-Bands weitflächig nutzen und damit offenkundig ihre Versorgungsverpflichtungen erfüllen. Wichtig ist hier die spektrale Effizienz, die zur Berechnung der Versorgungsaufgaben herangezogen wird. Die spektrale Effizienz stellt die Bandbreite in Mbps dar, die pro installiertem MHz erreicht werden kann. Es gibt mehrere Richtwerte für die spektrale Effizienz, die sich auf die Nutzerzahl und erreichte Signalqualität beziehen.

Die Peak-Bandbreite repräsentiert die maximale spektrale Effizienz, die bei optimalen Zellbedingungen erreicht werden kann, also wenn ein einzelner Nutzer die Zelle ohne Interferenzen nutzen kann. Abbildung 47 unten zeigt die Peak-Datenraten, die von verschiedenen Mobilfunkbetreibern nach Netztests veröffentlicht wurden. A1 Austria erreichte eine spektrale Effizienz von 12,5Mbps per MHz, während T-Mobile in den Vereinigten Staaten fast 15Mbps per MHz erreichte. Bei Zugrundelegung einer solchen Effizienz würden nur 13 - 16MHz (also 2x6,7 - 2x8MHz) benötigt werden, um die Versorgungsaufgabe zu erreichen.

Abbildung 47:
Erreichte spektrale Effizienz im Peak
[Nokia³⁸, T-Mobile³⁹]



³⁸ Nokia (19. Dezember 2022), „Nokia and A1 Telekom Austria reach 2 Gbps data rates with 5G 3 Component Carrier Aggregation technology“. Abrufbar unter: <https://www.nokia.com/about-us/news/releases/2022/12/19/nokia-and-a1-telekom-austria-reach-2-gbps-data-rates-with-5g-3-component-carrier-aggregation-technology/>

³⁹ T-Mobile (1. März 2023), „T-Mobile Advances 5G Standalone to Deliver Faster Speeds and Enhanced Performance“. Abrufbar unter: <https://www.t-mobile.com/news/network/t-mobile-advances-5g-standalone-to-deliver-faster-speeds-and-enhanced-performance>

Allerdings sind Peak-Datenraten häufig nur schwer zu erreichen und somit für die tatsächliche Netzqualität weniger aussagekräftig. Daher wird häufig auf sogenannte Durchschnittsbandbreiten bei der Zielsetzung von Versorgungsverpflichtungen geschaut. Daten von tatsächlich gemessenen Netzen suggerieren hier eine durchschnittliche spektrale Effizienz von ca. 6,6 Mbps per MHz, wie in Abbildung 48 unten ersichtlich. Es würden knapp 2x15MHz benötigt, um die Versorgungsverpflichtung mit Durchschnittsbandbreiten von 100 Mbps allein mit Low-Bands zu erfüllen.

Abbildung 48:
Erreichte spektrale Effizienz im Durchschnitt [RootMetrics, 2019⁴⁰]

5G NR Bandbreite	Durchschnittsgeschwindigkeit	Spektrale Effizienz
2x15MHz	99 Mbit/s	6,6 Mbps
2x20MHz	133 Mbit/s	6,7 Mbps

Es ergibt sich daher also eine Range von ca. 13MHz (2x6,7MHz) – 30MHz (2x15MHz), um die Versorgungsaufgaben der BNetzA zu erfüllen. Dass diese Range realistisch ist, lässt sich auch anhand der Ookla-Statistiken nachweisen. Wenn nämlich alle bisher vergebenen Low-Bands zur Erfüllung der Auflagen benötigt würden, dann müssten praktisch alle (ländlichen) Sites der MNOs mit mehr als 40MHz (also >2x20MHz) an Low-Bands ausgestattet sein. Tatsächlich verfügt aber nur ein kleiner Teil der Sites der etablierten MNOs über mehr als 40MHz (2x20MHz) an Low-Bands, d.h. dass das Gesamtpaket von Low-Bands heute nicht zur Erfüllung der Versorgungsverpflichtungen benötigt wird.

Es sollte daher für die etablierten MNOs unabhängig vom Ausgang der anstehenden Vergabe möglich sein, die Versorgungsaufgaben zu erfüllen:

- **Basierend auf unseren Benchmarks werden zwischen 13MHz (2x6,7MHz) und 30MHz (2x15MHz) an Low Bands benötigt, um die Versorgungsaufgaben zu erfüllen**
- **Die etablierten MNOs verfügen selbst ohne 800MHz-Band über mindestens 40MHz in anderen Low-Bands, die für die Versorgungsverpflichtungen genutzt werden könnten.**

7.5 Auch ohne 800MHz entstehen keine Funklücken

Zudem behauptete Telefónica im Zuge der Stellungnahme zum „Szenarienpapier 2021“³⁷, dass die Gefahr der Entstehung von Funklücken nach der Vergabe steigen könne:

„Sollte einem der heutigen Zuteilungsinhaber der Wiedererwerb der 800 MHz-Frequenzen nicht oder nicht vollständig gelingen, so würde [...] die bereits geschaffene LTE-Mobilfunkversorgung [...] in der Fläche teilweise sogar komplett wegfallen.“

Wie bereits oben dargestellt, ist die weitflächige Nutzung der 800MHz-Frequenzen der etablierten MNOs unbestritten und es ist eindeutig, dass aufgrund der deutlich geringeren Nutzung der 700MHz- und 900MHz-Frequenzen eine sinnvollere Lösung zum momentanen Engpass in den Low-Bands diese beiden Frequenz-Bänder einbezieht. Trotzdem ist die Aussage der Telefónica hier falsch.

