



Bergische Universität Wuppertal

Fakultät für Architektur und Bauingenieurwesen

Lehrgebiet Bauphysik und Technische Gebäudeausrüstung

SOLAR DECATHLON

**DOKUMENTATION UND KRITISCHE REFLEXION AUS DEN
BLICKWINKELN VON ENERGIEPOLITIK, BAUPRAXIS UND
FORSCHUNG**

Dissertation zum Erreichen des akademischen Grades Dr. – Ing.
Vorgelegt von Susanne Hendel, M. Sc. Arch

Erstprüfer: Prof Dr. Karsten Voss
Zweitprüfer: Prof. Peter Russell
Drittprüfer: Prof. Dr. Jean-Philippe Bacher
Tag der mündlichen Prüfung: 20.12.2022

Meinem Vater Dietmar Kauert

Thesis zum Aufzeigen von Schnittstellen zwischen dem Solar Decathlon und Politik, Praxis und Forschung mit dem Ziel, einen stetigen Beitrag für zukünftig klimagerechtes Bauen durch den Einsatz der Solar-Decathlon-Ergebnisse zu erreichen.

KURZFASSUNG

Der Klimaschutz ist zu einer weltweit essenziellen Notwendigkeit geworden. Die dafür gesteckten europäischen und nationalen Umsetzungsstrategien unterscheiden sich erheblich. Ein wichtiger Anwendungsbereich betrifft den Gebäudesektor, da in Deutschland und Europa Gebäude ein Drittel des Bruttoenergieverbrauches ausmachen. Aufgrund des Klimaschutzes hat sich das Bauen bereits verändert und wird voraussichtlich weiter transformiert werden. Hierfür ist das Zusammenspiel aus Vorgaben von Seiten der Politik, effektiven Umsetzungsstrategien in der Praxis und Erkenntnissen zur Wirksamkeit und Optimierungen aus der Forschung entscheidend. Der Druck, schnell klimagerechter zu bauen und zu wohnen, ist hoch. Der Studierendenwettbewerb Solar Decathlon (SD) kann mit neuen Impulsen diese notwendigen Entwicklungen unterstützen.

Die vorliegende Arbeit hat zum Ziel, Schnittstellen zwischen dem SD und Politik, Forschung und Praxis aufzuzeigen und nachzuweisen, dass ein derartiger Dialog gewinnbringend für die Umsetzung der Klimaziele sein kann. Im Rahmen vergleichender Gegenüberstellungen wird untersucht, in welchem Maße Klimaziele in Deutschland bisher erreicht wurden, welche Wirksamkeit die dafür eingesetzten Maßnahmen hatten und inwieweit die innovativen Lösungen, die im SD präsentiert werden, die Entwicklungen in Politik und Praxis unterstützen können. Im Dialog von SD und Forschung wird hierfür untersucht, wie die SD-Ergebnisse gewinnbringend für die Gebäudeforschung eingesetzt werden können.

Eine Onlineumfrage unter Akteuren aus Politik, Praxis und Forschung soll zunächst mögliche Dialogwege sowie Interesse am SD und den SD-Ergebnissen aufzeigen.

Die Umfrageergebnisse lassen eine Relevanz des SD für Politik, Praxis und Forschung eher skeptisch erscheinen, haben aber ein grundsätzliches Interesse an den SD-Ergebnissen bestätigt.

In den Hauptkapiteln zum Dialog des SD mit Politik (I) und Praxis (II) konnte jeweils deutlich aufgezeigt werden, dass die bisherigen nationalen Maßnahmen in Deutschland nicht ausreichen, um den vereinbarten internationalen und europäischen Klimazielen gerecht zu werden. Im Rahmen des SD dagegen wird seit den ersten Wettbewerben dargestellt, wie klimagerechtes Bauen, Betreiben und Wohnen jetzt und in Zukunft funktionieren kann.

Im dritten Hauptkapitel (III) Forschungsdialog konnte herausgearbeitet werden, dass die weltweit einzigartig große Anzahl an innovativen, aber vergleichbaren SD-Häusern, die für jeden Wettbewerb gebaut werden, besonders interessant für die Gebäudeforschung sind.

Als Quintessenz lässt sich in allen drei Hauptkapiteln ein bisher zurückhaltender Austausch zwischen dem SD mit der Energiepolitik, der Baupraxis und der Forschung feststellen. Als eine Hauptursache für den mangelnden Austausch mit dem SD konnte die erschwerte Zugänglichkeit zu den Ergebnissen, Informationen und Erkenntnissen des SD identifiziert werden. Als Hauptproblem stellte sich eine aufgrund von Unvollständigkeit und Uneinheitlichkeit nur schwer verwertbare SD-Dokumentation heraus. Durch zukünftig konsequentere Aufbereitung der Ergebnisse in Forschungsprojekten und gesicherten Kommunikationsschnittstellen zu den Akteuren aus Politik und Praxis kann der Austausch mit dem SD gestärkt werden. Als ersten Teilschritt zu einer generellen Verbesserung wurde im Rahmen dieser Arbeit eine Online-Datenbank entwickelt, die die SD-Dokumentation zukünftig einheitlich, vollständig und frei zugänglich sichern soll. Die Datenbank, „Building Competition Knowledge Platform“ ist bereits im Einsatz und wird fortlaufend weiterentwickelt. Die Funktionen für einen aktiven Einsatz der Datenbank in Forschungs- und Bildungsprojekten sind hierbei bereits angelegt.

ABSTRACT

Climate protection is a global and essential goal. However, the national implementation goals and strategies differ. Climate protection can be pursued in various sectors. Buildings, which account for about one third of total gross energy consumption in Germany and Europe, are an important field of action. Building practice has already changed as a result of climate protection efforts, and this transformation is likely to continue. The interplay between policy requirements, effective implementation strategies in practice, and findings on effectiveness and optimization from research is crucial here. There is a high pressure on the national triad of research, policy and practice to quickly build and live in a more climate-friendly way. The student competition Solar Decathlon (SD) has the potential to set new impulses and to support the necessary developments. This thesis aims to show dialog interfaces by comparing the triad of politics, research and practice with the SD. It will be demonstrated that a dialogue between the SD and politics, research and practice can be profitable for the achievement of the climate goals. The comparisons focus on the respective goals, the measures used to achieve them and their effectiveness. In particular, they analyze how well the climate targets set have been achieved to date and what forecasts can be expected for future climate protection in the building sector. An online survey among stakeholders from politics, practice and research is also expected to reveal possible dialogues and an interest in the SD and SD results.

The survey results revealed skepticism about the relevance of the SD for policy, practice, and research, but also confirmed a basic interest in SD results. In each of the main chapters on the SD's dialogue with the policy and practice sectors, it could be clearly shown that the national measures taken so far in Germany are not sufficient to meet the international and European agreed climate targets. In the SD, on the other hand, it has been demonstrated since the first competitions how climate-friendly building, operating and living can work now and in the future. Moreover, each SD competition demonstrates an unmatched number of innovative but comparable homes worldwide. These features make the SD particularly interesting for building research projects. In the main chapter on research dialogue, it was possible to work out that consistent research into future-proof SD results, with assured communication of the findings to policy-makers, can make a significant contribution to climate protection in the building sector.

In all three main chapters, however, it was shown that despite the potential of the SD for climate protection in the building sector, there is hardly any dialogue in Europe and Germany. A lack of accessibility to SD results, information and findings emerged as the main cause. The main problem here was the SD documentation, which is difficult to use due to incompleteness and inconsistency. The lack of dialogues on the SD can be counteracted with future secured communication interfaces to the actors of the triad and a consistent processing of the results in research projects. As a first essential optimization, an online database was developed within the scope of this work, which should secure the SD documentation in a uniform, complete and freely accessible way in the future. The database, "Building Competition Knowledge Platform", is already in use and is being further developed on an ongoing basis. Active use of the database in research and education projects is already in place.

INHALTSVERZEICHNIS

KURZFASSUNG	6
Abstract	7
Inhaltsverzeichnis	8
1 Einleitung	10
2 Solar Decathlon Charakterisierung	14
2.1 <i>Charakterisierung solar decathlon</i>	14
2.1.1 Wettbewerb	14
2.1.2 Zielgruppen.....	16
2.1.3 Relevanz des SD.....	18
2.2 <i>Wettbewerbsvorgaben</i>	21
2.2.1 Rahmenvorgaben	22
2.2.2 Wettbewerbsdisziplinen.....	26
2.2.3 Wettbewerbsbewertungen	30
2.3 <i>Fazit der Wettbewerbsvorgaben zeigt sich an den Wettbewerbsresultaten</i>	41
2.4 <i>Fazit SD-Charakterisierung</i>	48
3 Thesen und Methoden	54
3.1 <i>HYPOTHESEN</i>	54
3.2 <i>Methoden</i>	54
3.2.1 Einleitung Methoden.....	54
3.2.2 Literaturrecherche/Dokumentationsauswertung	55
3.2.3 Rechnungen und Simulationen	56
3.2.4 Umfrage und Interview	56
4 SD im Politikdialog	84
4.1 <i>Einleitung</i>	84
4.2 <i>Klimapolitik</i>	84
4.2.1 Energieeffizienz von Gebäuden	86
4.2.2 Ausbau Erneuerbarer Energien	95
4.3 <i>Fazit SD im Politikdialog</i>	100
5 SD im Praxisdialog	104
5.1 <i>Einleitung</i>	104
5.2 <i>Charakterisierung der Baupraxis an ausgewählten Eckpunkten</i>	104
5.2.1 Was wird gebaut?.....	104
5.2.2 Wie wird gebaut?	108
5.2.3 Einsatz passiver Strategien	112
5.2.4 aktive Solarenergienutzung.....	122
5.2.5 Einsatz von Speichern.....	127
5.2.6 Kosten für Hausbau	131
5.3 <i>Fazit SD im Praxisdialog:</i>	135
6 SD im Forschungsdialog	138
6.1 <i>Einleitung</i>	138

6.2	<i>Forschung am SD heute</i>	138
6.3	<i>Optimierungspotenziale für einen Dialog zwischen SD und Forschung</i>	143
6.3.1	Themeneingrenzung: Forschung an Gebäuden.....	143
6.3.2	Arbeitsweisen in der Forschung und im SD.....	143
6.3.3	Forschung am Objekt – Case Study.....	145
6.3.4	Forschung ohne Objektzugang.....	150
6.4	<i>Fazit SD im Forschungsdialog</i>	151
7	Knowledge Platform	154
7.1	<i>Vorhandene Dokumentation (Team Abgaben)</i>	154
7.2	<i>Aufbereitung vorhandener Dokumentation in der Knowledge Platform</i>	156
7.2.1	Aufbau der KP.....	156
7.2.2	Fact Sheets.....	157
7.2.3	Tags.....	157
7.3	<i>Entwicklungspotenzial der SD-Dokumentation</i>	160
8	Schlussbetrachtungen	166
8.1	<i>Zusammenfassung</i>	166
8.2	<i>Erkenntniskatalog</i>	167
8.3	<i>Hauptkenntnisse</i>	168
8.4	<i>Ausblick</i>	171
8.5	<i>Fazit</i>	171
9	Anhang	175
9.1	<i>Disziplinen mit Unterkategorien</i>	177
9.2	<i>Nachnutzung der SD EU Häuser zwischen 2010 und 2014</i>	197
9.1	<i>Informationsübersicht SD EU 2010 bis 2019</i>	201
9.2	<i>Berechnung Einfluss des Klimas auf die Gebäudeperformance</i>	251
9.2.1	Beschreibung Beispielhaus für Simulation.....	252
9.2.2	Simulationsergebnisse Klimaeinflüsse verschiedener Standorte auf das Beispielgebäude.....	253
9.3	<i>Gebäudekatalog SD EU Häuser</i>	255
9.4	<i>Glossar</i>	261
9.5	<i>Literaturverzeichnis</i>	265

1 EINLEITUNG

Das Bundesverfassungsgericht hat kürzlich in einer viel beachteten Entscheidung festgestellt, dass der verfassungsrechtliche Klimaschutzauftrag des Staates und die Freiheitsgrundrechte der Bürger es fordern, das Ziel der Klimaneutralität wesentlich schneller zu erreichen, als es im bisherigen Klimaschutzgesetz vorgesehen war. Denn:

„... der objektivrechtliche Schutzauftrag des Art. 20a GG schließt die Notwendigkeit ein, mit den natürlichen Lebensgrundlagen so sorgsam umzugehen und sie der Nachwelt in solchem Zustand zu hinterlassen, dass nachfolgende Generationen diese nicht nur um den Preis radikaler eigener Enthaltensamkeit weiter bewahren könnten. Die Schonung künftiger Freiheit verlangt auch, den Übergang zu Klimaneutralität rechtzeitig einzuleiten. Konkret erfordert dies, dass frühzeitig transparente Maßgaben für die weitere Ausgestaltung der Treibhausgasreduktion formuliert werden...“

BVerfG, Beschluss des Ersten Senats vom 24. März 2021 - 1 BvR 2656/18-, vierter Leitsatz

In seinem Beschluss vom 24. März 2021 stärkt das Bundesverfassungsgericht den grundrechtlichen Anspruch des Einzelnen auf effektive Klimaschutzmaßnahmen des Staates. Dieser hat die Pflicht, Maßnahmen zum Erlangen einer Klimaneutralität frühzeitig und transparent zu formulieren. Der Beschluss bestätigt, dass die aktuellen nationalen Maßnahmen zum Klimaschutz nicht ausreichen und darüber hinaus die Notwendigkeit besteht, auch die Klimaschutzmaßnahmen ab 2030 zu konkretisieren. Als unmittelbare Reaktion auf den Beschluss und vor dem Hintergrund der verschärften europäischen Klimaziele hat die Bundesregierung bereits am 12. Mai 2021 den Entwurf eines novellierten Klimaschutzgesetzes vorgelegt. Mit dem Klimaschutzgesetz 2021 sollen die nationalen Klimasziele deutlich erhöht und die Treibhausgasneutralität bereits 2045 erreicht werden. (Bundesregierung Deutschland 2021)

Die notwendigen Maßnahmen für den Klimaschutz erstrecken sich über die Sektoren Industrie, Verkehr, Landwirtschaft, Energiewirtschaft und Gebäude (Hein, Agora Energiewende 2021, p. 6). Der Gebäudesektor ist hiervon der Hauptverursacher von Treibhausgasemissionen (Musall 2015, p. 2).

Für die hier vorliegende Arbeit ist es notwendig, das Themenfeld des Klimaschutzes sowohl regional als auch sektoral einzugrenzen. Deutsche Klimaschutzmaßnahmen für Wohngebäude sind hier

Untersuchungsgegenstand.

Die bisherigen nationalen Maßnahmen zum Klimaschutz zeigen eine verhaltene Wirksamkeit. Die Klimaziele bis 2020 konnten nur aufgrund der Auswirkungen der Corona-Pandemie knapp erreicht werden (Hein, Agora Energiewende 2021). Zum Erreichen der schärferen Klimaziele bis 2030 und darüber hinaus für die Ziele bis 2050 sind effektivere Maßnahmen notwendig. Die Maßnahmen zum Klimaschutz haben das Bauen und Wohnen in Deutschland bereits verändert. Die Baukultur wird sich jedoch weiter transformieren müssen, um den strengeren Klimaschutzaufgaben in Zukunft gerecht zu werden. Aufgrund der Aktualität und der Notwendigkeit neuer Erkenntnisse, Technologien und Maßnahmen ist der Klimaschutz in Gebäuden bereits seit Jahren ein wichtiges Forschungsfeld. Dass Forschung eine wichtige Grundlage für Politische Entscheidungen ist, wurde insbesondere für Klimaschutzziele und deren Umsetzung im Pariser Klimaabkommen festgesetzt (COP21 2015, para. 10 Abs. 5). Aber nicht erst seit dem Pariser Abkommen ist die Forschung für Klimaschutz an Gebäuden ein aktuelles Thema in der Wissenschaft. Als Beispiele können hier zwei Dissertationen erwähnt werden, die beide die Notwendigkeit der Energieverbrauchssenkung und Nutzung erneuerbarer Energien als Ausgangspunkt haben. Die Arbeit „Experimentelle und theoretische Analyse des thermischen Gebäudeverhaltens für das energieautarke Solarhaus Freiburg“ ist von 1996 (Voss 1996). Die zweite Arbeit mit dem Thema „Klimaneutrale Gebäude“ ist von 2015 (Musall 2015). Zwischen der ersten und der hier vorliegenden Arbeit liegen insgesamt 25 Jahre. Die Ausgangsthese der beiden Arbeiten ist bis heute unverändert aktuell: Es besteht nach wie vor eine dringende Notwendigkeit für mehr Klimaschutzmaßnahmen im Gebäudesektor und ein großes Bedürfnis, praktische Umsetzungen auf ihre Wirksamkeit zu untersuchen. Die Untersuchungsgegenstände der beiden Arbeiten unterscheiden sich allerdings und zeigen damit den Rahmen der Forschungsmöglichkeiten auf. Im ersten Beispiel wurde das erste energieautarke Solarhaus Deutschlands als Wohnhaus betrieben und untersucht (Voss 1996, p. 39). Für die zweite Arbeit wurden mehrere Null- und Plusenergiegebäude ausgewertet (Musall 2015, p. 11). Die hier vorliegende Arbeit greift

den gezeigten Forschungsrahmen der beiden Dissertation von Voss und Musall auf, beschäftigt sich allerdings mit einem grundlegenden anderen Untersuchungsgegenstand. Im Gegensatz zu den beiden früheren Dissertationen wird hier nicht die Performance und Umsetzung von Wohnhäusern im normalen Praxistest untersucht. Untersuchungsgegenstand der vorliegenden Arbeit sind der Wettbewerb Solar Decathlon (SD) und die hierfür gebauten, betriebenen und untersuchten solaren Wohnhäuser. Der SD ist ein internationaler Hochschulwettbewerb, in dem Teams solare Wohnhäuser planen, auf einem gemeinsamen Eventgelände bauen und betreiben. Im Wettbewerb werden unter extremen Bedingungen experimentelle Konzepte für die Vereinbarkeit von Wohnen, Komfort und Klimaschutz getestet. Als Wettbewerb für Studierende und mit einem öffentlich zugänglichen Event am Ende der Wettbewerbszeit ist der SD eine einzigartige Bildungschance und Kommunikationsplattform für zukunftsorientiertes Bauen. Zwar wird der Wettbewerb von einigen auch dafür besonders kritisiert, dass er für den erzielten Nutzen regelmäßig zu viele Ressourcen verbraucht. Allerdings kann der SD einen nachhaltigen Mehrwert für weitere Zielgruppen generieren. Unter anderem vonseiten der deutschen Politik besteht ein wachsendes Interesse am SD. Denn neben der Investition in die Austragung des SD in Deutschland werden bereits seit 2015 Fördergelder in ein Forschungsprojekt zur Querschnittsauswertung der europäischen SD-Editionen (SD EU) investiert. Ziel dieses Forschungsprojektes ist es, den SD als Beitrag für die Umsetzung energiepolitischer Zielsetzungen zu nutzen (Voss, Karsten Prof. Dr.-Ing.; Hendel 2019, p. 4). Der hohe Innovationsgrad und die teilweise großen Unterschiede zwischen den einzelnen SD-Häusern zur Praxis lassen vermuten, dass sie den Entwicklungen des Wohnbaus in der Praxis voraus sind. Basierend auf der deutschen SD-Querschnittsanalysen (Förderdatenbank enArgus 2015), wird in der hier vorliegenden Arbeit untersucht, ob sich die einzigartigen Qualitäten des SD gewinnbringend für die Problemstellung der Klimaschutzumsetzung im Wohnungsbau einsetzen lassen. Hierfür ist eine detaillierte Befassung mit den Klimaschutzbestrebungen im Wohnungsbau und eine Analyse des SD notwendig. Aufgrund der Aktualität und konstanten Notwendigkeit ist der Klimaschutz an Wohngebäuden ein bereits umfangreich untersuchtes Thema. Auf zahlreiche Studien kann im Zuge dieser Arbeit entsprechend zurückgegriffen werden. Der SD hingegen ist ein bislang nur wenig beforschtes Feld. Querschnittsanalysen und Auswertungen, die mehrere SD-Häuser oder Wettbewerbe umfassen, gibt es nur wenige. Eine Untersuchung der Verwendbarkeit der SD-Ergebnisse über den Wettbewerbsrahmen hinaus, wurde bisher noch nicht durchgeführt.

Das Forschungsziel dieser Arbeit ist es, den Nutzen des SD für deutsche Klimaschutzbestrebungen herauszuarbeiten. Hierfür sollen die Wirkungsweisen von Regelungsmechanismen der Klimapolitik und Umsetzungen der Baupraxis mit den Regeln und Häusern des SD-Wettbewerbs verglichen werden. Die Forschung ist ein wichtiges Bindeglied zwischen Praxis, Politik und den dort notwendigen Entwicklungen. Deshalb soll in dieser Arbeit die Gebäudeforschung mit bereits durchgeführten und zukünftig möglichen Forschungen am SD verglichen werden. Aus den Erkenntnissen der Vergleiche von Politik, Praxis und Forschung mit dem SD soll ein Handlungskatalog für die erweiterte Nutzung des SD erstellt werden. Zudem sollen mögliche Entwicklungen und Optimierungen des SD für eine zukünftig umfassendere Nutzung für die Belange von Politik, Praxis und Forschung herausgearbeitet werden. Neben einer umfassenden Aufbereitung und Analyse der verfügbaren SD-Dokumentationen vergangener und laufender SD-EU-Wettbewerbe basiert diese Arbeit vor allem auf Literaturstudien zu den aktuellen klimapolitischen Bestrebungen und entsprechenden praktischen Umsetzungen. Ergänzt werden diese Analysen und Recherchen durch die Ergebnisse von Umfragen unter SD-Teilnehmern und Onlineumfragen, so wie durch einzelne beispielhafte Vergleichsrechnungen und Simulationen.

Die Vergleiche werden für die Themenfelder Politik, Praxis und Forschung in jeweils einem eigenen Hauptkapitel behandelt. Aufgrund der Anknüpfung an der vorangegangenen Forschungsarbeit (Voss, Karsten Prof. Dr.-Ing.; Hendel 2019) und des Umfangs der SD-Dokumentation liegt der Fokus der Betrachtungen auf dem SD EU und den deutschen Klimaschutzbestrebungen im Wohnungsbau. Zur Erleichterung der Einordnung der Untersuchungsergebnisse dieses Hauptteils werden die besonderen Eigenschaften des SD und die Einzigartigkeit der durch den Wettbewerb generierten Daten zunächst in einem vorgelagerten Kapitel erläutert.

Kapitel 2 Solar Decathlon Charakterisierung

Der Solar Decathlon ist ein internationaler Wettbewerb, in dem Studierende solarbetriebene Häuser planen, bauen und betreiben. Aufgrund des einzigartigen Wettbewerbskonzeptes liefert der Solar Decathlon eine Vielzahl an innovativen Häusern, die ihm eine Relevanz auch außerhalb des Wettbewerbsrahmen geben.

2 SOLAR DECATHLON CHARAKTERISIERUNG

2.1 CHARAKTERISIERUNG SOLAR DECATHLON

2.1.1 WETTBEWERB

Der SD ist ein internationaler Wettbewerb, in dem Hochschulteams solarbetriebene Wohnhäuser planen, bauen und betreiben. Bereits 2002 wurde der SD das erste Mal ausgetragen. Jeder Wettbewerb endet mit einem etwa zwei bis drei wöchigen Event, bei dem alle teilnehmenden Teams ihr Haus auf einem gemeinsamen Eventgelände präsentieren. Das Event ist kostenlos und frei zugänglich für die interessierte Öffentlichkeit. Der SD ist ein einzigartiger Wettbewerb für die Bauwelt. Nur im SD wird von den Teilnehmern verlangt, dass sie ihren Wettbewerbsbeitrag planen, bauen und betreiben. In anderen Fachbereichen finden sich allerdings ähnliche Wettbewerbskonzepte. Eine Übersicht über international bekannte Wettbewerbe, bei denen der Wettbewerbsgegenstand im Rahmen des Wettbewerbs getestet wird, findet sich in Tabelle 2.1.1-1.

Tabelle 2.1.1-1: Abgrenzung zu anderen Hochschulwettbewerben, die mehr als nur ein Design oder ein Konzept fordern. Dargestellt sind hier zehn Wettbewerbe, die den praktischen Test des Wettbewerbsbeitrages fordern. Die hier ausgewählten Wettbewerbe werden teilweise international und teilweise national ausgetragen. Außer dem SD haben alle anderen Wettbewerbe ein Fortbewegungsmittel als Wettbewerbsgegenstand. Die hier aufgelisteten Wettbewerbe wurden aufgrund ihres Bekanntheitsgrades ausgewählt.

Quelle: Siehe Tabelle

Wettbewerb	Gegenstand	Erstes Event	Initiator	Anzahl der Teilnehmer	Quelle
Solar Decathlon	Solarbetriebenes Haus	2002	DOE	10-22	https://www.solardecathlon.gov
ENEMANE ¹ HOUSE	Energieeffizientes Haus	2014	METI's Agency for Natural Resources and Energy Japan	5-10	https://www.enemanehouse.jp/
Solar World Challenge	Solarbetriebenes Auto	1987	Hans Tholstrup	bis 53 (2019)	https://www.worldsolarchallenge.org/
American Solar Challenge	Solarbetriebenes Auto	1990	GM's Sunraycer ²	23 (2021)	https://www.americansolarchallenge.org/
Global Student Entrepreneur	Studenten-unternehmen	1998	ST. Louis Uni		https://gsea.org/
Betonkanu Regatta	Betonboot	1986	Bundesverband der Deutschen Zementindustrie e.V.	20	https://www.beton.org/inspiration/betonkanu-regatta/
Aero Design	Ferngesteuertes Flugzeug		SAE		https://www.saeerodesign.com/
Solar Splash	Solarbetriebenes Boot	1994	Solar Splash Inc	10-20	https://solarsplash.com/

Ein internationales Beispiel für ein Wettbewerbskonzept aus einem anderen Fachbereich ist die Solar World Challenge (*Solar World Challenge* 2019). Hier planen und bauen studentische Teams ein solarbetriebenes Auto und fahren dieses im Wettbewerb durch die Wüste. Andere Wettbewerbe mit dem Konzept, den Wettbewerbsbeitrag im Rahmen des Wettbewerbs zu testen, haben gemeinsam, dass der Wettbewerbsgegenstand ein Fortbewegungsmittel ist, wie Fahrzeuge, Boote oder Fluggeräte. Diese Beiträge sind mobil und können weltweit zum Einsatzort gebracht werden. Für Immobilien ist der SD bis heute der

¹ " Das "Enemane House" ist ein Modellhaus der ZEH (Null- Energie Gebäude), das in Zusammenarbeit mit Universitäten und privaten Unternehmen fortschrittliche Technologien und neue Lebensweisen vorschlägt und tatsächlich ein Modellhaus baut, die Umwelt- und Energieleistung des Hauses misst und demonstriert und es ausstellt. Bisher haben wir das 1. Enemane House 2014 auf dem Tokyo Big Sight Shinonome Temporary Parking Lot im Januar 2014 und das 2. Enemane House 2015 in Yokohama Minatomirai im Oktober 2015 durchgeführt. Dieses Mal wird der Veranstaltungsort in den Bereich der zweiten Phase vor der Osaka Station und Umekita verlegt, und es wird das dritte Mal sein.“ Quelle: <https://www.enemanehouse.jp/>
² Gewinner der ersten Solar World Challenge 1987 in Australien

einzigste internationale Wettbewerb dieser Art. Vergleicht man den SD mit der Internationalen Bauausstellung³, zeigen sich signifikante Unterschiede, die die Relevanz des SD hervorheben. Die Bauausstellung findet alle 10 Jahre statt, wohingegen der SD mittlerweile jährlich ausgetragen wird. Im SD werden die präsentierten Häuser auf ihre Alltagstauglichkeit und Performance getestet. In der Bauausstellung liegt der Fokus hingegen auf städtebaulichen Aspekten und das einzelne Haus steht weniger detailliert im Vordergrund. Messungen wie beim SD werden während der Bauausstellung ebenfalls nicht durchgeführt. Allerdings hat die Bauausstellung den Vorteil, dass die gebauten Häuser über einen langen Zeitraum unter realen Bedingungen genutzt werden. Das Konzept des SD erwies sich bisher als erfolgreich. So konnte der SD-Wettbewerb bereits international ausgetragen werden (siehe folgend Entwicklung und Verbreitung).

Entwicklung und Verbreitung

Der SD hat sich seit dem ersten Wettbewerb weltweit verbreitet und wird international bisher in sechs⁴ Editionen ausgetragen.

Bis 2020 wurde der Wettbewerb bereits 22-mal weltweit durchgeführt. Seinen Ursprung hat der SD in den USA und wurde von 2002 bis einschließlich 2011 auf der National Mall in Washington D.C. ausgetragen. Begründet wurde der SD vom US Department of Energy (DoE) (US Department of Energy 2002a). Bereits 2007 wurde die erste Vereinbarung mit dem DoE für einen Wettbewerb außerhalb der Vereinigten Staaten unterzeichnet. Dieser erste Wettbewerb war der SD Europa (SD EU). Dieser fand 2010 in Madrid, Spanien statt (US Department of Energy). Dem SD EU folgten vier weitere internationale Editionen. Den SD gibt es heute in den Vereinigten Staaten von Amerika (SD US), Europa (SD EU), China (SD CN), Lateinamerika (SD LA), im Nahen Osten (SD ME) und in Afrika (SD AF). Zudem gibt es einen SD in Indien (SD IN). Dieser wird folgend in den Betrachtungen nicht weiter berücksichtigt Denn beim SD IN handelt es sich nur um einen Konzeptwettbewerb. Die Teams des SD IN bauen und betreiben keine Häuser (Indo-U.S. Science and Technology Forum 2018).

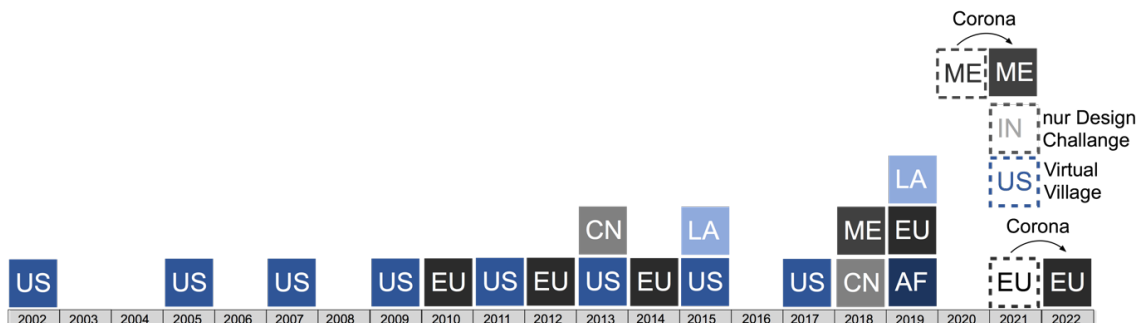


Abbildung 2.1.1-1: Zeitliche Entwicklung der SD-Wettbewerbe. Hier sind alle bekannten SD-Wettbewerbe aufgelistet, unterschieden nach ihrer Edition

US: SD US (Amerika), EU: SD EU (Europa), SD CN: China, LA: SD LA: Lateinamerika und Karibik, ME: SD ME: Naher Osten (Dubai), AF: SD AF: Afrika, IN: SD IN (Indien)

An diesem Zeitstrahl lässt sich deutlich die Anfangszeit des SD erkennen, in der zwischen zwei Events mindestens zwei Jahre lagen. Zwischen dem ersten und zweiten SD lagen sogar vier Jahre. Mit weiteren Editionen wurden die Abstände kürzer, sodass zwischen 2009 und 2015 in jedem Jahr mindestens ein Event und 2013 und 2015 sogar je zwei Events stattfanden. Nach einer Lücke in der Abfolge in 2016 und nur einem SD in 2017 fanden seit 2018 drei Events pro Jahr statt. Betrachtet man die Abfolge der SD-US-Events, so finden diese in der Regel alle zwei Jahre statt. Der SD CN wurde bisher nur zwei Mal ausgetragen. Die Editionen ME und AF wurden erstmalig 2018 und 2019 ausgetragen. Der SD LA befindet sich noch in der Anfangszeit, welche

³Die Internationale Bauausstellung findet seit 1901 etwa alle 10 Jahre statt. 2027 wird die nächste Ausstellung stattfinden. Die bekannteste Ausstellung dieser Reihe war die Bauausstellung 1927 in Stuttgart mit der Weißenhofsiedlung als Teil dieser Ausstellung. (Bundesinstitut für Bau- 2020)

⁴ Mit dem SD IN gibt es insgesamt sieben SD-Editionen. Aber nur in sechs Editionen wird von den Teams der Wettbewerbsbeitrag gebaut und betrieben.

ähnlich wie bei SD US eine größere Zeitspanne zwischen den Wettbewerben hat. Lediglich der SD EU zeigt um 2016 eine Abnormität in der Abfolge. Hier ist eine Lücke zwischen den sonst regelmäßig aufeinanderfolgenden Events. Diese Abweichung in der SD-EU-Reihenfolge lässt sich mit der Organisation des SD erklären. Im Gegensatz zum SD US, welcher von 2002 bis einschließlich 2015 von NREL (*NREL*) organisiert und veranstaltet wurde, gab es in der Organisation des SD EU mehrere Wechsel der Organisatoren. Der SD 2010 und 2012 wurde nach der Unterzeichnung des MoU⁵ (US Department of Energy [2007]) in Madrid veranstaltet. Für den SD EU 2014 wechselte der Hauptorganisator. In den Jahren zwischen 2014 und 2016 gab es mehrere Bestrebungen, eine neue Organisation zu gründen. 2017 organisierte die European Energy Endeavour Foundation den Call for Teams für den SD EU 2019. Die European Energy Endeavour Foundation betreut auch den SD EU 2021 und den SD EU 2023 (European Energy Endeavour Foundation 2020). Ähnlich wie das DoE in Amerika ist die EEF nicht Hauptorganisator eines SDs, sondern begleitet diesen und verwaltet die Rechte des SD. Die EEF hat 2016 ähnlich wie das DoE und NREL für den SD US 2013 (ORANGE COUNTY GREAT PARK 2012) eine Ausschreibung für die Bewerbung interessierter Austragungsstädte herausgegeben (European Energy Endeavour Foundation 2018). 2018 folgte der zweite europäische Call for Cities (European Energy Endeavour Foundation 2019). 2017 bekam Szentendre, Ungarn den Zuschlag für den SD EU 2019. 2019 erhielt Wuppertal, Deutschland den Zuschlag für den SD EU 2021. Der Austragungsort Bukarest für den SD EU 2023 wurde ebenfalls über eine Auslobung (Call for Cities) festgelegt. Auf so eine Auslobung können sich Organisationen bewerben, die einen geeigneten Eventstandort und die notwendigen Strukturen für die Organisation eines SDs haben. Zu diesen Strukturen gehören auch die notwendigen finanziellen Mittel. Beispielsweise hat sich für den SD EU 2021 die Universität Wuppertal, zusammen mit der Stadt Wuppertal, dem Wuppertal Institut und anderen Partnern auf die Auslobung beworben. Finanziert wurde der SD EU 2021 zu einem Hauptteil aus Fördergeldern des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi) (European Energy Endeavour Foundation, Bergische Universität Wuppertal 2020, p. 7). Wenn sich dieses europäische SD-Organisationskonzept der EEF zusammen mit den Austragungsstädten langfristig etablieren lässt, kann beim SD EU mit einer ähnlichen Kontinuität wie beim SD US gerechnet werden. In SD-Editionen ohne eine Organisationsstruktur wie der EEF wurden bisher nie mehr als zwei SD-Wettbewerbe ausgetragen (siehe Zeitstrahl Abbildung 2.1.1-1).

Aktuell abgeschlossen sind die Wettbewerbsphasen des SD EU 2021, SD ME 2021 und des SD US 2020. Das Wettbewerbsevent des SD US 2020 wurde coronabedingt zu einem virtuellen Dorf geändert. Die teilnehmenden Teams haben ihr Haus lokal am Hochschulstandort aufgebaut und online zu festgelegten Zeiten Touren durchgeführt. Ursprünglich war das Event für Sommer 2020 auf der National Mall in Washington geplant (US Department of Energy 2021a). Der SD ME 2021 war ursprünglich für 2020 geplant und wurde aufgrund von Corona auf 2021 verschoben.

Aufgrund der Corona-Pandemie wurde der SD EU 2021 erst im Sommer 2022 in Wuppertal ausgetragen. Der folgende SD EU sollte 2023 in Bukarest, Rumänien stattfinden. Allerdings wurde der SD EU 2023 abgesagt. Der nächste SD EU Wettbewerb soll planmäßig 2025 ausgetragen werden.

Der SD konnte sich international als Wettbewerb etablieren und wird in zunehmend mehr Editionen in deutlich kürzeren Abständen als in der Wettbewerbsanfangszeit ausgetragen. Demnach ist das Angebot für interessierte Teams an einem solchen Wettbewerb teilzunehmen seit der Gründung signifikant gewachsen. Die teilnehmenden Teams sind nicht die einzigen Zielgruppen des SD. Nachfolgend sollen Zielgruppen abseits der Teams und der interessierten Öffentlichkeit und, welchen Beitrag der SD für diese leistet, betrachtet werden.

2.1.2 ZIELGRUPPEN

Direkte Zielgruppen des SD sind Studierende und Lehrende an Hochschulen sowie die interessierte Öffentlichkeit. Beide Gruppen werden direkt angesprochen (US Department of Energy 2002b, sec. 1).

⁵ Memorandum of understanding: Vertrag zwischen den DoE (US Department of Energy, SD US Organisatoren, die Inhaber der Marke SD sind und der jeweiligen Organisation, Stadt oder Land die einen SD veranstalten wollen) (US Department of Energy)

Teilnehmer: Studierende, Hochschullehrende, Mitarbeiter

Studierende der Hochschulteams erhalten im SD eine einmalige Ausbildung. In der Regel müssen sie im Wettbewerbsprozess für ein SD-Haus Entwürfe entwickeln und optimieren. Dieser Prozess wird hier (BERGISCHE UNIVERSITÄT WUPPERTAL ET AL., 2011) beispielhaft für vier deutsche Teams beschrieben. Letztendlich muss das Geplante gebaut und möglichst effizient betrieben werden. In keinem anderen Wettbewerb im Bausektor werden Teams derart umfassend und komplex gefördert (*Solar Decathlon: Education* 2018). SD-Teilnehmer profitieren ebenso von der engen Zusammenarbeit mit Unternehmen wie von der notwendigen Eigenständigkeit. Nicht selten steigen SD-Alumni nach dem Wettbewerb in Unternehmen ein (Table ES1 Lockheed Martin Energy Solutions Group 2012, p. ES 1) oder gründen ihr eigenes Unternehmen, wie beispielsweise das Team aus Bukarest 2014 (*EFDEN*) oder das Schweizer Team des SD US 2017 (*ENOKI*). Von den einzigartigen Bildungsmöglichkeiten durch die Teilnahme am SD profitieren neben den Studierenden auch die Lehrenden. Hochschullehrende und Mitarbeiter sind ebenfalls Teil aller SD-Teams. Sie können den SD gezielt zur Vermittlung von Studieninhalten nutzen. Zum anderen können sie selbst praktische Erfahrungen sammeln, die so in einer akademischen Laufbahn nur schwer möglich sind. Insbesondere die detaillierten Einblicke in den Bauprozess und die Optimierung am Objekt können auch für diese Zielgruppe besondere Kenntnisse vermitteln. Neben dem Erfahrungsgewinn ermöglicht der SD Forschungsprojekte an und für das jeweilige SD-Haus. Welche Forschungsprojekte am SD möglich sind und in welchem Umfang diese Qualität des SD bereits genutzt wird, wird im Kapitel 6 „Forschungsdiallog“ weiter detailliert. Den Vorteilen für die Teams steht ein hoher Aufwand gegenüber. Die gesamte Wettbewerbsphase von der Teambewerbung bis zum Event dauert etwa zwei Jahre. Zudem ist jedes Team mit dem Risiko eines möglichen Misserfolges konfrontiert. Beispielsweise schieden im SD EU 2014 insgesamt 4 Teams vorzeitig aus (*SD EU 2014 - villa solar*). Im SD US 2015 konnte das Dura home (SD US 2015 DUR) (*SD US 15 Dura Home*) und im SD ME 2018 das Haus NYUAD (*SD ME 18 Nyuad*) (SD ME 2018 ABU) nicht bis zum Eventbeginn fertiggestellt werden. Dies führte zu erheblichen Punkteinbußen im Wettbewerb oder zur Disqualifikation. Der Druck auf die teilnehmenden Teams ist während der gesamten Wettbewerbszeit hoch. Die befragten Teams des SD US 2015 und des SD ME 2018 waren sich alle einig, dass der Belastung der Wettbewerbsphase eine lohnende und einzigartige Erfahrung gegenübersteht (siehe Kapitel 3.2.4.1 Interview).

Interessierte Öffentlichkeit

Der Ursprung des SD steht unter dem Motto, der interessierten Öffentlichkeit die Nutzung erneuerbarer Energien an Einfamilienhäusern nahezubringen.⁶ Jedes SD-Event ist kostenlos und frei für jeden zugänglich. Interessierte haben hier die Möglichkeit, innovative Bauweisen und Technologien live zu erleben und zu verstehen. Ebenso kann der Besuch eines SD-Events vermitteln, dass neue Ansätze auch für jeden umsetzbar sind. Denn im SD bauen und betreiben Studierende die Wettbewerbshäuser. Der Mehrwert für die Öffentlichkeit ist wahrscheinlich lokal begrenzt und misst sich an üblichen Anreisestrecken für Veranstaltungsbesucher der Austragungsregion.⁷

Begleitend zum eigentlichen Wettbewerbsgeschehen wird in die Kommunikation des Wettbewerbs, der Resultate und der Zielsetzung Klimaschutz im Bauwesen investiert. Somit werden Interessierte aus allen Bereichen erreicht, auch wenn diese kein SD-Event besuchen. Die Einzigartigkeit des SD für die Öffentlichkeit ist das Event und somit die Präsentation der Häuser in ihrer vollen Funktionsfähigkeit.

Das Interesse der teilnehmenden Teams und der interessierten Öffentlichkeit scheint nicht an Relevanz zu verlieren. Vielmehr wurde der Wettbewerb seit dem ersten SD weiter ausgebaut. Eine genauere Betrachtung der zeitlichen Entwicklung von veranstalteten SD-Wettbewerben soll nachfolgend Einblicke in die Relevanz und Wahrnehmung des SD geben.

⁶ „to educate the general public, how to use renewable energy in a single family home“ (Black 2010) (Aufklärung der Öffentlichkeit, wie man erneuerbare Energien in einem Einfamilienhaus nutzt).

⁷ VGL hierzu typische Anfahrtsdistanzen anderer Veranstaltungen. Zum Beispiel stammen bei der Langen Museumsnacht in Berlin und Schlössernacht in Potsdam etwa Dreiviertel der Besucher aus der näheren Umgebung (gleiches Stadtgebiet oder angrenzendes Stadtgebiet). (Hagedorn-saupe, Kleinke 2003, pp. 15, 44)

2.1.3 RELEVANZ DES SD

Interesse der Hauptzielgruppen:

Zwischen 2002 und 2020 haben insgesamt 329 internationale studentische Teams an einem SD teilgenommen. Etwa 5% der Teams haben wiederholt teilgenommen. Eine Besonderheit ist hier das Team der Virginia Tech Universität, welches mit seinem LumenHaus beim SD US 2009 den 2. Platz und mit eben diesem LumenHaus beim SD EU 2010 den ersten Platz belegt hat (*Lumen Haus Webpage*). Nur hier wurde ein Haus zweimal präsentiert. Das heißt, dass im SD insgesamt 328 Häuser präsentiert wurden. (siehe Tabelle 2.1.3-1)

Tabelle 2.1.3-1: Anzahl der am SD teilnehmenden Teams aufgelistet nach Wettbewerb und in zeitlicher Reihenfolge.
(US Department of Energy 2019)

US	EU	US	EU	US	CN	EU	US	LA	US	CN	ME	EU	AF	LA	EU			
02	05	07	09	10	11	12	13	13	14	15	15	17	18	18	19	19	19	21
14	18	20	20	17	19	18	19	22	20	16	16	11	22	15	10	20	15	17

Die Aufstellung der Anzahl teilnehmender Teams zeigt zunächst einen Anstieg und dann einen deutlichen Rückgang von 20 und sogar 22 Teams je Wettbewerb hin zu 10 Teams beim SD EU 2019. Allerdings finden in kürzeren Abständen mehr Wettbewerbe statt. So kann man sagen, dass zwischen 2002 und 2012 durchschnittlichen 13 Teams pro Jahr an einem SD teilgenommen haben und zwischen 2013 und 2021 waren es 23 Teams, was einer Steigerung der Teambeteiligung um 80% entspricht. Die Gesamtanzahl der teilnehmenden Teams deutet mit einer leichten Steigerung ein anhaltend großes Interesse am SD an. Wie oben beschrieben, adressiert der SD neben den teilnehmenden Teams auch die breite und interessierte Öffentlichkeit. Demnach soll auch das Interesse der Öffentlichkeit am SD hier betrachtet werden. Die Anzahl von Besuchern je Event und die Präsenz des SD in Nichtfachmedien sind Indizien für das öffentliche Interesse. Anhand von Besucherzahlen könnte sich der Erfolg des Wettbewerbs abschätzen lassen. Allerdings ist es schwer bis unmöglich die Besucher je Event zu zählen. Denn das SD-Event ist traditionell kostenfrei und frei zugänglich für Besucher. Eine konkrete Zählung von Besuchern, beispielsweise anhand verkaufter Eintrittskarten, war so nicht möglich. Konsequente Zählungen von Besuchern gibt es bisher nur für den SD EU 21/22. Hier gab es aufgrund der Coronabeschränkungen die Notwendigkeit die Besucher zu zählen. Einlass zum Eventgelände hatten während des SD EU 21/22 nur Besucher, die zuvor ein kostenloses Onlineticket gelöst hatten. Die Zählung der Onlinetickets hat ergeben, dass 115.000 Interessierte den SD EU 21/22 besucht haben. Für die anderen SD-Events können ausschließlich Momentaufnahmen während des Events und Erfahrungsberichte von Besuchern eine Idee davon vermitteln, wie stark ein Event besucht worden ist. Die folgenden Momentaufnahmen zeigen den jeweiligen Besucherandrang der verschiedenen SD-Events und decken sich mit Berichten von Eventbesuchern oder dem eigenen Eindruck der Verfasserin. Die Zählung von Besuchern zur Einschätzung des Eventerfolges und für die Auslegung zukünftiger Events ist sinnvoll. Für die Besucherzählung könnten auch zukünftig kostenfreie Onlinetickets verwendet werden oder eine App angeboten werden, die Informationen zum Event und Wettbewerb liefert. Momentaufnahmen der Wettbewerbstage zeigen deutliche Unterschiede im Besucherandrang. Hier werden Aufnahmen des SD US 2009, SD CN 2013, SD US 2015, SD EU 2010, SD EU 2014 und SD ME 2018 verglichen.



Foto 2.1.3-1: Foto vom Solardorf des US Solar Decathlon 2009. Hier zu sehen ist eine Momentaufnahme des Wettbewerbsevents auf der National Mall in Washington D.C. Quelle: NREL Fotoarchiv, Richard King



Foto 2.1.3-2: Momentaufnahme des Wettbewerbsevents des SD CN 2013. Quelle: Peter Russell



Foto 2.1.3-3: Momentaufnahme des Wettbewerbsevents des SD EU 2010. Quelle: LS BTGA Universität Wuppertal.



Foto 2.1.3-4: Momentaufnahme des Wettbewerbsevents des SD EU 2014. Quelle: SD EU 2014 Webpage



Foto 2.1.3-5: Momentaufnahme des Wettbewerbsevents des SD US 2015. Quelle: eigene Aufnahme



Foto 2.1.3-6: Momentaufnahme des Wettbewerbsevents des SD ME 2018. Quelle: eigene Aufnahme

Aufgrund der hier gezeigten Momentaufnahmen kann vermutet werden, dass das Interesse der Öffentlichkeit am SD in den letzten Jahren stark zurückgegangen ist. Tatsächlich lassen sich die Unterschiede zwischen dem SD US 2009, SD CN 2013 und den SD-EU-Wettbewerben und den Aufnahmen des SD ME und des SD US 2015 unter anderem mit der Lage des Events erklären. Der SD US 2009 wurde auf der zentral gelegenen National Mall in Washington ausgetragen. Der SD US 2015 fand hingegen auf einem eher abgelegenen Rollfeld eines stillgelegten Flughafens⁸ statt. Die Anreise mit dem Auto war zwar unkompliziert möglich, aber im Gegensatz zur National Mall sind Besucher nicht zufällig auf das Eventgelände gekommen. Noch deutlicher wurde dieser Effekt in Dubai 2018. Das Eventgelände befand sich circa eine Stunde Autofahrt außerhalb von Dubai. Zu dem ersten SD ME kamen nur Besucher, die ein konkretes Interesse am SD hatten und diesen somit gezielt besucht

⁸ Orange County Great Park. Der Park ist beliebtes Ausflugsziel und Veranstaltungsgelände. Aber im Gegensatz zur National Mall gibt es hier keine Passanten, die zufällig auf das SD Gelände kommen. Während der Wettbewerbszeit war der SD die einzige Großveranstaltung im Orange County Great Park.

haben. Dies hat sich deutlich in den Besucherzahlen bemerkbar gemacht und ist auf dem Foto 2.1.3-6 erkennbar. Eine Befragung der Teams des SD ME 2018 hat bestätigt, dass nahezu nur Fachpublikum die Häuser besucht hat. Eventbesuche der interessierten Öffentlichkeit gab es kaum (siehe Kapitel 3.2.4.1 Interview S. 54). Die Aufnahmen aus Madrid 2010 und Versailles 2014 zeigen einen Besucherandrang, der etwa zwischen dem auf der National Mall 2009 und Irvine 2015 liegt. Zeitlich gesehen fanden beide Wettbewerbe zwischen den hier gezeigten US-Wettbewerben statt. Aber hier gibt es Unterschiede in der Lage der Events, die Parallelen zu den hier ausgewählten amerikanischen Wettbewerben aufweist. Das Eventgelände des SD in Madrid 2010 lag am Manzanares (Fluss) unweit des Stadtzentrums. Besucher sind hier auch zufällig auf dem Weg zwischen Sehenswürdigkeiten auf das Eventgelände gekommen. Das Eventgelände des SD EU 2014 hingegen befand sich zwar am Schloss von Versailles, aber abseits der Besucherströme. Beim Vergleich der Bilder von Madrid 2010 und Versailles 2014 sind allerdings keine größeren Unterschiede im Besucherandrang zu erkennen. Besucher, die beide Wettbewerbe besucht haben, haben allerdings von deutlich weniger Besuchern 2014 als 2010 berichtet.⁹ Anhand der Beispiele US 2009 und 2015 und EU 2010 und 2014 lässt sich festhalten, dass die Lage des Eventgeländes einen wesentlichen Einfluss auf den Besucherandrang hat, ohne dabei das tatsächliche Interesse von Besuchern am Event zu werten.

Vergleicht man hier noch die Aufnahme des SD EU 2019 in Szentendre, zeigt sich wieder das Problem eines abgelegenen Eventgeländes. Zudem fand das Event 2019 auf dem Gelände des EMI-Forschungsinstitutes statt. Trotz freier Zugänglichkeit sorgten die Zugangskontrollen für Hemmungen, das Gelände zu betreten. Dies in Kombination mit einer nicht ausreichenden Beschilderung und der Abgelegenheit des Standortes resultierte ebenfalls in einer geringen Wahrnehmung durch die Öffentlichkeit.



Foto 2.1.3-7: Momentaufnahme des Wettbewerbsereignisses SD EU 2019 in Szentendre.
Quelle: eigene Aufnahme

Foto 2.1.3-8: Momentaufnahme des Wettbewerbsereignisses SD EU 2021/22 in Wuppertal.
Quelle: eigene Aufnahme

Die Momentaufnahmen des SD EU 21/22 decken sich mit den eigenen Erfahrungen vor Ort und den gezählten Besuchern und zeigen im Vergleich zu den Events SD ME 2018, SD US 2015 und SD EU 2019 eine deutlich höhere Besucherdichte. Das Event in Wuppertal fand auf einem gut erreichbaren und zentral gelegenen Standort statt.

Neben der Lage und Zugänglichkeit des Standortes sollten auch Faktoren, wie die lokale Bereitschaft der Öffentlichkeit, ein solches Event zu besuchen, berücksichtigt werden. Vergleicht man die Besucher des SD aus der Gruppe „interessierte Öffentlichkeit“ mit Besuchern von Museen, so stammt die Mehrheit aus der näheren Umgebung des Events (Hagedorn-saupe, Kleinke 2003). Anders ist dies beim Fachpublikum. Durch beispielsweise Workshops, wie dem „Simulation und Monitoring Workshop“ in Dubai kommen zusätzliche Besucher auf das Event, die für das Event und eine Workshop-Veranstaltung weitere Strecken anreisen (IEA EBC Annex 74 2018). Ebenfalls eine wesentliche Rolle spielt die Präsenz des SD in den lokalen Medien vor und während des Events. Denn im Gegensatz zum Fachpublikum bedarf es einer Informationsverteilung an die Öffentlichkeit über allgemeine und lokale Medien. Auswertungen bezüglich der Informationsverbreitung vor

⁹ Aus internen Projektdiskussionen mit SD Beteiligten während der Projektbearbeitung zu dieser Arbeit

und während der Events wurden für den SD EU 2014 beispielhaft aufbereitet. Hier konnten zwischen Oktober 2013 bis September 2014 62 Pressebesuche, welche in mehr als 20 Radiosendungen und über 200 Veröffentlichungen resultierten, gezählt werden (Solar Decathlon Versailles 2014a; 2014b).

Extrembeispiele für eine sehr hohe Besucherdichte sind die Wettbewerbe SD CN 2013 und SD CN 2018. Der reine Bildervergleich mit den Wettbewerben US und EU zeigt deutlich mehr Besucher auf dem Eventgelände. Auf Grundlage vorhandener Besucherzählungen und Momentaufnahmen kann das Interesse und dessen Entwicklung nicht abschließend geklärt werden. Es kann nicht allgemein davon ausgegangen werden, dass das Interesse am SD nachlässt und die Besucherzahlen je Event zurückgehen. Vielmehr zeigen sich im Vergleich lokale Unterschiede. Insbesondere die Lage des Eventgeländes hat einen großen Einfluss auf die Besucherzahlen. Daraus lässt sich nicht schließen, dass das Interesse der Öffentlichkeit am SD nur begrenzt ist. Diese Zielgruppe zeichnet sich durch ein nicht vorhandenes Fachwissen und somit auch fehlenden Zugang zu Fachinformationen, die über Events, wie den SD berichten, aus. Um die öffentliche Zielgruppe zum SD zu bringen, bedarf es allgemein zugänglicher Informationen und eines einfach zugänglichen Eventgeländes. Diese Schwierigkeit wurde im SD-Kontext erkannt. In den Call for Cities wurde verstärkt auf die Qualitäten des Eventgeländes geachtet. Beispielsweise liegt das Gelände des SD EU 2021 an einem viel befahrenen und zentrumsnahen Radweg (Solar Decathlon Europe 21 2021). Eine Analyse von Besucherzahlen des SD EU 2021 sollte zeigen, dass das Event deutlich stärker besucht wird, als es beispielsweise in Szentendre 2019 der Fall war. Hier hat der Standort das Potenzial, dass das Event selbst das Interesse der Öffentlichkeit wecken kann, allein aufgrund der Präsenz und Zugänglichkeit.

Unter Berücksichtigung der Bedeutung des Standortes können mit dem SD die beiden Hauptzielgruppen adressiert werden. Ein nachlassendes Interesse sowohl von teilnehmenden Teams als auch der Öffentlichkeit kann nicht nachgewiesen werden. Dem anhaltenden Interesse steht ein hoher Aufwand gegenüber. Neben dem Arbeitsaufwand der Teams und der Veranstalter muss auch der Material- und Energieaufwand berücksichtigt werden. Für den SD wurden nicht nur die bisher 328 präsentierten Häuser gebaut. Denn einige Teams haben bereits vor dem Event einen Prototypen gebaut und diesen am Heimatstandort belassen. Zudem muss der Eventstandort eingerichtet werden. Dies wirft die Frage auf ob der Aufwand insbesondere unter Nachhaltigkeitsgesichtspunkten gerechtfertigt ist. Eine Erweiterung des Nutzens des SD sollte angestrebt werden. Diese kann beispielsweise durch eine Ausweitung der Zielgruppen erreicht werden. Eine Erweiterung der Nutzung der Wettbewerbsresultate sollte ebenfalls angestrebt werden. Für die Erweiterung der Nutzungsmöglichkeiten der Wettbewerbsergebnisse sollen die Zielgruppen Teams und Öffentlichkeit, sowie auch mögliche weitere Zielgruppen berücksichtigt werden. Bei der Ausweitung des SD auf weitere Zielgruppen, dürfen die Zielgruppen „teilnehmende Teams“ und „Öffentlichkeit“ nicht vernachlässigt werden. Zudem sollte der einzigartige Charakter des SD erhalten bleiben. Einer Betrachtung möglicher weiterer Zielgruppen wird demnach eine detaillierte Charakterisierung des SD vorangestellt. Hier sollen essenzielle Eigenschaften des SD zusammengestellt werden, die bei Optimierungsvorschlägen für weitere Zielgruppen berücksichtigt werden sollten. Bei der nachfolgenden Charakterisierung des SD wird zwischen Wettbewerbsvorgaben und Wettbewerbsresultaten unterschieden.

2.2 WETTBEWERBSVORGABEN

Die Wettbewerbsvorgaben beeinflussen maßgeblich die Wettbewerbsergebnisse und legen den thematischen Schwerpunkt des jeweiligen Wettbewerbs fest. Zur Einordnung der Wettbewerbsergebnisse ist ein grundlegendes Verständnis über die Wettbewerbsvorgaben notwendig. Für jeden SD-Wettbewerb gibt es ein umfassendes Regelwerk. Hierin enthalten sind Regeln für den Ablauf und die Sicherheit des Events sowie die Dokumentation der Ergebnisse (Rahmenvorgaben). Außerdem sind die Beschreibungen der Wettbewerbsdisziplinen und die Punktevergaben geregelt. In diesem Kapitel sollen die Wettbewerbsregeln, aufgeteilt nach Rahmenvorgaben und Disziplinen, genauer betrachtet werden.

2.2.1 RAHMENVORGABEN

Der Aufbau und Inhalt der Regeln, die nicht zu den Disziplinen gehören, sind in allen SD-Wettbewerben sehr ähnlich. Die SD-Regeln lassen sich in 5 Blöcke plus die Disziplinen unterteilen. Block Eins beinhaltet allgemeine organisatorische Vorgabe, Block Zwei Vorgaben, die die SD-Häuser unmittelbar betreffen, Block Drei befasst sich mit der Durchführung von Event und Messungen, Block Vier mit der Dokumentation und den Abgaben und Block fünf beinhaltet Sicherheitsvorgaben. Für die Wettbewerbsergebnisse entscheidend sind die Regulierungen des Blocks Zwei und die der Disziplinen. Hier gibt es Gemeinsamkeiten und grundlegende Unterschiede (siehe Anhang S 173 - 191).

Gemeinsam haben die Regeln aller SD-Wettbewerbe, dass die Gebäudegrößen stark limitiert sind. Zudem müssen alle SD-Häuser in den sogenannten „Solar Envelope“ passen. Der Solar Envelope beschreibt eine einheitliche dreidimensionale Baugrenze für alle SD-Häuser eines Wettbewerbs. Diese Baugrenze hat die Form einer stumpfen Pyramide. Die Maße sind für alle Wettbewerbe, außer den SD CN, gleich (Tabelle 2.2.1-1). Der Solar Envelope war Teil jedes bisher ausgetragenen SD. Eine exemplarische Beschreibung findet sich im Regelsatz SD 2019 (European Energy Endeavour Foundation, EMI 2017, sec. Rule 5).

Tabelle 2.2.1-1: Von den SD-Regulierungen vorgegebene Maße der Baugrenze (Solar Envelope)

	SD US, EU, LA, ME, AF	SD CN 2013	SD CN 2018
Grundfläche	20 m x 20 m 18 m x 18 m (EU 21)	24 m x 24 m	25 m x 25 m
Deckfläche	10 m x 10 m	15 m x 15 m	15 m x 15 m
Höhe	7 m	6 m	8.4 m

Der Wettbewerb fordert von den teilnehmenden Studierenden bereits eine enorme Leistung, denn sie müssen ihr voll funktionsfähiges Haus in 10 bis 14 Tagen auf dem Veranstaltungsgelände bauen. Diese große Aufgabe, in der kurzen Zeit ein Haus zu bauen, erfordert solide Logistik- und Sicherheitsvorkehrungen. Ein wesentlicher Sicherheitsaspekt ist die maximale Höhe der SD-Häuser. Auch der gleichzeitige Bau von 15 bis 20 Häusern auf dem Veranstaltungsgelände benötigt Platz. Dieser Raum bleibt natürlich während der Veranstaltungszeit zwischen den Häusern (OPERATION AREA: (European Energy Endeavour Foundation, Bergische Universität Wuppertal 2020, p. 17)). Dieser Raum und eine definierte maximale Höhe (siehe Tabelle 2.2.1-1) der SD-Häuser führt dazu, dass keines der Häuser von der Umgebung verschattet wird. Dies wiederum ermöglicht eine vergleichbare und faire Wettbewerbsgestaltung, da alle Häuser eines SD-Wettbewerbs das gleiche Solarpotenzial haben.

Für die im Rahmen des SD definierte Nettogröße sind, vergleichbar mit dem „Solar Envelope“, zusätzliche Regeln getroffen (siehe Abbildung 2.2.1-1).

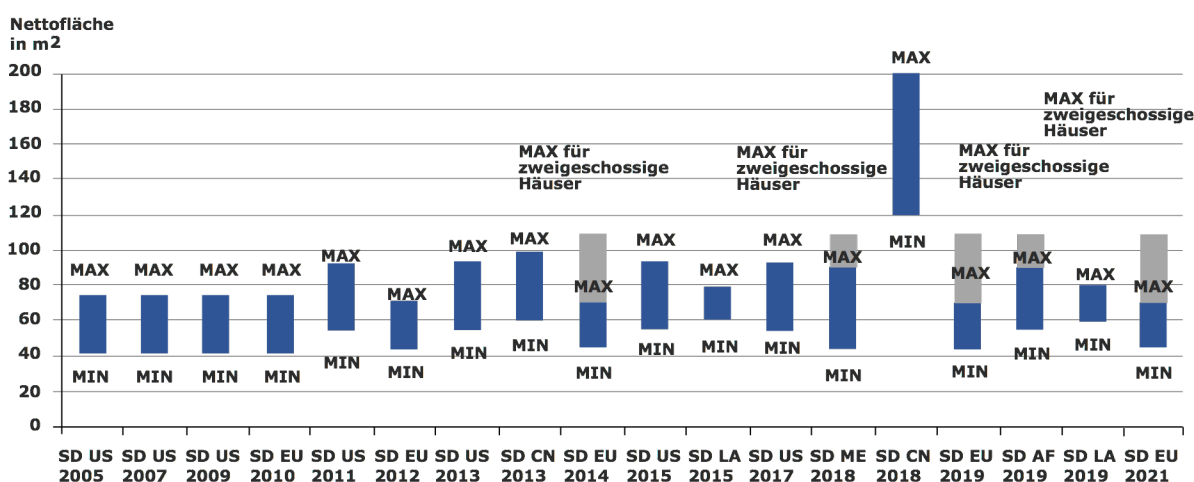


Abbildung 2.2.1-1: Vorgaben zur minimalen und maximalen Nettfläche der SD-Häuser gemäß dem 2. Block der SD-Regeln. Die Vorgaben zur zulässigen Nettfläche sind eine Gemeinsamkeit aller SD-Wettbewerbe. Quelle: „MEASURABLE AREA“ BSP (European Energy Endeavour Foundation, Bergische Universität Wuppertal 2020, p. 19)

Für die Begrenzung der Gebäudegrößen gibt es zwei Gründe. Zum einen müssen Häuser in die Baugrenze (siehe Solar Envelope Tabelle 2.2.1-1) passen. Zudem muss der Aufbau in der festgelegten Zeit durch die Hochschulteams umsetzbar sein. Einige Häuser wurden deshalb vor dem Wettbewerb am Heimatstandort der Teams vorgefertigt (bsp.: (Bergische Universität Wuppertal, Fachhochschule Rosenheim, Hochschule für Technik Stuttgart, Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin 2011, pp. 28, 63, 88,) (siehe Kapitel Praxisdialog 5.2.2 Wie wird gebaut). Entweder wurden die Häuser dort als Prototyp stehengelassen und auf dem Event neu erstellt oder am Heimatstandort abgebaut, zum Event transportiert und dort erneut aufgebaut. Umfragen der SD ME 2018 Teams haben ergeben, dass für den Transport eines SD-Hauses bis zu 20 Überseecontainer benötigt wurden (Teaminterview Aussage Team SD ME 2018 S. 52). Größere SD-Häuser als die beim SD ME 2018, die eine übliche SD-Größe zwischen 50m² und 110m² hatten, würden die logistischen Herausforderungen weiter erhöhen. Obwohl diese zusätzlichen Herausforderungen machbar wären, wie im SD CN 2018 demonstriert wurde. Die Häuser waren zwischen 120m² und 200m² (Abbildung 2.2.1-1) groß und die Aufbauphase dauerte 20 Tage (Eventschedule Manual, Hong, Junjie 2013, p. 31). Allerdings ist der SD CH 2018 auch eine Besonderheit unter den SD-Wettbewerben, denn die Häuser sind nach dem Wettbewerb auf dem Eventgelände verblieben (siehe Abbildung 2.2.1-2).



Abbildung 2.2.1-2: Google Earth Aufnahme von August 2021 des SD CN 2018 Eventgelände. Die SD CN 2018 Häuser stehen auch 2021 noch auf dem Gelände in Dezhou, China (37°25'00.8"N 116°25'26.0"E). Die Häuser sind hier blau markiert.

Quelle: Google Maps, Stand 12/2021

Bis auf die Ausnahme SD CN 2018 sind die SD-Häuser in ihrer Größe vergleichbar. Diese Vergleichbarkeit begünstigt eine Verwendung der Häuser, deren Technologien und deren Bauweisen für Querschnittsauswertungen.

Nutzer

Eine weitere Gemeinsamkeit ist der Nutzer. Alle SD-Häuser sollen die Funktion einer Wohneinheit für mindestens zwei Bewohner erfüllen (Bergische Universität Wuppertal, Fachhochschule Rosenheim, Hochschule für Technik Stuttgart, Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin 2011, p. 21). Trotz dieser Vorgaben haben einige Teams die Nutzungskonzepte ihrer Häuser anders interpretiert, wie beispielsweise das Gewinnerteam des SD US 2017. Das Schweizer Team hat mit seinem Projekt „Neighbourhub“ einen multifunktionalen Raum konzipiert, der zwar die Funktionen eines Einfamilienhauses gemäß Wettbewerbsvorgaben erfüllt, aber für weit mehr genutzt werden kann. Das Kernkonzept war, flexible Gemeinschaftsräume für eine Nachbarschaft anzubieten.

Trotz solcher Sonderkonzepte erfüllen alle SD-Häuser die Wettbewerbsvorgaben. Alle SD-Häuser sind zumindest für die Zeit des Wettbewerbsevents freistehende Wohneinheiten mit einer Bewohnerdichte von in der Regel zwei bis maximal vier Nutzern (Bergische Universität Wuppertal, Fachhochschule Rosenheim, Hochschule für Technik Stuttgart, Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin 2011, p. 21). Für die Zeit des Wettbewerbsevents liegen bisher die meisten Daten vor.

Energetischer Standard

Für die SD-Häuser gibt es keinen festgelegten energetischen Standard, der mit dem Standard der deutschen Energieeinsparverordnung oder des aktuellen Gebäudeenergiegesetzes vergleichbar ist. Allerdings ist festgelegt, dass alle Energie, die in den SD-Häusern verbraucht wird, auch am jeweiligen Haus wieder generiert werden muss. Diese Regel ist in Kraft seitdem es ein Stromnetz für das SD-Event gibt und alle SD-Häuser eines Events daran angeschlossen sind. Jedes Haus kann so Energie auch aus dem Netz beziehen. Grundsätzlich sollte jedes Haus eine ausgeglichene Energiebilanz anstreben (European Energy Endeavour Foundation, Bergische Universität Wuppertal 2020, p. 20). Im SD AF 2019 wurde erstmals wörtlich erwähnt, dass für die SD-Häuser ein Netto-Null-Standard angestrebt werden soll (Moroccan Research Institute for Solar Energy and New Energies (IRESEN), MOHAMMED VI POLYTECHNIC UNIVERSITY (UM6P) 2018, p. 1)

Solarenergienutzung

Eine essenzielle Gemeinsamkeit der SD-Häuser ist, dass alle SD-Häuser mit Solarenergie versorgt wurden. Für die Wettbewerbszeit sind Solarenergie und der Anschluss an des SD-Stromnetz die einzigen Energiequellen. Unterschiede zwischen den Wettbewerben ergeben sich hier aus Limitierungen und Regelungen zur Solarenergienutzung. Neben den Regulierungen zur Größe und Nutzung der Häuser gibt es technische Spezifizierungen. Beispielsweise wurde der Einsatz von Photovoltaikanlagen und Batteriespeichern limitiert. Zudem wurde der Anschluss der SD-Häuser an das Wettbewerbsstromnetz reguliert.

Tabelle 2.2.1-2: Regulierungen für den Einsatz von Photovoltaikanlagen an den SD-Häusern

	US								EU					CN		LA		ME	AF
	2002	2005	2007	2009	2011	2013	2015	2017	2010	2012	2014	2019	2021	2013	2018	2015	2019	2018	2019
PV-Regulierung																			
PV-Grenzwert [kW _p]								10	15	10	5	5	3					5	10
PV-Kostenbegrenzung [für Rohzellen ¹⁰]		5\$	5\$	5\$					6€	6€									
PV-Kostenbegrenzung [für Module]		10	10	10					12	12									
		\$	\$	\$					€	€									

¹⁰ In den SD-Regeln wird zwischen Zellen bzw. Rohzellen und Modulen unterschieden. Im Gegensatz zu den Zellen beinhalten die Module auch die Laminierung, Trägerplatten, Beschriftungen und Zuschnitte. (Solar Decathlon Europe 2012 2012, p. 38)

Die einzige Möglichkeit für die SD-Häuser, Energie zu erzeugen, ist die Nutzung von Solarenergie. Neben der eigenen Erzeugung kann temporär auch elektrische Energie über das Stromnetz des SD-Dorfes bezogen werden. Energiebezug aus dem Netz ist immer mit Punktabzügen verbunden. Die Einspeisung in das Stromnetz wird mit Punkten in der Energiedisziplin belohnt. Es sind keine anderen Anlagen zur Energieerzeugung und auch kein thermisches Netz vorgesehen (European Energy Endeavour Foundation, Bergische Universität Wuppertal 2020, p. 20). Die Nutzung von Solarstromanlagen ist durch die Regeln weiter limitiert (siehe Tabelle 2.2.1-2).

Im SD EU 2010 wurde erstmals die installierte PV-Leistung limitiert. Alle eingebauten PV-Anlagen durften demnach zusammen eine installierte Gesamtleistung von 15kW_p nicht überschreiten. In den folgenden EU-Wettbewerben wurde die Limitierung schrittweise weiter auf 5kW_p verschärft. Außerdem wurde eine Limitierung auch vom SD ME und vom SD AF übernommen. Hintergrund der Limitierungen waren vorangegangene Diskussionen und Kritik am SD, dass die kleinen SD-Häuser (siehe Vorgaben Größe, Abbildung 2.2.1-1) mit einer maximalen Nutzung ihrer unverschatteten Außenhülle (siehe Solar Envelope, Tabelle 2.1.1-1) für Solar mehr Energie erzeugen können als Bedarf besteht. Durch die Beschränkung der installierten PV-Leistungen sollten Konzepte für mehr Energieeffizienz der Gebäude gefördert werden (Rodriguez-Ubinas, Rodriguez, Voss, Todorovic 2014, p. 34). Auswertungen zur Auswirkung dieser Limitierung auf die Energieeffizienz und Konzepte der SD-Häuser finden sich im Kapitel 4 Politikdialog.

Batteriespeicher

Der Einsatz von Batterien weist deutliche Unterschiede im Vergleich zur Nutzung von Solarenergie auf. Im Gegensatz zu PV-Anlagen war der Einsatz von Batteriespeichern nicht in jedem SD erlaubt. In einigen Wettbewerben waren elektrische Speicher zwingend notwendig (Tabelle 2.2.1-3). Die Tabelle 2.2.1-3 zeigt die Unterschiede der Anwendung von Batteriespeichern auf. Ebenso sind Regulierungen der Batteriespeicher in der nachfolgenden Tabelle aufgelistet.

Tabelle 2.2.1-3 Übersicht über die Regulierungen für den Einsatz von Batteriespeichern in allen SD-Wettbewerben. Alle Angaben stammen aus den jeweiligen Regelwerken.

Batterie-regulierungen	US							EU					CN		LA		ME	AF	
	2002	2005	2007	2009	2011	2013	2015	2017	2010	2012	2014	2019	2021	2013	2018	2015	2019	2018	2019
Batterien erlaubt	x	x	x					x	x	x	x	x		x				x	x
Batterien notwendig	x	x	x																
Gebäudenetzanschlüsse				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Beschränkung der Anschlussleistung [kVA]									5	5	5								
Beschränkung der Leistung [kWh]										6	6	2,5							5

Bisher wurden sieben Wettbewerbe durchgeführt, bei denen die Verwendung von Batterien erlaubt war. Bei drei dieser Wettbewerbe waren Batterien aufgrund eines fehlenden Stromnetzes notwendig. In den ersten Wettbewerben US 2002 bis US 2007 gab es auf dem Eventgelände noch kein Stromnetz für das SD-Dorf (US Department of Energy 2007). Die Teams dieser Wettbewerbe mussten Batteriespeicher in ihren Häusern einsetzen, um alle Wettbewerbsaufgaben, zu denen auch ein Filmabend und ein Abendessen gehörte, bestreiten zu können. Mit der Einführung eines Stromnetzes wurde im SD US der Einsatz von Batterien verboten (US Department of Energy 2009). In bisher jedem SD EU, dem SD CN 2018, beiden SD ME und dem SD AF 2019 waren Batteriespeicher zugelassen, aber aufgrund eines vorhandenen Stromnetzes nicht mehr notwendig. Ähnlich wie bei dem Einsatz von PV-Anlagen wurde der Einsatz von Batteriespeichern limitiert, um die Notwendigkeit eines energieeffizienten Gebäudebetriebes zu erhöhen (Tabelle 2.2.1-3).

Ein weiterer Unterschied ist die Verbindung vom Wohnhaus mit Mobilität. Neben den fest verbauten Gebäudebatteriespeichern war in den Wettbewerben SD US 2002 bis 2007, SD US 2017 und SD ME 2018 die Verbindung von SD-Haus und Mobilität vorgesehen. Über das SD-Haus versorgte Elektrofahrzeuge mussten in den SD-US-Wettbewerben vorgegebene Strecken zurücklegen. In den Wettbewerben SD EU 2014 und 2021 wurden Punkte für alternative Mobilitätskonzepte vergeben (European Energy Endeavour Foundation, Bergische Universität Wuppertal 2020, p. 52). Durch die Kombination eines SD-Hauses mit einem Elektrofahrzeug, konnten die Fahrzeuge als zusätzliche Speicher verwendet werden. Somit konnten Lastspitzen aufgrund von gleichzeitiger Einspeisung mehrerer Häuser abgemindert werden. Die Versorgung eines Fahrzeuges stellt allerdings auch einen weiteren Verbraucher dar, der über die limitierten PV-Anlagen versorgt werden muss.

Passiver Gebäudebetrieb

Neben der Energieversorgung durch Solarenergienutzung und dem Einsatz aktiver Speicher zur Minimierung von Lastspitzen wurde im SD EU der Einsatz von passiven Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz thematisiert. Bereits seit 2012 wurde die passive Bewertungsperiode („passive period“) als Teil der Energieeffizienzdisziplin und als Teil des Wettbewerbsrahmens eingeführt. Im Wettbewerbsrahmen war festgeschrieben, dass während einer festgelegten Zeit in den Häusern keine aktiven Technologien betrieben werden durften. Im Rahmen des SD gelten alle Technologien, die auf thermodynamischen Kreislaufprozessen basieren, als aktive Technologien. Ventilatoren beispielsweise waren nach dieser Definition nicht Teil der aktiven Technologien und durften auch in der passiven Bewertungsperiode betrieben werden.

In der passiven Bewertungsperiode sollten die Häuser ohne den Einsatz von aktiven Technologien einen hohen Komfortstandard bei deutlich reduziertem Energiebezug demonstrieren. Dieses Konzept wurde im Rahmen des SD EU kontinuierlich ausgebaut. Im SD EU 2021 dürfen alle Häuser für den gesamten Wettbewerbszeitraum ausschließlich passiv betrieben werden. (European Energy Endeavour Foundation, Bergische Universität Wuppertal 2020, p. 31)(Solar Decathlon Europe 2014 Organisatoren 2014, p. 33)

Fazit Gebäudekategorisierung

Die SD EU Häuser lassen sich allgemein anhand der Rahmenvorgaben kategorisieren. Dabei können Gebäudegröße, Nutzungsart und die Nutzung von Solarstromanlagen zur Versorgung als Gemeinsamkeiten hervorgehoben werden. In der Auflistung der SD-Gebäudekategorien ist keine zeitliche Entwicklung hin zu mehr Wettbewerben mit Mobilitätskopplung oder Hausbatterien erkennbar. Einzige deutliche Entwicklung ist der Anschluss an das Stromnetz des SD-Dorfes. In den ersten drei SD-Wettbewerben von 2002 bis einschließlich 2007 gab es noch kein Stromnetz für das SD-Dorf. Alle SD-Häuser dieser Wettbewerbe mussten autark funktionieren. In den nachfolgenden SD-US-Wettbewerben war zunächst der Einsatz von Batteriespeichern verboten (siehe Tabelle 2.2.1-3). In allen folgenden Wettbewerben wurde die Entscheidung, ob Batteriespeicher zugelassen sind und ob Mobilität Teil des Wettbewerbs ist, individuell getroffen. Da insbesondere die Gebäude-Netzinteraktion ein aktuelles Thema der Fachwelt ist, ist eine solche Unterscheidung der Häuser interessant für mögliche weitere Zielgruppen. Denkbar sind hier Zielgruppen aus dem politischen Bereich oder auch aus der Forschung. Beide Zielgruppen werden folgend berücksichtigt. Neben diesen Rahmenvorgaben, die eine Gebäudekategorisierung zulassen, haben die Wettbewerbsdisziplinen einen erheblichen Einfluss auf die Wettbewerbsergebnisse. Diese werden nachfolgend detailliert beschrieben.

2.2.2 WETTBEWERBSDISZIPLINEN

Neben den Rahmenvorgaben des Wettbewerbs sind die Wettbewerbsdisziplinen die bestimmende Größe für die Ausgestaltung der Ergebnisse. In den Disziplinen wird festgelegt für welche Qualitäten Punkte verdient werden können. Grundsätzlich werden im SD, wie der Name Decathlon vermuten lässt, immer zehn Disziplinen ausgetragen. Von diesen zehn Disziplinen sind fünf in jedem SD unabhängig von der Edition gleich. Der Wettbewerb hat sich seit dem ersten Event 2002 und durch die internationale Verbreitung in der Themensetzung entwickelt. Die Themen der fünf Nicht-Kern-Disziplinen variieren je nach Wettbewerb. Mit

bisher 19 Wettbewerben ist der Bestand an Themen, die von den SD-Disziplinen adressiert werden, vielfältig. Eine vollständige Übersicht über alle SD-Events, Standorte und Wettbewerbsdisziplinen ist in Abbildung 2.2.2-1 mit Erläuterungstabelle 2.2.2-1 dargestellt.

Solar Decathlon Disziplinen - internationale Entwicklung

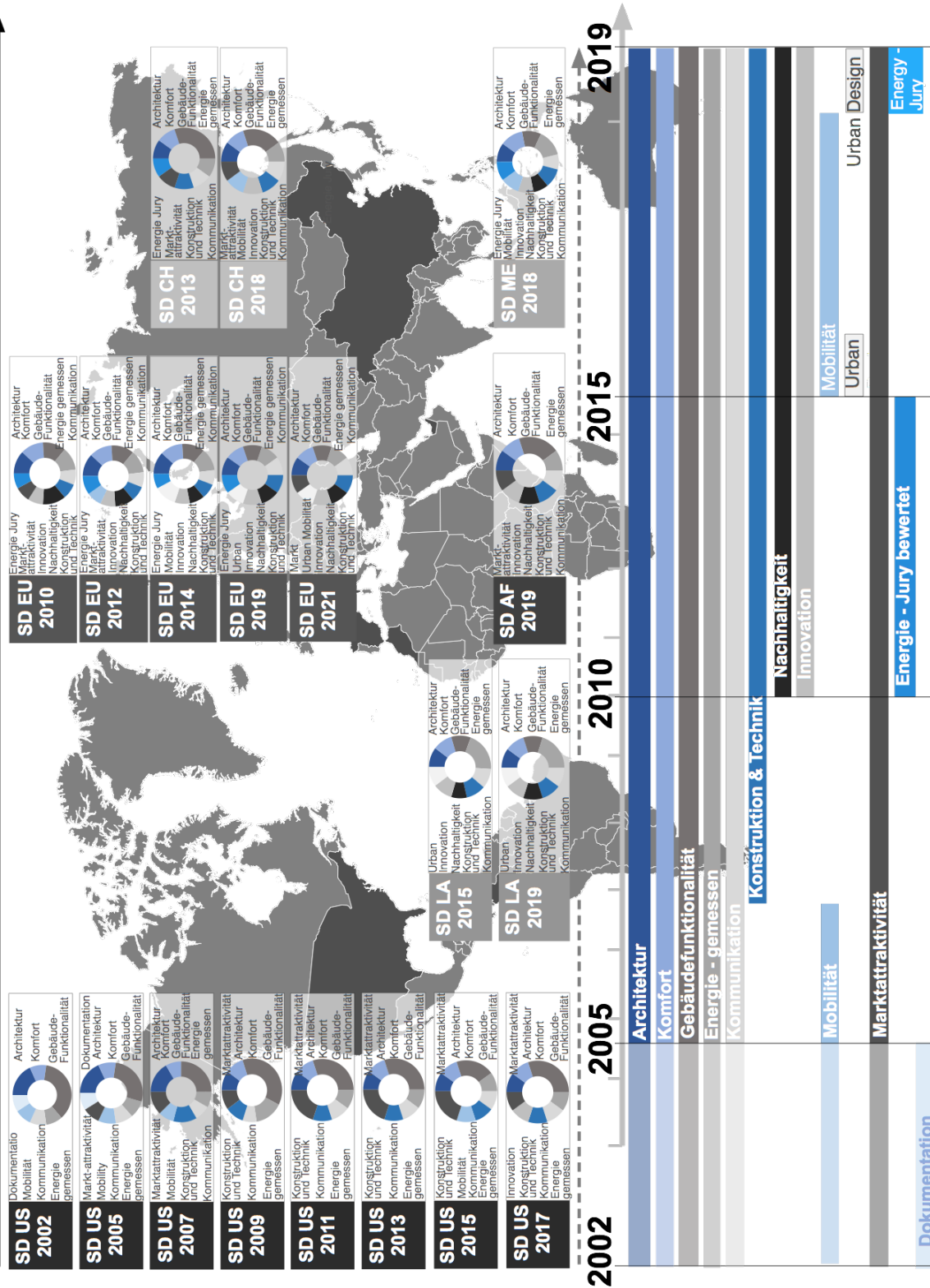


Abbildung 2.2.2-1: Themen, die durch die SD-Regeln abgedeckt werden, sind hier für alle SD-Ausgaben weltweit veranschaulicht. Vollständige Beschreibungen aller Themen und ihrer zugeordneten Wettbewerbe, wie sie im Wettbewerbsabschnitt des Regelsatzes jeder Edition genannt werden, sind in der Tabelle "Beschreibungen für Abbildung 2.2.2-1" zusammengestellt.

Wie in Abbildung 2.2.2-1 dargestellt, kann ein Thema mehrere in einem Wettbewerb bewertete Disziplinen umfassen. Beispielsweise wurden die Disziplinen „Komfortzone“ und „Licht“ der ersten US-Wettbewerbe zu einem Thema „Komfort“ zusammengefasst. Denn auch Licht trägt zum Komfort bei. In späteren SD-Wettbewerben war „Licht“ eine Unterkategorie der Komfortdisziplin. In der Entwicklung der SD-Disziplinen wurde der Bestand an Disziplinen stetig weiterentwickelt. Aus Unterkategorien wurden eigene Disziplinen und umgekehrt. Eine vollständige Auflistung aller Disziplinen mit Unterkategorien aller SD-Wettbewerbe findet sich im Anhang ab Seite 173).

Aufgrund der hier gewählten Gruppierung von Disziplinen zu Themen sind in der Abbildung 2.2.2-1 teilweise weniger als 10 Themen dargestellt, obwohl im SD immer 10 Disziplinen ausgetragen werden (vollständige Auflistung siehe Anhang S.173 - 191).

Die gewählte Gruppierung zeigt, welche thematischen Schwerpunkte in den jeweiligen SD-Wettbewerben gesetzt wurden. Eine detaillierte Auflistung aller Themen und der zugehörigen Disziplinen finden sich hier in Tabelle 2.4.2-1.

Tabelle 2.2.2-1: Übersicht über die in Abbildung 2.2.2-1 aufgezeigten Wettbewerbsthemen und den zugeordneten Wettbewerbsdziplinen. Die Bezeichnungen der Wettbewerbsdziplinen stammen aus den jeweiligen SD-Regelwerken und unterscheiden sich teilweise bei gleicher thematischer Ausrichtung.

Thema	Disziplin wie in den Wettbewerben benannt					
Architektur	Architektur					
Komfort	Komfortbedingungen	Gesundheit & Komfort	Komfortzonen	Beleuchtung		
Funktionsfähigkeit des Hauses	Funktionsweise des Hauses	Warmwasserversorgung	Haushaltsgeräte	Zuhause Leben & Unterhaltung	Ausstattung & Funktionalität	
Energie gemessen	Elektrische Energiebilanz	Energiebilanz	Energie-Management	Energie Efficiency	Energie Performance	Net-Metering
Kommunikation	Kommunikation & soziales Bewusstsein	Communication	Kommunikation, Bildung & soziales Bewusstsein			
Technik und Konstruktion	Technik und Konstruktion	Technik				
Nachhaltigkeit	Kreislaufwirtschaft & Nachhaltigkeit	Nachhaltigkeit				
Innovation	Innovation					
Mobilität	Fortbewegung	Nachhaltiger Transport	Pendeln	Transport	Urbane Mobilität	
Urban	Integration und Wirkung in der Nachbarschaft	Städtebau				
Marktattraktivität	Bezahlbarkeit	Marktpotenzial	Marktauglichkeit	Industrialisierbarkeit	Marktanreiz	
Energie jury- bewertet	Energie-Effizienz	Solaranlage	Solaranwendung			
Dokumentation	Dokumentation					

Den festen Kern des Wettbewerbs bilden die Disziplinen Architektur, Komfort, Gebäudefunktionalität, Energie (gemessen) und Kommunikation (Abbildung 2.2.2-1). Diese fünf Kerndisziplinen werden hier auch als je ein Thema betrachtet. Die verbleibenden je fünf Nicht-Kern-Disziplinen werden teilweise entsprechend ihres Themas gruppiert. Insgesamt konnten hier 13 Themen identifiziert werden (Tabelle 2.2.2-1). Betrachtet man die in Abbildung 2.2.2-1 dargestellte zeitliche Entwicklung, so sind einige Themen aufgegeben worden, wie „Dokumentation“. Aber in der Abbildung 2.2.2-1 lässt sich auch erkennen, dass im Verlauf neue Themen wie „Nachhaltigkeit“ und „Innovation“ hinzugekommen sind. Insbesondere durch die Entstehung neuer Editionen

wie dem SD EU wurden neue Themen dem SD-Fundus hinzugefügt. Heute sind die insgesamt sechs Editionen¹¹ thematisch teils sehr verschieden. Beispielsweise hat im SD US ein Bezug zum Markt und der Wirtschaft eine Relevanz im Wettbewerb und wird teils in mehreren Disziplinen wie „Bezahlbarkeit“ und „Marktattraktivität“ (Beispiel SD US 2015) bewertet. Im SD EU hingegen wurden in den Wettbewerben 2014 und 2019 keine Punkte für marktbezogene Disziplinen vergeben. Hier im SD EU wurden hingegen neue Themen wie „Nachhaltigkeit“ und „Innovation“ bewertet. Und im SD LA 2015 wurden erstmalig Konzepte für einen urbanen Kontext bewertet.

Diese Unterschiede lassen sich durch die spezifischen Herausforderungen der Editionsherkunft, der allgemeinen Entwicklung sowie durch die einfache Tatsache erklären, dass sich die Organisation hinter der Edition verändert hat. So gab es beispielsweise einen Wechsel in der Organisation zwischen SD US 2015 und 2017 sowie zwischen SD Europe 2012 und 2014. Die Wettbewerbe sind oft ein Spiegel spezifischer Herausforderungen und der Kultur jedes Standortes.

Die SD-Wettbewerbsergebnisse werden maßgeblich von der Themensetzung des jeweiligen Wettbewerbs beeinflusst. Denn jedes teilnehmende Team verfolgt das Ziel, möglichst gut im Wettbewerb abzuschneiden. Die Wettbewerbsergebnisse umfassen neben den eigentlichen Häusern auch eine umfassende Dokumentation. Die dokumentierte Präsentation der Häuser und durch die Teams wird ebenfalls im Wettbewerb bewertet. Hinzu kommen Messergebnisse während der Wettbewerbszeit, Fotodokumentationen und die Bewertung von Jurys. Diese Dokumentation ist meist langlebiger als die eigentlichen Wettbewerbshäuser und kann aufgrund des Informationsgehalts Zielgruppen abseits des Wettbewerbs erreichen. Nach einem Wettbewerb sind diese Dokumentationen meist die einzige Datenquelle.

Die Wettbewerbsresultate sind aufgrund der unterschiedlichen Wettbewerbsthemen unterschiedlich relevant für mögliche weitere Zielgruppen. Die Ergebnisse der SD-EU-Wettbewerbe sind für die europäischen Akteure aus den Bereichen Forschung und Politik interessant. Denn die Themen Nachhaltigkeit und Energieeffizienz sind aktuell präsent in politischen Bestrebungen und Forschungsprojekten (Müller). Die Zielsetzungen nach mehr Energieeffizienz wurde im SD aufgrund erlassener europäischer Richtlinien aufgegriffen (Europäische Kommission 2010).

Für die Zielgruppe der Energiepolitiker oder deren Ämter sind die Wettbewerbe und Ergebnisse aus ihrer Region von Interesse. Denn die Energiepolitik verfolgt zwar weltweit seit dem Pariser Klimaabkommen (COP21 2015) das gleiche Ziel, aber die Umsetzungen sind je nach Land oder Verwaltungsregion verschieden. Beispielsweise unterscheidet sich die Energiepolitik in den USA von der in Europa. Diese Unterschiede spiegeln sich auch im SD wider. Grundsätzlich verfolgen beide Wettbewerbseditionen ähnliche Ziele. In beiden Editionen soll der Einsatz erneuerbarer Energie im Einfamilienhausbau demonstriert werden (US Department of Energy 2019). Im SD US hingegen wird der Einsatz erneuerbarer Energie und eine möglichst hohe energetische Plusbilanz belohnt. In Europa bleibt das Grundkonzept des SD dem amerikanischen Original treu, forciert aber mehr energieeffiziente und nachhaltige SD-Häuser. Der Frage, ob der SD EU interessante Ergebnisse für die europäische Klimapolitik liefern kann, wird im Kapitel „4. Solar Decathlon und Politik“ auf den Grund gegangen. Zusätzlich zur reinen Themensetzung der einzelnen Wettbewerbe unterstreicht die Punkteverteilung je Wettbewerb weiter die Schwerpunktsetzung. Eine ausführliche Aufarbeitung der Wettbewerbsbewertungen und Punkteverteilungen findet sich im folgenden Kapitel „Wettbewerbsbewertungen“.

2.2.3 WETTBEWERBSBEWERTUNGEN

In jedem SD-Wettbewerb werden 1000 Punkte vergeben, außer in den ersten SD-US Wettbewerben 2002 (1100P), 2005 (1100P) und 2007 (1200P). Diese 1000 Punkte können in 10 Disziplinen verdient werden. Aber die maximal möglichen Punkte verteilen sich nicht in allen Wettbewerben gleichmäßig auf die 10 Disziplinen (siehe vollständige Liste aller Disziplinen Anhang S. 173- 190). Eine Punktespanne zwischen 80 und 120 Punkten je Disziplin sind üblich. Durch die Verteilung der maximal möglichen Punkte wird teils die thematische Schwerpunktsetzung verstärkt.

¹¹ Der SD IN wird in der Betrachtung ausgeklammert, da es sich hier nur um einen Entwurfsbewerb ohne die charakteristischen Qualitäten (planen, bauen und betreiben) des SD handelt.

Unter Berücksichtigung der maximal möglichen Punkte sind in der nachfolgenden Abbildung 2.2.3-1 die in den SD-Wettbewerben adressierten Themen (siehe Abbildung 2.2.2-1) mit ihrer Gewichtung im Wettbewerb und im Vergleich zu anderen SD-Wettbewerben aufgezeigt.

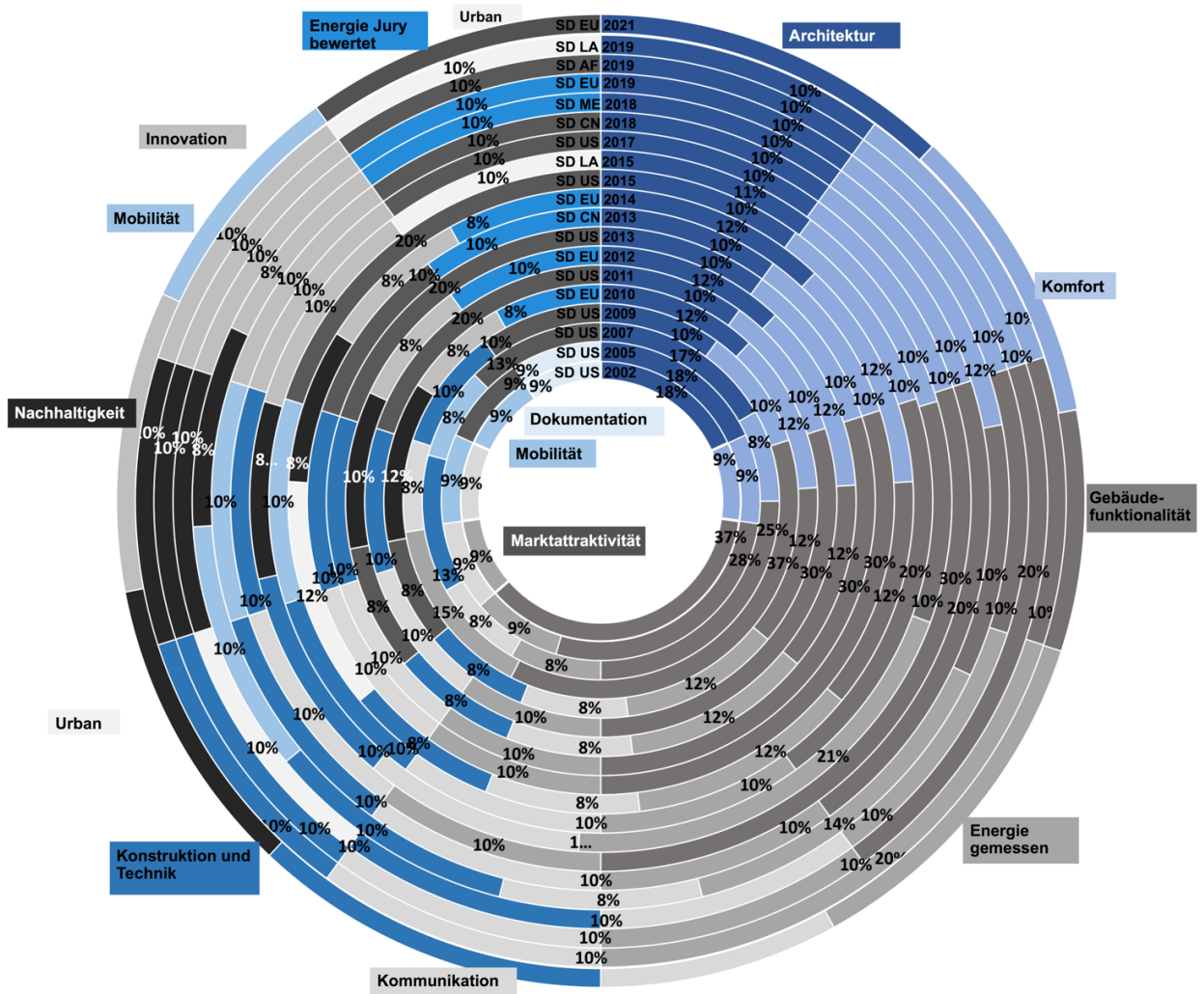


Abbildung 2.2.3-1: Punktverteilung aller abgehaltenen und bekannten SD-Wettbewerbe. Die Wettbewerbsdisziplinen sind hier in Themen gruppiert. Die Abbildung zeigt den Anteil der Punkte, die die Teams für jedes Wettbewerbsthema im jeweiligen Wettbewerb in Prozent verdienen können.

Die in Abbildung 2.2.3-1 aufgezeigten Wettbewerbsthemen sind in der folgenden Tabelle 2.2.3-1 mit ihren maximal erzielbaren Punktzahlen aufgelistet. Hier dargestellte Prozentangaben zeigen den Anteil der maximal möglichen Punktebewertung eines Themas im Verhältnis zur Gesamtbewertung aller Disziplinen. In der Abbildung 2.2.3-1 zeigt sich eine zunehmende Komplexität der Themen.

Die Disziplinen, die in den hier aufgezeigten Themen zusammengefasst sind, sind in Tabelle 2.2.2-1 aufgezeigt. Eine vollständige Liste aller Disziplinen und Unterdisziplinen mit maximal möglichen Punkten findet sich im Anhang ab Seite 173.

Tabelle 2.2.3-1: Auflistung aller Wettbewerbsdisziplinen mit Punkteverteilungen. Blau markiert sind Disziplinen, die von Jurys bewertet wurden, und grau hinterlegt sind Disziplinen, in denen die Punkte auf der Grundlage von Messungen vergeben wurden.

Disziplin	US								EU					CN		LA	ME		AF
	2002	2005	2007	2009	2011	2013	2015	2017	2010	2012	2014	2019	2021	2013	2018	2015	2019	2018	2019
Architektur		200	200	100	100	100	100	100	120	120	120	100	120	100	100	100	100	100	100
Komfort		200	100	100	100	100	100	200	120	120	120	100	100	100	100	100	100	100	100
Funktionsfähigkeit des Hauses		200	200	200	200	200	200	200	120	120	120	200	80	300	200	100	100	100	200
Energie gemessen.		200	300	325	200	200	100	100	120	120	120	100	120	100	100	100	200		100
Kommunikation		100	100	75	100	100	100	100	80	80	80	100	80	100	100	100	100	100	100
Technik und Konstruktion			150	100	100	100	100	100	80	80	80	50	120	100	100	100	100	100	100
Nachhaltigkeit									120	100	80	100	100			100	100	100	100
Innovation								100	80	80	80		100		100	100	100	100	100
Mobilität		100	100	150			100						80		100			100	
Urban											120	100					100	.	
Marktattraktivität			150	100	200	200	200	100	80	80		100	100	100	100	100			100
Energie juriert.									80	100	80	50		100		100		100	
Dokumentation		100																	

Ein direkter Vergleich der SD-Wettbewerbe zeigt, dass der Fokus der einzelnen Wettbewerbe neben der thematischen Ausrichtung auch aufgrund der Punkteverteilung im Wettbewerb unterschiedlich war. So konnte beispielsweise ein SD-US-Team im Jahr 2002 37% aller Punkte erzielen, wenn es sich auf seine Energiestrategie konzentrierte. Im Gegensatz dazu würde ein Team beim SD EU 2010 nur maximal 12% und beim SD EU 2019 nur 10% der Gesamtpunktzahl im Energiewettbewerb erreichen.

