



HAW
HAMBURG

CC4E

2020
2021
2021

Jahresbericht

Competence Center für Erneuerbare Energien
und EnergieEffizienz

Inhalt

Grußwort Dr. Peter Tschentscher (Erster Bürgermeister, FHH)	03
Editorial	04
Das CC4E	06
Höhepunkte 2020 und 2021	08
IW ³ : Startschuss für die Integrierte WärmeWende Wilhelmsburg	08
NEW 4.0: SINTEG-Abschlusskonferenz in Hamburg	08
Neuorganisation des CC4E: Vom Projekt zur wissenschaftlichen Einrichtung	09
Norddeutsches Reallabor: Sektorkopplung für den Norden	10
X-Energy: Von der Aufbau- in die Intensivierungsphase	11
Smart Heat Grid Hamburg und Smart Pro Heat: Das Ende und wie es weitergeht	11
Stand der Forschung	12
... im Team Sektorkopplung und Wasserstoff	14
... im Team Wärme	16
... im Team Wind	18
... im Team Gesellschaftliche Transformation und Akzeptanz	20
Standorte des CC4E	22
Das CC4E zieht um	22
Forschungsstandort Am Schleusengraben	23
Energieforschung in Hamburg-Bergedorf	24
Technologiezentrum Energie-Campus	25
Forschungswindpark Curslack	27
Hinter den Kulissen	30
Im Gespräch mit dezera	30
Das CC4E als Impulsgeber für exzellente Forschung und Wissenstransfer	32
Anhang	34
Kompetenzteams	35
Promovierende	36
Publikationen	38



Bild: © Ronald Sawatzki / Senatskanzlei Hamburg

Dr. Peter Tschentscher

Erster Bürgermeister der Freien und Hansestadt Hamburg

Das „Competence Center für Erneuerbare Energien und EnergieEffizienz“ an der HAW Hamburg hat sich zu einem bundesweit anerkannten Forschungsinstitut entwickelt.

Forscherinnen und Forscher verschiedener Disziplinen leisten am CC4E Pionierarbeit für die Energiewende in Technologie und Gesellschaft. Sie kooperieren in zahlreichen konkreten Projekten mit Unternehmen, Hochschulen und weiteren wissenschaftlichen Einrichtungen. Dazu gehören das „Norddeutsche Reallabor“ und die Forschungspartnerschaft „X-Energy“ sowie das 2021 abgeschlossene Projekt „NEW 4.0 – Norddeutsche Energiewende“.

Diese und weitere Projekte des CC4E zeigen das große Potenzial erneuerbarer Energien, moderner Speichertechnologien und der Sektorkopplung für die Dekarbonisierung von Industrie, Verkehr, Wärme- und Stromversorgung. Das CC4E ist ein Schrittmacher für die Energiewende und für innovative Klimaschutztechnologien, die in Hamburg in vielen Bereichen eingesetzt werden.

Ich danke Herrn Professor Beba und seinem Team im Namen des Senats sehr herzlich für die engagierte Arbeit im vergangenen Jahr und wünsche Ihnen für die Zukunft weiterhin viel Erfolg.

Das CC4E der HAW Hamburg entwickelt nachhaltige Lösungen für die Energieprobleme der Gesellschaft.

Fünf

Windenergieanlagen vom Typ Nordex N117 befinden sich im Forschungswindpark Curslack

135

Kooperationspartner aus Wissenschaft, Wirtschaft und Politik

35

Publikationen wurden in den Jahren 2020 und 2021 veröffentlicht.

Die durchschnittliche Projektlaufzeit beträgt vier Jahre.

Drei

Standorte
(1) Standort Am Schleusengraben
(2) Standort Alexanderstraße
(3) Standort Berliner Tor

11.000 Zweipersonenhaushalte können jährlich durch den Forschungswindpark mit Strom versorgt werden.

80:20

Mitarbeiter*innen und Professor*innen

28,9

Millionen Euro Fördermittel

30

(Teil-)Projekte

22

laufende Promotionen

Seit Januar 2021 ist das CC4E eine fakultätsübergreifende wissenschaftliche Einrichtung der HAW Hamburg.

Vier

Kompetenzteams: „Team Sektorkopplung und Wasserstoff“, „Team Wärme“, „Team Wind“ sowie „Team Gesellschaftliche Transformation und Akzeptanz“



Wege zu einem nachhaltigen Energiesystem zu erforschen und zu erproben ist die Motivation und Leidenschaft des CC4E.“

Bild: Jan-Simon Hußmann

Liebe Leser*innen,

seit jetzt fast zwei Jahren hat die COVID-19-Pandemie unser Leben und unsere Arbeitswelt fest im Griff. Dies hat zu erheblichen Veränderungen unseres Alltags geführt – beruflich wie privat. Gleichzeitig hält der Klimawandel unvermindert an und hat sich sogar noch beschleunigt. Umso dringender sind die Aufgaben zur Bekämpfung des Klimawandels. Beide Krisen führen uns vor Augen, wie endlich die Welt und deren Ressourcen sind. Beide Krisen zeigen, dass ein Höchstmaß an Entschlossenheit im Handeln und gesellschaftliche sowie internationale Solidarität unabdingbar sind. Wege zu einem nachhaltigen Energiesystem zu erforschen und zu erproben und damit Wege zur Klimaneutralität aufzuzeigen, ist die Motivation und Leidenschaft des CC4E.

Ich freue mich, Ihnen den ersten Jahresbericht 2020 und 2021 des CC4E vorstellen zu dürfen. Die vergangenen zwei Jahre waren für das CC4E sehr dynamisch und von Höhepunkten geprägt. Rund 30 (Teil-)Projekte wurden von den 80 Mitarbeiter*innen erfolgreich aufgebaut und umgesetzt. So haben wir das Verbundprojekt „NEW 4.0 – Norddeutsche EnergieWende“ nach sieben Jahren Vorbereitungs- und Projektlaufzeit erfolgreich abgeschlossen und erprobte Lösungen für eine vollständig regenerative Stromversorgung im Norden aufgezeigt. Auch mit den 2021 abgeschlossenen Projekten „Smart Heat Grid“ und „Smart Pro HeaT“ haben wir wichtige erfolgversprechende Ergebnisse für eine intelligente, regenerative Wärmeversorgung erzielt; die Basis für unsere neuen Projekte.

Wir führten aber auch das Projekt „X-Energy“ 2021 von der vierjährigen Aufbauphase in die Intensivierungsphase und werden weitere vier Jahre zukunftsweisende Anwendungen im Bereich Sektorkopplung erproben. Nach fast dreijähriger Vorbereitungszeit startete 2021 das vom CC4E initiierte und koordinierte Großprojekt „Norddeutsches Reallabor“ (NRL) für Sektorkopplung und Wasserstoff zur klimafreundlichen industriellen Transformation. In einem weiteren Reallabor, die „Integrierte WärmeWende Wilhelmsburg“ – kurz IW³, nimmt das CC4E eine wesentliche Rolle ein. Die Projekte werden Sie auf den nächsten Seiten ausführlicher kennenlernen.

Ein wichtiger Meilenstein für das CC4E war Anfang 2021 die Etablierung als wissenschaftliche fakultätsübergreifende Einrichtung gemäß § 92a des Hamburger Hochschulgesetzes. Diese Organisationsform schafft verbesserte Möglichkeiten für das weitere Wachstum und die interdisziplinäre Ausrichtung des CC4E. Bereits jetzt zählt das CC4E zu den bedeutendsten wissenschaftlichen Einrichtungen im Norden Deutschlands. Das vielfältige Spektrum spiegelt sich in der Teamstruktur wider und umfasst die Kernkompetenzen Sektorkopplung und Wasserstoff, Windenergie, Wärme sowie gesellschaftliche Transformation und Akzeptanz.

Überzeugen Sie sich selbst im Jahresbericht, an welchen technologischen, wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Themen und Innovationen unsere Teams arbeiten.

Ich wünsche Ihnen viel Freude beim Lesen.



Prof. Dr. Werner Beba, Leiter CC4E



Bild: CC4E



Bild: CC4E



Das CC4E

Bild: Isabela Pacini

Das Competence Center für Erneuerbare Energien und EnergieEffizienz (CC4E) ist eine zentrale wissenschaftliche Einrichtung der HAW Hamburg, die sich interdisziplinär den gegenwärtigen und zukünftigen Herausforderungen der Energiewende annimmt. Entwickelt werden praxisnahe Lösungen für ein breites Spektrum an technologischen, gesellschaftlichen, politischen und wirtschaftlichen Problemstellungen – von der Idee bis zur Umsetzung. Damit leistet das CC4E einen nachhaltigen Beitrag zu einem wirksamen Klima- und Umweltschutz.

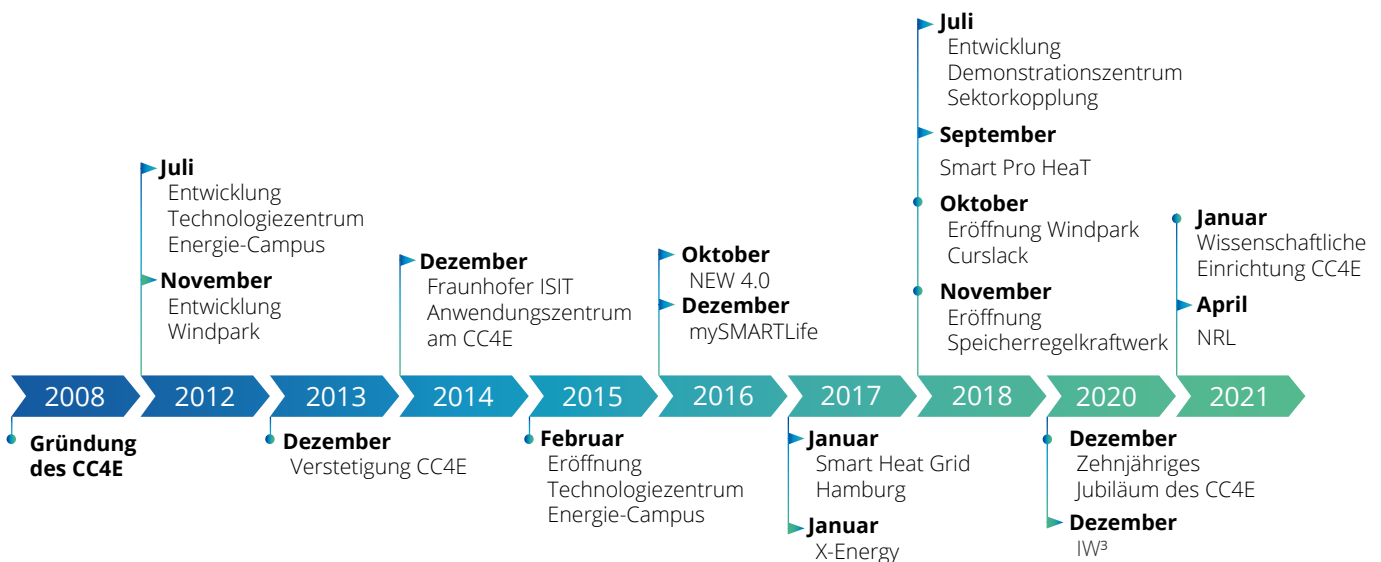
Unsere Motivation ist die Leidenschaft, Wege zur nachhaltigen Energieversorgung zu entwickeln – für die Erhaltung einer lebenswerten Welt. Dabei sieht das CC4E es auch als wichtige Aufgabe, sich intensiv mit der Gesellschaft über die zukünftigen Veränderungen im Rahmen der Energieversorgung von morgen auszutauschen und sie durch die Inhalte und Ergebnisse der Forschungsprojekte für die Energiewende zu begeistern.

Stark verankert in der Metropolregion Hamburg übernimmt das CC4E eine wichtige Schnittstellenfunktion zwischen Wissenschaft, Wirtschaft, Politik und Gesellschaft. Ziele sind die Forschung gemeinsam mit Industrie- und Forschungspartnern, die Vermittlung des

Know-hows in die Wissenschaft und Gesellschaft sowie die Vernetzung der relevanten Branchenpartner, um Synergiepotenziale auszuschöpfen. Die Kernkompetenzen liegen in den Bereichen Sektorkopplung und Wasserstoff, Windenergie, Wärme sowie gesellschaftlicher Transformation und Akzeptanz.

Mit dem Technologiezentrum Energie-Campus und dem angrenzenden Windpark Curslack wurde eine starke Infrastruktur geschaffen, auf dessen Basis die Kompetenzen im Rahmen der vielfältigen Forschungsprojekte stetig ausgebaut werden.

Organisatorisch sind die verschiedenen Projekte bzw. Teilprojekte den genannten Kompetenzteams zugeordnet. Diese Struktur bietet eine einzigartige Möglichkeit zur Förderung der inhaltlichen Teamarbeit über Forschungsprojekte hinweg. Das CC4E profitiert von der fakultätsübergreifenden Zusammenarbeit aus den Disziplinen Ingenieurs-, Natur-, Wirtschafts-, Kommunikations- und Sozialwissenschaften. Die Teamstruktur trägt dazu bei, die Dynamik in den Forschungsprojekten zu fördern, ein kollegiales Arbeitsumfeld zu schaffen, Synergien zu erzeugen und wissenschaftliche Erkenntnisse breit nutzbar zu machen.



Gemeinsam leisten wir unseren Beitrag zum Gelingen der Energiewende.

Heute ist das CC4E eine der bedeutendsten wissenschaftlichen Energieforschungseinrichtungen in Norddeutschland. Durch die erfolgreiche Umsetzung innovativer Projekte im Umfeld der erneuerbaren Energien und Energieeffizienz trägt das CC4E erfolgreich zur nationalen und internationalen Vernetzung in Wissenschaft, Lehre, Wirtschaft, Gesellschaft und Politik bei. Trotz der schwierigen Lage aufgrund der COVID-19-Pandemie in 2020 und 2021 hat das CC4E eine Vielzahl spannender Projektergebnisse geliefert sowie neue, vielversprechende Vorhaben vorbereitet und gestartet.

IW³ Startschuss für die Integrierte WärmeWende Wilhelmsburg

Das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) hat im Jahr 2020 die Förderinitiative „Reallabor der Energiewende“ gestartet, an dem sich das CC4E gleich mit zwei Projekten beteiligt. Eines davon ist das Hamburger Verbundprojekt [IW³](#) – Integrierte WärmeWende Wilhelmsburg. Das Projekt wird vom städtischen Ökostromversorger Hamburg Energie geleitet und hat im August 2020 seine Arbeit aufgenommen. Im Reallabor IW³ wird ein Konzept zum Aufbau und Betrieb eines synergetisch-regenerativen Energiequartiers erstellt und umgesetzt. Zentraler Bestandteil des Versorgungskonzepts ist die Etablierung einer regenerativen Wärmeversorgung über ein lokales Nahwärmenetz. Das Team Wärme des CC4E ist maßgeblich an der Entwicklung eines neuartigen Wärmemarktplatzes auf Basis von kaskadierten und smarten Märkten sowie an der Konzeptentwicklung zur hydraulischen Einbindung eines Aquifer-Wärmespeichers und einer Tiefengeothermie-Anlage in das lokale Wärmesystem beteiligt.

