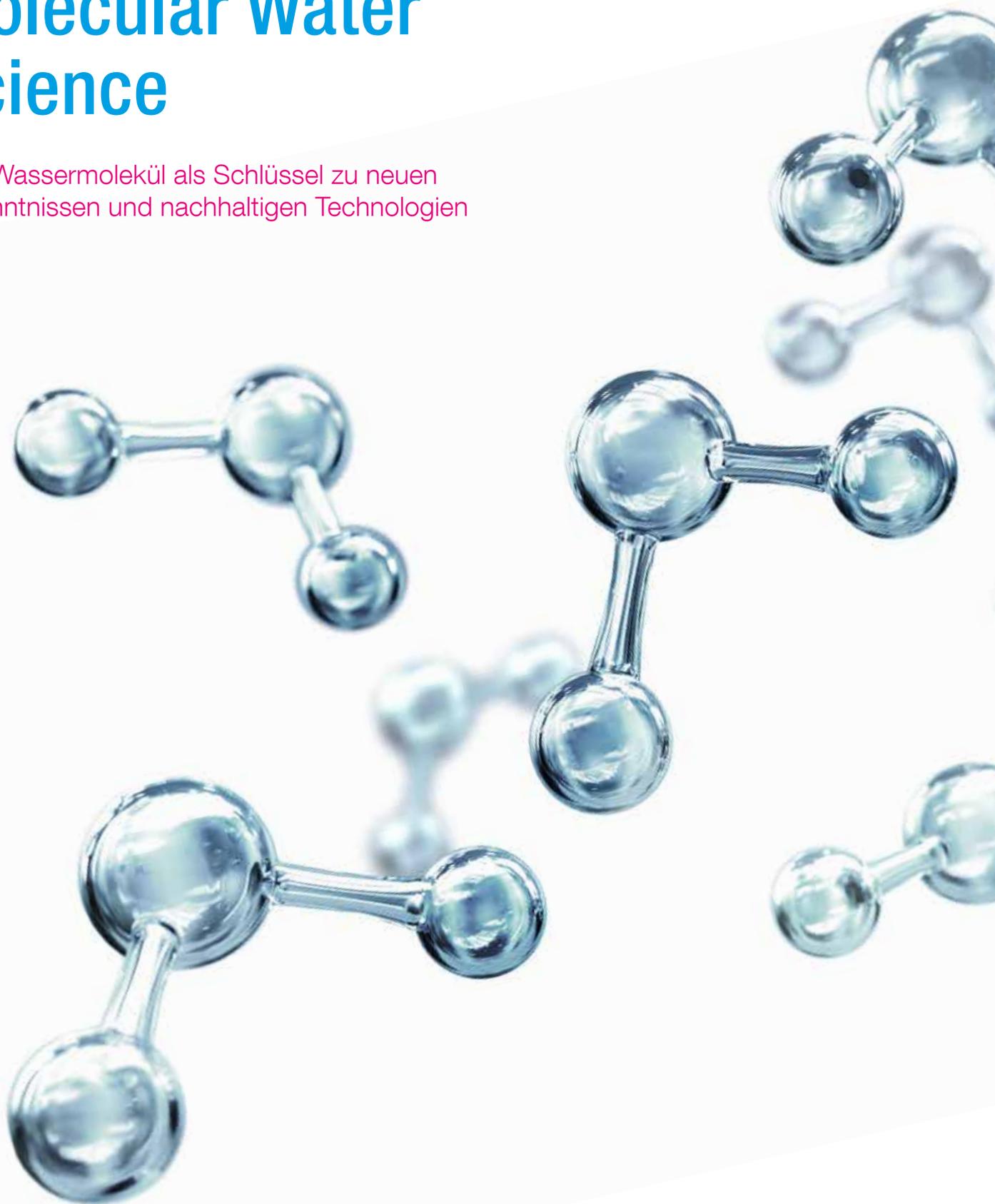


Centre for Molecular Water Science

Das Wassermolekül als Schlüssel zu neuen
Erkenntnissen und nachhaltigen Technologien



In Zusammenarbeit mit Partnern aus ganz Europa entsteht bei DESY das internationale „Centre for Molecular Water Science“, kurz CMWS. Durch und durch interdisziplinär angelegt beleuchtet das CMWS molekulares Wasser aus den unterschiedlichsten Fachrichtungen. Es schafft die Wissensbasis für nachhaltige Technologien von morgen.



Inhalt

Executive Summary	3
Wasser: Grundlage für Leben und Technik	4
Zukunftsfeld molekulare Wasserforschung	6
Strategische Forschungsbereiche im CMWS	8
Pilotprojekte im Early Science Programme	14
Strategischer Aufbau und Weiterentwicklung des CMWS	16
Gebündelte Kompetenz im Netzwerk	18
Zentrum für molekulare Wasserforschung	20
Forschungsinfrastrukturen und CMWS-Hubs	22
Einbettung in nationale und europäische Programme	24
Zeitplan und Ausblick	26
Partner und Beitragende zum White Paper und Strategiepapier	28

Executive Summary

Ohne Wasser gäbe es kein Leben, wie wir es kennen. Von Ozeanen bis zu den Wassermolekülen in biologischen Zellen: Wasser ist Schlüssel zum Überleben und grundlegend für den Erhalt des Lebensraums Erde. Globale Entwicklungen wie der Klimawandel, ein steigender Energie- und Trinkwasserbedarf und neue Infektionskrankheiten stellen die Menschheit dabei vor neue Herausforderungen.

Nachhaltige Lösungen in den Bereichen Klima, Umwelt, Energie und Gesundheit erfordern ein tieferes – molekulares – Verständnis des einzigartigen Stoffs Wasser. Schon lange macht sich unsere Gesellschaft Wasser für Schlüsseltechnologien der Energiegewinnung, Materialforschung und Wirkstoffentwicklung zunutze. Die zugrunde liegenden biologischen, chemischen und physikalischen Prozesse sind jedoch vielfach noch zu wenig verstanden, um diese Technologien gezielt weiterzuentwickeln.

Mit den heute entstehenden analytischen Möglichkeiten und Forschungsinfrastrukturen beginnt eine neue Ära der molekularen Wasserforschung. Großgeräte wie der hochleistungsfähige Röntgenlaser European XFEL, die brillante Röntgenlichtquelle PETRA III oder das zukünftige 3D-Röntgenmikroskop der Superlative PETRA IV eröffnen unvergleichliche Einblicke in die Struktur und Dynamik von Wasser: Sie machen sichtbar und nachvollziehbar, wie sich die komplexen Netzwerke der Wassermoleküle entwickeln, die das Verhalten von Wasser letztlich bestimmen und ihm seine besondere Funktion verleihen.

Das neue „Centre for Molecular Water Science“ (CMWS) schafft eine weltweit einzigartige internationale Plattform für die molekulare Wasserforschung der Zukunft. Das CMWS-Netzwerk bringt führende Akteure fachbereichs-

übergreifend zusammen und vereint komplementäre Kompetenzen und Strukturen aus dem experimentellen und theoretischen Umfeld: für exzellente Grundlagenforschung, aus der Innovationen für unsere Zukunft entstehen.

Die Idee zur Gründung des CMWS wurde 2018 während eines internationalen Workshops zur Wasserforschung in Hamburg entwickelt und hat seitdem überwältigenden Zuspruch erfahren. Mehr als 60 Forschungseinrichtungen und Universitäten in Deutschland, Europa und weltweit unterstützen das CMWS bereits aktiv. Dies reflektiert das herausragende Potenzial dieser hoch interdisziplinären Forschung in einem internationalen Umfeld und bekräftigt den Bedarf und großen Mehrwert einer abgestimmten Zusammenarbeit auf nationaler und europäischer Ebene. Seit 2019 werden von CMWS-Partnern gemeinsame Pilotprojekte im „Early Science Programme“ auf den Weg gebracht. Als Meilenstein für ein koordiniertes wissenschaftliches Programm wurde im Mai 2021 das White Paper des Konsortiums veröffentlicht. Es identifiziert fünf Bereiche, die das strategische Fundament der CMWS-Forschung bilden.

Die molekulare Wasserforschung stützt sich auf ein breites analytisches Methodenspektrum. Als gesamteuropäische Initiative sorgt das CMWS für einen koordinierten Zugang zu relevanten Forschungsinfrastrukturen und deren Weiterentwicklung. Der zukünftige Ausbau des Zentrums bei DESY in Hamburg, eng verzahnt mit überregional entstehenden CMWS-Hubs bei Partnereinrichtungen, wird das CMWS langfristig als internationalen Leuchtturm der molekularen Wasserforschung etablieren.

Wasser: Grundlage für Leben und Technik

Wasser ist für das Leben auf unserer Erde unverzichtbar. Es beeinflusst Klima, Umwelt, Energie und Gesundheit. Es ist essenziell für technologische Anwendungen und zukünftige Entwicklungen – vorausgesetzt, wir verstehen und nutzen seine speziellen molekularen Eigenschaften.

Der Klimawandel, der wachsende Energieverbrauch durch digitale Technologien, neue Krankheiten oder der weltweit steigende Trinkwasserbedarf: Entscheidende gesellschaftliche Herausforderungen erfordern ein besseres Verständnis des molekularen Geschehens in Wasser.

Wasser ist Energielieferant und die Grundlage für Leben. Maßgebliche biologische und technische Prozesse finden in wässriger Umgebung statt. Jede naturwissenschaftliche Disziplin benötigt Modelle, die Wasser einbeziehen.

Neue Erkenntnisse können wasserbezogene Technologien nachhaltig verbessern und einen Beitrag zu Umwelt-, Energie-, Gesundheits- und Klimaschutzziele leisten. So gehört sauberes Trinkwasser zu den priorisierten UN-Nachhaltigkeitszielen. Grüner Wasserstoff ist eine Schlüsseltechnologie für das Erreichen der

Klimaziele und Kern der Nationalen Wasserstoffstrategie. Wasser und Aerosole in der Atmosphäre sind wichtig für das Klimageschehen der Erde. Die Corona-Pandemie verdeutlicht die Bedeutung von Wasser für die Infektionsforschung – als Teil von Medikamenten, Zellen oder Aerosolen.

Zahlreiche Disziplinen, neue Technologien, Materialien und Wirkstoffe profitieren von der Grundlagenforschung zu Wasser. Erkenntnisse der molekularen Wasserforschung stoßen Innovationen an und unterstützen die erfolgreiche Umsetzung der Hightech-Strategie der Bundesregierung.

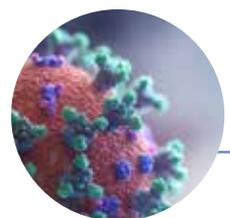
Klima



Verbesserte Klimamodelle

Aerosolpartikel, kleinste Schwebeteilchen in der Atmosphäre, beeinflussen unser tägliches Wettergeschehen ebenso wie die langfristige Klimaentwicklung. Als Kondensationskeime setzen sie Wolken- und Niederschlagsbildung in Gang. Gleichzeitig schirmen Aerosole Strahlung in der Atmosphäre ab und wirken dabei als Gegenspieler zum Treibhauseffekt. Für die Klimaforschung ist es wichtig, diesen „Aerosoleffekt“ auf das Klimageschehen genauer zu quantifizieren. Die molekulare Wasserforschung kann durch Experimente und Simulationen dazu beitragen, Aerosole und ihre Entstehung grundlegend besser zu verstehen und so auch die Vorhersagen von Klimamodellen verbessern.

