



Leopoldina
Nationale Akademie
der Wissenschaften



Dezember 2014

Kurzfassung der Stellungnahme

Individualisierte Medizin

Voraussetzungen und Konsequenzen

Nationale Akademie der Wissenschaften Leopoldina
acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften
Union der deutschen Akademien der Wissenschaften

Über Jahrhunderte hinweg bestimmten empirische Vorgehensweisen die medizinische Behandlung von erkrankten Menschen. Bahnbrechende Fortschritte in den Lebenswissenschaften und der Entwicklung medizintechnischer Verfahren haben zu einem wesentlich verbesserten, naturwissenschaftlich untermauerten Verständnis der Ursachen und Entwicklung von Erkrankungen geführt. Die Entzifferung des menschlichen Erbguts bildete einen Meilenstein auf dem Weg zu einer auf umfassenden individuellen Merkmalen von Personen aufbauenden Diagnose und Therapie von Erkrankungen und letztlich deren Prävention. Für diesen Ansatz in der Medizin gibt es mehrere Begriffe wie *Individualisierte Medizin*, der in dieser Stellungnahme verwendet wird, aber auch *Personalisierte Medizin*, *Präzisionsmedizin*, *Genomische Medizin* oder *Stratifizierende Medizin* sind im Gebrauch.

Die Individualisierte Medizin zielt darauf ab, durch gezielte Prävention, systematische Diagnostik und den Einsatz maßgeschneiderter, auf die Bedürfnisse einzelner Patienten oder Patientengruppen ausgerichteter Therapieverfahren, die Wirksamkeit und Qualität der Behandlung zu verbessern. Dabei sollen unerwünschte Nebenwirkungen reduziert und langfristig die Kosteneffektivität der Versorgung gesteigert werden.

Ärzte haben ihre Behandlungsweisen schon immer auf den einzelnen Patienten ausgerichtet. Die Individualisierte Medizin stellt hier eine Weiterentwicklung dar. Vorrangig molekulare Techniken zur gezielten Bestimmung biologischer Messgrößen, sogenannter Biomarker, werden zunehmend in den Behandlungsprozess einbezogen. Dadurch sollen individuelle biologische Eigenschaften des Patienten präzise quantifiziert und objektiviert werden.

Auch wenn heute immer mehr Menschen bei guter Gesundheit altern, so nimmt die Zahl chronischer Erkrankungen, die oft in Kombinationen auftreten (Multimorbidität), und resultierende Behandlungskosten in der Summe deutlich zu. Viele der häufigen chronischen Leiden, z. B. rheumatische Erkrankungen, Herz-Kreislauf-Erkrankungen, Diabetes mellitus und Demenzerkrankungen, werden durch eine Vielzahl von Genen und Umweltfaktoren beeinflusst. Auch für diese Störungen werden zunehmend krankheitsassoziierte genetische Varianten und weitere Biomarker identifiziert. Eine präzise Zuordnung der Patienten zu therapierelevanten Untergruppen (Stratifizierung) ist in diesen Fällen weitaus schwieriger.

Moderne bioanalytische Hochdurchsatzverfahren, sogenannte Omics-Technologien, ermöglichen es heute, die Gesamtheit des Erbguts (Genom) und die Programmierung der Gene (Epigenom) sowie die Gesamtheit der Genprodukte, RNA (Transkriptom) und Proteine (Proteom), zu erfassen. Darüber hinaus lässt sich das gesamte Spektrum der Stoffwechselprodukte (Metabolom) bestimmen und der Einfluss der mit dem Menschen in enger Gemeinschaft lebenden Mikroorganismen (Mikrobiom) untersuchen. Es ist eine gewaltige wissenschaftliche Herausforderung, die Vielzahl der dabei gewonnenen Daten zu analysieren und mit bestimmten Krankheitsbildern bzw. der Wirkung medizinischer Behandlungen zu korrelieren.

