

EMF-Messung (Mobilfunk 5G) 2022

Dr. Christian Bornkessel

TU Ilmenau, Fachgebiet HF- und Mikrowellentechnik

Postfach 10 05 65, 98684 Ilmenau

christian.bornkessel@tu-ilmenau.de



Kurzvorstellung

- Seit 2014: Wissenschaftlicher Senior-Mitarbeiter TU Ilmenau, Fachgebiet Hochfrequenz- und Mikrowellentechnik
- 1995 – 2014: IMST GmbH, Leiter Prüfzentrum
- 1991 – 1995: Universität Karlsruhe (TH), Dr.-Ing.
1985 – 1990: TU Ilmenau (TH), Dipl.-Ing.
- Gegenwärtige Aktivitäten:
 - Virtuelle Straße (VISTA)
 - Elektromagnetische Verträglichkeit
 - Exposition in elektromagnetischen Feldern
- Mitglied im Ausschuss A6 der Deutschen Strahlenschutzkommission (SSK)



Quelle: Süddeutsche



Thüringer Innovationszentrum
MOBILITÄT

Ergebnispräsentation 06.07.2022
5G-Mobilfunk, Folie 2
Christian Bornkessel
www.tu-ilmenau.de/hmt

th
TECHNISCHE UNIVERSITÄT
ILMENAU

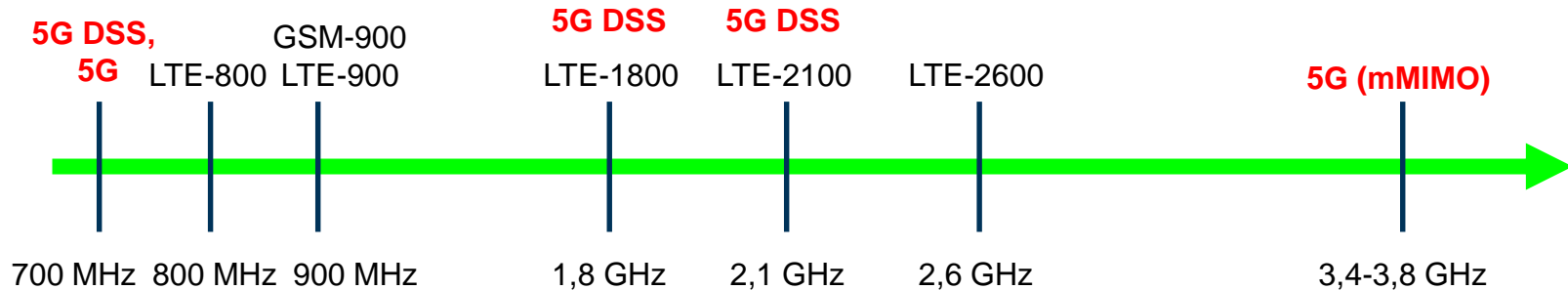
Gliederung

- **Kurzübersicht zu 5G**
- **Ergebnisse aktueller 5G-Immissionsmessungen für den Senat Berlin**
 - Aufgabenstellung
 - Messdurchführung
 - Messergebnisse
 - Veränderung der Immission



Kurzübersicht zu 5G

Frequenzen Mobilfunk-Basisstationen: Stand Juni 2022



- Die derzeit und absehbar eingesetzten Frequenzen für 5G sind nicht neu:
 - 700 MHz: bisher analoges und digitales Fernsehen
 - 1,8 GHz: GSM-1800
 - 2,1 GHz: UMTS
 - 3,4 – 3,8 GHz: WiMAX

DSS: Dynamic Spectrum Sharing
mMIMO: massive MIMO



Kurzübersicht zu 5G

Zelltypen und zugehörige Antennenarten

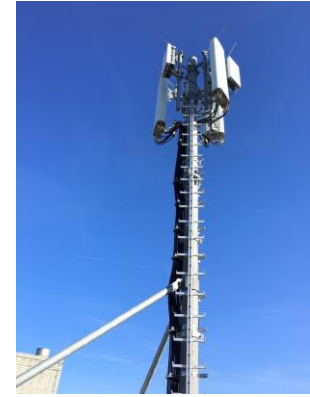
- Die Art der Antenne ist abhängig vom Zelltyp:



Kleinzelle indoor (Picozelle)
Einige 10 m Abdeckung
Rundstrahlend oder gerichtet
Antennendiagramm statisch