Gegensätzlich verhält sich die thematische Punkteverteilung im Bereich Marktorientierung. Eine Ausrichtung auf den Wirtschaftsmarkt wurde erstmals im SD US 2005 thematisiert. Hier konnten Teams für die Darlegung eines Marktkonzeptes 9% der Gesamtpunkte sammeln. Eine Ausrichtung der Konzepte auf den Markt wurde seitdem im SD weiter ausgebaut. Für marktrelevante Themen wurden beispielsweise im SD US 2015 bereits 20% der Gesamtpunkte vergeben. Eine Ausrichtung der SD-Hauskonzepte war und ist bis heute nicht in allen SD-Editionen relevant.

Mit den SD-EU-Wettbewerben kamen Themen wie Nachhaltigkeit und Innovation zum SD-Fundus hinzu. Mit einem Anteil von 8 bis 12 % der möglichen Gesamtpunktzahl wurde Nachhaltigkeit in bisher insgesamt acht SD-Wettbewerben gleichbleibend bewertet. Diese geringen Bewertungsunterschiede im Vergleich zum Energiethema kommen vor allem daher, dass Nachhaltigkeit ein für sich alleinstehendes Thema und gleichzeitig eine Disziplin ist. Wohingegen Energie mehrere mögliche Disziplinen und Unterdisziplinen umfasst, die im Entwicklungsverlauf des SD unterschiedlich kombiniert und unterschiedlich zu Disziplinen zusammengefasst wurden. So wurden beispielsweise im SD US 2002 vier energierelevante Disziplinen ausgetragen. Einige von diesen Disziplinen wie „Trinkwarmwasser“ und „Kühlung von Lebensmitteln“ wurden in späteren Wettbewerben anderen Disziplinen zugeordnet. „Kühlung von Lebensmitteln“ ist bereits ab dem SD US 2005 und in allen darauffolgenden Wettbewerben eine Unterkategorie der Disziplin Haushaltsgeräte. „Trinkwarmwasser“ wurde in den USA erst im SD US 2015 zur Unterkategorie der Disziplin „zu Hause leben“. Im SD EU wurde „Trinkwarmwasser“ 2010 zunächst mit der Bewertung der Solaranlagen zu einer Disziplin zusammengefasst und ist seit dem SD EU 2012 fester Bestandteil der Disziplin „Gebäudefunktionalität“. Die Zuordnung und Gewichtung von Disziplinen weist teils große Unterschiede auf, aber die Anforderungen an die Teams, hier Punkte zu verdienen, blieb überwiegend unverändert.

Die hier gezeigten Beispiele verdeutlichen die Notwendigkeit einer Kategorisierung. Außerdem zeigen beide Beispiele den Grund für die teils stark unterschiedlichen Gewichtungen der Themen.

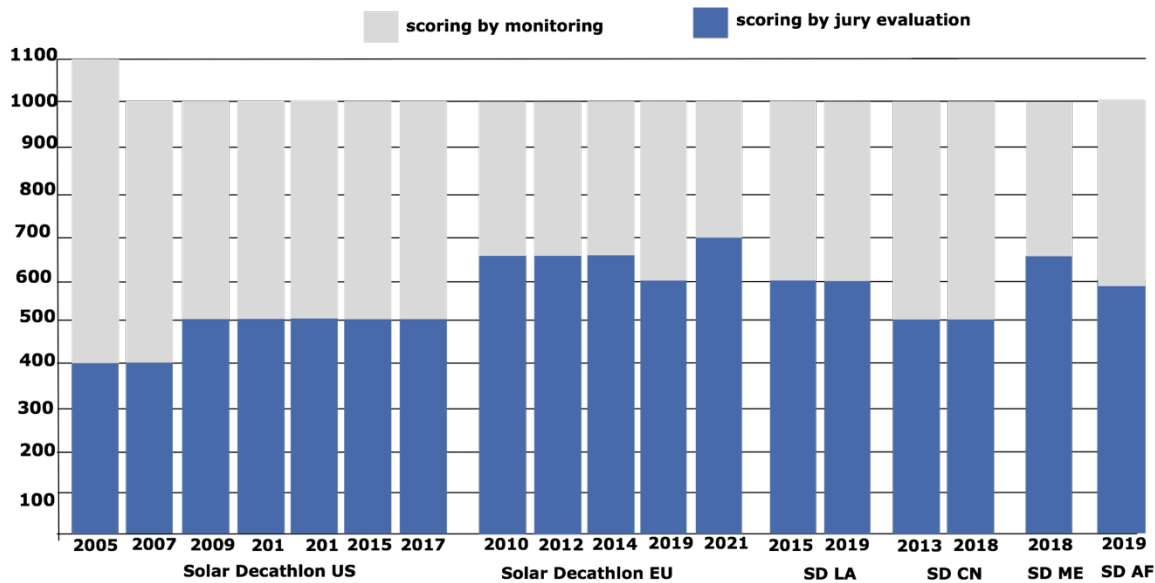
Die zunehmende Komplexität der Themen ist neben der unterschiedlichen Zuordnung zu Disziplinen ein weiterer Grund für die Abweichungen in der Gewichtung. Bei einer gleichbleibenden Gesamtpunktzahl bedeutet die Erweiterung der Themen automatisch eine Verringerung der Punkte für die Einzelthemen in einem Wettbewerb.

Zusammenfassend lassen sich die Wettbewerbsergebnisse nach den fokussierten Themen und der Gewichtung durch die Punkteverteilung in den Wettbewerbsdziplinen kategorisieren. Die SD-US-Ergebnisse haben seit Beginn des SD ihren Schwerpunkt auf einem angestrebten Energieüberschuss und der Marktfähigkeit der Häuser. Wohingegen im SD EU eine maximale Energieeffizienz und ein hoher Grad an Nachhaltigkeit und Innovationen gefördert wird. Häuser mit ganzheitlich exzellenten Konzepten können auch in beiden Wettbewerbseditionen gut abschneiden. Dies bewies das Lumen Haus im SD US 2009 und SD EU 2010. Trotz der tendenziell anderen Wettbewerbsausrichtung konnte das gleiche Haus 2009 den zweiten Platz und 2010 den ersten Platz belegen. Aber für die Nachnutzung der Ergebnisse ist die Ausrichtung der Wettbewerbe wesentlich entscheidender. Denn es wurde nur dokumentiert, was auch Teil des Wettbewerbs war. So lassen sich beispielsweise in den SD-US-Dokumentationen umfangreiche Ausführungen zu Gebäudekosten und Marktstudien finden, die im SD EU teilweise nicht vorhanden sind. Hingegen sind im SD EU die Dokumentationen von Effizienzmaßnahmen umfangreicher angelegt. Die anderen SD-Editionen orientieren sich stark an den Editionen EU und US. Dabei tendieren SD LA und SD ME stark in die thematische Ausrichtung des SD EU. Die Editionen SD CN und SD AF hingegen sind eine thematische Mischung aus dem SD EU und US mit leichter Tendenz zum SD US.

Die Art, wie in einer Disziplin die Punkte vergeben werden, hat außerdem Einfluss auf die Wettbewerbsergebnisse. Hier werden nicht wie bei den Themen und der Gewichtung durch Punkteverteilung wettbewerbsweit bestimmte Strategien und Lösungen gefördert, sondern es kommt zu Unterschieden in den Auslegungen der Wettbewerbsvorgaben durch die Teams. In allen gemessenen Disziplinen sind die Vorgaben eindeutig und lassen wenig Spielraum für Interpretationen.

In den Regeln ist klar definiert, für welche Messergebnisse wie viele Punkte vergeben werden (siehe Tabelle 2.2.3-1). Disziplinen, die von einer Jury bewertet werden, sind dagegen detaillierter beschrieben, aber weniger eindeutig. In Jury-Disziplinen gibt es keine Grenzwerte nach denen bewertet wird, sondern es gibt einen notwendigen Interpretationsspielraum, damit eine meist international zusammengesetzte Jury agieren kann. Mit diesem Interpretationsspielraum sind auch die Teams bei der Auslegung ihrer Konzepte konfrontiert. Der Anteil der gemessenen Disziplinen an der Wettbewerbsbewertung unterscheidet sich in den Editionen. Im Kontext der steigenden Komplexität des Wettbewerbes durch die zunehmende Zahl der Disziplinen kann hier trotz der minimalen Unterschiede von einem Trend hin zu mehr Jury-Disziplinen ausgegangen werden. Themen wie Nachhaltigkeit, Innovation oder auch Urbanität, die durch neue Editionen zum SD-Portfolio hinzugekommen sind, sind Jury-Disziplinen. Seit den ersten SD-US-Wettbewerben sind keine neuen Messdisziplinen zum SD-Portfolio hinzugekommen. Wie in Abbildung 2.2.3-2 dargestellt, konnten in den ersten SD-US-Wettbewerben mehr als 60 % der Punkte in gemessenen Wettbewerben gesammelt werden. In den SD-EU-Wettbewerben wurden hingegen nur 35 – 40 % der Punkte in gemessenen Wettbewerben vergeben. Eine komplette Übersicht der Disziplinbewertungen zeigt die nachfolgende Abbildung 2.2.3-2.

Abbildung 2.2.3-2: Balkendiagramm mit Übersicht über die Bewertungsmethoden der einzelnen SD-Wettbewerbe. Themen, die dieser Grafik zu Grunde liegen, sind in Tabelle 2.2.2-1 aufgeführt.



In Abbildung 2.2.3-2 dargestellt sind die unterschiedlichen Verteilungen der jury-bewerteten Wettbewerbe und der Wettbewerbe, bei denen die Punkteverteilung auf Messungen basieren, dargestellt. Allgemein auffällig ist hier, dass in den Wettbewerben SD US und SD CN gleich viele Punkte in Jury-Disziplinen und in gemessenen Disziplinen vergeben worden sind. In den Editionen SD EU, SD ME, SD LA und SD AF wurden mehr Punkte in Jury-Disziplinen vergeben. Dabei stechen der SD EU und SD ME heraus mit einem Anteil von 65% Jury-Disziplinen.

Nur in den ersten beiden SD-US-Wettbewerben wurde mehr gemessen als durch eine Jury bewertet. Hier lag auch der thematische Schwerpunkt auf energierelevanten Themen und die Themen waren weniger vielfältig. Die Art der Bewertung beeinflusst nicht nur die Wettbewerbsergebnisse, sondern auch die Nachvollziehbarkeit dieser Ergebnisse. Für Außenstehende sind die Bewertungen und insbesondere die der gemessenen Wettbewerbe interessant, da diese Auskunft über die Performance der Häuser geben. Punktevergaben basierend auf Messungen und Grenzwerten lassen sich eindeutig nachvollziehen und überschauen. Wohingegen beschreibende Jury-Bewertungen nur schwer vergleichbar sind. Allerdings braucht es grundsätzlich neben den gemessenen Disziplinen auch die Jurybewertungen. Denn wie auch in der Praxis entscheidet für die Funktionalität eines Hauses und insbesondere eines Wohnhauses nicht nur die gemessene Performance, sondern auch die Tauglichkeit für den Nutzer und die Umgebung. Diese Tauglichkeit kann sich zusammensetzen aus Nachhaltigkeitsaspekten, wie sozialen, ökologischen und ökonomischen, sowie optischen und funktionalen Qualitäten. Zur Beurteilung braucht es hier Expertenjurys, die die Gesamtheit des Gebäudes bewerten kann.

Die Bewertungen sind nach dem Wettbewerb ein wichtiger Filter, um gezielt nach erfolgreichen Strategien zu suchen. Hintergrundwissen über die konkrete Punktevergabe in den gemessenen Disziplinen helfen zudem dabei, die Ergebnisse einzuordnen. Eine Übersicht der Punktevergabeschemata der gemessenen Disziplinen ist in Tabelle 2.2.3-2 zusammengestellt. In den jeweiligen Disziplinen hat sich die Art der Vergabe nicht geändert, sondern lediglich die Grenzwerte für volle und reduzierte Punktevergabe. Diese Vorgaben sind für die Teams und auch für die Öffentlichkeit frei einsehbar.

Tabelle 2.2.3-2: Übersicht aller Schemata zur Punkteverteilung der im SD ausgetragenen Disziplinen, die anhand von Messungen bewertet werden. Die Angaben zu den hier zusammengestellten Schemata basieren auf den Angaben der jeweiligen Wettbewerbsregeln.

Disziplin	Beispielgrafik	Punktevergabe	volle Punktzahl	Reduzierte Punkte	keine Punkte	
Komfort Lufttemperatur innen		SD EU 2014, SD EU 2019, SD EU 2021, SD ME 2018	A: To -1 B: To +1	A -1 B +1	< A-1 > B +1	
		SD EU 2010	23°-25°C	21°-23°C 25°-27°C	<21°C >27°C	
		SD EU 2012	23°-25°C	20°-23°C 25°-28°C	<20°C >28°C	
		SD US 2017	20°-23,3°C	17,7°-20°C 23,3°-25,5°C	<17,7°C >25,5°C	
		SD EU 2014, SD EU 2019, 2021, SD ME gemäß adaptivem Komfortmodell nach Din EN 152512	SD US 2007, 2009, 2011, 2013, 2015	22°-24°C	19°-23°C 24°-27°C	<19°C >27°C
		SD CN 2013, 2018	22°-25°C	19°-22°C 25°-28°C	<19°C >28°C	
		SD AF 2019				
		SD EU 2010, 2012, 2014, 2019	40% - 55%	25%-40% oder 55% - 60%	<25% >60%	
		SD US 2005, 2007, 2009	35% - 65%	25%-35% oder 65% - 75%	<25% >75%	
		SD EU 2021	35% - 65%	25%-35% oder 65% - 75%	<25% >75%	
Komfort Relative Raumluftfeuchte		SD US 2011, 2013, 2015	≤60%	60%- 70%	>70%	
		SD LA 2015, 2019				
		SD CN 2013, 2018				
		SD US 2017	35% - 60%	25%-35% oder 60% - 70%	<25% >70%	
		SD ME 2018				
		SD AF	45% - 55%	35%-45% oder 55% - 60%	<45% >60%	
		SD EU 2010, 2012, 2014, 2019	≤800ppm	800 – 1200ppm	≥1200ppm	
		SD EU 2021	≤ 750ppm	750 – 1200ppm	≥1200ppm	
		SD US 2017, CN 2018	≤1000ppm	1000 – 2000 ppm	≥2000ppm	
		Komfort Luftqualität CO ₂				

Disziplin	Beispielgrafik	Punkte- vergabe	volle Punktzahl	Reduzierte Punkte	keine Punkte
Komfort Tageslicht		SD EU 2014, 2019 SD ME 2018 SD LA 2015, 2019 SD EU 2021	$\geq 4\%$ $\geq 4\%$	2,5 – 4% 2 – 4%	$\leq 2,5\%$ $\leq 2\%$
Komfort Beleuchtungsstärke		SD EU 2010, 2012 SD AF 2019	≥ 500 lux ≥ 300 lux	300 – 500 lux 200-300lux	≤ 300 lux ≤ 200 lux
Komfort Schalldämmung		SD EU 2014, 2019, 2021 (Dämmmaß in dB). SD LA 2015, SD LA 2019 2010? SD EU 2012	≥ 42 dB ≥ 45 dB	30 – 42dB 30 – 45dB	≤ 30 dB ≤ 30 dB
Energie Bilanz in kWh	<p style="text-align: center;"> $B = \frac{X}{5} \times 56$ $A = B - 20 \times \frac{X}{5}$ </p> <p>X: installierte PV-Leistung in kW_p</p>	SD EU 2014, 2019 SD ME 2018 (in Relation zur installierten Leistung) SD EU 2010 SD US 2005, 2007, 2009 SD US 2011, 2013, 2015, 2017, SD CN 2013 SD AF 2019 SD EU 2012 SD LA 2015 SD EU 2019	$\geq B$ ≥ 40 kWh ≥ 0 kWh ≥ 0 kWh ≥ 10 kWh 0 – 20kWh ≤ 90 kWh	B- A 20 – 40kWh 0 - -10kWh 0 - -50kWh 10 – -10kWh 0 - -20kWh oder 20 – 100kWh 90 – 1800kWh	$\leq A$ ≤ 20 kWh ≤ -10 kWh ≤ -50 kWh ≤ -10 kWh ≤ -20 kWh ≤ 100 kWh ≥ 180 kWh

Disziplin	Beispielgrafik	Punktevergabe	volle Punktzahl	Reduzierte Punkte	keine Punkte
Energie	$\Delta t = \frac{En}{Ev} = \frac{Ev - Epv}{Ev}$	SD 2010, 21,	Team mit höchster Suffizienz A	A-B	Team mit niedrigster Suffizienz B
Eigenverbrauch (zeitweise Erzeugungs- und Verbrauchsdeckung)	<p>En- Energiebezug aus Netz, Ev- Energieverbrauch, Epv- Energieerzeugung, Punkteverteilung im Verhältnis zu allen Teams</p> $\xi = \frac{E_{G,L}}{E_L}$ <p>$E_{G,L}$ – Elektrische Energie, die erzeugt und gleichzeitig verbraucht wird</p> <p>E_L elektrischer Energieverbrauch</p>	SD EU 2012, 2014, 2019	Punkte = mögliche Maximalpunktzahl (40) x ξ Beschreibung 2014, 2019 fehlt		
Energie		SD EU 2012	A	2,5 x A	> 2,5 x A
Spezifischer Verbrauch	<p>Wird bewertet im Verhältnis zum Verbrauch aller Teams. Das Team mit dem niedrigsten Verbrauch definiert 100% der Punkte. Niedrigster Verbrauch ist Grenzwert A</p> $E_{LS} = \frac{E_{L,average}}{A}$ <p>E_{LS} =spezifischer Verbrauch</p> <p>$E_{L,average}$= täglicher Durchschnittsenergieverbrauch</p> $E_L = \frac{E_V}{A} + \frac{E_F}{C}$ <p>E_L = spezifischer Verbrauch unter Berücksichtigung unterschiedlich großer SD-Nutzflächen der Häuser</p> <p>EV = Energieverbrauch für Heizen, Kühlen, Lüften und Wassersystem</p> <p>EF = Energieverbrauch für Haushaltsgeräte, Beleuchtung und Gebäudesteuerung</p> <p>A = Gebäudenutzfläche (measureable Area)</p> <p>C = durchschnittliche Gebäudenutzfläche aller Teams (measureable Area)</p>	SD EU 2014, 2019, SD ME 2018	A: Haus mit niedrigstem spezifischen Energieverbrauch	Linear zwischen A und B	B: > 2,5 x Haus mit niedrigstem spezifischen Energieverbrauch

Disziplin	Beispielgrafik	Punkte- vergabe	volle Punktzahl	Reduzierte Punkte	keine Punkte
Energie		SD EU 2014, 2019	A	A B	B
Lastspitzen	<p>Energieverbrauch: Vermeidung von Lastspitzen</p>				
	<p>Wird bewertet im Verhältnis des Mittelwerts aller Lastspitzen. Das Team mit dem niedrigsten Mittelwert definiert 100% der Punkte – Grenzwert A. Das Team mit dem höchsten Mittelwert der Lastspitzen bekommt keine Punkte – Grenzwert B</p>				
Gebäude – Netz - Reaktivität	<p>Energieverbrauch: Gebäude - Netz- Reaktivität</p>	SD EU 2014, 2019	A: Team mit den meisten Punkten (γ)	Proportional zwischen A und B entsprechen der verdienten Punkte.	B: Team mit den wenigsten Punkten (γ)
	<p>„House Adjustment to network load state“</p> <p>Zwischen 19:30 und 22:30 darf möglichst keine Energie verbraucht und nur Energie eingespeist werden. Für jede kWh, die eingespeist wird, gibt es einen Punktegewinn und für jede kWh, die verbraucht wird, einen Punkteabzug.</p> $\gamma_t = (E_{p(t)} - E_{c(t)}) \times F_t$ <p>„Privileged Feed in und demand side management“</p>	SD EU 2021	nicht detailliert in den Regeln		

In der Tabelle 2.2.3-2 sind die Prinzipien zur Punkteverteilung in den Disziplinen Komfort und Energie dargestellt. Die Bewertung in diesen beiden Disziplinen basiert auf Messungen. Betrachtet man, wie die Teams in einem Wettbewerb Punkte sammeln konnten, zeigt sich, dass sie meist feste Grenzwerte einhalten müssen. Die Grundlage für die im Komfortwettbewerb festgelegten Grenzwerte basiert auf den Erwartungen der Nutzer, die je nach Edition und somit Austragungsregion verschieden sind. Die Grenzwerte waren in den ersten Wettbewerben statisch, wobei sich nur die Spannbreite zwischen den Grenzwerten für volle und reduzierte Punktzahl unterschied (Tabelle 2.2.3-2). So lag der Temperaturbereich beispielsweise zwischen 21°C und 26°C um eine volle Punktzahl zu erreichen. Bei einer Innenraumtemperatur unter 21°C und über 26°C erhielten Teams reduzierte Punkte und nur für eine Temperatur unter 17,8°C und über 28°C wurden keine Punkte vergeben (SD EU 2012). Die Grenzwerte für ein festgelegt komfortables Innenraumklima variierten auch je nach Klima an den einzelnen Veranstaltungsorten.

In den Wettbewerben SD EU 2014 und 2019 basierten die Temperaturbegrenzungen auf dem adaptiven Komfortmodell (gestrichelte Linie in Tabelle 2.2.3-2 - Komfort) und sind daher an den gleitenden Durchschnitt der Außentemperatur zur Vorwoche gebunden (Deutsches Institut für Normen 2007) (Deutsches Institut für Normen 2005)

Für die Bewertung der Raumlufffeuchte wurde in den meisten SD Wettbewerben festgelegt, dass es zwischen 25% und 40% und zwischen 55% und 60% relativer Feuchte reduzierte Punkte gibt. Für die Zeiten, in denen in den Häusern eine Feuchte zwischen 40% und 55% gemessen wurde, erhielten die Teams volle Punktzahl. In den Wettbewerben SD EU 2014, SD LA 2015 und SD ME 2018 gab es keine Punktereduzierung für eine zu niedrige Raumlufffeuchte. Im SD ME wurden zudem die Punkte erst bei einer Feuchte zwischen 70% und 75% reduziert. Für den Standort Dubai (SD ME) wurden erst ab einer Raumlufffeuchte über 75% keine Punkte mehr vergeben. Hier zeigen sich ähnlich wie bei der Bewertung der Innenraumtemperatur die regionalen Unterschiede.

Abhängig vom Klima des Veranstaltungsortes und den örtlichen Erwartungen an das Innenraumklima gelten andere Werte als komfortabel. Im Wettbewerb werden alle Häuser an den gleichen, in den jeweiligen Regeln festgesetzten Vorgaben zum Innenraumkomfort gemessen. Für Teams, die aus einer anderen Klimaregion kommen oder am Heimatstandort stark abweichende Vorgaben umsetzen müssen, um ihr Haus dort nachnutzen zu können, besteht demnach eine größere Herausforderung in der Komfortdisziplin (siehe Anhang „Berechnung Einfluss des Klimas auf die Gebäudeperformance S. 246 - 247).

Beispielsweise ist es in den USA üblich Räume voll zu temperieren und im Vergleich zu Europa vergleichsweise kühle Innenraumtemperaturen zu haben (ASHREA 2017). In Dubai ist eine Klimatisierung mit Be- und Entfeuchtung üblich und teilweise im Jahresverlauf notwendig. In Dubai lagen beispielsweise im Jahr 2005 (Anhang S. 246 - 247) die Tagesmittelwerttemperaturen zwischen 20° und 40°C und die Tagesmittelwerte der Luftfeuchte zwischen 40% und 60%.

Neben den Raumklimagrenzwerten wurden im Wettbewerb auch Grenzwerte für die Bewertung der Energiebilanz festgelegt. In den SD-Wettbewerben sind nicht nur die Themen, sondern damit auch die Disziplinen zunehmend komplexer geworden. Ein Beispiel hierfür ist die Disziplin „Energiebilanz“. Wie bereits oben erwähnt, beeinflusst die wachsende Komplexität die Konzepte der SD-Häuser und auch deren Wettbewerbsbewertung. Energiebilanz ist eine Kerndisziplin und obwohl diese in jedem Wettbewerb ausgetragen wird, hat sich deren thematische Ausrichtung verändert.

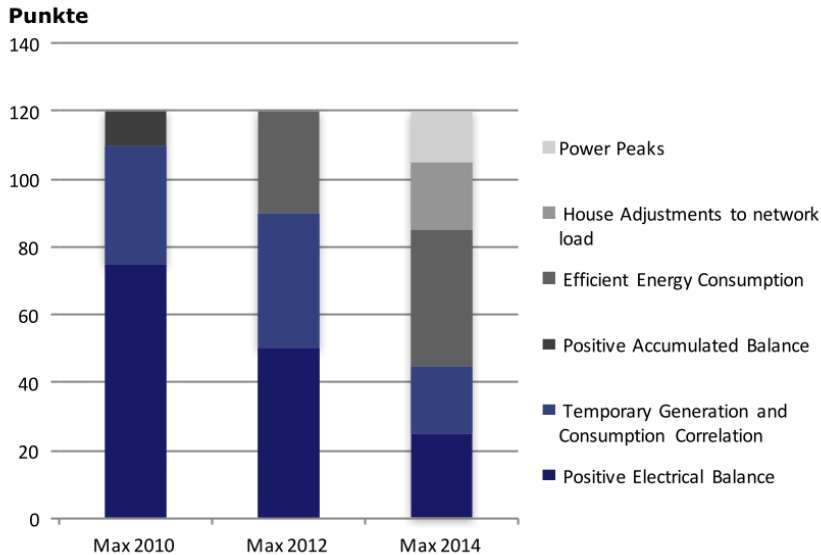
Wie in Tabelle 2.2.3-2 2 „Energie gemessen“ dargestellt, gab es in den SD-Wettbewerben erst ab einer ausgeglichenen Energiebilanz volle Punktzahl. Im SD EU 2012 und SD EU 2010 musste für eine volle Punktebewertung in der Energiedisziplin ein Plus von 10 kWh beziehungsweise 40 kWh erarbeitet werden. Neben der Bewertung der Energiebilanz wurde im SD EU 2012 und 2014 auch das Potenzial der Häuser, die Netzbelastung gering zu halten, bewertet. Hierfür wurden 2012 zusätzlich zur Energiebilanz die Gleichzeitigkeit von Energiegewinnung und Energieverbrauch und die Effizienz der Häuser mit Punkten belohnt.

In der Energiedisziplin unterscheidet sich der SD EU grundsätzlich vom SD US. Während im SD US, insbesondere in den frühen Wettbewerben, Punkte für eine positive Energiebilanz vergeben wurden, ist die Bewertung im SD EU differenzierter. Im SD EU entfällt nur ein Teil der möglichen Punkte auf eine positive Energiebilanz. Hier werden zudem die Netzreaktivität und Effizienz der Gebäude bewertet.

Bereits 2010 wurden hier Punkte für einen zeitlich mit der Energiegewinnung übereinstimmenden Eigenverbrauch vergeben. Bis zum SD EU 2014 kamen noch die Bewertung der Energieeffizienz und die Vermeidung von energetischen Lastspitzen hinzu.

An der wachsenden Vielfältigkeit der SD-Themen und Disziplinen (Abbildung 2.2.2-1 und 2.2.3-1) konnte eine zunehmende Komplexität des SD aufgezeigt werden. Diese kann auch bei einem Detailzoom auf die Kerndisziplinen Komfort und Energie weiter bestätigt werden. Die folgende Abbildung 2.2.3-3 zeigt hierfür den direkten Vergleich der Energiedisziplinen der Wettbewerbe SD EU 2010 – 14.

Abbildung 2.2.3-3:
Wettbewerbsbewertungen in der Energie-Disziplin der drei Europäischen SD-Wettbewerbe 2010, 2012 und 2014 im Vergleich.



Legende:
Power Peak: Vermeidung von Lastspitzen; **House Adjustment to network load:** Reaktionsfähigkeit des Hauses auf Netzschwankung; **Efficient Energy Consumption:** effizienter Einsatz von Energie; **Positive Accumulated Balance:** positive Energiebilanz; **Temporary Generation and Consumption Correlation:** zeitweise energetische Eigenbedarfsdeckung; **Positive Electrical Balance:** positive Energiebilanz

Im SD US 2009, der vor dem ersten europäischen Wettbewerb stattgefunden hat, wurden in der Energiedisziplin (hier „Net Metering“) in zwei Unterdisziplinen („Energy Balance“, „Energy Sureplus“) Punkte für eine positive Energiebilanz vergeben (US Department of Energy 2009, p. 34). In der SD US 2009 Energiebilanzdisziplin wurden insgesamt 150 von 1000 Punkte vergeben. In den SD-EU-Energiebilanzdisziplinen konnten je Wettbewerb insgesamt nur 120 von 1000 Punkten gesammelt werden. Zudem wurde bereits im ersten SD EU in der Energiebilanzdisziplin neben der Förderung einer reinen Energieüberproduktion der gleichzeitige Eigenverbrauch mit 35 Punkten bewertet (Solar decathlon Europe Organizers 2010, p. 70 ff.). Punkte für Teams mit einem möglichst großen Plus an Energie („Positive Accumulated Balance“) wurden bereits ab 2012 nicht mehr vergeben. Der Punkteanteil für eine positive Energiebilanz ging außerdem weiter zurück, um im Rahmen der 120 Punkte der Disziplin weitere Themen zu bewerten. Für die Energieeffizienz wurden im SD EU 2012 30 und im SD EU 2014 40 Punkte vergeben. Im SD EU 2014 wurden mit zwei neuen Unterdisziplinen („house adjustment to network load“ und „power peaks“) die Netzdienlichkeit der Häuser bewertet. Für beide Unterdisziplinen wurden insgesamt 35 Punkte vergeben. Vergleicht man den SD US 2009 und den SD EU 2014 dann ist der Anteil der Punkte für eine positive Energiebilanz am Gesamtwettbewerb von 10 auf 2,5% geschrumpft. Diese Punktereduktion forderte die Teams heraus, differenzierte energetische Konzepte zu entwickeln.

Neben den Disziplinen Komfort und Energie, in denen ein kontinuierliches Monitoring der Bewertung zugrunde liegt, wurden in den Disziplinen „Funktionalität des Hauses“ und „Mobilität“ Punkte basierend auf Einzelmessungen vergeben. In der Disziplin „Funktionalität des Hauses“ wurde die Ofentemperatur beim Backen, die Temperatur im Kühlschrank und im Gefrierfach gemessen. Zudem mussten die Teams eine bestimmte Menge Wäsche waschen und trocknen und heißes Trinkwasser zapfen. Außerdem ist die Veranstaltung eines Filmabends und eines Abendessens Bestandteil der Disziplin. Alle Aufgaben müssen mit den Ressourcen des Hauses bestritten werden. Je nach Effizienz des Hauses wird von den Aufgaben in der Disziplin „Funktionalität des Hauses“ die Energiebilanz mehr oder weniger beeinflusst. Die Disziplin „Mobilität“ wird hier zu den energierelevanten Disziplinen gezählt, da ein Elektrofahrzeug am Haus geladen werden und

dieses bestimmte Strecken abfahren muss. Bewertet wird hier in der Regel die zurückgelegte Strecke (Bsp. (US Department of Energy 2015, p. 32 ff.)).

Die Wettbewerbsdisziplinen haben, ähnlich wie die Rahmenvorgaben, maßgeblichen Einfluss auf die SD-Häuser. Diese Vorgaben sind vielfältig und werden zunehmend komplexer. Dies spiegelt die ebenso immer vielfältiger werdenden Möglichkeiten wider, wie auch in der Praxis klimagerecht gebaut und gewohnt werden kann. Die zunehmende Komplexität der Wettbewerbsdisziplinen und damit der adressierten Themen ist eine durch die Energiewende angestrebte Notwendigkeit. Denn auch in der Praxis und Politik werden die Themen und Umsetzungen komplexer. Der SD bleibt somit für die Bildung der teilnehmenden Studierenden und als Kommunikationsplattform für die interessierte Öffentlichkeit so auch zukünftig relevant. Die wachsende Komplexität einer SD-Teilnahme sollte vonseiten der Organisatoren mit möglichst eindeutigen Wettbewerbsvorgaben und Schulungen zum Wettbewerbsablauf aufgefangen werden. Die Weitergabe und Verfügbarkeit von klar strukturierten und einfach zugänglichen Informationen und Erfahrungen von vergangenen Wettbewerben sollte hierbei angestrebt werden, um die Teilnehmer zu unterstützen. Der SD kann hierbei den internationalen Erfahrungsaustausch und die Entwicklung von Innovationen weiter fördern. Insbesondere der allgemeine Wettbewerbsdruck, der durch Disziplinen wie Energie-, Eigenverbrauch, spezifischer Verbrauch und Gebäude-Netz-Reaktivität aktiv gefördert wird, führt im SD zu einem hohen Maß an Innovationen und der Reduktion an Energieverschwendung. Ein vergleichbarer Druck fehlt in der Politik. Der Vergleich von Maßnahmen der deutschen Energiepolitik mit denen des SD findet sich detailliert in Kapitel 4 Solar Decathlon und Politik.

Neben dem Betreiben der Häuser kann bereits mit einer fundierten Planung und Umsetzung ein zukunftsfähiger Energiestandard erreicht werden. Erfolgskontrollen des umgesetzten Energiestandards können hier zur Beurteilung helfen. In den europäischen SD-Wettbewerben, war ein Blower-Door-Test an den Wettbewerbshäusern geplant. Dieser wurde aber nicht flächendeckend umgesetzt oder dokumentiert. Im SD EU 2021 ist dieser erstmals Teil einer Disziplin, was eine Umsetzung an allen Häusern garantieren soll (European Energy Endeavour Foundation, Bergische Universität Wuppertal 2020, p. 43). Neu hinzu kommt zudem im SD EU 2021 ein Coheating Test vor dem Wettbewerbsbeginn zur Beurteilung des tatsächlich erzielten energetischen Standards der SD-Häuser. Konkret wird hier die Übereinstimmung von Simulationen und gemessenen Gebäudestandards bewertet (European Energy Endeavour Foundation, Bergische Universität Wuppertal 2020, p. 43). Der SD wird zunehmend komplexer und die Bewertungsmöglichkeiten und Wettbewerbsvorgaben haben hierauf einen signifikanten Einfluss. Im folgenden Kapitel „Wettbewerbsresultate“ werden die SD-Häuser und die verbundene Dokumentation in Abhängigkeit zu den Wettbewerbsvorgaben betrachtet.

2.3 FAZIT DER WETTBEWERBSVORGABEN ZEIGT SICH AN DEN WETTBEWERBSRESULTATEN

Die SD-Häuser sind durch alle Wettbewerbe aufgrund der strengen Regeln zu einem hohen Maß vergleichbar. Die Abbildung 2.3-1 zeigt die Gemeinsamkeiten aller SD-Häuser. Die hieraus resultierende Vergleichbarkeit führt zusammen mit der bereits großen und stetig wachsenden Zahl an SD-Häusern zu einer unvergleichlichen Einzigartigkeit der Ergebnisse.

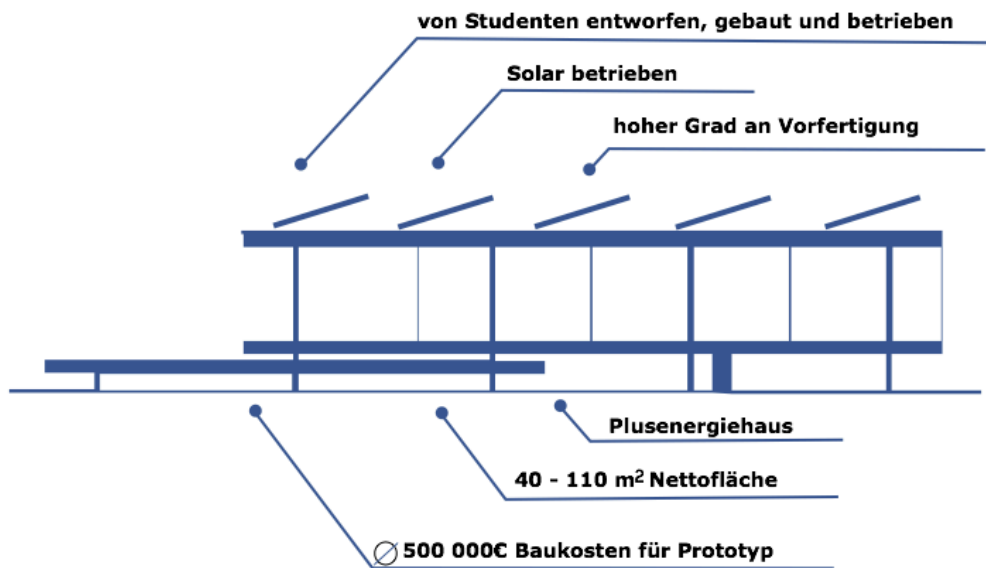


Abbildung 2.3-1: Dargestellt sind hier die grundlegenden Gemeinsamkeiten aller SD-Häuser. Die Häuser sind insbesondere in ihrer Größe, Art der Fertigung, Versorgung durch Solarenergie im Nutzungsbetrieb, Nutzung und ihrem Energiestandard vergleichbar.

Im SD-Wettbewerb werden immer Wohneinheiten mit einer Fläche zwischen 40m² und 70m² bei einem eingeschossigen SD-Haus und bis 110 m² bei einem zweigeschossigen SD-Haus gebaut (siehe Abbildung 2.3.-1). Auch wenn im SD EU 2021 die gebaute Einheit ein Ausschnitt eines Entwurfes für ein Haus mit mehreren Einheiten ist, bleibt das gebaute SD-Haus dennoch eine kleine, voll funktionsfähige und freistehende Wohneinheit. Alle SD-Häuser erfüllen den Netto-Null-Energiestandard (siehe Politikdialog 4.2.2.2). Zudem werden sie einzig über die Nutzung von Solarenergie und das SD-Stromnetz versorgt. Wobei jeder Strombezug aus dem Netz durch Einspeisung wieder ausgeglichen werden muss, um einen Punkteabzug zu vermeiden. Wie unter 2.2.2 dargelegt hat sich der SD weiterentwickelt, was auch die Wettbewerbsergebnisse beeinflusst. Die zeitliche und thematische Entwicklung der Wettbewerbe hat bisher nur wenige grundlegende Unterschiede hervorgebracht. Anhand der Unterschiede der SD-Häuser, die sich ausschließlich aus den Wettbewerbsvorgaben ergeben, lassen sich die SD-Häuser kategorisieren. Die Gemeinsamkeiten der SD-Häuser überwiegen die Unterschiede.

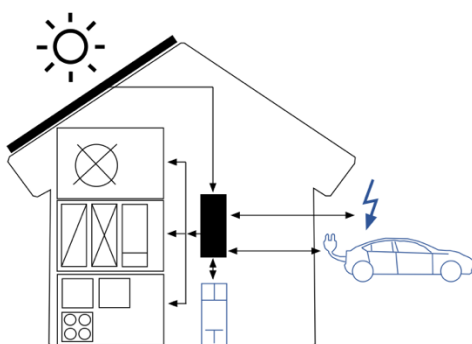


Abbildung 2.3-2: Die nebenstehende Abbildung veranschaulicht die Gemeinsamkeiten und Unterschiede der SD-Häuser. Unterschiede sind hier farblich markiert.

Es kann danach unterschieden werden, ob ein SD-Haus an ein Stromnetz angeschlossen ist oder nicht. Zudem waren nicht in allen SD-Wettbewerben Batterien in den Häusern zugelassen. Als weiteres Unterscheidungskriterium dient die Kombination aus Gebäude und Mobilität. Alle hier gewählten Kriterien beeinflussen die Möglichkeit der SD-Häuser die generierte Energie selbst zu verbrauchen und den eigenen Bedarf selbst zu decken.

Ein für den Gebäudebetrieb wichtiges Kriterium ist der aktive oder passive Betrieb der SD-Häuser. Während bis 2019 in allen SD-Wettbewerben die Häuser aktiv geheizt und gekühlt wurden, ist im SD EU 2021 ausschließlich

die passive Konditionierung erlaubt. Bereits in den Wettbewerben SD EU 2012, 2014 und 2019 durften die Häuser zu bestimmten Zeiten nur passiv konditioniert werden. Dieses Zeitfenster dauerte meist nicht länger als 2 von 10 Tagen. Der Einsatz passiver Technologien und die Steigerung der Energieeffizienz der SD-Häuser kann unter Einbeziehung der Häuser des SD EU 2021 Thema für zukünftige Forschungsarbeiten sein. In Tabelle 2.3-1 sind die Unterschiede der SD-Häuser gesammelt aufgelistet. Insgesamt lassen sich die SD-Häuser basierend auf den Wettbewerbsvorgaben zu nur sechs Kategorien zusammenfassen. Die Kategorien werden hier mit den Buchstaben A bis E bezeichnet. Die Kombination des SD-Hauses mit E-Mobilität wird hier als Unterkategorie gewertet und ist mit „m“ bezeichnet.

Tabelle 2.3-1: Unterschiede der SD Häuser, die direkt aus den Wettbewerbsvorgaben resultieren.

A_m: autarke Häuser im aktiven Betrieb, mit Versorgung eines E-Fahrzeuges,

B: Häuser mit Netzanschluss, ohne Batterie und rein aktiver Betrieb,

C: Häuser mit Netzanschluss, PV-Leistungslimitierung, rein aktiver Betrieb,

C_m: Häuser mit Netzanschluss, PV-Leistungslimitierung, aktiver Betrieb, mit Versorgung eines E-Fahrzeuges,

D: Häuser mit Netzanschluss, PV-Leistungslimitierung, aktiver und passiver Betrieb,

D_m: Häuser mit Netzanschluss, PV-Leistungslimitierung, aktiver und passiver Betrieb, mit Versorgung eines E-Fahrzeuges,

E: Häuser mit Netzanschluss, ohne Batteriespeicher, limitierte PV-Leistung, rein aktiver Betrieb

E_m: Häuser mit Netzanschluss, ohne Batteriespeicher, limitierte PV-Leistung, rein aktiver Betrieb, mit Versorgung eines E-Fahrzeuges,

F_m: Häuser mit Netzanschluss, PV-Leistungslimitierung, rein passiver Betrieb, mit Versorgung eines E-Fahrzeuges,

	Wettbewerb	Gebäude- netz- anschluss	PV Leistung limitiert	Batteriespeicher			E- Mobilität	Aktiver Gebäude- Betrieb	Passiver Gebäude- Betrieb
				notwendig	erlaubt	verboten			
A _m	US 2002			X			X	X	
A _m	US 2005			X			X	X	
A _m	US 2007			X			X	X	
B	US 2009	X				X		X	
C	EU 2010	X	X		X			X	
B	US 2011	X				X		X	
D	EU 2012	X	X		X			X	X
B	US 2013	X				X		X	
B	CN 2013	X				X		X	
D _m	EU 2014	X	X		X		X	X	X
B	US 2015	X				X		X	
B	LA 2015	X				X		X	
C _m	US 2017	X	X		X		X	X	
B	CN 2018	X				X		X	
E _m	ME 2018	X	X			X	X	X	
D _m	EU 2019	X	X			X		X	X
E	AF 2019	X	X			X		X	
B	LA 2019	X				X		X	
F _m	EU 2021	X	X		X		X		X

Anhand der in Tabelle 2.3-1 vorgeschlagenen Kategorisierung kann für die nachfolgenden Betrachtungen nach SD-Häusern mit entsprechender thematischer Ausrichtung gefiltert werden. Die Bandbreite reicht von autarken Häusern im rein aktiven Betrieb (A_m) hinzu netzreaktiven Häusern im rein passiven Betrieb (F_m). In diesem Rahmen, der sich zwischen dem ersten und dem aktuellsten SD aufspannt, finden sich Häuser mit Netzanschluss aber ohne Speicher (B, B_m) und Häuser mit Netzanschluss und Speichern (C, C_m) im rein aktiven Betrieb. Zudem gibt es Häuser mit Netzanschluss, limitierter PV Leistung, ohne Batterien im rein aktiven Betrieb (E, E_m) oder zeitweise im passiven Betrieb (D, D_m). Die hier dargestellten Unterschiede haben einen erheblichen Einfluss auf die Energieeffizienz der SD-Häuser und deren Möglichkeit auf das Versorgungsnetz zu reagieren. Beides soll in den folgenden Hauptkapiteln näher untersucht werden. Hierfür werden die SD-Häuser ausgewertet.

Die Möglichkeit, aufgrund der Wettbewerbsvorgaben die SD-Häuser in nur sechs Kategorien zusammenzufassen, verdeutlicht die hohe Vergleichbarkeit der Häuser. Insbesondere der Fokus auf den SD EU zeigt, dass die hierfür gebauten 66 SD-Häuser sich in nur zwei Kategorien zusammenfassen lassen. Die Häuser des SD EU 2021 werden eine eigene Kategorie bilden, da diese nur passiv betrieben werden dürfen.

In keinem anderen Kontext weltweit werden so viele vergleichbare Häuser gebaut. Diese Qualität des SD geht allerdings nach dem Event verloren. Denn nach nur zwei bis drei Wochen Eventzeitraum werden die Häuser am Eventstandort wieder abgebaut.

Nachnutzung

Vereinzelt wurden SD-EU-Häuser nachgenutzt. Die wenigen nach den Wettbewerben auffindbaren SD-EU-Häuser wurden meist am Hochschulstandort des jeweiligen Teams wiederaufgebaut und beforscht. Erstmals im SD ME 2018 (siehe Abbildung 2.3-3) sind vier Häuser auf dem Eventgelände verblieben, um an ihnen als Reallabor (Living Lab) Untersuchungen durchzuführen. Im Anschluss an das Event des SD EU 2021 (Corona bedingt verschoben auf 2022) ist ein Reallabor mit etwa der Hälfte der Häuser auf dem Wettbewerbsgelände geplant (Solar Decathlon Europe 21 2022a). Neben diesen beiden Beispielen bleiben langfristige Nachnutzungen der SD-Häuser an einem Standort eine Seltenheit. Hier sind vor allem der hohe Organisationsaufwand zum Betreiben und Warten der Häuser sowie das Vorhalten der Fläche hinderliche Faktoren (IEA EBC Annex 74 2022, p. 12)

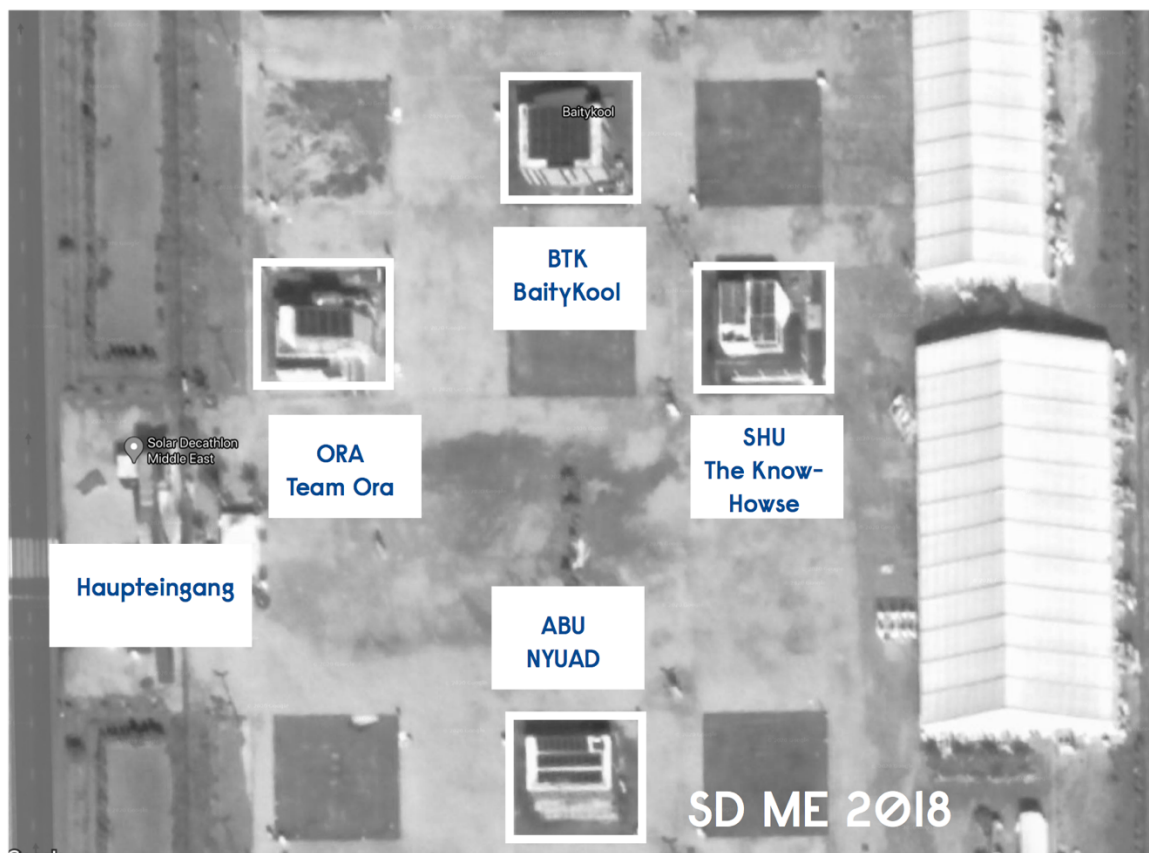


Abbildung 2.3-3: Google Earth Ansicht der auf dem Eventgelände verbliebenen Häuser des SD ME 2018. Für die geplante Nachnutzung von einem Jahr sind die Häuser BaityKool, Ora, Know Houwse und Nyuad auf dem Eventgelände verblieben. Abgerufen 07/ 2020.

Nach dem Event des SD ME 2018 sind insgesamt vier Häuser auf dem Eventgelände verblieben. Alle vier Häuser sollten etwa ein Jahr intensiv für Forschungszwecke genutzt werden. Intensives Monitoring und Einzelmessungen sollten hierfür sowohl zentral durch die Organisatoren als auch von den Teams selbst durchgeführt werden. Die Googleaufnahme zeigt die auf dem Eventgelände verbliebenen Häuser. Die Nachnutzung einzelner SD-Häuser am Heimatstandort der Teams hingegen ist verbreitet und eine Beschreibung ist Teil der Wettbewerbsabgaben (US Department of Energy 2015, sec. Appendix D). Auch im Anschluss der SD-EU-Wettbewerbe wurden einzelne Häuser in Reallaboren nachgenutzt. Beispiele hierfür sind die Häuser SD EU 2010 BUW und SD EU LOW3 (siehe S. 144). Die nachgenutzten SD-EU-Häuser unterscheiden sich teilweise in ihrer Nutzung stark von der Nutzungsart, die im Wettbewerb angelegt ist. In Europa ist die

Dokumentation der geplanten Nachnutzung oder eine Nachnutzung selbst nicht Teil der Wettbewerbsbewertung. In den US-Wettbewerben konnte so eine Nachnutzung nahezu aller Häuser sichergestellt werden. Von 135 gebauten Häuser bis zum SD US 2017 sind 114 und damit 85% als nachgenutzt aufgelistet (US Department of Energy).

Für die SD-EU-Wettbewerbe und -Häuser gibt es eine solche Übersicht nicht. Die Nachnutzungen wurden für die Statistik in Abbildung 2.3-5 recherchiert. Nur 36% aller Nachnutzungen sind noch auffindbar. Die fehlende Wettbewerbsauflage, die SD-Häuser nach dem Wettbewerb nachzunutzen, und die Schwierigkeiten, die eine Nachnutzung mit sich bringt, haben für die bisherigen SD-EU-Häuser zu einer geringen Nachnutzungsrate geführt. Hindernisse für die Nutzung des Hauses nach einem Wettbewerb sind das Finden und Finanzieren eines Standortes sowie der Aufwand, das Haus zu betreiben (IEA EBC Annex 74 2022, p. 10). Die Nachnutzung der Häuser sollte aus Nachhaltigkeitsaspekten grundsätzlich angestrebt werden. Hierfür hat sich die Integration von verbindlichen Nachnutzungskonzepten als Teil des Wettbewerbs im SD US als zielführend erwiesen. Die nachgenutzten SD-US-Häuser befinden sich an jeweils anderen Standorten, haben verschiedene Nutzungen und werden unterschiedlich betrieben. Die wenigen nachgenutzten SD-EU-Häuser unterscheiden sich, wie bei den SD-US-Häusern in ihrer Nachnutzungsart. Die für die Wettbewerbe SD EU und SD US als Wohnhäuser konzipierten Häuser wurden nur selten in dieser Form nach dem Wettbewerbsevent genutzt. Die Art der Nachnutzung und auch der Standort unterscheiden sich zwischen den EU- (Abbildung 2.3-5) und US- (Abbildung 2.3-4) Wettbewerben. Während im SD US etwa 66 % der nachgenutzten Häuser auf den Campus der Heimatuniversität zurückkehrten, wurden in Europa von den wenigen noch lokalisierbaren Projekten¹² nur 40% auf dem Campus nachgenutzt. 51% der US-Häuser wurden verkauft und am Standort des Käufers wiederaufgebaut. In Europa ist auch dieser Anteil mit 15% signifikant kleiner. Hier wurde ein Teil der nachgenutzten Häuser vom Hochschulteam am Heimatstandort nachgenutzt aber nicht auf dem Campus. Eine Erklärung hierfür sind die grundsätzlichen Unterschiede zwischen den Universitäten in Europa und den USA. Die SD-EU- und US-Häuser wurden entweder als Wohnhaus, als Büro, als Ausstellungsraum oder als Forschungseinrichtung nachgenutzt. Als Wohnnutzung wurden auch Hotelnutzungen gezählt. Die Verteilung der Nachnutzungsarten unterscheidet sich zwischen Europa und den USA. Während in den US 29% als Wohnhaus, 22% als Büro, 37% als Ausstellungsraum und 30% als Forschungseinrichtung nachgenutzt wurden, wurden in Europa 11% als Wohnhaus, 7% als Büro, 13% als Ausstellungsraum und 26% als Forschungseinrichtung nachgenutzt (Abbildung 2.3-4 und 2.3-5).

¹² Zum Recherchezeitpunkt 2020 sind nur noch wenige Projektwebseiten oder Social-Media-Seiten der Teams online. Diese stellen nahezu die einzigen Quellen zum Nachvollziehen der Nachnutzungen dar. Bisher wurde über die Nachnutzung der Häuser nicht in der Fachpresse publiziert.

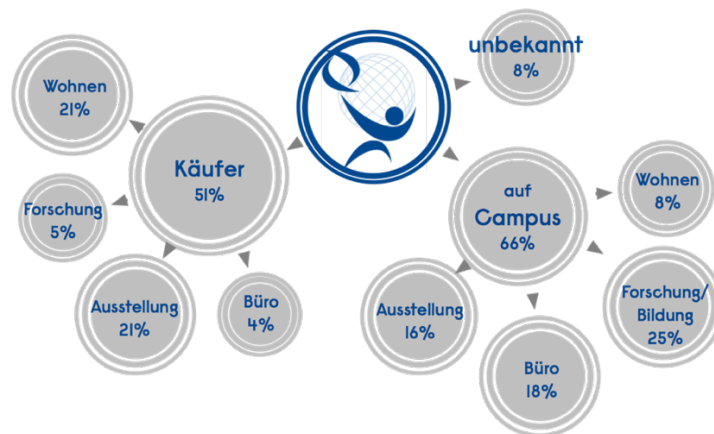


Abbildung 2.3-4: Statistik über die Art und den Standort der Nachnutzung aller bisherigen SD-US-Häuser der Wettbewerbe SD US 2005 bis 2017. Für diese sieben Wettbewerbe wurden insgesamt 121 Häuser gebaut. Von allen SD-US-Häusern ab dem Wettbewerb 2005 ist die Nachnutzung bekannt. Die Prozentangaben beziehen sich auf die absolute Anzahl der SD-Häuser. Einige Häuser wurden in mehreren Funktionen nachgenutzt, was hier zu höheren Prozentangaben führt. ¹³(US Department of Energy)

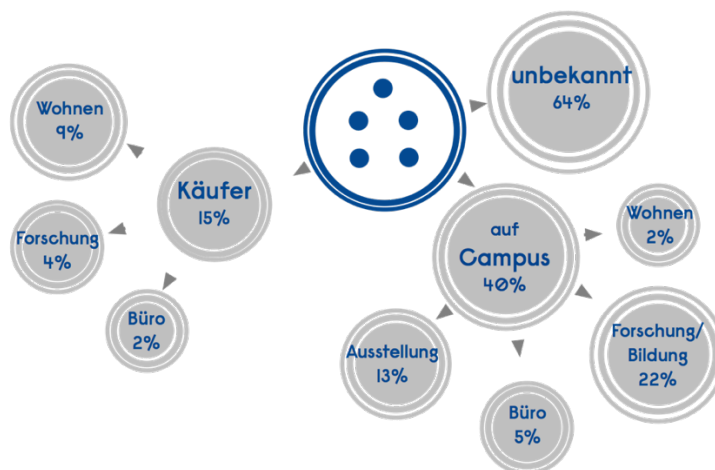


Abbildung 2.3-5: Statistik über die Art und den Standort der Nachnutzung aller bisherigen SD-EU-Häuser der Wettbewerbe SD EU 2010 bis 2014. Für diese drei Wettbewerbe wurden insgesamt 55 Häuser gebaut. Die Prozentangaben beziehen sich auf die absolute Anzahl der SD-Häuser. Einige Häuser wurden in mehreren Funktionen nachgenutzt, was hier zu höheren Prozentangaben führt. Beispielsweise wurden Häuser zunächst auf dem Campus genutzt und später verkauft oder extern nachgenutzt.

Quelle: Siehe Tabelle Nachnutzung im Anhang 9.2 ab S 193.

Die einzigartige Vergleichbarkeit der SD-Häuser geht in der Nachnutzungsphase verloren. Dennoch werden diese für Forschungszwecke eingesetzt.

SD-Dokumentation

Neben den eigentlichen SD-Häusern sind die Dokumentationen der Häuser und des Wettbewerbs ein Resultat des Wettbewerbs. Die Dokumentationen sind im Gegensatz zu den Häusern langlebige Resultate.

Beispielsweise sind Dokumentationen des SD US 2005 teilweise vorhanden. Allerdings sind allein die Beschreibungen der SD-Häuser, die die Teams für den Wettbewerb anfertigen mussten, mit durchschnittlich

¹³ Mehrere Nachnutzungen kamen in den USA dadurch zu Stande, dass mehr als die Hälfte der Häuser nach dem Wettbewerb zunächst für eine begrenzte Zeit auf dem Campus der Heimatuni genutzt wurden und anschließend verkauft und an einem anderen Standort genutzt wurden.

800¹⁴ Seiten sehr umfangreich. Dieser Umfang an vorhandener Dokumentation ist aufgrund von nicht einheitlichen Dokumentationsstrukturen nur schwer zugänglich. Im nachfolgenden Hauptkapitel „Forschungsdialog“ sollen die Wettbewerbsresultate auf ihre Verwendbarkeit für Forschungszwecke geprüft werden. Basierend auf den dort ermittelten Erkenntnissen sollen Optimierungen insbesondere der Dokumentation vorgeschlagen werden, die im Kapitel „Knowledge Platform“ detailliert beschrieben werden.

2.4 FAZIT SD-CHARAKTERISIERUNG

Der SD ist ein einzigartiger Wettbewerb im Bausektor. In keinem anderen Kontext wird eine derart große Anzahl an vergleichbaren Häusern gebaut, die zudem noch umfassend untersucht und dokumentiert werden. Die Zielgruppen des SD sind Studierende und Hochschulangehörige sowie die interessierte Öffentlichkeit. Für die teilnehmenden Teams bietet sich durch den SD ein weltweit einzigartiges Bildungsangebot im Bausektor. Nur im SD können Studierende Häuser planen, bauen und betreiben und sich somit ein umfassendes Wissen zum Bau, Betrieb und zur Performance von Gebäuden und Gebäudeteilen aneignen. Der interessierten Öffentlichkeit ermöglicht das SD-Event Einblicke in innovative Bau- und Betriebsweisen von Wohnhäusern. Der SD kann so wichtige Kommunikationsarbeit von Klimaschutzziele im Bausektor an mögliche Bauherren und Nutzer von Gebäuden übernehmen.

Der Aufwand, der mit jedem SD-Wettbewerb verbunden ist, ist hoch. Eine Ausweitung der Nutzung für weitere Zielgruppen sollte demnach angestrebt werden. Zur Bewertung, welche Zielgruppen in Frage kommen, sollen die Stärken, Schwächen sowie Chancen und Risiken des SD, die aus dem bisher existierenden Wettbewerbsvorgaben und Entwicklungen resultieren, ausgewertet werden (siehe Tabelle 2.4-1 SWOT Analyse).

Tabelle 2.4-1: SWOT Analyse des SD. Die Nummerierungen in eckigen Klammern verweisen auf eine mögliche Relevanz für die SD-Zielgruppen und finden sich in der textlichen Ausführung unterhalb dieser Übersichtstabelle wieder.

Stärken	Schwächen
<ul style="list-style-type: none"> • Adressiert die interessierte Öffentlichkeit (Zielgruppe ohne fachspezifisches Wissen) [2] • Praxisnahe Ausbildung für Teams [1] • Kontakte zur Wirtschaft [1] • Innovationsförderung [3] • Netzbildung [1,3,4,5] • Große Anzahl an vergleichbaren und umfangreich dokumentierten Gebäuden [3] • Internationale Teilnehmer und Austragungsorte • Frei zugänglich • Umfassende Dokumentationen 	<ul style="list-style-type: none"> • Aufwendig für Organisatoren und Teilnehmer [1] • Möglicher Misserfolg für Teilnehmer und Organisatoren [1] • Keine aktive Zusammenarbeit mit externen Akteuren (aus dem Bausektors, der Politik und der Forschung) [1,3,4,5] • Bauaufgaben mit limitierter Praxisrelevanz (bisher freistehende Einfamilienhäuser, aber Tendenz zu urbanen Aufgaben) – [2,5] • Großes und teils unüberschaubares Dokumentationsvolumen [3]
Chancen	Risiken
<ul style="list-style-type: none"> • Mögliche Zusammenarbeit aller Akteure des Bausektors, der Politik und der Forschung [1,3,4,5] • SD-Ergebnisse könnten für Forschungsprojekte verwendet werden [1,3,4,5] • Bestehende Gebäude, Sanierungen und Konzepte für urbane Strukturen könnten Wettbewerbsaufgaben werden [2,4,5] • Ausbau der Nutzungsdauer für Untersuchungen (wie nach dem SD EU 2021) [3] 	<ul style="list-style-type: none"> • Sinkendes Interesse der Öffentlichkeit [2] • Kritik, dass der Grad an Innovationen abnimmt [2,3] • Hohe finanzielle Verluste [1] • Limitierte Verwendbarkeit der Ergebnisse für Forschungsprojekte (kurzer Zeitraum, bedingte Zugänglichkeit für externe Forscher) [3]

¹⁴ durchschnittliche Seitenzahl aller SD-EU-Projektmanuals von 2010 bis 2014, alle PM stehen zum Download hier: (Hendel, University of Wuppertal 2018)

In der SWOT Analyse des SD sind mögliche Zielgruppen mit den Zahlen eins bis fünf markiert. Die Zielgruppe „1“ beschreibt die teilnehmenden Hochschulteams und die Zielgruppe „2“ beschreibt die interessierte Öffentlichkeit.

Der SD kann einen Mehrwert für Forschungsvorhaben „3“ haben. Insbesondere für Gebädeforschung an Testobjekten bietet der SD eine einmalig hohe Anzahl an Testobjekten. Je Wettbewerb stehen 14 bis 22 vergleichbare Häuser für mindestens 10 Tage auf dem Eventgelände. Neben dem einheitlichen Standort haben alle Häuser eine klar definierte Mindest- und Maximalgröße sowie Anzahl und Art der Nutzer. Außerdem ist ein umfangreiches und einheitlich durchgeführtes Monitoring Teil jedes Wettbewerbs. Jedes Haus muss von den Teams vollständig dokumentiert werden.

Das durchgeführte Monitoring würde eine übergreifende Auswertung zulassen, liefert aber in der Regel nur Daten für etwa 10 Tage.

Die Verwertbarkeit von SD-Daten in Gebädeforschungsprojekten ist noch begrenzt, hat aber das Potenzial ausgebaut werden zu können. Eine detaillierte Analyse der Nutzbarkeit des SD in Forschungsprojekten findet sich in Kapitel 6 Forschungsdialog.

Im SD US war und ist der SD eng mit der politischen Institution Department of Energy verbunden. In Europa gibt es eine solche enge Zusammenarbeit und Wechselbeziehung so nicht. Dabei ist ein Mehrwert für die europäische Klima- und Energiepolitik „4“ denkbar. In den USA ist der erste SD aus der Idee entstanden, ein öffentlichkeitswirksames Event zu nutzen, um politische Ziele der Bevölkerung näherzubringen. Eine Analyse des Potenzials für die Verbindung von Politik und SD in Europa findet sich im Kapitel 4 Politikdialog.

Für Experten des Bauwesens „5“ liegt der Mehrwert des SD in der Demonstration innovativer Konzepte.

Besonders hervorzuheben ist, dass die demonstrierten Häuser und Lösungen beeinflusst sind vom kulturellen und bautechnischen Hintergrund der internationalen Teams. Insbesondere das Zusammentreffen von Teams unterschiedlicher Herkunftsregionen gibt einen Überblick über die unterschiedlichen Herangehensweisen. Ein Austausch über Unterschiede und Gemeinsamkeiten bezogen auf Design, Vorgaben und Baupraxis ist als klarer Mehrwert für die Experten des Bauwesens hervorzuheben. Wie bereits oben (siehe 2.1.1) beschrieben, ist die Idee, internationale Fachleute zusammenzubringen, um in einem gemeinsamen Rahmen Bauaufgaben zu lösen und diese auszustellen, nicht neu. Der SD bewegt sich hier in der Tradition der internationalen Bauausstellung, allerdings mit dem signifikanten Unterschied, dass im SD die Funktion und nicht nur das reine Bauwerk präsentiert wird.

In der deutschen Fachpresse finden sich Artikel über den SD bezogen auf das Event oder einzelne Häuser beispielsweise in der XIA, Detail oder Bauwelt. Allerdings ist der Bekanntheitsgrad in Deutschland eher klein. Von 16 befragten Architekten kannten nur 8 den SD und nur 6 haben ein solches Event besucht (siehe Umfrageauswertung Kapitel 3.2.4.2 Umfrageblock 1). Eine detaillierte Analyse des Potenzials der Verbindung der SD zur Baufachwelt und Praxis und die Möglichkeiten, dieses zu nutzen, findet sich im Kapitel 5 Praxisdialog.

Zusammengefasst lässt sich festhalten, dass bislang nur die Zielgruppen Öffentlichkeit und Teams im Fokus des SD stehen und umfangreich adressiert werden. Eine Ausrichtung auf weitere Zielgruppen bietet ein großes Entwicklungspotential für den SD. Bei einer Optimierung des SD für weitere Zielgruppen darf das Interesse der interessierten Öffentlichkeit und der teilnehmenden Teams nicht vernachlässigt werden. Denn das Ansprechen der interessierten Öffentlichkeit ist der Ursprung des SD.¹⁵ Hier ist insbesondere das Event am Ende ein wichtiger Bestandteil des Wettbewerbs. Der unkomplizierte Zugang zu anschaulichen Beispielen von innovativen Möglichkeiten zukünftigen Bauens ist eine wesentliche Bildungsinitiative des SD, die sich an interessierte Besucher richtet (Lockheed Martin Energy Solutions Group 2012, para. Tabelle ES1). Der Bildungseffekt des SD für die Öffentlichkeit geht im Wesentlichen aus dem Event hervor. Für die teilnehmenden Teams muss der SD interessant und machbar bleiben, da ohne sie dieser Wettbewerb nicht möglich ist. Eine Befragung der Teams zu möglichen Optimierungen und Änderungsvorschlägen sollte nach

¹⁵ Zitat SD US Webpage: „Educate the Public“ (US Department of Energy 2019)

jedem Wettbewerb durchgeführt werden. Eine erste Umfrage wurde bereits während des SD US 2015 und des SD ME 2018 durchgeführt (siehe Kapitel 3.2.4.1 Interview).

Dass der SD ein Hochschulwettbewerb ist, vereint vor allem zwei Vorteile: Im Event durchlaufen die teilnehmenden Studenten eine einmalige Ausbildung in der Wettbewerbszeit. Zweitens wird den Besuchern des SD signalisiert, dass die präsentierten Konzepte machbar sind, da Studenten und nicht Experten diese entwickelt und umgesetzt haben.

Mögliche Optimierungen des SD sollten die Stärken und Chancen des Wettbewerbs nutzen und weiter ausbauen. Die hier erstellte SWOT Analyse zeigt Potenziale, die vorhandenen Stärken insbesondere für die Zielgruppen Forschung, Baupraxis und Politik weiter ausbauen zu können. In den folgenden Kapiteln sollen für jede dieser Zielgruppen Potenziale detailliert aufgedeckt und Optimierungen vorgeschlagen werden.

Kapitel 3 Thesen und Methoden

Zur Nachweisführung, dass der SD aufgrund seiner Einzigartigkeit auch außerhalb des Wettbewerbsrahmens relevant ist, werden drei Hauptthesen aufgestellt.

Literaturrecherchen, Umfragen, Interviews, Simulationen, Vergleiche und Berechnungen werden eingesetzt, um die Relevanz des Solar Decathlon nachzuweisen.

3 THESEN UND METHODEN

3.1 HYPOTHESEN

Der SD ist ein bewehrter Wettbewerb, der internationalen Hochschulteams einmalige Entwicklungsmöglichkeiten bietet. Bereits seit 2002 bringt der SD der interessierten Öffentlichkeit die Möglichkeiten des energieeffizienten und zukunftsfähigen Bauens nahe. In dieser Arbeit wird argumentiert, dass im SD bereits jetzt das Potenzial angelegt ist, auch einen Nutzen abseits des Wettbewerbs zu haben. Dies wird mithilfe von Vergleichen zwischen dem SD und den aktuellen Entwicklungen und Arbeitsweisen von drei ausgewählten Zielgruppen diskutiert.

Die zentrale Frage für eine Optimierung des SD mit dem Ziel der Nutzungserweiterung ist, ob der SD für weitere Zielgruppen gewinnbringend eingesetzt werden kann. Da diese Frage im Detail nur zielgruppenspezifisch beantwortet werden kann, wurden zunächst im Kapitel 2.1 mögliche neue Zielgruppen definiert. Dieser Hauptfrage soll am Beispiel von den definierten Zielgruppen Politik, Praxis und Forschung auf den Grund gegangen werden. Hierfür wurden folgende Hypothesen formuliert:

Hypothese:

1. Wenn ein Dialog zwischen Politik und SD ausgebaut wird, kann die Klimapolitik¹⁶ von den Erkenntnissen des SD profitieren und den SD auch gezielt als Testplattform für die Klimaschutzbestrebungen nutzen. (Kapitel Politikdialog)
2. Wenn die Wahrnehmung des SD in der Baufachwelt durch eine optimierte Kommunikation gestärkt wird, dann können sich erfolgreiche Strategien der Teilnehmer zum klimagerechten Bauen auch in der Praxis etablieren. (Kapitel Praxisdialog)
3. Wenn die Zugänglichkeit zu Dokumentationen und SD-Häusern verbessert wird, dann können die SD-Ergebnisse für Forschungsprojekte genutzt werden. (Kapitel Forschungsdialog)

Es soll nachgewiesen werden, dass der SD den politischen Bestrebungen und Umsetzungen der Baupraxis voraus ist und sich somit besonderes für aktuelle Forschungsprojekte anbietet. Die Zielgruppen können von einem Dialog mit dem SD profitieren und somit die notwendigen Entwicklungen in Politik, Praxis und Forschung beschleunigen. Detaillierte Vergleiche zwischen den Zielgruppen und dem SD sollen hierfür Aufschluss über das Potential von Dialogen geben.

3.2 METHODEN

3.2.1 EINLEITUNG METHODEN

Eine umfassende Querschnittsanalyse des SD mit dem Ziel, Möglichkeiten zur Reichweiten- und Zielgruppenerweiterung aufzudecken, wurde erstmalig für die vorliegende Arbeit und die zugrunde liegenden Forschungsprojekte durchgeführt. Zu den Methoden, die nachfolgend detailliert beschrieben werden, gehörten die Datensammlung und Aufbereitung der vorhandenen SD-Dokumentationen, ergänzende Literaturrecherchen, Interviews und Umfragen, sowie einzelne Simulationen und Rechnungen. Ziel der eingesetzten Methoden ist das Herausstellen von Dialogschnittstellen zwischen dem SD und den identifizierten Zielgruppen.

¹⁶ Hier in der Arbeit liegt der Fokus auf der deutschen Klimapolitik.

3.2.2 LITERATURRECHERCHE/DOKUMENTATIONS-AUSWERTUNG

Für den SD gibt es eine herausfordernde Menge an Dokumentationen. Eine Aufbereitung dieser Dokumentation ist für die hier vorliegende Arbeit grundlegender Bestandteil. Dabei liegt der Fokus auf dem SD EU. An diesem haben bisher in vier Wettbewerben 68 Teams teilgenommen. Von 66 Teams sind die Dokumentationen auswertbar. Diese haben durchschnittlich 800 Seiten Projektbeschreibung in Form eines „Project Manuals“ produziert. Ergänzt wurden diese Beschreibungen durch Projektzeichnungen. Von Seiten der SD-Organisatoren gibt es zu jedem Wettbewerb ein umfassendes Regelwerk, welches den Rahmen und die Zielsetzungen des jeweiligen Wettbewerbs beschreibt. Die Auswertung der Regelwerke ist hinsichtlich der Deutung von Entwicklungen in der Zielsetzung und Umsetzung der SD-Häuser wichtig. Ergänzt werden diese Primärquellen durch zwei Bücher über den SD EU 2010 und 2012, die von den Organisatoren geschrieben wurden (Vega Sánchez 2011), (Vega Sánchez, Solar Decathlon Europe Competition, Challenges, Madrid 2012). Zusätzlich wurde über den Wettbewerb SD EU 2012 und dessen Häuser eine eigene Reihe im Journal „Energy and Buildings“ veröffentlicht (Vega Sánchez, Rodriguez Ubiñas 2014). Insgesamt war somit ein Volumen von 53400 Seiten Primärquellen zu bewältigen. Diese setzen sich zusammen aus 52.000 Seiten Teamdokumentation, 700 Seiten Regelwerk und 700 Seiten Veröffentlichungen durch Organisatoren und Teams. Für die Sammlung, Strukturierung und Filterung dieses Dokumentationsvolumens wurde eigens eine Datenbank entwickelt.

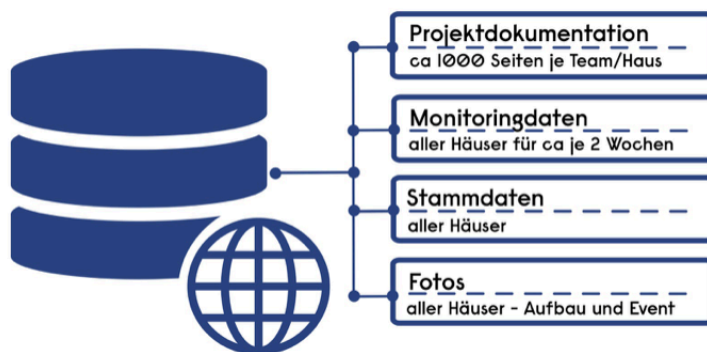


Abbildung 3.2.2-1: Darstellung des Grundkonzeptes der SD-Datenbank. Hier dargestellt sind die unterschiedlichen Daten über den SD aus Primärquellen, die in der Datenbank abgelegt und dort strukturiert sind. Die Datenbank ist online zugänglich unter:

<https://building-competition.org>

Die Datenbank „Building – Competition“ wurde im Rahmen des hier zu Grunde liegenden Forschungsprojektes entwickelt und im Rahmen des IEA EBC Annex 74 erweitert und optimiert. Diese Datenbank ist nicht nur Arbeitswerkzeug für die hier vorliegende Arbeit, sondern soll auch zukünftigen Teams, Organisatoren und vor allem Forschern dienen. Mit Bezug auf einen möglichen Dialog zwischen Gebäudeforschung und dem SD, wird die Datenbank im Kapitel 7 K“nowledge Platform“ weiter detailliert. Der Entwicklungsstand der Datenbank zum Ende des hier zu Grunde liegenden Forschungsprojektes ist als digitale Kopie dieser Arbeit angehängt (Entwicklungsstand SD KP siehe digitale Abgabe). Die aktuelle und weiterentwickelte Version ist online frei zugänglich. Für die Auswertung der vorliegenden Dokumentation konnten aufgrund der uneinheitlichen Dokumentationsstrukturen der Primärquellen keine automatischen Filter eingesetzt werden. Die verwendeten Informationen, die sich aus den Dokumentationen gewinnen ließen, sind entweder mit Einzelnachweisen versehen oder beziehen sich auf eine händisch zusammengestellte Informationsübersicht (siehe Anhang S. 199 - 247). Neben den Primärquellen zum SD wurden auch verfügbare Sekundärquellen ausgewertet. Hier sind insbesondere Berichterstattungen über den Wettbewerb zu erwähnen.

Ziel dieser Arbeit ist es, mögliche Dialogschnittstellen zwischen dem SD und den neuen Zielgruppen Politik, Praxis und Forschung aufzudecken. Hierfür waren umfassende Recherchen dieser Zielgruppen notwendig. Die ausgewählten Zielgruppen werden in den nachfolgenden Hauptkapiteln zunächst charakterisiert und anschließend mit dem SD verglichen. Im Fokus stehen hierbei die Arbeitsweisen, Ziele und Akteure. Als Quellen für die Charakterisierung der Zielgruppe Politik dienten vorwiegend internationale Abkommen, Gesetze, Verordnungen und Richtlinien. Ergänzt wurde diese Analyse durch Statistiken zu den Umsetzungserfolgen der politischen Klimaschutzmaßnahmen in Europa und Deutschland.

Die Recherche der Umsetzungen des Klimaschutzes im Bauwesen, praxisüblicher Bauweisen, sowie technischer Umsetzungen und Nutzungsprofile in Deutschland diente als Grundlage für die Dialogauswertung im Kapitel 5

„Praxisdialog“. Hauptquelle für das Kapitel Praxisdialog waren demnach Statistiken zu Umsetzungen bestimmter Maßnahmen und Literatur über die Baupraxis in Deutschland. Im Gegensatz zur SD-Dokumentation und Gesetzestexten, waren die Statistiken und Veröffentlichungen zu Umsetzungen in der Baupraxis überwiegend Sekundärquellen.

Für die Auswertungen im Kapitel Forschungsdialog wurden Ausführungen zu Vorgehensweisen in der Gebäudeforschung, welche im Rahmen des IEA EBC Annex 58 erarbeitet wurden, als Grundlage für die Zielgruppe Forschung verwendet. Veröffentlichungen über Forschungstätigkeiten am Wettbewerb oder den Häusern wurden für den SD umfassend ausgewertet. Übersichten zu den recherchierten Veröffentlichungen finden sich im Kapitel 6 „Forschungsdialog“. Als Grundlage für die Entwicklung der Datenbank dienten die eigenen Erkenntnisse aus der Forschungsarbeit für die hier vorliegende Arbeit. Die daraus resultierende Struktur der Datenbank soll insbesondere der Forschungszielgruppe dienen (siehe Kapitel 7 „Knowledge Platform“). Unterstützt wird dieser Mehrwert für die Forschungszielgruppe durch das Einbeziehen vorhandener Veröffentlichungen über den SD in der Datenbank.

3.2.3 RECHNUNGEN UND SIMULATIONEN

Die umfangreichen Literaturrecherchen und anschließenden Vergleiche zwischen Politik, Praxis und SD haben Fragen nach der Klimaverträglichkeit oder den Umsetzungserfolgen von Klimaschutzmaßnahmen aufgeworfen. Zum einen werden im nachfolgenden Kapitel „Politikdialog“ die klimapolitischen Maßnahmen und die SD-Regeln auf ihre Effektivität überprüft. Hierfür werden die gesetzten Ziele mit dem erreichten Fortschritt verglichen. Vonseiten der Politik soll Klimaschutz im Bauwesen durch die Erhöhung der Energieeffizienz von Gebäuden und den steigenden Einsatz von Erneuerbaren Energien erreicht werden. Die politischen Ziele beziehen sich auf die Jahre 2030 und 2050. Mittels logarithmischer Hochrechnung des bisherigen Fortschritts lässt sich der mögliche Erfolg der geltenden Maßnahmen und Vorgaben ermitteln.

Hochrechnungen werden auch für den Vergleich von Baupraxis und SD eingesetzt. Vor allem der steigende Flächenverbrauch durch kontinuierlich wachsenden Wohnraum lässt sich so verdeutlichen. Der Fokus im Kapitel Praxisdialog liegt auf den baulichen und technischen Umsetzungen. Deren Erfolg ist insbesondere vom Klima abhängig. Aufgrund der Besonderheit, dass im SD Teams aus aller Welt für einen Wettbewerbsstandort Häuser entwerfen und bauen, ist eine Simulation von Klimaeinflüssen auf Wohngebäude, die einem typischen SD-Haus entsprechen, notwendig. Hierfür wurden die Klimaeinflüsse auf ein Wohnhaus mithilfe des Simulationsprogramms SimRoom und Wetterdatensätzen aus der Meteororm-Datenbank simuliert. Hierbei wurde ermittelt, zu welchem zeitlichen Anteil dieses Gebäude am simulierten Standort gekühlt oder beheizt werden muss (siehe Anhang 9.4 Abbildung A 9.4.2-1). Diese Übersicht verdeutlicht zum einen die Schwierigkeit für die teilnehmenden Teams, ein Gebäude für eine teilweise andere Klimazone als die eigene zu entwickeln. Zum anderen ist die hier gewonnene Erkenntnis wichtig für die Interpretation der Ergebnisse. Denn die Häuser mussten nicht nur am Eventstandort funktionieren, sondern auch am Heimatstandort, was zwangsweise zu Kompromissen in den Konzepten führt.

Die Hauptmethode der hier vorliegenden Arbeit ist die Recherche von Literatur und Dokumentationen. Rechnungen und Simulationen wurden hier ausschließlich ergänzend eingesetzt.

3.2.4 UMFRAGE UND INTERVIEW

In den vier Hauptkapiteln der Arbeit werden neben den oben genannten Hypothesen weitere Thesen geprüft. Während der Projektarbeit im Forschungsprojekt „European Energy Endeavour- SDE Dokumentation und Querschnittsanalyse“, der Mitarbeit am IEA EBC Annex 74 und aus Gesprächen mit teilnehmenden Teams und SD-Organisatoren kristallisierten sich Thesen heraus, die die Machbarkeit und Sinnhaftigkeit des SD-Wettbewerbs teils kritisieren und teils bestätigen. Diese Thesen wurden in Interviews mit teilnehmenden Teams und in einer Onlineumfrage überprüft. In der Onlineumfrage wurde entsprechend der hier in der Arbeit gewählten Zielgruppen Politik, Praxis und Forschung nach Befragungsgruppen unterschieden. Es wird angenommen, dass nur bestimmte Personengruppen sinnvoll Fragen zu den Themen der jeweiligen Hauptkapitel beantworten können. In den Hauptkapiteln werden Optimierungen vorgeschlagen, die den SD und dessen Ergebnisse attraktiver für die Baufachwelt, die Forschung sowie für die europäische Klimapolitik machen sollen. Ziel der Umfrage ist es, zu belegen, dass es für die jeweilige Zielgruppe ein Nutzungspotenzial des SD gibt, dieses noch nicht ausgeschöpft wird und eine vorgeschlagene Optimierung als sinnvoll erachtet wird.

Die Umfrage kann nur eine Stichprobe und keine repräsentative Umfrage sein.

Der Onlineumfrage vorgelagert waren Interviews mit teilnehmenden SD-Teams während des SD US 2015 in Irvine und des SD ME 2018 in Dubai. Die Teaminterviews sind als Stimmungsbarometer zur Machbarkeit der Wettbewerbsaufgaben für die Teams angelegt. Da die Teams die Hauptzielgruppe des SD sind und sie den maßgeblichen Anteil der Arbeit leisten, muss für die Teams eine Machbarkeit aller vorgeschlagenen Optimierungen gewährleistet werden.

3.2.4.1 INTERVIEW:

Die Teams des SD US 2015 und SD ME 2018 wurden bezüglich ihrer Erfahrungen im SD interviewt.

Während die Befragungen 2015 zunächst dazu dienten, die Arbeitsweisen der Teams und Beweggründe für die Teilnahme an einem SD kennenzulernen, fokussierte die Befragung 2018 bereits die Machbarkeit des Wettbewerbs und mögliche Optimierungen aus Sicht der Teams. Insgesamt wurden 24 Teams befragt. Dabei wurden 12 Teams je Wettbewerb befragt. Teilgenommen haben am SD US 2015 15 Teams und am SD ME 2018 14 Teams. Es wurden vor Ort nicht alle Teams befragt, da zum Zeitpunkt des Events einige Teams ihre Häuser noch nicht fertiggestellt hatten und daher mit massiven Punkteinbußen in die Wettbewerbsbewertung gestartet sind. Damit dieser Wettbewerbsnachteil aufgrund von Punkteverlusten nicht die Umfrageergebnisse verfälscht und weil diese Teams zudem während der Interviewdurchführung aufgrund der andauernden Bauarbeiten keine Zeit hatten, wurden diese Teams von den Interviews ausgeschlossen.

Grundlegende Unterschiede zwischen den befragten Teams können die Antworten beeinflussen. Ein essenzieller Unterschied zwischen dem SD US 2015 und dem SD ME 2018 ist die Herkunft der Teams. Während alle SD-US-Teams in 2015 aus den USA stammen mussten oder zumindest ein Teil des Teams von einer US Universität komme musste, waren hingegen die Teams im SD ME 2018 international. Begründet durch die Lage des SD ME in 2018 kamen die dort teilnehmenden Teams vermehrt aus dem arabischen Raum und Asien. Somit sind grundlegende kulturelle Unterschiede und Unterschiede in der Organisationsstruktur der Teams und deren Universitäten zu erwarten. Bei der Frage nach den Beweggründen für eine Teilnahme am SD zeigen sich diese Unterschiede bereits.

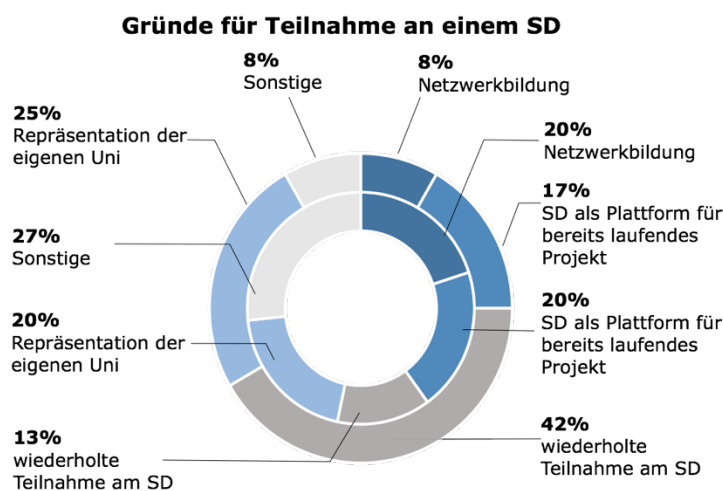


Abbildung 3.2.4.1-1: Gründe warum Teams an einem SD teilgenommen haben.

Hierzu wurden die Teams des SD US 2015 und des SD ME 2018 befragt. Der äußere Ring zeigt die Antworten beim SD US 2015 und der innere Ring zeigt die Antworten beim SD ME 2018.

In den Interviews wurden die Teams zuerst danach gefragt, warum sie an einem SD teilgenommen haben. Die Antworten zu dieser Frage sollen Aufschlüsse darüber geben, wie Teams und Universitäten auch zukünftig für den SD gewonnen werden können. Denn neben dem Erschließen neuer Zielgruppen ist es essenziell, den Wettbewerb attraktiv und machbar für die Teilnehmer zu gestalten.

Die Antworten zu den Beweggründen für eine Teilnahme am SD unterschieden sich zwischen dem SD US 2015 und SD ME 2018 in einem Punkt signifikant. Es zeigt sich deutlich, dass der SD US bereits 2015 eine lange Tradition hatte und an einigen Universitäten etabliert war. Denn 42% der US Teams gaben 2015 an, dass ihre Universität bereits zuvor an einem SD teilgenommen hat. Die weiteren Gründe (siehe Abbildung 3.2.4.1-1) für eine Teilnahme am SD wurden gleichermaßen genannt. Hierbei wurde mit einer Häufigkeit von je 20% genannt,

dass die Teams bereits ein Projekt hatten und den SD als Präsentationsplattform genutzt haben. Zudem war die Präsentation der eigenen Universität ein Beweggrund für eine Teilnahme.

Neben den Gründen, warum Teams sich entschieden haben, am SD teilzunehmen, ist mit wachsender Anzahl an durchgeführten SD-Wettbewerben der Grund, warum Teams an einem bestimmten SD teilnehmen, wert untersucht zu werden. Während der Umfragen in 2015 war die Fragestellung noch nicht relevant, da zu diesem Zeitpunkt zwischen den SD-Events in der Regel noch ein bis zwei Jahre lagen und nur der SD US zuverlässig in regelmäßigen Abständen durchgeführt wurde. Bereits 2018 war allerdings absehbar, dass in den Folgejahren bis zu drei Events im Jahr stattfinden würden. Denn der SD EU konnte durch die European Energy Endeavour Foundation als regelmäßiges Event etabliert werden. Außerdem wurden neben dem SD CH und LA auch noch der SD ME und SD AF begründet. Einige Teams haben während der Interviews 2018 angegeben, dass sie sich für den SD ME aufgrund der Lage oder auch der Vereinbarkeit eines eigenen Projektes mit den Wettbewerbszeiten entschieden haben. Hier ist zu erwähnen, dass einige Teams angemerkt haben, dass es für die zeitliche Vereinbarkeit von Studium und SD einen signifikanten Unterschied macht, ob an den Universitäten der Teams im Semester- oder Trimesterrhythmus gelehrt wird und was der Standard in der SD-Austragungsregion ist. Die Vereinbarkeit mit eigenen und bereits laufenden Projekten ist insbesondere interessant unter Berücksichtigung der Antworten, dass 20% der Teams am SD teilgenommen haben, weil sie bereits ein laufendes Projekt zum Bau oder zur Erforschung eines Hauses hatten und dieses im Rahmen des SD präsentieren konnten. Einige Teams hatten angegeben, dass der SD ME ausgewählt wurde, weil der Wettbewerbszeitraum sich mit der eigenen Projektlaufzeit deckte (SD ME AJU, EFN, EHU). Andere Teams haben die Chance, an einem SD teilzunehmen, genutzt, da die räumliche Nähe zum Event eine Teilnahme ermöglicht hat. Dies haben vornehmlich alle Teams aus Dubai und den umliegenden arabischen Ländern angegeben. Auch das Team aus Australien (SD ME UOW) hat die Lage des Wettbewerbs als Grund für eine Teilnahme angegeben. Das Team der University of Wollongong in Australien hat bereits 2013 den SD CN gewonnen (US Department of Energy 2010). In der Umfrage haben die Teilnehmer 2018 geantwortet, dass auch der SD CN aufgrund der Lage ausgewählt wurde. Die Entfernungen zwischen Australien und China oder Dubai sind riesig im Verhältnis zu den Strecken, die lokale Teams in den US oder Europa mit ihren Häusern zurücklegen müssen, aber für australische Teams machbar. Die abgeschiedene Lage Australiens wird ein Grund dafür sein, dass bisher erst ein australisches Team an einem SD teilgenommen hat.

Seit 2020 gibt es sieben SD-Editionen (siehe Kapitel 2 Abbildung 2.1.1-1), wobei der SD IN nur ein Designwettbewerb ist ohne die Kernkompetenzen Bauen und Betreiben (Solar Decathlon India). Eine Befragung der teilnehmenden Teams mehrerer Editionen kann weitere Aufschlüsse über die Beweggründe für die Teilnahme am SD geben. Insbesondere kann durch eine solche Befragung herausgearbeitet werden, ob und in welcher Wichtigkeit die thematischen Unterschiede der Editionen (siehe Abbildung 2.2.2-1 in Kapitel 2) einen Einfluss auf die Teilnahmen an den jeweiligen Wettbewerben haben. Eine solche Befragung würde den zeitlichen Rahmen der hier vorliegenden Arbeit sprengen.

Die Beweggründe, an einem SD teilzunehmen, sind zudem abhängig von wem das SD-Projekt an der jeweiligen Uni gestartet wurde. Die Mehrheit der Befragten haben 2015 und 2018 angegeben, dass Lehrende die SD-Projekte gestartet haben (siehe Abbildung 3.2.4.1-2). Somit sind Lehrende an Universitäten eine wichtige Zielgruppe für SD-Kommunikation. Der SD kann nur langfristig Bestand haben und sich vielfältig weiterentwickeln, wenn fortlaufend ausreichend viele Teams bereit sind, an dem Wettbewerb teilzunehmen.

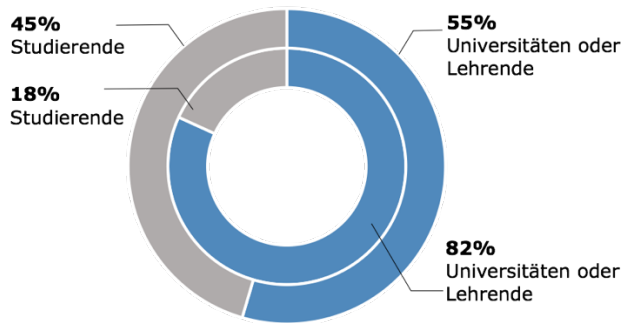


Abbildung 3.2.4.1-2: Aufteilung der Initiatoren der SD-Team-Teilnahmen. Hierzu wurden die Teams des SD US 2015 und des SD ME 2018 befragt. Der äußere Ring zeigt die Antworten beim SD US 2015 und innere Ring zeigt die Antworten beim SD ME 2018.

Die Interviewfragen von 2015 stimmen mit denen von 2018 nur in den beiden ausgewerteten Punkten nach den Beweggründen für eine Teilnahme (Abbildung 3.2.4.1-1) und nach dem Teaminitiator überein (Abbildung 3.2.4.1-2). Aufgrund der erstmaligen Durchführung von Interviews unter SD-Teams, dienten diese vor allem auch dem Sondieren nach Anknüpfungspunkten für Recherchen oder Analysen, denn die Interviews 2015 wurden in einem frühen Stadium des Forschungsprojektes durchgeführt. Insbesondere wurden hierbei Besonderheiten der Teams mit Fokus auf deren Teilnahme oder auch SD-Forschung sowie der Einschätzung der Teams nach Machbarkeit oder Fairness gesucht.

Als wichtige Qualität des SD wurde von acht¹⁷ der befragten 12 Teams die Konstruktionsaufgabe genannt. Hier wurde in den Gesprächen hervorgehoben, dass dies eine einmalige Chance für Studierende ist und sich der SD somit von anderen Wettbewerben und Projekten absetzt. SD-Wettbewerben, die ausschließlich auf die Designaufgabe beschränkt sind, wie es im SD IN umgesetzt wird, fehlt demnach eine für die Teilnehmer wichtige Wettbewerbsqualität. Allerdings stellt die Konstruktionsaufgabe des SD die Teams vor Herausforderungen (siehe Abbildung 3.2.4.1-3). Im SD 2018 haben 67% der befragten Teams angegeben, dass ihre größten Herausforderungen der Transport und der Aufbau des Hauses waren. Zudem stellte die Finanzierung der verhältnismäßig teuren Häuser 58% der Befragten beim SD ME 2018 vor Herausforderungen. Des Weiteren wurde vom Team SD US 2015 DUR bemängelt, dass die Zahl der teilnehmenden Teams je Wettbewerb zurückgeht. Auch in anderen Wettbewerben, wie dem SD US 2017 oder dem SD EU 2019 hat sich gezeigt, dass nur wenige Teams sich für einen SD bewerben. Eine Zielgröße für die Veranstaltung eines SD ist eine Teilnehmerzahl von etwa 20 Teams. Im SD EU 2019 haben beispielsweise nur 10 Teams teilgenommen (siehe Kapitel 2 Tabelle 2.1.3-1). Diese geringe Teilnehmerzahl ist zum einen, wie in Kapitel 2.1.3 bereits dargelegt, auf das wachsende Angebot an SD-Events zurückzuführen, aber auch auf den Aufwand, der durch die Teilnahme für die Teams entsteht. SD-Wettbewerbe ohne Konstruktionsaufgabe, wie der SD US 2019, 2020 und 2021 Design Challenge und dem SD IN 2020 und 2021 haben hingegen zwischen 36 und mehr als 100 Teilnehmer¹⁸. Dies übersteigt die übliche SD-Bewerberzahl deutlich. Das Anbieten einer Design-Challenge-Option hat demnach den Vorteil einer größeren Bewerbergruppe. Allerdings ist das Kernkonzept des SD das Planen, Bauen und Betreiben und setzt den SD auf einzigartige Weise von anderen Wettbewerben ab. Eine vollständige Reduzierung des SD auf die Design-Challenge, wie es im SD IN umgesetzt wird, muss deshalb kritisch gesehen werden.

¹⁷ SD US 2015: SAC, INP, SHR, DUR, ALF, STV, NEX, GRW

¹⁸ Anzahl der teilnehmenden Teams an den SD-Design-Challenges : SD US 2019 – 45 Teams; SD US 2020 – 36 Teams, SD US 2021 – 58 Teams (US Department of Energy 2021b)
SD IN 2020 – 103 Teams, SD IN 2021/22 – 125+ Teams (Ausschreibung ist noch offen) (Solar Decathlon India 2021)

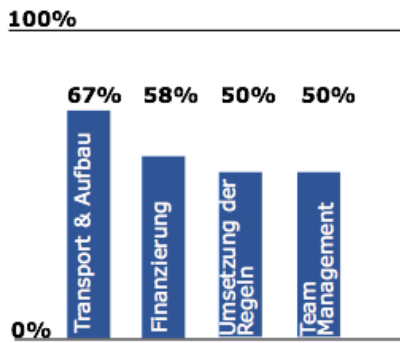
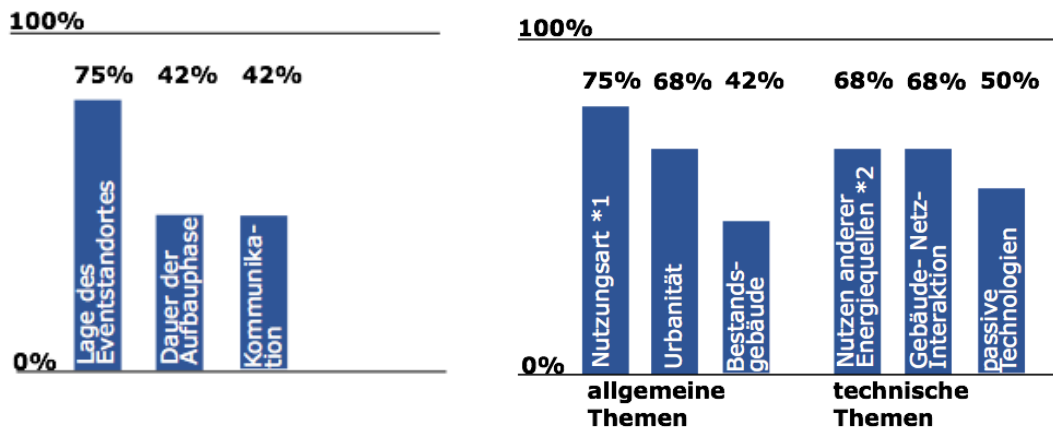


Abbildung 3.2.4.1-3: Größte Schwierigkeiten für die Teams während der Teilnahme am SD.
 Hierzu wurden die Teams des SD ME 2018 befragt.

In den Umfragen beim SD US 2015 wurden neben der Bauaufgabe weitere Herausforderungen genannt. Vom Team ALF wurde angesprochen, dass die Umsetzung der Regeln und insbesondere Regeländerungen während der Wettbewerbszeit für Schwierigkeiten bei den Teams gesorgt haben. Im SD ME 2018 wurde dies von der Hälfte der befragten Teams bestätigt (Abbildung 3.2.4.1-3). Von den hier genannten Herausforderungen kann vonseiten der Organisatoren nur die Umsetzbarkeit der Regeln optimiert werden. Hier wurden 2018 hauptsächlich Widersprüche in den Regeln oder missverständliche Formulierungen oder fehlende Informationen als Schwierigkeit genannt. Eine kontinuierliche Verbesserung der Regelwerke auf Grundlage von Fragen von Teams oder Rückmeldungen und eine Weitergabe dieser Dokumente und Erfahrungen an zukünftige Organisatoren kann diese Schwierigkeiten mindern. Grundsätzlich gibt es diese Maßnahmen bereits. Beispielsweise wurden die Regeln vom SD EU 2014 als Vorlage für den SD ME 2018 genutzt.