Genomanalysen werden bereits in der Diagnostik monogener, d. h. durch Mutation einzelner Gene verursachter Erkrankungen und bestimmter Infektionskrankheiten, z. B. durch HIV hervorgerufene Immunschwäche, eingesetzt. Auch die Tumorthherapie, durchläuft zurzeit einen fundamentalen Wandel. Tumoren sind überwiegend die Folge genetischer Veränderungen in Körperzellen. Das vertiefte Verständnis der molekularen Mechanismen der Entstehung zahlreicher Tumorarten führt zu einer neuen Klassifizierung der Tumorerkrankungen und ermöglicht, molekulare Tumordiagnostika und darauf aufbauende, zielgerichtet wirkende Therapeutika zu entwickeln. Es zeichnet sich ab, dass die Anwendung dieser Therapien mit geringeren Nebenwirkungen verbunden ist als konventionelle Behandlungsmethoden.

Die medizinischen Fortschritte erhöhen die Zahl verfügbarer krankheitsrelevanter Patientendaten und Behandlungsmöglichkeiten deutlich. Einige der größten Herausforderungen bestehen darin, diese komplexen personenbezogenen Daten zu standardisieren, zu sichern und verlässliche Ergebnisse und praktikable Handlungsoptionen abzuleiten. Letztere müssen für Patienten, behandelnde Ärzte und in der medizinischen Forschung tätige Wissenschaftler transparent und nachvollziehbar sein. Damit erfordert Individualisierte Medizin die Integration neuer besonders vielschichtiger organisatorischer Abläufe in bestehende Strukturen der Gesundheitsversorgung.

Die Stellungnahme analysiert das Entwicklungspotential der Individualisierten Medizin und spricht Herausforderungen an, die mit deren Implementierung verbunden sind. Im Einzelnen behandeln:

- Kapitel 2 relevante Forschungsgrundlagen und Treibertechnologien,
- Kapitel 3 Biomarker als Grundlage für die Einteilung heterogener Krankheitsbilder in molekularbiologisch definierte Untergruppen,
- Kapitel 4 klinische Studien zur Entwicklung individualisierter Diagnostika und Therapeutika für kleine definierte Patientengruppen,
- Kapitel 5 die prädiktive genetische Diagnostik für die individuelle Anpassung von Präventionsmaßnahmen,
- Kapitel 6 die klinische Praxis der individualisierten Diagnostik und Therapie von Tumoren, Viruserkrankungen und aussichtsreiche Ansätze bei weiterer Erkrankungen,
- Kapitel 7 ethisch-rechtliche Fragen,
- Kapitel 8 marktwirtschaftliche Trends zur Entwicklung von Therapien und Diagnostika für kleine Patientengruppen sowie mögliche Kostenauswirkungen
- und Kapitel 9 strukturelle Rahmenbedingungen für die Individualisierte Medizin.

Empfehlungen

1. Forschung und Entwicklung

Das Verständnis komplexer Krankheitsursachen muss verbessert werden: Fortschritte in der molekularen medizinischen Forschung führen zur verfeinerten Taxonomie von Krankheiten und eröffnen Aussichten auf maßgeschneiderte Präventions-, Diagnostik- und Therapieverfahren. Überzeugende Beispiele für individualisierte Therapieansätze auf Basis spezifischer Mutationen gibt es bei monogenen Erkrankungen und einigen Tumorformen. Um diese und darüber hinaus weitere Erkrankungen in ihrer Komplexität zu verstehen, sind Forschungsanstrengungen erforderlich. Der Einfluss von Umweltfaktoren, Lebensstil, assoziierten mikrobiellen Lebensgemeinschaften und Medikamenten auf die Aktivität der Genexpression individueller Genome ist ganzheitlich zu analysieren. Dafür notwendige Techniken sind weiterzuentwickeln und die Daten mit dem individuellen Erscheinungsbild (Phänotyp) in Beziehung zu setzen. Über die Ursachenforschung hinaus sind klinische Translations-, Präventions- und Versorgungsforschung für die Entwicklung und Etablierung neuer individualisierter Verfahren und Produkte unabdingbar.

