WHITE PAPER

5G Testinfrastrukturen

2

PADERBORN 2019 | VERSION 2.1

GEFÖRDERT VOM

Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

INDUSTRIAL RADIO.DE

Industrielles
Internet

Taktiles
Internet

Inhalt

01 **Einführung** 4

02 **Methodischer Ansatz zur Charakterisierung** 6

03 **Erhebung und Darstellung der Testinfrastrukturen** 8

04 **Auswertung der Datenbasis** 11

05 **Ausblick und Handlungsbedarfe** 14

06 **Impressum** 15

Autoren:

Dr. Simon Oberthür | Universität Paderborn / SICP

Michael Kemkes | InnoZent OWL e. V.

Thomas Mager | Fraunhofer IEM

Dr. Gunnar Schomaker | Universität Paderborn / SICP

Dr. Lutz Stobbe | Fraunhofer IZM

Hinweis:

Das diesem Bericht zugrunde liegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen **16KIS0564K** gefördert.

Die Inhalte wurden im Rahmen der Fachgruppen der „Informationsplattform für 5G“ im Rahmen des Forschungsschwerpunktes „5G – Industrielles Internet“ des BMBF-Förderprogramms „IKT 2020 – Forschung für Innovationen“ erörtert.

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

01 Einführung

5G Testinfrastrukturen (Testbeds) leisten einen wichtigen Beitrag zur Umsetzung der 5G Strategie in Deutschland. Dazu ist es erforderlich, dass diese systematisch erfasst und sichtbar gemacht werden. Es wurde eine Methode zur strukturierten Erfassung bzw. Beschreibung von Testbeds entwickelt. Dann wurden existierende Testbeds identifiziert und Kontakt zu diesen aufgenommen, um spezifische Information entsprechend der entwickelten Methode zu erhalten. Auf dieser Basis ist nun eine systematische Abfrage bzw. auch Analyse der Testbeds möglich.

Die „Informationsplattform für 5G“ wird weiterhin im Rahmen des gleichnamigen BMBF-Forschungsprojektes einen Beitrag zur Umsetzung der genannten Handlungsbedarfe liefern.

Zukunftsvisionen wie z. B. „Industrie 4.0“, „Autonomes Fahren“, „Virtual Reality“ und „Internet of Things“ benötigen eine bedarfsgerechte und effiziente Kommunikationsinfrastruktur. 5G verspricht ein wichtiger Lösungsbaustein für die Ausgestaltung der erforderlichen Kommunikationsnetze und Technologien insbesondere für die Industrie mit ihren extrem heterogenen Anwendungen mit den Extrempunkten Enhanced Mobile Broadband (eMBB), Massive Machine Type Communication (mMTC) und Ultra Reliable Low Latency Communication (uRLLC) zu sein. Die Vielfalt der Anwendungen erfordert eine entsprechende Flexibilität auf Seiten der technologischen Lösungen, die ohne das jeweilige Domänenwissen und ein konzertiertes Vorgehen aller Beteiligten schnell zu einer Vielfalt an nicht interoperablen Technologien und Lösungen führen kann.

Ein konzertiertes Vorgehen kann u. a. über die Etablierung von öffentlich zugänglichen Testinfrastrukturen (Testbeds) mit abgestimmten Standards motiviert und gefördert werden. Mit Hilfe eines systematischen Überblicks über alle öffentlich verfügbaren Testbeds in Deutschland und der EU können Entwicklungsschwerpunkte und anwendungsbezogene 5G Ökosysteme sowie die eingesetzten Technologien und Standards sichtbar gemacht werden. Zielgruppe sind insbesondere die Akteure der 5G Wertschöpfungskette. Die quantitative und qualitative Entwicklung der Testbeds kann darüber hinaus im Rahmen eines Monitorings als Frühindikator für den Grad der Umsetzung von 5G im industriellen Kontext dienen.