Auch wenn die Wettbewerbsregeln teilweise als problematisch empfunden wurden, wurde die Bewertung als fair und praxisnah beschrieben. Hierzu hat sich beispielsweise 2015 das Team STV geäußert und begründet, dass die Kombination aus gemessenen Werten und Jury Beurteilungen der Arbeitsweisen in der Praxis sehr nahekommt. Denn in der Praxis müssen ebenfalls Grenzwerte eingehalten und nachgewiesen werden, aber für Bauherren und Nutzer sind nicht nur Werte, sondern auch der Gesamteindruck und das Wohlfühlen im eigenen Haus entscheidend. Die Kritik an den SD-Regeln beschränkt sich demnach auf die Umsetzungen, Beschreibungen der einzelnen Disziplinen und Wettbewerbsvorgaben (Unterteilung siehe Kapitel 2.2). Trotz genannter Kritik sahen alle befragten Teams ihre Teilnahme am SD als anstrengend aber lohnenswert. Hier wurde insbesondere das Erlebnis, an einem solchen einzigartigen Wettbewerb teilzunehmen, und der Vorteil für den Berufseinstieg nach dem Wettbewerb, der sich für viele Teilnehmer durch die Teilnahme am SD ergeben hat, genannt.

Die Teams sind Experten, wenn es um die Machbarkeit, die Vorteile und die Optimierungspotenziale am SD geht. Denn die Teams, die es erfolgreich bis zum Event geschafft haben, haben zwei Jahre lang alle Möglichkeiten ausgeschöpft und jedes Detail des Wettbewerbsrahmens geprüft, um beim finalen Event bestmöglich abschneiden zu können. Bereits 2015 wurden Optimierungsvorschläge geäußert. Fragen nach möglichen Optimierungen waren 2015 allerdings nicht Teil der Interviews. In den Interviews 2018 wurde gezielt nach Optimierungsideen am SD vonseiten der Teams gefragt. Konkret hat sich das Team NEX im SD US 2015 kritisch über die Vorgaben zur Betriebsführung der Häuser geäußert. Hier wurden explizit die Temperaturgrenzwerte genannt, die dazu führten, dass die SD-Häuser zu einem hohen Grad klimatisiert werden mussten. Diese Kritik deckt sich mit den Unterschieden, die sich aus den regionalen Erwartungshaltungen für Komfort ergeben (siehe Vergleich SD EU und SD US, S. 31-32). Eine Anpassung dieser Vorgaben in Richtung adaptives Klimamodell, wie es im SD EU seit 2014 üblich ist, würde den Teams eine umweltfreundliche Betriebsführung ermöglichen. Weitere Änderungsvorschläge wurden 2015 nicht genannt. In den Interviews 2018 wurden die befragten Teams hingegen konkret nach Änderungs- oder Optimierungsideen gefragt. Hierbei wurde zwischen Änderungen am Ablauf und dem Wettbewerbsgeschehen selbst und möglichen neuen Themen unterschieden (siehe Abbildung 3.2.4.1-4 und Abbildung 3.2.4.1-5).



*1 Beispiel: temporäres Wohnen, öffentliche Flächen
 *2 neben Solarenergie und elektrischer Energie aus dem Netz

Abbildung 3.2.4.1-4 (links) und 3.2.4.1-5 (rechts): Antworten zu Änderungsvorschlägen am SD. Hierzu wurden die Teams des SD ME 2018 befragt.

Die Antworten zeigen, dass 2018 besonderes die Lage des Wettbewerbsstandorts kritisiert wurde. Diese war allerdings im Vergleich zu den bisherigen Standorten des SD EU und des SD US extrem abgelegen. Zudem wurde die Kommunikation mit den Organisatoren kritisiert. Dies, in Kombination mit Schwierigkeiten in der Umsetzung der SD-Regeln, kann zu grundlegenden Problemen bei der Teilnahme führen. SD-Organisatoren sollten zukünftig verstärkt für eine hohe Kommunikationsbereitschaft und Optimierung der Regelwerke für eine verbesserte Machbarkeit der Teilnahme sensibilisiert werden.

Neben Optimierungsvorschlägen für die Teilnahme am Wettbewerb wurden vor allem Vorschläge für Wettbewerbsthemen genannt. In den Antworten wurden Themen wie Urbanität, Umgang mit Bestandsgebäuden, Gebäudenetzinteraktion und Einsatz von passiven Technologien genannt. Daran lässt sich erkennen, dass eine thematische Nähe zur Baupraxis und zu klimapolitischen Bestrebungen gewünscht wird. Eine thematische Annäherung des SD an praxisrelevante Themen wird insbesondere im SD EU forciert. Im SD EU 2021 erreicht die thematische Optimierung mit dem Urban Solar Decathlon ihren bisherigen Höhepunkt.

3.2.4.2 ONLINE-UMFRAGE:

Nach der Durchführung der Teaminterviews wurden die in Kapitel 2.4 definierten, neuen Zielgruppen Politik, Praxis und Forschung in einer Onlineumfrage befragt. Ziel der Umfrage war es, die Bekanntheit des SD abzuschätzen und mögliche Optimierungen für eine Erweiterung der SD-Zielgruppen zu ermitteln. Die Umfrage gliedert sich in vier Teile. Im ersten Teil der Umfrage wird ermittelt, zu welcher Befragungsgruppe ein Teilnehmer gehört. Anschließend werden von jedem Teilnehmer nur die Befragungsgruppen-spezifischen Fragen beantwortet. Die spezifischen Fragen beziehen sich auf die jeweiligen Unterthesen und unterscheiden sich vollständig voneinander. Eine Zusammenlegung dieser drei sehr unterschiedlichen Umfrageteile zu einer Umfrage hat den Vorteil, dass im übergeordneten Umfrageblock Fragen zur allgemeinen Bekanntheit des SD gestellt werden können. Gleichzeitig kann mit den Antworten zur Befragungsgruppe die Bekanntheit des SD in den jeweiligen Zielgruppen herausgefiltert werden. Im Folgenden werden die einzelnen Teile der Umfrage mit ihren Zielgruppen, Unterthesen der zugehörigen Hauptkapitel und den durch die Umfrage erhofften Aussagen erläutert. Zum Zeitpunkt der Umfrage wurde von vier neuen Zielgruppen ausgegangen. In der Umfrage wurde demnach zwischen Akteuren der Politikzielgruppe, der Forschungszielgruppe, der Praxiszielgruppe und der Wirtschaftszielgruppe unterschieden. Im Laufe der Verschriftlichung stellte sich allerdings die Unterscheidung zwischen Wirtschafts- und Praxiszielgruppe als nicht zielführend heraus. Beide Akteursgruppen wurden unter die Zielgruppe „Praxis“ zusammengefasst.

Aufgrund des vermuteten mangelnden Bekanntheitsgrades wurde angenommen, dass bestimmte Informationen wichtig für eine sinnvolle Beantwortung einiger Fragen sind. Für eine schnelle und effektive Informationsweitergabe wurden Infografiken und ein Informationsclip entwickelt, die an den entsprechenden Stellen während der Umfrage zu sehen sind.



Abbildung 3.2.4.2-1: Infografik zur Verdeutlichung des SD-Grundkonzeptes. Diese Grafik war auf der Startseite der Umfrage integriert.

Wie wurde die Umfrage durchgeführt:

Die Umfrage adressierte die hier in der Arbeit gewählten Zielgruppen Politik, Praxis und Forschung. Als Akteure der Politikzielgruppe wurden Politiker sowie Mitarbeiter von Ämtern, die einen Bezug zum Bauwesen und dem Klimaschutz haben, zur Teilnahme aufgefordert. Zur Beantwortung der Fragen für die Zielgruppe Praxis wurden Architekten, Ingenieure und Handwerker angesprochen. Und für die Beantwortung der Fragen aus dem Bereich Forschung wurde die Umfrage unter Hochschulangehörigen und Kollegen aus Forschungsgruppen verteilt. Die Umfrage wurde inhaltlich identisch in deutscher und englischer Sprache durchgeführt. Neben persönlichen Einladungen zur Umfrage wurde diese über die sozialen Netzwerke LinkedIn und Facebook verteilt. Die Umfrage wurde insgesamt 2 Mal im Abstand von drei Monaten in Fachgruppen der sozialen Netzwerke geteilt. Hierfür wurden aktive Gruppen im Themenbereich Bauwesen und Klimaschutz ausgewählt, die insgesamt 86900 Mitglieder haben. Die Umfrage ist bewusst kurz gehalten und konnte innerhalb von weniger als fünf Minuten durchgeführt werden. Als Aufhänger für die Posts mit der Einladung zur Umfrageteilnahme wurde vor allem der eigens entwickelte Informationsclip verwendet. Detailliert wird der Clip nachfolgend, da er auch Teil des ersten Umfrageblocks war (siehe Tabelle 3.2.4.2-1).

Erster Umfrageblock

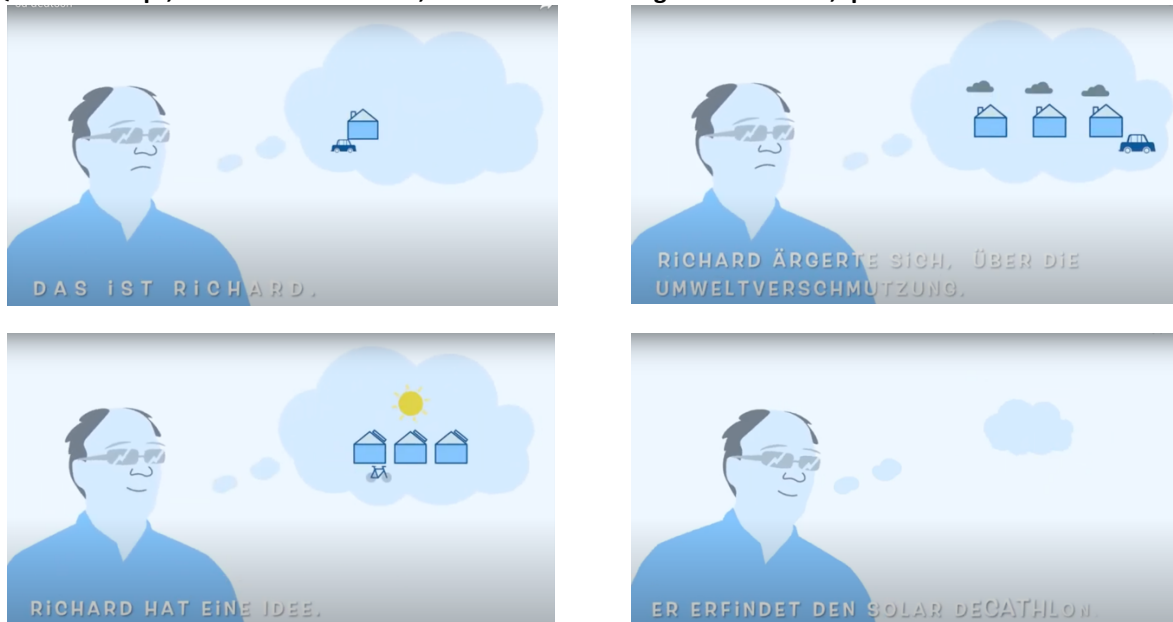
Im ersten Teil der Umfrage soll die Zugehörigkeit zu einer bestimmten Befragungsgruppe und die Bekanntheit des SD geklärt werden. Es wird angenommen, dass vor allem bei den Befragten aus der Zielgruppe Wirtschaft, Politik und Architektur der SD wenig bekannt ist. Eigene Erfahrungen aus Erklärungsversuchen bei Nicht-SD-Kennern haben gezeigt, dass insbesondere angezweifelt wird, dass es möglich ist, ein Haus von Studenten bauen zu lassen. Es wird angenommen, dass je unbekannter der SD ist, die Vorurteile gegen die Umsetzbarkeit eines solchen Wettbewerbs umso hartnäckiger sind. Für eine schnelle und effektive Überzeugung von Befragten wurde ein Informationsclip entwickelt. Dieser wird nachfolgend detailliert. Hier wird in 30 Sekunden die Idee hinter dem SD, die Umsetzung als Studentenwettbewerb, der Ursprung in den USA und die mittlerweile erfolgreiche und weltweite Verbreitung dargestellt.

Eine Testvorführung des Clips vor fachfremden Probanden, die zuvor nie etwas vom SD gehört haben, hat gezeigt, dass die Machbarkeit des SD nicht angezweifelt wird. Hingegen wurde für den SD Interesse ausgesprochen.

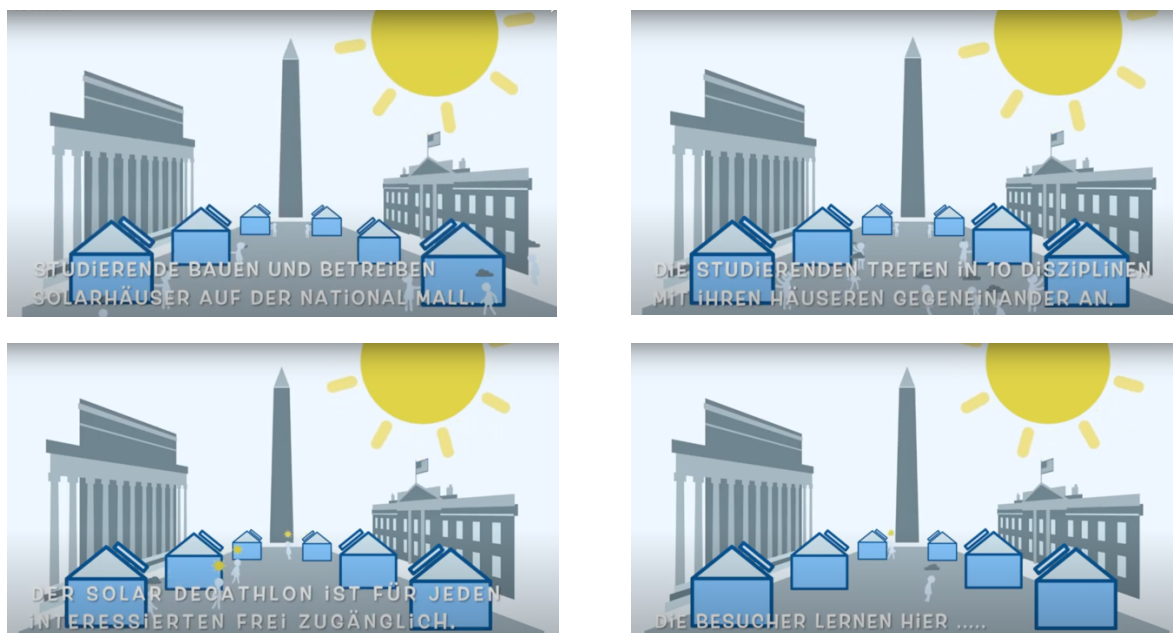
Tabelle 3.2.4.2-1: Storyboard des Erläuterungsvideos für die Onlineumfrage.

Das Video mit deutscher Beschriftung kann unter https://www.youtube.com/watch?v=Upssfn_P2Bc (aufgerufen April 2023) angesehen werden.

Quelle: Konzept, Text: Susanne Hendel, Grafische Umsetzung: Julian Reichel, quillustration.de

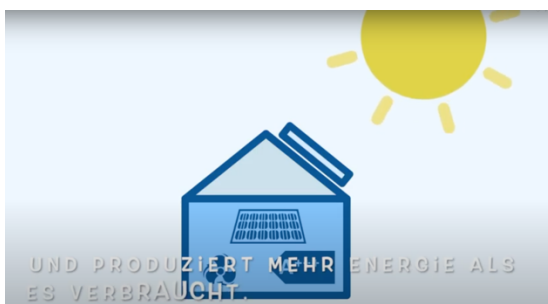
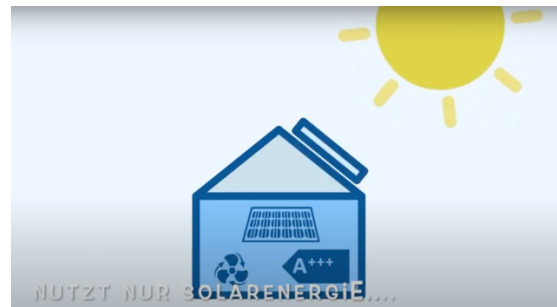
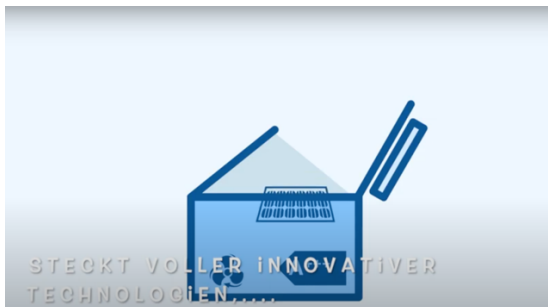
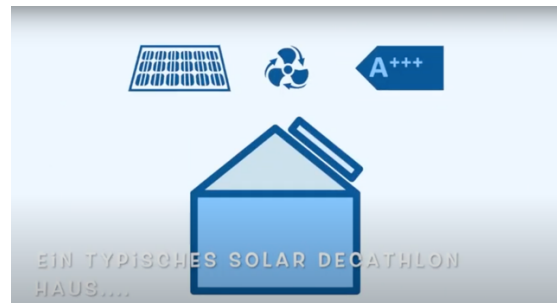
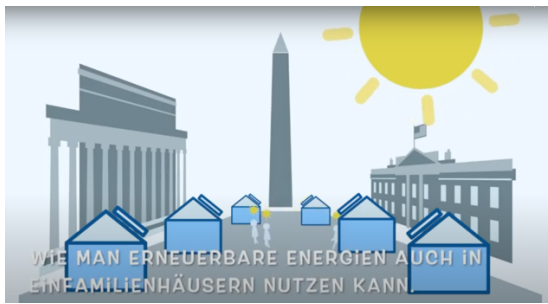


Der erste Teil des Videos dient der Verdeutlichung des Ausgangsproblems. Die Umfrage wurde vor allem in Gruppen geteilt, die ein gewisses Fachwissen im Bereich Klimaschutz mitbringen. Demnach wird vorausgesetzt, dass Klimaschutz und die derzeit oft mangelnde Umsetzung in der Praxis gemeinsame Ärgernisse sind. Die Darstellung einer Person zu Beginn des Videos, die diese gemeinsamen Ärgernisse anspricht und den SD als Lösungsansatz hierfür ins Leben ruft, soll den Zuschauer abholen und das Interesse wecken.



Im zweiten Teil des Videos folgt eine Kurzcharakteristik des SD als Wettbewerb für Studierende. Hier wird auch herausgestellt, dass dabei tatsächlich Häuser gebaut und getestet werden und diese für alle Interessierten frei zugänglich

sind. Die Grundidee des SD, dass durch den Besuch eines solchen Events das Denken der Besucher beeinflusst werden kann, wird hier im Video nur grafisch dargestellt.



Ausgewählte Zusatzinformationen, dass es sich bei den SD-Häusern um innovative und technisch anspruchsvolle Solarhäuser handelt, sollen insbesondere das Interesse von Fachleuten mit technischem Arbeitsschwerpunkt wecken.



Zum Abschluss des Videos wird die Machbarkeit des Wettbewerbs anhand der zahlreichen bisher erfolgreich stattgefundenen SD-Wettbewerbe verdeutlicht.

Das Video war Teil der Onlineumfrage und wurde teilweise als Aufhänger für die Posts genutzt. Insgesamt dauert das Video 53 Sekunden. Nach bereits 20 Sekunden ist die Kernaussage, dass es sich um einen Wettbewerb für Studierende handelt, bei welchem Solarhäuser gebaut und betrieben werden, bereits vermittelt. In der Umfrage konnte das Video jederzeit unterbrochen werden. Das Video soll das Interesse von Personen mit politischem, technischem, planerischem und akademischem Arbeitsschwerpunkt wecken. Dieses Interesse und die Information, was der SD ist, sind zielführend für die Beantwortung der Fragen bezüglich einer möglichen Verwertbarkeit des SD für die jeweilige Zielgruppe. Der Kritik, dass ein solches Wettbewerbskonzept mit Studierenden nicht funktionieren kann, soll insbesondere im letzten Teil des Videos entgegengewirkt werden. Dies ist eine häufige Frage oder ein Kritikpunkt von Externen, die zuvor noch nie etwas vom SD gehört haben. Um deren Interesse nicht aufgrund von Skepsis zu verlieren, ist eine Verdeutlichung der Machbarkeit und bisherigen globalen Ausbreitung notwendig.

Tabelle 3.2.4.2-2: Übersicht über die Fragen und Antwortoptionen des ersten Fragenblocks.

Nr.	Frage	Antwortoption	Weitere Fragereihenfolge
Z1	Kennen Sie den Solar Decathlon?	ja	Wenn ja dann 3.1.
		nein	Wenn nein dann 3.2 und <u>Video</u>
Z2	Woher kennen Sie den Solar Decathlon	Sie haben an einem Solar Decathlon teilgenommen	
		Sie waren in der Jury eines Solar Decathlon	
		Sie waren in einem Solar Decathlon Organisatoren Team	
		Sie haben ein oder mehrere Solar Decathlon Events besucht	
		Sie haben die Ergebnisse oder ein oder mehrere Solar Decathlon Häuser untersucht	
		Sie haben über den SD gelesen	
	Sonstiges		
Z3	Was machen Sie beruflich?	Studierend	weiter mit Fragen "Team", wenn 2 "ja" und 3.1. "Teilgenommen", sonst Ende
		wissenschaftlicher Mitarbeiter/ in	Weiter mit Fragen " Forschungsdialo g"
		Professor/in	Weiter mit Fragen " Forschungsdialo g"
		Architekt/in	Weiter mit Fragen " Praxisdialo g"
		Bauingenieur/in	Weiter mit Fragen " Praxisdialo g "
		Energieberater/in	Weiter mit Fragen " Praxisdialo g "
		Handwerker/in	Weiter mit Fragen „ Praxisdialo g“
		Hersteller von Baumaterialien oder Gebäudetechnik	Weiter mit Fragen „ Wirtschaftsdialo g“
		Politiker/in	Weiter mit Fragen " Politikdialo g"
Mitarbeiter/in Amt/ Stadt/ Kommune	Weiter mit Fragen " Politikdialo g"		

Auswertung Umfrageblock 1:

Trotz der weiten Verteilung der Umfrage und dem Support von Admins von zwei aktiven LinkedIn Fachgruppen, haben nur insgesamt 56 Personen an der Umfrage teilgenommen. Interessanterweise haben 30 Personen in der ersten Corona-Lockdown-Woche im November 2020 die Umfrage beantwortet. Die Erkenntnis, dass die

Zeit, in der die Umfrage gepostet wurde, einen Einfluss auf die Teilnehmerzahlen hat, wurde genutzt, um im März 2021 weitere 10 Personen für die Teilnahme zu gewinnen. Das geringe Interesse an einer kurzen Umfrage zum SD teilzunehmen, kann als erstes Indiz für ein geringes Interesse der Fachwelt am SD gewertet werden. Insgesamt ist die Anzahl der Teilnehmer an der Onlineumfrage zu klein, um belastbare Aussagen über das Interesse der Fachwelt am SD ableiten zu können. Die Antworten können lediglich im Kontext mit anderen Indizien einen ersten Eindruck über die Wahrnehmung des SD in der Fachwelt vermittelt. Weitere Indizien sind beispielsweise Erfahrungsberichte der Teams, die im SD US 2015 und SD ME 2018 interviewt wurden. Ob der SD für die Fachwelt von Interesse ist, wurde zielgruppenspezifisch in der Umfrage nachgegangen. Die Auswertung folgt im jeweiligen Auswertungsabschnitt der Hauptzielgruppen im vorliegenden Kapitel. Von den Umfrageteilnehmern kannten bereits 57 % den SD. Demnach haben 24 Befragte an der Umfrage teilgenommen, ohne den SD zu kennen. 12 der insgesamt 56 Umfrageteilnehmer waren bereits an einem SD beteiligt. Sie haben entweder teilgenommen (5 Teilnehmer) oder waren in einer SD-Jury (3 Teilnehmer) oder sie waren Teil eines SD-Organisatorenteams (4 Teilnehmer). Bei den 4 Organistoren, die an der Umfrage teilgenommen haben, ist keine weitere Unterscheidung zwischen der Zugehörigkeit zur Politik-, Praxis- oder Forschungszielgruppe möglich.

Dass trotz einer Gesamtlaufzeit von einem Jahr, der wiederholten Einladungen zur Umfrage und einem großen angesprochenen Fachkreis nur 24 Personen an der Umfrage teilgenommen haben, ohne den SD zu kennen, verstärkt die These, dass das Interesse der Fachwelt am SD gering ist. Welchen Zielgruppen die Teilnehmer zugeordnet werden können, kann Aufschlüsse auf die Interessen am SD geben.

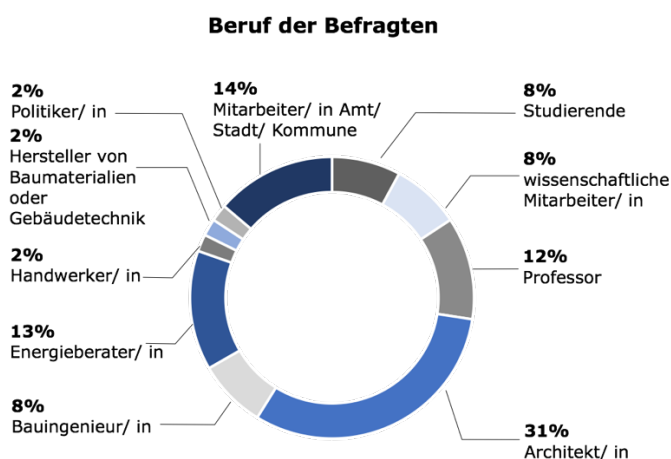


Abbildung 3.2.4.2-2: Umfrageergebnis zur Verteilung der Teilnehmer nach ihrer Berufszugehörigkeit.

Ein Einfluss der ausgewählten sozialen Netzwerke in Medien zum Verteilen der Umfrage lässt sich nur bedingt in den teilgenommenen Berufsgruppen ablesen. Die Teilnehmer aus den Berufsgruppen „Mitarbeiter Amt/Stadt/ Kommune“, „wissenschaftliche Mitarbeiter“ und „Professor/in“ haben alle aufgrund persönlicher Einladung teilgenommen. Die verbleibenden Teilnehmer wurden überwiegend durch Postings auf die Umfrage aufmerksam. Von diesen gehört ein Großteil zur Berufsgruppe „Architekt/in“. Da die Zusammensetzung der Netzwerke, in denen die Umfrage geteilt wurde, nicht bekannt ist, ist es nicht nachvollziehbar, ob Architekten oder Architektinnen bereits die Mehrheit in den jeweiligen Gruppen darstellen oder ob das Interesse dieser Berufsgruppe am SD größer ist als das anderer Berufsgruppen. Generell sind die Berufsgruppen, die der hier angestrebten Zielgruppe „Praxis“ zugeordnet sind, mit 56 % am stärksten vertreten. Die Zielgruppe „Forschung“ kommt auf 28 % der Teilnehmer und die Zielgruppe „Politik“ lediglich auf 16 % der Teilnehmer.

Fragen für Zielgruppe Forschung

Im Kapitel „Forschungsdialog“ wird das Potenzial des SD als Bearbeitungsgrundlage für Gebäudeforschung herausgearbeitet. Hierbei wird insbesondere die einzigartige Vergleichbarkeit der SD-Häuser, die Zugänglichkeit zu Gebäude- und Performance-Daten sowie der Umfang der vorhandenen Daten als besonders interessant

dargestellt. Eine Umfrage unter Akteuren der Gebäudeforschung soll das Potenzial des SD für die Forschung bestätigen. Für eine Verwendung der SD-Daten in Forschungsvorhaben, müssen diese hohen Ansprüche nach Vollständigkeit und Belastbarkeit entsprechen. In der Umfrage sollen Forscher befragt werden, die bereits mit der SD-Dokumentation gearbeitet haben, wie sie die Qualität dieser Daten einschätzen. Dass es eine Problematik mit der Verwertbarkeit der SD-Daten gibt, wurde bereits vom IEA EBC Annex74 (Voss 2017) erkannt. Im Annex 74 wurden und in der hier vorliegenden Arbeit werden Lösungsansätze zur Steigerung der Verwertbarkeit in Forschungsprojekten erarbeitet. Ergänzend zur Einschätzung des Annex 74 soll eine Umfrage unter Wissenschaftlern im Bereich der Gebäudeforschung, vornehmlich bei denen mit Erfahrungen in Case Study, Living Lab oder SD-nahen Projekten die problematische Verwertbarkeit der SD-Daten bestätigen. Die Fragen WI2 und WI3 sollen herausstellen, dass wissenschaftliche Untersuchungen an SD-Häusern hauptsächlich von Teams oder Forschern mit direktem Zugang zu einem oder mehreren SD-Häusern durchgeführt wurden. Mit einem direkten Zugang zu den Untersuchungsobjekten wird die im Wettbewerb erarbeitete Dokumentation zweitrangig.

Dass ein grundsätzliches Interesse besteht, die SD-Daten und -Häuser zu beforschen, soll mit den Antworten aus WI 5 und WI 6 unterstrichen werden. Die Antworten aus WI7 sollen fehlerhafte und fehlende Daten als Hauptgrund für eine mangelnde Verwertbarkeit in der Forschung bestätigen und gleichzeitig andere mögliche Hürden aufzeigen.

Im Kapitel 6 Forschungsdialog wird die These aufgestellt, dass eine Onlinedatenbank mit einer standardisierten Dokumentation aller Häuser ein erster wichtiger Schritt in Richtung Dokumentationsoptimierung ist. Diese These soll durch die Frage WI8 hinterfragt und gegebenenfalls bestätigt werden.

Tabelle 3.2.4.2-3: Übersicht über die Fragen und Antwortoptionen des Fragenblocks für die Zielgruppe Forschung.

Nr.	Frage	Antwortoption	Weitere Fragereihenfolge
WI1	Haben Sie schon mit der Dokumentation zu einem Solar Decathlon oder einem Solar Decathlon Haus gearbeitet oder Untersuchungen an einem oder mehreren Solar Decathlon Häusern durchgeführt?	ja	Frage nur wenn Z1 mit "Student, wissenschaftlicher Mitarbeiter, Professor oder Wissenschaftler" beantwortet; Frage entfällt, wenn Z3.1 mit "Sie haben ein SD Haus untersucht" beantwortet wurde Wenn "ja" dann weiter mit WI2
		nein	Wenn "nein" dann weiter mit WI5
WI2	Was war der Untersuchungsgegenstand ihrer Solar Decathlon Studien?	ein Solar Decathlon Haus	
		alle oder mehrere Häuser eines Solar Decathlon Wettbewerbes	
		mehrere Häuser eines Teams/ einer Universität	
		eine bestimmte Technologie oder Baumaterial	
		Andere	
WI3	Mit welchen Daten oder Dokumentation haben sie bei Ihren Untersuchungen gearbeitet?	Daten aus eigenen Messungen oder Ortsbesuchen	
		Daten des eigenen (SD) Teams oder der eigenen Universität	

		Daten fremder Teams und Universitäten	
		Literatur über der Solar Decathlon oder der Häuser	
		Andere	
W14	Wie war die Verwertbarkeit der Daten und Dokumentationen für Ihre Bearbeitungszwecke?	Daten und/oder Dokumentationen waren ausreichend und nachvollziehbar	
		Daten waren unvollständig	
		Daten waren fehlerhaft	
		Die Randbedingungen der erhobenen Daten war nicht klar und schränkten eine Verwendung ein	
W15	Wäre der Solar Decathlon oder die Solar Decathlon Häuser interessant für die/ihre Gebädeforschung?	ja	Wenn "ja" dann weiter mit W16 und W17
		nein	Wenn "nein", dann weiter mit W17
W16	Für welche Art der Untersuchung würden Sie den Solar Decathlon, die Solar Decathlon Häuser oder Daten und/oder Dokumentationen über den Wettbewerb oder die Häuser verwenden?	Performanceuntersuchung eines bestimmten Hauses	
		Querschnittsanalysen der Performance mehrerer Häuser	
		Untersuchung einer bestimmten Technologie	
		Vergleich von Modellsimulationen und realer Performance	
		Langzeituntersuchung an einem/ mehreren Häusern (Living lab)	
		Langzeituntersuchung an mehreren Häusern (Living lab)	
		Andere	
W17	Was waren/sind/wären Ihre Untersuchungsziele?	Simulationen auf der Grundlage des Modells eines Gebäudes	
		spezifische Monitoring-Datensätze analysieren (auf Gebäudeebene)	
		Vergleich von Monitoring-Datensätzen mehrerer Gebäude (auf Gebäudeebene)	
		Datensätze aus bestimmten Systemen oder Teilsystemen analysieren (auf "Geräte-/Technologie"-Ebene)	
W18	Was waren/sind mögliche Hürden für eine Solar Decathlon basierte Gebädeforschung?	kein "einfach zu importierendes" Modell	Wenn "fehlende Daten" der "mangelhafte Daten" dann WI 8, sonst Ende

		keine standardisierten Formate	
		Datensätze für einen zu kurzen Zeitraum	
		Dokumentationen sind unvollständig	
		Dokumentationen sind fehlerhaft	
		Andere	
WI 9	Was würde helfen, die Verwertbarkeit der Solar Decathlon Daten und Dokumentationen in der Forschung zu verbessern?	Standardisiertes BIM Modelle	Wenn "ja" dann link zur KP
		Standardisierte offene zugängliche Datenbank	

Auswertung Fragen Forschungsdialog

Von den insgesamt 56 Teilnehmern der Umfrage, können 14 der Zielgruppe „Forschung“ zugeordnet werden. 71 % der Befragten aus der Forschungsgruppe haben bestätigt, dass die SD-Ergebnisse grundsätzlich interessant für Forschungsvorhaben sind. Dies haben auch die interviewten Teams bestätigt. Nur 7 % der Teilnehmer haben angegeben, dass die SD-Ergebnisse nicht interessant für die Forschung sind und 21 % haben hier keine Angaben gemacht. Von den befragten Forschungsakteuren haben 4 Teilnehmer bereits mit SD-Häusern oder -Dokumentationen gearbeitet. Zwei (50 %) von ihnen haben angemerkt, dass die Datensätze unzureichend oder unvollständig waren und so die Forschungstätigkeit gehemmt wurde. Von den vier möglichen Beurteilungen zur Datenverwertbarkeit hat sich eine Stimme enthalten und eine angegeben, dass die Dokumentation ausreichend ist. Eine einheitliche Dokumentation durch den Einsatz von Vorlagen wird bereits im SD EU 2021 eingesetzt und soll zukünftig durch den Einsatz einer online Datenbank ausgebaut werden.

Neben der Abfrage, ob der SD und die SD-Ergebnisse interessant für Forschungsprojekte sind oder sein können, wurde mit der Umfrage versucht, mögliche SD-Forschungsthemen abzufragen. Die Antwortmöglichkeiten erstreckten sich von Langzeitstudien, abgestuften Performancestudien einzelner Technologien, Performance einzelner Häuser oder mehrerer Häuser bis zum Vergleich von Simulation und Monitoring-Ergebnissen (siehe Abbildung 3.2.4.2-3). Die Mehrheit der Antworten benannte Performancestudien aller Art als interessante SD-Forschungsansätze. Langzeitstudien wurden in keinem Fall als mögliche SD-Studien genannt. Ein Grund hierfür ist die bisher nur begrenzte Dauer des SD-Wettbewerbs und den sofortigen Rückbau der SD-Häuser nach dem Wettbewerb. Denn auch wenn bisher 36 % der Häuser des SD EU nach dem Wettbewerb nachgenutzt wurden (siehe Auswertung Nachnutzung 2.3 ab Seite 193), ging bisher unmittelbar nach dem Event die hohe Vergleichbarkeit aufgrund des gemeinsamen Standorts und Nutzungsprofils verloren. Bereits nach dem SD ME 2018 verblieben vier der teilnehmenden Häuser für ein Jahr auf dem Eventgelände für Untersuchungen. Dies ermöglichte erstmals Langzeituntersuchungen von SD-Häusern im Vergleich (Kapitel 2.3). Diese Option wird im Anschluss an den SD EU 2021 mit der Durchführung eines Living Lab weiter ausgebaut. Die Antworten hier in der Umfrage beschränken sich auf die bisher bekannten Untersuchungsmöglichkeiten und berücksichtigen demnach noch nicht die zukünftig möglichen Langzeituntersuchen.

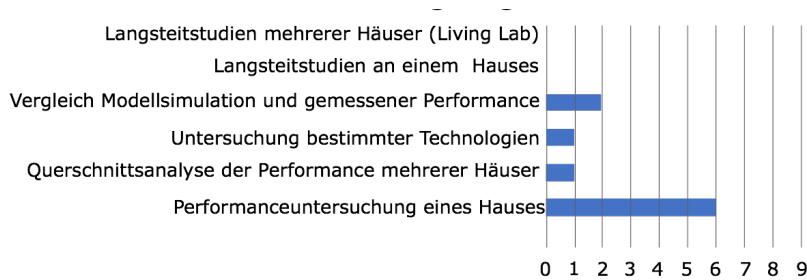


Abbildung 3.2.4.2-3: Für welche Art von Untersuchung würden sich die SD-Ergebnisse nach Einschätzung der Befragten aus der Forschungszielgruppe eignen.

Die Befragten, die angegeben haben, dass der SD interessant für Forschungsprojekte ist, haben in der Umfrage zu möglichen SD-Forschungsvorhaben basierend auf den vorhandenen Dokumentationen abgestimmt (siehe Abbildung 3.2.4.2-3). Neben den SD-Häusern, ist die umfangreiche Dokumentation des Wettbewerbs und der Häuser das wichtigste Ergebnis des SD. Der Umfang und die Komplexität der vorliegenden Daten werfen die Frage auf, ob diese für Forschungszwecke genutzt werden können. Es wurde danach gefragt, ob die Auswertung von Datensätzen bestimmter Systeme und Technologien, Datensätzen mehrerer Gebäude, Datensätzen bezogen auf einzelne Gebäude oder die Auswertung von vorliegenden und begleitenden Simulationen interessant wäre. Interessanterweise wurde von der Mehrheit der Befragten die Auswertung von Simulationsergebnissen – oder Simulationsstudien als forschungsrelevant hervorgehoben. Dabei zeichnet sich der SD durch die einheitliche Dokumentation von Monitoring-Daten aus. Ein intensives Monitoring wurde je Wettbewerb für alle Häuser eines Events standardisiert durchgeführt. Ein Hervorheben der Simulationsstudien kann hier als Kritik an den existierenden Monitoring-Daten gewertet werden.

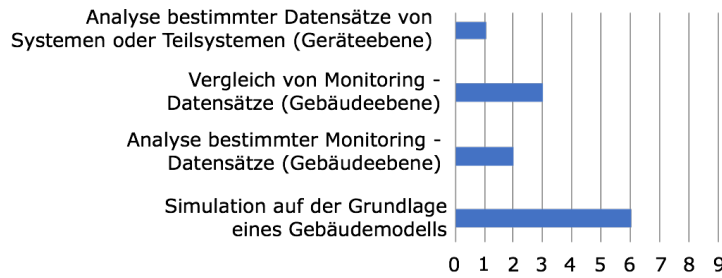


Abbildung 3.2.4.2-4: Umfrageergebnisse der Forschungszielgruppe zu möglichen Untersuchungen basierend auf den vorhandenen Dokumentationen.

Mit der Frage nach möglichen Hindernissen in der Verwertung der SD-Ergebnisse und -Dokumentationen in Forschungsprojekten soll möglichen Kritikpunkten an der Verwendbarkeit der SD-Ergebnisse für Forschungszwecke auf den Grund gegangen werden. Im Projektkontext und auch in den Teaminterviews wurden wiederholt Schwierigkeiten mit der Verwertung der SD-Dokumentationen für Forschungszwecke genannt. Auch die Antwort der hier Befragten, dass die Auswertung von Simulationsdaten den Monitoring-Daten und Teamdokumentationen vorgezogen wird, deutet eine ähnliche Kritik an (siehe Abbildung 3.2.4.2-5). In der Umfrage wurden Forschungsakteure konkret gefragt, ob sie finden, dass die SD-Dokumentationen unvollständig, fehlerhaft, für einen zu kurzen Zeitraum, uneinheitlich oder schwer digital weiterzuverarbeiten sind. Hierfür war es möglich, mehrere Antworten zu geben. Bei dieser Frage haben auch Befragte abgestimmt, die zuvor angegeben haben, dass sie noch nicht mit den SD-Daten gearbeitet haben. Dies schließt nicht die Sinnhaftigkeit der Antworten aus, sondern ist ein Indiz dafür, dass die angegebenen Probleme Arbeiten mit den SD-Ergebnissen verhindert haben. Zur Beantwortung der Frage waren hier auch Mehrfachnennungen möglich.

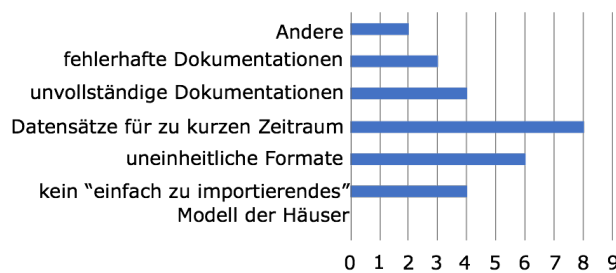


Abbildung 3.2.4.2-5: Antworten der Onlineumfrage zu möglichen Hürden bei der Verwendung von SD-Ergebnissen und -Dokumentationen in Forschungsprojekten.

Die Mehrheit der Befragten hat hier angegeben, dass der kurze Zeitraum, für den SD-Daten erhoben wurden, problematisch war. Das geplante Living Lab im Anschluss an den SD EU 2021 kann diese Hürde abbauen. Zwar verbleiben nicht alle SD-Häuser nach dem Wettbewerb auf dem Eventgelände, aber etwa die Hälfte der Häuser wird bis 2022 am Eventstandort betrieben und untersucht.

Die Uneinheitlichkeit der Dokumentationen und Formate sowie die Qualität und Vollständigkeit der Dokumentationen wurden ebenso von der Mehrheit der Befragten als Hürde genannt und zwar oft zusammen (siehe Abbildung 3.2.4.2-5).

Zusammenfassend wurde ein grundsätzliches Interesse an der Verwendung von SD-Ergebnissen und -Dokumentationen in Forschungsprojekten in der Umfrage bestätigt. Allerdings konnte auch aufgezeigt werden, dass die Qualität und Verwertbarkeit der Daten und Dokumentationen von Akteuren der Forschung kritisch gesehen werden. Da eine solche Einschätzung vermutet wurde, wurde in der Umfrage explizit abgefragt, was die Verwertbarkeit der Daten und Dokumentationen erhöhen könnte. Etwa gleichmäßig verteilt wurden BIM-Modelle der SD-Häuser und eine standardisierte und öffentliche SD-Datenbank als Optimierungsoptionen genannt. Eine solche Datenbank wurde bereits erarbeitet und wird im Kapitel 7 „Knowledge Platform“ detailliert. BIM-Modelle von den SD-Häusern gibt es bisher noch nicht. Von den vergangenen SD-Häusern liegen Projektzeichnungen als PDF vor. Diese können zwar für Recherchen genutzt, aber für Studien nicht automatisiert weiterverwendet werden. Im SD EU 2021 hingegen werden die Teams aufgefordert, ihre Projekte

in einem BIM-Modell zu dokumentieren (European Energy Endeavour Foundation, Bergische Universität Wuppertal 2020, p. 54). Basierend auf den Umfrageergebnissen würden die BIM-Modelle zusammen mit der Datenbank den Dialog zwischen Forschung und SD verbessern. Erstrebenswert ist eine Etablierung dieser Werkzeuge und Vernetzung mit Forschungsvorhaben zur kontinuierlichen Optimierung der SD-Dokumentation. Nur so können langfristig die einzigartigen Vorzüge des SD für die Forschung genutzt werden. Eine Umfrage unter Forschungsakteuren im Anschluss an den SD EU 2021 und das SD Living Lab in Wuppertal wäre zudem zielführend für die Beurteilung der umgesetzten Optimierungen durch die Datenbank und BIM-Modelle. Eine solche Umfrage war im zeitlichen Rahmen dieser Arbeit nicht mehr umsetzbar. Basierend auf den hier gewonnenen Erkenntnissen, dass der SD grundsätzlich interessant für Forschungsvorhaben ist, aber Kritik an der Zugänglichkeit und Verwertbarkeit der Ergebnisse besteht, werden im Kapitel 6 „Forschungsdiallog“ detaillierte Dialogschnittstellen und Optimierungspotenziale herausgearbeitet.

Fragen für Zielgruppe Praxis

Mit den Fragen für das Kapitel „Praxisdiallog“ werden Architekten, Bauingenieure, Handwerker und Studierende im Bereich Architektur und Bauingenieurwesen angesprochen. Die Studierenden, die die Fragen zum Praxisdiallog beantworten, sollten nicht an einem SD teilgenommen haben oder an diesem aktuell oder zukünftig teilnehmen. Andernfalls könnte das bereits aufgebrachte Engagement für das SD-Projekt die Antworten verfälschen. Bei diesem Frageblock soll herausgefunden werden, ob eine Praxisrelevanz der SD-Ergebnisse von den Protagonisten der Baufachwelt vermutet wird. In der Umfrage werden den Teilnehmern dieses Fragenabschnittes weitere Informationen zu den SD-Häusern und dem Wettbewerb (Informationsclip siehe Tabelle 3.2.4.2-1) gegeben, um eine fundierte Beantwortung der Fragen zu ermöglichen.

Im Kapitel 5 „Praxisdiallog“ wird die These aufgestellt, dass der SD in der Baufachwelt nur wenig bekannt ist. Die Umfrage soll ergänzend zu den Auswertungen im Kapitel Praxisdiallog klären, ob der SD in der Fachwelt tatsächlich wenig bekannt ist, da die Ergebnisse von Akteuren der Praxis als nicht relevant angesehen werden. Die Frage zur Bekanntheit des SD wird mit Z2 bereits im Frageblock gestellt. Von den befragten 29 Akteuren der Baupraxis kannten 16 den SD bereits und 13 wurden über die Besonderheiten des Wettbewerbs und der SD-Häuser erst während der Umfrage informiert.

Hier, im befragungsgruppenspezifischen Frageblock wird zunächst mit A1 gefragt, ob die Befragten den SD für praxisrelevant halten, und anschließend nach einer Begründung für diese Einschätzung in A2.1 und A2.2 gefragt.

90% (26) der befragten Baupraxisakteure haben geantwortet, dass sie den SD relevant für die Praxis halten. Als Grund für eine mangelnde Praxisrelevanz wurde von nur 10% der Befragten angegeben (siehe Tabelle 3.2.4.2-4 A2.2), dass die SD-Häuser zu experimentell für eine Praxis sind. 12 der 26 Befragten, die den SD für praxisrelevant halten, kannten den SD vor der Umfrage noch nicht. Der SD wird von Praxisakteuren grundsätzlich als relevant eingestuft. Die geringen Teilnehmerzahlen an der Umfrage (siehe oben Allgemeine Fragen) zeigen, dass die Bekanntheit des SD in der Fachwelt Raum für Optimierung hat. Hierfür kann zum einen der SD selbst optimiert werden oder die Bekanntheit durch optimierte Kommunikation gesteigert werden. In A3 wird gefragt, welche der dort vorgeschlagenen Optimierungen des SD als zielführend gesehen werden (Auswertung siehe Abbildung 3.2.4.2-6 und folgend 3). Zudem können Erkenntnisse über die genutzten Informationsquellen der Praxisakteure für die Verbreitung von SD-Informationen genutzt werden. Die zielgruppenoptimierte Kommunikation ist im Verhältnis zur Anpassung des Wettbewerbs (siehe Frage A3) aufwandsarm und sollte demnach zur Gewinnung neuer Zielgruppen ein fester Bestandteil der Optimierung sein. Hierfür wurde in der Umfrage nach Informationsquellen und Plattformen gefragt, über die sich Baufachleute über aktuelle Entwicklungen in der Praxis informieren. A4 fragt nach Informationsplattformen, die von der hier angesprochenen Zielgruppe genutzt werden. A5 ergänzt die Frage A4, indem hier gefragt wird, welche Plattformen sich anbieten würden, um die SD-Ergebnisse zu kommunizieren. Der Frageblock A6 soll zudem Ideen sammeln, welche Zielgruppen neben Architekten, Bauingenieuren, Studenten und Handwerkern noch angesprochen werden sollten.

Tabelle 3.2.4.2-4: Übersicht über die Fragen und Antwortoptionen des Frageblocks für die Zielgruppe Praxis

Nr	Frage	Antwortoption	Weitere Fragereihenfolge
A1	Denken Sie, dass der Solar Decathlon relevant für die Baupraxis ist?	ja	wenn "ja" dann A2.1.
		Nein	Wenn "nein" dann A2.2
A2.1.	Warum denken Sie, ist der Solar Decathlon relevant für die Baupraxis?	Hier werden innovative Bauweisen und Technologien demonstriert.	
		Klimagerechtes Bauen wird öffentlichkeitswirksam veranschaulicht	
		Interesse der Bevölkerung für Klimaschutz kann gesteigert werden	
		Internationaler Vergleich von Ideen/ Konzepten und Strategien	
		Andere	
A2.2.	Warum denken Sie, ist der Solar Decathlon nicht relevant für die Baupraxis?	Weil die Häuser zu experimentell sind	
		Weil es ein Studentenwettbewerb ist	
		Weil die Häuser zu teuer sind	wenn "Potenzial" dann A3.1.
		ist noch nicht relevant für die Baupraxis, hat aber Potenzial dafür.	
A3	Was könnte die Praxisrelevanz des Solar Decathlon steigern?	Andere Themen adressieren (Sozialbauten, urbanes Bauen, ...)	
		Die Bauaufgaben bräuchten einen baulichen Kontext	
		Die Architekturjury muss einen hohen Bekanntheitsgrad haben.	
		Die Kosten für ein SD-Haus müssen gedeckelt sein.	
		Andere	
A4	Wie informieren Sie sich über Entwicklungen in der Bauwelt?	Zeitschriften	
		Wettbewerbe/ Ausschreibungen	
		Ortsbesuche	
		Events	
		Social Media	
		Andere	
A5	Was erreicht eine größere Zielgruppe (Ranking)	Events	
		Fachartikel	
		Wettbewerb	

A6	Für welche Zielgruppen könnte der Solar Decathlon Ihrer Meinung nach interessant sein?	Baufachleute (Architekten, Bauingenieure)
		Politiker
		Studierende
		interessierte Öffentlichkeit (Bauen und/oder Klimaschutz)
		allgemeine Öffentlichkeit

Auswertung Umfrage Praxis:

Grundsätzlich haben die befragten Praxisakteure in der Umfrage bestätigt, dass der SD und die SD-Häuser relevant für die Baupraxis sind. Allerdings kannte nur die Hälfte der Befragten den SD bereits vor der Umfrage. Eine Einschätzung der Befragten, was besonders für eine Praxisrelevanz des SD spricht, könnte zukünftig dafür genutzt werden, um durch gezielte Kommunikation mehr Praxisakteure über den SD zu informieren. Es konnten mehrere Antworten hierfür ausgewählt werden.

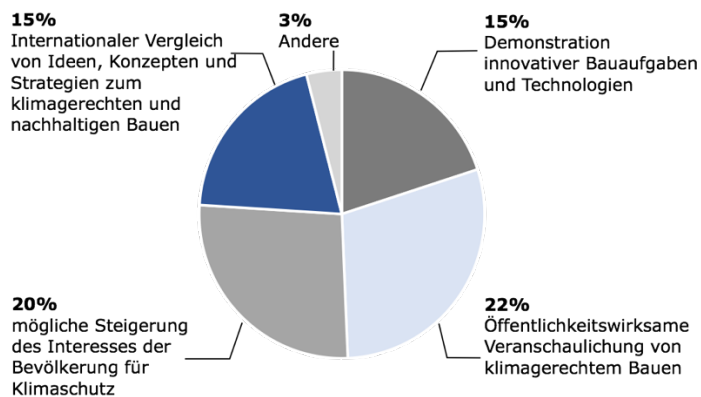


Abbildung 3.2.4.2-6: Verteilung der genannten Eigenschaften des SD und der SD-Häuser, die diese aus Sicht der Befragten relevant für die Baupraxis machen.

Relativ gleichmäßig verteilt wurde hier von den Befragten die Eigenschaften des SD genannt, dass dort innovative Bauweisen und Technologien präsentiert werden, dass dort internationale Konzepte und Strategien zum klimagerechten Bauen im Vergleich präsentiert werden, dass klimagerechtes Bauen öffentlichkeitswirksam präsentiert wird und dass der SD das Potenzial hat, die Öffentlichkeit über Möglichkeiten des klimagerechten Bauens zu informieren. Somit wurden alle Kerneigenschaften des SD als relevant für die Baupraxis identifiziert (siehe Abbildung 3.2.4.2-6).

Auch wenn nur 10 % der Befragten angegeben haben, dass der SD nicht relevant für die Baupraxis ist, gibt es dennoch Optimierungspotenzial. Denn nur etwa die Hälfte der Befragten aus der Zielgruppe Praxis kannte den SD bereits. In der Umfrage wurden hierfür nach Themen (Frage A3) gefragt, die die Praxisrelevanz des SD steigern können.

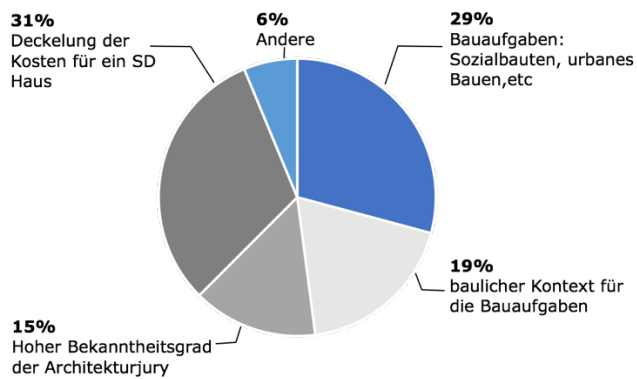


Abbildung 3.2.4.2-7: Darstellung der Themen, die von Akteuren der Baupraxis in der Umfrage ausgewählt wurden, um die Praxisrelevanz des SD damit möglicherweise steigern zu können. Die Antwortoptionen waren vorgegeben. Die Praxisakteure konnten mehrere Antworten auswählen.

Zur Steigerung der Praxisrelevanz wird von der Mehrheit der Befragten angegeben, dass eine Deckelung der SD-Häuserkosten und das Adressieren von Themen wie Urbanität und Sozialer Wohnungsbau zielführend sind. Dagegen wird der fehlende bauliche Kontext der SD-Häuser von nur 19 % der Befragten als optimierungswürdig angesehen. Die Bekanntheit der Architekturjury ist auch nur für 15 % der Befragten ausschlaggebend für eine Praxisrelevanz des SD. Bei der Wettbewerbsorganisation sollten demnach Aufwand und Nutzen vom Engagieren namhafter Architekten für die Jury abgewogen werden. Eine prominente Jury kann eine besondere Gelegenheit für die teilnehmenden Studierenden und auch Anerkennung sein. Zudem lässt sich eine prominente Jury-Besetzung öffentlichkeitswirksam einsetzen. In der Umfrage wurde allerdings angegeben, dass die Besetzung der Jury keinen Einfluss auf die Erhöhung der Praxisrelevanz und Steigerung des Interesses von Praxisakteuren am SD hat.

Im SD EU 2021 wird bereits die Verortung der SD-Häuser in einen baulichen Kontext, sowie das Adressieren von innerstädtischen und sozialverträglichen Wohnformen adressiert. Diese für den SD neuen Themen könnten durch gezielte Kommunikation an die Fachwelt den Dialog zwischen SD und Praxis fördern. Dieser Dialog hat unter Berücksichtigung des geplanten Living Lab im Anschluss an den SD EU 2021 und somit des Verbleibs einiger Häuser auf dem Eventstandort eine besondere Bedeutung.

Zur Förderung der Kommunikation wurde in der Umfrage nach den bevorzugten Informationsplattformen der Praxisakteure gefragt (siehe Tabelle 3.2.4.2-4 A4). Interessanterweise gibt es hier signifikante Unterschiede zwischen den deutschen Praxisakteuren und den internationalen Praxisakteuren (siehe Abbildung 3.2.4.2-8).

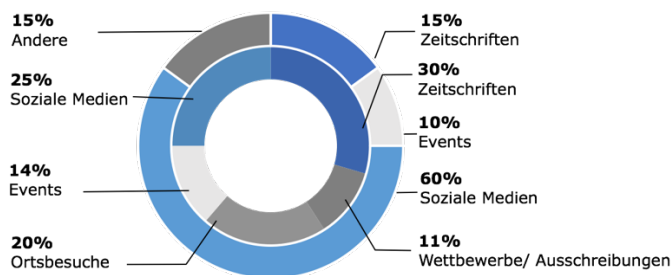


Abbildung 3.2.4.2-8: Darstellung der Umfrageergebnisse zu den bevorzugten Informationsmedien. Dargestellt ist die Häufigkeitsverteilung der Medien, die in der Praxis genutzt werden zur Recherche oder fortlaufenden Weiterbildung über aktuelle Entwicklungen. Hier wurde zwischen den genutzten Medien der befragten deutschen Praxisakteure (innerer Ring) und der befragten internationalen Praxisakteure (äußerer Ring) unterschieden.

In der Umfrage wurden signifikante Unterschiede in der Nutzung verschiedener Medien für die Bildung über aktuelle Entwicklungen in der Fachwelt aufgezeigt. In Abbildung 3.2.4.2-8 zeigt der äußere Ring die Abstimmung der internationalen Akteure der Baupraxis und der innere Ring die Umfrageergebnisse der deutschsprachigen Befragten. Die internationale Gruppe der Befragten hat angegeben, dass überwiegend soziale Medien (60 %) genutzt werden, um sich über aktuelle Entwicklungen der Praxis zu informieren. Wohingegen die deutschen Befragten Zeitschriften, soziale Medien und Ortsbesuche nutzen, um sich über fachliche Entwicklungen zu informieren. Generell ist die Vielfalt der Informationsquellen unter den deutschen Befragten höher als unter den internationalen Befragten. Während in Deutschland Ortsbesuche, Wettbewerbe

und Ausschreibungen als Informationsquellen genutzt werden, sind diese für die internationale Gruppe nicht relevant. Das Besuchen von Events wird hingegen von beiden Gruppen als Informationsquelle genutzt. Unter Berücksichtigung dieser Auswertung sollten unterschiedliche Kommunikationsstrategien eingesetzt werden, um die Praxiszielgruppen zu erreichen und so die Reichweite des SD auszubauen. Soziale Medien erreichen sowohl die nationalen als auch die internationalen Praxisakteure. National sollten zudem Zeitschriften und Events, wie Messen und Ausstellungen, genutzt werden, um den SD zu kommunizieren. Insbesondere das SD-Event und die damit verbundene Möglichkeit, die SD-Häuser vor Ort zu besichtigen, spricht beide Gruppen an und ist demnach ein wichtiger Bestandteil der Kommunikation. Events in Verbindung mit dem SD, die Fachpublikum ansprechen, konnten bereits in den vergangenen Wettbewerben des SD EU gewinnbringend eingesetzt werden (Voss, Karsten Prof. Dr.-Ing.; Hendel, Susanne; Vega, Prof. Sergio; Arranz 2020a, p. 16 ff). Das geplante Living Lab im Anschluss an den SD EU 2021 kann zudem das Interesse der deutschen Praxisakteure am SD steigern, wenn hier Ortsbesuche auch nach dem Wettbewerbsevent möglich gemacht werden. Denn Ortsbesuche werden von 20 % der national Befragten ebenfalls als Informationsquelle genutzt.

Die Umfrageantworten der teilgenommenen Praxisakteure lassen vermuten, dass der SD grundsätzlich als relevant für die Praxis eingestuft wird, aber noch ein bisher nicht ausgebautes Optimierungspotenzial gesehen wird. Zusätzlich zu den hier erarbeiteten Erkenntnissen, dass eine Anpassung des Wettbewerbs im Bereich der Baukosten und adressierten Themen und eine optimierte Kommunikation die Reichweite des SD erhöhen kann, werden im Kapitel 5 „Praxisdialog“ weitere Schnittstellen und somit Optimierungswege untersucht.

Fragen für Zielgruppe Politik

Im vierten Block der Onlineumfrage wurden Akteure aus der Politik befragt. Zu dieser Befragungsgruppe gehören alle Mitarbeiter und Akteure von und für politische Institutionen, die sich mit der Kommunikation von energiepolitischen Zielen zur Bevölkerung beschäftigen. Hierzu gehören beispielsweise Politiker, Klimaschutzbeauftragte und Pressesprecher. Außerdem werden hier SD-Organisatoren befragt nach ihrer Zusammenarbeit mit örtlichen politischen Institutionen oder Verwaltungen.

Bei dieser Befragungsgruppe wird vermutet, dass die Wenigsten den SD kennen und es zudem die meisten Vorbehalte gibt.

Im Kapitel Politikdialog wird die These aufgestellt, dass der SD in Europa bisher nur wenig Nähe zur Politik hat. Dies wäre ein signifikanter Unterschied zu den USA, wo der SD vom Department of Energy gegründet wurde. Ansätze einer Verbindung zwischen Politik und SD waren aber auch in Europa gegeben. Bereits seit dem ersten SD EU wird angestrebt, das Interesse der Politik auf den SD zu lenken. Hierfür konnten Besuche von hochrangigen Politikern bisher bei allen Events des SD EU organisiert werden (Projekt „Solar Decathlon - Analysis of the results“: (Voss, Karsten Prof. Dr.-Ing.; Hendel, Susanne; Vega, Prof. Sergio; Arranz 2020a, p. 36 ff.)). Europäische Projekte wie „Solar Decathlon - Analysis of the results“, welches eine Grundlage für die hier vorliegende Arbeit ist, schaffen zudem ein Zurückspiegeln von Erkenntnissen und Erfahrungen aus dem SD an politische Gremien, wie hier die Europäische Kommission (Voss, Karsten Prof. Dr.-Ing.; Hendel, Susanne; Vega, Prof. Sergio; Arranz 2020b). Außerdem wird der SD EU durch die jeweils austragenden Staaten gefördert. Im Kapitel Politikdialog wird detailliert aufgezeigt, dass, obwohl eine fachliche Nähe und Schnittstellen in Form von Förderungen und Weitergabe von Erkenntnissen und Erfahrungen des SD zur europäischen Klimapolitik bestehen (siehe Kapitel 4 „Politikdialog“), bisher kein Dialog realisiert werden konnte. Denn eine Beeinflussung des Wettbewerbs oder der Wettbewerbsregeln für eine Kommunikation von energiepolitischen Zielen findet in Europa bisher nicht statt. Hierfür bedarf es eines aktiven Austauschs zwischen SD und Politik. Welche Schnittstellen und Themen sich hierfür eignen würden, wird im Kapitel 4 „Politikdialog“ genauer analysiert. Die Umfrage soll zunächst zeigen, wie bekannt der SD bei der Politikzielgruppe ist (Z2 und Z3) (siehe Tabelle 3.2.4.2-2). Folgend soll die bisherige Interaktion zwischen SD-Organisatoren und politischen Institutionen hinterfragt werden. Hierfür werden mit der Frage PO1 SD Organisatoren aktueller und vergangener Wettbewerbe dazu befragt, wie sich die Zusammenarbeit mit der lokalen Politik und Verwaltung gestaltet.

Der SD ist traditionell und bis heute Kommunikationsmittel zur interessierten Öffentlichkeit zum Vermitteln von Möglichkeiten des energiesparenden Bauens.¹⁹ Internationale Unterschiede der Kommunikationsarten und Wege zwischen Politik und Bevölkerung bezüglich der Klimaziele werden hierzu in den Fragen PP1 bis PP5 (siehe Tabelle 3.2.4.2-5) gesammelt. Im Kapitel Politikdialog wird die Hypothese aufgestellt, dass der SD auch in Europa genutzt werden kann, um der Bevölkerung die Umsetzung klimagerechten Bauens zu kommunizieren. Die amerikanische Arbeitsweise kann hierfür ein Vorbild sein. In den Fragen PP1 und PP5 soll hierfür der Unterschied zwischen Europa und den USA herausgearbeitet werden.

Tabelle 3.2.4.2-5: Übersicht über Fragen und Antwortoptionen für die Politikzielgruppe.

Für SD Organisatoren		wenn Umfrage Zielgruppen mit "Organisatoren" beantwortet	
Nr	Frage	Antwortoption	Weitere Fragereihenfolge
PO1	Was beschreibt die Zusammenarbeit mit politischen Institutionen (Stadt/ Land des Austragungsortes) am besten?	finanzielles Sponsoring	
		organisatorische Beteiligung	
		Vorgaben oder Ideen für SD-Regeln	
		Beteiligung an Events	
		Beteiligung an Kommunikation (Veröffentlichungen, Radio, TV, etc.)	
Für Mitarbeiter politischer Institutionen (Städte, Kommunen, Länder,..)		wenn Umfrage Zielgruppen mit "Mitarbeiter Amt/ Stadt/ Kommune" beantwortet	
Nr.	Frage	Antwortoption	Weitere Fragereihenfolge
PP1	Werden von Ihnen bzw. Ihrer Institution Klimaschutz und Maßnahmen zum Klimaschutz kommuniziert?	ja	Wenn ja dann PP2 und PP3, sonst weiter ab PP4
		nein	
PP2	Wer ist die Zielgruppe für Ihre Klimaschutzkommunikation?	Bauherren/innen	
		Planer/innen	
		Unternehmen/ Handwerker/innen	
		Bürger allgemein	
		Schüler/ Kinder	
		Studierende	
PP3	Mit welchen Maßnahmen wird Klimaschutz kommuniziert (neben den gesetzlichen Vorgaben)?	Informationsveranstaltungen	

¹⁹ „To educate the general public about responsible energy use, renewable energy, energy efficiency, and the technologies available to help them to reduce their energy consumption.“ Zitat SD EU 2021 (European Energy Endeavour Foundation, Bergische Universität Wuppertal 2020, p. 4)

		Veröffentlichungen	
		Wettbewerbe	
		Andere	
PP4	Wäre der Solar Decathlon für Sie bzw Ihre Institution als Klimaschutz-Kommunikationsmittel von Interesse? Oder beteiligen Sie sich sogar schon an einem Solar Decathlon?	ja	Wenn "ja" dann weiter mit PP5, sonst Ende
		nein	
PP5	Wie könnten Sie/ Ihre Institution von einer Kooperation mit dem SD profitieren?	Kommunikation von Klimaschutz zur Öffentlichkeit	
		wirtschaftlicher Gewinn aufgrund des Wettbewerbsevents	
		Bildungsmaßnahme für Schüler und Studierende	
		internationale Präsentation der eigenen Maßnahmen	
		Netzwerkausbau mit anderen Institutionen und Gremien	
		internationaler Austausch über Möglichkeiten zum klimagerechten Bauen	

Auswertung Umfrage Politik

An der Umfrage haben insgesamt nur neun Akteure aus der Politik teilgenommen. Sechs dieser Teilnehmer haben in der deutschsprachigen Umfrage abgestimmt. Sieben der Teilnehmer sind Mitarbeiter von politischen Institutionen und zwei Teilnehmer sind Politiker (siehe Tabelle 3.2.4.2-2 Z3). Sechs der Befragten kannten den SD bereits und drei der Befragten wurden erst in der Umfrage über den SD informiert. Die Gruppe der Befragten aus der Politikzielgruppe ist, wie auch schon bei den anderen Zielgruppen, klein. Auch hier sind keine repräsentativen Ergebnisse möglich. Durch die Befragung können aber Ideen für Untersuchungsansätze für das Kapitel 4 „Politikdialog“ generiert werden. Hier in der Umfrage wurden vor allem die Fragen untersucht, wie viel Zusammenarbeit es bereits zwischen Politik und SD gibt und wie Klimaschutz an die Bevölkerung kommuniziert wird. Ähnlich wie bei der Praxiszielgruppe sollen so Kommunikationswege aufgedeckt oder bestätigt werden.

Alle Befragten haben angegeben, dass die politischen Institutionen, für die sie arbeiten, in irgendeiner Form Maßnahmen zum Klimaschutz kommunizieren. In den Abbildungen 3.2.4.2-9 und 3.2.4.2-10 sind die Umfrageergebnisse zu den adressierten Zielgruppen für Klimaschutzkommunikation von politischen Institutionen und den gewählten Kommunikationsmitteln dargestellt.

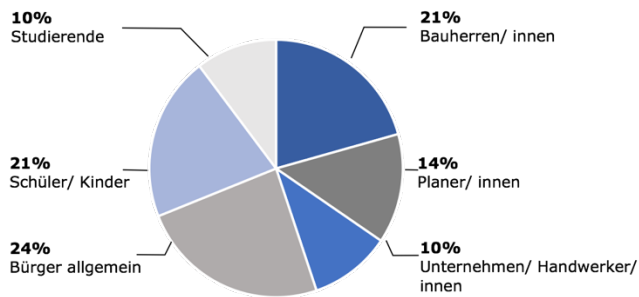


Abbildung 3.2.4.2-9: Verteilung der Zielgruppen, die von den befragten Politikakteuren zum Thema Klimaschutz angesprochen und informiert werden.

Die befragten Politikakteure haben angegeben, dass Klimaschutzthemen an mehrere Zielgruppen kommuniziert werden. Hierbei wurden relativ gleichmäßig verteilt alle in der Umfrage angegebenen Zielgruppen genannt (siehe Abbildung 3.2.4.2-9). Ein Zielgruppenschwerpunkt liegt hier allerdings auf Bürgern (allgemein), Bauherren/innen und Schülern. Interessanterweise werden für Klimaschutzkommunikation durch politische Institutionen vorwiegend Laienzielgruppen adressiert. Die möglichen Adressaten Studierende, Planer/innen und auch Unternehmen und Handwerker wurden nur halb so oft als Adressat genannt. Dieser Schwerpunkt auf die interessierte Öffentlichkeit entspricht auch dem Konzept des SD (siehe Fußnote 6 Kapitel 2.1.2 Seite 14).

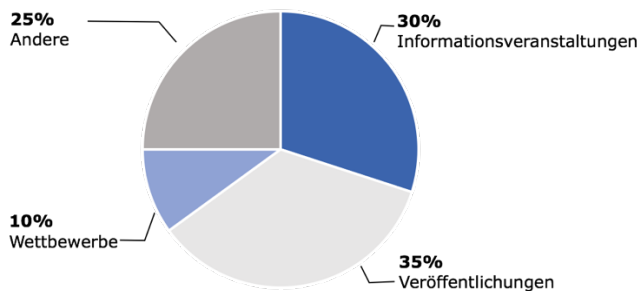


Abbildung 3.2.4.2-10: Darstellung der Verteilung der genannten Kommunikationsmittel von politischen Institutionen. Hier aufgezeigt sind Kommunikationsmittel, die von den befragten politischen Institutionen eingesetzt werden, um Ziele und Wege des Klimaschutzes zu kommunizieren. In der Umfrage wurde Klimaschutz nicht weiter eingeschränkt, um die Befragungsgruppe möglichst groß zu halten.

Die Kommunikationsmittel, die hierbei von politischen Akteuren eingesetzt werden, ähneln denen, die von den Praxisakteuren zur Weiterbildung genutzt werden. Hier liegt der Schwerpunkt ebenfalls auf Veröffentlichungen und Informationsveranstaltungen. Allerdings gibt es im Gegensatz zur Praxiszielgruppe keine Unterschiede zwischen den nationalen und internationalen Befragten in der Häufigkeitsverteilung der genutzten Kommunikationsmittel.

Neben Informationsveranstaltungen und Veröffentlichungen wurden auch Wettbewerbe als Kommunikationsmittel genannt. Der SD ist sowohl Wettbewerb als auch Informationsveranstaltung. Basierend auf den Antworten der Politikakteure zu den adressierten Zielgruppen und gewählten Kommunikationsmitteln kann ein Interesse von Seiten der Politik am SD vermutete werden. In der Umfrage wurde explizit nach einem möglichen Interesse eines SD-Politikdialoges und nach einem möglichen Zugewinn für Politikakteure und Institutionen durch eine Verknüpfung von SD und Politik gefragt. Überraschenderweise haben nur sechs der 9 Befragten Politikakteure angegeben, dass eine Verknüpfung von SD und Politik interessant wäre. Diese kritische Einstellung gegenüber dem SD wurde ausschließlich von den deutschen Befragten geäußert. Von denen haben nur 50% angegeben, dass der SD interessant für politische Kommunikation sein kann. Dieser Unterschied zwischen den deutschen und den international Befragten ist ein weiteres Indiz für die Unterschiede zwischen der Vernetzung von Politik und SD in Europa und den USA. Alle drei befragten Politikakteure der englischsprachigen Umfrage arbeiten in den USA und haben an der Umfrage aufgrund persönlicher Einladungen teilgenommen. Trotz der kritischen Einstellung der Befragten zur Vernetzung von SD und Politik, wurde in der Umfrage nach einem möglichen Zugewinn für die Politik durch einen SD-Dialog gefragt (siehe Abbildung 3.2.4.2-11).

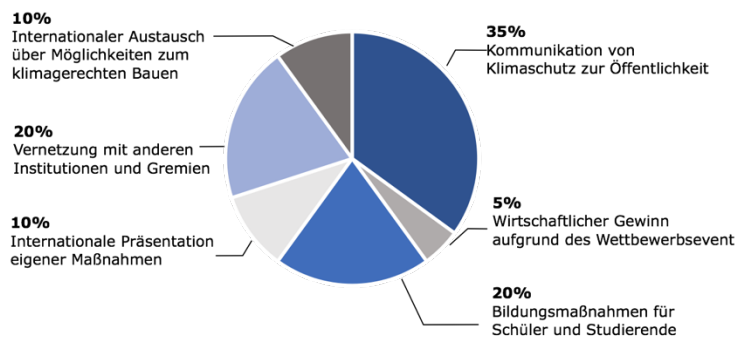


Abbildung 3.2.4.2-11: Darstellung der Abstimmungen zu möglichen SD-Politikdialogschnittstellen.

Alle angegebenen Möglichkeiten, wie die Politik von einem Dialog mit dem SD profitieren kann, wurden von den Politikakteuren in der Umfrage genannt. In den Antworten lag der Schwerpunkt darauf, den SD als Kommunikationsmittel von Klimaschutzthemen an die Öffentlichkeit einzusetzen. Je 20 % der Stimmen wurden dafür vergeben, dass der SD als eine Bildungsmaßnahme für Schüler und Studierende oder zur Netzwerkbildung zwischen Gremien und Institutionen eingesetzt werden kann. Internationale und wirtschaftliche Aspekte eines möglichen Zugewinns wurden nur von der internationalen Zielgruppe genannt. Die Umfrageergebnisse zu möglichen Vorteilen für die Politik durch eine Vernetzung mit dem SD entsprechen den bereits von der Politik adressierten Zielgruppen und Kommunikationsmaßnahmen. Der SD wird folglich als Kommunikations- und Bildungsplattform für die fachfremden Zielgruppen gesehen. Neu ist hier (siehe Abbildung 3.2.4.2-11) die Nennung von Netzwerkbildung. Diese wird seitens des SD bereits vorangetrieben (Voss, Karsten Prof. Dr.-Ing.; Hendel, Susanne; Vega, Prof. Sergio; Arranz 2020a, pp. 16 ff, 36ff.) Die befragten Politikakteure sehen einen Dialog zwischen Politik und SD kritisch, aber nicht unmöglich. Aufbauend auf den hier identifizierten Schnittstellen von Kommunikation, Bildung und Netzwerkbildung sollen im Kapitel 4 „Politikdialog“ weitere Schnittstellen spezifisch für die aktuellen klimapolitischen Themen des Gebäudesektors gesucht und analysiert werden.

Auswertung Umfrage

Die Umfrage ist eine Stichprobenerhebung und keine repräsentative Umfrage. Für eine repräsentative Umfrage müssten die Befragungsgruppen genauer definiert werden können als es hier möglich war. Zudem haben trotz der weit gefächerten und wiederholten Umfrageverteilung nur 56 Personen an der Umfrage teilgenommen. Die hier erhobenen Ergebnisse werden in den jeweiligen Hauptkapiteln der Arbeit im Zusammenhang mit anderen Beweisführungen und den Antworten aus den Teaminterviews betrachtet. Die Umfrageergebnisse sollen lediglich Ideen für Dialogschnittstellen oder mögliche Kritik am SD oder einem Dialog aufzeigen oder Thesen bestärken, aber nicht zwingend beweisen.

Für die hier in der Arbeit definierten neuen Zielgruppen Politik, Praxis und Forschung lässt sich die Erkenntnis mitnehmen, dass die Bekanntheit und das Interesse am SD noch ein deutliches Optimierungspotenzial haben. Zudem wird ein Dialog zwischen SD und den jeweiligen Zielgruppen kritisch gesehen, aber nicht als unmöglich erachtet. In der Umfrage wurde bestätigt, dass der SD in seiner bisherigen Form als Kommunikations- und Bildungsinstrument interessant ist. Beide Funktionen sind bereits etabliert, aber thematisch nahezu unabhängig vom SD, denn sie bleiben beispielsweise von den thematischen Unterschieden und Entwicklungen (siehe SD Themen Kapitel 2.2) unberührt. Thematische Überschneidungen von SD und Politik können hierfür neue Dialogschnittstellen aufdecken. Für einen Dialog zwischen Politik und SD werden hierfür im Kapitel Politikdialog die aktuellen Themen des Klimaschutzes im Gebäudesektor betrachtet. Ziel ist es hierbei mögliche Schnittstellen aufgrund von thematischen Überschneidungen zum SD aufzudecken.

Ein ähnliches Bild zeichnet sich für die Praxiszielgruppe ab. Hier wird die Praxisrelevanz des SD kritisch gesehen, aber dennoch ein Interesse am SD bekundet (siehe Umfrageergebnisse Praxis). Die Umfrage hat gezeigt, dass eine thematische Annäherung des SD an aktuelle Themen der Praxis die Relevanz steigern kann. Im Kapitel 5 „Praxisdialog“ werden hierfür aktuelle Themen der Baupraxis mit Fokus auf den Klimaschutz herausgearbeitet. Diese sollen folgend daraufhin geprüft werden, ob sie einen Dialog zwischen SD und Praxis ausbauen können.

Für die Zielgruppe Forschung hat die Umfrage ebenfalls gezeigt, dass ein Interesse besteht, aber die Verwendung von SD-Ergebnissen in der Forschung noch kritisch gesehen wird. Es wurde angegeben, dass SD Ergebnisse bereits für Forschungszwecke genutzt werden. Aber die Zugänglichkeit zu den Häusern, Daten und Dokumentationen und die Qualität der Daten und Dokumentationen wurden als Hindernisse für die Verwertbarkeit genannt. Im Kapitel 6 „Forschungsdialog“ soll demnach untersucht werden, wie der SD bereits für die Forschung eingesetzt wird und welche Optimierungspotenziale es gibt.

Die Umfrage hat aufgezeigt, dass die hier definierten neuen SD-Zielgruppen für den SD nicht neu sind. Allerdings stehen Kritik und Informationsmangel über das Potenzial des SD aufseiten der Zielgruppen einem umfangreichen Dialog entgegen. In den Hauptkapiteln (Kapitel 4 bis 6) sollen demnach die hier genannten Kritikpunkte analysiert werden, um gezielt Optimierungen vorschlagen zu können.

Zusammenfassung Methoden

Die hier angewendeten Methoden sind vielfältig, da mit einer Vielfältigkeit von Untersuchungsmitteln versucht wird der Komplexität des SD auf den Grund zu gehen. Die Literaturrecherchen machen den Hauptteil der Arbeit aus, da die Auswertung der großen Daten- und Dokumentationsmenge zeitmäßig alle ergänzenden Methoden übertrifft. Aufgrund der dieser Arbeit zugrundeliegenden großen Datenmenge sind die gezielte Datenaufbereitung und die im Forschungsprojekt „European Energy Endeavour - europäische Initiative zur Weiterentwicklung und Umsetzung des SDE. Dokumentation und Querschnittsanalyse“ (ENARGUS) entwickelte Online-Datenbank (Hendel, University of Wuppertal 2018) notwendiger Teil der Methodik. Anhand der Dokumentationen zeigte sich deutlich der Aufwand, den die Teams in die Teilnahme investiert haben und welches Potenzial die Vernetzung des SD mit weiteren Zielgruppen birgt. Grundsätzlich wurde von den Teilnehmern der SD als besonders und lohnenswert beschrieben. Organisatorische und thematische Änderungsvorschläge wurden dennoch genannt. Hierzu gehört vor allem der Wunsch nach einer thematischen Annäherung des SD an die Baupraxis.

Ergänzt werden die Erkenntnisse mithilfe einer Onlineumfrage. Auch von Akteuren der Praxis, Politik und Forschung wurde in der Onlineumfrage ein Interesse an der Vernetzung mit dem SD bekundet. Als mögliche Hindernisse für einen Dialog zwischen SD und den Zielgruppen Praxis und Politik wurden in den Umfragen die Unterschiede in den adressierten Themen und der hohe Grad an experimentellen und hochinnovativen Konzepten im SD genannt. Eine Annäherung an Praxisthemen wurde auch von Teams genannt und bereits im SD EU 2021 weiter ausgebaut. In der Umfrage haben sich Akteure der Forschungszielgruppe ebenfalls interessiert aber auch kritisch zu einem möglichen Dialog zwischen SD und Forschung geäußert. Hier werden insbesondere die Qualität und Vollständigkeit der Dokumentation problematisch gesehen. Zudem wird die kurze Dauer des Events und somit die verminderte Zugänglichkeit zu den Häusern als hinderlich gesehen. Mit einem Living Lab im Anschluss an den SD EU 21 und somit dem Verbleib der Häuser für ein Jahr nach dem Wettbewerb, wird diesem Kritikpunkt entgegengewirkt.

Vereinzelt wurden Argumente mithilfe von Simulations- oder Rechenergebnissen belegt. Hochrechnungen dienten im Kapitel 4 und 5 zur Prognose von Entwicklungen in der Politik oder Praxis, um diese dann mit Entwicklungen oder angestrebten Änderungen im SD zu vergleichen. Hiermit konnte in beiden Fällen die Zukunftsfähigkeit des SD bestätigt werden.

Der SD ist ein einzigartiger, zukunftsfähiger und aufwendiger Wettbewerb. Dies konnte durch die eingesetzten Methoden bestätigt werden.

Kapitel 4 SD im Politikdialog

Wenn der Dialog zwischen Politik und SD ausgebaut wird, kann die Klimapolitik²⁰ von den Erkenntnissen des SD profitieren und den SD auch gezielt als Testplattform für die Klimaschutzbestrebungen nutzen.

²⁰ Hier in der Arbeit liegt der Fokus auf der deutschen Klimapolitik.

4 SD IM POLITIKDIALOG

4.1 EINLEITUNG

Die Klimapolitik wurde als mögliche Zielgruppe für einen Dialog mit dem SD identifiziert, da der SD sich wie die europäische und nationale Energiepolitik auf die international vereinbarten Klimaziele (COP21 2015) bezieht. Die Relevanz des SD für die Energiepolitik muss erst nachgewiesen werden. Denn es gibt in Europa keinen offensichtlichen, aktiven Dialog zwischen dem SD und der Politik. In den USA hingegen ist der Hauptinitiator des SD US seit Beginn des Wettbewerbs die US-amerikanische Energiebehörde (US Department of Energy 2002b). Ein Interesse der deutschen Politik am SD und möglichen Erkenntnissen aus dem SD kann aufgrund der Bereitstellung von Finanzierungen angenommen werden. Der SD EU 2021 wird beispielsweise von Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) mit einem Volumen von 12mio € gefördert (Förderdatenbank enArgus 2021). Das dieser Dissertation zugrundeliegende Forschungsprojekt wurde ebenfalls von 2015 bis 2021 durch das BMWi gefördert (Förderdatenbank enArgus 2015). Erkenntnisse aus dem SD können über die Forschung an die Politik weitergegeben werden. Mit welchen Erkenntnissen beispielsweise zu rechnen ist und welche Relevanz diese für die Klimapolitik haben können, soll hier im Kapitel untersucht werden. Hier im Kapitel werden die Regelungsmechanismen der Politik mit denen im SD verglichen und auf ihre Effektivität überprüft. Gemeinsamkeiten und Unterschiede sollen mögliche Schnittstellen für einen Dialog zwischen Politik und SD aufdecken. Der Fokus liegt dabei auf einem Dialog zwischen der deutschen Klimapolitik und dem SD EU.

4.2 KLIMAPOLITIK

Die deutsche Klimapolitik steht nicht für sich allein. Sie ist das Ergebnis internationaler und europäischer Verträge und Vorgaben. Internationale Vorgaben werden für die Umsetzung zunächst auf europäischer und zur Steuerung der Umsetzung in der Praxis auf nationaler Ebene für alle relevanten Sektoren interpretiert. Die Klimapolitik umfasst neben Gebäuden auch die Sektoren Industrie, Verkehr und Landwirtschaft. Für eine Auswertung nahe am SD wird hier der Fokus auf Gebäude gelegt. Zudem ist der Gebäudesektor ein wichtiges Handlungsfeld der Klimapolitik. Denn etwa 50 % des Endenergieverbrauches der EU werden für Heizen und Kühlen aufgewendet. 80 % dieses Verbrauches entfällt dabei auf den Gebäudesektor (Parlament 2018, para. 7). In Deutschland haben Gebäude einen Anteil von 36 % am Endenergieverbrauch (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie 2015, p. 55) und einen Anteil von 25 % an den CO₂-Emissionen (Öko- Institut.ev 2021). Demnach sind die Steigerung der Energieeffizienz und der Einsatz erneuerbarer Energien zur Versorgung von Wohnräumen zwei wichtige Handlungsbereiche zum Erreichen eines klimafreundlichen Gebäudebestandes (Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie; Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz 2017, para. 1).

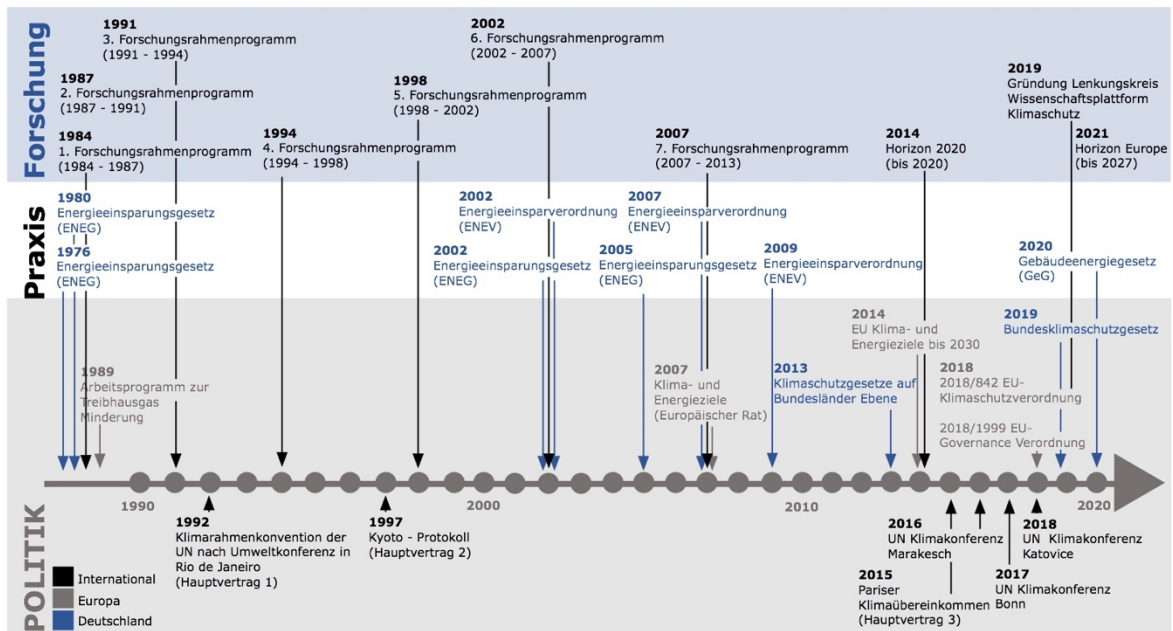


Abbildung 4.2-1: Darstellung der zeitlichen und rechtlichen Zusammenhänge der internationalen, europäischen und deutschen Ziele, Pläne und Gesetze zum Klimaschutz. Die für die Energiewende relevanten Vorgaben im Gebäudesektor sind hier in drei Ebenen dargestellt. Die Ebene Politik umfasst Verträge und Gesetze zur Regelung der Klimaschutzziele und Maßnahmen. Diese bilden die Grundlage der daraus folgenden Vorgaben und Incentivierungen zur Praxisumsetzung (Ebene Praxis) und Förderungen für die begleitende Forschung (Ebene Forschung). Der Fokus hier im Kapitel liegt auf den deutschen Umsetzungen unter Berücksichtigung der europäischen und internationalen Vorgaben. Auf der Forschungsebene sind die maßgebenden Forschungsprogramme auf europäischer Ebene dargestellt, denn diese beeinflussen maßgeblich auch nationale Forschungsprojekte. Die Praxisebene stellt geltende Gesetze und Verordnungen zum Klimaschutz im Bauwesen in Deutschland dar. Denn die Praxisumsetzung ist nach internationalen Vorgaben eine nationale Verpflichtung. Die Politikebene umfasst Meilensteine der internationalen, europäischen und nationalen Klimapolitik.

Die Abbildung 4.2-1 stellt auf einer Zeitleiste Verträge, Gesetze, Ziele und Vorhaben der Klimaschutzpolitik dar. Die internationale und nationale Klimaschutzpolitik ist mit den dargestellten Vorgaben und Strategien zwar ausreichend geregelt, allerdings bedarf es für das Erreichen der Klimaschutzziele weiterer Maßnahmen.²¹ Diese Maßnahmen beruhen darauf, dass das Erreichen der politisch gesetzten Klimaziele durch die Umsetzung in der Praxis erfolgt (Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie; Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz 2017, para. 5) und auf Erkenntnissen aus der Forschung basiert (Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie; Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz 2017, para. 7). Politische Vorgaben und Incentivierungen zur Steuerung der Praxisumsetzung und Forschungstätigkeit sind in Abbildung 4.2-1 in den Bereichen Praxis und Forschung dargestellt.

Die Ebene Politik der Abbildung 4.2-1 zeigt relevante Verträge und Vorgaben internationaler bis nationaler Klimapolitik, die das Ziel verfolgen, den Treibhausgasausstoß zu minimieren. Hierfür wurde bereits auf internationaler Ebene vereinbart, dass in die Forschung investiert werden muss, um Maßnahmen zu entwickeln und deren Wirksamkeit fortlaufend zu prüfen (COP21 2015, para. 10 Abs. 5). Auf ihre Wirksamkeit prüfbare Regelungsmechanismen finden sich in den Abbildung 4.2-1 im Bereich Praxis. Hier sind deutsche Gesetze und dazugehörige Verordnungen zur Umsetzung der Energiewende im Gebäudesektor dargestellt. Diese Vorgaben lassen sich auf ihren Erfolg hin prüfen. Hier im Kapitel Politikdialog sollen die Regelungsmechanismen der Klimapolitik mit denen des SD EU bezogen auf deren Wirksamkeit verglichen werden. Der Auswertungsschwerpunkt liegt hier auf Energieeffizienz und Einsatz erneuerbarer Energien im Wohnungsbau.

²¹ „Zwar ist dogmatisch ein Rechtsgebiet Klimaschutzrecht durch den Erlass von Klimaschutz-Kerngesetzen auf Unions- und nationaler Ebene nunmehr ausreichend konturiert. Die Erreichung der verbindlichen, übergreifenden Klimaschutzziele ist damit aber nicht gesichert, sondern hängt von der Ergreifung weiterer Maßnahmen und ihrer effektiven Umsetzung ab (dazu IV.).“ (Schlacke, p. 1)

4.2.1 ENERGIEEFFIZIENZ VON GEBÄUDEN

Nachfolgend wird bewiesen, dass bei der essenziellen Steigerung der Energieeffizienz von Gebäuden der SD EU den europäischen und deutschen Zielsetzungen voraus ist. Durch effektivere Regelungsmechanismen im SD EU konnte der von Grund auf bessere Gebäudestandard innerhalb von 4 Jahren mit einer höheren Effektivität, als sie von der Politik angestrebt wird, gesteigert werden.

Erster Schritt auf dem Weg zu einem klimaneutralen Gebäude ist es, den Energieverbrauch so weit es geht zu minimieren und den verbleibenden Energiebedarf durch erneuerbare Energien zu decken. Denn europaweit wurden Klimaziele zum Einsatz erneuerbarer Energien relativ zum Bruttoendenergieverbrauch der Länder vereinbart (EU 2018, para. 5). Der Anteil erneuerbarer Energien an der Deckung des Bruttoendenergieverbrauches würde sich auch durch eine Energieeinsparung erhöhen. Ein steigender Verbrauch hätte dementsprechend den gegenteiligen Effekt.²²

Die Regelungsmechanismen der Klimapolitik im Bereich Energieeffizienz unterscheiden sich grundlegend von denen des SD. Die Gemeinsamkeiten und Unterschiede von Politik und SD werden nachfolgend analysiert und auf ihre Wirksamkeit untersucht. Maßstab für die Wirksamkeit sind die international vereinbarten und national interpretierten Klimaziele für den Gebäudebereich.

Somit sind die wichtigste Gemeinsamkeit die europäisch festgelegten und bundesweit ausgelegten Ziele für die Steigerung der Energieeffizienz in Gebäuden.

4.2.1.1 ZIELE FÜR DIE STEIGERUNG DER ENERGIEEFFIZIENZ

Die EU-Klimaziele für 2030 legen fest, dass die Energieeffizienz um mindestens 27 % im Vergleich zum Basisjahr 2008 gesteigert werden soll (Schlacke 2020, p. 3). Die Bundesregierung hat sich folgend eine Senkung von 30 % des Bundesendenergieverbrauches bis 2030 zum Ziel gesetzt (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie 2019a, p. 95). Der Klimaschutzplan der Bundesregierung sieht vor, dass bis 2050 der Primärenergiebedarf im Gebäudesektor um 80 % im Vergleich zum Stand von 2008 gesenkt werden soll (Bundesministerium für Umwelt 2016, p. 43). Zur Umsetzung dieser Reduzierung gibt es Vorgaben. Auf EU-Ebene geben Richtlinien wie die EU 2010/34 und die 2018/844 konkrete Vorgaben, die für die Mitgliedstaaten verbindlich sind, aber auf nationaler Ebene interpretiert und geregelt werden müssen.

Bezogen auf die Energieeffizienz von Gebäuden lautet die EU-Vorgabe nach 2010/34, dass bis Ende 2020 alle Neubauten Niedrigstenergiegebäude sein müssen (Europäische Kommission 2010, para. 9).

Hierfür empfiehlt die 2018/844, dass ein ganzheitlicher Ansatz zur Steigerung der Gesamtenergieeffizienz gewählt werden soll, der sich nicht nur auf die Optimierung der Gebäudehülle beschränkt, sondern auch passive Elemente und passive Technologien zur Reduzierung des Endenergiebedarfes für Heizen – Kühlen, Beleuchtung und Lüften berücksichtigt (Parlament 2018, para. 15).

Diese EU-Vorgaben sind auf Bundesebene mit dem Gebäudeenergiegesetz (Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie; Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz 2017), den Richtlinien zur Bundesförderung von effizienten Gebäuden (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie 2020) und den jeweils vorangegangenen Gesetzen und Verordnungen geregelt. Die verbindlichen Maßnahmen des aktuellen Gebäudeenergiegesetzes und des früheren Energieeinspargesetzes (Deutscher Bundestag 2013) sowie der früheren Energieeinsparverordnung (Bundesregierung 2014) beschränken sich allerdings auf die Optimierung der Gebäudehülle und den Einsatz erneuerbarer Energien.

Der SD hingegen bezieht sich ebenfalls auf die EU-Vorgaben (Solar Decathlon Europe 2012, p. 148) ist aber nicht an diese gebunden. Demnach gibt es wesentliche Unterschiede zwischen den Regelungsmechanismen der Politik und des SD.

²² Im Bericht des Umweltbundesamtes zum Ausbau erneuerbarer Energien wurde dargelegt, dass zwar mehr erneuerbare Energien zur Wärmeversorgung von Gebäuden eingesetzt werden, aber aufgrund eines gestiegenen Endenergieverbrauches stagniert der Anteil (Umweltbundesamt 2020, p. 6).

4.2.1.2 REGELUNGSMECHANISMEN IM VERGLEICH

Von der Politik und im SD werden sowohl verbindliche Regulierungen als auch Incentivierungen zur Steuerung der Ergebnisse eingesetzt. Die Regulierungsebene der Politik unterscheidet sich bis auf wenige Ausnahmen grundlegend von der des SD. In Deutschland werden zur Regulierung der Ergebnisse die Umsetzungen bewertet. Im SD hingegen werden die Ergebnisse bezogen auf Wettbewerbsregeln und Wettbewerbsanforderungen selbst bewertet.

Verbindliche Vorgaben

Die verbindlichen energiepolitischen Regelungsmechanismen in Deutschland sind Gesetze und dazugehörige Verordnungen, die zwingend beim Neubau oder der Sanierung von Gebäuden eingehalten werden müssen. Die Energieeinsparung in Gebäuden wurden von 1976 bis 2020 (siehe Abbildung 4.2-1) im Energieeinsparungsgesetz geregelt. Verbindliche Vorgaben zur Umsetzung in der Praxis wurden von 2002 bis 2020 in der Energieeinsparverordnung geregelt (siehe Abbildung 4.2-1). Seit November 2020 regelt das Gebäudeenergiegesetz die Energieeinsparung in Gebäuden und vereint die Vorgaben des Energieeinsparungsgesetzes und der Energieeinsparverordnung (Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie; Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz 2017, p. 1).

Die Vorgaben des Gebäudeenergiegesetzes und den vorangegangenen Verordnungen legen einen Energiestandard für Gebäude fest, der verbindlich eingehalten werden muss. Zielwerte werden hier für den maximal zulässigen Primärenergiebedarf und Transmissionswärmeverlust der Gebäudehülle vorgegeben. Der zu erreichende Primärenergiebedarf wird bestimmt mittels Referenzgebäudeverfahren (Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie; Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz 2017, para. 15). Neben den zusätzlichen Vorgaben zum Mindestanteil an erneuerbaren Energien an der Energieversorgung ist die Vermeidung von Energieverschwendung ein essenzielles Ziel. Hierfür spielt der maximal zulässige Primärenergiebedarf eine entscheidende Rolle. Die Vorgabe eines maximal zulässigen Primärenergiebedarfs, der nach Referenzgebäudeverfahren ermittelt wird, ist allerdings nicht unproblematisch.

In Tabelle 4.2.1.2-1 sind die Vorgaben für den maximal zulässigen Primärenergiebedarfs nach Referenzgebäudeverfahren gemäß Energieeinsparverordnung und Gebäudeenergiegesetzes im Vergleich aufgelistet. Die Berechnung hierfür erfolgte am Beispiel des SD EU 2010 BUW Hauses und eines standardisierten Beispielhauses.

Tabelle 4.2.1.2-1: Verpflichtende Vorgaben für Gebäudestandard von Neubauten in Deutschland.

Hier aufgeführt sind die vorgegebenen Grenzwerte für den nicht zu überschreitenden spezifischen Primärenergiebedarf eines Wohngebäudes nach Referenzgebäudeverfahren basierend auf den Vorgaben der Energieeinsparverordnungen und des Gebäudeenergiegesetzes. Der Zielkorridor für den Standard eines Niedrigstenergiegebäudes weist einen deutlichen Unterschied zur Interpretation im Gebäudeenergiegesetz auf und ist deshalb hier gesondert aufgelistet. Der maximale Primärenergiebedarf wird hier nach ENEC 2002 und ENEC 2007 anhand des A/V-Verhältnisses bestimmt. Gemäß des ENEC 2016 und dem GEG wird der Zielwert anhand von detaillierten Vorgaben zum Wärmedurchgangskoeffizienten der Hüllfläche sowie Vorgaben zur Haustechnik hier nach DIN V 18599 bestimmt (Referenzgebäudeverfahren).