Sensitivität und Spezifität von Biomarkern für Diagnose und Therapie sind zu optimieren: Biomarker sind objektive biologische Messgrößen, z. B. Proteine, Zucker oder Nukleinsäuren, die bei gesunden und erkrankten Menschen als Indikatoren für biologische Prozesse dienen können. Die Verfügbarkeit geeigneter Biomarker ist essenziell für die taxonomische Einordnung von Krankheiten und die Zuordnung von Patienten zu präventions-, diagnostik- und therapielevanten Gruppen (Stratifizierung). Die Sensitivität, Spezifität und der Nutzen von Biomarkerkandidaten müssen in klinischen Studien überprüft werden. Von den zahlreichen in der Literatur beschriebenen Biomarkerkandidaten konnten bisher nur wenige klinisch untersucht und validiert werden. Eine solche Studie setzt eine hohe Anzahl qualitätsgesicherter biologischer Proben und personenbezogener klinischer Daten voraus. Die Entwicklung und Validierung von Biomarkern bedürfen der vernetzten, interdisziplinären Zusammenarbeit von Partnern aus Forschung, Universitätsmedizin und Industrie.

Strukturbegleitende Studien in den Bereichen Ökonomie, Ethik und Recht sind zu intensivieren: Die ökonomischen Auswirkungen der

Implementierung Individualisierter Medizin werden kontrovers diskutiert. Verlässliche Aussagen können nur durch die begleitende sozio-ökonomische Analyse des Gesamtsystems erzielt werden. Zur Lösung neuer ethischer und rechtlicher Probleme der Individualisierten Medizin bedarf es einer sorgfältigen wissenschaftlichen Begleitung sowie eines gesamtgesellschaftlichen Dialogs. Zentrale Fragen beschäftigen sich mit dem Recht, nicht informiert zu werden, dem Umgang mit patientenbezogenen Daten, Fehlentwicklungen und den Möglichkeiten des Missbrauchs von Daten, z. B. für kommerzielle Zwecke. Auf ökonomischen Erwägungen basierende Restriktionen des Zugangs zu Therapien haben weitreichende Konsequenzen für die Verteilungsgerechtigkeit.

2. Harmonisierung und Standardisierung

Harmonisierung und Standardisierung von Biobanken sind geboten: Biobanken enthalten biologische Proben, die mit Daten von Patienten bzw. Probanden verknüpft sind. Biobanken, die wichtige Einrichtungen zur Identifizierung und Validierung von Biomarkern darstellen, müssen nach standardisierten Konzepten angelegt werden. Dies betrifft sowohl die Entnahme und Lagerung von Gewebeproben, Körperflüssigkeiten, DNA, RNA und Proteinen als auch die sorgfältige Dokumentation zugehöriger medizinischer Daten. Eine nachhaltige Finanzierung, nationale Vernetzung und zentrale Koordination der Biobanken ist insbesondere für Forschungszwecke wichtig.

Die Erhebungen von Patientendaten bedarf der Standardisierung: Während molekulargenetische Daten nach vergleichsweise einheitlichen Verfahren gewonnen werden, fehlen bei der Anamnese sowie der klinischen Merkmalerhebung (Phänotypisierung) weitgehend anerkannte und durchgängige Standards. Für die Individualisierte Medizin ist jedoch eine exakte Phänotypisierung unerlässlich. Dies könnte mit einer nationalen Initiative erreicht werden, die darauf abzielt, eine medizinische Metadatenbank anzulegen, die indikationsbezogene Merkmale einheitlich definiert. Damit werden die erhobenen Merkmale studienübergreifend vergleichbar und verwertbar.

