

Schlussbericht

Vorhabenbezeichnung:

EG2050: SDE 21–MI-MO

Teilnahme des Teams MIMO der Hochschule Düsseldorf am Solar Decathlon 2021 Wuppertal

Zuwendungsempfänger:

Ausführende Stelle

Hochschule Düsseldorf (HSD)
Institut für lebenswerte und umweltgerechte
Stadtentwicklung (In-LUST),
Münsterstraße 156, 40476 Düsseldorf

Projektleiter

Herr Prof. Dr.-Ing. Eike Musall
Professur für Gebäudeperformance
Fachbereich Architektur - Peter Behrens School of Arts

Förderkennzeichen: 03EGB0031

Laufzeit des Vorhabens / Berichtszeitraum: 01.12.2020 -
31.12.2022

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung
liegt beim Autor.

Düsseldorf, den 12.07.2023

I. Inhalt	2
I. Inhalt	2
I. Aufgabenstellung	4
II. Voraussetzungen	6
Kontext Wettbewerb	7
Interne Rahmenbedingungen des Team MIMO	7
III. Planung und Ablauf des Vorhabens	11
Arbeitspakete	12
Arbeitspaket P – Planung	12
Arbeitspaket E – energiBUS4home	14
Arbeitspaket R – Realisierung 1:1 House Demonstration Unit (HDU)	14
Arbeitspaket W – Wettbewerb in Wuppertal	16
Arbeitspaket N – Nachnutzung/Verwendung (Living Lab)	16
Arbeitspaket K – Kommunikation	17
Arbeitspaket Z – Zentrale Aufgaben	17
IV. Wissenschaftlicher und technischer Stand	19
Angabe bekannter Konstruktionen, Verfahren und Schutzrechte	19
Angabe der verwendeten Fachliteratur sowie der benutzten Informations- und Dokumentationsdienste	20
V. Kooperationen / Zusammenarbeit mit anderen Stellen	21
Projektbeteiligte Beratung und Ausführung	21
Projektbeteiligte Hersteller / Partner und Sponsoren	22
VI. Verwendung der Zuwendungen und dessen Ergebnisse	24
Projektfinanzierung	24
Die Vision des Team MIMO	27
Die Design Challenge	28
Das Team MIMO	30
Die HDU der Hochschule Düsseldorf	31
Raummodule als suffizienter Lebensraum	33
Klimahülle und TGA-Konzept	36
Vorfertigung	43
Kommunikation	45
Bildung	46
(Erste) Ergebnisse und Erkenntnisse - Abschneiden im Wettbewerb	46
CO ₂ -Emissionsabschätzung der HDU	85
VII. Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises	93

0812 Beschäftigte TVöd/TV-L E12-E15	93
0822 Beschäftigungsentgelte	93
0835 Vergabe von Aufträgen	93
0843 Sachausgaben	93
0850 Gegenstände und andere Investitionen über 410 €	93
VIII. Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit	94
IX. Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit des Ergebnisses	95
Wirtschaftliche Verwertbarkeit	95
Wissenschaftliche Verwertung	96
Wissenschaftliche und wirtschaftliche Nutzungsmöglichkeiten und Anschlussfähigkeit	97
X. Fortschritte auf dem Gebiet	101
XI. Veröffentlichungen	105
XII. Literatur	106
XIII. Anhang	109
Liste der beteiligten Studierenden – Studentische Leitung	109
Liste der beteiligten Studierenden – Decathleten	109
Weitere Projektbeteiligte	111
Publikationsliste	112
XIV. Anlagen	120

I. Aufgabenstellung

Den thematischen Rahmen für das Forschungsvorhaben gab die Ausschreibung des Wettbewerbs Solar Decathlon Europe 2021/22 vor, für den Gebäudeprototypen entworfen und realisiert werden sollten, die neben energetischer Exzellenz auch erstmals explizit den urbanen Kontext adressierten. Unter Berücksichtigung von Nachhaltigkeit, Energieeffizienz und verantwortungsbewusstem Ressourcenmanagement waren dabei wichtige Zielsetzungen die Wiederbelebung und Weiterentwicklung von typischen Bestandsquartieren durch Renovierung, Transformation und Wiedernutzung sowie die Entwicklung solarer Energieversorgungskonzepte über die Systemgrenze einzelner Gebäude hinaus. Mit dem Wettbewerb und der Fortführung als Reallabor sollte der Diskurs um die Herausforderungen immer dichter besiedelter urbaner Räume – insbesondere im Kontext der europäischen Stadt – belebt und sichtbar gemacht werden.

Das zentrale Projektziel war die Entwicklung und der Bau von innovativen Gebäudeeinheiten, die – vor dem Hintergrund des Klimawandels – die Energiewende in urbanen Quartieren voranzubringen und so gemeinschaftlich lebenswerte und zukunftsfähige Städte zu schaffen. Dazu wurden folgende Teilziele gesetzt:

- Nachverdichtungen im urbanen Raum mittels innovativer Interventionen an/zwischen/auf Bestandsgebäuden
- Entwicklung von klimaneutralen Gebäudekonzepten über den gesamten Lebenszyklus unter Einbezug der Bestandsgebäude
- Kreislauffähige Konstruktionen aus nachwachsenden Baustoffen, rezyklierten bzw. recycelbaren Materialien und vorhandenen Bauteilen/-materialien (urban mining)
- Maximierung der Eigenstromnutzung am Gebäude bzw. im Quartier
- Nachhaltige Mobilität durch Verkehrsvermeidung und Einbindung der E-Mobilität in die gebäudeintegrierte Stromerzeugung
- Entwicklung von nachhaltigen Finanzierungskonzepten mit dem Ziel der Steigerung der Sanierungsrate und Erstellung von bezahlbarem Wohnraum
- Intensivierung des Dialogs der am Bau beteiligten Akteure
- Innovative Lehrkonzepte durch interdisziplinäre Projektarbeit mit realer Umsetzung und Einbindung der Studierenden in die aktuellen Herausforderungen im Gebäudesektor

Der Solar Decathlon Europe ist der größte internationale studentische Gebäude-Energie-Wettbewerb, dessen Finale – u.a. nach Ausgaben in Washington, Dubai, Madrid und Dezhou (China) – zum ersten Mal in Deutschland stattfand. In Wuppertal traten 16 ausgewählte, internationale und interdisziplinäre Hochschulteams an, um jeweils ein innovatives Gebäudeprojekt zur nachhaltigen urbanen Nachverdichtung nicht nur als Konzept zu präsentieren. Vielmehr bauten sie auf einem 22.000 qm großen Expo-Areal mitten im Wuppertaler Quartier Mirke im Sommer 2022 jeweils einen voll funktionstüchtigen 1:1-Prototypen auf, der energetisch optimiertes und ökologisches Bauen aufzeigt. Über 115.000 interessierte Besucher*innen, darunter viele Expert*innen aus dem Baubereich und dem Energiesektor, schauten sich die gebauten Ergebnisse an.

Jedem der 16 Teams wurde vorab eine fiktive, planerische Aufgabe gestellt („Design Challenge“). Anders als bei vorherigen Ausgaben des Wettbewerbs ging es dabei um die Sanierung und den Weiterbau des und somit um die nachhaltige Stadtentwicklung vor dem

Hintergrund des Klimawandels. Wegen dieses neuen urbanen Kontextes wurden drei Bauaufgaben zur Bearbeitung gestellt: Die Sanierung und Erweiterung, das Schließen einer Baulücke, die Sanierung und Aufstockung. Unter dem Motto „Design-Build-Operate“ wird zunächst ein ganzheitliches Konzept entworfen, die sogenannte „Design Challenge“. Daraus entwickelt sich die „Building Challenge“; diese stellen repräsentative Wohneinheiten der Design Challenge dar, welche auf dem sogenannten Solar Campus aufgebaut wurden. Anschließend werden die Prototypen beforscht, getestet und von hochkarätig besetzten Jurys bewertet.

II. Voraussetzungen

Der Gebäudesektor zählt mit einem Anteil von ca. 40 % europaweit zu den größten Energieverbrauchern und ist für etwa 36 % der CO₂-Emissionen verantwortlich. Der alternde Gebäudebestand der EU (ca. 35 % der Gebäude sind 50 Jahre oder älter) trägt dazu bei, dass ca. 75 % aller Gebäude als energieineffizient eingestuft werden [European Commission 2019]. In Deutschland entfallen ca. 90 % des Gebäudeenergiebedarfs auf Gebäude mit Baujahr 2000 und älter [dena 2016].

Neben der Dekarbonisierung des Gebäudebestandes müssen neue Lösungen entwickelt werden, um dem steigenden Bedarf an bezahlbarem Wohnraum gerecht zu werden. Aktuelle Diskussionen wie der jüngst in Berlin eingeführte Mietendeckel [Wille 2019] verdeutlicht die angespannte Situation in deutschen Großstädten. Bereits 77,3 % der deutschen Bevölkerung wohnt in Städten [World Bank 2018], Tendenz steigend, sodass allein im Jahr 2020 nach Schätzungen ca. 340.000 neue Wohnungen geschaffen werden müssen [Suhr 2019]. Das Problem des dafür benötigten - möglichst innerstädtischen - Flächenbedarfs wird noch dadurch befeuert, dass die Wohnfläche pro Person in Deutschland zwischen 2011 und 2017 von 46,1 m² auf 46,5 m² zugenommen hat [UBA 2019].

Weitere Herausforderungen für Städte stellen die Luftverschmutzung, hauptsächlich verursacht durch Verkehr und Verbrennung fossiler Energieträger, sowie hohe sommerliche Temperaturen dar. Laut einer Studie könnte die Durchschnittstemperatur in manchen Städten bis 2100 um mehr als vier Grad steigen, die jahreszeitlichen Höchsttemperaturen sogar noch stärker. Eine größere Anzahl an Hitzetagen könnte die Effekte städtischer Wärmeinseln weiter verschärfen und somit hitzebedingte Gesundheitsprobleme und die Luftverschmutzung verstärken [van Staden 2019].

Schließlich ist der Bausektor mit ca. 36 % der größte Abfallverursacher [Eurostat 2019]. Gleichzeitig benötigt die Herstellung vieler Baumaterialien große Mengen an Energie und für immer mehr Materialien zeichnet sich eine nur noch begrenzte Verfügbarkeit ab.

Die energetische Sanierung und Nachverdichtung bieten die Möglichkeit, einen messbaren Beitrag zur Klimaneutralität des Gebäudebestands und zur effizienteren Flächenausnutzung ohne zusätzliche Flächenversiegelung in Städten zu leisten. Durch sie kann die Altbausubstanz erhalten und revitalisiert werden, wodurch die in den Baustoffen enthaltene graue Energie konserviert, und Abfall vermieden wird. Durch quartiersbezogene Lösungen können zur regenerativen Energieerzeugung zusätzliche Solargewinnflächen aktiviert und in das urbane Energiesystem einbezogen werden. Durch Energiemanagement, Sektorenkopplung und das Einbeziehen von Elektromobilität sind damit Lösungen möglich, die ein deutlich höheres CO₂-Minderungspotenzial aufweisen als Einzelgebäude. Bezieht man zusätzlich noch graue Energie bzw. die in vorhandenen Baumaterialien enthaltene CO₂-Menge mit ein, so ergibt sich ein Petitum nach Wiedernutzung von Baustoffen/-teilen aus dem Bestand (urban mining), Einsatz von rezyklierten bzw. rezyklierbaren Materialien bzw. nachwachsenden Baustoffen. "The future city will make no distinction between waste and supply" [Mitchell 2014].

Durch die Modernisierung von Gebäuden können nicht unerhebliche Kosten entstehen, die von Eigentümern (oder in der Folge von den Mietern) aufgebracht werden müssen. Insofern müssen neue Finanzierungsmodelle entwickelt werden, um die aktuell niedrigen Sanierungsraten zu erhöhen. Andererseits soll das Angebot an bezahlbarem Wohnraum gesteigert werden. Die energetische Sanierung von Bestandsgebäude mit entsprechender Nachverdichtung bietet die Möglichkeit, über Fördermaßnahmen und durch die Verminderung

der Nebenkosten, die Amortisationszeiten zu reduzieren [Koch 2019]. Andererseits können auch alternative Nutzungen von (Wohn-)Räumen zu günstigeren Mietbedingungen führen.

Ein entscheidendes Momentum für die Weiterentwicklung von Architektur und Bauwirtschaft ist die Demonstration von neuen Lösungen und der Nachweis ihrer Funktionalität in allen Facetten. In diesem Sinne war es Ziel des Team MIMO mit seinem Beitrag den Dialog wichtiger Akteure im Baubereich zu intensivieren.

Kontext Wettbewerb

Der Wettbewerb wurde insgesamt unter sehr hohen Qualitätsanforderungen ausgeführt, die durch ein umfassendes Regelwerk seit Wettbewerbsbeginn festgeschrieben waren und fortgeschrieben wurden. Hinzu kamen regelmäßigen Überprüfungen aller Arbeitsstände der Teams durch sog. Deliverables. Die Abgaben Deliverable 1 bis 6 wurden im Projektverlauf auf Vollständigkeit und inhaltlich geprüft und mit feedback an die Teams versehen. Dieses strenge Vorgehen garantierte, dass der Abschluss des Projektes auf einem einheitlichen Qualitätsstandard bei allen Teilnehmern erfolgen konnte.

Interne Rahmenbedingungen des Team MIMO

Abseits der globalen Voraussetzungen als Anlass des Wettbewerbs Solar Decathlon Europe erfordert eine Teilnahme eine solide finanzielle Sicherung des Projektes durch u.a. die BMWK-Förderung, hochschuleigene Mittel und Mittel Dritter wie weiterer Fördermittelgeber und (Industrie-)Sponsoren. Darüber hinaus muss ein Team auf Ebene der Professor*innen, Mitarbeiter*innen und Studierenden zusammengestellt werden. Zuletzt sind die Regeln des Wettbewerbes so angelegt, dass sie jedem teilnehmenden Team eine feste Abgabe- und Qualitätsstruktur an die Hand geben wird.

Bereits zur Bewerbung haben sich wichtige Partner aus Wissenschaft, Wirtschaft und Politik zusammengefunden und ihr Interesse an der Zusammenarbeit bekundet. Hierüber konnte bereits bei der Bewerbung nachgewiesen werden, dass das Projekt auf einer wirtschaftlich guten Struktur aufbaut und zudem ein Transfer in Wissenschaft, Wirtschaft und Politik stattfinden würde sowie ein hoher Impact auf aktuelle Diskussionen um die nachhaltige Entwicklung unserer Städte gegeben sein würde.

Innerhalb der Hochschule Düsseldorf hatte sich bereits zur Bewerbung aus dem In-LUST heraus ein interdisziplinäres Team gebildet und wurden finanzielle sowie kapazitive Zusagen in vier Fachbereichen (Architektur, Maschinenbau & Verfahrenstechnik, Elektro- & Informationstechnik sowie Sozial- & Kulturwissenschaften), dem Präsidium und der Verwaltung eingeholt bzw. zugesagt.

Das Team der HSD setzte sich zum Zeitpunkt der Antragstellung aus neun Professuren und Lehrgebieten aus vier Fachbereichen zusammen. Teilweise arbeiteten die beteiligten Professoren*innen bereits im interdisziplinären Institut In-LUST an gemeinsamen Forschungsvorhaben. Hieraus wurde auch die Bewerbung zur Teilnahme am Solar Decathlon Europe 2021 erstellt und konnte das Team auf eine Vielzahl an geleisteten Forschungsvorhaben und Publikationen aber auch erfolgreiche 1:1-Umsetzungsprojekte und themenrelevante Lehrangebote zurückblicken. Das Team hatte hierüber Zugang zu allen üblichen technischen Einrichtungen einer Hochschule aber vor allem zu einer Vielzahl Laboren (3D-Scan- und Drucktechnologien), Material-, Licht-, Form- und Strukturlabors, Entwicklungs- und Produktionslabors sowie Software. Die wichtigsten Instanzen waren:

- In der Werkstatt für Modellbau und Prototypen des Fachbereichs Architektur stehen von der einfachen Schleifmaschine über 3D-Drucker bis zur CNC-Laserfräse alle Arten holzbearbeitender Maschinen zur Verfügung. Zudem sind Lackierkabinen, Cutterarbeitsplätze, Materiallager und ein Nassraum zu nennen. Die Werkstatt ist als größte Modellbauwerkstatt für architektonische Prototypen deutscher Bildungseinrichtungen bekannt. In jährlichem Turnus fertigen Studierende eigene Stuhlserien. Zudem werden Großmöbel, Messestände und auch Außeninstallationen in der Werkstatt gefertigt. Neben den täglichen Tätigkeiten im Modell- und Möbelbau unterstützt das Werkstattteam viele Projekte außerhalb ihres Tätigkeitsbereichs. Der Werkstattmeister Franz Klein-Wiele ist als engagierte Fachmann Teil des Bewerberteams und bringt neben fachlichem Wissen und großer Erfahrung viele Industriekontakte mit ein. In der hochschuleigenen Werkstatt haben Studierende den gesamten Innenausbau Der House Demonstration Unit gefertigt (siehe Kapitel VI).
- Das „Design.Develop.Build“ Programm der Peter Behrens School of Arts (PBSA; Fachbereich Architektur) beinhaltet die Planung und 1:1-Umsetzung von realen Gebäuden, zumeist in Entwicklungsländern und ist seit vielen Jahren fester Bestandteil der Lehre der PBSA. Die umgesetzten Projekte basieren auf einem spezifischen Ansatz in der Architekturforschung, der die architektonische Praxis mit unterschiedlichen Formaten und Methoden der Forschung und Lehre kombiniert. Es integriert praktische Lehre als Konzept, um das verantwortliche Handeln zu stärken und das experimentelle Denken zu fördern. Die Studierenden absolvieren alle Planungs- und Realisierungsphasen von der ersten Entwurfsskizze über Detailplanung, 1:1 Mock-ups, Realisierung, Kosten- und Bauzeitenkontrolle und im Anschluss auch die Bauüberwachung. Die unmittelbare Erfahrung des Prinzips „Build together - Learn together“ prägt nachhaltig die Studierenden, aber auch beratenden Firmen, Sponsoren und Bauherren.
- Das Institut für lebenswerte und umweltgerechte Stadtentwicklung (In-LUST) ist ein interdisziplinäres Institut mit einem Team von Professor*innen und Mitarbeiter*innen aus den Bereichen Architektur und Städtebau, Energie und Umwelt, Soziales und Kultur sowie Wirtschaft und Design. Das Ziel von In-LUST ist die Entwicklung lebenswerter und umweltfreundlicher Städte. Das Institut zeichnet sich vor allem durch seinen transdisziplinären Ansatz aus, mit dem es nachhaltige Transformationsprozesse und Innovationen in Stadtteilen initiiert. Eckpfeiler in diesem Zusammenhang sind: Recherche von Expert*innen aus verschiedenen Disziplinen, Beteiligung aller aktiven Akteur*innen und Umsetzung der Ergebnisse in die Praxis. Zur Verzahnung von Forschung, Lehre und Praxis holt In-LUST Studierende und Doktorand*innen an Bord und veröffentlicht die wissenschaftlichen Erkenntnisse und Ergebnisse seiner Arbeit. In-LUST befasst sich auf wissenschaftlicher und theoretischer Ebene mit Begriffen wie „nachhaltig“, „umweltfreundlich“ und „lebenswert“ sowie deren interdisziplinären Zusammenhängen. Das Institut entwickelt Handlungsoptionen zur gezielten Entwicklung unserer Städte und Gemeinden und erprobt sie beispielhaft vor Ort in Stadtteilen.
- Das Zentrum für Innovative Energiesysteme (ZIES) hat drei Arbeitsgruppen: "Erneuerbare Energien und Energieeffizienz", "Thermodynamik und Kraftwerkstechnik" und "Erneuerbare Energiewirtschaft". Es bietet ein breites Tätigkeitsfeld mit vielen Synergien. Für die Analyse und Entwicklung öko-rentabler Energiesysteme werden innovative Lösungen und Ansätze mit modernen Simulations-

, Experimentier- und Messmethoden verfolgt. So werden energieeffiziente Technologien, der Einsatz erneuerbarer Energien und die interdisziplinäre Umsetzung der Energiewende gefördert. Ein jährliches Fördervolumen von rund 1 Mio. € pro Jahr kennzeichnet den großen Erfolg des Zentrums. Industriepartner sind Energieunternehmen, Softwareanbieter oder Unternehmen mit energieintensiven Prozessen. Um die komplexe Entscheidung über die Energieversorgung des Objektes zu lösen, verfügt das ZIES über bewährte und innovative Methoden der ungewichteten Optimierung mit künstlicher Intelligenz und Techniken des maschinellen Lernens, die gleichzeitig ökologische und ökonomische Bewertungskriterien berücksichtigen. Die generierten "Pareto-Fronten" enthalten alle Systemvarianten mit den besten Kompromissen aus den verwendeten Kriterien.

- Die Arbeitsgruppe Elektrische Energiesysteme befasst sich mit Betrieb, Steuerung und dynamischem Verhalten leistungselektronikbasierter Energiesysteme. In Zusammenarbeit mit einem führenden Hersteller von Solarstromrichtern und Photovoltaik- und Batteriesystemen wird eine neue Strategie zur Regelung von Stromrichtern für Solarstromrichter und Batteriespeicher entwickelt, die die Netzspannung bei Lastwechseln und Störungen (Netzbildung) sofort unterstützen kann auch in Inselnetzen zu betreiben.

Das Wettbewerbsteam wurde von Prof. Dr.-Ing. Eike Musall als Faculty Advisor organisatorisch wie inhaltlich (TGA, Bauphysik, ökologisches Bauen, Raumkomfort) geleitet. Er hat mit dem Team der Bergischen Universität bereits am ersten Solar Decathlon Europe in Madrid im Jahr 2010 teilgenommen, wodurch dem Team MIMO die Gesamtanforderungen des Wettbewerbes und wichtige hochschulspezifische Abläufe und strukturelle Notwendigkeiten bereit vor Wettbewerbsantritt bekannt waren.

Prof. Dennis Mueller vertritt im Fachbereich Architektur das Lehrgebiet Baukonstruktion und Entwerfen und verantwortete die entsprechenden Projektinhalte, weitere Aspekte wie bspw. die Baukosten und das Baumanagement und leitete das Projektteam im Bereich der Architektur. Prof. Christoph Ackermann verantwortete ebenfalls von Beginn an die Fragestellungen rund um sein Fachgebiet Tragwerkslehre. Prof. Peter Andres und Prof.in Katja Schiebler (Lichtplanung), Prof. Thomas Fenner (Freiraum und Landschaft; Frei- und Stadtraum), Prof. Moritz Fleischmann-Bergstein (Data-Driven Design & Production), Prof. Martin Klein-Wiele (Möbelkonstruktion), Prof. Jörg Leiser (Entwerfen im städtebaulichen Kontext und Stadtbautheorie), Prof.in Judith Reitz (Innenarchitektur und Grundlagen des Entwerfens) und Prof. Harry Vetter (Ausstellungarchitektur) wurden aus dem Fachbereich Architektur zu den spezifischen Teilaufgaben hinzugezogen, haben eigene Expertise eingebracht bzw. entsprechende Themen in Lehrveranstaltungen betreut.

Prof. Dr.-Ing. Mario Adam (Nachhaltige Energiesysteme und Energieeffizienz), Prof. Dr.-Ing. habil. Ali Cemal Benim (Energietechnik und Strömungssimulation, CFD) sowie Prof. Dr.-Ing. Matthias Neef (Thermodynamik und Kraftwerkstechnik) aus dem Fachbereich Maschinenbau & Verfahrenstechnik, Prof. Dr.-Ing. Holger Wrede (Elektrotechnik, Leistungselektronik, Antriebs- und Stromrichterregelung) aus dem Fachbereich Elektro- & Informationstechnik, Prof. Dr. Anne van Rießen (Methoden der Sozialen Arbeit) aus dem Fachbereich Sozial- & Kulturwissenschaften sowie Prof. Dr. Eng. Jens Herder (Virtuelle Realität) aus dem Fachbereich Medien komplettierten das Projektteam hinsichtlich Projektkoordination und vor allem einzelner Disziplinen bzw. Teilaufgaben. Auch hier wurden meist Lehrveranstaltungen für Teilaufgaben betreut.

Darüber hinaus wurden auf Mitarbeiterebene Projektleiter*innen eingebunden bzw. eingestellt, die einen thematischen Bezug zu eingebrachten Themen besaßen:

- Lukas Horstmann, M.A. (Architektur; Grundlagen der Baukonstruktion; Baukonstruktion und Entwerfen)
- Janina Schleuter, M.A. (Architektur; Projektmanagement, Ausführungsplanung)
- Dr.-Ing. Maximilian Rödder (energiBUS und TGA)
- Sandra Lohmann, M.Sc. (Kostenkontrolle)
- Stephanie Weis, M.A. (Architektur; Projektmanagement, Ausführungsplanung)
- Lena Frank, M.Sc. (Simulationen, energiBUS und TGA)
- Dipl.-Ing. Philipp Behrend (Innenarchitektur, Möbelbau)
- Carina Bhatti, M.A. (Methodik und Theorie der Sozialforschung, Stadtsoziologie)
- Dr. Rebekka Loschen (Forschungsförderung)
- Hartmuth Raendchen, M.A. (Architektur; Projektmanagement, Ausführungsplanung)

Teilweise bestand eine gemeinsame Forschungs-Vergangenheit im In-LUST oder dem ZIES, sodass Kompetenzen und interne Arbeitsabläufe den Team-Mitgliedern bekannt waren.

Schließlich ist der SDE 21 ein studentischer Wettbewerb, d.h. die Studierenden müssen sämtliche Fragestellungen im Zusammenhang mit einem zu realisierenden Bauvorhaben eigenständig bearbeiten. Wichtigster Bestandteil des Projektes und Projektteams war daher die Einbindung von Studierenden in alle Arbeitsprozesse, insbesondere die Fertigung der sog. House Demonstration Unit. Im Verlauf des Projektes konnten an der Hochschule Düsseldorf 133 Personen, darunter 94 Studierende aller sieben Fachbereiche in das Projekt und dessen Teildisziplinen eingebunden werden. Im Projektverlauf haben sich mehrere Teams gebildet, die die Einzeldisziplinen, deren Aufgabenstellungen und Konzepte sowie weitere organisatorische Aufgaben bearbeitet haben. Dies geschah meist alleinverantwortlich und eigenmotiviert. Die Leistung der Studierenden ist inhaltlich wie hinsichtlich des Umfangs nicht hoch genug einzuschätzen! Einige Kerndisziplinen wie Urbane Mobilität, Kommunikation & Bildung oder Realisierbarkeit & Sozial-ökonomischer Kontext wurden - da fachliche Expertise an der HSD nicht vorhanden war oder Professor*innen nicht eingebunden werden konnten - vollständig im Kontext der Studierenden bearbeitet und verantwortet.

III. Planung und Ablauf des Vorhabens

Das Gesamtvorhaben „Teilnahme der HSD am Solar Decathlon Europe 2021“ begann mit dem sog. Call for Teams Ende März 2019. Hierauf aufbauend wurde über den Sommer 2019 die Bewerbung zur Teilnahme erstellt und am 25.10.2019 an die Energy Endeavour Foundation übermittelt.

Zum Zeitpunkt der Bekanntgabe der Teilnehmer Ende Dezember 2019 liefen an der HSD bereits erste Seminare, die sich mit dem Stadtteil Wuppertal Mirke sozialräumlich und sozioökonomisch auseinandergesetzt haben und hochbauliche wie energetische Konzepte zur Nachverdichtung des Stadtteils durch Aufstockung des gründerzeitlichen Gebäudes „Café Ada“ zum Inhalt hatten. Mit Bekanntgabe der Teilnahme wurde der Antrag auf Förderung durch das BMWK begonnen und am 02.10.2020 eingereicht.

Das geförderte Projekt Solar Decathlon Europe SDE21/22, zu dem dieser Schlussbericht erstellt wird, verlief gem. der Vorhabenbeschreibung bzw. dem Zuwendungsbescheid vom 26.11.2020 im Zeitraum 01.12.2020 bis 31.12.2022. In diesem Zeitraum wurden neben der allgemeinen Projektorganisation sämtliche im Bauwesen üblichen Leistungsphasen bearbeitet. Darüber hinaus wurden Fragen der Ökonomie, der Projektsteuerung und der Öffentlichkeitsarbeit als zentrale Bestandteile des Projekts bearbeitet.

Dokumentiert wurde der termingerechte Ablauf der Wettbewerbsphase in sog. Deliverables, die vor allem sog. Project Manuals und Project Drawings (siehe Anhang) umfassten und deren Ergebnisse in Zwischenbewertungen (sog. Reviews) bewertet wurden (SubmissionD#7 ist eine nichtbewertete Abschlussabgabe zum Wettbewerbsende, zu der es kein separates Dokument gegeben hat).

SDE21_REVIEW#6_Overview_HSD-Duesseldorf		14/04/2022						
Deliverable No.	D#6	0	ON TIME (Small delays <15 min are tolerated)					
Team ID	HSD	0.5	LATE (Delay >15min up to <48h; Penalty: 0.5 points)					
University/ City	Duesseldorf	2	VERY LATE delivery (Delay >48h up to <7 days or >5% of content missing; Penalty: 2.0 points)					
		> 2	NOT delivered (Delay >7days or >25% of content missing; Penalty: >2.0 upon decision)					
SUBMISSION OVERVIEW								
DELIVERY OF DOCUMENTS								
		Submission via WAT						
		D#1	D#2	D#3	D#4	D#5	D#6	D#7
Delivery date	23/03/2022, 3:30 PM	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Penalty points for delayed submission		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	

Abbildung 1: Auszug des Feedbacks zu Deliverable 6

Trotz des Wettbewerbsfinales im Juni 2022 und des Endes des Förderzeitraumes kann das eigentliche Projekt an der Hochschule Düsseldorf noch nicht als abgeschlossen angesehen werden. Zwar sind alle geforderten Leistungen des Wettbewerbs erbracht und alle inhaltlichen Arbeiten des Förderprojekts abgeschlossen, doch wirken Nachfolgeprojekte, Berichterstattungen und eigene Initiative zum Instandhalten der eigenen House Demonstration Unit nach. Auf Grund der strengen Wettbewerbsregularien wurden alle Arbeitspakete und Meilensteine wie geplant ausgeführt und erreicht.

Terminliche- und inhaltliche Veränderungen gegenüber der Planung bzw. der Beantragung der Förderung hat es in Einzelfällen gegeben. Diese wurden im Zwischenbericht formuliert. So waren die Pakete PB 5 - Ausführungsplanung Innenausbau, PB 12 Konkretisierung Zusammenarbeit Industrie, PB 14 - Angebots- und Leistungsabfrage sowie PB 15 - Vergabe Leistungen im Dezember 2021 in der finalen Phase aber nicht wie geplant abgeschlossen. Der Meilenstein Nr. 2 „Vergabe von Leistungen (bis 31.12.2021)“ gem. der weiteren Nebenbestimmungen und Hinweise, Unterpunkt 2.6 des Zuwendungsbescheids wurde auf Bitte des Projektteams auf den 28.02.2022 verschoben. Im Dezember 2021 wurde lediglich ein Teil der (Planungs-)Arbeiten konkret beauftragt, um hier jeweils zeitlichen Problemen im Planungs- und Fertigungsprozess sowie der Materialbestellung vorzubeugen. Weitere Beauftragungen wurden nicht ausgesprochen. Hintergrund war, dass trotz mehrfacher Anfrage kein Angebot zur Erstellung des Holzrohbaus und Fügung der Vollholzelemente zu Raummodulen übermittelt wurde und damit kein vollständiger Kostenüberblick gegeben war. Ohne diesen vollständigen Projektkostenüberblick sollten keine weiteren großen Aufträge ausgesprochen werden, um nicht Gefahr zu laufen, dass die Gesamtkosten das Budget übersteigen und damit ein Abbruch nach Vergabe von Aufträgen in Höhe von mehreren Hunderttausend Euro drohte. Ein Gesamtkostenüberblick wurde vor Komplettvergabe erstellt. Da die Baukosten im Vergleich zur Kalkulation bei Projektstart im Jahr 2019 extrem, tlw. um bis zu 100 % gestiegen waren (Konjunktur, Lieferengpässe, Ansatz eines eingeschossigen Gebäudes in unserer Kalkulation gegenüber zweigeschossiger Ausführung, gestiegene Auflagen seitens der Veranstalter) und das Gesamtprojekt Corona-bedingt neun Monate länger dauern sollte als geplant (Personalkostensteigerung), musste hier umsichtig agiert werden. Dem Antrag auf Verschiebung des Meilensteins auf den 28.2.2022 wurde seinerzeit stattgegeben. Ende Februar 2022 konnte der Meilenstein als erreicht gemeldet werden.

Letztlich wurden alle Meilensteine des Projektes erreicht und kamen keine Abbruchkriterien zum Einsatz.

Die wesentlichen, förderrelevanten Ergebnisse werden im Kapitel VI detailliert dargestellt.

Arbeitspakete

Das Projekt war in die folgenden Arbeitspakete unterteilt:

- Arbeitspaket P - Planung
 - Arbeitspaket PA - Planung Allgemein
 - Arbeitspaket PB - Planung Bestandsbau / Aufstockung / HDU
- Arbeitspaket E - energiBUS4home
- Arbeitspaket R - Realisierung 1:1 House Demonstration Unit (HDU)
- Arbeitspaket W - Wettbewerb in Wuppertal
- Arbeitspaket N - Nachnutzung / Verwendung (Living Lab)
- Arbeitspaket K - Kommunikation
- Arbeitspaket Z - Zentrale Aufgaben

Arbeitspaket P – Planung

Alle Phasen des Arbeitspakets P inklusive umfassender Ausführungs-, Detail- und Konstruktionsplanung für die HDU wurden vollständig und größtenteils termingerecht bearbeitet. Die baukonstruktive Planung wurde von Beginn an mit der Fachplanung (Statik,

Bauphysik, Baustoffökologie und TGA) abgestimmt, so dass ein hoher Grad der Verknüpfung entsprechender Anforderungen mit architektonischen Qualitäten erzielt wurde. Detailpunkte wurden auf die Erfordernisse der Bauausführung vor allem in Hinblick auf die Zerlegbarkeit und den Transport angepasst.

Ebenfalls erforderte der Bereich der Baulogistik mit Transport, Baustelleneinrichtung und Personaleinsatz einen hohen Planungsaufwand. Das Verladen der Bauteile auf die entsprechenden LKWs sowie deren Eintreffen auf der Baustelle in Wuppertal wurde zeitlich so organisiert, dass der gesamte Aufbau inklusive Inbetriebnahme innerhalb der vorgegebenen 14 Tage gewährleistet war.

Arbeitspaket PA – Planung Allgemein

PA1 Grundlagenermittlung

Ermittlung der Voraussetzungen zur Lösung der Projektaufgabe durch die Planung

PA2 Vorplanung

Gezielte Projekt- und Planungsvorbereitung; Entwicklung der wesentlichen Teile einer Lösung der Projektaufgabe in Varianten

PA3 Mehraufwand BIM und Digitalstrategie

Entwicklung mittels Building Information Modeling (BIM); Weitergabe und Aufbereitung von Informationen; Schaffung der Grundlagen für die kontinuierliche Verarbeitung in Form von Building Information Modeling (BIM)

Arbeitspaket PB – Planung Bestandsbau / Aufstockung / HDU

PB1 Entwurfsplanung

Entwicklung von Konzepten und Lösungsstrategien zur Projektaufgabe unter Einbeziehung der technischen Planung und Beratung, Entwickeln von Arbeitsmodellen und Erarbeitung und Realisierung eines Projektmodells; Erstellung eines Tragwerkskonzeptes in Abhängigkeit des Bestandsbaus und der Planung für die Aufstockung bzw. des modularen Bauens und des Transports; System- und Integrationsplanung; Erstellung eines Energiekonzeptes unter Beachtung der allg. Wettbewerbsanforderungen, des Bestandsbaus und der parallelen Planung im Arbeitspaket E; System- und Integrationsplanung

PB2 Entwurfsplanung - Workshop Final Design

Finalisierung der unter PB1 genannten Punkte

PB3 Entwurfsplanung Außengelände

Übertrag von Anforderungen aus dem Nutzungskonzept und dem Quartier in das Außengelände

PB4 Ausführungsplanung HDU

Erarbeitung und Präsentation der ausführungsfertigen Architekturprojektlösung; Erstellung und Einreichung von Vorlagen für erforderliche öffentliche Genehmigungen, Nachweise oder Zustimmungen

PB5 Ausführungsplanung Innenausbau

Einrichtungsplanung und Objektgestaltung; Erarbeitung und Präsentation der umsetzungsfertigen Innenarchitekturprojektlösung mit System- und Formenentwicklung sowie der Designobjekte und deren Integration

PB6 Finale Planung Architekturaufgabe (design challenge)

PB7 Ausführungsplanung Technik

Integration von technischer Planung und Beratung

PB8 Gebäudesimulationen

Simulationen und Berechnungen in den Bereichen Bauphysik, Energie, Komfort, Tragwerk und grauer Energie;

PB9 Integration Simulationen HDU

Integration von technischer Planung und Beratung

PB10 Integration Technik HDU

Integration von technischer Planung und Beratung

PB11 Integration 3D

	Aufbereitung des Entwurfes für die weitere Verarbeitung im Bereich Simulation und Visualisierung
PB	Konkretisierung Zusammenarbeit Industrie
12	Abstimmung mit Sponsoren über Einbindung von Produkten, gezieltes Einwerben von Produkten und Materialien; Einbinden von Fachplanerleistungen; Rücksprache mit produzierenden Firmen
PB	Technologieaustausch Industrie
13	Werkplanung; Technische Abstimmung zur Umsetzung und Kommunikation zwischen Lieferanten
PB	Angebots- und Leistungsabfrage
14	Einholen von Angeboten (sofern nicht über PB12 bereits fixiert)
PB	Vergabe Leistungen
15	Vergaben von Leistungen an Dritte (sofern nicht über PB12 bereits fixiert)

Arbeitspaket E – energibus4home

Das Arbeitspaket E wurde von Beginn an selbstständig behandelt, da es sich um die Umsetzung eines Forschungsprojektes samt zweier Dissertationen handelte. Die Arbeiten wurden daher bis zur Phase E9 eigenständig und tlw. losgelöst von der Übrigen Planung forciert.

E1	Vorarbeiten
	Wissenschaftliche Vorarbeiten, Konzeptionierung von Ausbaustufen
E2	Studienprojekte/Thesen
	Betrachtung von Schwerpunkten und Einzelaspekten durch Studierende in Form von Analysen, Simulationen und Labortest
E3	Hardwarebeschaffung (WP, Weiße Ware)
E4/5	Bachelor-Teamprojekt
	Planung und Durchführung eines geschlossenen Bachelor-Teamprojekts zur Verfeinerung des Systems
E6	Simulation Gesamtgebäude
	Simulation des in Arbeitspaket PB entwickelten Konzeptes für den Bestandsbau samt Aufstockung unter Einbeziehen des energibus4home-Prinzips
E7	Labortest HDU für Wettbewerb
	Test der Funktionalität im Labor des FB MV, Test der Steuerung
E8	Konzept-Finalisierung für Wettbewerb
	Zusammenstellung der zu verwendenden Komponenten, Feinjustierung System, Komponenten und Steuerung
E9	Aufbau im HDU und Betrieb
	Aufbau des energibus4home im HDU und Testbetrieb, Zusammenführung mit Innenausbau des HDU
E10	Abbau mit Doku für Wiederaufbau, etc.

Arbeitspaket R – Realisierung 1:1 House Demonstration Unit (HDU)

Im Februar 2022 wurde mit der Bauausführung begonnen. Der gesamte Bau wurde gemäß den gültigen baurechtlichen Bestimmungen gefertigt. Die Ausführung wurde vornehmlich durch die Studierenden der Hochschule mit Unterstützung von Fachbetrieben übernommen.

Die Fertigung der Wohnmodule fand auf dem Firmengelände der Firma Petershaus in Kevelaer statt, wodurch die Nutzung der Infrastruktur der Firma inklusive Material, Maschinen und Werkzeugen gegeben war. Während der Bauphase konnte zudem auf das fachliche Knowhow des auf energieeffiziente Holzbauten spezialisierten Betriebs zurückgegriffen werden. Das Anlernen und Anleiten wie auch ein sicheres Arbeiten der handwerklich unerfahrenen Studierenden war somit zu jeder Zeit gegeben. Parallel wurden maßgebliche Elemente der Inneneinrichtung in der hochschuleigenen Werkstatt gefertigt. Auch hier standen alle nötigen Maschinen und das Wissen des Werkstattteams zur Verfügung (siehe Abschnitt Vorfertigung in Kapitel VI). Arbeitsbereiche, die nicht durch die Studierenden selbstständig durchgeführt

werden konnten (bspw. die Arbeiten an der sog. Klimahülle), wurden von Partnern außerhalb der Hochschule unterstützt. Speziell im Bereich der Elektroinstallation fand die Überwachung und Abnahme der Arbeiten durch externes Fachpersonal vor Ort (Firma eds) statt.

Innerhalb einer Bauzeit von drei Monaten konnte somit gemäß der Wettbewerbsanforderungen ein innovatives, rein ökologisches und solarversorgtes Wohnhaus in Holzkonstruktion mit hohem Vorfertigungsgrad realisiert werden. Dieses beinhaltete bereits sämtliche zum Betrieb notwendigen technischen Installationen, eine effiziente Gebäudehülle mit gestalterisch integrierten Elementen zur Solarenergienutzung sowie einen funktionsfähigen Innenausbau. Die in der Planungsphase entwickelten Konzepte zu Raum, Material sowie Konstruktion und energieeffizienter Gebäudetechnik wurden vollständig realisiert. Die besondere Gewichtung lag bei allen Arbeiten auf der Ausführung einer leistungsfähigen Gebäudehülle, dem Einsatz ökologischer und wiederverwertbarer Materialien und der Zerlegbarkeit in transportable Großelemente.

Eine Inbetriebnahme zu Testzwecken konnte jedoch nicht mehr erfolgen, sodass die Solarstromanlage, die Lüftung sowie das energiBUS-System samt Gebäudesteuerung erst in Wuppertal auf Funktionstüchtigkeit getestet werden konnten, um im Wettbewerb die im Regelwerk „Rules & Regulations“ definierten Anforderungen zu erfüllen. Die genaue Planung und enge Einbindung aller beteiligten Akteure haben aber eine Umsetzung und Inbetriebnahme „just in time“ ermöglicht. Das Team MIMO war eines der wenigen Teams, die ihre HDU in der Zeitvorgabe errichten und in Betrieb nehmen konnten.

R1 **Miete inkl. Nebenkosten**

Mietzahlungen bspw. für Bauplatz, evtl. für weitere Infrastruktur zum Bau, Kosten für Strom und Wasser; Aufwendungen für Werkzeug, Transportmittel, Baugeräte etc.

R2 **Versicherungen**

Abschluss von Policen für bspw. Unfallversicherung für sämtliche am Bau beteiligte Personen und andere für den Bauprozess notwendige Versicherungen

R3 **file to fabrication**

Erstellung von Vorlagendateien zur Übergabe an Produktions- und Fertigungsmaschinen

R4 **Bau inkl. Objektüberwachung und Bauleitung**

Bereitstellung von Hilfsmitteln für den Bau und Einholen von Genehmigungen für deren Einsatz; Bereitstellung und Verarbeitung sämtlichen Baumaterials; Einsatz von Fachpersonal für Leistungen, die nicht von den Studierenden erbracht werden können

R5 **Bau HDU**

Technische Prüfung; Planprüfung; Vorfabrikation; Testaufbau

R6 **Bauwerk Technische Anlagen**

Bereitstellung und Installation der Gebäudetechnik sowie Bereitstellung notwendiger Hilfsmittel hierfür; Einsatz von Fachpersonal für Leistungen, die nicht von den Studierenden erbracht werden können

R7 **Mess- und Steuerungssysteme**

Bereitstellung und Einbau der Mess- und Steuerungstechnik sowie Bereitstellung benötigter Hilfsmittel

R8 **Vorbereitung Ausstattung (Möbel in KG 300)**

Bereitstellung von Hilfsmitteln für den Innenausbau und Einbau der Einrichtung; Bereitstellung von Material und Ausbau des Innenraumes, z.B. Wandverkleidung, Einbaumöbel, Sanitär; Einsatz von Fachpersonal für Leistungen, die nicht von den Studierenden erbracht werden können

R9 **Mehraufwand Mobilität**

Bereitstellung und Installation von Ladestationen etc. sowie die Bereitstellung der notwendigen Hilfsmittel

R10 Test und Optimierung

Inbetriebnahme des Hauses und seiner technischen Systeme, Überprüfung der Funktion und der Ergebnisse im Vergleich zu den Anforderungen der Wettbewerbsregeln, z. Energiebilanz, Komfort usw.; Ergebnisoptimierung durch Veränderung; Bauabnahme durch Behörden

R11 Objektüberwachung - Dokumentation

Dokumentation des Bauprozesses zur Nachverfolgung

Arbeitspaket W – Wettbewerb in Wuppertal

Das Wettbewerbsfinale im Juni 2022 wurde termingerecht angetreten. Während des Aufbaus wurde das studentische Team von externem Fachpersonal bei Leistungen unterstützt, die nicht von den Studierenden selbst erbracht werden konnten.

