



# Wissen und Innovation für die Gesellschaft

## Eine Impact-Analyse der Forschungslichtquellen PETRA III und PETRA IV

Im Jahr 2010 ging bei DESY PETRA III, die damals weltweit leistungsfähigste Röntgenlichtquelle, in Betrieb. Seitdem generierte sie einzigartige wissenschaftliche Erkenntnisse und stellte essenzielle Daten für innovative Entwicklungen bereit. Jährlich führen mehr als 3500 Forschende hier ihre Experimente durch, gut die Hälfte davon aus Deutschland.

In Zukunft soll der Umbau zu **PETRA IV** den gestiegenen Anforderungen und dem wachsenden Bedarf an zerstörungsfreien Untersuchungen auf Nanoebene abdecken. Die dann leistungsstärkste Röntgenlichtquelle der Welt

wird mit zielgerichteten KI-Tools so ausgestattet, dass die hier generierten Daten für Wissenschaft und Industrie breit nutzbar sind und direkt in industrielle Wertschöpfungsketten einfließen können.

Um international in diversen Technologiefeldern wettbewerbsfähig zu sein, ist dieser Umbau für den Wissenschafts- und Innovationsstandort Deutschland und Europa absolut notwendig. Die Zeit drängt – längst haben vergleichbare Quellen weltweit damit begonnen, entsprechende Forschungsinfrastrukturen aufzubauen.

# Röntgenlichtquellen schaffen Wissen und sorgen für Innovationsvorsprung

Durch die folgende Zusammenstellung von Impact-Werten beziffert DESY gemeinsam mit dem Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI den Wert der PETRA III-Investition. In die Berechnung der Wertschöpfung wurden Baukosten, Betriebs-Kennzahlen und strukturelle Effekte einbezogen. Dieser Return on Investment von PETRA III bildet die Basis, um die zu erwartende ökonomische Wirkung von PETRA IV zu ermitteln.



DESY-Campus in Hamburg mit dem 2,3 Kilometer langen PETRA III-Beschleunigerring (blau). Drei Experimentierhallen – im Vordergrund die bogenförmige Experimentierhalle „Max von Laue“ – sowie zahlreiche Labor-Gebäude von rund 20 interdisziplinären wissenschaftlichen Institutionen gruppieren sich um den Ring.

## DESYs Röntgenlichtquelle PETRA III in Zahlen:

**100 000**

Stunden Forschungsbetrieb pro Jahr

**3500**

Forschende pro Jahr

**1700**

Forschungsprojekte pro Jahr



**Bis zu 5  
Milliarden Euro**

### Komplementäre Effekte

Wenn Ausgaben Dritter und strukturelle Effekte von PETRA III mit einbezogen werden (u.a. Investitionen von Partner-Instituten, Ausgaben durch Nutzer, Aufbau des CSSB auf dem Campus oder Gründung von Start-ups) ergeben Berechnungen seitens DESY, dass sich der ökonomische Impact von PETRA III **versechsfacht**.

## PETRA III: 2010 bis 2022

### Gesamtwirtschaftlicher Zusatznutzen

DESY entfaltete mit PETRA III seit Baubeginn 2007 und mit Betriebsbeginn in 2010 bis 2022 als großer Arbeitgeber und durch Beschaffung erhebliche ökonomische Wirkung in der Region, in Deutschland und in Europa. Gleichzeitig haben Erkenntnisgewinne durch PETRA III zu zahlreichen Innovationsimpulsen geführt, die in Produkten und Prozessen von Industrie und Wirtschaft umgesetzt wurden. Diese Berechnung basiert auf einer detaillierten Impact-Studie zu PETRA III, die das **Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung ISI** im Auftrag von DESY durchgeführt hat (Oktober 2023, doi:10.24406/publica-1929).

**815**

Millionen Euro

hat DESY allein in Bau und Betrieb von PETRA III eingesetzt.



**2,25**

Milliarden Euro

Wertschöpfung sind mit der Röntgenlichtquelle entstanden.