3. Angepasste Designs für klinische Studien

Klinische Studien sind an neue Anforderungen anzupassen: Auch wenn in der Individualisierten Medizin Schlussfolgerungen häufig retrospektiv gezogen werden, kann zur Bewer-

tung des Nutzens individualisierter Ansätze nicht auf prospektive Studien verzichtet werden. Die verfeinerte Krankheitsklassifikation ermöglicht Studien an präzise definierten, meist kleineren Patientengruppen (Stratifizierung) und verlangt neuartige Konzepte für effiziente Studiendesigns, auch mit dem Ziel verkürzter Zulassungsverfahren für Therapien. Trotz verringerter Fallzahlen sind seltene Nebenwirkungen individualisierter Therapien zu erfassen. Damit erhält die Nachverfolgung neuer therapeutischer Verfahren im Anschluss an deren Zulassung einen erhöhten Stellenwert. Internationaler Austausch über den Stand klinischer Studien ist anzustreben, wobei die Veröffentlichung kompletter Studiendaten einschließlich negativer Resultate notwendig ist.

4. Ausbau von Infrastrukturen in Kliniken In der Universitätsmedizin sind bioanalytische Hochdurchsatzverfahren zu etablieren: Sequenzierungstechniken werden in naher Zukunft ermöglichen, mit vertretbarem Kosten- und Zeitaufwand individuelle menschliche Genome zu entschlüsseln und auf Krankheitsrelevanz hin zu untersuchen. Für die Individualisierte Medizin sind leistungsfähige Hochdurchsatzverfahren zur Erhebung von Genomdaten unerlässlich. Gleiches gilt für weitergehende Technologien, die molekulare Marker wie die genomische Prägung (Epigenom), RNA (Transkriptom), Proteine (Proteom) oder Stoffwechselprodukte (Metabolom) erfassen. Derartige Marker gewinnen zunehmend an Bedeutung.

Ausbau und Vernetzung von IT-Infrastruktur und Bioinformatik sind überfällig: Die Bearbeitung der in der Individualisierten Medizin anfallenden umfangreichen Daten erfordert eine leistungsfähige und gut vernetzte Informationstechnologie. Komplexe, standardisierte Patienteninformationen sollten in elektronischen Patientenakten verknüpft und barrierefrei behandelnden Ärzten zugänglich gemacht werden. Die IT-Ausstattung und Kompetenz gehören zur grundlegenden Infrastruktur medizinischer Einrichtungen. Die unterschiedliche Krankenhausfinanzierung in einzelnen Bundesländern hat jedoch zur Folge, dass erhebliche Diskrepanzen bestehen. Selbst in einigen Universitätskliniken existieren große Defizite, die durch gezielte Investitionen behoben werden sollten. Neben dem nachhaltigen Ausbau erforderlicher Hardware ist Individualisierte Medizin von

professioneller Datenauswertung abhängig. Dem diesbezüglich bestehenden Engpass kann nur durch gezielte Ausbildung und Einbeziehung einer hinreichenden Anzahl spezialisierter Bioinformatiker begegnet werden.

5. Schutz der Persönlichkeit

Gesetzliche Datenschutzbestimmungen gelten auch für die Individualisierte Medizin:

Für den medizinischen Fortschritt ist es wünschenswert, klinische Daten gebündelt zu sammeln und möglichst vielen Forschern verfügbar zu machen. Informationen, die im Rahmen der Patientenversorgung erhoben werden, unterliegen der ärztlichen Schweigepflicht. Den Umgang mit genetischen Proben und Daten, die in der Krankenversorgung erhoben werden, regelt das Gendiagnostikgesetz. Für im Rahmen von Forschungsprojekten gewonnene personenbezogene Daten gelten die gesetzlichen Datenschutzbestimmungen. Patienten können ihre Daten nur durch schriftliches Einverständnis zur wissenschaftlichen Bearbeitung freigeben. Mit Sorge werden internetbasierte Angebote, z. B. *direct-to-consumer-Tests*, zur genetischen Analyse eingesandter biologischer Proben und mitgelieferter Phänotypinformationen betrachtet, da die Ergebnisse nicht der erforderlichen Qualitätskontrolle unterliegen und aufgrund kommerzieller Anreize missbräuchlich verwendet werden können. Dies kann zum Vertrauensverlust und sinkender Bereitschaft von Patienten zur Teilnahme an wissenschaftlichen Studien führen. Derartige Entwicklungen können nur durch international konsensfähige Vereinbarungen kontrolliert werden.