NEW 4.0 SINTEG-Abschlusskonferenz in Hamburg

Nach vier Jahren ging in 2020 das vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) geförderte Programm „Schaufenster intelligente Energie - Digitale Agenda für die Energiewende“ (SINTEG) zu Ende. Das Schaufenster [„NEW 4.0 – Norddeutsche EnergieWende“](#) war eines von insgesamt fünf Schaufenster-Großprojekten in Deutschland mit Hamburg als großem Energieverbrauchszentrum und Schleswig-Holstein als bedeutendem Windenergie-Erzeugungszentrum. Ziel war es aufzuzeigen, wie die Gesamtregion bereits 2030 sicher und zuverlässig mit 100 Prozent regenerativer Energie versorgt werden kann. Hierfür wurde untersucht, wie Erzeugung und Verbrauch mittels modernster Technologien und weiterentwickelter Marktregeln optimal aufeinander abgestimmt werden können und wie innovative Demonstrationsanlagen flexibel in das Gesamtsystem integriert werden können. Das CC4E hat in dem Verbundprojekt unter anderem die Vorhabenthemen Systemintegration, Speicher, berufliche Qualifizierung, Akzeptanz sowie das zentrale Projektmanagement verantwortet. Ende Oktober 2020 richtete das CC4E schließlich die SINTEG-Abschlusskonferenz aus – aufgrund der COVID-19-Pandemie in einem hybriden Format. Die erstmalige Realisierung einer Hybrid-Konferenz mit 400 Gästen und die damit einhergehenden technischen Anforderungen waren herausfordernd, haben den Verantwortlichen aber beeindruckend vor Augen geführt, wie spannend auch eine nahezu digitale Veranstaltung sein kann – mit dem großartigen Nebeneffekt der deutlich erhöhten Sichtbarkeit.



Bild: © HAMBURG ENERGIE



Bild: CC4E

Neuorganisation des CC4E

Vom Projekt zur wissenschaftlichen Einrichtung

Das CC4E ist 2008 als Projekt ins Leben gerufen worden. Aufgabe war und ist es, die vielfältigen Aktivitäten und Kompetenzen an der HAW Hamburg in Lehre, Forschung und Transfer interdisziplinär zu bündeln und nach innen und außen zu kommunizieren. Im Laufe der Jahre hat sich das CC4E wesentlich über diese Kernaufgabe hinaus weiterentwickelt und wurde 2011 verestigt. Im Rahmen anwendungsorientierter Forschungsprojekte mit Partnern aus Wissenschaft, Wirtschaft und Politik unterstützt das CC4E die Zielsetzung der HAW Hamburg, die Forschungs- und Transferleistungen auszubauen, das Profil als forschungs- und transferorientierte Hochschule zu schärfen und unmittelbar zur Entwicklung innovativer Lösungen für gesellschaftliche Fragestellungen beizutragen. Nach dem dynamischen Wachstumskurs der letzten Jahre wurde eine neue Organisationsform erforderlich, um auch der absehbaren Erweiterung von Kompetenzfeldern und Projekten Rechnung zu tragen. Deshalb wurde das CC4E als zentrale wissenschaftliche Organisationseinheit (gem.

§ 92a des Hamburgischen Hochschulgesetzes) mit fakultäts- und hochschulübergreifender Ausrichtung zur Wahrnehmung von Aufgaben von besonderer Bedeutung in Forschung und Lehre etabliert. Damit geht eine Profilschärfung des CC4E einher, die mit strategischen Entwicklungs- und Leistungszielen verbunden ist und die wichtigsten Handlungsfelder adressiert. Zudem hält sie flexiblere organisatorische Rahmenbedingungen zu Organisationsaufbau sowie Ressourcen- und Geschäftsverteilung fest. Wesentliches Ziel ist es, sowohl eine kontinuierliche Organisationsweiterentwicklung zu ermöglichen als auch die vielseitigen Projektmöglichkeiten zu kanalisieren.

„Erfolgreiche Forschung braucht gute organisatorische Rahmenbedingungen und ein verlässliches Team. Forschung, Transfer, Management und Kommunikation im Fokus – das CC4E wächst mit seinen Aufgaben.“

Janine Becker
Geschäftsführung

Höhepunkte 2020

Norddeutsches Reallabor

Sektorkopplung für den Norden

Nach einem intensiven, fast dreijährigen, vom CC4E initiierten, Entwicklungsprozess startete im April 2021 das länderübergreifende Verbundprojekt „Norddeutsches Reallabor“ (NRL). Offizieller Auftakt war eine digitale Veranstaltung mit über 500 Gästen unter Beteiligung politischer Würdenträger*innen, wie dem damaligen Bundeswirtschaftsminister Peter Altmaier, FHH-Bürgermeister Dr. Peter Tschentscher, Umweltminister Jan-Philipp Albrecht und hochrangiger Industrievertreter*innen. Hinter dem NRL steht eine Energiewende-Allianz mit 50 Partnern aus Industrie, Forschung und Politik, die eng zusammenarbeiten, um relevante Verbrauchsbereiche mit hohem Energieverbrauch zu erschließen und schrittweise zu dekarbonisieren. Dazu werden in dem Vorhaben eine Vielzahl von innovativen Anlagen und Konzepten zur Sektorkopplung realisiert, die verschiedene Verbrauchsbereiche sukzessive mit Wasserstoff bzw. dessen Folgeprodukten speisen – insbesondere in der Industrie, aber auch in der Wärmeversorgung und dem Mo-

bilitätssektor. So will das NRL den Transformationspfad für ein integriertes Energiesystem erproben, mit dem es gelingt, die CO₂-Emissionen im Norden bis 2035 um 75 Prozent zu reduzieren. Das NRL baut auf dem SINTEG-Projekt NEW 4.0 auf und wird – ebenso wie IW³ – als Teil der Förderinitiative „Reallabore der Energiewende“ gefördert. Fördermittelgeber für NRL sind das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) und weitere. Neben verschiedenen wissenschaftlichen Teilvorhaben verantwortet das CC4E auch das zentrale Projektmanagement für das Großprojekt.

„Die Sektorkopplung ist neben dem Ausbau von Windkraft und Photovoltaik der wichtigste Faktor für das Gelingen der Energiewende.“

Prof. Dr. Hans Schäfers
Stellvertretender Leiter CC4E



Bild: CC4E

X-Energy

Von der Aufbau- in die Intensivierungsphase

Die Partnerschaftsinitiative [X-Energy](#) ist eine von zehn geförderten Partnerschaften des Programms „Starke Fachhochschulen – Impuls für die Region (FH-Impuls)“ des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF). Das Programm richtet sich gezielt an forschungsstarke Fachhochschulen mit einem hohem Transfer- und Umsetzungspotenzial. Nach der erfolgreichen vierjährigen Aufbauphase ist im April 2021 die Intensivierungsphase der Projektpartnerschaft gestartet. In diesem Rahmen nehmen an der HAW Hamburg im Laufe der Jahre 2021 und 2022 insgesamt zehn neue Forschungsprojekte unter Beteiligung dreier Fakultäten der HAW Hamburg und mehrerer Unternehmenspartner ihre Arbeit auf. Forschungsschwerpunkte werden weiterhin Windenergie, Sektorkopplung und Energiespeicher sowie Umwelt und Akzeptanz sein. Aufgrund der Vernetzung innerhalb der Hochschule schärft X-Energy das Profil der HAW Hamburg und bleibt gleichzeitig Impulsgeber für exzellente Forschung und erfolgreichen Wissenstransfer.

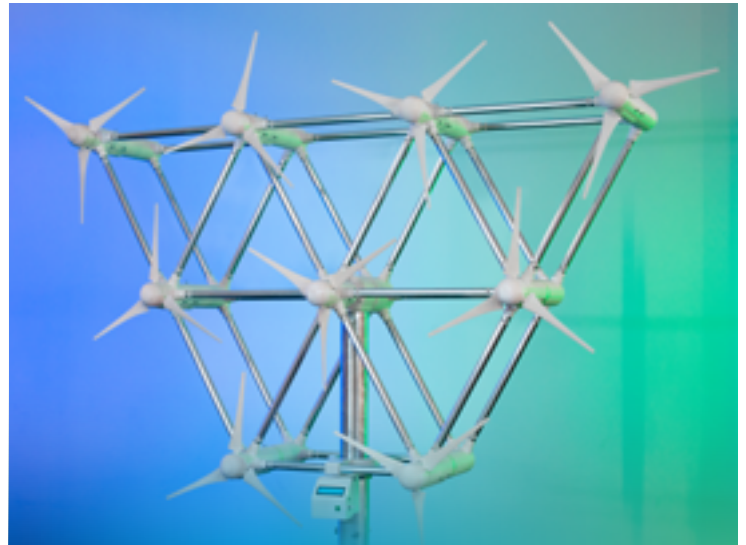


Bild: Nina Laskowski

Smart Heat Grid Hamburg und Smart Pro Heat

Das Ende und wie es weitergeht

Das Jahr 2021 war ein besonderes Jahr für das Wärme-Team: Die zwei Forschungsvorhaben „[Smart Heat Grid Hamburg](#)“ und „[Smart Pro Heat](#)“ wurden nach fünf und vier Jahren im Dezember 2021 erfolgreich abgeschlossen. Beide Vorhaben konnten eine erfolgreiche Hebelwirkung sowohl für die Lehre als auch für die Forschung an der HAW Hamburg erzielen:

Zahlreiche Abschlussarbeiten, zwei Labore – davon eins am Technologiezentrum Energie-Campus Bergedorf – sowie eine Vorlesungsreihe mit fünf Credit Points (CP) wurden etabliert. Zudem haben die Vorhaben Forschungslücken identifizieren können, deren Lösung



Bild: © HAMBURG ENERGIE

die Wärmewende zukünftig vorantreiben werden. Auf Basis der Ergebnisse konnte das Team Folgevorhaben anstoßen und die gewonnenen Erkenntnisse in IW³ überführen.

Höhepunkte 2021



Stand der Forschung

Bild: Isabela Pacini

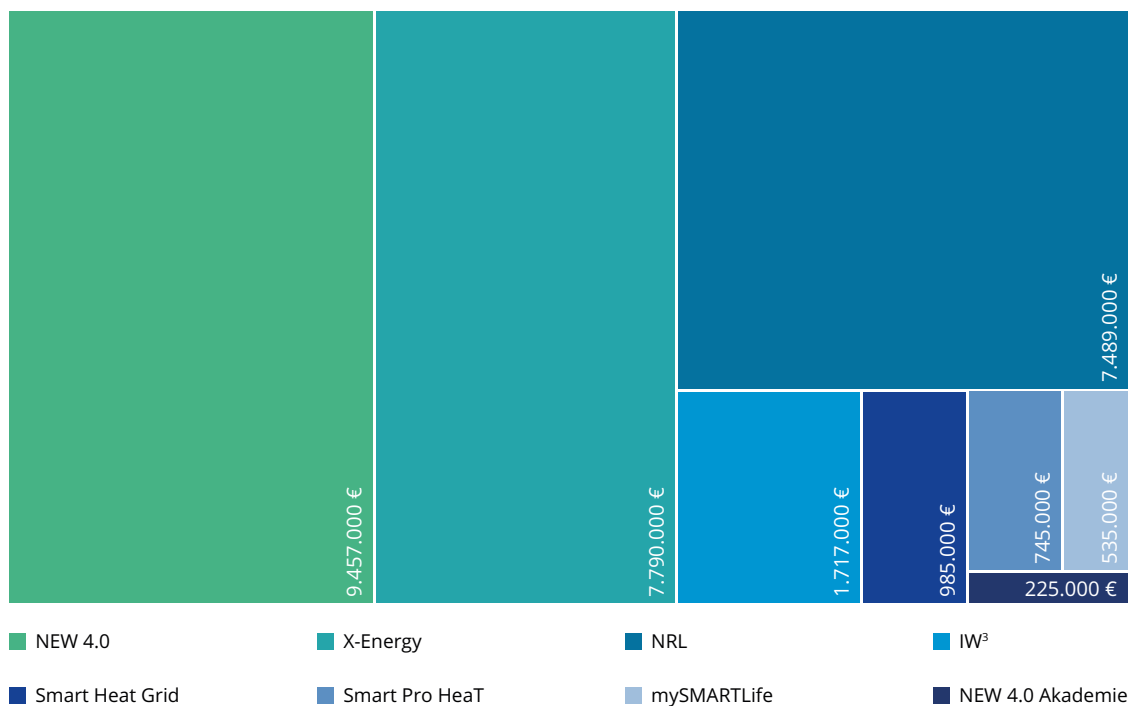
Die wissenschaftliche Einrichtung CC4E akquiriert kontinuierlich und selbstständig drittmittelgeförderte Forschungsprojekte, darunter Verbund- und Großprojekte, aus den für das CC4E relevanten Forschungsfeldern Sektorkopplung und Wasserstoff, Windenergie, Wärme sowie Gesellschaftliche Transformation und Akzeptanz.

Hieran sind mehr als 20 Professor*innen der HAW Hamburg und rund 80 wissenschaftliche, technische und studentische Mitarbeiter*innen beteiligt (siehe „Kompetenzteams“ auf Seite 35). Das CC4E ist häufig nicht nur Projektpartner, sondern übernimmt auch

die Rolle der Gesamtprojektleitung von großen Verbundprojekten und bietet somit ein interdisziplinäres Forschungsumfeld.

Im Rahmen der Forschungsprojekte entstehen zahlreiche kooperative Promotionen (siehe „Promovierende“ auf Seite 36) und wissenschaftliche Publikationen (siehe „Publikationen“ auf Seite 38). Darüber hinaus werden eine Vielzahl von studentischen Projekten, Studien- und Abschlussarbeiten in den vielfältigen Bachelor- und Masterstudiengängen der HAW Hamburg betreut.

Projektfördermittel



Im Fokus der wissenschaftlichen Arbeit liegt die Entwicklung nachhaltiger Lösungen für die Energiewende.

... im Team **Sektorkopplung** und **Wasserstoff**

Das Team [Sektorkopplung und Wasserstoff](#) nimmt sich verschiedenster Fragestellungen zur Weiterentwicklung der Energiesysteme und Kopplung der Stromerzeugung mit den Verbrauchssektoren Industrie, Mobilität und Wärme an.

Mit dem Ende der X-Energy Aufbauphase und dem Verbundprojekt NEW 4.0 war das Jahr 2021 von spannenden Umbrüchen geprägt: Gleich drei Vorhaben wurden mit dem X-Energy Teilprojekt „X-SmartWind“ sowie den NEW 4.0 Teilprojekten „Speicherregelkraftwerk“ und „Gesamtsystemsimulation“ erfolgreich abgeschlossen. Diese Projekte haben zum einen gezeigt, wie Sektorkopplung dazu beitragen kann Windparks wirtschaftlicher zu machen; und zum anderen wie durch den Einsatz eines Batteriespeichers (wie im Projekt „Speicherregelkraftwerk“) dieser auch autarker in seinem Eigenstrombedarf werden kann. Hier wurde zudem gezeigt, wie ein solcher Batteriespeicher an einem Windpark systemdienlich betrieben werden kann. Die Gesamtsystemsimulation half indes innerhalb von NEW 4.0 unterschiedliche Fragestellungen zu marktbasierenden Systemdienstleistungen wie beispielsweise Smart Balancing zu beantworten. Smart Balancing hat durch einen Echtzeit-Informationsaustausch von Stromnetzbetreibern und Bilanzkreisverantwortlichen die Flexibilisierung des Strommarktes zum Ziel. Bilanzkreisverantwortliche sind für die Prognoseerstellung von Stromerzeugung und -verbrauch verantwortlich. Wenn Stromnetzbetreiber den Ist-Zustand von positiver bzw. negativer Regelenergie offenlegen, könnten mitregelnde Bilanzkreisverantwortliche mit systemdienlichen Fahrplanabweichungen die Aktivierung von Regelenergie durch die Übertragungsnetzbetreiber reduzieren.