Bei einem teilweisen Erwerb der 800MHz-Frequenzen würden keine Funklücken entstehen, da die Netzabdeckung nicht von der genutzten Frequenzmenge abhängt, wie in Kapitel 2.2.1 erläutert.

Auch bei einem kompletten Verlust der 800MHz-Frequenzen halten wir die Entstehung von Funklücken für äußerst unwahrscheinlich, wie wir im Folgenden darlegen werden.

⁴⁰ RootMetrics (5. Dezember 2019), „T-Mobile 5G: What to look for“. Abrufbar unter: <https://rootmetrics.com/en-US/content/t-mobile-5g-what-to-look-for>

Die etablierten MNOs haben Zugang zu ausreichend Low-Bands

Um eine kosteneffiziente Netzabdeckung zu erreichen, benötigt ein wettbewerbsfähiger MNO Low-Band Frequenzen.

Die etablierten MNOs halten zurzeit jeweils mindestens 60MHz (2x30MHz) in den Low-Bands, d.h. selbst bei komplettem Verlust der 800MHz-Lizenzen hätte jeder MNO noch mindestens 40MHz (2x20MHz) zur Verfügung.

Mit diesen Frequenzen könnten Lücken in der Mobilfunkversorgung eindeutig geschlossen werden, denn in anderen europäischen Ländern wird eine bessere Netzabdeckung mit teilweise weniger Frequenzen erreicht (siehe Kapitel 5.1).

Die etablierten MNOs haben Zugang zu mehreren 4G/5G Frequenzbändern

Um eine Netzabdeckung mit einer bestimmten Technologie zu erreichen, benötigt ein wettbewerbsfähiger MNO Zugang zu kompatiblen Frequenzen.

In der Vergangenheit waren bestimmte Technologien auf bestimmte Frequenzbänder limitiert. So konnten 2G-Dienste in Europa nur über das 900MHz- und 1800MHz-Band angeboten werden, während 3G-Dienste auf das 900MHz- und 2100MHz-Band beschränkt waren. Auch bei LTE gab es vor ca. 10 Jahren einen Fokus auf das 800MHz-, 1800MHz- und 2600MHz-Band.

In den letzten Jahren sind diese Beschränkungen allerdings vollkommen entfallen. Alle gängigen Mobilfunkbänder in Europa können heute für 4G (und auch für 5G) benutzt werden. Das heißt, dass auch das 700MHz- und 900MHz-Band vollumfänglich von Netzequipment und Endgeräten der Nutzer unterstützt werden.

Da jeder etablierte MNO selbst bei vollständigem Verlust der 800MHz-Lizenzen noch Zugriff auf jeweils mindestens 20MHz in 700MHz sowie 900MHz hätte, könnten die etablierten MNOs also auch weiterhin, nach Aufrüstung ihrer Netze, ohne Kompatibilitätsverlust 4G und 5G flächendeckend anbieten.

Die Kosten für eine Netzumrüstung sind finanzierbar

Bei einer Umrüstung der Netze fallen Kosten an – diese dürfen nicht prohibitiv hoch sein, um die Wettbewerbsfähigkeit nicht zu mindern.

Die größten Kosten beim Netzaufbau fallen bei der Entwicklung und dem Aufbau von Mobilfunkmasten an. Die etablierten MNOs verfügen jeweils über ausreichend Sites, um flächendeckende Dienste in Deutschland anzubieten. Da sie selbst beim Verlust der 800MHz-Frequenzen noch Zugriff auf alternative Low-Bands hätten, müssen ihre Netze nicht verdichtet werden.

Die Hauptkosten wären also eine potenzielle Umrüstung der aktiven Hardware – Remote Radio Units (RRUs), potenziell Baseband Units (BBUs) und Antennen. Durch den 5G-Ausbau wird an vielen Standorten wahrscheinlich schon heute kompatibles Equipment verbaut sein – moderne RRUs unterstützen heutzutage alle drei Low-Bands und viele Baseband Units können flexibel zwischen verschiedenen Frequenzbändern mit gleichen Bandbreiten wechseln. Zudem ist anzumerken, dass für die etablierten MNOs eine Aufrüstung der weiteren Low-Bands anscheinend schon heute Teil der „Business-As-Usual“ Pläne ist, wie auch von der Bundesnetzagentur in den „Rahmenbedingungen 2023“ auf Seite 8 anmerkt:

„Das Frequenzband 800 MHz wird im Rahmen der bestehenden Mobilfunkversorgung derzeit nahezu flächendeckend eingesetzt. Nach Vortrag aus dem Markt werden die weiteren Frequenzen unterhalb 1 GHz in den nächsten Jahren aber in vergleichbarem Umfang für mobile Breitbandnetze zur Anwendung zu bringen sein.“

Daher würden sich dann die Zusatzkosten für den Umbau vor allem auf eine Beschleunigung der ohnehin bereits bestehenden Ausbaupläne beschränken.

