

# ForLab SmartBeam

Forschungslabor Mikroelektronik Duisburg-Essen  
für Hochfrequenz-Strahlformung



GEFÖRDERT VOM

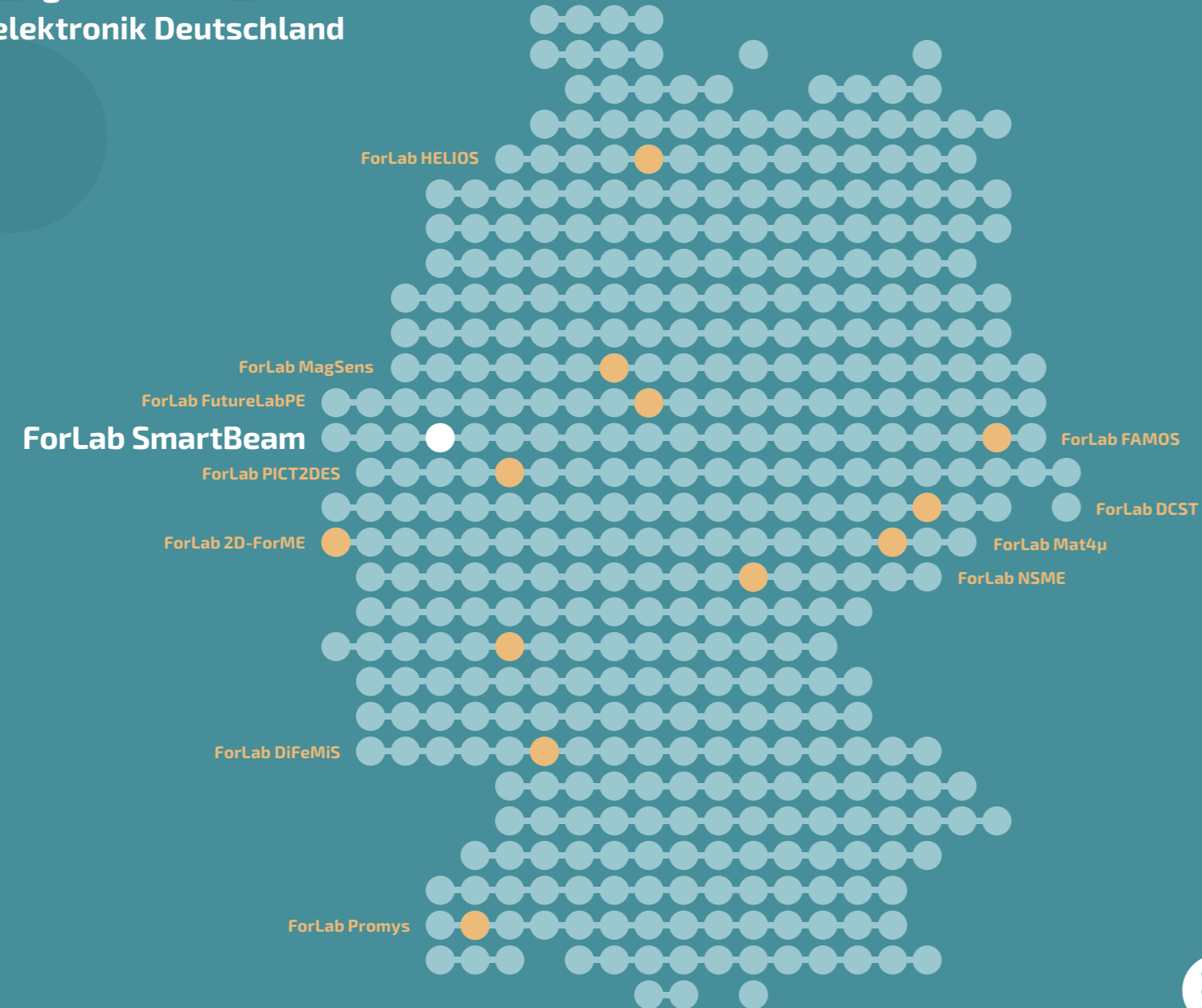


Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

UNIVERSITÄT  
DUISBURG  
ESSEN

*Offen im Denken*

## Forschungslabore Mikroelektronik Deutschland



## Mikroelektronik- Standort Deutschland

Die zwölf Forschungslabore Mikroelektronik Deutschland (ForLab) erschließen neue Forschungsfelder für die Mikroelektronik der Zukunft und stärken so den Mikroelektronikstandort Deutschland.