Kleinzelle outdoor (Mikrozelle)
Bis einige 100 m Abdeckung
Rundstrahlend oder gerichtet
Antennendiagramm statisch



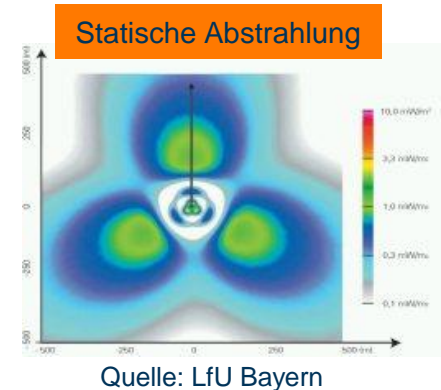
Makrozelle
Bis einige km Abdeckung
Primär gerichtet
Diagramm statisch oder dynamisch



Kurzübersicht zu 5G

Statisches Abstrahldiagramm

- Beim statischer Abstrahlung ändert sich das Antennendiagramm zeitlich nicht (also wie bei GSM, UMTS und LTE)
- Statische Abstrahldiagramme liegen bei 5G vor
 - bei Kleinzellenanlagen
 - bei Makrozellen unterhalb ca. 2,5 GHz
- Dies betrifft derzeit also 5G-Anlagen bei 700 MHz, 1800 MHz (DSS) und 2,1GHz (DSS)
- 5G-Aufrüstung bei DSS meistens über Softwareupdate; keine neue StOB notwendig



Kurzübersicht zu 5G

Dynamisches Abstrahldiagramm (massive MIMO)

- Bei Makrozellen im Frequenzbereich 3,4-3,8 GHz können strahlformende und strahlschwenkende Antennen (dynamische Abstrahlung) eingesetzt werden
- Hierbei ändert sich das Antennendiagramm zeitlich
- Einzelne Strahlungsrichtungen (Beams) werden speziell auf den Nutzer (Mobilgerät) ausgerichtet und bei dessen Bewegung nachgeführt
- Strahlbreite an typ. Aufenthaltsorten einige Meter



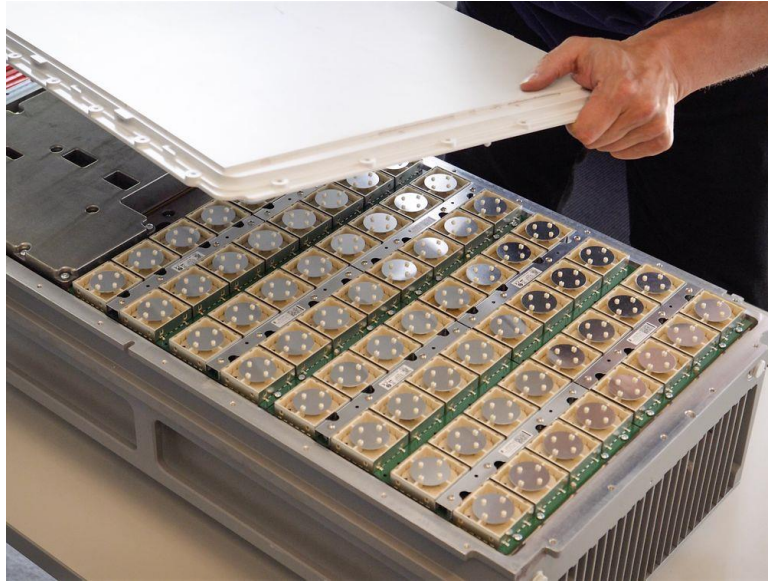
Quelle: Khandaker, Wong



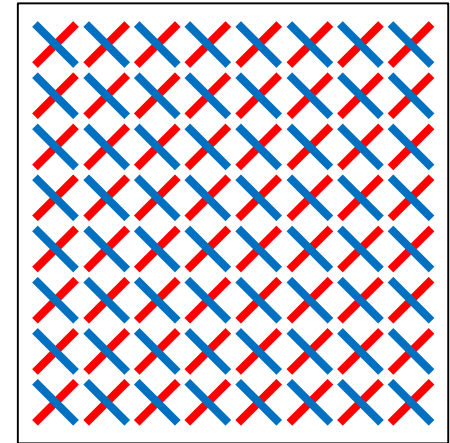
Kurzübersicht zu 5G

Beispiel für massive MIMO-Antenne

Quelle: Deutsche Telekom



Antenne mit 8x8x2 Einzelstrahlern



Thüringer Innovationszentrum
MOBILITÄT

Ergebnispräsentation 06.07.2022
5G-Mobilfunk, Folie 8
Christian Bornkessel
www.tu-ilmenau.de/hmt