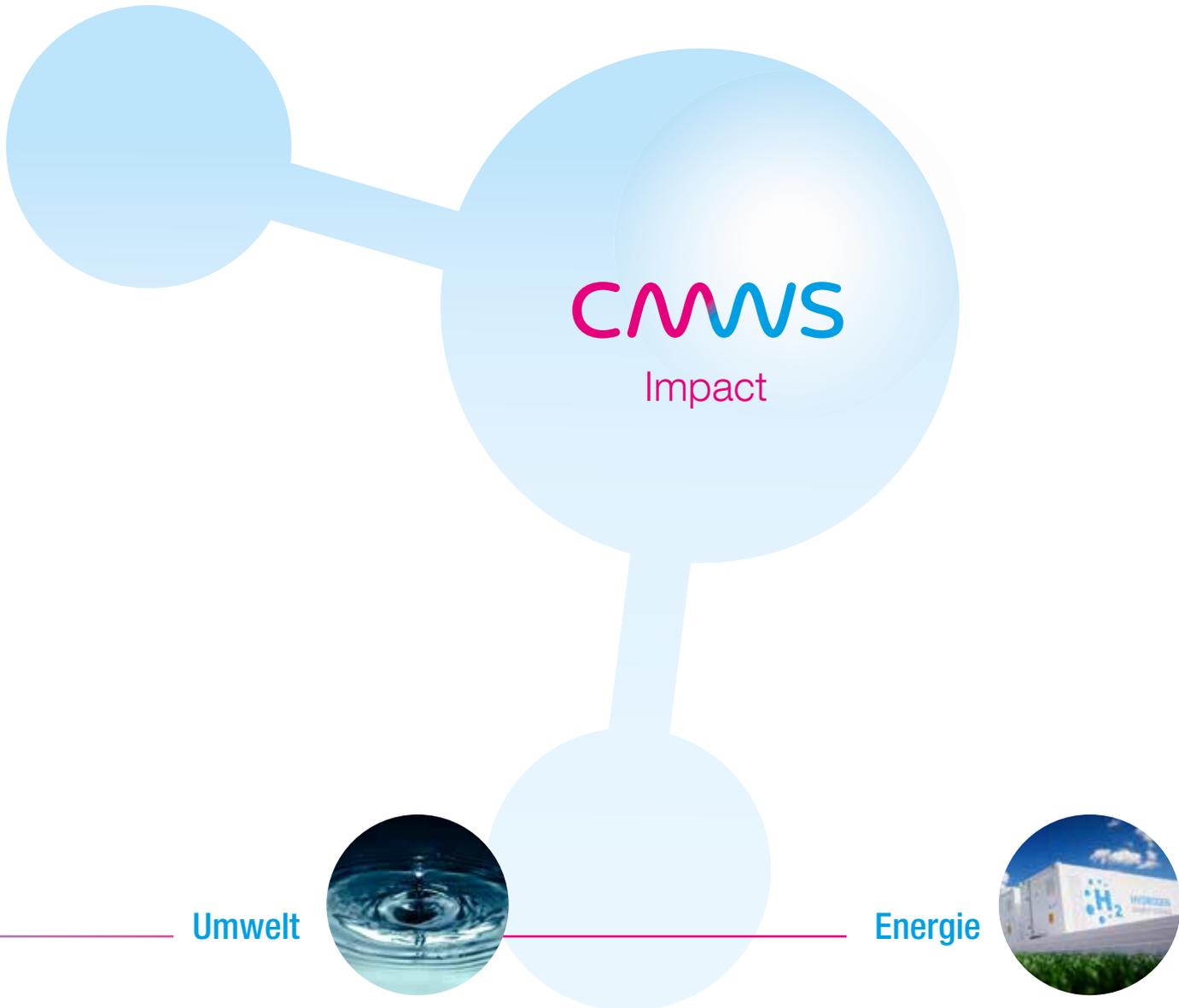
Gesundheit



Wissen und Wirkstoffe gegen Virusinfektionen

Viren wie das Coronavirus können nur mit Wasser überleben. Doch wie genau interagieren die Wassermoleküle mit der Virushülle oder spezifischen Eiweißstrukturen während des Infektionsprozesses? Sind diese Mechanismen und Strukturen besser verstanden, kann eine zielgenaue Wirkstoffentwicklung erfolgen. Auch in Medikamenten hat Wasser eine wichtige Funktion, etwa als Lösungsmittel für neue medizinische Wirkstoffe auf der Basis von Proteinen oder Peptiden. Diese Biomoleküle sind nicht sehr stabil und werden unwirksam, wenn sie nicht richtig aufbewahrt werden. Geringe Zusätze an Salzen könnten das verhindern. Die molekulare Wasserforschung liefert hier wichtiges Basiswissen.

Wasser ist der Schlüssel zu nachhaltigen Lösungen.
Die Grundlagenforschung am CMWS schafft die entscheidende Wissensbasis.



Umwelt

Sauberes Trinkwasser

Die weltweite nachhaltige Versorgung mit Trink- und Brauchwasser ist eine der großen Herausforderungen der nächsten Jahrzehnte. Bei der Trinkwasseraufbereitung müssen beispielsweise Rückstände von Hormonen und Medikamenten aus dem Wasser entfernt werden. Spezielle molekulare Membrane können diese Problemstoffe wirkungsvoll herausfiltern. Die molekulare Wasserforschung hat bereits erste Konzepte für solch neuartige Filtermembranen hervorgebracht, die sich die Besonderheiten von Wasser auf der Nanoskala zunutze machen und die Wasseraufbereitung zukünftig revolutionieren können.

Energie

Grüner Wasserstoff

Für die Produktion von grünem Wasserstoff wird das Wassermolekül mit Hilfe von regenerativen Energien gespalten. Die fotokatalytische Wasserspaltung, eine lichtbasierte Reaktion, die erst durch einen geeigneten Katalysator möglich wird, könnte heutige Verfahren in Effizienz deutlich überbieten. Um geeignete umweltfreundliche Katalysatoren zu identifizieren, analysiert die molekulare Wasserforschung die Vorgänge bei der Wasserspaltung auf atomarer Skala. Das Ziel ist, die Produktion von grünem Wasserstoff möglichst verlustfrei und nachhaltig zu gestalten – auf dem Weg zu einem klimaneutralen Europa.

Zukunftsfeld molekulare Wasserforschung

Wassermoleküle bilden komplexe Netzwerke und verleihen Wasser somit seine einzigartigen Eigenschaften. Die molekulare Wasserforschung untersucht diese Mechanismen – in reinem Wasser, in wässrigen Lösungen, an Grenzflächen zu Stoffen und Materialien und um Biomoleküle. Ihre Erkenntnisse gehen in zahlreiche wissenschaftliche Disziplinen und wasserbasierte Anwendungen ein.

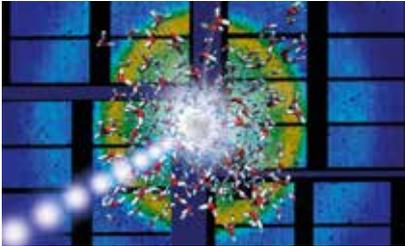
Wasser ist in vielerlei Hinsicht ungewöhnlich. Es dehnt sich aus, wenn man es abkühlt, und unter bestimmten Umständen gefriert es, wenn man es erwärmt. Wichtige Anomalien von Wasser zeigen sich bereits in alltäglichen Beobachtungen. Eis schwimmt etwa nur deswegen auf Wasser, weil seine Dichte im festen Zustand geringer ist als die der Flüssigkeit. Wäre Wasser nicht speziell, würden Seen vom Grund aus zur Oberfläche durchfrieren und böten keinen geschützten Raum für Leben.

Die molekularen Prozesse, die zu den speziellen Eigenschaften von Wasser führen, sind jedoch noch weitgehend unverstanden. Sie erfordern ein detailliertes Verständnis des Verhaltens einzelner Wassermoleküle: ihrer Molekülstruktur, ihrer fundamentalen Eigenschaften und ihrer Wechselwirkung mit chemischen Reaktionspartnern wie anderen Molekülen, Ionen oder Makromolekülen. Diese Fragen untersucht die molekulare Wasserforschung unter verschiedensten Umgebungsbedingungen.

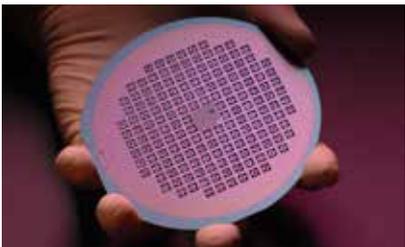
Das Forschungsfeld befindet sich stark im Aufschwung. Mit heutigen ultraschnellen und präzisen Messtechniken und komplexen theoretischen Modellen können Forschende das molekulare Geschehen in und um Wasser erstmals im Detail analysieren und verstehen. Sie untersuchen das Verhalten der Wassermoleküle mit Hilfe von Experimenten an Großgeräten, zukunftsweisenden digitalen Technologien der Datenverarbeitung

und Simulationen. Gleichzeitig machen aktuelle Entwicklungen und zunehmende globale Herausforderungen wie der Klimawandel oder pandemische Krankheiten die Suche nach Antworten auf grundlegende Forschungsfragen drängender.

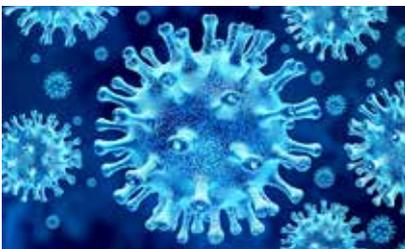
Die molekulare Wasserforschung ist per se interdisziplinär: Ihre Anwendungsgebiete reichen von der Geologie über die Biologie bis zu den Astro- und Klimawissenschaften. Dazu kommen unzählige industrielle Anwendungen und Technologien. Diese setzen Wasser als Stoff, Lösungsmittel oder Medium für Prozesse ein. Die molekularen Eigenschaften von Wasser sind dabei auch wichtig für die Funktion von Materialien, etwa in Nanostrukturen, bei der Katalyse oder bei 3D-Druckverfahren. Sind solche Zusammenhänge besser verstanden, können innovative Technologien entstehen, die effizienter und nachhaltiger sind als heutige.



Die Röntgenblitze des European XFEL zeigen mikrosekundenschnelle Veränderungen einer Probe. Sie erhitzen das Wasser und erzeugen gleichzeitig ein Streubild, aus dem sich der Zustand der Probe ablesen lässt (Visualisierung).



Neuartige molekulare Filter nutzen die „Nanofluidität“ von Wasser und revolutionieren Bereiche von der Wasseraufbereitung bis zur Energiegewinnung.



Hydrogele können dabei helfen, Behandlungsstrategien gegen das Coronavirus SARS-CoV-2 zu entwickeln. Bild: Visualisierung eines Coronavirus.

Flüssiges Wasser bei 170 Grad Celsius

Brillante Röntgenlichtquellen erlauben einzigartige Einblicke in das molekulare Verhalten von Wasser. Mit dem europäischen Röntgenlaser European XFEL hat ein Forschungsteam unter Leitung von DESY-Wissenschaftlerinnen und -Wissenschaftlern kürzlich untersucht, wie sich Wasser unter Extrembedingungen aufheizt. Dabei konnte das Team Wasser beobachten, das selbst bei mehr als 170 Grad Celsius noch flüssig blieb – ein anomales dynamisches Verhalten von Wasser unter diesen Bedingungen. Die Ergebnisse haben grundlegende Bedeutung für die Planung und Auswertung von Untersuchungen hitzeempfindlicher Proben per Röntgenlicht. Für die CMWS-Forschung ist dies gerade im Kontext von biologischen Substanzen wichtig.