Mit dem Fortschreiten der 5G Standardisierung und den daraus entstehenden Möglichkeiten, 5G Technologien zu erproben, steigt der Bedarf an 5G Testinfrastrukturen. Die Testbeds zielen dabei insbesondere auf die Anwenderindustrien und ihre Ausrüster, aber auch auf Startups und Kommunen. Sie erlauben das Testen neuer Technologien und Komponenten in den unterschiedlichen Anwendungsbezügen und können auch als „Spielwiese“ mit niederschwelligem Zugang für Innovationen unter 5G Beteiligung fungieren. Hierdurch werden Best-Practice Beispiele entstehen, die neue Anwendung von 5G schneller in die Breite bringen. Testbeds können auch zu Zertifizierung von Technologien, prüfen von Sicherheitsanforderungen und Qualität dienen. Diese Möglichkeiten in Deutschland und Europa zu schaffen, ist nötig, da viele Produkte aus dem Ausland kommen und u. U. nicht den Anforderungen bei uns genügen.

Für die Wirksamkeit der Testbeds ist es notwendig, die verschiedenen Interessengruppen auf einen einheitlichen Wissensstand zu bringen, um die für sie geeigneten Testbeds identifizierbar zu machen. Dazu sind eine gemeinsame Klassifizierung und Dokumentation der 5G Testinfrastrukturen für die unterschiedlichen Zielgruppen erforderlich, sowie eine konsistente Datenstruktur und einheitliche Metainformationen.

Vor diesem Hintergrund wurde die 5G Testbed-Map entwickelt und öffentlich in deutscher und englischer Sprache online verfügbar gemacht. Nachfolgend werden der methodische Ansatz, die Erhebung und Darstellung der Testbeds sowie eine erste Auswertung der Datenbasis einschließlich abgeleiteter Handlungsbedarfe dargestellt.

02 Methodischer Ansatz zur Charakterisierung

Im Rahmen des Forschungsprojektes IP45G „Informationsplattform für 5G“ wurde der methodische Ansatz zur Erfassung und Charakterisierung von in Deutschland und Europa existierenden 5G Testinfrastrukturen entwickelt. Ausgangspunkt war die Ermittlung und Bearbeitung von **technischen und ökonomischen Querschnittsthemen** einschließlich der Fragestellungen zu Standardisierung und Normung über die Forschungsprojekte der BMBF-Forschungsinitiative „5G – Industrielle Kommunikation der Zukunft“.

Auf dieser Grundlage wurde ein Fragenkatalog erarbeitet, um die relevanten Parameter der verschiedenen Testbeds zu erfassen. Dabei haben sich folgende drei Hauptkategorien herauskristallisiert:

- Applikation
- Administration
- Technische Spezifikation

Damit der Kommunikation- und Identifizierungsprozess zwischen Testbeds, Unternehmen, Startups und Kommunen funktionieren kann, müssen diese Hauptkategorien erweitert werden. Richtschnur für eine weitere Untergliederung waren Fragestellungen aus Sicht potentieller Nutzer der Testbeds. Im Ergebnis hat sich folgende Struktur zur Charakterisierung ergeben:

Applikation

- Ziel / Zweck
- Anwendungen
- Zielgruppen
- Forschungsbereiche

Administration

- Führung / Leitung
- Beteiligte Partner
- Projekteinbettung
- Zugang
- Ort und Dauer

Technische Spezifikationen

- Parameter
- Topologie
- Technologie
- Testequipment
- Randbedingungen

Diese Struktur ist die Grundlage für die Testbed-Steckbriefe, welche ein Testbed aktuell charakterisiert. Ein Beispiel eines Steckbriefes zeigt Abb. 3.01. Hier sind alle relevanten Informationen auf einer Doppelseite übersichtlich zusammengefasst. Diese Steckbriefe bilden den Ausgangspunkt für die digitale Implementierung der Testbed-Map. Auf dieser Basis kann eine gezielte Analyse und Auswertung der testbeds erfolgen.