th
TECHNISCHE UNIVERSITÄT
ILMENAU

Ergebnisse aktueller 5G-Immissionsmessungen

Aufgabenstellung

- Messung der 5G-Immissionen an zwei Anlagen
 - 1 x 5G DSS mit statischem Abstrahldiagramm
 - 1 x 5G massive MIMO mit Beamforming
- Mitmessung der Immissionen durch weitere Mobilfunkanlagen (GSM, LTE) am selben Standort
- Auswertung der Immissionen für maximale Anlagenauslastung (26. BImSchV!)
- Bei der 5G mMIMO-Anlage auch Momentanmessungen der 5G-Immission



Ergebnisse aktueller 5G-Immissionsmessungen

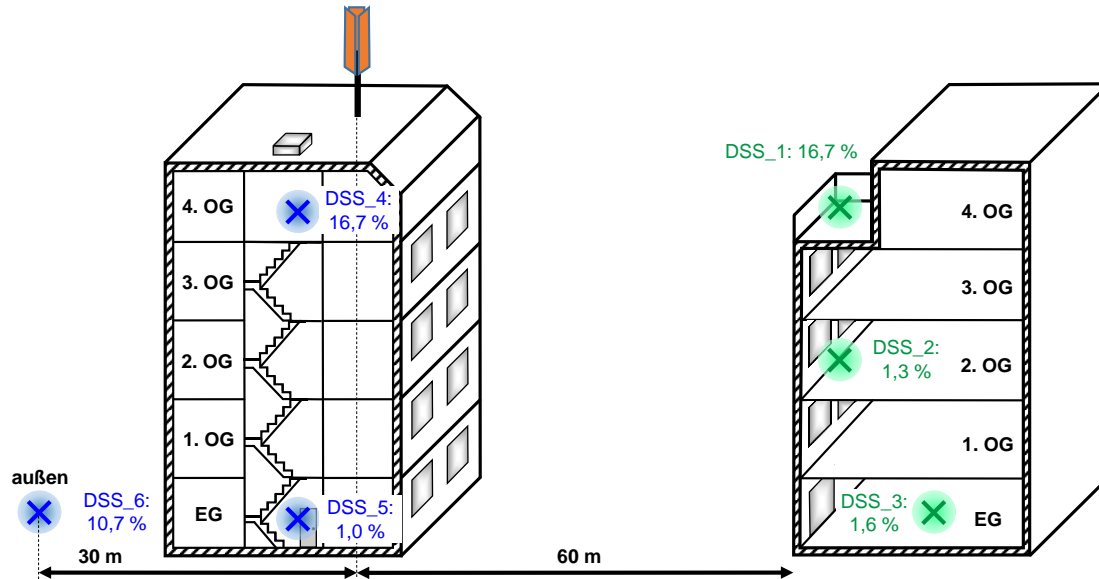
Durchführung der Messungen

- Anlagenauswahl gemeinsam mit Senatsverwaltung
 - 5G DSS: Berlin-Reinickendorf
 - 5G mMIMO: Berlin-Mitte
- Messgerät Narda SRM-3006, Schwenkmethode
- Messtermin 20./21.04.2022
- Ermittlung der Maximalimmission:
 - GSM: frequenzselektiv und Extrapolation
 - 4G, 5G DSS: codeselektiv und Extrapolation
 - 5G mMIMO: Provozierung maximalen Datenverkehrs mit Endgerät