Quelle: ENEC, GEG, Berechnung mit EnerCalc (Dr. Markus Lichtmeß)

	2002	2007	2016	GEG	Niedrigstenergie
Spezifischer Primärenergiebedarf Q_p in kWh/(m²·a)	≤ 110,6	≤ 107	≤ 81	≤ 78	
Vergleichsgebäude	A/V= 0.5 f = 15%	A/V= 0.5 f = 15%			15-30 ²³
Spezifischer Primärenergiebedarf Q_p in kWh/(m²·a)	≤ 148	≤ 144	≤ 141	≤ 139	
SD EU 2010 BUW Haus	A/V= 0.96 f = 30%	A/V= 0.96 f = 30%			

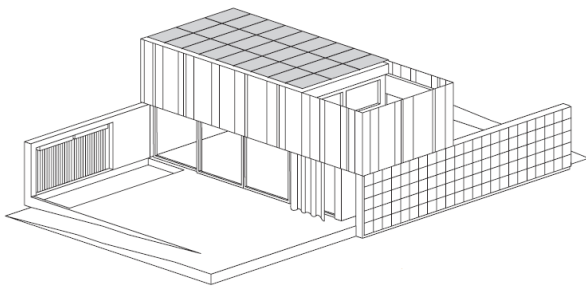


Abbildung 4.2.1.2-1: Darstellung des SD EU 2010 BUW Hauses.

Quelle: Abbildung Universität Wuppertal
Gebäudeeigenschaften für die Berechnung: klimatisierte Bodenfläche: 49 m², lichte Raumhöhe: 4,8 m, Anteil der Fensterfläche 25 %, A/V Verhältnis: 0,96 1/m

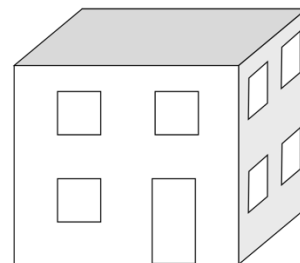


Abbildung 4.2.1.2-2: Darstellung eines Beispielhauses für die Berechnung des spezifischen Primärenergiebedarfes eines Referenzgebäudes gemäß ENEC und GEG.

Gebäudeeigenschaften für die Berechnung: klimatisierte Bodenfläche: 180 m², lichte Raumhöhe: 3 m, Anteil der Fensterfläche 15 %, A/V Verhältnis: 0,5 1/m

Exkurs: Bewertung des Energiestandards mittels Referenzgebäudeverfahren

Für die Darstellung der Entwicklung der Vorgaben zur Energieeinsparung in Gebäuden war die Abbildung der Referenzwerte für ein standardisiertes Gebäude neben einem ausgewählten SD-EU-Haus notwendig. Denn die vom deutschen Gesetzgeber beabsichtigte sprunghafte Erhöhung der Energieeffizienz durch Verschärfung der Vorgaben (siehe Tabelle 4.2.1.2-1) ließ sich nicht einfach am Beispiel eines SD-Hauses abbilden. Wie bereits oben erwähnt, ist das Referenzgebäudeverfahren für Wohnhäuser nicht unproblematisch. Insbesondere für das Aufzeigen der immer strenger werdenden gesetzlichen Vorgaben für Gebäude musste oben auf ein standardisiertes Wohngebäude mit praxisüblichen Eigenschaften zurückgegriffen werden (siehe Abbildung 4.2.1.2-1 und Abbildung 4.2.1.2-2). Praxisübliche Eigenschaften werden im Kapitel „Praxisdialog“ im Kontext weiter detailliert.

Denn wie bereits im Kapitel 2 erwähnt, unterscheiden sich die SD-Häuser von üblichen Häusern der Praxis. Ein erstes Beispiel für signifikante Unterschiede zwischen den SD-Häusern und praxisüblichen Häusern sind die üblichen Nutzflächen eines Wohnhauses. Die meisten SD-Häuser sind deutlich kleiner als 100m² (siehe Kapitel 2 Abbildung 2.2.1-1). Ausgehend von den deutlich kleineren Wohnflächen ergibt sich auch ein deutlicher Unterschied im A/V-Verhältnis zwischen SD-Häusern und praxisüblichen Wohnhäusern (siehe Abbildung 4.2.1.2-3).

²³ Zielkorridor nach EU Empfehlung 2016/1318 (Wissenschaftliche Dienste Deutscher Bundestag 2018)

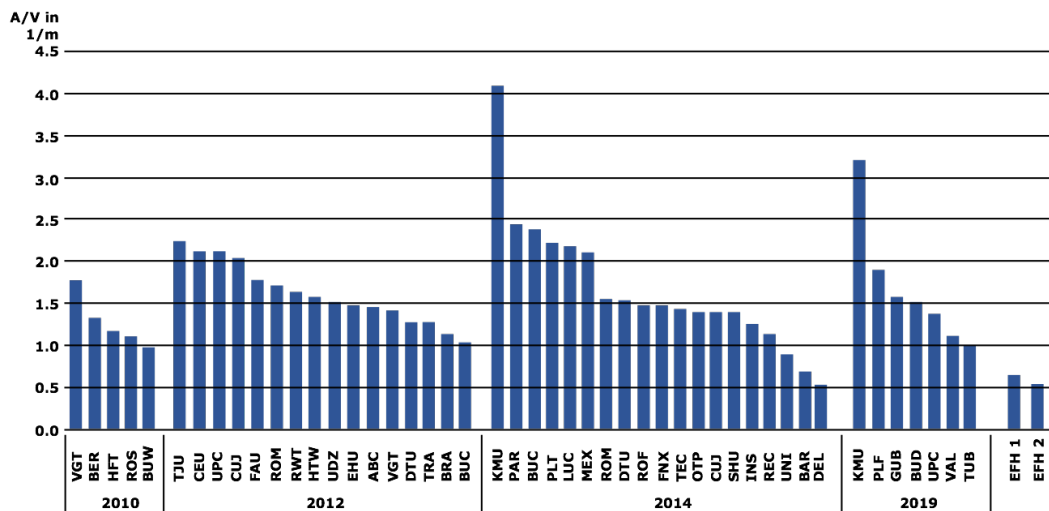


Abbildung 4.2.1.2-3: Darstellung der A/V-Verhältnisse der SD-EU-Häuser im Vergleich zu praxisüblichen Wohnhäusern.

Quelle: SD-Häuser: Tabelle Anhang 9.3; praxisübliche Vergleichshäuser: (Voss, Musall 2011)

Vergleicht man die A/V-Verhältnisse der SD-EU-Häuser (siehe Abbildung 4.2.1.2-3) mit denen von üblichen Werten aus der Praxis, so haben die SD-Häuser ein bis zu siebenmal ungünstigeres Verhältnis von Raumvolumen zu Umfassungsfläche. Bei der Anwendung der Vorgaben von ENEC 2002 und 2007 (siehe Tabelle 4.2.1.2-1) zur Bestimmung des maximal zulässigen Referenzjahresprimärenergiebedarfes muss auf eine Tabelle zurückgegriffen werden, in der der maximal zulässige Primärenergiebedarf je nach A/V-Verhältnis angegeben wird. Diese Tabelle gibt Werte für A/V-Verhältnisse zwischen 0,2 m⁻¹ und 1,05 m⁻¹ vor (Bundesregierung 2006, para. Anlage 1 Tabelle 1). Die A/V-Verhältnisse der SD-EU-Häuser übersteigen diesen Wert im Durchschnitt um das Doppelte und sind teilweise viermal so hoch (siehe Abbildung 4.2.1.2-3).

Seit der Energieeinsparverordnung 2009 wird dieses Tabellenverfahren zum Ermitteln des Referenzjahresprimärenergiebedarfs nicht mehr angewendet. Das Tabellenverfahren wurde durch eine vereinfachte Berechnung des Jahresprimärenergiebedarfs nach DIN V 4108-6 in Verbindung mit der DIN V 4701-10 ersetzt (Bundesregierung 2009, para. Anlage 1, Nummer 2). Angewendet werden darf diese vereinfachte Berechnung nur für nicht gekühlte Wohnhäuser und auch nur bis zum Jahr 2023. Ab 2023 und für alle Nichtwohngebäude oder gekühlten Wohnhäuser muss die Berechnung des Jahresprimärenergiebedarfs nach DIN V 18599 detailliert durchgeführt werden (Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie; Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz 2017, para. 20).

Bei der Anwendung des vereinfachten Berechnungsverfahrens werden für den Jahresprimärenergiebedarf der Jahresheizwärmebedarf, der Jahreswärmebedarf zur Erwärmung des Trinkwarmwassers und die Anlagenaufwandzahl berücksichtigt (siehe Formel 4.2.1.2-1).

$$Q_P = (Q_h + Q_w) \times e_p$$

Formel 4.2.1.2-1: Vereinfachte Berechnungsformel für den Primärenergiebedarf Wärme (Q_p) nach DIN V 4701-10. Hierbei sind Q_h der Wärmebedarf für Heizen, Q_w der Wärmebedarf für die Trinkwarmwassererwärmung und e_p die Gesamtanlagenaufwandzahl, die nach DIN V 4701-10 ermittelt wird.

Die Anlagenaufwandzahl kann nach DIN V 4701-10 vereinfacht oder detailliert bestimmt werden. Für die vereinfachte Ermittlung der Anlagenaufwandzahl gibt die DIN V 4701-10 tabellarisch marktübliche Werte je Hausgröße vor. Hier zeigt sich erneut der Unterschied zwischen marktüblichen Wohnhäusern und SD-Häusern. Die vorgegebene Tabelle der DIN V 4701-10 beginnt erst ab einer Hausgröße von 100 m² (Normen 2003, pt. Anlage C). Bei Anwendung dieser Werte auf ein SD-Haus wären die einzuhaltenden Referenzwerte für den

Jahresprimärenergiebedarf unverhältnismäßig groß. Dies hätte zur direkten Folge, dass der einzuhaltende Standard für kleine Häuser wie die SD-Häuser signifikant weniger energieeffizient wäre.

Zwei weitere Eigenschaften, die die SD-Häuser häufig von üblichen Häusern der Praxis unterscheiden, sind die Raumhöhen und Fensterflächen. Wie am Beispiel des SD EU BUW Hauses dargestellt (siehe Abbildung mit Beschreibung 4.2.1.2-1), sind die Raumhöhen oft höher als die praxisüblichen 2,4 m (NRW 2018, para. 46). Die mittlere Raumhöhe des SD EU 2010 BUW Hauses betrug 4,8 m. Für das Referenzgebäudeverfahren bedeutet dies ein deutlich höheres konditioniertes Volumen je Quadratmeter Nutzfläche. Diese Volumenerhöhung führt beim Referenzgebäude, welches dem zu bewertendem Gebäude in Geometrie, Lage und Ausrichtung gleich ist (Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie; Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz 2017, para. 15), automatisch zu einem höheren spezifischen Primärenergiebedarf.

Das vereinfachte Verfahren ist auf die meisten SD-Häuser wie auch auf das oben gewählte Beispiel (siehe Tabelle 4.2.1.2-1) nicht anwendbar. Für die Tabelle 4.2.1.2-1 wurden die Referenzwerte für das SD EU 2010 BUW Haus und das Beispielgebäude demnach einheitlich nach DIN V 18599 ermittelt. Die Berechnung wurde mithilfe des Programms ENECALC durchgeführt (Dr. Markus Lichtmeß). Auch die Anwendung der detaillierten Berechnung gemäß DIN V 18599 zeigt deutliche Schwächen der Referenzgebäudemethode. Denn bei Gebäuden mit baulichen Besonderheiten wie kleinen Gebäudegrößen²⁴, großen A/V-Verhältnissen²⁵ und höheren Raumhöhen²⁶ liefert das Referenzgebäudeverfahren Grenzwerte für einen maximal zulässigen Primärenergiebedarf, der die europäischen Vorgaben eines Niedrigstenergiegebäudes²⁷ signifikant überschreitet. Der Ansatz mittels Referenzgebäude, welches die gleiche Größe, Geometrie und Ausrichtung wie das zu bewertende Gebäude hat, aber einen Mindeststandard der baulichen und technischen Komponenten vorgibt, ist zwar ein fairer Bewertungsansatz, aber unter Berücksichtigung der Klimaziele für den Bausektor nicht zukunftsfähig. Ein fester Zielkorridor für den Jahresprimärenergiebedarf von 30 bis 50 kWh/m²a (siehe oben) würde den Druck, energieeffizient zu bauen, signifikant erhöhen. Dass ein solcher Zielkorridor auch von baulich besonderen Häusern, wie beispielsweise den SD-EU-Häusern, eingehalten werden können, zeigen die Primärenergiebedarfswerte der Häuser des SD EU 2014 (siehe Abbildung 4.2.1.2-4).

²⁴ Wohngebäudegrößen kleiner als 100m² (siehe Anlagenaufwandzahl: (Normen 2003, pt. Anlage C))

²⁵ A/V-Verhältnis größer als 1,05m⁻¹ (siehe Primärenergiebedarf nach A/V (Bundesregierung 2006, pt. Anlage 1, Tabelle 1))

²⁶ Im Vergleich zu praxisüblichen Raumhöhen von 2,4m (NRW 2018, para. 46)

²⁷ Zielkorridor nach EU Empfehlung 2016/1318 (Wissenschaftliche Dienste Deutscher Bundestag 2018)

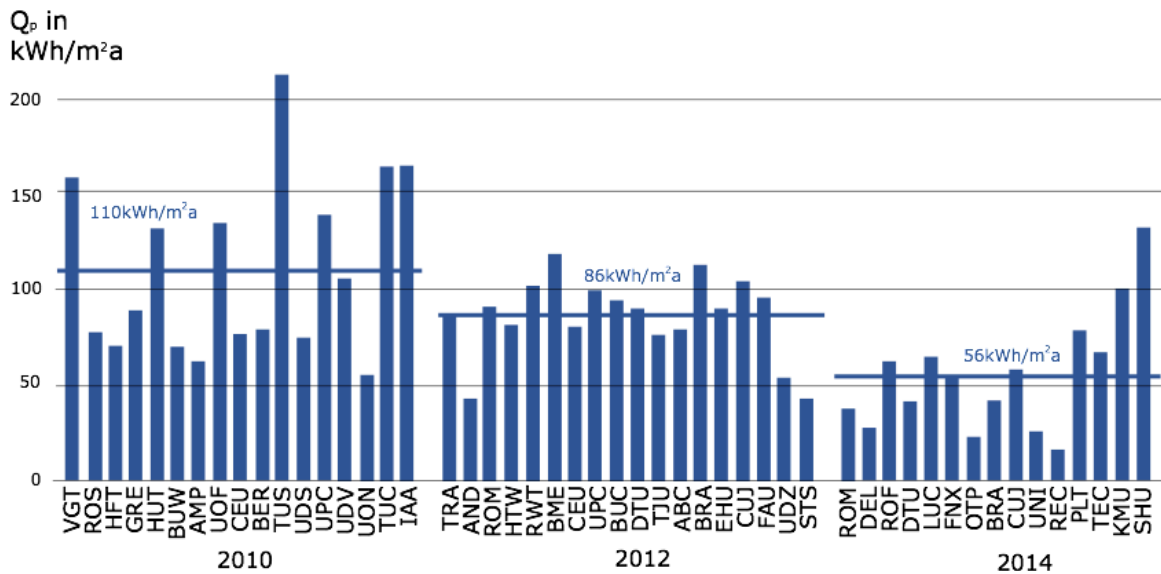


Abbildung 4.2.1.2-4: Darstellung der Primärenergiebedarfswerte der SD-EU-Häuser und die mittleren Primärenergiebedarfswerte. Die Werte wurden aus den von den Teams dokumentierten Endenergiebedarfswerten und einem angenommenen einheitlichen Primärenergiefaktor von 1,8 ermittelt. Primärenergiefaktoren der SD-Häuser würden tatsächlich anteilig mit 1,8 für netzbezogenen Strom und 0,0 für gebäudenah erzeugten Strom aus Photovoltaikanlagen bewertet werden (Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie; Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz 2017, pt. Anlage 4).

Architektur und Energieeffizienz müssen sich dank vielfältiger Möglichkeiten nicht widersprechen. Der Zielwert nach aktuellem Gebäudeenergiegesetz für den maximalen Jahresprimärenergiebedarf des SD EU 2010 BUW Hauses liegt bei 140 kWh/m² a (siehe Tabelle 4.2.1.2-1). Bereits im SD EU 2010 wurde dieser Wert von 76 % der teilnehmenden Häuser teils deutlich unterschritten. Der durchschnittliche Jahresprimärenergiebedarf der SD-Häuser hat sich zudem kontinuierlich in Richtung Energieeffizienz entwickelt. Bereits 2014 lag der Jahresprimärenergiebedarf nur noch bei 56 kWh/m²a und somit nur knapp über dem in der EU Richtlinie 2018/844 (Parlament 2018, para. 9) geforderten Niedrigstenergiehausstandard. Das 2020 in Kraft getretene Gebäudeenergiegesetz erwähnt zwar, dass mindestens der Niedrigstenergiehausstandard eingehalten werden soll. Es setzt aber als Bewertungsmaßstab das Referenzgebäude ein, für welches sich die Vorgaben zur Ausführung des Gebäudestandards im Vergleich zur ENEC 2016 nur um 25 % verschärft haben (Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie; Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz 2017, para. 15).²⁸ Feste Grenzwerte wären zielführender und auch in der Praxis umsetzbar. Feste Grenzwerte könnten sich auf die bereits übliche Nutzfläche beziehen. Ein Energiebedarf für Wohnen je Person wäre ebenso denkbar. Ziel sollte es sein, den Energiebedarf nachhaltig und deutlich zu reduzieren, ohne bauliche und architektonische Qualitäten zu negieren. Möglichkeiten hierfür demonstrieren die SD-Häuser, die deutlich über die in der Praxis ausgeschöpften Möglichkeiten hinausgehen. Im Gegensatz zu den Vorgaben der Politik, welchen Standard Häuser erfüllen müssen, wird im SD wettbewerbsbedingt hauptsächlich die tatsächliche Performance der SD-Häuser bewertet. Die SD-Regulierungen greifen ähnlich wie die Politik auf verbindliche Vorgaben und Incentivierungen zurück. Im SD EU wurden verbindliche Maßnahmen in den Regeln festgesetzt, die jedes Team zur Teilnahme einhalten muss. Eine der wenigen Regulierungen der Umsetzungen ist die Limitierung der PV-Leistung. Zur Steigerung der Energieeffizienz der SD-Häuser wurde die maximal zulässige PV-Leistung auf zunächst 15kW_p in 2010, 10kW_p in 2012 und 5 kW_p in 2014 beschränkt (siehe Limitierungen Kapitel 2.2.1 Tabelle 2.2.1-2). Alle weiteren Regulierungen im Bereich Energieeffizienz beziehen sich im SD auf die Bewertung der Performance.

²⁸ Dabei sind die Werte der Tabelle 1 in Anlage 1 identisch mit den Vorgaben der ENEC 2014/ 2016 (Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie; Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz 2017, pt. Anlage 1 Tabelle 1) (Bundesregierung 2014, pt. Anlage 1 Tabelle 1)

Hierfür sollen Incentivierungen in Form von punktebewerteten Disziplinen die Energieeffizienz fördern.

Incentivierungen

Ergänzt werden die verbindlichen Vorgaben der Politik durch die im Klimaschutzgesetz 2030 vorgesehenen Förderungen. Seit Januar 2021 ist die neue Richtlinie der Bundesregierung zur Förderung von effizienten Gebäuden (BEG) in Kraft und vereint die bisherigen Förderprogramme (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie 2020, para. 1). Die umsetzenden Organisationen der Förderungen sind die Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) und das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie 2020, para. 2).

Ziel der finanziellen Förderungen ist es, den Endenergieverbrauch und CO₂-Ausstoß im Gebäudesektor weiter und in einem schnelleren Tempo als bisher zu reduzieren, um die gesetzten Ziele bis 2030 einhalten zu können (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie 2020, para. 1). Die Möglichkeiten der Förderung sind in ihrer Finanzierungsart und ihrem Fördergegenstand vielfältig.

Im SD können die Punktebewertungen in den Disziplinen als Incentivierungen gewertet werden. Die Vorgaben der Disziplinen sind nicht zwingend, bringen aber einen Wettbewerbsvorteil. Seit dem ersten SD EU ist Energieeffizienz thematisch in den Disziplinen vertreten. Im SD EU 2010 allerdings wird Energieeffizienz nur als Teil der jurybewerteten Disziplinen Nachhaltigkeit („Sustainability“) und Innovationen („Innovations“) bewertet. Energieeffizienz als Unterkategorie des Nachhaltigkeits- und Innovationswettbewerbs macht es für die Teams schwierig planbar, mit welchem Erfolg zu rechnen ist, wenn insbesondere diese Teilkategorie berücksichtigt wird. In Jury-Disziplinen werden zwar die Bewertungspunkte aufgelistet, aber im Gegensatz zu Disziplinen, die durch Messungen bewertet werden, wird hier keine Punkteverteilung angegeben (Solar Decathlon Europe 2014 Organisatoren 2014, p. 37). Bei der Bewertung und Gewichtung ist die Jury, außer im SD EU 2022, zudem während des Wettbewerbs frei.

Ab dem SD EU 2012 wurde die Energieeffizienz in einer eigenen Jury-Disziplin bewertet. In dieser ersten Energieeffizienzdisziplin, die überhaupt im SD ausgetragen wurde, wurde die Effizienz des gesamten Gebäudes bewertet. Als Teilkategorien wurden hier die Qualität der Gebäudehülle, der Einsatz passiver oder überwiegend passiver Systeme, die Effizienz aktiver Systeme, die Effizienz der Haushaltsgeräte und die mögliche Energieeinsparung durch Regelungsstrategien bewertet (Solar Decathlon Europe 2012, p. 53).

Im SD EU 2014 wurde die Bewertung der Energieeffizienz weiter ausgebaut. Hier wurde ebenfalls eine Energieeffizienzdisziplin wie in 2012 bewertet, die zudem die Punkte Graue Energien und die Kopplung von Mobilität und Wohnen bewertete (Solar Decathlon Europe 2014 Organisatoren 2014, p. 40).

Im SD EU 2012 wurde erstmals die sogenannte passive Periode („passiv evaluation period“) eingeführt. Im Anhang des Regelwerkes wird die Notwendigkeit dieser passiven Periode damit begründet, dass in Gebäuden ein Großteil der Energien für Heizen und Kühlen aufgewendet wird. Diese Erläuterung nimmt direkten Bezug zur 2010 in Kraft getretenen EU-Richtlinie. Die SD-Häuser sollen in dieser passiven Periode durch den Einsatz passiver Maßnahmen und mit einem minimierten Energieeinsatz den Komfort in ihrem Haus erhalten. Hierfür wird in dieser passiven Periode für eine faire und realistische Bewertung des thermischen Innenraumkomforts die Anwendung des adaptiven Raummodells nach EN 15251 vorgeschlagen (Solar Decathlon Europe 2012, p. 148). Während der passiven Periode in 2012 und 2014 dürfen nur Technologien zur Raumkonditionierung eingesetzt werden, die nicht auf einem thermodynamischen Kreislaufprozess basieren. Die passive Periode wurde im SD EU 2014 ebenfalls ausgetragen und um die Limitierung des maximal zulässigen Energiebezuges erweitert. Während der passiven Periode im SD EU 2014 durfte der gesamte Energiebezug des Hauses nicht größer sein als 100W. Dieser wurde im Minutentakt gemessen. Bei einem Energiebezug, der mehr als 15 Mal den zulässigen Grenzwert überschritten hat, gab es Punktabzüge. Maximal konnten Teams in dieser passiven Periode 20 Punkte²⁹ verlieren (Solar Decathlon Europe 2014 Organisatoren 2014, p. 33).

²⁹ 1000 Punkte wurden insgesamt im SD EU vergeben. Maximal konnten demnach 2% der Punkte durch einen zu hohen Energiebezug verloren werden.

Die Messung und Bewertung des Innenraumklimas liefen durchgängig im SD EU. Bei einer nicht ausreichenden Effizienz des Gebäudes wurden so zusätzlich auch in der Disziplin Komfort Punkte abgezogen. Der Druck auf die Teams in die Effizienz ihres SD-Hauses zu investieren, wurde schrittweise erhöht. Durch die Punktevergabe für eine messbar energieeffiziente Gebäudeperformance wurde die Bewertung berechenbar.

Zusätzlich zu den erzielbaren Punkten kommt der allgemeine Wettbewerbsdruck. Teilweise entscheidet nur ein Punkt darüber, ob ein Team gewinnt (siehe SD EU 2010³⁰). Dieser Druck führt allgemein zu ambitionierten Konzepten, insbesondere wenn sich ein möglicher Punktegewinn berechnen lässt.

Die Regulierungen des SD unterscheiden sich grundlegend von denen der Praxis, obwohl sich beide auf die gleichen Ziele beziehen. Die deutschen Gesetze geben feste Vorgaben zum Ausführungsstandard für Gebäude vor. Im SD hingegen wird die tatsächliche Performance bewertet. Die Vorgaben des aktuellen Gebäudeenergiegesetzes liegen zudem signifikant hinter den geforderten EU-Vorgaben und sind somit nicht zukunftsfähig. Im SD EU konnte bereits eine kontinuierliche Steigerung der Energieeffizienz der Häuser aufgezeigt werden, ohne dass konkrete Gebäudestandards je in einem SD vorgegeben waren. Dies lässt sich zum einen mit dem allgemeinen Wettbewerbsdruck und dem Bestreben der Teams, möglichst viele Punkte in den Disziplinen zu erzielen, erklären. Denn auch wenn der Anteil der möglichen Punkte für Energiethemen sich im Vergleich zum Beginn des SD verringert hat, ist Energieeffizienz immer noch ein essenzielles SD-Thema (siehe Kapitel 2.2.2). Zudem wird im SD die in der Praxis noch nicht vorhandene Möglichkeit genutzt, die Performance der Häuser zu messen. Die im SD angewendete Bewertung der tatsächlichen Energieeffizienz ist in der Praxis so noch nicht umsetzbar.

Die Unterschiede der Bewertungsebenen führen auch zu Unterschieden in der Effektivität der Regelungsmechanismen. Nachfolgend wird die Wirksamkeit der hier beschriebenen Regelungsmechanismen der Politik und des SD geprüft.

4.2.1.3 WIRKSAMKEIT DER REGELUNGSMECHANISMEN IM VERGLEICH

Der energetische Standard der SD-Häuser ist den von der Politik angestrebten Standards voraus. Bereits in den Wettbewerben von 2010 bis 2014 lag der spezifische Primärenergiebedarf der SD-Häuser mit einem Durchschnitt von 110 kWh/m²a³¹ in 2010, durchschnittlich 86 kWh/m²a in 2012 und durchschnittlich 56 kWh/m²a in 2014 (vergleiche Abbildung 4.2.1.2-4) unter den Zielsetzungen der deutschen Gesetzesvorgabe (vergleiche Tabelle 4.2.1.2-1).

Ab 2021 müssen in der EU alle Neubauten einen Niedrigstenergiestandard³² haben. Diesen Standard haben die SD-Häuser bereits 2014 vereinzelt erreicht. Zudem ist eine deutliche Steigerung der Energieeffizienz zwischen den Jahren 2010 und 2014 zu erkennen, obwohl die durchschnittlichen Wärmedurchgangskoeffizienten der Gebäudehülle der SD-Häuser nahezu konstant geblieben sind.

Die tatsächliche Entwicklung des Gebäudestandards in der Praxis lässt sich nicht wie beim SD flächendeckend bestimmen. Für den SD liegen zum einen die Planungsdaten und Messdaten zur eigentlichen Performance vor. Im Gegensatz zum SD wird in Deutschland die Performance von Gebäuden nur vereinzelt überprüft. Denn eine Verpflichtung für den Nachweis eines tatsächlich effizienten Energieverbrauches, beispielsweise mittels Energieverbrauchsausweise nach der vollständigen Inbetriebnahme, gibt es nicht. Neben den gesetzlichen Vorgaben erhofft sich die Bundesregierung von Incentivierungen das Erreichen der Ziele der Energiewende im Gebäudesektor (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie 2020, para. 1). Die Wirksamkeit lässt sich ähnlich wie bei den verbindlichen Maßnahmen der Politik nicht beziffern.

Im SD hingegen kann die Wirksamkeit konkret aufgezeigt werden. Denn der energetische Standard der SD-EU-Häuser steigert sich kontinuierlich. Der durchschnittliche Primärenergiebedarf der SD-EU-Häuser lag 2012 22 % unter dem Durchschnitt von 2010. Der Durchschnitt senkte sich 2014 um weitere 35 % im Vergleich zu 2012 (siehe Abbildung 4.2.1.2-4).

³⁰ Im SD EU 2010 hat beispielsweise das Lumen Haus mit 812 Punkten den Wettbewerb gewonnen. Platz zwei ging mit 811 Punkten an das Team Ikaros (Hendel, University of Wuppertal 2018)

³¹ Spezifischer Endenergieverbrauch für den Wettbewerbsstandort, errechnet von den Teams

³² Niedrigstenergiestandard wird in Deutschland als Endenergiebedarf zwischen 15 und 30 kWh/m²a interpretiert (Wissenschaftliche Dienste Deutscher Bundestag 2018)

Insgesamt wurde nach nur 3 SD-EU-Wettbewerben und in nur 4 Jahren der durchschnittliche Endenergiebedarf um die Hälfte reduziert. Zum Erreichen des ab 2021 geforderten Niedrigstenergiehausstandards muss der durchschnittliche Primärenergiebedarf der SD-Häuser um mindestens weitere 50 % (vergleiche Vorgaben Tabelle 4.2.1.2-1) gesenkt werden.

Zur Untersuchung, was zu der bisherigen Senkung des Energiebedarfes der SD-Häuser geführt hat, kann auf Grundlage der vorhandenen Dokumentation die angestrebte Qualität der Gebäudehülle der SD-Häuser mit den Vorgaben der Politik verglichen werden. Denn die Wärmeleitfähigkeit der Gebäudehülle ist ein wichtiger Regelungspunkt der Politik zur Steigerung der Energieeffizienz.

Tabelle 4.2.1.3-1: Durchschnittliche Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Wert) in den SD-EU-Wettbewerben. Die U Werte sind nach Bauteilkategorien aufgelistet. Für den Vergleich zur aktuellen deutschen Gesetzgebung sind auch die Vorgaben nach Gebäudeenergiegesetz aufgelistet. Quelle Team Project Manual, detaillierte Auflistung im Anhang ab Seite 210 ff.

	U Wert in W/(m ² K)			
	Wand	Dach	Boden	Fenster
SD EU 2010	0.18	0.14	0.14	0.82
SD EU 2012	0.17	0.18	0.19	1.06
SD EU 2014	0.18	0.13	0.14	1.05
SD EU 2019	0.21	0.18	0.22	1.44
GEG 2020	0.28	0.20	0.35	1.3

Im Vergleich zu den Vorgaben für die Wärmedurchgangskoeffizienten von Außenbauteilen nach der deutschen Gesetzgebung (Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie; Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz 2017, pt. Anhang 1 Tabelle 1), sind die SD-EU-Häuser besser (siehe Tabelle 4.2.1.3-1). Es zeigt sich allerdings keine weitere Verbesserung der Wärmedurchgangskoeffizienten im Verlauf der Wettbewerbe. Demnach ist die Steigerung der Energieeffizienz nicht auf die Qualität der Gebäudehülle zurückzuführen. Der Energiestandard der SD-EU-Häuser, der bereits im SD EU 2010 den Vorgaben der Politik voraus war (Vergleich Tabelle 4.2.1.2-1 und Abbildung 4.2.1.2-4), kann durchaus auf die Qualität der Gebäudehülle zurückgeführt werden. Die Bewertung der tatsächlichen Qualität der Gebäudehüllen, beispielsweise durch Messung der Luftdichtheit, wurde im SD nur vereinzelt durchgeführt. Eine Dokumentation ist hier nicht vorhanden.

Ohne eine weitere Verbesserung der Gebäudehülle muss die Steigerung der Energieeffizienz der SD-Häuser auf andere Maßnahmen zurückgeführt werden. Ein Anhaltspunkt hierfür sind passive Maßnahmen, die auf EU Ebene bereits gefordert werden (Parlament 2018, para. 15), aber in der deutschen Gesetzgebung nur vereinzelt verbindliche Positionierung haben. Eine detaillierte Auswertung der passiven Maßnahmen ist Teil des Praxisdialogkapitels.

4.2.1.4 ZWISCHENFAZIT ENERGIEEFFIZIENZ

Die Energieeffizienz von Gebäuden ist eine von zwei Optimierungssäulen zum Erreichen eines klimaneutralen Gebäudebestandes (siehe 4.2 Klimaziele). Die Regeln des SD EU 2012 beziehen sich ebenfalls direkt auf die EU-Richtlinie 2010/31/EU zur Gesamteffizienz von Gebäuden. Die Vorgaben zur Umsetzung der in der Richtlinie gesetzten Ziele unterscheiden sich grundlegend zwischen denen der Bundespolitik und denen des SD EU. Die politischen und gesetzlichen Vorgaben regulieren und fördern die geplante Qualität von baulichen und technischen Maßnahmen. Sanktionierungen oder Förderungen von tatsächlich erreichten Standards nach einer Qualitätskontrolle im Praxiseinsatz bleiben jedoch aus. Ein Bauherr bekommt beispielsweise finanzielle Förderungen für den Bau eines Passivhauses. Ob dieses Haus auch tatsächlich als Passivhaus betrieben wird, wird nicht kontrolliert. Hier ist allein der verringerte Energieverbrauch Anreiz für eine effiziente Betriebsführung. Die Regulierungen im SD EU hingegen bewerten den Erfolg von Konzepten. Wenige Grundvorgaben, wie die maximal zulässige PV-Leistung (siehe Kapitel 2.2.1 Tabelle 2.2.1-2), müssen für die

Teilnahme am Wettbewerb eingehalten werden. Sanktionierungen und Incentivierungen beziehen sich hingegen einzig auf die Performance im Wettbewerb. Dieser grundsätzliche Unterschied und der allgemeine Wettbewerbsdruck sind mögliche Erklärungen für die deutlich effektiveren Vorgaben des SD EU im Vergleich zur Politik.

Die Vorgaben insbesondere für Neubauten wurden in der Politik in den vergangenen Jahren kontinuierlich verschärft (siehe Tabelle 4.2.1.2-1). Die SD-EU-Häuser waren bis zur Einführung des Gebäudeenergiegesetzes den politischen Vorgaben für einen energetischen Mindeststandard (Vergleich Tabelle 4.2.1.2-1 und Abbildung 4.2.1.2-4) voraus. Seit Ende 2020 müssen alle Neubauten in Europa mindestens dem Niedrigstenergiehausstandard entsprechen. Die deutsche Gesetzgebung hängt diesen Vorgaben nach dem aktuellen Gebäudeenergiegesetz allerdings hinterher. Die SD-EU-Häuser von 2014 hatten im Durchschnitt noch einen etwa doppelt so hohen Primärenergiebedarf im Vergleich zum Niedrigstenergiehausstandard,³³ konnten diesen aber vereinzelt einhalten. Zwischen 2010 und 2014 konnte der Primärenergiebedarf der SD-EU-Häuser bereits um 50 % gesenkt werden. Diese Senkung wurde nicht durch eine weitere Optimierung der Gebäudehülle, sondern durch andere Maßnahmen, wie den Einsatz passiver Technologien erreicht. Insbesondere die Einführung der passiven Bewertungsperiode im SD-EU-Wettbewerb, führte zum Ausbau passiver Technologien. Die Häuser wurden dahingehend optimiert, eine festgelegte Zeitspanne mit einem stark minimierten Energiebezug komfortabel und funktionsfähig zu bleiben. Dies ist eine Entwicklung, die vor allem für zukünftige und von erneuerbaren Energien bestimmte Stromnetze interessant ist. Für genau die Entwicklung zu einem hohen Prozentsatz an Erneuerbaren Energien zur Deckung des Energiebedarfes werden Häuser benötigt, die die Netze durch einen angepassten Energiebezug unterstützen („Consumption on demand“: (Knotzer, Weiss 2018)). Im Folgenden wird der Politik-SD-Dialog zum Einsatz erneuerbarer Energien analysiert.

4.2.2 AUSBAU ERNEUERBARER ENERGIEN

Der SD ist der Klimapolitik auch beim Ausbau des erneuerbaren Energieanteils an der Deckung des Wärme- und Strombedarfs im Gebäudesektor voraus. In der Politik sollen die angewendeten Regelungsmechanismen den Ausbau des Anteils erneuerbarer Energie erhöhen. Wohingegen im SD der gesamte Energiebedarf durch die Nutzung von Solarenergie gedeckt werden soll (Solar decathlon Europe Organizers 2010, p. 38) (Solar Decathlon Europe 2012 2012, p. 35) (Solar Decathlon Europe 2014 Organisatoren 2014, p. 23). Da im SD bereits ein Anteil von 100 % erneuerbarer Energien angestrebt wird, kann der Wettbewerb bereits Folgethemen der Energiewende adressieren. Diese zukunftsorientierte Themenausrichtung macht den SD besonders interessant für die Energiepolitik. Einschränkend ist zu erwähnen, dass die SD-Häuser nicht mit allen Schwierigkeiten eines normalen Praxiseinsatzes von erneuerbaren Energien konfrontiert werden. Für die Nutzung von Solarenergie ist ein wichtiger Unterschied zwischen Praxis und Wettbewerb, dass die SD-Dächer und Fassaden der SD-Häuser vollständig unverschattet sind. Zudem werden im Wettbewerb nur einzelne Wohneinheiten demonstriert, deren A/V-Verhältnis bis zu fünfmal höher ist als in der Praxis. Im Vergleich zur urbanen Baupraxis haben die SD-Häuser ein signifikant höheres Potenzial, ihren eigenen Energiebedarf durch die Nutzung von Solarenergie zu decken. Mit den aktuell verfügbaren Technologien ist eine derartige Deckungsrate in der Praxis nicht erreichbar. Auch wenn die Wohnhäuser in der Baupraxis nicht selbst einen mit dem SD vergleichbar hohen Anteil an erneuerbaren Energien erzeugen können, so wird doch ein Anteil von 80 % erneuerbarer Energien von der Politik angestrebt. Dieser hohe Anteil muss, zusätzlich zu den lokal an den Gebäuden erzeugten erneuerbaren Energien, durch Solarparks oder Windkraftanlagen erzeugt werden. Im Endergebnis bleibt die Fragestellung, wie mit den Folgethemen eines hohen Anteils an erneuerbaren Energien am Strom- und folgend auch dem Wärmenetz umgegangen wird. Nachfolgend werden die Regelungsmechanismen in Politik und SD für den Umgang mit erneuerbaren Energien bewertet. Die Wirksamkeit der Regelungsmechanismen kann anhand der gesetzten politischen Ziele überprüft werden.

³³ Durchschnittlicher Primärenergiebedarf der SD EU 2014 Häuser lag bei 56 kWh/m²a. Für den Niedrigstenergiehausstandard wird in Deutschland ein Zielkorridor von 15 bis 30 kWh/m²a vorgegeben. Weitere Detaillierungen: siehe oben)

4.2.2.1 ZIELE

Die aktuellen Ziele der Politik und des SD unterscheiden sich. Denn der SD hat die Ziele der Politik für den Ausbau erneuerbarer Energien bereits übertroffen.

In der Politik sind wie bei der Steigerung der Energieeffizienz EU-weit konkrete Ziele für die Nutzung erneuerbarer Energien festgelegt. Bis 2030 soll der Anteil erneuerbarer Energien an der Deckung des Endenergieverbrauches 27 % betragen (EU 2018, para. 5). Bis 2050 soll der Anteil³⁴ erneuerbarer Energien auf mindestens 80 % erhöht werden (Schlacke). In mehreren Schritten soll eine Versorgung ohne Kernenergie und Kohleverbrennung hin zu einem hohen Anteil erneuerbarer Energien realisiert werden. Bis 2023 soll zunächst die Nutzung der Kernenergie in Deutschland eingestellt werden (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie 2019b, p. 38). Bis 2038 folgt der Ausstieg aus der Kohleverbrennung und bis 2050 sollen 80 % der benötigten Energie aus erneuerbaren Quellen stammen (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie 2019b, p. 64).

Im SD werden die Ziele der Politik bereits übertroffen, weshalb der SD heute schon Lösungen für zukünftige Schwierigkeiten aufzeigen kann, mit denen sich die Politik bei steigendem Anteil erneuerbarer Energien an der Versorgungsstruktur auseinandersetzen muss. Ein hoher Anteil erneuerbarer Energien bringt neue Schwierigkeiten für die Versorgungsstruktur mit sich. Die Versorgungssicherheit (Systemsicherheit) ist neben wirtschaftlichen Aspekten³⁵ Kernthema der Stromnetzänderung. Aktuell wird die Systemsicherheit durch die bedarfsgesteuerte Energieproduktion von konventionellen Kraftwerken sichergestellt. Ohne diese Kern- und Kohlekraftwerke bedarf es neuer Ausgleichsmechanismen (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie 2019b, p. 38).

Ein wichtiges Entwicklungsziel ist es, die Gebäude zukünftig netzdienlich zu gestalten. Ein Beispiel hierfür wäre der bedarfsgesteuerte Energieverbrauch der Versorgungstechnik und Haushaltsgeräte in Gebäuden („consumption on demand“) (Knotzer, Weiss 2018).

4.2.2.2 REGELUNGSMECHANISMEN FÜR DEN EINSATZ VON ERNEUERBAREN ENERGIEN

Für den Ausbau des Anteils erneuerbarer Energien sind in Europa³⁶ und Deutschland rechtsverbindliche und fördernde Maßnahmen in Kraft, die denen für die Steigerung der Energieeffizienz ähneln oder mit ihnen in gemeinsamen Richtlinien, Gesetzen oder Verordnungen geregelt sind. Seit November 2020 regelt das Gebäudeenergiegesetz die Umsetzungen in Deutschland (Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie; Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz 2017). Hier im Kapitel wird bewiesen, dass trotz der kontinuierlich strenger werdenden Vorgaben und kontinuierlichen Förderpakete, die Maßnahmen nicht ausreichen, um die gesetzten Klimaziele zu erreichen.

Im Gebäudeenergiegesetz wird gefordert, dass ab 2021 alle Neubauten ihren Energiebedarf anteilig über den Einsatz erneuerbarer Energien decken müssen (Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie; Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz 2017, para. 10 Absatz 2 Satz 3). Beim Einsatz von Solarenergie muss dieser Anteil mindestens 15% betragen (Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie; Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz 2017, para. 36 und 37).

In den vergangenen SD-Wettbewerben, außer dem SD EU 2021/22, hingegen ist, wie oben erwähnt, festgelegt, dass der gesamte Energiebedarf durch die Nutzung von Solarenergie gedeckt werden muss. Für jeden nicht ausgeglichenen Strombezug aus dem Wettbewerbsnetz gab es Punktabzüge. Im SD EU 2021/22 hingegen soll die Versorgung des Prototypens die Versorgungsstruktur im Quartier abbilden und es soll möglichst eine CO₂-Neutralität angestrebt werden (Solar Deathlon Europe 21 2022b, p. 18).

Somit war für die meisten vergangenen SD-Wettbewerbe indirekt geregelt, dass alle SD-Häuser Netto-Null- oder Plusenergiehäuser sind. In den Regeln des SD AF 2019 wurde erstmals wörtlich ein Netto-Null-Standard

³⁴ Die Summe aus allen Sektoren soll den Mindestanteil erfüllen. Zur Betrachtung des Ausbaufortschrittes von erneuerbaren Energien definiert das Umweltbundesamt die Sektoren Strom, Wärme und Verkehr. (Umweltbundesamt 2020)

³⁵ Wirtschaftliche Aspekte des Netzausbaus werden hier nicht betrachtet.

³⁶ Die Maßnahmen der Bundesregierung sind die nationale Umsetzungsinterpretation der vereinbarten EU-Klimaziele und EU-Vorgaben aus den EU-Richtlinien zur Energieeffizienz von Gebäuden (Parlament 2018) und dem Einsatz von Erneuerbaren Energien (EU 2018).

(Net Zero-Energy house) gefordert (Moroccan Research Institute for Solar Energy and New Energies, UNIVERSITY 2019, p. 1).

Zusätzlich wird in der Richtlinie für die Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG EM) die Förderung für den Einsatz erneuerbarer Energien geregelt, die über die verbindlichen Vorgaben des GEG hinausgehen.

(Bundesministerium für Wirtschaft und Energie 2020). Die Richtlinie vereint ähnlich wie das GEG Vorgaben für die Energieeffizienz von Gebäuden und den Einsatz von erneuerbaren Energien. Zur Vereinfachungen und Vereinheitlichung der bisher geltenden Förderrichtlinien wurden die bisher geltenden Richtlinien zusammengefasst (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie 2020, p. 1). Somit ist erstmalig die Energieeffizienz und der Einsatz erneuerbarer Energien einheitlich und zusammen in Gesetz und Förderrichtlinie geregelt. Dieses Zusammenführen unterstreicht die Notwendigkeit nach ganzheitlichen Ansätzen.

Die Incentivierungen durch Punktevergabe in Disziplinen im SD adressieren hingegen die Dienlichkeit des Gebäudes für das Versorgungsnetz, als Folgethema einer 100%-Deckung des Energiebedarfes aus erneuerbaren Quellen. Hierfür war im SD EU 2010, 2012 und 2014 die temporäre Erzeugung-Verbrauchskorrelation („Temporary Generation Consumption Correlation“) Teil der messtechnisch bewerteten Energiebilanz-Disziplin.³⁷ Im SD EU 2014 wurde die Disziplin Energiebilanz durch die Teildisziplinen „Hausanpassung an Netzlaststatus“ („House adjustment to network load state“) und „Lastspitzen“ („power peaks“) erweitert. Beide Teildisziplinen sollen eine Minimierung der Netzbelastung simulieren.

In der Teildisziplin „Hausanpassung an Netzlaststatus“ konnten Punkte gewonnen werden, wenn der Energiebezug zwischen 19:30 bis 22:30 Uhr abends reduziert wurde oder Energie in das Netz eingespeist wurde (Solar Decathlon Europe 2014 Organisatoren 2014, p. 43). In dieser Teildisziplin konnten die Teams insgesamt 20 Punkte gewinnen.

Punkte für einen möglichst gleichbleibend niedrigen Energiebezug aus dem Netz wurden in der Teildisziplin „Lastspitzen“ vergeben. Hier wurde erneut der Wettbewerbsdruck für die Bewertung angewendet. Denn das Team mit den niedrigsten mittleren Lastspitzen hat 100 % der möglichen 15 Punkte gewonnen. Das Team mit den höchsten mittleren Lastspitzen hingegen hat hier keine Punkte erhalten. An alle anderen Teams wurden die Punkte proportional zu deren mittleren Lastspitzen vergeben (Solar Decathlon Europe 2014 Organisatoren 2014, p. 44).

Zur Bewertung der Wirksamkeit der Regelungsmechanismen in Politik und SD sollen die gesetzten Klimaziele herangezogen werden. Nachfolgend werden die Effekte der Regelungsmechanismen bewertet. Eine Bewertung der SD-Regelungsmechanismen ist mit den gesetzten politischen Zielen nicht möglich, da er diesen voraus ist. Die Gegenüberstellung von Zielen und Entwicklungsstand im SD kann Impulse für die Energiepolitik liefern.

4.2.2.3 WIRKSAMKEIT DER REGELUNGSMECHANISMEN

Die Wirksamkeit der politischen Maßnahmen kann anhand der vereinbarten Klimaziele beurteilt werden. Auf EU-Ebene wurde vereinbart, dass im Vergleich zum Referenzjahr 1990 bis 2030 40% weniger Treibhausgasemissionen und bis 2050 80-95 % weniger Treibhausgasemissionen ausgestoßen werden sollen (Schlacke 2020). Diese Klimaziele wurden auf EU-Ebene bereits interpretiert und in verbindliche Richtlinien überführt. Zur Erfüllung dieser Vorgaben müssen ab 2020 alle Neubauten einen Niedrigstenergiestandard haben (siehe Kapitel 4.2.1 Energieeffizienz) und der Anteil erneuerbarer Energien an der Deckung des Endenergieverbrauches muss bis 2020 20 % und bis 2030 27 % (EU 2018, para. 5) betragen. Die Vorgaben für 2020 sind EU-weit auf 20 % festgesetzt, variieren aber für die Mitgliedsstaaten. Für Deutschland wurde verbindlich ein Ziel von 18 % erneuerbarer Energien zur Deckung des Endenergieverbrauches bis 2020 festgeschrieben (siehe Tabelle 4.2.2.3-2.)

³⁷ Energiebilanzdisziplin im SD EU 2010 (Solar decathlon Europe Organizers 2010, p. 70); Energiebilanz im SD EU 2012 (Solar Decathlon Europe 2012 2012, p. 54); Energiebilanz im SD EU 2014 (Solar Decathlon Europe 2014 Organisatoren 2014, p. 41)

Anhand dieser Vorgaben und den vom Umweltbundesamt regelmäßig durchgeführten Analysen zur Umsetzung in der Praxis, lässt sich die Wirksamkeit der gesetzlichen und fördernden Maßnahmen überprüfen.

Bei dem Anteil von Strom aus erneuerbaren Energien von 9 % (absoluter Anteil vom Endenergieverbrauch in DTL) und einer Ausbaurrate von 8 % (siehe Tabelle 4.2.2.3-1) jährlich und einem Anteil an erneuerbaren Energien an der Wärme- und Kälteversorgung von 7 % (absoluter Anteil vom Endenergieverbrauch in DTL) und einer Ausbaurrate von 0 % zum Vorjahr (Umweltbundesamt 2020) ist mit einer 20%tigen Versorgung über erneuerbare Energien erst 2027 (2023 für einen Anteil von 18 %) (siehe Rechnung in Tabelle 4.2.2.3-1) zu rechnen.

Tabelle 4.2.2.3-1: Berechnung der Dauer bis zum Erreichen eines Anteils von erneuerbaren Energien am gesamten Endenergieverbrauch in Deutschland von 20% gemäß der EU-Richtlinie beziehungsweise dem Erreichen des 18%-Ziels nach länderspezifischer EU-Vereinbarung (EU 2018, p. 60).

„Q“ als Anmerkung verweist darauf, dass die Zahlen und Daten aus der angegebenen Quelle stammen. „ER“ ist der Verweis, dass die angegebenen Zahlen bereits aus einer eigenen Rechnung stammen.

Die Berechnung der voraussichtlichen Dauer bis zum Erreichen des EU-Klimaziels zum Anteil erneuerbarer Energien am Energieverbrauch berücksichtigt nicht die voraussichtlich exponentielle Steigerung der Ausbaurrate erneuerbarer Energien, sondern lediglich die bisherigen Ausbauraten. Zudem wird angenommen, dass der Endenergieverbrauch unverändert bleibt. Als Grundlage dienen die Zahlen vom Umweltbundesamt bezogen auf das Jahr 2019.

Quelle der grundlegenden Zahlen: (Umweltbundesamt 2020)

Gegeben:	Gesamt-Endenergieverbrauch Deutschland 2019	2615 TWh	100 %	ER
	Anteil erneuerbarer Energien (EE) Endenergieverbrauch in DTL 2019	455 TWh	17,4 %	Q
	Anteil Strom am Endenergieverbrauch in DTL 2019	576 TWh	22 %	ER
	Anteil Wärme am Endenergieverbrauch in DTL 2019	1213 TWh	46 %	ER
	Anteil Strom aus EE am Endenergieverbrauch in DTL 2019	242 TWh	9 %	ER
	Anteil Wärme aus EE am Endenergieverbrauch in DTL 2019	182 TWh	7 %	ER
	Anteil EE am Bruttostromverbrauch in DTL 2019	242 TWh	42 %	Q
	Anteil EE am Wärmeverbrauch in DTL 2019	182 TWh	15 %	Q
	Zuwachs (EE) Strom 2019 (im Vergleich zu 2018)	18TWh	+4,2 %	Q
	Zuwachs EE Wärme 2019 (im Vergleich zu 2018)	0TWh	+0 %	Q
	Ziel Anteil EE am Endenergieverbrauch nach EU R(Europäische Kommission 2010, para. 6) EU gesamt	523,4TWh	20 %	Q
	Ziel Anteil EE am Endenergieverbrauch nach EU R Deutschland (Eurostat 2020, p. 4)	471 TWh	18 %	Q
	Gesucht:	Dauer, bis Klimaziele für 2020 (Ziel nach EU R) erreicht sind		

Lösung: $EE_{Ziel} = EE_{\text{Anteil2019 Wärme + Strom}} + EE_{\text{Zuwachs Wärme + Strom}} * X$

$$EE_{Ziel} - EE_{\text{Anteil2019 Wärme + Strom}} = EE_{\text{Zuwachs Wärme + Strom}} * X$$

$$X = \frac{EE_{Ziel} - EE_{\text{Anteil2019 Wärme + Strom}}}{EE_{\text{Zuwachs Wärme + Strom}}}$$

X = 0,8 Jahre für einen Anteil von 18%
(Klimaziel bis 2020 wird demnach 2020 erreicht)

X = 3,8 Jahre für einen Anteil von 20%
EU-Klimaziel bis 2020 wird demnach erst 2023 erreicht

X = 14 Jahre für einen Anteil von 27%
EU-Klimaziel bis 2030 wird demnach erst 2034 erreicht

Der Fortschrittsbericht der Europäischen Kommission von 2017 (COM 2017 2017, fig. 1) geht von einer Steigerung des Anteils erneuerbarer Energien an der Deckung des Bruttoendenergieverbrauchs aus. Bisher waren die Neuinstallationen für Solarenergiekollektoren allerdings rückläufig (Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie 2014, p. 1). Grund hierfür ist das kontinuierliche Sinken der Einspeisevergütung (Solarwatt 2021).

Tabelle 4.2.2.3-2: Anteil erneuerbarer Energien am Endenergieverbrauch in der EU und Deutschland zwischen 2004 bis 2018 und dem Ziel bis 2020

Quelle: (Eurostat 2020, p. 4)

	2004	2015	2016	2017	2018	Ziel 2020
EU	8,5	16,7	17	17,5	18	20
Deutschland	6,2	14,9	14,9	15,5	16,5	18

Die Ziele für den Ausbau erneuerbarer Energien könnten gemäß der oben geführten Rechnung so bis 2020 nicht erreicht werden. Abschließende Zahlen des Umweltbundesamtes sind noch nicht veröffentlicht. Die oben errechnete Prognose zeigt, dass auch das Ziel, 27% des Endenergieverbrauchs mit erneuerbaren Energien zu decken, bis 2030 nicht erreicht werden kann. Allerdings ist hier die im Gebäudeenergiegesetz enthaltene Verpflichtung zum anteiligen Decken des Heiz- und Kühlbedarfes durch den Einsatz erneuerbarer Energien noch nicht berücksichtigt. Diese Gesetzesänderung könnte den Ausbau erneuerbarer Energien beschleunigen. Mit welcher Wirksamkeit dies geschieht, lässt sich zu diesem Zeitpunkt nicht beurteilen.

Mit steigendem Anteil erneuerbaren Energien an der Versorgungsstruktur werden Themen zur Netzdienlichkeit von Gebäuden, wie im SD adressiert, relevant. Die Wirksamkeit der SD-Maßnahmen lässt sich nur bedingt nachweisen. Die SD-Häuser werden zwar einzeln geprüft, aber das Netz selbst wird nicht gemessen. Zudem sind die Regelungsmechanismen im SD nur Simulationen der Möglichkeiten. Im SD werden beispielsweise in einem vorher festgelegten Zeitraum Messungen zur Anpassung des Haus-Verbrauches an den Netzzustand durchgeführt. Der messtechnische Nachweis über die Wirksamkeit dieser Anpassung erfolgt nur durch Betrachtung jedes SD-Hauses für sich. Eine tatsächliche Kommunikation zwischen Netz und SD-Häusern findet nicht statt.

Bereits im SD EU 2021 wird eine tatsächliche Interaktion zwischen dem Netz und den SD-Häusern Teil der Energiebilanzdisziplin (European Energy Endeavour Foundation, Bergische Universität Wuppertal 2020, p. 37). Hiermit setzt der SD seinen Vorsprung beim Einsatz erneuerbarer Energien fort.

4.3 FAZIT SD IM POLITIKDIALOG

2020 markiert das Jahr, für das es konkrete Klimaziele gab. Unter normalen Umständen hätte Deutschland die Emissionsziele nicht erreicht. Die Corona-Krise und der Lockdown führten überraschend doch zum knappen Erreichen der Ziele (Hein, Agora Energiewende 2021, figs. 1–2). Eine Pandemie und stark eingeschränktes Leben sollte nicht der Normalzustand sein. Vielmehr braucht es neue Impulse, die das Erreichen der Klimaziele unterstützen können. Erkenntnisse aus dem SD können für die Politik solche Impulse liefern. Hierfür wurden die Regelungsmechanismen der Politik mit denen des SD verglichen.

Die Regelungsmechanismen der Politik und des SD haben Gemeinsamkeiten und Unterschiede. Beide setzen verbindliche Regelungen und Incentivierungen ein. Zudem wird von beiden die Energieeffizienz der Gebäude und der Einsatz erneuerbarer Energien reglementiert.

Im SD können schnellere Optimierungsraten, beispielsweise bei der Steigerung der Energieeffizienz der Häuser, nachgewiesen werden, als sie von der Politik langfristig angestrebt werden.

Die deutsche Gesetzgebung gibt Vorgaben für die Steigerung der Energieeffizienz in Form von Gebäudestandards. Diese basieren mittels Referenzgebäudeverfahren³⁸ auf der Bewertung der Gebäudehülle, Kompaktheit und Versorgungstechnik. Wohingegen der SD die tatsächliche Performance bewertet. Die Bewertung der Performance, die messtechnisch überprüft wird in Kombination mit dem allgemeinen Wettbewerbsdruck führt im SD zu einem Übertreffen der politischen Ziele.

Eine weitere Schwierigkeit sind die geltenden Berechnungsgrundlagen zum Abbilden und Planen von effizienten Gebäuden. Berechnungsgrundlagen wie aus der DIN 4108-2 und der DIN V 18599 ermöglichen nur im begrenzten Rahmen das Abbilden innovativer Maßnahmen.³⁹ Passive Technologien und Phasenwechselmaterialien sind Beispiele für die nur bedingt mögliche Abbildbarkeit bei der Gebäudebewertung. Auch im SD sind die Effekte solcher Maßnahmen messtechnisch kaum nachweisbar.

Die effektiven Regelungsmechanismen des SD sind aktuell nicht auf die Politik übertragbar. Denn für die Bewertung der Performance müssten kontinuierlich Daten zur Performance der Häuser in der Praxis erhoben werden. Eine solche Datenerhebung könnte durch den Ausbau von intelligenten Versorgungsnetzen gesichert werden. Auch mit einer flächendeckenden Informationsverfügbarkeit über die Performance von Gebäuden muss eine Übertragung der Erkenntnisse aus dem SD zunächst geprüft werden.

Ein Dialog zwischen SD und der Energiepolitik sollte zudem für zukünftig relevante Themen wie der Gebäudenetzinteraktion geführt werden. Mit zunehmendem Anteil von erneuerbaren Energien an der Versorgung bekommt die Netzdienlichkeit auch von Gebäuden eine unumgängliche Relevanz.

Im SD werden hierfür Anwendungen bereits mittels Disziplin simuliert. Im Living Lab NRW wird im Anschluss an den SD EU 21/22 das SD-Stromnetz und die Reaktionsfähigkeit der SD-Häuser selbst beforscht.

Durch eine stärkere Kopplung von Politik und SD könnte die Politik zukünftig von den Erkenntnissen des SD profitieren und es können gemeinsam Szenarien entwickelt werden, die gezielt im SD getestet werden können. Die Beeinflussung zukünftiger politischer Regelungsmechanismen durch eine Zusammenarbeit mit dem Energieministerium ist dabei denkbar.

³⁸ Referenzgebäudeverfahren nach Gebäudeenergiegesetz (siehe Politikdialog).

³⁹ Berechnung nach Formeln der DIN 4108 für ein Wohnhaus als Einzonenmodell oder der DIN EN ISO 18599 für Wohnhäuser und Nichtwohngebäude als Mehrzonenmodell. (Deutsches Institut für Normen 2018, p. 29 ff)

Kapitel 5 SD im Praxisdialog

Der SD liefert aufgrund seiner Einzigartigkeit Impulse, die durch einen gezielten Dialog zwischen SD und Baupraxis einen Einfluss auf die zielgerichtete Entwicklung der Praxis haben können.

5 SD IM PRAXISDIALOG

5.1 EINLEITUNG

In der Baupraxis sollen ambitionierte Ziele für ein zukünftig klimagerechtes Bauen und Wohnen umgesetzt werden, die im SD bereits erprobt sind und übertroffen werden (siehe Kapitel 4.3 Fazit SD im Politikdialog). Die Steigerung der Energieeffizienz von Gebäuden und der Einsatz von erneuerbaren Energien sind hierfür mit verbindlichen Vorgaben geregelt. Diese Regelungen reichen in der Praxis nicht aus (siehe 4.3 Fazit SD im Politikdialog). Im SD hingegen werden die gesetzten Ziele für Energieeffizienz und den Einsatz erneuerbarer Energien übertroffen. Hier im Kapitel werden die SD-Häuser mit üblichen Ein- und Zweifamilienhäusern der deutschen Baupraxis verglichen. Dabei soll herausgestellt werden, welche möglichen Unterschiede zum Erreichen der Klimaziele im Bauwesen führen können, welche Folgethemen sich ergeben und was in der Praxis und dem SD für einen Dialog zwischen beiden optimiert werden sollte.

Als Betrachtungsebenen wurden hierfür die Wohngebäudearten, die Bauweisen, der Einsatz passiver Technologien, die Nutzung von Solarenergie, der Einsatz von Speichern und die Gebäudekosten gewählt. Die Gebäudearten und Bauweisen sollen aufgrund der Besonderheiten des Wettbewerbs betrachtet werden. Im SD wurden ursprünglich nur Einfamilienhäuser gebaut. Im Laufe der Wettbewerbe des SD EU wurden zunehmend mehr Konzepte für Mehrfamilienhäuser präsentiert. Die SD-Häuser sind zudem mobile Immobilien. Die Gegenüberstellung der Gebäudearten und Bauweisen soll grundsätzlich die Relevanz der SD-Häuser für die Baupraxis belegen.

Für die von der Politik adressierten Themen Energieeffizienz und Einsatz erneuerbarer Energien sollen nachfolgend in den Teilkapiteln 5.2.3 „Einsatz passiver Technologien“, 5.2.4 „Solarenergienutzung“ und 5.2.5 „Einsatz von Speichern“ die Umsetzungen in der Praxis mit den Konzepten der SD-Häuser verglichen werden. Im abschließende Teilkapitel 5.2.6 „Kosten“ wird nachgewiesen, wie hoch die Gebäudekosten im SD im Vergleich zur Baupraxis sind und warum Unterschiede die Relevanz des SD weiter stärken.

Der SD ist eine Kommunikationsplattform. Das Event und offene Zugänglichkeit der Häuser für die interessierte Öffentlichkeit ist Teil des SD-Grundkonzeptes (Black 2010). Das macht nicht nur die faktische und numerische Gegenüberstellung von SD-Konzepten und der Baupraxis interessant, sondern auch die anschaulichen Ausführungsarten. Unterschiede zwischen SD und Praxis, die einen Einfluss auf Gestaltung oder Architektur haben, werden zudem beispielhaft fotodokumentarisch verglichen.

5.2 CHARAKTERISIERUNG DER BAUPRAXIS AN AUSGEWÄHLTEN ECKPUNKTEN

5.2.1 WAS WIRD GEBAUT?

Die SD-Häuser unterscheiden sich deutlich von denen der Baupraxis. Die Unterschiede der SD-Häuser zur Praxis zeigen notwendige und laufende Entwicklungen im Bauwesen. Insbesondere die Unterschiede der Gebäudegrößen sind ein Ansatzpunkt für Impulse des SD in die Praxis.

Denn das Volumen an jährlich neu gebautem Wohnraum steht im Kontrast zu den Klimazielen, die nur erreicht werden können, wenn der Energieverbrauch für Wohnen drastisch gesenkt werden kann (Ziele Politik Kapitel 4.2.1 und 4.2.2). Ein Lösungsansatz wäre es, auf den Neubau von Wohnraum zu verzichten und stattdessen bestehende Räume zu sanieren. Es kann davon ausgegangen werden, dass es einen steigenden Bedarf an Wohnraum in Deutschland gibt. Denn in Deutschland werden jährlich etwa 25.000 Wohnungen neu errichtet (in 2017 245.000 Wohnungen: (Statistisches Bundesamt 2018)). Insgesamt steigert sich die jährliche Neubaurate von Wohnbauten um etwa 4 %. (Statistisches Bundesamt 2018). Bis 2014 wurden jährlich mehr Ein- und Zweifamilienhäuser neu gebaut als Wohnungen in Mehrfamilienhäusern. Dieses Verhältnis hat sich erstmals 2015 geändert mit steigendem Zuwachs an jährlich neu gebauten Mehrfamilienhäusern, bei etwa gleichbleibender Zahl von jährlich etwa 100.000 neu gebauten Ein- und Zweifamilienhäusern. Der Neubau von Wohnraum bedeutet mehr Fläche, die durch Einsatz von Energie konditioniert werden muss. Der Neubau von Ein- und Zweifamilienhäusern verbraucht zusätzlich zu Wohnraum in Mehrfamilienhäusern mehr Freiflächen.

Mehr Wohnraum in Mehrfamilienhäusern als in Ein- und Zweifamilienhäusern ist eine Entwicklung hin zu mehr Suffizienz. Allerdings steigen neben der Anzahl der Wohneinheiten auch die generellen Wohnungsgrößen. 1995 wohnte jeder Deutsche durchschnittlich auf 38,1m². 2011 betrug die durchschnittliche Wohnfläche pro Person bereits auf 44,3m² und 2016 44,8m². Die Tendenz der Pro-Kopf-Wohnfläche steigt weiter. (STATISTISCHES BUNDESAMT AND WISSENSCHAFTSZENTRUM BERLIN FÜR SOZIALFORSCHUNG 219). In Großstädten lag 2017 die durchschnittliche Wohnfläche mit 43m² unter dem Durchschnitt. Aber auch hier steigt die Wohnfläche. (Henger, Informationsdienst, Wirtschaft des Instituts der deutschen Wirtschaft 2020) Insgesamt ist auch die durchschnittliche Größe von Wohneinheiten gestiegen. Von 2011 bis 2016 ist die durchschnittliche Fläche je Einheit von 91,6 m² auf 92,3m² gestiegen (STATISTISCHES BUNDESAMT AND WISSENSCHAFTSZENTRUM BERLIN FÜR SOZIALFORSCHUNG 219).

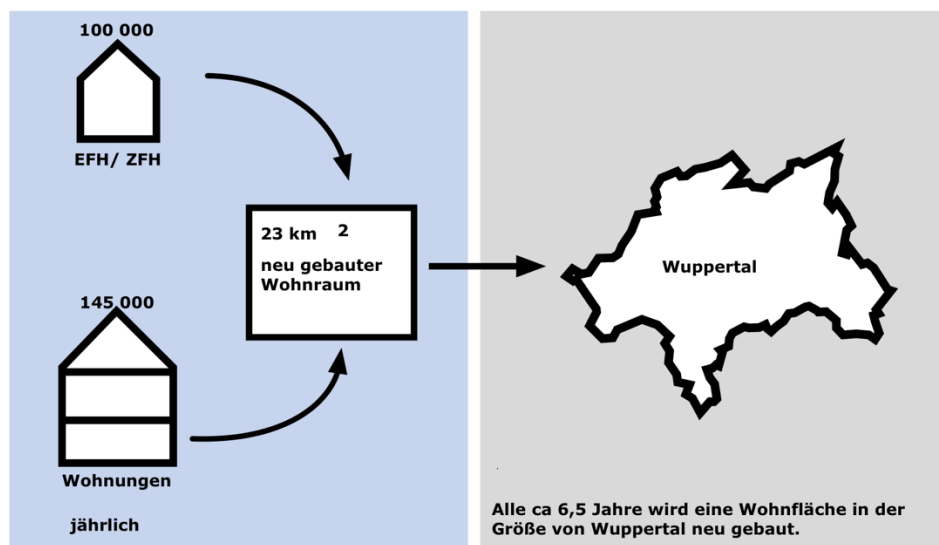


Abbildung 5.2.1-1: Hochrechnung des jährlichen Wohnflächenzuwachses durch neu gebaute Wohnungen und Ein- bzw. Zweifamilienhäuser.

Wenn nach Stand 2017 jährlich 100.000 Ein- und Zweifamilienhäuser (Statistisches Bundesamt 2018) mit einer durchschnittlichen Wohnfläche von 130m² (Destatis 2019, p. 13) und ca 145.000 Wohnungen (Statistisches Bundesamt 2018) mit einer durchschnittlichen Wohnfläche von 69m² (Destatis 2019, p. 13) gebaut werden und sich dieses Neubauvolumen jährlich um ca 4% (Statistisches Bundesamt 2018) erhöht, so wird hochgerechnet im ersten Jahr eine Wohnfläche von 23km² (eigene Hochrechnung*) in Deutschland neu gebaut. Nach bereits 6,5 Jahren ist in Deutschland eine Wohnfläche in der Größe von Wuppertal (Fläche Wuppertal Stadtgebiet 168km² (Busch 2020)) neu gebaut worden.

Die Hochrechnung berücksichtigt nicht den Abriss von Altbauten und auch nicht die Umnutzung von Gebäuden zu Wohngebäuden. Zudem sind die ermittelten 23km² jährlich nicht gleichzusetzen mit einem äquivalent großen Freiflächenverlust, da sich die neu gebauten Wohnflächen aufgrund der Geschossigkeit der neu gebauten Wohnhäuser auf mehrere Etagen aufteilen. Eine Hochrechnung des tatsächlichen Freiflächenverlustes ist auf Grundlage der hier verwendeten Zahlen nicht möglich. Die hier dargestellte Hochrechnung soll den Bedarf und das stetige Wachstum und Ausmaß des Flächenbedarfes für Wohnen in Deutschland darstellen.

Die Wohnflächen wachsen stetig in Deutschland. Jede neue Wohnfläche verbraucht Fläche und Energie. Insbesondere die jährlich etwa 100.000 neu gebauten Ein- und Zweifamilienhäuser verbrauchen Landschaft. (Mergner, BUND Naturschutz Bayern 2018). Der Zuwachs an Wohnraum ist eine mögliche Erklärung für den steigenden Energieverbrauch trotz zunehmend höherer Energieeffizienz von Gebäuden (siehe Kapitel 4.2.1 Politikdialog Energieeffizienz, (Umweltbundesamt 2020)). Denn selbst wenn alle neu gebauten Wohnhäuser im Niedrigstenergiehausstandard gebaut werden, müsste noch mindestens 15 kWh/m²a jährlich für Heizwärme aufgewendet werden (Niedrigstenergiehausstandard, siehe Tabelle 4.2.1.2-1 Politikdialog). Bei 23km² ist das eine jährliche Steigerung des Energiebedarfes zur Wohnraumkonditionierung von 345.000.000 kWh pro Jahr.

Um diesen neuen Bedarf zu decken bräuchte man 2,5 km² PV.⁴⁰ Mit steigendem Energiebedarf steigt demnach der Aufwand zum Erreichen des vereinbarten Mindestanteils von erneuerbaren Energien (siehe Kapitel 4.2.1 Politikdialog Energieeffizienz, (Umweltbundesamt 2020, p. 6)).

Die SD-Häuser demonstrieren mit deutlich geringeren Wohnflächen, wie dem steigenden Energiebedarf durch immer größer werdende Wohnflächen entgegengewirkt werden kann. Die Reduzierung der Pro-Kopf-Wohnfläche ist ein schwieriges Thema, da es das persönliche Leben stark beeinflusst. Insbesondere durch die Corona-Krise mit Lockdowns, Ausgangssperren und Home-Office ist der verfügbare Wohnraum zu einem wichtigen Gut geworden. Aber eine Reduzierung der verfügbaren Fläche muss nicht zwingend ein Komfortverlust mit sich bringen. Die SD-Häuser sind wettbewerbsbedingt deutlich kleiner als der Durchschnitt in der Praxis (siehe Abbildung 5.2.1-2), demonstrieren aber hohen Nutzerkomfort.

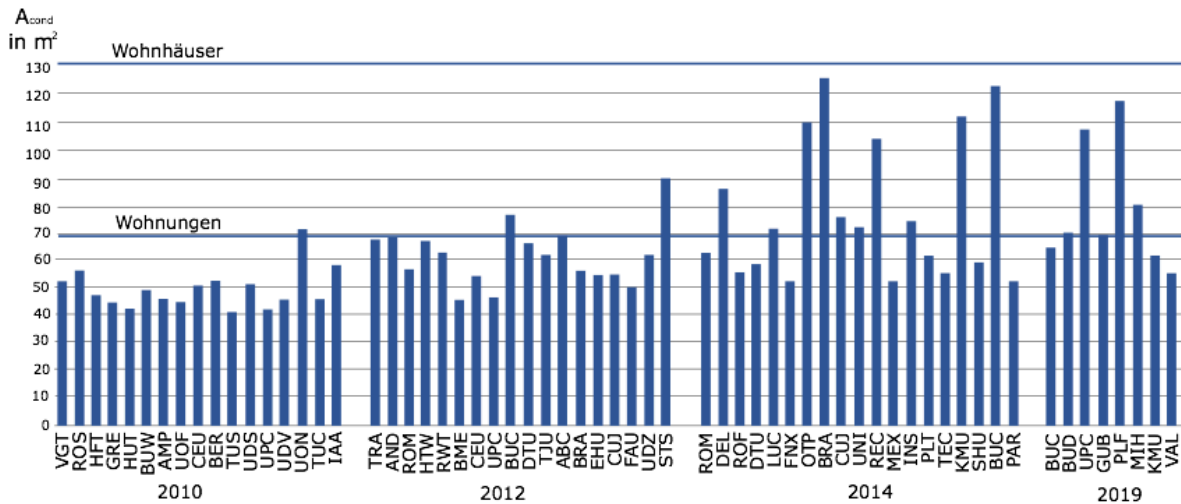


Abbildung 5.2.1-2: Vergleich der Wohnflächen aller auswertbaren SD-EU-Häuser mit den unter 130 m² Wohnhaus und 69m² Wohnung charakterisierten üblichen Wohnflächen der deutschen Baupraxis. Im Diagramm dargestellt sind außerdem die nach den SD-EU-Regeln definierten maximalen Nutzflächen (siehe Abbildung 2.2.1-1).

Quelle: SD-Daten siehe Detailliste Tabelle Anhang 9.3.

Tabelle 5.2.1-1: Übersicht der durchschnittlichen konditionierten Flächen der SD-EU-Häuser und deren durchschnittlicher Flächenzuwachs im Vergleich zum Durchschnitt des vorangegangenen Wettbewerbs.

SD EU Wettbewerb	A _{cond} in m ²	Zuwachs in %
2010	49.80	
2012	61.86	24.22
2014	77.97	26.04
2019	78.97	1.28

Häuser auf etwa 75 m² (eingeschossig) bis 110 m² (zweigeschossig) festgelegt (siehe Kapitel 2.2.1). Die durchschnittlichen SD-Wohnflächen stiegen allerdings ebenfalls von 50 m² in 2010 auf 79 m² in 2019 (siehe Tabelle 5.2.1-1). Die Wohnungsgrößen im SD EU 2010 und 2012 sind immer noch kleiner als die der Praxis (siehe Abbildung 5.2.1-2). Ab 2014 liegt der SD-Durchschnitt über dem von Wohnungen, aber unter dem von Ein- und Zweifamilienhäusern in der Praxis. Die Wachstumsrate im SD übertrifft allerdings die der Praxis.

Widersprüchlich bei dem Trend des SD ist, dass seit dem SD EU 2014 vermehrt Wohneinheiten als Ausschnitt aus einem Mehrfamilienhaus präsentiert werden. Im SD EU 2021 ist erstmalig in den Regeln verankert, dass Demonstratoren von Wohnungen und keine

⁴⁰ Eigene Überschlagsrechnung: Standort Wuppertal, Ausrichtung der PV Anlage nach Süden, Neigung 45°, unverschattet, monokristallines Silizium, Wirkungsgrad 14% (Pistohl 2009b, pp. E114, E115)

Einfamilienhäuser für den Wettbewerb gebaut werden sollen (European Energy Endeavour Foundation, Bergische Universität Wuppertal 2020, p. 7).

Im Vergleich zur Baupraxis lässt sich zusammenfassen, dass die SD-EU-Häuser trotz steigender Tendenz unter dem üblichen Wohnflächenangebot liegen. Die SD-Häuser demonstrieren, dass es auch auf reduziertem Wohnraum praktikable und zukunftsfähige Wohnkonzepte geben kann. Wohnqualität, die insbesondere in Krisenzeiten essenziell ist, muss nicht zwingend über mehr Fläche erreicht werden. Die SD-Häuser müssen bei begrenztem Platzangebot trotzdem alltagstauglich sein. Events sind beispielsweise eine Dinnerparty (European Energy Endeavour Foundation, Bergische Universität Wuppertal 2020, p. 44).

Die SD-Häuser erreichen diese Alltagsauglichkeit mit unterschiedlichen Konzepten (siehe Foto 5.2.1-1 bis 5.2.1-6).

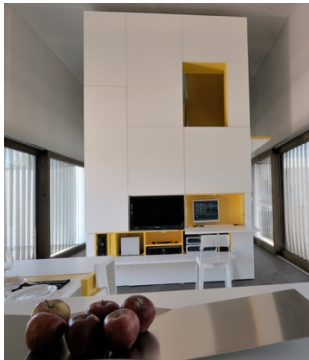


Foto 5.2.1-1: BUW SD EU 2010: Das in den Hauptwohnraum eingestellte Modul beinhaltet ebenerdig das Badezimmer und ein über eine Treppe erreichbares Schlafzimmer. Zudem sind sämtliche Umrandungen des Moduls als Lagerflächen nutzbar. Quelle: (Solar Decathlon Europe)



Foto 5.2.1-2: SD EU 2012 TRA: Hier sind in die Raumabtrennungen Schränke, Technikflächen und die Küche integriert. Zusätzlicher Raumverlust durch Konstruktionsflächen konnte bei gleichzeitig hohem akustischem Komfort minimiert werden. Quelle: (Solar Decathlon Europe)



Foto 5.2.1-3 SD EU 2012 BUC. Die geringe Wohnfläche des Haupthauses wird durch eine verschattete Terrasse mit Sommerküche vergrößert. Quelle: (Solar Decathlon Europe)

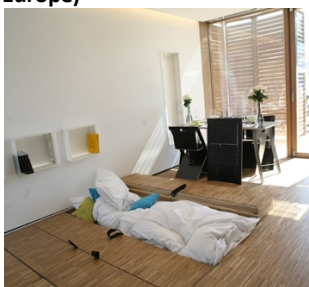


Foto 5.2.1-4: SD US 2007 TUD Flexible Raumnutzung durch ein im Boden des Esszimmers versenkbares Bett. Quelle: Solarhaus TU Darmstadt



Foto 5.2.1-5: SD EU 2012 EHU: Murphy-Bett zur flexiblen Raumnutzung mit dahinterliegendem Badezimmer. Quelle: (Solar Decathlon Europe)



Foto 5.2.1-6: VGT SD ME – Fahrbar flexible Wohnzimmerwände. Die flexible Wand zwischen dem Wohnzimmer und Arbeitszimmer ermöglicht wahlweise die Vergrößerung des einen oder anderen Raumes. Quelle: (Virginia Tech University, p. 30)

Die Fotos 5.2.1-1 bis 5.2.1-6 zeigen sechs Beispiele für Wohnkonzepte auf dem im SD EU üblichen und minimierten Wohnraum. Die Beispiele umfassen Raummodule, die in das Gesamtgebäudevolumen eingestellt werden, um so mehr Wohnraum bei gleichzeitiger Großzügigkeit zu schaffen (SD EU BUW). Ein mehrfach aufgegriffenes Konzept ist es, die Innenwände als Stauraum auszubilden (hier: EU 2010 BUW und SD EU 2012 TRA). Flexible Raumnutzungen durch ein versenkbares Bett (SD US 2007 TUD), ein Murphy Bett (SD EU 2012

EHU) oder bewegliche Wände (SD ME 2018 VGT) sind ein im SD seltenes Konzept, aber trotzdem wiederkehrend. Neben der Optimierung der Innenraumnutzung gehört auch das Einbeziehen von Außenräumen zu den Konzepten, die die Funktionalität und das Platzangebot der SD-Häuser erhöhen, ohne die konditionierte Fläche zu vergrößern. Ein Beispiel hierfür ist die Sommerküche des Hauses SD EU 2012 BUC. Der SD liefert verschiedene Konzepte, die während des öffentlichen Events der allgemeinen Bevölkerung und somit auch Bauherren zugänglich gemacht werden und die demonstrieren, dass komfortables und großzügiges Wohnen auch ohne Flächenfraß funktionieren kann. Der tatsächliche Einfluss des SD und der Demonstration solcher Konzepte auf zukünftige Wohnbauten ist abhängig von der Effektivität der Kommunikation der Konzepte und der Empfänglichkeit der Besucher. Vom Ursprung des SD ausgehend „to educate the general public, how to use renewable energy in a single family home“ (die breite Öffentlichkeit darüber zu informieren, wie man erneuerbare Energien in einem Einfamilienhaus nutzen kann), könnte die Fortführung lauten: „Der breiten Öffentlichkeit die Alltagsauglichkeit von flächensparenden und urban-tauglichen Wohnkonzepten demonstrieren.“

Flächeneffizientes Bauen liefert einen Beitrag zum Erreichen der vereinbarten Klimaziele (siehe Kapitel Politik 4.2.1 Energieeffizienz und 4.2.2 Erneuerbare Energien). Der Trend wachsender Flächen in der Praxis ist nicht zielführend⁴¹. Auch wenn der SD einen ähnlichen Trend zeigt, sind die SD-Häuser noch flächeneffizienter und können Impulse für die Praxis liefern.

5.2.2 WIE WIRD GEBAUT?

Die Bauweisen der SD-Häuser greifen den langsamen Entwicklungen der Praxis in Richtung nachhaltigen und klimagerechten Bauen vor und demonstrieren Umsetzungsmöglichkeiten, Lösungen für Schwierigkeiten und Vorzüge. Der SD kann neben dem Wettbewerbsgeschehen als eine wiederkehrende und sich fortentwickelnde Bauausstellung gesehen werden. Im Vergleich zur internationalen Bauausstellung demonstriert der SD die Funktionalität der Häuser (siehe Kapitel 2). Die Teams können die Häuser frei von den Konventionen der Baupraxis planen. Die SD-Häuser unterscheiden sich grundlegend von der Baupraxis. In der Praxis haben baustellengefertigte Massivbauten den größten Marktanteil. Im SD hingegen sind nahezu alle Häuser Leichtbauten mit einem hohen Vorfertigungsgrad. Diese Unterschiede mindern auch hier nicht die Relevanz der SD-Häuser für die Praxis, sondern zeigen auf, wie zukunftsgerechtes Bauen aussehen und funktionieren kann.

In Deutschland werden 80% der neu gebauten Wohnhäuser in Massivbauweise errichtet (Kalies, Hausbaublog 2013). Holzbauten machen nur einen 18%igen Anteil der Neubauten aus (Breitkopf, Statista). Im Gegensatz dazu haben nahezu alle SD-Häuser eine Leichtbaukonstruktion. Diese besteht in den meisten Fällen ausschließlich aus Holz (40% der SD-EU-Häuser: siehe Abbildung 5.2.2-1). 15% der SD-EU-Häuser setzten Stahl oder Metallteile als einzige Hauptkonstruktion ein. Nur ein Haus der bisher gebauten SD-EU-Häuser wurde in Massivbauweise aus Stahlbeton errichtet (SD EU 2019 DTU). Diese Ausnahme in Massivbauweise war nur aufgrund der besonderen Bedingungen des Wettbewerbsstandortes in Szentendre für den SD EU 2019 möglich. Hier war es vorgesehen, dass einige Wettbewerbshäuser nach dem Event am Standort verbleiben. Die Konstruktionen der SD-Häuser bestehen in der Regel aus nur ein bis zwei verschiedene Materialien. Im Kontrast hierzu ist in der Praxis bei Neubauten die Kombination aus Stahlbetonteilen, Mauerwerkswänden, Leichtbaukonstruktionen mit Holzdachstühlen oder massiven Flachdächern und der Bedeckung aus unterschiedlichsten Materialien verbreitet. Konstruktionen bestehend aus nur einer Materialart mit Ergänzung einer zweiten Materialart machen bei den SD-Häusern einen Anteil von 94% aus. Die Anzahl der verschiedenen Materialien ist für sich kein Qualitätsmerkmal. Wenn diese allerdings in Kombination mit rückbaubaren Verbindungen eingesetzt wird, werden diese Konstruktionen nachhaltig (Hillebrandt, Annette; Riegler-Floors, Petra; Rosen, Anja; Seggewies 2018, p. 106). Im Gegensatz zum energetischen Standard ist die

⁴¹ . Denn Flächeneinsparung unterstützt das Erreichen der Klimaziele im Bereich Energieeffizienz und indirekt auch der Ziele zum Einsatz erneuerbarer Energien. Ein geringerer Energiebedarf, bedeutet bei gleicher Versorgungsleistung einen höheren Anteil an erneuerbaren Energien.

Nachhaltigkeit von Gebäuden in Deutschland nicht gesetzlich geregelt. Nachhaltige Bauweisen werden auf Bund- und Länderebene gefördert (DNGB 2021).

Umbau, Rückbau und Entsorgung von Gebäuden sind mit Energieaufwand verbunden. Material-reine Konstruktionen mit lösbaren Verbindungen können recycelt werden. Dem notwendigen Energieaufwand steht der Erhalt von Rohstoffen gegenüber (Hillebrandt, Annette; Riegler-Floors, Petra; Rosen, Anja; Seggewies 2018, p. 113). Der SD-typische schnelle Aufbau der Häuser auf dem Eventgelände, der Abbau und der Wiederaufbau am Nachnutzungsstandort (siehe Nachnutzung Kapitel 2) funktionieren nur mit lösbaren Verbindungen. Bereits seit dem SD EU 2010 wird die Nachhaltigkeit der Konstruktion im Wettbewerb bewertet (siehe Abbildung 2.2.2-1). Aber erst mit Einführung des Urban-Mining-Indexes im SD EU 21/22 ist die Bewertung der Rückbaubarkeit der Konstruktion expliziter Bestandteil des Wettbewerbs geworden (Solar Deacthlon Europe 21 2022b, p. 39).

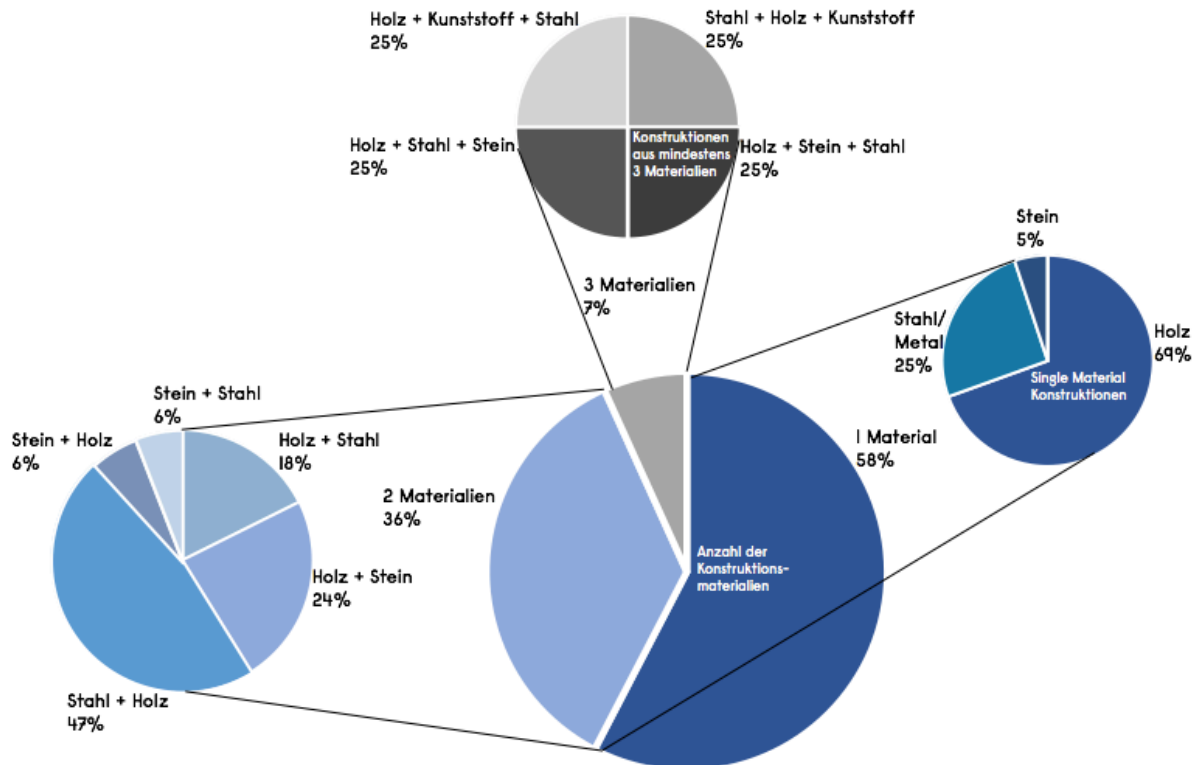


Abbildung 5.2.2-1: Darstellung der Anzahl an verwendeten Konstruktionsmaterialien und den verwendeten Konstruktionsmaterialien der SD-EU-Häuser von 2010 bis 2019.
Quelle: Projektmanuals (Tabelle Anhang 9.3)

Die SD Häuser sind in der Regel Leichtbauten. Leichtbauten stehen in der Kritik im Vergleich zu schweren Konstruktionen, eine zu geringe thermische Trägheit für den Erhalt des Innenraumkomforts zu haben (Hausladen 2014, p. 12). Ein als schwer klassifiziertes Gebäude kann mehr als $130 \text{ Wh}/(\text{m}^2 \text{ K})$ speichern. Die thermische Speicherkapazität eines Leichtbaus liegt hingegen bei unter $50 \text{ Wh}/(\text{m}^2 \text{ K})$.⁴² Thermische Speicherkapazität der Konstruktion ermöglicht Energieeinsparung durch temporäres Abschalten der aktiven

⁴² Eine „leichte Bauart“ liegt vor, wenn $C_{\text{wirk}} / A_G < 50 \text{ Wh}/(\text{m}^2 \text{ K})$. Dabei ist C_{wirk} die wirksame Wärmekapazität; A_G die Nettogrundfläche;

Eine „mittlere Bauart“ liegt vor, wenn $50 \text{ Wh}/(\text{m}^2 \text{ K}) \leq C_{\text{wirk}} / A_G \leq 130 \text{ Wh}/(\text{m}^2 \text{ K})$;

Eine „schwere Bauart“ liegt vor, wenn $C_{\text{wirk}} / A_G > 130 \text{ Wh}/(\text{m}^2 \text{ K})$. (Deutsches Institut für Normen 2013)

Konditionierungssysteme des Hauses bei dennoch anhaltendem thermischen Komfort. Dies ist in einem Leichtbau ohne zusätzlichen Einsatz von passiven Technologien nicht möglich.

Der geringe Anteil an Leichtbauten (etwa 20 %) führt zu einem ebenso geringen Anteil an Vorfertigung in der Baupraxis. Die Vorfertigung von Wohnhäusern in Holzbauweise bietet eine Reihe an Vorteilen. Beispielsweise lässt sich so die Dauer der Baustellenarbeiten etwa halbieren (Schober, Dr. Kai- Stefan; Gruda, Konrad; Jandt, Justus; Malik, Piotr; Bühren 2018, p. 17). Im Werk vorgefertigte Bauteile weisen eine höhere Präzision auf. Der Vorfertigungsprozess ist im Vergleich zu Baustellenarbeiten energie- und materialeffizient und führt zu einem zeiteffizienten Bauablauf (Hao, Cheng, Lu, Xu, Wang, Bu, Guo 2020, p. 1). Zudem bietet ein hoher Grad an Vorfertigung zeitliche und finanzielle Planungssicherheit und die Möglichkeit BIM-Modelle nach der Fertigung für die Betriebsführung einzusetzen (Borrmann, Lang, Petzold 2018, p. 32 ff.). Die Entwicklung am europäischen Markt spiegelt mit dem wachsenden Anteil an Vorfertigung die Vorteile wider. Denn der Anteil an vorgefertigten Neubauten in der EU steigt um jährlich 3 % (zwischen 2017 und 2022: (Schober, Dr. Kai- Stefan; Gruda, Konrad; Jandt, Justus; Malik, Piotr; Bühren 2018, p. 2))

Trotz der steigenden Tendenz liegt der Anteil an vorgefertigten Neubauten bei nur 15 % in der EU (Schober, Dr. Kai- Stefan; Gruda, Konrad; Jandt, Justus; Malik, Piotr; Bühren 2018, p. 2).

Vorfertigung lässt sich auch in Massivbauweise umsetzen, allerdings wird dies eher für Nichtwohngebäude umgesetzt (Detail 2012). Zudem ist das Gewicht von vorgefertigten Bauteilen kein unerheblicher Faktor beim Transport vom Werk auf die Baustelle (Albus, Dömer, Drexler 2016, p. 26). Von 66 SD-EU-Häusern haben 54 ihren Aufbau und den Grad der Vorfertigung in den Wettbewerbsunterlagen beschrieben (siehe Tabelle im Anhang S. 196 ff.). 53 von diesen haben ihren Leichtbau zumindest teilweise vorgefertigt. Denn, um den teilweise Kontinente-übergreifenden Transport und den schnellen Aufbau gewährleisten zu können, müssen die SD-Häuser zu einem hohen Grad vorgefertigt werden. Der Grad der Vorfertigung der SD-Häuser lässt sich im Umfang der vorgefertigten Teile beschreiben. Hier kann unterschieden werden zwischen vorgefertigten Elementen wie Wänden und Deckenplatten oder vorgefertigten Modulen wie ganzen Raumteilen (siehe Exkurs Vorfertigung: Foto 5.2.2-1 bis 5.2.2-3).

Exkurs Grad der Vorfertigung im SD Wettbewerb

Das Verhältnis aus vorgefertigten Modulen und Elementen ist nahezu gleich verteilt. Während der Teaminterviews (siehe Kapitel 3.2.4 Methoden, Interview) wurde häufig genannt, dass der Transport und insbesondere der Transport über Ländergrenzen und über Seewege die Konstruktion beeinflusst hat. Teams müssen die Teile hierfür verpacken und sichern. Eine Auswertung des Grades der Vorfertigung der EU-Häuser im Verhältnis zur Entfernung von Teamherkunft und Wettbewerbsstandort hat allerdings keine signifikanten Auffälligkeiten ergeben (Abbildung 5.2.2-3). Hier waren vorgefertigte Module und Elemente unabhängig von den Transportherausforderungen etwa gleich häufig vertreten.

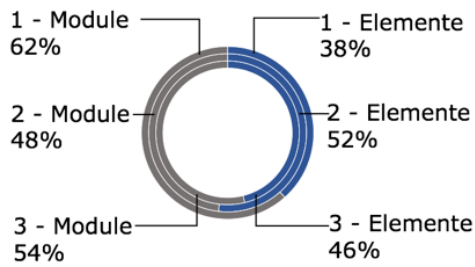


Abbildung 5.2.2-2: Studie zum Grad der Vorfertigung im Verhältnis zur Entfernung zwischen Teamherkunft und Wettbewerbsstandort. Hier wird unterschieden, ob die Teamherkunft im gleichen Land (1), auf dem gleichen Kontinent oder im gleichen Länderverbund (hier EU: (2)) wie der Wettbewerb liegt oder die Teams das Haus aus Übersee transportieren mussten (3). Der äußere Ring stellt das Verhältnis von vorgefertigten Modulen oder Elementen aller Teams dar, die aus dem Land des Austragungsortes stammen und somit die kürzeste Anreise hatten. Der mittlere Ring zeigt alle Teams, die ihr Haus interkontinental transportiert haben und der innere Ring zeigt alle Teams, die global transportieren mussten. Blau markiert ist jeweils der Anteil der Teams, die Elemente vorgefertigt haben und grau markiert, ist der Anteil der Teams, die ganze Module vorgefertigt haben.

Quelle: siehe Tabelle Anhang 9.3

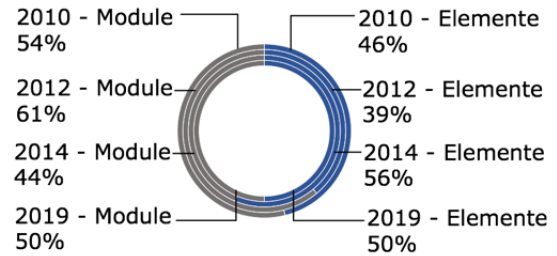


Abbildung 5.2.2.-3 Grad der Vorfertigung je Wettbewerb des SD EU. Hier wird unterschieden nach den vier bisher ausgetragenen Wettbewerben des SD EU 2010 und 2012 in Madrid, 2014 in Versailles und 2019 in Szentendre.

Quelle: siehe Tabelle Anhang 9.3

Auch die Betrachtung der Vorfertigung für die jeweiligen Wettbewerbe zeigt ein etwa ausgeglichenes Verhältnis.

Trotz Anmerkung mehrerer Teams, dass eine geringe Entfernung zum Wettbewerbsstandort einen Wettbewerbsvorteil bezogen auf Konstruktion und Vorfertigung biete, lässt sich dies statistisch nicht belegen. Bei der Betrachtung einzelner Teams ist auch nicht zu erkennen, dass die vorangegangene SD-Teilnahme zur Wahl von vorgefertigten Modulen in späteren Wettbewerben geführt hat. Das Team BUC hat bereits 2012 auf Module gesetzt und dies auch 2019 wieder angewandt. Das Team VGT hat ebenfalls 2010 Module aus Übersee transportiert und dies auch 2018 für den SD ME in Dubai getan. Dagegen hat das Team KMU 2014 Elemente vorgefertigt und auch 2019 wieder auf Elemente gesetzt.

Die Fotos 5.2.2-1 bis 5.2.2-3 zeigen beispielhafte Größen der vorgefertigten Elemente und Module.



**Foto 5.2.2.-1: Beispiel für vorgefertigte Elemente. Das Foto zeigt die einzelnen Wandelemente des Hauses des Teams SD EU 2012 UNI während der Aufbauphase.
Quelle: (Solar Decathlon Europe)**



**Foto 5.2.2.-2: Beispiel für vorgefertigte Module in der Größe kleinerer Räume. Das Foto zeigt das Haus des Teams SD EU 2012 AND während der Aufbauphase.
Quelle: (Solar Decathlon Europe)**



**Foto 5.2.2.-3: Beispiel für vorgefertigte große Module. Das Foto zeigt ein Modul in der Größe des gesamten Hauses des Teams SD EU 2010 VGT während der Aufbauphase.
Quelle: (Solar Decathlon Europe)
Fotograf: Javier Alonso Huerta**

Bezogen auf die allgemeine Kritik, dass vorgefertigte Wohnhäuser weniger individuell sind als baustellengefertigte Massivbauten, kann der SD genau das Gegenteil kommunizieren und veranschaulichen. Vorfertigung bietet ein weiteres Potenzial für Nachhaltigkeit und Energieeinsparung im Bauprozess und aufgrund von höherer Präzision auch in der Energieeinsparung während der Nutzungsphase. Eine höhere Präzision der Konstruktion macht eine bessere Luftdichtheit der Gebäudehülle möglich (Albus, Dömer, Drexler 2016, p. 25), was die Wärmeverluste signifikant senken kann (Voss, Herkel, Kalz, Lützkendorf, Mass, Wagner 2016, p. 174).

Vorfertigung als Qualität der SD-Häuser wird im Wettbewerb bisher nicht herausgearbeitet. Insbesondere das Potenzial für mehr Nachhaltigkeit und Energieeinsparung im SD wird den Besuchern unzureichend kommuniziert. In zukünftigen Wettbewerben kann eine Kommunikation dieser Vorteile zumindest die Eventbesucher beeinflussen.

Die SD-Häuser unterscheiden sich aufgrund des hohen Vorfertigungsgrades und des Materialeinsatzes. Den Möglichkeiten, durch eine hohe Vorfertigung von Leichtbaukonstruktionen nachhaltiger und effizienter zu bauen, stehen Schwierigkeiten aufgrund fehlender thermischer Trägheit gegenüber. Die ganzheitlichen SD-Konzepte zeigen hierfür Lösungen durch den Einsatz passiver Strategien auf.