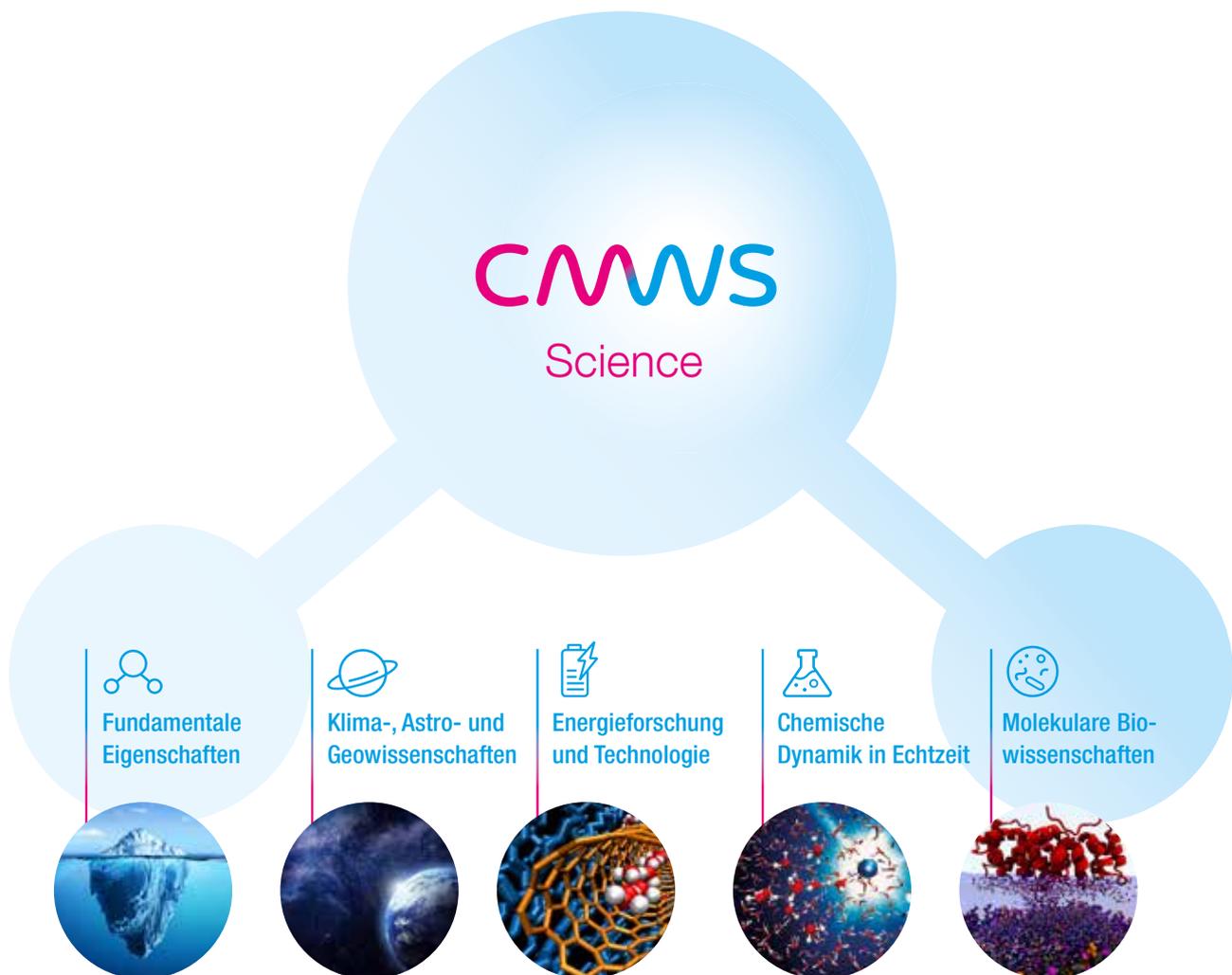
Neue Nano-Wassertechnologien

Schränkt man Wassermoleküle sehr stark in ihrer Bewegungsfreiheit ein, zeigen sie verblüffende Eigenschaften. Fließt Wasser zum Beispiel durch eine feinporige Membran, so können die Wassermoleküle Nanoporen, die nur wenig größer sind als die Moleküle selbst, schneller passieren als größere Poren. Neuartige Filterkonzepte nutzen dieses Phänomen und revolutionieren derzeit Bereiche von der Blutreinigung und Trinkwassergewinnung aus Meerwasser über die Energiespeicherung und Energiegewinnung bis hin zur Aufbereitung von Abwässern des Bergbaus. Der „nanofluid“ Effekt hängt mit den besonderen Eigenschaften des Wassernetzwerks zusammen. Weltweit gibt es große Bestrebungen, Nanofluidität zu erforschen und vorhersagbar zu machen. Das CMWS bringt führende Expertinnen und Experten in diesem Bereich zusammen.

Innovative Biomaterialien für Medikamente

Wie Wasser biologische Funktion und Ordnung beeinflusst, kann nicht nur Aufklärung zum Infektionsgeschehen in Zellen bieten, sondern auch bei komplexer Medikamentengabe unterstützen. In der Zelle bewirkt der hohe Wassergehalt eine „geordnete Unordnung“: Eiweißmoleküle liegen nicht nur in fest geordneter 3D-Struktur einzeln vor, sondern bilden spaghettiartige Verbände. Ihre Mischung mit den Wassermolekülen verhält sich dadurch völlig anders als eine normale Lösung, eher zäh wie Zahnpasta. Bildet man diese Strukturen künstlich nach, entstehen Hydrogele. Diese Gemische können bei der Wirkstoffabgabe empfindlicher Arzneimittel gegen multiresistente Erreger und gegen Viren wie das Coronavirus eingesetzt werden. Die Funktion von Hydrogelen detailliert zu verstehen, gehört zu den wichtigen Forschungszielen des CMWS.

Strategische Forschungsbereiche im CMWS



Mit dem CMWS entsteht ein gesamt-europäisches Forschungsnetzwerk in der molekularen Wasserforschung – über Fächer, Disziplinen und Methoden hinweg.

Die Initiative benennt fünf strategische Forschungsbereiche. Diese setzen Schwerpunkte und bündeln Kompetenzen. Die fünf Bereiche bilden gleichzeitig das Fundament für bereichsübergreifende CMWS-Forschung.

Das CMWS-Forschungsprogramm verzahnt Grundlagenforschung mit den Anwendungsbereichen und verbindet experimentelle Kompetenzen mit Expertise in theoretischen Modellen und Simulationen.

Wie lassen sich die zahlreichen Anomalien von Wasser durch das komplexe Wechselspiel der Wassermoleküle erklären?



CMWS-Bereich I: Fundamentale Eigenschaften des Wassers



Eis schwimmt, weil es eine geringere Dichte hat als flüssiges Wasser. Diese Dichteanomalie ist nur eine von vielen Besonderheiten von Wasser.

Wäre Wasser eine normale Flüssigkeit, so würden Eisberge nicht schwimmen, Wasserläufer ertrinken und viele Tiere und Pflanzen im Winter erfrieren. Die Besonderheiten von Wasser prägen unser Leben und unsere Umwelt. Neben einer hohen Oberflächenspannung und diversen Dichteanomalien besitzt Wasser unter anderem eine hohe Wärmekapazität, wodurch Meere und Seen unser Klima stark beeinflussen und Wasser ein hervorragendes und günstiges Kühlmittel für verschiedene Anwendungen ist. Warum ausgerechnet Wasser all diese Anomalien zeigt, wird noch immer intensiv erforscht.

Aufschluss kann das Wechselspiel der Wassermoleküle geben. Die vergleichsweise simpel aufgebauten Moleküle haben eine chemische Besonderheit: Sie sind außergewöhnlich bindungsfähig. Während Moleküle in vielen Flüssigkeiten meist unabhängig von der Richtung miteinander interagieren, können Wassermoleküle über Wasserstoffbrücken bis zu vier gerichtete Bindungen aufbauen. Auf diese Weise können sie komplexe und dynamisch veränderliche Netzwerke formen.

Dadurch zeigt Wasser auch einen außergewöhnlichen Formenreichtum. Als Festkörper tritt es in mindestens zwanzig Formen in Erscheinung: in achtzehn Kristallarten und in zwei eher glasartigen Formen von Eis mit hoher und niedriger Dichte. Eine aktuelle Forschungsfrage ist, ob bei sehr niedrigen Temperaturen unter hohem Druck auch zwei unterschiedliche Flüssigkeitsformen existieren. Denn die Mischung aus zwei Flüssigkeiten statt einer könnte der Grund für das anomale Verhalten von flüssigem Wasser sein. Dieser Temperatur- und Druckbereich ist allerdings noch „Terra incognita“. Ihn zu ergründen ist eines der zentralen Ziele dieses CMWS-Bereichs.

Welche Rolle spielt Wasser für die Entwicklung von Erde, Umwelt und Atmosphäre? Was verrät seine Chemie über das Leben im Universum und über ferne Planeten?



CMWS-Bereich II: Wasser in den Klima-, Astro- und Geowissenschaften



Wasser ist im Universum allgegenwärtig: auf der Erde, in Planeten und Atmosphären, im warmen Gas von Sternentstehungsregionen bis hin zu Eiskörnchen in diffusen interstellaren Wolken.

Eine Vielzahl planetarer und kosmischer Prozesse sind von Wasser in seinen unterschiedlichen Facetten geprägt. Wasser steuert Naturphänomene und hat die Entwicklung der Chemie des Lebens auf der Erde erst möglich gemacht. Auch die zukünftige Entwicklung von Leben, Erde und Umwelt und unserem Universum hängt signifikant von Wasser ab.

Dieser CMWS-Bereich nimmt geophysikalische, geochemische, klimatische und astrochemische Prozesse in den Fokus. Modelle und Experimente stellen Vorgänge in und auf der Erde, in der Erdatmosphäre, im Inneren anderer Planeten und im Kosmos nach. Dafür ist das

Verhalten von molekularem Wasser unter jeglichen Umgebungsbedingungen wichtig: von sehr hohen bis hin zu extrem niedrigen Temperaturen und Drücken.

Im Inneren von Planeten herrschen extrem hohe Umgebungstemperaturen und -drücke. Beim Austausch von in Mineralien und Gesteinschmelzen gespeichertem Wasser zwischen den verschiedenen Schichten im Erdmantel entsteht eine extreme Dynamik. Diese führt zu Phänomenen wie Plattentektonik, Vulkanismus und Erdbeben.

Der Wasserkreislauf zwischen den Ozeanen und der Erdatmosphäre prägt unser tägliches Wettergeschehen und das Ökosystem Erde. Zudem spielt Wasser in Aerosolen in der Atmosphäre eine wichtige Rolle für die langfristige Klimaentwicklung.

Temperaturen nahe dem absoluten Nullpunkt und starke Strahlung charakterisieren die extremen Bedingungen im Weltall. Dank Wasser konnten sich dennoch komplexe Moleküle und eine reichhaltige Chemie entwickeln. Die verschiedenen Reaktionspartner treffen auf der Oberfläche von Eiskörnchen aufeinander. Geschützt durch einen gefrorenen Wassermantel profitieren sie vom Wasser als Katalysator.

Wie lassen sich Technologien nachhaltiger gestalten? Welche Mechanismen und Materialien bringen grüne Wasserstofftechnologien voran?

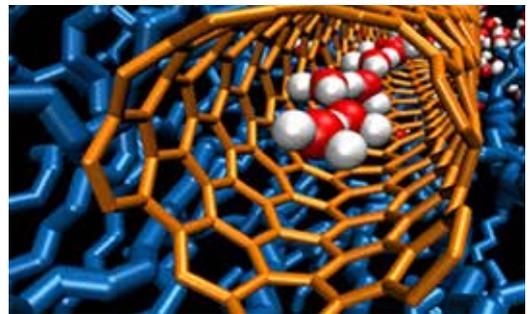


CMWS-Bereich III: Wasser in Energieforschung und Technologie

Wasser ist essenziell für die Energieforschung und für den nachhaltigen Umgang mit Ressourcen, Klima und Umwelt. Grüne Wasserstofftechnologien sind ein aktuelles Beispiel. Ihre molekularen Grundlagen zu erforschen, ist eines der Kernziele dieses CMWS-Bereichs.

Auch indirekt prägt Wasser unterschiedlichste Technologien und Anwendungsbereiche. Es setzt etwa bestimmte chemische Reaktionen in Gang oder beschleunigt diese, wie im Fall der Katalyse. Was für die Katalyse ein gewünschter Effekt ist, schadet umgekehrt bei Korrosionsprozessen. Hier setzt eintretende Feuchtigkeit Rostvorgänge in Maschinen, Gebäuden und Hightech-Materialien in Gang. Die Korrosion führt zu Verschleiß und Funktionsverlust und erzeugt enorme wirtschaftliche Verluste.

Die besonderen Eigenschaften der Wassermoleküle ermöglichen Innovationen in der Nanotechnologie. CMWS-Forschende untersuchen zum Beispiel, wie gut Wassermoleküle chemische Bindungen zu verschiedenen Oberflächenstrukturen eingehen können. Mit diesem Wissen wollen sie Nanomaterialien entwickeln, die weniger korrosionsanfällig sind. Auch neuartige Membrantechnologien entstehen durch intelligente Nanostrukturierung von Materialien.



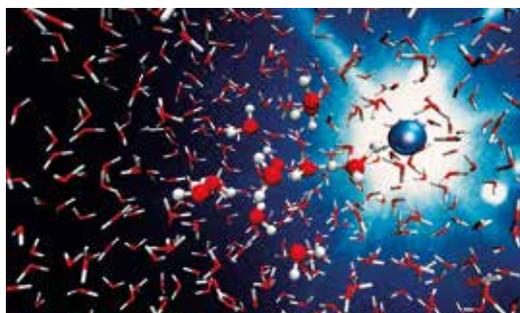
Messungen an der Röntgenlichtquelle PETRA III (Bild oben) und zukünftig PETRA IV erlauben Einblicke auf molekularer Skala, um etwa neue Nanotechnologien weiterzuentwickeln und auf das Verhalten von Wasser zu optimieren (Bild unten: Visualisierung Nanoröhre).

Molekulare Filter nutzen aus, dass Wasser, auf kleinstem Raum eingeschlossen, seine physikalischen Eigenschaften wie die Fließgeschwindigkeit und auch seine chemische Reaktionsfähigkeit verändern kann.

Was genau passiert, wenn Stoffe in Wasser gelöst werden oder ionisierende Strahlung einwirkt? Wie lassen sich chemische Reaktionen im Detail nachvollziehen?



CMWS-Bereich IV: Chemische Dynamik in Echtzeit



Simulationen und ultraschnelle Messtechniken an Freielektronen-Lasern entschlüsseln chemische Reaktionen in Echtzeit. Bild oben: Visualisierung der Entstehung eines Hydroxyl-Radikals; Bild unten: European XFEL.

Viele, wenn nicht die meisten, wichtigen chemischen Reaktionen finden im Medium Wasser statt. Bringt man einen Fremdkörper in Wasser ein, setzt dies unmittelbar auch einen Umordnungsprozess auf molekularer Ebene in Gang.