Das Gebäude wurde in der vorgegebenen Zeit von 14 Tagen auf dem Solar Campus errichtet. Die termingerechte Fertigstellung inkl. Inbetriebnahme des Solarhauses zum Wettbewerbsstart wurde eingehalten. Nach der Überprüfung und offiziellen Abnahme durch die Wettbewerbsorganisation vor Ort konnte das Team MIMO an allen Disziplinen des Wettbewerbsfinals und den öffentlichen Touren erfolgreich teilnehmen.

Das Team MIMO hat in der Gesamtwertung mit 775 von möglichen 1.000 Punkten abschließend den vierten Rang in der Gesamtwertung belegt (siehe auch Kapitel VI, Abschnitt Abschneiden im Wettbewerb).

Eine Beschreibung der Wettbewerbsphase mit detaillierter Auswertung der erzielten Ergebnisse sowie eine Gegenüberstellung mit den anderen teilnehmenden deutschen Hochschulen ist in der Publikation „Solares und kreislaufgerechtes Bauen: die deutschen Beiträge zum Solar Decathlon Europe 21/22“ enthalten (siehe [SDE21/22 2023] bzw. Anlage 3).

W1 Versicherungen

Abschluss von Policen u.a. für die Objektversicherung des Demonstrators während des Baus und des Transports sowie Unfallversicherungen für die teilnehmenden Studierenden

W2 Transport nach Wuppertal

Prüfen der potentiellen Verkehrswege, Erkunden von Auflagen und Einholen von Sondergenehmigungen, Vorbereitung und Durchführung des Transports

W3 Aufbau

Bereitstellung von Hilfsmitteln für den Aufbau und Einholen von Genehmigungen für deren Einsatz; Einsatz von Fachpersonal für Leistungen, die nicht von den Studierenden erbracht werden können

W4 Durchführung des Wettbewerbs

Pläne und Organisationsstruktur für Personaleinsatz, Programm, Reinigung, erforderliches Material, etc.; Bereithaltung von Personal in der HSD-Werkstatt für eventuelle Reparatur- oder Austauschmaßnahmen

Arbeitspaket N – Nachnutzung/Verwendung (Living Lab)

Von Beginn war es Ziel des Team MIMO am Folgeprojekt Living Lab NRW teilzunehmen und die Chance einer Nachnutzung im Sinne der Wissenschaft und der Demonstration zu nutzen bzw. zu stützen. Der Wunsch des Teams ging in Erfüllung, so dass kein Aufwand für bspw. Genehmigungsplanung, Rückbau und Rücktransport, Vorbereitung eines Grundstücks, erneuter Aufbau samt Inbetriebnahme und eine Objektbetreuung entstanden.

Aus Erfahrungen vorangegangener Ausgaben des Solar Decathlons und Gründen der Nachhaltigkeit und Wirtschaftlichkeit bietet das Living Lab NRW eine optimalen Nachnutzung des Prototyps.

Am Standort Wuppertal ist die HDU durch regelmäßige Exkursionen und Veranstaltungen besucht und wird im Rahmen des Living Lab NRW beforscht. Aktuell steht noch aus, ob das Haus bewohnt werden kann. Ziel dabei wäre neben der Erprobung des Wohnkonzepts und der Funktionalität aller Komponenten auf ihre Alltagsauglichkeit, die energetische und raumklimatische Datenauswertung unter realen Nutzungsbedingungen. Hierzu ist ein Messsystem vorgesehen, über das Daten aufgenommen und ausgewertet werden können.

Arbeitspaket K – Kommunikation

Die Verbreitung der Ergebnisse bzw. die Dokumentation des Entwicklungsprozesses des innovativen Wohnhauses zählen zu einem der wesentlichen Aufgaben des Solar Decathlons. Viele der geplanten öffentlichkeitswirksamen Aktivitäten konnten auf Grund der Corona-Pandemie nicht umgesetzt werden. Dennoch kann das Team MIMO auf eine Vielzahl an Publikationen verweisen und auch darauf, dass über diverse Kanäle eine Vielzahl an Menschen erreicht werden konnte (siehe Kapitel XI und VI, Abschnitt Kommunikation). Um synergetische Effekte zu nutzen, fand eine enge Zusammenarbeit mit den anderen beteiligten deutschen Hochschulen statt. In diesem Zuge wurde auch das gemeinsame Buch „Solares und kreislaufgerechtes Bauen: die deutschen Beiträge zum Solar Decathlon Europe 21/22“ enthalten (siehe [SDE21/22 2023] bzw. Anlage 3) erstellt.

Auch Im Anschluss an den Wettbewerb steht das Team MIMO für Besichtigungen und Führungen zur Verfügung, hat einige Preise erhalten (3. Platz beim Wettbewerb Studenten | Gestalten | Zukunft sowie Anerkennung beim Architekturpreis Gebäudeintegrierte Solartechnik 2022) und das Projekt bei diverseren Veranstaltungen vorstellen können. Die Team-eigenen Webauftritte sind auch ein Jahr nach Wettbewerbsende noch online und werden befüllt.

K1 Internetauftritt / Website

Informationen zum Projektablauf und Wettbewerb (Ergebnisse) für alle Zielgruppen in deutscher und englischer Sprache

K2 Projektbroschüren, Flyer

Informationen für Partner und (potenzielle) Sponsoren sowie zur Weitergabe an Fachveranstaltungen und Messen sowie an die Öffentlichkeit; schrittweise Erweiterung und Aktualisierung

K3 Postersätze

Fundierte fachspezifische Informationen zu Konzept, Architektur, Technik, Energie usw.; Präsentation des Projekts auf Symposien, Messen, Universitäten usw.

K4 Fachtagungen, Symposien und Messen

Vorträge bei Symposien, Messen und Tagungen, usw.

K5 Fachpublikationen und Veröffentlichungen

Präsentation in Fachmedien, Tagespresse und ggf. Radio und Fernsehen; Veröffentlichung von wissenschaftlichen und architektonischen Ergebnissen in Fachzeitschriften

K6 Bild- und Filmdokumentation

Dokumentation des gesamten Prozesses in Bild und ggf. Ton; Erstellung von Bildmaterial als Grundlage für Vorträge, Veröffentlichungen, Webseiten etc.

Arbeitspaket Z – Zentrale Aufgaben

Z1 Projektmanagement (intern)

Anleitung der beschriebenen Arbeitspakete, Sicherstellung der Durchführung aller Arbeiten

Z2 Berichtswesen

Berichte an Förderagenturen und Leistungen an Veranstalter

Z3 **Übergeordnetes Controlling (intern)**
Kostencontrolling und Nachverfolgung

IV. Wissenschaftlicher und technischer Stand

Der Solar Decathlon Europe 2021 adressierte vor dem Hintergrund des Klimawandels die Energiewende in urbanen Quartieren bei gleichzeitiger Schaffung lebenswerter und zukunftsfähiger Städte. Neben Aspekten der Sozialverträglichkeit und Gemeinschaft werden insbesondere die Potenziale aber auch die Herausforderungen energieeffizienter und solarenergieversorgter (Bestands-)Gebäude im innerstädtischen und verdichteten Kontext mit ausgeglichener Energiebilanz thematisiert. In der beinahe 20-jährigen Geschichte des Wettbewerbs Solar Decathlon wurde erstmalig ein rein urbanes Profil mit Fokus auf Bestandsbauten ausgegeben.

Ein zunehmender Druck auf den Wohnungsmarkt durch den weiterhin an-dauernden Zuzug in urbane Räume und die angespannte Situation in deutschen Großstädten kann auch im Wettbewerbsstandort Wuppertal wahrgenommen werden [Rüth 2019], sodass dieser als stellvertretend angesehen werden darf bzw. durfte. Generell ergibt sich ein Bedarf an mehr Wohnraum bzw. die Notwendigkeit der Nachverdichtung sowie die Schaffung von Wohnraumalternativen, um die Wohnungsmärkte in Ballungsgebieten und Innenstädten zu entspannen [Suhr 2019].

Dem gegenüber stehen einerseits Strukturveränderungen mit freiwerdenden Bauflächen sowie andererseits eine Vielzahl an dezentralen baulichen Fehlstellen in Bestandsquartieren, die Bebauungspotenziale für die Nachverdichtung freigeben. Zu Letzterem zählen Baulücken und in der Grund-(GRZ) bzw. Geschossflächenzahl (GFZ) nicht vollständig ausgenutzte Grundstücke. Anbauten sowie Aufstockungen bieten hier die Option der Nachverdichtung in bereits erschlossenen Gebieten bei bestehender Infrastruktur. Zusätzlich ermöglicht eine mit der Aufstockung bzw. Erweiterung einhergehende Renovierung und Sanierung von bestehenden (Wohn-)Bauten mit Sanierungsrückständen eine Anpassung und Flexibilisierung der Bestandsgrundrisse. Die direkte Anknüpfung der Wohnraumerweiterung an den Gebäudebestand erwirkt die Steigerung der energetischen Qualität der Bestandsbauten im urbanen Raum. Der Solar Decathlon Europe 2021/22 adressierte die konsequente Weiterführung von Effizienzstrategien zu innerstädtischen klimaneutralen Gebäuden.

Während die Energieeffizienz von Gebäuden spätestens seit den ersten Ölkrisen in den 1970er Jahren im Bausektor Einzug gehalten hat und auch normativ stetig forciert wurde [IPB 2019], Passivhäuser seit den früher 1990er Jahren realisiert werden [Feist 2007] und sowohl Konzepte zu energetisch autarken (Experimental-)Häusern [ISE 1997] als auch solchen mit ausgeglichener Energiebilanz seit mehreren Jahren vielfältig umsetzbar sind [Voss 2011; Musall 2016], fehlen reale Konzepte und Umsetzungsbeispiele für solarenergieversorgte Gebäude in innerstädtischen Lagen mit Sanierungshintergrund bzw. werden die Potentiale von Sanierungen mit Aufstockungen zu klimaneutralen Gebäuden aktuell wissenschaftlich ergründet [Koch 2019].

Nicht zuletzt bewirkt die Einbeziehung des Gebäudebestands eine baukulturelle Auseinandersetzung und werden die technischen, architektonischen und sozialen Lösungsansätze bei verschiedenen Akteuren wie etwa Mieter*innen und Hauseigentümer*innen das Bewusstsein für die Notwendigkeit des Handelns aber auch die Potenziale im Zuge der Energiewende in urbanen Quartieren schärfen.

Angabe bekannter Konstruktionen, Verfahren und Schutzrechte

Alle Entwicklungsarbeiten im Zusammenhang mit der Architektur (sowohl Design Challenge als auch Building Challenge), der Materialität, dem Mobilitätskonzept sowie der

Gebäudetechnik beruhen auf öffentlich verfügbaren Informationen, die nicht durch Schutzrechte eingeschränkt sind. Die eingesetzten Technologien sind, auch per Vorgabe des Wettbewerbs, am Markt verfügbar und wurden über eigene Recherchen identifiziert und eigene Wissensstände eingebracht.

Der innovative Ansatz im Projekt besteht in der einzigartigen Kombination der verschiedenen Techniken, Materialien und Baustoffe zu einem hinsichtlich Effizienz, Suffizienz und Konsistenz optimierten Gesamtkonzept.

Angabe der verwendeten Fachliteratur sowie der benutzten Informations- und Dokumentationsdienste

Die im Gesamtprojekt verwendete Fachliteratur ist auf Grund der Projektdauer, der vielen Fachgruppen und Einzelteams im Gesamtprozess und der Vielfältigkeit des Umsetzungsprozesses nicht einzeln aufführbar. Es kann aber angeführt werden, dass es sich nahezu ausschließlich um allgemein verfügbare Literatur aus dem Umfeld der jeweiligen Disziplinen handelt. Beispielhaft können hierzu [Solar Decathlon 2011] und [Joppien 2017] genannt werden. Die im Literaturverzeichnis unten aufgeführten Quellen wurden für den Beleg der in diesem Bericht dargestellten Sachverhalte genutzt, sind aber auch in die Bearbeitung des Projekts eingegangen. Für die Konzeptauswahl (Energie- und Anlagentechnik) wurde darüber hinaus die Projektdatenbank EnArgus mit den entsprechenden Stichwörtern ausgewertet.

V. Kooperationen / Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Für die Realisierung des Projektes wurden eine Vielzahl hochschulinterner Stellen als auch vor allem externe Partner und Sponsoren eingebunden.

Auf Seite der Hochschule sind die in Kapitel II genannten Professor*innen und Mitarbeiter*innen sowie die vielen Studierenden (siehe Kapitel Anhang XIV) zu nennen. Darüber hinaus entstand eine intensive Zusammenarbeit mit den Dezernaten Finanzmanagement, Recht & Compliance (Sponsoring und Verträge), Kommunikation & Marketing (Öffentlichkeitsarbeit, Marketing und Sponsoring), Forschung & Transfer (Drittmittel und Sponsoring) sowie der Stabsstelle Arbeitssicherheit & Umweltschutz (Arbeitssicherheit).

Auf Seite der externen Partner und Sponsoren konnten insgesamt 70 Firmen und Institutionen eingebunden werden. Darunter 42 Sponsoren aus der (Bau-)Industrie (Platin 1, Gold 9, Silber 11, Bronze 21), sechs sog. Business-Partner, die das Team vor allem finanziell unterstützt haben, 13 Spender, die Spenden in finanzieller oder materieller Weise eingebracht haben und 19 Netzwerkpartner, die vor allem beratend involviert waren. Zudem konnten neben dem Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz das Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen und das Umweltamt der Stadt Düsseldorf als Förderpartner eingebunden werden.

Als Gegenleistung für das Materialsponsoring wurden den beteiligten Firmen ermöglicht, Informationsmaterial, Bilder aus dem Bauprozess und der Wettbewerbsphase sowie die umfangreichen Newsletter und Pressemappen für die eigenen Firmen-Außendarstellungen zu nutzen. Dies beinhaltete auch die proaktive Einbindung der Projektmitarbeiter und der Studierenden in Video-Beiträge und textliche Veröffentlichungen. Mit den wichtigsten Partnern wurden hierzu vorab Verträge über passives Sponsoring geschlossen.

Projektbeteiligte Beratung und Ausführung

- TGA-Planung - Zibell Willner & Partner Ingenieurgesellschaft für TGA mbH
- Brandschutzkonzept - BPK Fire Safety Consultants GmbH & Co. KG
- Ausführung HLS - Georg Gnoth Installation und Heizungsbauermeister
- Ausführung Elektro und Medientechnik - eds Elektro- und Datentechnik Service GmbH
- Ausführung Holzbau und Rohbau - Petershaus GmbH & Co. KG
- Ausführung Holzbau und Innenausbau - Modellbau und Prototypenwerkstatt Hochschule Düsseldorf
- Ausführung Fassade und Metallbau / Fenster und Türen - Berger GmbH & Co. KG
- Ausführung Edelstahl Dach - Binder & Sohn GmbH
- Ausführung Dachbegrünung - GRÜN + DACH
- Ausführung Grünanlagen – Jakob Leonhards Söhne GmbH
- Baustellenequipment - ZECH Hochbau AG
- Vermesser - Pennekamp Velbert

Projektbeteiligte Hersteller / Partner und Sponsoren

- Lamellenfenster – EuroLam GmbH
- Pfosten-Riegel-Fassade, Fenster & Türen – Schüco International KG
- Photovoltaik – SUNOVATION GmbH
- Vollholzwände- und decken – holzius GmbH – S.r.l
- Lehmbaumstoffe – CLAYTEC GmbH & Co. KG
- Leimfreie Massivholz-Platten - Massivholz Junker GmbH
- Vollholzboden – F. Junckers Industrier A/S
- Dachbegrünung – ZinCo GmbH
- Windverbände – Peikko BESISTA GmbH
- Holzfaserdämmung – Gutex Holzfaserplattenwerk H. Henselmann GmbH & Co. KG
- Korkdämmung – Cellco GmbH
- Mineralwolldämmung – DEUTSCHE ROCKWOOL GmbH & Co. KG
- Flachdachdämmung – Paul Bauder GmbH & Co. KG
- Calostat Dämmung – Evonik Industries AG
- Pilzmyzel – GROWN bio
- Lüftungstechnik und Wärmepumpe – Vaillant Deutschland GmbH & Co. KG
- Wandflächenheizung – ArgillaTherm GmbH
- Fußbodenheizung – Lithotherm Deutschland GmbH
- Elektroinstallations- und Gebäudesystemtechnik - Gira Giersiepen GmbH & Co. KG
- Haushaltsgeräte - Miele & Cie. KG
- Außen- und Innenbeleuchtung – ERCO Leuchten GmbH
- Wechselrichter - SMA Solar Technology AG
- Sanitärtechnik und -keramik – Geberit Vertriebs GmbH
- Armaturen – Grohe Deutschland Vertriebs GmbH
- Haushaltswaren – Leifheit AG
- Textiler Sonnenschutz - Sattler SunTex GmbH
- Gardinenschiene – Gardinia Home Decor GmbH
- Vorhänge innen - Création Baumann GmbH
- Vorhangschiene - Silent Gliss GmbH
- Möbelbeschläge – Häfele GmbH & Co. KG

- Küchenoberflächen – Richlite Company Tacoma, WA, USA – Thomas Spahn Holzwerkstoffe e.K.
- Akkuleuchten - Nimbus Group GmbH
- Home Entertainment – SONOS INC,
- Sensorik – STEINEL GmbH
- Elektrokomponenten – Weidmüller GmbH & Co. KG
- iPad-Wandhalterung – iRoom – Eltako Austria GmbH
- Absturzsicherung – Carl Stahl ARC GmbH
- Planungssoftware - Hottgenroth Software AG
- E-Lastenrad - Fienchen Wuppertal – Projekt von IG Fahrradstadt Wuppertal, Talradler.de und UtopiastadtRad

VI. Verwendung der Zuwendungen und dessen Ergebnisse

In den folgenden Abschnitten werden die einzelnen Projektinhalte aus der Vorhabenbeschreibung bzw. den in Kapitel II genannten Voraussetzungen sowie im Kontext der förderpolitischen Ziele dargestellt und die entwickelten Lösungsansätze ausgeführt. Der Schwerpunkt liegt hierbei auf der sog. Design Challenge als Konzept der urbanen Nachverdichtung und der Umsetzung der House Demonstration Unit für das Wettbewerbsfinale. Die rein organisatorische Durchführung des Projektes ist in Kapitel III bei den jeweiligen Arbeitspaketen beschrieben.

Projektfinanzierung

Die Wettbewerbsmittel aus der BMWK-Förderung wurden zum größten Teil für Personalkosten aufgewendet, teilweise für Aufträge und Beschaffungen (siehe Kapitel VII). Von der Hochschule und den sieben beteiligten Fachbereichen konnten Eigenmittel für die Herstellung der House Demonstration Unit und das Team verwendet werden, die aufgrund der Corona-bedingtem verlängerten Laufzeit des Wettbewerbes durch das Rektorat nochmals aufgestockt wurden. Darüber hinaus gab es zusätzliche Projektmittel für jeden Wettbewerbsteilnehmer zum Start des Projektes als Anstoßfinanzierung durch die Bergische Universität Wuppertal (BUW) sowie weitere Mittel für die erfolgreiche Bewerbung für das nachgelagerte Living Lab NRW. Auf Basis dieser Gesamtfinanzierung konnte das Projekt kostendeckend abgerechnet werden.

Sämtliche für dieses Projekt genehmigten Mittel wurden gemäß des Zuwendungsbescheids von 26.11.2020 verausgabt. Der Mittelverwendungsnachweis wird gesondert durch die Verwaltung der HSD eingereicht.

Das Budget des Teams MIMO wurde aus verschiedenen Quellen gedeckt. Zusammen mit Eigenmitteln der Hochschule Düsseldorf und der beteiligten Fachbereiche, dem finanziellen Beitrag des Veranstalters und dem Zuschuss für die Teilnahme am Living Lab sowie den Fördermitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) war das Wirtschafts- und Industriesponsoring von zentraler Bedeutung. Das insgesamt hohe Budget ergab sich aus den deutlich gestiegenen Baukosten und den tarifbereinigten Gehältern für das wissenschaftliche Personal sowie der Tatsache, dass neben der Bauaufgabe auch eine Planungsaufgabe für das bestehende Gebäude (Design Challenge) bearbeitet werden musste. Darüber hinaus hat sich die Gesamtdauer des Projekts durch die Corona-bedingte Verschiebung des Wettbewerbsfinals von September 2021 auf Juni 2022 erheblich verlängert.

Die Materialkosten und Ausführungsangebote für die House Demonstration Unit explodierten. Dies gründete auf der konjunkturellen Lage und allgemeinen Materialengpässen. Dies traf das Team umso härter, als dass es auf ökologische Holzbaustoffe (Preisanstieg bis zu 100 % und zudem tagesaktuelle Schwankungen) und Dämmstoffe (Anstieg ca. 40 %) setzte und ebenfalls verwendete Materialien wie Aluminium und Stahl einen Anstieg um über 70 % aufwiesen. Häufig konnten Firmen kein Vollsponsoring anbieten, da sie die Materialpreise nicht abschätzen und finanzieren konnten, bzw. kurzfristige Preisänderungen für sie nicht kalkulierbar waren. Es wurden dann nur die Arbeitsleistungen als Sponsoring angeboten, Materialien mussten durch das Team selbst beschafft werden. Die direkte Anfrage bei Herstellern führte bei sieben deutschen Teilnehmern zudem dazu, dass häufig Absagen erfolgten, da bereits ein anderes Team gesponsort wurde. Die hohe Firmenauslastung in allen Gewerken des deutschen Bauwesens machte es zudem schwer, Partner zu halten. Das Team MIMO musste bspw. sowohl im Holz- als auch im Metallbau in 2021 neue Partner suchen, da

beide ursprüngliche Firmen auf Grund der hohen Auslastung ausgestiegen waren. Der Auftragswert in diesen beiden Gewerken stieg nach Abgabe von Angeboten Anfang 2022 um ca. 150.000 € allein in den Gewerken Holz- und Metallbau. Generell fiel das Einwerben von weiteren Sponsorenmitteln auf Grund der allgemeinen Auftragslage schwer. Firmen wollten kein Marketing betreiben, da ohnehin keine neuen Kunden gewonnen werden sollten oder wollten nicht sponsern, weil kein Material für eigentlichen Kundschaft verfügbar war.

Hinzu kam der sehr hohe Aufwand für die Abstimmungsprozesse mit zu beteiligenden Firmen und in den Beschaffungsprozessen an den Hochschulen selbst. Die Beschaffungsprozesse wurden sehr kleinteilig, da sich Gewerke häufig in die eigentliche Ausführung und die dazugehörige Materialbeschaffung aufsplitten. Statt einer Vertragsabwicklung waren also je Gewerk häufig zwei oder mehrere Schritte nötig. In Bezug auf öffentliche Vergabeprozedere (herabgesetzte Grenzen; Einholen von Alternativangeboten, Firmen reagieren nicht bei Angebotsanfragen, Begründungen Einzelanbieter usw.) stellte dies nicht nur die inhaltlich arbeitenden Projektteams, sondern auch die Hochschulverwaltung vor sehr große Herausforderungen. Es entstanden zunehmend Kapazitätsprobleme im Projektteam und der Hochschulverwaltung, welche aufgrund langer Lieferzeiten und der engen Projektzeitschiene den Projekterfolg gefährden. Auftrags- und Bauverzug durch weitere Ausschreibungen waren auf Grund des nahenden Finales jedoch nicht mehr hinnehmbar. Das Team MIMO stand am Jahresanfang 2022 unter großem Vergabe- und Kostendruck, da Vergaben zu den tagesaktuellen Preisen vorgenommen werden mussten. Dies forcierte die beschriebenen, finanzielle Probleme erneut. Auf Grund der Corona-Pandemie hat sich die Projektlaufzeit um neun Monate verlängert. Wissenschaftliche Mitarbeiter und Studentische Hilfskräfte mussten entsprechend länger beschäftigt werden. Organisatorischer Mehraufwand hat zusätzliches Personal im Bereich Beschaffung nötig werden lassen. Zudem sind die Wettbewerbsanforderungen stetig gestiegen. Anfang 2022 ergab sich für das Team MIMO in Summe ein Mehrbedarf von ca. 500.000 € gegenüber der Kalkulation wobei knapp 300.000 € durch Sponsoring und Spenden auch aus der Wirtschaft aufgefangen werden konnten. Erneute massive Preissteigerungen - bedingt durch den Krieg in der Ukraine führten zu einer erneuten Finanzierungslücke in Höhe von rund 75.000 €, die das Team MIMO ebenfalls durch großen Akquiseaufwand decken konnte.

Die Gesamtfinanzierung des Projektes im Umfang von ca. 1,74 Mio. konnte zum Projektende sichergestellt werden. Der Beitrag des BMWK liegt bei 33 % der Gesamtkosten des Projektes. Diese beinhalten zusätzlich zu den im zahlenmäßigen Nachweis genannten Kosten Materialsponsoring mit einem Umfang von knapp 360.000 €. Damit konnte der entscheidende Anteil der Projektkosten erfolgreich über industrielles Sponsoring von Baumaterialien, Systemkomponenten, Ausstattungsgegenständen und fachspezifischen Dienstleistungen eingeworben werden. Ebenfalls wurde das Vorhaben durch Mittel des Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (1 % der Gesamtkosten), die Stadt Düsseldorf (6 %) und aus zentralen Mitteln der Hochschule sowie deren Fachbereiche (25 %) gefördert.

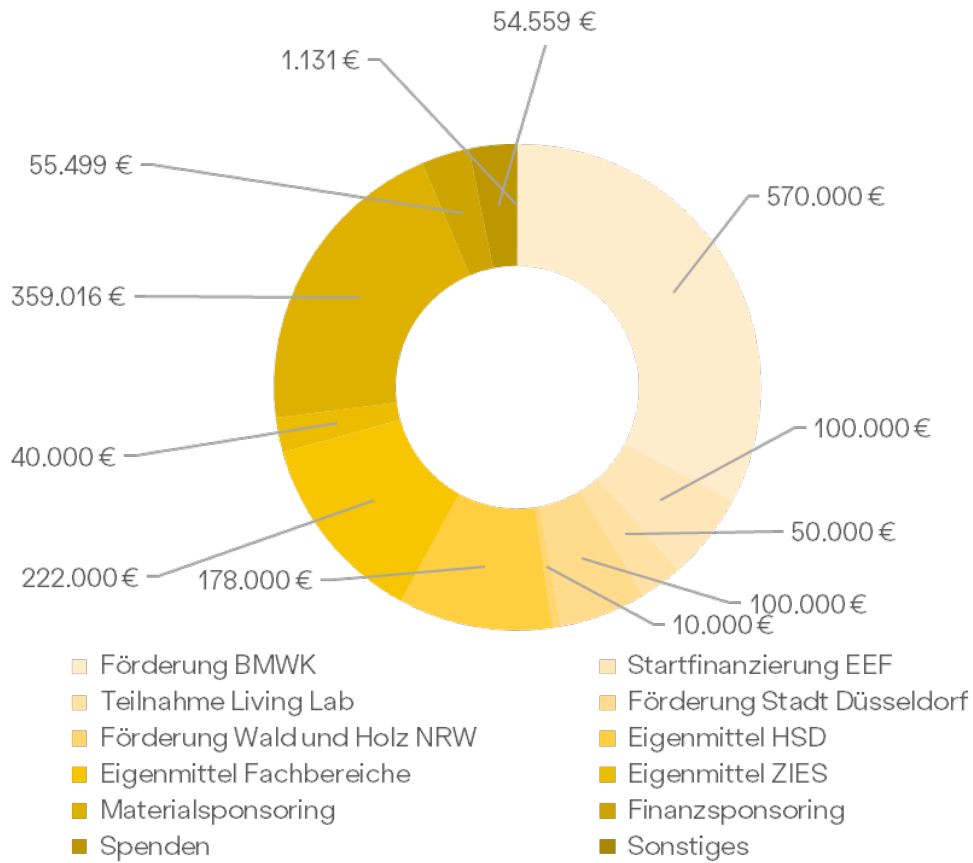


Abbildung 2: Gesamtbudget des Team MIMO

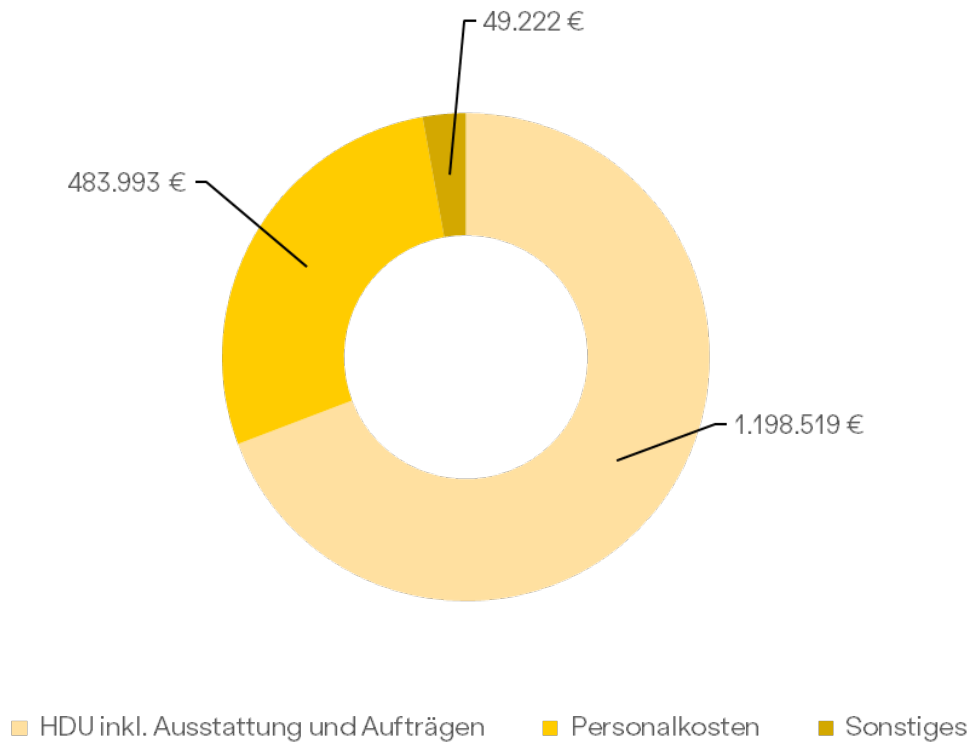


Abbildung 3: Gesamtkosten des Team MIMO

Die Vision des Team MIMO

Das Team der Hochschule Düsseldorf ist angetreten, um unter dem Leitgedanken «Minimal Impact - Maximum Output», kurz MIMO, eine Lösung für ganzheitlich ressourceneffiziente Gebäude im urbanen Kontext aufzuzeigen. Der Leitgedanke beinhaltet, dass nur das getan werden soll, was dem Ort einen Mehrwert bietet und maximalen Nutzen bei minimalem Eingriff schafft.

Konkretes Handlungsfeld des Team MIMO war die umsichtige Sanierung und Aufstockung eines existierenden Lagerhauses in Wuppertal Mirke von 1905, welches heute vom überregional bekannten Café Ada als Catering-, Tanz- und Eventlocation genutzt wird. Ziel und Leitmotiv für die Umgestaltung des Bestands ist daher vor allem der Aspekt der Erhaltung – sowohl Sicherung der baulichen Geschichte des Objekts als auch Wahrung der Atmosphäre, da diese genau das ist, was die Besucher am Ada schätzen.

Eines der übergeordneten Ziele des Team MIMO bestand darin, ein soziales Gewebe zwischen den Bewohner*innen über den individuellen Wohnraum hinaus entstehen zu lassen. Zudem sollten konsequent ökologische, recycelte und vor allem wiederverwendbare Materialien im Sinne der Konsistenz genutzt werden und die traditionelle Maxime des Wettbewerbs, die Energieeffizienz um den Aspekt der Suffizienz durch minimalen privaten Wohnraum und Sharing-Modelle ergänzt werden.

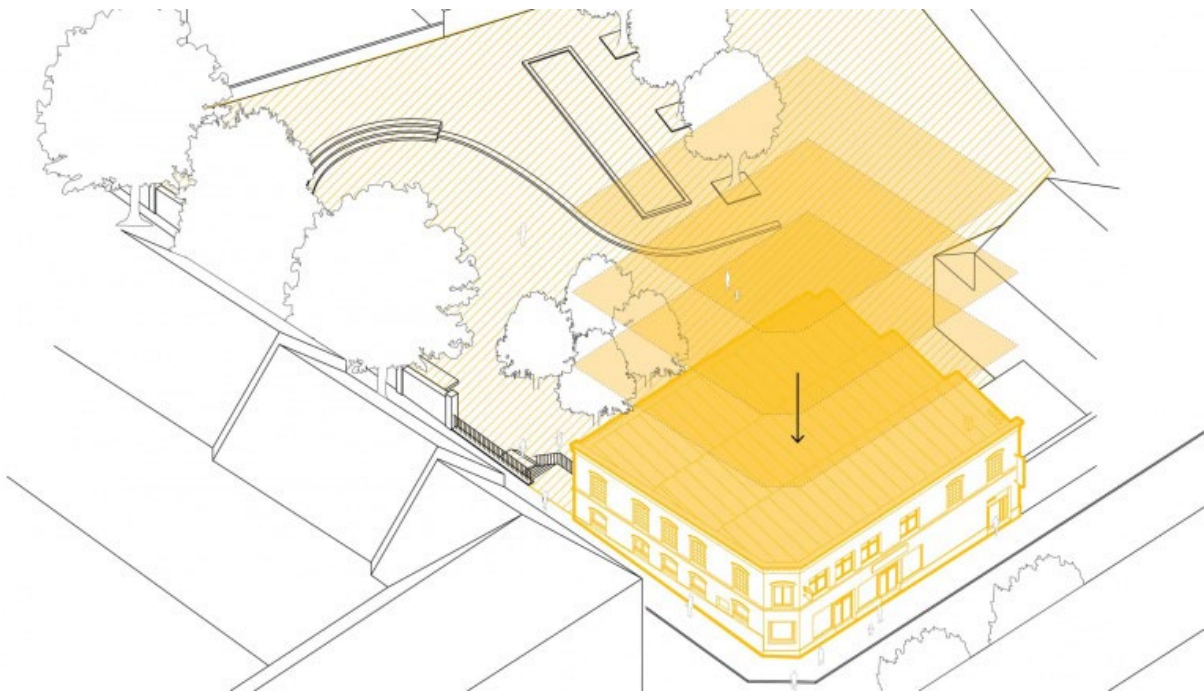


Abbildung 4: Sanierung und Aufstockung, © SDE 21/22

Die Design Challenge

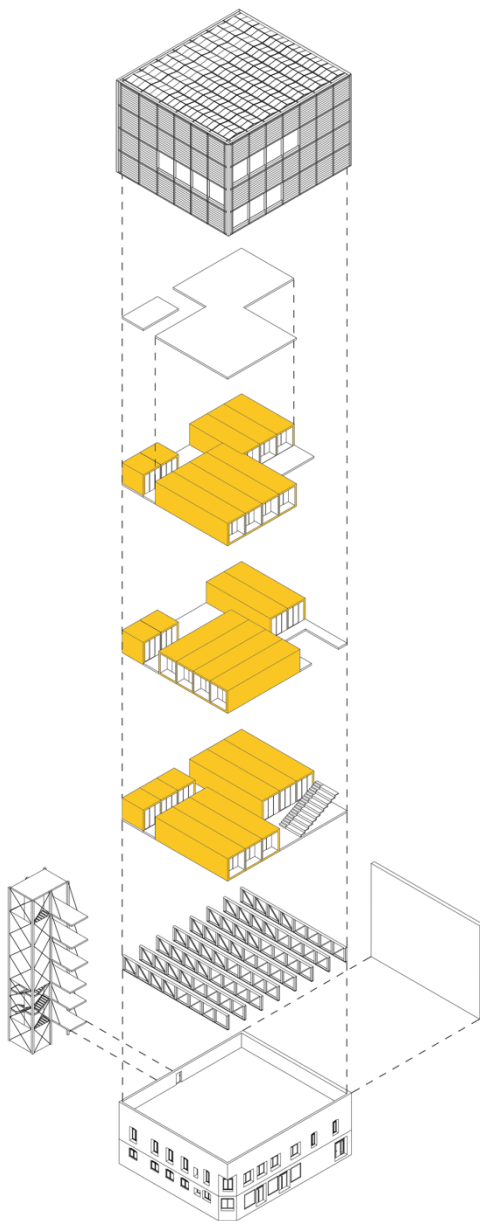


Abbildung 5: Konzept der Aufstockung,
Abbildung Team MIMO

Gemäß dem Leitbild des Teams wird mittels einer effizienten Aufstockung ein Mehrwert für das Quartier geschaffen. Dieser besteht vor allem in einer Wohnraumalternative zu den überwiegend großen Wohnungen des gründerzeitlichen Quartiers Mirke. Durch behutsame Eingriffe und Erhalt des äußeren Erscheinungsbildes werden bestehende Qualitäten des Cafés und Veranstaltungszentrums funktional als auch ästhetisch geschärft und lange Schließungszeiten vermieden. Die Aufstockung entsteht daher unter der Prämisse des modularen Ansatzes. Das Aufsetzen von 26 übereinandergestapelten, vorproduzierten Vollholz-Wohnmodulen über drei Geschosse ermöglicht über digitale Planungs- und Produktionstechniken ein konsequent nachhaltiges Nutzungs-, Material- und Designkonzept, geringe Bauzeiten vor Ort und demnach eine Minimierung der mit dem Bau verbundenen Emissionen.

In 15 Wohneinheiten wird privater Wohnraum für bis zu 33 Menschen aller Altersgruppen in vier verschiedenen Wohnungsschnitten bereitgestellt. Durch Versatz und Drehung der Module sowie eine darüber gestülpte sog. Klimahülle entstehen Zwischen- und Lufträume, die die Erschließung aber vor allem gemeinschaftlich genutzte Co-Working-Bereiche, Lounges und einen urbanen Dachgarten aufnehmen. Der gemeinschaftliche Bereich wird als thermischer Pufferraum über die intelligente Fassade weitestgehend natürlich klimatisiert. Weitere Module nehmen bspw. gemeinsam genutzte Waschmaschinen und Gästezimmer auf. Der im Sinne der Suffizienz reduzierte private Wohnraum (ca. 20 m² Wohnfläche pro Person) wird im Prinzip des „wer teilt, hat mehr“ erweitert. Die aufgesetzte Struktur trennt Neu- und

Altbau und setzt städtebaulich eine klare Kante mit Signalcharakter.



Abbildung 6: Außenansicht der Design Challenge, Abbildung Team MIMO

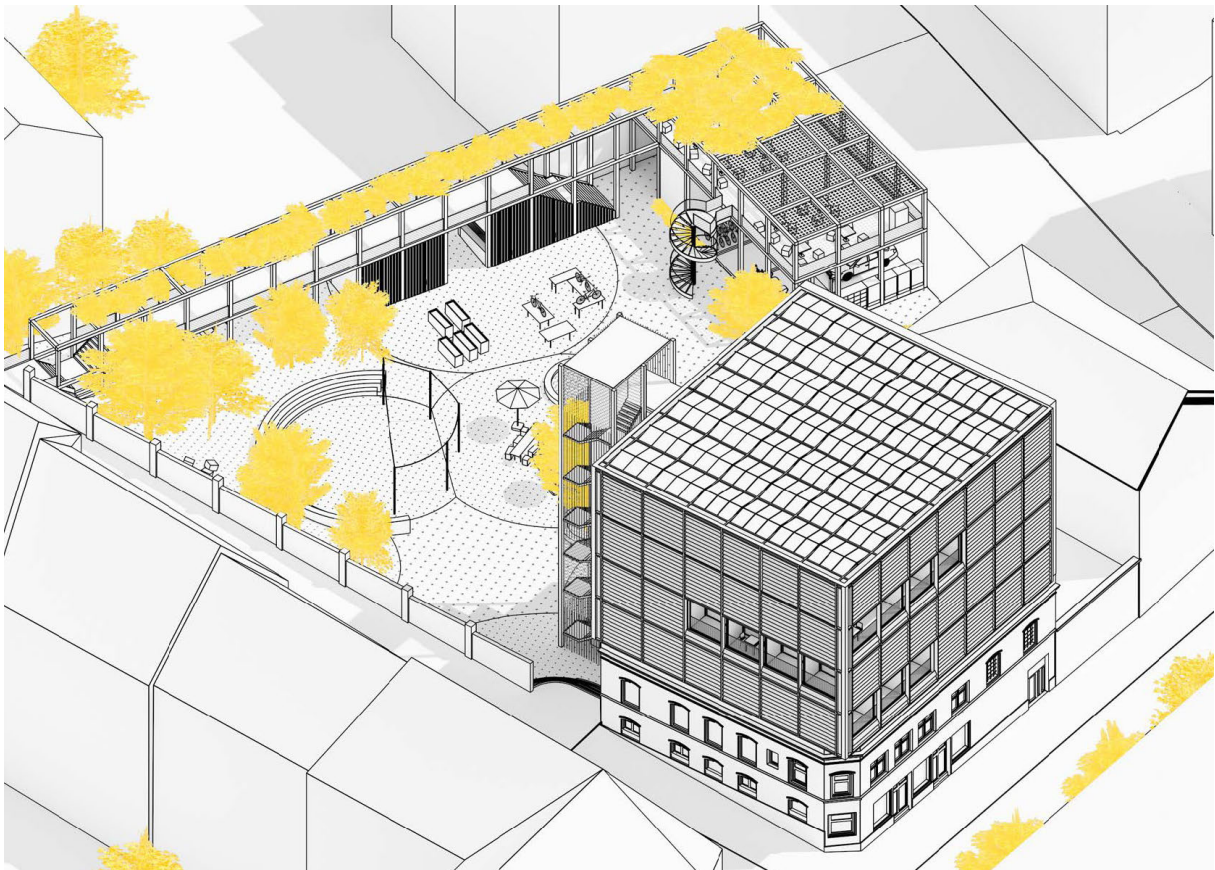


Abbildung 7: Städtebauliche Situation der Design Challenge, Abbildung Team MIMO

Das Team MIMO

Das interdisziplinäre Team MIMO hat 18 Professor*innen, ca. 70 Studierende und zehn Mitarbeiter*innen aller sieben Fachbereiche (Architektur, Design, Elektro- und Informationstechnik, Maschinenbau und Verfahrenstechnik, Medien, Sozial- und Kulturwissenschaften, Wirtschaftswissenschaften) vereint, um in allen Wettbewerbskategorien bestehen zu können.



Abbildung 8: Team MIMO am Starttag des Wettbewerbs bzw. der Bauphase in Wuppertal, Foto Marvin Hillebrand

Während die Projektleitung und Gebäudeplanung für die Design Challenge und House Demonstration Unit (HDU) im Fachbereich Architektur zusammenliefen, haben Studierende des Fachbereichs Sozial- und Kulturwissenschaften die Klientel des Mirker Quartiers untersucht und ihre Überlegungen zur Planung der Apartments eingebracht. Gemeinsam mit Studierenden der Wirtschaftswissenschaften wurde die Realisierbarkeit der Aufstockung nachgewiesen. Mitglieder des Fachbereichs Maschinenbau und Verfahrenstechnik sowie des Fachbereichs Elektro- und Informationstechnik entwickeln Strategien für die Energieversorgung und das Lastmanagement und setzen diese mit Partnern aus der Wirtschaft erst im Labor und dann in der HDU um. Studierenden der Fachbereiche Design und Medien vollzogen die komplette Öffentlichkeitsarbeit inkl. Informationskonzept und einer Darstellung über Augmented-Reality Modelle.