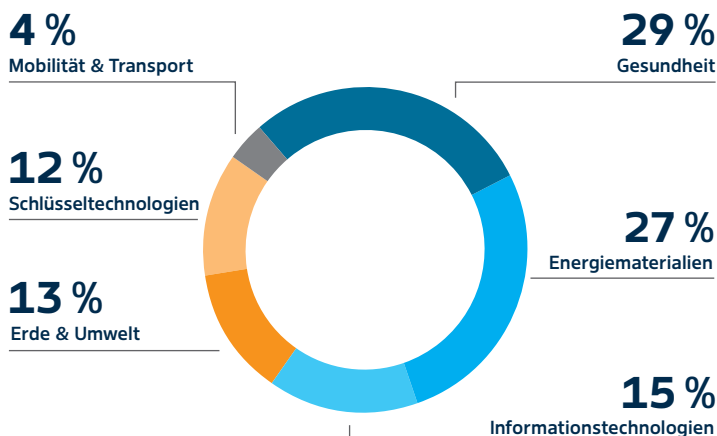


# PETRA III: Weltweit Magnet für Spitzenforschung

Durch die große Vielfalt an Untersuchungsmethoden ist PETRA III ein Schlüsselinstrument für Forschende verschiedenster Disziplinen, die nach maßgeschneiderten Lösungen für die Herausforderungen unserer Zeit suchen.

Die Forschungsanlage bietet Expertinnen und Experten aus aller Welt ideale Forschungsbedingungen. Insbesondere junge Menschen profitieren von der internationalen Forschungsumgebung bei DESY in Hamburg, mit PETRA III im Zentrum und einer Vielzahl einzigartiger wissenschaftlicher Einrichtungen.

Forschende aus allen naturwissenschaftlich-technischen Disziplinen nutzen PETRA III als Werkzeug für ihre Experimente.



 **13 000**  
Forschende aus

 **60**  
Nationen


 **50 %**  
Jede zweite Publikation ist in globaler Kooperation entstanden.

## Universitäre Forschung

- BMBF-Forschungsmittel (u.a. Verbundförderungen) in Höhe von rund **120 Millionen Euro** für Instrumentierung der Messeinrichtungen wurden eingeworben. Zur Stärkung der universitären Forschung, die von nachfolgenden Forschenden genutzt werden.
- PETRA III ist ein wesentliches Forschungsinstrument für die Hamburger **Exzellenzcluster** „Understanding Written Artefacts“ und „CUI: Advanced Imaging of Matter“

## Exzellenzforschung

Forschende aus allen naturwissenschaftlich-technischen Disziplinen nutzen PETRA III als Werkzeug für ihre Experimente. Dabei entstanden exzellente Arbeiten, die in führenden Fachzeitschriften veröffentlicht werden.

 Beleg für die Exzellenz ist auch die **Beteiligung an hochkarätigen Forschungsprojekten**: Allein im Jahr 2021 wurden 59 Publikationen von **39 ERC-Grant-finanzierten Forschenden** mit PETRA III-Daten veröffentlicht.\*

**5200**  
**Publikationen**  
insgesamt sind entstanden

**> 650**  
Veröffentlichungen zählten zu den  
**Top-10 zitierten Publikationen weltweit**

**260**  
**Publikationen**  
in Science und Nature

## Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses und Vernetzung

- DESY betreibt mit verschiedenen Forschungspartnern gleich **drei Graduiertenschulen** auf dem Campus.
- An PETRA III schließen pro Jahr **120 Promovierende** ihre Doktorarbeit ab.\*\*
- Jedes Jahr findet bei DESY in Hamburg das weltweit größte Nutzertreffen mit mehr als **1000 Teilnehmenden** statt.
- Mehr als **30 000 Teilnehmerinnen und Teilnehmer** besuchten Workshops oder Konferenzen bei DESY.
- **30 Prozent** der registrierten Forschenden bei PETRA III sind Studierende.