Rechte und Pflichten nichtärztlicher Wissenschaftler bedürfen einer Regelung: Fachübergreifende Kompetenzen durch interdisziplinäre Teams bestehend aus Ärzten, Biologen, Ingenieuren sowie weiteren Naturwissenschaftlern sind für die Individualisierte Medizin unerlässlich. Während Mediziner durch die Schweigepflicht geschützt sind, sollte den nichtärztlichen Wissenschaftlern ein Zeugnisverweigerungsrecht gewährt werden. Der durch die EURAT-Projektgruppe erarbeitete Kodex zur Selbstverpflichtung nichtärztlicher Wissenschaftler wird nachdrücklich unterstützt. Er dient dem Schutz der Wissenschaftler und trägt zur Wahrung der Patientenrechte bei. Darüber hinaus sind klinische Ethikkommissionen in Entscheidungsprozesse der individualisierten Gesundheitsversorgung einzubinden.

6. Rahmenbedingungen

Für die Entwicklung therapiebegleitender Diagnostika sollten attraktive Rahmenbedingungen geschaffen werden: Für die Entwicklung individualisierter Therapien sind Qualität, Verlässlichkeit und die zeitnahe Verfügbarkeit neuer diagnostischer Testverfahren entscheidend. Die gemeinsame Entwicklung und Zulassung individualisierter Therapeutika und begleitender Diagnostika (*companion diagnostics*) können wesentlich zum Therapieerfolg und zur Vermeidung wirkungsloser Therapien beitragen. Bei verschiedenen Tumorerkrankungen wird diese Strategie bereits mit Erfolg eingesetzt. Zur Förderung der Entwicklung und des Einsatzes von *companion diagnostics* sollten Kostenträger harmonisierte Zulassungsprozesse und Vergütungsmodalitäten festlegen.

Strategieentwicklung für eine risikoadaptierte Prävention ist zu unterstützen: Ein verbessertes Verständnis individueller Krankheitsrisiken eröffnet neue Optionen zur Prävention. Es ist zu erwarten, dass zukünftig Kostenträger und letztlich die Gesellschaft ein besonderes Gewicht auf Krankheitsprävention legen werden. Dies zeichnet sich bereits bei erblichen und virusbedingten Tumorerkrankungen ab. Eine auf persönliche Risiken zugeschnittene Früherkennung behandelbarer Erkrankungen und die Erforschung der Effizienz präventiver Schritte sollte mit Nachdruck verfolgt werden. Zudem sollten Überlegungen angestellt werden, wie Personen künftig in größerem Umfang zu präventiven Maßnahmen, z. B. durch Bonusregelungen, motiviert werden können. Dabei dürfen weder die Patientenautonomie noch das Recht, nicht informiert zu werden, verletzt werden.

Klinische Forschung und darauf aufbauende medizinische Versorgung erfordern ausreichende Ressourcen in der Universitätsmedizin: Fortschritt und Erfolg der Individualisierten Medizin werden mitbestimmt durch effiziente translationale Medizin, d. h. die schnelle Übertragung von Forschungsergebnissen in die klinische Praxis. Dieser Prozess ist derzeit in der universitären Medizin am effizientesten umsetzbar und erfordert enge Interaktionen wissenschaftlich ausgewiesener Gruppen mit den in der Krankenversorgung tätigen Ärzten. Daher sollten hinreichende Ressourcen für den Ausbau effizienter universitärer Strukturen zur Verfügung gestellt werden. Darüber hinaus sollten Rahmenbedingungen für den frühzeitigen Austausch

von Partnern aus akademischer Forschung, Industrie und Zulassungsbehörden über die spezifischen Anforderungen der effizienten Translation innovativer medizinischer Ansätze geschaffen werden.