Die Wassermoleküle lagern sich um den Fremdkörper herum, richten sich neu aus und passen sich energetisch optimal an. Diese dynamischen Vorgänge sind ultraschnell. Sie finden auf Zeitskalen von Millionstel eines Milliardstels einer Sekunde statt. Will man sie Schritt für Schritt nachvollziehen, müssen Messungen in kürzester Zeit erfolgen und dabei eine atomare Ortsauflösung bieten. Solche „Echtzeit-Einblicke“ in die chemischen Abläufe, kombiniert mit komplexen theoretischen Simulationen, sind Gegenstand dieses CMWS-Bereichs. Sie helfen, Reaktionspfade zu verstehen und möglicherweise sogar zu beeinflussen.

Ein wichtiges Beispiel sind Strahlungsschäden durch ionisierende Strahlung wie Röntgenstrahlung. Die sehr energiereiche Strahlung führt dazu, dass sich Wassermoleküle (H_2O) in biologischen Zellen in freie Radikale (OH) aufspalten können. Diese Hydroxyl-Radikale sind Hauptverursacher von Gewebeschäden. Je genauer ihr Entstehungsprozess verstanden ist, desto besser können Strategien entwickelt werden, auf den Prozess einzuwirken und eventuell sogar eine schädliche Wirkung der Strahlung zu verhindern – zum Beispiel durch Lichtpulse, die Elektronen manipulieren und so kontrolliert Reaktionspfade modifizieren.

Wie beeinflusst Wasser Abläufe in Zellen? Und wie können diese Erkenntnisse bei biomedizinischen Anwendungen und bei der Wirkstoffentwicklung helfen?

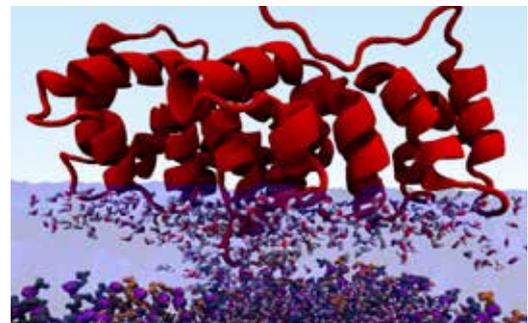


CMWS-Bereich V: Wasser in den molekularen Biowissenschaften

Wasser ist der Stoff des Lebens: Das Wassermolekül ist allgegenwärtig in der Biologie und unentbehrlich für biochemische Reaktionen. Lebende Zellen bestehen zu 60 bis 70 Prozent aus Wasser. Die Evolution hat ausgeklügelte biologische Prozesse in Wasser perfektioniert, die Leben und Überleben erst möglich machen.

Dieser CMWS-Bereich zielt darauf ab, ein fundamentales Verständnis der Rolle von Wasser für die molekularen Prozesse des Lebens zu gewinnen und so die Struktur und Dynamik biologischer Systeme zu verstehen. Fortschritte der Forschung werden Bereiche der Lebenswissenschaften, Biomedizin und Biotechnologie beflügeln und diese dazu befähigen, drängende gesellschaftliche Herausforderungen wie die alternde Gesellschaft, neue Infektionskrankheiten, Nachhaltigkeitsfragen und die Klimakrise zu bewältigen.

Die einzigartigen Eigenschaften von Wasser sind eine wesentliche Basis für alle bekannten biologischen Prozesse. Wassermoleküle beeinflussen das Geschehen in Zellen, steuern Transportprozesse und verändern die Signalgebung. Wassermoleküle winden sich als schützende Wasserhülle um die Doppelhelix



Wassermoleküle vermitteln die Wechselwirkungen zwischen Biomolekülen. Ihr Verständnis kann zur Entwicklung neuer Wirkstoffe beitragen.

der DNS. Mit Proteinen formen sie Hydrogel-Strukturen, die etwa vor Kälte schützen. Wie aber „entscheiden“ die Wassermoleküle, welche Struktur sie jeweils annehmen sollen, damit Leben funktioniert?

Erkenntnisse der molekularen Wasserforschung sind besonders für biomedizinische Anwendungen und die Wirkstoffforschung wichtig. Sie ermöglichen eine strukturbasierte Wirkstoffentwicklung und optimierte Wirkstoffablieferung und helfen, neurodegenerative Krankheiten oder Infektionskrankheiten wie COVID-19 zu bekämpfen.

Pilotprojekte im Early Science Programme

Mit dem von DESY initiierten und geförderten Early Science Programme (ESP) unterstützt das CMWS finanziell und strukturell gemeinsame Forschungsvorhaben mit CMWS-Partnern. Die Forschungsk Kooperationen im ESP legen den Grundstein für zukünftige koordinierte Projekte im Forschungsprogramm des CMWS.

Im Rahmen des ESP wurden 2019 und 2020 insgesamt 19 Projekte aus allen CMWS-Bereichen ausgewählt. Die Projekte sind von einem engen wissenschaftlichen Austausch geprägt. Sie beinhalten Forschungsaufenthalte bei DESY und an den Partnerinstitutionen. Dabei bietet DESY besondere Unterstützung bei der

Vorbereitung und Durchführung von Experimenten an den Großgeräten in Hamburg. Im Fokus der ESP-Förderung stehen junge Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler wie Promovierende, für die gemeinsam finanzierte Projektstellen geschaffen werden.

Spotlight Energie & Technologie

Mit Biomimetik zu grünem Wasserstoff



Die Brennstoffzelle ist ein wesentlicher Baustein der Energiewende: Wasserstoff dient als Zwischenspeicher für Energie und kann vielseitig eingesetzt werden – beispielsweise für die Elektromobilität. Voraussetzung für grünen Wasserstoff ist, dass bereits seine Produktion nachhaltig gestaltet werden kann. In einem ESP-Projekt entwickeln Forschende bei DESY in Hamburg und an der Universität Göttingen innovative Reaktionsbeschleuniger, die zu hundert Prozent auf nachhaltigen Rohstoffen basieren.

Vorbild für die neuen Materialien ist die Natur: Oxide können die Eigenschaften eines Pflanzenblatts nachahmen, wenn es für die Photosynthese Wasser in Wasserstoff und Sauerstoff aufspaltet. Während industrielle Katalysatoren für die Wasserspaltung meist auf Edelmetallen oder giftigen Kobalt oxiden basieren, forscht das Projektteam an Perowskiten, das sind spezielle Mischungen aus natürlichen Mineralien. Ziel ist, ein besonders effizientes

Perowskit mit idealen energetischen Eigenschaften für die Wasserspaltung zu entwickeln. Wofür ein Baum in der Natur eine Millionen Blätter benötigt, könnte ein Quadratmeter Perowskit-Oxid genügen.

Dieses ESP-Projekt führt komplementäre wissenschaftliche Kompetenzen und Infrastrukturen aus der Röntgenanalytik und Kristallzüchtung zusammen. Die Perowskite züchtet das Forscherteam in Speziallaboren in Göttingen und Berlin. Hochpräzise Röntgenlichtquellen und Elektronenmikroskope in Hamburg geben Einblicke in die energetischen Merkmale der Materialien auf atomarer Skala und zeigen deren Effekt auf die Wasserspaltung in Echtzeit. In Göttingen und Berlin wird das Projekt im Rahmen eines DFG-geförderten Sonderforschungsbereichs sowie EU-geförderten ERC Starting Grants realisiert.



Stockholms universitet (Schweden)	Fragile to strong transitions in supercooled aqueous salt solutions
Stockholms universitet (Schweden), European XFEL	Turning water into a glass: Ultrafast X-ray pulses to probe the structure of water during glass and ice formation
Università di Padova (Italien)	Interplay of slow dynamics and X-ray induced dynamics in amorphous ices: an X-ray photon correlation spectroscopy study
Universität Hamburg	Water in confined spaces – biomimetic artificial water channels
Westfälische Wilhelms-Universität Münster, Universität Potsdam	Unraveling the formation of economic Cu, Mo and W deposits in the Earth's crust by hydrothermal supercritical hydrous fluids using in-situ X-ray Absorption and Fluorescence spectroscopy



Helmholtz-Zentrum Potsdam – Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ	Experimental investigation of the stability of Dense Hydrous Magnesium Silicate phases and the study of their physical properties across dehydration processes in the Earth mantle
Universität Innsbruck (Österreich)	The role of ice in making new molecules
University of Oulu (Finnland)	Size-dependence of water-amphiphile interactions and their climate relevance
Universität Rostock	Computation of water properties at high pressure and high temperature
Westfälische Wilhelms-Universität Münster	Experimental studies of H ₂ O-CH ₄ ices in mini-Neptune exoplanets at European XFEL
Yonsei University (Korea), Università degli Studi di Milano (Italien)	Behavior of hydrous minerals in the subduction oceanic sediment and crust and its influence on the water cycle of the Earth's interior, using powder and single crystal diffraction and a heated DAC



Christian-Albrechts-Universität zu Kiel	Fast and ultrafast dynamics of capillary waves at water Interfaces
Georg-August-Universität Göttingen	Spotlight Energie & Technologie: X-ray based studies of perovskite active states during (photo-)electrochemical water splitting
KU Leuven (Belgien)	In situ multidagnostic characterisation of nano-confined water using NMR/DRS and X-ray/DRS methods

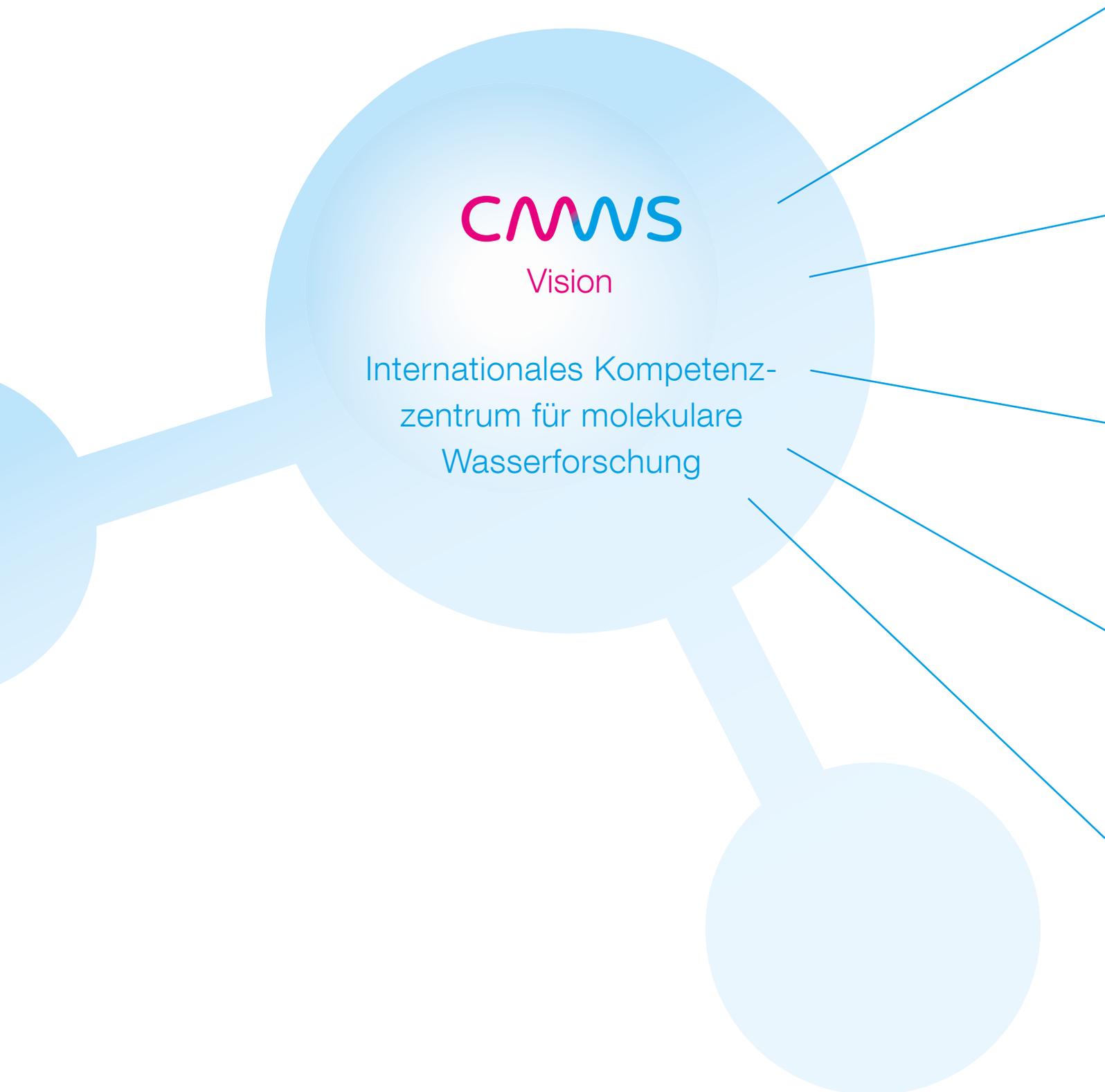


Eidgenössische Technische Hochschule ETH, Zürich (Schweiz)	Time-resolved attosecond spectroscopy of electron dynamics in water clusters
Fritz-Haber-Institut der Max-Planck- Gesellschaft FHI Berlin, Universität Hamburg	Unraveling the first 50 fs of water radiolysis in real-time: From ionization to charge-hole separation
Universität Hamburg	X-ray absorption of small, mass-selected water cluster cations



Université de Caen Normandie (Frankreich)	Influence of nanohydration on the radiation induced fragmentation and denaturation of proteins and DNA strands
Universität Potsdam	The role of water in different types of hydrogels: how is water determining functionality?