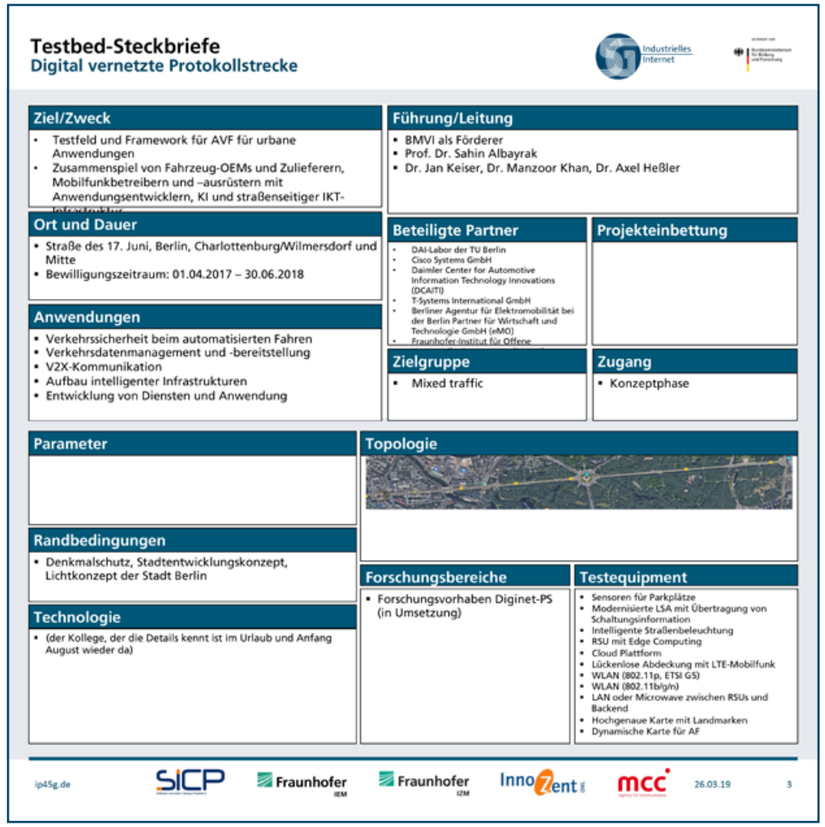

Abb. 3.01
Beispiel eines Testbed-Steckbriefes

03 Erhebung und Darstellung der Testbeds

Für die Datenerhebung wurde den Betreibern der Testbeds der auf Basis einer Recherche bereits erstellte Steckbrief zur Prüfung und Freigabe übermittelt. Insgesamt wurden **40 Testbeds**, davon **26 in Deutschland** kontaktiert. Die fortlaufende Erfassung der Testbeds kennt die Zustände „Identifiziert“, „Öffentliche Informationen“ und „Abgestimmte Informationen“.

Der Zustand „Identifiziert“ bedeutet, dass der Informationsgehalt des Steckbriefs sehr gering ist und es bisher keinen Kontakt zu den Verantwortlichen gegeben hat. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die Testbed-Betreiber keine öffentlichen Informationen bekannt gegeben haben und keine verantwortliche Institution oder kein Ansprechpartner identifiziert werden konnten. Der Zustand „Öffentliche Informationen“ bedeutet, dass der Informationsgehalt des Steckbriefs ausreichend bis gut ist und die Verantwortlichen auf unsere Anfrage nicht reagiert haben. Der letzte Zustand „Abgestimmte Informationen“ steht dafür, dass der Informationsgehalt des Steckbriefes von den Verantwortlichen geprüft und verifiziert wurde.

Insgesamt gab es bisher **37 Rückmeldungen**, welche korrigiert und verifiziert wurden. Bei 3 Testbeds gab es keine Reaktion auf die Anfragen, sodass diese den Status Identifiziert bekommen haben. Obwohl die Mehrzahl der identifizierten Testbeds keinen öffentlichen Zugang ermöglichen, wurden die Anfragen nahezu vollständig beantwortet und das Konzept der Testbed-Map sehr positiv auf- und angenommen. Der Prozess der Erhebung und Darstellung von Testbeds wird kontinuierlich fortgesetzt.

Um die Informationen über die Testbeds einem größtmöglichen Kreis von Interessenten bedarfsgerecht zur Verfügung stellen zu können, wurde als Format zur Darstellung eine **digitale und interaktive Landkarte** gewählt. Das technische Konzept teilt sich in eine Administrations- und Auswertungsebene (Back-End) sowie eine Anwendersichtebene (Front-End) auf. Das Front-End, siehe Abbildung Bild 2, informiert den Benutzer über den Status und die geographische Position aller identifizierten Testbeds. Durch diese Art der Darstellung wird ein Interessent erstmalig in die Lage versetzt, sich jederzeit und online über 5G Testinfrastrukturen systematisch zu informieren.