7. Ausbildung und Beratung

Steigendem Informations- und Beratungsbedarf sollte Rechnung getragen werden: Zunehmend müssen Patienten und Ärzte gemeinsam auf der Grundlage komplexer Informationen diagnostische bzw. therapeutische Entscheidungen treffen. Dabei ist wichtig, dass Ärzte interdisziplinäre Aspekte der Behandlung Patienten verständlich vermitteln können. Hierfür sind qualitätsgesicherte, verständliche öffentliche Informationsplattformen hilfreich. Beispielhaft ist der Informationsdienst des Deutschen Krebsforschungszentrums.

Aus-, Weiter- und Fortbildung sind an Erfordernisse der Individualisierten Medizin anzupassen: Ohne neue Lehrkonzepte für die Aus-, Weiter- und Fortbildung der Ärzte kann die Individualisierte Medizin nicht implementiert werden. Dies setzt insbesondere die Vermittlung von Grundlagenwissen in der Molekularbiologie und Bioinformatik voraus und bedeutet eine grundlegende Reform, die es im inner- und außeruniversitären Bereich umzusetzen gilt. Damit kann auch die Bereitschaft zur Anwendung innovativer Verfahren erhöht und das kritische Urteilsvermögen geschärft werden. Darüber hinaus sollten im Team mitwirkende Naturwissenschaftler und weitere im Gesundheitswesen tätige Personen mit medizinischen Fragestellungen hinreichend vertraut gemacht werden.

8. Sensibilisierung der Gesellschaft und Entscheidungsträger

Individualisierte Medizin verlangt in Forschung und Versorgung strukturelle Anpassungen und adäquate Finanzierung: Die Gesellschaft, insbesondere die für das Gesundheitswesen verantwortlichen Akteure, sollten auf die Implementierung der Individualisierten Medizin in der Krankenversorgung hinwirken. Dafür sind zweifellos weitreichende strukturelle Anpassungen in Forschung und Versorgung notwendig, die auch erhebliche finanzielle Mittel erfordern. Ohne diese Investitionen in die Zukunft wird die breite Bevölkerung wohl kaum in den Genuss verbesserter Diagnostik, Therapie und Prävention kommen, die ein Leben mit mehr gesunden Lebensjahren eröffnen.

Mitwirkende in der Arbeitsgruppe:

Sprecher der Arbeitsgruppe: Prof. Dr. Bärbel Friedrich (Professorin für Mikrobiologie, Vizepräsidentin der Nationalen Akademie der Wissenschaften Leopoldina), Prof. Dr. Philipp U. Heitz (Departement Pathologie, Universität Zürich), Prof. Dr. Heyo K. Kroemer (Vorstand Forschung und Lehre und Dekan, Universitätsmedizin Göttingen)