Die **Forschungslabore Mikroelektronik Deutschland (ForLab)** an Universitäten und Hochschulen sollen neue Forschungsfelder für die mikroelektronischen Systeme der Zukunft erschließen. Mit diesen Innovationen will die Bundesregierung die Halbleiterforschung in Deutschland weiter stärken. Denn mikroelektronische Systeme sind forschungsintensiv – und Hochschulen sind ein zentraler Innovationsfaktor für diesen Schlüsselbereich. Aus diesem Grund stellt das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) 50 Millionen Euro zur Verfügung, um Investitionen in modernste Geräte und Anlagen zur Forschung an mikroelektronischen Systemen zu ermöglichen. Gefördert werden Projekte an Hochschulen, die schon heute auf internationalem Niveau agieren. Die Vernetzung der Forschungslabore untereinander und mit externen Partnern aus Wissenschaft und Wirtschaft soll den wissenschaftlichen Austausch über mikroelektronische Systeme verbessern und den Technologietransfer beschleunigen. Im Zusammenspiel mit der Forschungsfabrik Mikroelektronik Deutschland schaffen sie so eine neue Qualität und Sichtbarkeit für die Elektronikforschung am Standort Deutschland.



»Mit den Forschungslaboren Mikroelektronik Deutschland investieren wir in die Zukunft: Technologische Souveränität im Zeitalter der Digitalisierung braucht eine Spitzen-Ausstattung für Spitzenforschung nicht allein in der Wirtschaft, sondern auch in der Wissenschaft. Wichtig sind uns dabei der Zugang auch kleiner und mittlerer Unternehmen zu einer modernen Forschungsinfrastruktur und eine Ausbildung der Nachwuchskräfte, die den steigenden Anforderungen gerecht wird. Wir wollen ein lebendiges Ökosystem schaffen, in dem neue Ideen und neues Wissen schnell nutzbar gemacht werden und in unserem Alltag ankommen.«

**Thomas Rachel**  
Parlamentarischer Staatssekretär  
bei der Bundesministerin für Bildung  
und Forschung

## Vier Fokusthemen für Mikroelektronik der Zukunft

Die ForLabs widmen sich Themenschwerpunkten, die für einen starken Mikroelektronikstandort Deutschland entscheidend sein werden.

### Integrierte Photonik

Integrierte Photonik gehört zu den ForLab-Fokusthemen, weil sie in Zukunft eine wichtige Rolle spielen wird. Denn bei der Verarbeitung von Daten erweist sich die Datenübertragung mittels elektrischer Signale zunehmend als Engpass. Mit Hilfe von optischen Technologien ist es möglich, hier die Geschwindigkeit deutlich zu erhöhen. Sie rücken deshalb immer näher an den Chip heran und werden teilweise auch bereits in den Chip integriert. Die Möglichkeit, optische Systeme zu miniaturisieren und in optoelektronische Systeme einzubinden, eröffnet zugleich eine Vielzahl ganz neuer Anwendungsbereiche in der Sensorik oder Medizintechnik.



### Aufbau- und Verbindungstechnik

Aufbau- und Verbindungstechnik ist ein wichtiges Querschnittsthema, das bei vielen ForLab-Projekten mit auf der Agenda steht. Kompetenzen in diesem Technologiefeld haben in jüngster Zeit an Bedeutung gewonnen. Das liegt zum einen am Trend zur Miniaturisierung: Nanostrukturen zu kontaktieren und in ein Gehäuse zu bringen ist technisch sehr anspruchsvoll. Andererseits gibt es verschiedene Arten von Halbleiterchips, die unterschiedliche Anforderungen an die Aufbau- und Verbindungstechnik stellen. Es sind somit differenzierte und auf die jeweilige Anwendung angepasste Lösungen zu entwickeln.

Im Zuge der Heterointegration werden verschiedene Chips in einem Gehäuse kombiniert. Bei Leistungselektronischen Bauelementen muss ein Gehäuse hingegen in der Lage sein, große Mengen an Wärme abzuleiten. Im ForLab-Verbund arbeiten viele Forschergruppen auch an solchen Aufgabenstellungen. Deshalb gehört die Aufbau- und Verbindungstechnik zu den ForLab-Fokusthemen.

### Mikro- und Nanotechnologie-Integration

Ein weiteres ForLab-Fokusthema ist die Mikro- und Nanotechnologie. Ein Großteil der Forschungslabore beschäftigt sich mit Nanotechnologien und hat deshalb Schwerpunkte, die diesem Bereich zuzuordnen sind. In diesem Bereich arbeitet der Forschungsverbund auch mit der VDE/VDI-Gesellschaft Mikroelektronik, Mikrosystem- und Feinwerktechnik GMM zusammen, die einen Fachausschuss zu dieser Thematik unterhält.



