

## Wie Deutschland im internationalen Wettbewerb um KI-Lösungen künftig bestehen kann

Handlungsempfehlungen der mathematischen Verbände und Fachgesellschaften

**Deutschland kann und muss in der nächsten Welle der KI-Innovation eine gestaltende Rolle einnehmen – durch konsequenteren Transfer, interdisziplinäre Zusammenarbeit und den Fokus auf mathematische Exzellenz im KI-Umfeld. Das fordern fünf einschlägige Verbände und Fachgesellschaften in diesem gemeinsamen Strategiepapier, in dem sie der Politik Handlungsempfehlungen für die nahe Zukunft geben.**

Deutschland steht als drittgrößte Volkswirtschaft<sup>1</sup> im internationalen Vergleich hinsichtlich der Künstlichen Intelligenz (KI) derzeit auf Platz acht<sup>2</sup>. Dennoch ist Deutschland keineswegs abgehängt und hat noch eine reale Chance sich auf die vorderen Plätze zu schieben. Denn: technologische Durchbrüche sind in sehr kurzer Zeit möglich, sodass ein Unternehmen, das heute bedeutungslos ist, schon in wenigen Monaten zur internationalen Spitze gehören kann.

Damit solche Durchbrüche zukünftig in Deutschland entstehen, müssen wir gezielt handeln: Wirtschaft und Wissenschaft müssen zusammen an einem Strang ziehen.

Im Umfeld von Innovation und technologischen Durchbrüchen bedeutet das, dass der Forschungstransfer besser gelebt werden muss, also der Weg von der Forschung zur Anwendung. Ein Bereich, dessen Potential noch nicht voll ausgeschöpft wurde, ist die Mathematik – obwohl sie das Fundament moderner KI-Entwicklung bildet. Hier liegen enorme ungenutzte Chancen, die es zu wahrzunehmen gilt.

Deutschland kann und muss in der nächsten Welle der KI-Innovation eine aktive gestaltende Rolle einnehmen – durch konsequenteren Transfer, interdisziplinäre Zusammenarbeit und den konsequenteren Fokus auf mathematische Exzellenz als Treiber im KI-Umfeld.

## **Handlungsfeld I: Transfer Bündnis**

Erforderlich ist eine deutlich engere Zusammenarbeit zwischen Wirtschaft und Wissenschaft – insbesondere im Zusammenspiel von Mathematik und KI, die schnell begonnen werden muss. Dazu schlagen wir die Gründung eines Transfer-Bündnisses vor. Ziel ist dabei nicht, ein weiteres Kompetenzcluster zu etablieren, sondern vielmehr, bestehende Strukturen und Netzwerke zu nutzen und gezielt zu verknüpfen.

Dafür muss eine gemeinsame Win-Win-Vision von vor allem großen Wirtschaftspartnern und der Wissenschaft entwickelt werden. In dieser Vision ist es unseres Erachtens wichtig, dass aktuelle Problemstellungen und das dafür notwendige Kontextwissen geteilt und, wo möglich, offengelegt wird.

Diese Herausforderungen und das Wissen können von Wissenschaft, Startups und dem technologischen Mittelstand aufgegriffen werden. Die Wissenschaft wiederum bringt Lösungsansätze ein, die auf nicht-transferierten Erkenntnissen der letzten Jahre basieren. Die Industrie wählt aus diesen Ansätzen diejenigen aus, die das größte Potenzial für die Umsetzung und Marktwirkung besitzen.

Der eigentliche Transfer kann dann durch die Ausgründung von Startups, durch Kooperationen mit dem technologischen Mittelstand oder durch gezielte Einstellungen von Doktorand\*innen erfolgen.

Sobald dieses Bündnis ins Leben gerufen wurde, wünschen wir uns von der Politik eine gezielte Finanzierung und ein begleitendes Monitoring, das sicherstellt, dass alle Partner aktiv zur Verwirklichung der gemeinsamen Vision beitragen und keine reinen Mitnahmeeffekte entstehen.