Die 5G Testbed-Map ist unter folgender URL erreichbar:
https://www.ip45g.de/testbeds/

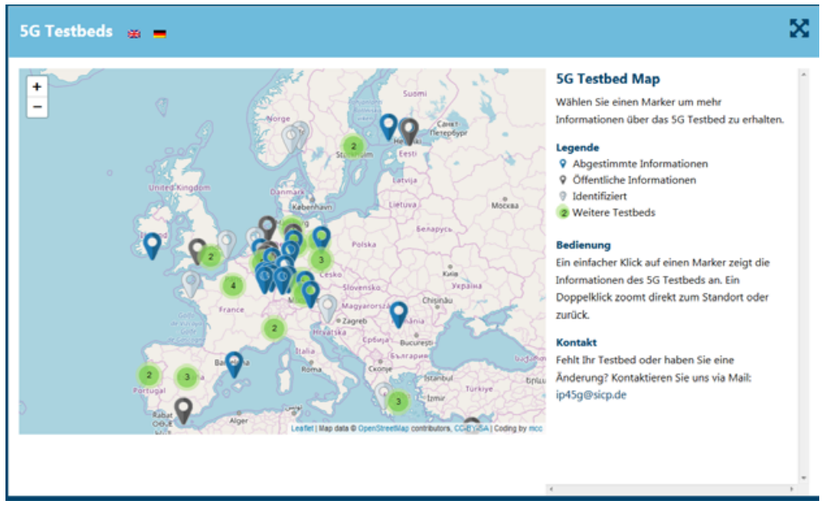

Abb. 4.01
Screenshot der 5G-Testbed-Map

Jedes Testbed wird durch einen oder mehrere Pins symbolisiert, deren Farbe den Zustand der Erfassung abbildet. Nach dem Anklicken eines Pins erscheinen alle Informationen zum jeweiligen Testbed. Zwei Beispiele finden sich nachfolgend als Screenshot (Abb. 4.01 und Abb 4.02).

