

6G (Beyond 5G): Forschung in Japan – Zusammenarbeit mit Deutschland

Dr. Lothar Mennicken, Referatsleiter Wissenschaft und Technologie, Deutsche Botschaft Tokyo
Stand: 30. November 2021

Nach 5G folgt 6G als künftiger Mobilfunkstandard! Japan ist bei 6G (in JPN „Beyond 5G“) sehr an einer Zusammenarbeit im Bereich Forschung, Entwicklung und Standardisierung mit Wertepartnern interessiert. Eine entsprechende Ausrichtung findet sich bereits in der „Beyond 5G promotion strategy“ vom Juni 2020 des federführenden Ministry of Internal Affairs and Communications (MIC). Das National Institute of Information and Communications Technology (NICT) ist eine dem MIC nachgeordnete Ressortforschungseinrichtung und zugleich Projektträger des MIC. NICT hat unter Beteiligung des japanischen „Beyond 5G Promotion Consortium“ das bedeutende „Beyond 5G/6G white paper“ im April (Vers. 0.9) bzw. August d. J. (Vers. 1.0) vorgelegt. Die nächste Version (2.0) soll im März 2022 veröffentlicht werden. <https://www2.nict.go.jp/idi/en/#whitepaper>

Am 9. und 10. November d. J. fand in Tokyo die Internationale 6G-Konferenz („Beyond 5G International Conference 2021“) im Hybrid-Format statt. Die Konferenz wurde durch das MIC zusammen mit dem „Beyond 5G Promotion Consortium“ ausgerichtet. Yusuke NAKANISHI, State Minister, MIC wies in der Eröffnungsrede explizit auf eine erwünschte (akademische) Zusammenarbeit mit Wertepartnern in USA und Europa hin. Internationale Zusammenarbeit sei wichtig, damit JPN nicht (weiter) zurückfalle. O-RAN wurde von mehreren Sprechern gegenüber integrierten Lösungen eindeutig favorisiert. Rakuten und der deutsche Internetanbieter 1&1 kündigten bereits Anfang August d. J. an, dass die Japaner das erste voll virtualisierte 5G-Netz auf der Open-RAN-Technik außerhalb Japans aufbauen werden.

6G ist eine wichtige Voraussetzung zur Realisierung der „Society 5.0“ in JPN. Zudem soll 6G einen wichtigen Beitrag zur Erreichung der Nachhaltigkeitsziele (SDGs) und bei der Dekarbonisierung in JPN leisten. Prof. Makato GONOKAMI, Präsident des industriegeführten Konsortiums „Beyond 5G Promotion Consortium“ und ehem. Präsident der Tokyo University, wies als Mitveranstalter der Konferenz auf den signifikanten Beitrag des „Beyond 5G Promotion Consortium“ bei der Erstellung des „Beyond 5G/6G white paper“ (FF NICT) hin. Das „Beyond 5G Promotion Consortium“ wurde erst im Dezember 2020 gegründet und besteht überwiegend aus jpn Firmen. (<https://b5g.jp/en/about.html>)

Im Folgenden wird eine Übersicht zu den Akteuren in Japan und Beispielen bestehender F&E-Zusammenarbeit zwischen Japan und Deutschland gegeben.

Staatliche fördernde Akteure (Förderagentur in Klammern):

MIC (NICT), MEXT (JST), METI (NEDO)

(Führende) Forschungseinrichtungen (aktuelle F&E Projekte in Klammern):

1. **National Institute of Information and Communications Technology-NICT** (Projects: Novel fronthaul technology for massive and ultra-dense radio access networks, 2018-2021; Study on high-linearity optical modulator for next-generation analog radio-over-fiber systems, 2020-2022)
2. **National Institute of Advanced Industrial Science and Technology-AIST** (Project: Development of high-speed non-volatile memory technology corresponding to the progress of miniaturization (zusammen mit Sony Semiconductor Solutions, 2020-))
3. **National Institute of Informatics-NII** (Projects: Non-Orthogonal Resource Allocation in 5G Cloud Radio Access Networks, 2017-2021; Researches on Model-aided Learning Approaches for Reliable Realtime Control in Future Wireless Systems, 2020-2024)