Ergebnisse aktueller 5G-Immissionsmessungen

Maximale Gesamtimmission 5G DSS-Anlage Berlin-Reinickendorf



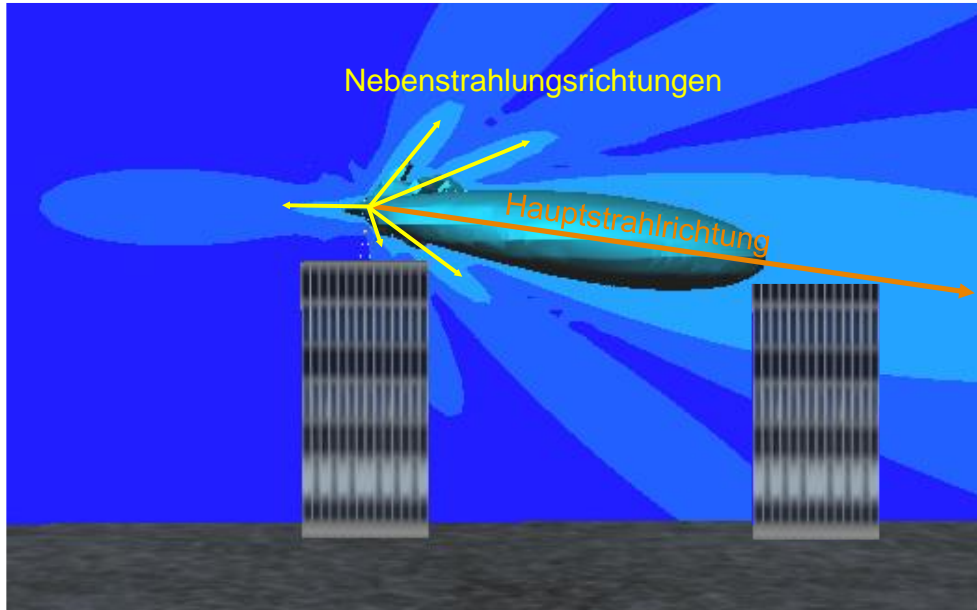
Alle Werte als Grenzwertausschöpfung bzgl. elektrischer Feldstärke

- größte Feldstärke im gegenüberliegenden Gebäude oberstes Stockwerk und direkt unter der Anlage
- deutliche Abnahme zu tieferen Geschossen
- wichtige Einflussfaktoren: Orientierung zur Hauptstrahlrichtung und Dämpfung durch Gebäude
- insgesamt nur geringe Grenzwertausschöpfung



Ergebnisse aktueller 5G-Immissionsmessungen

Erklärung der gemessenen Feldstärkeverteilung

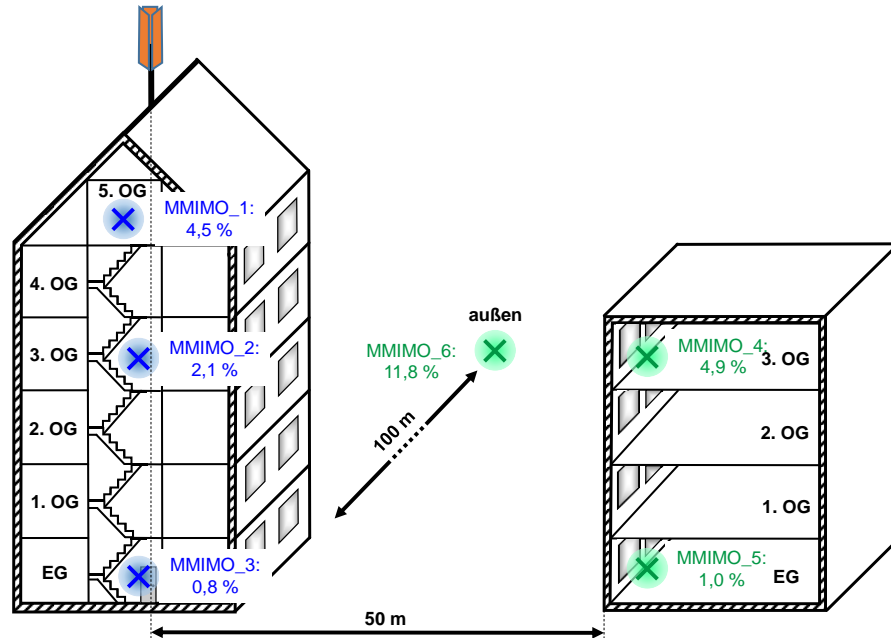


- Orientierung zur Hauptstrahlrichtung ist der bestimmende Einflussfaktor
- lateraler Abstand zur Anlage ist nicht primär entscheidend