5.2.3 EINSATZ PASSIVER STRATEGIEN

Passive Strategien sind nach Definition im SD alle Maßnahmen, die zum Innenraumkomforterhalt beitragen, ohne dabei thermodynamische Kreislaufprozesse einzusetzen. Der Betrieb von Ventilatoren ist demnach eine passive Strategie (Solar Decathlon Europe 2012, p. 59). Passive Strategien sollen ohne Komforteinbußen den Energieverbrauch eines Gebäudes reduzieren. Auch in der Politik werden passive Maßnahmen zum Komforterhalt thematisiert. Ein gezielter Einsatz solcher Technologien kann die Energieeffizienz eines Gebäudes erhöhen und den Energieverbrauch nachhaltig verringern (Parlament 2018, para. 15). Zu solchen Technologien zählen Sonnenschutzmaßnahmen und Lüftung zur Vermeidung der sommerlichen Überhitzung und somit Verringerung des Kühlbedarfes. Die im Kapitel 5.2.2 „Praxisdialog - Wie wird gebaut“ bereits erwähnte thermische Trägheit und das Schaffen von Pufferzonen sind Maßnahmen, die sowohl einer sommerlichen Überhitzung als auch einem winterlichen Auskühlen entgegenwirken können. Wärmedämmung und das Nutzen passiver solarer Gewinne durch Fenster sind effektive Maßnahmen zum Erhalt des winterlichen Innenraumkomforts.⁴³

⁴³ „die beste Energie, ist die die gar nicht erste verbraucht wird“ (Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie 2020)

Die Wichtigkeit, auch auf die Effekte passiver Maßnahmen zur Einsparung von Energie bei gleichbleibend hohem Komfort zu achten und diese gezielt einzusetzen, zeigt sich erst unter extremen Randbedingungen. Der allgemeine Wettbewerbsdruck im SD schafft solche Randbedingungen. Im Gegensatz hierzu werden passive Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz im Bauwesen von der deutschen Politik nur einzeln und nicht verbindlich thematisiert (Deutsches Institut für Normen 2013, para. 4), obwohl es bereits Vorhaben hierzu auf europäischer Ebene gibt (siehe Kapitel 4.2.1.3 Politikdialog Wirksamkeit der Reglungsmechanismen). Die Vorgaben der Politik (siehe Kapitel 4.2.1.4 Politikdialog Fazit Energieeffizienz) reichen nicht aus, um den Einsatz passiver Maßnahmen in der Baupraxis effektiv zu fördern. Im SD EU hingegen werden passive Maßnahmen seit dem SD EU 2012 mit Einführung der passiven Bewertungsperiode explizit gefördert (Solar Decathlon Europe 2012, p. 59).

Für den Einsatz von passiven Technologien im Wohnungsbau kann der SD sein Kommunikationspotenzial, wie es bereits im ersten SD US 2002 angedacht war, entfalten und den Einsatz in der Praxis fördern. Besuchern des SD, die optimaler Weise interessierte Bauherren oder Planer sind, kann so einzigartig veranschaulicht werden, welche vielfältigen passiven Technologien es gibt und welchen Effekt diese auf den Innenraumkomfort und den Energieverbrauch haben.

Dabei sind passive Technologien keine Innovationen. Passive Technologien werden in Gebäuden eingesetzt, seitdem es Gebäude gibt. Beispielsweise wurden Sonnenschutzmaßnahmen, Pufferzonen (hier Atrien) und Kühlung durch Verdunstung bereits in der Antike zur passiven Konditionierung eingesetzt (Baunetz Wissen). Der Einsatz passiver Maßnahmen ist trotz der heute vorhandenen aktiven Technologien wichtig zur Verringerung des Energiebedarfes (Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie 2020).

Die Recherche zur Anwendung passiver Technologien in der Baupraxis hat eine nicht auswertbar geringe Dokumentation hervorgebracht. Passive Technologien werden zwar von der EU-Richtlinie als Maßnahme zur Energieeinsparung empfohlen (Parlament 2018, para. 15). Auch die DIN 4108-2 kennt die Kategorie der passiven Kühlung (Deutsches Institut für Normen 2013, p. 14). Eine Erklärung, warum nur wenig über den Einsatz solcher Technologien dokumentiert ist, ist, dass nahezu vollständig die Zugehörigkeit zu bestimmten Produkten fehlt. Somit gibt es keine von Industrieunternehmen geförderten oder angefertigten Statistiken oder Dokumentation.

Passive Maßnahmen, die hier unter dem Aspekt der Effizienzsteigerung betrachtet werden, werden in der Praxis aus anderen Gründen eingesetzt. Beispielsweise sind Pufferzonen bauliche Maßnahmen, die nicht nur aus Gründen der Energieeinsparung in Grundrisse integriert werden. Für Planer und Bauherren ist hier der Zugewinn zur Energieeffizienz zweitrangig oder nicht bewusst. Ein Beispiel für eine solche Pufferzone sind Wintergärten (Neufert 1998, p. 271). Zu Pufferzonen gibt es zum jetzigen Zeitpunkt keine Statistiken und Auswertungen der Anwendung in der Praxis und deren Wirksamkeit, aber bereits Empfehlungen zum Einsatz in klimagerechten Bauvorhaben, wie von der TU Darmstadt formuliert (TU Darmstadt 2014a, p. 18).

Nachfolgend soll der Einsatz der passiven Technologien in der Praxis mit dem SD verglichen werden.

Sonnenschutzmaßnahmen, Pufferzonen und die Steigerung der thermischen Trägheit durch den Einsatz von Phasenwechselmaterialien (PCM) werden hierfür aufgrund ihrer Häufigkeit im SD ausgewertet.

a. Sonnenschutz

Sonnenschutz und dessen Notwendigkeit ist in der Praxis bekannt. Sonnenschutz wird von der EU-Richtlinie 2018/844 (Parlament 2018, para. 17) erwähnt. In der Praxis ist der Einsatz flächendeckend wenig innovativ. Die SD-Häuser hingegen reizen den architektonischen Möglichkeitsrahmen und die Wirksamkeit aus. Grundsätzlich kann zwischen innenliegendem und außenliegendem Sonnenschutz, Sonnenschutz im Fensterzwischenraum, sowie zwischen feststehendem und beweglichem Sonnenschutz unterschieden werden. Aufgrund der geringeren Wirkung von innenliegenden Blendschutzmaßnahmen auf das Raumklima und die architektonische Qualität des Hauses wird hier der Fokus auf außenliegende Sonnenschutzmaßnahmen gelegt. Was sich in den Wohnhäusern der Praxis meist auf Rollläden beschränkt (siehe Foto 5.2.3-5), wird im SD als architektonisches Stilmittel mit Funktionen für das Raumklima demonstriert und kommuniziert. Ein Grund

hierfür ist das Kosten-Nutzen-Verhältnis von Rollläden. Rollläden erhöhen zusätzlich zum Sonnenschutz den Schallschutz und die Einbruchssicherheit. Beides ist im SD nicht notwendig.

Dennoch braucht es die Ausstellung der SD-Häuser, um die Möglichkeiten anschaulich und in ihrer vollen Funktion zu präsentieren. Nur so kann eine Vielfältigkeit in der Praxis angeregt werden.

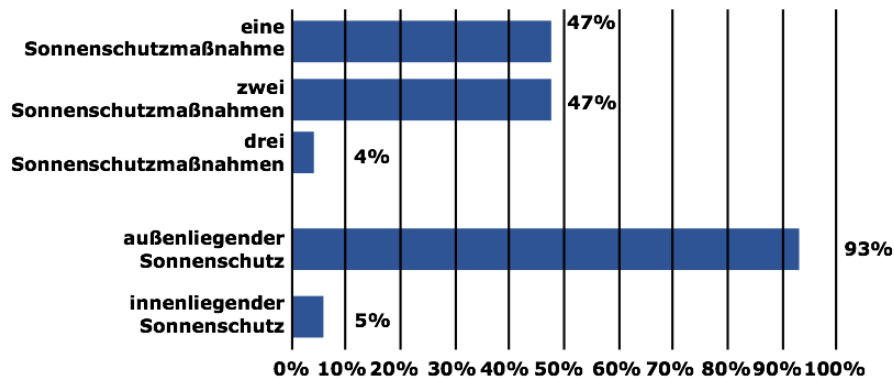


Abbildung 5.2.3-1: Darstellung der Anzahl an verschiedenen Sonnenschutzmaßnahmen im SD EU von 2010 bis 2019. Hier ebenfalls dargestellt ist die Aufteilung nach eingesetzten Innen- und Außensonnenschutzmaßnahmen.

Quelle: Siehe Tabelle Anhang 9.3.

Jedes SD-Haus nutzt einen oder mehrere Sonnenschutzmaßnahmen. 93 % der SD-Häuser setzen hierbei vor allem auf außenliegende Verschattungen und nur 5 % verwenden ausschließlich innenliegende Verschattungselemente. Besondere Beispiele präsentierten hier die Häuser SD EU 2010 ROS, SD EU 2012 RWT, SD EU 2014 AND und ROF.

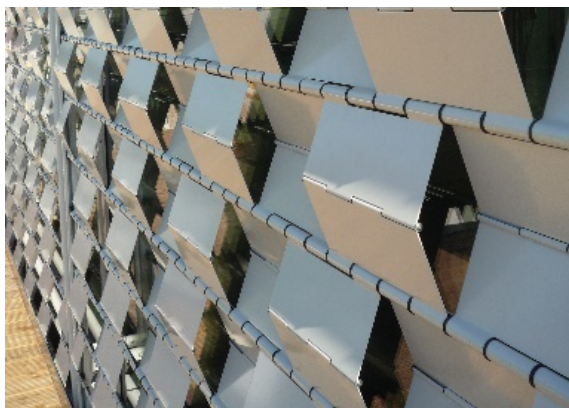


Foto 5.2.3-1: Das Foto zeigt die faltbare Fassade des Hauses SD EU 2010 ROS. Der hier gezeigte außenliegende Sonnenschutz kann über die komplette Fassade geschlossen werden, so wie auf dem Foto dargestellt. Sie kann aber auch geöffnet werden. Bei geschlossenem Zustand sind die dahinterliegenden Fenster vor direkter Einstrahlung geschützt. Durch die seitlichen Öffnungen wird im geschlossenen Zustand, im Gegensatz zu Rollläden, Licht in den Innenraum geleitet.

Quelle: Prof. Dr. Karsten Voss



Foto 5.2.3-2: Das Haus SD EU 2012 RWT hat einen textilen Vorhang als außenliegenden Sonnenschutz. Der Vorhang schützt vor direkter Sonneneinstrahlung und somit vor Blendung, ohne die dahinterliegenden Räume vollständig abzudunkeln. Im geschlossenen Zustand ist zwischen der Fassade und dem Vorhang ein Luftraum, der zusammen mit dem Dachüberstand die Innenräume vor Überhitzung schützt.

Quelle: (Solar Decathlon Europe)



Foto 5.2.3-3: Das Team SD EU 2014 ROF hat ebenfalls auf einen faltbaren außenliegenden Sonnenschutz gesetzt. Dieser kann wie beim Team SD EU 2010 ROS vollständig geöffnet und geschlossen werden. Im Unterschied zum Rosenheimer Modell besteht dieser nur aus zwei Teilen, die geschlossen die gesamte Fassade verdecken. Zudem sind auf dem oberen Teil des Sonnenschutzes PV-Module angebracht.
Quelle: (Solar Decathlon Europe)



Foto 5.2.3-4: Der außenliegende Sonnenschutz des Hauses SD EU 2014 AND ist ein überdachter Patio, zu dem sich alle Wohnräume öffnen. Zur Verschattung wurden kleine Elemente fest auf dem Dach angebracht. Diese schützen vor direkter Einstrahlung und Blendung ohne abzdunkeln.
Quelle: (Solar Decathlon Europe)



Foto 5.2.3-5: Praxisbeispiel von Rollläden an einem Haus Baujahr 2019. Rollläden sind bestimmendes Sonnenschutzelement an Wohnhäusern in der Praxis.
Quelle: Susanne Hendel

Die Fotos 5.2.3-1 bis 5.2.3-5 zeigen Beispiele aus dem SD EU im Vergleich zu typischen Sonnenschutzmaßnahmen an deutschen Wohnhäusern. Die gezeigten außenliegenden Sonnenschutzmaßnahmen haben im geschlossenen Zustand einen ähnlichen Verschattungsgrad.⁴⁴ Die architektonische Vielfalt hingegen geht weit auseinander. Verschattungsbeispiele in den SD-Häusern berücksichtigen, dass die Räume trotz Verschattung nicht oder nur teilweise abgedunkelt werden. Im Gegensatz hierzu führen die in der Praxis üblichen außenliegenden Rollläden zu erheblichen Einschränkungen des visuellen Innenraumkomforts. Vielfältige Verschattungsmaßnahmen, wie sie im SD präsentiert werden, sind in der Praxis kaum zu finden. Hier kann die Kernkompetenz des SD, die Bildung der interessierten Öffentlichkeit, genutzt werden, um Impulse zu setzen für die Anwendung von Verschattungen neben den praxisüblichen Rollläden.⁴⁵

b. Pufferzonen

Die SD-Häuser demonstrieren die vielfältigen Möglichkeiten, Pufferzonen innovativ in die Gestaltung zu integrieren. In der Baupraxis hingegen sind Pufferzonen häufig vernachlässigte Gebäudeelemente. Pufferzonen sind wie Sonnenschutzmaßnahmen klassische und seit der Antike bekannte bauliche Maßnahmen, die im modernen Wohnhausbau aus energetischen Gründen nur zurückhaltend eingesetzt werden. Ein Beispiel hierfür

⁴⁴ $F_{C \text{ Rollläden, außen}} = 0.3$; $F_{C \text{ Vordächer, Loggien, außen}} = 0.5$ (Schneider 2008, p. 3.5)

⁴⁵ Medien und Plattformen, die von Baufachleuten zur Weiterbildung und Informationssammlung genutzt werden, wurden im der Onlineumfrage abgefragt. (siehe Kapitel 3 Umfrage)

sind Wintergärten, die einen Zugewinn für die Raumnutzung, aber auch für die Energieeffizienz des Hauses darstellen können (siehe oben Wintergärten). Pufferzonen sind eine architektonisch relevante Maßnahme, denn sie stellen Elemente der Grundriss- und Gebäudegestaltung dar.

Der Einsatz von Pufferzonen wird als Maßnahme für die Steigerung der Gesamteffizienz von Gebäuden und damit als Beitrag für klimagerechtes Bauen empfohlen (Parlament 2018, para. 15). Die Möglichkeiten der Umsetzung reichen über den klassischen Wintergarten und Windfang hinaus. Anschauliche Beispiele und Kommunikation über deren Effekte auf das Innenraumklima gibt es objektiv nicht. Hersteller von beispielsweise Wintergärten informieren zwar über ihr Produkt, zeigen aber nur einen eingeschränkten Ausschnitt der Gesamtmöglichkeiten. Genau hier kann der SD eine Informationslücke schießen und wie bei Sonnenschutzmaßnahmen eine höhere Vielfaltigkeit in der Praxis anregen. Der Einsatz von Pufferzonen ist Teil eines ganzheitlichen Maßnahmenpaketes, das die Energieeffizienz eines Hauses steigern kann.

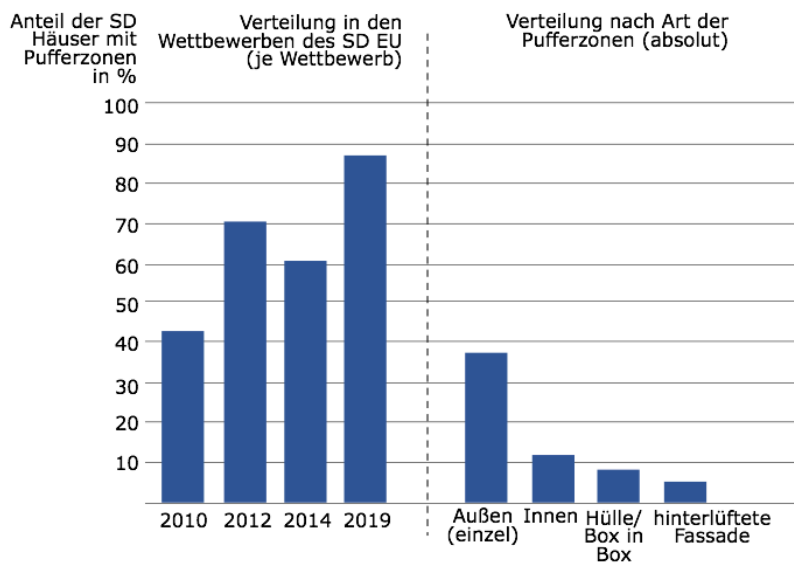


Abbildung 5.2.3-2: Darstellung der Häufigkeiten von Pufferzonen in den SD-Häusern nach Wettbewerb und nach Art der Pufferzone.

Quelle: siehe Tabelle Anhang 9.3

In mehr als der Hälfte der SD-EU-Häusern zwischen 2010 und 2014 sowie in fast allen SD-EU-Häusern 2019 wurden Pufferzonen gezielt eingesetzt. Eine einzelne außenliegende Zone war hierbei die häufigste Variante. Diese Einzelzonen waren oft Technikräume, die als nicht konditionierter Raum zwischen der Außenluft und dem Wohnraum positioniert waren. Im SD gab es aber auch klassische Wintergärten, wie beispielsweise vom Team DTU im SD EU 2014.

Unter innenliegenden Pufferzonen sind hier innenliegende Windfänge und Raumabtrennungen zur thermischen Zonierung von Räumen, wie beim Haus SD EU 2019 PLT, zusammengefasst. Diese beiden Arten kommen zusammen mit hinterlüfteten Fassaden in der Baupraxis ebenfalls vor. Im Vergleich zum SD lässt sich zur Häufigkeit in der Praxis keine konkrete Statistik zusammenstellen. Diese Elemente sind allerdings in der Praxis bekannt.

Anderes hingegen ist das Pufferzonenkonzept Box-in-Box oder Pufferzonenhülle. Hier werden konditionierte Räume in einen unkonditionierten oder minderconditionierten Raum integriert. Ziel dabei ist es, das beheizte oder konditionierte Raumvolumen zu minimieren.

Für eine Anwendung in der Praxis wäre ein grundsätzliches Umdenken für das Wohnen notwendig, wenn ein überdimensioniertes Puffervolumen vermieden werden soll. Das Hüllvolumen ist nicht in gleichem Maße nutzbar, wie die eingestellten Räume. Aber es muss auch nicht in gleichem Maße nutzbar sein, wenn das generelle Wohnkonzept dies erlaubt. Die SD-Häuser, wie beispielsweise SD EU 2010 VAL und SD EU 2012 DTU, zeigen, wie solche Wohnkonzepte funktionieren können.

Ein Beispiel für eine Schnittstelle zwischen SD und Baupraxis ist die Studentenunterkunft Cubity. Das während des SD EU 2014 als Nebenprojekt ausgestellte Gebäude wird aktuell in Frankfurt am Main bewohnt (TU Darmstadt 2014b). Hier bewohnt jeder Student eine kleine konditionierte Raumzelle, die in einem minder konditionierten Raum steht. In diesem Hüllvolumen sind Gemeinschafts- und Verkehrsflächen integriert (siehe Foto 5.2.3-6). Im Gegensatz zur Baupraxis von Einfamilienhäusern können im Rahmen eines Studentenwohnhauses für die Baupraxis experimentelle Wohnkonzepte getestet werden, da hier die Erwartungshaltung der Nutzer flexibler ist.



Foto 5.2.3-6 Studentenunterkunft Cubity. Innenansicht mit Raumzellen im Hintergrund und der Gemeinschaftsküche im Hüllvolumen im Vordergrund.
Quelle: Viktoria Kunz

Die Fotos 5.2.3-7 bis 5.2.3-9 zeigen Beispiele für Pufferzonen im SD. Im Vergleich hierzu sind mit den Fotos 5.2.3-10 bis 5.2.3-11 Beispiele aus der Praxis abgebildet.



Foto 5.2.3-7: Das Foto zeigt den Wintergarten des Hauses SD EU 2014 DEL. Hier wurde als Teil des Sanierungskonzeptes eines typisch niederländischen Bestandshauses ein Wintergarten vor die Fassade gebaut. Dieser Glasanbau ist zudem im oberen Bereich mit PV-Modulen bestückt. Quelle: (Solar Decathlon Europe), Valeria Anzolin and Jason Flakes



Foto 5.2.3-8: Im Haus SD EU 2019 PLF wurde, wie beim Haus SD EU 2014 DEL, ein Konzept zur Sanierung eines ortstypischen Bestandshauses präsentiert. Eine innenliegende Pufferzone durch einfache Raumabtrennung mittels eines schweren Vorhanges war hier Teil des Optimierungskonzeptes.
Quelle: Prof. Dr. Karsten Voss



Foto 5.2.3-9: Das Pufferzonenprinzip Box-in-Box wurde vom Team UPC beim SD EU 2010 demonstriert. In diesem Konzept für einen Neubau sind die konditionierten Raumboxen in eine größere, umfassende und nicht konditionierte Halle gestellt. Umwelteinflüsse, wie solare Einstrahlung und Temperaturschwankungen, werden so vollständig von den Wohnräumen abgepuffert.
Quelle: (Solar Decathlon Europe)



Foto 5.2.3-10: Beispiel eines Wintergartens in der Baupraxis. Dargestellt ist ein Wintergarten aus den 1980er Jahren. Die Bauweisen sind bis heute weiterhin typisch.
Quelle: Susanne Hendel



Foto 5.2.3-11: Beispiel eines Windfangs aus der Baupraxis. Hier dargestellt ist ein Beispiel aus ca. den 1960er Jahren.
Quelle: Susanne Hendel

Die Gegenüberstellung von Beispielen aus dem SD und der Praxis zeigt Gemeinsamkeiten und Unterschiede. Beispiele für innenliegende Pufferzonen und Windfänge gibt es sowohl in der Praxis als auch im SD. Bei der Umsetzung am Beispiel des Wintergartens des Hauses SD EU 2014 DEL zeigt sich erneut, dass die SD-Teams frei von Konventionen und Auflagen der Praxis bauen können. Vollständige Fassadenvorbauten sind baurechtlich nicht überall erlaubt. Diese Planungsfreiheit bringt bei jedem SD teils nicht praxisübliche Lösungen für bekannte Pufferzonen. Diese unüblichen Ansätze müssen nicht immer so ausgefallen sein wie die Sonnenschutzmaßnahmen der Teams SD EU 2010 ROS (Foto 5.2.3-1) und SD EU 2014 ROF (Foto 5.2.3-3). Diese unüblichen Ansätze können sich auch auf kleine und wenig invasive Maßnahmen, wie den Vorhang im SD EU 2019 PLF Haus (Foto 5.2.3-8), beschränken. Die Darbietung und Kommunikation auch solcher Kleinigkeiten

macht eine weitere Qualität des SD aus. Ein messbarer Einfluss auf die Baupraxis bleibt durch die Kommunikation solcher Details aus. Aber Einzelne können mit solchen im SD präsentierten Ideen erreicht werden.

In die Praxis schwerer zu integrieren sind Box-in-Box-Konzepte, wie das des Hauses SD EU 2010 UPC. Die Schwierigkeit liegt insbesondere beim Einfügen in einen urbanen Kontext und bei der Gestaltung der Wohnform. Dass beides möglich ist, beweist das Projekt Cubity.

Der Effekt von Pufferzonen auf das Innenraumklima und auf den Energieverbrauch lässt sich im SD nicht einzeln nachvollziehen. Lediglich die Auswirkungen aufgrund von konsequent ganzheitlichen Konzepten, die vielfältig passive Maßnahmen einsetzen, auf die Energieeffizienz von Wohnhäusern kann im SD demonstriert werden. (siehe Kapitel 4.2.1.2 Politikdialog Abbildung 4.2.1.2-4 Energiebedarf SD EU Häuser). Da Pufferzonen nicht nur eine Maßnahme zur Energieeinsparung sind, ist fraglich, ob der Effekt auf die Energieeffizienz explizit nachgewiesen werden muss. Denn Pufferzonen sind, wie im SD präsentiert, auch grundsätzliche Entscheidungen, wie man wohnen möchte. Die Auswirkungen von Pufferzonen auf den Wohnkomfort können minimal sein wie bei einer hinterlüfteten Fassade. Sie können aber auch ein bestimmendes Element der Wohnform sein wie beim Cubity.

Das allgemeine Ziel ist es, beim Bauen und Wohnen Energie und CO₂ einzusparen. Zum Erreichen dieses Ziels sollten alle Möglichkeiten ausgeschöpft werden. Dazu gehören auch Pufferzonen. Der SD hat hier das Potenzial, nachhaltig die Besucher zu einem Umdenken ihrer Wohnvorstellungen zu beeinflussen.

c. Phasenwechselmaterialien

Eine weitere hier erwähnte Maßnahme ist das Nutzen thermischer Trägheit von Gebäuden.

Phasenwechselmaterialien können sowohl passiv als Teil der Gebäudekonstruktion als auch aktiv als Teil der Gebäudetechnik eingesetzt werden. Ziel des aktiven und passiven Einsatzes ist es, den Energieaufwand zur Raumkonditionierung zu minimieren (Rodriguez-Ubinas, Montero, Porteros, Vega, Navarro, Castillo-Cagigal, Matallanas, Gutiérrez 2014a).

Wie unter 5.2.1 (Wie wird gebaut) erwähnt, sind 80 % der Wohnneubauten in der Praxis Massivhäuser. Hier gibt es keinen Bedarf, die thermische Trägheit durch weitere Maßnahmen, wie beispielsweise den Einsatz von PCM, zu erhöhen.

Aber den in der Regel leicht gebauten SD-Häusern fehlt diese thermische Trägheit der Konstruktion. Die SD-Häuser präsentieren allerdings Möglichkeiten zum Ausgleich dieses Nachteils. Abbildung 5.2.3-3 stellt die Häufigkeitsverteilung verschiedener PCM-Anwendungen im SD dar.

Die thermische Speicherfähigkeit der Konstruktion lässt sich mithilfe von PCM erhöhen, ohne die Konstruktionsweise und Materialwahl grundsätzlich zu beeinflussen. Der Einsatz von PCM in Konstruktionen oder als Teil von Lüftungsanlagen erhöht den sommerlichen Wärmeschutz signifikant. Die heute noch verminderte Praxisrelevanz aufgrund von dominierenden Massivbauten zeigt sich anhand der Schwierigkeiten in der Simulation solcher PCM-Materialien. Auch in den Energiebedarfsberechnungen nach DIN EN V 18599 und DIN 4108 Teil 2 ist die Berücksichtigung von Latentwärmespeichern⁴⁶ schwierig (Höttges, Krause, Santiago, Kersken, Haussmann, Schlitzberger, p. 105 ff.).

⁴⁶ Überbegriff, hier synonym für PCM

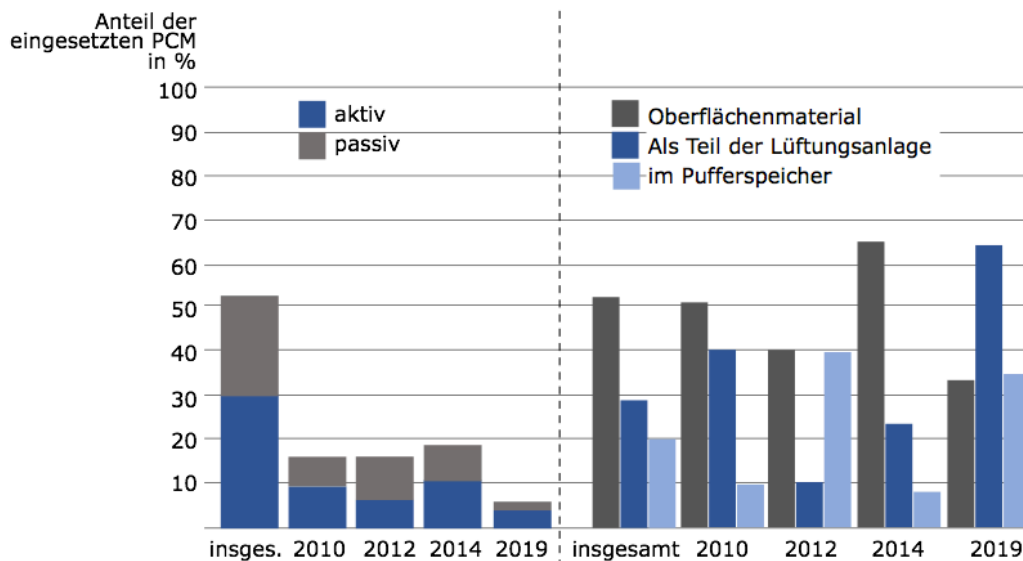


Abbildung 5.2.3-3: Einsatz von PCM zur Erhöhung der thermischen Speicherfähigkeit der SD-typischen Leichtbaukonstruktion und Effizienzerhöhung von aktiven Konditionierungstechnologien, wie Lüftungsanlagen oder Pufferspeichern.

Quelle: siehe Tabelle Anhang 9.3

PCM werden in 50 % der SD-Häuser eingesetzt. Der fehlenden thermischen Trägheit der SD-Leichtbauten konnte auch durch den Einsatz speicherfähiger Oberflächenmaterialien oder thermischer Pufferspeicher entgegengewirkt werden. Denn der Einsatz von thermischer Speicherfähigkeit ist hilfreich für den Erhalt des Innenraumkomforts im Sommer.

Der Einfluss auf Innenraumkomfort und Energieeffizienz durch den Einsatz von PCM in den SD-Häusern lässt sich mit den im Wettbewerb erhobenen Messwerten nicht einzeln darstellen. Einige Teams haben in den Projektmanuals den geplanten Effekt ihrer PCM-Maßnahmen beschrieben und diesen versucht mithilfe von Simulationen nachzuweisen. Bei der Abbildung der eingesetzten PCM in Simulationswerkzeugen haben einige Teams die Umsetzungsgrenzen der Programme dokumentiert (Bergische Universität Wuppertal 2010, p. 26). Dieser simulatorische Nachweis ist allerdings abhängig von den Datengrundlagen und Funktionen der Simulationsprogramme. Diese Programme sind heute eher ungenau für die Abbildung von PCM (Höttges, Krause, Santiago, Kersken, Hausmann, Schlitzberger, p. 105 ff). Hierfür kann der SD an der Schnittstelle zwischen Praxis und Forschung Daten liefern, wenn bei den Messungen beispielsweise die Temperaturen der PCM mitberücksichtigt werden, um den Nachweis zukünftig genauer zu gestalten und die Planung für den Einsatz von PCM zukünftig präziser zu ermöglichen.

Fazit passive Technologien

Passive Maßnahmen zur Innenraumkonditionierung tragen zur Steigerung der Energieeffizienz und des Innenraumkomforts bei.

Im SD werden im Vergleich zur Praxis passive Maßnahmen flächendeckend und vielfältig eingesetzt. Zum einen wird hiermit den Nachteilen der Leichtbauweisen bezogen auf den Erhalt des sommerlichen Innenraumkomforts entgegengewirkt. Zum anderen zählt im Wettbewerb jeder Vorteil. Die Klimaziele zur Steigerung von Energieeffizienz sind mit den gesetzlichen Vorgaben nur schwer erreichbar (siehe Kapitel 4.2.1.4 Politikdialog Zwischenfazit Energieeffizienz). Deshalb sollte zur Unterstützung genau diese Wettbewerbsdenkweise auch in der Praxis angeregt werden. Denn auf dem Weg zum energieeffizienten Bauen und Wohnen zählt ebenfalls jeder Vorteil, auch wenn dieser vermeintlich gering ist. Die SD-Häuser demonstrieren eine kontinuierliche und im Vergleich zur Praxis schnell steigende Energieeffizienz der Häuser ohne weitere Optimierung der Gebäudehülle gemäß deutscher Gesetzgebung (siehe Politikdialog: Tabelle 4.2.1.2-1 Energiestandards, Tabelle 4.2.1.3-1 U-Werte SD Häuser, Abbildung 4.2.1.2-4 Energiebedarf SD EU

Häuser). Vielmehr hat die Einführung der passiven Bewertungsperiode („passive Bewertungsperiode“ siehe Kapitel 4.2.1.3 Wirksamkeit der Regelungsmechanismen) zu einem gesteigerten Einsatz passiver Technologien geführt (vergleiche Abbildung 5.2.3-3 PCM und Abbildung 5.2.3-2 Pufferzonen). In der „passive periode“ demonstrieren die Häuser, dass sich für einen gewissen Zeitraum im Sommer der Innenraumkomfort nach adaptiven Komfortmodell (Deutsches Institut für Normen 2007) auch ohne den Einsatz aktiver Technologien und mit stark minimiertem Energiebezug erhalten lässt (siehe Abbildung 5.2.3-4).

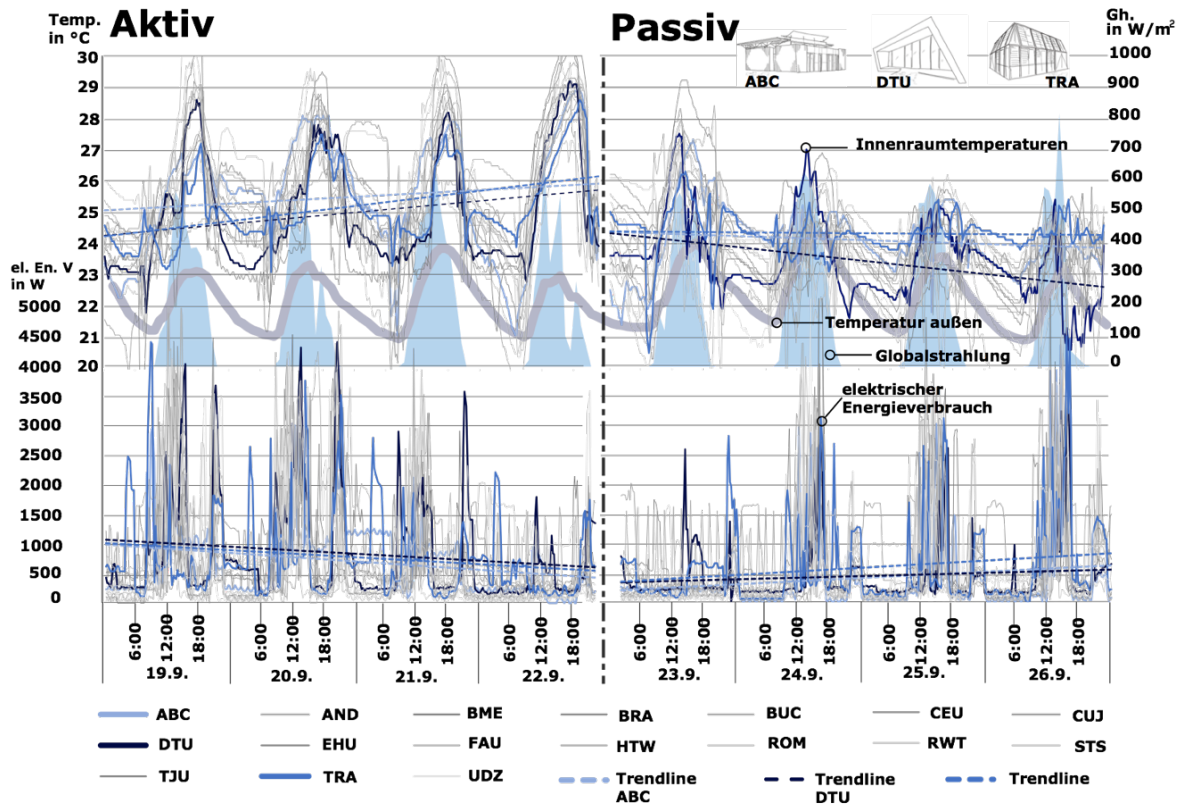


Abbildung 5.2.3-4 Performance-Studie zu drei beispielhaften Kühlsystemen. In der hier gezeigten Grafik werden Innenraumtemperaturkurven und die Stromverbrauchskurven der Beispiele SD EU 2012 ABC, DTU und TRA zeitlich aufgelöst gegenübergestellt. Hier ausgewertet wurden die während des Wettbewerbsereignisses erhobenen Messwerte. Die Messwerte lassen sich zeitlich aufteilen in Zeiten der passiven und Zeiten der aktiven Betriebsführung der Häuser.

In der Abbildung 5.2.3-4 sind die Innenraumtemperaturen und elektrischen Endenergieverbräuche von drei beispielhaften Häusern des SD EU 2012 hervorgehoben. Dargestellt sind die Verlaufskurven aller Häuser des SD EU 2012. Die zusätzliche Darstellung des Außentemperaturverlaufes und der solaren Strahlungen (hier Globalstrahlung G_h) verdeutlicht die Abhängigkeit der Innenraumtemperaturen von den Umgebungskonditionen. Die Innenraumtemperatur konnte in den Häusern unter Einsatz von elektrischer Energie nach einem wetterbedingten Anstieg gesenkt werden. Während der aktiven Konditionierungsphase war der Einsatz aller Technologien erlaubt. Während der passiven Konditionierungsphase („passive period“) waren Technologien, die auf einem thermodynamischen Kreislauf beruhen, vom Einsatz ausgeschlossen. In den hier ausgewählten Beispielen bedeutete dies, dass in der passiven Phase die Wärmepumpen nicht betrieben werden durften. Versucht man anhand der hier zugrundeliegenden Daten die Performance zu beurteilen, so ist dies nur bedingt möglich. Es zeigt sich aber, dass die Häuser auch ohne den Einsatz aktiver Technologien den Innenraumkomfort erhalten können.

In der aktiven Phase sind die Innenraumtemperaturverläufe der Häuser SD EU 2012 ABC, DTU und TRA im Vergleich zu den restlichen Teams des SD EU 2012 mittelmäßig abgeflacht (siehe Abbildung 5.2.3-4). Im Vergleich hierzu sind die Innenraumtemperaturverlaufsamplituden in der passiven Phase höher. Für die

Reaktionszeit der Systeme lassen sich keine Unterschiede zwischen der aktiven und passiven Phase erkennen. Die Stromverbrauchsverläufe zeigen in der passiven und aktiven Phase Lastspitzen. In der passiven Phase sind diese Lastspitzen abgeflacht. Allgemein ist das Energieverbrauchs-niveau in der passiven Phase erwartungsgemäß niedriger als in der aktiven Phase.

Die hier dargestellten Auswertungen sind immer im Vergleich zu den anderen Teams des gleichen Wettbewerbs zu sehen. Eine detailliertere Auswertung ist auf Grundlage der vorhandenen Dokumentationen nicht sinnvoll. Für detailliertere Performance-Studien fehlen essenzielle Informationen. Um solche Studien zukünftig möglich zu machen, muss standardisiert die Personenbelegung und Bedienung von passiven Technologien zeitlich aufgelöst dokumentiert werden. Zudem bedarf es einer Dokumentation der Regelungstechnik und Betriebsführung der technischen Anlagen sowie der Messung der Einzelstromverbräuche, wie beispielsweise des Wärmepumpenstromverbrauches.

In Abbildung 5.2.3-4 dargestellt ist die Fähigkeit der SD-EU-Häuser zeitweise ihren Energiebezug im Sommer zu minimieren bei gleichzeitigem Erhalt des Innenraumkomforts. Somit können die Nur-Strom-Häuser des SD auf mögliche Schwankungen der Energieverfügbarkeit wie zum Beispiel Netzschwankungen reagieren. Wie bereits im Kapitel Politikdialog (siehe 4.2.2.1) erwähnt, ist das eine Entwicklung für zukünftige Gebäudenetzinteraktion: Die Gebäude können Ihren Energiebezug steuern und zur Entlastung des Versorgungsnetzes zeitweise minimieren („consumption on demand“: siehe Kapitel 4.2.1.4 Politikdialog Zwischenfazit Energieeffizienz).

Für den Einsatz passiver Maßnahmen kann der SD zur Information von Besuchern und zukünftigen Bauherren beitragen. Problematisch hierbei ist, dass der SD immer in den Sommermonaten und somit immer in der Kühlperiode stattfindet. In Deutschland sind Wohnhäuser mit einer längeren Heiz- als Kühlperiode konfrontiert und für diese veranschaulicht der SD keine passiven Maßnahmen. Nachgenutzte SD-Häuser könnten einzeln nach der Wettbewerbsphase Besuchern auch Lösungen für die Heizperiode präsentieren. Der spezielle Effekt des SD, dass während des Wettbewerbs in bis zu 20 Häusern auf einem Gelände Ideen präsentiert werden, gibt es in der Nachnutzung nicht.

Zukünftig kann eine einheitliche Dokumentation von passiven Maßnahmen zur besseren Auswertbarkeit führen. Zusammen mit einer gezielten messtechnisch unterstützten Aufbereitung der Effekte auf das Innenraumklima und den Energiebedarf kann den SD-Besuchern verdeutlicht werden, welche Möglichkeiten in jeder Wohneinheit genutzt werden können. Die Maßnahmen reichen von ganzen Gebäudehüllen bis zu einfachen Vorhängen, sind Gestaltungselement und nicht wahrnehmbar, lassen sich auch ohne zusätzlichen Aufwand umsetzen und tragen immer zur Steigerung der Gebäudequalität bei.

5.2.4 AKTIVE SOLARENERGIENUTZUNG

Eine Energieversorgung von Wohnbauten durch den Einsatz von erneuerbaren Energien ist eine wichtige Säule für den Klimaschutz (siehe Kapitel 4.2.2.1 Politikdialog Ziele Erneuerbare Energien). Die SD-Häuser demonstrieren seit dem ersten Wettbewerb Konzepte für Nur-Strom-Solarhäuser. Diese sind daher bereits seit zwei Jahrzehnten dem heutigen Entwicklungsstand der Praxis voraus (siehe Kapitel 4.2.2 Politikdialog Erneuerbare Energien).

In der Praxis sind lediglich Raten für den Anteil von erneuerbaren Energien am nationalen Endenergieverbrauch vereinbart (siehe Kapitel 4.2.2.1 Politikdialog Ziele Erneuerbare Energien). Die Nutzung von Solarenergien ist demnach auch bei Neubauten nicht verpflichtend.

	Emissionen in gCO_{2eq}/kWh
Braunkohle	1100
Steinkohle	830
Öl	750
Erdgas	500
Biomasse	70
PV	50
Geothermie	20
Wind Onshore	18
Wind Offshore	5

Tabelle 5.2.3-1: Vergleich der Klimagasemissionen von Energieträgern. Aufgelistet sind hier die Klimagasemissionen in g CO_{2eq} je erzeugter kWh. Die schwarzen Zahlen markieren herkömmliche Energieträger, die in Deutschland Teil der Energieversorgung sind. Alle blauen Zahlen markieren erneuerbare Energien. Quelle: (Energieagentur NRW, p. 7)

Die Klimabilanz von PV-Anlagen ist deutlich besser als die der konventionellen Energiesysteme Kohle, Öl und Gas. Der CO₂-Fußabdruck ist für den Einsatz von PV in Deutschland auch etwa um die Hälfte kleiner als bei der Verbrennung von Biomasse. Einzig Geothermie und Energie von Windkraftanlagen haben eine günstigere Klimabilanz (siehe Tabelle 5.2.3-1).

Im Gegensatz zu Windenergie hat die Nutzung von Solarenergie den Vorteil, dass sie lokal genutzt werden kann. Dies ermöglicht eine zumindest temporäre Eigenverbrauchsdeckung ohne den Einbezug des Versorgungsnetzes. Die zumindest anteilig lokale Erzeugung von Energie zur Wärme- und Stromversorgung wird zunehmend wichtiger werden. Gebäude können so einen Lösungsbeitrag zur Energiewende liefern, indem sie selbst Energie erzeugen und flexibel verbrauchen (siehe Kapitel 4.3 Politikdialog Fazit SD im Politikdialog).

Der Vergleich von SD und Praxis zeigt signifikante Unterschiede im Anteil der Bedarfsdeckung durch die Nutzung von Solarenergie. Während alle SD-Häuser eine ausgeglichene Energiebilanz haben müssen und hierfür ausschließlich Solarenergie zur Verfügung steht („Energiebezug aus Netz muss im SD durch Solarenergie wieder ausgeglichen werden“ siehe Kapitel 4.2.2.2 Politikdialog Regelungsmechanismen für den Einsatz Erneuerbarer Energien), ist der Anteil in der Praxis noch zurückhaltend gering.

Solarstromanlagen produzierten im Jahr 2010 in Deutschland 1,8 % der jährlichen Gesamtstromerzeugung. 2020 lag dieser Anteil bereits bei 8,9 % (Breitkopf 2020). Im Verhältnis zum Bruttostromverbrauch in Deutschland konnten etwa 6 % im Jahr 2014 durch den Einsatz von Photovoltaikanlagen gedeckt werden (Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems (ISE); PSE AG).

Im Jahr 2013 wurden etwa 70.000 neue Photovoltaikanlagen mit einer Leistung kleiner als 10 kW gebaut (Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie 2014, p. 2). 10 kW-Anlagen sind die übliche Größe für Ein- und Zweifamilienhäuser (Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie 2014, pt. Tabelle 4). Die Neuinstallationen sind allerdings rückläufig. Grund hierfür ist der Rückgang der Einspeisevergütung (Fricke, Prof. Dr.). Vergleicht man die Neuinstallationsrate von Photovoltaikanlagen⁴⁷ in Deutschland mit der Neubaurate von Ein- und Zweifamilienhäusern,⁴⁸ so zeigt sich, dass sich der Gebäudebestand jährlich um etwa 20.000 Wohnhäuser ohne PV erhöht hat. Seit Inkrafttreten des GEG ist zwar die Nutzung von erneuerbaren Energien vorgeschrieben, aber eine Verpflichtung für die Nutzung von Solarenergie gibt es gesetzlich nicht (siehe Kapitel 4.2.2.2 Politikdialog Regelungsmechanismen für den Einsatz erneuerbarer Energien).

In 52 % der neu gebauten Ein- und Zweifamilienhäusern wurden im Jahr 2013 Wärmepumpen verbaut (Kalies, Hausbaublog 2013). Zusätzlich zu Photovoltaikanlagen werden Solarthermieanlagen in zunehmender Anzahl in Deutschland verbaut. Im Jahr 2010 wurden 1200 m² Flachkollektoren und 2000 m² Vakuumröhrenkollektoren neu installiert. In 2017 wurden 18.000 m² Flachkollektoren und 2000 m² Vakuumröhrenkollektoren neu installiert (BSW-Solar 2019, fig. 2).

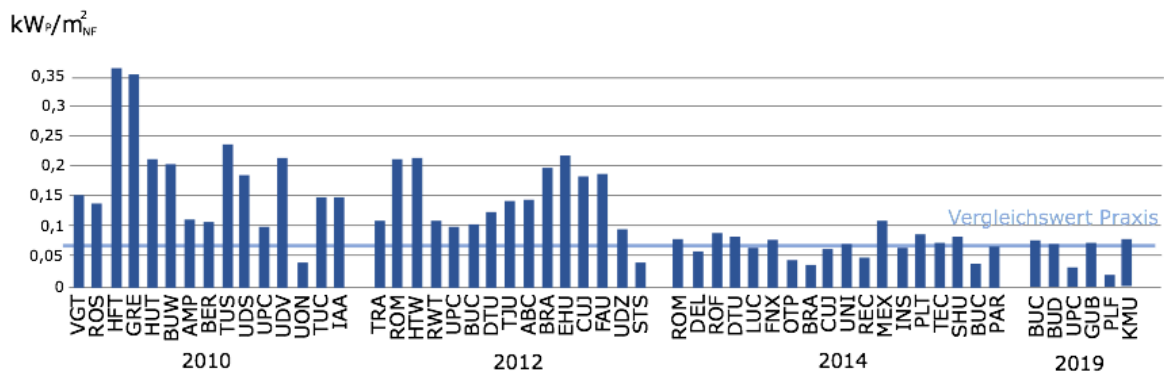
⁴⁷ Betrachtung der für Ein- bis Zweifamilienhäuser übliche PV- Anlagen mit einer Leistung von bis zu 10kW_p. Jährlich werden 80.000 solcher Anlagen in Deutschland neuinstalliert.(Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie 2014, fig. 2)

⁴⁸ Jährlich werden in Deutschland etwa 100.000 Ein- und Zweifamilienhäuser neugebaut (siehe Kapitel 5.2.1 Praxisdialog: Was wird gebaut).

In den SD-Häusern wird hingegen 100 % der Energie zur Wärme- und Kälteversorgung durch die Nutzung von Solarenergie gewonnen.

Dieser Vergleich von SD und Praxis beweist, dass der SD immer noch der Praxis voraus ist. Bereits seit dem ersten SD im Jahr 2002 demonstrieren die SD-Häuser eine durch die Nutzung von Solarenergie ausgeglichene Energiebilanz, was in der Praxis auch 2050 voraussichtlich nicht erreicht werden kann (siehe Kapitel 4.2.2.3 Politikdialog Wirksamkeit der Regelungsmechanismen).

Einschränkend muss erwähnt werden, dass die SD-Häuser nicht zu 100 % mit denen der Praxis vergleichbar sind. Denn die SD-Häuser sind während des Wettbewerbs immer unverschattet (European Energy Endeavour Foundation, Bergische Universität Wuppertal 2020, p. 17). Genau hier setzt das Konzept des SD EU 21 an. Für den SD EU 21 sollen urbane Wohneinheiten in Form eines Demonstrators gebaut werden. Unverschattetes Bauen und eine Versorgung überwiegend durch Solarenergienutzung ist im urbanen Raum nicht möglich. Der SD EU 2021 ist hierfür in eine Designaufgabe und eine Bauaufgabe unterteilt. In der Designaufgabe soll ein Konzept für das gesamte Gebäude im urbanen Raum inklusive Versorgungsstruktur entwickelt werden, die die vorhandene Struktur berücksichtigt. Gebaut wird von diesem Gesamtdesign ein Teil als Demonstrator auf dem Eventgelände. Alle Demonstratoren sind auch im SD EU 21/22 während des Events unverschattet. Auch wenn im SD EU 21/22 der Einsatz im Quartier üblicher Energiequellen eingeplant werden muss, werden die Demonstratoren auf dem Eventgelände, wie alle SD-Häuser, zuvor ausschließlich über die Nutzung von Solar oder zeitweise über Bezug aus dem Wettbewerbsstromnetz versorgt (European Energy Endeavour Foundation, Bergische Universität Wuppertal 2020, p. 20).



**Abbildung 5.2.3-5: Darstellung der Leistungskennzahlen der im SD EU installierten Photovoltaikanlagen. Deutlich zu erkennen ist die schrittweise Limitierung der PV-Leistungen (siehe Kapitel 2.2.1 Praxisdialog Rahmenvorgaben, Tabelle 2.2.1-2). Trotz Limitierung der PV-Leistungen ist das Verhältnis von Solarfläche zu Nutzfläche im Vergleich zur Praxis „überdimensioniert“. Der hier eingetragene Vergleichswert bezieht sich auf die praxisübliche Wohnfläche von 130m² je Einfamilienhaus (siehe Kapitel 5 Praxisdialog) und der für EFH maximalen 10 kW-PV-Anlagen (siehe Kapitel 5 Praxisdialog). Ein Verhältnis von PV-Leistung zu Wohnflächen, wie sie im SD EU demonstriert werden, ist in der Praxis und im urbanen Kontext nicht realisierbar.
Quelle: SD Daten siehe Tabelle Anhang 9.3**

Die SD-Häuser übertreffen die üblichen installierten Leistungen von PV-Anlagen an Ein- und Zweifamilienhäusern der Praxis. Üblich in der Praxis sind der Einsatz von Kleinstanlagen an Ein- und Zweifamilienhäusern. Kleinstanlagen haben eine Größe von bis zu 10 kW_p. Bezogen auf die durchschnittliche Größe von Ein- und Zweifamilienhäusern (siehe Kapitel 5.2.1 Praxisdialog: Was wird gebaut) entspricht dies 0,07 kW_p je Quadratmeter Nettfläche. Im Vergleich hierzu haben die SD-Häuser eine durchschnittliche installierte Leistung von 0,12 kW_p/m²_{NF}. Die spezifische installierte Leistung der im SD verbauten PV-Anlagen ist aufgrund der Limitierungen durch die Wettbewerbsregeln von durchschnittlich 0,18 kW_p/m²_{NF} in 2010 auf 0,06 kW_p/m²_{NF} in 2019 gesunken (siehe Abbildung 5.2.3-5). Somit lag das Verhältnis von PV-Leistung zu Wohnfläche 2019 unter dem deutschen Praxisdurchschnitt.

Im Vergleich zur Praxis wird im SD durchschnittlich nicht nur mehr PV-Energie je Nutzfläche installiert, sondern Solarenergie gesamt wird umfassend und vielfältig genutzt. In Abbildung 5.2.3-6 sind die Größen der verschiedenen an den SD-EU-Häusern verbauten Solartechnologien aufgezeigt.

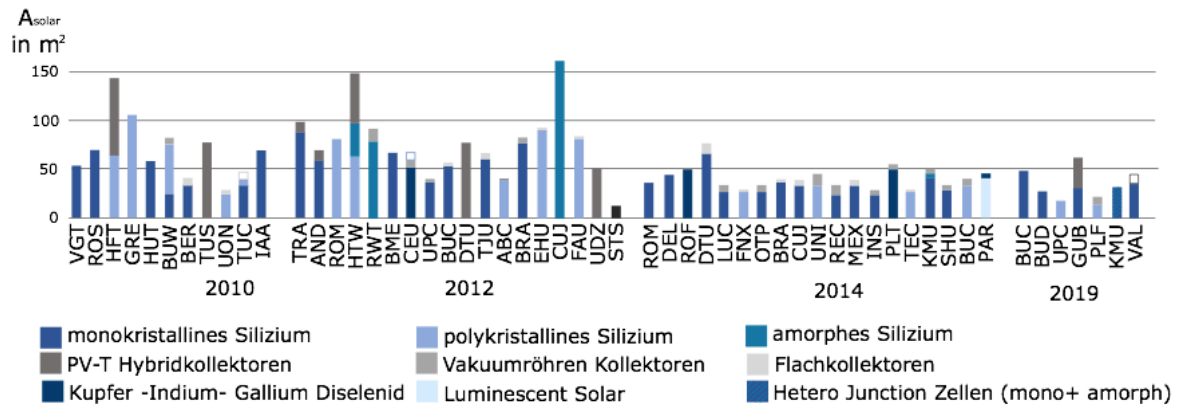


Abbildung 5.2.3-6: Darstellung der Flächen, die für die Solarenergienutzung belegt sind, in m² und aufgeteilt nach der Art der Photovoltaik und Solarthermie. Alle SD-Häuser setzen Photovoltaik ein, aber nur ein Teil Solarthermie. Monokristalline PV-Module sind in allen Wettbewerben die bestimmende Technologie.

Quelle: siehe Tabelle Anhang 9.3

An den SD-Häusern wird hauptsächlich Photovoltaik zur Energiegewinnung genutzt. Ergänzt werden diese durch Solarthermie-Anlagen. Vereinzelt (22 % der SDHäuser) wurden PVT-Hybridkollektoren⁴⁹ ergänzend zu PV-Kollektoren oder wie bei den Häusern SD EU 2010 TUS und SD EU 2012 DTU alleinstehend installiert. (siehe Abbildung 5.2.3-6).

Die Solarenergienutzung nimmt viel Platz in Anspruch. Teilweise wurden mehr als 150 m² Fläche zur Solarenergiegewinnung an einem SD-Haus genutzt (siehe Abbildung 5.2.3-7).

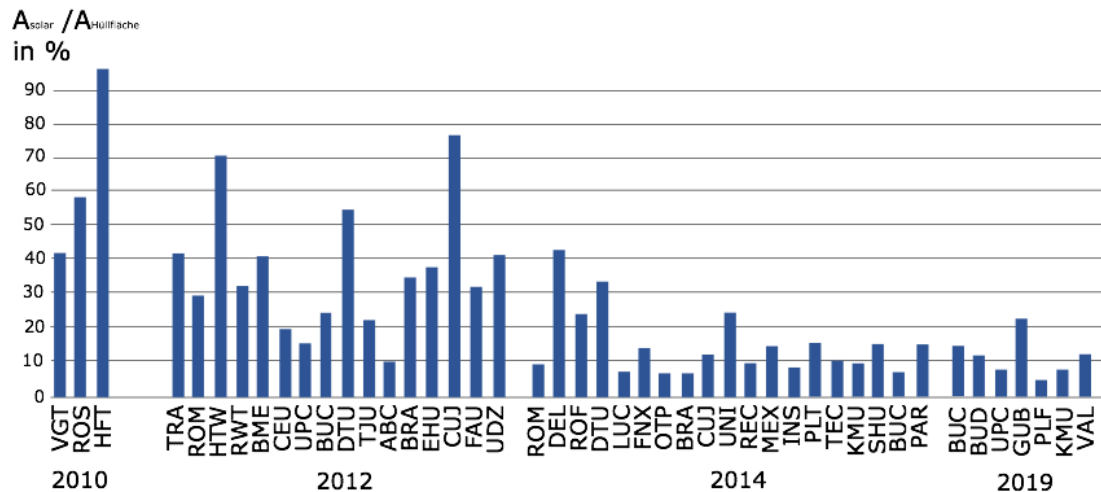


Abbildung 5.2.3-7: Darstellung der Flächen für aktive Solarenergienutzung (PV, ST und PVT) an den SD-Häusern im Verhältnis zu den Gebäudehüllflächen gegen Außenluft. Die Dokumentation von Flächen insbesondere von Gebäudehüllflächen war im SD EU 2010 lückenhaft. Daraus resultiert hier eine eingeschränkte Auswertung der Häuser des SD EU 2010.

Quelle: Tabelle Anhang 9.3

⁴⁹ Marktanteile in der Praxis: (Fricke, Prof. Dr.)

Die Präsenz der Solarenergienutzung an den SD-Häusern ist hoch. Im Verhältnis zur Hüllflächen werden an SD-Häusern mindestens 40 % der Gebäudehüllfläche mit Solarkollektoren belegt. Teilweise wird mehr als 90 % der Hüllfläche zur Solarenergiegewinnung genutzt. Ein Beispiel hierfür ist das Haus SD EU 2010 HFT (siehe Abbildung 5.2.3-7).

Die Größen der Kollektoren beeinflussen das Erscheinungsbild der SD-Häuser erheblich. Im SD werden hierfür in jedem Wettbewerb innovative Konzepte demonstriert, wie die dominante Solarenergienutzung mit Architektur vereinbar ist. Die Fotos 5.2.3-12 bis 5.2.3-15 zeigen hierfür Beispiele aus dem SD EU 2010 – 2019.



Foto 5.2.3-12: Dargestellt ist das Haus SD EU 2012 RWT. Hier wurden 30 % der Hüllfläche zur Solarenergiegewinnung genutzt. Die Module konnten vollständig auf dem Dach untergebracht werden und sind dank einer hochgezogenen Attika für die Besucher nicht sichtbar.

Quelle: Prof. Dr. Karsten Voss



Foto 5.2.3-13: Das Foto zeigt das Haus SD EU 2010 HFT. An diesem Haus wurde das bisher extremste Verhältnis von Solarkollektorfläche zu Gebäudehüllfläche demonstriert (siehe Abbildung 5.2.3-7). Nahezu alle opaken Fassadenflächen wurden mit farbigen, gebäudeintegrierten PV-Modulen (BIPV) verkleidet. Diese farbigen Module wurden neben Solarthermiekollektoren auch auf den Dachflächen verbaut.

Quelle: Prof. Dr. Karsten Voss



Foto 5.2.3-14: Das Haus SD EU 2019 DEF stellt einen Ausschnitt eines Hochhauses dar. Neben der Dachfläche, die hier nur einen geringen Anteil an der Hüllfläche hat, wird hauptsächlich die Fassade zur Energiegewinnung genutzt. Die Fassade wurde mit gebäudeintegrierten und farbigen PV-Kollektoren verkleidet.

Quelle: TU Delft, Project Manual



Foto 5.2.3-15: Das Haus SD EU 2012 HTW demonstrierte eine Lösung für die Integration von Solarmodulen in eine Holzfassade. Insgesamt war hier das Verhältnis von Solarkollektorfläche zu Gebäudehüllfläche 0,7. Im Gegensatz zum Haus SD EU 2010 HFT dominieren hier nicht die technischen Solarmodule das äußere Erscheinungsbild.

Quelle: Prof. Dr. Karsten Voss

Fazit Solarenergienutzung

Es braucht den SD und das Event. Denn nur so kann veranschaulicht werden, was es bedeutet, die bereits gesteckten strengen Ziele umzusetzen (siehe Kapitel 4 Politikdialog). Die Energiewende im Bausektor stellt die Bauenden stetig vor neue Herausforderungen und konfrontiert sie mit immer neuen und strengeren Vorschriften (siehe Kapitel 4 Politikdialog). Die Nutzung von Solarenergie an Gebäuden bietet Vorteile. Solarenergie verursacht vergleichsweise geringe Emissionen (siehe Tabelle 5.2.3-1) und kann lokal eingesetzt werden. Insbesondere beim stetig wachsenden Anteil von erneuerbaren Energien an der Versorgungsstruktur gewinnen Konzepte zur Entlastung der Versorgungsnetze an Bedeutung (siehe Kapitel 4 Politikdialog). Der SD veranschaulicht, was es bedeutet, klimagerecht, zukunftsfähig, innovativ und oft unkonventionell zu bauen. Die Demonstration und freie Zugänglichkeit während des Events können helfen, der Zurückhaltung in der Praxis entgegenzuwirken und Interesse an neuen Herangehensweisen zu wecken. Der Einsatz von Solar im Wohnungsbau ist nicht neu, aber die Möglichkeiten werden in der Praxis nicht ausgeschöpft. Erneuerbare Energien für den Praxiseinsatz sind vielfältiger als nur die Nutzung von Solarenergie. Aber Solarenergie ist eine zuverlässige Energiequelle, die einen nicht vernachlässigbaren Einfluss auf die Gebäudegestaltung hat. Genau hier demonstriert der SD auch nach 19 Jahren Wettbewerb immer noch relevante Innovationsbeispiele für die PV-Nutzung. (siehe Beispiele BIPV Fotos 5.2.3-12 bis 5.2.3-15). Insbesondere die Vereinbarkeit von Solarenergienutzung und Architektur wird im SD demonstriert. Mit steigenden Neuinstallationen in der Praxis können die SD-Häuser wichtige Impulse für die Weiterentwicklung der Gebäudegestaltung liefern. Denn die Energiewende wird voraussichtlich durch zunehmende Solarenergienutzung einen Einfluss auf die Baukultur haben.

5.2.5 EINSATZ VON SPEICHERN

Speicher können, insbesondere in Kombination mit dem Einsatz von Erneuerbaren Energien, einen Beitrag zum Klimaschutz im Gebäudesektor liefern. Der Einsatz von Speichertechnologien ist ein weiteres Beispiel für den Mangel an ganzheitlichen Ansätzen in der Baupraxis in Richtung Klimaschutz. Die Versorgung der SD-Häuser als Nur-Strom-Häuser ist der Praxis in Richtung klimagerechter Versorgung weit voraus (siehe oben). Speicher sind eine weitere Möglichkeit, Gebäude als Teil der Gesamtstrategie zur Energiewende einzusetzen. Speicher in Gebäuden erhöhen in Kombination mit erneuerbaren Energien den Eigenverbrauchsanteil und die Unabhängigkeit vom Netz. Eine vollständige Autarkie vom Versorgungsnetz ist dabei weder Ziel noch notwendig. Allerdings ist die Möglichkeit, mithilfe von Speichern zeitweise eine Energieknappheit im Netz auszugleichen, ein mit der Energiewende wachsendes Potenzial.

In der Literatur werden Netzdienlichkeit und Netzflexibilität synonym für einen Gebäudebetrieb eingesetzt, der auf Schwankungen des Versorgungsnetzes reagiert, mit dem Ziel, Lastspitzen abzumindern (Knotzer, Weiss 2018; Kalz, Klein 2018). Neben der Erzeugung von Wärme oder Strom durch die Nutzung von Solarenergie, sind der Einsatz von Speichern, ein an Netzschwankungen angepasster Energieverbrauch und passive Strategien zur Suffizienzsteigerung von Gebäuden Maßnahmen in Richtung Netzdienlichkeit.

Vorwiegend finden sich Betrachtungen zum Stromnetz und der Möglichkeit, dort Schwankungen auszugleichen. Insbesondere das Stromnetz unterliegt durch die Nutzung von Solarenergie kurzfristigen Schwankungen, denen mit netzdienlichen Maßnahmen bereits auf Gebäudeebene entgegengewirkt werden kann.

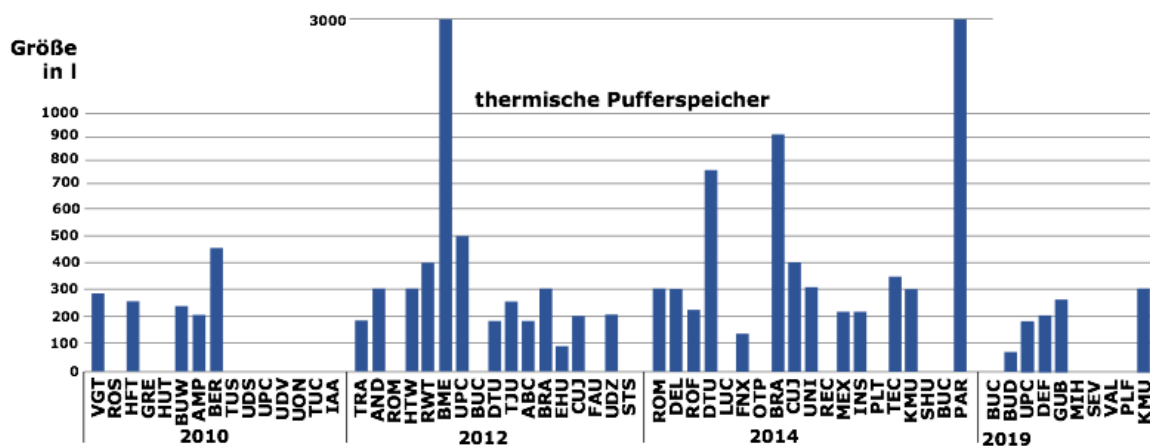
Speicher lassen sich nach Art der Energieform unterscheiden. In Gebäuden ist die Speicherung von thermischer und elektrischer Energie üblich. In der Praxis und dem SD ist der Einsatz von Batteriespeichern in Kombination mit PV-Anlagen, thermischen Pufferspeichern in Kombination mit Heizungsanlagen, Solarthermie oder Wärmepumpen und thermischer Speicher in Konstruktionen verbreitet. Thermische Speicher können aktiv und passiv eingesetzt werden. Ein passiver Einsatz wären beispielsweise PCM-Materialien in Konstruktionen. Aktiv können thermische Speicher mit Technologien zur Wärme- und Kälteversorgung kombiniert werden. Der Einsatz von Speichertechnologien im SD unterscheidet sich nur wenig von denen der Praxis.

Thermische Speicher

In das Haus integrierte thermische Speicher ermöglichen temporär den Erhalt des Innenraumkomforts mit reduziertem Energiebezug. Dies trägt zur Minderung von Lastspitzen bei und dient den Versorgungsnetzen. (Voss, Herkel, Kalz, Lützkendorf, Mass, Wagner 2016, p. 250)

Netzdienlichkeit kann durch den Einsatz aktiver⁵⁰ oder passiver thermischer Speicher erreicht werden (Voss, Herkel, Kalz, Lützkendorf, Mass, Wagner 2016, p. 249). Die Gebäudemasse als thermischer Speicher wurde unter Kapitel 5.2.3 Phasenwechselmaterialien beschrieben. Zum Erreichen der gesetzten Klimaziele (siehe Kapitel 4 Politikdialog) ist auch der Ausbau intelligenter Wärmenetze und das Einbeziehen der Gebäude als aktiver Teil dieser Netze zielführend. Gebäude können und sollten zukünftig nicht nur Nutzer von Strom- und Wärmenetzen sein, sondern aktiv auf Netzschwankungen mit angepasstem Verbrauch reagieren. (May 2016) In Deutschland ist der Ausbau intelligenter Strom- und Gasnetze im Gesetz zur Digitalisierung der Energiewende verankert (Deutscher Bundestag 2017). Von einer flächendeckenden Verfügbarkeit von Smart-Meter-Gateways als wichtiger Schritt hin zu intelligenten Netzen ist Deutschland noch weit entfernt. Bis 2020 wurde bisher lediglich ein Rollout von 10 % intelligenter Messstellen vereinbart (BNetzA und BKartA 2021, p. 29). Demnach ist die Anpassung des Verbrauches auf die Schwankungen im Netz noch nicht umsetzbar. Aber vom Einsatz aktiver thermischer Speicher profitieren Gebäude auch ohne die Interaktion mit dem Netz. Pufferspeicher bieten zum einen die Möglichkeit, mehrere Wärmeversorger, wie beispielsweise Solarthermie und eine Wärmepumpe, zu koppeln. Zum anderen entkoppeln sie die Wärmeverteilung im Gebäude von der Wärmeerzeugung, was die Betriebsführung und Wirkungsgrade von Heizungsanlagen aller Art erhöht. Höhere Wirkungsgrade steigern die Effizienz und mindern den Energieverbrauch (Pistohl 2009a, p. H 146).

Im SD EU haben nahezu alle Häuser thermische Speicher verwendet. Hier zeigten sich in der Dokumentation Lücken. Die Abbildung 5.2.3-8 zeigt die Größen der thermischen Speicher, die in den SD-EU-Häusern eingesetzt wurden. Einige Speicher lassen sich so nicht darstellen, weil beispielsweise die Größe nicht dokumentiert wurde. Ein Beispiel hierfür ist das Team SD EU 2019 PLF. Die Dokumentation über den Einsatz eines Pufferspeichers findet sich im Project Manual, allerdings ohne Angaben zur Größe (National School of Architecture and Landscape of Lille 2019, p. 149). Bei anderen hier ohne Größenangabe aufgezeigten Teams besteht eine ähnliche Lücke in der Dokumentation.⁵¹ Der Einsatz von aktiven thermischen Speichern ist in der Praxis und im SD demnach ähnlich häufig. Dieser flächendeckende Einsatz ist auf die oben genannten Vorteile zurückzuführen.



⁵⁰ Hier aktive thermische Speicher werden in der Quelle als technische thermische Speicher bezeichnet (Voss, Herkel, Kalz, Lützkendorf, Mass, Wagner 2016, p. 249)

⁵¹ Detaillierte Angaben zur Datenlage inklusive Verweise zu Fundstellen in den Projektdokumentationen kann der Tabelle im Anhang entnommen werden.

Abbildung 5.2.3-8: Darstellung des Einsatzes von Pufferspeichern in den SD-EU-Häusern. Im Durchschnitt wurden Speicher mit einer Größe von 594l eingesetzt. Dieses Bild ist leicht verzerrt aufgrund von wenigen Speichern die etwa 3000l fassten. Der Großteil der Häuser setzte Speicher mit einer Größe von etwa 300l ein.

Quelle: siehe Tabelle Anhang 9.3

In Ein- und Zweifamilienhäusern sind Pufferspeichergrößen für Heizungsanlagen ohne Solarkollektoren mit einer Größe von 80l – 180l üblich (Pistohl 2009a, p. H 146). Diese sind in der Regel nur für die Effizienzsteigerung der Heizungsanlage und Kopplung mehrerer Erzeuger ausgelegt. Für Solarheizungen in Ein- und Zweifamilienhäusern werden in der Praxis thermische Speicher mit einem Inhalt zwischen 2000l und 3500l empfohlen (Pistohl 2009a, p. H 268).

Im SD gab es vereinzelt Ansätze, thermische Speicher einzusetzen, um Zeiten ohne Energiebezug zu überbrücken. Hierfür wurden Speicher mit Größen von bis zu 3000l, beispielsweise in den Häusern SD EU 2010 TUC, 2012 BME und 2014 PAR verbaut. Ein signifikanter Vorteil konnte im Wettbewerb nicht umgesetzt werden.

Der SD kann zukünftig auch ein Testfeld für intelligente Wärmenetze sein. Erste Überlegungen hierfür gab es beim SD EU 2019 und dem SD EU 2021. Umgesetzt wurden SD-Wärmenetze im Wettbewerb bisher noch nicht. Im Living Lab NRW im Anschluss an den SD EU 21/22 wird erstmal ein Wärmenetz für die verbleibenden 10 SD-Häuser aufgebaut (NRW 2023).

Die im Living Lab angestrebten Erkenntnisse können für die Praxis relevante Impulse liefern.

Der Einsatz von Pufferspeichern in nahezu allen SD-EU-Häusern kann auch durch die Kopplung von Wärmepumpen und Solarthermiekollektoren begründet werden (siehe oben „Wärmeerzeugerkopplung“).

Nahezu alle Teams des SD EU haben solarthermische Kollektoren (siehe Abbildung 5.2.3-6) eingesetzt.

Zusammengefasst lassen sich Ähnlichkeiten zwischen der Praxis und dem SD feststellen. Thermische Speicher sind in beiden Bereichen technisch notwendig. Hier erschließt sich ein zunächst geringes Kommunikationspotenzial zwischen dem SD und der Praxis. Dennoch können für die bereits in der Praxis etablierten thermischen Speicher im SD Innovationen erarbeitet werden. Trotz des bereits vorhandenen, massentauglichen Einsatzes von thermischen Speichern werden im SD Innovationen präsentiert. Beispielsweise erhöhten zwei SD-EU-Häuser (2012 TRA, 2019 DEF) (siehe Abbildung 5.2.3-3) die Kapazität ihrer Speicher durch den Einsatz von PCM im Speicher. So lässt sich um den gewählten Schmelzpunkt des PCM die Speicherkapazität erhöhen, ohne eine zusätzliche Volumenerhöhung des Speichers.

Batteriespeicher

Batteriespeicher steigern bei an das Stromnetz angeschlossenen Gebäuden in Kombination mit Photovoltaikanlagen den Eigenverbrauch der erzeugten Energie (Wagner, Siller 2013). Dennoch geht ein Teil der produzierten Energie so aufgrund von unvermeidbaren Speicherverlusten verloren. Für die Energiewende und den steigenden Anteil an erneuerbaren Energien an der Energieversorgung werden Batteriespeicher als Teil des gebäudeintegrierten Versorgungssystems auch zukünftig an Bedeutung gewinnen. In der Praxis zeichnet sich parallel zu den steigenden Installationszahlen von PV-Anlagen in Kombination mit einer verminderten Einspeisevergütung von 11 Cent/kWh zu 30 Cent/kWh Strompreis (Figgenger, Stenzel, Kairies, Linßen, Haberschus, Wessels, Angenendt, Robinius, Stolten, Sauer 2020, p. 6) ein wachsender Einsatz von Batteriespeichern ab. Zwischen 2013 und 2018 hat sich die Speicherleistung der stationären Batterien in Deutschland verzehnfacht (2013 12.500; 2018 125.000) (Figgenger, Stenzel, Robinius 2020). Einen Markt für private Batterie-Heimspeicher gibt es in Deutschland erst seit 2013 (Figgenger, Stenzel, Kairies, Linßen, Haberschus, Wessels, Angenendt, Robinius, Stolten, Sauer 2020, p. 7).

Zudem wurden zwischen 2013 und 2018 32.000 kleine Heimbatteriespeicher durch den Bund gefördert (Figgenger, Stenzel, Kairies, Linßen, Haberschus, Wessels, Angenendt, Robinius, Stolten, Sauer 2020, p. 6). Parallel zum vermehrten Einsatz von Batteriespeichern in Gebäuden hat sich die Technologie der Speicher signifikant entwickelt und die Marktanteile haben sich verschoben. 2013 waren mit 60 % Marktanteil Bleiakkumulatoren die führende Technologie. Mit der Entwicklung und Marktreife von Lithium-Ionen-Batteriespeichern haben diese bereits 2017 100 % Marktanteil (Figgenger, Stenzel, Kairies, Linßen,

Haberschusz, Wessels, Angenendt, Robinius, Stolten, Sauer 2020, p. 7). Eine ähnliche Technologieentwicklung und Verschiebung der Anteile zeigen die SD-EU-Häuser auf (siehe Abbildung 5.2.3-9). Hier wurden 2010 noch ausschließlich Bleiakкумуляtoren und Blei-Gel-Akkumulatoren eingesetzt. 2019 hingegen wurden nur Lithium-basierte Batteriespeicher verwendet. Diese Ähnlichkeit in der Baupraxis und dem SD spricht für eine allgemeine technische Entwicklung. Zudem hat sich der Anteil an SD-Häusern, die Batteriespeicher einsetzen, signifikant erhöht. Zu beachten ist hierbei allerdings, dass im SD 2010 noch 17 Teams teilgenommen haben und 2019 nur noch 10 Teams ein Haus präsentiert haben (Hendel, University of Wuppertal 2018). Zudem war aufgrund der Datenlage die Auswertung von eingesetzten Batteriespeichern auf etwa 70 % der Teams je Wettbewerb begrenzt. Im SD hat der Einsatz von Batteriespeichern eine durch die Regeln eigene Entwicklung vollzogen (siehe Kapitel 2.2.2 Abbildung 2.2.1-3). In den ersten Wettbewerben waren Batteriespeicher notwendig, da es das Konzept eines SD-Netzes noch nicht gab. Mit Einführung des Netzes war der Einsatz von Speichern verboten und ab 2010 sind Batteriespeicher akzeptiert. In den Disziplinen Suffizienz und Netzbelastung bringen Batteriespeicher einen Wettbewerbsvorteil.

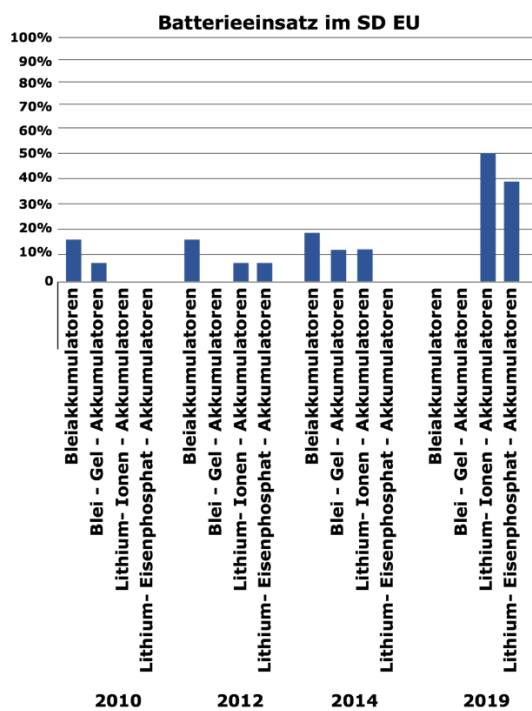


Abbildung 5.2.3-9: Einsatz von Batterien im SD EU zwischen 2010 und 2019.
 Von den auswertbaren Häusern haben zwischen 2010 und 2012 nur etwa 21 % bis 27 % Batterien eingesetzt (2010: 3 von 14 = 21%; 2012: 4 von 15= 27 %; 2014: 7 von 17 = 41 %; 2019: 7 von 8= 88 %). Bereits 2014 setzten fast die Hälfte der Häuser (41 %) Batteriespeicher ein. 2019 wurden in 88% der SD-EU-Häuser Batterien verbaut. Ebenso hat sich der Anteil der Lithium-Ionen-Batterien zwischen 2014 und 2019 sprunghaft erhöht. Bis einschließlich 2014 waren Blei-Akkumulatoren die führende Technologie im SD EU. 2019 wurden ausschließlich Lithium-Ionen- oder Lithium-Eisenphosphat-Akkus verbaut.
 Quelle: siehe Tabelle Anhang 9.3

Batteriespeicher können kurzfristig die Netzbelastung abfangen (Knotzer, Weiss 2018, p. 1) und in Kombination mit Smart-Meter Verbräuche steuern und so auch dauerhaft auf Netzauslastungen reagieren. Gebäude werden mit Speichertechnologien netzdienlich und vermeiden eigene Lastspitzen für Erzeugung und Verbrauch (Voss, Herkel, Kalz, Lützkendorf, Mass, Wagner 2016, p. 249). Diese Netzdienlichkeit wird mit verschiedenen Förderprogrammen von KfW und auf Länderebene gefördert, da sie insbesondere für Netze, die keine Rückmeldung über ihren Bedarf geben können, wie es in Deutschland in 2020 üblich ist, interessant ist (Solarwatt).

Der Einsatz von Batteriespeichern in den SD-EU-Häusern ist aufgrund der Wettbewerbsvorgaben notwendig. Diese sehen die Vermeidung von Lastspitzen und die Durchführung von Events wie der Dinnerparty⁵² vor, bei der Energie zu Zeiten benötigt wird, in denen keine Solarenergie zur Verfügung steht. Die Häuser können zwar jederzeit Energie aus dem Netz („Village Grid“) beziehen. Der Strombezug aus dem Netz muss aber wieder

⁵² Dinner Party Beispiel im SD EU 2021 (European Energy Endeavour Foundation, Bergische Universität Wuppertal 2020, p. 44)

ausgeglichen werden (siehe Kapitel 4.2.2.2 Politikdialog Regelungsmechanismen für den Einsatz von erneuerbaren Energien).

Fazit Speicher

Der Einsatz von Speichern in den SD-Häusern und der Praxis ist im hohen Maß vergleichbar. Aktive thermische Speicher werden flächendeckend zur Effizienzsteigerung des Wärmeversorgungssystems im SD und der Praxis eingesetzt. Batteriespeicher werden in beiden vereinzelt, aber mit steigender Tendenz mit Solarstromanlagen kombiniert. Der Einsatz von thermischen und elektrischen Speichern dient in der Praxis und im SD hauptsächlich der Effizienzsteigerung des Hauses. Ein temporäres Entkoppeln von Wärme- und Stromerzeugung und Verbrauch sind hier Teil der Effizienzsteigerung.

Mit der Energiewende und insbesondere durch das angestrebte Ziel, bis 2050 80 % des Endenergiebedarfes mit erneuerbaren Energien zu decken, wird sich die Versorgungsstruktur ändern müssen (siehe Kapitel 4.2.2 Politikdialog erneuerbare Energien). Durch den Einsatz von Speichern in Kombination mit anderen Maßnahmen zur Effizienzsteigerung können und müssen Gebäude aktiv Teil dieser Änderung sein. Intelligente Netze und netzdienliche Gebäude sind hierfür zielführend. Durch den Einsatz von Speichern in Gebäuden kann eine Netzdienlichkeit erreicht werden (Voss, Herkel, Kalz, Lützkendorf, Mass, Wagner 2016, p. 250).

Von intelligenten Wärme- und Stromnetzen ist die deutsche Versorgungsstruktur, aber auch der SD weit entfernt. Die Anwendung und Untersuchung der technischen Möglichkeiten und der Performance von netzdienlichen Gebäuden kann so nicht untersucht und weiterentwickelt werden. Eine Änderung der Versorgungsstruktur in Deutschland wird voraussichtlich noch Jahre dauern. Im SD kann die Anwendung simuliert werden. Hier ist allerdings die Kommunikation zwischen Netz und Häusern noch nicht Teil der Untersuchung.

Der SD zeigt bereits erste Konzepte für die zukünftig relevante Gebäudenetzinteraktion. Der Rahmen des Möglichen des Wettbewerbs ist hierfür noch nicht vollständig ausgeschöpft. Eine Weiterentwicklung in Verbindung mit Forschungsprojekten wird hierfür empfohlen und bereits von der Bergischen Universität und dem SD EU 2021 forciert.

5.2.6 KOSTEN FÜR HAUSBAU

Die immer strenger werdenden gesetzlichen Vorgaben zur Energieeffizienz von Wohnbauten und dem Einsatz erneuerbarer Energien haben nur einen geringen Anteil an der Preissteigerung im Bauwesen (Institut für Technische Gebäudeausrüstung Dresden Forschung und Anwendung GmbH; Oschatz, Prof; Hartmann, Prof; Werdin 2018, fig. 1). Bisher waren die gesetzlich geforderten Maßnahmen in Deutschland zur Effizienzsteigerung und dem Einsatz erneuerbarer Energien an Neubauten im Vergleich zu den gesetzten Klimazielen bis 2030 und 2050 gering und nicht ausreichend (siehe Kapitel 4.3 Fazit SD im Politikdialog). Die Bundesrepublik ist vertraglich verpflichtet, Maßnahmen zu ergreifen, um die international und auf europäischer Ebene vereinbarten Klimaziele zu erreichen. Auf europäischer Ebene sind bereits Niedrigstenergiegebäude gefordert. Dieser Forderung kommt das GEG bisher nur mangelhaft nach (siehe Kapitel 4 Politikdialog). Gegen das Gebäudeenergiegesetz gibt es zwar noch keine offiziellen Beschwerden, aber bereits gegen das aktuelle Klimaschutzgesetz wurde vor dem Bundesverfassungsgericht erfolgreich Verfassungsbeschwerde eingelegt (Bundesverfassungsgericht 2021). Sollte auch das GEG angegriffen werden oder der Gesetzgeber das Gesetz gemäß europäischen Vorgaben anpassen, bedeutet dies zukünftig insbesondere für Neubauten massive Änderungen. Eine Preissteigerung im Bauwesen aufgrund von im Verhältnis zu den bisherigen Vorgaben sprunghaft verschärften Vorgaben für Neubauten kann demnach erwartet werden. Dies gilt vor allem, wenn die geforderten Standards nur durch den Einsatz von innovativen Technologien und Materialien erreicht werden können.

Preissteigerungen im Wohnungsbau sind kritisch zu sehen. Maßnahmen unterliegen hier einem besonderen wirtschaftlichen Druck. Insbesondere hohe Erstinvestitionskosten, auch wenn diese durch schnelle Amortisation im Betrieb wirtschaftlich sind, stellen Bauherren vor Herausforderungen.

Ein Vergleich zwischen den Baukosten in der Praxis und dem SD zeigt, dass die SD-Häuser im Vergleich zum Durchschnitt vergleichbarer Häuser (BKI: Holzbau, Passivhausstandard) etwa viermal so viel kosten (siehe Tabelle 5.2.6-1). Hier im Teilkapitel Baukosten soll nachgewiesen werden, dass der SD trotz der vergleichsweise hohen Kosten und speziell unter Berücksichtigung der Klimaschutzziele relevant für die Baupraxis ist.

	Durchschnitt SD EU in €/m ² WF	Vergleichswert BKI €/m ² WF
Durchschnitt SD EU gesamt	4 683.66	
2010	5 564.28	
2012	3 843.56	
2014	5 090.69	1340 (2016)
2019	3 415.60	1460

Tabelle 5.2.6-1: Gegenüberstellung der SD-Gebäudekosten und typischen Gebäudekosten für ein Passivhaus in Holzbauweise, nichtunterkellert in Deutschland nach Baukostenindex. SD-EU-Häuser sind wirtschaftlich nur schwer mit den Häusern der Baupraxis zu vergleichen.
Quelle: Tabelle Anhang 9.3, (Baukosteninformationszentrum Deutscher Architektenkammern 2016a) UND (Baukosteninformationszentrum Deutscher Architektenkammern 2019a).

Die hohen Baukosten der SD-EU-Häuser sind nicht als Mangel des SD zu bewerten. Denn die SD-Häuser sind Prototypen mit einer Fülle von Innovationen und zukunftsfähigen Konzepten. Genau aus dieser Vielfalt von Neuerungen kommen die hohen Kosten zustande. Zudem hat die geringe Wohnfläche bei einer gleichzeitig umfassenden technischen Ausstattung einen erheblichen Einfluss auf die Baukosten eines SD-Hauses. Der hohe Innovationsgrad macht den SD insbesondere relevant für die Baupraxis. Denn wie oben bereits nachgewiesen (siehe Kapitel 4 Politikdialog), braucht die Baupraxis genau diese Vielzahl an Innovationen, um die bereits gesetzten Klimaziele und zukünftigen gesetzlichen Vorgaben erreichen zu können. Hohe Kosten sind allerdings ein Hindernis bei der Markteinführung. Werden Konzepte und Technologien zunächst am SD getestet, beschleunigt dies die Markteinführung und somit die Umsetzung in der Praxis. Dies wurde bereits an mehreren Beispielen beim SD US nachgewiesen (Simon, Doris, Farrar 2017). Hier konnte nachgewiesen werden, dass der SD maßgeblich zur Markteinführung von neuen Technologien beigetragen hat (Simon, Doris, Farrar 2017). Heute sind einige Technologien,⁵³ die dank des SD US für den Markt vorbereitet wurden, in der Praxis massenhaft verfügbar. Dass eine massenhafte Marktverfügbarkeit und technische Weiterentwicklung die Preise sinken lässt, zeigt sich insbesondere an PV-Anlagen. In den zehn Jahren zwischen 2006 und 2016 sind die Weltmarktpreise für PV-Anlagen mit einer Größe zwischen 10 und 100kWp um 75 % gesunken (Wirth 2016, p. 8). Diese Reduktion ist auf die Weiterentwicklung der Produkte und Herstellungsprozesse sowie auf die massenhafte Verfügbarkeit und den hohen Absatz zurückzuführen (Wirth 2016, p. 9). Eine ähnliche Preissenkung zeigen auch die SD-EU-Dokumentationen zwischen 2014 und 2019 (siehe Abbildung 5.3.6-1).

⁵³ Beispiel der Wärmepumpen-Wassererhitzer (heat pump water heater) (Simon, Doris, Farrar 2017, p. 22)

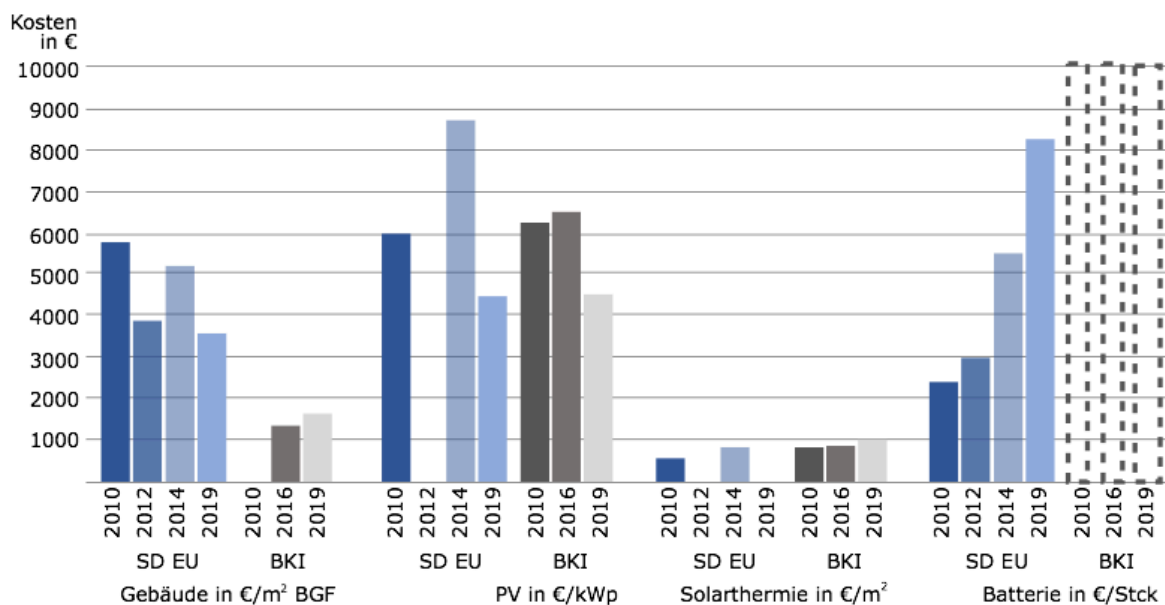


Abbildung 5.2.6-1: Darstellung der durchschnittlichen Kosten für die SD-Häuser, Photovoltaikanlagen, Solarthermie-Anlagen und Batteriespeicher im Vergleich zu durchschnittlichen Kosten der deutschen Baupraxis nach Baukostenindex.

Quelle: siehe Tabelle Anhang 9.3 und (Baukosteninformationszentrum Deutscher Architektenkammern 2010a; 2010b)

In Abbildung 5.2.6-1 dargestellt ist eine Gegenüberstellung von Kosten für Technologien und spezifischen Baukosten der SD-Häuser im Vergleich zu durchschnittlichen Kosten aus der deutschen Baupraxis. Die Preise der Praxis beziehen sich hierbei auf die statistischen Kostenkennwerte nach Baukostenindex (BKI). Aufgrund der Datenlage sind in Abbildung 5.2.6-1 nur die dort gewählten Kosten für PV, Solarthermie, Batterie und Gebäude aufgelistet. Es liegen weitere vereinzelte Kostendaten der SD-EU-Häuser vor, die aber aufgrund der zu geringen Anzahl oder nicht vergleichbaren Dokumentation hier nicht ausgewertet wurden. Die Kosten der SD-Häuser liegen deutlich über dem Durchschnitt der Baupraxis. Die Gesamtgebäudekosten der SD-EU-Häuser sind in den letzten 10 Jahren kontinuierlich gesunken. Der Baukostenindex verzeichnet für die Praxis einen Anstieg der Kosten, allerdings ist dieser marginal. Die Kosten der Einzelmaßnahmen haben sich zwischen 2010 und 2019 heterogen entwickelt. Während Dämmungen und PV-Anlagen kontinuierlich günstiger geworden sind, sind die Preise für das Gesamtgebäude, die Tragkonstruktion und insbesondere für Batteriespeicher gestiegen. Einzige Ausnahme sind die oben beschriebenen PV-Anlagen. Eine Photovoltaikanlage in Deutschland kostete in 2016 noch etwa 6600 €/kWp (Baukosteninformationszentrum Deutscher Architektenkammern 2016b, p. 615). In 2019 mussten hierfür nur noch 4400 €/kWp (Baukosteninformationszentrum Deutscher Architektenkammern 2019b, p. 615) aufgewendet werden. Das ist eine Preissenkung von einem Drittel. PV-Anlagen wurden in den letzten Jahren gefördert und mit steigender Tendenz eingesetzt. Technische Entwicklungen und die Massenanzahl haben den Preis hierfür sinken lassen (Wirth 2016, p. 9). Die in Abbildung 5.2.6-1 aufgezeigten Kosten für PV-Anlagen, Solarthermie-Anlagen und Batteriespeicher liegen im Gegensatz zu den Gesamtkosten etwa im Durchschnitt der Baupraxis oder sogar darunter. Ein Sonderfall hier sind Batteriespeicher. Die Kosten hierfür werden je SD-Haus, für das Kosten dokumentiert sind (Siehe Tabelle Anhang ab Seite 196), mit durchschnittlich zwischen 2000 € und 8000 € je Batteriespeicher angegeben. Im BKI werden seit 2010 zunächst Kosten für Bleiakumulatoren und ab 2014 für Lithium-Ionen-Batterien angegeben, die jenseits 25.000 € je Batteriespeicher liegen (siehe Tabelle 5.2.6-2). Hierzu gibt es im BKI keine Angaben, ob Lade- und Schaltgeräte mit in den Kosten der Batteriespeicher inbegriffen sind. Das BKI selbst liefert keinen Hinweis zu den Gründen für die zehnfache Preisabweichung. Diesen preislichen Unterschieden

zur Baupraxis sollte in zukünftigen SD-Wettbewerben auf den Grund gegangen werden. Eine weitere Auswertung würde hier den Rahmen dieser Arbeit sprengen. Unter Berücksichtigung der steigenden Relevanz (siehe oben Speicher) von Batteriespeichern bietet sich für weitere Forschungen an.

Tabelle 5.2.6-2: Kostenzusammenstellung für die Jahre 2010, 2016 und 2019 von Passivhäusern in Holzbauweise, die nicht unterkellert sind. Zusätzlich zu den Gebäudekosten sind Kosten für die Tragkonstruktion, passive Maßnahmen, wie Dämmung und Sonnenschutz, im Vergleich aufgelistet. Zudem sind Photovoltaik- und Solarthermieanlagen, Batteriespeicher und Pufferspeicher aufgelistet.

Quelle: (Baukosteninformationszentrum Deutscher Architektenkammern 2010b; 2016b; 2016a; 2019b; 2019a)

Element	Betrachtungsebene	Kosten in €/Einheit					
		2010	S.	2016	S.	2019	S.
Gebäude	Kostenrechnung			1340€/BGF	368	1460€/BGF	414
Tragkonstruktion ⁵⁴	Kostenrechnung	100	232	175€/m ²	182	197€/m ²	198
Dämmung	Kostenrechnung	73	247	20€/m ²	502	39€/m ²	89
				Holzfaser		Steinwolle	
				70€/m ²	502	42€/m ²	89
Sonnenschutz	Kostenschätzung			Schaumglas		Glaswolle	
				195€/m ²	182	226€/m ²	198
PV	Kostenrechnung	6360	339	6570€/kw _p	600	4370€/kw _p	615
Solarthermie	Kostenrechnung	800	334	870€/m ²	594	970€/m ²	609
				Flachkol.		Flachkol.	
Pufferspeicher	Kostenrechnung	6,4	334	6,90€/m ³	594	7,70€/m ³	609
Batterie	Kostenrechnung	21490	339	24700€	600	27660€	615
				Bleiakku		Lithium Io.	

Fazit Kosten

Die Energiewende verursacht im Bausektor hohe Kosten. Diese Mehrkosten stellen in der Bauphase zunächst eine größere Belastung für Bauherren, Bauträger und Unternehmen dar. Dennoch ist die Weiterentwicklung von Gebäuden in Richtung Energieeffizienz und Versorgung durch erneuerbare Energien notwendig zum Erreichen der Klimaschutzziele. Gebäude sind in Deutschland für etwa ein Drittel des Gesamtenergieverbrauches und CO₂-Ausstoßes verantwortlich (siehe Politikdialog).

Die SD-Häuser sind Prototypen und weder in ihrer Fülle an Innovationen, ihrer Größe und Technologiedichte je Nutzfläche, noch hinsichtlich ihrer Baukosten vergleichbar mit den Häusern der Baupraxis.

Die SD-Häuser demonstrieren technische und bauliche Innovationen und ermöglichen das Vorbereiten von Innovationen für die Markteinführung. Im SD getestete Innovationen können bereits während der Wettbewerbsphase demonstriert und die Vorteile oder deren Effekt auf das Wohnen und Bauen kommuniziert werden. Der SD ist somit nicht nur wichtiger Lieferant von Case-Studies für die Forschung, sondern auch für Unternehmen.

In zukünftigen Wettbewerben wäre eine Abfrage der Kosten auf Grundlage von Datenbanken wie dem BKI in Deutschland sinnvoll. Es sollten sowohl Kostenkennwerte für die Gesamtgebäude als auch Einzelelemente, wie Tragkonstruktionen, Oberflächenverkleidungen, Sonnenschutzmaßnahmen, Wärmedämmungen und technische Ausstattungen dokumentiert werden. Ähnlich wie im BKI braucht es für die Unterteilung der einzelnen Ausstattungsmerkmale die Unterteilung nach einfachem, mittlerem oder gehobenem Standard. Zur abschließenden Festlegung von Dokumentationsvorlagen für eine Kostendokumentation, die für alle zukünftigen SD-Wettbewerbe angewendet werden kann, müssen übliche Kostendokumentationen anderer Länder ausgewertet werden. Die umfassende Analyse und Erstellung solcher Vorlagen kann Ziel eines eigenen Forschungsprojektes sein. Mit international funktionierenden Dokumentationsvorlagen wäre es möglich, bereits in der Teamdokumentation die Kosten der SD-Häuser mit den durchschnittlichen Kosten der örtlichen Baupraxis zu vergleichen. Das Interesse an solchen Bau- und Technologiekosten ist im Land der Austragung und

⁵⁴ Tragende Außenwände in Holzbauweise, Passivhaus, nicht unterkellert

der Teamherkunft am größten. Denn es wird hier angenommen, dass im Land der Wettbewerbsaustragung und im Land der jeweiligen Teamherkunft die Kommunikation der SD-Häuser am stärksten ist und die Ergebnisse hier somit die größte Aufmerksamkeit von Industrie und Praxis bekommen. Ähnlich wie die Energiesimulation sowohl für den Wettbewerbsstandort als auch für den Standort der möglichen Nachnutzung angefertigt werden muss, sollten auch die Kosten in den Vergleich zu den durchschnittlichen Kosten der Praxis am Wettbewerbsstandort und am Heimatstandort gesetzt werden. Dies würde die Bewertung der Wirtschaftlichkeit und Marktrelevanz im SD zukünftig transparenter gestalten.