240 Liter Methan entsprechen in etwa dem Volumen, das in 60 Luftballons mit rund 20 cm Durchmesser passt.

Auch wenn die COVID-19-Pandemie das CC4E vor einige Herausforderungen gestellt hat, wurden in den laufenden Projekten mehrere Meilensteine erzielt. So wurde im X-Energy Teilprojekt „ClosedCarbonLoop“ eine Direct Air Capture (DAC) Anlage als erste ihrer Art in Norddeutschland durch die Hamburger Wissenschaftssenatorin Katharina Fegebank und den Umweltsenator Jens Kerstan feierlich in Betrieb genommen. Die biologische Methanisierungsanlage am Technologiezentrum Energie-Campus wurde mit der DAC-Anlage gekoppelt. Damit kann derzeit CO₂ aus der Bergedorfer Luft mit grünem Wasserstoff in bis zu 240 Liter Methan pro Tag umgewandelt werden. Im X-Energy Teilprojekt „DUEME“ ist es zudem gelungen zwei Reinkulturen für die Elektromethanogenese, also die direkte Umwandlung von Strom in Methan ohne die Zugabe von Wasserstoff, anzureichern und einen speziellen Smart Reactor zu entwickeln.

Im Projekt „mySMARTLife“ – ein von der Europäischen Union im Rahmenprogramm Horizon 2020 über fünf Jahre gefördertes Drittmittelvorhaben – konnte in 2021 gemeinsam mit Industriepartnern erfolgreich der automatisierte Betrieb eines Blockheizkraftwerks am Wohngebiet Schilfpark in Hamburg-Bergedorf mit einem Wasserstoffanteil von 15 Volumenprozent getestet werden. Dieser Wert soll im kommenden Jahr auf bis zu 30 Volumenprozent erhöht werden. Das normalerweise zum Einsatz kommende fossile Erdgas enthält in der Regel nur Spuren von Wasserstoff im einstelligen Prozentbereich. Die Möglichkeiten der Nutzung von regenerativ hergestelltem Wasserstoff in Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen ist im Zuge der Energiewende eine wichtige Technologieoption zur Dekarbonisierung.

Das X-Energy Teilprojekt „READiPTL“ hat zudem den HPT300 Rohrreaktor in Betrieb genommen. Dieser wird nun für die kontinuierliche katalytische Hydrierung von Bio-Ölen verwendet. Ziel des Projekts ist die indirekte Umwandlung elektrischer Energie in flüssige Kohlenwasserstoffe. Dabei wird Elektrolyse-Wasserstoff verwendet, um aus fetthaltigen Abfällen flüssige Kohlenwasserstoffe als Basis für nachhaltige Kraftstoffe herzustellen. Dies ist ein innovativer Ansatz auch für die Langzeit-Speicherung elektrischer Energie.

Neue Fragestellungen zum Hochlauf der Wasserstoffwirtschaft werden in gleich drei Teilprojekten im Rahmen des Großprojekts NRL bearbeitet: Während eines der Teilvorhaben am Standort Hamburg der Aurubis AG den Einsatz von Wasserstoff im Anodenofen der Kupfererzeugung mit den daraus entstehenden und weiteren Dekarbonisierungspotenzialen untersucht, wird in dem Teilvorhaben der Datenintegration und Feldtests die Sicherstellung der Datenqualität innerhalb des Gesamtprojekts gewährleistet. Das Teilvorhaben „Gesamtsystemsimulation“ hingegen untersucht systemische Rückwirkungen einer Wasserstoffwirtschaft.

Zudem konnte Ende des Jahres 2021 das neue X-Energy Teilprojekt „MEDEA“ (Methan-Dekarbonisierung mittels Mikrowellen Niedertemperatur-Plasmacracking) starten, bei dem ein neues Verfahren zur Gewinnung von Wasserstoff und Abtrennung von Carbon Black (in der Industrie einsetzbarer pulverförmiger, reiner Kohlenstoff) aus Erdgas untersucht wird.

Auch bezüglich der Vernetzung am Wissenschaftsstandort wurde ein Erfolg gefeiert. So wurde in Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer IWES und Prof. Dr. Gerwald Lichtenberg das Anwendungszentrum für die Integration lokaler Energiesysteme (ILES), welches die Komplexität der Energiesystemmodellierung und -regelung untersucht, ins Leben gerufen.

„Sektorkopplung ist essentiell für eine erfolgreiche Energiewende. In den zahlreichen Forschungsprojekten erarbeiten wir gemeinsam mit unseren Partnern neue Lösungen.“

Mike Blicher

Wissenschaftliche Teamleitung



Bild: Elena Merschhemke

... im Team **Wärme**

Das [Wärme](#)-Team des CC4E befasst sich mit der erneuerbaren Transformation des Wärmesektors. Sein Schwerpunkt liegt auf intelligenten Wärmenetzen und schließt systemische Betrachtungen als auch detaillierte technische Fragestellungen ein. Beispiele sind:

- Entwicklung von Wärmenetzversorgungszenarien für Neu- oder Umbauplanung
- Entwicklung und Nutzung einer verteilten, thermo-hydraulischen Simulationsplattform zur Detailauslegung von Wärmesystemen und zur Entwicklung neuartiger Regelungskonzepte
- Erstellung von Erzeugereinsatzfahrplänen und gebäudescharfen Wärmeprognosen
- Datenauswertung zur Fehlererkennung und Betriebsverbesserung
- Forschung im Bereich von Anreizsystemen für nachhaltige Wärme, zum Beispiel über Marktplätze

Diese Themen werden über Drittmittelforschungsvorhaben kontinuierlich weiterentwickelt. In dem fünfjährigen Projekt „Smart Heat Grid Hamburg“ wurden intelligente, systemische Betriebskonzepte erarbeitet und prototypisch im Wärmenetz des städtischen Versorgers, Hamburg Energie GmbH, umgesetzt. Das Vorhaben „Smart Pro Heat“ (Smart Prosumer Heating Technologies) befasste sich in den vier Jahren Projektlaufzeit mit der Wärmenetzdienlichkeit von Gebäuden, beispielhaft am Bürgerhaus Wilhelmsburg.

Wie im ersten Abschnitt unter Höhepunkten zusammengefasst, konnten beide Projekte Ende 2021 erfolgreich abgeschlossen werden. Die Forschungserkenntnisse fließen in das Folgeprojekt IW³ (Integrierte WärmeWende Wilhelmsburg) ein. Neben der laufenden Projektarbeit ist es den Wissenschaftler*innen gelungen als Teil des Reallabors IW³ neue Tätigkeiten aufzunehmen. Innerhalb des Forschungsprojekts im Wärmenetz von Hamburg Energie geht es darum, unterschiedliche regenerative Energieerzeuger und Speichermöglichkeiten so intelligent mit den Verbrauchern zu koppeln, dass Energie immer dann verfügbar ist, wenn sie benötigt wird – und das zu sozialverträglichen Preisen. Zentraler Bestandteil ist unter anderem die Erprobung der

Tiefengeothermie für eine Fernwärmeversorgung. Das CC4E ist dabei Partner im Teilvorhaben „Systemintegration“ und leitet das Teilvorhaben „Integrierter Wärmemarkt“. Ein Projekt mit Leuchtturmcharakter, das sich durch einen hohen Praxisbezug auszeichnet.

Ein persönlicher Meilenstein gelang Nina Kicherer: Im Jahr 2020 wurde ihre Masterarbeit zum Thema „Langfristige Transformation des Hamburger Wärmenetzes“ (Entwicklung einer strategischen Wärmeplanung am Beispiel der Stadt Hamburg) als Studierendearbeit des Jahres vom Cluster Erneuerbare Energien mit dem German Renewables Reward ausgezeichnet.

Auch über die Projektarbeit hinaus bestehen gute Kooperationen mit zahlreichen Praxispartnern bis hin zu Auftragsverhältnissen, um zum Beispiel Stadtwerke bei individuellen Fragestellungen zu unterstützen. So fand in 2021 eine Kooperation mit den Stadtwerken Geesthacht im Rahmen einer Beauftragung zur Erstellung einer Machbarkeitsstudie für ein „Wärmenetz 4.0 in Geesthacht“ statt. Dabei untersuchte das Team Wärme, welche Möglichkeiten für eine erneuerbare Fernwärmeversorgung in Geesthacht bestehen. Einen anderen Schwerpunkt setzt das Vorhaben „Energetische Betriebsführung von Heizungsanlagen“ (EBH). Hier wird die Wirtschaftlichkeit verbesserter Betriebsführung untersucht sowie eine Methodik zur Bewertung des Wärmebedarfes entwickelt.

Die angewandte Forschung zur Wärmewende mit einem spezifischen Bezug zur leitungsgebundenen Wärmeversorgung ist mit dem Team Wärme im CC4E der HAW Hamburg angekommen und trägt maßgeblich zur Kompetenz- und Profilschärfung bei.

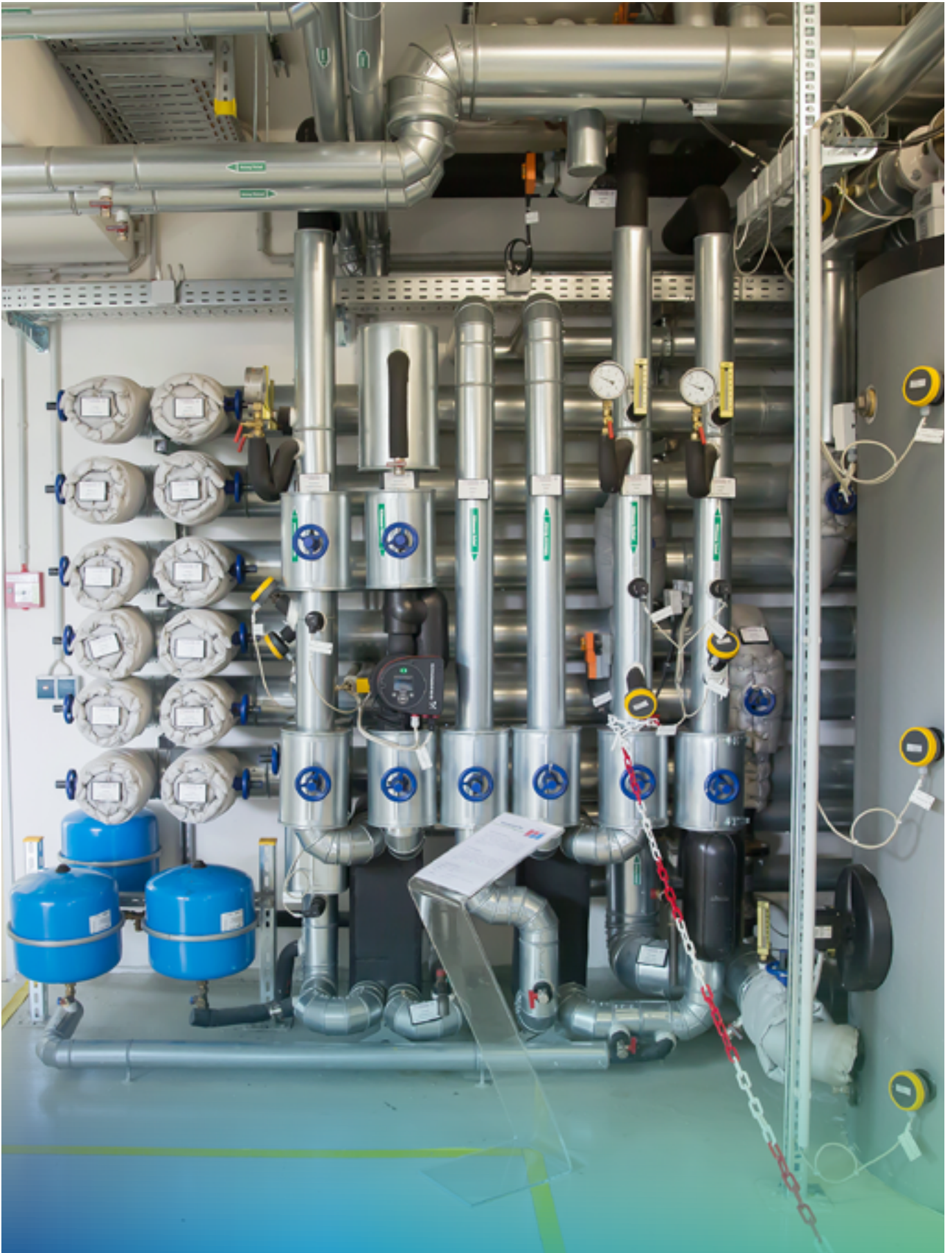


Bild: Isabela Pacini

... im Team **Wind**

Die [Windenergieforschung](#) am CC4E befasst sich mit den unterschiedlichsten Themen: von Konzeptdesigns für Multirotor- und Zweiblattwindenergieanlagen über die Ertrags- und Lebensdaueroptimierung von Windenergieanlagen bis hin zur akustischen Optimierung von Windparks. Das Wind-Team hat in den letzten zwei Jahren zahlreiche Veröffentlichungen auf den Weg gebracht; unter anderem auch im Fachjournal „Wind Energy Science“, das mit seinem komplexen Review-Verfahren zu den Top-Journals der Branche zählt.

Mit Ausbruch der COVID-19-Pandemie wurde auch im Team Wind der Arbeitsalltag neu definiert. Die wichtigste Konferenz des Jahres, die TORQUE2020 wurde schließlich als Online-Konferenz umgesetzt. Gleich drei Forschungsprojekte „FATWAKE“ (NEW 4.0), „X-Multirotor“ und „X-Zweiblatt“ (X-Energy) präsentierten dort ihre Ergebnisse. Alle drei Projekte konnten sich auch im Folgejahr noch einmal auf der WESC 2021 (Wind Energy Science Conference) präsentieren; „X-Zweiblatt“ zudem auf der EERA DeepWind'2021 (Offshore Wind R&D Digital Conference).

Mit dem Abschluss von NEW 4.0 endete auch das Teilprojekt „FATWAKE“. Das mit dem Industriepartner Nordex durchgeführte Vorhaben hat sich mit der Ertrags- und Lebensdaueroptimierung von Windparks sowie der Möglichkeit einer kurzzeitigen Bereitstellung von Reserveleistung beschäftigt. Zur Erreichung dieses Ziels

wurden Langzeitmessungen von Turbulenz und Last durchgeführt. Zusätzlich wurde die Entwicklung verbesserter Modelle zur Turbulenzberechnung und neue Strategien für Sektormanagement vorangetrieben.

Einen völlig anderen, innovativen Forschungsansatz verfolgt das Projekt „X-Multirotor DfM“ (Design for Maintenance) als Teil der X-Energy Intensivierungsphase in Zusammenarbeit mit dem Industriepartner EnBW. Während es im Projekt „X-Multirotor“ um das Konzeptdesign von Multirotorwindenergieanlagen geht, wird in „X-Multirotor DfM“ der Schwerpunkt auf Forschung und Entwicklung eines wartungsfreundlichen Designs gelegt. Parallel zu dieser Projektarbeit ist das HAW-Multirotor-Labormodell entwickelt worden. Das Modell mit neun pitchbaren drehzahlvariablen Rotoren basiert auf bisherigen Erkenntnissen der Multirotorprojekte und soll als Forschungsmodell im Windkanal wie als Anschauungs- und Demonstrationsobjekt genutzt werden.

Das X-Energy Forschungsprojekt „Vibroakustik“ ist im April 2021 erfolgreich ausgelaufen. Die Methodik der Vibroakustik untersucht das akustische Verhalten von Materialien, Bauteilen und Konstruktionen. In diesem konkreten Fall befasste sich das Projekt mit der Entwicklung konstruktiver Maßnahmen zur akustischen Optimierung von Hauptkomponenten des Windenergieanlagentriebstranges zur Reduzierung der Schallabstrahlung mit Hilfe von Simulationen. Der Fokus lag auf der akustischen Optimierung der Getriebe- und Generatorgehäuse. Die Projektergebnisse wurden in den letzten vier Jahren auf zahlreichen nationalen und internationalen Konferenzen präsentiert; darunter auch auf dem „World Congress on Computational Mechanics“ in Paris und dem „11. Rheiner Windenergie-Forum“. Zudem wurden die Projektergebnisse in hochrangigen Fachzeitschriften veröffentlicht. Für die Intensivierungsphase in X-Energy wird ein Folgeprojekt mit Beginn im Sommer 2022 angestrebt.