Die HDU der Hochschule Düsseldorf



Abbildung 9: Außenperspektive der HDU des Team MIMO, Foto Marvin Hillebrand

Der im Wettbewerb Solar Decathlon traditionell umzusetzende und in zwei Wochen aufzubauende Gebäude-Prototyp wird House Demonstration Unit, kurz HDU, genannt und zeigt in der aktuellen Wettbewerbsausgabe erstmals die in der vorgeschalteten sog. Design Challenge - ein im Stile eines Architekturwettbewerbs ausgearbeitetes Sanierungs- und Erweiterungskonzept zur urbanen Nachverdichtung – erarbeiteten Konzeptschwerpunkte auf einem vorgegebenen Baufeld von 18 x 18 m. Die Vorgabe der sog. Solar Envelope ließ hierin einen Baukörper von maximal 10 x 10 m bei einer Höhe von max. 7 m zu. Analog zur Aufstockung der Design Challenge zeigt die HDU des Team MIMO hierin exemplarisch zwei, auf ca. 8 m verkürzte kompakte Wohnmodule sowie ein TGA-Modul, welche gesperrt gegeneinander- und über zwei Ebenen aufeinandergestellt sind sowie von der Klimahülle umgeben werden. Auf den zwei Ebenen befinden sich somit jeweils ein auf das Nötigste reduzierte Wohnmodul sowie unterschiedliche Gemeinschaftsbereiche wie eine Küche, ein großer Essbereich, eine Lounge und ein Erschließungsmöbel samt Stauraum.

Der Haupteingang führt Bewohner*innen und Besucher*innen quer unter dem Obergeschoss-Wohnmodul durch den gemeinschaftlichen Küchenbereich. Dieser ist durch doppelt gewebte Vorhänge räumlich und akustisch vom übrigen Raum trennbar. Hierüber und durch unterschiedliche Heizkreise kann der Küchenbereich in den Wintermonaten als Wärmeinsel mit einem höheren Temperaturniveau einzeln genutzt werden. Beim Übergang in den zweigeschossigen Hauptraum spannt sich ein lichter, weil weit und über viele Fensterflächen geöffneter Raum auf. Hier findet das gemeinschaftliche Leben statt, erschließt eine raumbildende Treppe die obere Lounge und bietet verdeckten Stauraum.

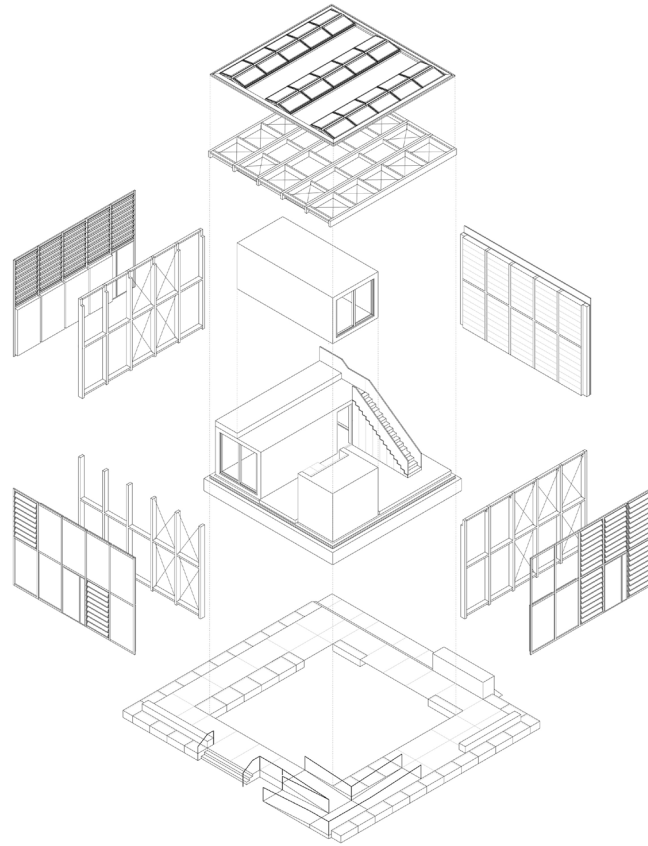


Abbildung 10: Sprengisometrie der HDU, Abbildung Team MIMO



Abbildung 11: Innenansicht Raummöbel als Treppe und Stauraum mit Lehmwand und EG-Wohnmodul, Foto Marvin Hillebrand



Abbildung 12: Gemeinschaftsküche im Erdgeschoss/Gemeinschaftsbereich, Foto Marvin Hillebrand

Raummodule als suffizienter Lebensraum

Die Module basieren auf massiven, leimfreien Vollholz-Wand- und Deckenelementen, die zu Raummodulen vorgefertigt und vollständig installiert auf den Solar Campus in Wuppertal transportiert wurden. Beide Wohnmodule beinhalten neben jeweils einem Bad im Mittelteil zwei unterschiedlich nutzbare Wohnräume. Im Erdgeschossmodul wird mittels eines Multifunktionsmöbels ein Wohn-Schlafraum sowie eine kleine Küche vorgestellt. Beide Wohnmodule durchstoßen mit Ihren Hauptwohnräumen die Klimahülle, um den Bewohner*innen über vollflächige Hebe-Schiebetüren Außenzugang und eine hohe Tageslichtversorgung zu ermöglichen. Der jeweils andere Wohnraum mündet ebenfalls über raumhohe und öffentbare Verglasungen in den Gemeinschaftsbereich. Vorhänge bieten innen Blendfreiheit, Verdunkelung sowie Privatheit und dienen außen als Sonnenschutz.

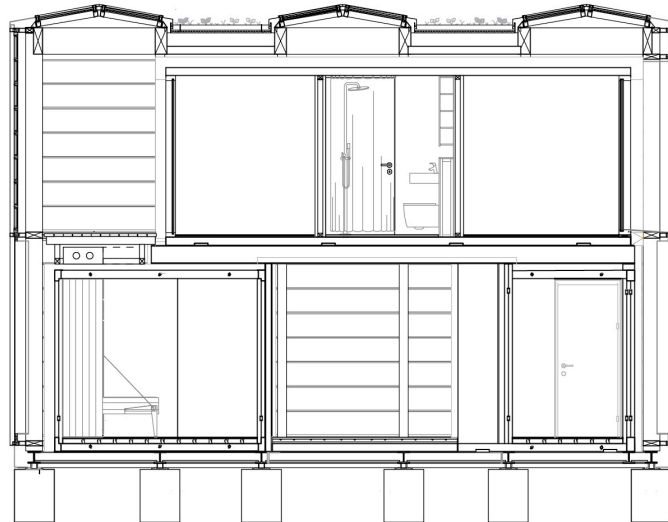


Abbildung 13: Schnitt durch die HDU, Abbildung Team MIMO

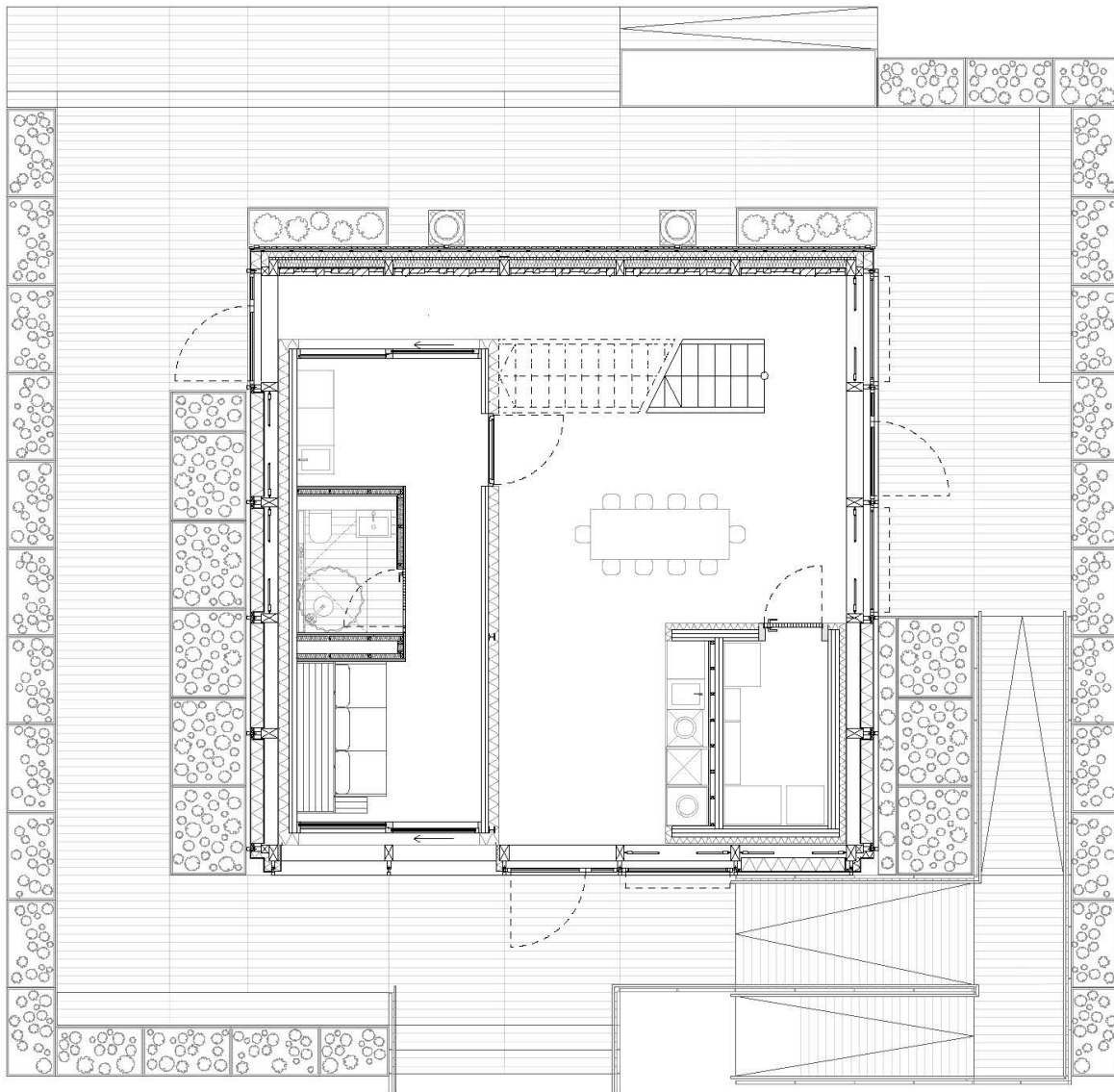


Abbildung 14: EG-Grundriss der HDU, ohne Maßstab, Abbildung Team MIMO

Die Wandaufbauten bzw. -stärken der inneren Wohn-Raummodule sind hinsichtlich der Statik sowie des Schall-, Brand- und Wärmeschutzes auf 12 bzw. 18 cm optimiert und werden mit Kork gegenüber dem Gemeinschaftsbereich mit potenziell anderem Temperaturniveau gedämmt. Hierüber entsteht ein homogener, leimfreier und auf Basis von nur zwei Baustoffen stark vereinfachter Wandaufbau. Die Korkdämmplatten werden lediglich verschraubt, wobei die Schraubenköpfe unsichtbar versenkt werden. Kork wird als nachwachsender Rohstoff ohne Zuschlag von Fungiziden oder Flammschutzmitteln verbaut und erwirkt durch seine Offenporigkeit eine hohe Schallabsorption im Gemeinschaftsbereich.



Abbildung 15: Blick von der inneren Terrasse auf dem EG-Wohnmodul in den Gemeinschaftsraum inkl. Lehmsteinen an der Nordwand und Korkbekleidung der OG-Wohnmoduls, Foto Marvin Hillebrand

Neben leimfreiem Holz und unbehandeltem Kork ist Lehm wichtigster Naturbaustoff im Projekt. Während die o.g. lediglich eingestellten Lehmsteine der Nordfassade vor allem als thermische Speichermasse und zusätzlicher Schallabsorber dienen, sind die Badkerne der beiden Wohnmodule innen, wie außen vollflächig mit Lehm verputzt, um seine Vorteile hinsichtlich Wärmespeicherung, Feuchteregulierung, Schalldämmung und Schadstofffreiheit einbringen zu können. Er bekleidet ebenfalls in Lehmbauplatten eingelegte Wandflächenheizungen, die darunterliegenden Lehmbauplatten und die hier zur Aussteifung eingesetzte Diagonalschalung aus leimfreien GFM-Platten (GFM = Glue Free Massiv). Durch die Verwendung von Akazie (Holzboden im Bad) und Edelkastanie (Möbiliar) folgt das Badkonzept der Leitlinie des leimfreien Bauens und kann auf Kleber, Leim und Silikone fast vollständig verzichtet werden. Eingefräste Ablaufrillen münden in einer Rinne aus Holz. Eine übliche Badabdichtung, welche später nicht von anderen Komponenten zu trennen ist, wurde durch eine recycelte Folie, die im Wandbereich lediglich hinter den Lehmbauplatten mechanisch fixiert wird, ersetzt. Um die Lehmwände vor Spritzwasser der Dusche zu schützen, kommen eine freistehende Duscharmatur und ein raumhoher Duschvorhang zum Einsatz. Ein weiterer Vorteil dieser Duschanordnung ist die Rollstuhlgerichtigkeit und Barrierefreiheit bei minimierter Fläche, die im Erdgeschoss gewährleistet ist.



Abbildung 16: Holzmobiliar und Lehmwände sowie Holzboden im Bad des OG-Wohnmoduls, Foto Marvin Hillebrand



Abbildung 17: Wohn- und Schlafraum im Erdgeschoss-Wohnmodul mit wandelbarem Wohn-Schlafmöbel, leimfreiem Wandschrank, leimfreier Massivholzkonstruktion und Lehmwand, Foto Marvin Hillebrand

Klimahülle und TGA-Konzept

Die den Gemeinschaftsraum und Wohnmodule umgebende sog. Klimahülle bildet über großflächige, öffnbare Dachfenster und Glas-Lamellen in der Fassade einen thermischen

Pufferraum. Während in den privaten Wohnräumen eine Wandheizung in den Badkernwänden und eine mechanische Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung für übliche (Temperatur) bzw. sehr gute (Luftqualität) Raumluft- und Komfortansprüche sorgen, weist der Gemeinschaftsbereich aus Effizienzgründen eine deutlich flexiblere Komfortspanne auf. Er wird rein natürlich be- und entlüftet sowie passiv gekühlt und kann ein Temperaturniveau zwischen 15 und 35 °C annehmen. Erst bei sehr geringen Außentemperaturen werden die solaren Wärmegewinne über die großflächigen Verglasungen um Heizwärme aus einer Fußbodenheizung ergänzt.

In die Fenster eingebettete Photovoltaikzellen sorgen für Stromertrag und Schattenwurf. Ihre Anordnung ist hinsichtlich der Ein- und Ausblicke sowie des Energieertrags und Tageslichteinfalls parametrisch abgestimmt. Die BIPV-Gläser erzielen durch hochtransparente Gläser, die Verwendung hocheffizienter kristalliner Zelltechnologien und eine spezielle Silikon-Einbettung höchste und langfristig stabile Energieerträge und eine hervorragende Schalldämmung. Ein sensorbasiertes Managementsystem steuert die Öffnung der transparenten Fassadenelemente gem. der Komfortanforderungen. Dabei werden deren Neigung gegenüber solarer Einstrahlungswinkel zur Vermeidung möglicher Verschattung der PV-Zellen sowie Innenraumtemperatur, Luftfeuchte und CO₂-Belastung gegenüber äußerer Witterung per Sensorik und Wetterstation abgewogen. Die intelligente Fassade übernimmt damit sowohl Aufgaben des winterlichen Wärmeschutzes (Lamellen geschlossen) als auch des sommerlichen Wärmeschutzes (Lamellen teilweise geöffnet, PV-Module als Sonnenschutz) und nutzt passiv wie aktiv solare Energie.

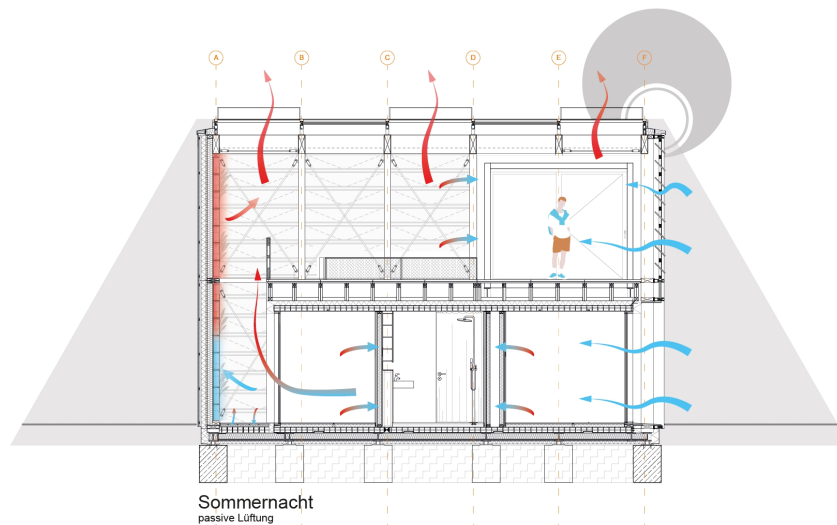


Abbildung 18: Energiekonzept Sommernacht, Abbildung Team MIMO

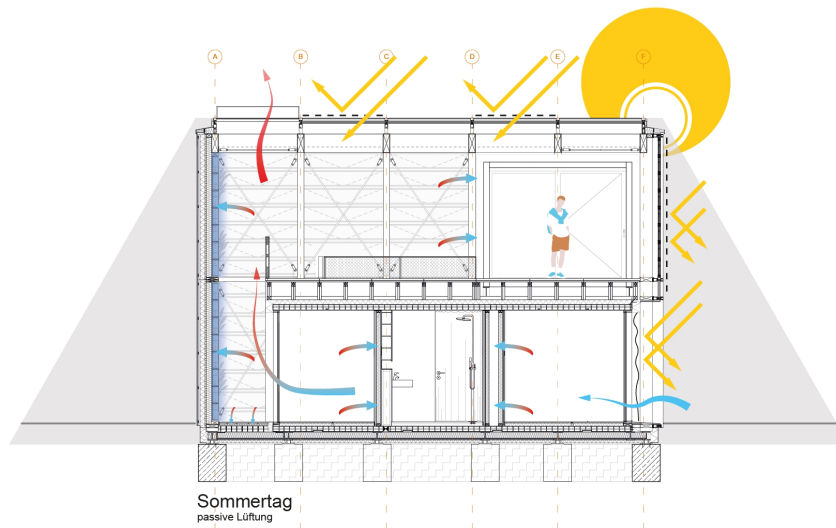


Abbildung 19: Energiekonzept Sommertag, Abbildung Team MIMO

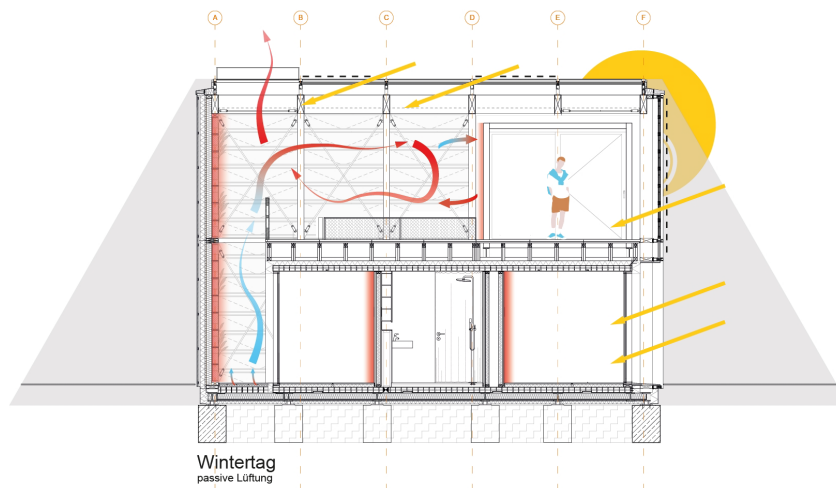


Abbildung 20: Energiekonzept Wintertag, Abbildung Team MIMO

Aufgrund des im Vergleich zur Design Challenge schlechten Verhältnisses von Fläche zu Raumvolumen und der großen Glasflächen wurden sehr gute U-Werte für die Hüllflächen ausgeführt. Der Fußbodenaufbau erreicht einen U-Wert von $0,154 \text{ W/m}^2\text{K}$, der im Wesentlichen durch 200 mm Mineralwolle, eine 20 mm Hochleistungswärmedämmplatte sowie die 120 mm starke, leimfreie Holzstapeldecke erreicht wird. Hierauf ist die Fußbodenheizung gem. des allgemeinen Materialkonzepts schwimmend und in Trockenbauweise aus den ökologischen Materialien Basalt und Lava verlegt. Dank des direkten Kontakts der Heizrohre mit dem Holzbodenbelag entstehen trotz hoher Speicherfähigkeit (Rohdichte 1.600kg/m^3 bei spez. Wärmekapazität von 1.000 J/kgK) und niedriger Vorlauftemperaturen weder thermische Trägheit noch lange Wärmeverlaufzeiten. Schnelle Regulierung und kurze Reaktionszeiten entsprechen o.g. der temporären Nutzung.



Abbildung 21: Blick auf die Westfassade mit PV-Zellen in geöffneten Fensterlamellen und die innere Terrasse im OG-Bereich, Foto Marvin Hillebrand

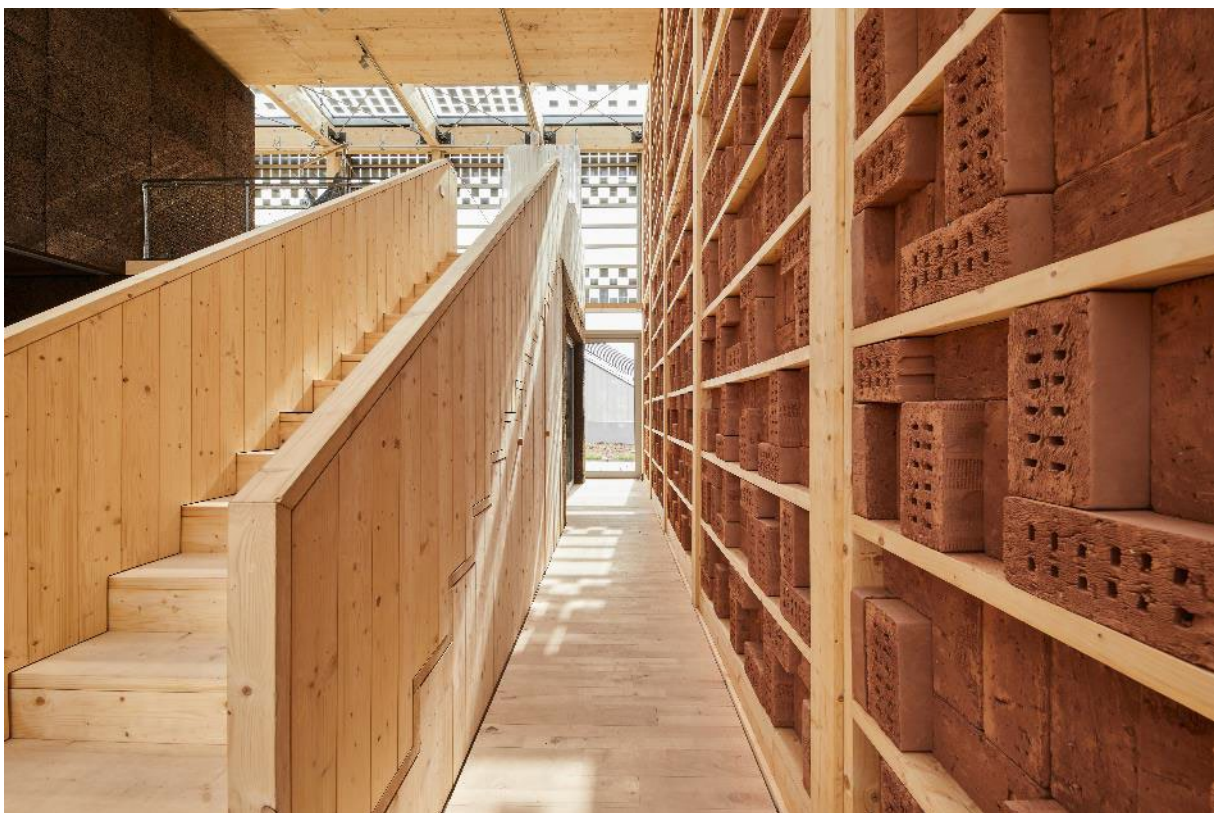


Abbildung 22: Nahaufnahme der gesteckten Lehmstein auf der Innenseite der Nordfassade sowie auf das leimfreie Rummöbel als Treppen und Stauraum, Foto Marvin Hillebrand

Auch das Haupttragwerk und Dach wird als Holzkonstruktion ausgeführt. Zwischen den knapp 10 m langen Trägern ermöglicht eine 200 mm dicke Dämmschicht aus Biomasse,

Recyclingmaterialresten und Muschelkalk mit einer Wärmeleitfähigkeit von 0,024 W/mK einen U-Wert von 0,102 W/m²K. Die beiden opaken Flachdachbereiche werden als 0°-Dach ausgeführt und kommen durch den Einsatz einer rollennahtgeschweißten Abdichtung aus nichtrostendem Edelstahl ohne übliche Folien und Bitumenabdichtungen aus. Dieser Aufbau ist leicht, wurzelfest, wartungsfreundlich und resistent gegen stehendes Wasser. In Kombination mit einer extensiven Dachbegrünung entsteht eine hohe Wärmereflexion und UV-Strahlungssicherheit.

Die opake Nordwand wird als klassische Holz-Ständerkonstruktion mit Dämmung ausgefacht und außenseitig mit Holzfaserdämmung unter der vertikalen Schalung vollflächig gedämmt (U-Wert 0,138 W/m²K). 30 mm dicke, leim- und schadstofffreie sowie rein mechanisch verbundene GFM-Holzplatten werden diagonal als aussteifende Beplankung und Dampfdichtheits- sowie Luftdichtigkeitsschicht eingesetzt. Somit kann auch hier auf Folien und Klebebänder verzichtet werden.

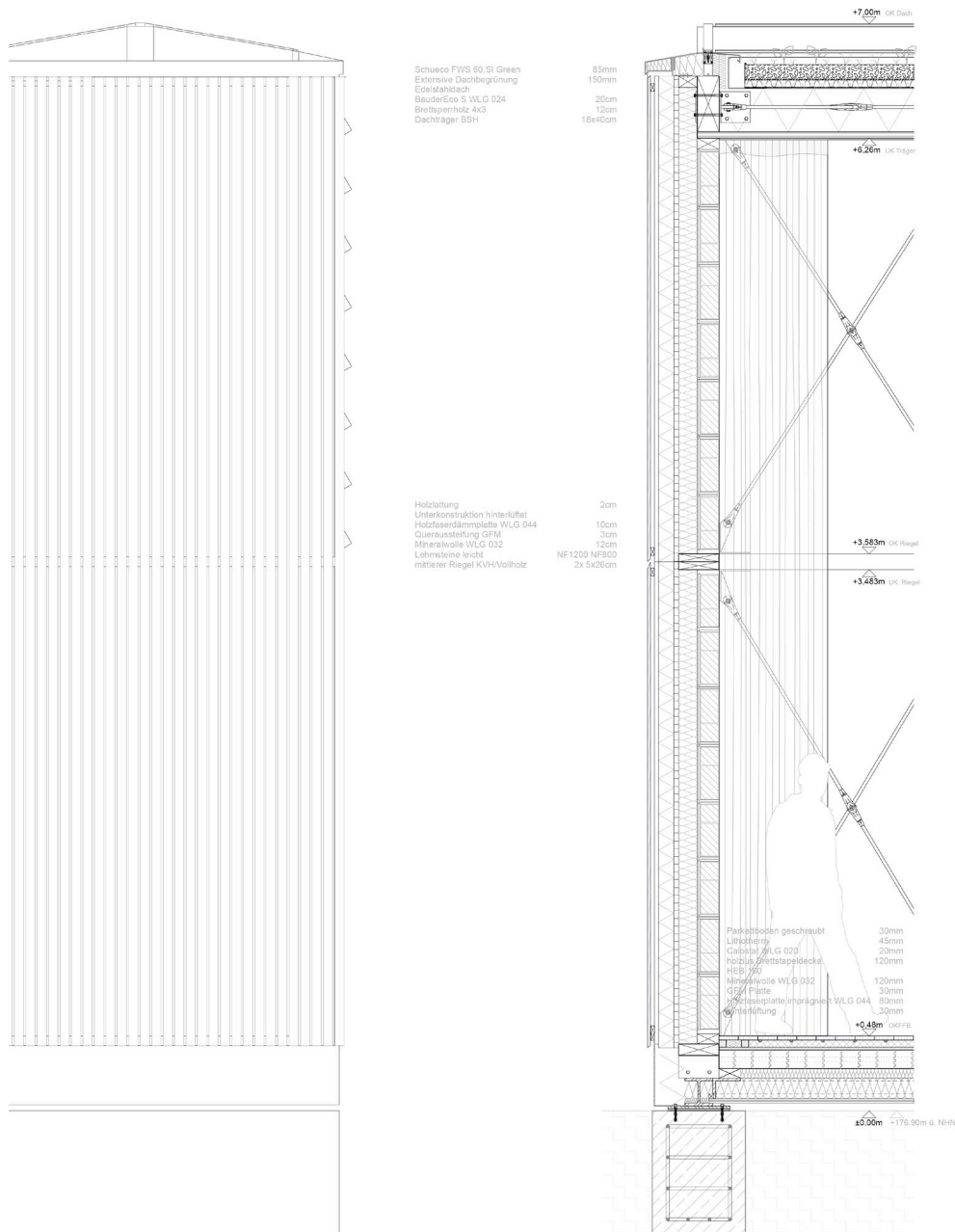


Abbildung 23: Fassadenschnitt Nord, ohne Maßstab, Abbildung Team MIMO

Die opaken Sandwich-Fassadenelemente in der Aluminium-Pfosten-Riegelfassade der Klimahülle erreichen durch dampfdicht verbaute, recycelte Mineralwolle ebenfalls gute Wärmedämmeigenschaften (U -Wert $0,156 \text{ W/m}^2\text{K}$). Testweise wird ein kleiner Teil der opaken Hülle mit einer eigens hergestellten Dämmung aus Pilzmyzel versehen und im Verlauf des anschließenden Forschungsvorhabens Living Lab NRW untersucht. Aufgrund der vielen Stoßpunkte der Fassadenlamellen werden diese als Dreifachverglasung ausgeführt (in der Design Challenge ist eine Zweifachverglasung vorgesehen) und erreichen über eine Argonfüllung im 12 mm Scheibenzwischenraum einen U_g -Wert von $0,800 \text{ W/m}^2\text{K}$. Der Gesamtenergiedurchlassgrad wird zugunsten des sommerlichen Wärmeschutzes durch Low-E-Beschichtungen reduziert (g -Wert der Verglasung von $0,6$ bei einer Lichtdurchlässigkeit von $0,64$), aber vor allem durch die in das Glas eingesetzten PV-Zellen. Auf dem Dach beträgt dieser Wert im Durchschnitt $0,26$ bei den Dachfenstern mit unterschiedlichen Dichten von PV-Zellen.

In der Fassade wird in Kombination mit einem inneren Vorhang, der die Einstrahlung auf thermisch aktivierbare Flächen reduzieren soll, ein Gesamtenergiedurchlassgrad von 0,16 erreicht. Eine entscheidende Komponente zur Reduzierung der sommerlichen Temperaturen ist die enorme effektive Fensteröffnungsfläche von über 30 % durch Fassadenlamellen und Oberlichter sowie eine Erhöhung der thermischen Speichermassen auf knapp 110 Wh/m²K vor allem durch die opake Nordwand, die ca. 60 m² unverkleidete Lehmziegel aufnimmt. Diese stellt die Brandwand der Design Challenge dar, puffert tagsüber Wärmespitzen ab und führt diese während der Nachtlüftung ab. Die Anordnung als Mosaik löst die Massivität der Wandscheibe auf, vergrößert die Oberflächen, darüber die Wärmeaufnahme- sowie -abgabefähigkeit und bietet erhöhte Schallabsorption.

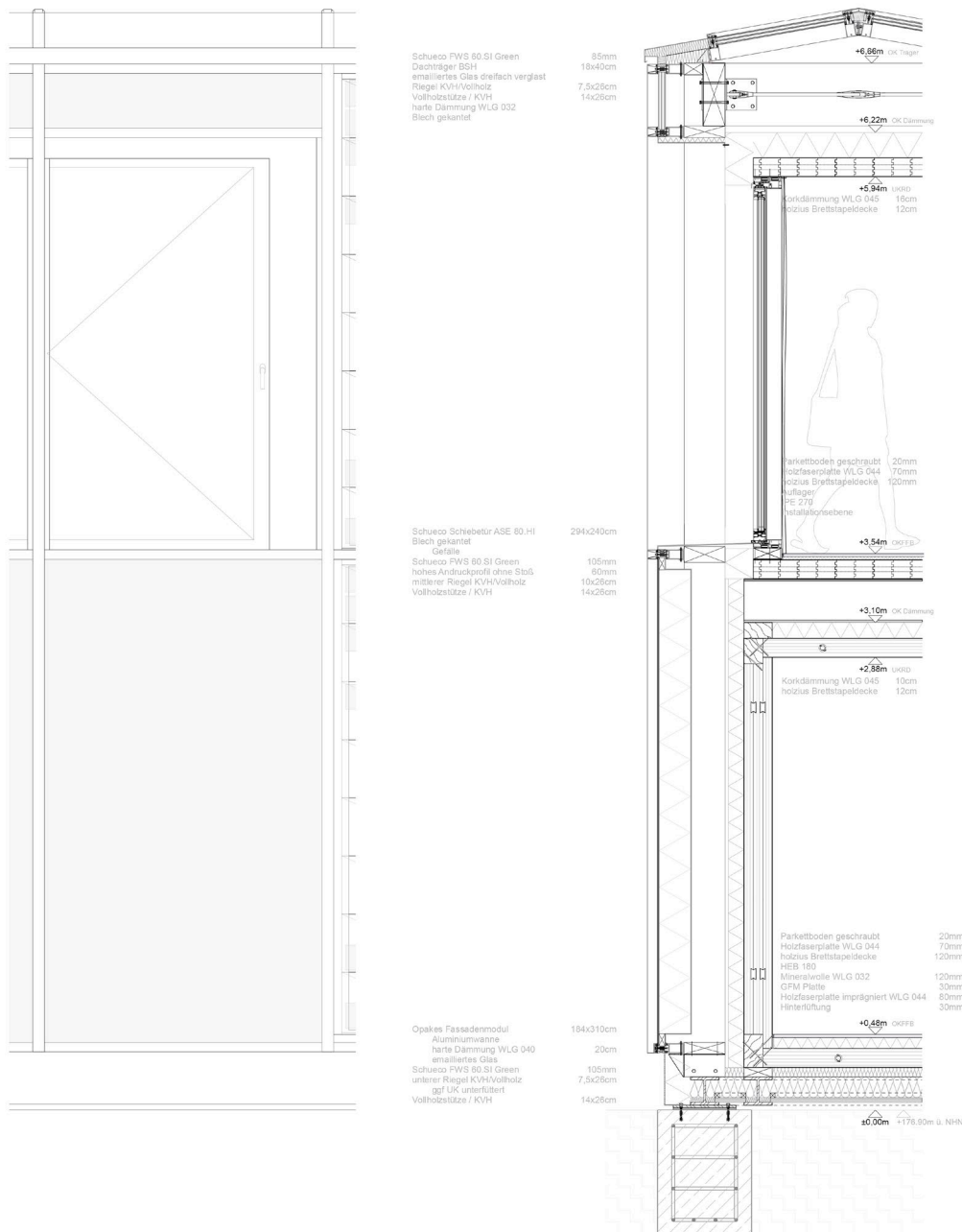


Abbildung 24: Fassadenschnitt Ost, ohne Maßstab, Abbildung Team MIMO

Das ebenfalls vollständig vorgefertigte und vorinstallierte Technikmodul grenzt an die genannte Gemeinschaftsküche und beherbergt sämtliche Systeme für die Energieversorgung

und das Management des Gebäudes. Neben Wechselrichtern und Batteriespeicher für die Solarstromanlagen sowie elektrischer und thermischer Unterverteilung ist hier das innovative und an der Hochschule Düsseldorf entwickelte energiBUS-System verortet. Im Sinne des Gemeinschaftsprinzips koppelt dieses die Haushaltsgeräte über eine intelligente Wärmeverteilung mit zentralen Wärmespeichern und der Wärmepumpe samt Eisspeicher. Während die Wärme auf einem niedrigen Temperaturniveau z.B. den Kühlschränken entzogen wird, steht diese den Wärmeverbrauchern wie der Waschmaschine auf einem höheren Temperaturniveau über das Leitungsnetz zur Verfügung. Hierzu werden Waschmaschinen, Trockner oder Gefrierschränke zentral und nicht in den Wohnungen aufgestellt und können ohne eigene Wärmepumpe auskommen. Neben der reduzierten Anzahl und Anschaffungskosten (Suffizienz) ergeben sich Stromeinsparungen von 30 % im Gesamtsystem (Effizienz).

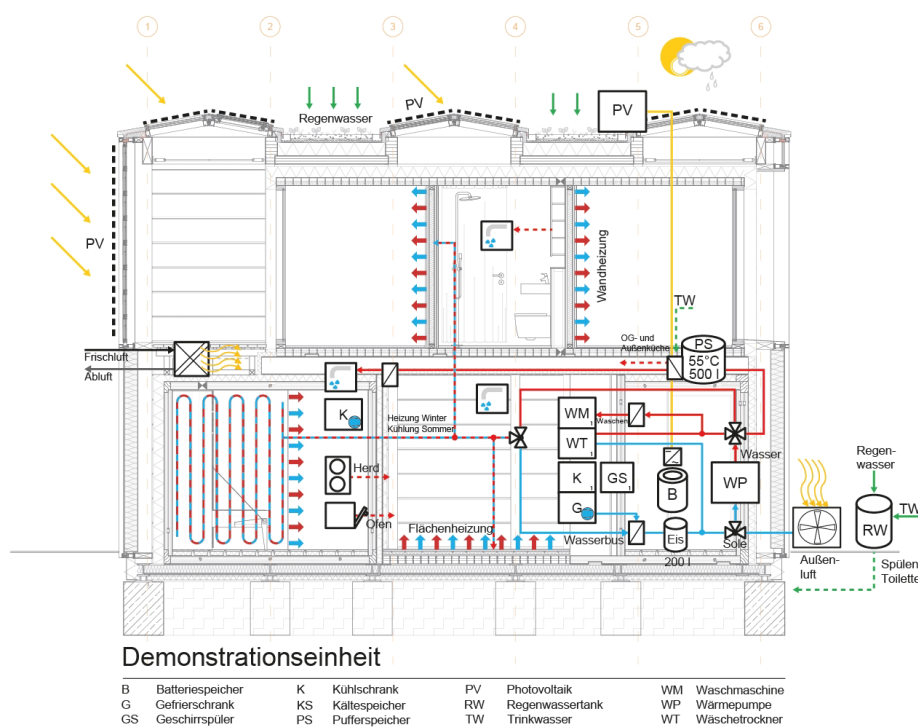


Abbildung 25: Haustechnisches Konzept samt energiBUS, Abbildung Team MIMO

Vorfertigung

Um den Zeitaufwand der Baustelle auf dem Solar Campus im Wuppertal reduzieren zu können, wurde ein hohes Maß an Vorfertigungen vorausgesetzt. Im Wesentlichen wurde an zwei Standorten produziert: Zum einen in Kevelaer bei unserem Holzbaupartner Petershaus GmbH & Co. KG und zum anderen in den hochschuleigenen Räumlichkeiten.

Standort Petershaus GmbH & Co. KG, Kevelaer

In den Fertigungshallen von Petershaus wurden die angelieferten Vollholzdecken- und Wandelemente zu drei Modulen verschraubt und anschließend auf dem Innenhof des Unternehmens platziert. Einige Studierenden des Teams haben dort über mehrere Wochen die Module ausgebaut und für den Transport nach Wuppertal vorbereitet. In den Fertigungshallen wurde währenddessen die Skelettstruktur der Klimahülle von den Fachkräften mit studentischer Unterstützung produziert. Dank des Stellens der Module auf dem Innenhof konnte auf die Anmietung einer weiteren Produktionsstätte verzichtet werden.



Abbildung 26: Antje Thimm, 19.04.2022, Nachhaltiges Wohnen in Boxen aus Holz, Rheinische Post, Foto: Norbert Prümen

Standort Werkstatt der Hochschule Düsseldorf

Wie das o.g. Wohn-Schlafmöbel, das Badezimmermobiliar und das Treppenmodul samt Stauraum sind auch die beiden gezeigten Küchen durch Studierende der Peter Behrens School of Arts der HSD entwickelt und in der hochschuleigenen Werkstatt gebaut. Sowohl die Kitchenette mit Möbelcharakter im Wohnmodul, die sich auf das Wesentliche (Spüle, Minibar, Ofen und 2-flammiger Herd) begrenzt, als auch die Gemeinschaftsküche, die alle Haushaltsgeräte aufnimmt und mit dem energiBUS-System verknüpft, basieren auf äußerst langlebiger Verbindung von Recyclingpapier und Harz und bilden vollständig monolithische Kontraste zu den vielen Naturbaustoffen. Die mobile Herd- Ofenkombination kann über eine 400 V-Steckdose auf im Gemeinschaftsbereich, in der privaten Wohnküche und auf dem äußeren Terrassendeck genutzt werden. Letzteres nimmt die in der Design Challenge behandelten Themen Biodiversität, Mikroklima, Urban Gardening und E-Mobilität exemplarisch durch eine Vielzahl heimischer Zier- und Nutzpflanzen sowie eine Mobility-Box als Lastenrad-Verleihstation auf.



Abbildung 27: Vorfertigung der Treppe in der Holzwerkstatt der HSD, Foto Team MIMO

Kommunikation

Das Kommunikationsteam hat seinerzeit die Ziele Informieren, Aufklären und Einladen aufgestellt.

- Wir wollen über den SDE21/22, die enthaltenen Themen und natürlich unser Projekt informieren
- Wir wollen über Architektur, die Umwelt und ihre sozialen Dimensionen aufklären
- Wir wollen die Menschen einladen, zum Finale von SDE21/22 zu kommen und an der Suche nach architektonischen Lösungen für soziale und ökologische Veränderungen

Das Kommunikationsteam setzte sich aus Studierenden der Fakultäten Architektur, Design, Medien und Sozialwissenschaften der Hochschule Düsseldorf zusammen und stand in ständigem Austausch mit den anderen Gruppen und Teammitgliedern aus bspw. den Bereichen Modellbau, Hochbau, TGA oder Ökologie. Für das Team MIMO wurde ein eigenes Corporate Design entwickelt und viele Inhalte rund um MIMO, seine Aktivitäten und den SDE21/22 erstellt. Durch diese Kombination konnten viele Ziele erfolgreich umgesetzt und eine ausgewogene und sorgfältige Kommunikation bei gleichbleibendem Output geschaffen werden.

Die Website war das Herzstück der Kommunikation des Teams: Sie machte die Konzepte für fast jeden zugänglich. Sie archiviert das Projekt, informierte die Öffentlichkeit über Konzepte und Sachstände sowie Kooperationen, klärte über architektonische Lösungen auf und lud zum Solar Decathlon ein. Sie war und ist noch immer die Hauptanlaufstelle für Interessierte. Alle Medien verweisen auf die Website, die wiederum auf unsere digitalen Medien verweist. Die Website wurde nach modernen Webstandards erstellt und ihr SEO-Ranking ist sehr hoch.

Es wurde ein Sponsoren-Newsletter, der alle 3 Monate an die Sponsoren und Partner des Teams verschickt wurde und ein Erinnerungs-Newsletter an alle Abonnent*innen, der an das Finale von SDE21/22 erinnerte, erstellt.

Im Bereich der sozialen Medien war und ist das Team MIMO auf Instagram, Facebook und LinkedIn vertreten. Es wurden verschiedene Post-Kategorien für die Formate entwickelt und eine regelmäßige Posting-Praxis etabliert. Auf Instagram wurden einige hundert Follower gewonnen und eine große Reichweite aufgebaut. Auf LinkedIn kam das Team zusätzlich mit Branchenprofis und Partnern in Kontakt.

Dieses Konzept und dessen Umsetzung hat dem Team den ersten Platz in der Wertung Communication, Education & Social Awareness beschert.

Auch im Anschluss an den Wettbewerb steht das Team MIMO für Besichtigungen und Führungen zur Verfügung, hat einige Preise erhalten (3. Platz beim Wettbewerb Studenten | Gestalten | Zukunft sowie Anerkennung beim Architekturpreis Gebäudeintegrierte Solartechnik 2022) und das Projekt bei diverseren Veranstaltungen vorstellen können. Die Team-eigenen Webauftritte

- <https://mimo-hsd.de/>
- <https://www.instagram.com/hsd.mimo/>
- <https://www.facebook.com/hsd.mimo.7/>
- <https://www.linkedin.com/company/mimo-hsd/>

sind auch ein Jahr nach Wettbewerbsende noch online und werden befüllt.

