

# ForLab FutureLabPE

Forschungslabor Mikroelektronik Paderborn  
für Zuverlässigkeit in der Leistungselektronik



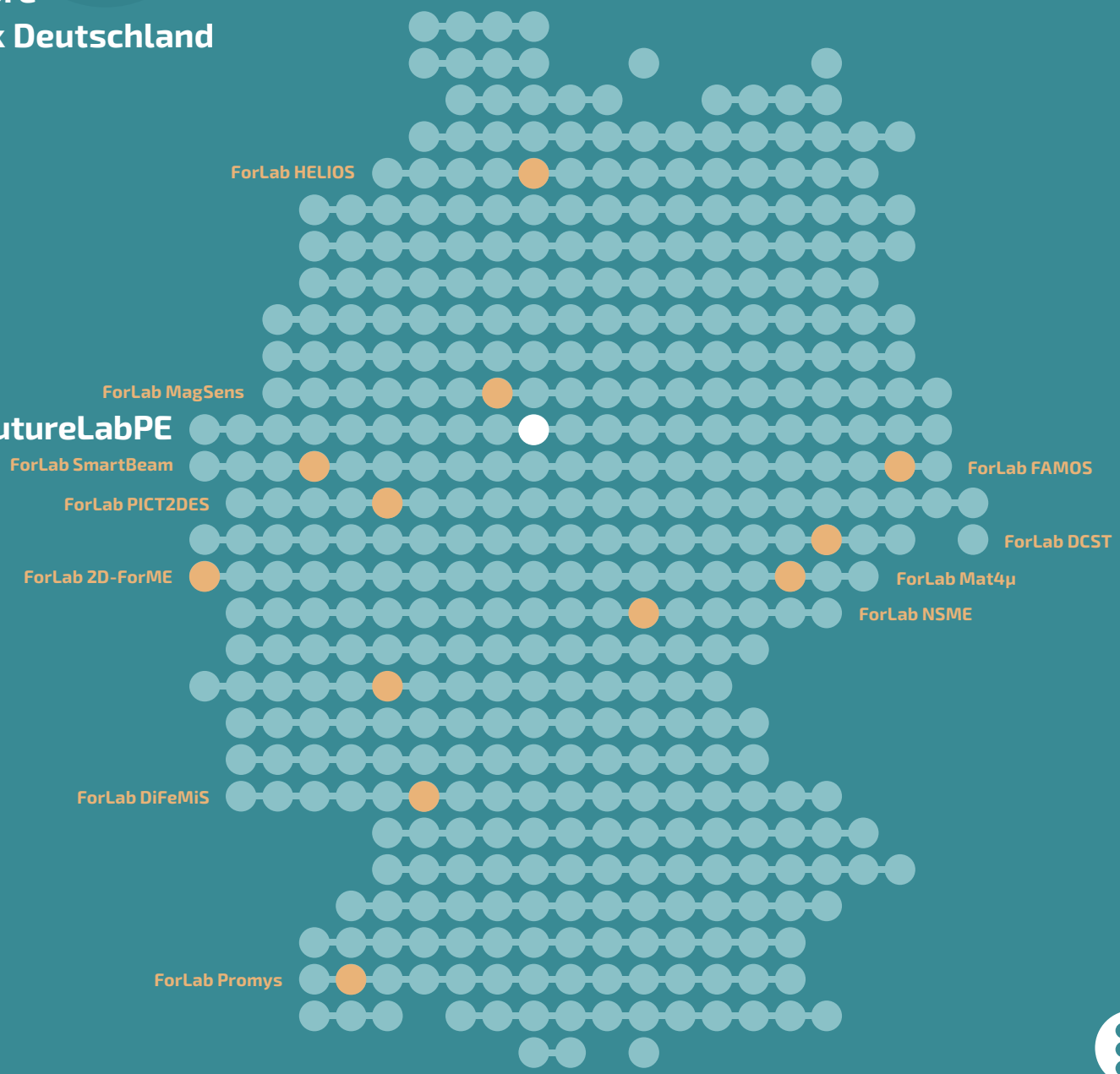
GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

# Forschungslabore Mikroelektronik Deutschland

## ForLab FutureLabPE



# 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 FutureLabPE

Neue Anwendungen in der Leistungselektronik durch WBG-Halbleiter

Effiziente Leistungselektronik

Kompakte Konverter für E-Mobilität

Präzise Verlustmessung für WBG-Halbleiter

EMV- und thermische Analysen



»Der Wirtschafts- und IT- Standort Paderborn bietet, wie auch OWL als Gesamtregion, beste Voraussetzungen für wegweisende Anwendungsforschung auf dem Gebiet der Leistungselektronik, der an der Universität Paderborn mit exzellenter Forschungskraft nachgegangen wird.«