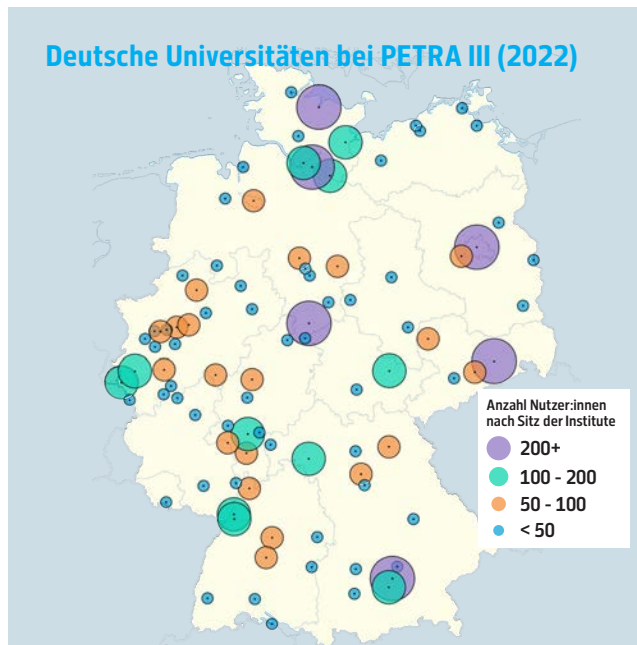
\*Die EU-Forschungsförderungen (ERC-Grants) von bis zu 3,5 Millionen Euro unterstützen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, die über anerkannt erfolgreiche Forschungsleistungen verfügen.

\*\* Schätzwert Photon Science Division.

# Röntgenlichtquellen sind unverzichtbar für den Wissenschafts- und Innovationsstandort

Zurzeit bietet PETRA III noch eine wichtige Infrastruktur für viele Forschungsdisziplinen, insbesondere aus den Naturwissenschaften und dem Ingenieurbereich. Die Anlage fördert die Zusammenarbeit zwischen Hochschulen und Forschungseinrichtungen. Der Anteil von Forschenden aus Deutschland liegt insgesamt bei etwa 52 Prozent. Das brillante Licht garantiert den deutschen Forschenden, international wettbewerbsfähig zu sein.

## Deutsche Wissenschaftsorganisationen und Hochschulen bei PETRA III



**1870**  
Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler von deutschen Einrichtungen forschten an PETRA III (2022).

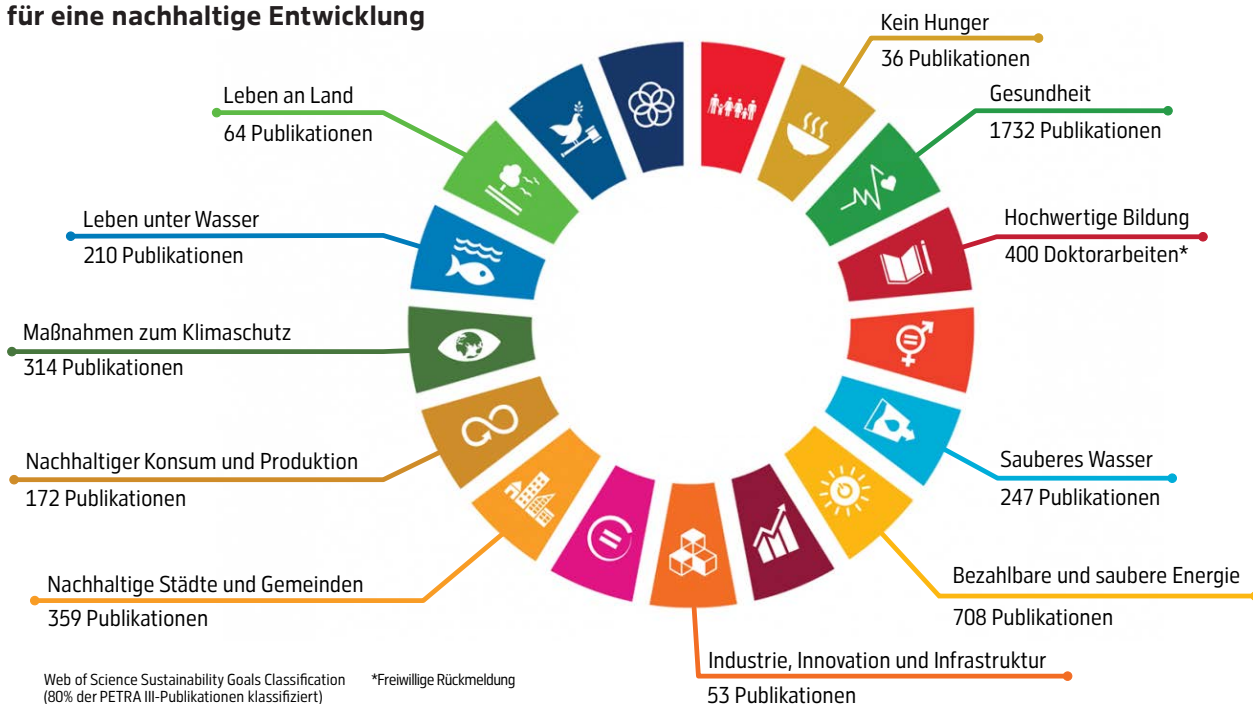
**27 %**  
der deutschen **Exzellenzcluster** forschten an PETRA III.