Es besteht ausreichend Zeit für eine Umrüstung der Netze

Bei einer Umrüstung der Netze müssen die MNOs über ausreichend Zeit für den Umbau verfügen, um der Entstehung von Funklöchern vorzubeugen.

Bis zum Ablauf der Nutzungsrechte bleiben noch über 24 Monate - in vergleichbaren Umständen wurden MNOs in anderen Ländern maximal 6-18 Monate gewährt, um Rekonfigurationen erfolgreich umzusetzen. Bei einer Entscheidung im Laufe des nächsten Jahres bliebe den etablierten MNOs also ausreichend Zeit, um eine Umrüstung der Netze zu bewerkstelligen.

Im Zuge der Multi-Band Auktion in Belgien im Jahr 2022 wurde den belgischen MNOs ein Zeitraum von 6 Monaten gewährt, um die Reorganisation der Bandpläne nach der Auktion abzuschließen und gleichzeitig Platz für den Neueinsteiger CityMesh Mobile zu machen. Die Auktion beinhaltete Frequenzen im 900MHz-, 1800MHz- und 2100MHz-Band⁴¹. In Kroatien (2023), hatten die MNOs 18 Monate nach Ende der Auktion, um die neuen Bandpläne in 800MHz und 900MHz umzusetzen⁴², auch aufgrund eines historisch zerstückelten 900MHz-Bandplanes. In Dänemark hatten die MNOs nach der Auktion 2019 knapp über 12 Monate Zeit, um das 900MHz-Band zu reorganisieren⁴³.

Es besteht daher keine Gefahr, dass Funklöcher entstehen

Bei einer Analyse der potenziellen Risikofaktoren zur Entstehung von Funklöchern ist festzustellen, dass die Gefahr selbst bei einem Verlust der 800MHz-Frequenzen für die etablierten MNOs gering wäre:

- **Die etablierten MNOs verfügen über ausreichend viele Low-Bands, auch ohne 800MHz.**
- **Die zur Verfügung stehenden Low-Bands unterstützen sowohl 4G als auch 5G.**
- **Die Kosten für einen Netzbau erscheinen finanzierbar.**
- **Bei sorgfältiger Planung der BNetzA bleibt den MNOs ausreichend Zeit für eine Umrüstung.**

⁴¹ Belgisches Institut für Postdienste und Telekommunikation (16. November 2022), „Decision of 16 November 2022 on the granting rights of use in the 900MHz, 1800MHz, and 2100MHz bands to Citymesh mobile“. Abrufbar unter: <https://www.bipt.be/operators/publication/decision-of-16-november-2022-on-the-granting-of-rights-of-use-n-the-900-mhz-1800-mhz-and-2100-mhz-bands-to-citymesh-mobile>

⁴² HAKOM (16. August 2022) „Public auction for the allocation of the right to use the radio frequency spectrum in the frequency bands 800MHz, 900MHz, 1800MHz, 2100MHz, 2600MHz and 3600MHz“. Abrufbar unter: <https://e-rasprave.hakom.hr/erasprava/public/discussions/665/download-original>

⁴³ DEA (6. Februar 2019), „Information Memorandum: 700MHz, 900MHz and 2300MHz Auction“. Abrufbar unter: https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Tele/information_memorandum_-_updated_feb_2019.pdf

8. Die Implikationen der Analyse auf die anstehende Vergabe

Das Ziel dieser Studie ist es, die momentane Frequenzsituation in Deutschland zu analysieren und festzustellen, ob eine Verlängerung der auslaufenden Nutzungsrechte ökonomisch effizient erscheint.

Mit **Blick auf das Gesamtportfolio der etablierten MNOs lassen sich Verlängerungen zurzeit schwerlich rechtfertigen**, denn die etablierten MNOs verfügen über überdurchschnittliche große Frequenzportfolios. Die etablierten MNOs in Deutschland haben Zugang zu deutlich mehr Frequenzen als ihre durchschnittlichen „Top-3“ Peers in europäischen 4-Player Märkten, nämlich 38MHz(2x19MHz) in den Low-Bands und über 100MHz bezogen auf das Gesamtportfolio – ohne dass diese Portfolios zu einer besseren Netzqualität als in anderen europäischen Ländern führen. Zudem verfügen die etablierten MNOs über eine breite Auswahl an Frequenzen in ihren Portfolios und können somit potenzielle Verluste durch die Nutzung anderer Frequenzbänder ausgleichen.

Zudem **werden die großen Frequenzportfolios der etablierten MNOs Stand heute nicht ansatzweise vollumfänglich genutzt**. Während das 800MHz-Band, und mit Abstrichen die 1800MHz- und 2100MHz-Frequenzen weitflächig genutzt werden, werden 700MHz, 900MHz und 2600MHz (FDD) nur bedingt genutzt und die ungepaarten 1500MHz- und 2600MHz-Bänder effektiv gar nicht genutzt. Somit können die etablierten MNOs den Verlust von Frequenzen in der anstehenden Vergabe durch eine intensivere Nutzung anderer Frequenzbänder ausgleichen.