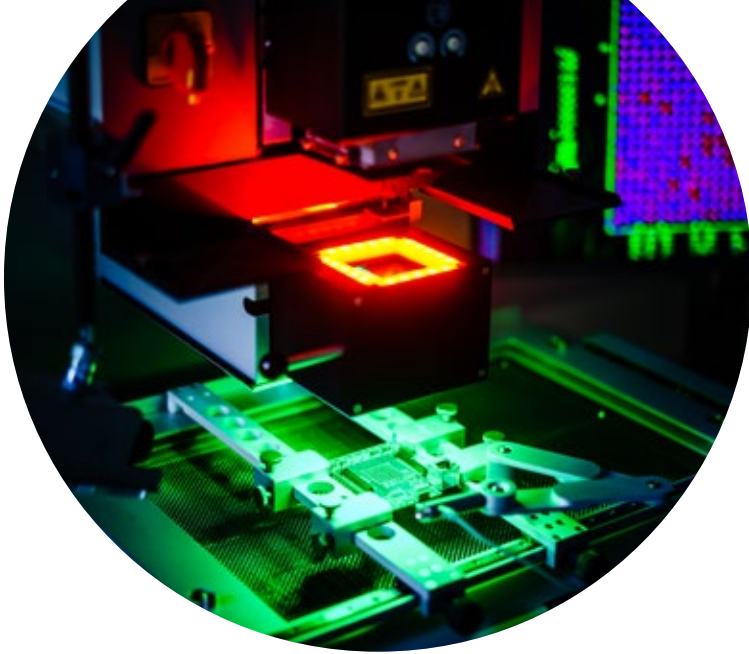
## Dr.-Ing. Frank Schafmeister

Leiter des Bereichs Leistungselektronik des Fachgebiets Leistungselektronik und Elektrische Antriebstechnik (LEA) der Universität Paderborn



Thermische Analyse von laufenden Demonstrator-Systemen (hier: On-Board Ladewandler) in Klima-Kammern.





Das Forschungslabor Mikroelektronik Paderborn für Zuverlässigkeit in der Leistungselektronik beschäftigt sich mit Anwendungsforschung zu neuen Halbleitern mit hoher Bandlücke. Zu diesen sogenannten wide-band-gap-(WBG-) Halbleitern zählen vor allem Siliziumcarbid SiC und Galliumnitrid GaN. Die Wissenschaftler vom Fachgebiet Leistungselektronik und elektrische Antriebstechnik (LEA) an der Universität Paderborn haben dafür eine dedizierte Laborlandschaft von der WBG-Schaltungsentwicklung bis zum Gesamtgerät-Dauertest aufgebaut. Im ForLab Future-LabPE verfolgen sie mit Kollegen von anderen Forschungsinstituten (z. B. Fraunhofer ENAS und IISB) und Partnern aus der Industrie gemeinsam ein Ziel: die Identifikation, Entwicklung und Optimierung von leistungselektronischen Anwendungen, die von den neuen Leistungshalbleiter-Technologien besonders profitieren, wie auch die Untersuchung von deren Zuverlässigkeit. WBG-Halbleiter bieten dabei ein enormes Potenzial – viele WBG-basierte Anwendungsgeräte können erheblich kompakter und verlustärmer dimensio-

niert werden als herkömmliche Systeme, die Silizium-Halbleiter nutzen. Ein resultierender höherer Miniaturisierungsgrad sowie eine gesteigerte Energieeffizienz bei niedrigeren Systemkosten ist für viele Anwendungen nicht nur vorteilhaft, sondern oft auch wegberreitend zur Erschließung neuer Performanzklassen und Einsatzgebiete. Besonders aussichtsreiche Anwendungsfelder sind Elektromobilität (On-Board-, Off-Board-Leistungswandler), Stromversorgungsgeräte für Datacenter und Mobilfunknetze (5G und darüber hinaus), Erneuerbare Energiesysteme (Erzeugung, Übertragung, Verteilung), dezentrale Stromversorgungen für medizinische Anwendungen (CT, MRT, Ultraschall), sowie die Industrieautomatisierung (z.B. Industrie 4.0).