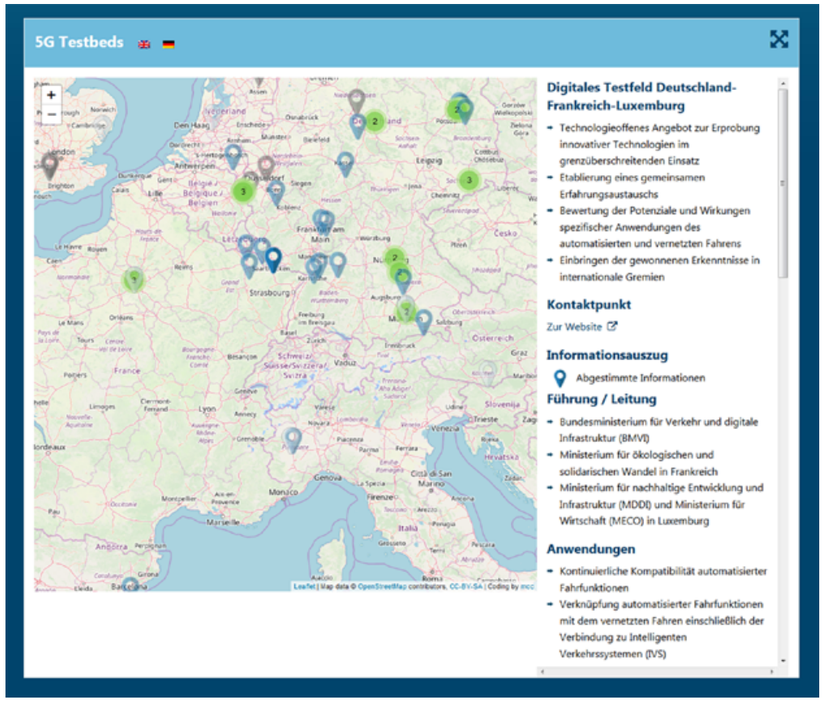

Abb. 4.02
Beispiel Testbed „Digitales Testfeld Deutschland-Frankreich-Luxemburg“

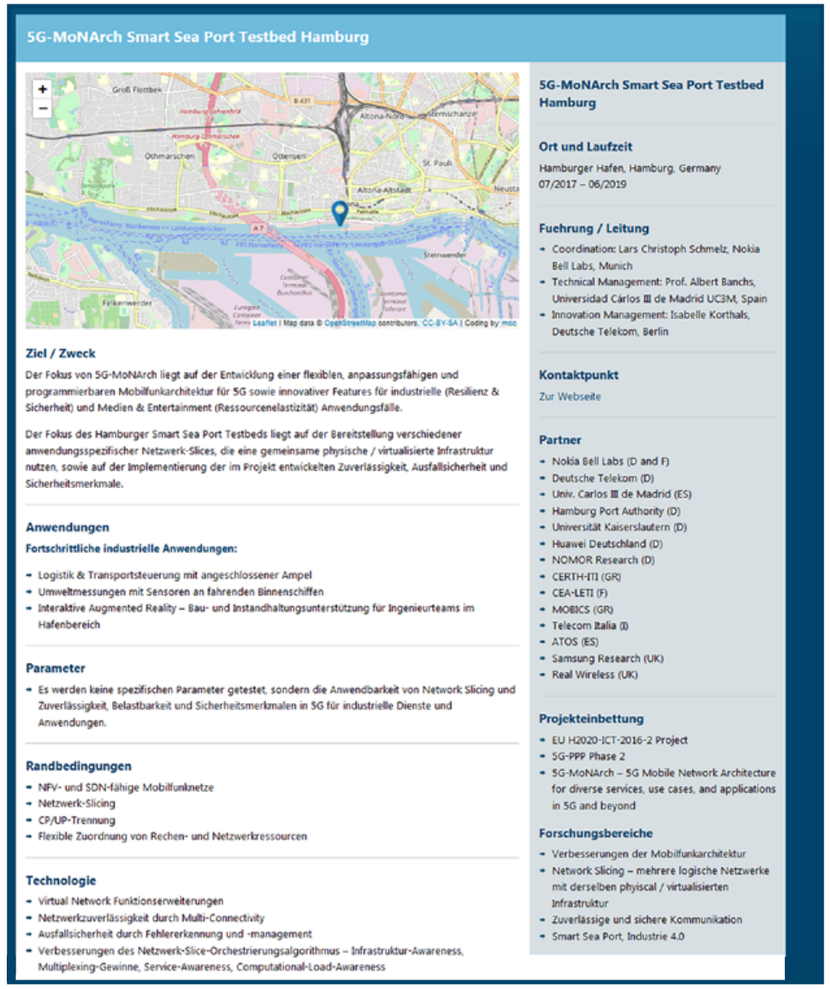

Abb. 4.03
Beispiel Detailansicht des 5G-MoNArch Smart Sea Port Testbed Hamburg

Auswertung der Datenbasis 04

Neben der Sichtbarmachung der bestehenden Testbeds stand die Auswertung der entstandenen und wachsenden Datenbasis im Vordergurnd. Dabei interessieren insbesondere die grundsätzliche Verteilung hinsichtlich Anwendungsfeld, technischer Ausrichtung, räumlicher Verortung und Art des Geschäftsmodells.

Die Testumgebungen werden anhand ihrer vorgesehenen Anwendung unterschieden. Bei der Auswertung der Testbeds wurden folgende Anwendungsfelder identifiziert:

Autonomes Fahren
Die 5G Technologie ermöglicht neue Möglichkeiten für das Autonome Fahren, wie beispielsweise die Auslagerung von komplexen Berechnungen in die Cloud. In Testumgebungen werden Integration, Vernetzung, Betrieb und Anwendung erforscht. Prototypen werden entwickelt, welche auf Teststrecken unter realistischen Bedingungen erprobt werden.