## **Handlungsfeld II: Investition in Grundlagenforschung**

Die Grundlage für zukunftsweisende Innovationen liegt in fundiertem Wissen. Erfolgreiche KI-Unternehmen weltweit entstehen und florieren in der Nähe von führenden Universitäten mit exzellenter Ausstattung. Um diesen Innovationsgeist zu befeuern, ist es entscheidend, dass wir in herausragende Forschung an den mathematischen Grundlagen der Künstlichen Intelligenz investieren und dadurch die besten akademischen Talente für das deutsche KI-Ökosystem gewinnen.

Wenn wir bei mathematischen Inventionen erkennen, wo das Potential für praktische Anwendungen liegt, sollten wir die Umsetzung unmittelbar vorantreiben. Wir stärken unsere Innovationskultur, indem wir mathematische Forscher\*innen dabei unterstützen, ihre Ideen nicht nur zu entwickeln, sondern auch aktiv in die technische Realisierung ihrer Methoden einzubinden.

Die Beiträge der numerischen Mathematik und der mathematischen Optimierung sind essenziell, um neuronale Netze effizienter, kleiner, schneller und zuverlässiger zu machen. Gezielte Forschung in diesem Bereich hat ein Potential, das die reine Optimierung und Skalierung von Hardware bei weitem übertrifft.

Mathematische Forschungs-Communities sind bereits erfolgreich in verschiedene Branchen wie Finanzwesen, Versicherungen, Maschinenbau, Verkehrsplanung und Logistik integriert. Diese Branchen bauen auf mathematischen Theorien auf.

Zusätzliche KI-Forschung wird diesen und anderen Wirtschaftsbereichen einen deutlichen Innovationssprung verschaffen, indem sie klassische und KI-Methoden intelligent kombiniert.

Neben der Entwicklung neuer Algorithmen ist die mathematische Theoriebildung von zentraler Bedeutung, um KI-Algorithmen rational zu erklären und zu entmystifizieren. Dies ist ein wichtiger Schritt für einen verantwortungsvollen und aufgeklärten Umgang der Gesellschaft mit KI-Technologie. Wir möchten grundlegende Erkenntnisgewinne unmittelbar in die Praxis umsetzen, beispielsweise durch die Aus- und Weiterbildung von Lehrenden.

Investitionen in diese Bereiche sichern nicht nur unsere Wettbewerbsfähigkeit, sondern schaffen auch die Grundlage für eine starke, innovative und zukunftsorientierte Wirtschaft.

### **Handlungsfeld III: Ausbildung von zukünftigen Fachkräften**

Langfristig stehen wir vor einer weiteren, fundamentalen Herausforderung, die wir heute angehen müssen: Es fehlen die qualifizierten Köpfe, die zukünftige mathematische und KI-bezogene Forschung vorantreiben können. Die Zahl der Studienanfänger\*innen in mathematischen Studiengängen befindet sich auf einem dramatischen Tiefstand. Laut Bundesministerium für Wirtschaft und Energie werden pro Quartal über 35.000 Fachkräfte mit vertieften mathematischen Kenntnissen für KI-Anwendungen gesucht – Tendenz steigend<sup>3</sup>. Dieser Mangel wird durch den demographischen Wandel und das nach wie vor geringe Ansehen der Mathematik in der Gesellschaft zusätzlich verschärft.

Um die Innovationsfähigkeit Deutschlands nachhaltig zu sichern, muss die Gewinnung und Ausbildung von Talenten in Mathematik und verwandten Disziplinen deutlich gestärkt werden. Neben gezielten Fördermaßnahmen und Stipendien für Studierende sind eine gesellschaftliche Aufwertung und bessere Sichtbarkeit der Bedeutung der Mathematik für die technologische Zukunftsfähigkeit unseres Landes notwendig.

1 <https://www.laenderdaten.info/groesste-volkswirtschaften.php>

2 <https://hai.stanford.edu/ai-index/global-vibrancy-tool>

3 Büchel, Engler, Mertens, "Die Suche nach KI-Fachkräften in Deutschland", Institut der Deutschen Wirtschaft, Hrsg: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, 2025

## **Handlungsempfehlungen zum Manifest für Mathematik und KI**

### Handlungsfeld I: Beschleunigung des Transfers

Unsere wichtigste Handlungsempfehlung ist die Gründung eines Transfer-Bündnisses für Mathematik und KI. Unter diesem Dach koordinieren wir eine Anzahl von Einzelmaßnahmen.