5.3 FAZIT SD IM PRAXISDIALOG:

Die SD-Häuser sind im Vergleich zur Baupraxis teure, kleine Prototypen. Sie zeigen eine einzigartige Vielfalt an Innovationen. Der SD bietet insbesondere durch den unmittelbar räumlichen Zusammenhang der Häuser mit jedem Wettbewerb die Möglichkeit, Vergleichsstudien durchzuführen. Diese Art von Studien können Erkenntnisse für die Entwicklung von Technologien und Strategien zum klimagerechten Bauen liefern. Der vereinbarte Klimaschutz⁵⁵ wird die Baupraxis verändern. Gebäude und auch Nutzer können und müssen Teil dieses Wandels sein.⁵⁶ Der SD zeigt Beispiele für diese Änderungen. Bei jedem Event werden der interessierten Öffentlichkeit Suffizienzstrategien demonstriert. Besonders die Demonstration von Wohnen auf kleinem Raum ohne Komforteinbußen ist für die Gesellschaft interessant, deren durchschnittliche Wohnflächen kontinuierlich wachsen, aber die bestrebt ist energieeffizient zu wohnen, wie es in Deutschland der Fall ist. Der Verzicht auf zusätzlichen konditionierten Wohnraum ist mit einer Energieeinsparung gleichzusetzen. Zusätzlich zur Suffizienz werden im SD passive Strategien zur Energieeffizienzsteigerung in Wohngebäuden demonstriert. Die Bewertung der Energieeffizienz war bisher Teil in jedem SD EU und wurde durch die messtechnisch begleitete passive Bewertungsperiode zahlenmäßig nachvollziehbar. Ein effizient funktionierendes Gebäude, das temporär ohne Energiebezug aber bei gleichbleibend hohem Komfort funktioniert, kann so die Energieeffizienz steigern und auf Schwankungen im Versorgungsnetz netzdienlich reagieren. Netzdienlichkeit wird in Gebäuden neben der Effizienzsteigerung auch durch die lokale Energiegewinnung aus erneuerbaren Energien, dem Einsatz von Speichern und der Energiebedarfssteuerung im Gebäude erreicht. Grundvoraussetzung für einen netzdienlichen Gebäudebetrieb ist der Informationsaustausch zwischen Netz und Gebäude. Der Ausbau von intelligenten Strom- und Wärmenetzen wird in Deutschland voraussichtlich noch Jahre dauern, ist aber für die Energiewende unumgänglich⁵⁷. Die Nutzung von Solarenergie an Gebäuden ist eine wichtige Maßnahme für den Klimaschutz. Die SD-Häuser demonstrieren hier Designkonzepte und Umsetzungsmöglichkeiten. Die teils für die Praxis unüblichen SD-Beispiele können durch den Wettbewerb nicht nur kommuniziert werden, sondern mit gezielten In-situ-Tests untersucht werden. Im SD werden bereits die Luftdichtheit, das Schalldämmmaß der Gebäudehülle, die Nachhallzeit in den Innenräumen, die Luftinnenraumtemperaturen und die Energieverbräuche gemessen. Erweitern ließe sich dieses Messportfolio durch Messungen von Temperaturverläufen an Oberflächen mit PCM und in PCM-Speichern in Kombination mit den operativen Lufttemperaturen. Somit könnte das Verhalten und die Wirksamkeit von PCM-Materialien weiter untersucht werden und Daten als Grundlage für Simulationsprogramme generiert werden. Gezielte Messungen von Temperaturverläufen in Pufferzonen und angrenzenden konditionierten Räumen sind ebenso denkbar. Der SD ist somit Lieferant von Fallbeispielen (siehe folgend Forschungsdialog) und Kommunikationsplattform. Die Baupraxis kann zudem vom SD profitieren, wenn auch in Europa eine Einbindung der Industrie, wie sie in den USA existiert, bisher nicht erreicht wurde.⁵⁸ Schnellere Marktverfügbarkeit und schneller sinkende Kosten für Innovationen wären hier mögliche Szenarien.

⁵⁵ Siehe Kapitel 4.2 Politikdialog: Klimapolitik

⁵⁶ Die Versorgung von Gebäuden macht etwa ein Drittel des nationalen Endenergieverbrauches aus (siehe Politik Ziele).

⁵⁷ Bis 2050 sollen erneuerbare Energien einen Anteil von 80% an der deutschen Versorgungsstruktur ausmachen (Siehe Politikdialog Ziele). Hierfür müssen Gebäude netzflexibel werden. Hierfür muss das Netz Rückmeldung an die Gebäude geben können (Knotzer, Weiss 2018).

⁵⁸ Neue Technologien und Produkte wurden in SD-Wettbewerben getestet und so auf die Markteinführung vorbereitet oder verworfen (Simon, Doris, Farrar 2017).

Kapitel 6 SD im Forschungsdialog

Der SD ist relevant für die Gebäudeforschung. Wenn vor und nach dem Wettbewerbsevent Optimierungen vorgenommen werden, kann der Nutzen der SD-Ergebnisse für Forschungsprojekte gesteigert werden.

6 SD IM FORSCHUNGSDIALOG

6.1 EINLEITUNG

Die SD-Ergebnisse und insbesondere die Häuser sind potenziell interessant für Gebäudeforschungsprojekte. Bereits im Kapitel 2 wurde die einzigartige Vergleichbarkeit der SD-Häuser und die je Wettbewerb große Anzahl der gebauten Häuser hervorgehoben. Beide Eigenschaften machen den SD einzigartig geeignet, denn sie sind in der Baupraxis so nicht zu finden. Eine ähnliche Konstellation aus einer Vielzahl von hochvergleichbaren Gebäuden für eigene Forschungsprojekte zu erstellen, wäre zu aufwendig (siehe Kapitel 2). Obwohl der SD herausragende Qualitäten für einen Einsatz in der Gebäudeforschung hat, gibt es Kritik an der tatsächlichen Verwertbarkeit der SD-Ergebnisse in Forschungsvorhaben. Diese Kritik wurde mehrfach auf Konferenzen und SD-Podiumsdiskussionen, wie der während der Messe Bau in München 2014,⁵⁹ laut. Auch im sonstigen Projektkontext⁶⁰ war die Stimmung gegenüber der SD-Verwertbarkeit in Forschungsprojekten eher kritisch. Hier im Kapitel soll untersucht werden, ob es sich bei dieser Kritik um ein Einzelphänomen handelt oder ob Forschungstreibende grundlegende Schwachstellen am SD sehen.

Hierfür werden zunächst die Ergebnisse der Onlineumfrage ausgewertet. Eine Recherche nach laufenden oder abgeschlossenen SD-Forschungsprojekten soll zudem Aufschluss darüber geben, ob der SD bereits beforscht wird. Der Vergleich zu objektbezogenen Forschungsprojekten abseits des SD soll Unterschiede und Gemeinsamkeiten zwischen üblichen Forschungsobjekten und den SD-Ergebnissen aufzeigen. Die Erkenntnisse aus diesen Untersuchungen sollen Grundlage für die Erarbeitung von möglichen Optimierungen sein, die verdeutlichen, dass Kritik am Einsatz des SD in der Forschung nur auf bisher unzureichender Anwendung beruhen. Diesen kann nachhaltig entgegengewirkt werden.

6.2 FORSCHUNG AM SD HEUTE

Der SD ist einzigartig. Nur für den SD werden regelmäßig 10–20 vergleichbare Häuser auf einem Gelände erstellt und betrieben. Zudem werden diese Häuser umfassend dokumentiert. Zu der durchschnittlich 800 Seiten langen Dokumentation von den Teams kommen für den Wettbewerb Pläne des Hauses sowie Messungen und Fotos während des Wettbewerbs hinzu (siehe Kapitel 2). Diese einzigartige Menge an Informationen und Objekten macht den SD interessant für Forschungsprojekte. Dass der SD interessant für die Forschung ist, haben auch 90 % der Umfrageteilnehmer bestätigt.

60 % der Teilnehmer haben angegeben, selbst schon einmal SD-bezogene Forschung betrieben zu haben. (siehe Kapitel 3.2.4.2 Onlineumfrage). Nachfolgend soll die Betrachtung von SD-bezogenen Forschungsprojekten und Veröffentlichungen einen Überblick über Themen und Akteure geben. Diese Betrachtung wird auf internationaler, europäischer und nationaler Ebene durchgeführt. Denn Forschungsprojekte in Verbindung mit dem SD wurden sowohl auf internationaler, europäischer als auch auf nationaler Ebene finanziert. Einen Überblick über laufende und abgeschlossene SD-Forschungsprojekte können hier Forschungs- und Veröffentlichungsdatenbanken geben. Eingegrenzt wird hierbei die Suche auf die Zeit seit dem ersten SD EU ab 2010.

Auf Bundesebene wird seit 1977 fortlaufend in Energieforschungsprogramme investiert (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie 2017). Projekte dieser Förderung sind in einer gemeinsamen Datenbank zusammengefasst.

⁵⁹ eigene Teilnahme – keine Diskussionsdokumentation

⁶⁰ Projekte, die der hier vorliegenden Arbeit vorausgegangen sind: „European Energy Endeavour – SDE Dokumentation und Querschnittsanalyse, IEA EBC Annex 74 – Competition and Living Lab Platform, Solar Decathlon Europe – Analysis of the results

Die Datenbank des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie, welches das 7. Energieforschungsprogramm und die Vorläuferprogramme betreut, kann auf SD-Projekte durchsucht werden. Die Tabelle 6.2-1 gibt eine Übersicht über SD-bezogene nationale Forschungsprojekte, die im Rahmen des Energieforschungsprogramms finanziert wurden.

Tabelle 6.2-1: Übersicht über Forschungsprojekte, die im Rahmen des 6. und 7. Energieforschungsprogrammes der Bundesregierung finanziert worden sind.

Quelle: (Förderdatenbank enArgus 2021)

Thema	Laufzeit	Projektziel
1 European Energy Endeavour - European initiative for the further development and implementation of SDE. Documentation and cross-sectional analysis	2015 - 2021	SD EU Querschnittsanalyse
2 EG2050: SDE21 - LevelUp - Participation of the LevelUp team of the Rosenheim University of Technology in the Solar Decathlon Europe 2021	2020 - 2022	SD Teilnahme - Haus
3 EG2050: UrbanSolarDecathlon - Planning and organisation of the international building energy competition Solar Decathlon Europe in an urban context combined with scientific support	2019 - 2022	SD Wettbewerb 2021
4 EG2050: SDE21-LOCALplus - Participation of the local+ team from FH Aachen in the Solar Decathlon Europe 2021 competition	2021 - 2022	SD Teilnahme - Haus
5 EG2050: SDE21-MI-MO - Participation of the MI-MO team from the Düsseldorf University of Applied Sciences in the Solar Decathlon Europe 2021 in Wuppertal	2020 - 2022	SD Teilnahme - Haus
6 EG2050: SDE21 - coLLab - Participation of the coLLab team from HFT Stuttgart in the Solar Decathlon Europe 2021	2020 - 2022	SD Teilnahme - Haus
7 SOLAR DECATHLON EUROPE 2014, German participation: Team ONTOP	2013 - 2015	SD Teilnahme - Haus
8 SOLAR DECATHLON EUROPE 2014, German participation: Team Techstylehouse	2013 - 2015	SD Teilnahme - Haus
9 SOLAR DECATHLON EUROPE 2014, German participation: Team Rooftop	2013 - 2017	SD Teilnahme - Haus
10 Solar Decathlon Europe 2012 - Participation of the HTWG Konstanz in the international university competition	2011 - 2014	SD Teilnahme - Haus
11 Energy-optimised construction: German participation in the Solar Decathlon Europe 2010 - sub-project Rosenheim University of Applied Sciences	2009 - 2011	SD Teilnahme - Haus
12 Solar Decathlon Europe 2012 - Participation of RWTH Aachen University in international university competition	2007 - 2015	SD Teilnahme - Haus
13 Energy-optimised construction: German participation in the Solar Decathlon Europe 2010 - sub-project Bergische Universität Wuppertal	2009 - 2011	SD Teilnahme - Haus
14 EG2050: SDE21 - X4S - Participation of the X4S team of HS Biberach in the Solar Decathlon Europe 2021	2020 - 2022	SD Teilnahme - Haus
15 Energy-optimised construction: German participation in the Solar Decathlon Europe 2010 - Subproject HTW Berlin	2009 - 2011	SD Teilnahme - Haus
16 Energy-optimised construction: German participation in the Solar Decathlon Europe 2010 - sub-project Stuttgart University of Applied Sciences	2009 - 2011	SD Teilnahme - Haus
17 Energy-optimised construction: Monitoring and Operational Optimization Solar Decathlon House 2007	2007 - 2011	SD Nachnutzung- Haus
18 EG2050: SDE21-RoofKIT - Participation of the RoofKIT team of the Karlsruhe Institute of Technology in the Solar Decathlon Europe 2021	2021 - 2022	SD Teilnahme - Haus

Die Auflistung in Tabelle 6.2-1 zeigt, dass 15 von 18 der national geförderten Projekte sich mit der Entwicklung und Optimierung eines SD-Hauses während der Wettbewerbsphase beschäftigen. Diese Projekte wurden⁶¹ von

⁶¹ und werden (teilweise laufend bis 2022)

den SD-Teams an deren Wettbewerbshaus durchgeführt. In einem geförderten Projekt wird die Beforschung des Hauses SD US Darmstadt in der Nachnutzungsphase auf dem Campus der TU Darmstadt finanziert. Auch hier agiert die Hochschule des teilnehmenden SD-Teams. Insgesamt wurden⁶² in Deutschland bisher nur zwei gebäudeübergreifende SD-Forschungsprojekte finanziert. Hier ist die Austragung und wissenschaftliche Begleitung des SD EU 2021 das Projekt mit dem größten Fördervolumen (Förderdatenbank enArgus 2021). Die Querschnittsauswertung der Wettbewerbe und Ergebnisse des SD EU ist das am längsten laufende Forschungsprojekt (siehe Tabelle 6.2-1).

Neben den hier aufgezeigten Forschungsprojekten mit Fokus auf den SD-Ergebnissen waren SD-Häuser Teil anderer Forschungsprojekte. Beispielsweise wurden die deutschen Beiträge zum SD EU 2010 im Rahmen der Forschungsinitiative energieoptimiertes Bauen (EnOB) untersucht (Voss, Herkel, Kalz, Lützkendorf, Mass, Wagner 2016). Eine Berücksichtigung von SD-Ergebnissen in weiteren internationalen und nationalen Forschungsprojekten ist demnach anzunehmen.

Auf europäischer Ebene gibt es seit 1984 die Vereinbarung zur Förderung von Forschung und Entwicklung. Seit dem Beschluss dieser Förderung wurden regelmäßig zeitlich begrenzte Forschungsrahmenprogramme ausgelobt (siehe Politikdialog). Die Förderung von Forschung zu den Themen Klima und Energie ist nur ein Teil der Forschungsrahmenprogramme (Bundesministerium für Bildung und Forschung 2020a). Im aktuellen Forschungsrahmenprogramm Horizont Europa werden 35 % der Mittel für die Forschung zu klimarelevanten Themen aufgewendet (Bundesministerium für Bildung und Forschung 2020b). Forschung für Klimaschutz im Bauwesen ist ein vereinbartes Ziel auf europäischer Ebene. Einen SD in Europa auszutragen und die SD-Ergebnisse zu beforschen wäre demnach naheliegend.

Eine Auswertung von Forschungsdatenbanken der EU-weit und international geförderten Projekte würde hier den Rahmen sprengen. Zur Abbildung der europäischen SD-Forschung wurden Veröffentlichungen im Journal Energy and Buildings ausgewertet (siehe Tabelle 6.2-2). Die Recherche von Veröffentlichungen kann weitere Einblicke zu SD-Forschungsthemen und Akteuren geben.

Tabelle 6.2-2: Übersicht aller E&B Paper, die über den SD EU 2012 veröffentlicht wurden. Hier komplette Zusammenstellung aller Forschungen eines Wettbewerbs und während der Wettbewerbsphase. Forschung wurde hier sowohl von den Teams als auch von den Organisatoren betrieben. Durchgeführt wurden hauptsächlich Gesamtperformancebetrachtungen der entwickelten Konzepte.

Title	No	Akteur	Art der Untersuchung
1 Experiences and methodology in a multidisciplinary energy and architecture competition: Solar Decathlon Europe 2012	E&B 83(2014)3-9	Organisator	Querschnitt
2 Passive design strategies and performance of Net Energy Plus Houses	E&B 83(2014)10-22	Organisator	Querschnitt
3 Energy efficiency evaluation of zero energy houses	E&B 83(2014)23-35	Organisator	Querschnitt
4 Electrical energy balance contest in Solar Decathlon Europe 2012	E&B 83(2014)36-43	Organisator	Querschnitt
5 BIPV technology application: Highlighting advances, tendencies and solutions through Solar Decathlon Europe houses	E&B 83(2014) 44-56	Team	Technologie
6 The Eki house: An energy self-sufficient house based on passive design strategies	E&B 83(2014)57-69	Team	Hausperformance
7 "Patio" and "Botijo": Energetic strategies' architectural integration in "Patio 2.12" prototype	E&B 83(2014)79-88	Team	Hausperformance
8 Timber buildings and thermal inertia: Open scientific problems for summer behaviour in Mediterranean climate	E&B 83(2014)89-95	Team	Hausperformance
9 Experimental investigation and modelling of a low temperature PCM thermal energy exchange and storage system	E&B 83(2014)96-107	Team	Technologie
10 Improvement of a heat pump based HVAC system with PCM thermal storage for cold accumulation and heat dissipation	E&B 83(2014)108-116	Team	Technologie

⁶² und werden (teilweise laufend bis 2022)

11	Dynamic simulation of Odoo	E&B 83(2014)117-121	Team	Simulation
12	Sustainable heating, cooling and ventilation of a plus-energy house via photovoltaic/thermal panels	E&B 83(2014)122-129	Team	Technologie
13	Design of the back-up system in Patio 2.12 photovoltaic installation	E&B 83(2014)130-139	Team	Technologie
14	Proposal of a nearly zero energy building electrical power generator with an optimal temporary generation–consumption correlation	E&B 83(2014)140-148	Team	Simulation
15	Results of electrical system and Home Energy Management System for “Omotenashi House” in Solar Decathlon Europe 2012	E&B 83(2014)149-161	Team	Simulation
16	On-line learning of indoor temperature forecasting models towards energy efficiency	E&B 83(2014)162-172	Team	Simulation
17	Digital mirror: A method to shape smart citizenship	E&B 83(2014)173-180	Team	Nutzer
18	Educating home users through a solar house: The Ekó House experience	E&B 83(2014)181-185	Team	Nutzer
19	Assembling sustainable ideas: The construction process of the proposal SML system at the Solar Decathlon Europe 2012	E&B 83(2014) 186-194	Team	Konstruktion
20	Constructional considerations for the mobile Plus-Energy House	E&B 83(2014)195-208	Team	Konstruktion
21	Open scientific problems about the Platform Frame constructive system	E&B 83(2014)209-216	Team	Konstruktion
22	An innovative lighting system for residential application that optimizes visual comfort and conserves energy for different user needs	E&B 83(2014) 217-224	Team	Technologie

In der Tabelle 6.2-2 aufgezeigten Veröffentlichungsreihe wurden Publikationen rund um den SD EU 2012 gesammelt. Tabelle 6.2-2 gibt einen Überblick über die Akteure in der SD-Forschung. Nur 20% der hier veröffentlichten Beiträge sind von SD-Organisatoren verfasst worden. Die SD-Teams selbst sind die Hauptakteure. Die von den SD-Teams ausgehende Forschung beschränkt sich, wie auch auf nationaler Ebene, auf die Betrachtung des jeweiligen SD-Hauses in der Wettbewerbsphase.⁶³ Im Event selbst verschiebt sich dieses Verhältnis in Richtung der Organisatoren. In den Veröffentlichungen 1–4 der Tabelle 6.2-2 beziehen sich beispielsweise die Ergebnisse auf Untersuchungen, die während der Eventphase durchgeführt wurden (Navarro, Gutiérrez, Montero, Rodríguez-Ubiñas, Matallanas, Castillo-Cagigal, Porteros, Solórzano, Caamaño-Martín, Egido, Páez, Vega 2014); (Rodriguez-Ubinas, Montero, Porteros, Vega, Navarro, Castillo-Cagigal, Matallanas, Gutiérrez 2014b); (Rodriguez-Ubinas, Rodriguez, Voss, Todorovic 2014); (Matallanas, Solórzano, Castillo-Cagigal, Navarro, Caamaño-Martín, Egido, Gutiérrez 2014).

International werden beispielsweise relevante Forschungsprojekte für Klima- und Energiewandel von der Internationalen Energie Agentur (IEA) durchgeführt. Seit den 70er Jahren fördert die IEA die Zusammenarbeit von Politik, Industrie und Forschung (International Energy Agency IEA - Technology collaboration Advancing the research 2021).

Arbeitsgruppen im Rahmen des Programms „IEA Technology Collaboration“ haben sich mit den SD-Ergebnissen auseinandergesetzt. Beispiele für die Arbeit mit SD-Ergebnissen sind der IEA SHC Task 41 (International Energy Agency 2012) und der IEA EBC Annex 74 (Voss 2017). Im Task 41 waren SD-Häuser Teil einer Betrachtung, die eine Vielzahl von Projekten auswertet. Im Annex 74 hingegen ist die Dokumentation und wissenschaftliche Aufbereitung der SD-Daten Arbeitsgegenstand.

In Ergänzung zur Übersicht der Forschungsvorhaben während des SD EU 2012 (Tabelle 6.2-2) dient die Auswertung der Veröffentlichungsdatenbanken Science Direct, IEEEExplore und Springer hier als Stichprobenuntersuchung zur Abschätzung der weltweiten SD-Forschungsvorhaben. Hier konnten 88 Veröffentlichungen mit dem SD oder einem SD-Haus als Forschungsschwerpunkt gefunden werden. Insgesamt

⁶³ Wettbewerbsphase beschreibt die Phase von der Bestätigung der Teilnahme, die ca zwei Jahre vor dem Event stattfindet, bis zum letzten Tag des Events.

wurden 74 % dieser Forschungsvorhaben von Teams, 14 % von Organisatoren und 9 % von sonstigen Akteuren durchgeführt. 92 % von diesen beziehen sich auf Forschungen, die wettbewerbsbegleitend durchgeführt wurden und 3 % auf Forschung während der Nachnutzung. Dies entspricht den Verhältnissen auf nationaler und europäischer Ebene.

Thematisch liegt der Schwerpunkt der SD-Veröffentlichungen auf aktiven Technologien und deren Einsatz in SD-Häusern (40 %). In 20 % der Veröffentlichungen werden die Gesamtsysteme von einzelnen SD-Häusern und deren Performance ausgewertet. Nur in je 9 % der insgesamt 88 wissenschaftlichen Veröffentlichungen zum SD werden Konstruktionen und passive Strategien ausgewertet. Der Auswertungsschwerpunkt im SD-Kontext liegt somit klar auf aktiven Technologien, deren Entwicklung und Performance (Siehe Tabelle Anhang ab Seite 242).

Schlussfolgerung SD und Forschung aktuell

Der SD und die SD-Ergebnisse werden bereits heute schon beforscht. Die Betrachtung der internationalen und nationalen Forschungstätigkeiten zeigt, dass sich unterschiedliche Akteure auf unterschiedlichen Betrachtungsebenen mit dem SD auseinandersetzen. Insbesondere die teilnehmenden SD-Teams forschen für und an ihren Häusern. Die Hauptforschungsarbeit wird dabei während der Wettbewerbsphase vor dem Event geleistet. Das einzigartige Potenzial des SD (siehe Kapitel 2), nämlich die hohe Vergleichbarkeit einer großen Anzahl innovativer Häuser, bleibt bei der Betrachtung einzelner Häuser ungenutzt. Häuserübergreifende Forschung wurde nur vereinzelt, etwa für den SD EU 2012, durchgeführt (siehe Tabelle 6.2-2). Häuserübergreifenden Untersuchungen am SD EU 2012 wurden von den Wettbewerbsorganisatoren selbst durchgeführt (siehe Tabelle 6.2-2 Zeile 1- 4). Für die hier erarbeiteten Erkenntnisse konnte kein Einfluss auf Folgewettbewerbe herausgefunden werden.

Langfristige Studien über mehrere Events gibt für die Wettbewerbe SD EU 2010 bis SD EU 2019. Die vergangenen SD-EU-Wettbewerbe wurden im Rahmen des nationalen Forschungsprojektes „European Energy Endeavour - European initiative for the further development and implementation of SDE. Documentation and cross-sectional analysis“ (siehe Tabelle 6.2-1) und im Rahmen des EU-Projektes „Solar Decathlon – Analysis of the Results“ (EU-Projekt: N° ENER/C2/2016-502) (Voss, Karsten Prof. Dr.-Ing.; Hendel, Susanne; Vega, Prof. Sergio; Arranz 2020b) ausgewertet. Für die SD-US-Wettbewerbe 2002 bis 2015 gibt es ebenfalls übergreifende Studien. Ein Beispiel hierfür sind die Auswertung der eingesetzten Technologien (Simon, Doris, Farrar 2017). Sowohl in Europa als auch in den USA waren bei diesen wettbewerbsübergreifenden Studien die Organisatoren der betrachteten Wettbewerbe die Akteure der Forschung.

Die US-Wettbewerbe wurden bis 2015 kontinuierlich von einem Team des NREL zusammen mit dem DoE organisiert (NREL 2020), (US Department of Energy 2002a). Im Gegensatz zu den US-Wettbewerben wechselten die Organisatoren in Europa nach 2012, 2014 und 2019. Im hier genannten EU-Projekt arbeiteten für die Auswertung Organisatoren der vergangenen Wettbewerbe 2010 und 2012 mit den Organisatoren des SD EU 2019 und mit der European Energy Endeavour Foundation zusammen. Aus dieser Forschungsinitiative ist eine Veröffentlichung hervorgegangen zu den Analysethemen Entwurf und Konstruktion, Energiekonzepte, Auswirkungenanalyse auf die Entwicklung von Smart Cities in Europa und einer Bewertung der Bildung und Arbeitskräfteentwicklung durch den Wettbewerb (Voss, Karsten Prof. Dr.-Ing.; Hendel, Susanne; Vega, Prof. Sergio; Arranz 2020b).

Zusammengefasst lässt sich festhalten, dass es bereits Forschung am SD gibt, aber das einzigartige Potenzial des SD nicht genutzt wird. Bisher gibt es nur vereinzelte Bestrebungen mehrere SD-Häuser zusammen auszuwerten. Zudem hat sich gezeigt, dass insbesondere Forschung von Akteuren mit direktem Zugang zu den SD-Häusern durchgeführt wird. Zu diesen Akteuren zählen die Teams selbst und die SD-Organisatoren. In den nachfolgenden Teilkapiteln soll der Frage auf den Grund gegangen werden, warum das Potenzial des SD in der Forschung bisher nahezu ungenutzt bleibt. Ebenso soll geklärt werden, warum es neben den SD-Teams und Organisatoren nahezu keine weiteren Forschungsakteure gibt.

6.3 OPTIMIERUNGSPOTENZIALE FÜR EINEN DIALOG ZWISCHEN SD UND FORSCHUNG

Eine Verknüpfung von SD und Forschung kann Vorteile sowohl für die Gebädeforschung als auch für die Weiterentwicklung des SD bieten. Dass bereits SD-Häuser und Ergebnisse Teil von Forschungsprojekten sind, konnte aufgezeigt werden. Allerdings konnte hierbei kein Dialog zwischen SD und Forschung herausgearbeitet werden. Weder ist es Forschungsakteuren bisher uneingeschränkt möglich gewesen, mit SD-Ergebnissen zu arbeiten, noch konnte in Europa eine Rückspiegelung von Forschungsergebnissen in den SD aufgezeigt werden. Der Vergleich zwischen Forschung am SD und anderen Forschungsprojekten soll Aufschluss darüber geben, warum die Forschungsmöglichkeiten am SD nur teilweise genutzt werden. Basierend hierauf sollen Optimierungsvorschläge für den SD-Forschungsdialog erarbeitet werden.

Forschung ist ein weites Feld mit verschiedenen Themen und drauf ausgerichteten Methoden. Für einen Vergleich zwischen Forschungsprojekten, deren Methoden denen des SD entsprechen könnten, muss zunächst das Themenfeld eingegrenzt werden.

6.3.1 THEMENEINGRENZUNG: FORSCHUNG AN GEBÄUDEN

Der Dialog zwischen SD und der Forschung bietet mehrere Ansatzpunkte. Forschungen beispielsweise in den Bereichen Bildung, Wirtschaft, Psychologie und Gebäuden sind am SD denkbar. Der SD ist zwar ein Gebäudeenergiewettbewerb, aber auch eine einzigartige Bildungs- und Ausbildungsinstitution für Studenten (US Department of Energy, Energy Endeavour Foundation 2016, p. 2). Die Beteiligung von Firmen, als Sponsoren oder Partner der Teams zum Test von Technologien ist verbreitet. Erkenntnisse hieraus können Einflüsse auf den Bau- und Technologiemarkt haben. Dass Auswertungen in diesem Bereich möglich sind, hat bereits NREL bewiesen (Simon, Doris, Farrar 2017). Interessant wären Psychologie-Studien der Teams während der Wettbewerbsphase. Die befragten Teams des SD US 2015 und SD ME 2018 haben angegeben, dass die Teilnahme am SD eine einzigartige Erfahrung war. Hierbei wurde insbesondere der hohe Stresslevel sowie die Notwendigkeit, Organisationsstrukturen zu bilden und sich schnell neue Arbeitsbereiche erschließen zu müssen, erwähnt (siehe Kapitel 3.2.4.1 Interview).

Die hier genannten Forschungsideen sind Beispiele für mögliche Projekte. Eine weitere Berücksichtigung würde den Rahmen dieser Arbeit sprengen. Der Fokus dieser Arbeit liegt auf Gebäuden und demnach hier im Kapitel auf Forschung an Gebäuden. Die SD-Häuser und die Dokumentationen sind anschauliche und aufwandsintensive Ergebnisse des SD. Auch wenn Kommunikation und Bildung der Studenten und der interessierten Öffentlichkeit wichtige Qualitäten des SD sind, sind die Häuser die wesentlichen Wettbewerbsbeiträge. Die Verteilung der bisherigen Forschungstätigkeiten zeigt ebenfalls einen Schwerpunkt auf der Beforschung der SD-Häuser oder Teile der Häuser (siehe oben).

Die Eingrenzung des Forschungsfeldes auf die SD-Häuser bietet noch ein weites Feld. Ein Haus ist die Summe aus Design, Konstruktion und Funktionalität. Alle drei Kategorien werden im SD bewertet (siehe Kapitel 2.2.2 Abbildung 2.2.2-1). In den folgenden Betrachtungen wird aufgrund der Messbarkeit und objektiven Nachvollziehbarkeit der Fokus auf technische Aspekte gelegt. Zu den technischen Aspekten zählen hier alle Maßnahmen, die Einfluss auf die energetische Performance oder den Komfort haben. Hierzu werden bautechnische und gebäudetechnische Elemente gezählt. Die Konstruktion und Materialwahl ist die Schnittstelle zwischen Design, Performance und Funktionalität und wird nachfolgend zu bautechnischen Maßnahmen gezählt. Das Design und der Entwurf eines Gebäudes haben Einfluss auf die Performance eines Gebäudes und entsprechende Aspekte sollen mit in Betracht gezogen werden. Künstlerische und Aspekte des reinen optischen Komforts bleiben nachfolgend unbeachtet.

6.3.2 ARBEITSWEISEN IN DER FORSCHUNG UND IM SD

Forschung an Gebäuden ist nicht nur thematisch (siehe Kapitel 6.2), sondern auch methodisch (Common, May, Jimenez, Madsen, Flamant, Lethé, Bauwens, Roels 2017) vielfältig. Zur Unterteilung der möglichen Arbeitsweisen ist der Grad der Zugänglichkeit zu Testobjekten und Informationen ein mögliches Kriterium. Dabei kann abgestuft unterschieden werden zwischen direktem und uneingeschränktem Zugang zu den Testobjekten bis hin zu einem ausschließlichen Zugang zu Dokumentationen Dritter. Ein direkter Zugang zu Testobjekten wie den SD-Häusern ermöglicht es, durch In-situ-Studien selbst Daten zu generieren. Ohne einen

direkten Zugang müssen Daten aus externen Quellen bezogen werden. Wenn Untersuchungen am SD oder den SD-Häusern nicht möglich sind, aber die Häuser beispielsweise während des Events zugänglich sind, können Beobachtungen die Belastbarkeit der Dokumentationsauswertung verstärken. Ebenso ermöglichen Befragungen von Teams, Organisatoren und eventuell Nutzern, beispielsweise in der Nachnutzungszeit weitere Erkenntnisse, die über bestehende Dokumentationen hinausgehen. Zudem lassen sich mithilfe von theoretischen Analysen dokumentierte Ergebnisse und selbst generierte Daten nachvollziehen. Die Auswertung unter 3.2.4.2 Relevanz für die Forschung zeigen, dass alle hier beschriebenen Methoden bereits in der SD-bezogenen Forschung angewendet wurden. 85 % der Akteure waren die SD-Teams selbst. Diese hatten in der Regel einen direkten Forschungszugang zum eigenen Wettbewerbshaus (siehe Tabelle 6.2-1, Tabelle 6.2-2). Trotz der maximalen Zugänglichkeit stützen sich nur 20 % dieser Forschungen auf In-situ-Untersuchungen. 10 % der aufgezeigten Forschungsvorhaben waren theoretische Analysen mit Simulationen als Hauptmethodik. Grundlage für diese theoretischen Analysen war dann die Dokumentation des Planungsstandes. Solche theoretischen Analysen sind zudem Teil der SD-Wettbewerbsabgaben. In allen SD-EU-Wettbewerben mussten Teams beispielsweise Berechnungen und Simulationen der Energiebilanz und des Innenraumkomforts abgeben⁶⁴ (siehe Tabelle 6.2-2).

Tabelle 6.3.2-1: Übersicht über die Inhalte der wettbewerbsbegleitenden Dokumentationen durch die Teams. Hier aufgezeigt sind die Inhalte der geforderten Dokumentationen (Deliverables) des SD EU 2021 (European Energy Endeavour Foundation, Bergische Universität Wuppertal 2020, p. 60). Die zeitliche Reihenfolge und Inhalte der Deliverables war bei den vorangegangenen SD-EU-Wettbewerben ähnlich.

Deliverable Nr.	Inhalt	Abgabedatum	Abgabe in Monaten vor dem Event
1	Schematische Entwurfs – und Konzeptbeschreibung, Kommunikationsmaterialien	31.03.2020	16 Monate vor dem Event
2	Entwurfs – und Konzeptbeschreibung, Kommunikationsmaterialien	30.06.2020	13 Monate vor dem Event
3	Dokumentation der Entwurfentwicklung, Kommunikationsmaterialien (Projektbeschreibungen, Architekturmodell, thermische und ökologische Auswertung (TEE))	31.10.2020	9 Monate vor dem Event
4	Konstruktionsdokumentation, Kommunikationsmaterialien (Konstruktionszeichnungen, detaillierte Projektbeschreibungen, thermische und ökologische Auswertung (TEE), Schema der elektrotechnischen Installationen	31.01.2021	6 Monate vor dem Event
5	Konstruktionsdokumentation Update, Kommunikationsmaterialien (Konstruktionszeichnungen, detaillierte Projektbeschreibungen, thermische und ökologische Auswertung (TEE), Schema der elektrotechnischen Installationen	31.03.2021	4 Monate vor dem Event
6	Entwurfsdokumentation Update, Kommunikationsmaterialien (Konstruktionszeichnungen, detaillierte Projektbeschreibungen, Schema der elektrotechnischen Installationen	31.05.2021	2 Monate vor dem Event
7 - öffentlich	Dokumentation des gebauten Zustandes des Hauses (Alle bisher genannten Elemente)	31.10.2021	3 Monate nach dem Event

⁶⁴ Vorgaben, dass Simulationen zur Energiebilanz und zum Komfort im SD EU zu den Abgabeleistungen gehören

Wettbewerb	Simulationsanforderungen der SD-EU-Regeln
2010	(Solar decathlon Europe Organizers 2010, p. 67)
2012	(Solar Decathlon Europe 2012 2012, para. 36.6 ff)
2014	(Solar Decathlon Europe 2014 Organisatoren 2014, p. 82 ff)
2019	(European Energy Endeavour Foundation, EMI 2017, p. 76 ff)
2021	(European Energy Endeavour Foundation, Bergische Universität Wuppertal 2020, p. 77)

Ab dem SD EU 2010 (Energiebilanzsimulation: (Solar decathlon Europe Organizers 2010, p. 82) müssen Teams Simulationsstudien einreichen. Ab dem SD EU 2010 war zudem die Abgabe eines vollständigen Simulationseingabeberichtes (SIR: Simulation Input Report (Solar decathlon Europe Organizers 2010, p. 105) geplant. Dieser Bericht war eine standardisierte Excel-Datei zur Dokumentation aller Simulationsrandbedingungen, die dazu dienen, die Simulationsergebnisse nachvollziehen und vergleichen zu können. Eine Sammlung ausgefüllter SIRs gibt es allerdings nicht.

Neben der umfassenden Datenlage liegt das einzigartige Potenzial des SD für die Forschung insbesondere in der großen Anzahl vergleichbarer Häuser an einem Standort (siehe Kapitel 2). Zudem sind die SD-Häuser aufgrund des Wettbewerbs für praktische Untersuchungen und Messungen vorbereitet (siehe Kapitel 2). Dieses Potenzial wird, wie hier dargelegt, nahezu nicht genutzt. Es gibt bisher kaum SD-Forschung durch Dritte am SD oder an SD-Häusern (siehe Tabelle 6.2-1 und Tabelle 6.2-2). Zudem basieren nur 10 % der dokumentierten SD-EU-Forschungsvorhaben auf den SD-Dokumentationen. Hierbei sind allerdings SD-Organisatoren oder ehemalige SD-Teilnehmer in allen Fällen Projektbeteiligte (siehe Tabelle 6.2-1 und Tabelle 6.2-2).

Zusammengefasst lassen sich zwei Hauptmethoden herausstellen, die beide am SD anwendbar sind. Es ist sowohl möglich, die SD-Häuser oder deren Komponenten vor Ort zu erforschen, als auch, die umfangreiche SD-Dokumentation nach dem Abbau der Häuser für Studien zu nutzen. Beide Methoden wurden bereits angewendet. Beide Hauptmethoden lassen sich beispielsweise durch Ortsbegehungen der Häuser während des Events oder Befragung der Teams und Organisatoren ergänzen. Beides wurde im Rahmen dieser Arbeit durchgeführt. Die Auswertungen unter 6.2 haben allerdings gezeigt, dass der Hauptteil der bisherigen Forschung am SD von den Teams selbst und zum Zweck der Wettbewerbsteilnahme oder Nachbereitung durchgeführt wird. Eine genauere Betrachtung von Forschungen am Objekt und dokumentationsbasierten Forschungen sollen nachfolgend Erkenntnisse zu möglichen Optimierungen von Forschung am SD liefern. Ein wichtiges Optimierungsfeld ist hierbei die Ausweitung der SD-Forschungsakteure und damit verbunden der Forschungsziele. Eine Verwertbarkeit des SD in der Gebädeforschung mit Zielen und Akteuren jenseits des Wettbewerbs kann den SD-Forschungsdialog zugunsten von Gebädeforschungsprojekten und des Wettbewerbs selbst optimieren.

6.3.3 FORSCHUNG AM OBJEKT – CASE STUDY

Die Arbeitsweisen bei Studien an Testobjekten können vielfältige Methoden und Randbedingungen haben. Für eine Betrachtung möglicher Schnittstellen zum SD ist eine weitere Untergliederung notwendig. Praktische Untersuchungen am Testobjekt lassen sich nach dem Grad der Genauigkeit der Ergebnisse und somit nach der Art der Vorgehensweise unterscheiden. Hier ist eine unverzweigte Gliederung möglich (siehe Abbildung 6.3.3-1). Einen Vorschlag zur Gliederung macht der IEA EBC Annex 58. Für Untersuchungen wird ein Rahmen der Genauigkeit aufgespannt, der sich von Laboruntersuchungen bis Praxistests streckt (Janssens 2016). Laboruntersuchungen schaffen den höchsten Grad an Genauigkeit, sind aber beschränkt in ihrer Komplexität des Untersuchungsgegenstandes. In Laboruntersuchungen können nur Gebäudekomponenten untersucht werden. Sehr genaue und belastbare Ergebnisse können in Laboruntersuchungen aufgrund der maximal möglichen Eliminierung von Störfaktoren und der Durchführbarkeit von Ringversuchen erzielt werden. Störfaktoren sind Klima, Nutzer und Komplexität des Systems.

Mehr Komplexität in den Versuchsaufbauten, bei weiterhin hoher Genauigkeit der Untersuchungen, ermöglichen maßstäbliche Versuchsaufbauten. Solche Versuchsaufbauten, die ganze Räume oder Gebäude maßstabsgenau abbilden, sind weltweit nur in geringer Zahl vorhanden (Janssens 2016, p. 4). Beispiele hierfür sind die Zwillingshäuser in Holzkirchen (*Zwillingshäuser*) oder die Raumzelle für In-Situ-Messungen an transparenter Gebäudehülle im Rosenheimer Technologiezentrum (Lass, Wambsganß).

Praxistests sind nach Annex 58 das andere Ende des Möglichkeitsrahmens in der Gebädeforschung. Im Gegensatz zu Laboruntersuchungen sind die Ergebnisse aus Praxistests weniger belastbar und genau. Dafür können und werden Gebäude hier unter realen Bedingungen getestet. Störfaktoren sind bei Praxistests am größten. In der Praxis können beispielsweise keine Ringversuche durchgeführt werden, da im Normalfall jedes Gebäude einzigartig ist und sich somit der Versuchsaufbau nicht reproduzieren lässt. In der Praxis ist zudem die

Vergleichbarkeit zwischen den untersuchten Gebäuden minimal. Aber die gewonnenen Erkenntnisse aus Praxistests lassen sich direkt auf die Baupraxis übertragen.

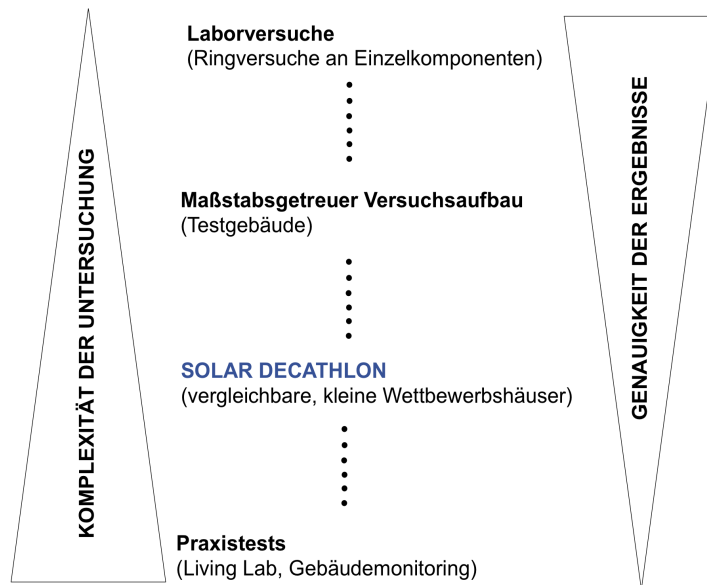


Abbildung 6.3.3-1: Einordnung der SD-Ergebnisse als Versuchsobjekte in die unter 6.3.3 vorgeschlagene Strukturierung für Gebäudeforschung. Die SD-Häuser haben das Potenzial, Untersuchungen mit der Genauigkeit und Komplexität zwischen Laboruntersuchungen und Praxistests zu ermöglichen.

In Abbildung 6.3.3.-1 ist ein Vorschlag zur Verortung der SD-Häuser in der praktischen Gebäudeforschung dargestellt. Die Idee zur Strukturierung stammt aus dem IEA EBC Annex 58 und ist die Grundlage der Abbildung 6.3.3-1. Die SD-Häuser sind, ähnlich wie die Zwillingshäuser in Holzkirchen, Versuchsaufbauten zwischen Praxistest und Laboruntersuchung. Der Unterschied, dass die SD-Häuser zwar in hohem Maß vergleichbar, aber nicht wie die Zwillingshäuser identisch sind, nähert diese an Praxistests an. Voraussetzung für eine solche Einsortierung ist die Nutzung des hohen Maßes an Vergleichbarkeit der SD-Häuser. Die große Anzahl vergleichbarer Häuser am selben Standort zur selben Zeit ist ein wichtiges Potenzial, dass so in der Gebäudeforschung nicht zu finden ist (Janssens 2016, p. 4 ff.).

Die SD-Häuser als Teststationen für die Gebäudeforschung zugänglich zu machen, würde die weltweit verfügbare Anzahl von Testmöglichkeiten signifikant erhöhen. Die SD-Häuser sind bereits für Messungen vorbereitet und werden im Wettbewerb untersucht.

Die Auswertungen der bereits existierenden SD-Forschung hat gezeigt, dass objektbezogene Forschung an den SD-Häusern möglich ist. Dies zeigen Untersuchungen durch die Teams während der Wettbewerbsphase. Beispiel hierfür sind in den Dokumentationen 6.2-1 und 6.2-2 zu finden. Wie bereits erwähnt, wurden zwar Objektstudien an einzelnen Häusern durchgeführt, aber Studien an mehreren Häusern waren selten und nur durch die Wettbewerbsorganisatoren selbst umsetzbar. Ein essenzieller Unterschied zwischen den SD-Häusern und den im Annex 58 dokumentierten Teststationen ist die Dauer der Zugänglichkeit. Während die Teststationen, die im Annex 58 dokumentiert wurden, teilweise seit mehr als 20 Jahren am selben Standort existieren, ist die gesamte Wettbewerbsphase und damit der Zeitraum, in dem die SD-Häuser auf einem Gelände zusammenstehen, zeitlich stark begrenzt (siehe Abbildung 6.3.3.-1). Hinzu kommt der Wettbewerbsablauf selbst, der es bisher für Externe nicht möglich gemacht hat, während der Eventphase Tests an den SD-Häusern durchzuführen. Somit konnten die SD-Häuser entweder nur von den Organisatoren, die im SD EU 2010 und 2012 während des Events, untersucht werden, oder Tests mussten vor oder nach dem Wettbewerb durchgeführt werden. Die Organisatoren waren auch für den Wettbewerbsablauf, die Wettbewerbsbewertungen und die Messungen zuständig und hatten so die Möglichkeit, Studien durchzuführen. Mit 10 % Anteil an der Gesamtforschungstätigkeit sind Studien auf dem Eventgelände selten

(siehe Tabelle 6.2.-2). Einige Teams haben die zweijährige Wettbewerbsphase vor dem SD-Event genutzt, um intensiv ihr Haus oder einen Prototyp ihres Hauses zu testen. Nicht alle Teams⁶⁵ konnten in den zwei Jahren vor dem Event ihr Haus oder den Prototyp für ihr Haus aufbauen und testen. Projektverlängerung oder Nachfolgeprojekte ermöglichten Studien an den SD-Häusern während der Nachnutzungsphase, falls es eine solche gab. Nachnutzungen der SD-Häuser können zeitlich beliebig ausgedehnt werden (siehe Abbildung 6.3.3-2).

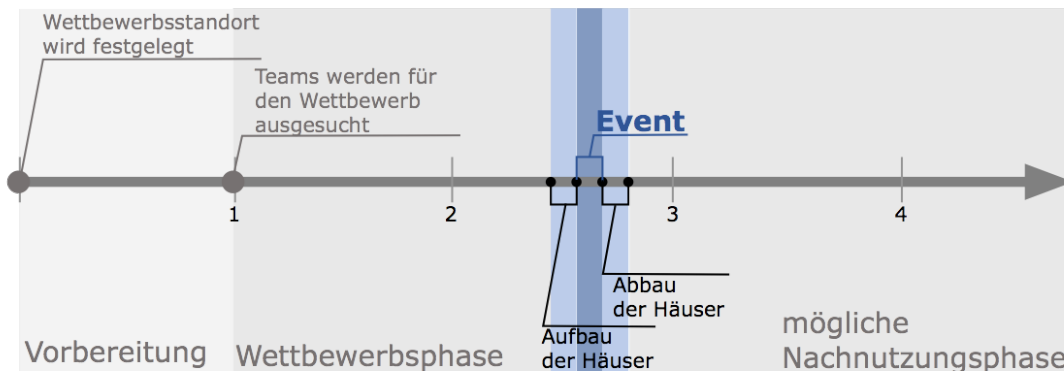


Abbildung 6.3.3-2: Darstellung eines typischen SD-Zeitverlaufes am Beispiel des SD 2021 und SD US 2015. Der Wettbewerb beginnt hier mit der Veröffentlichung des Austragungsortes und somit mit der Bekanntgabe des Organisatorenteams. Die Wettbewerbsphase, von der Bekanntgabe der teilnehmenden Teams bis zum Aufbau der Häuser am Eventstandort, dauert in der Regel etwa eineinhalb bis zwei Jahre. Auf dem Eventstandort haben die Teams etwa zwei Wochen Zeit, in einem für alle gleichzeitig festgelegten Zeitfenster die Häuser zu errichten und in Betrieb zu nehmen. Das Event selbst dauert etwa zwei Wochen. Nach dem Event müssen die Häuser innerhalb von etwa zwei Wochen abgebaut und abtransportiert werden. Nach dem SD ME 2018, dem SD EU 2019 und geplant nach dem SD EU 2021 sind und werden einige Häuser für Forschungszwecke in einer Nachnutzungsphase auf dem Eventgelände verbleiben (siehe Kapitel 2).

Quelle: (SD EU 21- Host City Announcement 2019), (US Department of Energy 2015, p. 37 ff)

Nachnutzungen der SD-Häuser werden vereinzelt bereits seit Jahren umgesetzt. Die SD-Häuser der vergangenen Wettbewerbe wurden teilweise nach den Wettbewerben nachgenutzt. Etwa 85 % der bisherigen SD-US-Häuser und 36 % der bisherigen SD-EU-Häuser wurden nach dem Wettbewerb an neuen Standorten wiederaufgebaut und betrieben (siehe Kapitel 2). Durch die Verteilung auf unterschiedliche und teilweise weltweit verteilte Standorte geht ein wichtiges Potenzial der SD-Häuser für Auswertungen verloren. Klimaeinflüsse könne so, wie beispielweise bei den Zwillingshäusern, nicht ausgeklammert werden (*Zwillingshäuser*) (siehe Exkurs Klimaeinflüsse Kapitel Anhang 9.4)

Die Änderung der Nutzungsart verstärkt diesen Potenzialverlust. Forschungsbeispiele aus bisherigen Nachnutzungen zeigen, dass Forschung an SD-Häusern auch mit eingeschränktem Potenzial möglich ist. Die Abbildungen 2.3-4 und 2.3-5 im Kapitel 2 zeigen die Verteilung von Nutzungen der Häuser des SD EU und des SD US nach der Wettbewerbsphase. Nur 23 % der nachgenutzten SD-Häuser werden in ihrer ursprünglichen Form als Wohnhaus genutzt. Eine Ausnahme ist die Uni Missouri S&T. Diese hat bisher an sieben SD-Wettbewerben teilgenommen. Die Uni Missouri S&T, die bereits an den SD US Wettbewerben 2002, 2005, 2007, 2009, 2013, 2015 und 2017 teilgenommen hat, betreibt 6 ihrer SD-Häuser als studentische Wohnhäuser und als Testeinrichtungen auf dem eigenen Campus (Missouri S&T 2020). Bis auf diese und wenige andere Ausnahmen wurden keine Studien an mehreren SD-Häusern durchgeführt. Das Potenzial des SD, mehrere vergleichbare Häuser an einem Standort zu haben und untersuchen zu können, bleibt weitestgehend ungenutzt.

Auch SD-EU-Häuser wurden nach den Wettbewerben an neuen Standorten genutzt und getestet. Obwohl die Nachnutzung nach den SD-EU-Wettbewerben nicht so verbreitet ist, wie nach den SD-US-Wettbewerben (siehe

⁶⁵ Hier nur Betrachtung der Teams als Akteure, da bisher keine anderen Forschungsakteure dokumentiert sind.

Kapitel 2.3 Nachnutzung). Nachfolgend zeigen ausgewählte Beispiele von nachgenutzten SD-EU-Häusern, was bisher umgesetzt wurde und welche Studien so an den Häusern möglich waren.

Beispiel Praxistest 1: Nachnutzung SD EU 2010 BUW

Nach dem Wettbewerb wurde das Wuppertaler Haus in einem Wohngebiet in Wuppertal für zwei Jahre nachgenutzt. In diesen zwei Jahren (2011 – 2013) wurde das Haus von einem Zwei-Personen-Haushalt bewohnt. Während der Nutzungszeit konnte die Funktionalität des Hauses sowie aller Komponenten in der Praxis getestet werden. Zur Auswertung der Gebäudeperformance wurden Innenraumklima und Energieverbrauch gemonitort. Die Qualität dieses Projektes war, dass die Bewohner auch Betreiber und Forscher waren. Somit konnte die Nachvollziehbarkeit von Messergebnissen maßgeblich gesteigert werden. Die Nutzungsart wurde hier nach dem Wettbewerb nicht geändert. Ein wesentlicher Unterschied zum Wettbewerb war der Standort und die damit verbundenen klimatischen Bedingungen (siehe Exkurs Klimaeinflüsse Kapitel Anhang 9.4). Der Fokus der Auswertungen lag auf dem Abgleich von Energieverbrauch und Energieerzeugung durch die installierte PV-Anlage (Voss, Otto 2012).



Foto 6.3.3-1: Das Haus SD EU 2010 BUW während der Nachnutzung am Standort Wuppertal.
Quelle Uni Wuppertal, Lehrstuhl b+Tga, Julius Otto

SD EU 2010 LOW3

Das LOW3-Haus, welches am SD EU 2010 in Madrid teilgenommen hat, wurde 2011 auf dem Sant Cugat Campus als Reallabor aufgebaut und wird bis heute betrieben. Das Haus dient als Test- und Lehrereinrichtung, ist Studierenden zugänglich und dient in audiovisuellen Lehrmaterialien als Anschauungsobjekt. (*Living Lab Low3*)

SDEU 2014 ROF- Rooftop

Das Rooftop-Haus vom Team der Universität der Künste (UdK) Berlin, welches am SD EU 2014 in Versailles teilgenommen hat, wird als Reallabor auf dem Campus der UdK bis heute nachgenutzt. Die Untersuchungen am Gebäude dienen der Forschung zur Entwicklung von Smart-Building-Technologien. Am Rooftop-Haus wurde zudem ein Langzeitmonitoring durchgeführt. (*Rooftop-Gebäude 2020*)

Ausblick SD EU 2021 (22)

Die Nutzung von SD-Häusern nach dem Event auf dem Wettbewerbsgelände ist ein neues Konzept, das bisher zunächst nach dem SD ME 2018 und dem SD EU 2019 durchgeführt wurde. Im Anschluss an den SD EU 2021 ist eine Forschungsnachnutzung von 8 Wettbewerbshäusern für drei Jahre nach dem Event geplant (Medieninformation Uni Wuppertal; Simon 2021). Dieses geplante Living Lab kann, wenn die Zugänglichkeit für Forschungsinteressierte gesichert ist, einen signifikanten Beitrag zur Forschungslandschaft liefern.

Zwischenfazit Forschung an SD-Objektstudien

Für jeden SD-Wettbewerb entstehen innerhalb von 2 Jahren zwischen 10 und 20 Häuser.

Forschungen am Objekt sind im SD möglich, werden aber nur vereinzelt durchgeführt. Trotz des internationalen Bedarfs an Testobjekten (Janssens 2016, p. 4 ff) werden die SD-Häuser nicht durch Externe für Studien genutzt. Insbesondere die Zeit, die die Häuser eines Events gemeinsam auf dem Eventgelände stehen, hat das größte Potenzial. Dieses bleibt gänzlich ungenutzt. Dies lässt sich auf zwei Probleme zurückführen. Zum einen ist die Zeit, in der die Häuser auf dem Eventgelände betrieben werden, auf nur zwei Wochen begrenzt und bereits durch Eventaktivitäten blockiert. Diesem Problem wollen Nachnutzungsvorhaben wie im Anschluss an den SD ME 2018, SD EU 2019 und SD EU 2021 und auch die Uni Missouri S&T entgegenwirken.

Zum anderen zeigt sich, dass bisher ausschließlich Wettbewerbsbeteiligte den SD und die SD-Häuser für Forschung nutzen konnten. Dies deutet darauf hin, dass es Schwierigkeiten in der Zugänglichkeit für Externe gibt. Die Forschungsmöglichkeiten für Externe sind durch die kurze Verweildauer auf dem Event stark eingeschränkt. Zudem gibt es keine Datenbank für externe Projektgruppen, die eine Suche nach SD-Häusern als mögliche Forschungsobjekte ermöglicht. Somit ist nicht nur das Zeitfenster für die Nutzung des vollen SD-Forschungspotenzials zu klein. Externe Forschungsgruppen können ohne eine Vernetzungsmöglichkeit, wie beispielsweise durch den IEA Annex 58, die SD-Häuser als mögliche Forschungsobjekte nicht finden. Eine Beteiligung von SD-externen Forschungsakteuren ist nicht zwingend notwendig, würde aber die Relevanz des SD für die Gebäudeforschung signifikant erhöhen. Denn weltweit ist die Verfügbarkeit von Objekten für Intensivstudien stark begrenzt. Für jeden SD werden eine einzigartig große Anzahl an Häusern und somit potenziellen Untersuchungsobjekten gebaut. Diese sind nicht absolut vergleichbar mit üblichen Forschungseinrichtungen für Intensivstudien, könnten aber dennoch mit Einschränkungen als solche genutzt werden. Hierfür sind theoretisch die Eventphase und die Nachnutzungsphase mögliche Zeitfenster für Studien an den SD-Häusern. Bisher ist es nur Organisatoren möglich, aktive Untersuchungen an den SD-Häusern während der Eventphase durchzuführen, ohne den Wettbewerb zu stören. Gezielte Forschung während der Eventphase hat den Vorteil, dass alle Häuser mit maximaler Vergleichbarkeit berücksichtigt werden können. Somit kann die Anzahl der Forschungsobjekte signifikant gesteigert werden. Dies hat zudem das Potenzial, neben qualitativen auch quantitative Studien⁶⁶ zu ermöglichen, die in der Gebäudeforschung aufgrund des Mangels an Testobjekten sonst nicht möglich sind. Ein Nachteil von Forschung während der Eventphase ist die kurze Dauer und die Einschränkung durch den Wettbewerbsbetrieb. Um in der kurzen Eventzeit gezielt Untersuchungen durchführen zu können, müssen Fragestellungen, Versuchsaufbauten und Zeitabläufe bereits im Vorfeld geplant werden. Hierfür müssen Informationen zu den Häusern, die vor dem Event bisher nur den Organisatoren zugänglich sind, Forschungsteams zugänglich gemacht werden. Eine Option ist die der SD-EU-2021-Organisatoren, die aktiv nach Forschungsteams für eine Zusammenarbeit gesucht haben. Über eine solche Kooperation können notwendige und bis zum Event nicht öffentliche Teamdokumentationen ausgetauscht werden. Eine Datenbank könnte hier zielführend eingesetzt werden. Mit einer weiteren Vernetzung, beispielsweise über die IEA oder ähnliche Plattformen können auch Forschungsteams die Teamdaten nutzen, um nach SD-Häusern mit für ihre Projekte passenden Spezifikationen zu filtern, um diese während des Events gezielt untersuchen zu können. Eine aktive Kooperation mit den Organisatoren ist weiterhin unumgänglich, damit der Wettbewerbsablauf nicht gestört wird. Der Einsatz einer Datenbank kann hier zum einen die Suche nach Forscherteams und zum anderen die Suche nach passenden Forschungsobjekten aus der Vielzahl der SD-Häuser unterstützen.

Alle Untersuchungen, die strukturierte Informationen an diese Datenbank liefern, unterstützen die Optimierung zukünftiger SD-Wettbewerbe und die wissenschaftliche Qualität der Ergebnisse.

⁶⁶ *Quantitative Studien beziehen sich hier auf Untersuchungen einer großen Anzahl von vergleichbaren Versuchsobjekten mit dem Ziel, Fehlerquellen und Ungenauigkeiten durch eine große Datenmenge auszugleichen. Durch quantitative Analysen werden statistische Auswertungen möglich.*

Eine Förderung der Zugänglichkeit von Forschungsteams zu den SD-Häusern unterstützt den Prozess der Dokumentationsweiterentwicklung, da aktiv mit den SD-Häusern und ihren Besonderheiten gearbeitet werden kann.

Eine Ausdehnung der Verweildauer der SD-Häuser auf dem gemeinsamen Eventstandort, wie es im Anschluss an den SD EU 2021 geplant ist, wäre eine weitere Optimierung der Forschungsmöglichkeiten. Ein Vorteil der Nachnutzungsphase ist die im Vergleich zum nur 10 bis 14 Tage dauernden Event lange Nutzungsdauer und damit Zugänglichkeit der Häuser. Dies ermöglicht bei Zugang zu SD-Häusern umfangreiche Messungen und Studien, die ein hohes Maß an Detaillierung und Genauigkeit erreichen können. Für die Planung und Umsetzung des Living-Labs im Anschluss an den SD EU 2021 wurde eigens ein Team aus Forschern gegründet, die bereits Wettbewerbsbegleitend Forschungsschwerpunkte erarbeiten (Solar Decathlon Europe 21 2022a).

Zusammenfassend ist die Einrichtung einer Plattform zum Vernetzen von Forschungsgruppen mit dem SD ein erster Schritt der Optimierung. Diese Plattform kann eine online und für Forscher frei zugängliche Datenbank sein. Eine Vernetzung der Datenbank zu Plattformen und Projekten von Praxistests ist empfehlenswert. Weitere Optimierungsschritte insbesondere in Form von Forschungen während des Events sind ebenso hilfreich, um das SD-Potenzial auszuschöpfen. Dass Forschungen während des Events möglich sind, haben die SD EU 2012 Organisatoren bereits bewiesen. Diese Vorhaben müssen im Dialog zwischen Wettbewerbsorganisatoren und Forschergruppen abgestimmt werden. Denn der enge Eventzeitplan lässt keinen Raum für Störungen des Wettbewerbs.

6.3.4 FORSCHUNG OHNE OBJEKTZUGANG

Die Ergebnisse jedes SD-Wettbewerbs liefern neben den gebauten Häusern eine umfangreiche Datenlage je Haus. Für den Wettbewerb selbst haben die Teams ihr Haus auf durchschnittlich 800 Seiten beschrieben und ergänzend Zeichnungen und Fotos eingereicht. Hinzu kommen Messungen, Beschreibungen und Bewertungen durch Organisatoren und Jurys während des Events. Die Teamdokumentation und Punktebewertungen sind bereits für den Großteil der SD-Events und Häuser online frei verfügbar. Diese Dokumentationen sind für Querschnittauswertungen auch Jahre nach den eigentlichen Wettbewerben verwertbar und damit sind Auswertungen auch ohne Zugang zu den SD-Häusern möglich.

Trotz der freien Onlineverfügbarkeit eines Großteils der SD-Daten, wurden diese kaum durch Externe genutzt (siehe Tabelle 6.2-1 und 6.2-2). Die eigenen Arbeiten im Projekt „European Energy Endeavour - SD-EU-Dokumentation und Querschnittsanalyse“ und „Solar Decathlon Europe competitions – analysis of the results“ zur Auswertung der SD-Daten haben gezeigt, dass die Daten zwar frei verfügbar sind, aber nicht uneingeschränkt zugänglich. Nichteinheitliche Dokumentenstrukturen, eingeschränkte Möglichkeiten der Volltextsuche in teilweise mehr als 1000-seitigen PDFs, große Unterschiede in den Datenqualitäten und Widersprüche in den Teamdokumentationen machten die Auswertung der bestehenden SD-Daten aufwendig bis unmöglich. Seit dem ersten SD-Wettbewerb wurden die Vorgaben für die Teamdokumentationen durch die Organisatoren kontinuierlich optimiert. Hier wurde bereits erkannt, dass klare Vorgaben für die Dokumentation die Auswertung und auch Bewertung einfacher gestalten. Beispielsweise wurden die Abgabevorgaben „Technical Projekt Summary“ und „Simulation Input Report“ bereits beim SD EU 2012 eingeführt. Diese einheitlichen Formate haben hier im Rahmen des Projektes und der Arbeit einen Vergleich zwischen den Dokumentationen der Häuser ermöglicht. Die Vergleichbarkeit und Zugänglichkeit der Daten und Informationen kann und muss weiter erhöht werden.

Die Idee einer SD-Datenbank, wie bereits unter 6.3.3 vorgeschlagen, kann auch für die Optimierung der Dokumentation aufgegriffen werden. Einheitliche, filterbare und vollständige Daten ermöglichen einen praktikablen Projekteinstieg. Für die hier vorliegende Arbeit hingegen wurden die Teamdokumentationen und Wettbewerbsdokumentationen einzeln recherchiert. Die vorliegenden umfangreichen und uneinheitlichen PDF-Dokumente erschwerten dabei den Projekteinstieg.

Aus dieser Projektphase ist eine Datenbank entstanden, die nicht auf den SD limitiert ist, aber auf der Grundlage von SD-Daten entwickelt wurde. Diese Datenbank wird im Folgekapitel 7 „Knowledge Platform“ detailliert. Eine Weiterentwicklung dieser Datenbank zum Zwecke der Steigerung eines Dialoges zwischen SD und Forschung ist denkbar.

6.4 FAZIT SD IM FORSCHUNGSDIALOG

Forschung am SD ist möglich und wird bereits seit dem ersten SD-Wettbewerb praktiziert. Die in den Umfragen genannte Kritik (siehe Kapitel 3 S. 61) an der Verwendbarkeit für Forschungsvorhaben des SD bezieht sich aber auf eine eingeschränkte Nutzbarkeit. Explizit wurde hier erwähnt, dass die verfügbaren SD-Daten unzureichend für Forschungsprojekte sind (siehe Kapitel 3 S. 61).

Die Hauptakteure der SD-Forschung sind bisher die Teams und vereinzelt die SD-Organisatoren. Eine Forschung am SD durch Externe gibt es bisher nicht. Zudem sind auch Querschnitts- und Vergleichsstudien an den SD-Häusern und abseits des Wettbewerbs selten. Die SD-Häuser sind einzigartig in ihrer Größe, Nutzung, Ausstattung und Vergleichbarkeit zueinander. Diese Eigenschaften begünstigen Vergleichsuntersuchungen zwischen den Häusern. Aufgrund des Wettbewerbsrahmens sind bestimmte Störfaktoren, wie Nutzereinflüsse und Klimaeinflüsse minimiert. Die SD-Ergebnisse haben das Potenzial, Forschung zwischen Labor- und Praxistests zu ermöglichen, ohne den Aufwand neue Versuchsobjekte bauen zu müssen.

Während einer Living-Lab-Nachnutzung, wie sie nach dem SD EU 21/22 umgesetzt wird, können vornehmlich Studien am SD-Stromnetz und den Möglichkeiten, wie die SD-Häuser auf Netzschwankungen reagieren können, durchgeführt werden. Hier wäre insbesondere der Test und die Weiterentwicklung von Smart-Meter-Gateways, wie sie in Deutschland zum Ausbau der Smart-Grid-Infrastruktur verbaut werden sollen, sinnvoll. Der Smart-Grid-Ausbau hängt in Deutschland den gesteckten Zielen, 80 % der Messstelleneinrichtung als Smart-Meter bis 2020 auszubauen (Europäische Union 2009, para. Anhang 1 Abs 2), mit dem aktuellen Stand von 0,1 % in 2021 deutlich hinterher (Bundesnetzagentur 2021, p. 278). Grund hierfür ist, dass es nicht ausreichend viele Anbieter auf dem Markt gibt, deren Produkte den Vorgaben des Messstellenbetriebsgesetzes genügen. Ein Grundproblem hierbei ist, dass die Anbieter den Einsatz ihrer Smart-Meter im Praxistest benötigen, um diese gemäß der gesetzlichen Vorgaben weiterentwickeln zu können (BNetzA und BKartA 2021, p. 307). Für dieses Problem könnten im Rahmen des SD-Living-Labs wichtige Erkenntnisse zur Smart-Meter-Gateway-Weiterentwicklung generiert werden.

Projekte, die gesamte Gebäude als Forschungsgegenstand haben, haben allgemein die Schwierigkeit, eine ausreichende Anzahl vergleichbarer Objekte zu finden. Deshalb wird teilweise ein hoher Aufwand betrieben, um Versuchsaufbauten zu schaffen, die der Vergleichbarkeit, Genauigkeit und Störungsfaktorfreiheit von Laboruntersuchungen nahekommen, aber die Komplexität ganzer Gebäude berücksichtigen. Dieses einzigartige Potenzial bleibt im SD bisher ungenutzt. Als Hauptgrund für das bisher ungenutzte Potenzial, an mehreren SD-Häusern gemeinsam zu forschen, konnte die mangelnde Zugänglichkeit herausgestellt werden. Üblicherweise stehen die SD-Häuser ausschließlich während des Events gemeinsam auf einem Gelände. Living-Lab-Nachnutzung und damit der Verbleib zumindest einiger Wettbewerbshäuser auf dem gemeinsamen Gelände wurden bisher nach dem SD ME 2018 und dem SD EU 2019 umgesetzt. Nach Abschluss des SD EU 21/22 sind insgesamt 10 SD-Häuser auf dem Eventgelände in Wuppertal verblieben und werden im Rahmen des Living Lab NRW für insgesamt drei Jahre beforscht (NRW 2023).

Die umfangreiche Dokumentation selbst hat ein Potenzial für Forschungsprojekte. Die Dokumentation ist langlebiger als die Häuser selbst und ohne lokale Beschränkung für eine große Gruppe verfügbar. Aber auch dieses Potenzial wurde bisher durch externe Forschungsakteure nicht genutzt. Hauptgrund hierfür ist neben der Kritik an der Relevanz des SD für Forschungsprojekte (siehe Kapitel 3.2.4.2 Umfrage) auch die schwierige Daten- und Informationszugänglichkeit. Die Einführung einer SD-Datenbank kann sowohl die Nutzbarkeit für praktische Objektstudien als auch dokumentenbasierte SD-Studien optimieren. Diese wurde bereits in ihren Grundzügen für die hier zugrundeliegenden Forschungsprojekte erarbeitet und wird im Folgekapitel detailliert.

Kapitel 7 Knowledge Platform

Die Building Competition Knowledge Platform wurde im Rahmen der Auswertungen der SD-Dokumentationen entwickelt. Sie ist eine online zugängliche Datenbank, die neben der strukturierten Ablage aller verfügbaren SD-Daten ebenfalls die Möglichkeit bietet, Lehrinhalte und Werkzeuge für zukünftige SD-Teams zugänglich zu machen. Die Knowledge Platform ist nicht auf den SD beschränkt, wurde aber für diesen entwickelt.

7 KNOWLEDGE PLATFORM

Mit dem Ziel, eine umfassende Querschnittauswertung der SD-EU-Daten der vergangenen Wettbewerbe anzulegen, wurde eine online zugängliche Datenbank angelegt. Diese wurde, wie bereits im Kapitel Forschungsdialog erwähnt, auf der Grundlage der SD-EU-Daten strukturiert, ist aber grundsätzlich nicht auf den SD beschränkt. Die Datenbank trägt demnach den Titel „Building Competition Knowledge Platform“ und ist unter <https://building-competition.org> erreichbar. Hauptaufgabe der Knowledge Platform ist es, das Alleinstellungsmerkmal der einzigartigen Vergleichbarkeit der SD-Häuser, die in unvergleichbar großer Anzahl für jeden Wettbewerb gebaut werden, in einer Datenbank zugänglich zu machen (siehe Kapitel 6 Forschungsdialog). Hierfür wurde insbesondere Wert auf eine einheitliche Dokumentation der Daten gelegt. Für die Daten der vergangenen Wettbewerbe bedeutete dies eine händische Aufbereitung aller Daten und das Einpflegen in Dokumentationsvorlagen. Diese Vorlagen wurden im Rahmen der hiermit verbundenen Forschungsarbeit kontinuierlich überprüft und erweitert.

Die Aufbereitung der SD-Daten und die Entwicklung der Knowledge Platform (KP) (Hendel, University of Wuppertal 2018) waren Teil des 2015 gestarteten Projektes „European Energy Endeavour - europäische Initiative zur Weiterentwicklung und Umsetzung des SD EU. Dokumentation und Querschnittsanalyse“ (ENARGUS). Ziel des Projektes war es, Erkenntnisse über den SD zu erlangen, um einen europäischen Gebäude-Energiewettbewerb entwickeln zu können (Voss, Karsten Prof. Dr.-Ing.; Hendel 2019). Durch die Anknüpfung an den 2018 gestarteten IEA EBC Annex 74 „Competition and Living Lab Platform“ soll die KP durch weitere internationale Bereiche sowie Lernmaterialien und -werkzeuge erweitert werden (Voss 2017). Der IEA EBC Annex 74 soll zudem die unter Forschungsdialog empfohlene Vernetzung mit SD externen Forschungsakteuren sicherstellen.

Hier im Kapitel wird der Beta-Entwicklungsstand der KP, der im Rahmen der eigenen Forschungsarbeit bis Ende 2019 entwickelt wurde, präsentiert. Schwerpunkt dieser Entwicklung war die Aufbereitung der SD-EU-Daten vergangener Wettbewerbe mit Ergänzungen durch Daten aller internationalen SD-Wettbewerbe. Der hier präsentierte Entwicklungsstand ist als Offline-Version als Anlage zu der hier vorliegenden Arbeit verfügbar. Die folgende Detaillierung der KP untergliedert sich in drei Teile. Zunächst werden die vorhandenen Daten und somit die Arbeitsgrundlage für die Strukturierung der Datenbank beschrieben. Es folgt eine Beschreibung des Aufbaus und der Datenbankfunktionen. Im letzten Teil werden insbesondere mögliche Weiterentwicklungen und Optimierungen vorgeschlagen.

7.1 VORHANDENE DOKUMENTATION (TEAM ABGABEN)

Das umfangreichste und langlebigste Resultat des Wettbewerbs ist die Dokumentation. Die Entwicklung der KP basierte auf der vorhandenen Dokumentation mit Schwerpunkt auf den Wettbewerben SD EU 2010 – 2014. Die Dokumentation dieser drei abgeschlossenen Wettbewerbe weist teils Lücken auf. Basierend auf den vorhandenen Daten, die hauptsächlich aus den Teamabgaben (Deliverables) stammen, konnte die KP strukturiert und Stammdaten-Vorlagen (Fact Sheets) für eine absolute Vergleichbarkeit der Häuser angelegt werden. Nicht alle Daten waren für jedes Haus gleichermaßen vorhanden. Die Datenlokalisierung war die erste Phase des Projektes. Ein Anhaltspunkt bei der Suche nach vorhandenen Dokumentationen war die SD-US-Webpage (US Department of Energy 2019). Hier sind für die SD-US-Wettbewerbe ab 2002 und ab 2007 umfangreich die Teamabgaben (Deliverables) vorhanden. Da alle SD-Editionen nach dem SD-US-Vorbild konzipiert wurden, wurde angenommen, dass ähnliche Daten auch für die SD-EU Wettbewerbe vorhanden sein müssen. Dies bestätigte sich für alle Editionen. Allerdings gab es für die SD-EU-Dateien keinen einheitlichen Speicherort wie für den SD US. Vielmehr waren diese nur auf den teils deaktivierten Webseiten des jeweiligen Events vorhanden. In Zusammenarbeit mit den SD-EU-Organisatoren der Wettbewerbe EU 2010 bis 2014 konnten die Teamabgaben, Monitoring-Daten und Regelwerke gesichert werden. Zusammengetragen und in der KP gesichert werden konnten die in Tabelle 7.1-1 aufgelisteten Daten.

Tabelle 7.1-1: Von allen vergangenen internationalen SD-Wettbewerben konnten Daten in der KP gesichert werden. Die für die Auswertung der Häuser wichtigen Projektbeschreibungen (Project Manuals) liegen nur von den Wettbewerben SD EU, SD US und SD ME vor. Hier in der Tabelle sind die Dokumentationen, wie auch im Original und in der KP, englisch bezeichnet. Übersetzungen und Beschreibungen der hier aufgelisteten Dokumente befinden sich im Glossar im Anhang der Arbeit. Hier dargestellt ist der Bearbeitungsstand März 2019, Quelle: (Voss, Karsten Prof. Dr.-Ing.; Hendel 2019)

	Format	SD EU 2010	SD EU 2012	SD EU 2014	SD EU 2019	SD EU 2021	SD US 05-17	SD ME 2018	SD LA 15	SD CN 13-18	SD AF 2019
Rules	PDF	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Building Codes	PDF						✓	✓	✓	✓	
Project Manuals	PDF	✓	✓	✓			✓	✓			
Technical Project Summary	PDF		✓	✓							
Project Drawings	PDF	✓	✓	✓			✓	✓			
Jury Narratives	PDF	✓	✓	✓			✓	✓			
Scoring		✓	✓	✓			✓	✓			
Monitoring Data	CSV	✓	✓	✓			✓ (ab 11)	✓			
Weather Data	CSV/ JSON	✓	✓	✓			✓ (ab 11)	✓			
Publication	PDF	✓	✓	✓			✓				
Pictures	JPG	✓	✓	✓			✓	✓			
							(15,17)				

Von den in Tabelle 7.1-1 aufgelisteten Dokumenten bilden die Teamabgaben (Deliverables) den größten und für Auswertungen der Häuser wichtigsten Datensatz. Diese Dokumente waren eine für alle Teams verpflichtende Wettbewerbsabgabe. Sie bestehen aus Project Manuals (Projektbeschreibungen), Drawings (Zeichnungen) und Jury Reports (je eine Kurzbeschreibung des Projektes pro Jury).

Wie bereits erwähnt, haben die SD-EU-Teamdokumentationen einen durchschnittlichen Umfang von 800 Seiten. Hinzu kommen Zeichnungen, Bilder, Scans und Messergebnisse für jedes Haus. Für die SD-EU-Wettbewerbe sind somit bis Ende 2019 (inklusive SD EU 2019) für 66 Häuser insgesamt 53.000 Seiten PDF-Dokumentation zusammengekommen. Der Umfang, die Uneinheitlichkeit der Dokumente und eine nicht zuverlässig anwendbare Volltextsuche und damit nicht automatisierbare Filterung der Dokumente nach Informationen machte eine manuelle Sichtung aller EU-Dokumente notwendig. Eine automatisierte Lösung wurde verhindert durch uneinheitliche Dokumentstrukturen und teils handschriftliche Scans als Teil der PDFs. Zudem haben Teams neben dem tatsächlich gebauten Konzept auch andere Konzepte aus der Planungsphase dokumentiert. Der Test einer automatisierten Volltextsuche in den PDFs, beispielsweise nach bestimmten Technologien, hat viel mehr Technologien aufgezeigt, als tatsächlich verbaut wurden.

Messergebnisse und Monitoring-Datensätze sind ein weiterer Bestandteil der Dokumentationen. Obwohl während des Events Messungen für den Wettbewerb durchgeführt wurden, werden diese nur als geschlossener Datensatz gesichert. Für die Wettbewerbe SD US 2011 – 2017 und SD EU 2010 – 2014 konnten die Messdaten der Wettbewerbsphase gesichert werden. Gemessen wurden hier Energieverbräuche, Erträge, Innen- und Außenraumtemperaturen, Luftfeuchtigkeit und Tageslichtversorgung (Hendel, University of Wuppertal 2018). Problematisch an diesen geschlossenen Datensätzen ist die lückenhafte Dokumentation der Randbedingungen. Beispielsweise sind Personenbelegungen, Fensteröffnungen, Nutzung des Sonnenschutzes sowie teilweise die Spezifikation und Lage der Messsensoren nicht überliefert. Auswertungen der Messergebnisse sind demnach nur unter Vorbehalt möglich. Messungen während des Wettbewerbs sind bereits auf den Vergleich der Häuser ausgerichtet. Dies bietet insbesondere die Möglichkeit, die

Untersuchungen zu erweitern und zukünftig für Forschungen außerhalb des Wettbewerbs zu nutzen, vorausgesetzt die Randbedingungen werden mitdokumentiert.

Die bestehende Dokumentation, insbesondere die Teamdokumentation und die Monitoring-Daten wurden bisher für den Wettbewerb konzipiert und sind für andere Nutzungen nur bedingt verwertbar. Für den Wettbewerb stand die Bewertbarkeit gemäß den Disziplinanforderungen im Vordergrund.

Sukzessive wurden die bestehenden Datenbestände manuell ausgewertet und die Erkenntnisse hieraus dienten der Erstellung der KP-Struktur und den dort angewendeten Vorlagen zur systematischen Vereinheitlichung der Informationen.

7.2 AUFBEREITUNG VORHANDENER DOKUMENTATION IN DER KNOWLEDGE PLATFORM

Das Ziel der Aufbereitung war es, vergleichbare Datensätze zu generieren und Vorlagen für zukünftige Wettbewerbe zu erstellen, die uneingeschränkt anwendbar für alle zukünftigen SD-Wettbewerbe sind. Die Aufbereitung in der KP erfolgt mithilfe von Fact Sheets (Stammdaten) und Tags (Markierungen). In den Fact Sheets werden detaillierte Informationen zu den Häusern erfasst. Die Tags bilden dazu eine ergänzende Filterfunktion. Beide Elemente zusammen sind die Quelle für die implementierte Suchfunktion. Ergänzend sind alle vorhandenen PDFs gespeichert. Entwickelt und getestet wurden die Fact Sheets und Tags mit und an den Daten der Wettbewerbe SD EU 2010 bis 2014. Die SD-EU-2019-Teams haben ihre Daten teilweise direkt in die KP eingetragen.

7.2.1 AUFBAU DER KP

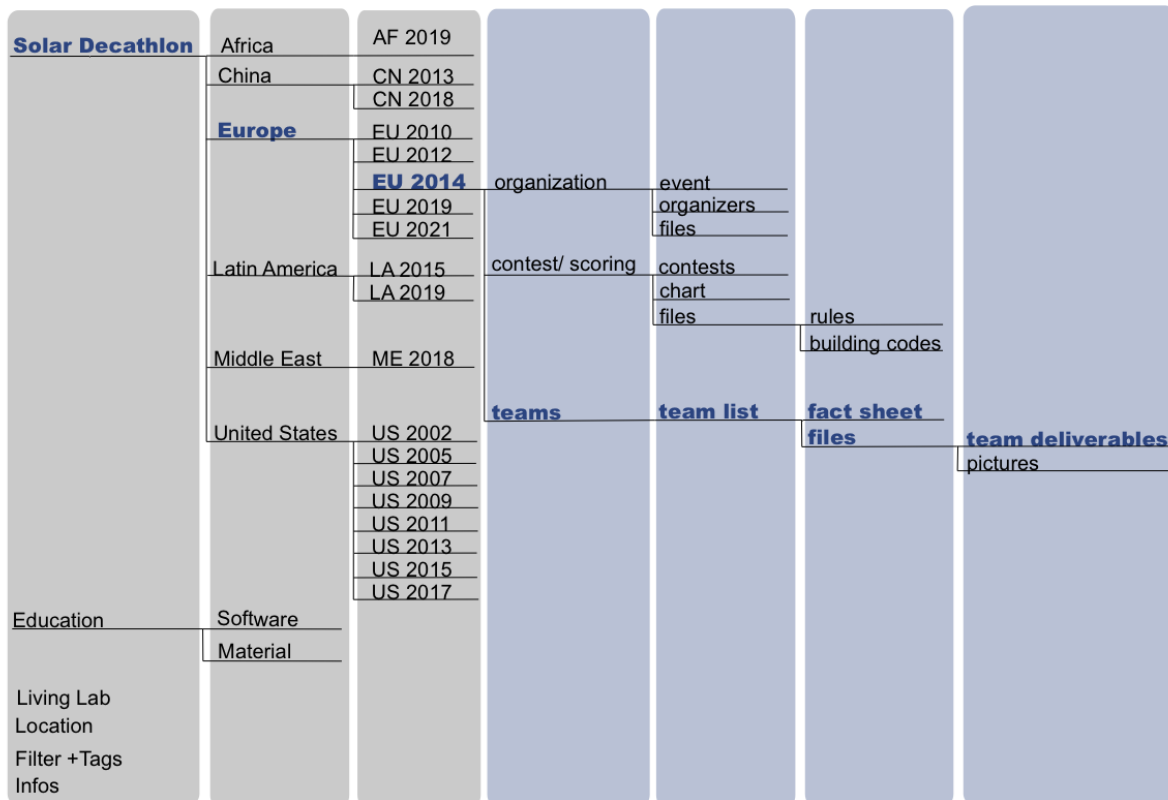


Abbildung 7.2-1: Aufbau der KP mit farblicher Markierung des Pfades zum umfangreichsten Datenbestand.

Die KP ist in drei Bereiche unterteilt: Ein Bereich, in dem SD-Wettbewerbe dokumentiert werden (Solar Decathlon), ein Bereich für Lernmaterialien und Lernwerkzeuge (Education) und ein Bereich für die Dokumentation von Living Labs. Die im Bereich „Education“ hinterlegten Lernwerkzeuge sollen zukünftigen SD-

Teams und auch Studierenden generell dienen. Der Bereich „Living Lab“ wurde insbesondere im Hinblick auf das im Anschluss an das SD EU 2021 geplante Living Lab in die KP integriert. Zum Abschluss der eigenen Projektarbeit und in der Beta-Version der KP ist der Bereich „Living Lab“ zwar angelegt, aber noch leer. Die SD-Dokumentation ist der umfangreichste Bereich der KP und ist unterteilt in Wettbewerbseditionen und jede Edition nach Wettbewerbsjahrgang. Die Dokumentation je Wettbewerb ist unterteilt in die Teile „Organizer“, „Teams“ und „Rules & Scoring“. Unter „Organizer“ finden sich Informationen zu den jeweiligen Wettbewerbsorganisatoren und die Dokumentation von beispielsweise Zeitplänen und Vorlagen. Unter „Rules & Scoring“ sind die jeweiligen Regelwerke abgelegt, die Disziplinen mit maximal möglichen Punkten aufgelistet und die finale Punktebewertung der teilnehmenden Teams aufgezeigt. Beide Bereiche beinhalten somit die Dokumentation der Wettbewerbsrandbedingungen. Die Wettbewerbsergebnisse sind im Bereich „Teams“ zu finden. Hier stellt eine vorgegebene und für alle Teams einheitliche Eingabemaske sicher, dass Stammdaten der SD-Häuser vergleichbar dokumentiert werden. Die Fact Sheets sind detailliert beschrieben unter 7.2.2 Fact Sheets.

Alle Bereiche der KP sind ausbaufähig angelegt. Die hier beschriebene Struktur und der Umfang der Dokumentation bezieht sich auf den Projektstand Ende 2019. Für diesen Zwischenstand lag der Bearbeitungsfokus auf der Nutzbarmachung der Teamdokumentation für die Querschnittsauswertungen des SD EU (Voss, Karsten Prof. Dr.-Ing.; Hendel 2019).

7.2.2 FACT SHEETS

In den Fact Sheets werden detaillierte Informationen zu den Häusern vergleichbar erfasst. Das im SD EU 2012 als Teil der Teamabgaben (Deliverables) eingeführte Technical Project Manual diente hierfür als erster Anhaltspunkt für die Verfügbarkeit von Informationen.

Die Stammdatenvorlagen bestehen aus 15 Teilen. Im ersten Teil werden Daten zu dem Team, wie Teamname, Universität, allgemeine Projektbeschreibungen und Projektname erfasst. Im nächsten Abschnitt werden die Team-/ Hausherkunft und der Nachnutzungsstandort der Häuser dokumentiert. Beide Standorte werden simultan in je einer integrierten Google-Karte angezeigt, die mit der Google-Karte der KP-Plattform-Startseite verlinkt ist. Im nächsten Abschnitt können Tags gesetzt werden. Der Aufbau der Tags wird im folgenden Teilkapitel 7.2.3. erläutert. Im Anschluss an die Tags werden detaillierte Informationen in 11 Abschnitten erfasst. Angefangen von allgemeinen Informationen zu den Projektanforderungen, der Punktebewertung im Wettbewerb und der Gebäudehülle werden auch Informationen zum Heiz-, Kühl- und Lüftungssystem, der Warmwasserversorgung, der Photovoltaikanlage, dem Energiebedarf, der Aufteilung des Energiebedarfes je Verbraucher, der Energiebedarfsbilanz, den Kosten und der CO₂-Bilanz mit den Stammdaten abgefragt. Zusätzlich zu den einzeln erfassten Informationen werden Dokumente und Bilder in den Stammdaten gespeichert.

Nach Informationen in den Stammdaten kann in der KP gesucht werden. Zudem lassen sich die Fact Sheets einzeln (Beispielsexport siehe digitaler Anhang) oder gebündelt als Excel-Datei exportieren werden (Beispielsexport siehe digitaler Anhang). Die Exportfunktion soll Auswertungen vereinfachen und helfen, die Fact Sheets basierend auf Erkenntnissen der Auswertung weiterzuentwickeln.

7.2.3 TAGS

Die Tags werden als Teil der Stammdaten angelegt und auch im Stammdatenexport mitexportiert. Sie dienen zudem als Filter zur Auswahl der Häuser für den Export mehrerer Fact Sheets und sind neben den Fact Sheets die Basis der KP-Suchfunktion. Mit den Tags können beispielsweise alle Häuser für den Export ausgewählt werden, die eine bestimmte Technologie verbaut haben. Im Gegensatz zu den detaillierten Informationen in den Fact Sheets sind Tags nur Markierungen, ob bestimmte Technologien oder Materialien verbaut worden sind.

Wird beispielsweise in einer Projektbeschreibung erwähnt, dass eine Wärmepumpe verbaut worden ist, ohne dass diese genauer beschrieben wird, wird Haus mit dem Tag „Heat Pump“ versehen. Ist in der Dokumentation eine Beschreibung der Wärmepumpe zu finden, werden diese Details im Fact Sheet eingetragen.

Bis Ende 2019⁶⁷ wurden Tags für Technologien und Materialien definiert. Für eine ausbaufähige zukünftige Nutzung lassen sich die Tags unendlich thematisch erweitern.

Beispielsweise können Tags zukünftig für Trendanalysen des SD EU verwendet werden, wie z. B. für Marktstudien, wie sie von NREL veröffentlicht wurden (Simon et al.)⁶⁸.

Die definierten Tags bilden ab, wie Technologien und Materialien eingesetzt werden können, um den gewünschten Innenraum- und Nutzerkomfort herzustellen. Somit basiert die Struktur der KP-Tags auf dem Zusammenhang zwischen Umgebungsbedingungen und Komfortbedürfnissen. Für die Innenraumtemperatur, Luftqualität, Luftfeuchtigkeit und die Lichtverhältnisse sind die Komfortbereiche in den SD-Regeln klar definiert. Diese Vorgaben orientieren sich an den am Eventstandort üblichen Grenzwerten. Der Zusammenhang zwischen Umwelteinflüssen und Nutzerkomfort als Grundidee hinter der Tagstruktur ist in Abbildung 7.2.3-1 dargestellt.

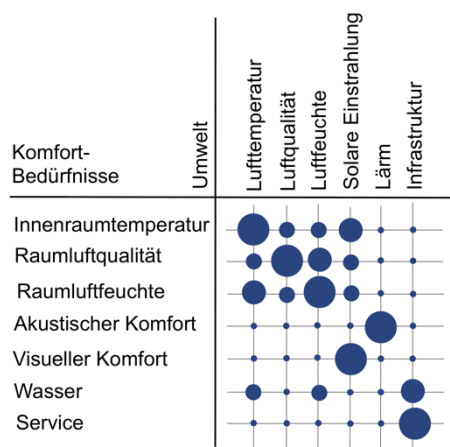


Abbildung 7.2.3-1: Zusammenhang zwischen den Umwelteinflüssen und den Komforterwartungen. Die Größe der Punkte markiert die Bedeutung der Beziehungen. Je größer der Punkt ist, desto stärker ist der Einfluss eines Umweltfaktors auf ein Komfortbedürfnis. Die oben genannten Komfortansprüche werden durch den Wasser- und Servicebedarf ergänzt. Denn auch der Warmwasserbedarf und der Strom für Hausgeräte beeinflussen die Gesamtenergieeffizienz des Gebäudes.

In Abbildung 7.2.3-1 wird das Ziel abgebildet, Komfort mithilfe von Technologien und Materialien herzustellen oder zu erhalten. Die Grobstruktur der Tags basiert demnach auf den Komforterwartungen für Temperatur, Luftqualität, Luftfeuchtigkeit, Akustik, Lichtverhältnisse sowie Wasserbedarf und Servicebedarf. Die Tags, die einem Komfortbedürfnis zugeordnet sind, sind weiter untergliedert nach „Erhalten“, „Erzeugen“, „Verteilen“, „Speichern“ und „Steuern“ (siehe Abbildung 7.2.3-2). Abhängig von den Umwelteinflüssen kann diese Komforterwartung bereits erfüllt sein und muss nur erhalten werden. Sind die Komforterwartungen nicht erfüllt, dann muss der Komfort erst erzeugt werden. Das, was erzeugt wird, muss in den meisten Fällen zum und im Nutzungsraum verteilt werden. Alle Technologien müssen für einen Komfortgewinn gesteuert werden.

⁶⁷ Bearbeitungszwischenstand für diese Arbeit

⁶⁸ Die US-Auswertung wurde ohne den Einsatz der Building- Competition Knowledge Platform angefertigt. Hier hatten die Organisatoren direkten Zugang zu den Häusern und Teams.

Komfort- Bedürfnisse	Umwelt	Erhalten	Erzeugen	Verteilen	Speichern	Steuern
Innenraumtemperatur		●	●	●	●	●
Raumluftqualität		●	●	●	●	●
Raumluftfeuchte		●	●	●	●	●
Visueller Komfort		●	●	●	●	●
Akustischer Komfort		●				●
E- Energie/ Service		●				
Wasser/ TWW						
Material						

Abbildung 7.2.3-2: Übersicht über die Struktur der Technologie- und Materialtags basierend auf den in Abbildung 7.2.3-1 aufgezeigten Komfortbedürfnissen und den notwendigen Maßnahmen, um komfortable Bedingungen zu schaffen. Die Struktur funktioniert ohne Ausnahmen für alle Komfortbedürfnisse, Tags und Materialien. Jede Technologie und jedes Material kann in diese Struktur einsortiert werden. Wie hier dargestellt, müssen einige Unterkategorien übersprungen werden, da es beispielsweise keine Speicherung von Licht gibt.

Erhalten von komfortablen Bedingungen

Sind die Komforterwartungen bereits erfüllt, kann der Komfort "erhalten" werden. Wenn die Innenraumtemperatur, die Luftqualität, die Luftfeuchte, die Lichtverhältnisse und der Geräuschpegel sowie die Raumakustik im definierten Komfortbereich liegen, können Maßnahmen ergriffen werden, um diesen Zustand zu erhalten. Ein Beispiel wäre hier der Einsatz von Wärmedämmung, um den Wärmeverlust im Winter zu reduzieren. Diese Schutzmaßnahmen können sich nur dann positiv auf die Komfortbedingungen auswirken, wenn das Komfortbedürfnis bereits erfüllt ist und im Komfortbereich bleiben soll.

Erzeugen von komfortablen Bedingungen:

Unter der Kategorie „Erzeugen“ sind alle Maßnahmen zusammengefasst, die eine aktive Verschiebung in Richtung Komfortbereich ermöglichen. Das bedeutet beispielsweise, bei zu niedrigen Temperaturen sind alle Maßnahmen zur Bereitstellung von Wärme unter der Kategorie „Erzeugen“ zusammengefasst.

Verteilung:

Maßnahmen zur Verteilung stehen im Zusammenhang mit Maßnahmen zur Erzeugung, Speicherung und Steuerung. Wenn Wärmeenergie, Frischluft, Feuchtigkeit oder Licht erzeugt oder gespeichert (außer Licht) werden, müssen sie auch an den Ort transportiert werden, an dem sie benötigt werden.

Speicherung:

Liegen Innenraumtemperatur und Raumluftfeuchte bereits im definierten Komfortbereich bei gleichzeitig zusätzlich vorhandener Wärmeenergie und Feuchtigkeit, so können diese gespeichert werden, um zukünftig mögliche Mangelzustände auszugleichen. Frischluft, Licht und akustischer Komfort können hingegen nicht gespeichert werden und sind demnach von dieser Kategorie ausgeklammert.

Steuerung:

Alle Technologiemaßnahmen werden gesteuert. Alle Steuerungsmaßnahmen fungieren als Kommunikationsschnittstelle zwischen den Bedürfnissen der Nutzer, den vorhandenen Qualitäten und Handlungsmöglichkeiten. In dieser Kategorie können sowohl manuelle als auch automatische Steuerungen dokumentiert werden.

Zusätzliche Tags:

Neben den Komfortbedürfnissen des Nutzers gibt es noch weitere Einflussgrößen, die ebenfalls berücksichtigt werden müssen, da sie einen Einfluss auf die gesamte Gebäudeperformance haben. Zu diesen Einflussgrößen gehören der Bedarf an elektrischer Energie für den Betrieb von Haushaltsgeräten, die Wasser- und Warmwasserversorgung und die Konstruktions- und Oberflächenmaterialien.

Elektrische Energie und Service

Neben den Komfortbedingungen wird ein gewisses Serviceniveau erwartet, das in der Regel von Elektrogeräten erreicht wird. Der größte Einfluss dieser Geräte auf die Gebäudeleistung ist ein zusätzlicher Bedarf an elektrischer Energie, der erzeugt und verteilt werden muss. Um die Versorgung in Zeiten geringer Erzeugung sicherzustellen, kann diese Energie auch gespeichert werden. Elektrische Energie „erhalten“ bedeutet beispielsweise, energieeffiziente Geräte im Haushalt einzusetzen. Die wichtigste Schnittstelle zwischen Komfortzustandskennzeichen und den elektrischen Energiekennzeichen sind die Kategorien Speicherung und Regelung.

Wasser/ Trinkwasser

Zusätzlich zu einem komfortablen Raumklima benötigt der Nutzer in einem Wohngebäude auch Wasser und Warmwasser. Wasser „erhalten“ heißt, Maßnahmen zur Minimierung des Wasserverbrauches zu ergreifen. Hier werden auch Tags aufgelistet, wie man Brauchwasser effizient bereitstellen kann. Da die Wassersparfragen und die Brauchwasseraufbereitung eng miteinander verbunden sind, werden sie in einer Tag-Kategorie zusammengefasst.

Material

Materialien und insbesondere die Oberflächenmaterialien haben einen erheblichen Einfluss auf das Raumklima. Materialien sind die einzigen Tags, bei denen die Unterkategorien Schutz, Erzeugung, Verteilung, Lagerung und Kontrolle nicht für Gebäudeperformancezwecke eingesetzt werden können.

Basierend auf den Erfahrungen der Aufbereitung der SD-EU-Dokumentation und der Anwendung der bereits implementierten Fact Sheets ist sichergestellt, dass die vorgeschlagene Tag-Struktur auch für alle anderen vergangenen und zukünftigen SD-Dokumentationen anwendbar ist. Mit der KP ist eine strukturierte und einheitliche Datenerfassung zukünftig möglich. Für den Bearbeitungsstand dieser Arbeit sind bereits 160 Tags definiert („Tags“ siehe digitale Abgabe Offline-Beta-Version Stand Dez 2019 der KP).

Die Aufbereitung der bestehenden SD-Dokumentation hat Entwicklungspotenziale für die zukünftige Datenerfassung aufgezeigt, die beispielhaft für drei Zielgruppen nachfolgend dargestellt werden.

7.3 ENTWICKLUNGSPOTENZIAL DER SD-DOKUMENTATION

Die KP, wie sie in der Beta-Version bereits existiert, ist eine Optimierung für die Verwendbarkeit von SD-Ergebnissen. Die KP schafft im aktuellen Stand die Möglichkeit Daten sortiert, vergleichbar und für SD-Externe somit leichter zugänglich zu sichern. Dennoch bieten sich Optimierungen und Weiterentwicklungen an. Insbesondere bezogen auf die hier in der Arbeit adressierten möglichen Dialoge zwischen SD, Politik, Praxis und Forschung kann und sollte die KP weiterentwickelt werden. Die möglichen Dialoge zwischen dem SD, der Politik, der Praxis und der Forschung nutzen unterschiedliche Qualitäten des SD. In der Politik und in der Praxis sind Bestrebungen für eine Steigerung der Energieeffizienz und des Einsatzes erneuerbarer Energien gleichermaßen gefragt. Bestrebungen in der Politik werden allerdings aus einer übergeordneten Sichtweise betrachtet, die versucht, Ziele zu definieren und hierfür Regulierungen oder Incentivierungen zu platzieren. In der Praxis hingegen kann nur im Rahmen der Politik agiert werden. Es konnte zuvor (siehe Kapitel 4 Politikdialog und 5 Praxisdialog) nachgewiesen werden, dass die Bestrebungen der Politik nicht ausreichen, um die notwendigen und teilweise bereits gesetzten Ziele in der Praxis zu erreichen. Der SD hingegen übertrifft die politischen Ziele und zeigt neue und zukunftsfähige Praxisanwendungen. Politik und Praxis sind von Erkenntnissen der Forschung abhängig. Ein festes Ziel der Politik ist es, in die Forschung zu investieren (siehe Kapitel 4 Politikdialog Seite). Für Forschungsvorhaben in der Gebädeforschung sind die SD-Ergebnisse von besonderem Interesse (siehe Kapitel 6.3 Forschungsdialog – Optimierungspotenziale). Ein gezielter Einsatz der KP kann in allen drei Bereichen den Dialog zum SD unterstützen.