In Bezug auf die relativen Netz-Kapazitäten haben die etablierten MNOs einen großen Vorsprung – sowohl vor 1&1 als auch vor ihren europäischen Peers. Mit Blick auf die heutige Frequenzausstattung verfügt 1&1 über weniger als 70% der Frequenzmenge pro Kunde. Die etablierten MNOs hingegen haben überdurchschnittlich große Portfolios. Auch im internationalen Vergleich bestätigt sich dies – selbst bei Abgabe von bis zu insgesamt 2x70MHz an 1&1 hätten die etablierten MNOs noch 50% mehr verfügbare Netzkapazität als ihre europäischen Peers in 4-Player Märkten.

Auch **in Hinsicht auf das Frequenzportfolio von 1&1 erscheint eine Verlängerung der Nutzungsrechte allein zu Gunsten der etablierten MNOs nicht gerechtfertigt**. 1&1 hat zurzeit keinen Zugriff auf Low-Bands und bräuchte diese dringend, um auf kosteneffiziente Weise eine angemessene (Indoor-)Netzabdeckung herzustellen. Zudem hat 1&1 trotz kleinerer Kundenzahl bereits heute Kapazitätsnachteile gegenüber den etablierten MNOs, die ein weiteres Kundenwachstum deutlich erschweren. 1&1 benötigt daher neben Low-Bands auch die Möglichkeit, in einem offenen und diskriminierungsfreien Verfahren die Möglichkeit zu bekommen, weitere Mid-Bands erwerben zu können.

Daher lässt sich feststellen, dass eine **Verlängerung der bisherigen Nutzungsrechte die momentanen Ineffizienzen in der Frequenznutzung zementieren und die Wettbewerbsfähigkeit von 1&1 empfindlich einschränken würde**. Eine Alternative zur von der BNetzA vorgeschlagenen Verlängerung scheint daher unumgänglich. Allerdings sollte diese Alternative auch die nicht von der Hand zu weisende Komplexität im 800MHz-Band berücksichtigen, denn dieses Band wird effizient von den etablierten MNOs genutzt und spielt bei der Versorgung mit 4G-Diensten eine wichtige Rolle.

Die **vermeintlich einfachste Lösung für die BNetzA wäre die Durchführung einer Auktion**, im Einklang mit der gängigen Praxis in Deutschland und in Europa. Vor allem in den Mid-Bands sehen wir keine objektiven Argumente, die für eine Verlängerung allein zu Gunsten der etablierten MNOs sprächen. In den Low-Bands **wäre dieser Weg allerdings unweigerlich mit einem starken Bieterwettstreit im 800MHz-Band verbunden**. Zudem **bestünde stets die Gefahr, dass die bestehenden MNOs vor allem auf die Low-Bands strategisch bieten** würden, um zu verhindern, dass 1&1 Zugang zu diesen wichtigen Frequenzen erhält. Diese Situation wirkt vermeidbar, vor allem wenn man einen Blick auf die anderen Low-Bands in Deutschland wirft, die heute nicht vollumfänglich von den etablierten MNOs genutzt werden.

Der Vorschlag eines **Frequenztausches bietet daher weiterhin eine kreative Möglichkeit**, den Bieterwettstreit im 800MHz-Band zu umgehen. Dies würde eine offene und diskriminierungsfreie Vergabe ermöglichen. Sowohl im 700MHz- als auch im 900MHz-Band gibt es heute Frequenzen, die in den Tausch eingebunden werden könnten. Allerdings würde die Wahl eines bestimmten Frequenzbandes immer dazu führen, dass die BNetzA einen bestimmten MNO gezielt benachteiligt. Beim 900MHz-Band hat die Deutsche Telekom (bei größerem bestehendem Frequenzportfolio von 2x15MHz) bereits deutschlandweit Standorte erschlossen, während Vodafone und Telefónica stärker auf das 700MHz-Band als Alternative zum 800MHz-Band setzen.

Als Alternative, die die Vorzüge einer Auktion mit der Idee des Frequenztausches verbindet, bietet sich daher die Durchführung einer **Auktion auf generische Nutzungsrechte für 60MHz in den Low-Bands bis 31.12.2033** an. Das Prinzip dieser Auktion wäre, dass die BNetzA die 800MHz-Frequenzen in gleicher Aufteilung wie 2010 versteigert, also in 6 Blöcken à 10MHz (2x5MHz). Allerdings würde den etablierten MNOs die Option eines verbindlichen Tausches mit anderen Low-Bands ermöglicht, sollten sie in der Auktion ein kleineres Frequenzportfolio ersteigern, als sie dies heute in 800MHz halten. So könnte ein etablierter MNO, der in der Auktion nur 2x5MHz in 800MHz ersteigert, die „verlorenen“ 2x5MHz gegen bestehende Nutzungsrechte im (weniger genutzten) 700MHz- oder 900MHz-Band eintauschen. So wird allen etablierten MNOs garantiert, dass sie die 800MHz-Frequenzen weiter nutzen können, einem Neueinsteiger wird in einem offenen Verfahren diskriminierungsfreier Zugang zu Low-Bands ermöglicht und die Bundesnetzagentur kann durch die Angleichung der Laufzeiten der Nutzungsrechte eine zeitgleiche Vergabe aller Low-Bands für den Zeitraum ab 2034 planen, wie in den „Rahmenbedingungen 2023“ angedacht. Und auch ein Bieterwettstreit erscheint unwahrscheinlicher, da die etablierten MNOs nur auf den Erhalt weniger genutzter Low-Band Frequenzen bieten anstatt auf die intensiv genutzten 800MHz.

