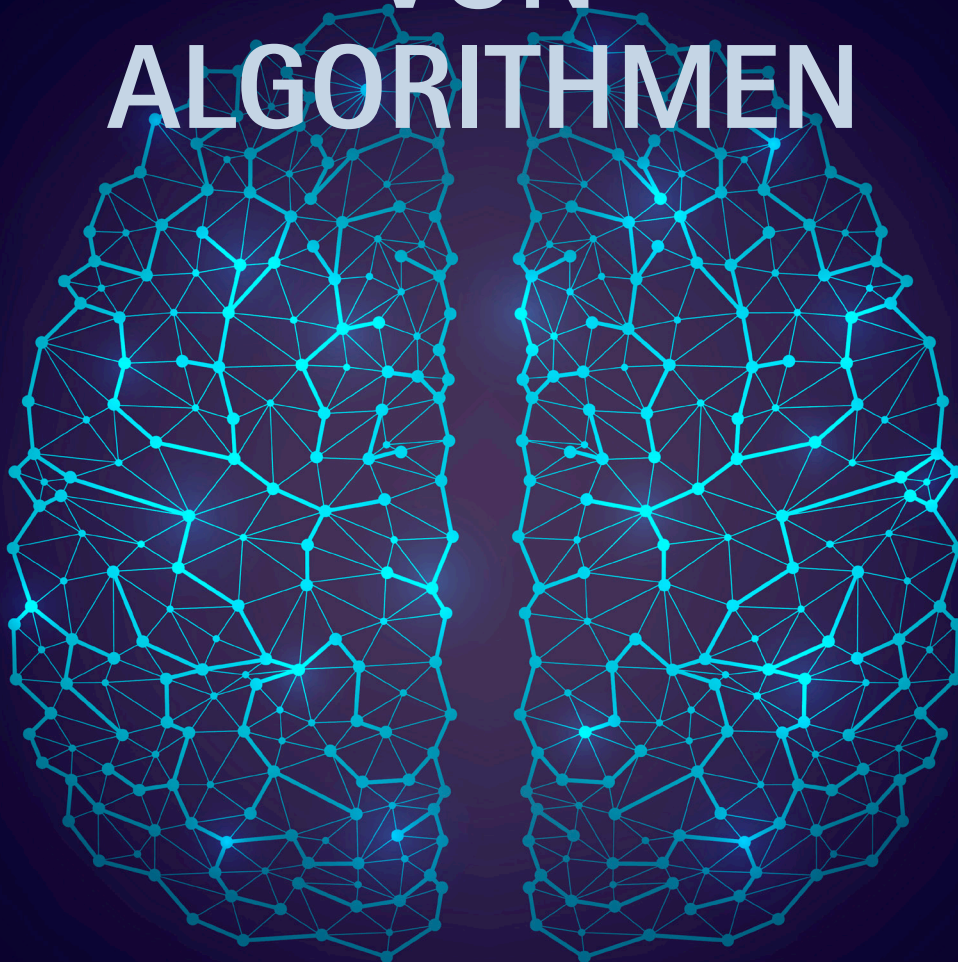


# MODULARISIERUNG VON ALGORITHMEN



*Modularisierung ist ein Schlüssel für die schnelle und zuverlässige Entwicklung individualisierter Produkte und Lösungen. Die Forschung am Institut für Medizinische Elektrotechnik (IME) fokussiert sich daher auf die Entwicklung modularer Werkzeuge, Methoden und Prozesse für den Entwurf und die Realisierung sicherer und intelligenter Systeme.*

© Getty Images / Lidia Moor

Die Modularisierung von Algorithmen, ein zentrales Forschungsthema am Institut für Medizinische Elektrotechnik, befasst sich beispielsweise mit der Fragestellung, wie sich Aufgaben der Regelung, der Fehlerdiagnose oder der Signalverarbeitung modular und unter Berücksichtigung von stochastischen Unsicherheiten lösen lassen. Während in der künstlichen Intelligenz heutzutage vielfach tiefe neuronale Netze (Stichwort: deep learning) zur Anwendung kommen, haben oben

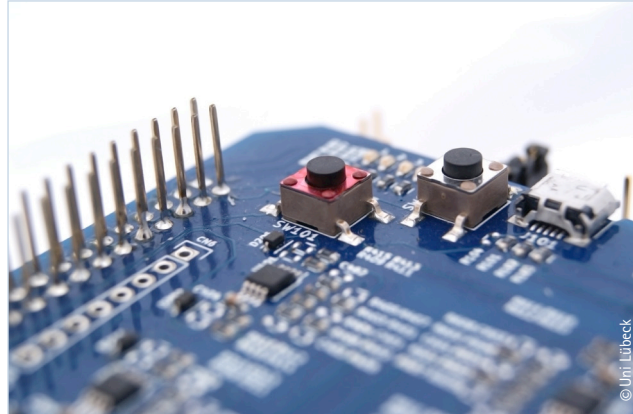
genannte Aufgaben oft die Schwierigkeit, dass die Menge der verfügbaren Daten sowie die zur Verfügung stehende Rechenkapazität auf den eingesetzten Embedded Systems nicht ausreicht, um diese Art von Netzen zu trainieren. Darüber hinaus bleiben stochastische Informationen der Eingangsdaten bei der Berechnung mittels neuronaler Netze bisher häufig ungenutzt. Am IME werden daher vor allem Bayes'sche Methoden der künstlichen Intelligenz eingesetzt.