6G (Beyond 5G): Forschung in Japan – Zusammenarbeit mit Deutschland

4. **Tokyo University of Science** (Project: Exploitation of radio frequency resources through multi-dimensional big data analysis of radio wave environment using mobile terminals, 2019-2022)
5. **Tokyo Institute of Technology** (Project: Flexible Phased Array for Directional Wireless Communication, 2020-2024)
6. **Hiroshima University** (Projects: Research on Pin-Point Terahertz Wireless Communication for Beyond 5G, 2019-2021; Study on sub-terahertz-band wireless system with fiber-optic speed, 2018-2021)
7. **Ibaraki University** (Project: Radio Resource Management in 5G and Beyond Networks: A Layered In-network Learning Approach, 2020-2023)
8. **Tohoku University** (Projects: Establishing a mobile core network architecture for Beyond 5G, 2019-2022; A Study on Deep Learning Based Resource Allocation for Future Cellular Networks 2020-2023)
9. **Japan Advanced Institute of Science and Technology-JAIST** (Project: Lattice Codes for Gaussian Wireless Networks Beyond 5G, 2019-2023)
10. **Tokyo University of Agriculture and Technology** (Research on non-reflective materials with ultra-high refractive indices above 10 in terahertz waveband, 2018-2021)
11. **Yokohama National University** (Project: Ultra-high gain multi-beam optical antenna with 2D photonic reflector, 2018-2021)
12. **Japan Women's University** (Application of Laguerre-Gaussian beams to optical wireless communications, 2017-2020)
13. **Keio University** (Project: Research on distributed energy matching control technology using structured P2P system for the next generation M2M networking 2017-2020)
14. **Chiba Institute of Technology** (Project: Study of functional dielectric layer integrated waveguide slot array antennas and their proximity terahertz wireless applications, 2017-2021)
15. **Yokohama National University** (Project: Research on high throughput wireless communications through unification of coding, modulation, and multiple access schemes (Fostering Joint International Research, 2017-2019)
16. **Kagawa University** (Project: Self-optimization of Resource Allocation for sixth-generation mobile communication system, 2020-2023)
17. **Gunma University** (Project: Comprehensive Studies on ICT Utilization to Make Sustainable Economic Growth Possible (Fostering Joint International Research, 2016-2019)
18. **Gifu University** (Project: Millimeter- and Terahertz- Wave Absorber Designed by Antiferromagnetic Resonance of Iron-Based Corundum Oxides, 2020-2022)

(Führende) Unternehmen (aktuelle F&E Projekte in Klammern)*:

1. **NEC** (Development of advanced technology for cloud-type core; Development of high performance technology for base station radio unit; 2020-/Development of technology for increasing the capacity of fixed wireless transmission systems; 2021-/Development of bus-type transmission upgrading technology; 2021-/Development of advanced RAN control technology; 2021-),
2. **Fujitsu** (Development of speed-enhancing technology for optical transmission systems; Development of high performance technology for virtual base station controller; Development of high performance technology for base station radio unit; 2020-/Development of high-frequency amplifier-integrated array antenna packaging technology; 2021-/Development of advanced RAN control technology; 2021-),
3. **Fujitsu/NEC** (Development of evaluation/verification technology for interconnectivity between base station devices; 2020-),

6G (Beyond 5G): Forschung in Japan – Zusammenarbeit mit Deutschland

4. **NTT Electronics/Fujitsu/NEC** (Development of speed-enhancing technology for optical transmission DSP (Digital Signal Processor); 2020-),
5. **Rakuten Mobile** (Development of high performance technology for virtual base station controller; Development of cloud-type network integrated management and automatic optimization technology; 2020-)
6. **Sumitomo Electric** (Development of high power and miniaturization technology for high-frequency devices; 2020-),
7. **AIST/Sony Semiconductor Solutions** (Development of high-speed non-volatile memory technology corresponding to the progress of miniaturization; 2020-),
8. **AIO Core** (Development of optical connection technology capable of operating under high temperature; 2020-),
9. **Socionext Inc.** (Development of large scale advanced logic chip design technology for MEC; 2021-),
10. **KIOXIA** (Development of high bandwidth and high capacity memory module design technology for MEC servers; 2021-)
11. **Mitsubishi Electric** (Development of ultra-high speed optical link technology; 2021-),
12. **JVC Kenwood/EpiPhotonics** (Development of advanced optical switch technology; 2021-),
13. **ABIT Corporation (gemeinsam mit Osaka University und NICT)** (Development of terminal communication function configuration technology; 2021-)

*Ergebnis der Ausschreibungen vom 15.04.2020, 05.02.2021 sowie 30.06.2021 (Auftragsforschung): "Research and Development of Enhanced Infrastructures for Post 5G Information Communication Systems" (METI-Förderung: ca. 570 Mio. €, davon jeweils 4 -75 Mio. € pro Thema).