Somit bietet sich eine Win-Win-Win Situation, die die in dieser Studie aufgezeigten Marktbedingungen berücksichtigt und für alle Parteien einen lösungsorientierten Ausweg zeigt, der die Möglichkeit gibt, Frequenzen in Deutschland effizienter zu nutzen und die Finanzmittel vor allem in den Netzausbau zu investieren und damit die Digitalisierung in Deutschland und den Wettbewerb im Mobilfunkmarkt zu fördern.

9. Eine Auktion mit verbindlichem Low-Band Tausch als Lösung

Eine Auktion für 800MHz ist mit Unwägbarkeiten verbunden – diese Frequenzen werden heute von den etablierten MNOs effektiv genutzt und bilden das Rückgrat der 4G-Netze. Aber auch für 1&1 ist der Zugang zu Low-Bands unerlässlich. In einer Auktion würde es also erwartbar zu einem starken Bieterwettstreit im 800MHz-Band kommen, der einem investitionsfreundlichen Ausgang der Vergabe nicht zuträglich wäre.

Stand heute nutzt keiner der etablierten MNOs alle zur Verfügung stehenden Low-Bands, gerade im 700MHz- und 900MHz-Band. Eine Abgabe von Frequenzen in einem der beiden Bänder sollte für die etablierten MNOs deutlich weniger problematisch sein als der Verlust von (Teilen der) 800MHz-Frequenzen. Allerdings unterscheidet sich für jeden MNO welches Band besser abgegeben werden kann – bei der Deutschen Telekom ist es eindeutig das 700MHz-Band, bei Vodafone und Telefónica hingegen das 900MHz-Band.

Gleichzeitig benötigt 1&1 zwingend Zugang zu Low-Bands – allerdings ist 1&1 wegen nicht bestehender Pfadabhängigkeiten weitestgehend flexibel bezüglich der genauen Frequenzen, die es erhält, solange mit der Nutzung des Bandes keine Interferenzprobleme verbunden sind. Unser Verständnis ist, dass auch eine Nutzung des 900MHz-Bandes ab 2026 in Deutschland problemlos möglich sein sollte, da vormalige Probleme mit angrenzenden GSM-Rail (GSM-R) Nutzern im Zuge eines Industrie-Arbeitskreises mit regulatorischer Begleitung und staatlicher Förderung der Umrüstung von Zug-Equipment gelöst wurden. In Bezug auf die Verfügbarkeit von 4G/5G-Netzwerkequipment und kompatiblen Nutzer-Endgeräten sind die drei Low-Bands heutzutage zunehmend äquivalent.

Ein Vergabeprozess, der die verschiedenen Frequenzbänder integriert, könnte also zu einer effizienten Lösung des momentanen Engpasses führen. Auch für die BNetzA ergäben sich aus solch einer Lösung starke Vorteile. Zum einen hat unsere Analyse in Kapitel 4 gezeigt, dass 700MHz- und 900MHz-Frequenzen heute von den MNOs nicht vollumfänglich genutzt werden. Bei einer Abgabe eines Teils dieses Spektrums an 1&1 ergäbe sich also eine Steigerung der Effizienz der Frequenznutzung, selbst wenn 1&1 nicht innerhalb der nächsten Jahre auf ein bundesweit verfügbares Netz setzt. Durch die Umgehung eines Bieterwettstreits könnten die eingesparten Frequenzkosten in Netzinvestitionen transferiert werden und die weitere Digitalisierung in Deutschland unterstützt werden. Die Unterstützung eines offenen, diskriminierungsfreien Formats für die Vergabe stünde zudem im Einklang mit den Best-Practice Vorgaben der Europäischen Kommission – ganz im Gegensatz zu einer Verlängerung bei gleichzeitiger Frequenzknappheit. Und final wird durch eine Zuweisung von Frequenzen an 1&1 der Wettbewerb in Deutschland unterstützt, was aufgrund der von uns beschriebenen (mittelmäßigen) Netzqualität in Deutschland (siehe Kapitel 5) nicht von Nachteil sein kann.

Ein denkbarer Lösungsvorschlag umfasst daher die Durchführung einer Auktion für 60MHz (2x30MHz) an Low-Band Nutzungsrechten für den Zeitraum 1.1.2026 – 31.12.2033. Grob umrissen sähe der Vergabeprozess wie folgt aus:

- Die BNetzA stellt 6 Frequenzblöcke à 10MHz (2x5MHz) im 800MHz-Band zur Auktion – allerdings nur für den Zeitraum 1.1.2026 bis 31.12.2033.
- Gleichzeitig erhalten die drei etablierten MNOs die Option, ihre bisherigen Frequenzen im 800MHz-Band grundsätzlich weiter nutzen zu können:
 - Sollten sie in der Auktion weniger als die bisherigen Frequenzen ersteigern, könnten sie die weitere Nutzung der momentanen Frequenzen im 800MHz-Band optional gegen gleichzeitige Vermietung bestehender Nutzungsrechte mit identischen Bandbreiten in anderen Low-Bands, also 700MHz oder 900MHz, sicherstellen.