Strategischer Aufbau und Weiterentwicklung des CMWS



Das CMWS befördert exzellente Wissenschaft über Disziplinen hinweg. Es schlägt Brücken zwischen Grundlagenforschung und Anwendungsfeldern und setzt einen europaweiten Wissenstransfer in Gang.

Interdisziplinäres Forschungsprogramm

Aufbauend auf dem Early Science Programme (ESP) und einem White Paper entsteht am CMWS ein langfristig angelegtes Wissenschaftsprogramm. Führende Expertinnen und Experten aus Bereichen wie der Chemie, Physik, Biologie, Medizin oder den Materialwissenschaften werden Herausforderungen der molekularen Wasserforschung koordiniert angehen und dadurch Grundlagen für wissenschaftliche Fortschritte in allen Fachbereichen schaffen.

Netzwerk für Kompetenz & Kooperation

Die CMWS-Initiative wird abgestimmte, gesamteuropäische Strategien in der molekularen Wasserforschung ermöglichen. Um die gesetzten Ziele mit gebündelten Kräften anzugehen, identifizieren die CMWS-Partner Synergien sowie gemeinsame Bedarfe, schließen komplementäre Ressourcen zusammen und setzen Prioritäten für den Ausbau notwendiger Strukturen, Mittel und Fähigkeiten.

Analytische Forschungsinfrastrukturen

Das CMWS wird den Zugang zu zentralen Großgeräten und Forschungslaboren vereinfachen. Dafür wurde mit dem Aufbau von Kompetenz- und Infrastruktur-Hubs innerhalb des Netzwerks begonnen. Die Hubs werden auch Akteure aus Theorie und Großgeräteforschung enger vernetzen. So werden vorhandene Infrastrukturen optimal genutzt und Bedarfe aus der Forschung gehen rechtzeitig in die Weiterentwicklung der Infrastrukturen ein.

Methodenkompetenz

Ein zentrales Ziel der CMWS-Initiative ist, dass ein möglichst großer Nutzerkreis von der vereinten Methodenkompetenz und der komplementären Expertise der Partnereinrichtungen profitiert. Dafür werden im CMWS gemeinsame Forschungsprojekte angestoßen und der bilaterale Austausch sowie die Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses gestärkt – etwa durch Workshops, Fortbildungen, Lehrveranstaltungen und internationale Konferenzen.

Schnittstelle zu Anwendungsfeldern

Das CMWS baut Brücken zwischen Grundlagenforschung und Anwendungsfeldern. So können neue Erkenntnisse der Wissenschaft unmittelbar für Zukunftstechnologien verwertet werden. Umgekehrt geben Herausforderungen der Anwendungsbereiche Impulse für die Grundlagenforschung. Der weitere Ausbau strategischer Partnerschaften im Netzwerk und die Verortung des Zentrums bei DESY in Hamburg werden diese Transferprozesse befördern.

Gebündelte Kompetenz im Netzwerk

Das CMWS baut Kooperationen führender Akteure und Infrastrukturen im Bereich der molekularen Wasserforschung zu einem exzellenten und agilen europäischen Netzwerk aus. Es verbindet Schlüsselkompetenzen und bringt die unterschiedlichen Disziplinen der Grundlagenforschung mit den vielfältigen Herausforderungen der Anwendungsfelder zusammen. Seine von Austausch geprägte Struktur befördert neue Erkenntnisse und Innovationen.

Aktuell sind mehr als 60 Forschungseinrichtungen und Universitäten am CMWS beteiligt, davon über 55 aus Europa. Ihre Forschenden stammen aus Bereichen der Physik, Chemie, Biologie, Medizin, Nanotechnologie oder den Ingenieurwissenschaften. Sie bringen eigene Forschungsschwerpunkte und Expertise in alle fünf strategischen CMWS-Forschungsbereiche ein und sind vielfach bereits über Projekte im Early Science Programme vernetzt.

Weitere Einrichtungen haben ihr starkes Interesse bekundet, als Partner aktiv zu den Zielen des CMWS beizutragen. Neben der direkten Kooperation in Forschungsvorhaben werden auch strategische Partnerschaften beispielsweise als Impulsgeber für Innovationen, wirtschaftliche und gesellschaftliche Bedarfe oder für fachliche Beratung im Rahmen des CMWS angestrebt.

Einen regionalen Schwerpunkt der CMWS-Beteiligten bilden Universitäten, Forschungseinrichtungen und Forschungspartner aus dem

Hamburger und norddeutschen Raum. Zum bundesweiten und internationalen Umfeld der Partner und Unterstützer gehören Akteure aus der Grundlagenforschung ebenso wie Forschungszentren an der Schnittstelle zu Anwendungen in den Bereichen Klima, Umwelt, Energie und Gesundheit. Das interdisziplinäre Netzwerk zieht die besten Köpfe an und bietet ein inspirierendes Umfeld für den wissenschaftlichen Nachwuchs.

Ein wichtiges Merkmal des CMWS ist sein enormes Potenzial, wissensbasiert technologische Fortschritte zu initiieren. CMWS-Projekte in Partnerschaft mit technischen Universitäten knüpfen eng an Anwendungsfelder und industrielle Entwicklung an und schaffen ein produktives Innovationsumfeld. Unternehmen der Wirtschaft mit Interesse an Kooperation und Verwertung werden Forschungs- und Entwicklungspartner.

Das CMWS in Zahlen

mehr als

55

beitragende Forschungsinstitute
und Universitäten in Europa

über

300

Forschende

5

Forschungsbereiche mit
dem gemeinsamen Ziel,
Wasser auf molekularer
Ebene besser zu verstehen

18

beteiligte Länder
im Partnernetzwerk

seit

2019

werden Forschungsprojekte
im Early Science Programme
des CMWS gefördert

Eingereichte Letters of Intent

7 Internationale Labore

2 Industrie

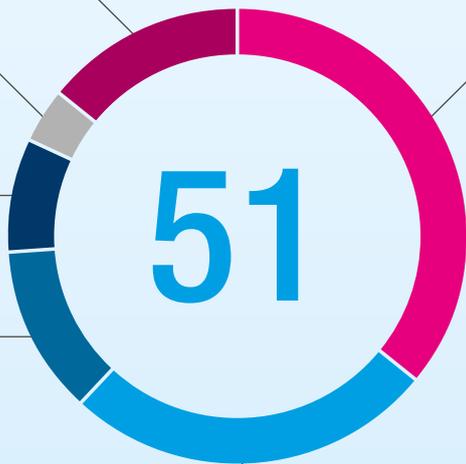
4 Leibniz- und
Max-Planck-Institute

7 Helmholtz-Zentren

18 Universitäten
im Ausland

13 Universitäten
in Deutschland

51



Stand: Juli 2021

Zentrum für molekulare Wasserforschung

Das Zentrum der CMWS-Initiative entsteht bei DESY auf dem Forschungscampus Bahrenfeld in Hamburg. Mit weltweit führenden Großgeräten, interdisziplinären Zentren und spezialisierten Campuspartnern bietet der Standort ein ideales Umfeld, um das CMWS zu einem internationalen Leuchtturm für die molekulare Wasserforschung weiterzuentwickeln.

Centre for Molecular Water Science

Über das vergangene Jahrzehnt hat die molekulare Wasserforschung starke Impulse erfahren, die in der CMWS-Initiative mündeten. Seit 2018 treiben leitende Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler bei DESY und den Partneereinrichtungen die Planungen intensiv voran.

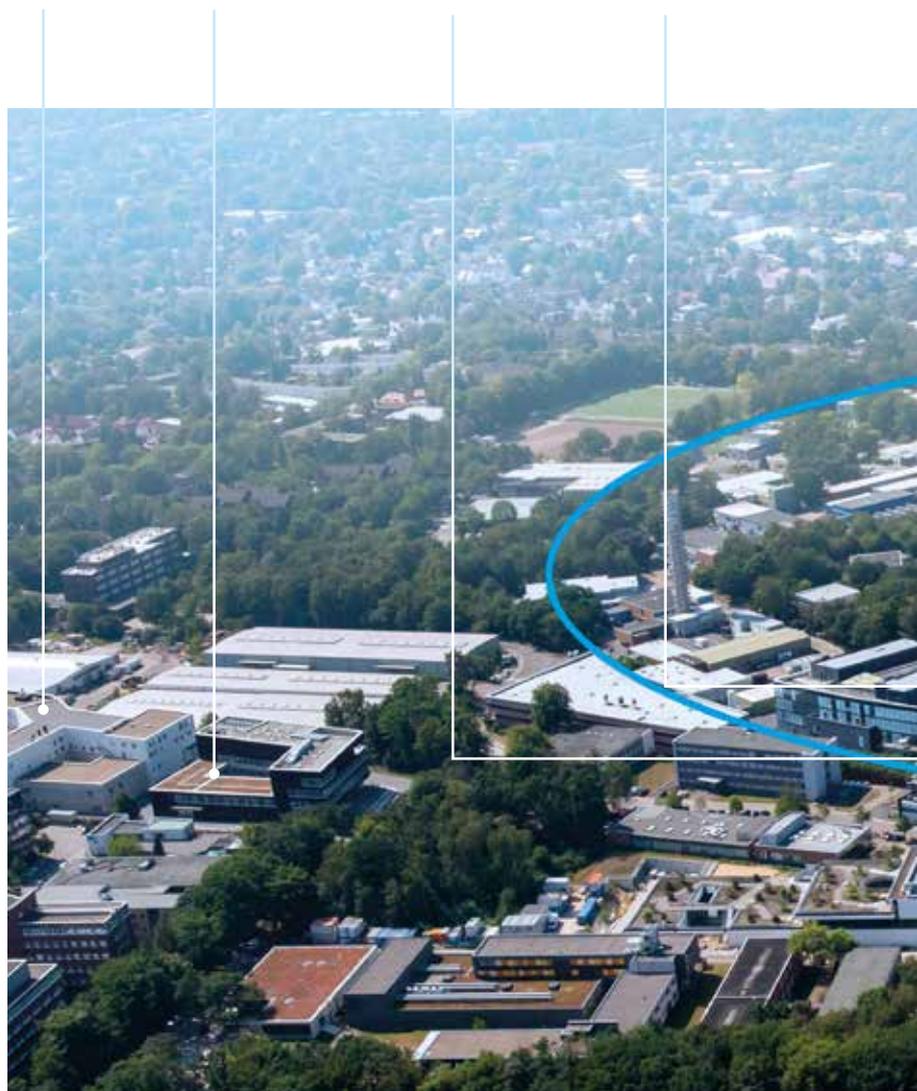
Auf dem Forschungscampus Bahrenfeld sind heute bereits zwölf Forschungsgruppen am CMWS beteiligt, die zu allen fünf Forschungsbereichen beitragen. Anfang 2020 wurden außerdem ein koordinierendes CMWS-Büro und ein Vorbereitungs- und Analyselabor eingerichtet, das allen CMWS-Partnern zur Verfügung steht. Ein Forschungsneubau soll zukünftig CMWS-Forschungsgruppen und europäische Kooperationspartner beherbergen sowie weitere spezifische Laborinfrastruktur bereitstellen.

CHyN
Center for Hybrid Nano-structures

HARBOR
Hamburg Advanced Research Centre for Bioorganic Chemistry

EMBL
European Molecular Biology Laboratory

CSSB
Centre for Structural Systems Biology



Interdisziplinärer Campus

Ein einzigartiges Ökosystem aus internationalen Campuspartnern, interdisziplinären Zentren und mit direkter Anbindung an die Hamburger Universitäten fördert den vitalen wissenschaftlichen Austausch zwischen unterschiedlichen Bereichen und Anwendungsfeldern der molekularen Wasserforschung.