- Entwicklung eines Transfer-Booster Programms "Mathematik -> KI".
- Gezielte Förderung mehrerer Innovationsnetzwerke nach dem ZIM-Modell im Bereich Mathematik und KI.
- Förderung von mathematischen Beiträgen zu effizienter Algorithmik für KI durch das BMWi und die EU, z.B. im Rahmen von IPCEI.
- Etablierung eines Industrial Doctorate nach Vorbild der USA und des Vereinigten Königreiches mit einem einjährigen Industriepraktikum während der Promotion.
- Gezielte Förderung für Brückenbauer\*innen - z.B. durch Industrie-Freisemester zur Umsetzung einer konkreten Idee in einem bestehenden Unternehmen.
- Risikoprämien für etablierte Unternehmen, die KI-Startups beauftragen, bspw. auf Basis der AGVO Art. 25 und mit Instrumenten wie der BAFA, KfW oder sogar SPRIN-D.

### Handlungsfeld II: Investition in die Grundlagenforschung

- Förderung der mathematischen KI-Forschung durch das BMFTR.
- Einrichtung eines DFG - Budgets für Mathematik in der KI.
- Stärkung der interdisziplinären Forschung zwischen Mathematik, Informatik, Physik und Ingenieurwissenschaften in der KI-Forschung.

### Handlungsfeld III: Ausbildung von zukünftigen Fachkräften

Wir betrachten die Ausbildung zukünftiger Fachkräfte ganzheitlich, von der Schule bis zur mathematischen Ausbildung an den Universitäten

- Die Relevanz der Mathematik für KI muss durch eine Informationskampagne bekannter gemacht werden. Zielgruppe sind insbesondere Schüler\*innen. Das KI-Interesse von Mädchen soll insbesondere bestärkt werden, um den Talentpool auszuschöpfen.

- Ein Sofort-Programm mit Weiterbildungsangeboten für Mathematik- Lehrer\*innen zum Verständnis der mathematischen Grundlagen von KI soll als Bund-Länder Programm eingerichtet werden. Unterricht lediglich ‘Nutzungskompetenz’ von KI-Tools ist nicht nachhaltig.
- Das mathematische Verständnis von KI muss Teil schulischer Kurrikula werden.
- Integration von Data Science Inhalten in die universitäre Lehrkräftebildung.
- Stärkung mathematischer Data Science Studiengänge durch mathematisch orientierte KI-Professuren im Rahmen eines Bund-Länder Programms.

### **Ergänzungen: Beispiele technischer FuE-Felder für Mathematik und KI**

Ergebnisse der Tagung “New Mathematics for AI Innovation” am 23. 6. 2025 im Werner von Siemens Center, Berlin.

#### KI-gesteuerte Simulation physikalischer Systeme

Die Integration von Künstlicher Intelligenz (KI), maschinellem Lernen (ML) und physikbasierter Simulation hat das Potenzial, die Art und Weise zu verändern, wie wir Eigenschaften komplexer physikalischer Systeme modellieren, vorhersagen und analysieren. Wir identifizieren vier kritische Herausforderungen, die angegangen werden müssen, um das volle Potenzial der KI-gestützten Simulation zu erschließen.

- Nichtlineare und nichtkonvexe Optimierung: Verbesserung statistischer Optimierer und Anpassung der Multiskaleneigenschaften von Verlustfunktionen,
- Nichtlineare Approximationstheorie: Vorhersage von a priori Approximationseigenschaften und a posteriori Fehlerschätzung von Neuronalen Netzen
- Geometric Deep Learning & Topologische Datenanalyse: Graphische neuronale Netze, vielfältiges Lernen und Krümmungs-bewusste Architekturen, topologische Prioritäten und persistente Homologie und Merkmalsextraktion
- Komplexitätsbeherrschung und KI-unterstützte Synthese von Automatisierungslösungen und Kontrollarchitekturen

#### KI-Ansätze in der medizinischen Bildgebung

Aktuelle Bildrekonstruktionsaufgaben neigen dazu, Methoden, die ausschließlich auf empirischer Leistung basieren, unverhältnismäßig zu belohnen. Um diesen Methoden langfristig zum Durchbruch zu verhelfen, ist es notwendig, die Reproduzierbarkeit und Verifizierbarkeit der Ergebnisse zu gewährleisten. Kritische Aspekte wie die Konvergenzeigenschaften iterativer