### Atomlagenabscheidung

Die Atomlagenabscheidung (engl. atomic layer deposition, ALD) ist ein Verfahren, mit dem sehr dünne Schichten auf einem Substrat erzeugt werden können – und ein wichtiges Querschnittsthema im Forschungsverbund ForLab.

Denn ALD ist überall dort von Bedeutung, wo Schichten mit einer Präzision der Schichtdicke im Nanometer-Bereich aufgebracht werden müssen. In der Mikroelektronik wird diese Methode immer wichtiger. Für die Herstellung von dickeren Schichten sind andere Verfahren aufgrund der höheren Abscheiderate attraktiver. Doch mit der zunehmenden Miniaturisierung und der beständigen Verringerung der Strukturbreiten ist die Atomlagenabscheidung unverzichtbar geworden. Immer wenn in der Halbleiterfertigung extrem dünne Schichten abgeschieden werden müssen oder wenn eine perfekte Kantenbedeckung unerlässlich ist, kommt die Atomlagenabscheidung zum Einsatz. Mit ALD lassen sich Schichten einer definierten und homogenen Schichtdicke auch auf dreidimensionalen Strukturen erzeugen. Im ForLab-Verbund wird die Atomlagenabscheidung daher von vielen Arbeitsgruppen eingesetzt. Aus diesem Grund ist sie ein Fokusthema, bei dem auch mit Partnern aus der Industrie zusammengearbeitet wird.

# ForLab SmartBeam

Neue Konzepte für Terahertz-Bauelemente

Materialerkennung

Kommunikation – 6G and beyond

Robotik und autonomes Fahren

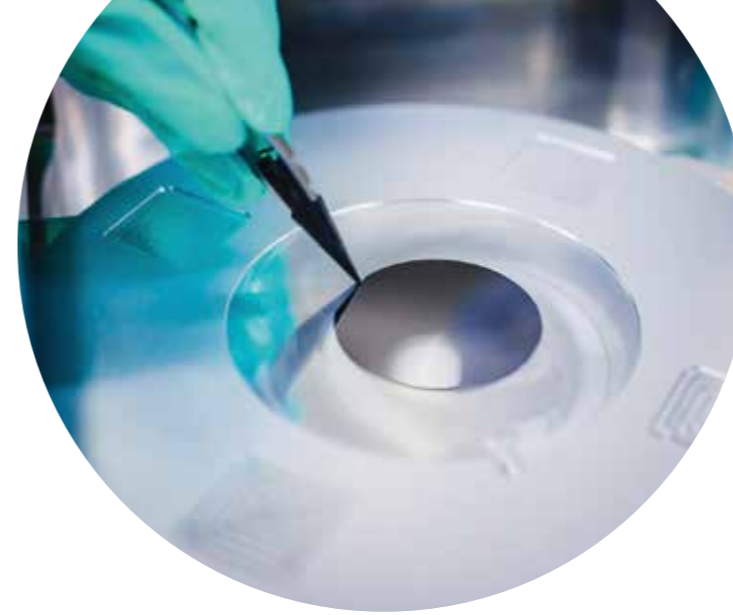


»Die an der UDE auch durch ForLab entstandene Infrastruktur ermöglicht international anerkannte Spitzenforschung – vom Halbleitermaterial über Modulintegration bis hin zu Systemfragen. Zusammen mit benachbarten Unis und Instituten ist in der Rhein-Ruhr-Region eine einzigartige Terahertz-Forschungslandschaft entstanden«