CMWS
Centre for
Molecular
Water Science

MPSD
Max-Planck-
Institut für
Struktur und
Dynamik
der Materie

CFEL
Center for
Free-Electron
Laser Science

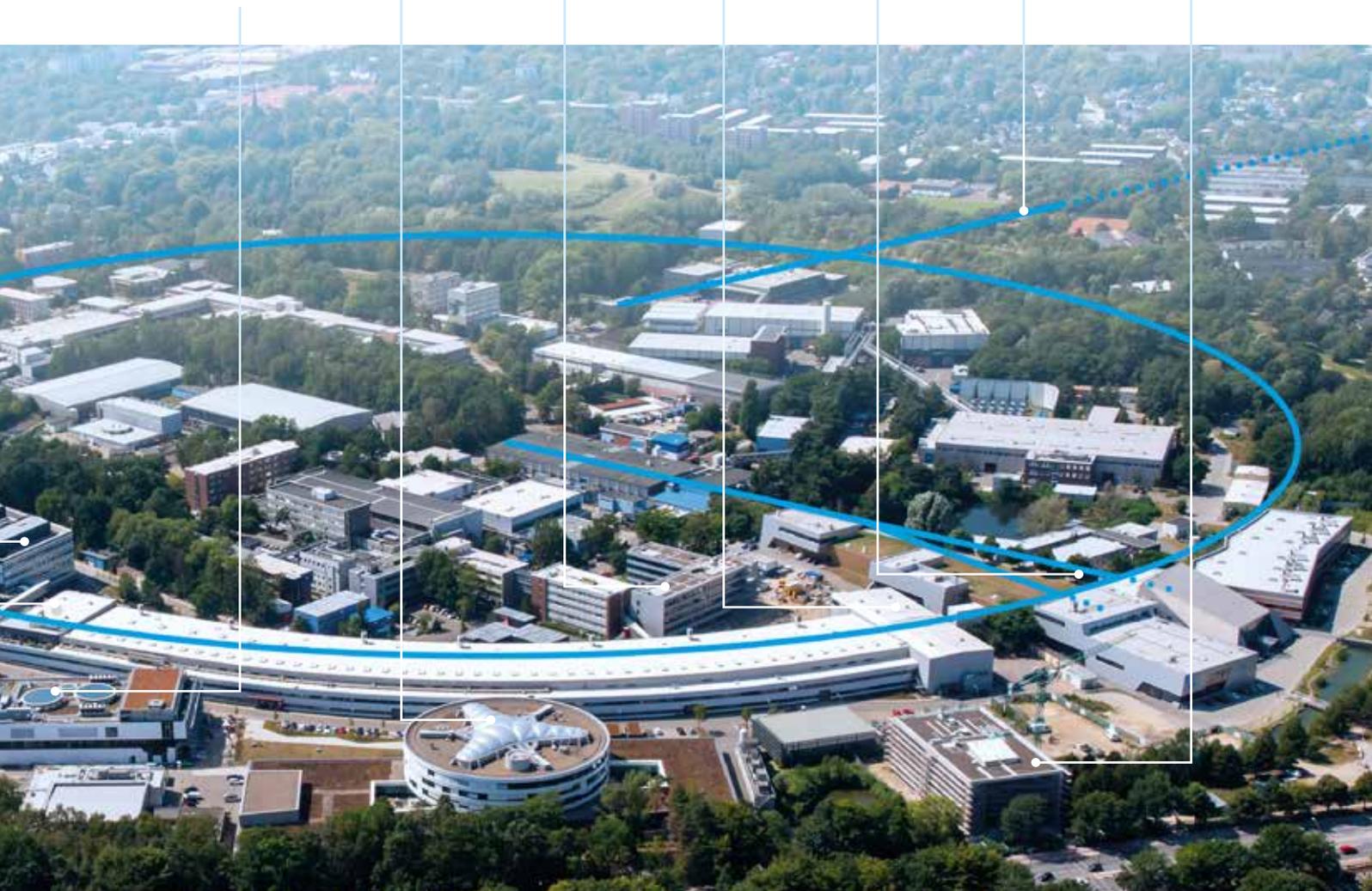
CXNS
Centre for
X-ray and
Nano Science

PETRA III/IV
Positron-Elek-
tron-Tandem-
Ring-Anlage

FLASH
Freie-Elek-
tronen-Laser
in Hamburg

European XFEL
European X-Ray
Free-Electron
Laser

Start-up Labs
Bahrenfeld



Innovation & Transfer

Das Innovationspotenzial der molekularen Wasserforschung ist gigantisch. Auf dem DESY-Campus unterstützen die Start-up Labs und zukünftig die DESY Innovation Factory den Ideen-, Wissens- und Technologietransfer im Herzen der Science City Hamburg Bahrenfeld.

Weltweit führende Röntgenlichtquellen

Ein Merkmal der molekularen Wasserforschung ist ihr sehr vielfältiges Methodenspektrum. Mit den Röntgenlichtquellen PETRA III/IV, European XFEL und FLASH bietet der Standort Hamburg Schlüsseltechnologien für die molekulare Wasserforschung.

Forschungsinfrastrukturen und CMWS-Hubs

Die Infrastruktur des CMWS wird durch dezentrale Hubs innerhalb des CMWS-Netzwerks komplementiert. Mit den Hubs stellen Partneereinrichtungen besondere Expertise bereit, vermitteln Zugang zu Forschungsinfrastrukturen und unterstützen bei Forschungsvorhaben. Auf diese Weise können alle CMWS-Partner das große Methodenspektrum der molekularen Wasserforschung optimal ausschöpfen.

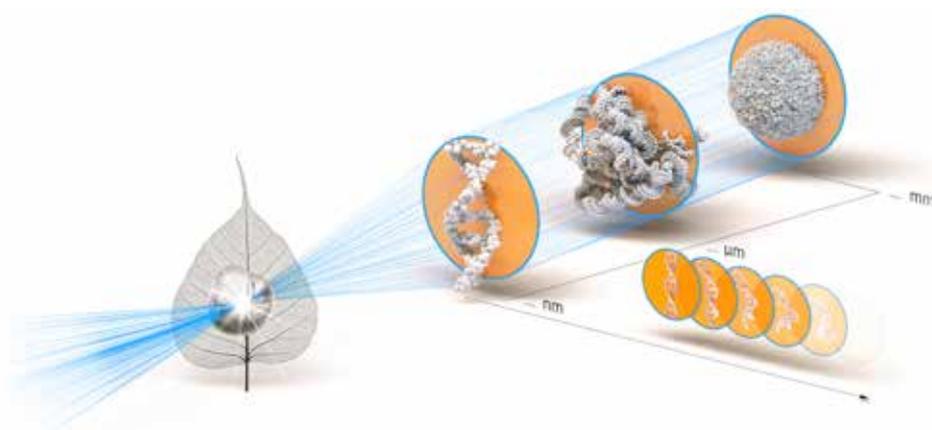
Die molekulare Wasserforschung setzt eine Vielzahl komplementärer Methoden in Experimenten und theoretischen Modellen ein. Jeder dieser Ansätze trägt ein wichtiges Puzzleteil bei. Im Zusammenspiel erschließen sie einen umfassenden Zugang zu den vielfältigen Facetten von Wasser.

Eine Schlüsseltechnologie ist die Röntgenanalytik. Heutige und zukünftige große Röntgenlichtquellen ermöglichen hochpräzise und ultraschnelle Momentaufnahmen der mikroskopischen Strukturen der Wassermoleküle. Sie eröffnen Einblicke in die Molekülnetzwerke, noch während sich diese dynamisch entwickeln.

Zwei weltweit führende Großgeräte der Röntgenanalytik, PETRA III – zukünftig PETRA IV – und European XFEL, befinden sich in direkter Nähe zum CMWS in Hamburg. Sie bilden CMWS-Hubs für die Forschung an Synchrotron-Anlagen und Freie-Elektronen-Lasern (FEL). Ein weiterer Hamburger Hub nimmt die Probencharakterisierung in den Fokus.

Infrastruktur-Hubs bei europäischen Partnern werden ergänzend Technologien der weichen Röntgenstrahlung, der Kernspinresonanzspektroskopie (NMR) und verschiedene Methoden der optischen Spektroskopie abdecken. Neben Großgeräten und Laboren nutzen die CMWS-Partner neue Datentechnologien und entwickeln theoretische Ansätze, Modelle und Simulationen von Wasser. Kompetenz-Hubs sollen auch diese wichtige Expertise zukünftig gezielt bündeln.

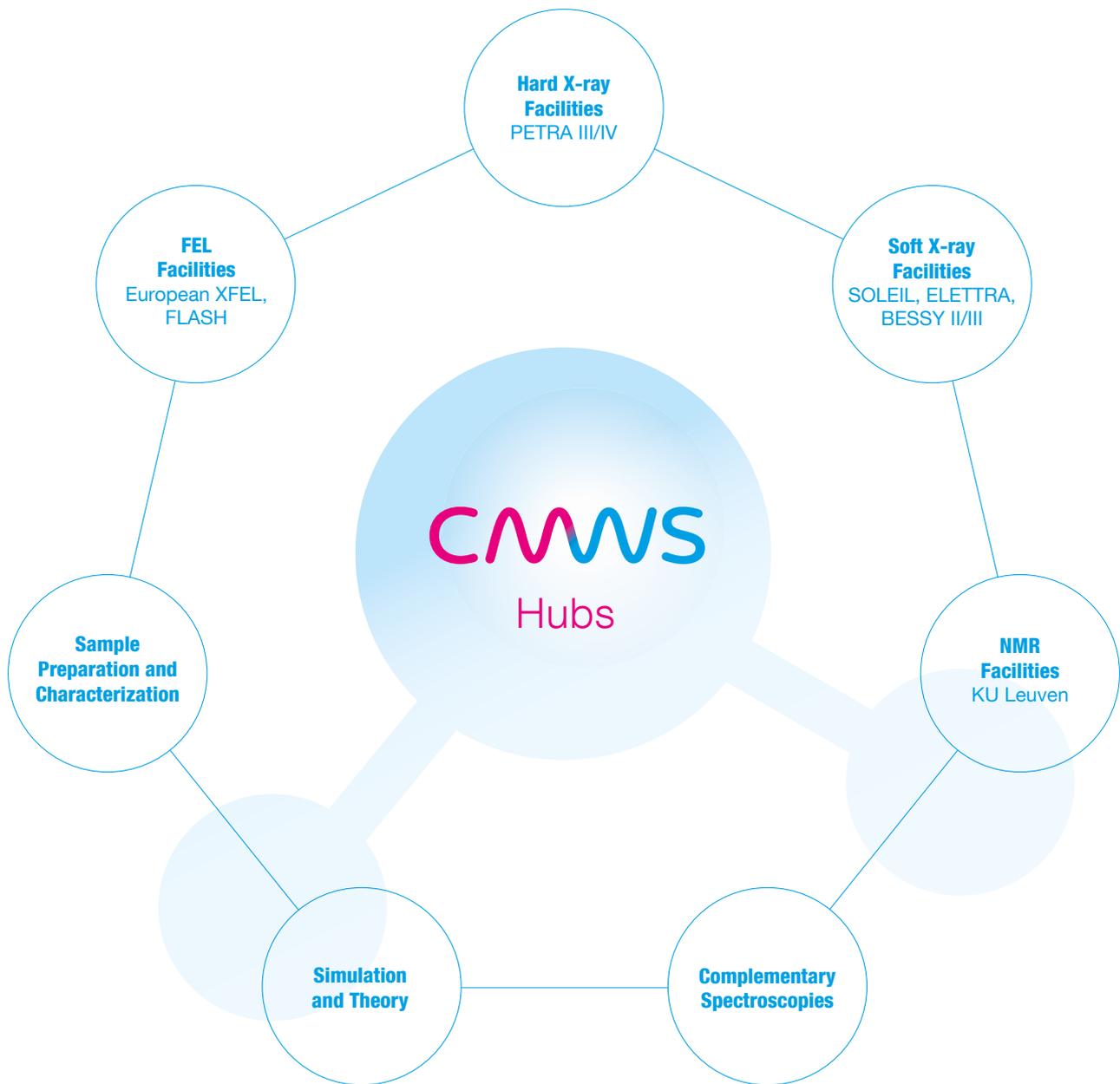
Die CMWS-Hubs entstehen aus dem Netzwerk heraus, bei Partnern in Deutschland und Europa. Sie tragen aktiv zur Weiterentwicklung des CMWS-Netzwerks bei.



„The international CMWS network provides innovative impulses for the development of the European Research Area. High-resolution analytics with state-of-the-art light sources, such as PETRA IV, are crucial for success.“

Dr. Caterina Biscari
Director of the ALBA synchrotron in Barcelona and Chair of the League of European Accelerator-based Photon Sources (LEAPS)

Kompetenz- und Infrastruktur-Hubs bei CMWS-Partnern unterstützen das Netzwerk beim Einsatz eines breiten Methodenspektrums.