Ergebnisse aktueller 5G-Immissionsmessungen

Maximale Gesamtimmission 5G mMIMO-Anlage Berlin-Mitte



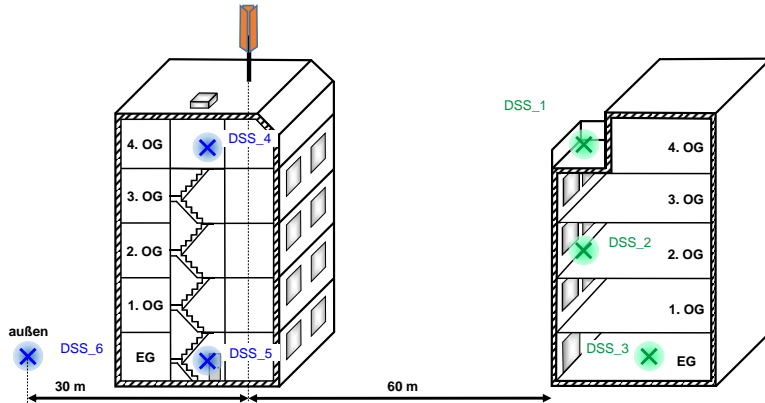
Alle Werte als Grenzwertausschöpfung bzgl. elektrischer Feldstärke

- Bezüglich Feldverteilung selbe Erkenntnisse wie bei 5G DSS-Anlage
- Insgesamt etwas niedrigere Immissionen, bedingt durch andere Messpunktauswahl
- wiederum nur geringe Grenzwertausschöpfung



Ergebnisse aktueller 5G-Immissionsmessungen

Immissionsveränderung gegenüber 2019/20: 5G DSS-Anlage



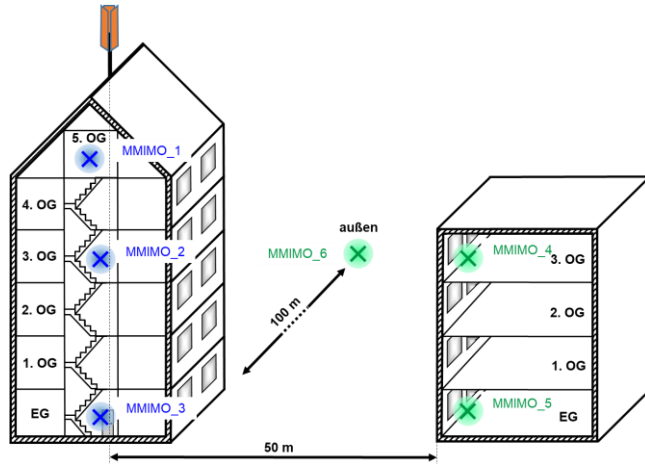
Messpunkt	Grenzwertausschöpfung der elektrischen Feldstärke		Veränderung
	Messung 2019/2020	Messung aktuell	
DSS_1	17,5 %	16,7 %	-0,4 dB
DSS_2	1,3 %	1,3 %	0,0 dB
DSS_3	0,3 %	1,6 %	+14,5 dB
DSS_4	15,3 %	16,7 %	+0,8 dB
DSS_5	0,9 %	1,0 %	+0,9 dB
DSS_6	11,9 %	10,7 %	-0,9 dB

- Standortbescheinigung gegenüber 2019/20 nicht geändert, lediglich Tausch UMTS → LTE/5G (DSS)
- Wird an einer Mobilfunkanlage 5G-DSS anstelle eines anderen Mobilfunksystems bei ansonsten unveränderten Anlagenparametern installiert, bleibt Gesamtimmision unverändert



Ergebnisse aktueller 5G-Immissionsmessungen

Immissionsveränderung gegenüber 2019/20 outside: 5G mMIMO-Anlage



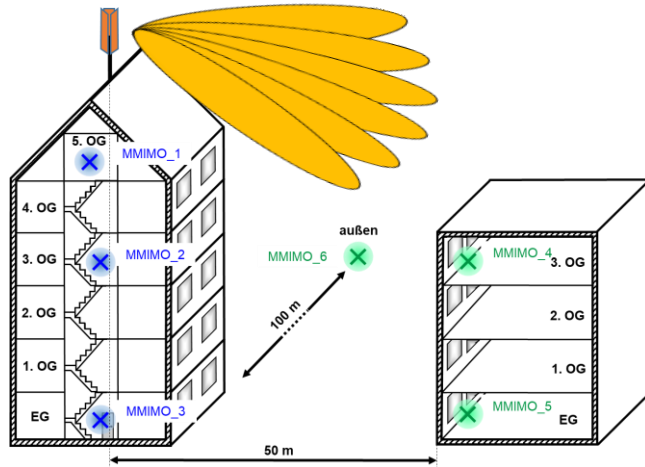
Messpunkt	Grenzwertausschöpfung der elektrischen Feldstärke		
	Messung 2019/2020	Messung aktuell	Veränderung
MMIMO_1	2,0 %	4,5 %	+7,0 dB
MMIMO_2	1,0 %	2,1 %	+6,4 dB
MMIMO_3	0,4 %	0,8 %	+6,0 dB
MMIMO_4	1,4 %	4,9 %	+10,9 dB
MMIMO_5	0,4 %	1,0 %	+8,0 dB
MMIMO_6	nicht gemessen	11,8 %	kein Vergleich möglich