Industrie 4.0
5G ist für die Umsetzung von Industrie 4.0 unerlässlich, da u. a. große Datenmengen bei kleinen Latenzen drahtlos und zuverlässig übertragen werden müssen. Dafür werden neben den 700 MHz-Bändern, welche aufgrund der günstigen Ausbreitungsbedingungen primär für die flächige Versorgung im ländlichen Raum geeignet ist, speziell die Frequenzen im 3,4 bis 3,8 GHz Bereich benötigt. Eine besondere Rolle spielen hierbei die Frequenzen von 3,7 bis 3,8 GHz, da hiermit der Betrieb von lokalen sowie regionalen Netzen möglich wird. Dieses ist insbesondere für die industrielle Vernetzung von Anlagen von großer Bedeutung. In einigen Testumgebungen wird speziell ein solches 5G Netz und dessen industrielle Anwendung erprobt.

Logistik
Bereits heute werden in der Logistik digitale Daten in Echtzeit erhoben und verarbeitet. Durch die hohe Bandbreite und Verfügbarkeit von 5G verspricht sich der Logistiksektor mehr Effizienz und präzisere Datenauswertungen sowie ein echtes Online-tracking, bei dem alle relevanten Daten, wie z. B. Temperaturen, Luftfeuchtigkeit etc. jederzeit durchgängig abgerufen werden können. In bestehenden Testumgebungen werden Anlagen mit der dafür erforderlichen Technologie ausgestattet und getestet.

Verkehrssteuerung /-lenkung
Die Verarbeitung von digitalen Daten in Echtzeit ist besonders bei Verkehrssteuerung und -lenkung wichtig. So können beispielsweise Parkräume effizienter ausgenutzt werden, wodurch unnötige Suchfahrten minimiert werden. Zudem kann der Verkehrsfluss dynamisch an die aktuellen Gegebenheiten adaptiert werden, wenn die entsprechenden Informationen, wie z. B. die Fahrziele und Geschwindigkeiten vorliegen. In den Testumgebungen werden diese neuen Anwendungsszenarien unter realistischen Verkehrssituationen erprobt. Die gewonnen Daten bilden die Basis für weiteres Optimierungspotential, zum Beispiel durch Simulation unter Einbeziehung von Echtzeitdaten.

Tourismus
Die Integration von virtueller Realität (VR) und erweiterter Realität (AR) mit der physischen Welt eröffnet neue Möglichkeiten für die Tourismusbranche. In Testumgebungen werden Applikationen entwickelt, welche den schnellen Datenaustausch von 5G benötigen, um eine VR-Umgebung an einen realen Standort in Echtzeit übertragen zu können. Des Weiteren können mit der 5G Technologie umfangreiche Informationen beispielsweise zu allen relevanten Sehenswürdigkeiten einer Stadt audiovisuell bereitgestellt werden.

Abb. 5.01 repräsentiert die prozentuale Verteilung der Anwendungsfelder in Deutschland. Deutlich ist zu erkennen, dass 68 % der Testbeds auf das Anwendungsfeld Autonomes Fahren ausgerichtet sind. Die industrielle Vernetzung ist mit lediglich 14 % vertreten, obwohl in diesem Sektor kurzfristig ein großer Bedarf zu erwarten ist. Im Vergleich zu Testumgebungen innerhalb anderer europäischer Staaten, siehe Abb. 5.02, ist eine gleichmäßigere Verteilung der Anwendungsfelder zu erkennen. In Hinblick auf den für Deutschland wichtigen Leitmarkt des Maschinen- und Anlagenbaus ist kritisch zu hinterfragen, ob die vorhandene Anzahl von Testbeds für diesen Sektor ausreichend ist.