Verfahren (einschließlich Art und Geschwindigkeit der Konvergenz), Konsistenz (d. h. exakte Wiederherstellung im geräuschlosen Umfeld), Robustheit gegenüber Rauschen oder Modellstörungen und die Art der Regularisierung (explizit oder implizit) werden häufig übersehen. Darüber hinaus werden die Fähigkeit zur mathematischen Charakterisierung oder zum Nachweis der Robustheit und die Interpretierbarkeit der internen Mechanismen der Methode oft nicht in die Bewertung einbezogen. Daraus ergeben sich folgende Forschungsbedarfe:

- Entwicklung von Wettbewerben in der medizinischen Bilderkennung, die mathematische Garantien in die Bewertungskriterien einbeziehen.
- Verbesserung der Interpretierbarkeit KI-gestützter Verfahren in der medizinischen Bildgebung
- Gute Dimensionierung des Hardware- und Rechenzeitbedarfs von KI-gestützten Verfahren "so klein wie möglich - so groß wie nötig"

### Quantifizierung von Unsicherheit für Sichere KI

KI-Algorithmen entwickeln faszinierende Fähigkeiten, produzieren jedoch auch für Menschen erstaunliche Aussetzer und Halluzinationen. Daher ist die Erkennung von Unsicherheit in den Vorhersagen und Aussagen von KI-Modellen von großer Bedeutung. Unsicherheit kann als Online Monitoring von autonom agierenden Agenten verwendet werden, die bei hoher Unsicherheit defensive Handlungsprotokolle verfolgen, oder für Human in the Loop Verfahren eingesetzt werden, wenn Fälle mit hoher Unsicherheit durch die KI menschlichen Expert\*innen vorgelegt werden. Bedarfe für mathematisch orientierte KI-Forschung schließen ein:

- Standardisierung von Unsicherheits-Quantifizierungs-Tools für KI zur einfacheren Anwendung in der wirtschaftlichen Nutzung. Entwicklung von Toolboxen.
- Forschung zur besseren Messung von relevanter Unsicherheit in Hinblick auf die tatsächlichen Risiken der Anwendung.
- Akkurate und wissenschaftlich abgesicherte Methoden zur Bestimmung von Unsicherheit bei generativer KI, beispielsweise die Erkennung von Halluzination
- Sichere und mathematisch beweisbare Unterscheidung von KI-generierten und realen Daten.

### Numerische Effizienz bei Training und Ausführung von KI-Modellen

Der Energieverbrauch von KI-Algorithmen ist mit der breiten Nutzung von KI-Tools zu einem wichtigen Thema geworden, welches die Effizienz von KI-Algorithmen in den Vordergrund stellt. Weiterhin ist Effizienz in der Ausführung von KI-Modellen relevant, die in mobilen Anwendungen verbaut werden (Edge Capable AI). Um effizientere KI-Modelle zu entwickeln, ist u.a.

mathematische Forschung für Trainingsverfahren und zur Verkleinerung von KI-Architekturen notwendig.

- Optimierung der Optimierungsverfahren jenseits von Hyperparameter Tuning
- Mathematisches Verständnis der Effekte von Fließkommaarithmetik unterschiedlicher Genauigkeit auf Trainingsprozesse
- Adaptive Methoden in der Inferenz durch Gating - welches Modell löst welche Aufgabe effizient?
- Methodensammlungen und Entscheidungshilfen für das Training von KI-Algorithmen in der Praxis

**Unterzeichnet haben das Strategiepapier folgende Fachgesellschaften und Verbände:**

- Deutsche Mathematiker-Vereinigung (DMV)
- Gesellschaft für Angewandte Mathematik und Mechanik (GAMM)
- Gesellschaft für Inverse Probleme (GIP)
- Gesellschaft für Operations Research (GOR)
- KI Bundesverband
- Komitee für Mathematische Modellierung, Simulation und Optimierung (KoMSO)

Berlin, im Dezember 2025

Im Internet auf <https://www.mathematik.de/dmv/dmv-stellungnahme>