## PETRA III: Forschung für Nachhaltigkeit

Eine bessere und nachhaltigere Zukunft ist das Ziel der meisten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, die ihre Experimente an PETRA III durchführen.

**80 %**  
der PETRA III-Publikationen leisten einen direkten Beitrag zu **gesellschaftlich relevanten Themen**

### PETRA III-Beitrag zu den UN-Zielen für eine nachhaltige Entwicklung





# PETRA III: Erkenntnisse für Industrie-Innovationen

**251**

**PETRA III-Publikationen**  
mit Industriebeteiligung

**140**

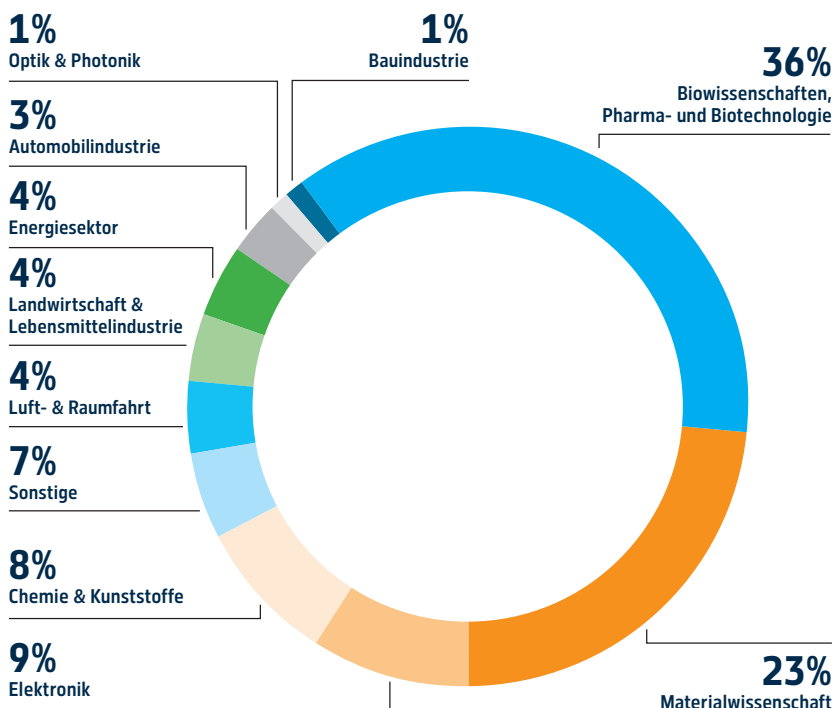
**Unternehmen**  
nutzten PETRA III seit 2010

**28 %**

Rund ein Drittel dieser Firmen  
mit Sitz in Deutschland, darunter  
DAX-Unternehmen und KMUs

**110**

**zusätzliche Messzeit-Verträge**  
mit Unternehmen, die unter einer  
Vertraulichkeitsvereinbarung stehen  
(2018 - 2022)



## PETRA III beschleunigte Corona-Forschung

**BioNTech** erforschte die Wirkweise der Lipidhüllen seiner mRNA-Impfstoffe mit PETRA III. Der direkte Benefit der schnellen Vakzin-Entwicklung führte zu 4,7 Milliarden Euro Ertragssteuern 2021, das wäre ohne die Grundlagenforschung nicht möglich gewesen.