Innerhalb MIC wurde ein "Beyond 5G Promotion Consortium" eingerichtet mit dem Ziel der Koordination und Beratung zwischen Industrie, Forschungseinrichtungen und Politik. Darüber hinaus koordiniert eine Task Force die Aktivitäten mit dem "Council for Science, Technology and Innovation-CSTI" (Cabinet Office – CAO) sowie IT- und Cybersecurity-Einrichtungen.

Japans Wirtschaftsministerium (METI) hat im Rahmen des sog. „**R&D Plan for the Project for R&D of Enhanced Infrastructures for Post-5G Information Communication System**“ Forschungsziele bekannt gegeben. "Post-5G" (auch "enhanced 5G") wird als 5G mit verbesserten Eigenschaften wie "ultra-low latency and simultaneous connections of multiple terminals" charakterisiert. In diesem R&D Plan werden folgende zwei Forschungsziele für Post-5G genannt:

(1) Entwicklung von Post-5G-Informations- und Kommunikationssystemen und einschlägiger Technologien, die in diesen Systemen verwendet werden, z. B. Halbleiter (Ziel bis HHJ 2026: Entwicklung von sieben solcher Technologien)

(2) Entwicklung von Technologien zur Herstellung modernster Halbleiter für Post-5G innerhalb JPNs (Ziel bis HHJ 2026: Aufbau eines Standorts („Line“) zur Entwicklung von Herstellungstechnologien modernster Halbleiter).

Als Ergebnis wird zudem die Kommerzialisierung von mind. 50% der im Rahmen des Forschungsprogramms entwickelten Technologien bis Ende HHJ 2026 angestrebt.

Die **Umsetzung** der Forschung zu den o.g. beiden Forschungszielen erfolgt in unterschiedlicher Form: Ziel (1) Auftragsforschung (u.a. Ausschreibung vom 15.04.2020, bereits abgeschlossen, Ergebnis siehe oben; vgl. https://www.meti.go.jp/english/press/2020/0415_002.html)
Ziel (2) Projektförderung (u.a. Ausschreibung vom 08.01.2021, bereits abgeschlossen; vgl. <https://www.meti.go.jp/press/2021/05/20210531002/20210531002.html>).

6G (Beyond 5G): Forschung in Japan – Zusammenarbeit mit Deutschland

Unter „Pionierforschung“ (Auftragsforschung oder Projektförderung) versteht der R&D-Plan Technologien, deren Kommerzialisierung im Rahmen von 5G voraussichtlich nicht erreicht werden kann, die aber vielversprechend erscheinen für spätere Entwicklungsphasen (zweite Hälfte von „Post-5G“ oder „Beyond-5G“(6G) und dabei das Potenzial zum Erwerb eines gewissen Marktanteils haben. In Bezug auf Forschungsziel (1) werden hierzu folgende **konkrete Forschungsthemen** genannt (Themen für Forschungsziel (2) sind „Advanced semiconductor manufacturing technology (front-end technology)“ (More Moore Technologies) sowie „Advanced Semiconductor Manufacturing Technology (Post-processing Technology)“ (More-than-Moore-Technologies)):

(a) Network-related technology

network integrated management technology (ultra-high reliable), real-time control technology (ultra low-latency), open-source software technology (flexibility, low cost), secure communication technology (ultra safety), low-power-consumption technology of cloud server and MEC (Mobile Edge Computing) server (ultra low power consumption),

(b) Transmission line-related technology

optical link technology for fronthaul, optical interconnect technology for communication within the MEC, optical transport network large-capacity technology for metro network and long distance network, optical access network virtualization technology,

(c) Base station-related technology

new antenna technology, integrated circuit technology for millimeter wave and terahertz bands, high-performance material technology such as new substrate materials, wider bandwidth circuit technology for base station amplifiers, software base station automatic optimization technology, Base station virtualization and flexibility technology,

(d) Innovative application system technology

high-precision positioning and synchronization control technology for realizing digital twin, real-time control technology for adaptive robots using MEC, other innovative applied system technologies,

(e) MEC related technology

higher performance and lower latency of the semiconductors and peripheral devices that make up the MEC, optical interconnect technology for communication within the MEC, low-power-consumption technology of cloud server and MEC server (ultra low power consumption), real-time control technology for adaptive robots using MEC.