Mitglieder der Arbeitsgruppe: Prof. Dr. Thomas Bieber (Klinik und Poliklinik für Dermatologie, Universitätsklinikum Bonn), Prof. Dr. Manfred Dietel (Institut für Pathologie, Charité Universitätsmedizin Berlin), Prof. Dr. Georg Ertl (Medizinische Klinik und Poliklinik I, Universitätsklinik Würzburg), Prof. Dr. Carl Friedrich Gethmann (Forschungskolleg „Zukunft menschlich gestalten“, Universität Siegen), Prof. Dr. Michael Hallek (Klinik I für Innere Medizin, Universitätsklinikum Köln), Prof. Dr. Michael Hecker (Institut für Mikrobiologie, Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald), Prof. Dr. Heinz Höfler (Institut für Allgemeine Pathologie und pathologische Anatomie, Technische Universität München), Prof. Dr. Jan C. Joerden (Lehrstuhl für Strafrecht, insbesondere Internationales Strafrecht und Strafrechtsvergleichung, Rechtsphilosophie, Europa-Universität Viadrina, Frankfurt (Oder)), Prof. Dr. Klaus-Peter Koller (Fachbereich Biowissenschaften, Goethe-Universität Frankfurt am Main), Prof. Dr. Thomas Lengauer (Max-Planck-Institut für Informatik Saarbrücken), Prof. Dr. Markus Löffler (Institut für Medizinische Informatik, Statistik und Epidemiologie, Universität Leipzig), Prof. Dr. Martin J. Lohse (Institut für Pharmakologie und Toxikologie, Julius-Maximilians-Universität Würzburg), Prof. Dr. Peter Oberender, (Rechts- und Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät, Lehrstuhl für Mikroökonomie, Universität Bayreuth), Prof. Dr. Peter Propping (Institut für Humangenetik, Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn), Prof. Dr. Alfred Pühler (Center for Biotechnology, Universität Bielefeld), Prof. Dr. Georg Stingl (Universitätsklinik für Dermatologie, Medizinische Universität Wien), Prof. Dr. Jochen Taupitz (Lehrstuhl für Bürgerliches Recht, Zivilprozessrecht, internationales Privatrecht und Rechtsvergleichung, Universität Mannheim), Prof. Dr. Hermann Wagner (Institut für Medizinische Mikrobiologie, Immunologie und Hygiene, Technische Universität München), Prof. Dr. Hans-Peter Zenner (Universitäts-Hals-Nasen-Ohren-Klinik, Eberhard-Karls-Universität Tübingen)

Wissenschaftliche Referenten der Arbeitsgruppe: Dr. Johannes Fritsch (Nationale Akademie der Wissenschaften Leopoldina), Dr. Kathrin Happe (Nationale Akademie der Wissenschaften Leopoldina), Dr. Claudia Humbeck (Nationale Akademie der Wissenschaften Leopoldina)

Kontakt: Dr. Kathrin Happe, Nationale Akademie der Wissenschaften Leopoldina
Abt. Wissenschaft-Politik-Gesellschaft | politikberatung@leopoldina.org | Tel.: (0345) 472 39-867

Die Nationale Akademie der Wissenschaften Leopoldina, acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften und die Union der deutschen Akademien der Wissenschaften unterstützen Politik und Gesellschaft unabhängig und wissenschaftsbasiert bei der Beantwortung von Zukunftsfragen zu aktuellen Themen. Die Akademiemitglieder und weitere Experten sind hervorragende Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus dem In- und Ausland. In interdisziplinären Arbeitsgruppen erarbeiten sie Stellungnahmen, die nach externer Begutachtung vom Ständigen Ausschuss der Nationalen Akademie der Wissenschaften Leopoldina verabschiedet und anschließend in der *Schriftenreihe zur wissenschaftsbasierten Politikberatung* veröffentlicht werden.

Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina e. V. – Nationale Akademie der Wissenschaften
Jägerberg 1
06108 Halle (Saale)
Tel.: (0345) 472 39-867
Fax: (0345) 472 39-839
E-Mail: politikberatung@leopoldina.org
Berliner Büro:
Reinhardtstraße 14
10117 Berlin

acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften
Residenz München,
Hofgartenstraße 2
80539 München
Tel.: (089) 5 20 30 9-0
Fax: (089) 5 20 30 9-9
E-Mail: info@acatech.de
Hauptstadtbüro:
Unter den Linden 14
10117 Berlin

Union der deutschen Akademien der Wissenschaften
Geschwister-Scholl-Straße 2
55131 Mainz
Tel.: (06131) 218528-10
Fax: (06131) 218528-11
E-Mail: info@akademienunion.de
Berliner Büro:
Jägerstraße 22/23
10117 Berlin