Ein weiteres Projekt, das im Rahmen von X-Energy gefördert wurde, ist „X-Eptance“. Mit dem Teilvorhaben „X-Eptance Impulse“ lag der Schwerpunkt der Forschung

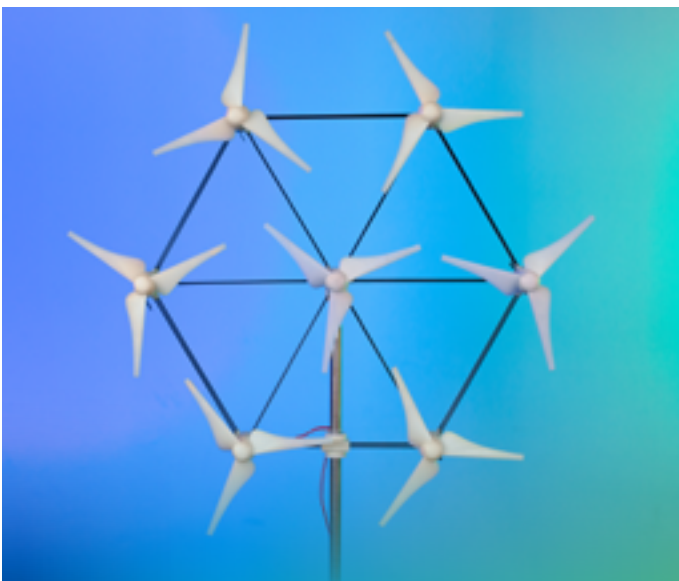


Bild: Nina Laskowski



Bild: CC4E

anfänglich auf der Entwicklung von dauerhafter akustischer Messtechnik für den Windpark und deren Anwendungsmöglichkeiten. Im Rahmen dieser wurde die messtechnische Entwicklung einer wetterfesten MEMS-Arraymesstechnik (Micro-Elektronisch-Mechanische-Systeme) realisiert. Das Projektteam erzielte im Windpark Curslack aus Messungen zahlreiche Erkenntnisse zu den Geräusch- und Ausbreitungseigenschaften der Windenergieanlagen, welche auf zwei Tagungen (DAGA 2021 und ICSV 2021) präsentiert und veröffentlicht wurden. Im Projektverlauf hat sich der Fokus von der Messtechnik hin zur Anwendung, vor allem der virtuellen Simulation von Windparks, verschoben. Das Projekt wurde im November 2020 erfolgreich abgeschlossen und hat mit dem prototypischen MEMS-Mikrofon-Array und den entwickelten Ansätzen für eine akustische Windparksteuerung, einem akustischen Monitoring und der Auralisation mit Mehrkanal-Lautsprechern den Forschungsbedarf aufgezeigt und Impulse für neue Projektideen geschaffen.

Das Teilvorhaben „X-Eptance Explore“ hat eine starke inhaltliche Verbindung zu „X-Eptance Impulse“ und befasste sich mit der virtuellen Auralisation des Windparks Curslack. Mitte 2020 wurde mit dem Digitalisierungsprojekt „Open Citizens Soundwalk“ (OCSW) der Schwerpunkt auf

die Bereitstellung von virtuellen audiovisuellen Klanglandschaften für eine breite Öffentlichkeit gelegt. Erste Projektergebnisse wurden auf der EuroVR 2020 und der DAGA 2021 dem jeweiligen Fachpublikum vorgestellt. Mit dem interaktiven Charakter der virtuellen Hörspaziergänge – sogenannten Soundwalks – steuert das Projekt einen wichtigen Beitrag zur Wissenschaftskommunikation und Bürgerbeteiligung im Bereich der Windenergieanlagen-Akustik bei.

Neben dem Arbeitsalltag musste in Zeiten von COVID-19 auch die Lehrtätigkeit angepasst werden. Mit einer Videoserie über die Windenergieanlagen in Curslack wurde eine anschauliche, multimediale Ergänzung für die Vorlesungsfächer geschaffen, die einen Einblick in die Praxis ermöglicht.

„Mit Hilfe des Forschungswindparks sowie der Großprojekte NEW 4.0 und X-Energy haben wir Forschungsergebnisse erzielt, die publiziert wurden und bereits in der Windenergiebranche verwertet werden.“

Prof. Peter Dalhoff
Stellvertretender Leiter CC4E

... im Team **Gesellschaftliche Transformation** und **Akzeptanz**

Mitte 2021 hat sich der Bereich „Umwelt und Akzeptanz“ neu konstituiert und heißt fortan Team „[Gesellschaftliche Transformation und Akzeptanz](#)“. Angesiedelt ist hier weiterhin die nicht direkt an technologischer Entwicklung orientierte Forschung am CC4E. Ziel ist es, nicht nur projektintern technologiebegleitend zu forschen, sondern die im interdisziplinär breit aufgestellten Team vorhandenen, weit gefächerten Kompetenzen und Interessen zu bündeln. So wird angestrebt, die wachsende Komplexität der Herausforderungen der Energiewende als gesamtgesellschaftliche Aufgabenstellung zu begreifen und in integrierte, inter- und transdisziplinäre Ansätze zu überführen. Der Begriff der gesellschaftlichen Transformation betont die vielfältigen Verflechtungen von an der Energiewende beteiligten gesellschaftlichen Perspektiven und Interessen und die Notwendigkeit einer reflexiven Einbindung und Vermittlung dieser.

Energiewende als gesamtgesellschaftliche Aufgabenstellung begreifen.

In dem im Jahr 2021 gestarteten Verbundprojekt NRL werden die Thematiken in den Teilprojekten „Industrielle Transformation und gesellschaftliche Teilhabe“, „Neue Markt- und Geschäftsmodelle sowie Regulatorik“, „Volkswirtschaft, Arbeitsmarkt und Qualifizierung“ und dem zum NRL-Projektmanagement zählende Modul „Dissemination“ angesprochen. Das CC4E deckt in dem Querschnittsthema „Neue Markt- und Geschäftsmodelle sowie Regulatorik“ das Lernen hinsichtlich der ökonomischen Gestaltung der Rahmenbedingungen für die Skalierung der Anwendungen bzw. den Markthochlauf ab. Das Teilvorhaben „Industrielle Transformation und gesellschaftliche Teilhabe“ begleitet die technologischen Vorhaben mit gesellschaftlich-sozioökonomischen Fragestellungen. Dabei fokussieren sich die Untersuchungen auf die Industrie im Hinblick auf Diffusion der Schlüsseltechnologien und gleichermaßen auf relevante Stakeholder. Im integrierten Forschungs-

und Diskursansatz wird in den kommenden fünf Jahren erforscht, wie die industrielle Nutzung und damit der Markthochlauf von Sektorkopplungstechnologien am Beispiel der NRL-Erprobungstechnologien bis 2030 beschleunigt werden kann. Zeitgleich wird hierbei eine gezielte Beteiligung der relevanten Stakeholdergruppen in der Projektregion in den Untersuchungsansatz mit aufgenommen. Die „Dissemination“ steuert die Gesamtprojekt- und Ergebniskommunikation und verfolgt das Ziel, die Machbarkeit der Energiewende und einer effizienten Sektorkopplung anhand von überzeugenden Beispielen aus dem NRL zu belegen.

Zuvor zusammengefasst unter dem Stichwort „Akzeptanz und Umwelt“, war der Kompetenzbereich deutlich geprägt durch die Akzeptanzforschung und -förderung im Rahmen der vierjährigen Projektlaufzeit von NEW 4.0.

Als Kernerkenntnis ist vor allem hervorzuheben, dass die Relevanz und Dringlichkeit der Energiewende deutlich im Bewusstsein der norddeutschen Bürger*innen angekommen sind. Vor dem Hintergrund der hohen Identifikation mit den politischen Zielen der Energiewende wächst allerdings auch die Unzufriedenheit mit deren Umsetzung – gerade in Hinblick auf Glaubwürdigkeit und Engagement politischer und wirtschaftlicher Akteur*innen. Daher ist es umso wichtiger, die Energiewende als gesamtgesellschaftliche Herausforderung zu verstehen und entsprechend integriert zu behandeln.

Die kommunikativen Aktivitäten des CC4E legten großen Wert auf die breite Vermittlung von Wissen – zentral repräsentiert in der [NEW 4.0-Roadshow](#), die an über 50 Stationen mehr als 10.300 Menschen über die Energiewende informieren konnte. Die intensive Presse- und Öffentlichkeitsarbeit führte zu zahlreichen Medienberichten und einer sehr hohen Bekanntheit des Verbundprojekts in der Region (28 Prozent gaben zuletzt an, NEW 4.0 zumindest dem Namen nach zu kennen).

Ebenfalls in NEW 4.0 wurde im Bereich „Aus- und Weiterbildung“ im Rahmen einer Qualifizierungsstudie konkrete Lücken und Handlungsbedarfe für

die Modellregion ermittelt. Darauf aufbauend hat sich übergreifend aus den Verbundpartnern die NEW 4.0 Akademie gegründet, die bedarfsorientierte Aus- und Weiterbildungskurse entwickelt und durchführt. Die am CC4E entwickelten Inhalte (und einige Module darüber hinaus) sind kostenfrei auf [Energiewende-Campus.de](https://www.energiwende-campus.de) abrufbar. Aktuell wird im Rahmen der NEW 4.0 Akademie eine digitale Plattform aufgebaut, auf der Dozierende eigenständig zielgerichtete Inhalte entwickeln, anbieten und vergütet bekommen können. Zudem wurde für eine jüngere Zielgruppe (Oberstufe bis Berufseinstieg) in einem Kooperationsprojekt mit der Hamburg Open Online University (HOOU) das OER-Lernangebot (Open Educational Resource) [HowToChangeARunningSystem.info](https://www.howtochangealearningssystem.info) entwickelt, das die Energiewende in einem zielgruppengerechten Design näherbringt.

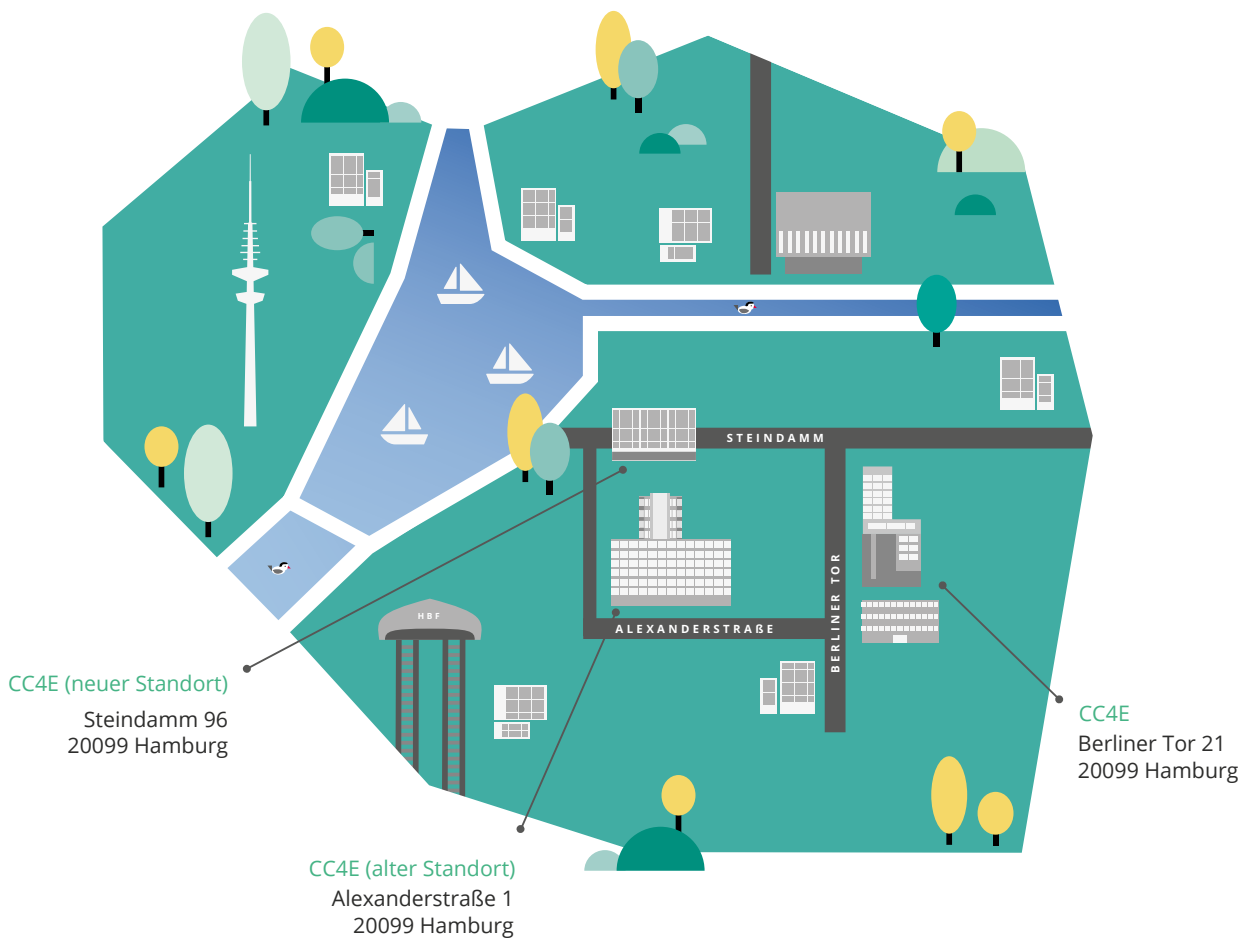
Bildung, Digitalisierung, Klimaschutz: Lernportale zum Thema Energiewende

In Anbindung an den Forschungswindpark Curslack werden in den X-Energy Teilprojekten „FLEDERWIND“ und „X-Radar“ mögliche Auswirkungen der Windenergieanlagen auf Anwohner*innen und Umwelt beforscht. Der Forschungsschwerpunkt von „FLEDERWIND“ liegt dabei in der Ermittlung des Kollisionsrisikos von Fledermäusen und Windenergieanlagen unter Einsatz technischer Detektionssysteme. „X-Radar“ untersucht den Effekt eines Systems zur bedarfsgesteuerten Nachtkennzeichnung auf die Akzeptanz von Windenergie. Wenn voll einsatzbereit, wird dieses System die für die Luftsicherheit notwendige Befeuerung der Windenergieanlagen auf ein Minimum reduzieren. Ob dies zu einer signifikanten Akzeptanzsteigerung der Anwohner*innen führen wird und wie sich der technologische Einführungsprozess in der Praxis gestaltet, soll „X-Radar“ aufzeigen.



Bild: CC4E
(Akustikkamera)

Standorte des CC4E



Das CC4E zieht um

Mit dem Technologiezentrum Energie-Campus (Am Schleusengraben) verfügt das CC4E über ein eigenes Forschungszentrum, geleitet durch Prof. Dr. Hans Schäfers. In der Alexanderstraße sind die Projektleitungen bzw. das Projektmanagement der Großprojekte, der Bereich Business Development, die Strategieplanung sowie die Leitung des CC4E mit zentralen Funktionen tätig. Von hier aus werden die insgesamt rund 30 laufenden Projekte mit insgesamt etwa 80 Mitarbeiter*innen gesteuert. Neben dem Technologiezentrum in Bergedorf und dem Standort in der Alexanderstraße arbeitet das CC4E auch am Berliner Tor. Dort ist das Wind-Team unter Leitung von Prof. Peter Dalhoff angesiedelt. An allen Standorten finden zahlreiche Besuche von internationalen Delegationen, Politiker*innen auf Minister- und Senaterebene, Parteien, Stakeholder-Gruppen sowie weiteren gesellschaftlichen Organisationen und insbesondere von zahlreichen Bürgergruppen statt. Im zweiten Quartal 2022 wird das Team der Alexanderstraße einen neuen Standort unweit am Steindamm beziehen.