**Prof. Dr. Nils Weimann**  
Fachgebiet Bauelemente der Höchstfrequenz-Elektronik an der Universität Duisburg-Essen



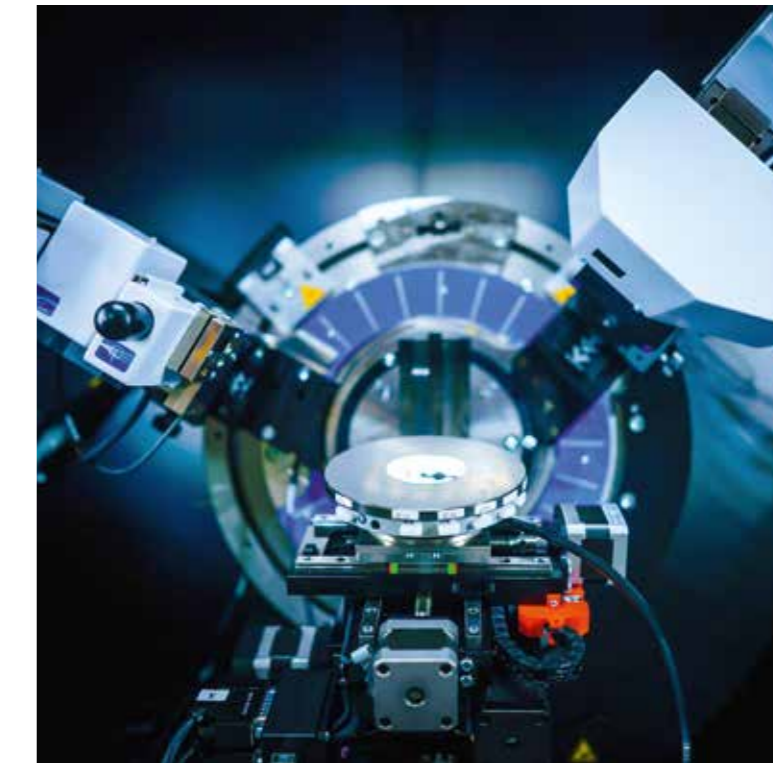
**On-Wafer Terahertz Messplatz. Zusätzliche Terahertz-Extender ermöglichen im ForLab SmartBeam Messungen bis 1,5 Terahertz**



Im ForLab SmartBeam werden dazu komplexe elektronische und photonische Chips entworfen, hergestellt und vermessen, sowie in Module zur Systemanwendung integriert. Durch den Einsatz spezieller Halbleitermaterialien in Prozessen im Reinraum des Zentrums für Halbleitertechnik und Optoelektronik der UDE entstehen leistungsfähigere Terahertz-Komponenten und -Systeme, eine Schlüsseltechnologie für den Technologiestandort Deutschland.

◀ **Komplette Technologie-Integrationskette im Reinraum-labor für Terahertz-Bauelemente: mit hochauflösender Elektronenstrahlolithografie werden Strukturen mit Nanometer-Präzision definiert**

Es entstehen vielfältige Anwendungen für Signale im Terahertzbereich: extrem breitbandige drahtlose Informationsübertragung in zukünftigen 6G-Mobilfunknetzen, Materialerkennung und Oberflächenanalyse, hochgenaue Radar-Messung sowie Bildgebung in Medizin, Robotik und Sicherheitstechnik. Terahertz-Signale sind schädigungsarm und können Objekte in Kartons oder unter Kleidung präzise darstellen. Die Entwicklung kostengünstiger und leistungsfähiger THz-Komponenten steht allerdings erst am Anfang. Zur Verarbeitung der höchstfrequenten Terahertz-Funksignale sind Fortschritte in der Halbleiter-Chiptechnologie, der Aufbautechnik und der Modulintegration erforderlich, bevor eine breite industrielle und kommerzielle Nutzung innovativer Terahertz-Anwendungen erfolgen kann. Im Forschungslabor Mikroelektronik Duisburg-Essen für Hochfrequenz-Strahlformung arbeiten die Wissenschaftler um die Professoren Dr. Nils Weimann, Dr. Andreas Stöhr und Dr. Thomas Kaiser an der Entwicklung effizienter Quellen und rauscharmer Empfänger im Terahertzbereich.



**Hochauflösende Röntgenstrahl-Diffraktometrie. Die mit der ForLab-Epitaxieanlage und der ForLab-Atomlagenabscheidung hergestellten Schichtpakete werden hier mit sub-Nanometer Schichtdickenauflösung vermessen, gleichzeitig auf ihre Zusammensetzung geprüft**

**Kontakt**  
Prof. Dr. Nils Weimann  
Bauelemente der  
Höchstfrequenzelektronik  
Universität Duisburg-Essen

Lotharstr. 55  
47057 Duisburg

# Universität Duisburg-Essen

Die inmitten der Rhein-Ruhr-Metropole gelegene Universität Duisburg-Essen (UDE) ist eine der jüngsten und zugleich größten Universitäten Deutschlands. Getreu ihrem Leitspruch „Offen im Denken“ steht sie wie kaum eine andere deutsche Hochschule für Bildungsgerechtigkeit und interdisziplinäre Spitzenforschung.