Die Möglichkeiten, eine Datenbank wie die KP einzusetzen, sind vielfältig aber in Anbetracht der SD-Ergebnisse begrenzt. Für die Häuser selbst bietet die KP keine Möglichkeit der Optimierung zur Langzeitnutzung. Aber alle anderen Wettbewerbsergebnisse können in der KP gesichert und aufbereitet werden. Hierfür bieten sich aufgrund der unterschiedlichen Zielgruppen diverse Entwicklungen an.

Grundsätzlich kann als Optimierung die zukünftig vollständige Dokumentation der SD-Daten in der KP festgehalten werden. Eine Struktur zur einheitlichen Datenhaltung wurde bereits angelegt. Da die bisherige Struktur allerdings auf den bisher überlieferten Daten basiert, weist diese noch Lücken auf. In Tabelle 7.3-1 sind Vorschläge für eine Erweiterung der Dokumentation und die Nützlichkeit für die Zielgruppen Forschung und Praxis aufgelistet. Die Ideen zu den hier vorgeschlagenen Optimierungen stammen aus den eigenen Bestrebungen, die vorhandenen Daten für mögliche Dialoge (siehe Kapitel 4 Politik,- 5 Praxis -, 6 Forschungsdialog) auszuwerten.

Tabelle 7.3-1: Vorschläge zur Ergänzung der Datenabfrage beim SD. Die hier vorgeschlagenen Ergänzungen beinhalten Abfragen, die im SD bereits angedacht aber nicht umgesetzt wurden (Fußnote vergangene Forschungsprojekte), Punkte aus Datenbankabfragen anderer Forschungsprojekte und Fragestellungen aus aktuellen Forschungsprojekten, die mit SD-Daten arbeiten.

Fact Sheet Art	Bezeichnung	Wo in KP	Beschreibung	Dialog
Simulation – SIR	Simulation Input Report, detaillierte Beschreibung aller Simulationsparameter, standardisiert für alle SD-Häuser	Eigenes Factsheet auf Teamebene neben dem bestehenden Team/Haus Fact Sheet	Wurde bereits in SD EU 2012 vorgeschlagen, aber nie umgesetzt.	Forschung
Monitoring	Detaillierte Beschreibung der Messaufbauten, die mindestens folgende Informationen enthalten: Messzeitraum, Kenndaten der Messgerätschaften, Lage der Sensoren	Eigenes Fact Sheet auf Organisatoren-Ebene mit Verlinkung zu den Teams und deren Messergebnissen.	In allen SD-Wettbewerben wurden diese Informationen dokumentiert. Diese sind aber nicht veröffentlicht und lückenhaft.	Forschung
Haus	Fassadenflächen je Ausrichtung	Im Haus Fact Sheet auf Team-Ebene ergänzen.	In Ergänzung zur Qualität der Gebäudehülle.	Forschung, Praxis
	Dachflächen je Ausrichtung	Im Haus Fact Sheet auf Team-Ebene ergänzen.	Mit den bestehenden 2D-Konstruktionszeichnungen nicht für alle Teams nachträglich ermittelbar.	Forschung, Praxis
	Photovoltaik Lage und Leistungskennwerte	Im Haus Fact Sheet auf Team-Ebene ergänzen.	Teilweise bereits vorhanden, aber nicht einheitlich dokumentiert.	Forschung, Praxis
	Solarthermie Lage und Leistungskennwerte	Im Haus Fact Sheet auf Team Ebene ergänzen.		Forschung, Praxis
Steuerung/ Nutzung	Personenbelegung	Als Protokolldatei im Anhang des Team Fact Sheets mit Verlinkung zu den Messdaten.	Zur Nachvollziehbarkeit der erhobenen Messdaten und um einen Vergleich zwischen Messdaten und Simulationsdaten zu ermöglichen, bedarf es detaillierte und zeitlich	Forschung
	Steuerung der Gebäudetechnik	Als Protokolldatei im Anhang des Team Fact Sheets		Forschung

Fact Sheet Art	Bezeichnung	Wo in KP	Beschreibung	Dialog
		mit Verlinkung zu den Messdaten.	aufgelöste Angaben zur Nutzung und	
	Steuerung Sonnenschutz	Als Protokolldatei im Anhang des Team Fact Sheets mit Verlinkung zu den Messdaten.	Betriebsführung der SD-Häuser.	Forschung
	Tür und Fensteröffnungen	Als Protokolldatei im Anhang des Team Fact Sheets mit Verlinkung zu den Messdaten.		Forschung

Zu den in Tabelle 7.3-1 vorgeschlagenen Optimierungen zur Datensicherung ist eine Verknüpfung oder der Ausbau der KP zu einer Netzwerkplattform empfehlenswert. Denn mit den SD-Daten können Akteure nur arbeiten, wenn sie auch wissen, dass es diese gibt. Die bisherige Verbindung zum IEA Annex 74 ist hierbei eine Option zur Vernetzung. Für Forschungsakteure interessant wären Vernetzungen zu anderen Gebäudeforschungsprojekten, die mit Case-Study-Objekten arbeiten. Da es weltweit keine einheitliche Schnittstelle für ein solches Netzwerk gibt, ist eine weit gefächerte Vernetzung mit einer Vielzahl von Projekten ratsam.

Eine Erweiterung der Datenbank um eine Statistikfunktion, die beispielsweise durchschnittliche Qualitäten und Performancekennwerte der Häuser und somit die kontinuierliche Entwicklung der SD-Beiträge in Richtung Klimafreundlichkeit aufzeigt, wäre basierend auf der vorgeschlagenen einheitlichen Dokumentation möglich. Solche Statistiken können einfacher beispielsweise für politische Argumentationen verwendet werden. Besser wäre noch eine kontinuierliche Betreuung und Auswertung der KP im Rahmen eines Forschungsprojektes, welches eine aktive Kommunikationsschnittstelle zur nationalen, europäischen oder auch internationalen Politik pflegt. So könnten SD-Ergebnisse gezielt kommuniziert werden und der Einfluss des SD auf das Planen und Bauen der Zukunft erhöht werden.

Eine solche Kommunikationsschnittstelle braucht es auch zwischen KP und der Baupraxis. Die Praxis ist abhängig von den Vorgaben der Politik. Somit ist eine aktive Vernetzung zur Politik auch ein erster Ansatz, die Baupraxis zu beeinflussen. In der Praxis wird zudem gebaut, was Planer umsetzen können. Dieses Können profitiert von dem was sie kennen. Wie in der Onlineumfrage gezeigt, werden klassische Printmedien und Social Media von Architekten und Planern genutzt, um sich über aktuelle Bauweisen und Bestrebungen zu informieren. Von diesen kennt den SD kaum jemand (siehe Kapitel 3.2.4.2 Onlineumfrage). Eine aktive und kontinuierliche Kommunikation über den SD und die Ergebnisse, auch mit Auswertungen zu Erfolgsstrategien, könnte hier essenziell sein. Bisher wird der SD zwar kommuniziert, aber meist nur aktiv für ein Event. Nach jedem Event wechseln die Plattformen und eine Auswertung oder der Vergleich mehrerer Wettbewerbe findet dabei nicht statt. Für Planer und Architekten ist dieser Wechsel der Plattformen und die zeitlich begrenzte Kommunikation schwer zu verfolgen. Vielmehr muss hier und am Besten im Zusammenhang mit der KP an einer kontinuierlichen und zu etablierenden Kommunikationsplattform gearbeitet werden. Der Möglichkeitsrahmen, den die SD-Häuser für zukunftsfähiges Bauen aufzeigen, wurde im Kapitel 5 Praxisdialog aufgezeigt und kann kontinuierlich mit der KP fortgesetzt werden. Für einen Einfluss auf die Praxis bedarf es zwingend einer Kommunikation in aufbereiteter Form mit klaren Argumenten und den im SD gebauten anschaulichen Beispielen.

Zusammengefasst lässt sich festhalten, dass die Vorlagen zur Dokumentation in der KP erweitert werden können und sollten und Kommunikationsschnittstellen zur Politik, Forschung und Praxis etabliert werden müssen. Für die Kommunikationsschnittstellen und die KP ist Kontinuität gleichermaßen wichtig.

Kapitel 8 Schlussbetrachtungen

Die Relevanz des SD und dessen Ergebnisse konnte für die drei Zielgruppen Politik, Praxis und Forschung nachgewiesen werden. Gezielte Optimierungen zur erweiterten Nutzung des SD außerhalb des Wettbewerbsrahmens werden hier zusammengefasst dargestellt.

8 SCHLUSSBETRACHTUNGEN

8.1 ZUSAMMENFASSUNG

Der SD ist ein einzigartiger Wettbewerb, mit einem bisher nicht vollständig genutzten Potenzial abseits des eigentlichen Wettbewerbsgeschehens. Der SD ist aus Bestrebungen entstanden, Maßnahmen für klimagerechtes Bauen zu kommunizieren. In den 20 Jahren seit dem ersten Wettbewerb hat sich der SD zu einem anerkanntem Wettbewerbsformat mit Mehrwert entwickelt. Dieser Mehrwert kann aufgrund der Einzigartigkeit des SD weiter ausgebaut werden.

Der SD ist ebenso international, wie das Bestreben, das Klima zu schützen. Die Klimaschutzbestrebungen der Staatengemeinschaft funktionieren durch das Zusammenwirken von Politik, Praxis und Forschung.

Für alle drei Zielgruppen wurden die Ziele, die Arbeitsweisen und der Fortschritt in Richtung Klimafreundlichkeit mit dem SD verglichen.

Zudem wurde Forschung zwischen Politik und Praxis als Bindeglied für die Entwicklung und Umsetzung von Maßnahmen für den Klimaschutz herausgearbeitet. Das Potenzial des SD für Forschungsvorhaben zum Klimaschutz im Gebäudesektor wurde bisher nur wenig genutzt. Ein grundsätzliches Interesse, den SD und die Häuser zu beforschen, wurde in Umfragen aufgezeigt. Allerdings wurde die Verwertbarkeit der Ergebnisse für Forschungsvorhaben kritisch gesehen. Eine mangelnde Zugänglichkeit zu den SD-Häusern und der SD-Dokumentation wurde hierbei als Hauptproblem bei der Beforschung des SD herausgestellt.

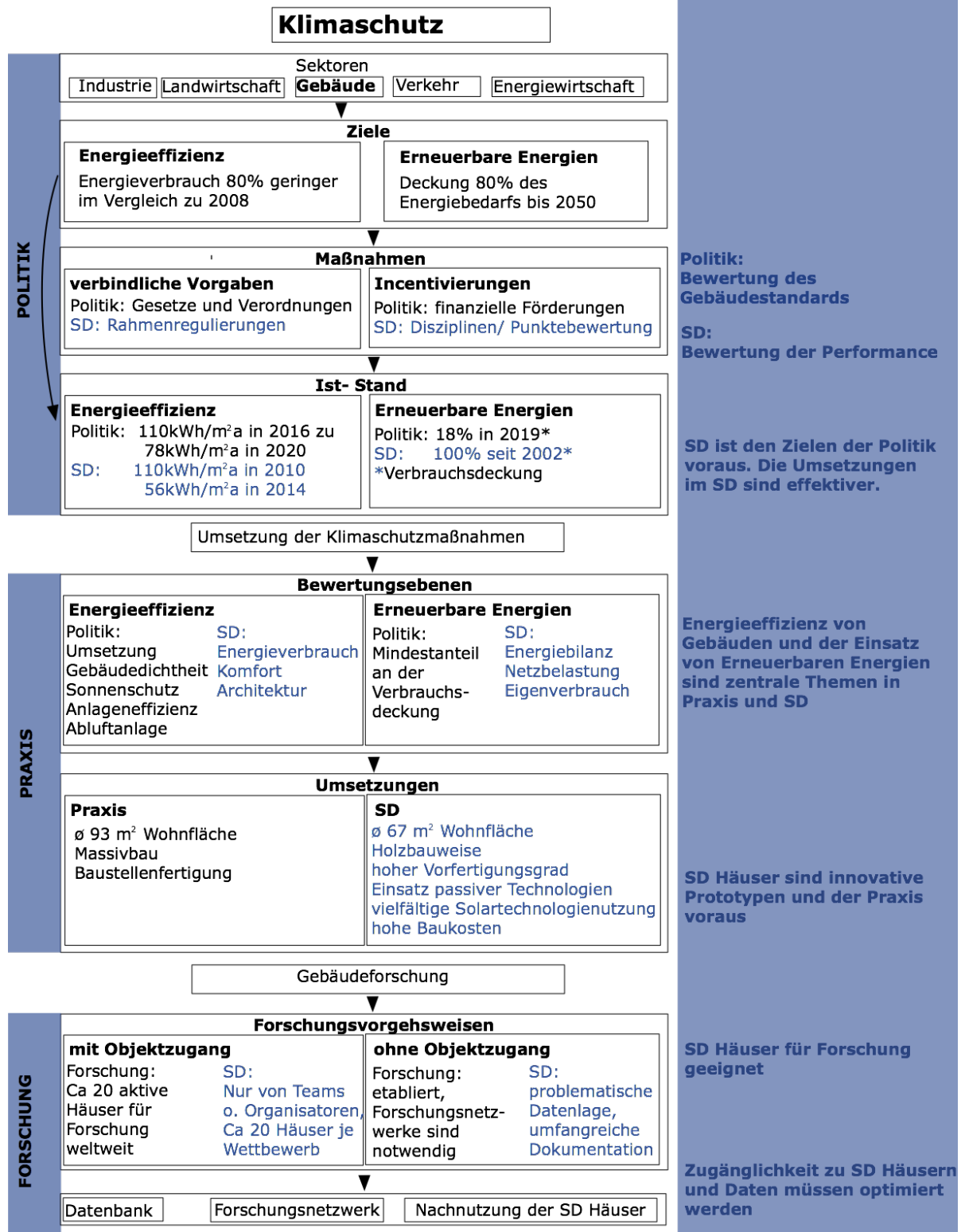
Eine online frei zugängliche SD-Datenbank, die „Building Energy Competition & Living Lab Knowledge Platform“ und das Living Lab NRW im Anschluss an den SD EU 21 sind bereits Bestrebungen, die Beforschbarkeit des SD zu erhöhen.

Grundlage für die hier durchgeführten Analysen war eine umfassende Sammlung und Aufbereitung der SD-EU-Daten. Ergänzt wurden diese durch Dokumentationen anderer SD-Wettbewerbe. Die Aufbereitung der SD-Daten war Teil des hier zugrunde liegenden Forschungsprojektes und wurde erstmalig durchgeführt. Die Erkenntnisse aus der Datenaufbereitung, eigene Forschungsfragestellungen und der Vergleich der Gebäudeforschung mit dem SD haben die Struktur der entwickelten Datenbank maßgeblich beeinflusst. Die Möglichkeit, zukünftige SD-Daten unmittelbar strukturiert in einer Onlinedatenbank zu erfassen, macht die Verwendung des SD in Forschungsprojekten möglich.

Für Politik, Praxis und Forschung kann der SD Testplattform, Demonstrator und Kommunikationsplattform sein. In allen Bereichen konnten die Fortschrittlichkeit des SD herausgestellt werden und mögliche Dialogschnittstellen zwischen den Zielgruppen und dem SD identifiziert werden. Durch gezielte Optimierungen lassen sich die Dialoge und der Mehrwert durch den SD zukünftig weiter ausbauen.

Nachfolgend zeigt eine Übersichtsgrafik den Arbeits- und Erkenntnisweg dieser Arbeit und stellt die Haupteckpunkte heraus. Diese werden auf ihre Anwendbarkeit bewertet und durch weitere Forschungsmöglichkeiten ergänzt.

8.2 ERKENNTNISKATALOG



8.3 HAUPTERKENNTNISSE

Aus den Vergleichen der Zielgruppen Politik, Praxis und Forschung mit dem SD haben sich je mehrere Haupterkenntnisse ergeben.

Im Vergleich von Energiepolitik und SD hat sich gezeigt, dass sowohl in der Politik als auch im SD ähnliche Regelungsmechanismen eingesetzt werden. Beide setzen verbindliche Regelungen und Incentivierungen ein, um die Ergebnisse zu steuern. Zudem wird in der Politik und dem SD das Ziel verfolgt, energieeffiziente Wohnhäuser⁶⁹ mit maximierter Nutzung erneuerbarer Energien zu erhalten.

Es konnte ein höherer Grad an Energieeffizienz und ein deutlich höherer Anteil erzeugter erneuerbarer Energien im SD als in der deutschen Baupraxis nachgewiesen werden. Der Wettbewerbsrahmen, der fehlende bauliche Kontext und ein grundsätzlicher Unterschied in den Regelungsmechanismen von Politik und SD führen im SD zu einem höheren Innovationsgrad in Richtung klimafreundlichen Bauens.

In der Politik beziehen sich die Regelungsmechanismen auf den Gebäudestandard. Wohingegen im SD die tatsächliche Performance der Häuser bewertet wird. Zum Erreichen der Klimaschutzziele in Gebäuden ist die Einsparung von Energie essenziell. Denn politische Klimaziele im Gebäudesektor umfassen die Energieeffizienz und den Anteil erneuerbarer Energien am Energieverbrauch. Beide Maßnahmen beziehen sich auf den Energieverbrauch. Der Verbrauch kann sowohl durch technische und bauliche Maßnahmen als auch durch eine effiziente Betriebsführung reduziert werden. Insbesondere in Wohngebäuden haben Betriebsführung und Nutzer einen wesentlichen Anteil an der tatsächlichen Performance des Hauses. Allerdings werden diese in den politischen Vorgaben nicht berücksichtigt. Eine tatsächliche Performancebewertung, wie sie im SD durchgeführt wird, berücksichtigt die Gesamtheit der Maßnahmen. Dies schließt auch die Betriebsführung und den Einfluss des Nutzers mit ein. Diese ganzheitlichen Bewertungen zusammen mit dem allgemeinen Wettbewerbsdruck führen flächendeckend im SD zu zukunftsfähigen Umsetzungen, die in der Praxis in einem vergleichbaren Maß nicht möglich sind.

Die Performancebewertung könnte hier gewinnbringend von der Politik eingesetzt werden. Allerdings ist eine flächendeckende oder verbindliche Umsetzung aus rechtlicher und technischer Sicht zurzeit nicht möglich. Mit einem Energieverbrauchsausweis lässt sich in gewissem Maß die Performance des Gebäudes abbilden. Seit Inkrafttreten der ENEC 2014 ist es verpflichtend einen Energieausweis für ein Gebäude vorzulegen, welches verkauft oder vermietet werden soll. Hierfür kann bei Bestandsbauten entweder ein Bedarfsausweis oder ein Verbrauchsausweis vorgelegt werden. Nur im Verbrauchsausweis, der die Verbräuche der letzten drei Jahre bei voller Nutzung abbildet, wird die Betriebsführung und das Nutzerverhalten miteingefasst. Eine Pflicht, bei Bestandsbauten einen Verbrauchsausweis vorzulegen, gibt es nicht. Darüber hinaus gibt es in der Praxis keine weitere gesetzlich vorgesehene Performancekontrolle von Gebäuden. Lediglich in Forschungsprojekten ist die Untersuchung von Gebäudeperformance oder Teilperformance verbreiteter Untersuchungsgegenstand. Zum einen fehlen die technischen Voraussetzungen zur Datenerfassung und Datenauswertung und zum anderen sind Häuser in der Praxis nicht in dem Maße vergleichbar, wie es die SD-Häuser sind. Die große Bandbreite von Wohnungs- und Häusergrößen, die unterschiedlichen klimatischen Bedingungen und Beeinflussungen durch die Umgebung sowie die Anzahl der Nutzer je Wohnfläche führt zu Unterschieden, die sich relevant auf die Gebäudeperformance auswirken können. Solche Unterschiede wurden im SD zum Wohle einer fairen Wettbewerbsbewertung weitestgehend reduziert. In der Praxis hingegen sind eine Gebäudekategorisierung und ein Performancebewertungskatalog Voraussetzung für eine faire Bewertung. Sind intelligente Stromzähler und ein intelligentes Stromnetz⁷⁰ vorhanden, wären Performancebewertungen technisch bereits möglich. Bis 2020 sollten bereits mindestens 80 % der Stromzähler in der EU intelligente Messeinrichtungen sein. Ab 2020 sollte hierfür der verbindliche Einbau in Deutschland starten. Aufgrund rechtlicher Schwierigkeiten wurde dieser Roll-out gestoppt. Die aktuelle Ausbaurate lag Ende 2021 bei nur 0,1

⁶⁹ Schwerpunkt der Betrachtung liegt auf Klimaschutzmaßnahmen für den Gebäudesektor mit Fokus auf Wohngebäuden.

⁷⁰ Die Betrachtung wird hier auf Stromnetze beschränkt, da die Untersuchung von Wärmenetzen im Gegensatz zum Stromnetz im SD nicht thematisiert wird.

% Hauptgrund für den gestoppten Ausbau der Smart-Meter-Gateways ist die Regulierung, dass dieser erst verbindlich ist, wenn mindestens drei unabhängige Anbieter voll funktionsfähige Smart-Meter-Gateways am Markt anbieten. Aufgrund fehlender Praxistests war es bisher nicht möglich, eine voll umfassende Interoperabilität der verfügbaren Smart-Meter sicherzustellen. Die SD-Häuser können für genau solche Entwicklungen Testobjekte sein. Bereits am SD US wurde in ähnlichen Studien aufgezeigt, dass Technologien wie Wärmepumpen an den SD-Häusern getestet und entwickelt wurden, um eine Markteinführung vorzubereiten.

Der Ausbau intelligenter Stromnetze ist zudem ein Folgethema der Energiewende. Mit dem festgelegten steigenden Anteil an erneuerbaren Energien an der Verbrauchsdeckung werden sich die Netze zwangsläufig ändern müssen. Aktuell beruht die Netzstabilität und Versorgungssicherheit darauf, dass wenige Kraftwerke die Grund- und Spitzenlast abdecken. Bei steigendem Anteil an erneuerbaren Energien reduziert sich der Anteil der Energie aus Kraftwerken. Für den Erhalt der Netzfunktionalität müssen hier Mechanismen ausgebaut werden, die die Diskrepanzen zwischen Energieangebot und Nachfrage ausgleichen. Wohngebäude selbst können Teil dieser Mechanismen sein. Voraussetzung hierfür sind Stromnetze, die einen Informationsaustausch zwischen Netzbetreibern, Verbrauchern und Erzeugern ermöglichen. Der Bedarf der Netzanpassung, als Resultat der Energiewende, wurde auch von der Politik erkannt. Auf Gebäudeebene sind hier die technischen Voraussetzungen und das Betreiben gleichermaßen bedeutend. Der Nutzer muss aktiv in die Entwicklung einbezogen werden. Somit bringt die Energiewende einen weiteren Eingriff in das Wohnen. Im Living Lab NRW im Anschluss an den SD EU 21/22 wird erstmals das SD-Stromnetz und die Netzdienlichkeit der verbliebenen SD-Häuser untersucht.

Eine weitere Schwierigkeit ist die Abbildbarkeit von innovativen und kleinen Häusern, wie den SD-Häusern, mit Berechnungsgrundlagen zur Bestimmung der Energiebilanz und Performance. Für die Berechnung der Energiebedarfsbilanz werden in Deutschland die DIN 4108-2 oder die DIN V 18599 angewendet. Bewertet werden die Ergebnisse mittels Referenzgebäudeverfahren. Das Referenzgebäude ist dem zu bewertenden Gebäude in Lage, Ausrichtung und Geometrie gleich. Stellschrauben für die Berechnung sind demnach die Ausführung der Gebäudehülle und die technische Ausstattung. Vergleichswerte zur Einstufung der Qualität werden üblicherweise wohnflächenspezifisch angegeben.

Hierbei haben sich zwei Schwierigkeiten gezeigt. Die SD-Häuser sind kleiner, haben eine höhere Nutzerdichte, und haben einen größeren Fensterflächenanteil als typische Häuser der Praxis. Zusammen ergeben diese Faktoren deutlich ungünstigere Grenzwerte für das Referenzgebäude, als es von der Politik mit Niedrigstenergiehäusern aktuell angestrebt wird. Trotz dieser ungünstigen Randbedingungen schaffen es die meisten SD-Häuser die Grenzwerte für Niedrig- und Niedrigstenergiehäuser einzuhalten.

Auch Raumklima- und Performance-Simulationsprogramme kommen aktuell noch an ihre Grenzen, wenn es darum geht, ein innovatives Haus, wie es im SD üblich ist, abzubilden. Insbesondere die simulatorische Abbildung von PCM und passiven Strategien zur Raumkonditionierung, welche in zahlreichen SD-Häusern eingesetzt werden und einen maßgeblichen Anteil an der Energieeffizienz haben, lässt sich bisher nur ungenau umsetzen. Für die Weiterentwicklung solcher Simulationsprogramme fehlen Erfahrungen und Messungen aus der Anwendung. Der SD könnte diese liefern.

Der Vergleich des SD mit der Baupraxis hat erhebliche Unterschiede in den Bauweisen und auch Nutzungen aufgezeigt. Die SD-Häuser sind kleiner, haben eine höhere Nutzerdichte und sind so innovativ, wie es in der Praxis heute nicht erreichbar ist. Der SD hat demnach in den 20 Jahren seit dem ersten Wettbewerb nicht an Kommunikationspotenzial verloren. Insbesondere unter Berücksichtigung der hohen gesteckten Ziele zur Energieeinsparung und der dennoch kontinuierlich steigenden Pro-Kopf-Wohnfläche in Deutschland kann der SD der interessierten Öffentlichkeit Suffizienz im Wohnen und Bauen demonstrieren.

Die aktive Nutzung von Solarenergie an Wohngebäuden ist nicht neu, aber die SD-Häuser präsentieren dennoch fortlaufend neue Wege, diese in das Gebäudedesign zu integrieren. Die Energiewende wird das Bauen verändern. Die Demonstration von neuen Impulsen im SD kann immer noch die interessierte Öffentlichkeit und

Experten beeinflussen. Zusätzlich zur gewinnbringenden Vernetzung des SD mit der Öffentlichkeit und Bauexperten, hat der SD ein in Europa bisher nur wenig genutztes Potenzial für die Vernetzung mit der Industrie. An den SD-Häusern können neue Technologien und Strategien getestet werden und so die Markteinführung neuer Produkte vorbereitet werden. Für den SD US gibt es bereits eine umfangreiche Dokumentation einer solchen SD-Industriekooperation. Für den deutschen Markt wäre aktuell der Test und die Entwicklung von Smart-Meter-Gateways eine interessante Vernetzung.

Wie die Hauptideen aus dem Vergleich von Politik und Praxis mit dem SD zeigen, ist die Forschung ein wichtiges Bindeglied, um neue Erkenntnisse generieren zu können und diese weitergeben zu können. Der Vergleich der Gebädeforschung mit dem SD war aufgrund der Komplexität des Themenfeldes mehrschichtig. Die Betrachtung von bisherigen SD-bezogenen Forschungstätigkeiten hat verdeutlicht, dass der SD und die SD-Häuser bereits beforscht werden. Recherchen zu üblichen Vorgehensweisen in der Gebädeforschung haben zudem weitere Einsatzgebiete für den SD aufgezeigt. Vor allem in objektbezogenen Forschungsprojekten, in denen Untersuchungen mit einer Komplexität und Genauigkeit zwischen Praxistest und Laboruntersuchungen durchgeführt werden, können die SD-Häuser eingesetzt werden. Solche Forschungsobjekte, in denen ganze Räume oder Häuser beforscht werden können, gibt es weltweit nur sehr wenige (siehe Kapitel 6.3.3 Forschungsdialog Forschung am Objekt). Für SD-Wettbewerbe werden fortlaufend jährlich etwa 50 SD-Häuser gebaut.⁷¹ Die SD-Häuser werden zudem für den Wettbewerb bereits auf ein Monitoring vorbereitet. Umfragen und eine Auswertung der bisherigen Veröffentlichungen zu SD-Forschungen haben gezeigt, dass das Potenzial des SD für die Forschung bisher nicht voll ausgeschöpft wird.

Insbesondere die Nutzung von SD-Häusern für Forschung abseits des Wettbewerbs und von nicht teaminternen Forschergruppen gibt es nahezu nicht. Als Hauptproblem, welches zu einer eingeschränkten Nutzung führt, konnte die mangelnde Zugänglichkeit zu den SD-Objekten und Dokumentationen über die SD-Häuser identifiziert werden.

Bisher wurden die SD-Häuser hauptsächlich für den Einsatz im Wettbewerb gebaut und nur dort mit maximaler Vergleichbarkeit zueinander auf dem Eventgelände betrieben. Nach den SD-EU-Wettbewerben wurden bisher nur etwa 25 % der Häuser nachgenutzt. Obwohl nach den SD-US-Wettbewerben 86 % der Häuser nachgenutzt wurden, waren nur 30 % der Häuser für Forschungszwecke zugänglich (siehe Kapitel 2.3 Abbildung 2.3-5). Die Nachnutzung der SD-Häuser fand bis zum SD ME 2018 ausschließlich abseits des gemeinsamen Eventgeländes statt.

Jedes SD-Haus wird bereits für den Wettbewerb umfangreich dokumentiert und im Wettbewerb auf seine Performance untersucht. Diese Menge an Informationen allein wäre interessant für Gebädeforschung ohne direkten Objektzugang. Aber auch hier ist die Zugänglichkeit gehindert. Die Teamdokumentation für alle SD-US-Häuser ist online verfügbar. Die Server der SD-EU-Wettbewerbe bis 2014, auf denen die Dokumentationen der Häuser zu finden waren, sind nicht mehr erreichbar. Neben der Schwierigkeit, die Dokumentationen der Häuser aufzufinden, konnte herausgearbeitet werden, dass der Grund für eine bisher fehlende Verwertung in Forschungsprojekten in der Kombination aus dem enormen Umfang der Dokumentation und der fehlenden Struktur und Anwendbarkeit von Informationsfiltern liegt.

Zusammengefasst kann die fehlende Zugänglichkeit zu SD-Informationen und SD-Häusern als Grund für einen eingeschränkten Einsatz in Gebädeforschungsprojekten identifiziert werden.

Für eine bessere Verwertbarkeit wird hier eine zweiteilige Optimierung vorgeschlagen. Eine Onlinedatenbank mit einheitlicher Dokumentationsstruktur für vergangene und aktuelle SD-Wettbewerbe soll die Informationszugänglichkeit erhöhen. Eine solche Datenbank wurde im Rahmen des für die Arbeit zugrunde liegenden Forschungsprojektes bereits entwickelt. Im Rahmen des SD EU 2021 und des anschließenden Living Lab NRW wird diese weiterentwickelt. Diese Datenbank kann mit Schnittstellen zu Forschungsnetzwerken bestehende und entstehende SD-Häuser in den Interessensfokus von Gebädeforschern rücken. Zudem werden durch die Vereinheitlichung und Strukturierung der Daten Querschnittsanalysen auch ohne direkten Objektzugang möglich.

⁷¹ Betrachtungszeitraum zwischen 2014 und 2021

Für eine tatsächliche Förderung von Forschung am SD ist die aktive Vernetzung zwischen SD-Gebäudebetreibern und interessierten Forschern Grundvoraussetzung. Auch hierfür soll das Living Lab NRW einen Beitrag liefern. Bereits nach dem SD ME 2018 und dem SD EU 2019 sind mehrere Häuser auf dem Eventstandort verblieben. Diese gemeinsame und von der Forschung getriebene Nachnutzung wird nach dem SD EU 2021 im Living Lab NRW weiter ausgebaut.

Durch die Anwendung der entwickelten Datenbank, die verlängerten Nutzungszeiten der SD-Häuser am gemeinsamen Standort und eine Vernetzung mit Gebädeforschungsnetzwerken kann das Potenzial des SD für Forschungszwecke zukünftig ausgebaut werden. Im Optimalfall lassen sich die SD-Häuser so als forschungsrelevante Testobjekte etablieren. Diese Entwicklung muss allerdings von interessierten Forschungsgruppen, wie den Wettbewerbsorganisatoren und Datenbankbetreibern, gleichermaßen getragen werden.

8.4 AUSBLICK

Der SD ist aus Klimaschutzbestrebungen entstanden und verfolgt demnach die gleichen Ziele. Allgemein soll der Energieverbrauch von Gebäuden gesenkt werden und der Anteil von erneuerbaren Energien an der Versorgung erhöht werden. Sowohl in Politik und Praxis als auch im SD gibt es fortlaufende Entwicklungen in Richtung klimafreundliches Bauen und Wohnen. Eine Kommunikation insbesondere zwischen der Politik und dem SD sollte in Europa weiter ausgebaut werden, da nur so wichtige Erkenntnisse aus dem SD auch einen Einfluss auf Politik und Praxis haben können. Mit steigendem Anteil an erneuerbaren Energien wächst der Bedarf, die Versorgungsnetze an das Folgethema anzupassen. Dass der Umbau und Betrieb der Versorgungsnetze hin zu Smart-Grids langfristig notwendig ist, wurde bereits von der Politik und dem SD erkannt. Allerdings gibt es bisher in beiden Bereichen kaum Umsetzungen. Im Living Lab NRW wird erstmal das Wettbewerbsstromnetz beforscht. Zusätzlich wäre eine Vernetzung mit Firmen zum Test und der Entwicklung von Smart-Meter-Gateways lohnenswert, da hier insbesondere Erfahrungen und Testmöglichkeiten fehlen, um die Smart-Meter-Gateways gesetzeskonform entwickeln zu können.

Angestrebt und unumgänglich ist die Nutzung des SD für Forschungszwecke. Die Forschung ist für den Klimaschutz das Bindeglied zwischen der Politik und der Praxis. Zur Generierung neuer Erkenntnisse und dem Beantworten von Fragestellungen zu Klimaschutzstrategien ist die Forschung essenziell. Der SD liefert bereits eine unvergleichlich große Anzahl an Testobjekten. Diese werden bereits mit der Einführung der SD-Onlinedatenbank und dem Living Lab NRW aktiv für die Forschung vorbereitet. Diese Vernetzung kann zukünftig zu einem signifikant höheren Forschungsausgang auf Grundlage des SD führen und die Akzeptanz des SD als Forschungsobjekt erhöhen.

Auch wenn die Verwertbarkeit des SD in Forschungsprojekten erhöht wird und somit die Akzeptanz in der Forschungslandschaft steigt, wird der SD weiterhin für seine Relevanz werben müssen. Der SD ist zwar ein einzigartiger Wettbewerb mit vielfältigem Potenzial, nachhaltig einen Beitrag für den Klimaschutz leisten zu können, aber er ist ein sehr aufwendiger und ressourcenintensiver Wettbewerb für Studierende. Konzepte zur Nachnutzung, wie im Living Lab NRW und Wettbewerbsauflagen das SD-Haus nach dem Wettbewerb nachzunutzen, wie im SD US wirken dieser Kritik bereits entgegen.

Eine weitere Herausforderung könnte sich zukünftig in der Wahrnehmung des SD und des Verlustes des Kernkonzeptes ergeben. Die Einzigartigkeit des SD basiert darauf, dass vollfunktionsfähige Häuser von Studierenden geplant, gebaut und diese in einem gemeinsamen Event betrieben werden. Bereits jetzt gibt es SD-Wettbewerbe, bei denen Teile dieser Kernkompetenz fehlen. Im SD India werden beispielsweise keine Häuser gebaut. Im SD US gibt es die Unterteilung in einen SD-Entwurfswettbewerb und einen Bauwettbewerb. Ohne das Bauen ist der SD nicht mehr einzigartig. Durch den Ausbau solcher reinen SD-Designwettbewerbe kann der Ruf des SD nachhaltig leiden. Wenn die Teilnahme an einem SD nicht mehr bedeutet, dass die Teams einzigartige Erfahrungen im Bauen und Betreiben gesammelt haben, verliert der SD sein Alleinstellungsmerkmal.

8.5 FAZIT

Der SD ist ein einzigartiges Format. Die einzigartigen Wettbewerbsbedingungen und die Vielzahl der besonderen Wettbewerbsergebnisse machen den SD zu einer wertvollen Erkenntnisquelle und Kommunikationsplattform. In keinem anderen Kontext können klimafreundliche Entwicklungen so umfassend

getestet und die Ergebnisse gleichzeitig effektiv kommuniziert werden. Zum Erreichen der gesetzten Klimaziele werden Formate wie der SD gebraucht. Denn die bisherigen Maßnahmen zum Klimaschutz im Gebäudesektor in Deutschland reichen nicht aus. Im SD werden ganzheitliche Strategien zu Bauweisen, technischer Ausstattung und Nutzungsweisen demonstriert.

Für eine Anpassung der Nutzung müssen die Nutzer rechtzeitig einbezogen werden, denn die gesteckten Klimaschutzziele sollten nicht wie im Pandemiejahr 2020 nur durch massive persönliche Einschränkungen erreichbar sein. Wie bereits in der Klage vor dem Bundesverfassungsgericht⁷² vorgetragen, wird befürchtet, dass bei dem aktuell zu geringem Fortschritt in Richtung Klimaschutz die Ziele zukünftig nur durch starke persönliche Einschränkungen erreicht werden können. Um diese Einschränkungen zukünftig minimal zu halten, müssen rechtzeitig wirksame Maßnahmen ergriffen werden. Neue Impulse für Maßnahmen, wie die Verringerung der Wohnflächen, ganzheitlicher Einsatz von passiven und aktiven Strategien und effiziente Betriebsführung, werden im SD demonstriert.

Wie hier in der Arbeit aufgezeigt, wird sich das Wohnen ändern und der SD hat das Potenzial genau hierfür Strategien zu demonstrieren. In anderen Bereichen des Lebens werden notwendige Änderungen für den Klimaschutz bereits gesellschaftsfähig. Fleischverzicht, kein Einsatz von Einweggegenständen und die Möglichkeit, Gegenständen zu reparieren, sind hierbei nur ausgewählte Beispiele für das allgemeine Bestreben, die Umwelt zu schonen.

Es konnte hier dargelegt werden, dass im Bereich des Wohnens zwar gesetzliche Regelungen und Incentivierungen die Klimafreundlichkeit von Gebäuden fördern, aber allein die gesellschaftliche Entwicklung nach steigendem Wohnraum diesen Vorgaben entgegenwirkt. Die Kommunikationsqualitäten des SD und der gezielte Einsatz in der Gebäudeforschung sollten zukünftig gezielt gefördert und genutzt werden. Die Forschung ist hierbei ein wichtiges Bindeglied zwischen Politik und Praxis. Um Forschung mit den SD-Ergebnissen zu ermöglichen, ist eine strukturierte Datenerfassung und Aufbereitung essenziell. Die hierfür entwickelte Onlinedatenbank und das Living Lab NRW leisten einen wichtigen Beitrag für mehr Forschung am SD. Der Einsatz dieser Datenbank hat die Auswertungen der hier vorliegenden Arbeit ermöglicht.

Der SD ist ein wichtiges Werkzeug für die Umsetzung des Klimaschutzes im Gebäudesektor, dessen Potenzial nur eingeschränkt genutzt wird. Die hier vorliegende Arbeit hat als Grundlagenarbeit die SD-EU-Ergebnisse und den Wettbewerbsrahmen auf deren Anwendbarkeit und Nutzen für Zielgruppen außerhalb des SD analysiert. Hierbei konnten neue Einsatzfelder und die Aktualität des SD nachgewiesen werden. Optimierungen sowohl am SD als auch am Dialog zwischen SD und Politik, Praxis und Forschung wurden zudem vorgeschlagen.

⁷² BVerfG, Beschluss des Ersten Senats vom 24. März 2021 - 1 BvR 2656/18-, Rn. 1-270

9 ANHANG

9.1 DISZIPLINEN MIT UNTERKATEGORIEN

SD EU 2010

		contest	subcontest
1	Architecture	120	
2	Engineering & Construction	80	
3	Solar System & Hot Water	80	
4	Electrical Energy Balance	120	
4.1.	Local Self Sufficiency		75
4.2.	Positive Energy Balance		10
4.3.	Correlation Generation/ Consumption		35
5	Comfort Conditions	120	
5.1.	Temperatur		70
5.2.	Humidity		10
5.3.	Indoor Air Quality		5
5.4.	Lighting Levels		20
5.5.	Acoustic Level		15
6	Appliances & Functionality	120	
6.1.	Refrigerator		5
6.2.	Freezer		5
6.3.	Clothes Washer		20
6.4.	Clother Drying		20
6.5.	Dishwasher		15
6.6.	Public Exhibit		10
6.7.	Oven		15
6.8.	Cooking		20
6.9.	Dinner		10
7	Communication and Social	80	
8	Industrialization & Market Viability	80	
9	Innovation	80	
10	Sustainability	120	
	GESAMT	1000	

SD EU 2012

		contest	subcontest
1	Architecture	120	
2	Engineering & Construction	80	
3	Energy Efficiency	100	
4	Electrical Energy Balance	120	
4.1.	Electrical Autonomy		50
4.2.	Temporary Correlation		40
4.3.	Electrical Use per Measurable Area		30
5	Comfort Conditions	120	
5.1.	Temperatur		70
5.2.	Humidity		10
5.3.	Indoor Air Quality		5
5.4.	Workstation Lighting		20
5.5.	Acoustic		15
6	House Functioning	120	
6.1.	Refrigerator		5
6.2.	Freezer		5
6.3.	Clothes Washer		20
6.4.	Clother Drying		10
6.5.	Dish Washer		15
6.6.	Home Electronics		5
6.7.	Oven		15
6.8.	Cooking		15
6.9.	Hot Water Drwas		20
6.10.	Dinner		10
7	Communication and Social Awareness	80	
8	Industrialization & Market Viability	80	
9	Innovation	80	
10	Sustainability	100	
	Gesamt	1000	

SD EU 2014

		contest	subcontest
1	Architecture	120	
2	Engineering & Construction	80	
3	Energy Efficiency	80	
4	Electrical Energy Balance	120	
4.1.	Load consumption per surface area		40
4.2.	Positive electrical balance		25
4.3.	Temporary Generation- Consumption Correlation		20
4.4.	House adjustmentto network loade state		20
4.5.	Power Peaks		15
5	Comfort Conditions	120	
5.1.	Temperatur		65
5.2.	Humidity		10
5.3.	Indoor Air Quality - CO2		5
5.4.	Indoor Air Quality - VOC		5
5.5.	Natural Lighting		15
5.6.	Acoustic		
5.6.a	Facade airborne sound insulation		10
5.6.b	Reverberation time in the living		5
5.6.c	Sound level of HVAC/ Active Systems		5
6	House Functioning	120	
6.1.	Refrigeration		5
6.2.	Freezing		5
6.3.	Clothes Washer		10
6.4.	Clother Drying		10
6.5.	Dishwashing		10
6.6.	Oven		10
6.7.	Hot Water Draws		20
6.8.	Cooking		10
6.9.	Home Electronics		5
6.10.	Dinner		15
6.11.	Water Balance		20
7	Communication and Social Awareness	80	
8	Urba Design, Transportation and Affordability	120	
9	Innovation	80	
10	Sustainability	80	
	Gesamt	1000	

SD EU 2019

		contest	subcontest
1	Architecture	100	
2	Market Potential	100	
3	Engeneering & Energy Efficiency	100	
4	Communication and Social Awareness	100	
5	Neighbourhood Integration & Impact	100	
6	Circularity ans Sustainability	100	
7	Health & Comfort	100	
7.1	Temperatur		40
7.2	Humidity		20
7.3	Indoor Air Quality - CO2		10
7.4	Indoor Air Quality - VOC		5
7.5	Lighting		15
7.6	Acoustic		10
8	Appliances	100	
8.1	Refrigeration		5
8.2	Freezing		5
8.3	Clothes Washer		5
8.4	Clother Drying		5
8.5	Dishwashing		10
8.6	Oven		5
9	Home Life and Water	100	
9.1	Hot Water Draws		20
9.2	Cooking		5
9.3	Home Electronics & House Automation		10
9.4	Dinner		20
9.5	Water Balance		10
10	Energy Balance	100	
10.1	Load consumption per surface area		30
10.2	Positive electrical balance		15
10.3	Temporary Gerneration- Consumption Correlation		20
10.4	House adjustmentto network loade state		20
10.5	Power Peaks		15
Gesamt			1000

SD EU 2021

		Contest	Subcontest
1	Architecture	120	
1.1	site integration		20
1.2	building design		60
1.3	interiour & lighting design		20
1.4	solar system integration		20
2	Engineering & Construction	120	
2.1	energy concept		60
2.2	performance analysis		30
2.3	life cycle carbon footprint		30
3	Energy Performance	120	
3.1	energy consumption		30
3.2	energy balance		30
3.3	self consumption		15
3.4	PV system perfomance		15
3.5	grid interaction		30
4	Affordability & Viability	100	
4.1	affordability		50
4.2	viability		50
5	Communication, Education, Social Awareness	80	
5.1	Communication		40
5.2	Education		20
5.3	Social Awareness		20
6	Sustainability	100	
6.1	circularity		60
6.2	sufficiency, flexibility& environmental performance		40
7	Comfort	100	
7.1	temperature		25
7.2	humidity		5
7.3	air quality CO2		20
7.4	lighting		10
7.5	sound insulation		10
7.6	air tightness		10
7.7	performance gap		20
8	House Functioning	80	
8.1	appliances		40
8.2	Refrigeration		5
8.3	Freezing		5
8.4	Clothes Washer		5
8.5	Clother Drying		5
8.6	Dishwashing		5

8.7	Oven	5
8.8	cooking	5
8.9	home electronics	5
8.10	water	10
8.11	hot water	5
8.12	water balance	5
8.13	dinner	15
	user friendliness	15
<hr/>		
9	Urban Mobility	80
9.1	mobility concept	60
9.2	provide beverages	10
9.3	provide for dinner	5
9.4	retrieve food	5
<hr/>		
10	Innovation	100
<hr/>		
	GESAMT	1000

SD US 2005

		contest	subcontest
1	Architecture	200	
2	Dwelling	100	
3	Documentation	100	
	3.1. As-Built Drawings and Submittals		40
	3.2. Schematic Energy Analysis Report		40
	3.3. Final Project Summary		10
	3.4. Pre-Event Project Deliverables		10
4	Communication	100	
	4.1. Web Site		50
	4.2. House Tours		40
	4.3. Branding Effectiveness		10
5	Comfort Zone	100	
	5.1. Temperature Control		40
	5.2. Humidity Control		20
	5.3. Comprehensive Assessment of Thermal Comfort		20
	5.4. Comprehensive Assessment of Indoor Air Quality		20
6	Appliances	100	
	6.1. Refrigeration Temperature Control		20
	6.2. Freezer Temperature Control		20
	6.3. Clothes Washing Tasks		15
	6.4. Clothes Drying Tasks		15
	6.5. Dishwashing Tasks		10
	6.6. Cooking Tasks		10
	6.7. TV/ Video Operation		5
	6.8. Computer Operation		5
7	Hot Water	100	
	7.1. Shower Tests		75
	7.2. Comprehensive Assessment of Hot Water System		25
8	Lighting	100	
	8.1. Electric Lighting Quantity		20
	8.2. Standard Usage Patterns		15
	8.3. Exterior Lighting		5
	8.4. Integration of Electric and Natural Lighting		5
	8.5. Electric Lighting Quality		40
	8.6. Daylighting Quality		15
9	Energy Balance	100	
10	Getting Around	100	
	10.1. Mileage Credit: Day 1		20
	10.2. Mileage Credit: Day 2		20
	10.3. Mileage Credit: Day 3		20
	10.4. Mileage Credit: Day 4		20
	10.5. Mileage Credit: Day 5		15
	10.6. Mileage Credit: Day 6 and Final Lap		5
GESAMT		1100	

SD US 2007

		contest	subcontest
1	Architecture	200	
	1.1. Architecture Design and Implementation		150
	1.2. Drawings and Specifications		50
2	Engineering	150	
	2.1. Engineering Design and Implementation		100
	2.2. Energy Analysis		50
3	Market Viability	150	
	3.1. Market Appeal		50
	3.2. Economic Analysis		50
	3.3. Project Deliverables		25
	3.4. Code and Regulation Compliance		25
4	Communication	100	
	4.1. Web Site		50
	4.2. House Tours		50
5	Comfort Zone	100	
	5.1. Indoor Temperature Control		50
	5.2. Indoor Humidity Control		50
6	Appliances	100	
	6.1. Refrigeration Temperature Control		15
	6.2. Freezer Temperature Control		15
	6.3. Clothes Washing Tasks		10
	6.4. Clothes Drying Tasks		20
	6.5. Dishwashing		10
	6.6. Cooking		20
	6.7. TV/ Video Operation		5
	6.8. Computer Operation		5
7	Hot Water	100	
	7.1. Shower Tests		100
8	Lighting	100	
	8.1. Electric Lighting Quality		50
	8.2. Daylighting Quality		25
	8.3. Evening House Lighting		15
	8.4. Daytime Workstation Lighting		10
9	Energy Balance	100	
10	Getting Around	100	
	10.1. Mileage Credit: Monday		
	10.2. Mileage Credit: Tuesday		
	10.3. Mileage Credit: Wednesday		
	10.4. Mileage Credit: Thursday		
	10.5. Mileage Credit: Friday		
	10.6. Mileage Credit: Final Lap		

GESAMT

1200

SD US 2009

			contest	subcontest
1	Architecture		100	
2	Market Viability		100	
3	Engineering		100	
4	Lighting Design		75	
5	Communication		75	
6	Comfort Zone		100	
	6.1.	Temperature		50
	6.2.	Humidity		50
7	Hot Water		100	
8	Appliances		100	
	8.1.	Refrigerator		10
	8.2.	Freezer		10
	8.3.	Clothes Washer		20
	8.4.	Clothes Dryer		40
	8.5.	Dishwashing		20
9	Home Entertainment		100	
	9.1	Cooking		20
	9.2	Lighting		30
	9.3	Dining		10
	9.4	Public Exhibit		35
	9.5	Home Theatre		5
10	Net Metering		150	
	10.1	Energy Balance		100
	10.2	Energy Surplus		50
GESAMT			1000	

SD US 2011

		contest	subcontest
1	Architecture	100	
2	Market Appeal	100	
3	Engineering	100	
4	Communication	100	
5	Affordability	100	
6	Comfort Zone	100	
	6.1.	Temperature	75
	6.2.	Humidity	25
7	Hot Water	100	
8	Appliances	100	
	8.1.	Refrigerator	10
	8.2.	Freezer	10
	8.3.	Clothes Washer	20
	8.4.	Clothes Dryer	40
	8.5.	Dishwashing	20
9	Home Entertainment	100	
	9.1	Lighting	40
	9.2	Cooking	20
	9.3	Dinner Party	10
	9.4	Home Electronics	25
	9.5	Movie Night	5
10	Energy Balance	100	
	GESAMT	1000	

SD US 2013

		contest	subcontest
1	Architecture	100	
2	Market Appeal	100	
3	Engineering	100	
4	Communication	100	
5	Affordability	100	
6	Comfort Zone	100	
	6.1. Temperature		75
	6.2. Humidity		25
7	Hot Water	100	
8	Appliances	100	
	8.1. Refrigerator		10
	8.2. Freezer		10
	8.3. Clothes Washer		20
	8.4. Clothes Dryer		40
	8.5. Dishwashing		20
9	Home Entertainment	100	
	9.1 Lighting		40
	9.2 Cooking		20
	9.3 Dinner Party		10
	9.4 Home Electronics		25
	9.5 Movie Night		5
10	Energy Balance	100	
	GESAMT	1000	

SD US 2015

		contest	subcontest
1	Architecture	100	
2	Market Appeal	100	
3	Engineering	100	
4	Communication	100	
5	Affordability	100	
6	Comfort Zone	100	
	6.1.	Temperature	75
	6.2.	Humidity	25
7	Appliances	100	
	8.1.	Refrigerator	10
	8.2.	Freezer	10
	8.3.	Clothes Washer	16
	8.4.	Clothes Dryer	32
	8.5.	Dishwashing	17
	8.6.	Cooking	15
8	Home Life	100	
	9.1	Lighting	25
	9.2	Hot Water	50
	9.3	Home Electronics	10
	9.4	Dinner Party	10
	9.5	Movie Night	5
9	Commuting	100	
10	Energy Balance	100	
	GESAMT	1000	

SD US 2017

		contest	subcontest
1	Architecture	100	
2	Market Potential	100	
3	Engineering	100	
4	Communication	100	
5	Innovation	100	
6	Water	100	
7	Health and Comfort	100	
7.1.	Temperature		55
7.2.	Humidity		25
7.3.	Indoor Air Quality		10
7.4.	Air Tightness		10
8	Appliances	100	
8.1.	Refrigerator		8
8.2.	Freezer		8
8.3.	Clothes Washer		10
8.4.	Clothes Drying		20
8.5.	Cooking		12
8.6.	Hot Water		42
9	Home Life	100	
9.1	Lighting		30
9.2	Home Electronics		10
9.3	Dinner Party		10
9.4	Game Night		5
9.5	Commuting		45
10	Energy Balance	100	

GESAMT**1000**

SD CN 2013

		contest	subcontest
1	Architecture	100	
2	Market Appeal	100	
3	Engineering	100	
4	Communication	100	
5	Solar Application	100	
6	Comfort Zone	100	
	6.1. Temperature		75
	6.2. Humidity		25
7	Hot Water	100	
8	Appliances	100	
	8.1. Refrigerator		10
	8.2. Freezer		10
	8.3. Clothes Washer		20
	8.4. Clothes Dryer		40
	8.5. Dishwashing		20
9	Home Entertainment	100	
	9.1 Lighting		40
	9.2 Cooking		20
	9.3 Dinner Party		10
	9.4 Home Electronics		25
	9.5 Movie Night		5
10	Energy Balance	100	
	GESAMT	1000	

SD CN 2018

		contest	subcontest
1	Architecture	100	
2	Market Appeal	100	
3	Engineering	100	
4	Communication	100	
5	Innovations	100	
6	Comfort Zone	100	
	6.1.	Temperature	40
	6.2.	Humidity	20
	6.3.	CO2 Level	20
	6.4.	PM 2.5 Level	20
7	Appliances	100	
	8.1.	Refrigerator	10
	8.2.	Freezer	10
	8.3.	Clothes Washer	16
	8.4.	Clothes Dryer	32
	8.5.	Dishwashing	17
	8.6.	Cooking	15
8	Home Life	100	
	9.1	Lighting	25
	9.2	Hot Water	50
	9.3	Home Electronics	10
	9.4	Dinner Party	10
	9.5	Movie Night	5
9	Commuting	100	
10	Energy Performance	100	
	10.1.	Energy Balance	80
	10.2.	Generating Capacity	20
	GESAMT	1000	

SD LA 2015

		contest	subcontest
1	Architecture	100	
2	Engineering & Construction	100	
3	Energy Efficiency	100	
	3.1. Generation- Consumption Correlation		50
	3.2. Limit of Energy Consumption		50
4	Electrical Energy Balance	100	
	4.1. Net Zero Enery Balance		60
	4.2. Power Peaks		40
5	Comfort Conditions	100	
	5.1. Temperatur		50
	5.2. Relative Humidity		20
	5.3. Natural Lighting		20
	5.4. Sonic Environment and Acoustic Performance		10
6	House Functioning	100	
	6.1. Refrigeration		8
	6.2. Freezing		8
	6.3. Clothes Washing & Drying		12
	6.4. Microwave		5
	6.5. Blender		5
	6.6. Cooking		10
	6.7. Home Electronics		7
	6.8. Social Activity		15
	6.9. Water Consumption a. Flushing the toilet		2
	6.10. Water Consumption b. lowest water consumption		10
	6.11. Hot Water Draws		18
7	Communication, Marketing and Social Awareness	100	
8	Urba Design and Affordability	100	
9	Innovation	100	
10	Sustainability	100	
	GESAMT	1000	

SD LA 2019

		contest	subcontest
1	Architecture	100	
2	Engineering & Construction	100	
3	Energy Efficiency	100	
	3.1. Limit of Energy Consumption		50
	3.2. Generation- Consumption Correlation		50
4	Electrical Energy Balance	100	
	4.1. Net Zero Energy Balance		60
	4.2. Power Peaks		40
5	Comfort Conditions	100	
	5.1. Temperatur		50
	5.2. Humidity		20
	5.3. Natural Lighting		20
	5.4. Sonic Environment and Acoustic Performance		10
6	House Functioning	100	
	6.1. Refrigeration		8
	6.2. Freezing		8
	6.3. Clothes Washing & Drying		12
	6.4. Microwave		5
	6.5. Blender		5
	6.6. Cooking		10
	6.7. Home Electronics		7
	6.8. Social Activity		15
	6.9. Water Consumption a. Flushing the toilet		2
	6.10. Water Consumption b. lowest water consumption		10
	6.11. Hot Water Draws		18
7	Communication, Marketing and Social Awareness	100	
8	Urba Design and Affordability	100	
9	Innovation	100	
10	Sustainability	100	
	GESAMT	1000	

SD AF 2019

		contest	subcontest
1	Architecture	100	
2	Engineering & Construction	100	
3	Market Appeal	100	
4	Communication & Social Awareness	100	
5	Appliances	100	
5.1.	Refrigerator		14
5.2.	Freezer		14
5.3.	Clothes Washer		14
5.4.	Clothes Dryer		16
5.5.	Oven		18
5.6.	Cooking		12
5.7.	Dishwashing		12
6	Home Life & Entertainment	100	
6.1.	Hot Water Draw		26
6.2.	Home Electronics		10
6.3.	Dinner Party		13
6.4.	Movie Night		11
6.5.	Commuting		40
7	Comfort Conditions	100	
7.1.	Temperature		55
7.2.	Humidity		15
7.3.	Light intensity		30
8	Sustainability	100	
9	Electrical Energy Balance	100	
9.1.	Energy Performance		60
9.2.	Performance Ratio		20
9.3.	Generation - Consumption Correlation		20
10	Innovation	100	
	GESAMT	1000	

9.2 NACHNUTZUNG DER SD EU HÄUSER ZWISCHEN 2010 UND 2014


	Käufer_Wohnhaus	Käufer_Museum/ Ausstellung	Käufer_Forschung	Käufer_Büro	Auf Uni Campus_Büro/Konferenzräume	Auf Uni Campus_Bildungs-/ Forschungseinrichtung	Auf Uni Campus_Ausstellung	Auf Uni Campus_Wohnung	Wanderausstellung	An einem anderen. SD teilgenommen	Abgebaut/ eingelagert	Verbleib unklar	Monitoring nach dem Wettbewerb
EU 2010													
1	VGT					X	X		X				
2	ROS	X											
3	HFT	X											
4	GRE												X
5	HUT	X											
6	BUW	X						X					
7	AMP												X
8	UOF												X
9	CEU												X
10	BER				X	X							
11	TUS												X
12	UDS												X
13	UPC					X							
14	UDV												X
15	UON				X	X							
16	TUC												X
17	IAA								X				X

	Käufer_Wohnhaus	Käufer_Museum/ Ausstellung	Käufer_Forschung	Käufer_Büro	Auf Uni Campus_Büro/Konferenzräume	Auf Uni Campus_Bildungs-/ Forschungseinrichtung	Auf Uni Campus_Ausstellung	Auf Uni Campus_Wohnung	Wanderausstellung	An einem anderen. SD teilgenommen	Abgebaut/ eingelagert	Verbleib unklar	Monitoring nach dem Wettbewerb
SD EU 2012													
1	TRA						X						
2	AND					X	X						
3	ROM											X	
4	HTW											X	
5	RWT		X	X		X							
6	BME											X	
7	CEU											X	
8	UPC											X	
9	BUC	X											
10	DTU											X	
11	TJU											X	
12	ABC					X							
13	BRA											X	
14	EHU											X	
15	CUJ											X	
16	FAU											X	
17	UDZ											X	
18	STS											X	

	Käufer_Wohnhaus	Käufer_Museum/ Ausstellung	Käufer_Forschung	Käufer_Büro	Auf Uni Campus_ Büro/Konferenzräume	Auf Uni Campus _ Bildungs-/ Forschungseinrichtung	Auf Uni Campus _ Ausstellung	Auf Uni Campus _ Wohnung	Wanderausstellung	An einem anderen. SD teilgenommen	Abgebaut/ eingelagert	Verbleib unklar	Monitoring nach dem Wettbewerb
SD EU 2014													
1	ROM					X							
2	DEL					X	X						
3	ROF					X	X						
4	DTU					X	X						
5	LUC				X		X						
6	FNX											X	
7	OTP											X	
8	BAR											X	
9	CUJ											X	
10	UNI											X	
11	REC											X	
12	MEX											X	
13	INS					X							
14	PLT											X	
15	TEC											X	
16	KMU											X	
17	SHU											X	
18	BUC		X										
19	PAR											X	
20	ATL											X	

9.1 INFORMATIONÜBERSICHT SD EU 2010 BIS 2019

Legende:

Kürzel	Abkürzungen der Teambezeichnungen, wie sie auch in der Building Competition Knowledge Platform und von den SD Organisatoren verwendet werden. Bei unterschieden zwischen den Kürzeln, die von Organisatoren verwendet wurden und denen der Knowledge Platform, stehen die Organisatorenkürzel in Klammern (siehe 2019).
PM	Quellenangabe, dass die Angaben aus dem Project Manual (Deliverable 7) des jeweiligen Teams stammen.
CD	Quellenangabe, dass die Angaben aus den Construction Drawings (Konstruktionszeichnungen) (Deliverable 7) des jeweiligen Teams stammen.
S	Seite
PDF	Die Angabe PDF hinter der Seitenzahl gibt an, dass sich die hier angegebene Seitenzahl auf die Seitenzahl des PDFs bezieht und nicht auf die Seitenzahl, die im Dokument angegeben ist. Aufgrund von Unstimmigkeiten in manchen PM Dokumenten war diese Abweichung für eine eindeutige Zuordnung notwendig.
SD Buch	Quellenangabe, dass die Angaben aus einem der von den SD EU Organisatoren über den SD EU 2010 und 2012 veröffentlichten Büchern stammen. 2010: (Vega Sánchez 2011) 2012: (Vega Sánchez, Solar Decathlon Europe Competition, Challenges, Madrid 2012)
Prototyp	Beschreibungen für das SD Haus als Prototyp.
Serie	Beschreibungen für den SD Haus, wenn dies in Serie gefertigt werden würde.
BGF	Bruttogrundfläche
A_{Cond}	Konditionierte Grundfläche
V_{Cond}	Konditioniertes Volumen
A_{Wand}	Außenflächen der Außenwände
A_{Dach}	Außenfläche des Daches
A_{Boden}	Außenfläche des Bodens
A_{Fenster}	Fensterflächen
A/V	Verhältnis von Hüllfläche zu Raumvolumen des konditionierten Gebäudeteils.
PCM	Phase Change Materials - Phasenwechselmaterialien
Mono	Monokristallines Silizium
Poly	Polykristallines Silizium
PVT	Photovoltaik Kollektoren, die mit einem thermischen Kollektor kombiniert sind.
	Graue Zellenschattierung markiert Probleme mit der Quelle. Entweder lag nicht das Deliverable 7 vor oder es war nicht in englischer Sprache vorhanen oder Widersprüche im Dokument machen die Daten unbrauchbar.

2010: Teamdetails

Jahr	Kürzel	Universität	Team Name	Herkunftsland
2010	VGT	Virginia Polytechnic Institute & State University, United States of America	LumenHAUS	USA
	ROS	Hochschule Rosenheim	Team IKAROS Bavaria	Deutschland
	HFT	HFT Stuttgart	Home+	Deutschland
	GRE	Ecole Nationale Supérieure d'Architecture de Grenoble, France	Armadillo Box	Frankreich
	HUT	Aalto University, Helsinki, Finland	Luuku House	Finnland
	BUW	Bergische Universität Wuppertal	Team Wuppertal	Deutschland
	AMP	Paris Tech	Napevomo	Frankreich
	UOF	University of Florida, United States of America	RE:FOCUS	USA
	CEU	Universidad CEU Cardenal Herrera, CEU-UCH Team Valencia	SMLhouse	Spanien
	BER	University of Applied Science for Technology and Economics Berlin, Beuth Hochschule Berlin, University of Arts Berlin, Germany	Living Equia	Deutschland
	TUS	Tongji University Shanghai, China	Bamboo House	China
	UDS	Universidad de Sevilla Spain	Solarkit	Spanien
	UPC	Universidad Politécnica de Catalunya Spain	LOW3	Spanien
	UDV	Universidad de Valladolid Spain	Urcomante	Spanien
	UON	University of Nottingham	Nottingham HOUSE	England
	TUC	Tianjin University China	Sunflower	China
IAA	Instituto de Arquitectura Avanzada de Catalunya, Spain	FabLab House	Spanien	

2012: Teamdetails

2012	TRA	École Nationale Supérieure D'Architecture de Grenoble	Canopea	Frankreich
	AND	Universidades de Sevilla&Jaén&Málaga, Spain	Andalucia Team	Spanien
	ROM	Università degli Studi di Roma TRE&Sapienza Università di Roma& free University of Bozen&Frauenhofer Italy,	Med in Italy	Italien
	HTW	University of Applied Sciences Konstanz, Germany	Ecolar	Deutschland
	RWT	RWTH Aachen University	CounterEntropy	Deutschland
	BME	Budapest University of Technology & Economics, Hungary	Odoo Project	Ungarn
	CEU	Universidad CEU Cardenal Herrera, Spain	CEU Team Valencia	Spanien
	UPC	Universitat Politècnica de Catalunya, Spain	(E)CO Team	Spanien
	BUC	University of Architecture and Urbanism&Technical University of Civil Engineering of Bucharest&University Politehnica of Bucharest,	Prispa	Rumänien
	DTU	Technical University of Denmark, Denmark	Team DTU	Dänemark
	TJU	Tongji University, China	Tongji Team	China
	ABC	Bordeaux University, France	Team ABC	Frankreich
	BRA	Universidade Federal de Santa Catarina& Universidade de São Paulo, Brasil	Team Brasil	Brasilien
	EHU	Universidad del País Vasco (Euskel Herriko Unibertsitatea), Spain	EHU Team	Spanien
	CUJ	Chiba University, Japan	Chiba University	Japan
	FAU	Universidade do Porto, Portugal_CEM'	Cem+nem-	Portugal
	UDZ	Universidad de Zaragoza,Spain	Grupo pi Unizar	Spanien
	STS	École Nationale Supérieure D'Architecture Paris-Malaquais& École des Ponts ParisTech& Università di Ferrara& Politecnico di Bari,	estonyshine	Frankreich& Italien

2014: Teamdetails

2014	ROM	Universita degli studi di Roma TRE	DenCity	Italien
	DEL	Delft University of Technology	Prêt-à-Loger	Niederlande
	ROF	UdK Berlin, TU Berlin	Team Roof Top	Deutschland
	DTU	Technical University of Denmark	Team-DTU	Dänemar
	LUC	Hochschule Luzern & Hochschule Zentralschweiz	Team Lucerne	Schweiz
	FNX	Universite de la Rochelle & Universidad Tecnica Federico Santa Maria	Team Fenix	Frankreich & Chile
	OTP	University of Applied Sciences Frankfurt	Team On Top	Deutschland
	BAR	Universitat Politecnica de Catalunya Escola Tecnica Superior D'arquitectura del Valles	Team Resso	Spanien
	CUJ	Chiba University Japan	Chiba University	Japan
	UNI	National Chiao Tung University	Team Unicode	Taiwan
	REC	Universite d'Angers & Appalachian State University	Team Reciprocite	USA
	MEX	Universidad Nacional Autonoma de México & the Center of Research in Industrial Design and the School of Engineering & the School of Arts	Team Mexico Unam	Mexiko
	INS	Rhode Island School of Design & Brown University & University of Applied Sciences – Erfurt	Team Inside Out	USA & Deutschland
	PLT	Universidad de Castilla & la Mancha Universidad de Alcala de Henares University	Plateau Team Universidad de Alealá	Spanien
	TEC	Costa Rica Institute of Technology	TEC Team San José	Costa Rica
	KMU	King Mongkut's University of Technology Thonburi	KMUTT-Team	Thailand
	SHU	Academy of Architecture Indian Institute of Technology	Team Shunya	Indien
	BUC	Technical University of civil Engineering Bucharest, University Politecnica Bucharest, ION MINCU University of Architecture and Urbanism	Team EFdeN	Rumänien
	PAR	ENSA PARIS MALAQUAIS / ESIEE PARIS / ESTP PARIS / CHIMIE PARISTECH ENSG / UNIVERSITÉ PARIS EST	Team Paris	Frankreich
	ATL	École Nationale Supérieure d'Architecture nantes, École Centrale de Nante, Ecole Supérieure du Bois	Atlantic Challenge	Frankreich

2019	TUB (BUC)	Technical University of Civil Engineering Bucharest	Over4	Rumänien
	BUD	Budapest University of Technology and Economics	koeb	Ungarn
	UPC	Universidad Politecnica Catalunya	TO	Spanien
	DEF (DEL)	Delft University of Technology	MOR	Niederlande
	GUB	Ghent University	The mobble	Belgien
	PLF	Ecole Nationale Supérieure d'Architecture et de Paysage de Lille	Habitat	Frankreich
	MIH	University of Pecs, University of Miskolc, University of Blida	Someshine	Ungarn
	SEV	Universidad de Sevilla	AURA	Spanien
	KMU	King Mongkut's University of Technology Thonburi	Resilient Nest	Thailand
	VAL	Universidad Politecnica de Valencia	Azalea	Spanien

2010: Kosten

Kürzel	Prototyp in €	Serie in €	Quellen
VGT	365 500	274 125	PM S.492 (PDF): 430 000\$ Kosten für Prototyp in Madrid, 25%- 40% weniger für Serienfertigung
ROS	626 712	184 840	Prototyp Kosten: SDE buch S. 65 (PDF) Serienfertigung: PM S.224 (PDF)
HFT	663 169	220 000	SD EU Buch S. 75
GRE	240 650	180 000	SD EU Buch S. 85
HUT	496 000	180 000	SD EU Buch S. 95
BUW	817 800	194 996	SD EU Buch S. 105
AMP	350 000	200 000	SD EU Buch S. 115
UOF	313 000	140 000	SD EU Buch S. 125
CEU	600 000	120 000	SD EU Buch S. 135
BER	276 727	200 000	SD EU Buch S. 145
TUS	200 000		SD EU Buch S. 155
UDS	250 000	120 000	SD EU Buch S. 165
UPC	240 000	163 000	SD EU Buch S. 175
UDV	170 000	120 000	SD EU Buch S. 185
UON	300 000		SD EU Buch S. 195
TUC	247 090	25 000	SD EU Buch S. 205
IAA	450 000	220 000	SD EU Buch S. 215

2012: Kosten

Kürzel	Prototyp in €	Serie in €	Quellen
TRA	700 000	140 000	SD EU Buch S. 60
AND	500 000	150 000	SD EU Buch S 79 (PDF)
ROM	160 000	124 000	SD EU Buch S 89 (PDF)
HTW	360 000	200 000	SD EU Buch S 99 (PDF)
RWT	542 000	241 000	SD EU Buch S 109 (PDF)
BME	360 100	278 790	SD EU Buch S 119 (PDF)
CEU	194 856	108 860	SD EU Buch S 129 (PDF)
UPC	150 000	110 000	SD EU Buch S 139 (PDF)
BUC	125 000	70 000	SD EU Buch S 149 (PDF)
DTU	319 225	212 000	SD EU Buch S 159 (PDF)
TJU	287 000	240 000	SD EU Buch S 169 (PDF)
ABC	150 000	70 000	SD EU Buch S 189 (PDF)
BRA	450 000		SD EU Buch S 199 (PDF)
EHU	234 020	219 873	SD EU Buch S 179 (PDF)
CUJ	500 000	250 000	SD EU Buch S 109 (PDF)
FAU	300 000	150 000	SD EU Buch S 219 (PDF)
UDZ	122 450	85 715	SD EU Buch S 239 (PDF)
STS	290 000	100 000	SD EU Buch S 229 (PDF)

2014: Kosten

Kürzel	Prototyp	Serie	Quellen
	in €	in €	
ROM	479 912		PM S. 303-396 (PDF)
DEL	606 480		PM S. 470 (PDF)
ROF	451 815		PM S. 481 (PDF)
DTU			
LUC	1 473 251		PM S. 311 (PDF)
FNX	213 317		PM S. 351 - 352 (PDF)
OTP	1 241 592		PM S. 68 (PDF)
BAR	315 452		PM S 559 (PDF)
CUJ	537 032		PM S 240 (PDF)
UNI	1 007 619		PM S 517 (PDF)
REC	391 761		PM S 551 (PDF)
MEX	318 139		PM S 572 (PDF)
INS	435 000		PM S 288 (PDF)
PLT	180 046		PM S 503 (PDF)
TEC	137 056		PM S 529 (PDF)
KMU	286 990		PM S 562 (PDF)
SHU	141 493		PM S 432 (PDF)
BUC			
PAR	561 924		PM S 195 (PDF)
ATL			

2019: Kosten

Kürzel	Prototyp in €	Serie in €	Quellen
TUB (BUC)	269 473		PM S 493 (PDF)
BUD	370 759		PM S 124 (PDF)
UPC	131 527		PM S 416 (PDF)
DEF (DEL)	641 500		PM S 1698 (PDF)
GUB	309 470		PM S 593 (PDF)
PLF	421 212		PM S 702 (PDF)
MIH	187 061		PM S 105 (PDF)
SEV			
KMU	13633000	tail	PM S 348 (PDF)
VAL			

2010: Flächen

Kürzel	BGF m ²	A _{cond} m ²	V _{cond} m ³	A _{Wand} m ²	A _{Dach} m ²	A _{Boden} m ²	A _{Fenster} m ²	Quelle
VGT	74.3	52.8	136.6	93.3				BGF: CD S. 7 (PDF); A _{cond} : CD S. 12 (PDF), V _{cond} : CD S. 20 (PDF); A _(Wand, Dach, Boden) : CD S. 6 (PDF); A _{Fenster} : PM S. 220/221 (PDF)
ROS	73.8	55.0	230.6	106.6	74.3	74.3	47.7	BGF: PM S 249 (PDF), A und V: SDE Buch S. 65, A _{wand} CD S. 10 und 73
HFT	74.0	52.1	208.5	95.6	74.0	74.0	36.9	SD EU Buch S. 75, Fensterflächen aus Zeichnung gemessen, siehe CD
GRE	74.0	44.7	270.6					SD EU Buch S. 85
HUT	60.6	42.4	242.4					SD EU Buch S. 95
BUW	73.8	48.6	315.5					SD EU Buch S. 104
AMP	74.0	46.0	125.0					SD EU Buch S. 114
UOF	70.0	46.0	150.0					SD EU Buch S. 125
CEU	64.0	50.8	132.0					SD EU Buch S. 135
BER	74.0	52.8	315.5					SD EU Buch S. 145
TUS	55.9	42.0	90.0					SD EU Buch S. 155
UDS	67.7	51.7	124.1					SD EU Buch S. 165
UPC	74.0	42.0	101.0					SD EU Buch S. 175
UDV	57.5	46.4	188.7					SD EU Buch S. 185
UON	72.0	72.0	324.0					SD EU Buch S. 195
TUC	68.1	44.0	228.0					SD EU Buch S. 205
IAA	73.5	57.4	149.2					SD EU Buch S. 215

2012: Flächen

Kürzel	BGF	A _{cond}	V _{cond}	A _{Wand}	A _{Dach}	A _{Boden}	A _{Fenster}	Quelle
	m ²	m ²	m ³	m ²	m ²	m ²	m ²	
TRA	195.9	68.8	202.5	66.1	80.5	80.5	29.7	SD EU Buch S. 68
AND	107.1	69.6	128.7					SD EU Buch S 78 (PDF)
ROM	68.0	55.5	143.9	84.5	53.0	68.0	40.9	SD EU Buch S 88 (PDF)
HTW	78.4	67.6	175.8	56.9	76.6	76.6	64.8	SD EU Buch S 98 (PDF)
RWT	77.6	61.8	170.3	54.2	144.0	46.6	33.6	SD EU Buch S 108 (PDF)
BME	67.0	45.0	116.0	30.0	52.0	55.0	27.7	SD EU Buch S 118 (PDF), PM S 223 (PDF)
CEU		56.6	141.3	62.6	124.6	79.3	32.2	SD EU Buch S 128 (PDF)
UPC	145.0	46.4	104.0	114.9	45.5	45.5	14.7	SD EU Buch S 138 (PDF), PM S 103 (PDF)
BUC	130.6	77.6	240.6	118.3	52.5	59.3	16.6	SD EU Buch S 148 (PDF)
DTU	76.8	66.5	200.0	80.0	54.0	68.0	51.0	SD EU Buch S 158 (PDF)
TJU	65.2	61.6	133.9	152.9	65.2	65.2	17.1	SD EU Buch S 168 (PDF), PM S 97 (PDF)
ABC	105.0	69.4	223.0	97.0	99.0	95.0	31.4	SD EU Buch S 188 (PDF)
BRA	55.6	55.6	183.0	100.0	55.6	55.6	34.1	SD EU Buch S 198 (PDF)
EHU	89.1	54.6	169.0	91.0	60.3	60.3	36.6	SD EU Buch S 178 (PDF)
CUJ	64.5	54.4	107.8	41.0	62.5	62.5	52.5	SD EU Buch S 208 (PDF)
FAU	83.8	49.2	122.9	32.5	67.6	67.6	51.2	SD EU Buch S 2018 (PDF)
UDZ	78.7	62.4	156.0	52.3	78.7	78.7	26.2	SD EU Buch S 238 (PDF)
STS	131.0	91.0	372.0					SD EU Buch S 228 (PDF)

2014: Flächen

Kürzel	BGF m ²	A _{cond} m ²	V _{cond} m ³	A _{Wand} m ²	A _{Dach} m ²	A _{Boden} m ²	A _{Fenster} m ²	Quelle
ROM	79.2	62.9	224.4	110.9	132.6	78.7	33.0	PM S 198 (PDF)
DEL	105.4	85.0	216.8					PM S 282 (PDF)
ROF	69.3	55.4	145.6	32.8	63.7	63.7	53.9	PM S 267 (PDF)
DTU	80.5	59.0	137.0	67.8	59.3	67.7	14.6	PM S.178 (PDF)
LUC	134.4	73.3	186.5	169.1	108.7	80.3	49.2	PM S 146 (PDF)
FNX	64.6	52.9	136.1	71.9	55.0	54.5	20.3	PM S 151 (PDF)
OTP	100.0	110.0	275.0	180.8	92.5	73.1	37.5	PM S 202 (PDF)
BAR	148.4	137.6	742.8	110.5	130.9	130.9	142.5	PM S 202 (PDF)
CUJ	87.5	75.7	199.7	106.4	65.0	65.0	41.4	PM S 156 (PDF)
UNI	116.8	71.3	206.1	31.2	60.5	60.5	31.1	PM S 223 (PDF)
REC	108.0	104.0	308.0	173.0	69.0	69.0	39.7	PM S 242 (PDF)
MEX	124.6	45.0	121.4	101.2	56.8	52.9	43.5	PM S 314 (PDF)
INS	90.8	76.7	276.1	230.0		90.8	23.8	PM S 106 (PDF)
PLT	71.2	61.7	156.4	117.0	109.2	71.2	47.9	PM S 209 (PDF)
TEC	145.1	55.5	193.0	78.3	110.8	48.0	38.3	PM S 284 (PDF)
KMU	148.8	112.0	120.0	199.0	163.0	112.0	15.7	PM S 225 (PDF)
SHU	70.2	59.0	159.7	67.0	68.0	65.0	22.0	PM S 230 (PDF)
BUC	181.6	132.6	217.3	246.0	90.8	132.5	45.2	PM S 335 (PDF)
PAR	90.0	52.0	125.0	144.0	70.0	70.0	20.0	PM S 138 (PDF)
ATL								

2019: Flächen

Kürzel	BGF m ²	A _{cond} m ²	V _{cond} m ³	A _{Wand} m ²	A _{Dach} m ²	A _{Boden} m ²	A _{Fenster} m ²	Quelle
TUB (BUC)	73.0	65.0	340.0	185.3	63.5	62.0	25.8	PM S 107 (PDF)
BUD	79.0	70.0	155.0	40.5	90.0	70.0	35.0	PM S 35 (PDF)
UPC	146.8	108.2	158.0	41.5	58.5	58.5	58.7	PM S 202 (PDF)
DEF (DEL)								
GUB	81.0	69.2	169.5	86.6	81.0	81.0	18.7	PM S 184 (PDF)
PLF	187.0	120.0	203.0	188.0	46.0	58.0	94.0	PM S 325 (PDF)
MIH		82.6						PD S 5
SEV								
KMU	71.6	62.5	92.6	104.1	111.6	71.6	8.8	PM S 155 (PDF)
VAL	68.8	54.2	210.8	57.7	83.7	57.0	35.6	PM S 139 (PDF)

2010: Hüllflächen und Wärmeleitfähigkeit

Kürzel	A/V Verhältnis		Quelle	Wärmeleitfähigkeit				Quelle
	Hüllfläche m ²	A/V 1/m		Wand W/m ² K	Dach W/m ² K	Boden W/m ² K	Fenster W/m ² K	
VGT	241.9	1.77	Eigene Rechnung	0.21	0.15	0.22	1.03	SD EU Buch S 55
ROS	255.2	1.11	Eigene Rechnung	0.10	0.10	0.10	0.56	SD EU Buch S 75
HFT	243.6	1.17	Eigene Rechnung	0.16	0.11	0.10	0.52	SD EU Buch S 65
GRE				0.16	0.16	0.12	0.80	SD EU Buch S 85
HUT				0.10	0.08	0.08	0.30	SD EU Buch S 95
BUW				0.10	0.09	0.11	0.53	SD EU Buch S 104
AMP				0.17	0.14	0.14	0.60	SD EU Buch S 114
UOF				0.26	0.17	0.17		SD EU Buch S 125
CEU								SD EU Buch S 135
BER				0.14	0.13	0.13		SD EU Buch S 145
TUS				0.10	0.10	0.10	1.20	SD EU Buch S 155
UDS				0.35	0.18	0.18	1.72	SD EU Buch S 165
UPC				0.24	0.15	0.15		SD EU Buch S 175
UDV				0.25	0.18	0.17	0.69	SD EU Buch S 185
UON				0.10	0.13	0.10	0.50	SD EU Buch S 195
TUC				0.22	0.18	0.18	1.40	SD EU Buch S 205
IAA								SD EU Buch S 215

2012: Hüllflächen und Wärmeleitfähigkeit

Kürzel	A/V Verhältnis		Quelle	Wärmeleitfähigkeit				Quelle
	Hüllfläche m ²	A/V 1/m		Wand W/m ² K	Dach W/m ² K	Boden W/m ² K	Fenster W/m ² K	
TRA	256.8	1.268	PM S 343 (PDF)	0.08	0.07	0.08	0.50	SD EU Buch S. 68
AND				0.20	0.12	0.19	0.70	SD EU Buch S 78 (PDF)
ROM	246.4	1.71	PM S 145(PDF)	0.14	0.14	0.14	1.23	SD EU Buch S 88 (PDF)
HTW	274.8	1.56	PM S 33 (PDF)	0.10	0.13	0.13	0.63	SD EU Buch S 98 (PDF)
RWT	278.4	1.64	PM S 134 (PDF)	0.09	0.08	0.11	0.80	SD EU Buch S 108 (PDF)
BME	164.7	1.42	PM S 223 (PDF)	0.16	0.15	0.15	0.97	SD EU Buch S 118 (PDF)
CEU	298.7	2.11	PM S 115 (PDF)	0.13	0.38	0.35	0.60	SD EU Buch S 128 (PDF)
UPC	220.6	2.12	PM S 103 (PDF)	0.24	0.19	0.19	1.59	SD EU Buch S 138 (PDF)
BUC	246.6	1.03	PM S 109 (PDF)	0.15	0.17	0.14	0.81	SD EU Buch S 148 (PDF)
DTU	253.0	1.27	PM S 104 (PDF)	0.09	0.09	0.09	1.04	SD EU Buch S 158 (PDF)
TJU	300.4	2.24	PM S 97 (PDF)	0.13	0.13	0.13	1.20	SD EU Buch S 168 (PDF)
ABC	322.4	1.45	PM S 81 (PDF)	0.17	0.15	0.14	1.50	SD EU Buch S 188 (PDF)
BRA	208.0	1.14	PM S 41 (PDF)	0.15	0.10	0.16	1.32	SD EU Buch S 198 (PDF)
EHU	248.3	1.47	PM S 127 (pdf)	0.33	0.24	0.27	1.00	SD EU Buch S 178 (PDF)
CUJ	218.5	2.03	PM S 40 (PDF)	0.12	0.16	0.12	0.70	SD EU Buch S 208 (PDF)
FAU	218.8	1.78	PM S 68B- 71 (PDF)	0.26	0.33	0.48	1.00	SD EU Buch S 2018 (PDF)
UDZ	235.9	1.51	PM S 18 (PDF)	0.40	0.32	0.37	2.10	SD EU Buch S 238 (PDF)
STS				0.13	0.26	0.20	1.30	SD EU Buch S 228 (PDF)

2014: Hüllflächen und Wärmeleitfähigkeit

Kürzel	A/V Verhältnis		Quelle	Wärmeleitfähigkeit				Quelle
	Hüllfläche m ²	A/V 1/m		Wand W/m ² K	Dach W/m ² K	Boden W/m ² K	Fenster W/m ² K	
ROM	349.5	1.56	PM S 198 (PDF)	0.14	0.12	0.12	0.50	PM S. 198 (PDF)
DEL	115.0	0.53	PM 282 (PDF)	0.11	0.14	0.24	0.78	PM. S. 282
ROF	214.0	1.47	PM S. 267 (PDF)					
DTU	209.4	1.53	Eigene Rechnung	0.09	0.09	0.10	0.81	PM S 178 (PDF)
LUC	407.3	2.18	Eigene Rechnung	0.14	0.10	0.12	0.82	PM S 146 (PDF)
FNX	201.7	1.48	Eigene Rechnung	0.23	0.15	0.21	1.34	PM S 151 (PDF)
OTP	383.9	1.40	Eigene Rechnung	0.11	0.14	0.15	0.69	PM S 202 (PDF)
BAR	514.8	0.69	Eigene Rechnung	0.32	0.23	0.03	0.70	PM S 202 (PDF)
CUJ	277.8	1.39	Eigene Rechnung	0.14	0.11	0.10	0.80	PM S 156 (PDF)
UNI	183.4	0.89	Eigene Rechnung	0.09	0.07	0.12	0.75	PM S 223 (PDF)
REC	350.7	1.14	Eigene Rechnung	0.12	0.13	0.16	0.87	PM S 242 (PDF)
MEX	254.4	2.10	Eigene Rechnung	0.05	0.05	0.06	1.54	PM S 314 (PDF)
INS	344.6	1.25	Eigene Rechnung	0.07		0.10	0.53	PM S 106 (PDF)
PLT	345.3	2.21	Eigene Rechnung	0.18	0.13	0.13	1.00	PM S 209 (PDF)
TEC	275.4	1.43	Eigene Rechnung	0.63	0.04	0.02	2.80	PM S 284 (PDF)
KMU	489.7	4.08	Eigene Rechnung	0.21	0.21	0.21	1.53	PM S 225 (PDF)
SHU	222.0	1.39	Eigene Rechnung	0.43	0.26	0.44	1.90	PM S 230 (PDF)
BUC	514.5	2.37	Eigene Rechnung	0.13	0.12	0.12	0.80	PM S 335 (PDF)
PAR	304.0	2.43	Eigene Rechnung	0.13	0.09	0.10	0.80	PM S 138 (PDF)
ATL								

2019: Hüllflächen und Wärmeleitfähigkeit

Kürzel	A/V Verhältnis		Quelle	Wärmeleitfähigkeit				Quelle
	Hüllfläche m ²	A/V 1/m		Wand W/m ² K	Dach W/m ² K	Boden W/m ² K	Fenster W/m ² K	
TUB (BUC)	336.6	0.99	Eigene Rechnung					
BUD	235.5	1.52	Eigene Rechnung	0.16	0.14	0.15	0.80	PM S 35 (PDF)
UPC	217.2	1.37	Eigene Rechnung	0.30	0.19	0.24	1.80	PM S 202(PDF)
DEF (DEL)								
GUB	267.3	1.58	Eigene Rechnung	0.19	0.17	0.19	1.31	PM S 186 (PDF)
PLF	386.0	1.90	Eigene Rechnung				1.40	PM S 325 (PDF)
MIH								
SEV			Eigene Rechnung					
KMU	296.0	3.20	Eigene Rechnung	0.22	0.25	0.25	2.50	PM S 155 (PDF)
VAL	234.0	1.11	Eigene Rechnung	0.15	0.14	0.26	0.80	PM s 139 (PDF)

2010: Konstruktionsmaterial und Vorfertigung

Kürzel	Konstruktionsmaterial			Kosten €	Quelle	Grad der Vorfertigung		
	Typ 1	Typ 2	Typ 3			Grad	Kosten €	Quelle
VGT	Stahl/ Metall	Holz			CD S 29 (PDF)	Module		PM S 478
ROS	Holz			115977.84	PM S 221 (PDF)	Module		
HFT	Holz				PM S 61 (PDF)	Module		PM S 389 ff. (PDF)
GRE	Stahl/ Metall	Holz		35012.4	SD EU Buch S 77, Kosten PM s 667	Elemente		SD EU BUCH S 77
HUT	Holz			67879	SD EU Buch S 87 (PDF), Kosten PM S 187 (PDF)			
BUW	Holz				SD EU Buch S 97. (PDF)	Elemente		SD EU 2010 BUCH S 97. (PDF)
AMP	Holz				SD EU Buch S115 (PDF)	Elemente		PM S 507 (PDF)
UOF						Module		PM 2 S 33 (PDF)
CEU								
BER	Stahl/ Metall	Holz			PM S 10 (PDF)			
TUS	Holz				SD EU Buch S 146 (PDF)	Elemente		SD EU Buch S 147 (PDF)
UDS						Module		SD EU Buch S 165 (PDF)
UPC	Stahl/ Metall	Holz	Poly carbonat		SD EU Buch s 167 (PDF)	Module		SD EU Buch S 167 (PDF)
UDV	Holz				SD EU Buch S 177 (PDF)			
UON	Holz			14300	SD EU Buch S 187 (PDF), PM S 13 (PDF), Kosten PM S 164 (PDF)	Module		SD EU Buch S 187 (PDF), PM S 13 (PDF)
TUC	Holz			11029	SD EU Buch S 197 (PDF), Kosten PM S 156(PDF)	Elemente		SD EU Buch S 197 (PDF)
IAA	Holz				SD EU Buch S 208 (PDF)	Elemente		SD EU Buch S 208 (PDF)

2012: Konstruktionsmaterial und Vorfertigung

Kürzel	Konstruktionsmaterial			Kosten €	Quelle	Grad der Vorfertigung		
	Typ 1	Typ 2	Typ 3			Grad	Kosten €	Quelle
TRA	Stahl/ Metall	Holz		8523	SD Buch S 66 (PDF), Kosten PM S 713 (PDF)	Elemente		PM S 74 (PDF)
AND	Stahl/ Metall	Holz			SD Buch S 73 und 74 (PDF)	Module		PM S 25 (PDF)
ROM	Holz				SD Buch S 82 (PDF)	Module		PM S 310 (PDF)
HTW	Holz				SD Buch S 95 (PDF)	Module		SD Buch S 95 (PDF)
RWT	Holz				SD Buch S 105 (PDF), PM S 61 (PDF)	Elemente		PM S 61 (PDF)
BME	Holz				SD Buch S 113 (PDF)	Module		PM S 51 (PDF)
CEU	Holz			30118	SD Buch S 122 (PDF), PM S 70 (PDF), Kosten PM S 193 (pdf)	Elemente		SD Buch S 122 (PDF)
UPC	Holz	Polycarb onat	Stahl/ Metall		SD Buch S 132, 135, 137 (PDF)	Module		PM S 45 (PDF)
BUC	Holz				SD Buch S 142 (PDF)	Module		SD Buch S 142 (pdf)
DTU	Holz	Beton/S tein			SD Buch S 155 (PDF)	Elemente		SD Buch S 155 (PDF), pm s 38
TJU	Holz				SD Buch S 169 (PDF)	Module		SD Buch S 161 (PDF)
ABC	Holz				PM S 21 (PDF)	Module		SD Buch S 172 (PDF)
BRA	Holz	Beton/S tein			SD Buch S 183 (PDF)	Module		PM S 18 (PDF)
EHU	Holz	Stahl/ Metall			SD Buch S 191 (PDF)	Module		SD Buch S 193 (PDF)
CUJ	Stahl/ Metall				SD Buch S 203 (PDF)	Elemente		SD Buch S 203 (PDF)
FAU	Holz				SD Buch S 2017 (PDF)	Module		SD Buch S 2017 (PDF)
UDZ	Beton/S tein	Stahl/ Metall			SD Buch S 239 (PDF), Flickr	Elemente		PM S 10 (PDF)
STS	Beton/S tein	Holz			SD Buch S 229 (PDF), PM S 61 (PDF)	Elemente		SD Buch S 229 (PDF)

2014: Konstruktionsmaterial und Vorfertigung

Kürzel	Konstruktionsmaterial			Grad der Vorfertigung				
	Typ 1	Typ 2	Typ 3	Kosten €	Quelle	Grad	Kosten €	Quelle
ROM	Holz			48079	PM S 393 (PDF)	Elemente		PM S 84 (PDF)
DEL	Holz	Beton/ Stein			PM S 176, 354 (PDF)	Elemente		PM S 354 (PDF)
ROF	Holz			152338	PM S 483			
DTU	Holz				PM S 110 (PDF)	Module		PM S 108 (PDF)
LUC	Holz	Stahl/ Metall	Beton /Stein		PM S 223 (PDF)	Module		PM S 222 (PDF)
FNX	Holz	Beton/ Stein		127246	PM S 351 und 223 (PDF)	Module		PM S. 223
OTP	Holz				PM S 241 (PDF)	Elemente		PM S 136 und 448 (PDF)
BAR	Holz	Stahl/ Metall		46900	PM S 370, 552 (PDF)	Elemente		PM S 147 (PDF)
CUJ	Holz				PM S 52 (PDF)	Elemente		PM S 50 (PDF)
UNI	Stahl/ Metall	Holz		142860	PM S 516 (PDF)	Module		PM S 111 (PDF)
REC	Holz				PM S 129 (PDF)	Module		PM S. 134
MEX	Stahl/ Metall			41422	PM S 174, 572 KOSTEN (PDF)	Module		PM S 175 (PDF)
INS	Stahl/ Metall			84602	PM S 60; Kosten 281 (PDF)	Elemente		PM S 60 FF (PDF)
PLT	Stahl/ Metall	Holz		28069	PM S. 503 (PDF)	Elemente		PM S 211 (PDF)
TEC	Holz				PM S 173 (PDF)	Module		PM S 173 (PDF)
KMU	Stahl/ Metall				PM S 120 (PDF)	Elemente		PM S 120 (PDF)
SHU	Stahl/ Metall				PM S 310 (PDF)			
BUC	Stahl/ Metall							
PAR	Holz	Stahl/ Metall		160117	PM S 237, 242 (PDF) PM S 84, 196, 227 (PDF)	Elemente		PM S 83 (PDF)
ATL								

2019: Konstruktionsmaterial und Vorfertigung

Kürzel	Konstruktionsmaterial			Kosten €	Quelle	Grad der Vorfertigung		
	Typ 1	Typ 2	Typ 3			Grad	Kosten €	Quelle
TUB (BUC)	Holz				PM S 55 (PDF)	Module		PM S 55 (PDF)
BUD	Stahl/ Metall			57000	PM S 14, Kosten S 125 (PDF)	Module		PM S 14(PDF)
UPC	Holz			38407	PM S 417 (PDF)			
DEF (DEL)	Beton/S tein				PM S 51 (PDF)	Elemente		PM S 28 (PDF)
GUB	Holz			30100	PM S 83 (PDF), Kosten PM S 593 (PDF)	Module		PM S 19 und 84 (PDF)
PLF	Holz	Beton /Stein	Stahl/ Metall	58665	PM S 706 (PDF)			PM S 262 (PDF)
MIH SEV					unvollständiges Dokument Bsp PM S 23 (PDF)			
KMU	Holz			459600	PM S 350 (PDF) (tailändische Währung)	ELEMENTE		PM S 62 PDF PM S 305 (PDF)
VAL	Holz				PM S 53 (PDF)	ELEMENTE		

2010: Dämmung

Kürzel	Dämmung			Kosten €	Quelle
	Typ 1	Typ 2	Typ 3		
VGT	Kunststoff (EPS, XPS,..)	Schüttdämmung (Silikatgel)	Einblasdämmung - Zellulose		Kunststoff PM S. 75 (PDF); Zellulose S. 78 (PDF); Schüttdämmung PM S. 80 (PDF)
ROS	natürlicher Dämmstoff (Holz-Wolle)	Vakuum Isolations Paneele		16415.76	PM S. 220/221 (PDF)
HFT	Vakuum Isolations Paneele	natürlicher Dämmstoff (Holz-Wolle)			PM S. 61, 62 (PDF)
GRE	natürlicher Dämmstoff - Holzwolle	natürlicher Dämmstoff - Mineralwolle			SD Buch S 85 (PDF)
HUT	Einblasdämmung - Zellulose	natürlicher Dämmstoff - Mineralwolle			SD Buch S 95 (PDF)
BUW	Vakuum Isolations Paneele	natürlicher Dämmstoff - Mineralwolle			SD Buch S 98 (PDF)
AMP	natürlicher Dämmstoff (Holz-Wolle)	Einblasdämmung - Zellulose			SD Buch S115 (PDF)
UOF					
CEU					
BER	natürlicher Dämmstoff (Holz-Wolle)				PM S 10 (PDF)
TUS	Vakuum Isolations Paneele	natürlicher Dämmstoff (Holz-Wolle)			SD Buch S 155(PDF)
UDS	natürlicher Dämmstoff - Mineralwolle	Kunststoff (EPS, XPS,..)			SD Buch S 158, 165 (PDF)
UPC	natürlicher Dämmstoff (Holz-Wolle)	Kunststoff (EPS, XPS,..)			SD Buch S 167, 175 (PDF)
UDV	natürlicher Dämmstoff (Holz-Wolle)				SD Buch S 177 (PDF)
UON	natürlicher Dämmstoff (Holz-Wolle)			17000	SD Buch S 195(PDF)
TUC	Kunststoff (EPS, XPS,..)				SD Buch S 197 (PDF)
IAA	natürlicher Dämmstoff (Holz-Wolle)				SD Buch S 215 (PDF)

2012: Dämmung

Dämmung					
Kürzel	Typ 1	Typ 2	Typ 3	Kosten	Quelle
				€	
TRA	Vakuum Isolations Paneele	Einblasdämmung - Zellulose		6228	SD Buch S 65 (PDF), Kosten PM S 713 (PDF)
AND	natürlicher Dämmstoff - Mineralwolle				PM S 245 (PDF)
ROM	natürlicher Dämmstoff (Holz- Wolle)	Kunststoff (EPS, XPS,..)			PM S 145 (PDF)
HTW	natürlicher Dämmstoff - Holzwolle	Hanf			PM S 9 (PDF)
RWT	Vakuum Isolations Paneele				SD Buch 109 (PDF)
BME	Einblasdämmung - Zellulose	Kunststoff (EPS, XPS,..)			SD Buch S 112- 113 (PDF)
CEU	natürlicher Dämmstoff - Mineralwolle			1814	PM S 115 (PDF), Kosten PM s 193 (PDF)
UPC	natürlicher Dämmstoff - Mineralwolle				PM S 104 (PDF)
BUC	natürlicher Dämmstoff - Wolle				PM S 109 (PDF)
DTU	natürlicher Dämmstoff - Mineralwolle				SD Buch S 155 (PDF)
TJU	Vakuum Isolations Paneele				SD Buch S 169 (PDF)
ABC	natürlicher Dämmstoff - Holzwolle				PM S 81 (PDF)
BRA	natürlicher Dämmstoff - Mineralwolle	natürlicher Dämmstoff - Mineralwolle			PM S 41 (PDF)
EHU	natürlicher Dämmstoff - Mineralwolle				PM S 127 (PDF)
CUJ	Vakuum Glas				SD Buch S 109 (PDF), PM S 40 (PDF)
FAU	Kork				PM S 68 -70
UDZ					im Deliverable 6 nicht entschieden, PM S 18 (PDF)
STS	natürlicher Dämmstoff - Wolle				PM S 61 (PDF)