Forschungsstandort Am Schleusengraben

Zu den Eckpfeilern des CC4E zählt die Infrastruktur in Bergedorf. Am Technologiezentrum Energie-Campus arbeitet ein Großteil des wissenschaftlichen Teams und auch der Forschungswindpark Curslack befindet sich in unmittelbarer Nähe – deutschlandweit eine einzigartige Konstellation.



- 
Lidar
- 
Batcorder
- 
Radar
- 
Lokaler
Batteriespeicher
- 
Windmessmast
- 
Akustik-Kamera
- 
Fledermäuse
- 
PV-Anlage

Illustration: Manja Kühn und Marc Weidemüller
Aktualisierung: Louis Fraser



Energieforschung in Hamburg-Bergedorf

Bild: Isabela Pacini

Technologiezentrum Energie-Campus

Herzstück des Technologiezentrums sind das Smart Grid-/Demand Side Integration-Labor sowie das Windlabor. Während im ersteren die Entwicklung intelligenter Lösungen für das Zusammenspiel von Energieerzeugung, -verbrauch und -speicherung im Vordergrund steht, werden im Windlabor die einzelnen Komponenten der Windenergieanlagen des angrenzenden Forschungswindparks Curslack mit Messtechnologien erforscht.

Damit spielt die Datenerhebung eine zentrale Rolle am Technologiezentrum, deren Aufnahmeradius sich umfangreich erweitert hat: Während der Datenpool für die Erhebung und Verwertung in der Vergangenheit noch deutlich begrenzter war, konnten in den letzten zwei Jahren Daten aus dem anliegenden Neubaugebiet Schilffpark am Schleusengraben mit aufgenommen werden und der gegenüberliegende Kampweg ist mit seiner Photovoltaik auf die CC4E-Leitwarte aufgeschaltet worden. Hinzu kommen die Datenmenge aus dem Windpark, die mittlerweile die Marke von 5.000 Messwerten pro Stunde überschritten haben. Zusätzlich hat das Technologiezentrum Zugriff auf zahlreiche freie Datenquellen – seien es Wetterprognosen oder Stromnetzdaten – die zu einem großen und forschungsrelevanten Datenreichtum beitragen.

Wie eingangs erwähnt, wird am Technologiezentrum Energie-Campus untersucht, wie zukünftig eine sichere und stabile Stromversorgung ermöglicht werden kann. Dies geschieht mit Hilfe von Smart Grids – ein intelligentes Stromnetz, in dem Erzeugung und Verbrauch intelligent aufeinander abgestimmt sind, etwa durch flexible Stromverbraucher und Speicher. Hierzu stehen entsprechende technische Anlagen zur Verfügung, die in einem Gebäude vereint sind. Die Besonderheit dabei: Alle Komponenten sind in den normalen Betrieb des Gebäudes integriert und das Zusammenspiel aller Komponenten kann in einem Smart

Grid untersucht werden. In Kombination mit laufenden Forschungsprojekten kann das Technologiezentrum als Modell für die Entwicklung eines neuen Energiesystems dienen.

Eine der technischen Anlagen ist die Biomethanisierung, in der Wasserstoff zusammen mit CO₂ mit Hilfe von hochspezialisierten Microorganismen (Archaeen) in Methan – also Erdgas – umgewandelt wird. Das Methan kann gespeichert werden und, wenn Strommangel besteht, zur Strom- und Wärmeerzeugung genutzt werden. Dieses Verfahren wird im Rahmen der Energiewende als wichtige Speichertechnologie für fluktuierende erneuerbare Energien bewertet. Im Sommer 2020 wurde die Biomethanisierung neu „angeimpft“. Angefangen mit einer stark verdünnten Kultur, sind diese mittlerweile auf eine Konzentration angewachsen, wie sie auch in gut funktionierenden Biogasanlagen vorkommt. Die „Ur-Organismen“ lieben eine sauerstofffreie Umgebung bei etwa 55 Grad Celsius. Im Laufe des Frühjahrs wurde dann die Marke von 90 Prozent Methan im Produktgas des Reaktors durchbrochen. Unbeeinträchtigt von der andauernden Pandemie erging es den Archaeen dementsprechend gut am Technologiezentrum Energie-Campus.

Die Gebäudetechnik am Forschungszentrum wurde auch durch neue technische Anlagen erweitert: Wie im Beitrag des Kompetenzteams Sektorkopplung und Wasserstoff berichtet, wurde eine Direct Air Captu-

„Wir brauchen effiziente und intelligente Lösungen für das Zusammenwirken von Energieerzeugung, -verbrauch und -speicherung. Dieses Regelkraftwerk können wir am Technologiezentrum durch die besondere Anwendungsnähe erproben.“

Sebastian Farrenkopf
Laborleiter Smart Grid

re (DAC) Anlage in Betrieb genommen, die vom Dach CO₂ direkt aus der Umgebungsluft „einfängt“. Das gewonnene CO₂ wird zusammen mit Wasserstoff aus der Elektrolyse in die zuvor beschriebene Biomethanisierungsanlage geleitet. Damit wird die Wirkungskette der Power-to-Gas-Anlage (PtG) geschlossen. Durch den Einsatz der DAC-Anlage wird mehr CO₂ gewonnen als der PtG-Prozess benötigt, wodurch der Gesamtprozess flexibilisiert werden kann. Zudem wird die Nutzung des CO₂ für andere Zwecke evaluiert.

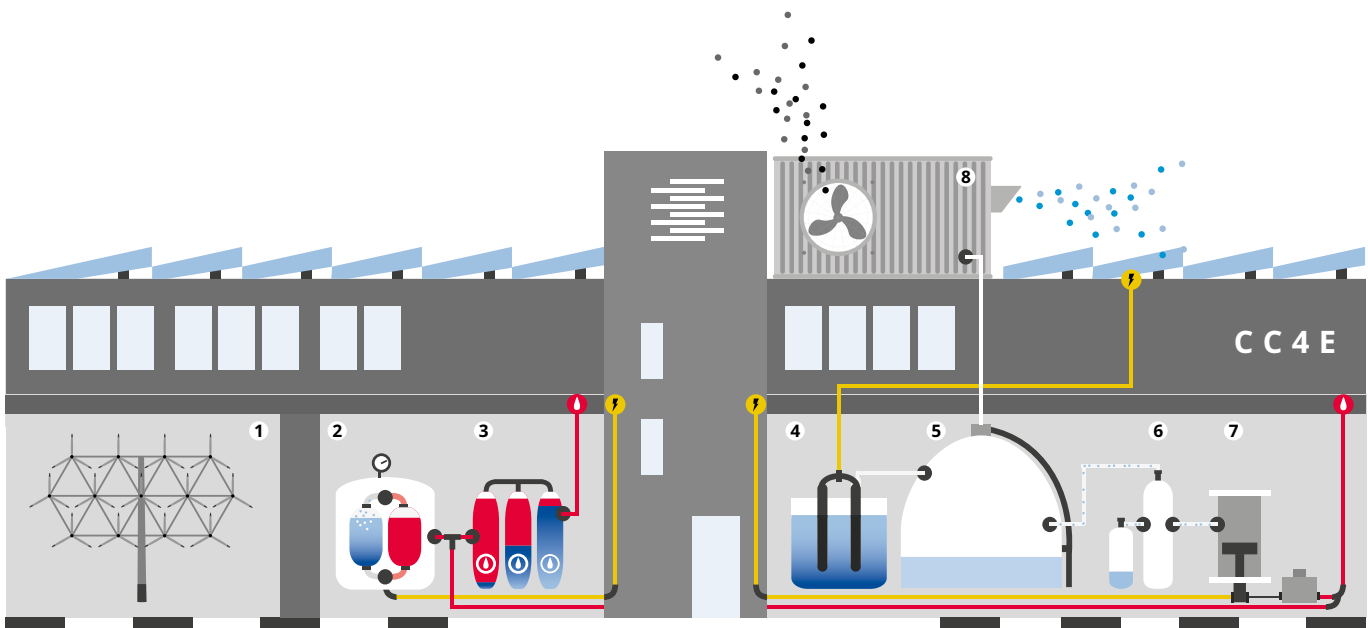
Zusätzlich wurde die Wetterstation auf dem Dach um einige Sensoren erweitert, sodass die DAC-Anlage unter Berücksichtigung der meteorologischen Einflüsse effizienter gesteuert werden kann. Dabei wurden auch einige Photovoltaikmodule neu platziert, um eine Verschattung durch die Anlage zu verhindern.

Das Aufschalten von weiteren Stellsignalen des Gasmischers und kontinuierliche Messungen zum Erreichen der direkten Was-

serstoffeinspeisung ins Blockheizkraftwerk runden das Jahr 2021 auf technischer Seite schließlich ab.

Auf Seiten von Studium und Lehre ist die erfolgreiche Umstellung des „Energy Practice Labs“ zu erwähnen. Studierende können ihr Praktikum im Rahmen des Studiums an dem Wärmeübergabestation-Teststand abhalten. Aufgrund der anhaltenden Pandemie wurden die Labortermine vollständig digitalisiert, sodass die Lehre virtuell stattfand. Eine neue Erfahrung für alle Beteiligten, die glücklicherweise die Ergebnisse und Erkenntnisse für die Studierenden nicht schmälerte.

In einen Pufferballon (Zwischenspeicher) der DAC-Anlage passt so viel CO₂, wie sich im gesamten Gebäude des Technologiezentrums befindet.



Windlabor
1. Multirotor

Smart Grid-Labor
2. Wärmepumpe
3. Kalt- & Warmwasserspeicher
4. Elektrolyse
5. Methanisierungsanlage
6. Gasmischer
7. Blockheizkraftwerk
8. DAC-Anlage

Die Pfahlgründung des Gebäudes ist zusätzlich geothermisch aktiviert.

Illustration: Manja Kühn und Marc Weidemüller
Aktualisierung: Louis Fraser

Forschungswindpark Curslack

Der Windpark Curslack wurde 2017 mit fünf Windenergieanlagen in Betrieb genommen. Bei sonst hoher Verfügbarkeit im regulären Betrieb, kam es im Jahr 2020 aufgrund der Corona-Krise häufiger zu Abschaltungen der Windenergieanlagen; verursacht durch negative Strompreise.

Der Forschungswindpark ist mit einem Condition Monitoring System ausgestattet. Zahlreiche Sensoren erfassen den Zustand der Windenergieanlagen, was eine Fehlerfrüherkennung, eine effiziente Steuerung des Windparkbetriebs und eine Steigerung der Stromproduktion ermöglicht. Darüber hinaus werden eine Vielzahl von Winddaten erfasst: Mit unterschiedlichen Messgeräten wie dem Windmessmast und den auf den Windenergieanlagen installierten LiDARs (Windmessung mit Laserlicht) werden sowohl Nachlaufwirbeln untersucht als auch Windprofile und Leistungskurven vermessen.

Nach zweijährigem Betrieb stand die erste große Wartung des 120 Meter hohen Windmessmasts im Windpark an, bei der unter anderem sämtliche Schalenkreuzanemometer ausgetauscht worden sind. In den letzten zwei Jahren war der Messmast ein wesentlicher Faktor für den Erfolg des NEW 4.0 Teilprojekts „FAT-WAKE“. Der Messmast lieferte für das Projekt die ungestörten Umgebungsbedingungen des Windparks und ist Paradebeispiel für die erfolgreiche Vernetzung zwischen Forschungsinfrastruktur und -projekt.

Darüber hinaus haben das Akustik-Team aus dem Projekt „X-Eptance Impulse“ und das Team des Projekts „FLEDERWIND“ aktive Forschung im Windpark betrieben.

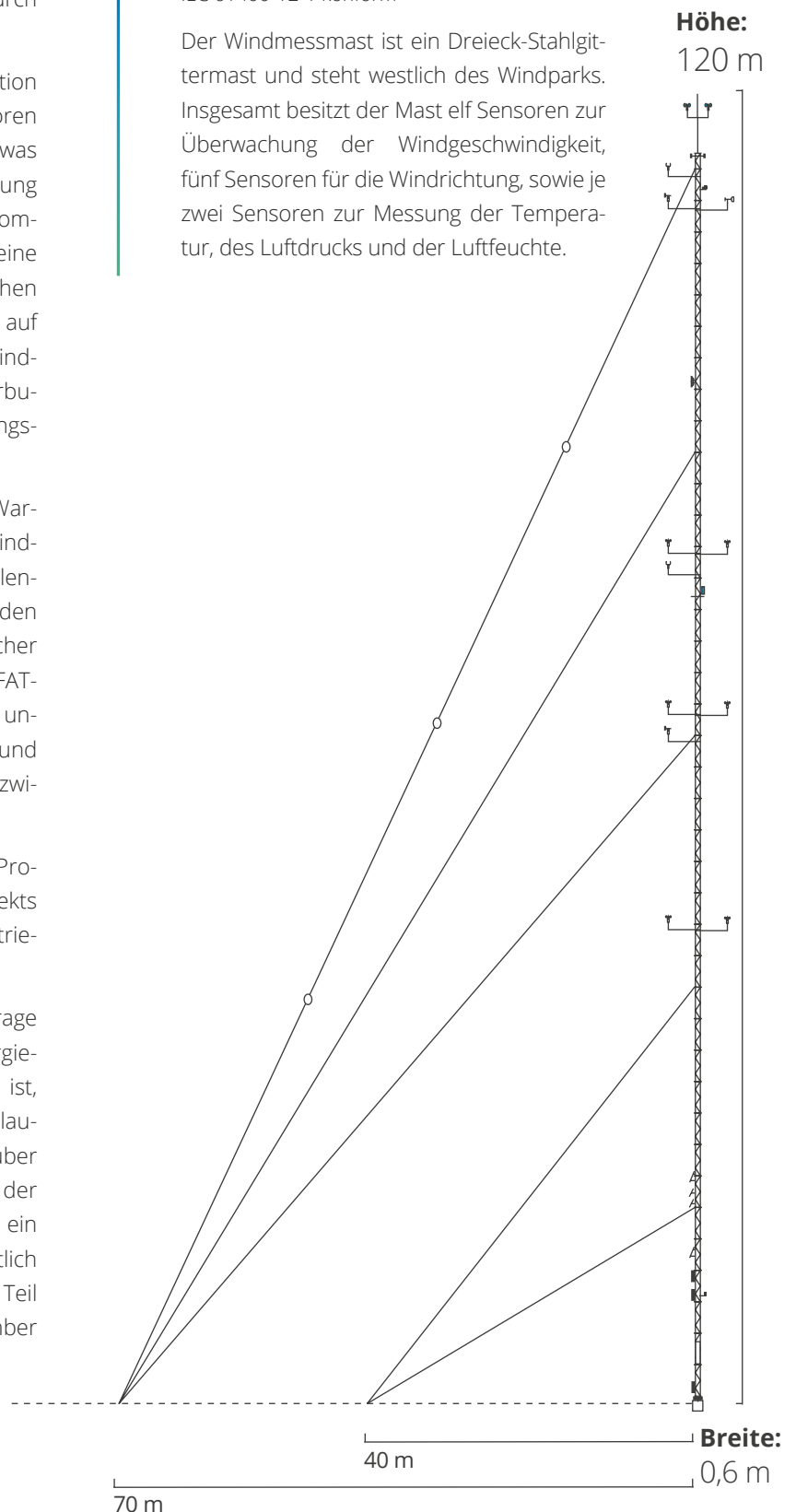
Das Akustik-Team hat sich unter anderem mit der Frage beschäftigt, wie sich das Klangbild einer Windenergieanlage in dessen Umgebung verändert. Bekannt ist, dass es vor und hinter einer Windenergieanlage am lautesten ist, vor allem die tieferen Frequenzen sind über große Distanzen noch gut hörbar. Im Nahbereich der Windenergieanlagen im Windpark lässt sich jedoch ein vielseitigeres Klangbild ermitteln, bei dem auch seitlich der Windenergieanlage typische Geräusche zum Teil deutlich wahrnehmbar sind. Dies wurde seit Dezember

Grafik: Jan Barow

Windmessmast

IEC 61400-12-1 konform

Der Windmessmast ist ein Dreieck-Stahlgittermast und steht westlich des Windparks. Insgesamt besitzt der Mast elf Sensoren zur Überwachung der Windgeschwindigkeit, fünf Sensoren für die Windrichtung, sowie je zwei Sensoren zur Messung der Temperatur, des Luftdrucks und der Luftfeuchte.