Die Kerntechnologie soll 2025 im Rahmen der Expo in Osaka vorgestellt und frühestens ab 2030 kommerziell ausgerollt werden (vgl. "Beyond 5G Promotion Strategy—Roadmap towards 6G—" des MIC: https://www.soumu.go.jp/main_sosiki/joho_tsusin/eng/pressrelease/2020/6/30_7.html).

Auch im Rahmen der EU-Japan-Kooperation ist 5G/6G ein wichtiges Thema (s. Ergebnisprotokoll des 10. Workshops, 1.-2. Oktober 2020): <https://www.gov-base.info/en/2020/10/07/128218>

Am 9. und 10. November 2021 fand in Tokyo (hybrid) die “Beyond 5G international conference”, organisiert von MIC und dem „Beyond 5G Promotion Consortium“ statt. BMBF (Prof. Dr. Schieferdecker), DFKI (Prof. Dr. Schotten) sowie die Deutsche Botschaft Tokyo waren vertreten. <https://www.omc.co.jp/beyond5G/en/index.html>

Deutsch-Japanische F&E Zusammenarbeit bei 6G (Beispiele):

1. Projekt: Flexible Factory Partner Alliance (FFPA)

Um die Produktivität zu steigern und eine bessere Qualitätskontrolle in Fabriken zu realisieren, ist drahtlose Technologie nützlich. Die Flexible Factory Partner Alliance (FFPA) wurde gegründet, um die Technologien zur Realisierung von Wireless Factories zu fördern und zu standardisieren.

Partner: Flexible Factory Partner Alliance (FFPA), Rep. Director, Dr. Kenichi Maruhashi (NEC); DFKI, Prof. Dr. Hans Dieter Schotten (FFPA Chairman),

Members: OMRON, ATR, Sanritz Automation, NICT, NEC, Fujitsu, Murata Machinery, Siemens, Waseda Univ., Chiba Institute of Technology, Gifu Univ., Kyoto Univ., JAIST, Tohoku Univ., Osaka Univ.,

Univ. Stuttgart, KIT, TU Darmstadt, Fraunhofer IAF, FAU Erlangen-Nürnberg, Leibniz IHP Frankfurt, TU Ilmenau, TU Darmstadt,

<https://www.ffp-a.org>

2. Projekt: AIRPORT

BMW fördert ein erstes F&E-Projekt „AIRPORT“ zwischen DFKI (Prof. Dr. Andreas Dengel) und FhG mit dem jpn Partner NICT: Ziel sind F&E hin zu internationaler Standardisierung für IoT und AI mit Schwerpunkt auf der industriellen drahtlosen Kommunikation (5G/ Berührung zu 6G);

<http://www.airport-project.de/>

EU-geförderte Projekte:

Aus der jüngsten MIC-Förderbekanntmachung “Beyond 5G International Collaborative Research Program” (Einreichungsfrist 30.06.-10.08.2021), die für F&E-Zusammenarbeit mit strategischen Partnern in Europa und USA offen war, sind drei Projekte zwischenzeitlich ausgewählt/bewilligt worden, darunter ein Projekt mit deutscher Beteiligung. Allgemeine Rahmendaten der

Förderbekanntmachung: Fördervolumen (jpn Seite): grundsätzlich bis zu 50 Mio. (max. 100 Mio.

JPY/Jahr), d.h. Fördermittel i. H. v. ca. 380 – 760 TEUR pro Jahr und Projekt; Projektlaufzeit: 2-3 Jahre;

Projekträger: NICT (<https://www.nict.go.jp/press/2021/06/30-1.html>)

https://www.soumu.go.jp/main_sosiki/joho_tsusin/eng/pressrelease/2021/6/30_02.html)

3. Projekt: “Developing of 300GHz terahertz networks for Beyond 5G systems”

Koordinator/Proposers (JPN): Gifu University (head of proposers), Waseda University, Chiba Institute of Technology

European collaborators: TU Braunschweig, Fraunhofer Institute for Applied Solid State Physics, Univ. of Lille 1 / Institute for Microelectronics and Nanotechnology Electronics, Univ. Stuttgart; VIVID Components Ltd.