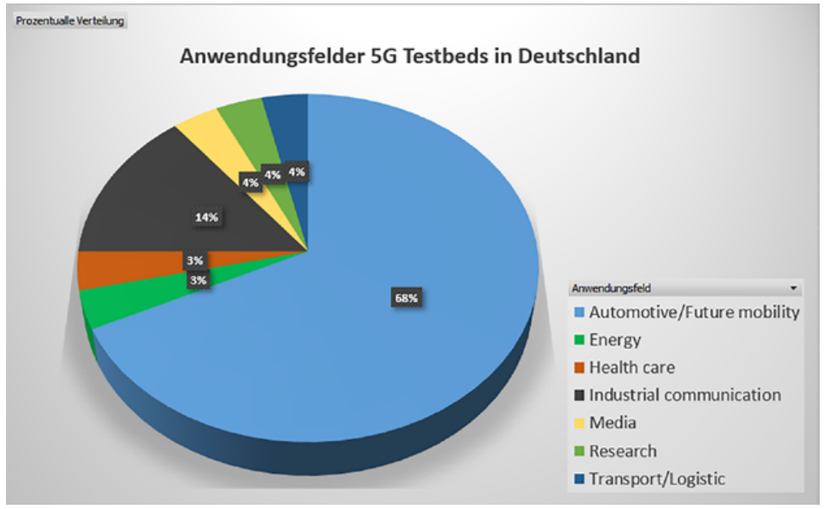

Abb. 5.01
Prozentuale Verteilung der Testbeds nach Anwendungsfeldern in Deutschland

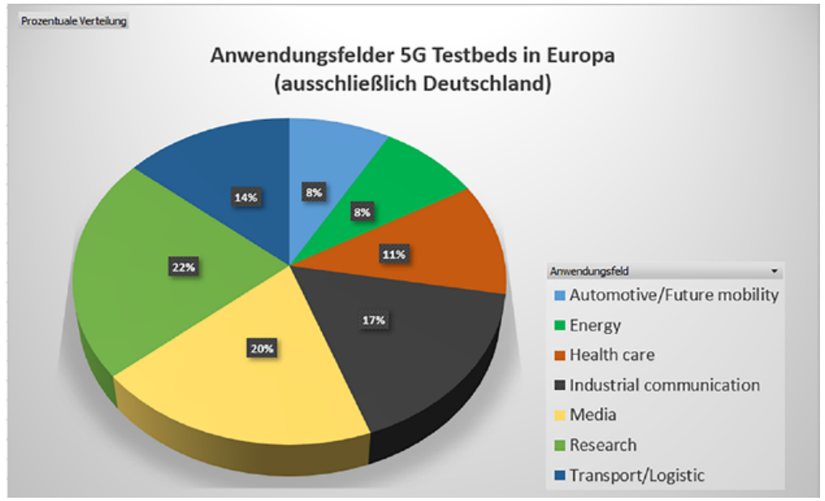

Abb. 5.02
Prozentuale Verteilung der Testbeds nach Anwendungsfeldern in Europa (ohne Deutschland)

Die Auswertungen zeigen weiterhin, dass existierende Testbeds eine recht **hohe Heterogenität bei der technologischen und messtechnischen Ausstattung** aufweisen. Dies ist vermutlich unter anderem dem Umstand geschuldet, dass wesentliche Hardware-Elemente teilweise noch nicht kommerziell zur Verfügung stehen und so von den Akteuren in unterschiedlicher Weise realisiert wurden. Zudem sind einige Testbeds aus vorhandenen nachrichtentechnischen Testumgebungen entstanden bzw. ergänzt worden. Auch sind die unterschiedlichen Zielgruppen und der technologische Fokus wohl ein Grund dafür. Der Fokus kann z. B. vom reinen Antennendesign mit Beamforming bis hin zum redundanten Cloud-Computing reichen. Es ist offensichtlich schwierig, eine allumfängliche Testumgebung bereitzustellen, die allen Anforderungen aus den verschiedenen Anwendungen innerhalb der einzelnen Anwendungsfelder gerecht wird.

Auf Basis der vorgefundenen Testbeds können primär folgende **Zugangsmöglichkeiten** unterschieden werden:

- öffentliche freie Nutzung
- öffentliche / private hybride Nutzung
- öffentliche / private hybride Nutzung mit Gebühren
- Nutzung mit Einschränkungen (mit / ohne Gebühren)
- Andere (mit / ohne Gebühren)