2019 durch eine Messreihe im Windpark untersucht. Weiter waren diese Erkenntnisse wichtig für die Entwicklung einer prototypischen akustischen Windparksteuerung und für die realistische Wiedergabe von Windparks im virtuellen akustischen Raum.

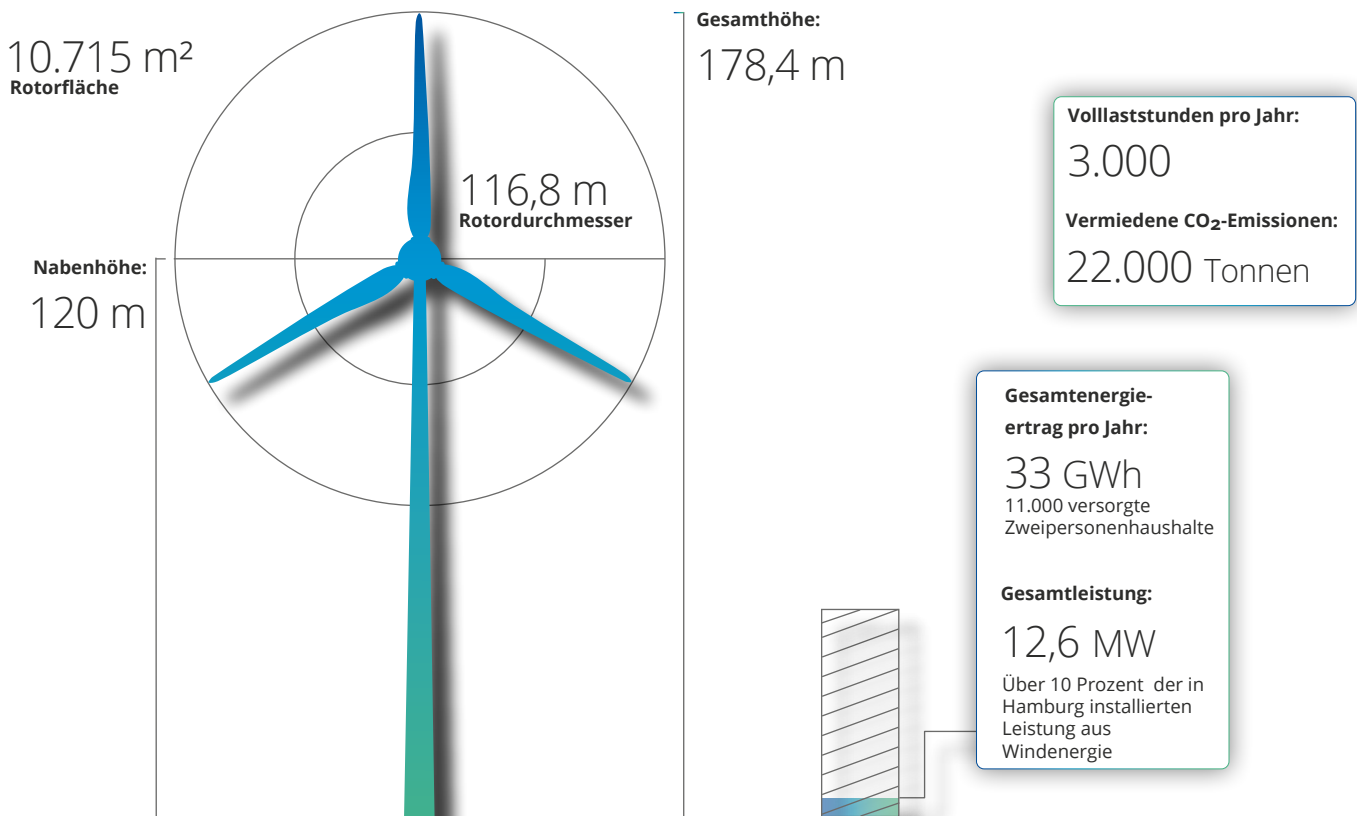
Wie im Kompetenzbereich Gesellschaftliche Transformation und Akzeptanz dargelegt, wird im Windpark Curslack auch zum Thema Kollisionsrisiko von Fledermäusen geforscht. Hierfür ist unter anderem ein Radar in kontinuierlichem Einsatz, um die Präsenz der Fledermäuse in einem großen Erfassungsvolumen bestimmen zu können. Außerdem wurden akustische Erfassungsgeräte in den Gondeln zur Arten- und Präsenzbestimmung installiert. Die gleichzeitige Nutzung dieser Geräte und die Korrelation der Daten sollen zur Entwicklung eines räumlichen Erfassungssystems führen, das in Zukunft beispielsweise für die Validierung bestehender Abschaltalgorithmen für Windenergieanlagen eingesetzt werden kann.

Losgelöst von der Forschung wurden im vergangenen Jahr sowohl in Schleswig-Holstein als auch im Windpark Curslack umfangreiche GPS-Untersuchungen durchgeführt, die das Flugverhalten von Uhus untersucht haben. Die Untersuchungen bestätigen das Ergebnis, dass kein Kollisionsrisiko für die Eulenart an den Windenergieanlagen des Forschungswindparks besteht.

Beides, Technologiezentrum Energie-Campus und Forschungswindpark Curslack, bleiben Herzstücke der Forschungsarbeiten am CC4E. Auch zukünftig werden sie zum Gelingen der Projekte und letztlich der Energiewende beitragen.

„Der Forschungswindpark Curslack vereint die Themen Technik, Umwelt und Gesellschaft im Rahmen der anwendungsnahen Windenergieforschung.“

Sven Störtenbecker
Laborleiter Wind



Grafik: Jan Barow

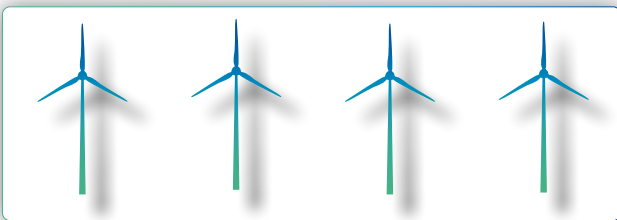


Bild: CC4E

Betreiber: **ReTec Zweite Betriebs UG & Co. KG** (beteiligt sind: CC4E Windenergie UG, Dr. Ole Augustin Planungsbüro für Umwelttechnik, Hamburg Energie GmbH)

Lage: **Bergedorf-Curslack**
Anzahl der Windenergieanlagen: **5**

Inbetriebnahme: **September 2017**
Betriebsdauer: **20 Jahre**

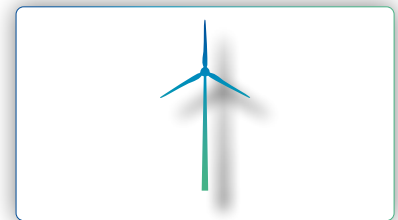


4 x **Nordex N117/2400 (Generation Gamma)**

Nennleistung jeweils
2,4 MW

3,0 m/s
12,5 m/s
20,0 m/s

Einschaltwindgeschwindigkeit
Nennwindgeschwindigkeit
Abschaltwindgeschwindigkeit



1 x **Nordex N117/3000 (Generation Delta)**

Nennleistung
3,0 MW

3,0 m/s
12,6 m/s
25,0 m/s

Im Gespräch mit **dezera**

dezera wurde 2015 von insgesamt sechs wissenschaftlichen Mitarbeitern des CC4E der HAW Hamburg gegründet, darunter Matthias Kühl, Bastian Hey und Johannes Braunagel, die das Start-up bis heute erfolgreich führen. Sie entwickeln dabei Lösungen für eine verbesserte Effizienz im Gesamtenergiesystem, indem dezentrale Anlagen mit der Energiewirtschaft intelligent vernetzt werden.

Um dezera und das Team dahinter noch etwas besser kennenzulernen, sprachen wir mit Matthias Kühl und Bastian Hey zu den Anfängen und ihrem Weg zum Erfolg.

Matthias, wie kam es damals zu der Idee, Software-Lösungen zu entwickeln, damit Unternehmen den Betrieb von Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen (KWK-Anlagen) flexibel und prognosebasiert optimieren können?

Matthias: Schon vor der Gründung von dezera haben wir am CC4E häufig Auftragsforschung gemacht, das heißt wir haben sehr praxisorientiert gearbeitet. Dadurch bekamen wir auch Einblicke in die verschiedenen Prozessabläufe innerhalb und zwischen Unternehmen. Uns ist aufgefallen, dass beispielweise die Abteilung Softwareentwicklung und die Abteilung Energiewirtschaft aufgrund eines anderen Fokus bei Problemstellungen häufig nicht optimal miteinander kommunizieren – sie verständigen sich quasi in unterschiedlichen Sprachen. Dadurch werden Lösungen vielfach unnötig verkompliziert. Da es bis zu diesem Zeitpunkt keine Anbieter am Markt gab, die sich dem angenommen haben, war die Entscheidung, selbst tätig zu werden, recht früh gefallen.

Das ist jetzt sechs Jahre her. Was sind eure Erfahrungen in dieser Zeit, wie wird die Lösung von Unternehmen angenommen?

Matthias: Am Anfang von dezera mussten wir nicht selten noch Überzeugungsarbeit leisten. Jedoch spielte uns die Entwicklung rund um die erneuerbaren Energien in die Karten. Wir waren von Anfang an davon überzeugt, dass unsere Idee funktioniert. Die Volatilität im Börsenpreis für Strom ist heute teilweise sehr hoch. Dadurch ist schnell ersichtlich, dass Unternehmen mit transparenten und flexiblen Lösungen, wie flex.ENERGY von dezera, eine viel höhere Wirtschaftlichkeit ihrer Anlagen erzielen können. Dies führt bei Unternehmen zu einer hohen Akzeptanz für unsere Lösungen. So op-

timieren wir mittlerweile kontinuierlich 75 Anlagen mit über 56 Megawatt elektrischer Leistung. Neben Stadtwerken arbeiten wir schon länger mit der GETEC WÄRME & EFFIZIENZ GmbH zusammen und haben mit der E.ON Energy Solutions Ltd. einen Kunden, für den wir Anlagen außerhalb von Deutschland betreuen.

Was ist das Besondere an den Lösungen, die dezera bietet?

Bastian: Im Kern ermöglicht unsere prognosebasierte Anlagenplanung, bessere Erlöse für die Stromproduktion von KWK-Anlagen zu erzielen. Gleichzeitig halten Kunden bei der Anwendung ihre Wärmelieferpflicht ein. Im Detail bieten unsere Lösungen dabei eine vollautomatisierte Einsatzoptimierung; von der Anbindung einer Anlage auf Automatisierungsebene bis hin zu der Meldung von Fahrplänen beim Energiehändler. Dadurch können auch kleine Anlagen kosteneffizient berücksichtigt werden. Außerdem erfolgt durch die Verwendung von KI-basierten Prognosealgorithmen eine sehr genaue Wärmebedarfsprognose und ein vorausschauendes Speichermanagement der Anlagen. Und durch die flexible und skalierbare Software-as-a-Service-Lösung ist es möglich, dass unsere Lösungen überall zum Einsatz kommen – von der kleinen Heizzentrale bis hin zu ganzen Flotten dezentraler KWK-Anlagen und Wärmepumpen.

Können Sie ungefähr das Einsparpotenzial für Unternehmen beziffern, die eure Lösungen implementieren?

Matthias: Im Schnitt erreichen unsere Kunden durch Einsparung beispielsweise der Gaskosten und der Steigerung des verkauften Stroms eine Erlössteigerung von rund 30 Prozent.

Wie sieht es in den nächsten Jahren aus? Wo seht ihr die Zukunft von dezera?

Matthias: Um es ein wenig ideell auszudrücken: Unser großes Ziel ist die Beschleunigung der Energiewende – das ist das, wovon wir überzeugt sind. Als einen wichtigen Baustein sehen wir die Integration von Wärmepumpen und davon würden wir gern mehr in unser System aufnehmen. Bei herkömmlichen Anlagen wird immer noch Gas verbrannt und CO₂ imitiert. Durch die Anbindung an Fernwärmesysteme und den Einsatz von Wärmepumpen, gibt es hingegen deutlich mehr Möglichkeiten, um CO₂ zu reduzieren. Diese Lösung bietet sich für eine Vielzahl von Endkunden an, da sie keine kostspieligen Umbaumaßnahmen oder ähnliches vornehmen müssten. Wenn wir den Betreibern nun gleichzeitig noch einen finanziellen Vorteil bieten, indem wir es schaffen, den Stromverbrauch auf einen niedrigen Börsenpreis zu optimieren, dann haben wir eine Win-Win-Situation für alle Beteiligten geschaffen. Um also auf die ursprüngliche Frage zurückzukommen: Da möchten wir stärker hin. Letztlich hängt aber natürlich vieles vom Kunden ab.

Welche Tipps könnt ihr Studierenden mitgeben, die sich aus einer Forschungsidee heraus selbstständig machen möchten?

Bastian: Ein wichtiger Punkt ist in jedem Fall, dass man sich mit möglichst vielen Leuten austauschen sollte, um unterschiedliche Meinungen und vor allem Ideen, Tipps und Tricks einzuholen. An vielen Hochschulen gibt es Gründerservices und -netzwerke, die unterstützen können. Wichtig ist auch, dass man sich genau bewusst macht „Was kann ich selbst zu meiner Idee beitragen bzw. was kann ich mir selbst beibringen?“ und „Wo genau benötige ich Unterstützung von außen?“. Bei uns war es beispielsweise so, dass wir eine genaue Vorstellung von der technischen Lösung und deren Umsetzung hatten; die betriebswirtschaftlichen und marketingrelevanten Aspekte hingegen haben wir aber vollkommen unterschätzt. Hätten wir von Anfang an jemanden im Team gehabt, der uns dabei unterstützt, wäre einiges leichter und schneller gelaufen. Ein weiterer Aspekt ist die Anzahl der Personen bei der Gründung. Aus unserer Erfahrung sollten es nicht zu viele sein. Wir sind beispielsweise mit sechs Kollegen gestartet – anfangs noch komplett nebenberuflich, später dann in Teilzeit – und es war schwierig, alle individuellen Ziele und Vorstellungen vom gemeinsamen Business übereinzubekommen.

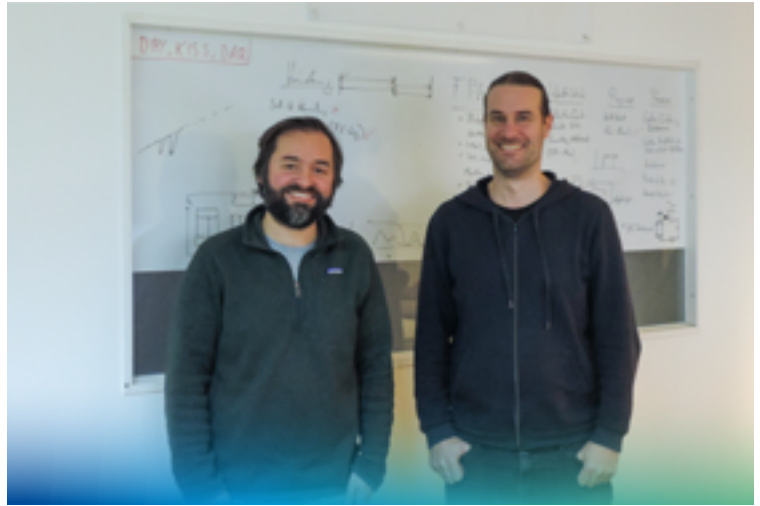


Bild: Jenny Capel

Das führte zu einer anfänglichen Inflexibilität. Wichtig ist es daher, die Ziele und benötigten fachlichen Kenntnisse von Anfang an genau zu definieren.