### Kosten reduzieren durch schnelle Erkenntnis:

Der Bund hat pro Jahr 150 Milliarden Euro für die Abfederung der Pandemie-Folgen ausgegeben. In diesem Kontext ist die Abwendung eines möglichen Lockdowns durch die schnelle Entwicklung eines Impfstoffs von immenser volkswirtschaftlicher Bedeutung.

## PETRA III unterstützt die Energiewende

**Trumpf SE** hat ein kommerzielles Lasersystem für ressourcenschonendes Laserschweißen von Hochleistungselektronik für die Elektromobilität optimiert.

**Bosch AG** hat Laserschweißtechniken für den Leichtbau untersucht und daraus Vorteile für die Produktion erarbeitet.

Von der Forschung mit PETRA III profitieren letztlich aktuelle und zukünftige Produkte deutscher Hersteller: Um massenhaft und günstig zu produzieren, braucht die Industrie zuverlässige Laserverfahren, die besonders effektiv mit Röntgenlicht untersucht werden können.

## Röntgenlicht für Medikamentenentwicklung

**Bayer AG** erforschte ein vielversprechendes Krebsmittel bei PETRA III, das bereits in 20 weiteren Patent-Anmeldungen zitiert wird.

Unternehmen aus dem Forschungsbereich Life Sciences nutzen Synchrotronstrahlungsquellen, um die Struktur von Proteinen auf molekularer Ebene aufzuklären und so Wirkstoffe zu verbessern oder neu zu entwickeln. Diese Untersuchungen bringen Wachstumsimpulse insbesondere für die europäische Pharmaindustrie, in der direkt 840 000 Menschen beschäftigt und 125 000 in der Entwicklung und Forschung tätig sind.

## Entwicklung neuartiger Materialien

### Bio-Kunststoff und gesprühte Solarzellen:

Ein bei PETRA III entwickeltes Material aus Zellulose-Nanofasern könnte als Kunststoff-Alternative in Fahrzeugen, Möbeln oder Verpackungen eingesetzt werden. Selbst Anwendungen in der Biomedizin sind denkbar, da Zellulose bioverträglich ist.

Das Material dient auch als Träger für gesprühte Polymer-Solarzellen. In Kooperation mit der **KTH** in Stockholm und dem Start-up **CelluXtreme** entstand ein durch das Bundesministerium des Innern und für Heimat (**BMI**) geförderter Prototyp eines Solar-Sonnenrollos.

# Innovationskultur: Befeuert durch Röntgenlicht

DESY hat eine fruchtbare Umgebung für Aus- und Neugründungen geschaffen

**350** Mehr als sieben Prozent aller bei PETRA III entstandenen Publikationen werden in Patenten oder Patentanträgen zitiert.

**152** DESY hält **152 laufende (Knowhow-) Lizenzen**, davon **91** mit der Wirtschaft und **61** mit wissenschaftlichen Akteuren.

**17** **Start-ups** sind auf dem DESY-Campus angesiedelt.

**14** **Millionen Euro Umsatz** wurden von den Start-ups erwirtschaftet. Sie beschäftigen stand heute **137 Mitarbeitende**. Deren Zahl steigt weiter an: 2021 waren es 106 Mitarbeitende.



### Beispiele:

**Wired Sense:** Design und Produktion von hochsensiblen Detektoren zum Einsatz in der Materialprüfung und Materialanalyse.

**Haystack Oncology:** Entwicklung von personalisierten Tests für die Krebsdiagnostik.

**CrystalsFirst:** Das Spin-off der Universität Marburg bietet seinen Kunden Services und Lösungen für die Medikamentenentwicklung und nutzt dabei PETRA III.

## Ausbildungsmotor

Für Ausbildung und Training stellt DESY erhebliche Ressourcen bereit. Das Forschungszentrum bietet außerdem vielfältige Karrieremöglichkeiten und ein breites Weiterbildungsprogramm sowie Wissenstransfer-Aktivitäten .