◀ **Hochpräzise, teilautomatisierte SMD-Bestückung für WBG-Leistungshalbleiter und Digital-Prozessoren für deren Steuerung. Miniaturisierung bedeutet filigranste Anschlussstrukturen zur Leiterplatte.**

**Ein anwendungsspezifisch gefräster Ferritkern für einen optimierten Hochfrequenz-Transformator nach Entnahme aus der CNC-Ferritfräse.**

#### **Kontakt**

Dr.-Ing. Frank Schafmeister  
Leistungselektronik und  
Elektrische Antriebstechnik (LEA)  
Universität Paderborn

Warburger Straße 100  
33098 Paderborn

# Universität Paderborn

Mit ihrem exzellenten Forschungs- und Lehrprofil stellt sich die Universität Paderborn den Grundfragen der modernen Informations- und Wissensgesellschaft – und knüpft damit an die lange Universitätstradition der Stadt Paderborn an.



**Der Paderborner Dom aus dem 11. Jahrhundert liegt im Zentrum der Paderborner Innenstadt. Er befindet oberhalb der Paderquellen und der Kaiserpfalz, die auf Karl den Großen zurückgeht.**



**Im ingenieurwissenschaftlichen Laborgebäude befindet sich der zweistöckige Laborbereich des Fachgebiets LEA mit dem neu eingerichteten ForLab FutureLab PE.**

Paderborn verbindet wie kaum eine Stadt Tradition mit Fortschritt. Sie ist Geburtsstadt des Computer-Pioniers Heinz Nixdorf und liegt im Zentrum von Ostwestfalen-Lippe (OWL), einer der stärksten Wissenschafts- und Wirtschaftsregionen Europas. Bereits 1614 wurde hier eine erste westfälische Universität gegründet, die moderne Campus-Universität wurde 1972 ins Leben gerufen. Heute gehört die Universitätsstadt Paderborn zu den wichtigsten Treibern der europäischen Hightech- und IT-Industrie. Eine Schlüsselrolle bei der Vernetzung von Wissenschaft und Wirtschaft in der Region nimmt die Universität Paderborn ein – eine Grundlage dafür ist die exzellente Spitzenforschung in den Profildbereichen „Intelligente Technische Systeme“, „Nachhaltige Werkstoffe, Prozesse und Produkte“, „Transformation und Bildung“, „Optoelektronik und Photonik“ sowie „Digital Humanities“.

Mit rund 70 Studiengängen bietet die Universität ein breites Fächerspektrum mit starkem Fokus auf Internationalität und ist Lern- und Wirkungsstätte von etwa 20.000 Studierenden, mehr als 250 Professuren und etwa 2.100 Beschäftigten. Sie beherbergt 40 Institute, die sich in fünf übergeordnete Fakultäten eingliedern.





Die herausragenden Arbeiten im Bereich der Elektrotechnik und Informationstechnologie stärken das Profil der Universität Paderborn maßgeblich. Dadurch wird das gesamte Spektrum der Erforschung moderner Technologien, von der optischen Nachrichtentechnik, über Mikrosensorik, bis hin zur Automatisierungstechnik sowie Leistungselektronik und elektrischer Antriebstechnik abgedeckt. Das Fachgebiet Leistungselektronik und elektrische Antriebstechnik (LEA) besetzt hierin wegweisende Forschungsthemen. Mit fundierten Kenntnissen in den Bereichen leistungselektronische Schaltungstopologien, optimierte digitale Regelungen, Entwurf spezifischer Hochfrequenz-Wickelgüter und Einsatz von neuesten Leistungshalbleitertechnologien beschäftigen sich die Forschenden mit der Entwicklung neuer, hocheffizienter leistungselektronischer Anwendungen. Unter spezieller Berücksichtigung von Elektromagnetischer Verträglichkeit (EMV) sowie von thermischen Randbedingungen können sie so eine fortschreitende Miniaturisierung u. a. von Stromversorgungs-, Batterielade- und Antriebssystemen erreichen, die beispielsweise in künftigen Elektrofahrzeugen Anwendung finden werden. Ein fester Bestandteil des Fachgebiets LEA ist das Forschungslabor Future Lab PE für Zuverlässigkeit in der Leistungselektronik mit beispielhafter Laborausstattung.