- Standortbescheinigung gegenüber 2019/20 geändert, neues zusätzliches 5G-System
- Erhöhung der Immission an allen Messpunkten, am deutlichsten in dem durch massive MIMO abgedeckten Schwenkwinkelbereich



Ergebnisse aktueller 5G-Immissionsmessungen

Immissionsveränderung gegenüber 2019/20: 5G mMIMO-Anlage



Messpunkt	Grenzwertausschöpfung der elektrischen Feldstärke		
	Messung 2019/2020	Messung aktuell	Veränderung
MMIMO_1	2,0 %	4,5 %	+7,0 dB
MMIMO_2	1,0 %	2,1 %	+6,4 dB
MMIMO_3	0,4 %	0,8 %	+6,0 dB
MMIMO_4	1,4 %	4,9 %	+10,9 dB
MMIMO_5	0,4 %	1,0 %	+8,0 dB
MMIMO_6	nicht gemessen	11,8 %	kein Vergleich möglich

- Standortbescheinigung gegenüber 2019/20 geändert, neues zusätzliches 5G-System
- Erhöhung der Immission an allen Messpunkten, am deutlichsten in dem durch massive MIMO abgedeckten Schwenkwinkelbereich



Ergebnisse aktueller 5G-Immissionsmessungen

Momentanimmission an 5G mMIMO-Anlage

Messpunkt	Grenzwertausschöpfung bzgl. der elektrischen Feldstärke			
	Maximal möglich	Momentan ohne Verkehr	Momentan ARD EG nah	Momentan ARD EG fern
MMIMO_3	0,8 %	0,05 %	0,05 %	0,05 %
MMIMO_5	1,0 %	0,05 %	0,09 %	0,08 %
MMIMO_6	11,8 %	0,5 %	1,0 %	0,6 %

- Zusätzliche Messung der Momentanimmission, und zwar
 - ohne Verkehr: derzeitige Momentanimmission ohne provozierten Datenverkehr
 - ARD EG nah: Smartphone am Messpunkt mit ARD Live Stream über 5G
 - ARD EG fern: Smartphone mit ARD Live Stream, aber einige 10 m weg vom Messpunkt
- Momentanimmission bei provozierter „typischer“ Smartphone-Nutzung feldstärkebezogen nur ca. 1/10 der Maximalimmission



Zusammenfassung

- 26. BImSchV konforme Immission bei höchster betrieblicher Auslastung liegt auch nach Einführung von 5G weit unterhalb der Grenzwerte
- Bei Funksystemwechsel (UMTS → 4G/5G DSS) und ansonsten unveränderten Anlagenparametern bleibt Immissionssituation unverändert
- Bei zusätzlicher Installation eines (mMIMO) 5G-Systems ohne Abschalten anderer Funksysteme steigt Immission an
- Insbesondere bei 5G mit massive MIMO sind *Momentanmissionen* deutlich kleiner als die theoretischen *Maximalmissionen*



VIELEN DANK FÜR IHRE AUFMERKSAMKEIT!

>> Sie haben Fragen oder Anregungen?
Kontaktieren Sie mich:

christian.bornkessel@tu-ilmenau.de

Tel. 03677.69-1592

TU Ilmenau

Fachgebiet HF- und Mikrowellentechnik

Postfach 10 05 65

98684 Ilmenau



Thüringer Innovationszentrum
MOBILITÄT

Ergebnispräsentation 06.07.2022
5G-Mobilfunk, Folie 19
Christian Bornkessel
www.tu-ilmenau.de/hmt

th
TECHNISCHE UNIVERSITÄT
ILMENAU