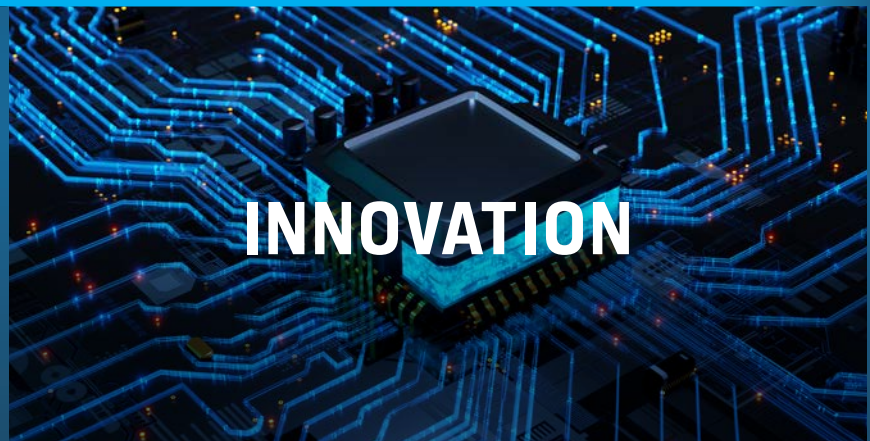
# PETRA IV.

DESYs Zukunftsprojekt für den Wissenschafts-  
und Wirtschaftsstandort Deutschland



**PETRA IV** revolutioniert den  
Blick in die molekulare Welt

**PETRA IV** beschleunigt die  
Entwicklung von Technologien,  
die die Welt verändern



**PETRA IV** öffnet die  
Großgeräteforschung für alle  
brillanten Ideen weltweit

# PETRA IV: Erkenntnisgewinn und Wertschöpfung für Gesellschaft, Wissenschaft und Wirtschaft

PETRA IV wird Technologie- und Prozess-Souveränität sowie nachhaltige Lösungen in vielen Bereichen sichern: Durch verbesserte, wissenschaftlich-technologische Möglichkeiten und die damit verbundene Datenbasis. Die hier präsentierten Effizienzvorteile von PETRA IV gegenüber PETRA III wurden entsprechend skaliert.

## DESY plant die leistungsstärkste Röntgenlichtquelle weltweit

- Die Leistungsstärke von PETRA IV übertrifft PETRA III um den Faktor 500 bis 1000
- Röntgenanalytische Untersuchungen werden so bis zu **500-mal schneller**: Analytische Probleme, deren Lösung mit bisheriger Technologie zu zeitaufwendig ist, wird mit PETRA IV möglich
- Die **Auflösung der Bildgebung** wird sprunghaft besser, sodass Einsichten in die Nano-Ebene mit bislang unerreichter Präzision möglich werden
- Innovatives, schnelles Zugangsmodell und Services, inkl. der **Datenaufbereitung** für **erweiterte Nutzergruppen** (Kliniken, KMUs, ...)



Visualisierung des DESY-Campus mit der geplanten neuen, großen Experimentierhalle (links). Der vorhandene PETRA III-Beschleuniger wird grundlegend modernisiert.

## PETRA IV: Zehn-Jahres-Horizont

### Gesamtwirtschaftlicher Zusatznutzen

Wenn bei der Investition von PETRA IV die gleiche Berechnungsgrundlage der Studie des **Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI** wie bei PETRA III zugrunde gelegt wird, liegt der Zusatznutzen als klassische Forschungsinfrastruktur alleine bei über sieben Milliarden Euro.

# 2,45

## Milliarden Euro

Der Bau wird mit 1,54 Milliarden Euro und der Betrieb wird für die ersten zehn Jahre mit 910 Millionen Euro veranschlagt.



# 7,35

## Milliarden Euro

Wertschöpfung können mit der Röntgenlichtquelle entstehen.



### Mehr Wertschöpfung als Innovationsmotor

DESY plant PETRA IV als Daten- und Lösungsmotor für Wissenschaft, Unternehmen, Start-ups und Kliniken aufzustellen. Diese Röntgenlichtquelle ist damit - neben der Rolle als wissenschaftliche Infrastruktur - mehr: PETRA IV ist branchenübergreifend ein Schlüsselwerkzeug für Innovationen.