Ein Großteil der untersuchten Testbeds in Deutschland agiert privat und unter Ausschluss der Öffentlichkeit. Diese Testbeds werden in vielen Fällen im Rahmen spezifischer Forschungsprojekte aufgebaut und über die Projektlaufzeit betrieben. Des Weiteren entstehen aber auch Testinfrastrukturen beispielsweise an Universitäten, Forschungsinstitutionen oder in Unternehmen, die längerfristig ausgelegt sind und mit unter einem breiteren Nutzerkreis bzw. einer Vielzahl von Projekten zur Verfügung gestellt werden. Grundsätzlich ist aber festzustellen, dass es unabhängig vom Geschäftsmodell auch auf Seiten der Testbeds ein großes Interesse gibt, sichtbarer zu werden. Dies zeigt auch die große Resonanz, welche die Veröffentlichung der Testbed-Map im Rahmen der zweiten Jahrestagung der BMBF-Forschungsinitiative 5G aus dem BMBF-Programm „IKT 2020 – Forschung für Innovation“ und die enge Kooperation mit der EU Initiative 5G PPP hervorgerufen haben. Kontinuierlich gibt es aktive Anfragen von Testbeds mit Blick auf eine Aufnahme in die Testbed-Map.

05 Ausblick und Handlungsbedarfe

Die bisherigen Arbeiten zeigen, dass eine Fortführung der kontinuierlichen und strukturierten Erfassung und Qualifizierung weiterer Testbeds für die Umsetzung der 5G Strategie ein wichtiger Baustein ist. Daher gilt es die Recherche, Erfassung und Sichtbarmachung von Testbeds sowie deren Klassifizierung weiter zu betreiben. Zukünftig könnten die Testbeds offen nach relevanten technischen und marktlichen Einflussfaktoren und Querschnittsthemen aus ihrer Sicht abgefragt werden. Zusätzliche Erkenntnisse können durch Filterfunktionen die räumliche und inhaltliche Suche nach bestimmten Testbeds weiter verbessern. Damit sollten der Zugang und die Kollaborationsmöglichkeiten für Startups, Unternehmen und Kommunen vereinfacht und gefördert werden. Insbesondere technologisch innovative kleine und mittelständische Unternehmen sollten mehr in den Fokus rücken und bei ihren Entwicklungsaktivitäten unterstützt werden. Die wachsende Datenbasis zu Testbeds sollte durch weitere Auswertungen dazu genutzt werden, reale Bedarfe der Industrie erkennbar zu machen. Die Ausrichtung und vor allem die Entwicklung der Testbeds sind sensible Indikatoren für die Umsetzung von 5G in Deutschland, auch unter Einbeziehung der Entwicklungen der Testbeds in Europa. Darüber hinaus könnte es ratsam sein, einen Austausch zwischen den Testbeds zu initiieren und zu fördern. So könnte eine Standardisierung zur Festlegung der Funktionalitäten von Testbeds entstehen, um einen einheitlichen Standard zu etablieren. Damit würden die Tests und Qualifizierungen neuer Technologien einfacher und kostengünstiger durchzuführen sein. Als Vorbild könnte die Vereinheitlichung im EMV-Prüfbereich dienen.

Zusammenfassend werden für die nähere Zukunft folgende Handlungsbedarfe gesehen:

- Fortführung der kontinuierlichen und strukturierten Erfassung und Qualifizierung weiterer Testbeds
- Intensivierung der Recherche und Sichtbarmachung industrieller Testbeds
- Initiierung eines Austausches zwischen den Testbeds
- Verbesserung der Sichtbarkeit durch Filterfunktion zur besseren räumlichen und inhaltlichen Suche
- Nutzung der Datenbasis, um reale Bedarfe der Industrie erkennbar zu machen
- Abfrage und Sichtbarmachung von relevanten technischen und marktlichen Einflussfaktoren und Querschnittsthemen aus Sicht der Testbeds. Erleichterung des Zugangs zu Testbedarf für Anwender, damit sie ihren individuellen Nutzen von 5G identifizieren können.

Fehlende Testbeds können über die folgende E-Mail-Adresse gemeldet werden: ip45g@sicp.de.

Impressum 06

SICP – Software Innovation Campus Paderborn
Universität Paderborn
Fakultät für Elektrotechnik, Informatik und Mathematik
SI-Lab – Software Innovation Lab
Fürstenallee 11
33102 Paderborn

Ansprechpartner Projektleitung:
Dr. Gunnar Schomaker
schomaker@sicp.de

Projektpartner