„Mit dem European XFEL können wir besonders gut ultraschnelle Messungen durchführen. Damit gelingt es, die Dynamik physikalischer und chemischer Prozesse von Wassermolekülen zu untersuchen und zu verstehen.“

Prof. Robert Feidenhans'l
Vorsitzender der Geschäftsführung
der European XFEL GmbH

„KU Leuven, via its high field nuclear magnetic resonance (NMR) facility, commits to support CMWS activities by offering access to its infrastructure and know-how, making its facility a cornerstone of fundamental water research within CMWS.“

Prof. Reine Meylaerts
Vice rector of research policy KU Leuven

Einbettung in nationale und europäische Programme

Grundlagenforschung ist Zukunftsvorsorge – die Forschung zu Wasser im Besonderen. Sie ist wesentlicher Bestandteil nationaler, europäischer und globaler Strategien. Die Mission des CMWS ist von entscheidender Bedeutung für deren Erfolg. Sie integriert exzellente Grundlagenforschung und Großgeräteforschung und schafft das Fundament für nachhaltige Entwicklungen aus dem europäischen Forschungsraum.

Wasser ist ein Paradebeispiel für die Relevanz ressourcenschonender Technologien. Lebenswichtige Bereiche wie die Energieversorgung, die Nahrungsmittelproduktion und essenzielle wasserbasierte Technologien konkurrieren um die Ressource Wasser. Das globale Bevölkerungswachstum und der Klimawandel werden dieses Spannungsfeld zukünftig noch verschärfen. Neue Erkenntnisse der molekularen Wasserforschung sind die Grundvoraussetzung, innovative und nachhaltige Lösungen aufzuzeigen. In Deutschland geht das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) etwa mit dem FONA-Programm Zukunftstechnologien in den Bereichen Grüner Wasserstoff, Kreislaufwirtschaft, Klimaschutz und Bioökonomie gezielt an.

Zugleich ist Wasser weit mehr als eine Ressource. Erkenntnisse der Wasserforschung sind notwendig, um die Mechanismen des Lebens zu begreifen und zu verstehen, wie unsere Erde und Umwelt sich weiterentwickeln werden. Sie helfen, innovative Materialien und Wirkstoffe zu entwickeln, und bringen technologischen und medizinischen Fortschritt. Grundlagenforschung zu molekularem Wasser an weltweit führenden Forschungsinfrastrukturen findet auch innerhalb des BMBF-Rahmenprogramms „Erforschung von Universum und Materie – ErUM“ statt.

Der Erfolg exzellenter Wissenschaft lebt von der Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses und der Vernetzung der besten Köpfe. CMWS-Forschungsaktivitäten sind an den beteiligten deutschen Hochschulen an diverse DFG-geförderte Schwerpunktprogramme angebunden – insbesondere in den Bereichen Physik und Chemie sowie den Lebenswissenschaften.

Das CMWS ist eng mit der Mission der Helmholtz-Gemeinschaft verzahnt, durch strategisch-programmatisch ausgerichtete Spitzenforschung

Beiträge zur nachhaltigen Lösung großer und drängender Fragen von Gesellschaft, Wissenschaft und Wirtschaft zu liefern. Gemeinsam mit den besten Partnern gestaltet das CMWS ein richtungsweisendes Forschungsfeld der Zukunft. Dazu gehören die enge Verbindung zum Helmholtz-Kompetenzatlas Wasserstoffforschung und zum zukünftigen 3D-Röntgenmikroskop PETRA IV.

Das CMWS befördert innovative Vorhaben der molekularen Wasserforschung, indem es Akteure aus Wissenschaft und Wirtschaft über Fächer- und Branchengrenzen hinweg verknüpft und Ergebnisse unmittelbar verwertbar werden. Dazu zählt auch die Zusammenarbeit mit größeren strategischen Verbänden, wie etwa die komplementäre MaxWater-Initiative der Max-Planck-Gesellschaft.

Als gesamteuropäisches Netzwerk mit internationalen Partnern ist das CMWS optimaler Partner für die Mission des Horizon Europe Programms. Seine Forschungsziele sind von herausragender Bedeutung für den European Green Deal.

„Die Erforschung von Wasser kann helfen, Antworten auf zahlreiche gesellschaftliche Herausforderungen zu finden. Eingebettet in die Science City Hamburg-Bahrenfeld befördert das CMWS herausragende Forschung mit internationaler Strahlkraft.“

Katharina Fegebank
Zweite Bürgermeisterin und Senatorin für
Wissenschaft, Forschung, Gleichstellung und Bezirke
der Freien und Hansestadt Hamburg

„A better understanding of biological processes requires the understanding of water at the molecular level. Health research can benefit tremendously from the CMWS, for example in the search for new pharmaceuticals.“

Prof. Edith Heard
Director General of the European Molecular Biology
Laboratory (EMBL)

„Im CMWS bündeln führende europäische Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler ihre Kräfte, um ein detailliertes molekulares Verständnis von Wasser zu erreichen. Dies ist von höchster Relevanz für Biologie, Erde und Umwelt sowie viele Zukunftstechnologien.“

Prof. Helmut Dosch
Vorsitzender des DESY-Direktoriums

„Wasser ist die zentrale Ressource für unsere Welt. Diese Ressource auch molekular besser zu verstehen, ist ein Schlüssel für eine nachhaltige Zukunft.“

Volker Rieke
Abteilungsleiter im Bundesministerium
für Bildung und Forschung (BMBF)

„Das CMWS leistet einen eindrucksvollen Beitrag zur Helmholtz-Mission: große Herausforderungen angehen und entscheidende Beiträge für die Sicherung unserer Zukunft liefern.“

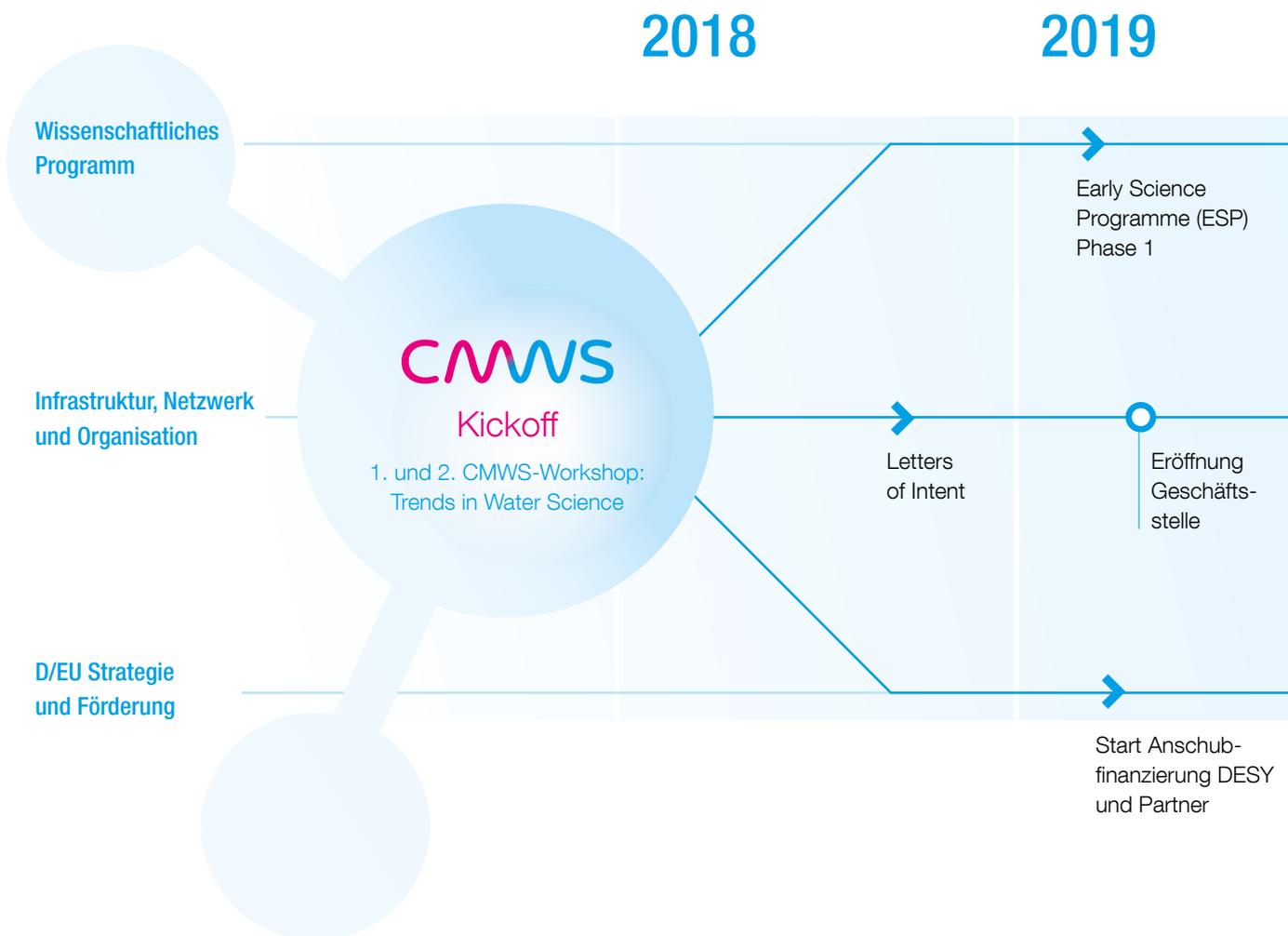
Prof. Otmar Wiestler
Präsident der Helmholtz-Gemeinschaft

„Von der CMWS-Forschung versprechen wir uns signifikante Fortschritte und Beiträge für das Grundlagenwissen, welche dann bei der Weiterentwicklung innovativer Produkttechnologien helfen.“

Dr. Frank Fischer
Lab Manager, Deep Innovation Scouting
Beiersdorf AG

Zeitplan und Ausblick

Mit dem CMWS entsteht ein neues Juwel im europäischen Forschungsraum. Das Netzwerk wird in den kommenden Jahren gezielt weiter ausgebaut.



Das CMWS hat ein einzigartiges Potenzial für die molekulare Wasserforschung: von herausragender Grundlagenforschung bis hin zu hoch relevanten Anwendungsfeldern. Der Fokus der kommenden Jahre liegt darauf, die notwendigen Strukturen weiter zu etablieren, um dieses Potenzial voll auszuschöpfen.

Maßgeblich für die weitere Entwicklung des CMWS sind ein starkes, koordiniertes Forschungsprogramm, eine Infrastruktur komplementärer Kompetenzen sowie eine nachhaltige Förderung. Das im Mai 2021 veröffentlichte White Paper legt den Grundstein für übergreifend vernetzte Forschung. Die geplante CMWS