## Bis zu 24 Milliarden Euro

Wenn komplementäre Effekte berücksichtigt werden und insbesondere der transformative Charakter hinsichtlich Industriesupport, Datengeneration, KI-Weiterentwicklungen als auch ein abgeschätzter Einfluß auf die Deeptech-Start-up Szene zum Tragen kommen, kann sich der ökonomische Fußabdruck nach DESY-internen Extrapolationen **verzehnfachen**. Kurz: Die Wertschöpfung wird zwischen sieben und bis zu 24 Milliarden Euro liegen.



# PETRA IV liefert Präzisionsdaten für Innovationen und findet kluge Lösungen für Forschungsfragen

Die State of the Art-Infrastruktur rund um PETRA IV wird konsequent auf Digitalisierung, Transfer, Ideen- und Talentförderung ausgelegt. Ziel ist eine drastische Beschleunigung der Entwicklung neuer Technologien und Materialien; auch durch einen vereinfachten Zugang und die Schaffung eines optimalen Innovations-Ökosystems. Als einzigartiges Großgerät von Weltrang stärkt PETRA IV die technologische Souveränität von Deutschland und Europa. Die Anlage steht der internationalen Wissenschaft offen und zieht Fachkräfte für Schlüsseltechnologien an.

## PETRA IV schafft die analytischen Voraussetzungen für neue, dringend benötigte Materialien, Wirkstoffe und Zukunftstechnologien:

- sichere Mikroelektronik
- Konzepte für erneuerbare Energien
- maßgeschneiderte Medikamente und Therapien
- ressourcenschonende Chemikalien und Vorprodukte
- nachhaltige Industrieprozesse und Konsumgüter

Durch ein flexibles und auf industrielle Anforderungen zugeschnittenes Zugangssystem sowie erweiterte Serviceangebote (u.a. Datenanalyse, Interpretation) werden Anfragen bei DESY schnell und lösungsorientiert bearbeitet. DESY plant, angepasst an den Bedarf, rund 20 Prozent der Messzeiten für Projekte mit der Industrie zu reservieren.

## Technologieentwicklung in kritischen Branchen

Von der Digitalisierung über die europäische Sicherheitspolitik bis hin zur pharmazeutischen Industrie und Pandemieabwehr: Die Röntgenanalytik dient als fundamentales Werkzeug für die Halbleiter- und Chip-Produktion, die Entwicklung und Validierung von Quanten-, Energie- und Katalysatematerialien sowie die Medikamenten- und Therapieentwicklung. PETRA IV stellt für Deutschland und Europa sicher, dass die Ergebnisse ohne Umwege zu Produktentwicklungen und Prozessoptimierungen in kritischen Branchen führen können.

## PETRA IV: Technologische Sicherheit in der Mikroelektronik festigen

1000 Mal mehr Röntgenlicht ermöglicht erstmals zerstörungsfreie Qualitätskontrolle von kompletten Mikrochips.



PETRA IV-Technologien können die Detailstruktur der 3D-integrierten Nanoelektronik vollständig visualisieren. Erstmals in der Geschichte der Röntgenanalytik lässt sich ein Halbleiter-Chip innerhalb von wenigen Tagen in allen notwendigen Details abbilden. Heute wären dafür drei Jahre nötig. So wird die Qualität und Integrität von Schaltkreisen für fortgeschrittene Computer- und Kommunikationstechnologien gesichert.

**Vorteil für den Standort Deutschland:** Mit dem European Chip Act will die EU ihren derzeitigen Weltmarktanteil bis 2030 auf 20 Prozent verdoppeln. Um dieses Ziel zu erreichen, muss die Produktion um das Vierfache gesteigert werden.

Große Hoffnung liegt etwa auf dem Joint Venture der Chiphersteller Bosch, Infineon, NXP und TSMC mit einem Volumen von bis zu 10 Milliarden Euro. Die Grundlagen für standardisierte Qualitätskontrollen der Chips „made in Europe“ könnten durch PETRA IV entstehen.

## PETRA IV: Impulsgeber für Biotechnologie- und Pharmabranche

1000 Mal schneller messen mit 25-facher Steigerung der Empfindlichkeit ermöglicht die Entwicklung neuer Medikamente, die gezielt an der Ursache von Krankheiten ansetzen.