Zusammenfassung: Entwicklung von Terahertz-Netzen für Beyond 5G-Systeme. In den letzten Jahren hat die Forschung zu 300-GHz-Übertragungssystemen viel Aufmerksamkeit erregt, und es wird erwartet, dass sie aufgrund ihrer hohen Geschwindigkeit und einfachen Installation als Backhaul- und Fronthaul-Systeme eingesetzt werden. Andererseits ist die Verbesserung der Stabilität und Verfügbarkeit des Systems aufgrund seiner Anfälligkeit für Niederschlagsabschwächung ein wichtiges Thema. Die Antragsteller haben in Zusammenarbeit mit Europa ein drahtloses 300-GHz-Backhaul/Fronthaul-System und Simulationstechniken für die Verbindung entwickelt. In dieser Studie soll ein Terahertz-Netz entwickelt werden, das auf diesen Systemen basiert, und Langzeitbetriebsexperimente in Außenumgebungen durchgeführt werden, um Daten über die Ausbreitungs- und Datenübertragungseigenschaften des Terahertz-Netzes zu erhalten. Ziel ist es, sowohl hohe Geschwindigkeit als auch Stabilität zu erreichen. (Vermutlich handelt es sich um die Ko-Finanzierung bzw. Fortsetzung des H2020 EU-JPN Projekts „ThoR“ 07.2018-03.2022).

Zwei weitere Projekte (JPN/USA und JPN/Europa) aus dieser Förderbekanntmachung wurden ebenfalls zur Förderung ausgewählt:

4. Projekt: “Open and secure Beyond 5G mobile data offloading with next-generation public wifi roaming”

Proposers: Kyoto University (head of proposers), Local24 Inc., Tohoku University, NII

European Collaborators: GÉANT (pan-europäisches Internet-Verbindungsnetzwerk der europäischen Forschung, <https://www.geant.org/>)

5. Projekt: “Research and development of terahertz band channel models and applications that support Beyond 5G ultra-high-capacity wireless communication”

Proposers: SHARP Corporation (head of proposers), Kyoto University, Tokyo University

USA-Collaborators: nicht näher genannte/r Forschungspartner aus den USA (nur

"Kommunikationsbetreiber Forschungsinstitut(e) aus den USA" auf jap.)

Laufende EU-geförderte Projekte „BRAINE“, „TeraFlow“ und „MINTS“ (HORIZON 2020), an denen NEC Laboratories Europe GmbH (Teil der japanischen NEC Group, Sitz in Heidelberg) gemeinsam mit weiteren deutschen Partnern beteiligt ist:

6. Projekt: “Big data pRocessing and Artificial Intelligence at the Network Edge” (BRAINE)

Auszug aus der Projektbeschreibung: Ziel des Projekts BRAINE ist es, die Entwicklung von Edge-Computing voranzutreiben, indem es sich auf energieeffiziente Hardware und KI-Software konzentriert, die Big Data am Rand des Netzwerks verarbeiten sowie Sicherheit, Datenschutz und Souveränität fördern kann. Zur Erreichung dieses Ziels soll ein nahtloses Mikrodatenzentrum am Rand des Netzwerks aufgebaut werden, das mit KI-fähigen Netzwerkschnittstellenkarten verbunden ist.

Deutsche Beteiligung: Leibniz Universität Hannover, eccenca GmbH, Infineon Technologies AG.

Projektwebsite: <https://www.braine-project.eu/>

7. Projekt: “Secured autonomic traffic management for a Tera of SDN flows” (TeraFlow)

Auszug aus der Projektbeschreibung: Das EU-finanzierte Projekt TeraFlow wird eine neue Art sicherer Cloud-nativer SDN-Controller entwickeln, die Innovation über 5G-Netzwerke hinaus voranbringen werden.

Deutsche Beteiligung: Dipl.Phys. Peer Stritzinger GmbH.

Projektwebsite: <https://www.teraflow-h2020.eu/>

8. Projekt: “Millimeter-wave Networking and Sensing for Beyond 5G” (MINTS)

Auszug aus der Projektbeschreibung: Das EU-finanzierte Projekt MINTS wird ein Schulungsprogramm zu Millimeterwellen-Netzwerken vorstellen, das den gesamten Stack von der Bitübertragungsschicht bis hin zu Anwendungen abdeckt. Übergeordnetes Ziel des Projekts MINTS ist es, Lösungen für zukünftige Millimeterwellen-Netzwerke zu finden. Führende Mitglieder großer EU-Initiativen und EU-Projekte sowie wichtige Hersteller, Betreiber und Prototypen-Dienstleister aus dem Bereich der Telekommunikation werden zusammen.

Deutsche Beteiligung: TU Darmstadt.

Projektwebsite: <https://b5g-mints.eu/>