Für die neue Regierungskoalition hat der Klimaschutz oberste Priorität. Was würdet ihr Robert Habeck als Bundesminister für Wirtschaft und Klimaschutz beispielsweise mit auf den Weg geben, damit die erneuerbaren Energien mehr Fahrt aufnehmen?

Matthias: Im Grunde müsste das, was im Koalitionsvertrag vereinbart wurde, nur konsequent umgesetzt werden. So auch bei den Wärmepumpen beispielsweise. Sie haben einen sehr hohen Stromverbrauch. Durch die aktuellen Bestimmungen der EEG-Umlage ist der Betrieb einer solchen Pumpe nicht rentabel. Die geplante Abschaffung der Umlage ab 2023 ist daher ein starkes und richtiges Signal für den Markt. Auch der geplante massive Ausbau erneuerbarer Energien sehen wir als Schritt in die richtige Richtung. Obwohl die Dekarbonisierung der Fernwärme im Vertrag nicht explizit angesprochen wurde, werden durch die CO₂-Abgabe konventionelle Kraftwerke unrentabler. Die wenigen, die sich dann noch am Markt halten können, müssen entsprechend flexibel betrieben werden, bis wir eine komplette Umstellung erreichen. Wir sind daher sehr zuversichtlich und freuen uns auf die kommenden Jahre.



Rödingsmarkt 14
20459 Hamburg

www.dezera.de

Das **CC4E als Impulsgeber** für exzellente Forschung und Wissenstransfer

Mit der Erweiterung des Standorts Bergedorf um das Demonstrationszentrum Sektorkopplung soll die Funktion des CC4E als Impulsgeber für Wissenschaft und Industrie gestärkt werden. Die Herausforderungen, die sich aus dem Umbau der Energieversorgung, und dem dafür nötigen Klimaschutz ergeben, sind vielfältig. In den kommenden Jahren wird es verstärkt darum gehen, die geschaffenen und im weiteren Ausbau befindlichen Erzeugungsstrukturen für erneuerbare Energie sinnvoll durch die Kopplung mit den Sektoren Mobilität, Wärmeversorgung von Gebäuden und Industrie zu integrieren. Nur so wird eine langfristig stabile, umweltverträgliche und kostengünstige Energieversorgung sichergestellt.

Um dies zu ermöglichen, ist der Aufbau eines Demonstrationszentrums für Sektorkopplung geplant. Das Demonstrationszentrum wird Hamburg zum Vorreiter in der umfassenden Sektorkopplung für erneuerbare Energien, Gas, Strom und Mobilität werden lassen. Dies schafft die Möglichkeit, die zentrale systemische Positionierung von Wasserstoff- und Sektorkopplungstechnologien in verschiedenen Varianten und Nutzungsketten zusammen mit Partnerunternehmen zu erproben und zu demonstrieren.

Hierfür arbeiten das CC4E und das Fraunhofer-Institut für Windenergiesysteme IWES in einer strategischen Partnerschaft zusammen. Im Rahmen der Partnerschaft entwickelt das Fraunhofer IWES in den nächsten Jahren das Anwendungszentrum „Integrierte Lokale Energiesysteme für die Sektorkopplung“ (AWZ-ILES) am Standort Bergedorf. Wichtigster Baustein der Zusammenarbeit ist hier das gemeinsam geplante Gebäude mit entsprechenden Laboren und Büroräumen. Durch die Kombination und Vernetzung der Initiativen besteht die Möglichkeit im Umfeld des Anwendungszentrums einen komplementären Forschungsstandort zur Sektorkopplung mit Wasserstoff als Erweiterung der vorhandenen Infrastruktur aufzubauen.

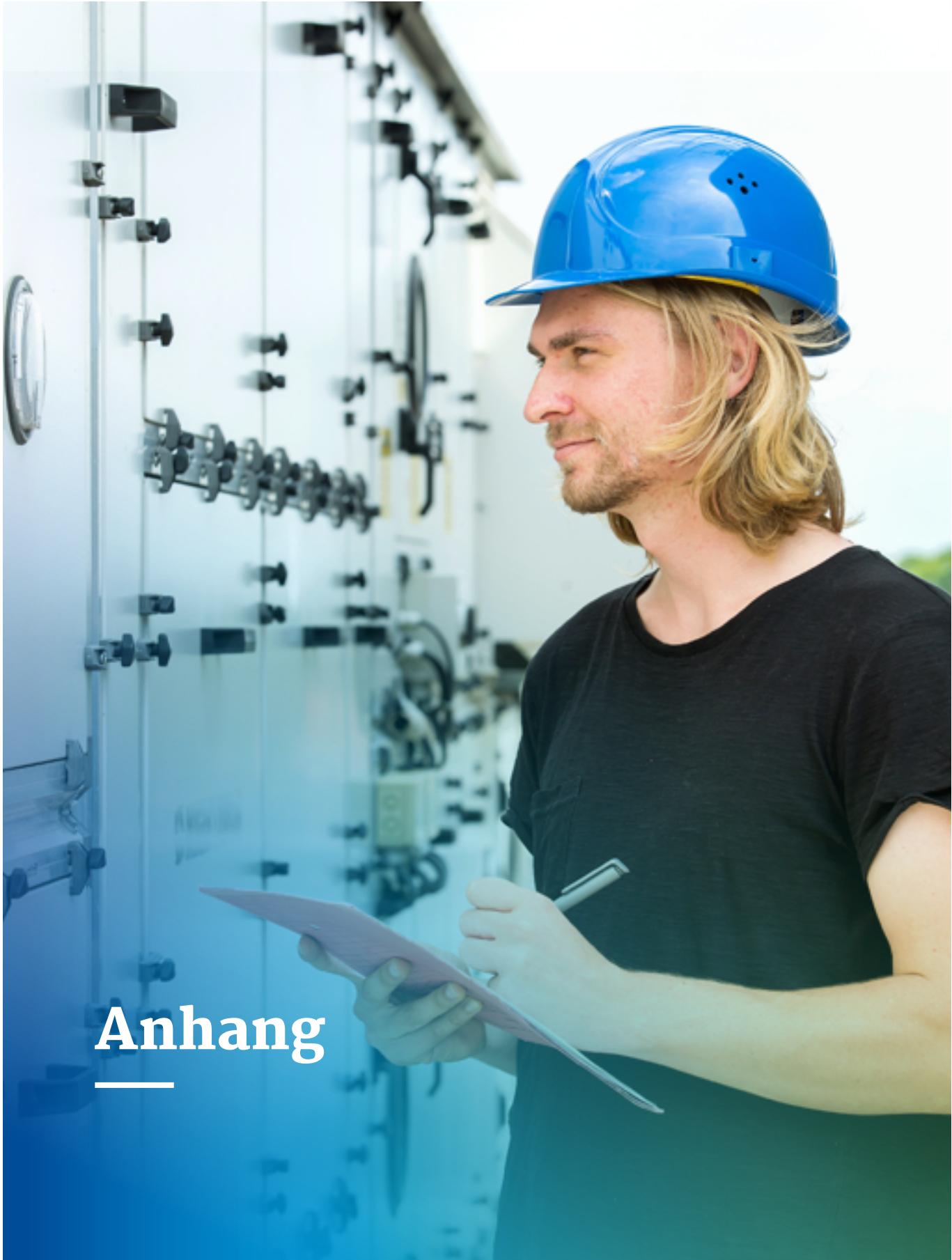
Gemeinsam mit dem Fraunhofer IWES ist ein Demonstrationszentrum für Sektorkopplung am Standort Hamburg-Bergedorf geplant.

Eine weitere forschungsrelevante Kooperation stellt die Zusammenarbeit mit dem Energieforschungsverbund Hamburg (EFH) dar. Als Mitglied des EFH blickt das CC4E stolz auf die neue Website des Hochschulverbunds, die seit Ende letzten Jahres auf der Homepage der Behörde für Wissenschaft, Forschung, Gleichstellung und Bezirke (BWFGB) unter hamburg.de zu finden ist. Zu diesem kommunikativen Neustart freut sich der EFH ebenfalls auf den Plattformen Twitter und LinkedIn vertreten zu sein und dort schon bald aktiv über die Energieforschungsaktivitäten kommunizieren und diskutieren zu können. Der Standort Hamburg mit dem EFH und der BWFGB wird im Sommer 2022 die Schirmherrschaft für die Norddeutsche Wissenschaftsministerkonferenz (NWMK) übernehmen und zur Energieforschungsfachtagung einladen. Darüber hinaus lädt die HAW Hamburg als EFH-Mitglied im Frühjahr zum Energieforschungskolloquium für Nachwuchswissenschaftler*innen ein. Die 2021 durchgeführte Webinarreihe „Grüner Hafen“ soll auch 2022 wieder stattfinden.



Hinter den Kulissen

Bild: Daniel Reinhardt | NEW 4.0



Anhang

Bild: Isabela Pacini

Kompetenzteams

Leitungsteam

Beba, Werner (Prof. Dr.)	CC4E	Leiter CC4E
Becker, Janine / Grupe, Nadja	CC4E	Geschäftsführung
Blicker, Mike	CC4E	Wissenschaftliche Teamleitung
Dalhoff, Peter (Prof.)	CC4E	stellv. Leiter CC4E
Schäfers, Hans (Prof. Dr.)	CC4E	stellv. Leiter CC4E

CC4E Office

Alvarez, Astrid	CC4E
Arendt, Oliver (Dr.)	NEW 4.0 X-Energy
Barow, Jan	NEW 4.0
Brandt, Susann-Viola	NEW 4.0 NRL
Capel, Jenny	CC4E
Farrenkopf, Sebastian	CC4E
Grupe, Nadja	CC4E X-Energy
Haase, Deike	NEW 4.0 CC4E
Herrnsdorf, Stella	CC4E
Hey, Bastian	CC4E
Hinz, Elvira	CC4E
Huckebrink, Jan-Hendrik	CC4E X-Energy
Laskowski, Nina	CC4E
Miß, Mechtild	NEW 4.0 NRL
Preikschat, Annette	X-Energy
Rathje, Franziska	CC4E EFH
Restrepo, Lorenz Nicolas	NRL
Schiemann, Kirsten	CC4E
Steffen, Jaqueline	CC4E
Süthoff, Lasse	NEW 4.0
Vuthi, Petrit	CC4E EFH
Wilken, Wega	CC4E
Wohlfahrt, Rafael	NEW 4.0 EFH

Team Wind

Anselm, Rudolf	X-Energy
Anstock, Fabian	X-Energy
Heutelbeck, Dirk	NEW 4.0
Khisraw, Abdullah	X-Energy
Krapivnitckaia, Polina	X-Energy
Kreutzfeldt, Jannes	X-Energy
Mellert, Sebastian	X-Energy
Petersen, Iwer	X-Energy
Reinwardt, Inga	NEW 4.0
Schilling, Levin	NEW 4.0
Schütt, Marcel	X-Energy
Störtenbecker, Sven	X-Energy
Wenzel, Tobias	X-Energy
Zarnekow, Marc	X-Energy

Team Wärme

Bischke, Fabian	Smart Pro Heat
Fuhrmann, Malte	Stadtwerke Geesthacht Wärmenetze 4.0 Smart Pro Heat
Herrmann, Ina	Smart Pro Heat

Janßen, Philip Eike	Smart Heat Grid IW ³
Kernstock, Paul	Smart Heat Grid IW ³
Kicherer, Nina	Smart Pro Heat IW ³
Lorenzen, Peter	Smart Heat Grid IW ³
Papke, Alexander	Smart Pro Heat IW ³
Tillmann, Philip	Smart Heat Grid IW ³
Trosdorff, Jan	IW ³
Verbeck, Moritz	Smart Pro Heat EBH

Team Sektorkopplung und Wasserstoff

Ahrberg, Malte	X-Energy
Aniol, Kaja	mySmartLife
Bahlo, Rune	X-Energy
Decher, Simon	mySmartLife
Grasenack, Martin	NEW 4.0 NRL
Jaschinsky, Marcus	NEW 4.0
Jürgens, Lucas	NEW 4.0 NRL
Kim, Yong Sung	X-Energy
Kola, Kristi	NEW 4.0
Krohn, Lucas	X-Energy
Limburg, Wolf	X-Energy
Melnik, Natalie	NEW 4.0
Off, Sandra (Dr.)	NEW 4.0 X-Energy
Rößler, Benjamin	X-Energy
Schütte, Carsten	NEW 4.0 NRL
Sotirov, Anthony	NEW 4.0
Wang, Zixian	NEW 4.0
Weihe, Kathrin	X-Energy
Wiertzema, Holger	NRL
Zachariassen, Hendrik	X-Energy EFH

Team Gesellschaftliche Transformation und Akzeptanz

Arndt, Pia	NEW 4.0 NRL
Bannert, Jonas	NEW 4.0 NRL
Drews, Nikolai	NEW 4.0 X-Energy
Guzic, Isabell	NEW 4.0
Lichtenberg, Lia	NEW 4.0 NEW 4.0 Akademie
Röben, Felix	NEW 4.0 NRL
Schmidt, Christin	NRL
Schoenfeldt, Anna	NEW 4.0 NRL
Schritt, Helge	X-Energy
Weidemüller, Marc	NEW 4.0 NEW 4.0 Akademie
Welle, Laura	NEW 4.0 X-Energy
Meyer-Ghosh, Sandra (Dr.)	NEW 4.0 NRL

Promovierende

Die HAW Hamburg verfügt als Hochschule derzeit nicht über das Promotionsrecht, unterstützt jedoch die Anbahnung und Durchführung von Promotionen in Zusammenarbeit mit promotionsberechtigten Hochschulen im In- und Ausland. Auch das CC4E beteiligt sich an solchen Promotionskooperationen und begleitet aktuell 22 Promovierende in den vier Kompetenzteams.