**Die moderne Campus-Universität feiert 2022 ihr 50-jähriges Bestehen und wird laufend mit neuen Gebäudeteilen erweitert.**



**Website**  
[www.uni-paderborn.de](http://www.uni-paderborn.de)

## Impressum

### Herausgeber

Fachgebiet Leistungselektronik und Elektrische Antriebstechnik, Universität Paderborn,  
Warburger Straße 100, 33098 Paderborn

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

Dr.-Ing. Frank Schafmeister, Fachgebiet Leistungselektronik und Elektrische Antriebstechnik,  
Warburger Straße 100, 33098 Paderborn

### 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 FutureLabPE / André Wirsig

außer Seite 3: Thomas Rachel, Parlamentarischer Staatssekretär bei der Bundesministerin für

Bildung und Forschung © Presse- und Informationsamt der Bundesregierung; Seite 4 rund:

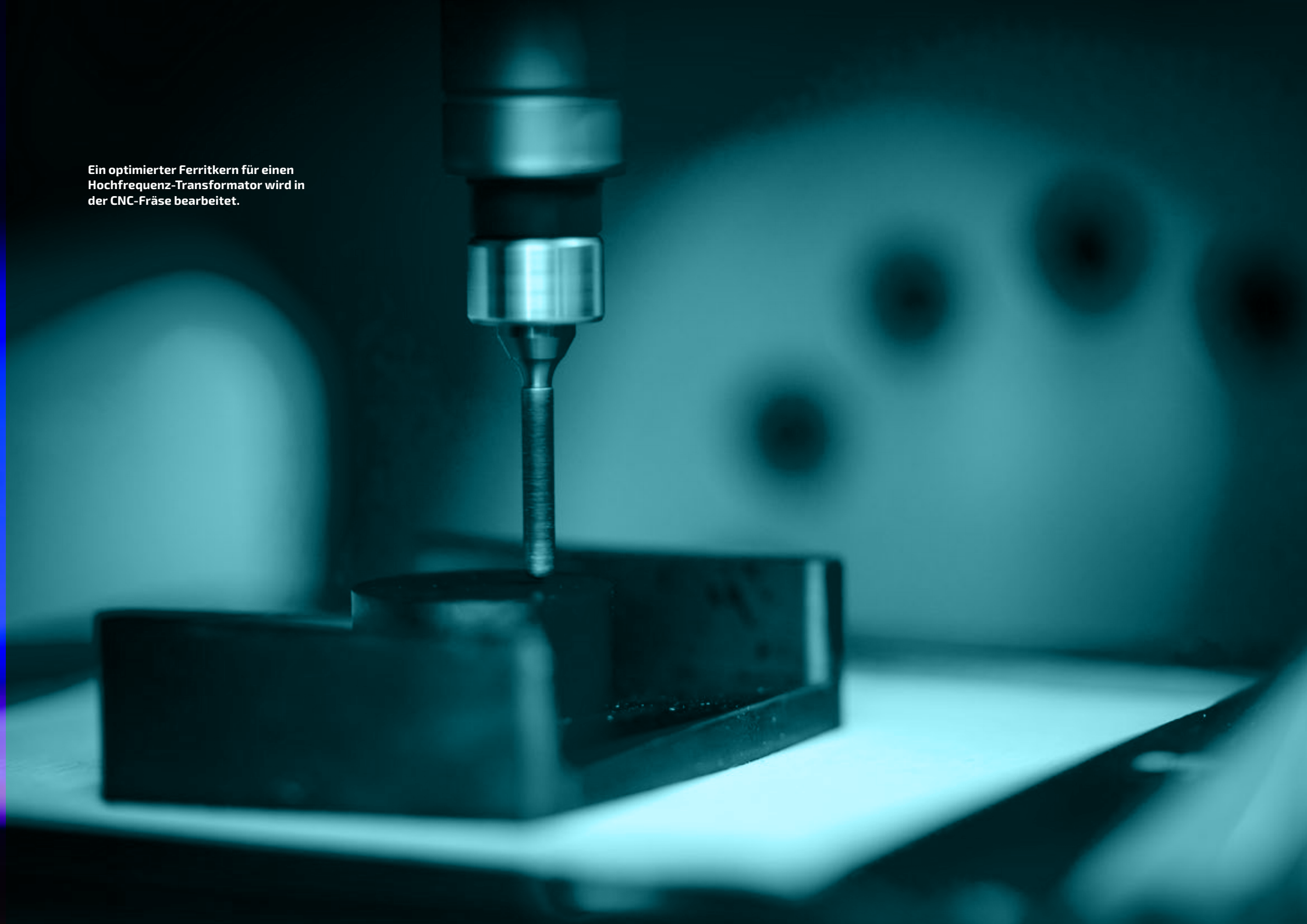
© TU Ilmenau; Seite 4 eckig: © Universität Duisburg-Essen; Seite 5 rund: © TU Cottbus-Senftenberg;

Seite 5 eckig: © TU Dresden/IHM; Seite 8 eckig: Christoph Steinweg

### Erstveröffentlichung

Februar 2022

Ein optimierter Ferritkern für einen Hochfrequenz-Transformator wird in der CNC-Fräse bearbeitet.







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