Bildung

In sechs Fachbereichen wurden seit Beginn des Wettbewerbs mehrere Kurse angeboten, die fast 600 Studierende erreichen konnten. So konnte ein breites und interdisziplinäres Netzwerk an der Hochschule Düsseldorf aufgebaut werden. Zudem sind während der Projektarbeit insgesamt 22 Bachelor-, sieben Master- und zwei Doktorarbeiten entstanden.

Die enge Zusammenarbeit von Studierenden des Team MIMO und Vertreter*innen der Industrie hat mehrere Workshops entstehen lassen und ein produktives Miteinander geschaffen. Diese wechselseitige Beziehung hat zu einer kreativen und präzisen Planung des Projektes geführt.

(Erste) Ergebnisse und Erkenntnisse - Abschneiden im Wettbewerb

Das Team MIMO hat in der Gesamtwertung mit 775 von möglichen 1.000 Punkten abschließend den vierten Rang belegt. Auf dem Weg dorthin wurde die Wertung Communication, Education & Social Awareness gewonnen und im Bereich Affordability & Viability der zweite Platz belegt. Drei vierte Plätze in Engineering & Construction, Urban Mobility und Architektur runden das gute Gesamtergebnis ab. Der Abstand des Team MIMO zum ersten beträgt 39 Punkte, weniger als 5 % der erreichten Punktzahl. Dies zeigt die hohe Gesamtqualität des Team MIMO. Darüber hinaus wurde der erste Platz im außerhalb des Wettbewerbs vergebenen Applied Mobility Sciences Award und der zweite Platz im Building for Future Award belegt.

Dass zwölf Teams mehr als 60 % der möglichen Punkte erreicht haben und die ersten neun Teams im Bereich von 100 Punkten Unterschied lagen, bestätigt die hohe Qualität der Beiträge. Über alle zehn Wettbewerbsdisziplinen gab es unterschiedliche Sieger – ein Beleg dafür, wie

ausgeglichen es bei dem Wettbewerb zuzuging. Das Team der HSD ist bestplatzierte Hochschule, zweitbestser Newcomer, bestes Team aus NRW und konnte acht Teams hinter sich lassen, die bereits mindestens einmal an einem Solar Decathlon teilgenommen haben!



Abbildung 28: Team MIMO nach der Siegerehrung, Foto Team MIMO

Gesamtergebnis

Rank	Team	Country	Score
1	Team RoofKIT	Karlsruhe Institute of Technology, GER	814
2	Team VIRTUe*	Eindhoven University of Technology, NL	801
3	Team SUM*	Delft University of Technology, NL	795
3	Team AuRA*	Grenoble National School of Architecture, FRA	795
4	Team MIMO	University of Applied Science Düsseldorf HSD, GER	775
5	Team LOCAL+	Aachen University of Applied Sciences, GER	745
6	Team levelup*	Technical University of Applied Sciences Rosenheim, GER	739
7	Team Azalea*	Polytechnic University of Valencia, ESP	734
8	Team coLLab*	Stuttgart University of Applied Sciences, GER	711
9	Team EFdeN*	NGO, RO	695
10	Team TDIS*	National Chiao-Tung University, TW	685
11	Team X4S	Biberach University of Applied Sciences, GER	634
12	Team FIRSLIFE	Czech Technical University in Prague, CZ	621
13	Team Deeply High*	Technical University of Applied Sciences Lübeck, Istanbul Technical University, GER TR	516
14	Team Lungs of the City*	University of Pécs, HU	419
15	Team Sweden*	Chalmers University of Technology, SE	127

Teilnehmer mit SD-Erfahrung mit * markiert

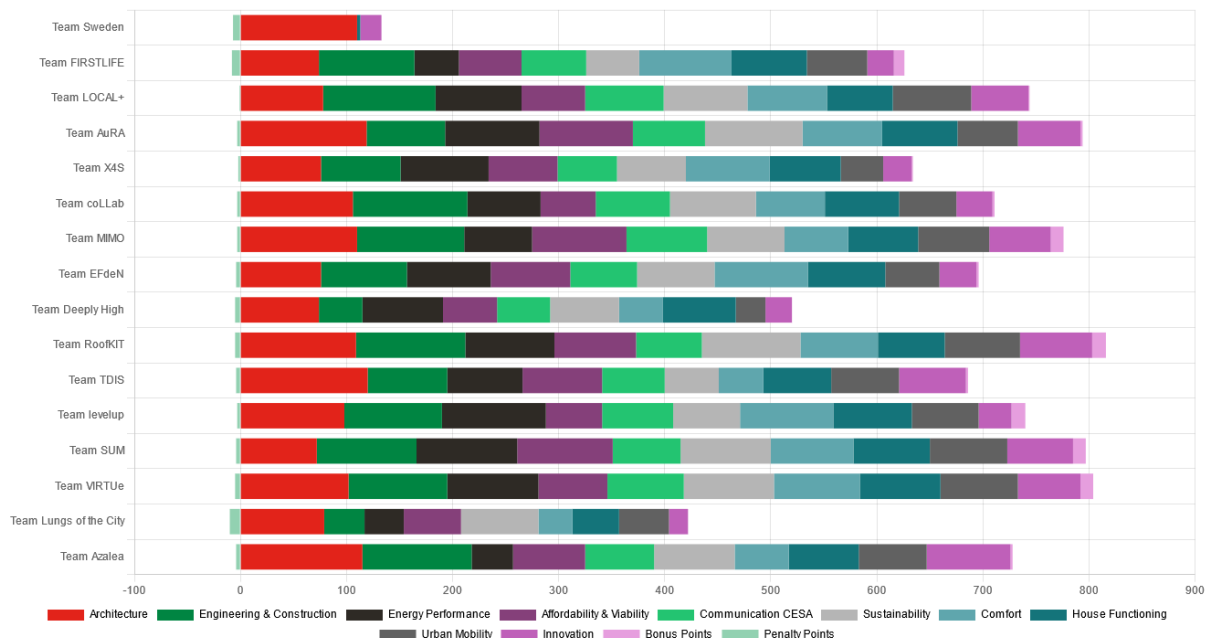


Abbildung 29: Verteilung der Punkte in den 10 Wettbewerbskategorien sowie für Bonus- und Strafpunkte für alle 16 Wettbewerbsteilnehmer

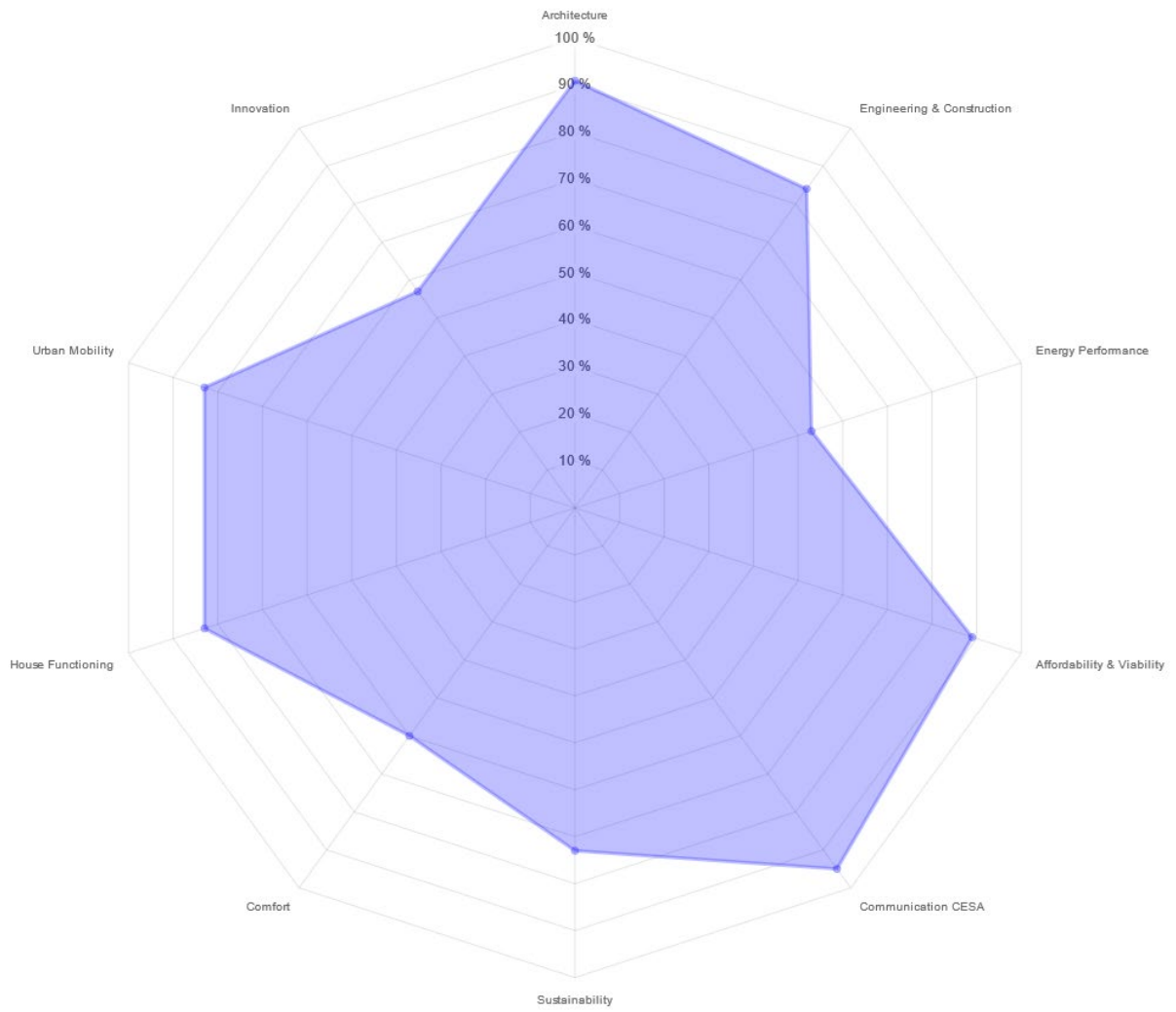


Abbildung 30: Verhältnis der erreichten Punkte zur möglichen Gesamtpunktzahl für das Team MIMO

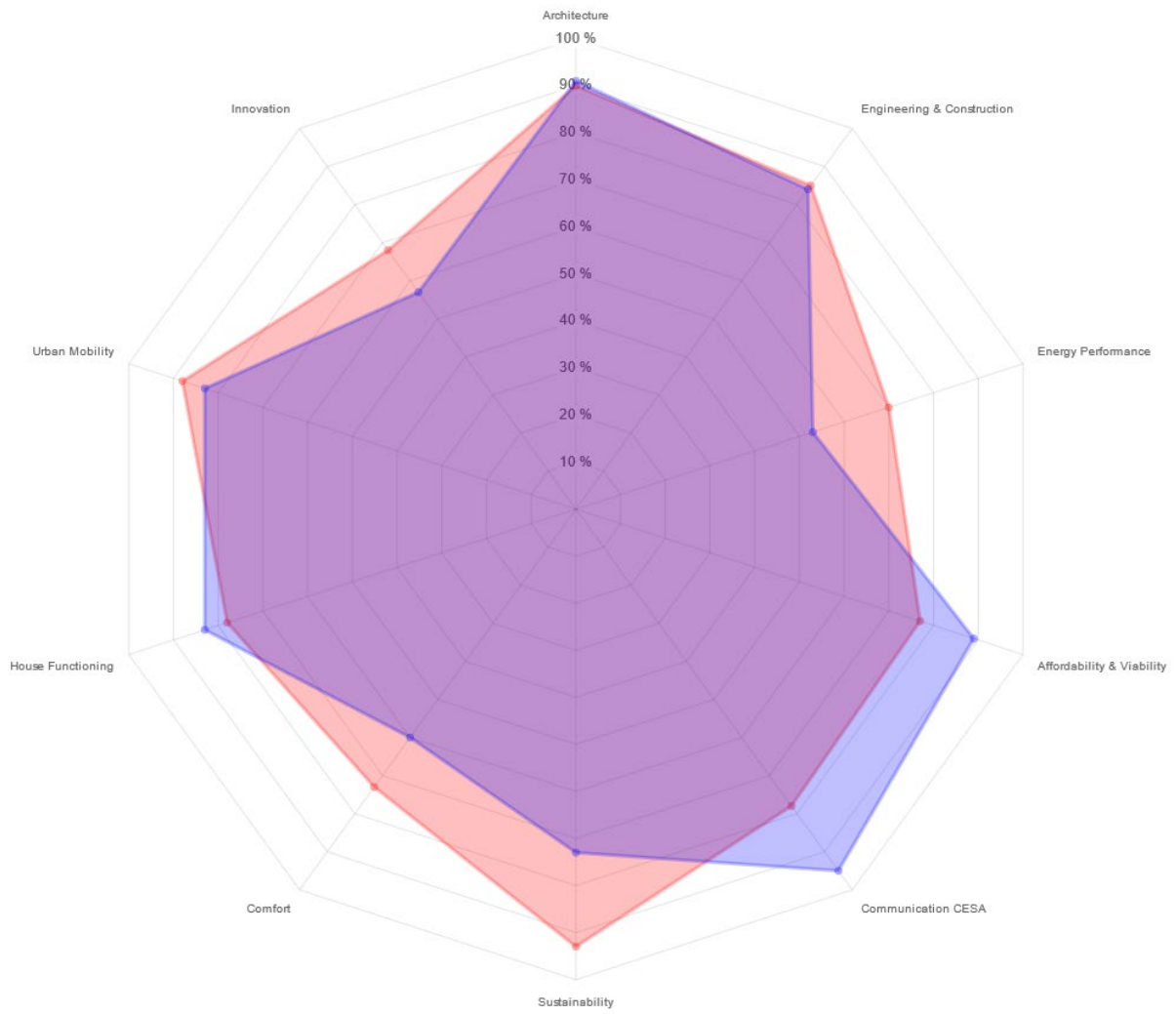


Abbildung 31: Verhältnis der erreichten Punkte zur möglichen Gesamtpunktzahl für das Team MIMO (blau) und vergleichend den Gesamtsieger, Team RoofKIT (rot)

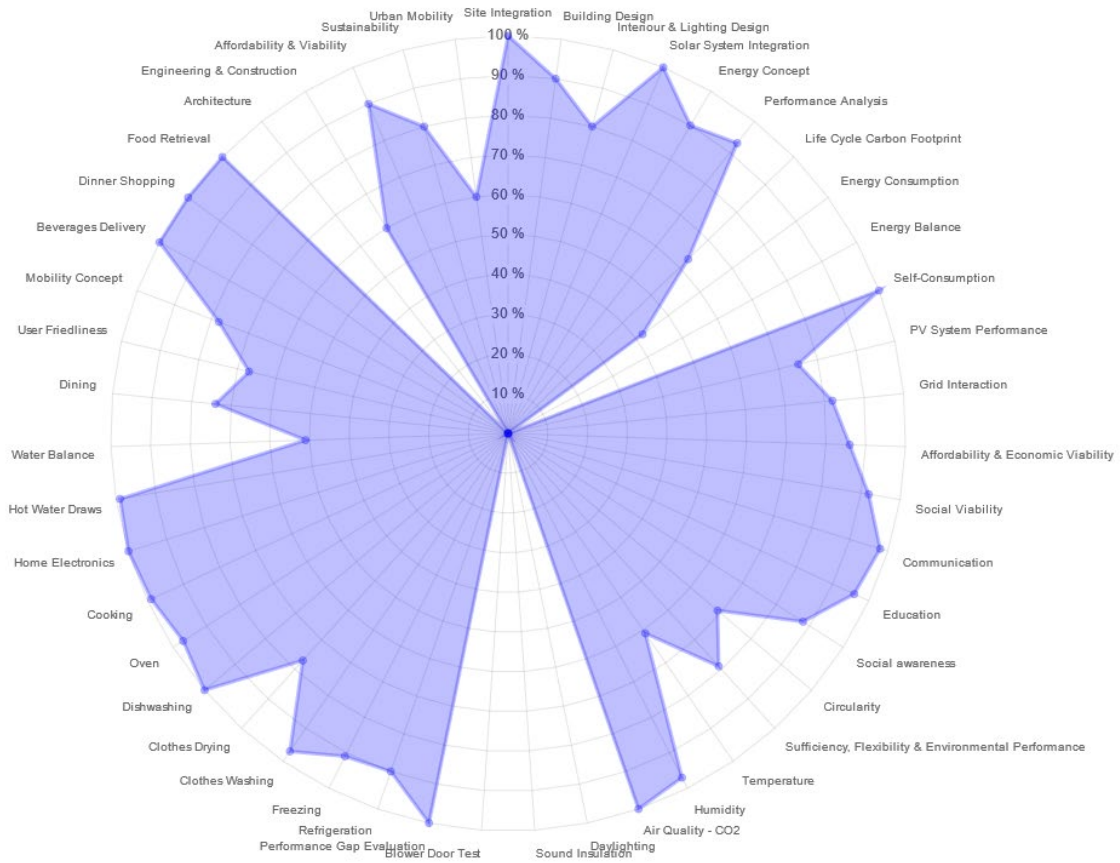


Abbildung 32: Verhältnis der erreichten Punkte zur möglichen Gesamtpunktzahl je Subcontest für das Team MIMO

In der Folge werden die Ergebnisse des Team MIMO in den einzelnen Wettbewerbsdisziplinen sowie je eine kurze Einschätzung aus Sicht des Teams dargestellt.

Disziplin 1 - Architektur

Bewertung:	Jury
Mögliche Punktzahl:	120
Punktzahl Team MIMO:	110 (90 %)
Punktzahl Erstplatziertes:	120 (100 %)
Erstplatziertes:	TDIS Taipeh
Platzierung Team MIMO:	4

Jury-Bericht (übersetzt): „Dieser Pavillon ist durch ein ausgeklügeltes System der natürlichen Belüftung und der technischen Integration von Beschattungseinrichtungen in die Fassade bestimmt. Er demonstriert auf schöne Weise den Gedanken des Ressourcenbewusstseins und die Auswirkungen dieses Denkens auf das Verständnis von Architektur. Im Inneren dominiert ein zweigeschossiger Raum, der die verschiedenen Nutzungen und Atmosphären miteinander verbindet. Das Ergebnis ist ein luftiger, heller Raum, der ein Gleichgewicht zwischen offenen und geschlossenen Bereichen herstellt. Dieser Raum wird durch die beiden Materialien Kork und luftgetrocknete Ziegel bestimmt, die je nach Dunkelheit die Ambition und das Potenzial eines hellen Innenraums reduzieren.“

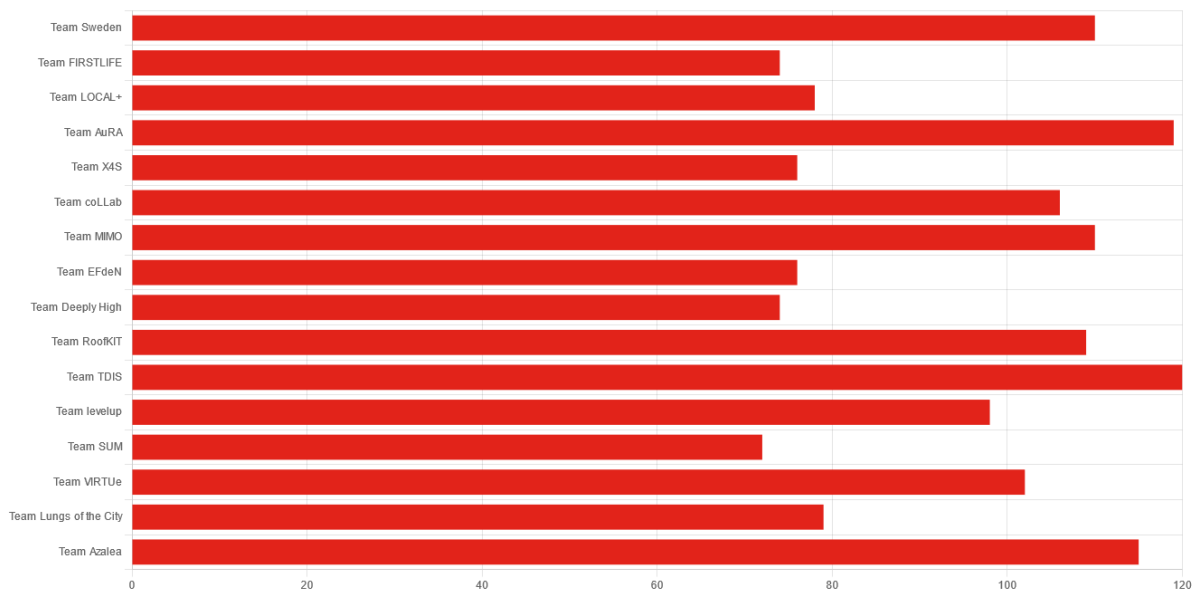


Abbildung 33: Punkteverteilung und Platzierungen Architektur

Subcontest Site integration

Mögliche Punktzahl:	20
Punktzahl Team MIMO:	20 (100 %)

Subcontest Building design

Mögliche Punktzahl:	60
Punktzahl Team MIMO:	54 (90 %)

Subcontest Interior & lighting design

Mögliche Punktzahl:	20
---------------------	----

Punktzahl Team MIMO:	16	(80 %)
Subcontest Solar system integration		
Mögliche Punktzahl:	20	
Punktzahl Team MIMO:	20	(100 %)

Eine (Be-)Wertung hinsichtlich der Architektur ist schwer zu objektivieren und kann auf Grundlage der Jury-Bewertung kaum weiter eingeschätzt werden. Der leichte Punktabzug deckt sich nicht mit dem Juryurteil. Es ist aber zu erkennen, dass das Gesamtkonzept sehr gut bewertet wurde und alle Bewertungsparameter auf hohem Niveau bearbeitet wurden. Die in Kapitel VI dargestellten Ideen und deren Umsetzung waren für die Jury, Fachpublikum aber auch Laien wahrnehmbar und wurden seitens der vielen Besucher erkannt und gelungen beschrieben.

Im Nachgang ist festzuhalten, dass der vom Team MIMO entwickelte Holzboden der Bäder ersten realen Erprobungen nicht standhalten konnte: Der leim- und silikonfreie Aufbau aus Akazienholzdielen schüsselte bereits nach kurzer Zeit. Die Akazie ist eine sehr harte und wasserwiderstandsfähige Holzart, die auch häufig im Schiffsausbau genutzt wird. Leider konnte die Konstruktion aus der mit Nut und Feder verbundenen Dielen nicht wie gedacht dem Wasser und extremen Temperaturunterschieden standhalten.

Disziplin 2 - Gebäudetechnik & Bauphysik

Bewertung:	Jury
Mögliche Punktzahl:	120
Punktzahl Team MIMO:	101 (84 %)
Punktzahl Erstplatziertes:	108 (90 %)
Erstplatziertes:	Collab Stuttgart
Platzierung Team MIMO:	4

Jury-Bericht (übersetzt): „Das Gebäude ist in zwei Klimazonen unterteilt, um die Energienutzung zu optimieren. Das Fenstersystem ermöglicht große Lüftungsraten, die in Kombination mit dem Lehmmaterial in diesem Raum eine passive Kühlung während der Nacht ermöglichen. Das Gesamtenergiekonzept basiert auf einer fortgeschrittenen Leistungsanalyse mit verschiedenen Werkzeugen. Das Energiemanagementsystem des Gebäudes wurde mit großer Sorgfalt entwickelt. Die Nutzung der Abwärme der Geräte und der ganzheitliche Ansatz in Bezug auf die Heiz- und Kühllasten im Gebäude. Es wurden Materialien mit niedrigem Kohlenstoff-Fußabdruck ausgewählt, und die Jury schätzt, dass ein kreisförmiger Bauansatz verwendet wurde.“



Abbildung 34: Punkteverteilung und Platzierungen Gebäudetechnik & Bauphysik

Subcontest energy concept

Mögliche Punktzahl:	60
Punktzahl Team MIMO:	54 (90 %)

Subcontest performance analysis

Mögliche Punktzahl:	30
Punktzahl Team MIMO:	28 (93 %)

Subcontest life cycle carbon footprint

Mögliche Punktzahl:	30
---------------------	----

Punktzahl Team MIMO: 19 (63 %)

Es ist zu erkennen, dass das Gesamtenergiekonzept sowie die Analyse von Energieverbräuchen sowie deren Deckung und die Analyse der Komfortparameter sehr gut bewertet wurde und hier vollständige Antworten geliefert wurden. Die Bewertung des life cycle footprint wurde vom Team ohne Vorkenntnisse bearbeitet. Dass die Bewertung hier weniger gut ausfällt, überrascht dennoch, da vollständige Analysen auf anerkannter Datenbasis erbracht und gute Ergebnisse bestimmt wurden. Vereinzelt wurden eigene, nicht im Kontext des Wettbewerbs angefragte Analysen eingebracht, wie bspw. ein Abgleich zwischen Vollholz- und Ständerwand im Modulkern oder die Analyse des verringerten CO₂-Aufwands durch eingesparte Komponenten im energiBUS-System. Die konsequent ökologische Bauweise mit leimfrei eingesetzten Materialien und lösbaren Verbindungen stellt einerseits Innovationen und eine hohe Eigenleistung des Teams dar, wurde extern gewürdigt, darf als zeitgenössisch betrachtet werden und führt Kombinationen im Sinne der Materialgerechtigkeit vor. Raumbildung, Material, Kreislaufgerechtigkeit, thermischen Eigenschaften wie Wärmespeicherkapazität und Schallabsorption wurden kombiniert und in sinnvolle Symbiosen überführt. Die in Kapitel VI dargestellten Ideen und deren Umsetzung wurden von der Jury wahrgenommen und anerkannt.

Disziplin 3 - Energieperformance

Bewertung:	Messungen, Aufgabe
Mögliche Punktzahl:	120
Punktzahl Team MIMO:	64 (63 %)
Punktzahl Erstplatziertes:	98 (82 %)
Erstplatziertes:	LevelUp Rosenheim
Platzierung Team MIMO:	12

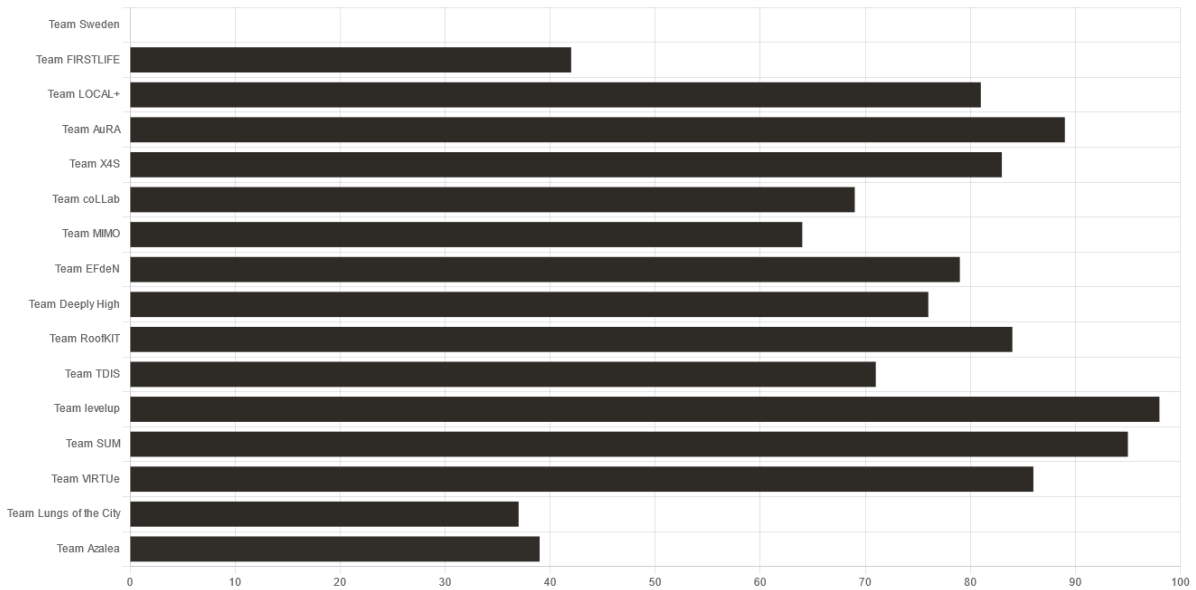


Abbildung 35: Punkteverteilung und Platzierungen Energieperformance

Subcontest Energy Consumption

Mögliche Punktzahl:	30
Punktzahl Team MIMO:	12 (40 %)

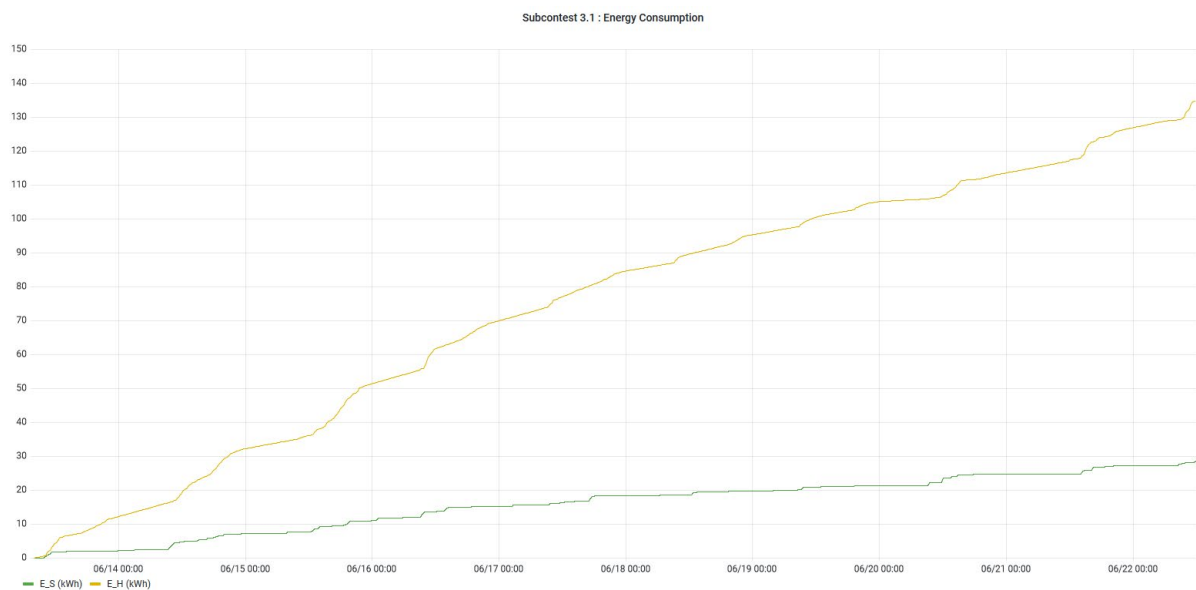


Abbildung 36: Ergebnis Subcontest Energy Consumption

Subcontest Energy Balance

Mögliche Punktzahl: 30
Punktzahl Team MIMO: 0 (0 %)

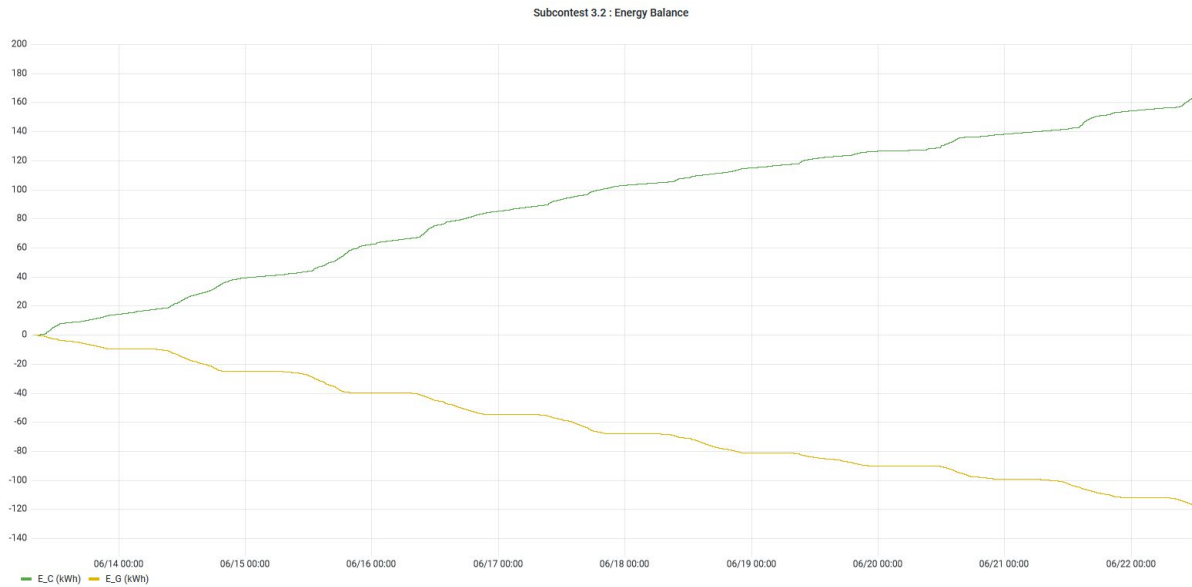


Abbildung 37: Ergebnis Subcontest Energy Balance I

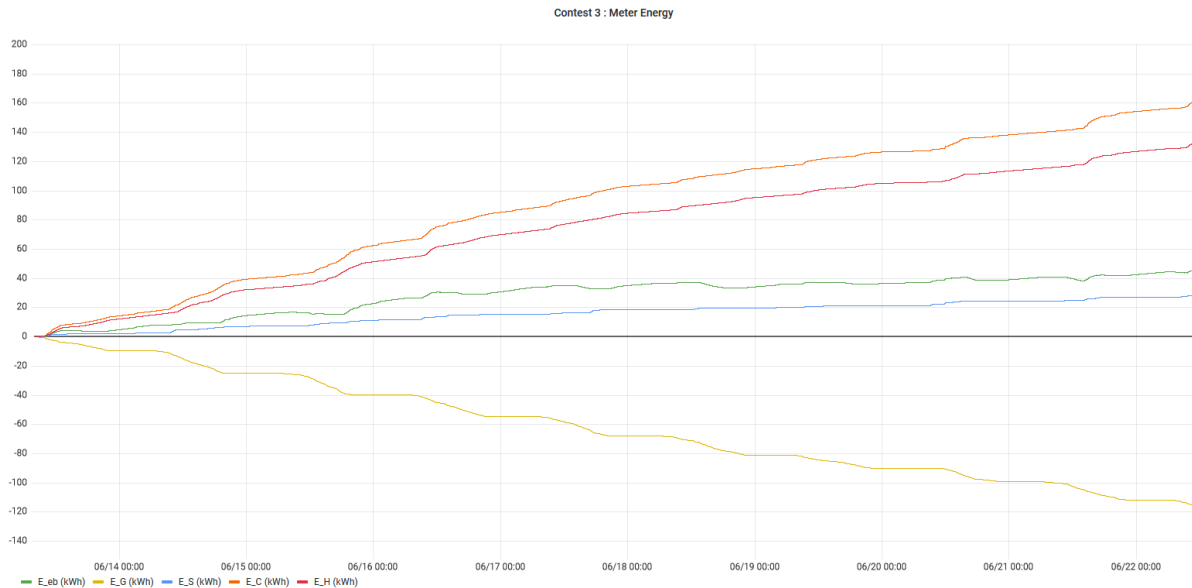


Abbildung 38: Ergebnis Subcontest Energy Balance II

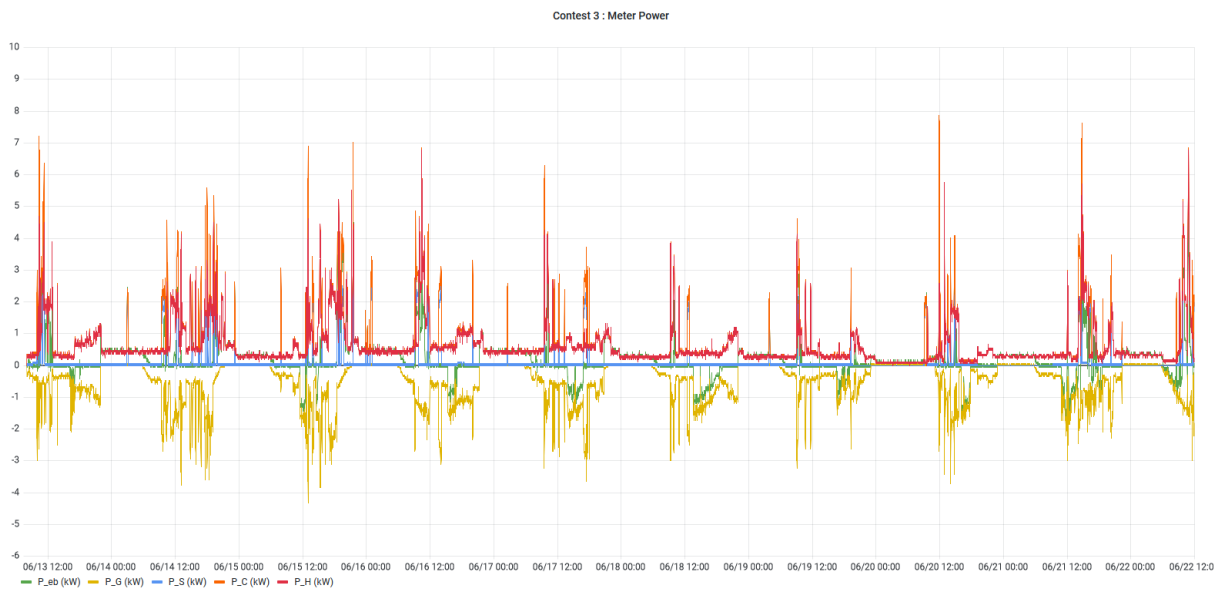


Abbildung 39: Ergebnis Subcontest Energy Balance III

Subcontest Self-Consumption

Mögliche Punktzahl: 20
 Punktzahl Team MIMO: 20 (100 %)



Abbildung 40: Ergebnis Subcontest Self-Consumption

Subcontest PV System Performance

Mögliche Punktzahl: 20
 Punktzahl Team MIMO: 15 (75 %)

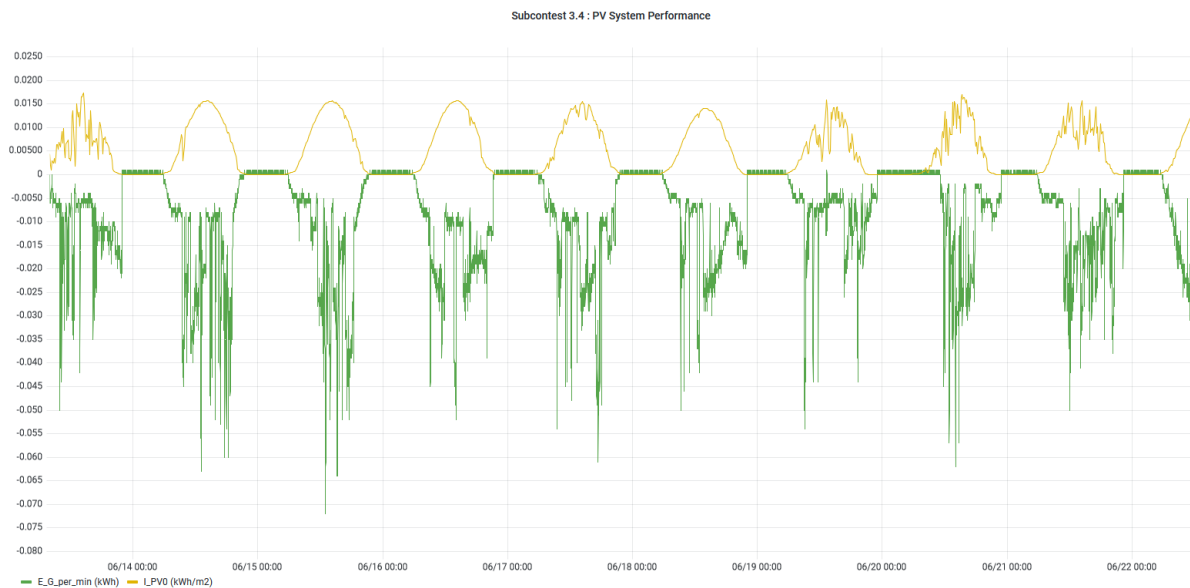


Abbildung 41: Ergebnis Subcontest PV System Performance

Subcontest Grid Interaction

Mögliche Punktzahl: 20
 Punktzahl Team MIMO: 16 (80 %)

Der Energieverbrauch der HDU des Team MIMO war anfangs deutlich zu hoch. Die Möglichkeit der Analyse in der ersten Woche nach Aufbau wurde vom Team nicht ausreichend genutzt, um diesen zum Start des Monitorings zu reduzieren. Letztlich kam die Erkenntnis, dass die Beleuchtung annähernd 300 W Grundleistung erbringt und die Lichtleisten neben den Leuchten selbst einen hohen und dazu dauerhaften Strombedarf aufweisen (da auch das Entertainmentsystem hierüber versorgt wurde), zu spät. Letztlich hätte dies bereits in der Planung auffallen und Abhilfe geschaffen werden müssen.

Zudem wurde die HDU in der ersten Wettbewerbswoche „vollständig genutzt“ und alle Funktionen während der öffentlichen Touren gezeigt. So wurden – vor lauter Begeisterung des Teams - bspw. die Fassadenlamellen und Dachflächenfenster beinahe im Dauermodus geöffnet und geschlossen, um dies den Besucher*innen vorzuführen. Hierdurch entstand neben Stromverbrauch der Steuerungskomponenten vor allem Stromverbrauch durch die Netzteile. Auch wurde in beiden Küchen ein Kühlschrank betrieben. Nachdem die Erkenntnis über die hohen Verbräuche spät erfolgte, entschied das Team das Haus auch weiterhin vollständig, aber behutsamer vorzuführen - inkl. beleuchtetem Bad, AR-Darstellung, einer Liveband mit Verstärkern im/am Haus (siehe Abbildung 42) und Videoanimationen.



Abbildung 42: Liveband des Team MIMO am 16.06. zur Unterhaltung der Wartenden Besucher, Foto Team MIMO

Ab der zweiten Woche ist ein deutlich geringerer Stromverbrauch erkennbar. Wäre dieser über beide Wettbewerbswochen entstanden, wäre(n) zumindest eine ausgeglichene Energiebilanz und damit mehr Punkte erreicht worden. Im Nachgang des Wettbewerbs wurden einige weitere Fehlerquellen im technischen System nachvollziehbar (Druckabfall am Wärmespeicher, Ausfall der Wärmepumpe, fehlende Einstellungen an Controllern bzw. Sensorverbindungen). Auch hierdurch waren im Wettbewerb und in der Folge hohe Stromverbräuche begründet. Immerhin konnte über den hohen Stromverbrauch die maximale Punktzahl im Bereich Eigenverbrauch erreicht werden. Zudem konnte im Subcontest Grid Interaction die Netzdienlichkeit und das hohe Vermögen der Eigenbedarfsdeckung nachgewiesen werden.

Da die hohen Stromverbräuche teilweise auch auf die sehr große House Demonstration Unit des Team MIMO zurückzuführen sind, ist anzumerken, dass eine größenunabhängige Begrenzung der im Wettbewerb nutzbaren PV-Leistung von 3 kWp kritisch gesehen wird, zumal die bspw. die Anforderungen hinsichtlich der Innenraumbeleuchtung für große und kleine HDUs gleichermaßen galten. Eine Leistungsbegrenzung pro Nutzfläche erschien fairer.

Disziplin 4 - Realisierbarkeit & Sozialökonomischer Kontext

Bewertung:		Jury
Mögliche Punktzahl:		100
Punktzahl Team MIMO:	89	(89 %)
Punktzahl Erstplatzierter:	90	(90 %)
Erstplatzierter:		SUM, Delft
Platzierung Team MIMO:	2	

Jury-Bericht (übersetzt): *„Erschwinglichkeit: Es hat uns sehr gut gefallen, dass Sie in Ihrem Projekt die Nachbarschaftsskala mit Dienstleistungen ansprechen. Das Düsseldorfer Team hat eine überzeugende und gut strukturierte Analyse der relevanten Aspekte von Erschwinglichkeit und Lebensfähigkeit. Sie haben detailliert dargelegt, mit welchen Maßnahmen und in welcher Höhe die Betriebskosten gesenkt werden können. Die Höhe der Miete und der Nebenkosten ist bezahlbar. Die Querfinanzierungs-idee unterstützt ebenfalls die Bezahlbarkeit des Projekts. Das Projekt basiert auf der Suche nach einem wirtschaftlichen Bausystem durch den Entwurf von einfachen Modulen, um die Kosten der Konstruktion, aber auch die Bauzeit zu reduzieren.*

Soziale Tragfähigkeit: Aufgrund der durchgeführten Freiraumanalyse und der vielen Ideen zur Schaffung einer Nachbarschaft, ist das Projekt sozialverträglich. Dies wird unterstützt durch die Kooperation mit Insel e.V. und einem Quartiersmanager sowie die Etablierung eines soziokulturellen Programms.