Team Sektorkopplung und Wasserstoff

Bahlo, Rune

Solvent Liquefaction of Wood under a Hydrogen Atmosphere
University of the West Scotland

Grasenack, Martin

Netzwiederaufbau unter Einbeziehung von Sektorkopplung
Universität Stuttgart // vls. Promotionsabschluss 2024

Röben, Felix

Smart Balancing of Electrical Power - Transparent Real-Time Market for Cost-Efficient Power Balancing
Europauniversität Flensburg // Promotionsabschluss 2022

Rößler, Benjamin

Electromethanogenesis without adding Hydrogen in a novel Pressure-Controlled Reactor
TUHH // vls. Promotionsabschluss 2023

Trinkhahn, Christian

Realbedarfsoptimierung bei der Dimensionierung von Energiespeichern
TU Berlin // vls. Promotionsabschluss 2023

Vuthi, Petrit

Das Quartier als Systemdienstleister für die Energiewende: Betriebskonzeptanalyse von Anlagenparks für die Bereitstellung von Netzdienstleistungen bis hin zur Autarkie mit Hilfe eines gekoppelten Simulationssystems
HafenCity Universität

Team Wärme

Janßen, Phillip

District heating system state analysis by anomaly and flexibility detection based on state estimation, measurements and simulation for system evaluation with quantified and qualified data.
Polytechnische Universität in Valencia // vls. Promotionsabschluss 2023

Lorenzen, Peter

Smart Heat Grid: Intelligent concepts for construction and flexible operation of district heating systems based on measurement and simulation to increase the integration of more renewable energies in electric and heat generation
Polytechnische Universität in Valencia // vls. Promotionsabschluss 2022

Trosdorff, Jan

Bedarfsprognosen für intelligente Wärmenetze
HafenCity Universität // vls. Promotionsabschluss 2023

Team Wind

Anstock, Fabian

Conceptual design comparisons of two- and three-bladed 20 MW offshore wind turbine with emphasis on dynamical loads
Leibniz Universität Hannover

Herrmann, Jenni

Werkstoffauswahl für Windenergieanlagen-Rotorwellen im Hinblick auf Betriebsfestigkeits- und bruchmechanische Aspekte
Universität Rostock // Promotionsabschluss 2020

Khisraw, Abdullah

Design optimization of multirotor wind turbines for operation and maintenance (Arbeitstitel)
HSU Hamburg // vls. Promotionsabschluss 2025



Bild: CC4E

Kim, Manuel

Lastanalyse am Azimutsystem großer Windenergieanlagen
Uni Wuppertal // vls. Promotionsabschluss 2022

Mellert, Sebastian

Verbesserte Schallemissionsmessung im Umfeld von Flughäfen und Windparks durch den Einsatz von Array-Messtechnik
HafenCity Universität

Petersen, Iwer

A practical approach to synthetic soundscape creation and evaluation on the example of wind turbine noise (Arbeitstitel)
HCU Hamburg

Reinwardt, Inga

Validierung und Verbesserung von Nachlaufmodellen zur standortspezifischen Last- und Leistungsberechnung in Windparks
HCU Hamburg // Promotionsabschluss 2021

Schütt, Marcel

Strukturelle Eigenschaften des Rotordesigns von 20 MW Zweiblatt-Windenergieanlagen mit Fokus auf den Unterschieden zu Dreiblatt-Windenergieanlagen
Leibniz Universität Hannover

Störtenbecker, Sven

Auslegung und Optimierung von Multirotor Tragstrukturen (Arbeitstitel)
HSU Hamburg // vls. Promotionsabschluss 2022

Wenzel, Tobias

Emission control and preventive maintenance of wind turbines based on a novel, robust, low-cost acoustical monitoring system with special resolution
University of the West of Scotland

Zarnekow, Marc

Vibroakustische Optimierung der Hauptantriebsstrangkomponenten einer Windenergieanlage
HSU Hamburg // vls. Promotionsabschluss 2022

Team Wind

Krapivnitckaia, Polina

Bat Detection and Flight Pattern Study of Bats in a Wind Park Using a Combination of Detection Methods as a Basis for Mitigation Measures
Leibniz Universität Hannover // vls. Promotionsabschluss 2022

Kreutzfeldt, Jannes

Entwicklung eines kombinierten Objekterfassungssystems aus Radar, akustischer Erfassung und Wärmebilderfassung (RAW) mit dem Ziel der Entwicklung von Risikominderungsmaßnahmen zum Schutz von Fledermäusen an Onshore-Windenergieanlagen – Schwerpunkt Radar
Leibniz Universität Hannover // vls. Promotionsabschluss 2022

Publikationen

In den Jahren 2020 und 2021 wurde eine Vielzahl von Veröffentlichungen in Form von Diskussionen, Studien, Berichten und anderen Formaten erstellt. Der Fokus der folgenden Liste liegt auf den wissenschaftlichen Publikationen der Forschenden des CC4E.

Die Veröffentlichungen werden nach Kompetenzteams unterschieden:

- Team Sektorkopplung und Wasserstoff
- Team Wind
- Team Wärme
- Team Gesellschaftliche Transformation und Akzeptanz

Hinweis: In dieser Auflistung sind ausdrücklich nicht die im Rahmen vom CC4E entstandenen akademischen Abschlussarbeiten (Bachelor-, Master- oder Doktorarbeiten), Vorträge und Präsentationen auf Fachveranstaltungen oder die zahlreichen Gastbeiträge und Berichte über das CC4E in Presse oder Fachmedien enthalten.

Team Sektorkopplung und Wasserstoff

- Lichtenberg, Gerwald/ Carlos Cateriano Yáñez/ Georg Pangalos/ Kathrin Joung Ah Weihe (2020): Constrained Linear State Signal Shaping Model Predictive Control for Harmonic Compensation in Power Systems, In: IFAC-PapersOnLine, Bd. 53, Nr. 2, S. 6937-6942, DOI: 10.1016/j.ifacol.2020.12.404
- Schäfers, Hans/ Simon Decher/ Kaja Aniol (2021): Untersuchung der Systemdienlichkeit von Wasserstoffrückverstromung mit Kraft-Wärme-Kopplung, In: ETG-Fachbericht, Band 163, DOI: 10.48441/4427.252
- Röben, Felix/ Anna Christin Meissner (2020): Market Response for Real-Time Energy Balancing with Fuzzy Logic, In: 2020 17th International Conference on the European Energy Market (EEM), DOI: 10.1109/eem49802.2020.9221945
- Schäfers, Hans/ Felix Röben/ Anna Meißner/ Jerom E. S. De Haan (2021): Smart balancing of electrical power in germany : Fuzzy logic model to simulate market response, In: Energies, Bd. 14, Nr.8, S.2309, DOI: 10.3390/en14082309
- Grasenack, Martin/ Lucas Jürgens/ Anna Christin Meißner/ Pedro Giron/ Mike Vogt/ Kaspar Knorr (2020): Design and evaluation of a last-minute electricity market considering local grid limitations, In: 2020 17th International Conference on the European Energy Market (EEM), DOI: 10.1109/EEM49802.2020.9221870
- Sievers, Anika/ Willner, Thomas: Fuels from Waste and Hydrogen – The HAW Hamburg Approach. Proceedings of the 9th Conference on Mobility in a Globalised World, Hamburg 23.-24.09.2019, in print for publishing in 2020
- Willner, Thomas.: Climate Protection in the Transport Sector – the Key Role of Alternative Fuels. Proceedings of the 9th Conference on Mobility in a Globalised World. Hamburg 23.-24.09.2019, in print for publishing in 2020

Team Wind

- Schorbach, Vera/ Tilo Alexander Weiland (2021): Wind as a back-up energy source for mars missions, in: Acta astronautica, DOI: 10.1016/j.actaastro.2021.11.013.
- Schorbach, Vera/ Fabian Anstock (2020): A control cost criterion for controller tuning of two- and three-bladed 20 MW offshore wind turbines, In: Journal of physics / Conference Series, Bd. 1618, Nr.2, DOI: 10.1088/1742-6596/1618/2/022062
- Schorbach, Vera/ Marcel Schütt/ Fabian Anstock (2020): Progressive structural scaling of a 20 MW two-bladed offshore wind turbine rotor blade examined by finite element analyses, In: Journal of physics, Bd. 1618, DOI: 10.1088/1742-6596/1618/5/052017

- Schorbach, Vera/ Marcel Schütt/ Fabian Anstock (2021): A procedure to redesign a comparable blade structure of a two-bladed turbine based on a three-bladed reference, Nr.1 in: Journal of physics / Conference Series, DOI:10.1088/1742-6596/2018/1/012035
- Ueberle, Friedrich/ Sebastian Mellert, Dagmar Rokita (2021): Analysis of the lateral noise propagation of a large wind turbine with an acoustic camera, ISBN: 978-83-7880-799-5 Silesian University Press
- Ueberle, Friedrich/ Iwer Petersen/ Sebastian Mellert/ Birgit Wendholt/ Dagmar Rokita (2020): Using audio-visual immersion to improve acceptance of wind energy projects, In: VTT technology, Bd.2020 Nr.381 S.97-100, DOI: 10.32040/2242-122X.2020.T381
- Ueberle, Friedrich/ Iwer Petersen/ Sebastian Mellert/ Birgit Wendholt/ Dagmar Rokita (2021): Immersive, audio-visuelle VR Umgebungen zur Akzeptanzförderung von Wind-Energie-Anlagen, In: Fortschritt der Akustik, Bd. 47, S. 1253-1256, ISBN: 978-3-939296-18-8
- Rokita, Dagmar/ Friedrich Ueberle/ Sebastian Mellert (2021): Soundwalk as a tool for the recognition of calm or annoying areas, Hamburg, Deutschland: Silesian University Press. ISBN: 978-83-7880-799-5
- Dalhoff, Peter/ Levin Schilling (2021): PiezoWind : Öffentlicher Abschlussbericht ; Untersuchung des Materialverhaltens von piezoelektrischen Flächensensoren unter Betriebsbedingungen von Großwälzlagern in Windenergieanlagen-Triebsträngen, DOI: 10.48441/4427.13
- Dalhoff, Peter/ Sven Störtenbecker/ Rudolf Anselm (2020): Simplified approach for the optimal number of rotors and support structure design of a multi rotor wind turbine system, In: Journal of physics, Bd. 1618, Nr. 3, DOI: 10.1088/1742-6596/1618/3/032009
- Dalhoff, Peter/ Sven Störtenbecker/ Rudolf Anselm/ Mukunda Tamang (2020): Simplified support structure design for multi rotor wind turbine systems, In: Wind energy science, Bd.5, Nr. 3, S. 1121-1128, DOI: 10.5194/wes-5-1121-2020
- Dalhoff, Peter/ Levin Schilling/ Inga Reinwardt/ Dirk Steudel/ Michale Breuer (2020): Extension of the DWM model towards a static model for site-specific load simulations, In: Journal of physics, Bd. 1618, DOI: 10.1088/1742-6596/1618/6/062007
- Grätsch, Thomas (2021): Reduzierung von Tonalitäten mit Hilfe eines vibroakustischen Simulationsmodells, In: 11. Rheiner Windenergie-Forum 2021 : 29. und 30. September 2021, KCE-Akademie, Rheine: Kötter Consulting Engineers GmbH & Co. KG, S.125-147, URI: <http://hdl.handle.net/20.500.12738/11873>
- Ihlenburg, Frank/ Thomas Grätsch/ Marc Zarnekow (2021): Transmission and radiation of sound from wind turbines : Methodical studies with the FEM, In: 14th WCCM & ECCOMAS Congress 2020 : virtual congress, 11-15 January, 2021 S. 1081, URI: <http://hdl.handle.net/20.500.12738/11277>
- Ihlenburg, Frank/ Thomas Grätsch/ Marc Zarnekow (2020): An Efficient Approach to the Simulation of Acoustic Radiation from Large Structures with FEM, In: Journal of theoretical and computational acoustics, Bd. 28, Nr. 4, DOI: 10.1142/S2591728519500191
- Ihlenburg, Frank/ Thomas Grätsch/ Marc Zarnekow (2021): A multi-level approach for the numerical simulation of mechanical noise in wind turbines, In: 14th WCCM & ECCOMAS Congress 2020 : virtual congress, 11-15 January, 2021, International Centre for Numerical Methods in Engineering (CIMNE). S.3040, ISBN: 978-84-12-11017-3

Team Wärme

- Janßen, Philipp/ Yuchen Ju/ Juha Jokisalo/ Risto Kosonen/ Ville Kauppi/ Janne Suhonen (2020): Demand Response Control of Space Heating in Three Different Building Types in Finland and Germany, In: Energies, Bd.13, Nr.23, DOI: 10.3390/en13236296
- Janßen, Philipp/ Yuchen Ju/ Juha Jokisalo/ Risto Kosonen/ Ville Kauppi (2021): Analyzing power and energy flexibilities by demand response in district heated buildings in Finland and Germany, In: Science & technology for the built environment, Bd. 27, Nr.10, S.1440-1460, DOI: 10.1080/23744731.2021.1950434
- Janßen, Philipp/ Yuchen Ju/ Juha Jokisalo/ Risto Kosonen/ Ville Kauppi (2021): Analyzing energy flexibility by demand response in a Finnish district heated apartment building, In: E3S Web of Conferences, Bd. 246, DOI: 10.1051/e3sconf/202124609006
- Ju, Yuchen/ Lindholm, Joakim/ Verbeck, Moritz/ Jokisalo, Juha/ Kosonen, Risto/ Janßen, Philipp/ Li, Yantong/ Schäfers, Hans/ Nord, Natasa (2021): Cost savings and CO2 emissions reduction potential in the German district heating system with demand response, In: Science & technology for the built environment, URI: <http://hdl.handle.net/20.500.12738/12154>
- Kicherer, Nina Marina/ Lorenzen, Peter/ Schäfers, Hans (2021): Design of a district heating roadmap for Hamburg, In: Smart energy, URI: <http://hdl.handle.net/20.500.12738/12153>

Team Gesellschaftliche Transformation und Akzeptanz

Floeter, Carolin/ Jannes Kreutzfeldt/ Thies Lingner/ Lukas Schmitz-Beuting, Michael Reich/ Veit Dominik Kunz (2020): Analytical volume model for optimized spatial radar bat detection in onshore wind parks, In: PLOS ONE, Bd. 15, Nr. 9, DOI: 10.1371/journal.pone.0239911

Drews, Nikolai/ Isabel Guzic (2021): Einstellungen zur Energiewende in Norddeutschland : Auswertung der dritten Telefonbefragung von September/Oktober 2020 im Rahmen der Akzeptanzforschung für das Projekt NEW 4.0, URI: <http://hdl.handle.net/20.500.12738/11363>

Drews, Nikolai/ Isabel Guzic (2020): Einstellungen zur Energiewende in Norddeutschland : Auswertung der dritten, repräsentativen Online-Befragung vom November 2019 im Rahmen der Akzeptanzforschung für das Projekt NEW 4.0, URI: <http://hdl.handle.net/20.500.12738/11360>

Beba, Prof. Dr. Werner/ Nikolai Drews/ Isabel Guzic (2021): Einstellungen zur Energiewende in Norddeutschland - Auswertung der dritten Telefonbefragung von September/Oktober 2020 im Rahmen der Akzeptanzforschung für das Projekt NEW 4.0, URI <https://www.new4-0.de/presse/#studien>

Beba, Prof. Dr. Werner/ Nikolai Drews/ Isabel Guzic (2021): Einstellungen zur Energiewende in Norddeutschland -Auswertung der dritten, repräsentativen Online-Befragung vom November 2019 im Rahmen der Akzeptanzforschung für das Projekt NEW 4.0, URI <https://www.new4-0.de/presse/#studien>

Beba, Prof. Dr. Werner/ Astrid Saidi/ Isabel Guzic (2020): Einstellungen zur Energiewende in Norddeutschland – 2019: Ergänzende zweite telefonische Befragung (CATI) im Rahmen der Akzeptanzforschung für das Projekt NEW 4.0, URI <https://www.new4-0.de/presse/#studien>

Kompetenzübergreifende Veröffentlichungen

Beba, Werner / Gesamtkonsortium NEW 4.0 (2021): NEW 4.0-Ergebnissynthese – Erfolgsfaktoren der integrierten Energiewende, Bericht in NEW 4.0: URI: <https://www.new4-0.de/ergebnisse/>

Beba, Werner / Gesamtkonsortium NEW 4.0 (2021): Annex – Anhang zur Ergebnissynthese von NEW 4.0, Bericht in NEW 4.0: URI: <https://www.new4-0.de/ergebnisse/>

Beba, Prof. Dr. Werner et al. (2021): Abschlussbericht zum SINTEG-Schaufenster NEW 4.0 – Norddeutsche Energiewende 4.0, URI <https://www.tib.eu/de/suchen/id/TIBKAT:1774183781/>



CC4E



**SPRECHEN SIE UNS
GERNE AN.**

Pressekontakt
cc4e-presse@haw-hamburg.de

IMPRESSUM

Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Competence Center für Erneuerbare Energien und EnergieEffizienz (CC4E)
Alexanderstraße 1
20099 Hamburg

Herausgeber:
Leiter des CC4E
Prof. Dr. Werner Beba

Gestaltung:
Jenny Capel | Nina Laskowski

Redaktion:
Die Mitarbeiter*innen des CC4E

www.cc4e.de

**HOCHSCHULE FÜR ANGEWANDTE
WISSENSCHAFTEN HAMBURG**
Competence Center für Erneuerbare
Energie und EnergieEffizienz (CC4E)

Alexanderstraße 1, 20099 Hamburg