Mittels moderner Ansätze der statistischen Lerntheorie und der Optimierung lassen sich diese und viele weitere Fragestellungen auf sogenannte Inferenzprobleme reduzieren, bei denen Wahrscheinlichkeitsverteilungen effizient berechnet werden müssen. Durch die geschickte Ausnutzung von Abhängigkeitsinformationen zwischen den Variablen sowie ggf. weiterem vorhandenem Vorwissen lassen sich auf diese Weise nachvollziehbare und wartbare Algorithmen erzeugen, welche mo-

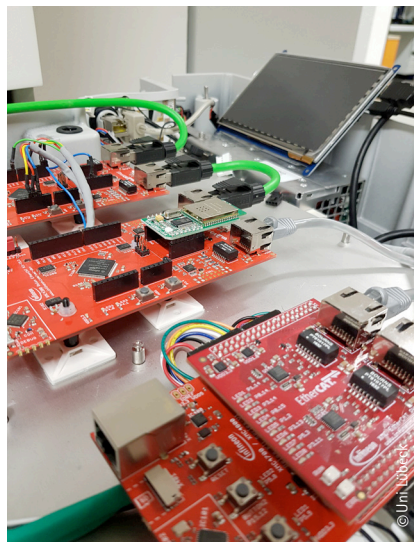
dular um neue Features und Eigenschaften erweitert werden können. Auch eine Kombination zwischen lernenden Elementen und mathematischem Modell- oder Expertenwissen ist auf diese Weise möglich.

Aufbauend auf dieser Expertise entwickelt das Institut für Medizinische Elektrotechnik medizinische Assistenzsysteme und physiologische Regelkreise. Dazu gehören z. B. automatisierte Beatmungsalgorithmen, welche automatisiert eine gewünschte Blutgaskonzentration regeln, in dem die applizierten Druck- und Volumenstromverläufe an die Bedürfnisse der Patienten angepasst werden. Bei der Auslegung dieser Systeme orientiert sich die Entwicklung an dem Automatisierungsgrad, sodass die Systeme in mehreren Stufen von einer einfachen Druckregelung zu einer vollautomatischen Blutgasregelung konfiguriert werden können. Dabei sorgen oben genannte mathematische Optimierungsalgorithmen dafür, dass auf jeder Ebene dieser Hierarchie ein sicherer und möglichst patientenschonender Stelleingriff vorgenommen wird. Durch die explizite Darstellung aller Unsicherheiten können auf diese Weise formale Garantien gegeben werden, dass – unter Annahme der Gültigkeit der mathematischen Modelle und Unsicherheiten – niemals ein unsicherer Zustand erreicht werden kann. Zusammen mit einer Überwachungseinheit, welche die Einhaltung dieser Annahmen im Betrieb erfüllt, kann so die funktionale Sicherheit des Systems garantiert werden.

Neben der konzeptionellen Entwicklung solcher Systeme und der Implementierung in Software gehört auch die modulare Hardwareintegration zum Portfolio des IME. Basierend auf einer Analyse der Systemanforderungen werden zunächst die für die Umsetzung benötigten Funktionen abgeleitet. Je nachdem, ob es sich um die Modularisierung existierender Produkte oder um eine Neuentwicklung handelt, werden anschließend die vorhandenen Komponenten und Baugruppen in einer Architekturanalyse erfasst oder direkt mit der Architekturentwicklung auf Basis einer Strukturanalyse begonnen. Dabei können mathematische Optimierungsverfahren eingesetzt werden, mit welchen die optimale Modularisierungs-



Zur Demonstration von Modularisierungs- und Vernetzungskonzepten gehört auch die Entwicklung dedizierter Hardware, hier am Beispiel einer Entwicklungsplatine zum Anschluss von Sensoren.



Bei Bus-modularen Systemen kommunizieren die einzelnen, intelligenten Komponenten über einen gemeinsamen Datenbus, wie hier am Beispiel eines modularen Demonstrators mit EtherCAT-Bussystem.

struktur bestimmt wird. Im Mittelpunkt jeder Modularisierung steht die Definition und Spezifikation geeigneter Schnittstellen, welche eine Trennung der Module und insbesondere auch eine Verifikation des Modulverhaltens gegen diese Schnittstelle ermöglicht. Ziel ist es dabei, die Integrität des Gesamtsystems zu garantieren, solange die Module die jeweiligen Anforderungen bezüglich der gewählten Schnittstelle erfüllen.

## KONTAKT

Universität zu Lübeck, Institut  
für Medizinische Elektrotechnik  
Ratzeburger Allee 160  
23562 Lübeck



Prof. Dr. Philipp Rostalski,  
Institutsdirektor und Studiengangsleiter des Bachelor- und Masterstudiengangs „Robotik und Autonome Systeme“  
philipp.rostalski@uni-luebeck.de

**Forschungsschwerpunkte:**  
Regelungstechnik und Assistenzsysteme, modellbasierte Verfahren, Unterstützung physiologischer Regelkreise, Entwicklung intelligenter, mechatronischer Systeme