Innovation: Die Governance-Überlegungen zur Etablierung einer realistischen und effizienten Rechtsstruktur mit allen Kooperationspartnern als Verein ist eine innovative Struktur, die wir gerne anerkennen. Auch die Idee, die Herausforderung des Energieüberschusses mit dem Energienetz in der Nachbarschaft anzugehen, finden wir innovativ.

Empfehlungen: Ihr Projekt könnte von den "Urban Commons"-Modellen profitieren, die es in den südlichen Ländern Europas in großer Vielfalt gibt. Überlegen Sie bitte auch, wie Sie die Bedürfnisse der so unterschiedlichen Zielgruppen zu vereinen, die in manchen Punkten auch gegensätzlich sein können.“



Abbildung 43: Punkteverteilung und Platzierungen Realisierbarkeit & Sozialökonomischer Kontext

Subcontest Affordability & Economic Viability

Mögliche Punktzahl:	50
Punktzahl Team MIMO:	43 (86 %)

Subcontest Social Viability

Mögliche Punktzahl:	50
Punktzahl Team MIMO:	46 (92 %)

Dem sehr positivem Votum der Jury kann hinzugefügt werden, dass es sich ausgezahlt hat, ein interdisziplinäres Projektteam aus Studierenden der Wirtschaftswissenschaften mit Immobilienmarktkennntnissen, der Sozialwissenschaften und der Architektur zu bilden und dieses mit einer Vielzahl an Berichten, lokalen Kontakten und Input aus diversen Bereichen der Immobilienbranche zu „füttern“.

In Bezug auf die Bezahlbarkeit hat das Team MIMO für sich jedoch festgehalten, dass der Finanzierungsaufwand vor allem durch die eigenen Entscheidungen zugunsten der aufwendigen Klimahülle mit Spezialverglasungen und PV-Einfassung, das Haus-in-Haus-Prinzip mit doppelter Fassade und auch die Wahl ökologischer und bisweilen hochwertiger Materialien gesteigert wurde. Der Leitgedanke Minimal Impact – Maximum Output konnte hier nicht immer durchgehalten werden. Mögliche Synergie wurden ebenfalls nicht genutzt. So hätte die Korkhülle der Wohnmodule zugleich als Außenfassade genutzt und damit - neben dem zuschauen der vielfältigen Nutzungsoptionen des Korks - eine ökonomische Optimierung herbeigeführt werden können. Auch hätten ursprüngliche Gedanken wie (Industrie-)Rolltore als Öffnungselement oder Polycarbonatplatten anstelle von Glasfassaden ggf. Kostenreduktionen erwirken können. Es ist davon auszugehen, dass die Kostensteigerungen auf die Design Challenge übertragen werden könnten und auch hier eine entsprechende Reflektion zu erfolgen hätte.

Disziplin 5 - Kommunikation & Bildung

Bewertung:	Jury	
Mögliche Punktzahl:	80	
Punktzahl Team MIMO:	76	(95 %)
Punktzahl Erstplatziertes:	76	(95 %)
Erstplatziertes:	Team MIMO, Düsseldorf	
Platzierung Team MIMO:	1	

Jury-Bericht (übersetzt): „- Alle Themen des Wettbewerbs wurden sehr gut behandelt. Tolle Augmented-Reality-App, um zu zeigen, was normalerweise nicht sichtbar ist. Ausgezeichnete und extrem reichhaltige Website. Clevere Aufgabe für Kinder, den kleinen MIMO zu finden und zu lernen, wie man Grundrisse liest. Die Präsentation schafft es, alle Alters- und Interessengruppen anzusprechen. Großartige pädagogische Bemühungen, das Projekt wurde gut in den Lehrplan der Universität eingebettet. Gute Nutzung des Solar Decathlon als Katalysator, um die Fakultäten der HSD zusammenzubringen. Ausgezeichnete Materialbibliothek vor Ort. Klare und grafisch gut gestaltete Nummerierung für den Rundgang durch das Haus.“



Abbildung 44: Punkteverteilung und Platzierungen Kommunikation & Bildung

Subcontest Communication

Mögliche Punktzahl:	40	
Punktzahl Team MIMO:	39	(98 %)

Subcontest Education

Mögliche Punktzahl:	20	
Punktzahl Team MIMO:	19	(96 %)

Subcontest Social Awareness

Mögliche Punktzahl:	20	
---------------------	----	--

Punktzahl Team MIMO: 17 (88 %)

Ähnlich wie in Disziplin 4 hat ein interdisziplinäres Team aus Studierenden der Fachbereiche Design, Architektur, Sozial- und Kulturwissenschaften sowie Medien die Inhalte kontinuierlich bearbeitet und sich mit den übrigen Teams stets abgestimmt. Der Erfolg liegt in der enormen Motivation und dem Interesse sowie Ehrgeiz der beteiligten Studierenden sowie dem Austausch untereinander, um auch fachliche Inhalte stets kommunizieren zu können. Insbesondere die digitalen Kollaborationsmöglichkeiten haben den Austausch und das Einfließen fachlicher Themen in die Kommunikationselemente des Teams stark vereinfacht.

Auf Seiten der beteiligten Fachbereiche und Professor*innen gab es viel Bereitschaft, Lehrveranstaltungen auf die Inhalte des Wettbewerbs abzustimmen bzw. diese aufzugreifen und Leistungen von Studierenden anzuerkennen. Es wurden unzählige Lehrveranstaltungen in fünf Fachbereichen angeboten - teils sehr konkret mit bspw. Planungsinhalten zum Projekt, teils flankierend, um bspw. das Ausstellungskonzept zu arbeiten. Viele Lehrveranstaltungen wurden interdisziplinär gehalten bzw. haben Input aus anderen Disziplinen aufgenommen. So konnten über 100 Studierende aus allen sieben Fachbereichen der Hochschule Düsseldorf im Projekt involviert und die Themen maximal gestreut werden.

Disziplin 6 - Nachhaltigkeit

Bewertung:		Jury
Mögliche Punktzahl:		100
Punktzahl Team MIMO:	73	(73 %)
Punktzahl Erstplatziertes:	93	(93 %)
Erstplatziertes:		RoofKIT, Karlsruhe
Platzierung Team MIMO:	8	

Jury-Bericht (übersetzt): „Der hohe Grad an Modularität gewährleistet die Reversibilität auf hohem Niveau, auch wenn der wirkungsvolle doppelte hohe Raum einen Eingriff in das allgemeine System erfordert. Die geschweißte Dachabdichtung aus Stahl ist sehr haltbar, aber gleichzeitig ein geometrisch sehr individuelles Element und daher kaum direkt wiederverwendbar. Das Ersetzen der traditionellen Dachmembran durch Stahl kann kaum als eine Methode für eine größere Verbreitung angesehen werden.“

Das Projekt enthält einerseits sehr starke und überzeugende Vorschläge für die Verwendung neuartiger Materialien sowie traditioneller biobasierter Materialien und Holzverbindungen ohne Stahlteile. Andererseits stützt es sich stark auf traditionelle industrielle Systemlieferungen, was zu einem sehr hohen Verbrauch an aluminiumbasierten Produkten führt, der nach Ansicht der Jury nicht durch den Einsatz unbedenklicher und innovativer Materialien in anderen Gebäudeteilen kompensiert werden kann. Die Jury möchte - nach einigen Diskussionen - die generelle Legitimität des exquisit luxuriösen Gemeinschaftsraums des Projekts hervorheben, da er durch die Anzahl der bescheideneren Einzelwohnungen ausgeglichen wird.“

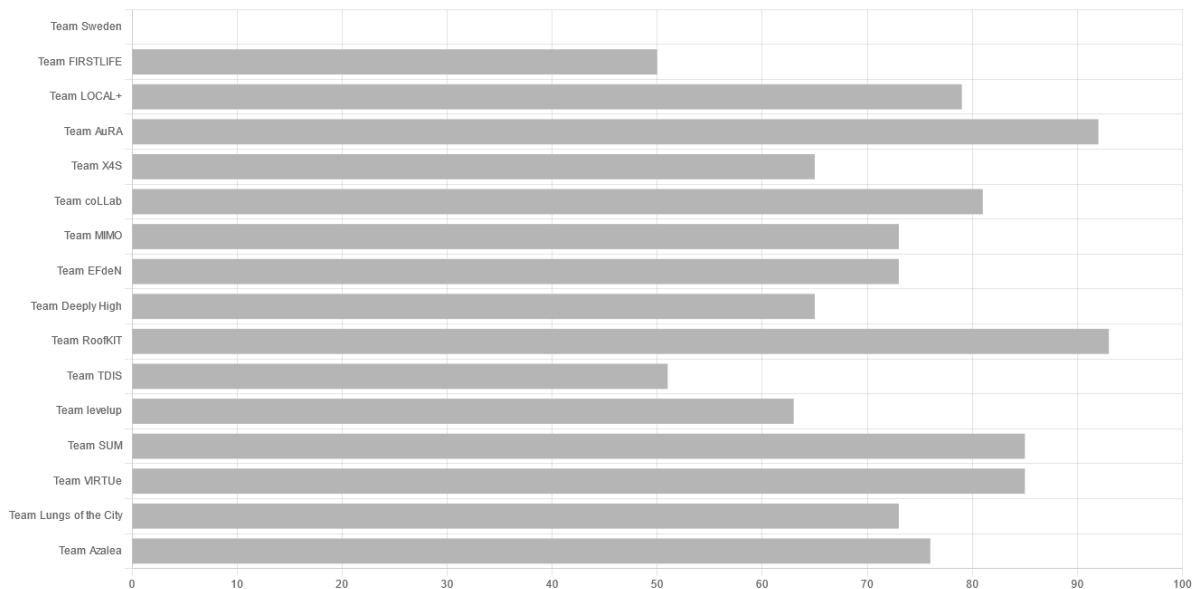


Abbildung 45: Punkteverteilung und Platzierungen Nachhaltigkeit

Subcontest Circularity

Mögliche Punktzahl:		60
Punktzahl Team MIMO:	41	(69 %)

Subcontest Sufficiency, Flexibility & Environmental Performance



Mögliche Punktzahl:	40
Punktzahl Team MIMO:	31 (70 %)

Die Wertung in der Disziplin Nachhaltigkeit hat im Team sehr große Enttäuschung und Verwunderung hervorgerufen. Während der Gedanke der Jury hinsichtlich der aluminiumbasierten Produkte hinsichtlich der Sandwichpaneele nachvollzogen werden kann (im Projektverlauf mussten schmerzhaft Entscheidungen gegen eine trennbare Eigenentwicklung getroffen werden), muss das Aluminium insgesamt jedoch hinsichtlich des großen Recyclingpotenzials und vor allem der Nachfrage nach Altaluminium im Lebenszyklus betrachtet werden und kann den anderen Aspekten mitunter widersprochen werden: Die geschweißte Dachabdichtung ist vorfertigbar, sehr haltbar und bietet gegenüber allen üblichen bekannten Dachabdichtungsformen deutliche Vorteile bei der sortenreinen Trennbarkeit und damit dem Recycling der Dachabdichtung selbst sowie den angrenzenden Bauteilen. Die Vielzahl an traditionellen und wiederbelebten, biobasierten sowie zu überwiegenden Teilen lösbar eingesetzten Materialien sowie deren einfache und explizit sinnhafte Einbindung (bspw. der Einsatz von lösbar eingebrachten Lehmbausteinen und Korkplatten als Gestaltungs-, Akustik- und thermisches Element) wurde weniger stark bewertet, als erhofft. Auch die Rückbesinnung auf traditionelle Holzverbindungen, die von der tertiären Struktur bis hin zum Badaus- und Möbelbau eingesetzt wurden, die hohe Vorfertigungsquote, die gute Reversibilität von Leitungen, der Suffizienzgedanke des „Wer teilt, hat mehr“, die Einbringung von biodiversen Pflanzen und Dachgrün oder die komplett leimfrei gehaltenen Holzstrukturen (durch bspw. Verschraubte Diagonalschalungen oder geschossene Buchedübel) wurden nach Meinung des Teams zu wenig gewürdigt. Letztlich sei auf die Einsparung von technischen Komponenten im energiBUS und die hierzu erstellten Lebenszyklusuntersuchungen verwiesen. Die im Wettbewerb eingeflossene Bewertung der Gebäude mittels der zur Verfügung gestellten Tools (u.a. UMI-Tool) sowie die entsprechenden Rückmeldungen zu den Deliverables #1 bis #6 haben stets eine richtige Richtung der Planungen erkennen lassen, die sich im Jury-Urteil bzw. der Punktevergabe letztlich nicht widerspiegeln. Wichtigste

Erkenntnis des Teams ist jedoch, dass der Einsatz von Re-Use-Material und Recyclingbaustoffen zu wenig betrachtet wurde. Vor allem wiederverwendete Materialien und Bauelemente wurden in der anfänglichen Planung nicht berücksichtigt und konnten bzw. können – eine weitere Erkenntnis des Teams – im späteren Projekt- bzw. Planungsverlauf kaum mehr eingebunden werden.

Disziplin 7 - Komfort

Bewertung:	Messungen, Tests, Aufgabe
Mögliche Punktzahl:	100
Punktzahl Team MIMO:	60 (60 %)
Punktzahl Erstplatziertes:	88 (88 %)
Erstplatziertes:	LevelUp, Rosenh./Efdn, Bukarest
Platzierung Team MIMO:	11

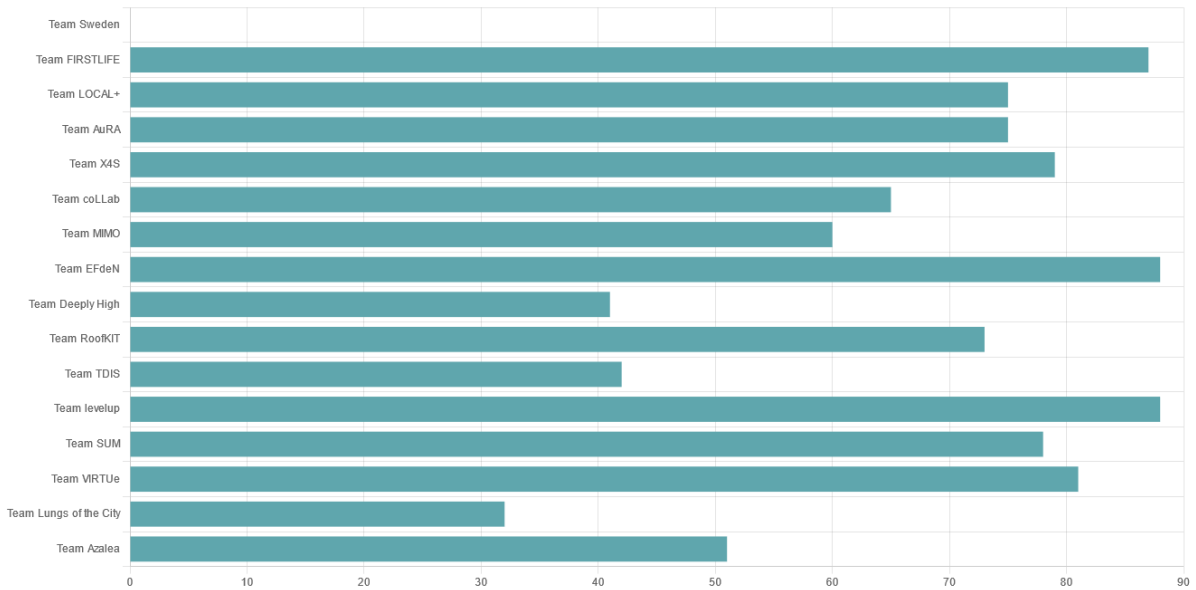


Abbildung 46: Punkteverteilung und Platzierungen Komfort

Wetterdaten während der Wettbewerbsphase

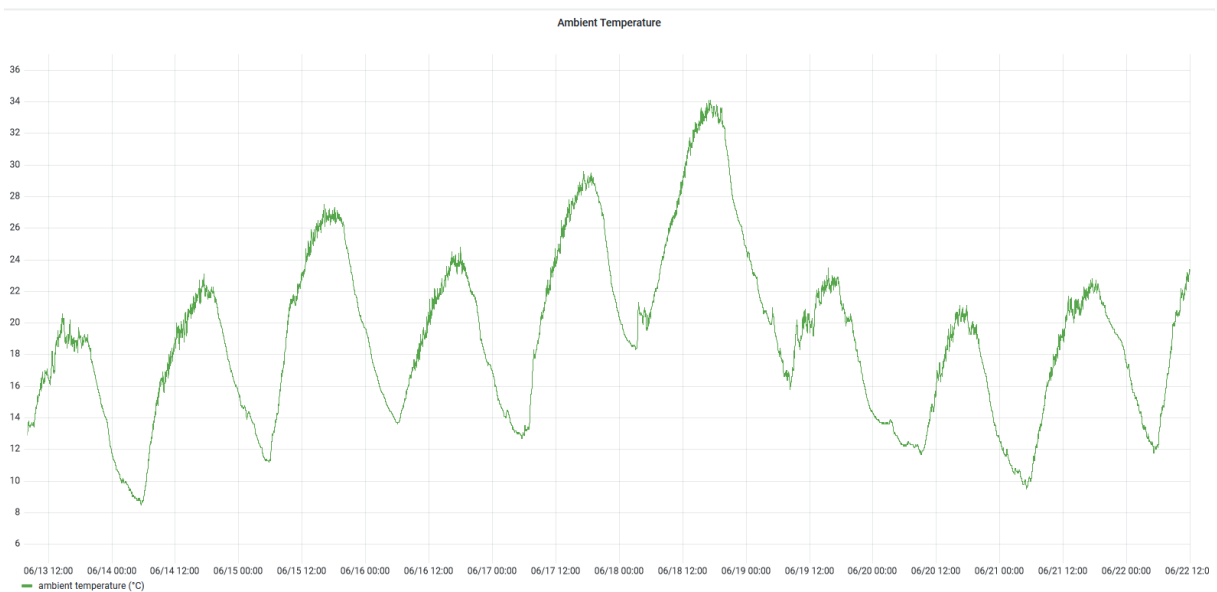


Abbildung 47: Außentemperatur

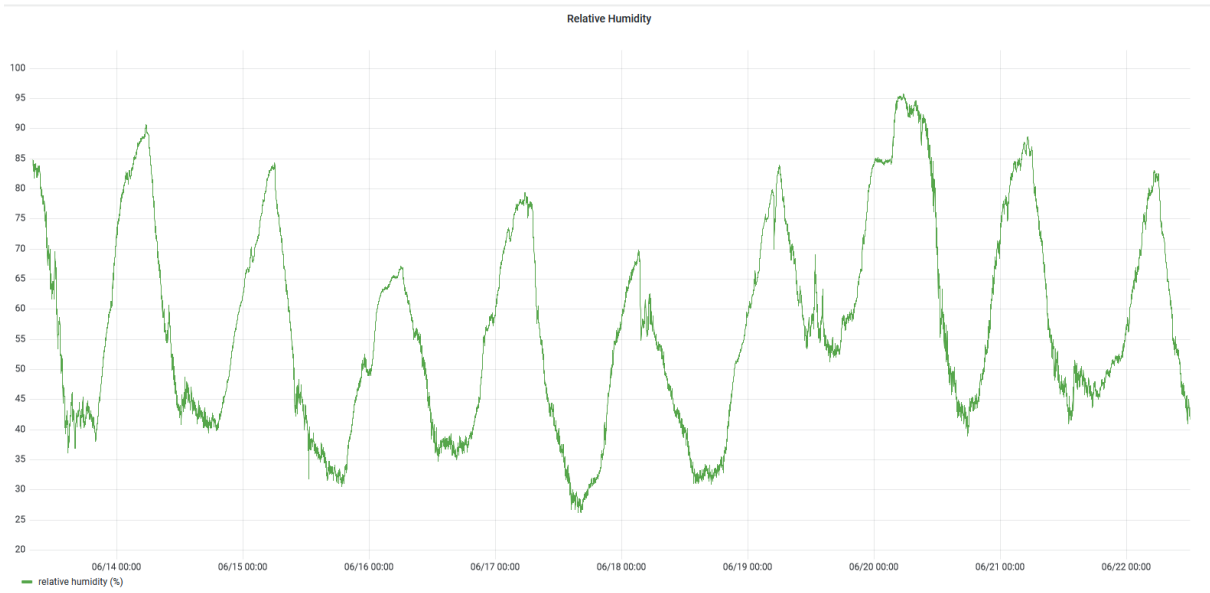


Abbildung 48: Luftfeuchte

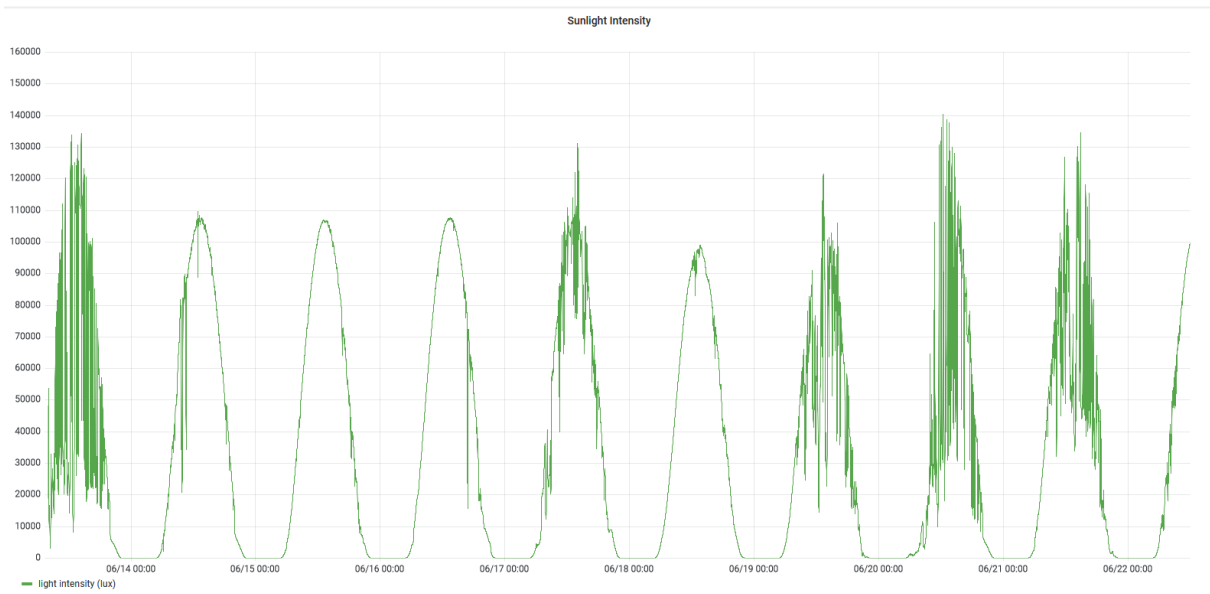


Abbildung 49: Beleuchtungsstärke

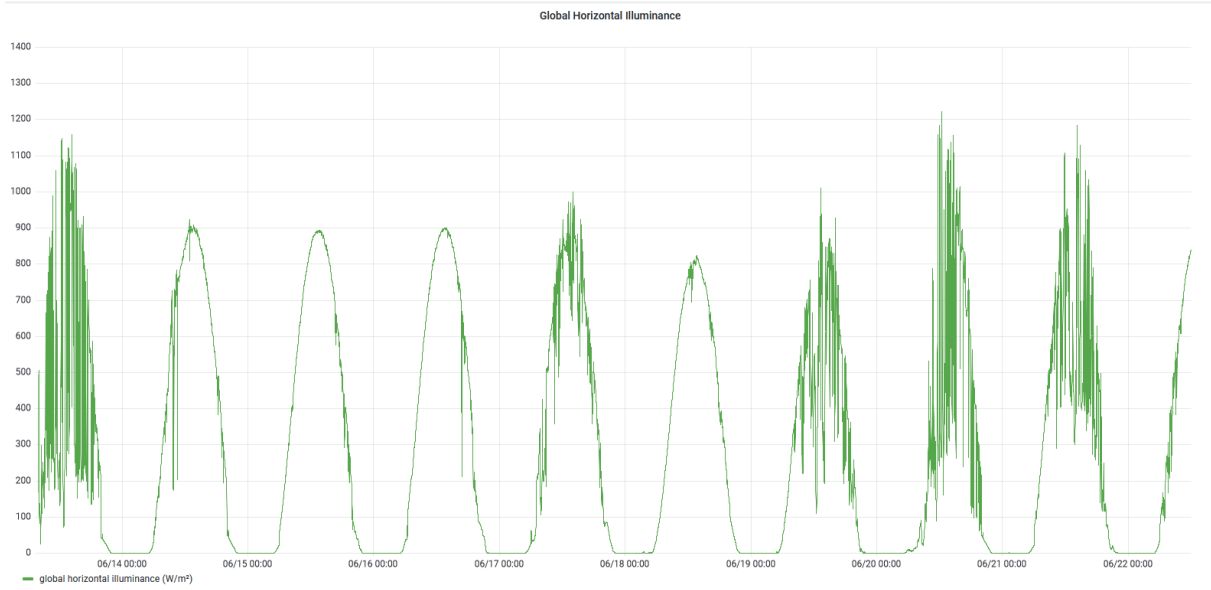


Abbildung 50: Strahlungsleistung

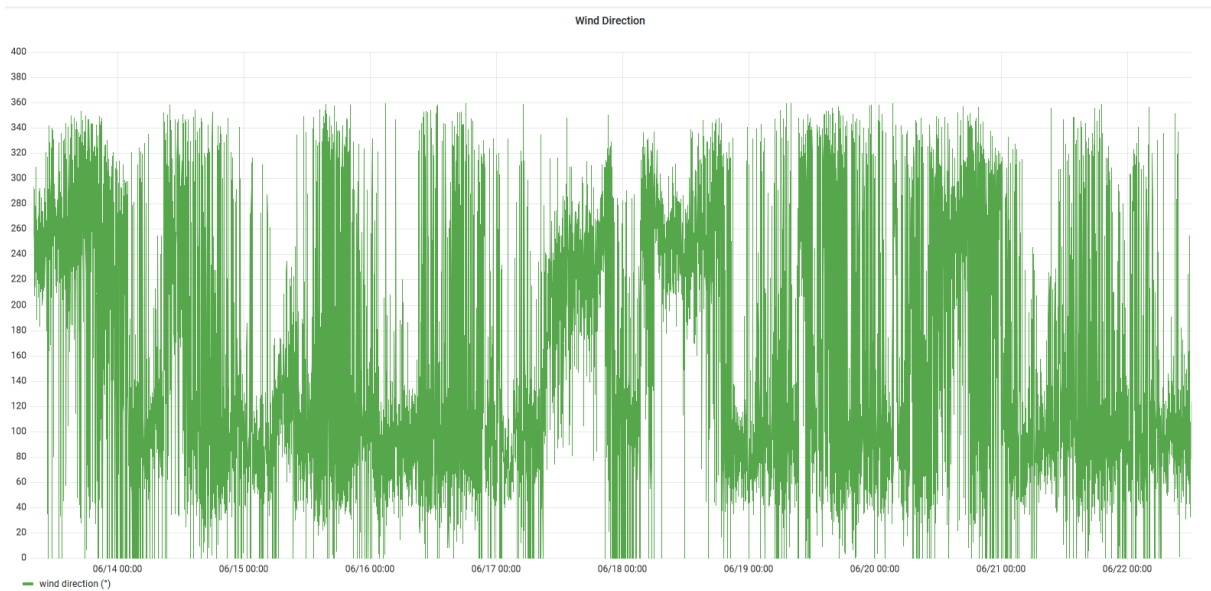


Abbildung 51: Windrichtung

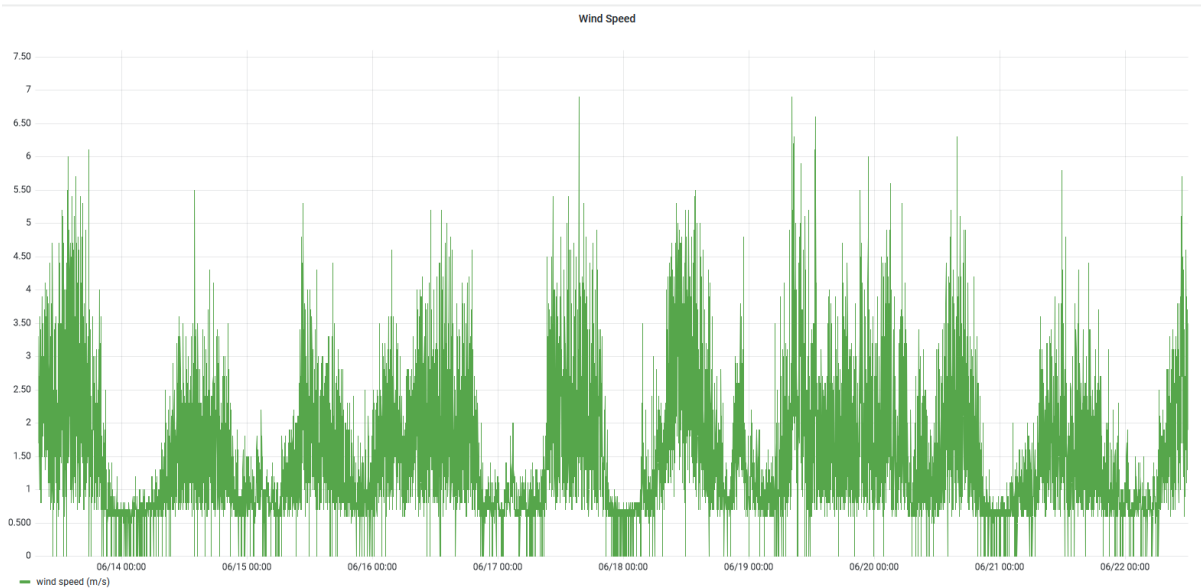


Abbildung 52: Windgeschwindigkeit

Subcontest Temperature

Mögliche Punktzahl: 25
 Punktzahl Team MIMO: 15 (61 %)

Subcontest 7.1: Temperature

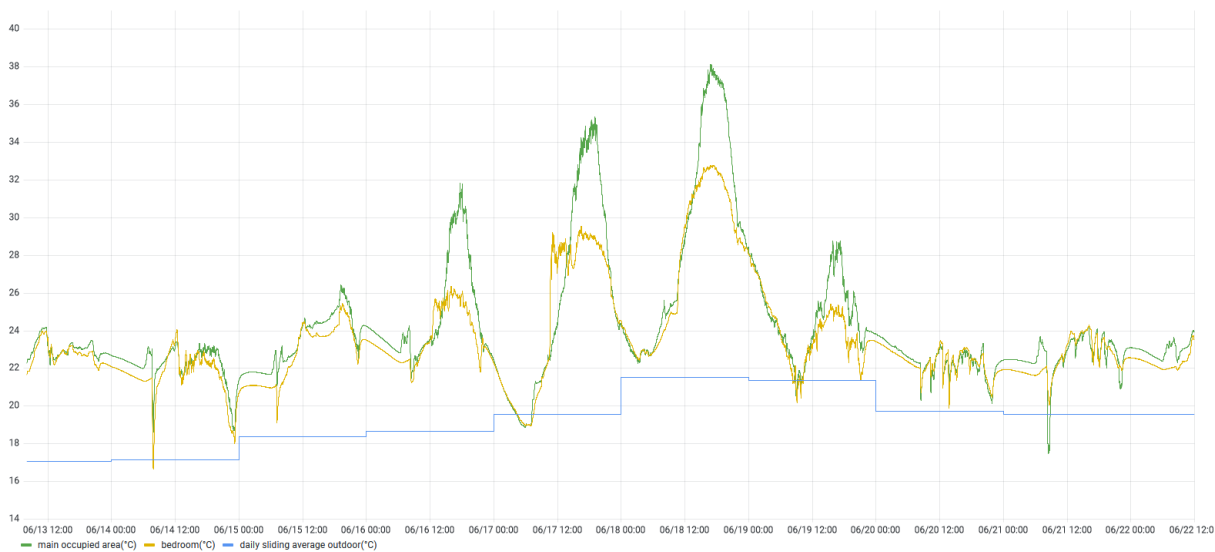


Abbildung 53: Temperatur

Subcontest Humidity

Mögliche Punktzahl: 5
 Punktzahl Team MIMO: 4 (97 %)

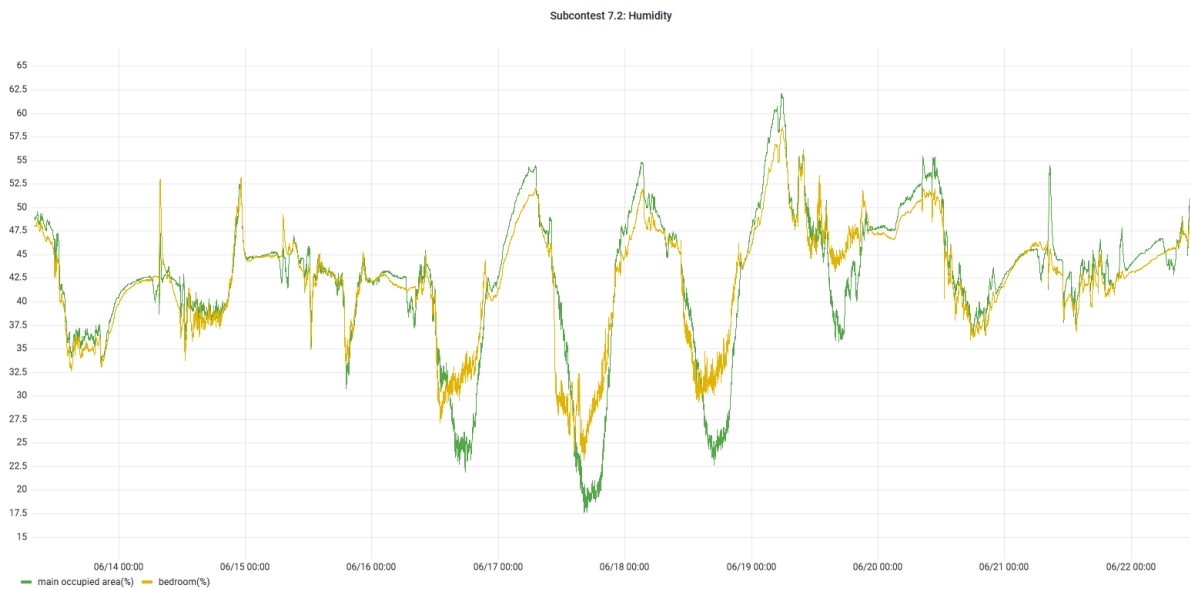


Abbildung 54: Luftfeuchtigkeit

Subcontest Air Quality CO2

Mögliche Punktzahl: 20
 Punktzahl Team MIMO: 20 (100%)

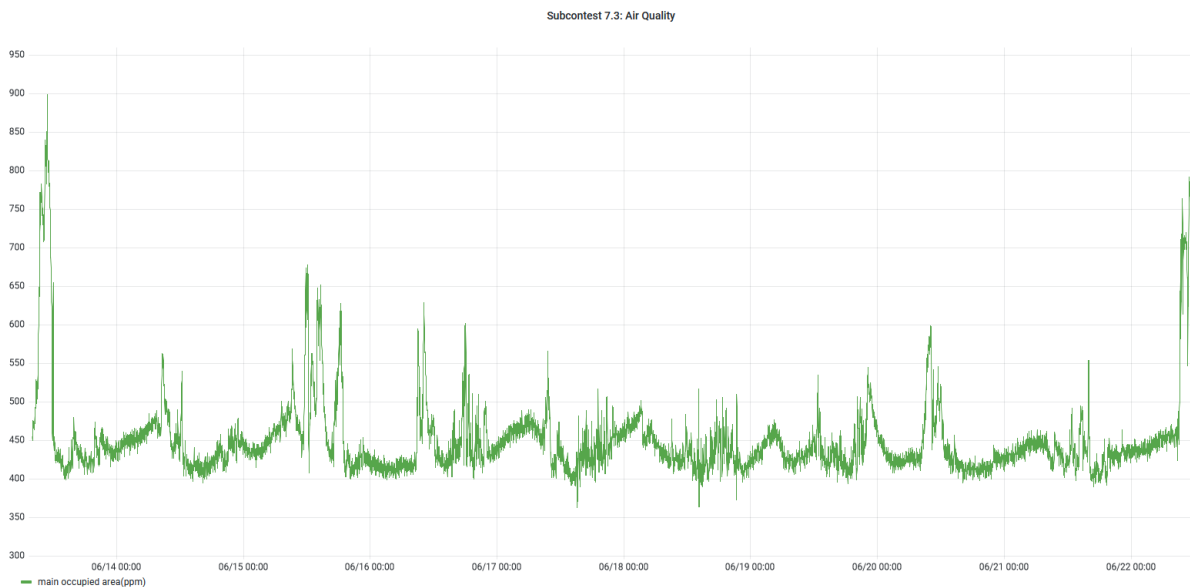


Abbildung 55: Luftqualität

Subcontest Daylighting

Mögliche Punktzahl: 10
 Punktzahl Team MIMO: 0 (0%)

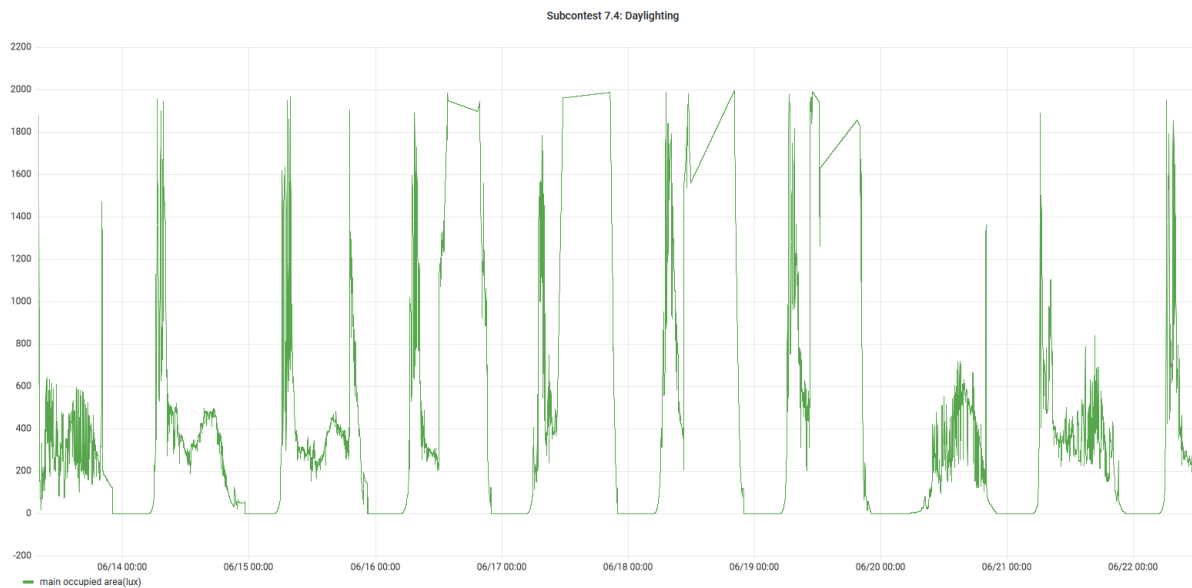


Abbildung 56: Tageslicht

Subcontest Sound Insulation

Mögliche Punktzahl:		10
Punktzahl Team MIMO:	0	(0 %)

Subcontest Blower Door Test

Mögliche Punktzahl:		10
Punktzahl Team MIMO:	0	(0 %)

Subcontest Performance Gap Evaluation

Mögliche Punktzahl:		20
Punktzahl Team MIMO:	20	(100 %)

Die Wertung im Bereich Komfort verlief für das Team MIMO teilweise enttäuschend. Während die gemessene Innenraumtemperatur trotz der teils sehr hohen Außentemperaturen gem. adaptivem Komfortmodell meist in adäquaten Bereichen gehalten werden konnte bzw. teils sogar zu niedrige Temperaturen erreicht wurden, konnten die Raumluftfeuchte und die CO₂-Konzentration im Innenraum fast durchweg auf einem sehr guten Niveau gehalten werden. Verglichen mit der oft sehr hohen Außenluftfeuchte sind in den Innenräumen sehr gute Werte von selten über 60 % festzustellen gewesen – der hohe Anteil von Lehm und massiven Holzbauteilen machte sich bemerkbar. Auf drei Zeitfenster mit recht trockener Raumluft, die auf intensive Nachspülung mit kalter Außenluft folgten, wurde mit geringerem Luftwechsel reagiert. Auch wenn die Sensorik hier übersteuert werden musste, übertrafen die Werte tlw. die angestellten Simulationen. Der außenorientierte Schlafraum konnte durchweg um 2 K unter Außentemperatur gehalten werden, während der innenliegende Küchenbereich durch hohe Besucherfrequenz kurzzeitig über dem Außentemperaturniveau und bei über 36 °C lag. Hier kamen die Elemente der passiven Klimatisierung gegenüber den großen Glasfassaden der Klimahülle an ihre Grenzen.

In den Bereichen Tageslicht, Schallschutz und Luftdichtigkeitsmessung erreichte das Team MIMO enttäuschende null Punkte bzw. wurden Defizite in der Ausführung erkennbar.

Während der nicht in die Wertung eingegangene Tageslichtfaktor auf die Position des Sensors in der Küche, und damit im dunkelsten Bereich des Hauses sowie nicht im Hauptwohnraum zurückzuführen ist (eine Anmerkung zur Veränderung der Position in den Hauptwohnraum blieb unbeachtet, einem späteren Einspruch wurde nicht stattgegeben), sind die übrigen beiden Punkte auf Ausführungsmängel zurückzuführen. So sind zwar die 12 cm starken Vollholzelemente der Wohnmodule durch die Doppellagigkeit für sich luftdicht, doch wurden weder die vielen haustechnischen Durchdringungspunkte (Zu- und Abluft, Kalt-, Warm- und Schmutzwasserleitungen, Heizungsvor- und -rücklauf sowie 6 cm tiefe und damit die erste Schicht durchstoßenden Elektroeinbaudosen samt nach außen geführter Kabel) abgedichtet noch die Fenster- und Türelemente der Wohnmodule luftdicht eingebaut (nicht fachmännisches Ausstopfen der Hohlräume ohne nachträgliche Kontrolle). Zudem fehlten im Bereich der Anschlüsse im Dach Dämmstreifen und wurden auch die Anschlüsse der Wohnmodule an die Klimahülle trotz geplanter Anschlussdetails nicht zufriedenstellend ausgeführt. Teilweise konnten die Fehler am Anschluss behoben werden. Das Team nimmt mit, dass mehr Augenmerk bei der Ausführung und eine Bauaufsicht wichtig gewesen wären.