- Es würde zu keinen weiteren Verhandlungen kommen, d.h. die Nutzungsrechte im 800MHz-Band würden für einen äquivalenten Betrag wie die (eingetauschten) Nutzungsrechte im 700MHz- oder 900MHz-Band wechselseitig vermietet.
- Dieser Tausch wäre für die MNOs verbindlich zu akzeptieren, die in der Auktion mehr 800MHz-Frequenzen ersteigert haben als sie bisher halten (also für die etablierten MNOs $> 2 \times 10$ MHz, für den Neueinsteiger $1 \& 1 > 0$ MHz). Es gäbe für diese MNOs keine Möglichkeit, einen Tausch oberhalb der bisher gehaltenen Frequenzmengen nicht anzunehmen.

Der Auktionsprozess würde vergangenen Auktionen sehr ähneln, wäre daher also schnell und ohne großen Aufwand von der BNetzA durchzuführen. Er würde den momentanen Engpass im 800MHz-Band lösen, denn er würde den etablierten MNOs weiteren Zugriff auf die für sie wichtigen 800MHz-Frequenzen garantieren. Gleichzeitig würde einem Neueinsteiger die Möglichkeit eröffnet, in einem offenen Vergabeprozess Zugang zu essenziellen Low-Bands zu bekommen.

Als Nebeneffekt würde ein Bieterwettstreit vermieden. Denn dadurch, dass Zugang zu den 800MHz-Frequenzen garantiert ist, müssen die etablierten MNOs effektiv nicht auf den Erhalt dieser Frequenzen bieten, sondern bieten auf den Wert den sie ihren deutlich weniger genutzten (und somit weniger werthaltigen) Frequenzen im 700MHz-/900MHz-Band beimessen.

Die limitierte Laufzeit bis 31.12.2033 gleicht die Laufzeiten aller Nutzungsrechte in den Low-Bands an und eröffnet der BNetzA die Option, die in den „Rahmenbedingungen 2023“ angedeutete umfassende Low-Band Auktion für die ab 2034 verfügbaren Nutzungsrechte durchzuführen. Durch die Möglichkeit des Frequenztauschs würden heute kaum genutzte Frequenzen in Zukunft vom Neueinsteiger intensiver genutzt und somit die Nutzungseffizienz erhöht.

Sicherlich müssten die Details eines dergestalt angepassten Frequenztauschs noch geklärt werden, denn wenn z.B. ein Neueinsteiger 2×10 MHz in der Auktion ersteigert, müssten – eventuell durch Vermittlung der BNetzA – Anstrengungen unternommen werden, dass diese Frequenzen zusammenhängend und in einem Frequenzband verfügbar gemacht werden.

Zugleich sollte auch über eine Reservierung von Frequenzen für den Neueinsteiger nachgedacht werden, denn die Gefahr von strategischen Geboten besteht weiterhin, da die MNOs durch aggressives Bieten den Zugang zu Low-Bands für einen Neueinsteiger potenziell verschließen könnten, obwohl Gebote nach rein betriebswirtschaftlicher Betrachtung auf den Wert der weniger effizient genutzten Frequenzen begrenzt sein müssten. Durch die Reservierung von Frequenzen für einen Neueinsteiger könnte diese strategische Komponente aus der Auktion entfernt werden und die Gefahr eines Bieterwettstreits reduziert werden.

Dieser Vorschlag berücksichtigt somit die Bedürfnisse aller Parteien, ohne unnötige Komplexität in den Vergabeprozess zu bringen. Er bietet einen verhältnismäßigen Mittelweg, der es allen Parteien ermöglicht, die benötigten Frequenzen zu einem angemessenen Preis – ohne induzierte Knappheit – zu ersteigern. Somit könnten Finanzmittel in den Netzausbau und die weitere Digitalisierung gelenkt werden, zum Wohle der deutschen Verbraucher und ohne diskriminierende Beschränkung des Wettbewerbs.

Annex A Ermittlung der relativen Netzkapazitäten in Europa

In diesem Annex fassen wir unseren Ansatz zur Berechnung der relative Netzkapazitäten, der in Kapitel 6.2 vorgestellt wurde, zusammen und bieten einen Überblick über die zugrunde liegenden Datenquellen.

A.1 Ansatz zur Berechnung der relative Netzkapazitäten

Die relative Netzkapazität eines jedes Landes fassen wir in einem Performanceindikator (KPI) zusammen. Dieser misst, wie gut die vorhandenen Frequenzen zur Bereitstellung von ausreichenden Kapazitäten genutzt werden können, unter Berücksichtigung der Frequenzportfolios der „Top-3“ MNOs, der verfügbaren Mobilfunkstandorte, der Bevölkerung und der durchschnittlichen Datennutzung.