Duisburg, heute ein Zentrum für Logistik mit dem größten Binnenhafen Europas



Das ForLab Smart-beam befindet sich im Zentrum für Halbleitertechnik und Optoelektronik der UDE am Campus Duisburg, mit 450 Quadratmeter Reinraumfläche

Mitten in der Metropolregion Ruhrgebiet liegt die Universität Duisburg-Essen (UDE) – eine der größten Universitäten Deutschlands. Ihr breites Fächerspektrum reicht von den Geistes-, Gesellschafts- und Bildungswissenschaften über die Wirtschaftswissenschaften bis hin zu den Ingenieur- und Naturwissenschaften sowie der Medizin. Seit ihrer Gründung im Jahr 2003 entwickelte sich die UDE zu einer weltweit anerkannten Forschungsuniversität – dies dokumentieren mehrere Spitzenpositionen: Im Times Higher Education-Ranking rangiert sie auf Platz 16 unter den weltbesten 200 jungen Universitäten. Unter den deutschen bewerteten Universitäten belegt sie Platz 1. Weit vorn liegt die UDE auch bei den zitierten wissenschaftlichen Veröffentlichungen: Bundesweit steht sie an fünfter Stelle und im internationalen Universitätsvergleich auf Rang 114. Durch innovative und digital gestützte Lehr- und Lernkonzepte ist die UDE ein attraktiver Ort forschungsbasierter Lehre und ein Modell für gelebte Bildungsgerechtigkeit. Neben dem ForLab-Konsortium sind die Terahertz-Forscher der UDE an EU- und nationalen Netzwerken beteiligt und mit benachbarten Universitäten unter anderem im DFG-Sonderforschungsbereichs „MARIE“ zum Thema



mobile Terahertz-Systeme sowie in 6G-Forschungshubs vernetzt. Durch diese Forschungsnetzwerke und durch gezielte Investitionen in die Terahertz-Forschungsinfrastruktur ist in den letzten Jahren an der UDE im Verbund mit benachbarten Universitäten ein international anerkannter Forschungsschwerpunkt Terahertz entstanden. Die Forscherinnen und Forscher in den drei am ForLab SmartBeam beteiligten Fachgebieten tragen besonders zur Terahertz-Komponenten- und Systemforschung bei. Der Fokus liegt auf der Erforschung und Entwicklung elektronischer und optoelektronischer Bauelemente sowie integrierter Höchstfrequenz-Schaltkreise, die zur Erforschung zukünftiger Anwendungen der Terahertzwellen in Medizin, Umweltmonitoring, Kommunikation, Robotik und autonomen Systemen und Fahrzeugen eingesetzt werden. Das Forschungslabor Mikroelektronik Duisburg-Essen für Hochfrequenz-Strahlformung reiht sich mit der Entwicklung von leistungsfähigen Höchstfrequenz-Chips nahtlos in diesen zukunftssträchtigen Forschungsschwerpunkt ein, in dessen Umfeld am Standort Duisburg bereits Ausgründungen entstanden sind, um diese Technologien kommerziell zu vermarkten.

Zukunftsthemen am Campus Lotharstraße in Duisburg: THz-Halbleitertechnik und Optoelektronik, autonome Fahrzeugsysteme, Wasserstoff und Nanotechnologien

UNIVERSITÄT  
DUISBURG  
ESSEN

*Offen im Denken*

Website  
www.uni-due.de

## Impressum

### Herausgeber

Fakultät Ingenieurwissenschaften, Universität Duisburg-Essen, 47057 Duisburg

### V.i.S.d.P.

Prof. Dr. Nils Weimann, Fachgebiet Bauelemente der Höchstfrequenzelektronik,  
Universität Duisburg-Essen, 47057 Duisburg

### Redaktion

WeichertMehner, Unternehmensberatung für Kommunikation GmbH & Co. KG,  
An der Dreikönigskirche 5, 01097 Dresden

### Gestaltung und Satz

Ostsüdost – Klare Gestaltung, Großenhainer Straße 99, 01127 Dresden

### Fotografie

Bildrechte © ForLab SmartBeam / André Wirsig  
außer Seite 3: Thomas Rachel, Parlamentarischer Staatssekretär bei der Bundesministerin für  
Bildung und Forschung © Presse- und Informationsamt der Bundesregierung; Seite 4 rund:  
© TU Ilmenau; Seite 4 eckig: © Universität Duisburg-Essen; Seite 5 rund: © TU Cottbus-Senftenberg;  
Seite 5 eckig: © TU Dresden/IHM; Seite 8: istockphoto.com / saiko3p

### Erstveröffentlichung

April 2022

UNIVERSITÄT  
DUISBURG  
ESSEN

*Offen im Denken*

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

Blick in den ForLab-Epitaxiereaktor: hier  
werden im Indiumphosphid-Materialsystem  
komplexe Heterostrukturen mit atomarer  
Präzision gewachsen





[www.forlab.tech](http://www.forlab.tech)