Disziplin 8- Funktion

Bewertung:	Messungen, Aufgaben und Bewertungen bei Dinner	
Mögliche Punktzahl:	80	
Punktzahl Team MIMO:	66	(83 %)
Punktzahl Erstplatziertes:	76	(95 %)
Erstplatziertes:	Virtue, Eindhoven	
Platzierung Team MIMO:	10	



Abbildung 57: Punkteverteilung und Platzierungen Funktion

Subcontest Refrigeration

Mögliche Punktzahl:	5	
Punktzahl Team MIMO:	4	(90 %)

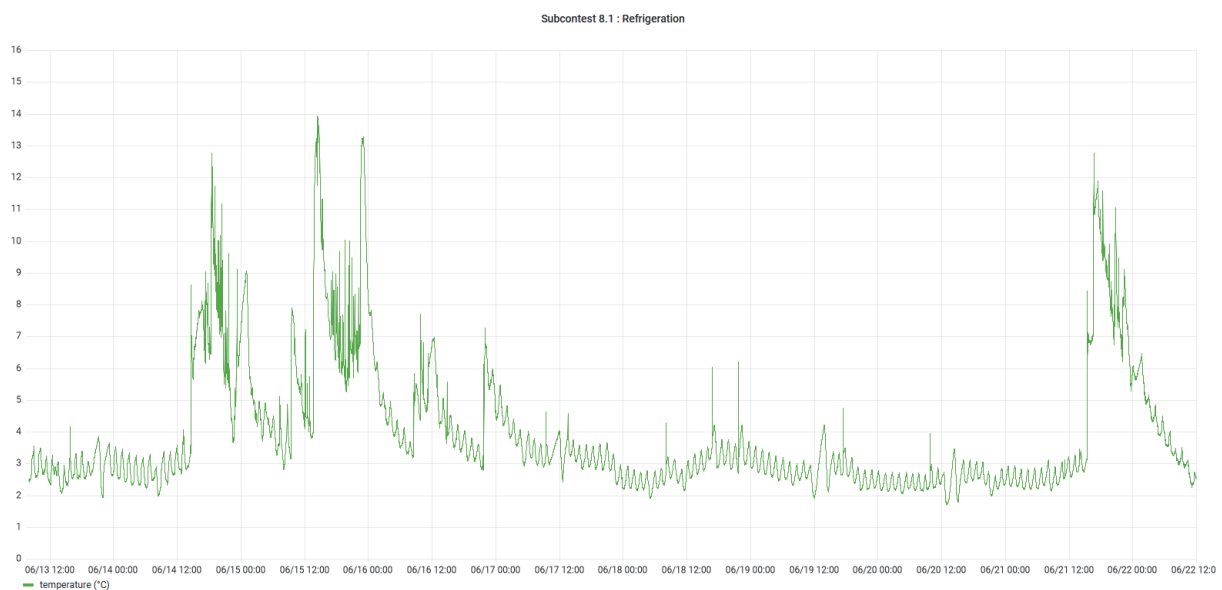


Abbildung 58: Kühlung

Subcontest Freezing

Mögliche Punktzahl: 5
Punktzahl Team MIMO: 4 (91 %)

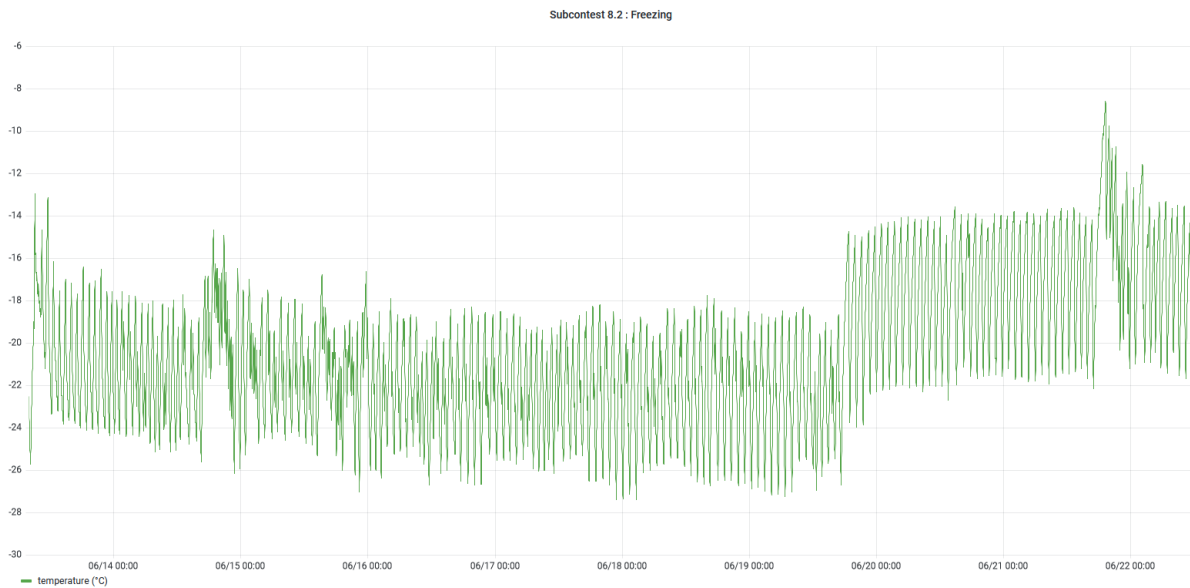


Abbildung 59: Gefrieren

Subcontest Clothes Washing

Mögliche Punktzahl: 5
Punktzahl Team MIMO: 4 (97 %)

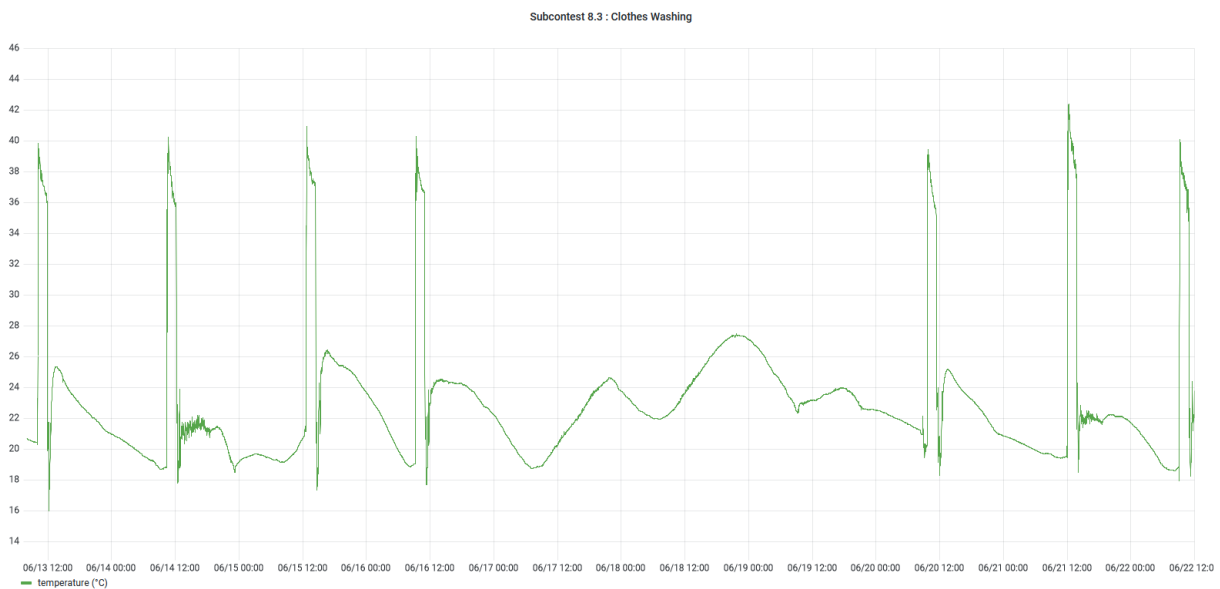


Abbildung 60: Wäsche Waschen

Subcontest Clothes Drying

Mögliche Punktzahl: 5
Punktzahl Team MIMO: 3 (77 %)

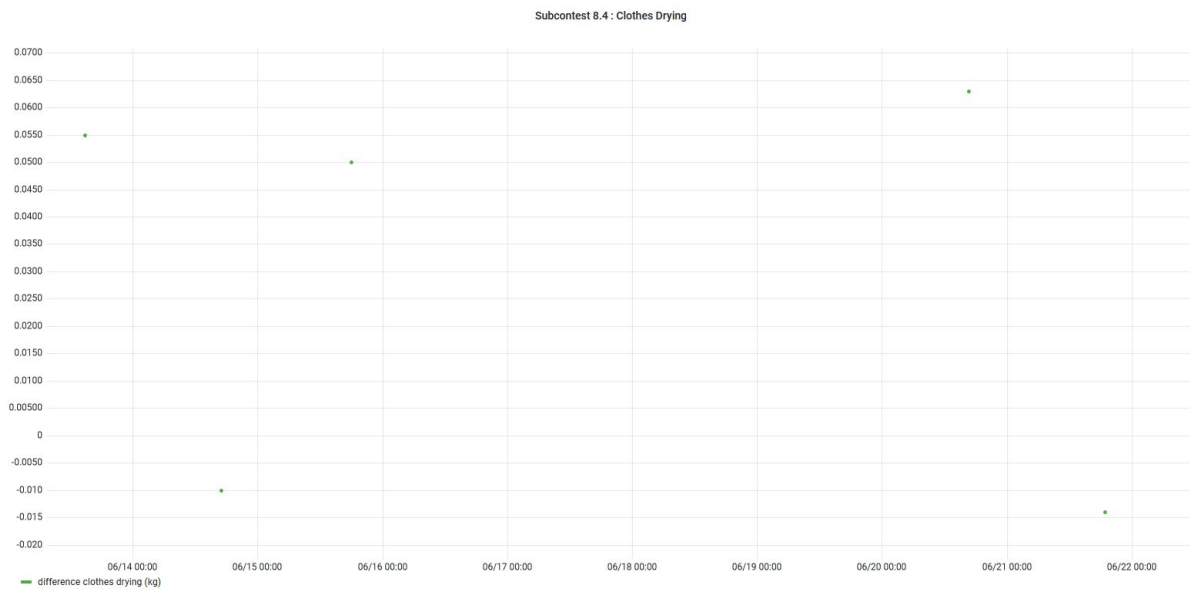


Abbildung 61: Wäsche trocknen

Subcontest Dishwashing

Mögliche Punktzahl: 5
 Punktzahl Team MIMO: 5 (100 %)

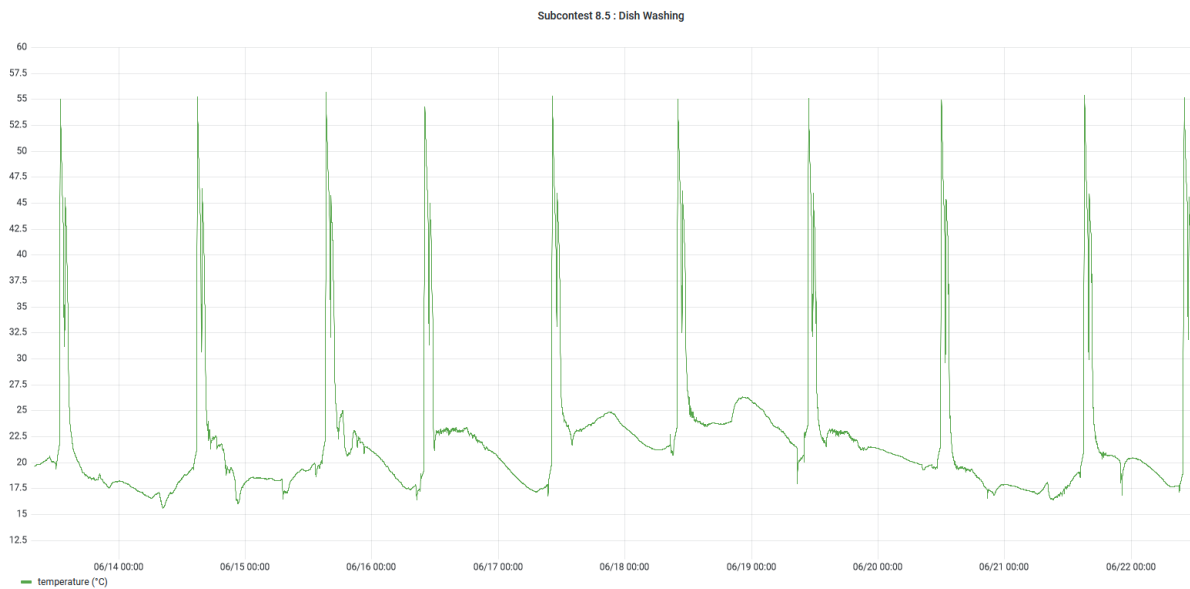


Abbildung 62: Geschirrspüler

Subcontest Oven

Mögliche Punktzahl: 5
 Punktzahl Team MIMO: 4 (97 %)

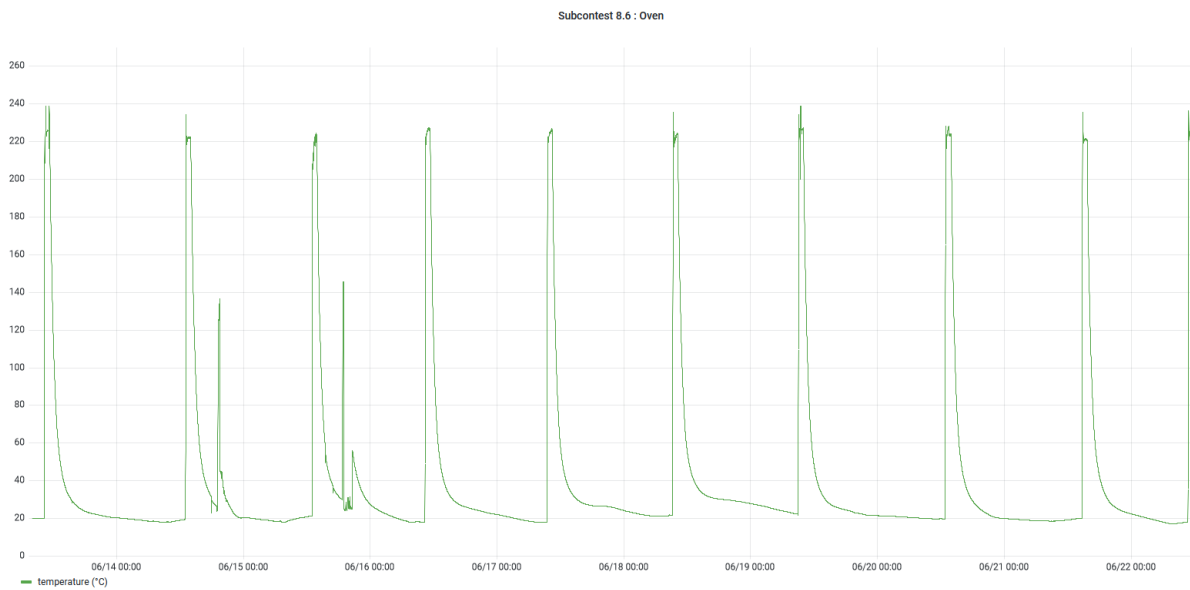


Abbildung 63: Ofen

Subcontest Cooking

Mögliche Punktzahl: 5
 Punktzahl Team MIMO: 4 (99 %)

Subcontest 8.7 : Cooking

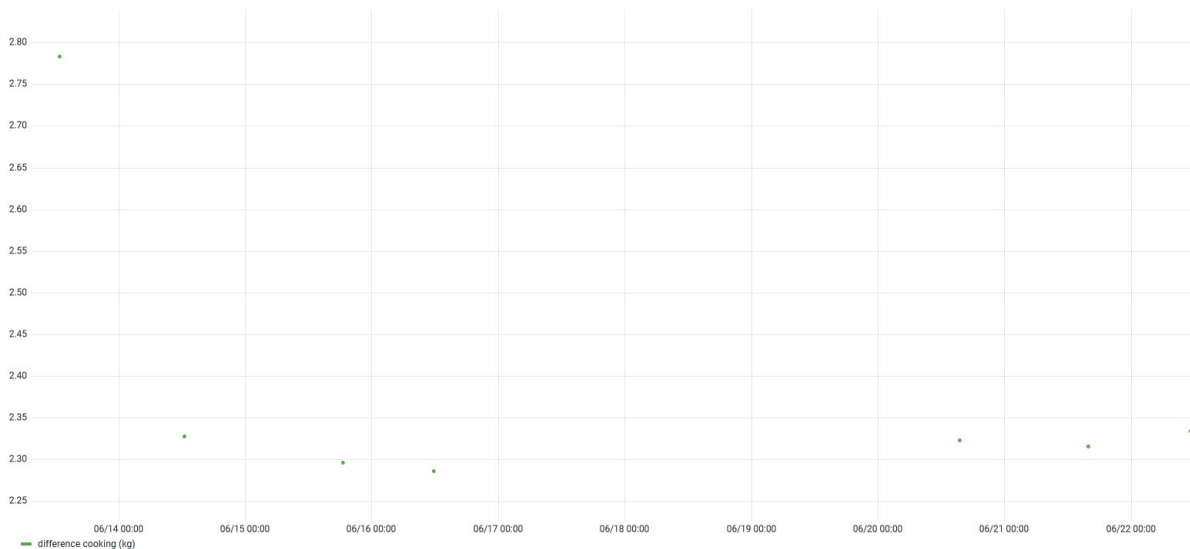


Abbildung 64: Kochen

Subcontest Home electronics and automation

Mögliche Punktzahl: 5
 Punktzahl Team MIMO: 5 (100 %)

Subcontest Dinner

Mögliche Punktzahl: 15
 Punktzahl Team MIMO: 11 (74 %)

Subcontest User Friendliness

Mögliche Punktzahl: 15
 Punktzahl Team MIMO: 10 (67 %)

Subcontest Hot Water Draws

Mögliche Punktzahl: 5
 Punktzahl Team MIMO: 4 (99 %)

Subcontest 8.9 : Hot Water Draws

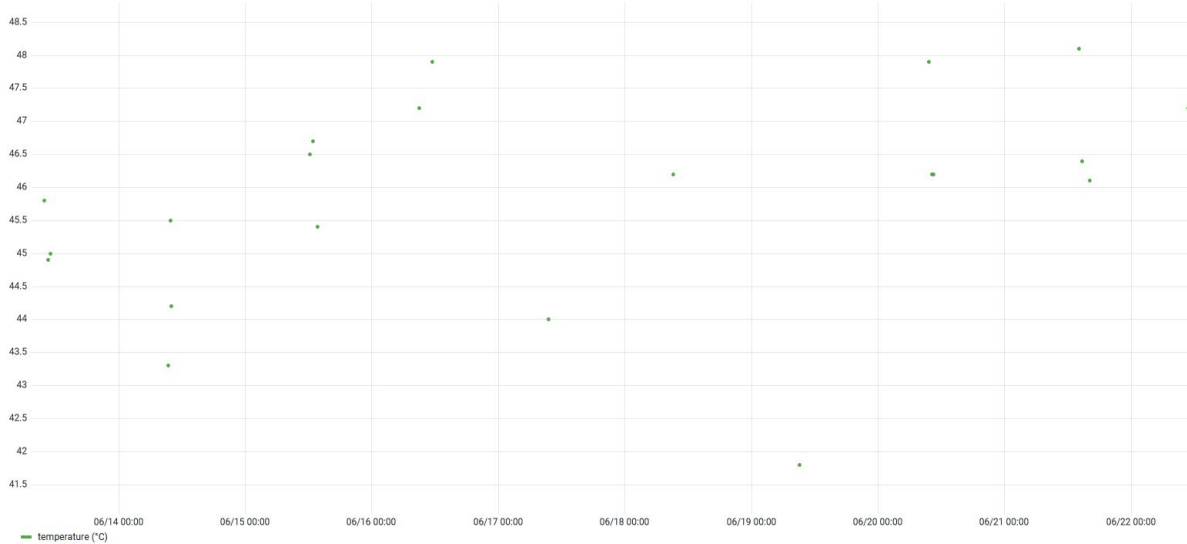


Abbildung 65: Warmwasserzapfung

Subcontest Water Balance

Mögliche Punktzahl: 5
 Punktzahl Team MIMO: 2 (51 %)

Grundsätzlich konnte die Funktion der HDU trotz des Wagnisses des eigens entwickelten und erstmals ausgeführten energiBUS-Systems bestätigt werden. Punktabzüge resultieren aus sehr kurzen Zeitpunkten zu hoher Temperaturen im Kühl- und Gefrierschrank (vermutlich entstanden durch langes Öffnen während der Touren), dem einmaligen Versäumen des Wäscheaufhängens und Abzügen bei den Bewertungen zum Dinner bzw. der Nutzerfreundlichkeit durch andere Teams. Während das Dinner vor allem sehr ausufernd mit fünf Gängen und aufbauend auf einem eigens entwickelten Kochbuch gestaltet wurde, sind die Abzüge bei der Nutzerfreundlichkeit nicht erläutert worden. Eigene Überlegungen haben die Erkenntnis erbracht, dass das Steuern des Entertainments Einarbeitung und eine genauere Hinterlegung von Komponenten erfordert und die Vorhänge bei Durchzug durch die Klimahülle stark in den Gemeinschaftswohnraum wehen. Leider wurde zudem versäumt, die vielfachen Anschlussmöglichkeiten der mobilen Herd-Backofenkombination im Innen- wie auch Außenbereich vorzuführen und die exklusive Auswahl lokaler und saisonaler Biolebensmittel seitens der empfangenen Teams nicht gewürdigt.



Abbildung 66: Auszug aus dem Menü des Team MIMO für die Teamdinner, Foto Team MIMO

Die schlechte Wasserbilanz basiert auf dem hohen Wasserbedarf zum Gießen der vielen Außenpflanzen. Auf die Regenwassertanks konnte mangels Regens nach der Bauphase nicht zurückgegriffen werden. Das Team würde bei der nächsten Teilnahme darauf verzichten, eigenes Gemüse für die Dinner anzupflanzen, da es hierfür keine Pluspunkte und zudem einen hohen Wasserverbrauch (er-)gab.

Disziplin 9 - Urbane Mobilität

Bewertung:	Aufgaben und Jury	
Mögliche Punktzahl:	80	
Punktzahl Team MIMO:	67	(84 %)
Punktzahl Erstplatziertes:	74	(93 %)
Erstplatziertes:	Local+, Aachen	
Platzierung Team MIMO:	4	

Jury-Bericht (übersetzt): *„Analyse der aktuellen Situation: Das Team hat eine solide und umfassende Sozialraumanalyse in Mirke durchgeführt und dabei auch das Forum Mirke einbezogen, was von der Jury sehr geschätzt wurde.“*

Vision der zukünftigen Mobilität: Ihr MC schlug ein umfassendes Maßnahmenpaket vor und ging weit über den Personenverkehr hinaus, indem es auch den Transport von Gütern, wie z.B. Lebensmittel aus den umliegenden Dörfern, berücksichtigte.

Die Jury bemerkte auch die hervorragende Leistung in Bezug auf die Anwendung von Lösungen für die gemeinsame Mobilität als alternatives Ökosystem zum motorisierten Individualverkehr. Dieser Punkt wird besonders dadurch hervorgehoben, dass das Konzept sowohl bauliche als auch digitale Lösungen (MaaS) für neue Transportmöglichkeiten bietet.

Anstatt einfach den Individualverkehr zu verbieten, werden neue Lösungen gesucht, die auf einem partizipativen Ansatz beruhen. Diese Betonung auf "Zuckerbrot" lässt jedoch die "Peitsche" vermissen, d.h. die Bereitstellung neuer Optionen allein führt möglicherweise nicht dazu, dass die Menschen den Besitz eines privaten Autos aufgeben.

Innovation: Die Innovation dieses Konzepts liegt eindeutig in der Kombination von physischen/gebauten Lösungen mit neuen digitalen Technologien (MaaS) - und einer starken Betonung der Nutzung von elektrischen Lastenrädern!“



Abbildung 67: Punkteverteilung und Platzierungen Urbane Mobilität

Subcontest Mobility Concept

Mögliche Punktzahl:		60
Punktzahl Team MIMO:	47	(78 %)
Subcontest Beverages Delivery		
Mögliche Punktzahl:		10
Punktzahl Team MIMO:	10	(100 %)
Subcontest Dinner Shopping		
Mögliche Punktzahl:		6
Punktzahl Team MIMO:	6	(100 %)
Subcontest Food Retrieval		
Mögliche Punktzahl:		4
Punktzahl Team MIMO:	4	(100 %)

In der Disziplin Mobilität zeigte sich im Juryurteil, dass es an der HSD keinerlei Expertise zu diesem Themenfeld gab und gibt. Die Konzeptbausteine wurden durch Recherchen im interdisziplinären Team und eigene Ideen, wie bspw. der Einbindung des lokalen Lastenradanbieters Fienchen, erstellt.

Disziplin 10 - Innovation

Bewertung:		Jury aus den o.g. Bereichen
Mögliche Punktzahl:		100
Punktzahl Team MIMO:	58	(58 %)
Punktzahl Erstplatziertes:	79	(79 %)
Erstplatziertes:		Azalea, Valencia
Platzierung Team MIMO:	7	



Abbildung 68: Punkteverteilung und Platzierungen Innovation

Subcontest Architecture

Mögliche Punktzahl:	20
Punktzahl Team MIMO:	0

Subcontest Engineering and Construction

Mögliche Punktzahl:	20
Punktzahl Team MIMO:	12 (60 %)

Subcontest Sustainability

Mögliche Punktzahl:	20
Punktzahl Team MIMO:	16 (80 %)

Subcontest Affordability and Viability

Mögliche Punktzahl:	20
Punktzahl Team MIMO:	18 (90 %)

Subcontest Urban Mobility

Mögliche Punktzahl:	20
Punktzahl Team MIMO:	12 (60 %)

Die Wertung im Bereich Innovation vermittelt nicht die Vielzahl an eingebrachten neuen Ideen, Konzepten, Systemen und Kombinationen. So wurden HSD-eigene Entwicklungen wie das enerigBUS-System und im Projekt mit Partnern entwickelte Aspekte wie bspw. die Fassade mit in beweglichen Lamellen eingebettete PV oder von Studierenden eigens entwickelte Steuerungskomponenten eingebracht. Das Team hat sich auf das an der HSD bisher nicht etablierte Thema der Kreislaufgerechtigkeit, des ökologischen Bauens bzw. des Themas des recyclinggerechten Bauens angenommen und neue Expertise gebildet. Ein vollständig leimfreier Innenausbau bis hin zu einem leimfreien Bad sollten als innovativ gewertet werden dürfen. Das Versetzen von zwei über 8 m langen, aus leimfreien Holzelementen gefertigten und vollständig eingerichteten bzw. installierten Wohnmodulen darf als Weltrekord eingestuft werden. Letztlich ist es absolut nicht nachvollziehbar, warum in der Kategorie Innovation Architektur nur die drei in der Kategorie Architektur erstplatzierten Teams sowie das insgesamt letztplatzierte Team aus Schweden jeweils die volle Punktzahl von 20 Punkten erhielten und alle anderen Teams keine Punkte erhalten haben (wodurch die Bewertung in der Kategorie nach außen stets erklärt werden muss). Es ist weder anzunehmen, dass das Team MIMO kein innovatives Architekturkonzept vorzeigen konnte, noch, dass das Team MIMO 20 Punkte schwächer war, als die drei in der Kategorie Architektur erstplatzierten Teams – zumal das Team MIMO dort 110 von möglichen 120 Punkten und damit den vierten Platz erreichen konnte.

Bonus- und Strafpunkte

Bewertung:	Juryboard	
Bonuspunkte Team MIMO	12	
Penalty Punkte Team MIMO	3	
Punktzahl Erstplatziertes:	10	(Summe)
Erstplatziertes:	LevelUP, Rosenheim	
Platzierung Team MIMO:	2	

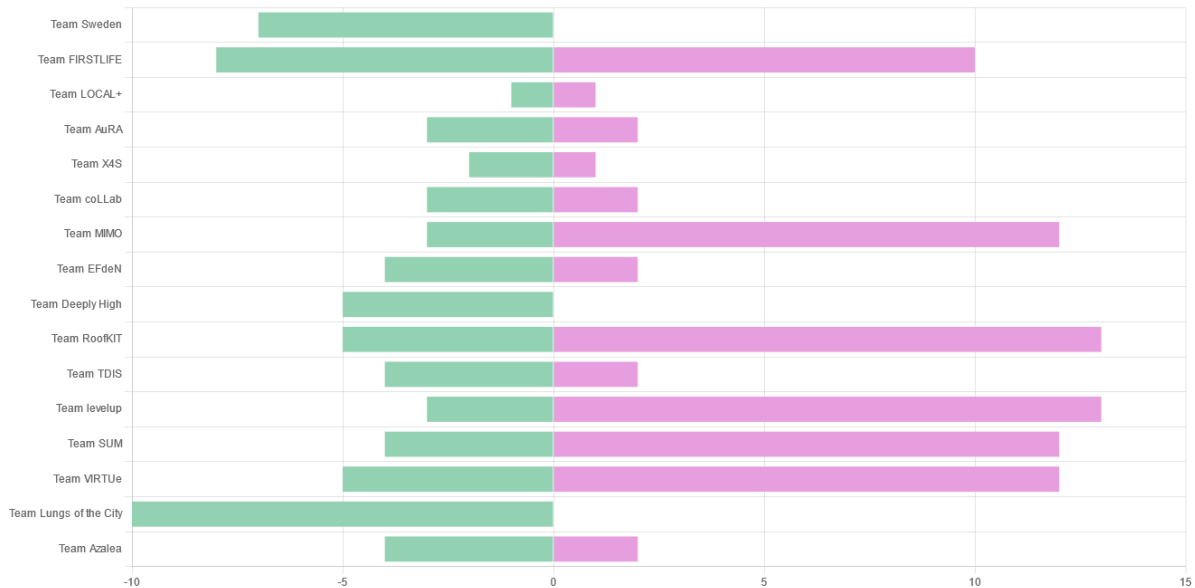


Abbildung 69: Punkteverteilung und Platzierungen Bonus- und Strafpunkte

Es gab Bonuspunkte für die fristgerechte Fertigstellung der HDU und einen Punktabzug für das einmalige Trocknen der Wäsche in einem nicht vorgesehenen Außenbereich.

CO₂-Emissionsabschätzung der HDU

In den Wettbewerbsdziplinen Energy Performance und Sustainability galt es bereits in der Planungsphase, über Simulationen und Berechnungen die Jahresenergiebilanz und die damit verbundenen CO₂-Emissionen der beiden Wettbewerbsphasen Design Challenge und Building Challenge (Bau der HDU) zu bestimmen sowie darüber auch die eigene Wettbewerbsfähigkeit und Gültigkeit des eigenen Beitrags im Wettbewerb als Forschungsbeitrag für energieeffizientes und solar versorgtes Bauen zu prüfen. Hinzu kamen berechnete Aufwendungen für Baumaterialien durch Bestimmung der sog. Grauen Energie (Primärenergieaufwendungen) und deren CO₂-Emissionen (Global Warming Potential, GWP).

Nachdem erste physikalische (bspw. Transmissionswärmeverluste) und technische Planungen (bspw. Anlageneinsatz für Lüften, Heizen und Warmwasserbereitstellung) sowie Entscheidungen hinsichtlich des Materialeinsatzes in Primärkonstruktion und Innenausbau getroffen waren, wurden diese über Softwareeinsatz verifiziert und gesamtenergetisch optimiert. Hierzu wurde auch die TGA vollständig mit einbezogen, d.h. sowohl betriebsenergetisch als auch hinsichtlich Errichtung, Einsatz und Verwertung bilanziert. Während die Jahresenergiebilanz durch Gegenüberstellung des durch die o.g. genannten Maßnahmen reduzierten Energiebedarfs und mögliche Energieerträge aus der Photovoltaikanlage mittels der Werkzeuge Hottgenroth Energieberater und Hottgenroth

Simulation Gold (Effizienz) [Hottgenroth 2020] sowie Sunny Design (Energieertrag und Speicherung) [SMA 2023] bestimmt werden konnte, basieren die Kennwerte für den Baustoff- und Materialeinsatz auf der [Ökobaudat 2022] und einer Zusammenstellung über das Werkzeug [eLCA 2021] bzw. dem von den Wettbewerbsveranstaltern vorgegebenen Tool Urban Mining Index [UMI 2022].

Bei der Simulation der energetischen Bedarfskennwerte für Endenergiebedarf, Primärenergiebedarf und entsprechender Umweltwirkungen durch CO₂-Emission im Betrieb wurde das normative Verfahren gem. [GEG 2020] verwendet, wobei die Besonderheiten des thermischen Pufferraums, der Klimahülle und der Gemeinschafts- bzw. Privatnutzflächen der HDU durch Eingaben besonderer Zonenparameter wie bspw. Solltemperaturen und Abweichung der üblichen Kennwerte für die Zonierung aus der [DIN 18599 (2016)] abgebildet wurden (siehe bspw. Abbildung 70). Zudem wurden zwei unterschiedlich große PV-Anlagen und deren Auswirkung auf das Global Warming Potential der gesamten HDU untersucht, da insgesamt eine Leistung von ca. 8,1 kW_p installiert, während des Wettbewerbsfinales in Wuppertal aber nur eine Leistung von 2,73 kW_p genutzt werden konnte (Begrenzung auf max. 3 kW_p).

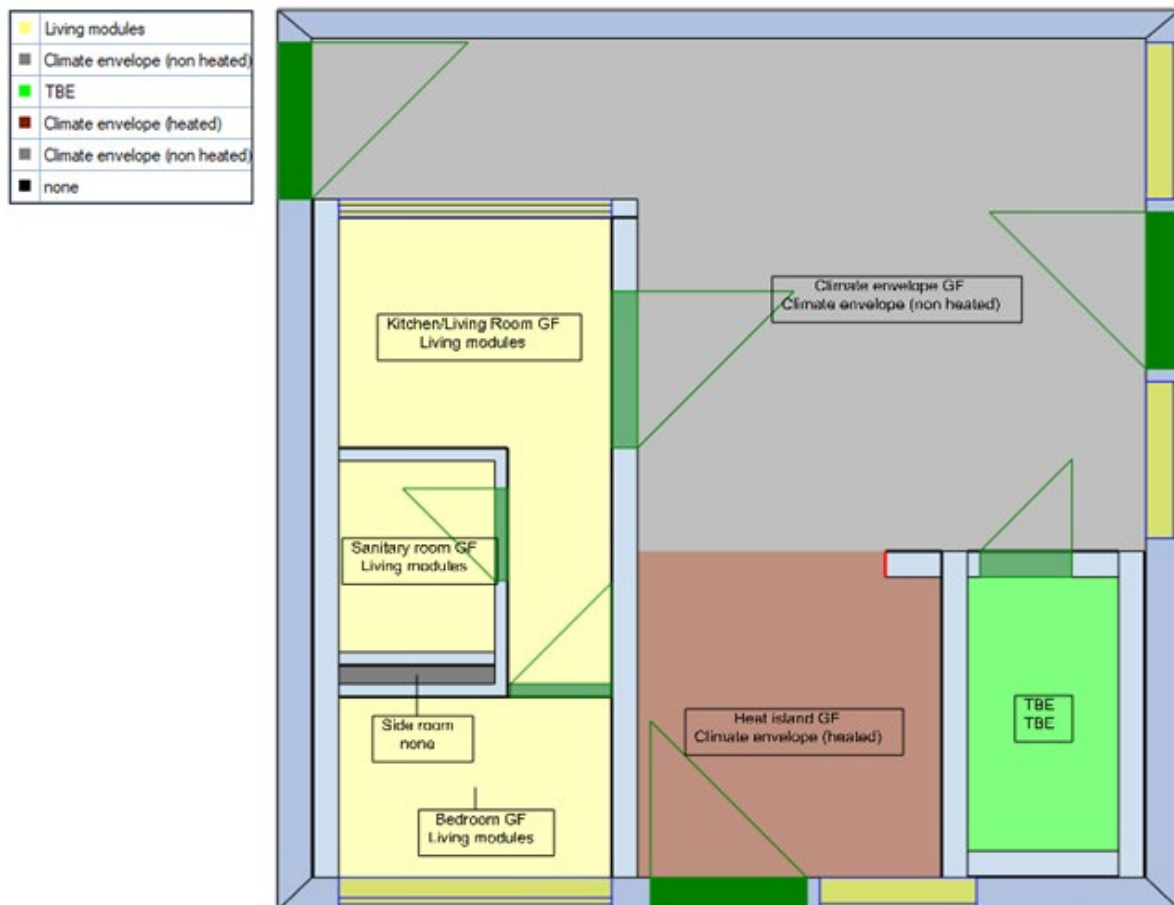


Abbildung 70: Zonierung des Erdgeschosses der HDU in Anlehnung an DIN 18599

Aufbauend auf den energetischen Simulationen und den Auswertungen zum Energiegehalt bzw. des Global Warming Potentials der eingesetzten Baustoffe lässt sich eine vollständige Lebenszyklusanalyse über den ökologischen CO₂-Fußabdruck der HDU in den Varianten Standardausführung und Nachhaltige Ausführung für das Projekt Solar Decathlon Europe 21/22 erstellen. Hierin sind Graue Energie bzw. der CO₂-Gehalt aus dem Bauwerk (Kostengruppe 300 nach DIN 276), der technischen Gebäudeausrüstung (KG 400) und dessen

Lebenszyklen sowie dem Gebäudebetrieb (Energiebedarf und -ertrag sowie Zwischenspeicherpotenziale über die Batteriespeicher) betrachtet.

Vergleich normativer Kennwerte gem. Gebäudeenergiegesetz

Basierend auf den o.g. Simulationen lassen sich rein normative Kennwerte gem. Gebäudeenergiegesetz bestimmen und energetische Vergleiche für die umgesetzte HDU mit Referenzgebäuden darstellen. In Abbildung 71 werden normative Ergebnisse für die HDU des Team MIMO für eine reine Referenzausstattung nach GEG, gem. der Anforderungen ein Effizienzhaus 55 und 40 sowie die tatsächliche Umsetzung aber ohne Einsatz einer PV-Anlage dargestellt (vier graue Säulen). Bereits hier lässt sich erkennen, dass durch die bauphysikalische, technische und nutzungsspezifische Konfiguration der HDU gegenüber dem Referenzgebäude nur etwa 50 % Energiebedarf für den Gebäudebetrieb inkl. der üblicherweise nicht eingerechneten Nutzerspezifischen Verbraucher (Beleuchtung, Haushaltsgeräte, Entertainment, E-Bike) entstehen. Die beiden grünen Säulen bilden die Hinzunahme der beiden Konfigurationen der PV-Anlagen bei rein normativer Anrechnung des eigens am Gebäude erzeugten Stroms gem. § 23 des Gebäudeenergiegesetzes ab. In der Variante mit kleiner PV-Anlage, wie sie im Wettbewerb genutzt werden durfte (2,7 kW_p), kann der Energiebedarf nochmals halbiert werden. Die größere PV-Leistung (8,1 kW_p), wie sie im Living Lab NRW eingesetzt wird, erbringt trotz der nahezu Verdreifachung der Leistung nur einen nur gering reduzierten Gesamtprimärenergiebedarf, da hier die Anrechnungsbegrenzung gem. GEG viele Ertragsüberschüsse nicht als Gutschrift in der Jahresenergiebilanz anrechnet. Die beiden gelben Balken zeigen die zuvor genannten PV-Varianten bei vollständiger Anrechnung erzeugter Stromerträge in der Jahresbilanz. Diese beiden Ergebnisse beruhen auf dynamischen Simulationen in denen auch der Einsatz der Batterie oder eine thermische Speicherung von PV-Strom mittels Wärmepumpe und thermischem Speicher sowie ein Lastmanagement berücksichtigt und zudem keine normativen Begrenzungen des PV-Stromertrags vorgenommen werden. Hierüber lassen sich in beiden Varianten sog. Plusenergiestandards erreichen, wobei das energetische Plus zum (anteiligen) Ausgleich des Aufwands der eingesetzten Materialien und Baustoffe im Sinne einer Lebenszyklusbetrachtung angesetzt werden kann.

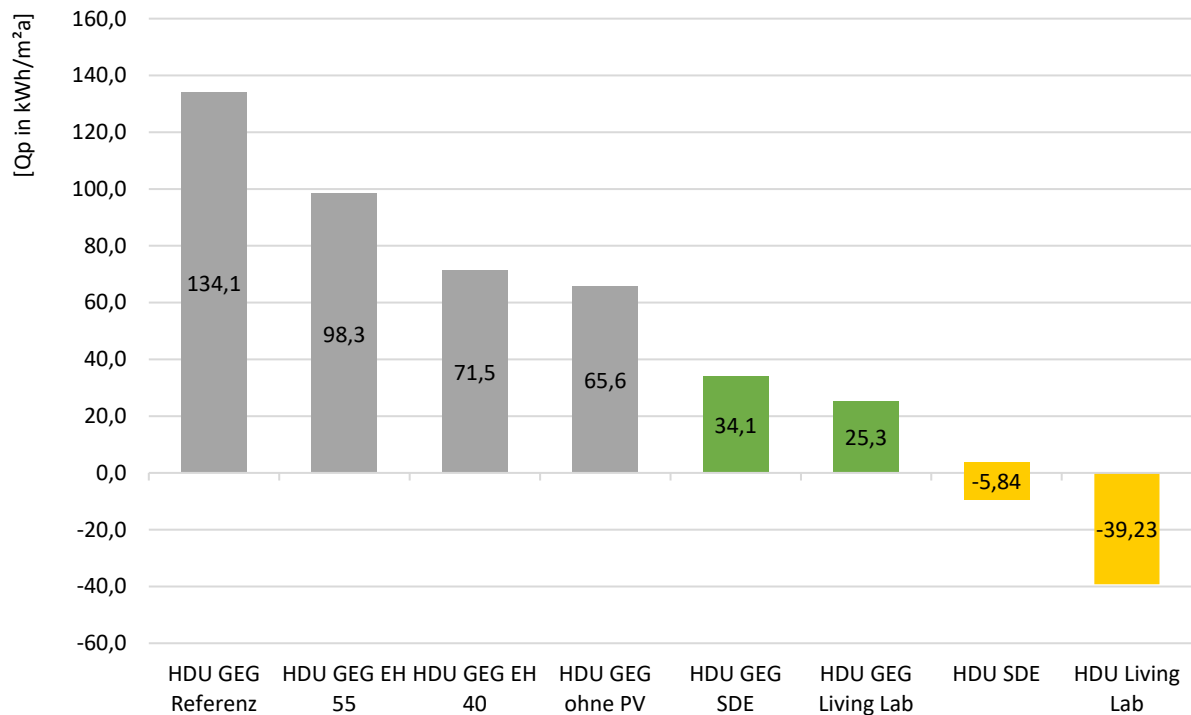


Abbildung 71: Vergleich der HDU des Team MIMO mit verschiedenen Referenzkennwerten gem. GEG inkl. sog. nutzerspezifischen Verbraucher, Abbildung Team MIMO

Lebenszyklusbetrachtung auf Basis der Primärenergie

Die Lebenszyklusbetrachtung bzw. Ökobilanz auf Ebene des Energiegehaltes (Graue Energie, Betriebsenergie und Energieertrag) erfolgt auf berechneten Werten für die nichterneuerbare Primärenergie (PENRT) für die Gebäudekonstruktion und die Technischen Anlagen sowie den ermittelten Energiebedarfs- und -ertragswerten für den Gebäudebetrieb, den Nutzerstrombedarf inkl. Mobilität (E-Bike) und Stromerträgen über die PV-Anlagen. Diese Stromkennwerte werden anhand des Umrechnungsfaktors für nichterneuerbare Anteile nach deutschem Gebäudeenergiegesetz (GEG) [GEG 2020] auf Primärenergie umgerechnet (Faktor $1,8 \text{ kWh}_P/\text{kWh}_E$) und können dann mit den ermittelten Daten für Konstruktion und technische Systeme verglichen werden. Die Primärenergiebetrachtung nach GEG mit teilweise politisch festgelegten Faktoren für den Energieträger Strom bleibt unberücksichtigt. Auch wenn nach deutscher Normung der Primärenergiefaktor für Strombezug besser bewertet wird, als es die Ökobilanzberechnungen für Deutschland zeigen und der Verdrängungsstrommix vorgibt, dass selbst erzeugter und eingespeister Strom im Netz fossil erzeugten Strom verdrängt, wird dies hier nicht berücksichtigt, da es diesen Unterschied in der Ökobilanz nicht gibt und Bezugsstrom und eingespeister Strom gleich bewertet werden.

Abbildung 72 zeigt die vollständige Gegenüberstellung von Aufwendungen und Erträgen aus der PV-Anlage auf Basis der Primärenergie. Wie oben erwähnt, werden hier zwei Zustände betrachtet - einerseits die Konfiguration für das Wettbewerbsfinale mit reduzierter Leistung der PV-Anlage (grün) und andererseits die Variante für das Living Lab mit ca. 5 kWp zusätzlicher Solarstromleistung (gelb). Zudem werden die Energiebedarfe für den Gebäudebetrieb (gem. deutscher Normung) und der Nutzerstrom inkl. Aufwendung für die Mobilität einzeln ausgewiesen. Die Summe beträgt knapp $70 \text{ kWh}_P/\text{m}^2\text{a}$, wobei etwa 50 % auf den Gebäudebetrieb und Nutzerstrom entfallen und die übrigen für die Gebäudekonstruktion und die technischen Anlagen aufgebracht werden müssen.