Der Indikator wird wie folgt berechnet:

$$KPI = \frac{MHz \times S}{P \times U}$$

Wobei die entsprechenden Variablen wie folgt definiert sind:

- *MHz* sind die verfügbaren Downlink-MHz der „Top-3“ MNOs
- *S* ist die Gesamtzahl der in diesem Land verfügbaren Standorte aller Netzbetreiber
- *P* ist die Bevölkerung des Landes
- *U* ist die durchschnittliche Daten-Nutzung pro Mobilfunkkunde.

Vereinfacht gesagt, berechnet der Indikator die verfügbare Kapazität (Standorte x MHz) und teilt diese durch die Nachfrage (Bevölkerung x Datennutzung).

In Kapitel 6.2 haben wir von drei normierten Faktoren gesprochen, die die relative Netzkapazität beeinflussen – die **Frequenzmenge (MHz)**, die **relative Site-Dichte ($\frac{S}{P}$)** und die **Datennutzung pro Kunde (U)**. Durch einfache Umstellungen der obigen Formel werden diese drei Faktoren ersichtlich.

$$KPI = MHz \times \frac{S}{P} \times \frac{1}{U}$$

Je höher die Frequenzmenge oder Site-Dichte eines Landes, desto höher ist auch die Netzkapazität. Gleichzeitig sorgt eine hohe Datennutzung für eine Verringerung des Indikators (KPI) und somit der Netzkapazität.

Für jeden der 12 4-Player Märkte im Benchmark können wir mit den uns verfügbaren Daten die relative Netzkapazität ermitteln. Wir haben dann mit einem simplen arithmetischen Mittel einen europäischen Durchschnittswert gebildet und können jedes Land mit diesem Durchschnittswert vergleichen.

A.2 Datengrundlage zur Berechnung der relativen Netzkapazität

In diesem Kapitel fassen wir die Datengrundlagen zusammen, die wir zur Berechnung des in Kapitel A.1 vorgestellten Indikators (KPI) herangezogen haben.

A.2.1 Verfügbare Frequenzen per MNO

Aetha verfügt über eine umfassende interne Datenbank, die Daten zu allen öffentlich verfügbaren Frequenzvergaben in Europa der vergangenen 10 – 15 Jahre beinhaltet. Diese Datenbank stellt die Grundlage unserer Berechnungen zu den verfügbaren Frequenzen per MNO dar.

Wir haben zudem Daten aus dem Bericht des European Communications Office (ECO) von Mai 2023⁴⁴ herangezogen, um unsere Datengrundlage zu validieren.

Wichtig für unsere Analyse sind allein die MHz, die für den Downlink (DL) zur Verfügung stehen, wie in Kapitel 6.2 beschrieben. Daher zeigt Abbildung A-49 auch die durchschnittlichen DL-Frequenzen per „Top-3“ MNO. Um diese zu berechnen, haben wir gepaarte FDD-Frequenzen nur zu 50% gewertet, ungepaarte SDL-Frequenzen wie das 1500MHz-Band zu 100% und ungepaarte TDD-Frequenzen zu 75% (da in den üblichen TDD Frame Structures ca. ¾ der verfügbaren Slots für Downlink genutzt werden).

Abbildung A-49: Durchschnittliche DL-Frequenzen per „Top-3“ MNO [Aetha / ECO, 2023]

Land	Verfügbare Downlink Low-Bands (MHz)	Insgesamt verfügbare Downlink-Frequenzen (MHz)
Belgien	28.3	190.0
Dänemark	23.3	172.9
Deutschland	31.7	185.0
Frankreich	25.4	133.6
Großbritannien	26.6	162.1
Italien	26.3	145.5
Polen	14.3	156.7
Portugal	26.9	178.0
Rumänien	20.0	162.0
Schweden	23.3	133.2
Slowakei	31.6	180.4
Spanien	31.6	169.1

⁴⁴ European Communications Office (17. Mai 2023), „The Licensing of Mobile Bands in CEPT“. Abrufbar unter: <https://docdb.cept.org/document/939/amendments/401>

A.2.2 Gesamtzahl der MNO-Standorte

Für die Anzahl der landesweit verfügbaren Standorte haben wir einen Bericht von EY Parthenon aus dem Jahr 2020⁴⁵ zugrunde gelegt. Wir haben dann landesbasierte Abschätzungen in unsere Berechnungen integriert, um die Veränderung in der Gesamtzahl der Standorte zwischen 2020 und 2022 zu berücksichtigen. Final haben wir noch Annahmen dazu integriert, wie viele MNOs die Standorte gemeinsam nutzen (die Tenancy-Rate). All diese Annahmen fasst Abbildung A-50 zusammen.