2014: Dämmung

Dämmung					
Kürzel	Typ 1	Typ 2	Typ 3	Kosten €	Quelle
ROM	natürlicher Dämmstoff (Holz- Wolle)	Einblasdämmung - Zellulose			PM S 198 (PDF)
DEL					
ROF	Einblasdämmung - Zellulose				PM S 5
DTU	natürlicher Dämmstoff - Mineralwolle				PM S 117 und 178
LUC	natürlicher Dämmstoff (Holz- Wolle)				Steinwolle: PM S. 146 (PDF)
FNX	natürlicher Dämmstoff (Holz- Wolle)				Mineralwolle: PM S. 223
OTP	natürlicher Dämmstoff (Holz- Wolle)			60000	PM S 68 (PDF), 219
BAR	natürlicher Dämmstoff - Wolle				PM S 123 (PDF)
CUJ	Vakuum Isolations Paneele				PM S 181 (PDF)
UNI	Vakuum Isolations Paneele	Kunststoff (EPS, XPS,..)	Glaswolle		PM S 372, 516 (PDF)
REC	natürlicher Dämmstoff (Holz- Wolle)	Kunststoff (EPS, XPS,..)			PM S 242 (PDF)
MEX	natürlicher Dämmstoff (Holz- Wolle)				PM S 184 (PDF)
INS	natürlicher Dämmstoff (Holz- Wolle)	natürlicher Dämmstoff - Mineralwolle		16923	PM S 106; Kosten 283 (PDF)
PLT	natürlicher Dämmstoff (Holz- Wolle)				PM S 503 (PDF)
TEC	natürlicher Dämmstoff (Holz- Wolle)				PM S 283 (PDF)
KMU	Kunststoff (EPS, XPS,..)				PM S 225 (PDF)
SHU	natürlicher Dämmstoff - Mineralwolle				PM S 230 (PDF)
BUC	natürlicher Dämmstoff - Mineralwolle				PM S 335 (PDF)
PAR	natürlicher Dämmstoff - Mineralwolle				PM S 138 (PDF)
ATL					

2019: Dämmung

Kürzel	Dämmung Typ 1	Typ 2	Typ 3	Kosten €	Quelle
TUB (BUC)	natürlicher Dämmstoff - Mineralwolle				PM S 107 (PDF)
BUD	natürlicher Dämmstoff - Mineralwolle			8950	PM S 35, Kosten :125 (PDF)
UPC	natürlicher Dämmstoff (Holz- Wolle)			7140	PM S 202(PDF), 417
DEF (DEL)	natürlicher Dämmstoff - Mineralwolle				PM S 34 (PDF)
GUB	natürlicher Dämmstoff - Mineralwolle				PM S 184 (PDF)
PLF	natürlicher Dämmstoff - Wolle			13135	PM S 707 (PDF)
MIH SEV	natürlicher Dämmstoff (Holz- Wolle)	Einblasdämmung - Zellulose			PM S 83
KMU	Kunststoff (EPS, XPS,..)			126500 tail	PM S 155 (PDF) Thailändische Währung
VAL	natürlicher Dämmstoff (Holz- Wolle)				PM S 139 (PDF)

2010: Oberflächenmaterialien innen

Kürzel	Oberflächenmaterial innen			Kosten €	Quelle	PCM Entladung	Kosten €	Quelle
	Typ 1	Typ 2	Typ 3					
VGT	Stein	Holz			CD S 38 (PDF), Lightweight concrete floor, CD S 68 (PDF)			
ROS		Holz			PM S 138 (PDF)	mechanische Lüftung	6000	PM S 161; Kosten: PM S. 221 (PDF)
HFT	Holz		PCM		PM S 61, 62; 381 (PDF)	Wasser		PM S 122 (PDF)
GRE	Holz	Erde/Lehm			SD Buch S 85 (PDF)			
HUT	Holz	PCM			SD Buch S 87 (PDF)	natürliche Lüftung		SD Buch S 87 (PDF)
BUW	Faserp latten	PCM	Holz		SD Buch S 98 (PDF), PM S 12 (PDF)	natürliche Lüftung		SD Buch S 98 (PDF)
AMP	Holz	Stein	Erde/L ehm		SD Buch S115 (PDF)	mechanische Lüftung		PM S 204 (PDF)
UOF	Holz				PM 2 S 34 (PDF)			
CEU								
BER	Erde/L ehm	Kautschuk			PM S 259 (PDF)	mechanische Lüftung		PM S 11 (PDF)
TUS	Holz	PCM			SD Buch S 146 (PDF)	mechanische Lüftung		SD Buch S 147 (PDF)
UDS	PCM	Kunststoff			SD Buch S 165 (PDF)	natürliche Lüftung		SD Buch S 165 (PDF)
UPC								
UDV						Wasser		SD Buch S 177-178 (PDF)
UON	Faser platte	Holz		19006	PM S 164 (PDF), PM S 18			
TUC	Holz	Holz			PM S 156 (PDF)			
IAA								

2012: Oberflächenmaterial innen

Kürzel	Oberflächenmaterial innen			Kosten €	Quelle	PCM		Quelle
	Typ 1	Typ 2	Typ 3			Entladung	Kosten €	
TRA	Holz			8448	Kosten PM S 713 (PDF)	Wasser		PM S 327 (PDF)
AND	Kork	Faserplatten			PM S 246 (PDF)	natürliche Lüftung		PM S 245 (PDF)
ROM	Stoff/Canvas	Stein	Erde/Lehm		SD Buch s 82 (PDF)			
HTW	Erde/Lehm	PCM			SD Buch S 96	Wasser		SD Buch S 99 (PDF)
RWT	Holz				SD Buch S 105 (PDF)	Wasser		SD Buch S 109 (PDF)
BME	Holz	Stein			SD Buch S 113 (PDF)			
CEU	Gipskarton	Stein			PM s 124 (PDF) Fliesen: PM s 220	Wasser		SD Buch S 129 (PDF)
UPC	Holz				PM S 104 (PDF)			
BUC	Erde/Lehm	Stein			SD Buch S 149 (PDF)			
DTU	Holz				CD S 26, 36, 37, 38 (PDF)			
TJU	Holz				SD Buch S 169 (PDF)			
ABC	Gipskarton	Stein			PM S 22	mechanische Lüftung		PM S 93 (PDF)
BRA	Stein	Glas	Holz		PM S 19-22			
EHU	Metall/Stahl	Holz			PM S 48 (PDF)	natürliche Lüftung		PM S 128 (PDF)
CUJ						natürliche Lüftung		SD Buch S 209 (PDF)
FAU	Kork	Holz			SD Buch S (PDF)	Wasser		PM S 71 (PDF)
UDZ						natürliche Lüftung		PM S 78 (PDF)
STS	Stein	Holz	Kork		PM S 61 (PDF)			

2014: Oberflächenmaterial innen

Oberflächenmaterial innen					PCM			
Kürzel	Typ 1	Typ 2	Typ 3	Kosten €	Quelle	Entladung	Kosten €	Quelle
ROM	Holz	Gips/ Gips- karton		7372	PM S 393 (PDF)			
DEL	Tapete	Stoff/ Teppich	PCM	9004	PM S 467 (PDF)	mechanische Lüftung	10000	PM S 353; Kosten: PM S 467 (PDF)
ROF	Holz	Gips/ Gips- karton	PCM		PM S 483 (PDF)	Wasser	13574.33	PM S 483 und 131
DTU	Holz	Stein	Faser platten		PM S 121 (PDF)			
LUC	Holz	PCM			PM S 146 (PDF), PCM: PM S 151(PDF)	natürliche Lüftung		PM S 151 (PDF)
FNX	Holz	Holz			PM S 223	mechanische Lüftung		PM S 151
OTP	Holz	PCM			PM S 275 und 139 (PDF)	natürliche Lüftung		PM S 247 (PDF)
BAR	Stein	Glas			PM S 554 (PDF)			
CUJ	Stein	PCM			PM S 52 (PDF)	mechanische Lüftung		PM S 171 (PDF)
UNI	Holz	Glas			PM S 516 (PDF)	mechanische Lüftung		PM S 268 (PDF)
REC	Kork	Holz			PM S 108, 115	mechanische Lüftung		PM S 306 (PDF)
MEX	Faser platten	Holz			PM S 156 und 192 (PDF)			
INS	Textil	Holz		39308	PM S 46 und Kosten: 284 (PDF)	natürliche Lüftung		PM S 120 (PDF)
PLT	Holz	Erde/ Lehm	PCM	9327	PM S 503 (PDF)	natürliche Lüftung		PM S 234 (PDF)
TEC	Holz				PM S 175 (PDF)			
KMU	Holz	Faser platten	Kunst stoff		PM S 345 (PDF)			
SHU	Gips/ Gips- karton	Holz			PM S 311 (PDF)	Wasser		PM S 232 (PDF)
BUC	PCM	Holz			PM S 65 und 337 (PDF)	natürliche Lüftung		PM S 438 ff (PDF)
PAR	Holz	Stein	Faser platten	28189	PM S 277 und Kosten:196 (PDF)			
ATL								

2019: Oberflächenmaterial innen

Kürzel	Oberflächenmaterial			Kosten €	Quelle	PCM Entladung	Kosten €	Quelle
	Typ 1	Typ 2	Typ 3					
TUB (BUC)	Holz				PM S 112 ff (PDF)	mechanische Lüftung		PM S 125 (PDF)
BUD	Holz	Textil/ Teppich		18150	PM S 31 (PDF), Kosten: PM s 125			
UPC	Holz			7160	PM s 417 (PDF)			
DEF (DEL)	Stein	Holz			PM S 66 und 70 (PDF)	mechanische Lüftung		PM S 140 (PDF)
GUB	Holz			12180	PM S 560 (PDF)	Wasser		PM S 289 (PDF), PCM im WW Tank
PLF	Erde/ Lehm	Holz	Stein	40352	PM S 327 (PDF), PM S 707			
MIH								
SEV								
KMU	Faser platten	Holz			PM S 69 und 349 (PDF)			
VAL	Holz	Stein			PM S 61 (PDF)	natürliche Lüftung		PM S 212 (PDF)

2010: Sonnenschutz

Sonnenschutz								Kosten €	Quellen
Kürzel	Typ 1		Typ 2		Typ 3		Nutzung		
	Art	Nutzung	Art	Nutzung	Art	Nutzung			
VGT	Außen	beweglich	Innen	beweglich				PM S 364 (PDF), PM S 379 (PDF)	
ROS	Außen	beweglich						PM S 131(PDF)	
HFT	Außen	fest	Außen	beweglich	Dach	fest		PM S 112 (PDF)	
GRE	Außen	fest	Außen	beweglich				PM S 109 (PDF)	
HUT	Außen	fest					4426	PM S 69 (PDF), Kosten PM S 187 (PDF)	
BUW	Außen	beweglich						PM S 13 (PDF)	
AMP	Außen	fest						CD S 36 (PDF)	
UOF	Außen	beweglich						PM 2 S 33 (PDF)	
CEU									
BER	Außen	beweglich						PM S 165 (PDF)	
TUS	Außen	beweglich						PM S 111 - 112 (PDF)	
UDS	Außen	fest						SD EU Buch S 157 (PDF)	
UPC									
UDV									
UON	Außen	fest	Außen	beweglich				PM S 12, 71 (PDF)	
TUC	Außen	fest	Innen	beweglich				PM S 30 (PDF)	
IAA									

2012: Sonnenschutz

Sonnenschutz								
Kürzel	Typ 1		Typ 2		Typ 3		Kosten €	Quellen
	Art	Nutzung	Art	Nutzung	Art	Nutzung		
TRA	Außen	beweglich	Innen	beweglich				SD EU Buch S 66 (PDF)
AND	Außen	beweglich						SD EU Buch s. 74 (PDF)
ROM	Außen	fest						SD EU Buch s 87 (PDF)
HTW	Außen	beweglich						PM S 7 (PDF)
RWT	Außen	beweglich	Außen	fest				PM S 114 (PDF)
BME	Außen	beweglich						SD EU Buch S 114 (PDF)
CEU	Außen	fest						PM S 122 (PDF)
UPC	Innen	fest						PM S 265 (PDF)
BUC	Außen	fest						PM S 27 (PDF)
DTU	Außen	fest						SD EU Buch S 155 (PDF)
TJU	Außen	fest	Außen	beweglich				PM S 8 ,44, 124 (PDF)
ABC	Außen	beweglich	Außen	fest				PM S 1, 198 (PDF)
BRA	Außen	fest	Außen	beweglich				SD EU Buch S 192 (PDF)
EHU	Außen	beweglich	Außen	fest				SD EU Buch S 179 (PDF), PM S 129 (PDF)
CUJ	Außen	fest	Außen	beweglich				PM S 25 (PDF) - Bild vom Dachüberstand, CD S 5 (PDF)
FAU	Außen	beweglich						SD EU Buch S 215 (PDF)
UDZ	Außen	fest	Außen	beweglich				PM S 78 (PDF)
STS								

2014: Sonnenschutz

Sonnenschutz

Kürzel	Typ 1		Typ 2		Typ 3		Kosten €	Quellen
	Art	Nutzung	Art	Nutzung	Art	Nutzung		
ROM	Außen	fest	Außen	beweglich				PM S 272 (PDF)
DEL		fest	Außen	beweglich	Innen	beweglich	5000	PM S 468 (PDF)
ROF	Außen	beweglich	Innen	beweglich				PM S 172
								PV Als Sonnenschutz: PM S 179 (PDF), und beweglicher Sonnenschutz: PM S 105 (PDF)
DTU	Außen	fest	Außen	beweglich				PM S 186/187 (PDF)
LUC	Außen	beweglich	Innen	beweglich				PM S 183 (PDF)
FNX	Außen	beweglich						PM S 273 (PDF)
OTP	Außen	fest	Außen	beweglich				PM S 240 (PDF)
BAR	Innen	beweglich						
CUJ								PM S 100,128, 135
UNI	Außen	fest	Außen	beweglich				PM S 138 (PDF)
REC	Außen	beweglich						PM S 118 (PDF)
MEX	Außen	beweglich						PM S 41, 116 (PDF)
INS	Außen	fest	Innen	beweglich				PM S 234, 300 (PDF)
PLT	Außen	fest	Außen	beweglich				PM S 362 (PDF)
TEC	Außen	fest						PM S 80FF (PDF)
KMU	Außen	fest	Außen	beweglich				PM S 100 (PDF)
SHU	Außen	beweglich	Außen	fest				PM S 437, 442- 443 (PDF)
BUC	Außen	fest	Außen	beweglich				PM S 103 (PDF)
PAR	Außen	fest						
ATL								

2019: Sonnenschutz

Kürzel	Sonnenschutz						Kosten €	Quellen
	Typ 1 Art	Nutzung	Typ 2 Art	Nutzung	Typ 3 Art	Nutzung		
TUB (BUC)	Außen	beweglich						PM S 98 (PDF)
BUD	Außen	fest	Außen	beweglich			4410	PM S 10, Kosten: 125 (PDF)
UPC	Außen	fest	Außen	beweglich				PM S 143 (PDF)
DEF (DEL)	Innen	beweglich	Außen	beweglich				PM S 41 (PDF)
GUB	Außen	fest					9500	PM S 593, 265
PLF	Innen	beweglich						PM S 222
MIH								
SEV								
KMU	Außen	fest						PM S 295 (PDF)
VAL	Außen	beweglich	Außen	fest				PM S 42 (PDF)

2010: Pufferzonen und Verdunstungskühlung

Kürzel	Pufferzonen		Kosten €	Quelle	Verdunstungskühlung		
	Typ 1	Typ 2			Art	Kosten €	Quelle
VGT	Innen			PM S. 415/416 (PDF)	Wasserflächen		
ROS				Keine Pufferzone: PM S 130 (PDF)			
HFT					Sprühanlagen		PM S 100 (PDF)
GRE					Sprühanlagen		PM S 98 (PDF)
HUT							
BUW					Sprühanlagen		PM S 14 (PDF)
AMP	Außen (einzeln)			PM S 518 (PDF)			PM S 441 (PDF)
UOF							
CEU							
BER							
TUS							
UDS	Außen (einzeln)			SD EU 2010 BUCH S 157 (PDF)	Wasserflächen		SD EU Buch S 174 (PDF)
UPC	Hülle/ Box in Box			SD EU BUCH S 169(PDF)			SD EU Buch S 185 (PDF)
UDV							
UON	Innen			PM S E0 (PDF)	Sprühanlagen		SD EU Buch S 188 (PDF)
TUC	Innen			PM S 28 (PDF)			
IAA							

2012: Pufferzonen und Verdunstungskühlung

Kürzel	Pufferzonen		Kosten €	Quelle	Verdunstungskühlung		
	Typ 1	Typ 2			Art	Kosten €	Quelle
TRA	Außen (einzeln)	Hülle/ Box in Box		SD EU Buch S 66 (PDF)	Sprüh- anlagen		PM S 411 (PDF)
AND	Hülle/ Box in Box			SD EU Buch S 74 (PDF)	fließendes Wasser		SD EU Buch S 74 (PDF)
ROM	Außen (einzeln)	hinterlüftete Fassade		SD EU Buch S 80 (PDF), PM S 146 (PDF)			
HTW	Außen (einzeln)			PM S 154 (PDF)			
RWT	Hinter lüftete Fassade	Außen (einzeln)		SD EU Buch S 109 (PDF), PM S 114 PDF (Außenraum bei geschlossenen Vorhängen - hier Typ 2)	Sprüh- anlagen		SD EU Buch S 109 (PDF)
BME					Sprüh- anlagen		SD EU Buch S 119 (PDF)
CEU	Hinter lüftete Fassade			SD EU Buch S 122 (PDF)			
UPC	Hülle/ Box in Box			SD EU Buch S 138 (PDF)	Pflanzen		SD EU Buch S 139 (PDF)
BUC	Außen (einzeln)			PM S 27 (PDF)			
DTU							
TJU	Außen (einzeln)			PM S 11 (PDF)	Sprüh- anlagen		SD EU Buch S 169 (PDF), PM S 11 (PDF)
ABC	Außen (einzeln)			PM S 206 (PDF)	Sprüh- anlagen		SD EU Buch S 179 (PDF)
BRA	Außen (einzeln)			PM S 120 (PDF)	Sprüh- anlagen		SD EU Buch S 199 (PDF)
EHU					Sprüh- anlagen		SD 2012 Buch S 179 (PDF)
CUJ	Außen (einzeln)			CD S 11, 12 (PDF)			
FAU					Wasser- flächen		PM S 119 (PDF)
UDZ					Sprüh- anlagen		PM S 151 (PDF)
STS							

2014: Pufferzonen und Verdunstungskühlung

Pufferzonen					Verdunstungskühlung		
Kürzel	Typ 1	Typ 2	Kosten €	Quelle	Art	Kosten €	Quelle
ROM	Außen (einzeln)			PM S 251 (PDF)	Teil der aktiven Kühlung		PM S 139 (PDF)
DEL	Außen (einzeln)	Hülle/ Box in Box	20000	PM S 476 und 1035			
ROF							
DTU	Hülle/ Box in Box			PM S 82 (PDF)			
LUC	Innen			PM S 221 (PDF)			
FNX							
OTP	Außen (einzeln)			PM S 101 (PDF)	Sprühanlagen		PM S 238 (PDF)
BAR	Hinter lüftete Fassade			PM S 226 (PDF)	Pflanzen		PM S 273 (PDF)
CUJ							
UNI	Innen	Außen (einzeln)		PM S 129	fließendes Wasser		PM S 128 PM S 351 (PDF)
REC					Pflanzen		
MEX	Hülle/ Box in Box			PM S 177 (PDF)			
INS							
PLT					Pflanzen		PM S 234 (PDF)
TEC	Innen			PM S 363 (PDF)	Sprühanlagen		PM S 284 (PDF)
KMU	Außen (einzeln)			PM S 69 (PDF)			PM S 242 (PDF)
SHU	Außen (einzeln)			PM S 43			
BUC	Innen	Hinter lüftete Fassade		PM S 437 (PDF)			
PAR							
ATL							

2019: Pufferzonen und Verdunstungskühlung

Kürzel	Pufferzonen		Kosten €	Quelle	Verdunstungskühlung		Quelle
	Typ 1	Typ 2			Art	Kosten €	
TUB (BUC)	Außen (einzeln)			PM S 127 (PDF)	Sprühanlagen		PM S 111 (PDF)
BUD	Außen (einzeln)			PM S 40 (PDF)	Pflanzen		PM S 41 (PDF)
UPC	Außen (einzeln)	Hülle/ Box in Box		PM S 359 (PDF)	Pflanzen		PM S 360 (PDF)
DEF (DEL)	Außen (einzeln)			PM S 25 (PDF)	Pflanzen		PM S 27 (PDF)
GUB							
PLF	Außen (einzeln)	Innen		PM S 351 (PDF)			
MIH							
SEV							
KMU	Außen (einzeln)			PM S 296 (PDF)	Pflanzen		PM S 295 (PDF)
VAL	Außen (einzeln)			PM S 151 (PDF)			

2010: Photovoltaik

Kürzel	Art	Material	Art	Material	Fläche m2	Leistung gesamt kWp	Kosten €	Quelle
VGT	Platten	Silizium (Mono), amorphe Silizium Zellen			51	8.00	20 400	PV Angaben: PM S 425 (PDF); Kosten PM S 420 (PDF) (3\$/W * 8 kW*0.85 (Umrechnung \$in €)
ROS	Platten	Silizium (Mono)			70	7.56		PM S 174 (PDF)
HFT	Platten	Silizium (Poly)	Platten	Silizium (Mono)	148	19	88 940	PM S 427 (PDF); Kosten PM S 380 (PDF), Industrialisierungskosten inkl Unterkonstruktionen 60000€ Wandverkleidung + 28940€ Dachverkleidung
GRE	Platten	Silizium (Poly)	Platten	Silizium (Poly)	102	15.85	62 335	SD EU Buch S 77; 85 (PDF), Kosten PM S 667 (PDF), PM S 426 (PDF)
HUT	Platten	Silizium (Mono)			59	9	97 263	SD EU Buch S 95 (PDF), Kosten PM S 187
BUW	Platten	Silizium (Poly)	Platten	Silizium (Mono)	70	9.9		SD EU Buch S 98; 104 (PDF), PM S 24 (PDF)
AMP	Platten	Silizium (Mono)	Platten	Silizium (Mono)		5.15		SD EU Buch S 114 (PDF)
UOF	Platten	Silizium (Mono)				14.6		SD EU Buch S 125 (PDF)
CEU								
BER	Platten	Silizium (Mono)	Platten	Silizium (Mono)	34	5.7	18 000	SD EU Buch S 145 (PDF), PM S 200 (PDF), Kosten PM S 210 (PDF)
TUS	Platten	Silizium (Mono)			79	10		SD EU Buch S 155 (PDF), PM S 160 (PDF)
UDS	Platten	Silizium (Mono)				9.6		SD EU Buch S 165 (PDF)
UPC	Platten	Silizium (Poly)				9		SD EU Buch S 175, 185 (PDF)
UDV								
UON	Platten	Silizium (Poly)			24		9 620	SD EU Buch S 195 (PDF), Kosten PM S 164 (PDF)
TUC	Platten flexible	Silizium (Mono)	Platten	Silizium (Poly)	43	6.51	72 827	SD EU Buch S 198, 205 (PDF), PM S 158 (PDF), PM S 93-94 (PDF)
IAA	Dünn schicht	Silizium (Mono)			70	8.54		SD EU Buch S 209, 215 (PDF)

2012: Photovoltaik

Kürzel	Art	Material	Art	Material	Fläche m2	Leistung gesamt kWp	Kosten €	Quelle
TRA	Platten	Silizium (Mono)	Platten		97	7.5		SD EU Buch S 67 (PDF), PM S 250
AND	Platten	Silizium (Mono)	Platten		69	11.32		SD EU Buch S 78 (PDF)
ROM	Platten	Silizium (Poly)	Platten	Silizium (Poly)	74	11.84		SD EU Buch S 88 ((PDF), PM S 310 (PDF)
HTW	Platten	Silizium (Poly)	flexible Dünn- schicht	Silizium Amorph	139	14.6		SD EU Buch S 98 (PDF), PM S 10 (PDF), PM S 34 (PDF)
RWT	flexible Dünnsc hicht	Silizium Amorph			77	6.75		SD EU Buch S 108,106 (PDF)
BME	Platten	Silizium (Mono)	Platten	Silizium (Mono)	68	9.03		SD EU Buch S 114, 118 (PDF)
CEU	Platten	Silizium (Poly)	Platten	Kupfer- Indium- Gallium- Diselenid (CIS/ CIGS)	52	9.5		SD EU Buch S 128 (PDF) SD EU Buch S 138 (PDF), PM S 104 (PDF) (Werte hier geringer)
UPC	Platten	Silizium (Mono)			29	4.6		
BUC	Platten	Silizium (Mono)			55	8		SD EU Buch S 148 (PDF)
DTU	Platten	Silizium (Mono)			70	8.2		SD EU Buch S 158 (PDF), PM S 69 (PDF)
TJU	Platten	Silizium (Mono)			57	8.76		SD EU Buch S 168 (PDF), PM S 63 (PDF)
ABC	Platten	Silizium (Poly)	Platten	Konzen trator zelle (CPV)	32	10		SD EU Buch S 188 (PDF), PM S 82 (PDF)
BRA	Platten	Silizium (Mono)			67	11.04		SD EU Buch S 198 (PDF), PM S 42 (PDF) - Flächen im PM 10m ² größer angegeben als im Buch
EHU	Platten	Silizium (Poly)			91	11.98		SD EU Buch S 178 (PDF)
CUJ	flexible Dünn- schicht	Silizium Amorph			160	10		SD EU Buch S 208 (PDF), PM S 40 (PDF) - Leistung im PM 11,35kWp
FAU	Platten	Silizium (Poly)			68	9.24		SD EU Buch S 218 (PDF)
UDZ	Platten	PVT	flexible Dünn- schicht	Silizium Amorph	50	6		SD EU Buch S 238 (PDF), PM S 19 (PDF)
STS	Platten	Konzentrator- zelle (CPV)			12	3.5		SD EU Buch S 228 (PDF)

2014: Photovoltaik

Kürzel	Art	Material	Art	Material	Fläche m2	Leistung gesamt kWp	Kosten €	Quelle
ROM	Platten	Silizium (Mono)			32	5	20 790	Kosten PM s. 394 (PDF)
DEL	Platten	Silizium (Mono)			44	4.9	30 000	PM S.206
ROF	flexible Dünnschicht	Kupfer- Indium- Gallium- Diselenid (CIS/ CIGS)			49	4.92	12 264	KOSTEN (inkl Inverter): PM S. 483; 468
DTU	Platten	Silizium (Mono)			66	4.9		PM S. 179 (PDF)
LUC	Platten	Silizium (Mono)			23	4.7		PM S. 111; 119 und 148 (PDF),
FNX	Platten	Silizium (Poly)			25	3.90		PM S. 151 (PDF)
OTP	Platten	Silizium (Mono)			23	4.9		PM S 203
BAR	Platten	Silizium (Mono)			33	5		PM S. 202; 372 (PDF)
CUJ	Platten	Silizium (Mono)			31	4.7		PM S. 156 (PDF)
UNI	Platten	Silizium (Poly)			33	5		PM S. 223 (PDF)
REC	Platten	Silizium (Mono)			24	4.9	10 485	PM S. 174, 242, 186 (KOSTEN) (PDF)
MEX	Platten	Silizium (Mono)			33	4.93		PM S. 314 (PDF)
INS	flexible Dünnschicht	Silizium (Mono)			24	5	55 000	PM S. 32; KOSTEN 296, 85 (PDF)
PLT	Platten	Kupfer- Indium- Gallium- Diselenid (CIS/CIGS)			50	5.4		PM S. 210 (PDF)
TEC	Platten	Silizium (Poly)			26	4		PM S 417 (PDF)
KMU	Platten	Silizium (Mono)	flexible Dünnschicht	Silizium Amorph	45	5		PM S 225 (PDF)
SHU	Platten	Silizium (Mono)			27	4.9		PM S 231 (PDF)
BUC	Platten	Silizium (Poly)			33	5		PM S 278, 336 (PDF)
PAR	Platten	Luminescent Solar	flexible Dünnschicht	Kupfer- Indium- Gallium- Diselenid (CIS/ CIGS)	40	3.5	93 000	PM S 140, 91 (PDF)
ATL								

2019: Photovoltaik

Kürzel	Art	Material	Art	Material	Fläche m2	Leistung gesamt kWp	Kosten €	Quelle
TUB (BUC)	Platten	Silizium (Mono)			47	4.97		PM S 109 (PDF)
BUD	Platten	Silizium (Mono)			27	5	9 600	PM S 22, 35, Kosten :126 (PDF)
UPC	Platten	Silizium (Poly)			18	3.3		PM S 183(PDF)
DEF (DEL)	Platten	Silizium (Mono)	Platten	Silizium (Mono)		4.95		PM S 110 ff (PDF)
GUB	Platten	Silizium (Mono)			30	5	24 000	PM S 186, 561 (PDF)
PLF	Platten	Silizium (Poly)			13	2.24	10 400	PM S 326 (PDF), Kosten: S 708
MIH							6 751	Kosten PM S 105 (PDF)
SEV								
KMU	Platten	Hetero junction cell			25	4.875	32 000	PM S 156 (PDF)
VAL	Platten	Silizium (Mono)	Platten	PVT	31	5		PM S 140 (PDF)

2010: Solarthermie und Warmwasserspeicher

Kürzel	Solarthermie				Warmwasserspeicher		
	Art	Größe	Kosten	Quelle	Kapazität L	Kosten €	Quelle
VGT	keine				290		PM S 486 (PDF) ("77 gallon water tank")
ROS	keine			PM s.172 (PDF)			
HFT	PVT Hybridkollektor	83.30		PM S 427	270		PM S 124 (PDF)
GRE				PM S 414 (PDF)			
HUT				Kosten: PM S 187 (PDF)			PM S 6 (PDF)
BUW	Vakuurröhren- kollektor	6.00		SD EU Buch S 98 (PDF), PM S 24 (PDF)	250		PM S 49 (PDF)
AMP	Parabolrinnen- kollektor			CD S 117 (PDF)	200		CD S 117 (PDF)
UOF				PM 3 S1 (PDF)			
CEU							
BER	Flachkollektor	8.00		PM S 394 (PDF)	450		PM S 392 (PDF)
TUS	PVT Hybridkollektor			PM S 157 (PDF)			
UDS	Flachkollektor	7.20		SD EU Buch S 167 (PDF)			
UPC	Vakuurröhren- kollektor			SD EU Buch S 175, 185 (PDF)			
UDV							
UON	Flachkollektor	2.25	1000	Kosten PM S 164 (PDF), PM S 90 (PDF)		1500	Kosten PM S 164 (PDF)
TUC	Vakuurröhren- kollektor		1658	SD EU Buch S 198 (PDF)	2600	1600	PM S 157 (PDF)
IAA							

2012: Solarthermie und Warmwasserspeicher

Solarthermie					Warmwasserspeicher		
Kürzel	Art	Größe	Kosten	Quelle	Kapazität	Kosten	Quelle
					L	€	
TRA	PVT Hybridkollektor	13		SD EU Buch S 69, PM S 250 (PDF)	180		PM S 327 (PDF)
AND	PVT Hybridkollektor	14		SD EU Buch S 78 (PDF)	300		PM S 142 (PDF)
ROM		0.00		PM S 145 (PDF)	200		PM S 145 (PDF)
HTW	PVT Hybridkollektor	58		SD EU Buch S 98 (PDF)	300		PM S 34 (PDF)
RWT	Vakuurröhren- kollektor	13		SD EU Buch S 108 (PDF)	400		PM S 134 (PDF)
BME				SD EU Buch S 118 (PDF)	3240		PM S 109 (PDF)
CEU	Vakuurröhren- kollektor	8		SD EU Buch S 128 (PDF), PM S 115 (PDF)	200		PM S 115 (PDF)
UPC	Vakuurröhren- kollektor	3		SD EU Buch S 138 (PDF)	500		PM S 67 (PDF)
BUC	Flachkollektor	4		SD EU Buch S 148 (PDF)	?		PM S 102 (PDF)
DTU	PVT Hybridkollektor	70		SD EU Buch S 158 (PDF)	180		PM S 106 (PDF)
TJU	Flachkollektor	6		SD EU Buch S 168 (PDF)	250		PM S 97 (PDF)
ABC	PVT Hybridkollektor	1		SD EU Buch S 188 (PDF)	180		PM S 82 (PDF)
BRA	Vakuurröhren- kollektor	5		SD EU Buch S 198 (PDF)	300		PM S 42 (PDF)
EHU	Flachkollektor	2		SD EU Buch S 178 (PDF)	110		PM S 128 (PDF)
CUJ		6		SD EU Buch S 208 (PDF), PM S 40 (PDF)	420		PM S 40 (PDF)
FAU	Flachkollektor	3		SD EU Buch S 218 (PDF), PM S 73 (PDF)			PM S 73 (PDF) – erwähnt, aber ohne Angaben
UDZ	PVT Hybridkollektor	5		SD EU Buch S 238 (PDF)	200		PM S 155 (PDF)
STS	PVT Hybridkollektor	1.5		SD EU Buch S 228 (PDF)			

2014: Solarthermie und Warmwasserspeicher

Solarthermie					Warmwasserspeicher		
Kürzel	Art	Größe	Kosten	Quelle	Kapazität L	Kosten €	Quelle
ROM	Thermodyna misches Panel	1.5		PM S 190 (PDF)	300		PM S 198 (PDF)
DEL	Thermodyna misches Panel	5		PM S 1252	300		PM S 283 (PDF)
ROF		3	3058	Kosten: PM S 483	235		PM S 268 (PDF)
DTU	Flachkollektor	4		PM S178 (PDF)	750		Pufferspeicher Fußbodenheizung /Kühlung PM S 474 (PDF)
LUC	Vakuurröhren- kollektor	4.5		PM S 125 und 127 (PDF)			
FNX	Flachkollektor	2		PM S 151 (PDF)	150		PM S 151 (PDF)
OTP	Vakuurröhren- kollektor	4		PM S 202 (PDF)			
BAR	Flachkollektor	2.5		PM S 202 (PDF)	900		PM S 188 (PDF)
CUJ	Flachkollektor	6		PM S 156 (PDF)	420		PM S 187 (PDF)
UNI	Vakuurröhren- kollektor	14		PM S 223 (PDF)	300		PM S 223 (PDF)
REC	Vakuurröhren- kollektor	10	4905	PM 242, 224 (Kosten) (PDF)	303+303	2585	PM S 207, 224 (Kosten)
MEX	Flachkollektor	4		PM S 314 (PDF)	215		PM S 314 (PDF)
INS	Vakuurröhren- kollektor	4		PM S 107 (PDF)	220		PM S 107 (PDF)
PLT	Vakuurröhren- kollektor	5		PM S 210 (PDF)			
TEC	Flachkollektor	2		PM S 417 (PDF)	350		PM S 876 (PDF)
KMU	Vakuurröhren- kollektor	4		PM S 225 (PDF)	300		PM S 225 (PDF)
SHU	Vakuurröhren- kollektor	4.5		PM S 231 (PDF)			
BUC	Vakuurröhren- kollektor	6		PM S 336 (PDF)			
PAR	Parabolrinnen- kollektor	6		PM S 140, 197 (PDF)	6700	300	PM S 140, 197 (PDF)
ATL							

2019: Solarthermie und Warmwasserspeicher

Solarthermie					Warmwasserspeicher		
Kürzel	Art	Größe	Kosten	Quelle	Kapazität L	Kosten €	Quelle
TUB (BUC)	Thermo- dynamisches Panel	1.6		PM S 109 (PDF)			PM S 73 (PDF) erwähnt, ohne Größen- angaben
BUD				PM S 35 (PDF)	50	200	PM 18, kosten 126 (PDF)
UPC				PM S 202(PDF)	180		PM S 370 (PDF)
DEF (DEL)	PVT Hybridkollektor			PM S 141 (PDF)	200		PM S 385 (PDF)
GUB	PVT Hybridkollektor	30		PM S 186, 561 (PDF)	260		PM S 186 (PDF)
PLF	Vakuümrohren- kollektor	4.2		PM S 322, 325 (PDF)			PM S 322 (PDF)
MIH							
SEV							
KMU				PM S 156 (PDF)	300	5440	PM S 156 (PDF)
VAL	PVT Hybridkollektor			PM S 93 (PDF)			

2010: Batterie

Kürzel	Art	Spannung V	Kapazität AH	Leistung kWh	Kosten €	Quelle
VGT	keine					PM S 5 (PDF)
ROS	keine					PM S 3 (PDF)
HFT	keine					PM S 54 (PDF)
GRE						PM S 19 (PDF)
HUT						PM S 7 (PDF)
BUW	Bleiakkumulator	48	1200	7.2		PM S 24 (PDF)
AMP						PM S 466 (PDF)
UOF						PM 3 S 3 (PDF)
CEU	Blei- Gel Akkumulator	48		5.5		
BER	Bleiakkumulator	48	770		2500	PM S 201 (PDF), Kosten pm s 210
TUS						PM S 96 (PDF)
UDS						PM S 30 (PDF)
UPC						
UDV						SD EU Buch S 178 (PDF)
UON						PM S 31 (PDF)
TUC						
IAA						

2012: Batterie

Kürzel	Art	Spannung V	Kapazität AH	Leistung kWh	Kosten €	Quelle
TRA	Lithium-Eisenphosphat-Akkumulator	24	200	4.7	3000	Kosten PM S 718 (PDF), PM S 842 (PDF)
AND	Bleiakkumulator	48	142	6.8		PM S 182 (PDF)
ROM						PM S 10 (PDF)
HTW		48	31.5	1.5		PM S 11 (PDF)
RWT						PM S 7 (PDF)
BME						
CEU		48	200	9.6		PM S 354(PDF)
UPC						PM S 20 (PDF)
BUC						PM S 252 (PDF)
DTU						PM S 9 (PDF)
TJU						PM S 71 (PDF)
ABC	Bleiakkumulator	48	360	17.3		PM S 69, 57
BRA						PM S 9 (PDF)
EHU						PM S 8 (PDF)
CUJ	Lithium-Ionen-Akkumulator			5		PM S 26 (PDF)
FAU						PM S 41 (PDF)
UDZ						PM S 5 (PDF)
STS						

2014: Batterie

Kürzel	Art	Spannung V	Kapazität AH	Leistung kWh	Kosten €	Quelle
ROM	Bleiakkumulator	12	90	4.5		PM S 152 (PDF)
DEL						PM S 8 (PDF)
ROF	Lithium-Ionen- Akkumulator	13	320	4	5354	Kosten: PM S 483
DTU						PM S 8 (PDF)
LUC	Lithium-Ionen- Akkumulator			4.62		PM S 103 (PDF)
FNX						PM S 12 (PDF)
OTP				5.5	5621	PM S 160 (PDF): Kosten PM S 435 (PDF)
BAR						PM S 20 (PDF)
CUJ						PM S 14 (PDF)
UNI		48				PM S 186 (PDF)
REC	Bleiakkumulator	48	880	5	5750	PM S 172, 186 (PDF)
MEX						PM S 11 (PDF)
INS						PM S 10
PLT						PM S 17 (PDF)
TEC						PM S 9 (PDF)
KMU	Bleiakkumulator	12	125	6		PM S 177 (pdf)
SHU						PM S 133(PDF)
BUC	Blei- Gel Akkumulator	12	113	4.99		PM S 280 (PDF)
PAR						PM S 7 (PDF)
ATL						

2019: Batterie

Kürzel	Art	Spannung V	Kapazität AH	Leistung kWh	Kosten €	Quelle
TUB (BUC)	Lithium- Eisenphosphat- Akkumulator	12.8	100	1.28		PM S 98 (PDF)
BUD	Lithium-Ionen- Akkumulator			6	14000	PM S 62, Kosten 126 (PDF)
UPC						PM S 184 (PDF)
DEF (DEL)	Lithium-Ionen- Akkumulator	24	220	5		PM S 112 (PDF)
GUB	Lithium-Ionen- Akkumulator					PM S 560 (PDF)
PLF	Lithium- Eisenphosphat- Akkumulator	280	42	12	2630	PM S 651, 708, 815 (PDF)
MIH						
SEV						
KMU	Lithium-Ionen- Akkumulator			6	in PV Kosten enthalten	PM S 106 (PDF)
VAL	Lithium- Eisenphosphat- Akkumulator	290		6		PM S 96 (PDF)

9.2 BERECHNUNG EINFLUSS DES KLIMAS AUF DIE GEBÄUDEPERFORMANCE

- Klima hat Einfluss auf Energieeffizienz von Gebäuden (Østergaard Jensen 2017)
- SD-Häuser mit durchschnittlich 70m² kleiner als in Baupraxis (185 m²)(Demographia 2011) üblich – deshalb mehr den Umwelteinflüssen ausgesetzt
- SD-Häuser während des Wettbewerbs am gleichen Standort – müssen aber für Heimat- und Eventstandort geplant werden – teilweise große Standort- und Klimaunterschiede
- Nachweis des Einflusses dieser Unterschiede durch Raumklimasimulation an Beispiel-SD-Haus
- Simulationsprogramm: dynamisches Raumklimamodell SimRoom (Lichtmeß 2018)

9.2.1 BESCHREIBUNG BEISPIELHAUS FÜR SIMULATION

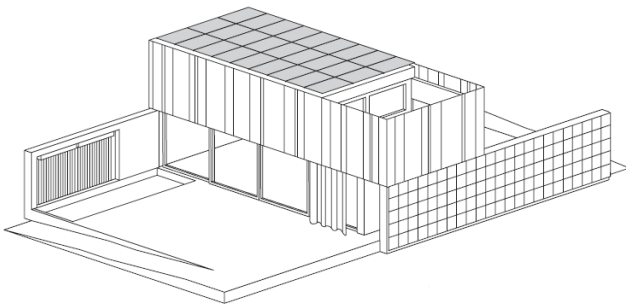


Abbildung A 9.4.1-1: Darstellung des Wuppertaler Hauses, das in SD EU 2010 konkurrierte. Dieses Haus wurde als Beispiel für die Simulation des Raumklimas an allen in Abbildung 8 genannten Veranstaltungsorten verwendet.

Quelle: Universität Wuppertal

Gebäudeeigenschaften für die Simulation: klimatisierte Bodenfläche: 49 m², lichte Raumhöhe: 4,8 m, Anteil der Fensterfläche 25%, Mittlere Wärmedurchlässigkeit von opaken Oberflächen: 0,1 W/(m²K), mittlere Fensterwärmedurchlässigkeit: 0,8 W/(m²K), Luftdichtigkeit (n₅₀): 0,6 1/h, Außen-Sonnenschutz mit Verschattungsfaktor: 0,2 (FC), Sonnenschutz aktiv ab 200 W/m², Lüftung mit Wärmerückgewinnung: 85%, Überhitzungsschutz durch erhöhte Lüftung aktiviert, wenn die Innentemperatur höher als 22°C ist und die Außentemperatur nicht niedriger als -10°C ist.

9.2.2 SIMULATIONSERGEBNISSE KLIMAEINFLÜSSE VERSCHIEDENER STANDORTE AUF DAS BEISPIELGEBÄUDE

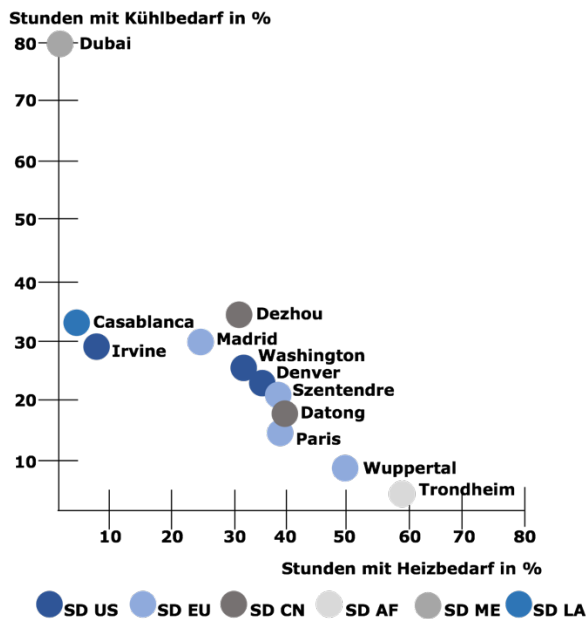


Abbildung A 9.4.2-1: Ergebnisse der Raumklimasimulation des Beispielgebäudes. Dargestellt sind die Stunden mit Heiz- und Kühlbedarf in Relation zueinander. Dabei zeigen sich Standorte mit einem eher heißen Klima, wie Dubai und Casablanca, und Standorte mit einem kalten Klima, wie Wuppertal und Trondheim, sowie Standorte mit einem ausgeglichenen Klima.

Standortauswahl: SD-Austragungsstandorte plus Trondheim als Beispiel für einen Standort mit kaltem Klima

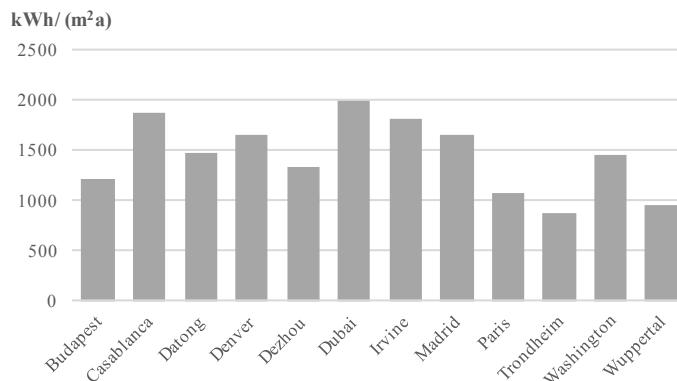


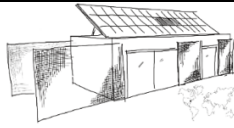
Abbildung A9.4.2-2: Jährliche Summe der globalen Sonneneinstrahlung auf die horizontale Fläche für alle in Abbildung 8 bewerteten Standorte

Quelle: Wetterdatenbank Meteonorm

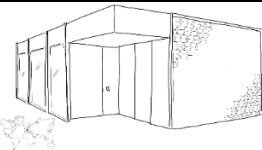
- Signifikante Unterschiede zwischen Heiz- und Kühlstunden an den Wettbewerbsstandorten
- Teamherkunftsstandorte noch größere Abweichungen zu erwarten
- Unterschiede im Klima beeinflussen das Gebäudekonzept – Auslegung für Heizen, Kühlen oder beides
- Standortbedingt unterscheidet sich auch das Solarpotenzial
- Solarpotenzial bedeutet für SD-Häuser (nur die Sonne als Energiequelle) direkt das Potenzial, den eigenen Energiebedarf zu decken

9.3 GEBÄUDEKATALOG SD EU HÄUSER

2010



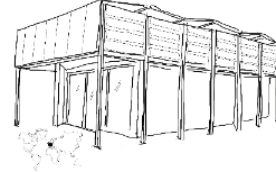
VGT



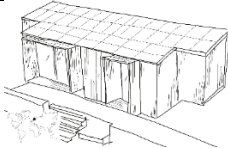
ROS



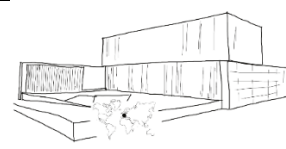
HFT



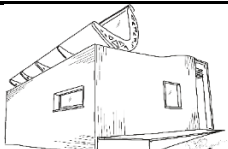
GRE



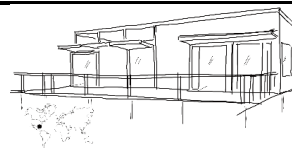
HUT



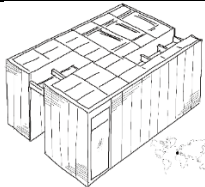
BUW



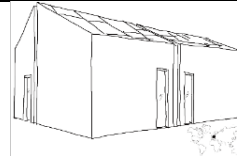
AMP



UOF



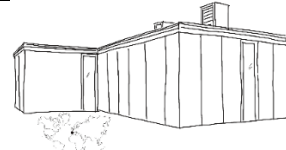
CEU



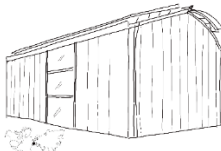
BER



TUS



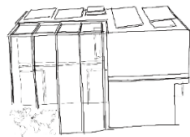
UDS



UPC



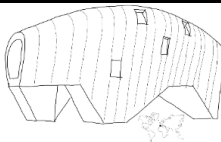
UDV



UON



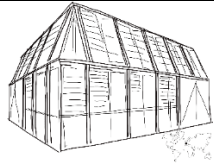
TUC



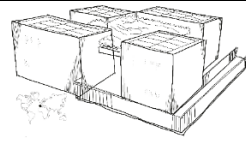
IAA

2012

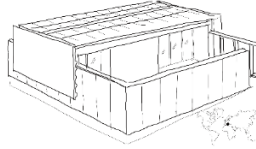
TRA



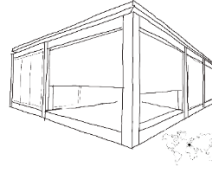
AND



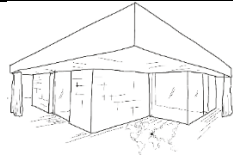
ROM



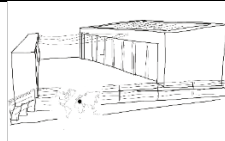
HTW



RTW



BME



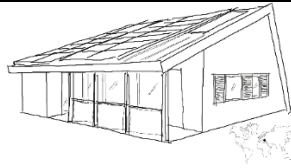
CEU



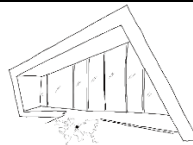
UPC



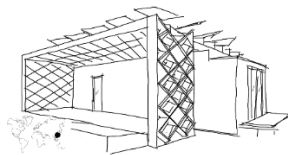
BUC



DTU



TJU



EHU



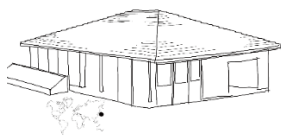
ABC



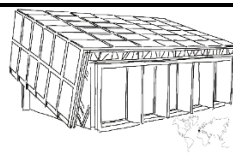
BRA



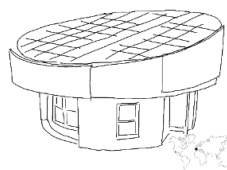
CUJ



FAU



UDZ

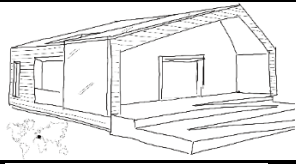


STS



2014

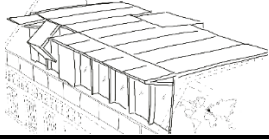
ROM



DEL



ROF



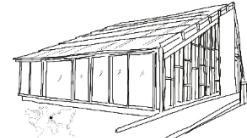
LUC



FNX



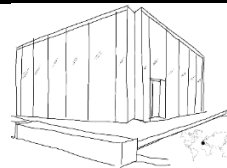
DTU



REC



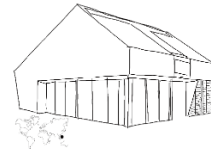
BAR



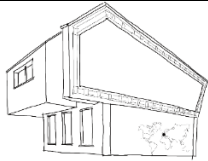
CUJ



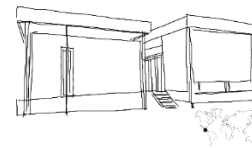
UNI



OTP



MEX



INS



PLT



TEC



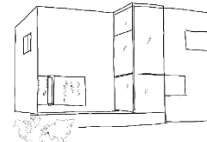
KMU



SHU



BUC

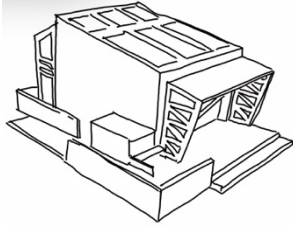


PAR

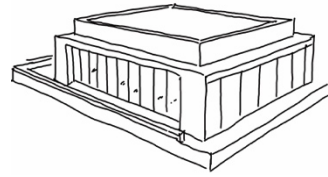


2019

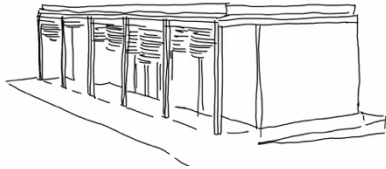
TUB (BUC)



BUD



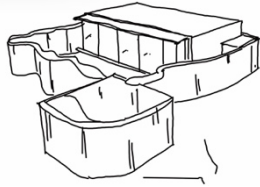
UPC



DEF (DEL)



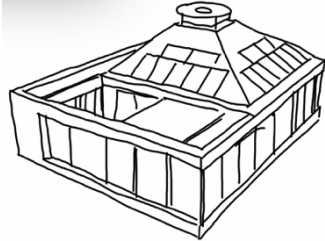
GUB



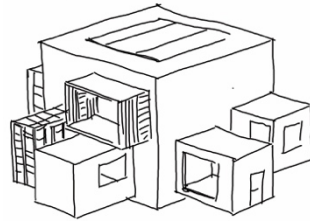
PLF



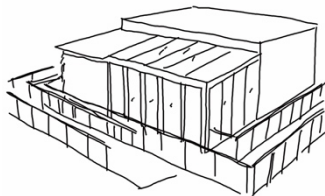
MIH



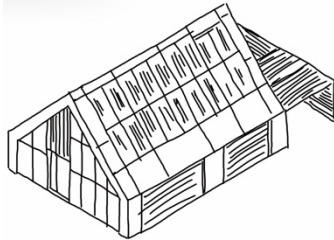
SEV



KMU



VAL



9.4 GLOSSAR

Deutsch	Englisch	Beschreibung
BIPV	Building integrated Photovoltaic	Bauwerkintegrierte Photovoltaik: „Bei bauwerkintegrierter Photovoltaik handelt es sich um Bauelemente, die zusätzlich zur Stromgewinnung klassische Funktionen wie Wärmedämmung, Wind- und Wetterschutz oder auch architektonische Funktionen übernehmen.“(Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme, Kuhn 2021)
BKI		Baukostenindex: Statistische Baukostenkennwerte für Gebäude, Positionen und Elemente.
Dokumentation	Documentation	„Documentation“ war eine Wettbewerbsdisziplin, die ausschließlich in den Wettbewerben SD US 2002 und 2005 ausgetragen wurde.
Endenergie EE		Endenergie ist der Anteil der Primärenergie, die dem Verbraucher auf Gebäudeebene nach Abzug von Transport und Umwandlungsverlusten des Energieträgers zur Verfügung steht.
Energiebilanz		Energiebilanz beschreibt die Bilanz aus Energiebedarf bzw. Verbrauch und erzeugter Energie.
EU-Richtlinie	EU R	Das Kürzel EU R und die Abkürzung EU-Richtlinie beziehen sich hier auf die 2018 in Kraft getretene EU-Richtlinie L 328/82 zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen. (EU 2018)
Funktionalität des Hauses	House Functioning	„House Functioning“ ist eine Disziplin im SD-Wettbewerb. Hier werden die SD-Häuser auf ihre Funktionsfähigkeit und in einigen Varianten des SD auch auf ihre Alltagstauglichkeit getestet.
Gesetz		Gesetze werden von der Legislative (Parlament) erlassen. Sie legen fest, was passieren soll. (Bundeszentrale für Politische Bildung)
KP	Building Competition Knowledge Platform	Das Kürzel KP steht für die im Rahmen dieser Arbeit entwickelte Online-Datenbank (siehe Kapitel Knowledge Platform).
Reallabor	Living Lab	Reallabor bezeichnet ein Forschungskonzept. Im Anschluss an den SD EU 2021 ist ein Reallabor an einigen SD-Häusern auf dem Wettbewerbsgelände geplant. Ziel dieses Forschungsansatzes ist es, die Gebäude über den Zeitraum des Wettbewerbs hinaus zu untersuchen.
Passiver Bewertungszeitraum	Passive evaluation period	Ein im Wettbewerb festgelegter Zeitraum in dem ausschließlich der Einsatz von passiven Technologien erlaubt ist.
Passive Technologien	Passive Technologies	Nach der Definition der SD-Regeln sind passive Technologien alle die, die ohne die Abhängigkeit eines thermodynamischen Zyklus auskommen. Ventilatoren und der Betrieb von Wassersprühanlagen werden im SD zu den

		passiven Technologien gezählt. (Solar Decathlon Europe 2014 Organisatoren 2014, p. 33)
PCM	Phase Change Material	Phasenwechselmaterialien sind Latentwärmespeicher, die im Bereich ihres spezifischen Schmelzpunktes vermehrt thermische Energie speichern können.
PM	Project Manual	Die „Project Manuals“ sind die Hauptdokumente der Teamabgaben und umfassen in der letzten Abgaberunde des Wettbewerbs (Deliverable 7) sämtliche Beschreibungen des SD-Hauses und Beschreibungen für die jeweiligen Jury-Disziplinen.
Rahmenvorgaben		Rahmenvorgaben sind Vorgaben des Wettbewerbs, die zwingend von allen Teams eingehalten werden müssen. Diese Vorgaben stehen über den Vorgaben der jeweiligen Disziplinen und sind von diesen unabhängig.
Richtlinie		Richtlinien sind Rechtsakte der EU. Sie gelten nicht direkt, sondern müssen auf nationaler Ebene erst in Gesetze überführt werden. Länder haben für die Umsetzung Auslegungsspielraum. (Bundeszentrale für Politische Bildung)
SD-Disziplin	Contest	In jedem SD-Wettbewerb werden 10 Disziplinen ausgetragen. Neben fünf Kerndisziplinen, die Teil jedes SD sind, werden weitere fünf wechselnde Disziplinen bewertet. Im Gegensatz zu den Rahmenvorgaben sind die Vorgaben der Disziplinen nicht verpflichtend für die Teams, aber wettbewerbsentscheidend, da die Ergebnisse mit Punkten bewertet werden.
SD-Dorf	Solar Village	Das SD-Dorf ist die Gruppe von SD-Häusern, die für jeden SD-Wettbewerb am jeweils selben Standort aufgebaut und betrieben wird.
SD-Editionen		Der SD wurde bis 2021 in insgesamt 6 Regionen ausgetragen (7 Regionen mit dem SD Design Wettbewerb SD India (IN)). Jede Region beschreibt eine Edition des SD, die üblicherweise durch eine jeweils spezifische Themenausrichtung gekennzeichnet ist. SD US: SD USA; SD EU: SD Europe; SD CN: SD China; SD LA: SD Latin America; SD ME: SD Middle East; SD AF: SD Africa
SD-Themen		Wettbewerbsthemen sind ein hier in der Arbeit verwendetes Werkzeug zur Beschreibung der Thematischen Ausrichtung von SD-Wettbewerben und Editionen. Diese Ausrichtungen beziehen sich auf die Wettbewerbsdisziplinen und Unterdisziplinen. Da die Zuordnung von Unterdisziplinen zu den Disziplinen abweichen kann, wurden für die Wettbewerbsthemen alle bisher bewerteten Unterdisziplinen aller SD-Wettbewerbe zu Wettbewerbsthemen kategorisiert.
	Solar Envelope	Der „Solar Envelope“ ist eine SD-spezifische Bezeichnung, die sich auf die maximal

		zulässigen Maße der SD-Häuser bezieht. Diese Größenvorgaben zur maximalen Grundfläche und Höhe sind Teil der Wettbewerbsrahmenvorgaben.
SIR	Simulation Input Report	Der SIR ist eine tabellarische Vorgabe zur Dokumentation der Eingaben der im Wettbewerb geforderten energetischen und Raumklimasimulation. Der SIR soll die Vergleichbarkeit und Auswertung der Simulationsergebnisse erhöhen.
Zeitweise Korrelation zwischen Energieverbrauch und Erzeugung	Temporary generation consumption correlation	In einigen SD-Wettbewerben wurde die Korrelation zwischen Energieverbrauch und Erzeugung als Unterdisziplin bewertet. Eine zumindest temporäre Deckung des Energieverbrauches durch die simultan erzeugte Energie in einem Energiehaus gilt hier als ein Kriterium für Energieeffizienz.
Verordnung		Verordnungen werden von der Exekutive (Verwaltungen) erlassen. Sie beziehen sich auf Gesetze und legen fest, wie etwas passieren soll. (Bundeszentrale für Politische Bildung)
Wettbewerbsabgaben		Für den SD müssen alle Teams neben der Präsentation ihres SD-Hauses auch eine ausführliche Dokumentation ihrer Arbeit abgeben. Diese beinhaltet das Hauptdokument „Project Manual“ sowie die Zeichnungen „Construction Drawings“.
Zu Hause leben	Livability	„Livability“ ist neben „House Functionality“ eine weitere Disziplin zum Testen der Alltagstauglichkeit der SD-Häuser.

9.5 LITERATURVERZEICHNIS

- (Albus, Dömer, Drexler 2016) Albus, Jutta, et al. Vergleichende Untersuchung Vorgefertigter Konstruktionssysteme. 2016
- (IEA EBC Annex 74 2018) Annex 74 SD ME 2018 Simulation Workshop. <https://building-competition.org/material/show/MON>. aufgerufen 6 Feb. 2020
- (ASHREA 2017) ASHREA. ASHREA 55 - Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. 2017
- (Baukosteninformationszentrum Deutscher Architektenkammern 2010a) Baukosteninformationszentrum Deutscher Architektenkammern. BKI - Baukosten Teil 1 Statistische Kostenkennwerte Für Gebäude. 2010
- (Baukosteninformationszentrum Deutscher Architektenkammern 2016a) Baukosteninformationszentrum Deutscher Architektenkammern. BKI - Baukosten Statistische Kostenkennwerte Für Bauelemente. 2016
- (Baukosteninformationszentrum Deutscher Architektenkammern 2016b) Baukosteninformationszentrum Deutscher Architektenkammern. BKI - Baukosten Statistische Kostenkennwerte Für Gebäude. 2016
- (Baukosteninformationszentrum Deutscher Architektenkammern 2010b) Baukosteninformationszentrum Deutscher Architektenkammern. BKI - Baukosten Teil 2 Statistische Kostenkennwerte Für Bauelemente. 2010th ed., 2010
- (Baukosteninformationszentrum Deutscher Architektenkammern 2019a) Baukosteninformationszentrum Deutscher Architektenkammern. BKI - Baukosten Statistische Kostenkennwerte Für Gebäude. 2019
- (Baukosteninformationszentrum Deutscher Architektenkammern 2019b) Baukosteninformationszentrum Deutscher Architektenkammern. BKI - Baukosten Statistische Kostenkennwerte Für Bauelemente. 2019
- (Baunetz Wissen) Baunetz Wissen. Zur Geschichte Des Sonnenschutzes. <https://www.baunetzwissen.de/sonnenschutz/fachwissen/grundlagen/zur-geschichte-des-sonnenschutzes-789622>. aufgerufen 11 Feb. 2021
- (Bergische Universität Wuppertal 2010) Bergische Universität Wuppertal. SD EU 2010 BUW Project Manual Deliverable#7 22.09.2010. 2010
- (Bergische Universität Wuppertal, Fachhochschule Rosenheim, Hochschule für Technik Stuttgart, Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin 2011) Bergische Universität Wuppertal, Hochschule Rosenheim, Hochschule für Technik Stuttgart, Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin. Solar Architektur 4. DETAIL Green Books, 2011
- (Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme, Kuhn 2021) Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme, Dr. Tilmann Kuhn. Bauwerkintegrierte Photovoltaik. 2021, p. 2021, <https://www.ise.fraunhofer.de/de/leitthemen/integrierte-photovoltaik/bauwerkintegrierte-photovoltaik-bipv.html>
- (Black 2010) Black, Chris. Solar Decathlon US Infographic. 39th ASES National Solar Conference 2010, SOLAR 2010, vol. 5, 2010, pp. 3624–42, doi:10.1117/2.4201401.12
- (Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie 2015) Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie. 20201007_BMWi_Integrierter Nationaler Energie- Und Klimaplan. no. 663, 2015, https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/de_final_necp_main_de.pdf
- (Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie 2014) Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie. Marktanalyse Photovoltaik-Dachanlagen. 2014, pp. 1–7, <https://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/M-O/marktanalyse-photovoltaik-dachanlagen,property=pdf,bereich=bmwi2012,sprache=de,rwb=true.pdf>

(Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie 2017)	Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie. Energieforschungsprogramme Der Bundesregierung. 2017, https://www.energieforschung.de/lw_resource/datapool/systemfiles/elements/files/92E60D620891561BE0539A695E865013/current/document/Energieforschungsprogramme_der_Bundesregierung_1977_-_2017.pdf
(Bundesministerium für Wirtschaft und Energie 2019a)	Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie. Energie Der Zukunft - 8. Monitoring Bericht Zur Energiewende - Berichtsjahre 2018 - 2019. 2019, https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/achter-monitoring-bericht-energie-der-zukunft.pdf?__blob=publicationFile&v=4
(Bundesministerium für Wirtschaft und Energie 2019b)	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie. Strukturwandel Und Beschäftigung. Vol. 1, no. 1, 2019, pp. 1–275
(Bundesministerium für Wirtschaft und Energie 2020a)	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie; Richtlinie Für Die Bundesförderung Für Effiziente Gebäude – Einzelmaßnahmen (BEG EM). 2020
(Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie 2020)	Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie. Unsere Energiewende: Sicher, Sauber, Bezahlbar. 2020, https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Dossier/energiewende.html
(Bundesministerium für Wirtschaft und Energie 2020b)	Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie. Bundesbericht Energieforschung 2020. 2020, https://www.foerderdatenbank.de/FDB/Content/DE/Download/Publikation/Energie/bundesbericht-energieforschung-2020.pdf?__blob=publicationFile&v=3
(BNetzA und BKartA 2021)	BNetzA und BKartA. Bericht Monitoringbericht 2020. 2021, pp. 1–507, https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Mediathek/Berichte/2020/Monitoringbericht_Energie2020.pdf?__blob=publicationFile&v=8
(Borrmann, Lang, Petzold 2018)	Borrmann, André, et al. "Digitales Planen Und Bauen Schwerpunkt BIM." Vereinigung Der Bayrischen Wirtschaft e. V., 2018, p. 63, https://www.vbw-bayern.de/Redaktion/Frei-zugaengliche-Medien/Abteilungen-GS/Planung-und-Koordination/2018/Downloads/Studie-Digitales-Planen-und-Bauen.pdf
(Breitkopf 2020)	Breitkopf, A. "Photovoltaik - Anteil an Der Stromerzeugung in Deutschland Bis 2020." Statista, vol. 49, no. 40, 2020
(Breitkopf, Statista)	Breitkopf, A., and Statista. Anteil Der Genehmigten Wohngebäude in Holzbauweise an Allen Genehmigten Wohngebäuden in Deutschland in Den Jahren 2003 Bis 2019. https://de.statista.com/statistik/daten/studie/456639/umfrage/quote-der-genehmigten-wohnbaeude-in-holzbauweise-in-deutschland/
(BSW-Solar 2019)	BSW-Solar. "Statistische Zahlen Der Deutschen Solarwärmebranche." Bundesverband Solarwirtschaft e.V., Berlin, 2019, www.solarwirtschaft.de/
(Bundesinstitut für Bau- 2020)	Bundesinstitut für Bau-, Stadt-und Raumforschung. Internationale Bauausstellung. 2020, p. 2020, https://www.internationale-bauausstellungen.de/en/iba-history/
(Bundesministerium für Bildung und Forschung 2020a)	Bundesministerium für Bildung und Forschung. Klima , Energie Und Mobilität. Vol. 49, no. 0, 2020, p. 3821, https://www.horizont-europa.de/de/Klima-Energie-und-Mobilitat-1821.html
(Bundesministerium für Bildung und Forschung 2020b)	Bundesministerium für Bildung und Forschung. Programmstruktur von Horizont Europa. Vol. 49, no. 0, 2020, p. 3821, https://www.horizont-europa.de/de/Themen-1717.html
(Bundesministerium für Umwelt 2016)	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Nukleare Sicherheit (BMU). "Klimaschutzplan 2050." Klimaschutzplan 2050, 2016, pp. 1–96, https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Klimaschutz/klimaschutzplan_2050_bf.pdf

- (Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie; Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz 2017) Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie; Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit. Gebäudeenergiegesetzes. 2017, pp. 1–146, http://www.enev-online.eu/geg/referentenentwurf/text/17.01.23_GEG_Entwurf_fuer_Verbaendeanhoerung.pdf
- (Bundesregierung 2006) Bundesregierung, Deutschland. Energieeinsparverordnung ENEV 2007. Vol. 2005, 2006
- (Bundesregierung 2009) EnEV. Energieeinsparverordnung 2009. Bundesgesetzblatt I Nr. 23, vol. 2009, no. 23, 2009, pp. 954–89, http://www.enev-online.org/enev_2009_volltext/enev_2009_0_090430_bundesgesetzblatt_amtliche_fassung leseversion.pdf
- (Bundesregierung 2014) Bundesregierung, Deutschland. Energieeinsparverordnung (EnEV). Mit Ergänzenden Vorschriften; Schnelleinstieg; Chancen Nutzen; Risiken Vermeiden; Textausgabe Mit Schnelleinstieg, vol. 2013, no. 67, 2014, pp. VIII, 248 S., http://www.enev-online.com/enev_2014_volltext/enev_2014_verkuendung_bundesgesetzblatt_21.11.2013 leseversion.pdf
- (Bundesregierung Deutschland 2021) Die Bundesregierung. Was Tut Die Bundesregierung Für Den Klimaschutz? 2021, <https://www.bundesregierung.de/breg-de/aktuelles/bauen-und-wohnen-1654766>
- (Bundesverfassungsgericht 2021) Bundesverfassungsgericht. “Verfassungsbeschwerden Gegen Das Klimaschutzgesetz Teilweise Erfolgreich.” Bundesverfassungsgericht, 2021, pp. 1–5, <https://www.bundesverfassungsgericht.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/DE/2021/bvg21-031.html>
- (Bundeszentrale für Politische Bildung a) Bundeszentrale für Politische Bildung. Richtlinie. Das Rechtslexikon, <https://www.bpb.de/nachschlagen/lexika/recht-a-z/323968/richtlinie>
- (Bundeszentrale für Politische Bildung b) Bundeszentrale für Politische Bildung. Verordnung /Gesetz. Das Rechtslexikon, <https://www.bpb.de/nachschlagen/lexika/das-junge-politik-lexikon/321319/verordnung-rechtsverordnung>
- (Busch 2020) Busch, Uwe. Daten Und Fakten Über Wuppertal. 2020, pp. 257–302, doi:10.1007/978-3-662-61350-4_9
- (COM 2017) COM 2017. Fortschrittsbericht Erneuerbare Energiequellen. 2017, <https://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/1/2017/DE/COM-2017-57-F1-DE-MAIN-PART-1.PDF>
- (COP21 2015) COP21. Pariser Klimaabkommen. 2015, http://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Klimaschutz/paris_abkommen_bf.pdf
- (Demographia 2011) Demographia. International House Sizes. 2011, <http://www.demographia.com/db-intlhouse.htm>
- (Destatis 2019) Destatis. Wirtschaftsrechnungen, Fachserie 15 Sonderheft 1. Vol. 49, no. 0, 2019, p. 65
- (Detail 2012) Detail. Betonfertigeteile Im Hochbau. 2012, <https://www.detail.de/artikel/betonfertigeteile-im-hochbau-8791/>
- (Deutscher Bundestag 2017) Deutscher Bundestag. Gesetz Zur Digitalisierung Der Energiewende. Datenschutzprinzipien In IKT-Basierten Kritischen Infrastrukturen, vol. 2016, no. 43, 2017, pp. 115–32, doi:10.5771/9783845283166-115
- (Deutscher Bundestag 2013) ---. “Viertes Gesetz Zur Änderung Des Energieeinsparungsgesetzes Vom Juli 2013.” Bundesgesetzblatt, vol. 2013, no. 36, 2013, pp. 2197–200, <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-efficiency/buildings>
- (Deutsches Institut für Normen 2007) Deutsches Institut für Normen. DIN 15251 - Eingangsparameter Für Das Raumklima Zur Auslegung Und Bewertung Der Energieeffizienz Von Gebäuden – Raumluftqualität, Temperatur, Licht Und Akustik. 2007
- (Deutsches Institut für Normen 2013) Deutsches Institut für Normen. DIN 4108-2: Wärmeschutz Und Energie-Einsparung In Gebäuden – Teil 2: Mindestanforderungen An Den Wärmeschutz. 2013

(Deutsches Institut für Normen 2005) Deutsches Institut für Normen. DIN ISO 7730 - Ergonomics of the Thermal Environment – Analytical Determination and Interpretation of Thermal Comfort Using Calculation of the PMV and PPD Indices and Local Thermal Comfort Criteria. 2005

(Deutsches Institut für Normen 2018) Deutsches Institut für Normen. DIN V 18599. 2018, pp. 1–10

(DGNB 2021) DGNB. Fördermöglichkeiten Mit Bezug Zum DGNB. 2021, [https://www.dgnb-system.de/de/system/foerdermittel/index.php.aufgerufen 9 Feb. 2021](https://www.dgnb-system.de/de/system/foerdermittel/index.php.aufgerufen%209%20Feb.%202021)

(Dr. Markus Lichtmeß) Dr. Markus Lichtmeß. EnerCalc - Multizonen-Gebäude-Energiebilanz Ganz Einfach. <https://ingefo.de/Werkzeuge/EnerCalc/>. aufgerufen 9 Feb. 2021

(EFDEN) EFDEN. <https://efden.org>

(ENARGUS) ENARGUS. European Energy Endeavour - Europäische Initiative Zur Weiterentwicklung Und Umsetzung Des SDE. Dokumentation Und Querschnittsanalyse. [https://www.enargus.de/pub/bscw.cgi/?op=enargus.eps2&q=Bergische Universität Wuppertal - Fachbereich D - Architektur, Bauingenieurwesen, Maschinenbau, Sicherheitstechnik - Fachgebiet Bauphysik und Technische Gebäudeausrüstung&v=10&id=363554](https://www.enargus.de/pub/bscw.cgi/?op=enargus.eps2&q=Bergische%20Universit%C3%A4t%20Wuppertal%20-%20Fachbereich%20D%20-%20Architektur,%20Bauingenieurwesen,%20Maschinenbau,%20Sicherheitstechnik%20-%20Fachgebiet%20Bauphysik%20und%20Technische%20Geb%C3%A4udeausr%C3%BCstung&v=10&id=363554). aufgerufen 6 Feb. 2020

(Energieagentur NRW) Energieagentur NRW. Klimabilanz Photovoltaik Wie Groß Ist Der CO 2 - Fußabdruck von Solarstrom Begriffserklärung

(ENOKI) ENOKI. <https://www.enoki.ch>

(EU 2018) EU. "RICHTLINIE (EU) 2018/2001 - Förderung Der Nutzung von Energie Aus Erneuerbaren Quellen." Amtsblatt Der Europäischen Union, vol. 2018, no. 21.12.2018, 2018, p. 209, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018L2001&from=EN>

(Europäische Kommission 2010) Europäische Kommission. "Richtlinie 2010/31/EU Des Europäischen Parlaments Und Des Rates Vom 19. Mai 2010 Über Die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden." Amtsblatt Nr. L 153, vol. 2010, no. vom 19.5.2010, 2010, pp. 13–35

(European Energy Endeavour Foundation 2018) European Energy Endeavour Foundation. SD EU 2021 Call for Cities Press Release. 2018

(European Energy Endeavour Foundation 2019) European Energy Endeavour Foundation. Call For Cities SD EU 2021. 2019

(European Energy Endeavour Foundation 2020) European Energy Endeavour Foundation. Sde Story. 2020, <https://energyendeavour.org/projects/sde/>

(European Energy Endeavour Foundation, Bergische Universität Wuppertal 2020) European Energy Endeavour Foundation, and Bergische Universität Wuppertal. SD EU 21 Rules. 2020, pp. 1–118

(European Energy Endeavour Foundation, EMI 2017) European Energy Endeavour Foundation, and EMI. Solar Decathlon Europe 2019 Rules. 2017, pp. 1–116, http://solardecathlon.eu/wp/wp-content/uploads/2018/10/SDE19-Rules_v2.0.pdf

(Eurostat 2020) Eurostat. Anteil Erneuerbarer Energien in Der EU Auf 18 , 0 % Gestiegen. 2020, <https://ec.europa.eu/eurostat/documents/2995521/10335442/8-23012020-AP-DE.pdf/ab13eb1f-fe9d-9a57-44b3-98f0011e8697>

(Figgenger, Stenzel, Kairies, Linßen, Haberschusz, Wessels, Angenendt, Robinius, Stolten, Sauer 2020) Figgenger, Jan, Peter Stenzel, Kai Philipp Kairies, et al. The Development of Stationary Battery Storage Systems in Germany – A Market Review. Journal of Energy Storage, vol. 29, no. December 2019, Elsevier, 2020, p. 101153, doi:10.1016/j.est.2019.101153

- (Figgenger, Stenzel, Robinius 2020) Figgenger, Jan, Peter Stenzel, and Martin Robinius. Zuwachs Bei Stationären Batteriespeichern. 2020, doi:10.1016/j.est.2019.101153
- (Förderdatenbank enArgus 2015) ---. European Energy Endeavour - Europäische Initiative Zur Weiterentwicklung Und Umsetzung Des SDE. Dokumentation Und Querschnittsanalyse - Zwischenbericht. 2015, <https://www.enargus.de/pub/bscw.cgi/89?op=enargus.eps2&q=solar-Decathlon-europe&v=10&id=1167762>
- (Förderdatenbank enArgus 2021) Förderdatenbank enArgus. EnArgus - Solar Decathlon. 2021, [https://www.enargus.de/search/?q=solar decathlon](https://www.enargus.de/search/?q=solar+decathlon)
- (Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems (ISE); PSE AG) Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems (ISE); PSE AG. "Aktuelle Fakten Zur Photovoltaik in Deutschland." Brand, vol. 49, no. 0, pp. 1–51, doi:10.11.17
- (Fricke, Prof. Dr.) Fricke, Prof. Dr., Jochen. "Photovoltaik in Deutschland Und Der Welt." Bayern Innovativ, <https://www.bayern-innovativ.de/seite/photovoltaik-in-deutschland>
- (Hagedorn-saupe, Kleinke 2003) Hagedorn-saupe, Monika, and Henry Kleinke. Heft 56 Lange Nacht Der Museen – Eine Empirische Untersuchung in Berlin. 2003
- (Hao, Cheng, Lu, Xu, Wang, Bu, Guo 2020) Hao, Jian Li, et al. "Carbon Emission Reduction in Prefabrication Construction during Materialization Stage: A BIM-Based Life-Cycle Assessment Approach." Science of the Total Environment, vol. 723, 2020, p. 2021, doi:10.1016/j.scitotenv.2020.137870
- (Hausladen 2014) Hausladen, Gerhard. Lastverhalten von Gebäuden Unter Berücksichtigung Unterschiedlicher Bauweisen Und Technischer Systeme Speicher- Und Lastmanagementpotenziale in Gebäuden. 2014
- (Hein, Agora Energiewende 2021) Hein, Fabian, and Agora Energiewende. Die - Energiewende Stand Der Dinge 2020. 2021
- (Hendel, University of Wuppertal 2018) Hendel, Susanne, and University of Wuppertal. Building Competition and Living Lab Knowledge Platform. 2018, <https://building-competition.org>
- (Henger, Informationsdienst, Wirtschaft des Instituts der deutschen Wirtschaft 2020) Henger, Ralph, et al. Größer Wohnen. 2020, <https://www.iwd.de/artikel/groesser-wohnen-489720/>
- (Hillebrandt, Annette; Riegler-Floors, Petra; Rosen, Anja; Seggewies, Johanna 2018) Hillebrandt, Annette; Riegler-Floors, Petra; Rosen, Anja; Seggewies, Johanna. Atlas Recycling: Gebäude Als Materialressource. Detail, 2018
- (Höttges, Krause, Santiago, Kersken, Haussmann, Schlitzberger) Höttges, Kirsten; Krause, Michael; Santiago, Juan Rodriguez; Kersken, Matthias; Haussmann, Thomas; Schlitzberger, Stephan. Erarbeitung von Bewertungsverfahren Zur Berücksichtigung Der Eigenschaften von PCM-Produkten Im Rahmen Der DIN V 18599 Und DIN 4108 Teil 2
- (Indo-U.S. Science and Technology Forum 2018) Indo-U.S. Science and Technology Forum. Solar Decathlon India. 2018, https://solardecathlonindia.in/wp-content/uploads/2020/07/SDI_generic_brochure_jul2020.pdf
- (Institut für Technische Gebäudeausrüstung Dresden Forschung und Anwendung GmbH; Oschatz, Prof; Hartmann, Prof; Werdin 2018) Institut für Technische Gebäudeausrüstung Dresden Forschung und Anwendung GmbH; Oschatz, Prof; Hartmann, Prof; Werdin 2018, https://www.bee-ev.de/fileadmin/Publikationen/Studien/BEE-Kurzgutachten_Energieeffizienz_und_Kosten_im_Wohnungsbau.pdf
- (International Energy Agency 2012) International Energy Agency. SHC Task 41 Solar Energy and Architecture. 2012, <https://task41.iea-shc.org/description>
- (International Energy AgencyIEA - Technology collaboration Advancing the research, development and commercialisation of energy technologies About the TCP. IEA - Technology Collaboration. 2021, p. 2021, <https://www.iea.org/areas-of-work/technology-collaboration>

- (Janssens 2016) Janssens, Arnold. Reliable Building Energy Performance Characterisation Based on Full Scale Dynamic Measurements Report of Subtask 1a: Inventory of Full Scale Test Facilities for Evaluation of Building Energy Performances. 2016, http://https://www.iea-ebc.org/Data/publications/EBC_Annex_58_Final_Report_ST1a.pdf
- (Kalies, Hausbaublog 2013) Kalies, Andy, and Hausbaublog. Hausbau in Deutschland: So Wird Das Durchschnittliche Einfamilienhaus Gebaut | Hausbau Blog. 2013, <https://www.haus-bau-blog.de/hausbau-planung/hausbau-deutschland-neubau-einfamilienhaus/>
- (Knotzer, Weiss 2018) Knotzer, Armin, and Tobias Weiss. "Energieflexibilität von Gebäuden – Potenzial, Anwendung, Zukunft." Erneuerbare Energien, 2018, <http://www.aee.at/aee/zeitschrift-erneuerbare-energie/92-zeitschrift/zeitschriften/2018-03-energieflexibilitaet-zugpferd-fuer-smarte-gebaeude-und-netze/1066-energieflexibilitaet-von-gebaeuden-potenzial-anwendung-zukunft>
- (Lass, Wambsganß) Lass, Prof. Jörn P. ..., and Prof. Mathias Wambsganß. Roteg In-Situ-Labor Transparente Gebäudehülle. <https://www.th-rosenheim.de/die-hochschule/fakultaeten-institute/fakultaet-fuer-angewandte-natur-und-geisteswissenschaften/technologiezentrum-roteg/in-situ-labor-transparente-gebaeudehuelle/>
- (Lichtmeß 2018) Lichtmeß, Marcus. Simroom. 2018, <https://www.enec.de/SimRoom/index.html>
- (Living Lab Low3) Living Lab Low3. <http://livinglab-low3.blogspot.com>. aufgerufen 16 Sept. 2019
- (Lockheed Martin Energy Solutions Group 2012) Lockheed Martin Energy Solutions Group. Impact Evaluation of the U.S. Department of Energy's Solar Decathlon Program. no. December, 2012, https://www.energy.gov/sites/prod/files/2015/05/f22/solar_decathlon_impact_report2012.pdf
- (Lumen Haus Webpage) Lumen Haus Webpage. <https://lumenhaus.com/about/index.html>. aufgerufen 6 Feb. 2020
- (Manual, Hong, Junjie 2013) Manual, Project, et al. Solar Decathlon China 2018. no. June, 2013
- (Matallanas, Solórzano, Castillo-Cagigal, Navarro, Caamaño-Martín, Egido, Gutiérrez 2014) Matallanas, Eduardo, et al. "Electrical Energy Balance Contest in Solar Decathlon Europe 2012." Energy and Buildings, vol. 83, 2014, pp. 36–43, doi:10.1016/j.enbuild.2014.03.076
- (May 2016) May, Frank. Wie ‚smart‘ Können Intelligente Wärmenetze Sein. 2016, pp. 1–8, https://esn.de/wp-content/uploads/2018/02/Dr_May_Symposium_Smart_Heat.pdf
- (Solar Deathlon Europe 21 2022) Medieninformation Uni Wuppertal; Simon, Dr. Ing. Katharina. Pressemitteilung UNI WUppertal - Living Lab NRW. 2021
- (Mergner, BUND Naturschutz Bayern 2018) Mergner, Richard, and BUND Naturschutz Bayern. Flächenfraß Und Flächenschutz in Bayern. no. November, 2018, https://www.kommunal-nachhaltig.de/files/tao/byteformer/Dokumente/PDF/veranstaltungen/Nachhaltigkeit_first/Doku_Nachhaltigkeit_first/Flächenversiegelung_Präs_Mergner..pdf
- (Missouri S&T 2020) Missouri S&T. "Solar Villages Living Laboratories." Online, 2020, <https://cree.mst.edu/laboratories/>
- (Moroccan Research Institute for Solar Energy and New Energies (IRESEN), MOHAMMED VI POLYTECHNIC UNIVERSITY (UM6P) 2018) Moroccan Research Institute for Solar Energy and New Energies (IRESEN), and MOHAMMED VI POLYTECHNIC UNIVERSITY (UM6P). Solar Decathlon Africa 2019 Rules. no. 2, 2018
- (Müller) Müller, Dipl. Ing. Berit. Forschungsnetzwerk Energiewendebauen. https://www.forschungsnetzwerke-energie.de/energiewendebauen.aufgerufen_5_Feb._2021

- (Musall 2015) Musall, Eike. Klimaneutrale Gebäude – Internationale Konzepte , Umsetzungsstrategien Und Bewertungsverfahren Für Null- Und Plusenergiegebäude. 2015
- (National School of Architecture and Landscape of Lille 2019) National School of Architecture and Landscape of Lille. “Team SD EU 2019 PLF.” Project Manual, 2019
- (Navarro, Gutiérrez, Montero, Rodríguez-Ubiñas, Matallanas, Castillo-Cagigal, Porteros, Solórzano, Caamaño-Martín, Egido, Páez, Vega 2014) Navarro, Iñaki, et al. “Experiences and Methodology in a Multidisciplinary Energy and Architecture Competition: Solar Decathlon Europe 2012.” Energy and Buildings, vol. 83, 2014, pp. 3–9, doi:10.1016/j.enbuild.2014.03.073
- (Neufert 1998) Neufert, Ernst. Neufert - Bauentwurfslehre. 35., Friedrich Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaft mbH, 1998
- (Normen 2003) Normen, Deutsches Institut für. DIN V 4701-10. no. August, 2003
- (NREL) National Research Laboratory. <https://www.nrel.gov>
- (NREL 2020) National Research Laboratory. NREL Organizes SD US. 2020, <https://www.nrel.gov/energy-solutions/solar-decathlon.html>
- (NRW 2018) NRW. Bauordnung Für Das Land Nordrhein-Westfalen (Landesbauordnung 2018 – BauO NRW 2018). Vol. 1988, 2018, pp. 1–7
- (Öko- Institut.ev 2021) Öko- Institut.ev. Wärmewende : Was Den Klimaschutz Im Gebäudesektor Voran Bringt. 2021, p. 2021, <https://www.oeko.de/forschung-beratung/themen/energie-und-klimaschutz/waermewende-was-den-klimaschutz-im-gebaeudesektor-voran-bringt>
- (ORANGE COUNTY GREAT PARK 2012) ORANGE COUNTY GREAT PARK. “Great Park Selected as Site of US DOE 2013 Solar Decathlon.” PC Magazine, Jan. 2012, https://www.pv-magazine.com/press-releases/great-park-selected-as-site-of-us-doe-2013-solar-decathlon_10005591/
- (Østergaard Jensen 2017) Østergaard Jensen, Søren. Energy Flexibility as a Key Asset in a Smart Building Future Contribution of Annex 67 to the European Smart Building Initiatives. no. November, 2017, p. 16, <http://www.annex67.org>
- (Parlament 2018) Parlament, Europäisches. RICHTLINIE (EU) 2018/844 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES Vom 30. Mai 2018 Zur Änderung Der Richtlinie 2010/31/EU Über Die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden Und Der Richtlinie 2012/27/EU Über Energieeffizienz. Vol. 2018, no. April, 2018, pp. 75–91, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018L0844&from=DE>
- (Pistohl 2009a) Pistohl, Prof. Dr. Ing. Wolfram. Handbuch Der Gebäudetechnik - Band 1. Werner Verlag, 2009
- (Pistohl 2009b) Pistohl. Handbuch Der Gebäudetechnik Band 2. Werner Verlag, 2009
- (Rodriguez-Ubinas, Rodriguez, Voss, Todorovic 2014) Rodriguez-Ubinas, Edwin, Sergio Rodriguez, et al. “Energy Efficiency Evaluation of Zero Energy Houses.” Energy and Buildings, vol. 83, Elsevier B.V., 2014, pp. 23–35, doi:10.1016/j.enbuild.2014.06.019
- (Rodriguez-Ubinas, Montero, Porteros, Vega, Navarro, Castillo-Cagigal, Matallanas, Gutiérrez 2014) Rodriguez-Ubinas, Edwin, Claudio Montero, et al. “Passive Design Strategies and Performance of Net Energy Plus Houses.” Energy and Buildings, vol. 83, 2014, pp. 10–22, doi:10.1016/j.enbuild.2014.03.074
- (Rooftop-Gebäude 2020) Rooftop-Gebäude. Vol. 53, 2020, p. 2020, <http://www.solar-rooftop.de>
- (Schlacke 2020) Schlacke, Prof Sabine. Klimaschutzrecht Im Mehrebenensystem Internationale Klimaschutzpolitik Und Aktuelle Entwicklungen in Der Europäischen Union Und in Deutschland. 2020, pp. 1–19
- (Schneider 2008) Schneider, Klaus-Jürgen. Bautabellen Für Architekten. 18th ed., Werner Verlag, 2008

(SCHOBER, DR. KAI- STEFAN; Gruda, Konrad; Jandt, Justus; Malik, Piotr; Bühren 2018) (SD EU 2014 - villa solar)	SCHOBER, DR. KAI- STEFAN; Gruda, Konrad; Jandt, Justus; Malik, Piotr; Bühren, Marco. Prefabricated Housing Market in Central and Northern Europe – Overview of Market Trends and Development. 2018 SD EU 2014 - Villa Solar. http://www.solardecathlon2014.fr/en/mapping/ . aufgerufen 6 Feb. 2020
(SD EU 21- Host City Announcement 2019) (SD ME 18 Nyuad) (SD US 15 Dura Home)	SD EU 21- Host City Announcement. 2019, p. 2019, https://solardecathlon.eu/congrats-wuppertal-host-city-sde21/ SD ME 18 Nyuad SD US 15 Dura Home. https://building-competition.org/US2015/DUR.aufgerufen 6 Feb. 2020
(Simon, Doris, Farrar 2017)	Simon, Joseph; Doris, Elizabeth; Farrar, Sara. Insights on Technology Innovation – A Review of the U . S . Department of Energy Solar Decathlon Competition Entries 2002 – 2015 Insights on Technology
(Solar Deacthlon Europe 21 2022) (Solar Deacthlon Europe 21 2021)	Solar Deacthlon Europe 21. Living Lab NRW 2021. 2022 Solar Deacthlon Europe 21. Mirker Quartier. 2021, https://sde21.eu/de/sde21/wuppertal/mirke-district
(Solar Decathlon: Education 2018)	Solar Decathlon: Education. 2018, https://www.solardecathlon.gov/about.html
(Solar Decathlon Europe)	Solar Decathlon Europe. SDE Picture Documentation. https://www.flickr.com/photos/sdeurope/albums/with/72157631550799795
(Solar Decathlon Europe 2012 2012)	Solar Decathlon Europe 2012. Solar Decathlon Europe 2012 Rules. 2012
(Solar Decathlon Europe 2014 Organisatoren 2014) (Solar decathlon Europe Organizers 2010) (Solar Decathlon India 2021)	Solar Decathlon Europe 2014 Organisatoren. SD EU 2014/ Rules / v5.0. no. June, 2014 Solar decathlon Europe Organizers. Solar Decathlon Europe 2010 Rules and Regulations Summary of Revisions (Draft 5 . 0). 2010 Solar Decathlon India. SD IN Webpage. 2021, https://solardecathlonindia.in
(Solar Decathlon Versailles 2014a)	Solar Decathlon Versailles. Revue de Presse Solar Decathlon Europe 2014. 2014, pp. 4–9
(Solar Decathlon Versailles 2014b) (Solar World Challenge 2019)	Solar Decathlon Versailles. SOLAR DECATHLON EUROPE 2014 – KEY FIGURES. 2014 Solar World Challenge. 2019, 2019, https://www.worldsolarchallenge.org
(Solarwatt)	Solarwatt. Länderspezifische Förderungen Für Batteriespeicher. https://www.solarwatt.de/stromspeicher/foerderung.aufgerufen 15 Jan. 2021
(Solarwatt 2021)	Solarwatt. Photovoltaikförderung Im Überblick. 2021, https://www.solarwatt.de/photovoltaikanlage/photovoltaikanlage-kaufen/foerderung
(Statistisches Bundesamt 2018)	Statistisches Bundesamt. Mehr Neue Wohnungen in Mehrfamilienhäusern. IM FOKUS Vom 11.07.2018. 2018, p. 65189, https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/Wirtschaftsbereiche/Bauen/Bauen.html
(Statistisches Bundesamt, Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung 2018)	Statistisches Bundesamt, and Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung. “Private Haushalte - Einkommen, Konsum, Wohnen.” Datenreport 2018 - Ein Sozialbericht Für Die Bundesrepublik Deutschland, 2018, pp. 195–253
(TU Darmstadt 2014a) (TU Darmstadt 2014b)	TU Darmstadt. Cubity. 2014, https://cubity.de TU Darmstadt. Die Energieeinsparverordnung 2014 [G] Ziel Und Hintergrund Der Verordnung. 2014
(Umweltbundesamt 2020)	Umweltbundesamt. Erneuerbare Energien in Zahlen Überblick Beitrag Der Erneuerbaren Energien Zum Endenergieverbrauch in Deutschland. 2020, https://www.umweltbundesamt.de/print/10321

- (US Department of Energy 2002a) US Department of Energy. Highlights from Solar Decathlon 2002. 2002, p. 2005, <https://www.solardecathlon.gov/past/2002/>
- (US Department of Energy 2002b) US Department of Energy. SD US 2002 Overview. 2002, <https://www.solardecathlon.gov/past/2002/overview.html>
- (US Department of Energy 2007) US Department of Energy. 2007 Solar Decathlon Rules and Regulations. 2007
- (US Department of Energy 2009) US Department of Energy. SD US 2009 Rules. 2009
- (US Department of Energy 2010) US Department of Energy. Solar Decathlon China Overview. Vol. 5, 2010, pp. 3624–42, doi:10.1117/2.4201401.12
- (US Department of Energy 2015) US Department of Energy. SD US 2015 Rules. 2015
- (US Department of Energy 2019) US Department of Energy. Solar Decathlon US Webpage. 2019, <https://www.solardecathlon.gov/about.html>
- (US Department of Energy 2021a) US Department of Energy. SOLAR DECATHLON (/) VISIT SOLAR DECATHLON ' S FIRST VIRTUAL VILLAGE. no. March 2019, 2021, <https://www.solardecathlon.gov/blog/archives/5839>
- (US Department of Energy 2021b) US Department of Energy. SOLAR DECATHLON US Past Design Challenges. 2021, p. 2020, <https://www.solardecathlon.gov/past-design-challenge.html>
- (US Department of Energy a) US Department of Energy. SD EU Story on SD US Webpage. <https://www.solardecathlon.gov/international-europe.html>
- (US Department of Energy b) US Department of Energy. SD US Webpage- Where Are the Houses Now. <https://www.solardecathlon.gov/past-where-now.html>. aufgerufen 6 Feb. 2020
- (US Department of Energy, Energy Endeavour Foundation 2016) US Department of Energy, and Energy Endeavour Foundation. Solar Decathlon Story. Vol. 1, 2016, http://energyendeavour.org/wp-content/uploads/2017/07/booklet_quito_booth_final.pdf
- (Vega Sánchez 2011) Vega Sánchez, Sergio. Solar Decathlon Europe 2010 - Toward Energy Efficient Buildings. 10ACTION Solar Decathlon Europe 2010: Towards Energy Efficient Buildings, 1., 2011, <http://www.sdeurope.org/el-libro-de-las-casas-participantes-en-sdeurope-2010-con-10action>
- (Vega Sánchez, Solar Decathlon Europe Competition, Challenges, Madrid 2012) Vega Sánchez, Sergio. Solar Decathlon Europe 2012: Improving Energy Efficient Buildings. no. June 2011, 2012
- (Vega Sánchez, Rodriguez Ubiñas 2014) Vega Sánchez, Sergio, and Edwin Rodriguez Ubiñas. "Science behind and beyond the Solar Decathlon Europe 2012 Competition." Energy and Buildings, vol. 83, 2014, doi:<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.07.017>
- (Virgina Tech University) Virgina Tech University. FutureHaus Dubai
- (Voss, Karsten Prof. Dr.-Ing.; Hendel, Susanne; Vega, Prof. Sergio; Arranz, Beatriz 2020a) Voss, Karsten Prof. Dr.-Ing.; Hendel, Susanne; Vega, Prof. Sergio; Arranz, Beatriz. Solar Decathlon – Analysis of the Results“. N° ENER/C2/2016-502, 2020
- (Voss, Karsten Prof. Dr.-Ing.; Hendel, Susanne; Vega, Prof. Sergio; Arranz 2020b) Voss, Karsten Prof. Dr.-Ing.; Hendel, Susanne; Vega, Prof. Sergio; Arranz, Beatriz. Technical Thematic Reports Solar Decathlon Europe Competitions. 2020
- (Voss, Karsten Prof. Dr.-Ing.; Hendel 2019) Voss, Karsten; Hendel, Susanne. European Energy Endeavour - Europäische Initiative Zur Weiterentwicklung Und Umsetzung Des SDE. Dokumentation Und Querschnittsanalyse - Zwischenbericht. 2019
- (Voss 1996) Voss, Karsten. Experimentelle Und Theoretische Analyse Des Thermischen Gebäudeverhaltens Für Das Energieautarke Solarhaus Freiburg. 1996
- (Voss, Herkel, Kalz, Lützkendorf, Mass, Wagner 2016) Voss, Karsten; Herkel, Sebastian; Kalz, Doreen; Lützkendorf, Thomas; Mass, Anton; Wagner, Andreas. Performance von Gebäuden. FIZ Karlsruhe. BINE Informationsdienst. Bonn 2016

- (Voss, Musall 2011) Voss, Karsten; Musall, Eike. Net Zero Energy Buildings. Edited by Dipl.-Ing. Cornelia Hellstern, Dipl.-Ing. (project head); Kim Ahrend, Dipl.-Ing. Architektin; Jana Rackwitz, First, DETAIL Green Books, 2011, <http://batchgeo.com/map/net-zero-energy-buildings>
- (Voss 2017) Voss, Karsten Prof. Dr. Ing. IEA EBC Annex 74 - Competition and Living Lab Platform. 2017, <http://annex74.iea-ebc.org>
- (Voss, Otto 2012) Voss, Karsten; Otto, Julius. Wohnen Im Auftrag Der Energieforschung. Bine Informationsdienst, 2012, pp. 2010–11
- (Wagner, Siller 2013)(Wagner, Siller 2013) Wagner, Rainer; Marco Siller. Zwischenspeicherung von Solarenergie Durch Batterien Zur Eigenverbrauchserhöhung Und Netzstabilisierung. Uwf UmweltWirtschaftsForum, vol. 21, no. 3, 2013, pp. 251–59, doi:10.1007/s00550-013-0295-y
- (Wirth 2016) Wirth, Harry. Aktuelle Fakten Zur Photovoltaik in Deutschland. Fraunhofer ISE. Vol. 1, no. 99, 2016, pp. 1–91, <https://www.ise.fraunhofer.de/de/veroeffentlichungen/veroeffentlichungen-pdf-dateien/studien-und-konzeptpapiere/aktuelle-fakten-zur-photovoltaik-in-deutschland.pdf>
- Wissenschaftliche Dienste Deutscher Bundestag 2018) Wissenschaftliche Dienste Deutscher Bundestag. Sachstand Frage Zum Effizienzhausstandard von Niedrigstenergiegebäuden Der Kategorie „ Einfamilienhaus – Neubau “. 2018
- (Zwillingshäuser) Zwillingshäuser. www.ipb.fraunhofer.de/esv

Aus Datenschutzgründen ist der Lebenslauf in der Onlineversion dieser Dissertation nicht enthalten.