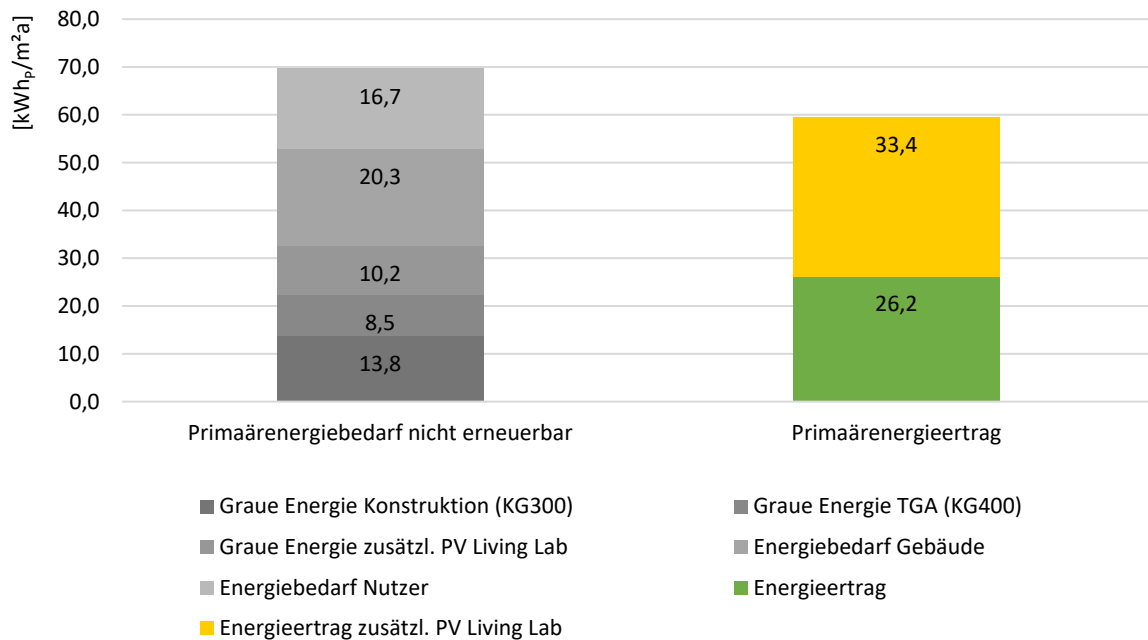


Abbildung 72: Gegenüberstellung von primärenergetischen Aufwendungen und gegenübergestellten Energieerträgen aus der PV-Anlage, Abbildung Team MIMO

Es wird deutlich, dass in der Betrachtung aller Energiebedarfe (Graue Energie, Betriebsenergie, Nutzerstrom) weder in der Wettbewerbsvariante (kleine PV-Anlage, grün) noch in der Variante zum Living Lab (große PV-Anlage, gelb) alle energetischen Aufwendungen durch Stromerträge ausgeglichen werden können (knapp 60 kWh_p/m²a). Wenn der Nutzerstrom in Höhe von ca. 17 kWh_p/m²a entfällt, können alle Aufwendungen über den Lebenszyklus kompensiert werden. Es kann zudem ausgewiesen werden, dass sich die PV-Anlagen in der primärenergetischen Betrachtung selbst um das Dreifache ausgleichen. Die zusätzliche Solarstromanlagenleistung für das Living Lab macht jedoch im Aufwand mehr graue Energie aus als die kompletten übrigen technischen Anlagen.

Lebenszyklusbetrachtung mittels GWP

Bei der Betrachtung auf Ebene des CO₂-Ausstoßes bzw. des Global Warming Potentials (GWP) gilt es wiederum zwei Betrachtungsfälle zu unterscheiden, da die oben genannten Energiebedarfe und Stromerträge der HDU mittels Umrechnungsfaktor in die Betrachtungsgröße CO₂-Emissionen überführt werden müssen. Gem. [Icha 2021] kann hier ein Faktor von 366 gCO₂/kWh_E angesetzt werden. In den Wettbewerbsregularien wird hingegen ein deutlich geringerer Wert von 200g CO₂/kWh_E angegeben. Abbildung 73 und Abbildung 74 stellen die Bilanzen mit den beiden Kennwerten dar. Hierbei werden sehr ähnliche Tendenzen wie bei der Betrachtung auf Basis der Primärenergie sichtbar, wobei vor allem der geringere Faktor von 200 gCO₂/kWh_E eine deutlich negativere Tendenz zeichnet, weil die Stromgutschriften gegenüber den gleichbleibenden Aufwendungen für die Gebäudekonstruktion und die Technischen Anlagen geringer gewichtet werden. Um eine Kongruenz herstellen zu können, wäre nun wichtig zu wissen, welche Faktoren bei den jeweils angesetzten Berechnungen im UMI-Tool und eLCA bzw. in den dahinterliegenden Ökobaudat-Grundlagen hinterlegt sind. Dies ist jedoch erstens unbekannt und zweitens nicht anzupassen, sodass diese Bewertungswege ausgeschlossen bleiben.

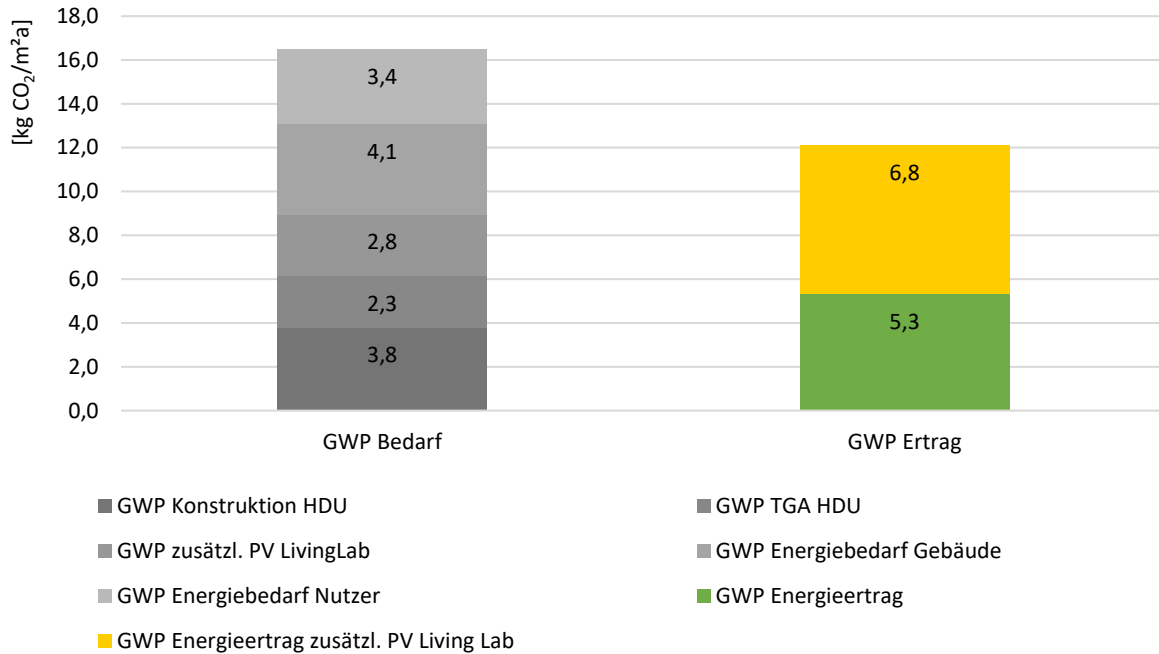


Abbildung 73: Ökobilanz auf Basis der CO₂-Emissionen bzw. des Global Warming Potentials (GWP) für die HDU des Team MIMO mit einem Umrechnungsfaktor von 366 g CO₂/kWh_e nach [Icha 2021], Abbildung Team MIMO

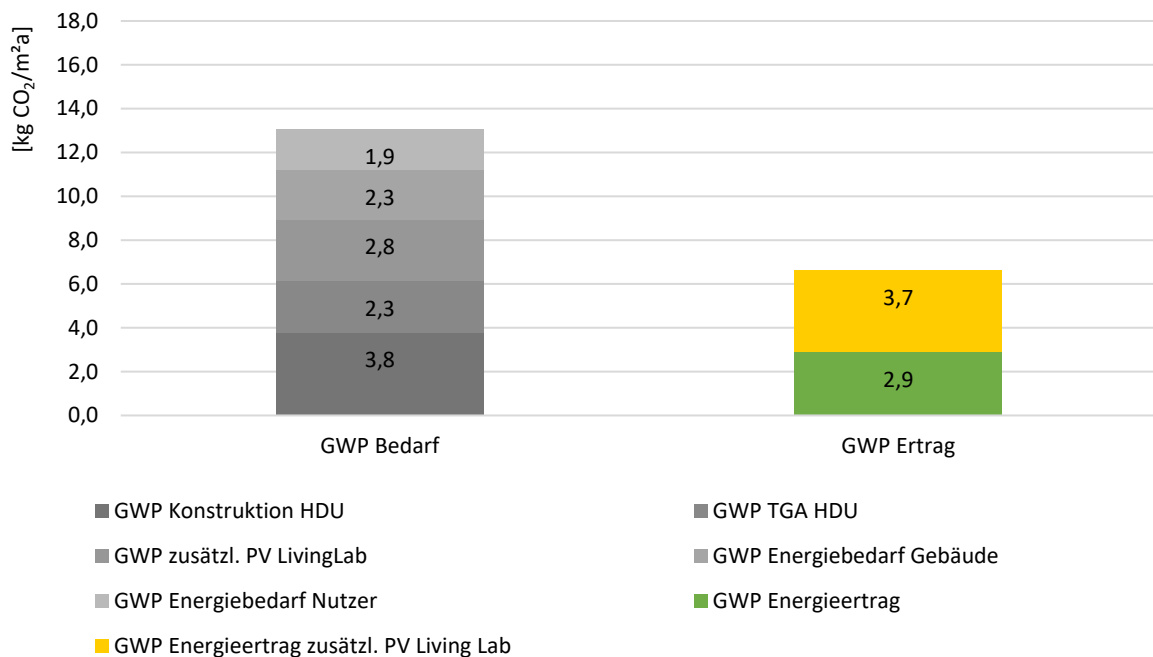


Abbildung 74: Ökobilanz auf Basis der CO₂-Emissionen bzw. des Global Warming Potentials für die HDU des Team MIMO mit einem Umrechnungsfaktor von 200 g CO₂/kWh_e gemäß der Wettbewerbsregeln, Abbildung Team MIMO

Querschnittsvergleiche

Die oben gezeigten Werte sind ohne Referenz schwierig einzuschätzen. Somit wurde nach geeigneten Literaturwerten geschaut. Die in [Braune 2021] erhobenen Werte für 50 DGNB zertifizierte Gebäude weisen eine dem genannten Verfahren sehr ähnliche Ermittlung im Bereich der Lebenszyklusbetrachtung auf (getrennt für Betrieb und Bauwerk):

- Die Daten zur Herstellung des Bauwerks wurden in beiden Fällen gemäß deutscher Norm DIN 276 Kostengruppen 300 und 400 auf 2. Ebene erhoben und dokumentiert, so wie es auch in den genutzten Tools UMI und eLCA geschieht.
- Es wird die Netto-Grundfläche als Bezugsgröße festgelegt.

Unterschiede ergeben sich jedoch in Bezug auf Gebäudetechnik. Hier wurden für die HDU des Team MIMO sehr genaue Angaben zu technischen Geräten wie Wärmepumpe, Lüftungsanlagen und PV-Anlage sowie die Verteilung über Rohre und Kanäle sowie die Übergabe durch bspw. die Fußbodenheizung vorgenommen. In [Braune 2021] sind die Aufwendungen für die Gebäudetechnik (Kostengruppe 400) hingegen pauschal betrachtet worden.

Zudem gilt, dass in [Braune 2021] nur vier Wohn- und 46 Nichtwohngebäude gesammelt betrachtet wurden. Zudem sind hier drei Bauweisen (Holz- bzw. Holz-Hybridbauweise, Massivbauweise und Stahlbeton-Skelettbauweise) eingeflossen, wobei Werte für Wohngebäude in Holz- bzw. Holz-Hybridbauweise nicht dezidiert ausgegeben werden. Die Analyse zeigt, dass eine Korrelation zwischen Bauweise und den Treibhausgasemissionen der Konstruktion besteht. Gebäude in Holz- oder Holz-Hybridbauweise weisen einen sehr viel geringeren Wert auf als die beiden anderen Gruppen. Der Mittelwert ohne Abhängigkeit von der Typologie liegt hier bei $2,7 \text{ kgCO}_2/\text{m}^2\text{a}$. Allerdings besteht diese Gruppe nur aus drei Gebäuden. Damit ist dieser Wert nur von begrenzter Aussagekraft. Vergleicht man aber die Kennwerte der vier in die Studie eingebrachten Wohngebäude, lässt sich zumindest ein globaler Vergleich erstellen. Abbildung 75 zeigt, dass der Mittelwert von $4,0 \text{ kgCO}_2/\text{m}^2\text{a}$ für die Gebäudekonstruktion und die Technischen Anlagen unter denen der HDU liegt, obwohl auch ein Gebäude in Massivbauweise eingeflossen ist. Allerdings gilt auch, wie oben erwähnt, dass die Kennwerte der Gebäudetechnik pauschal ansetzt sind und zudem an den hohen Betriebsenergiekennwerten bzw. nicht vorhandenen Gutschriften ausgemacht werden kann, dass keine ausgeglichene Betriebsenergiebilanz erreicht wird. Die Bedarfswerte der HDU ($16,4 \text{ kgCO}_2/\text{m}^2\text{a}$) liegen auch ohne Anrechnung von Stromerträgen bereits unter den Werten der Studie ($20,3 \text{ kgCO}_2/\text{m}^2\text{a}$).

In [Mahler 2019] werden keine umgesetzten Gebäude evaluiert, sondern ein Einfamilienhaus als Typgebäude mit verschiedenen technischen Systemen und baulichen Energieeffizienzstandards berechnet. Die Konfiguration des Typgebäudes, das der HDU des Team MIMO am nächsten kommt, wird als KfW Effizienzhaus 55 mit Wärmepumpe, Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung und einer PV-Anlage berechnet. Hier wird also die Anlagentechnik der Kostengruppe 400 einbezogen und auch der Betriebszeitraum, also auch die Betriebsenergie für Technische Gebäudeausrüstung und Nutzer sowie Gutschriften aus der PV-Anlage betrachtet. Das Netto-Treibhauspotenzial GWP wird hier nach Anrechnung von Gutschriften mit $13 - 15 \text{ kgCO}_2/\text{m}^2\text{a}$ (Massivbau Null- und Plusenergiestandard) bzw. $0 - 7 \text{ kgCO}_2/\text{m}^2\text{a}$ (Holzbauweise) angegeben. Die Kennwerte für die reine Konstruktion betragen $14 \text{ kgCO}_2/\text{m}^2\text{a}$ (Massivbau) bzw. $7 \text{ kgCO}_2/\text{m}^2\text{a}$ (Holzbau). In der Variante Plusenergie Holzbauweise kommen $22 \text{ kgCO}_2/\text{m}^2\text{a}$ für den Gebäudebetrieb und den Nutzerstrom sowie eine Gutschrift Stromeinspeisung und ein Abzug aus der Stromeigennutzung von in Summe $23 \text{ kgCO}_2/\text{m}^2\text{a}$ hinzu (siehe Abbildung 75). Damit weist die Konstruktion geringere Werte gegenüber der HDU auf, was auf die Stahlkonstruktion in der Gründung (die HDU benötigt auf Grund der temporären Nutzung ein zusätzliches waagerechtes Stahlrost) und die Aluminiumfassade sowie die verhältnismäßig großen Glasflächen zurückzuführen ist. Der Betriebsenergieaufwand der HDU ist hingegen deutlich geringer, während die Ergebnisse über

den Lebenszyklus mit $4,4 \text{ kgCO}_2/\text{m}^2\text{a}$ (HDU) zu $6,0 \text{ kgCO}_2/\text{m}^2\text{a}$ (gem. [Mahler 2019]) sehr ähnlich sind.

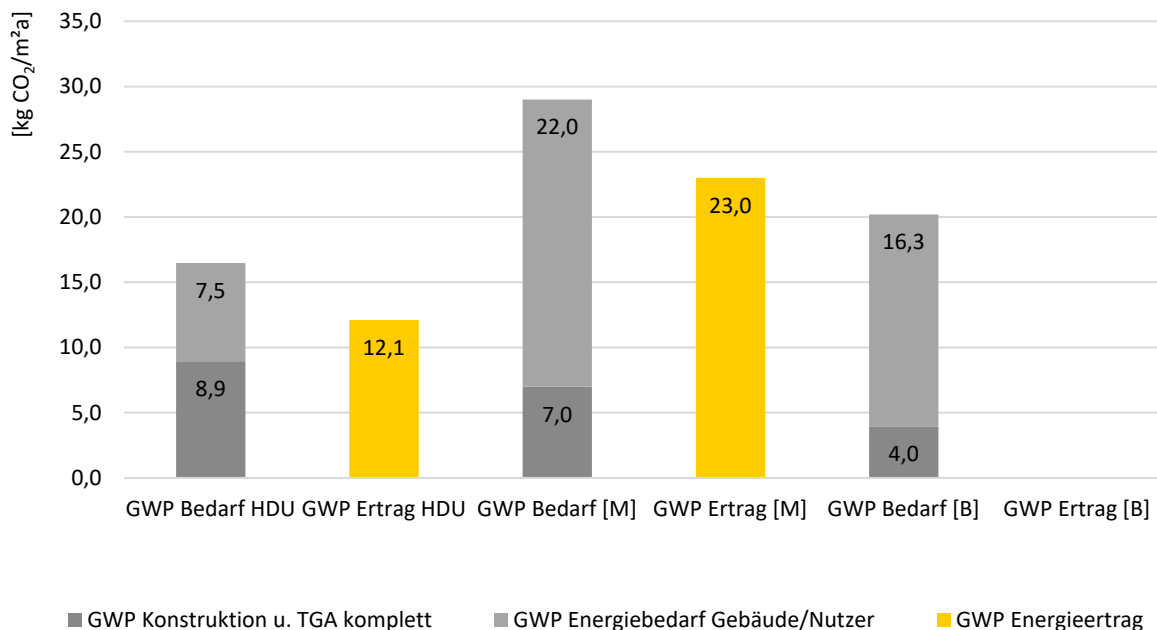


Abbildung 75: Ökobilanz auf Basis der CO_2 -Emissionen bzw. des Global Warming Potentials für die HDU des Team MIMO und Vergleich zu [Mahler 2019] = [M] und Wohngebäuden in [Braune 2021] = [B], Abbildung Team MIMO

Die Bedeutung der Emissionen für Herstellung, Nutzung und Rückbau des Bauwerks gegenüber den Betriebsaufwendungen für Haustechnik und Nutzerenergiebedarf kann über die gezeigte Auswertung nicht besonders hervorgehoben werden, die die gezeigten Konstruktionen bereits mehrheitlich ökologisch optimiert, d.h. Holzbauten sind. Zudem sind hier bereits die üblicherweise normativ nicht betrachteten nutzerspezifischen Energiebedarfe für bspw. Beleuchtung und Entertainment eingerechnet. In [Braune 2021] beträgt der Anteil des Bauwerks im Mittel 35 % der Treibhausgasemissionen über den gesamten Lebenszyklus, bei den gezeigten Wohngebäuden sind es 20 %. Das heißt, dass ca. zwei Drittel der Treibhausgasemissionen über 50 Jahre gerechnet durch den Gebäudebetrieb und etwa ein Drittel durch die Herstellung, Nutzung und Rückbau zum Lebensende des Bauwerks verursacht werden, bzw. dies bei Wohngebäuden ein Fünftel ist. In der Studie [Mahler 2019] ist die Tendenz ähnlich (ca. 25 %), allerdings nicht, wenn die Stromerträge angesetzt werden. Dann verbleiben allein die nicht ausgeglichenen Aufwendungen für Herstellung, Nutzung und Rückbau des Bauwerks. Dies lässt sich für die HDU in der Konfiguration Living Lab mit größerer PV-Anlage ebenso darstellen, wobei über den Betriebsenergieaufwand hinaus immerhin noch 50 % des Aufwands für die Herstellung, Nutzung und Rückbau zum Lebensende des Bauwerks ausgeglichen werden können.

VII. Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

0812 Beschäftigte TVöd/TV-L E12-E15

Über diese Mittel wurden wissenschaftlichen Mitarbeiter finanziert, die die Projektorganisation und -leitung innehatten und die Studierenden hinsichtlich der Wettbewerbs- und Förderziele angeleitet haben. Neben zwei Kurzzeitbeschäftigungen im Bereich Simulation und Ausführungsmanagement waren zwei Mitarbeiter*innen in der Architekturplanung und dem Projektmanagement tätig und war ein Projektleiter in der Energie- und Anlagentechnik verantwortlich.

0822 Beschäftigungsentgelte

Der Wettbewerb Solar Decathlon ist als studentischer Wettbewerb beschrieben, weshalb die planerische Arbeit und die Umsetzung durch Studierende der HSD erbracht wurde. Das geleistete Aufwand weit über die Anerkennung von Seminaren und sonstigen studentischen Leistungen hinausgeht, wurde eine Vielzahl an studentischen und wissenschaftlichen Hilfskraftverträgen abgeschlossen und rund 6.000 SHK- bzw. WHK-Stunden von 40 Studierenden über diese Kostenstelle abgerechnet.

0835 Vergabe von Aufträgen

Über diese Position wurden diverse kleinere (Werk-)Aufträge finanziert, die Zuarbeit in einzelnen Disziplinen umfassten. Vor allem sind aber Ingenieurleistungen für die Tragwerksplanung des innovativen Holz-Modulbaus und der temporären Gründung, die Werkplanung des innovativen Holzbaus, die Errichtung des innovativen Rohbaus aus leimfreien Konstruktionselementen sowie die Planung und Ausführung der MSR-, KNX- und Elektroinstallationen (energiBUS, PV, Lamellenfassade, Sensorik) der HDU zu nennen.

0843 Sachausgaben

Hierin wurde eine Vielzahl an Installationsmaterial insbesondere für das eigens an der Hochschule entwickelte und dort selbst gebaute energiBUS-System verbucht. Zudem sind hier div. Elektroinstallationskomponenten für die innovative Lamellenfassade und die Gebäudesteuerung eingegangen.

0850 Gegenstände und andere Investitionen über 410 €

Für die eigens entwickelte Steuerung des energiBUS-Systems sowie dessen Anbindung an die übrigen Systemkomponenten wurde ein Dual Core Prozessor samt Digital- und Analogausgangsmodul im LABView Full Development System beschafft. Für die spätere Umsetzung wurde diverses Installationsmaterial und ein Batteriespeicher angeschafft. Zudem sind hier die einzelnen Vollholzelemente für die Erstellung der erstmals vollständig leimfrei gefertigten Raummodule zu nennen.

VIII. Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Rückblickend ist festzuhalten, dass alle eingesetzten Mittel auch außerhalb der Bundesförderung und die geleisteten Arbeiten notwendig waren, um das Projekt erfolgreich umzusetzen. Hierbei sei erwähnt, dass „erfolgreich“ eine Teilnahme am Finale des Wettbewerbs mit einer funktionstüchtigen House Demonstration Unit meint. Dies wurde mit der sehr guten Platzierung übererfüllt.

Da ein besonderer Aufwand in der Bildung eines interdisziplinären Teams lag, die ursprünglichen Ideen zur Gruppenbildung durch bspw. gemeinschaftlich genutzte Räumlichkeiten an der HSD durch die sich ständig wandelnden Arbeitssituation während der Corona-Pandemie jedoch stark beeinflusst bzw. verändert wurden und weil die Bau- und damit unmittelbar auch die Projektkosten im Zuge von Rohstoffknappheiten und Materialengpässen sowie massiven konjunkturellen Schwankungen stark stiegen, ist ein erhöhter Einsatz von Beschäftigungsentgelten für Studierende und höheren Sachausgaben gerechtfertigt. Die genannten Ziele hätten anders nicht erreicht werden können.

Des Weiteren entstanden Kostensteigerungen durch:

- mangelhafte Fundamente auf dem Solar Campus - Mehraufwand zur Kompensation der Höhenunterschiede musste dem Stahlbauer bezahlt werden
- Ausführungsmängel im Dachbereich – zusätzliches Equipment wie bspw. Steiger musste angemietet werden
- längere Standzeiten der LKW auf Grund nicht bereitgestellter Kräne – Ausfallkosten wurden den Transportunternehmen erstattet
- Mehraufwand bei der statischen Bestimmung des Tragrostes und der Berechnung der Holzmodule aus leimfreien Vollholzelementen – es lag keine Erfahrung zur Berechnung der gewählten Konstruktion vor
- erhöhte Stahlgüten für das Tragrost

IX. Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit des Ergebnisses

Wirtschaftliche Verwertbarkeit

Das Gesamtvorhaben Solar Decathlon Europe 2021/22 und das hier beschriebene Förderprojekt zielte auf Energieeffizienz, Nachhaltigkeit und Ökologie bei Sanierungen sowie die Nutzung von Systemen zur Gewinnung erneuerbaren Stroms im innerstädtischen Bestand und dessen sinnvolle Interaktion mit der umliegenden Infrastruktur ab. Im Laufe des Projektes entstanden entsprechenden Planungen und ein Prototyp für eine energieoptimierte urbane Nachverdichtung mit einem sehr zeitgemäßen und zeitgenössischen Anspruch. Zentrales Thema waren energetische Einsparpotenziale im Wohnungsbau und eine Umsetzung im Sinne der Kreislaufwirtschaft. Durch die geforderte Kostenoptimierung wurden auch wirtschaftliche Potenziale – insbesondere auch im Hinblick auf bezahlbaren Wohnraum – systematisch erschlossen. Neben entwerflichen und konstruktiven Parametern spielte hierbei auch das Energiekonzept und die damit verbundenen Vorteile für die Nutzer*innen der Wohnungen in puncto niedriger Energiekosten (minimaler Heizenergieverbrauch, geringer Strombezug durch hohe Eigennutzung von Solarstrom) und im urbanen Umfeld eine wichtige Rolle. Durch die Zusammenführung der genannten Themen sind zum Wettbewerbsende innovative Einzelergebnisse wie auch ein innovativer Gesamtansatz entstanden, die u.a. impulsgebend für die beteiligten Industriepartner aber auch die erreichte Öffentlichkeit sowie das Fachpublikum sind.

Die genannten und erreichten Projektziele bzw. -inhalte des Teams MIMO (Holzbau, Ressourcenschonung, Materialreduktion, lösungs- und bindemittelfreie Baustoffe, reversible Verbindungstechniken) sowie die Notwendigkeit des Transportes der House Demonstration Unit (DHU) zum Wettbewerbsgelände in Wuppertal erforderten eine modulare Holzbaueise. Dies bedurfte einer tiefgreifenden Auseinandersetzung mit den Möglichkeiten industrieller Fertigungstechniken, des seriellen Bauens und dafür geeigneter Materialien. Die gezeigten Ergebnisse eines modularen Holzbaus aus leimfreien Holzelementen tragen dazu bei, den Bauprozess im Bereich des nachhaltigen Bauens kurzfristig zu befruchten, im Holzbau weiter zu rationalisieren und somit dauerhaft wirtschaftlicher umzusetzen.

Es war erklärtes Ziel des Teams MIMO, die genannten und im Wettbewerb geforderten Aspekte über einen zeitgenössischen und architektonisch hochwertigen Beitrag zu kommunizieren und relevanten Zielgruppen näher zu bringen. Mit einem vierten Platz im Gesamtranking und in der Architekturwertung darf dies als gelungen bezeichnet werden. Daraus und aus der Zusammenarbeit mit motivierten Industriepartnern, erwächst die Überzeugung, dass die gezeigten Ansätze zur Nachahmung über zum Übertrag auf weitere Projekte genutzt werden. Im Bereich der Kopplung von weißer Ware mit der zentralen Wärmebereitstellung (energiBUS) sind kurzfristig Weiterentwicklungen angestrebt und eine Verwendung durch die Industrie denkbar.

Die Öffentlichkeitswirksamkeit des Gesamtprojektes, die vielen erfolgten Veröffentlichung sämtlicher Projekt- und Prozessinhalte über diverse Veröffentlichungsoptionen und die damit verbundene Medienpräsenz stellen sicher, dass die relevanten Zielgruppen Fachpublikum, Studierende und eine breite Öffentlichkeit erreicht wurden. Die wirtschaftlichen Erfolgsaussichten können deshalb als hoch eingeschätzt werden. Auch für die Umsetzbarkeit am Markt wurden durch die enge Zusammenarbeit mit Industrie- und Handwerkspartnern sowie die Publikation von Projekthinhalten in deren Verbänden (bspw. Verband der Wohnungswirtschaft, Industrie- und Handelskammer, Fachverband Holz) kurzfristig gute

Voraussetzungen geschaffen, da die Umsetzung der Lösungsansätze in gebaute Realität Erkenntnisse und den Nachweis der Umsetzbarkeit schafft.

An der Hochschule Düsseldorf ist derzeit keine wirtschaftliche Verwertung der Projektergebnisse z.B. in Form einer Ausgründung oder Ähnlichem geplant.

Wissenschaftliche Verwertung

Die Einbettung der Projektinhalte in den internationalen Wettbewerb Solar Decathlon schuf sowohl durch die Wettbewerbskriterien als auch durch den vorgegebenen zeitlichen Rahmen die Voraussetzungen für eine erfolgreiche angewandte Forschung mit hoher Praxisnähe. Die thematische Bearbeitung erforderte innerhalb der Hochschule inter- und transdisziplinäre Zusammenarbeit und eine enge Kooperation mit den Partnern aus der Wirtschaft. Das erfolgreiche Abschneiden im Wettbewerb wurde durch die Berücksichtigung aktueller wissenschaftlicher Erkenntnisse aus der Bauforschung, der Beachtung aktueller Themen aus der Architektur sowie Immobilien- und Bauwirtschaft sowie den Einsatz eigens kreierter, gefügter bzw. entwickelter Technologien begründet. Das große Interesse an der erfolgten Umsetzung und der vielen Teilaspekte von Seiten der Medien – es erfolgten einige Anfragen aus dem öffentlich-rechtlichen Fernsehen – und der Fachwelt – das Team wurde zu Messen, Tagungen und Vorträgen eingeladen – belegt dies.

Das forschungsorientierte Lehren und Lernen hob gleichzeitig die Chance, neue Erkenntnisse in den Themenfeldern des Wettbewerbs zu generieren. Insofern sind sehr gute Voraussetzungen für hohe wissenschaftliche Erfolgsaussichten in den auf den Wettbewerb folgenden Jahren gegeben.

Die Anschlussfähigkeit und auch die Übertragbarkeit der Erkenntnisse wurde durch eine tiefgehende Auseinandersetzung mit den Themen der urbanen Nachverdichtung und der Dekarbonisierung des Energiesystems auf quartiers- bzw. städtischem Maßstab erreicht. Beim Entwerfen der Prototypen für den Wettbewerb, d.h. für eine spezifische Situation, musste darüber hinaus der Aspekt des vielfältigen Einsatzes solcher zusätzlichen Gebäudeeinheiten in Bestandsquartieren mitberücksichtigt werden. Aktuell entwickeln sich hieraus an der Hochschule Düsseldorf sowohl Lehrinhalte als auch weitere F+E-Vorhaben.

Durch den Wettbewerbsgedanken und die Bewertung der dargestellten Beiträge anhand von Messungen während der Wettbewerbsphase und Jurys wurden die Teams angehalten, die Funktionsfähigkeit im Sinne von bspw. Innenraumkomfort, Nutzbarkeit, Energieeffizienz etc. nachzuweisen. Hierüber wurde eine hohe Planungs- und Ausführungsqualität eingefordert aber auch der Nachweis der Umsetzbarkeit geschaffen.

Durch die Weiternutzung des House Demonstration Unit (HDU) im Vorhaben „Living Lab NRW“ wird eine messtechnische wie auch sozial- und kulturwissenschaftliche Evaluierung der Prototypen im Betrieb über die Wettbewerbsphase hinaus angestrebt. Zum Zeitpunkt der Erstellung des Berichts ist dieses Vorhaben noch in der Ausarbeitung. Weitere wissenschaftliche Fragestellungen können unter fachdidaktischen Aspekten bearbeitet werden. Das In-LUST als initiative Instanz der Bewerbung der Hochschule Düsseldorf ist stark an einer Aufbereitung der Ergebnisse des Reallabors über den Aspekt der Energie hinaus interessiert, wobei vor dem Hintergrund des aktuellen Stands des Living Lab NRW nennenswerte Forschungsfelder und -fragen er- bzw. überarbeitet werden müssen.

Planungsstände und Ergebnisse wurden in (inter-)nationalen Zeitschriften veröffentlicht sowie im Rahmen von Tagungen und Messen präsentiert. Zudem ist gemeinsame mit den übrigen sechs deutschen Teams das Buch „Solares und kreislaufgerechtes Bauen: die deutschen

Beiträge zum Solar Decathlon Europe 21/22“ [SDE21/22 2023] entstanden. Die Wettbewerbsveranstalter haben zudem ebenfalls ein Buch und erste Fachveröffentlichungen publiziert (siehe [Voss 2023a] und [Voss 2023b]).

Bislang offen ist, inwieweit ein Langzeitmonitoring mit einer wissenschaftlich belastbaren Ergebnisbewertung - vergleichbar mit den üblichen Demonstrationsprojekten im Rahmen der Förderinitiative „Energieoptimierte Gebäude und Quartiere“ - realisiert werden kann. Auch wenn dies eine der Kernideen des Living Lab NRW ist, kann bisher an der HSD keine Datenspeicherung umgesetzt werden. Einerseits fehlte bisher eine Option zur Datenerfassung und -übertragung Seiten des Living Lab NRW und verfügt die HSD über kein geeignetes Datenbanksystem. Es wird nach Möglichkeiten gesucht, wobei sich zum Zeitpunkt der Berichterstellung eine Lösung abzeichnet.

Wissenschaftliche und wirtschaftliche Nutzungsmöglichkeiten und Anschlussfähigkeit

Seit Beginn der Entwicklung des Wettbewerbsbeitrags im Oktober 2019 wurden an der HSD in mehreren Fachbereichen spezifische, teils interdisziplinäre Lehrveranstaltungen, meist in seminaristischer Form abgehalten. Projektbezogene Abschlussarbeiten sind ebenfalls in einigen Fachbereichen angeboten und abgeschlossen worden, während themenbezogene Abschlussarbeiten, teils auch von nicht in das Projekt involvierten Professoren*innen angeboten wurden und werden bzw. sich in Bearbeitung befinden. Hierüber hat das Gesamtprojekt einen hohen Einfluss auf die Lehre an der Hochschule Düsseldorf genommen. Die Umsetzung des 1:1-Demonstrators HDU steigerte die Qualität der Ausbildung insofern immens, als dass die beteiligten Studierenden ein hochambitioniertes Projekt in den relevanten Bereichen erneuerbare Energien, Innenstadtentwicklung, Nachhaltigkeit oder Modularer Holzbau vom ersten Pinselstrich bis zur Umsetzung begleiteten, nach außen hin präsentierten und zudem interdisziplinär selbst gestalteten.

Das Vorhaben war und ist über die leitende Mitarbeit der Antragsteller*innen inhaltlich sowohl im In-LUST, in der Arbeitsgruppe Elektrische Energiesysteme als auch im ZIES der HSD eingebunden. Insofern wurden begleitende und spezifische Entwicklungen stetig in Projekteansätze und Veröffentlichungen übertragen. Im Zuge der Entwicklung des energie-BUS konnte ein Promotionsvorhaben abgeschlossen werden. Ein weiteres steht unmittelbar vor dem Abschluss.

Zum Abschluss des Vorhabens Solar Decathlon Europe 2021/22 wurde die HDU der HSD zur Nachnutzung dem Living Lab NRW in Wuppertal zur Verfügung gestellt. Auf Grund der räumlichen Nähe (Distanz Campus der HSD – Wuppertal Mirke ca. 24 km) ergeben sich hochschul-individuelle Möglichkeiten der Verwertung. Die HDU des Team MIMO wird im Rahmen des Living Lab NRW nun bis mindestens Ende 2025 auf dem Solar Campus in Wuppertal als Forschungsobjekt genutzt. Das Living Lab NRW ist die zentrale Forschungs- und Bildungseinrichtung des Landes NRW für klimaneutrales Bauen und nachhaltiges Wohnen in der Stadt der Zukunft. Das Living Lab NRW wird vom Ministerium für Wirtschaft, Innovation, Digitalisierung und Energie des Landes NRW (MWIDE) gefördert.



Abbildung 76: HDU des Team MIMO während einer Besichtigungstour, Foto SDE 21/22

Die Nachnutzung adressiert im Sinne der Förderung die Lehre in bspw. den Sozialwissenschaften (suffizientes Leben) aber vor allen in den Studiengängen Architektur inkl. Bauphysik, Maschinenbau inkl. Technischer Gebäudeausrüstung und Elektroingenieurwesen. Erfahrungen aus der Umsetzung aber auch aus dem Betrieb werden weiterhin in Lehrveranstaltungen eingebunden. Die räumliche Nähe aber auch die Einbindung in den reellen Kontext Wuppertal Mirke bietet Anlass und Option für Exkursionen mehrerer Seminargruppen.

Bis zum Zeitpunkt der Erstellung dieses Berichts sind im Nachgang des Wettbewerbs bzw. Forschungsvorhabens bereits unterschiedliche Forschungs- und Lehrprojekte initiiert worden, die direkt oder mittelbar auf dem Projekt aufbauen. Hier werden die wichtigsten bzw. eine Auswahl kurz genannt:

- HSD-interne Forschungs- und Lehrprojekte
 - Interdisziplinäres Lehrvorhaben „Interdisziplinäres Studium Nachhaltigkeit“ gefördert durch Restmittel der zentralen QV-Maßnahmen (Beantragung durch das Team MIMO und das In-LUST; Förderzusage erteilt, Start Oktober 2023)
 - Hochschulinternes Forschungsprojekt „Vergleich von BIM-Planungs- und Simulationsdaten mit real ermittelten Klima- und Komfortdaten des HSD MIMO-Gebäudes“ gefördert durch Haushaltsmittel für die Hochschulinterne Forschungsförderung (HiFF) der HSD 2023 (Beantragung durch das Team MIMO, Förderzusage erteilt, Start Juli 2023)
 - Hochschulinternes Projekt „Labor für nachhaltige Materialien“ gefördert durch die Innovationsreserve der HSD (Beantragung durch das Team MIMO, Förderzusage erteilt, Start August 2023)
- Drittmittel
 - Drittmittelprojekt „Nachhaltiges Bauen und Sanieren – Dekarbonisierung des Gebäudebestands mit minimiertem Ressourceneinsatz (CO2Bau)“ gefördert durch das Ministerium für Kultur und Wissenschaft Nordrhein-Westfalen im Förderprogramm „Kooperationsplattformen 2022“ (Beantragung mit der Detmolder Schule für Architektur und dem Fachbereich Produktions- und Holztechnik der Technischen Hochschule Ostwestfalen-Lippe als teilnehmende Partei im Living Lab NRW sowie weiteren, nicht geförderten Kooperationspartnern, die Großteils aus dem Netzwerk des Team MIMO stammen; Zuwendungsbescheid übermittelt, Start Mai 2023)
 - Drittmittelprojekt „Das Minihaus: Eine ökologische und soziologische Alternative zum konventionellen Einfamilienhaus?“ Skizze im Förderprogramm „ZukunftBau“ (in Zusammenarbeit zwischen Institut für lebenswerte und umweltgerechte Stadtentwicklung (In-LUST), Zentrum für innovative Energiesysteme (ZIES), Arbeitsgruppe Co-Designing Technology for Healthcare (CoDe for Health) der HSD und dem Lehr- und Forschungsgebiet Healthy Living Spaces des Universitätsklinikums Aachen; eingereicht 06.2023, ausstehend)
 - Drittmittelprojekt „Evaluierung des Projekts MIMO im Hinblick auf Verbesserungen von Raumkomfort und Energiebilanz durch Einsatz der Gebäudeautomation zur Kombination von Komfortsensoren, Lamellensteuerung und thermischen wie elektrischen Speicheroptionen“ Skizze zum Förderthema 4: Klima- und ressourcenschonendes Bauen der DBU (federführend durch Prof. Eike Musall Fachbereich Architektur und Prof. Holger Wrede Fachbereich Elektrotechnik; in Bearbeitung, ausstehend)

Im weiteren Sinne sind aufbauend auf dem Netzwerk des Team MIMO und den im Nachgang geschlossenen Kontakten weitere Initiativen gestartet oder stehen in Aussicht. Hier ist bspw. ein Antrag im Zuge der Förderausschreibung OERContent.nrw 2022 - Erstellung von digitalen Lehr-/Lernangeboten für das Landesportal ORCA.nrw mit dem Titel „Digitaler

Reflexionsassistent Bauphysik“ zu nennen, an dem ebenfalls mehrere Institutionen aus dem Umfeld des Solar Decathlons mitgewirkt haben.

Die Einbindung des Solar Decathlon in die fachgebietsübergreifende Lehre unterstützt das zentrale Anliegen des Wettbewerbs, energieeffizientes Bauen zu fördern. Auf diese Weise kann die Präsenz des Themas im Baubetrieb über vielen Jahre hinweg gesichert werden und schafft so einen Zukunftsmarkt mit innovativen Produkten. Die Entwicklung dieser Produkte resultiert erfahrungsgemäß aus der konstruktiven Zusammenarbeit von Planern und Bauindustrie.

Abgesehen von Wissenschaft und Lehre bietet sich die nachgenutzte House Demonstration Unit als Außenstelle der HSD für externe Veranstaltungen wie kleinere Empfänge oder Workshops an und kann hierüber die Leistungsfähigkeit der HSD gegenüber Dritten dargestellt werden.

Weitere Nutzungsoptionen über die Zeit des Reallabors Living Lab NRW hinaus werden zum Zeitpunkt der Erstellung dieses Berichts bereits an der HSD und im Team MIMO eruiert. Es wird eine dauerhafte Nutzung im Sinne der Demonstration nachhaltiger Aspekte für die Energiewende im Bauwesen auf dem Campus der Hochschule Düsseldorf angestrebt. Hintergrund ist der Wunsch des Präsidiums und vor allem des Fachbereichs Architektur 1:1-Projekte stets an reelle Nutzer*innen zu übergeben.

X. Fortschritte auf dem Gebiet

Der Solar Decathlon berührt in seinem Kern, mit seinen Themen und den 10 Disziplinen sämtliche Aspekte des Bauwesens bzw. der angestrebten Veränderungen im Zuge der Energiewende im Bausektor. Hier sind bedingt durch technische Innovationen, die Corona-Pandemie, politische Veränderungen auf Bundesebene und verschärftes Augenmerk auf die hohen CO₂-Emissionen des Gebäudesektors Stichworte wie urbane Nachverdichtung vs. urbane Dörfer vs. Landflucht, Wohnraum- und Wohnformalternativen, Wohnflächenanstieg vs. Wohnflächensuffizienz, digitales Arbeiten, ökologisches Bauen, Baustoffrecycling, Kreislaufgerechtigkeit, Baubiologie, Digitalisierung durch bspw. BIM und KI, energetische Sanierung, serielles Sanieren, Abrissmoratorium, Gebäudeenergiegesetz, Fördermittel, Heizungssystemwechsel und viele weitere Aspekte zu nennen. Die hierin enthaltenen (technischen) Entwicklungen lassen sich im Zuge dieses Berichts nicht darstellen. Eindeutig hat sich jedoch das Thema Kreislaufgerechtigkeit im Zeitraum des Projektes im Bausektor vielfältig und stark verändert bzw. sind neue Planungs- und Umsetzungsansätze zu erkennen. Das Team MIMO hat sich im Zuge der Teilnahme am Wettbewerb hier ebenfalls stark beschäftigt, was zu den in Kapitel VI dargelegten Ergebnissen geführt hat.

Als extremes Beispiel zum Umgang mit den gestiegenen Wohnflächen sollen die Wohnmodule auf kleinstem Raum dienen.

Das übergeordnete Ziel der konstruktiven Bauteilaufbauten für die HDU des Team MIMO ist eine ökologische, aber vor allem kreislaufgerechte und sortenrein trennbare Konstruktion. Alle Materialien sind nach diesen Prinzipien ausgesucht und Bauteile entwickelt. Vor allem die Holzkonstruktionen sind durchweg leimfrei und damit schadstoffarm konstruiert.

Während das Ziel einer vollständig leimfreien Konstruktion der Klimahülle (Stützen und Träger) zwar statisch möglich gewesen wäre, aber aus Gründen der langen Zulassungsdauer nicht in Vollholzbauweise bis zum Wettbewerbsfinale erstellt werden kann, sind die übrigen Holzkonstruktionen durchweg in leimfreier Holzbauweise ausgeführt. Konstruktionsvollholzträger bzw. -stützen sind im Bereich der Klimahülle als tragende Hauptkonstruktion eingesetzt. Außerdem sind im Dach der HDU aussteifende Mehrschichtholzplatten umgesetzt. Leimfreie GFM-Massivholzplatten (GFM = glue free massiv), die alle Folien und Abdichtungen ersetzen, sind im Bereich des Stahlrostes als Unterkonstruktionsplatte, der inneren Leichtbauwände der Wohnboxen als aussteifende Diagonalplatte und in der Nordfassade als aussteifende Diagonalplatte und Luftdichtigkeitsschicht eingesetzt.

Schwerpunkt der HDU sind die leimfreien Vollholzelemente im Bereich des Bodenaufbaus sowie vor allem die vorproduzierbaren Wand- und Deckenelemente der Modulboxen für die Wohnungen und das Technikmodul im Erdgeschoss.