Abbildung A-50: Mobilfunkstandorte per Benchmark-Land [EY Parthenon / Aetha]

Land	Anzahl physischer Standorte (2020)	Standort-Wachstum (2020-22)	MNOs per Standort (Tenancy-Rate)	Gesamtzahl MNO-Standorte (2022)
Belgien	10.000	1%	1.40x	12 120
Dänemark	8000	1%	1.70x ⁴⁶	13 736
Deutschland				~94 400 ⁴⁷
Frankreich	56.000	1%	1.40x	79 184
Großbritannien	37.000	(1%)	2.00x ⁴⁶	73 630
Italien	47.000	(1%)	1.50x ⁴⁸	70 148
Polen	22.000	1%	1.40x	37 774
Portugal	11.000	5%	1.70x ⁴⁶	19 635
Rumänien	12.000 ⁴⁹	1%	1.70x ⁴⁶	20 604
Schweden	20.000	5%	1.40x	29 400
Slowakei	5000 ⁵⁰	1%	1.40x	7070
Spanien	37.000	(1%)	1.40x	51 282

Soweit wir nicht landesspezifischen Annahmen zugrunde legen konnten, haben wir uns bei der Tenancy-Rate (1,4x) auf Berichte der DFMG⁵¹ und Vantage Towers⁵² bezogen.

⁴⁵ EY Parthenon (November 2020), „The economic contribution of the European tower sector“. Abrufbar unter: <https://ewia.org/wp-content/uploads/EY-European-Wireless-Infrastructure-Report-2022.pdf>

⁴⁶ Angepasst, um die intensiven Network-Sharing Arrangements in den jeweiligen Ländern zu berücksichtigen.

⁴⁷ Basierend auf der in Kapitel 4 vorgestellten Analyse.

⁴⁸ Vantage towers (17. November 2020), „Market drivers and commercial strategy“. Abrufbar unter: <https://www.vantagetowers.com/sites/tower-co-v2/files/investor/cmd/5-market-backdrop-and-commercial-focus-v3.pdf>

⁴⁹ Wird von EY Parthenon auf 10.000 geschätzt. Angepasst basierend auf unserer Erfahrung in diesem Land.

⁵⁰ Wird von EY Parthenon auf 2000 geschätzt. Angepasst basierend auf unserer Erfahrung in diesem Land.

⁵¹ Deutsche Telekom & DigitalBridge / Brookfield (14. Juli 2022), „Announcement Presentation“. Abrufbar unter: <https://www.telekom.com/resource/blob/1039768/2e6c221312b2321dbc6575aba5d97bce/2022-07-14-gd-towers-announcement-presentation-data.pdf>

⁵² Vantage Towers (Juni 2022), „Annual Report 2021/22“. Abrufbar unter: <https://www.vantagetowers.com/sites/tower-co-v2/files/2022-06/vantage-towers-annual-report-fy22-v2.pdf>

A.2.3 Bevölkerung

Bevölkerungsdaten haben wir der Datenbank der World Bank⁵³ entnommen. Die Daten werden in Abbildung A-51 zusammengefasst – die aktuell verfügbaren Daten beziehen sich auf das Jahresende 2022.

Abbildung A-51: Bevölkerung per Benchmark-Land [World Bank, Juli 2023]

Land	Bevölkerung zum Jahresende 2022 (Millionen)
Belgien	11.7
Dänemark	5.9
Deutschland	84.1
Frankreich	67.9
Großbritannien	67.0
Italien	58.9
Polen	37.6
Portugal	10.4
Rumänien	19.0
Schweden	10.5
Slowakei	5.4
Spanien	47.6

⁵³ Abgerufen am 12. Oktober 2023 unter: <https://databank.worldbank.org/source/population-estimates-and-projections>

A.2.4 Datennutzung per Kunde

Die Informationen zur Datennutzung haben wir einem Bericht von Tefficient⁵⁴ entnommen.

Tefficient ist eine bekannte Beratungs- und Forschungsfirma, die regelmäßig öffentlich verfügbare Benchmarks zur Datennutzung publiziert, die sie größtenteils auf die Berichte von Regulierungsbehörden stützt.

Die in unseren Berechnungen genutzten Daten sind in Abbildung A-52 zusammengefasst.

Abbildung A-52: Benchmark zur Datennutzung [Source: Tefficient, Juli 2023]

Land	Usage per Nutzer (GB/Monat)
Belgien	3.5
Dänemark	15.4
Deutschland	3.6
Frankreich	9.9
Großbritannien	5.5
Italien	9.2
Polen	10.4
Portugal	3.8
Rumänien	6.7
Schweden	12.5
Slowakei	3.7 ⁵⁵
Spanien	7.5

⁵⁴ Tefficient (25. Juli 2023), "Industry analysis #1 2023". Abrufbar unter: <https://tefficient.com/wp-content/uploads/2023/07/Tefficient-industry-analysis-1-2023-mobile-data-usage-and-revenue-2022-per-country-incl-M2M-25-July-2023.pdf>

⁵⁵ Nicht im Tefficient-Bericht enthalten. Basiert auf angepassten Werten des folgenden Berichts: Arthur D Little (Mai 2023), „The evolution of data growth in Europe“. Abrufbar unter: <https://www.adlittle.com/en/insights/report/evolution-data-growth-europe>



Aetha Consulting Limited
24 Hills Road
Cambridge
CB2 1JP
Vereinigtes Königreich
+44 1223 755575
enquiries@aethaconsulting.com
www.aethaconsulting.com

Copyright © 2023. Alle Rechte vorbehalten. Jede auch auszugsweise Verwendung oder Vervielfältigung dieses Dokuments ohne schriftliche Zustimmung ist unzulässig.