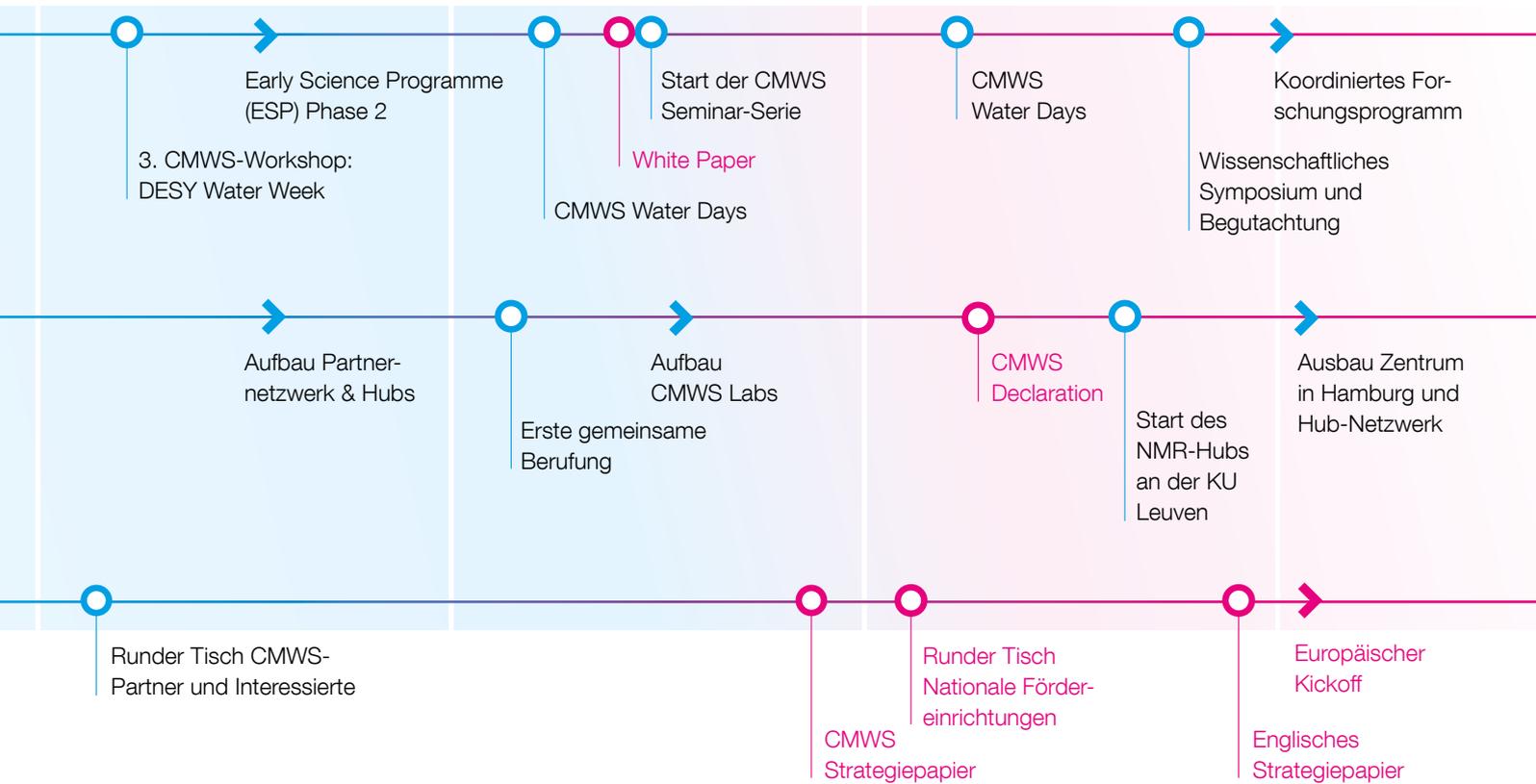
Declaration 2022 markiert den nächsten Schritt hin zu einer langfristigen Aufstellung des interdisziplinären und internationalen Konsortiums. Gleichzeitig wird der europäische Strategieprozess weiter vorangetrieben.

2020

2021

2022

2023



○ Ereignis

➤ Prozessbeginn

○ ➤ Netzwerkausbau CMWS Europe

Partner und Beitragende zum White Paper und Strategiepapier

National

Christian-Albrechts-Universität zu Kiel
Friedrich-Alexander-Universität
Erlangen-Nürnberg
Georg-August-Universität Göttingen
Johannes Gutenberg-Universität Mainz
Ruhr-Universität Bochum
Technische Universität Bergakademie
Freiberg
Technische Universität Darmstadt
Technische Universität Dortmund
Technische Universität Hamburg
Universität Hamburg
Universität Kassel
Universität Paderborn
Universität Potsdam
Universität Rostock
Westfälische Wilhelms-Universität
Münster

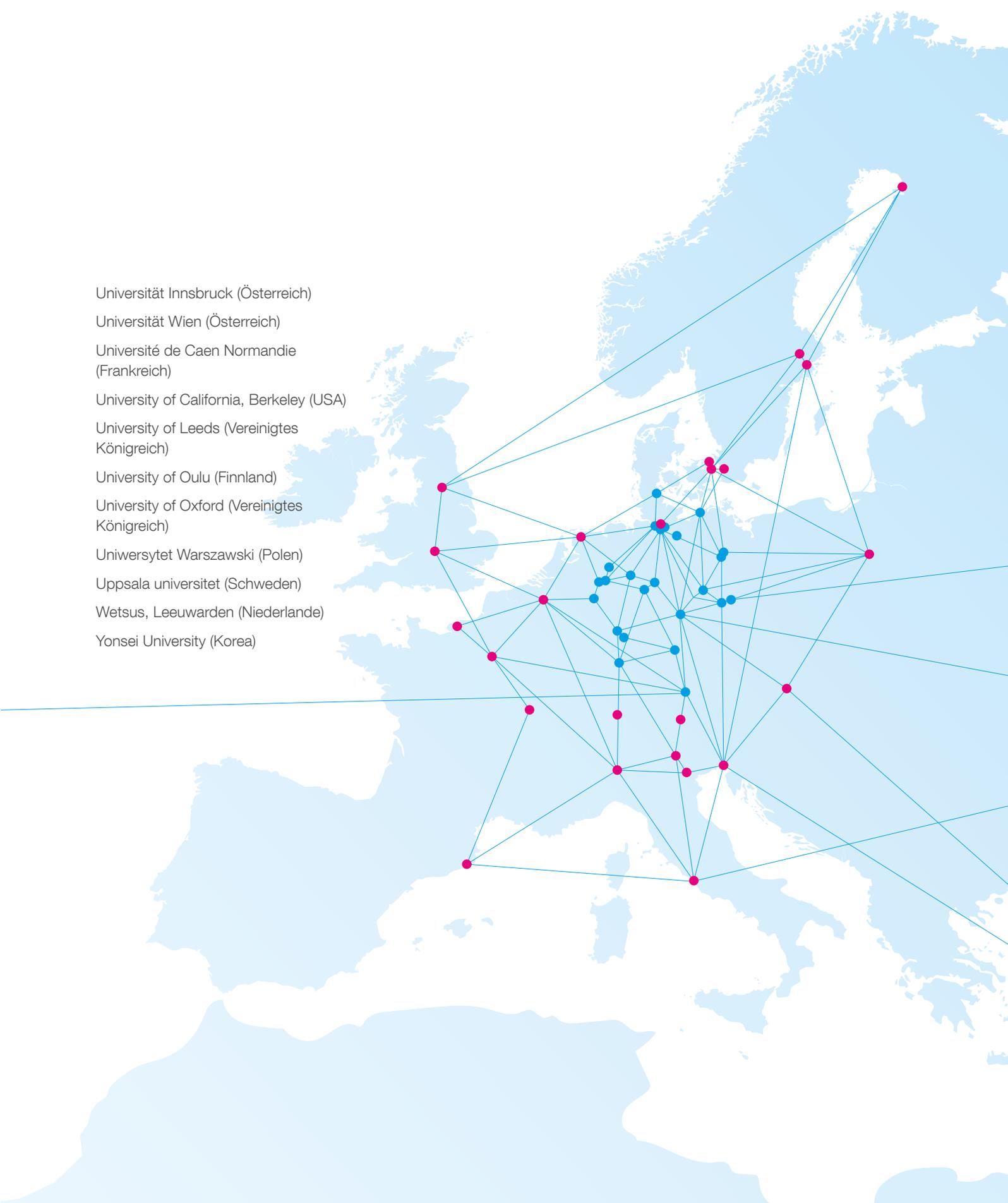
Deutsches Elektronen-Synchrotron
DESY, Hamburg
Forschungszentrum Jülich
Fritz-Haber-Institut der Max-Planck-
Gesellschaft, Berlin
Helmholtz-Institut Jena, GSI
Helmholtzzentrum für Schwerionen-
forschung, Darmstadt
Helmholtz-Zentrum Berlin für
Materialien und Energie
Helmholtz-Zentrum Dresden-
Rossendorf

Helmholtz-Zentrum für Umwelt-
forschung – UFZ, Leipzig
Helmholtz-Zentrum Hereon
Helmholtz Zentrum München –
Deutsches Forschungszentrum für
Gesundheit und Umwelt
Helmholtz-Zentrum Potsdam –
Deutsches GeoForschungsZentrum
GFZ
Karlsruher Institut für Technologie
Leibniz-Institut für Oberflächen-
modifizierung, Leipzig
Max-Born-Institut für Nichtlineare Optik
und Kurzzeitspektroskopie, Berlin
Max-Planck-Institut für Polymerfor-
schung, Mainz
Max-Planck-Institut für Struktur und
Dynamik der Materie, Hamburg
Beiersdorf AG, Hamburg
Tesa SE, Norderstedt

International

Danmarks Tekniske Universitet,
Lyngby (Dänemark)
École Normale Supérieure de Lyon;
CNRS, Paris; Institut Pierre-Gilles de
Gennes, Paris (Frankreich)
Eidgenössische Technische
Hochschule ETH, Zürich (Schweiz)
Elettra Sincrotrone Trieste (Italien)
European Molecular Biology
Laboratory, Hamburg (Deutschland)
European X-Ray Free-Electron Laser
Facility, Schenefeld (Deutschland)
Institut Català de Nanociència i
Nanotecnologia, Barcelona (Spanien)
KU Leuven (Belgien)
Københavns Universitet (Dänemark)
Kyoto University (Japan)
Lunds universitet (Schweden)
Russian Academy of Sciences,
Moskau (Russland)
Skolkovo Institute of Science and
Technology, Moskau (Russland)
Southern Federal University, Rostow
am Don (Russland)
Stockholms universitet (Schweden)
Synchrotron SOLEIL, Saint-Aubin
(Frankreich)
Technion – Israel Institute of
Technology, Haifa (Israel)
Università degli Studi di Milano (Italien)
Università degli Studi di Trento (Italien)
Università di Padova (Italien)
Università Roma Tre (Italien)

Universität Innsbruck (Österreich)
Universität Wien (Österreich)
Université de Caen Normandie
(Frankreich)
University of California, Berkeley (USA)
University of Leeds (Vereinigtes
Königreich)
University of Oulu (Finnland)
University of Oxford (Vereinigtes
Königreich)
Uniwersytet Warszawski (Polen)
Uppsala universitet (Schweden)
Wetsus, Leeuwarden (Niederlande)
Yonsei University (Korea)



Bildnachweis

U1, S.2 – Wassermoleküle: Anusorn Nakdee, iStock Images

S.4 – Klima: Zbynek Burival, Unsplash; Coronavirus: Fusion Medical Animation, Unsplash

S.5 – Wasser: Terry Vlissidis, Unsplash; Wasserstoffspeicher: Petmal, iStock Images

S.7 – Röntgenblitz XFEL: Britta Liebaug (Montage), DESY; Nanofilter: Richard Baker, University of Rochester; Coronavirus (Illustration): wildpixel, iStock Images

S.8 – Eisberg: Romolo Tavani, iStock Images; Universum: Margarita Balashova, iStock Images; Nanoröhre: Yuliang Zhang and Alex Noy, LLNL; Entstehung Hydroxyl-Radikal (Visualisierung): Caroline Arnold, DESY; Wassermoleküle als Mittler zwischen Biomolekülen: Lars Schäfer und Christopher Päslock, Ruhr-Universität Bochum

S.9 – Eisberg: Romolo Tavani, iStock Images

S.10 – Universum: Margarita Balashova, iStock Images

S.11 – PETRA-III-Messstand: Heiner Müller-Elsner, DESY; Nanoröhre: Yuliang Zhang and Alex Noy, LLNL

S.12 – Entstehung Hydroxyl-Radikal (Visualisierung): Caroline Arnold, DESY; XFEL-Beschleunigertunnel: European XFEL, Heiner Müller-Elsner, DESY

S.13 – Wassermoleküle als Mittler zwischen Biomolekülen: Lars Schäfer und Christopher Päslock, Ruhr-Universität Bochum

S.14 – PETRA-III-Messstand: Heiner Müller-Elsner, DESY

S.20/21 – Luftbild DESY-Campus und PETRA-III-Ring (Montage): Reimo Schaaf, DESY

S.22 – Visualisierung Messprinzip von PETRA IV – Science Communication Lab, DESY

S.31/U4 – Wassermoleküle: Anusorn Nakdee, iStock Images

Impressum

Herausgeber

Deutsches Elektronen-Synchrotron DESY
Ein Forschungszentrum der
Helmholtz-Gemeinschaft

Standort Hamburg

Notkestraße 85, 22607 Hamburg
Tel. +49 40 8998-0 | Fax +49 40 8998-3282
desyinfo@desy.de

Standort Zeuthen

Platanenallee 6, 15738 Zeuthen
Tel. +49 33762 7-70 | Fax +49 33762 7-7413
desyinfo-zeuthen@desy.de
www.desy.de

Redaktion DESY

Klaus Ehret, Claudia Goy,
Katharina Scheffler, Jana Wolfram

Konzept und Text

Gabriele Schönherr,
science³ Wissenschaftskommunikation GbR

Gestaltung

Carolin Rankin, Rankin Identity

Druck

DESY

Redaktionsschluss

September 2021

Referenzen

White Paper

Scope of the

Centre for Molecular Water Science:

A pan-European Research Initiative

G. Grübel, M. Schnell,

C. Goy, F. Lehmkuhler and S. Bari

(editors)

May 2021

DOI: 10.3204/PUBDB-2021-01859

ISBN: 978-3-945931-37-0

Website

www.cmws-hamburg.de