Durch das zimmermannsmäßige Funktionsprinzip „Verkämmen“ (Gratleiste mit Kanten in Schwalbenschwanzform) und die altbewährte Technik des „Verstrelens“ werden diese Module gänzlich ohne Leim- und Metallverbindungen hergestellt. Genau bemessene Freiräume für jeden Balken vermeiden Maßveränderungen bei Feuchtigkeit und erwirken mit punktgenauen CNC-Fräsungen für Installationen eine dauerhafte Luftdichtheit der Wand- und Deckenelemente. In Kombination mit nur einem weiteren Baustoff – im Fall des Team MIMO einer verschraubten 160 mm Wärmedämmung aus Kork (Bauteil-U-Wert 0,208 W/m²K) – kann ein vollständiger und homogener Wandaufbau aus nur zwei Lagen erstellt werden, die beide witterungsbeständig, sortenrein trennbar und vollkommen recyclebar bzw. kompostierbar

sind. Folien, Oberflächenbeschichtungen und Klebstoffe entfallen, während ein umfassender Schutz vor Hitze, Kälte, Feuer, Schall und schädlichen Umwelteinflüssen gegeben ist. Zusätzlich bieten die in den Wohnmodulen unverkleideten massiven Wand- und Deckenelemente eine hochwertige Sichtoptik und eine hohe thermische Speicherkapazität (Rohdichte 455 kg/m³), welche sich auf das sommerliche Raumklima positiv auswirkt. Durch die Ausführung als mehrlagig stehender Block erreichen die Wandelemente eine hohe Tragfähigkeit, wodurch die Mehrgeschossigkeit ermöglicht wird. Auf Basis eines BIM-fähigen 3D-Modells bzw. IFC-Austausch wurden alle Anforderungen an die Vollholzelemente und passgenau abgestimmten Gratleisten an eine CNC-Fräse übergeben und mit sehr hoher Präzision und dadurch wenig Materialverlust im Werk auf Maß gefertigt.

Die Kombination aus Vollholzelementen in Decke, Boden und Wand sowie den erwähnten Leichtbauwänden mit aussteifend wirkenden Diagonalplatten führt erstmals zu vollständig leimfreien vorfabrizierten Wohnmodulen. Team MIMO bringt diese als Innovation aber auch als maßgeblichen Baustein der DesignChallenge sowie als allgemeines Entwurfskonzept ein.

Schaut man sich auf dem Markt nach ökologischen und nachhaltigen Baumaterialien um, wird oft nach intensiven Recherchen deutlich, dass viele Unternehmen mit sogenannten Green-Washing Methoden arbeiten. Um diese Fallen zu umgehen hat sich ein Team gebildet, das die Potentiale verschiedener Materialien untersucht. Jedes einzelne für uns interessante Produkt wurde bezüglich Herstellung, Verwendbarkeit, Recycling-Fähigkeit und vielen weiteren Punkten beurteilt. Ein besonderer Fokus wurde auf den Verzicht von nicht löslichen Verbindungsmitteln gelegt. Die Sortenreinheit und somit eine Rezyklierbarkeit ohne Verluste ist eines der Schwerpunkte des Nachhaltigkeitsaspektes in unserem Projekt.

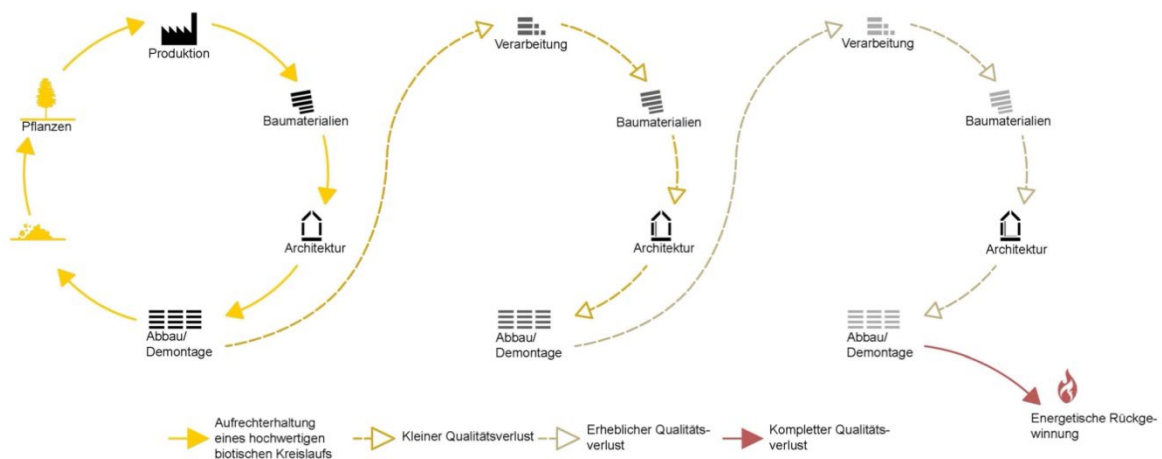


Abbildung 77: Schema Kreislaufwirtschaft, eigene Darstellung

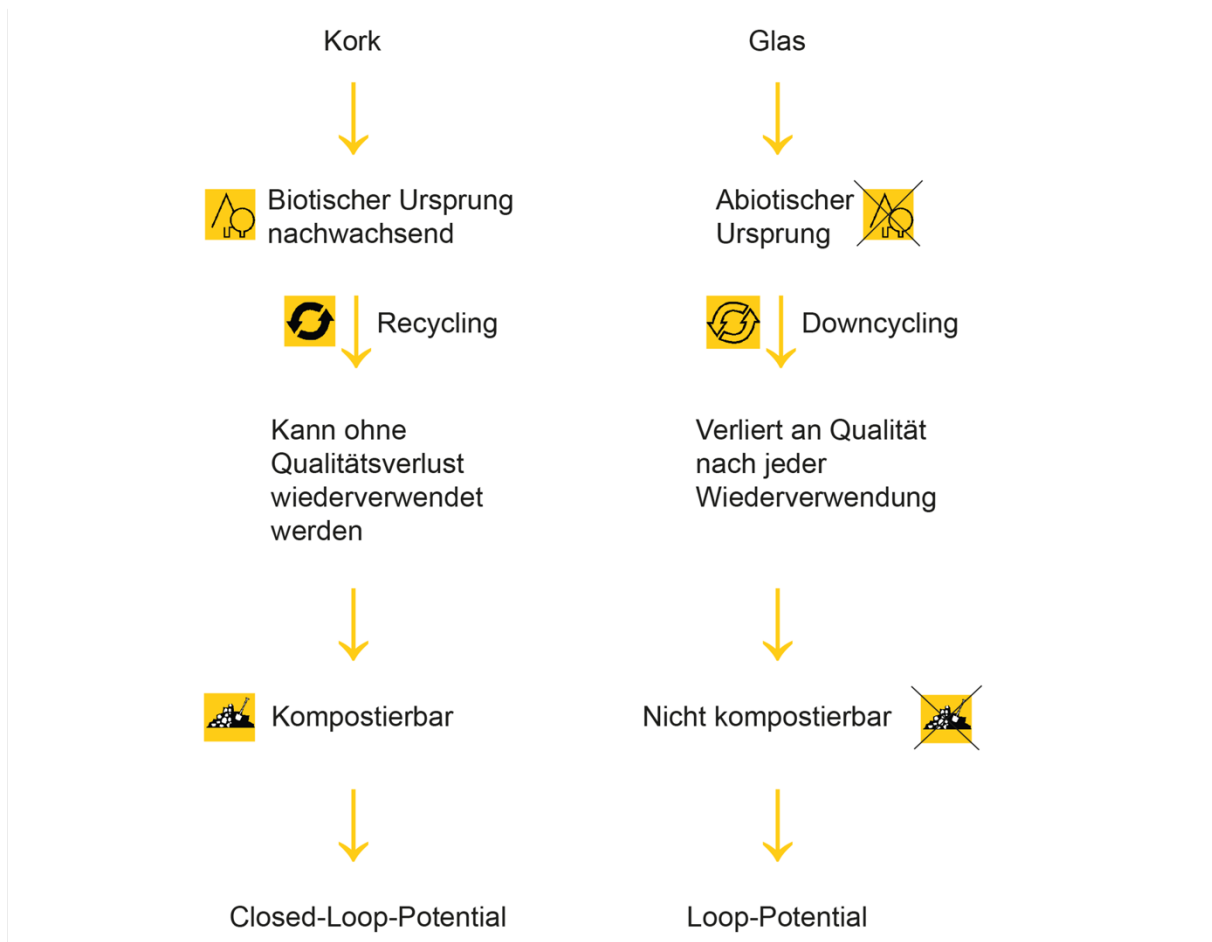


Abbildung 78: Loop-Potentiale, eigene Darstellung

Das Thema Kreislaufgerechtes Bauen hat durch die Verwendung von leimfreien und nicht verklebten Werkstoffen ein hohes Potential bei der Planung. Anders als beim Projekt des Karlsruher Institut für Technologie (KIT) wurden bei MIMO weniger Materialien verwendet, die bereits einen oder mehrere Lebenszyklen durchlebt haben. Die HDU des KIT hat das Prinzip des Urban-Mining bis zum Maximum ausgenutzt und gezeigt, dass auch mit Materialien aus Börsen, die zurückgebaute Gebäude aufnehmen und katalogisieren, ohne ästhetische Einbuße gebaut werden kann.



Abbildung 79: House Demonstration Unit des KIT, Wohnbereich, Foto: Zoey Braun

Langsam und viel zu spät wird der Baubranche bewusst, dass es eines radikalen Umbruchs bedarf. Die Stimmen nach einem Abrissmoratorium und somit dem Fördern von Sanierungen, Um- und Anbau statt des Abrisses und Neubaus werden immer lauter. Und auch in der Lehre an den Hochschulen, so auch an der Hochschule Düsseldorf, werden Lehrstühle neu benannt; Nachhaltigkeit, Kreislaufwirtschaft und Bauen im Bestand bekommen nun den Raum, den sie benötigen.

XI. Veröffentlichungen

Zur Erweiterung der Reichweite des Gesamtprojektes und seiner Themen Nachhaltigkeit, Kreislaufwirtschaft und einer regenerativen, energieeffizienten Energieerzeugung wurden über den Projektverlauf unterschiedlichste Veröffentlichungen erstellt. Als wichtigste Publikationen des Team MIMO sind [Musall 2021], [Musall 2022a], [Musall 2022b] und vor allem das gemeinsame Buch der sieben deutschen Teams mit dem Titel „Solares und kreislaufgerechtes Bauen: die deutschen Beiträge zum Solar Decathlon Europe 21/22“ [SDE21/22 2023] zu nennen, das als Gemeinschaftsprojekt unter Federführung der HSD (das Team MIMO hat die Organisation mit übernommen, das Layout entwickelt und den Druckprozess begleitet) realisiert wurde.

Darüber hinaus hat das Team MIMO eine breite Öffentlichkeit über eine Vielzahl an Veröffentlichungswegen wie Podcasts, Zeitschriften- und Zeitungsartikeln, Berichte von Sponsoren, Radio- und Fernsehbeiträgen bzw. -auftritten (bspw. WDR „Lokalzeit“, „WDR Aktuell“, ARD „Team Hirschhausen“ oder ZDF „Volle Kanne“), Vorträgen (u.a. im Zuge der Nacht der Wissenschaft in Düsseldorf, im Zuge der DEG Holzbautage 2023 oder des Innenarchitekt*innentags 2023) und vor allem Führungen in der HDU im und nach dem Wettbewerb erreicht (bspw. Öffnung der HDU im Zuge des Tags der Architektur). Mit Stand 30.06.2023 sind außerhalb des Wettbewerbs, bei dem ca. 115.000 Besucher gezählt wurden, ca. 2.000 weitere Besucher*innen durch die House Demonstration Unit des Team MIMO geführt worden. Alle Publikationen des Team MIMO sind der Publikationsliste im Anhang zu entnehmen.

Über eine Pressemappe, mittels der Projektinhalte und Wettbewerbsergebnisse sowie professionelle Fotos der HDU an die Partner und Sponsoren sowie Fachöffentlichkeit informiert wurde, sind weitere Publikationen Dritter in unterschiedlichen Medien initiiert worden. Die Anzahl kann nur grob auf eine mittlere zweistellige Anzahl geschätzt werden.

Zuletzt wurde der Bergische Universität Wuppertal (BUW) zugearbeitet, die eine Veröffentlichung des gesamten Wettbewerbs, über alle Teams und die Ergebnisse beinhaltet (siehe [Voss 2023a]).

XII. Literatur

- [Bigalke 2016] Bigalke, Uwe; Marcinek, Heike; Grafe, Michael; Großklos, Marc; Loga, Tobias; Born, Rolf (2016): Auswertung von Verbrauchskennwerten energieeffizienter Wohngebäude. Hg. v. Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena). Berlin, zuletzt geprüft am 22.02.2022.
- [BMWi 2015] BMWi, 2015. Energieeffizienzstrategie Gebäude – Wege zu einem nahezu klimaneutralen Gebäudebestand.
- [BMWi 2018] BMWi, 2018. 7. Energieforschungsprogramm – Innovationen für die Energiewende der Bundesregierung.
- [Braune 2021] Braune, Anne; Ekhvaia, Levan; Quante, Kathrin (2021): BENCHMARKS FÜR DIE TREIBHAUSGASEMISSIONEN DER GEBÄUDEKONSTRUKTION. Ergebnisse einer Studie mit 50 Gebäuden. Hg. v. Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen, DGNB. Stuttgart, zuletzt geprüft am 22.02.2022.
- [dena 2016] DEUTSCHE ENERGIE-AGENTUR GMBH (dena). 2016. dena-GEBÄUDEREPORT. Statistiken und Analysen zur Energieeffizienz im Gebäudebestand. 2016.
- [DESTATIS 2019] Statistisches Bundesamt (2019): Bauen und Wohnen Baugenehmigungen / Baufertigstellungen Baukosten. Lange Reihen z.T. ab 1962 - 2018. Hg. v. Statistisches Bundesamt. Berlin, zuletzt geprüft am 22.07.2019
- [DIN 18599 (2016)] Vornorm, 2016: Energetische Bewertung von Gebäuden – Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung - DIN V 18599-1:2016-10 DIN Deutsches Institut für Normung e.V. Beuth Verlag GmbH. Berlin, zuletzt geprüft am 27.11.2021.
- [eLCA 2021] Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung - Referat II 6 Bauen und Umwelt (2021): eLCA. Berlin: Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR). Online verfügbar unter www.bauteileeditor.de, zuletzt geprüft am 04.07.2021.
- [ETG 2015] ETG Taskforce Wärmemarkt (2015): Potenziale für Strom im Wärmemarkt bis 2050. Wärmeversorgung in flexiblen Energieversorgungssystemen mit hohen Anteilen an erneuerbaren Energien. VDE-Studie. Frankfurt am Main, last reviewed 15.10.2019.
- [European Commission 2019] European Commission. 2019. Energy performance of buildings. [Online] 26. August 2019. <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-efficiency/energy-performance-of-buildings/overview>.
- [Eurostat 2019] Eurostat Statistical Books. 2019. Energy, Transport and Environmental Statistics, 2019 Edition, p. 130.
- [Feist 2007] Feist, Wolfgang; Bott, Helmut (2007): Passivhaus Objektdokumentation. Reihenhaushaus mit vier Einheiten Kranichstein in Darmstadt. Hg. v. Passivhaus Institut. Darmstadt
- [GEG 2020] Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat (08.08.2020): Gesetz zur Einsparung von Energie und zur Nutzung erneuerbarer Energien zur Wärme- und Kälteerzeugung in Gebäuden. Gebäudeenergiegesetz - GEG, vom 01.11.2020.
- [Hottgenroth 2020] Hottgenroth Software GmbH & Co. KG.; ETU (2020): Hottgenroth Energieberater 18599 3D SQL. Köln: Hottgenroth Software GmbH & Co. KG.
- [IBP 2019] Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP (2019): Entwicklung Energiesparendes Bauen. Online verfügbar unter <https://www.ibp.fraunhofer.de/de/kompetenzen/energieeffizienz-und-raumklima/energiesparendes-bauen.html>, zuletzt aufgerufen 07.02.2020

[Icha 2021] Icha, Petra; Lauf, Thomas; Kuhs, Gunter (2021): Entwicklung der spezifischen Kohlendioxid - Emissionen des deutschen Strommix in den Jahren 1990 - 2020. Hg. v. Umweltbundesamt. Berlin.

[ISE 1997] Stahl, Wilhelm; Goetzberger, Adolf; Voss, Karsten (1997): Das Energieautarke Solarhaus. Mit der Sonne wohnen. 1. Aufl. Heidelberg: C.F. Müller.

[Joppien 2017] Joppien, Anett-Maud; Hegger, Manfred (Hg.) (2017): CUBITY. Energy-plus and modular future student living, Jovis Verlag. Berlin: Jovis.

[Koch 2019] Koch, Annekatri (2019): Effizienzhaus Plus im bewohnten Geschosswohnungsbau - ein Potenzial für den deutschen Gebäudebestand? Vergleichende ökologische und ökonomische Entwicklung von übertragbaren energetischen Szenarien für zwei reale, bewohnte Geschosswohnungsbauten aus den 1950er Jahren in Darmstadt. Dissertation. Technische Universität Darmstadt.

[Mahler 2019] Mahler, Boris; Idler, Simone; Nusser, Tobias; Gantner, Johannes (2019): Energieaufwand für Gebäudekonzepte im gesamten Lebenszyklus. Abschlussbericht. Hg. v. Umweltbundesamt, Steinbeis-Transferzentrum für Energie-, Gebäude- und Solartechnik. Dessau, zuletzt geprüft am 22.02.2022.

[Mitchell 2014] Mitchel, Joachim. 2014. Zitat aus: Building from Waste, Recovered Materials in Architecture and Construction. Hebel, Dirk E., Marta H. Wisniewska and Felix Heisel (eds.). Berlin, Germany and Basel, Switzerland, Birkhäuser.

[Musall 2016] Musall, Eike (2016): Klimaneutrale Gebäude - Internationale Konzepte, Umsetzungsstrategien und Bewertungsverfahren für Null- und Plusenergiegebäude. Dissertation. Bergische Universität Wuppertal.

[Musall 2021] Musall, Eike (2021): SOLAR DECATHLON EUROPE - TEAM MIMO DER HSD STELLT SICH DER AUFSTOCKUNG SAMT SANIERUNG DES CAFÉS ADA. In: Sonnenenergie 2021 (3), S. 31.

[Musall 2022a] Musall, Eike; Hering, Janine; Brockerhoff, Maximilian; Bauer, Jana; Rödder, Maximilian (2022): MIMO – MINIMAL IMPACT, MAXIMUM OUTPUT – Gestapelte Tiny Houses als urbane WG. In: Bauphysik 44 (3), S. 143 ff. Online verfügbar unter <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/bapi.202200014>.

[Musall 2022b] Musall, Eike; Mueller, Dennis; Rödder, Maximilian; Bauer, Jana; Brockerhoff, Maximilian; Hering, Janine (2022): Nachverdichtung mit Holzmodulen. SDE: Team MIMO bildet aus gestapelten Tiny Houses eine WG. In: tab - Das Fachmedium der TGA-Branche 53 (5), S. 46 f. Online verfügbar unter https://www.tab.de/artikel/tab_Nachverdichtung_mit_Holzmodulen_3758446.html, zuletzt geprüft am 07.09.2022.

[Ökobaudat 2022] Rienäcker, Sebastian (2022): Ökobaudat. Informationsportal Nachhaltiges Bauen. Hg. v. Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen (BMWSB). Berlin. Online verfügbar unter <https://www.oekobaudat.de/>, zuletzt aktualisiert am 11.03.2022, zuletzt geprüft am 11.03.2022.

[Rödder 2018] Rödder, Maximilian; Frank, Lena; Kirschner, Daniel; Neef, Matthias; Adam, Mario (2018): EnergiBUS4home – Sustainable energy resourcing in low-energy buildings. In: Energy 159, S. 638 ff.

[Rüth 2019] Rüth, Katharina (2019): Auch der Wohnungsbedarf in Wuppertal wächst. Hg. v. Solinger Tageblatt. Solingen. Online verfügbar unter <https://www.solinger-tageblatt.de/rhein-wupper/wuppertal-wohnungsbedarf-waechst-12199854.html>, zuletzt aufgerufen 04.10.2019

[SDE21/22 2023] Team Deutschland Solar Decathlon Europe 21/22; Team LOCAL+; Team X4S; Team MIMO; Team RoofKIT; Team Deeply High et al. (2023): Solares und kreislaufgerechtes Bauen: die deutschen Beiträge zum Solar Decathlon Europe 21/22. Karlsruhe: Karlsruher Institut für Technologie (KIT). Online verfügbar unter <https://publikationen.bibliothek.kit.edu/1000153927>, zuletzt geprüft am 26.06.2023.

[SMA 2023] SMA Solar Technology AG (2023): Sunny Design. Niestetal: SMA Solar Technology AG. Online verfügbar unter <https://www.sunnydesignweb.com>, zuletzt geprüft am 28.03.2023.

[Solar Decathlon 2011] Leitte, Sandra; Strobl, Cosima (Hg.) (2011): Solar Architektur hoch4. Die deutschen Beiträge zum Solar Decathlon Europe 2010. Unter Mitarbeit von Soara Bernard Bergische Universität Wuppertal, Fachbereich D - Architektur. 1. Aufl. München: Detail, Institut für internationale Architektur-Dokumentation.

[Suhr 2019] Suhr, Franziska (2019): Deutsche Großstädte können Wohnungsbedarf nicht decken. Online verfügbar unter <https://de.statista.com/infografik/18748/wohnungsmangel-in-deutschen-grossstaedten/>, zuletzt aufgerufen 31.01.202

[UBA 2019] Umweltbundesamt (UBA). 2019. [Online] 15. Oktober 2019. <https://www.umweltbundesamt.de/daten/private-haushalte-konsum/wohnen/wohnflaeche>.

[UMI 2022] Roosen, Anja (2022): Urban Mining Index. UMI. Wuppertal: Bergische Universität Wuppertal; Fakultät für Architektur und Bauingenieurwesen; Lehrstuhl Baukonstruktion, Entwurf, Materialkunde.

[van Staden 2019] van Staden, Ryan. 2019. [Online] 15. Oktober 2019. <https://www.klimafakten.de/sites/default/files/images/reports/printversion/klimawandelunddstaedte.pdf>.

[Voss 2011] Voss, Karsten; Musall, Eike (Hg.) (2011): Nullenergiegebäude. Internationale Projekte zum klimaneutralen Wohnen und Arbeiten. München: Detail, Institut für internationale Architektur-Dokumentation

[Voss 2023a] Voss, Karsten; Simon, Katharina (2023): Solar Decathlon Europe 21/22–competition source book. Wuppertal: Bergische Universität Wuppertal.

[Voss 2023b] Voss, Karsten; Kalpkirmaz Rizaoglu, Isil; Balcerzak, Andrea; Hansen, Heiko (2023): Solar energy engineering and solar system integration – The solar Decathlon Europe 21/22 student competition experiences. In: Energy and Buildings 285.

[Wille 2019] Wille, R. 2019. So funktioniert das 9,80-Euro-Gesetz. Spiegel Online. [Online] 22. Oktober 2019. <https://www.spiegel.de/wirtschaft/soziales/mietendeckel-in-berlin-so-funktioniert-das-9-80-euro-gesetz-a-1292609.html>.

[World Bank 2018] World Bank. 2018. Urbanisierungsgrad: Anteil der Stadtbewohner an der Gesamtbevölkerung in Deutschland in den Jahren von 2000 bis 2017 [Graph]. [Online] 19. September 2018. <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/662560/umfrage/urbanisierung-in-deutschland/>.

XIII. Anhang

Liste der beteiligten Studierenden – Studentische Leitung

- Jana Bauer
- Maximilian Brockerhoff
- Ina Ehrhardt
- Alban Fangmeier
- Liwia Gnoth
- Elias Hoffmann
- Patricia Keck
- Linus Knappe
- Nina Sohnemann

Liste der beteiligten Studierenden – Decathleten

- Gabriel Abu Rabia
- Max Bierbach
- Adina Branescu
- Lars Burmann
- Sonja Cieslinski
- Marcella Crespo
- Emma Damm
- Chiara Decher
- Suleima El Chafei
- Diana Espinosa Lozano
- Philipp Freitag
- Helena Fremerey
- Sophia Gerlach
- Tobias Graef
- Till Harder
- Christoph Hartner
- Janine Hering
- Mira Hill
- Lena Hille
- Georgina Hogrefe
- Jana Holländer
- Marco Ideus

- Fabian Kasperek
- Melis Kilic
- Tim Kouroudis
- Kim Krall
- Mario Lefering
- Maren Leyendecker
- Kathrin Lörpen
- Milena Marsicek
- Moritz Munkel
- Isabella Nieling
- Malcolm Osafo
- David Paul
- Patrick Rathjen
- Mareen Reinelt
- Anna Sigloch
- Vanessa Stratmann
- Isabell Szonn
- Florian Többen
- Lisa van Holt
- Naomi Wang
- Shiwen Sven Wang
- Andrea Weiner
- Luise Westphal
- Manuela Youssef
- Marvin Hillebrand
- Christin Obermauer
- Leonie Sarbo
- Hendrik Siems
- Cameron Juna Wiest
- Pia Duhme
- Klara Diedrichs
- Güliz Durgut
- Antonia Foest
- Danny Günther

- Vitalii Kens
- Michael Michel
- Lukas Scheurer
- Lem-Joe Truong

Weitere Projektbeteiligte

- M.A. Kader Arslan - Innenausbau
- Olaf Czosnowski - Innenausbau
- M.A. Ansgar Krajewski - Entwurf
- Georg Nöthe - Innenausbau
- Olaf Schlacht - Innenausbau
- Tobias Urton – Innenausbau

Publikationsliste

Medium	Typ	on- / offline	Datum	Ort	Ziel-gruppe	Kurz-Beschrieb	Link	
1	Tag der Architektur	Ausstellung/ Führung	vor Ort	17.06.2023	Wuppertal	Öffentlichkeit	Geführte Besichtigungstouren durch die HDU, initiiert über die Architektenkammer NRW	https://www.aknw.de/baukultur/tag-der-architektur-2023/details/objekt/wohnbau-fuer-den-solar-decathlon-europe-wettbewerb-2021-22-6104
2	DEG Holzbautage	Vortrag	Offline	01.06.2023	Hamm	Baubranche, Holzbau	Einstündiger Vortrag über Material, Fügung und Konstruktion im Holzbau der House Demonstration Unit sowie die ökologischen Aspekte.	
3	Innenarchitekt* innentag 2023	Vortrag	Offline	13.05.2023	Düsseldorf	Innenarchitekt*innen	Einstündiger Vortrag über Material und Innenraumgestaltung sowie die ökologischen Aspekte der House Demonstration Unit.	https://www.aknw.de/aktuelles/news/details/news/gruene-und-smarte-materialien
4	ZDF Volle Kanne	TV-Auftritt	Offline + Online	05.04.2023	ZDF-Studio	Öffentlichkeit	TV Bericht in der ZDF Sendung Volle Kann mit Live-Auftritt	https://www.zdf.de/gesellschaft/volle-kanne/volle-kanne---mit-meltem-kaptan-vom-5-april-2023-100.html
5	Solares und kreislaufgerechtes Bauen: die deutschen Beiträge zum Solar Decathlon Europe 21/22	Buch	Offline + Online	27.03.2023	Karlsruhe	Baubranche, Forschung	Buch über die sieben deutschen Teams im Wettbewerb, deren Konzepte und Erfahrungen	https://publikationen.bibliothek.kit.edu/1000153927
6	solar decathlon europe 21/22 – competition source book	Buch	Offline + Online	27.02.2023	Wuppertal	Baubranche, Forschung	Buch über den Wettbewerb, die Ergebnisse und die teilnehmenden Teams	https://sdeurope.uni-wuppertal.de/de/aktuelles/ansicht/solar-decathlon-europe-buch-zum-wettbewerb-ist-erschienen/
7	AIRE-MAG	Artikel	Online	10.01.2023	WWW	Baubranche, Immobilienwirtschaft	Fachartikel über die HDU des Team MIMO	https://www.aire-mag.com/de/artikel/solar-decathlon-europe-202122?fbclid=PAAaYbQJu4A4fVV6lWYKc-Aqc_sXl7cPcBCbn1EUJATxKQMjlrQWrTUI2jJ6c



Medium	Typ	on- / offline	Datum	Ort	Ziel-gruppe	Kurz-Beschrieb	Link	
8	Baunetz Wissen	Artikel	Online	03.01.2023	WWW	(Innen-) Architektur	Fachartikel über die HDU des Team MIMO	https://www.baunetzwissen.de/gebaeudetechnik/objekte/sonderbauten/projekt-mimoder-hochschule-duesseldorf-fuer-den-solar-decathlon-europe-8104375?wt_mc=nlbw.Gebaeudetechnik.2023-01.Objekte-Sonderbaute.n.cid-8104375&context=3201
9	ArchDaily	Artikel	Online	03.01.2023	WWW	(Innen-) Architektur	Fachartikel über die HDU des Team MIMO	https://www.archdaily.com/994578/sustainable-research-building-team-mimo-plus-university-of-applied-sciences-duesseldorf?utm_medium=email&utm_source=ArchDaily%20List&kth=2,590,531
10	Cube Magazin	Artikel	Online	02.01.2023	WWW	(Innen-) Architektur	Fachartikel über die HDU des Team MIMO	https://www.cubemagazin.de/magazin/duesseldorf/artikel/minimal-impact-maximum-output
11	Bauzentrum München	Vortrag	Online	21.11.2022	WWW	Baubranche, Politik	Vortrag über das Team beim Bauzentrum München	https://stadt.muenchen.de/infos/bauzentrum-muenchen
12	14. Effizienz Tagung Bauen+Modernisieren	Vortrag	Offline	11.11.2022	Hannover	Baubranche, Forschung	Vortrag auf 14. EffizienzTagung Bauen+Modernisieren	
13	Impuls-vortrag „Transformation im Living Lab Wuppertal“	Vortrag	Offline	10.11.2022	Wuppertal	Forschung	Impulsvortrag „Transformation im Living Lab Wuppertal“ am 10.11.22	
14	detail.de	Artikel	Online	09.11.2022	WWW	(Innen-) Architektur	Artikel "Plusenergiehaus MiMo in Wuppertal" auf Basis unserer Pressemeldung	https://www.detail.de/de_de/plusenergiehaus-mimo-in-wuppertal?mc_cid=e8fbc7bb&mc_eid=54f6ccfa65

Medium	Typ	on- / offline	Datum	Ort	Ziel-gruppe	Kurz-Beschrieb	Link	
15	Parlamentarisches Frühstück mit Abgeordneten des Landtags NRW	Vortrag	Offline	04.11.2022	Düsseldorf	Politik	Parlamentarisches Frühstück mit Abgeordneten des Landtags NRW am 4.11.2022	
16	md-mag	Artikel	Online	21.10.2022	WWW	(Innen-) Architektur	Artikel "Textile Lösungen" auf Basis unserer Pressemeldung	https://www.md-mag.com/produkte/decke-wand-boden/textilen/textile-loesungen-und-nachhaltiges-bauen/
17	Baubiologie Magazin	Artikel	Online	02.10.2022	WWW	Baubranche, Forschung	Artikel «MIMO – Versuchsgebäude der Hochschule Düsseldorf»	https://baubiologie-magazin.de/mimo-versuchsgebaeude-der-hochschule-duesseldorf/
18	Creation Baumann	Artikel	Online	01.10.2022	WWW	(Innen-) Architektur	Referenz mit unserem Projekt	https://www.creationbaumann.com/de/MIMO-House-Demonstration-Unit-HDU-Wuppertal-Deutschland-23582.html
19	21grad	Artikel	Online	27.09.2022	WWW	Forschung	Artikel «Visionen werden greifbar: Nachhaltiges Bauen und Wohnen in der Stadt» über unser Team MIMO	https://www.vaillant.de/21-grad/wissen-und-wert/visionen-werden-greifbar-nachhaltiges-bauen-und-wohnen-in-der-stadt/
20	Baunetz Campus	Artikel	Online	20.09.2022	WWW	Studierende, Architektur	Artikel «Minimal-Input, Maximal-Output: Energieeffizientes Wohnen im „MIMO“ Versuchsmodul»	https://www.baunetz-campus.de/news/minimal-input-maximal-output-energieeffizientes-wohnen-im-mimo-versuchsmo-dul-8034227
21	Nacht der Wissenschaften	Vortrag	Offline	09.09.2022	Düsseldorf	Öffentlichkeit	Vortrag auf der Nacht der Wissenschaften Düsseldorf am 9.9.2022	

Medium	Typ	on- / offline	Datum	Ort	Ziel-gruppe	Kurz-Beschrieb	Link	
22	ARD Team Hirsch-hausen! (9) Klimawandel	TV-Bericht	Offline + Online	04.08.2022	TV	Öffentlichkeit	TV Bericht in der ARD-Sendung Team Hirschhausen! (9) Klimawandel	https://www.ardmediathek.de/video/Y3JpZDovL2Rhc2Vyc3RlLmRlL3RIYW0taGlyc2NoaGF1c2VuL2YzMDlmMjYzLTA1OGQtNDI1Ny04MmRhLTg5OTIjOTZhNzY2Nw
23	Berührungspunkte	Video	Online	27.07.2022	WWW	Öffentlichkeit, Architektur	Video über unser Team MIMO	https://youtu.be/4r5KxWjq4IM
24	WDR Lokalzeit Bergisches Land	TV-Bericht	Offline + Online	23.06.2022	TV	Öffentlichkeit	TV Bericht im WDR über die Konzepte der Teams des SDE mit Fokus auf unser Team MIMO	https://www1.wdr.de/fernsehen/lokalzeit/bergischesland/videos/video-solar-decathlon-super-ideen-fuer-nachhaltiges-bauen-100.html
25	Bauphysik 44 (3)	Artikel	Offline + Online	02.06.2022		Baubranche, Forschung	Musall, Eike; Hering, Janine; Brockerhoff, Maximilian; Bauer, Jana; Rödder, Maximilian (2022): MIMO – MINIMAL IMPACT, MAXIMUM OUTPUT – Gestapelte Tiny Houses als urbane WG. In: Bauphysik 44 (3), S. 143 ff.	https://online.library.wiley.com/doi/10.1002/bapi.202200014
26	WDR Lokalzeit Bergisches Land	TV-Bericht	Offline + Online	31.05.2022	TV	Öffentlichkeit	TV Bericht im WDR «Endspurt» über den Baufortschritt beim SDE mit Fokus auf unser Team MIMO	https://www1.wdr.de/fernsehen/lokalzeit/bergischesland/videos/video-solar-decathlon-endspurt-100.html
27	WDR Lokalzeit Bergisches Land	TV-Bericht	Offline + Online	25.05.2022	TV	Öffentlichkeit	TV Bericht im WDR über den Baufortschritt beim SDE mit Fokus auf unser Team MIMO	https://www1.wdr.de/fernsehen/lokalzeit/bergischesland/videos/video-solar-decathlon-studentinnen-bauen-haeuser-der-zukunft-100.html
28	WDR Lokalzeit Bergisches Land	TV-Bericht	Offline + Online	20.05.2022	TV	Öffentlichkeit	TV Bericht im WDR über die Eröffnung der Bauphase des SDE mit Fokus auf unser Team MIMO	https://www1.wdr.de/mediathek/av/video-solar-decathlon-offizieller-spatenstich-100.html



Medium	Typ	on- / offline	Datum	Ort	Ziel-gruppe	Kurz-Beschrieb	Link	
29	WDR Lokalzeit Bergisches Land	TV-Bericht	Offline + Online	17.05.2022	TV	Öffentlichkeit	TV Bericht im WDR über unser Team MIMO, unsere Arbeiten in der Hochschulwerkstatt und unser Konzept.	https://www1.wdr.de/fernsehen/lokalzeit/bergischesland/videos/video-solar-decathlon-probeaufbau-in-duesseldorf-100.html
30	WDR Lokalzeit Bergisches Land	TV-Bericht	Offline + Online	16.05.2022	TV	Öffentlichkeit	TV Bericht «Letzte Vorbereitungen» im WDR über den SDE mit Fokus auf unser Team MIMO	https://www1.wdr.de/fernsehen/lokalzeit/bergischesland/videos/video-solar-decathlon-letzte-vorbereitungen-100.html
31	tab 05/2022	Artikel	Offline + Online	01.05.2022		Baubranche, Forschung	Nachverdichtung mit Holzmodulen. SDE: Team MIMO bildet aus gestapelten Tiny Houses eine WG. In: tab - Das Fachmedium der TGA-Branche 53 (5), S. 46 f.	https://www.tab.de/artikel/tab_Nachverdichtung_mit_Holzmodulen_3758446.html
32	FETZ – das Magazin der PBSA (Ausgabe 1, Sommer 2022)	Artikel	Offline	01.04.2022	Hochschulmagazin der PBSA	Studierende der HSD	Kurzmeldung über unsere Teilnahme am SDE21/22	
33	Berliner Informations- und Kompetenzzentrum für zukunftsorientiertes Bauen (IKzB); Solarzentrum Berlin.	Vortrag	Online	23.03.2022	WWW	Forschung	Vortrag über das Team MIMO	
34	Kooperationsplattform der Forschungsinitiative Energie-wende-bauen!	Artikel	Online	01.02.2022	Internet / Podcast	Forschung	Artikel über unser Konzept und den SDE21/22	https://ewb.innoecos.com/Group/03/EGB0031/Informationen/Start/Blog
35	Forschungsbericht 2021 der Hochschule Düsseldorf	Report	Offline & Online	01.01.2022	Scientific Publication	Forschung	Artikel über unser Team MIMO, das SDE und Living Lab	https://opus4.kobv.de/opus4-hs-duesseldorf/files/2902/HS_D_Forschungsreport_2020_Web.pdf
36	Auftritt im Podcast Geistig unbewaffnet	Podcast	Online	19.12.2021	Internet / Podcast	Öffentlichkeit	Thema Bauleistung für Laien vermittelt, im Format eines lockeren Gesprächs werden technische Inhalte vermittelt und erklärt.	https://geistigunbewaffnet.podbean.com/e/folge-69-mit-mimo/
37	In-LUST Newsletter	Newsletter	Online	23.11.2021	WWW	Forschung	Artikel über unser Team MIMO und den SDE21/22	

Medium	Typ	on- / offline	Datum	Ort	Ziel-gruppe	Kurz-Beschrieb	Link	
38	detail.de	Artikel	Online	18.11.2021	WWW	Architektur	Artikel über unser Team MIMO	https://www.detail.de/artikel/eine-zukunft-fuer-den-bestand-2-sanierungskonzept-mimo-der-hochschule-duesseldorf/
39	DAB - Deutsche Architektenzeitung	Artikel	Online	12.10.2021	WWW	Architektur	Artikel über den SDE21/22	https://www.dabonline.de/2021/10/12/solar-decathlon-2022-wuppertal-aufstockung-einfamilienhaus-nachhaltigkeit-bestand/
40	Bergzeit 14 (Winter 2021) - Bergische Universität Wuppertal	Artikel	Offline	11.10.2021	Digital Magazine	Studenten und Professoren der Uni Wuppertal	Artikel über den SDE21/22 mit Erwähnung des Team MIMO	
41	DAB - Deutsche Architektenzeitung Oktober 2021	Artikel	Offline	01.10.2021	Print Magazine	Architektur	Artikel über den SDE21/22	
42	Lange Nacht der Politik	Vortrag	Offline	01.10.2021	Konferenz in Düsseldorf	Öffentlichkeit, Politik	Konferenz für Nachhaltigkeit, Wirtschaft und Klimaschutz. Vortrag über Sanierung, den Solar Decathlon Europe 21/22 und das Team MIMO	
43	Haus& Grund	Artikel	Offline	01.09.2021	Print Magazine	Hauseigentümer in Wuppertal	Artikel und Titelseite in der Zeitschrift Haus&Grund Wuppertal	
44	Sonnen-energie	Artikel	Offline	01.09.2021	Diverse (Print)	Baubranche, Forschung	Präsentation Team MIMO und Konzept DC und HDU	
45	Auftritt im Podcast Geistig unbe-waffnet	Podcast	Online	29.08.2021	Internet / Podcast	Öffentlichkeit	Thema Gebäudeperformance für Laien vermittelt, im Format eines lockeren Gesprächs werden technische Inhalte vermittelt und erklärt.	https://geistigunbewaffnet.podbean.com/e/folge-58-nachhaltige-architektur-erneuerbare-energien-und-robert-pupstmit-prof-dr-eike-musall/
46	WDR Lokalzeit Düsseldorf	TV-Auftritt	Offline + Online	22.07.2021	WDR Studio	Öffentlichkeit	Experteninterview mit Eike Musall in der WDR Lokalzeit	
47	Forum Auf Holz Bauen	Vortrag	Online	15.07.2021	Digital Conference	Baubranche	Online-Konferenz zum nachhaltigen Bauen mit Holz. Vortrag von Dennis Mueller	
48	eon universal home Konferenz	Vortrag	Online	01.06.2021	Digital Conference	Baubranche, Forschung	Vortrag im Zuge der digitalen Konferenz zu Nachhaltigkeit, Wohnen & Energie. Vortrag über ökologisches und energieeffizientes Bauen im urbanen Kontext, bezogen auf die Arbeit des Teams MIMO.	

Medium	Typ	on- / offline	Datum	Ort	Ziel-gruppe	Kurz-Beschrieb	Link	
49	Magazin: Energy	Artikel	Offline	01.06.2021	Diverse (Print)	Energiebranche	Veröffentlichung über energiBUS im Energiemagazin	
50	Talk auf der 4. Student-ischen Energie-konferenz	Vortrag		18.05.2021	Digital Conference	Studierende	Präsentation des SDE21-Wettbewerbs, Projektvorstellung MIMO mit tech. Schwerpunkt	
51	Presse-spiegel der Hochschule Düsseldorf	Artikel	Offline	07.05.2021	Digital	Öffentlichkeit	Artikel über das Living Lab.NRW, den Solar Decathlon Europe 21/22 und unser Team MIMO	
52	West-deutsche Zeitung	Artikel	Offline	06.05.2021	Diverse (Print)	Öffentlichkeit	Living Lab.NRW Wuppertaler Forschungseinrichtung für nachhaltiges Wohnen und Bauen	
53	Wuppertaler Rundschau	Artikel	Offline	06.05.2021	Diverse (Print)	Öffentlichkeit	Living Lab.NRW Wuppertal Forschungseinrichtung für nachhaltiges Wohnen und Bauen	
54	Hochschul-bericht der Hochschule Düsseldorf	Artikel	Offline & Online	22.04.2021	Scientific Publication	Öffentlichkeit	Erwähnung unseres Teams MIMO und unserer Pläne für das Café Ada im Hochschulbericht unserer Hochschule	
55	Sonnen-energie 2021 (3)	Artikel	Offline	15.03.2021	Diverse	Energiebranche	SOLAR DECATHLON EUROPE - TEAM MIMO DER HSD STELLT SICH DER AUFSTOCKUNG SAMT SANIERUNG DES CAFÉS ADA	
56	WDR Lokalzeit Düsseldorf	TV-Auftritt	Offline + Online	24.02.2021	WDR Studio	Öffentlichkeit	Experteninterview mit Eike Musall in der WDR Lokalzeit	
57	Forschungs-bericht 2020 der Hochschule Düsseldorf	Report	Offline	01.01.2021		Forschung	MIMO auf der SDE21	https://opus4.kobv.de/opus4-hs-duesseldorf/files/2902/HS_D_Forschungsreport_20_Web.pdf
58	Newsletter des Open District Hub e.V.	Newsletter	Online	03.04.2020	Digital	Baubranche, Energiebranche, Forschung	Teilnahme des InLUST-Instituts am Solar Decathlon	
59	Innovation & Energie – Energie-Agentur. NRW	Artikel	Offline	13.03.2020	Diverse (Print)	Baubranche, Energiebranche, Forschung	Interview mit Dr. Lorberg zu SDE21 mit Vorstellung der beiden Teams aus NRW	
60	Forschungsprojekt im Leibniz-Informationszentrum für Naturwissenschaft und Technik Uni-Bibliothek	Online-Paper	Online	01.01.2020	Digital	Forschung	Veröffentlichung des Forschungsprojekts EnergiBus	https://www.tib.eu/en/search?tx_tibsearch_search%5Baction%5D=download&tx_tibsearch_search%5Bcontroller%5D=Download&tx_tibsearch_search%5Bdocid%5D=TIBKAT%3A1758072202&cHash=450ff27920771ee643fefdf1a8b0d21#download-mark

	Medium	Typ	on- / offline	Datum	Ort	Ziel-gruppe	Kurz-Beschrieb	Link
61	Zeitschrift KI	Artikel	Offline	01.01.2020	Print Magazine	Forschung	Artikel über energiBUS4home	
62	Deutsche ArchitektenZeitung	Artikel	Offline		Diverse (Print)	Architektur	Präsentation Team MIMO und Konzept DC und HDU	

XIV. Anlagen

1. Buch der sieben deutschen Teams als Resümee über den Projektverlauf (digital pdf)
2. Buch der Veranstalter als Resümee über den Wettbewerbsverlauf (digital pdf)
3. Project Manual #7 als Schlussabgabe gegenüber den Wettbewerbsveranstaltern (digital pdf)