Eine verkürzte Experimentierzeit – verbunden mit Automatisierung von Messung und Auswertung – revolutioniert die systematische Suche nach Wirkstoffen. Die hochauflösende 3D-Bildgebung großer Gewebeproben bis hinein in die molekulare Ebene erschließt völlig neue Möglichkeiten in der Beobachtung und Erforschung von Krankheiten wie Alzheimer oder Krebs.

Weltweit arbeiten Pharmaunternehmen daran, Krebsimpfungen auf mRNA-Basis zur Marktreife zu bringen. Auch BioNTech wird seine Forschung zur mRNA-Technologie bei DESY erweitern. Dabei könnte PETRA IV den entscheidenden Vorteil bringen, durch hochaufgelöste, kontrastreiche Abbildungen für systematische Studien.

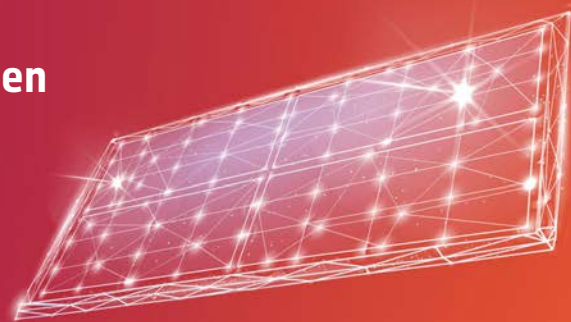
### Vorteil für den Standort Deutschland:

Der globale Markt für mRNA-Impfstoffe liegt bei rund 34,7 Milliarden US-Dollar. Bis 2030 soll das Volumen 68,1 Milliarden US-Dollar überschreiten.

Das Potenzial von mRNA-Therapeutika lässt sich auch an der Anzahl der Unternehmen ablesen, die in diese Technologie investieren: Derzeit wird im Rahmen von rund 420 Programmen mRNA für mehr als 120 verschiedene Krankheiten getestet, darunter eine Vielzahl von Krebsarten und seltene Erkrankungen.

## PETRA IV: nachhaltige Wege mit neuen und besseren Materialien

Die Aufrüstung von PETRA III zu PETRA IV ermöglicht die hochauflösende 3D-Darstellung unterschiedlicher Materialien in Echtzeit.



Zur Lösung drängender Zukunftsfragen sind neue Materialien und Wirkstoffe unersetzlich. Sie müssen intelligenter und viel leistungsfähiger sein als heutige Materialien. Eine Zukunftsvision ist, dass die Funktion von neuen Materialien auf molekularer Ebene mit KI-Unterstützung synthetisiert wird. Mit PETRA IV gelingt der entscheidende Schritt, diese Nanoprozesse nicht nur zu analysieren, sondern auch gezielt zu steuern. Mit heutigen Instrumenten ist das nicht möglich.

Bei PETRA IV soll KI-gestützte Analytik breite Anwendung finden: Auf Simulationen und Trainingsdaten basierende virtuelle Modelle (Digitale Zwillinge), unterstützen und beschleunigen die Entwicklung von maßgeschneiderten funktionalen Materialien.

### Es entstehen sytemrelevante Erkenntnisse:

- neuartige Solarzellen mit höherer Lebensdauer
- deutlich verbesserte Batteriesysteme
- biologisch abbaubare Kunststoffe
- Katalysatoren für grüne Chemie und Wasserstofftechnologie
- Nachhaltige Industrieprozesse und Konsumgüter

**Vorteil für den Standort Deutschland:** Weltweit steigt die Nachfrage nach Batterien für E-Fahrzeuge sowie nach ressourcenschonenden Verfahren. Wer schnell neue Technologien nicht nur entwickelt, sondern auch praxistauglich macht, kann die Marktführerschaft übernehmen. Das unterstützt auch den European Green Deal.



**HELMHOLTZ**

**Kontakt**

**Deutsches Elektronen-Synchrotron DESY**

Prof. Dr. Helmut Dosch

Vorsitzender des DESY-Direktoriums

E-Mail: [Helmut.Dosch@desy.de](mailto:Helmut.Dosch@desy.de)

Telefon: +49 (0)40 8998 2453

DESY ist Mitglied der Helmholtz-Gemeinschaft,  
der größten Wissenschaftsorganisation Deutschlands.